

神戸港国際コンテナターミナルの耐震改良について

上山 幾一

近畿地方整備局 神戸港湾事務所 第二建設管理官室

(〒651-0082 兵庫県神戸市中央区小野浜町7番30号)

国際コンテナ戦略港湾「阪神港」の中核施設である神戸港ポートアイランド（第2期）地区岸壁（-16m）は国内のコンテナ貨物輸送の拠点として機能している。近隣アジア主要港間の競争が激化する中、コンテナ蔵置エリアの集約化とコンテナ荷役のIT活用によるソフト・ハードの高度化等による生産性の向上を図るとともに、蔵置エリアの耐震性向上をはかり、災害に強く貨物のサプライチェーンの維持が可能な港を目指している。本論文は、コンテナターミナルの耐震改良工事の実施にあたり発生した施工上の課題と対応について報告する。

キーワード 耐震化、地盤改良、地中障害物撤去

1. はじめに

神戸港は、近畿圏を中心に西日本全域に及ぶ背後圏を有する港湾であり、経済、社会及び文化の発展に重要な役割を担っている。

一方、1995年に発生した阪神・淡路大震災によって壊滅的な被害を受けたことで埋め立て地盤に位置するコンテナヤードは液状化し、港湾物流機能が停止した（写真-1）。

将来30年以内に発生する可能性が高い南海トラフ巨大地震などレベル2地震動作用後に、港湾物流機能が停止しない荷さばき地の液状化対策が急務となっている。

現在、神戸港ではふ頭再編により、効率的なコンテナターミナルの一体利用を促進するため、コンテナターミナルの拡張と機能強化を進めている（図-1）。

ふ頭再編は、PC-18 拡張部の整備完了後、PC-13 を運営しているターミナルオペレーターがPC-18 拡張部に移転することでターミナル機能を集約させ、その後のPC-13 からPC-17 ふ頭再編で神戸港内の高規格コンテナターミナル大再編につながるものである。

そのため、PC-18 の整備が遅れると以後のコンテナターミナルの拡張・機能強化の遅れに直接影響するため早期に完了させることが求められていた。

本稿は、神戸港ポートアイランド（第2期）地区に位置するPC-18 荷さばき地拡張部における耐震改良工事の施工上の課題と対応を報告するものである。



写真-1 液状化したコンテナヤード



図-1 ふ頭再編イメージ

2. PC-18 コンテナターミナル荷さばき地拡張部の耐震改良について

当該荷さばき地拡張部は耐震強化岸壁PC-18 荷さばき地より西側に位置しており,PC-18 と一体となってコンテナの荷さばき機能を発揮する,また地震時においても被災後早期に供用可能な耐震性を有する必要がある(写真-2)。

以下,工事の概要について述べていく。



写真-2 PC-18 荷さばき地(拡張部含む)

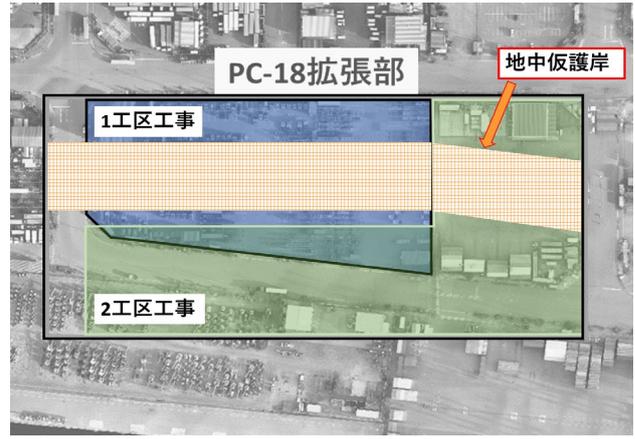


写真-3 PC-18 拡張部 施工範囲

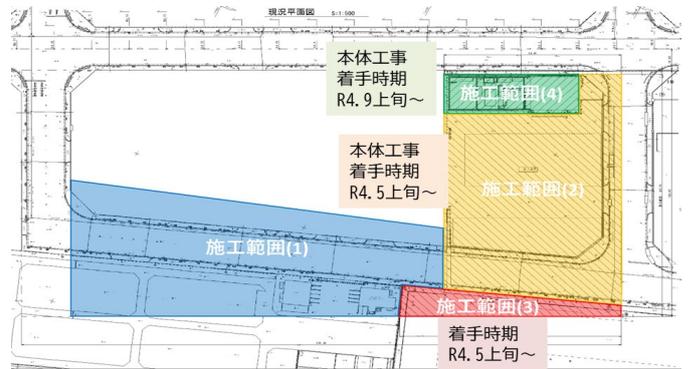


図-2 2工区工事 施工順序

(1) 工事の概要

神戸港湾事務所では,2021年12月から2023年9月末までに,1工区と2工区に分けた地盤改良工事及び舗装工事をおこなった(写真-3)。耐震改良に関する当初の工事数量は以下に示す。

なお,本稿では施工上の課題が多く発生した地盤改良工事を中心に報告する。

・工事内容

① 1工区工事:陸上地盤改良工 1式

地中障害物撤去工(全回転式オールケーシング) 1,610 m³ (φ1.80 m 363 本),深層混合処理工(硬質地盤対応型機械攪拌) 2,133 m² (φ1.60 m 1,747 本)

② 2工区工事:陸上地盤改良工 1式

地中障害物撤去工(全回転式オールケーシング) 1,340 m³ (φ1.80 m 222 本),深層混合処理工(硬質地盤対応型機械攪拌) 3,780 m² (φ1.60 m 3,379 本),深層混合処理工(高圧噴射攪拌) 336 m² (φ3.15 m 143 本)

2工区工事に関しては,関連工事との調整や供用中のコンテナターミナルを一部占有して工事展開をする必要があるため,施工範囲を(1)から(4)に分割して段階施工をおこなった(図-2)。

(2) 工事の工法

当コンテナターミナルではレベル2地震動に対して荷さばき地の耐震性能を確保させる工法として液状化の発生を抑制するために,格子状の隔壁を深層混合処理工法で構築し液状化層を区切る工法を採用している(図-3)。

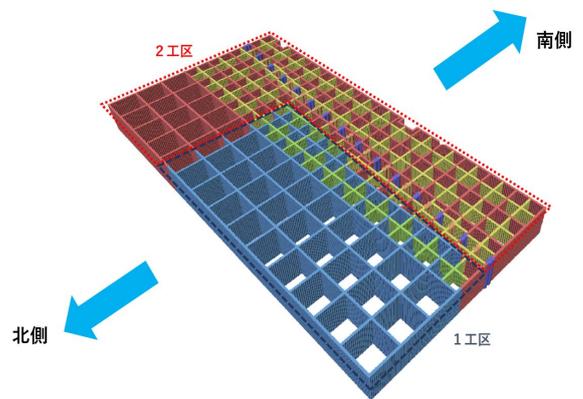


図-3 格子状改良の配置イメージ

深層混合処理工法の実施にあたり,なにも障害が無い範囲と地下埋設管などの地中障害物を撤去可能な場所は比較的安価な硬質地盤対応型機械攪拌工法で施工した。



写真-4 機械攪拌の作業

一方,移設ができない雨水管などの地中埋設物等がある場合,機械攪拌工法では埋設物に損傷をあたえるため,高圧噴射攪拌工法で施工した。

地盤改良体の構築の施工性や品質に大きく影響するものとしてポートアイランド埋め立て時に造成された仮護岸がある(写真-5)。当該施工範囲において1工区中央部から2工区施工範囲(2)の東西に存在している。

仮護岸がある位置については,過去の工事記録及び事前土質調査から,地盤改良体をそのまま施工することができない範囲があることが判明していた。



写真-5 埋め立て時の航空写真

そのため,障害となる地中にある石積の仮護岸を撤去する必要があった。対応として,全回転式オールケーシングとハンマーグラブを用いて地盤改良体を構築する箇所を事前に土砂と地中障害物を撤去し,埋め戻した(図-4)。

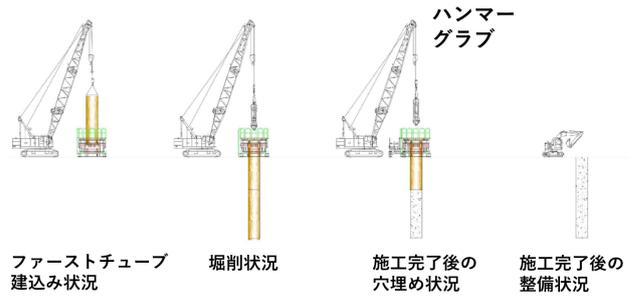


図-4 全回転式オールケーシング工法

3. 施工上の課題と対応について

(1) 地中障害物撤去工の増加

前段で述べた工法の使い分け及び地盤改良の実施手順を以下のフロー図に示す。

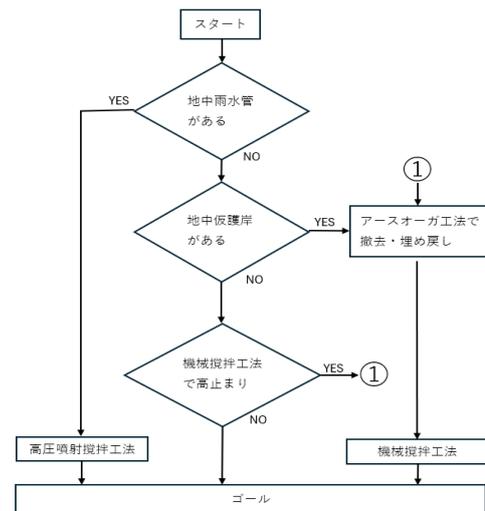


図-5 地盤改良の実施フロー

先行する1工区工事の実施にあたって,仮護岸の分布範囲が当初計画から想定以上に広がっていたことが確認できた(図-6)。

また,仮護岸南側の一部では斜面部に過去の記録にはなかったコンクリート製被覆ブロックが法面保護として施工されていた。

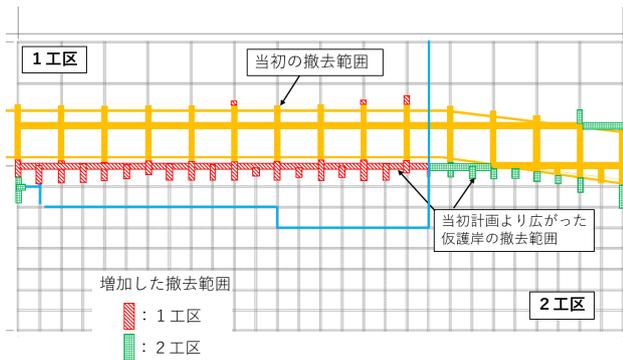


図-6 確認された地中障害物の平面図

1工区の施工実績を引き継ぎ、2工区では障害物撤去範囲の確実な把握をおこなうため、機械攪拌機による探り掘り（水のみ削孔）を実施した。オールケーシングで仮護岸端部の障害物の確認及び撤去を行うのに比べ、工期短縮を図ることができた。

地中障害物撤去の掘孔は2つの工事で当初585本と設計していたが、実施においてはおよそ1.8倍の1,054本に、撤去した石材とコンクリートブロックの総量は当初の2,950 m³から5,235 m³と約1.75倍に増えた。

また、2工区の当初計画では仮護岸の分布範囲以外に想定していない箇所でも機械攪拌が地中障害物によって設計改良深度まで入らない「高止まり」が発生した。

この高止まり箇所には仮護岸撤去用として準備していた全回転式オールケーシングを流用し、設計改良深度まで機械攪拌が施工できるように地中障害物を撤去した。実施した高止まり箇所の撤去本数は204本になった。

上述した事象による工程の遅れを取り戻すため、作業ピーク時は3台投入した。



写真-5 撤去した地中障害物

機械攪拌は硬質地盤型を採用したが、想定以上の礫・玉石が混入している埋め立て土層が存在していたため、高止まりが発生しない箇所でも機械攪拌のスピードが落ちた。

それに伴い攪拌翼の回転数は、当初想定していた回転数より多くなり、機械攪拌の先端ビットや攪拌ビットの消耗量が大きくなったことで1工区、2工区ともに各ビットを交換する回数が増えた。これらは工期に影響を与える要因となった。

狭い施工範囲で少しでも作業を早めるために週単位での機械の配置見直し、最盛期には2つの工区で合計8台での同時施工をおこなった。



写真-6 攪拌ビットの交換前後

(2) 関連工事の工期延伸による影響について

地盤改良に先立ち撤去される予定だった北東部のタンクデポは、移設先の新設タンクデポの完成及びコンテナの移転が遅れたため、契約当初5月から2ヶ月遅れて7月から施工範囲(2)と施工範囲(3)の現地着手が始まった(図-7)。



写真-7 施工範囲(2)のコンテナ存置状況

施工範囲(4)のタンクデポ上屋撤去でも地下タンクの撤去で想定外の時間がかかり9月上旬の着手予定が10月上旬に1ヶ月遅れた。

阪神国際港湾(株)に委託した新設の照明鉄塔3基のうち2基については地盤改良2工区の施工エリア内に設置

することになり、現地の地盤改良などにおいて施工調整が必要になった。

作業機械や作業資材搬入搬出及び現場発生品の搬出はすべて北側の一般道路からとなるため、直轄工事間だけでなく阪神国際港湾(株)によるコンテナターミナルのIN・OUT ゲート工事、前述したタンクデポ上屋撤去工事などの密接な調整が不可欠であった。

そこで、工事関係受発注者を入れた連絡調整会議を設置して各工事の工程を共有して現場での臨機な対応や調整を行った。

同時に機械攪拌では、隣接工事の工程を考慮した打設順序に変更し、事業全体が円滑に進むように努めた。打設順序や機械の配置計画を進捗に合わせてその都度見直しを行うことで、厳しい工程の中で無事に工事を完成させた。それにより、後続の舗装工事は当初の計画通り工期に間に合うことが出来た(図-8)。

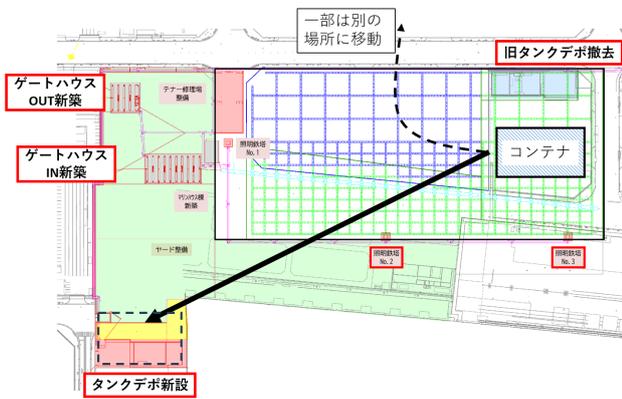


図-7 関連工事と施工範囲

4. おわりに

PC-18 荷さばき地拡張部における直轄工事と関連工事は無事、2023年9月に完了した。拡張部本格供用は出入り管理システム工事や試験運用期間などを経て11月上旬に始まった(写真-8)。

現在はPC-18の整備に続いてふ頭再編事業に関連するコンテナターミナルの整備工事を実施している。

本稿では、埋め立て地に位置しているコンテナターミナル特有の要素である、地中障害物やターミナル関係者及び関連工事との調整における課題と工夫を報告した。

筆者が本稿の執筆にあたり、工事を効率的に実施することが重要と感じた。発注者は過去の工事実績や工夫を受注者に提供し、工事状況の整理をする必要がある。



写真-8 工事完了後のPC-18 拡張部

謝辞：本稿の執筆にあたり、工事にご尽力いただいた受注者の方々にご指導、ご協力をいただきました。皆様には深く感謝を申し上げます。

	R3d			R4d									R5d										
	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1工区工事※																							
地中障害物撤去																							
深層混合処理工																							
2工区工事※																							
地中障害物撤去																							
深層混合処理工																							
関連工事等																							
タンクデポ新設等																							
旧タンクデポ撤去																							
ゲートハウス新築																							
後続舗装等工事																							
1工区エリア																							
2工区エリア																							

※工事内容のうち、地盤改良工に係る工種を抜粋

図-8 全体の工程