

神戸港ポートアイランド（第2期）地区 荷さばき地の液状化対策工事における 港湾物流機能の確保について

太田 純一

近畿地方整備局 神戸港湾事務所 建設管理官室 （〒651-0082 神戸市中央区小野浜町7番30号）

神戸港は、国際基幹航路を使用する船舶の我が国への寄港を維持・拡大することを目的として「国際コンテナ戦略港湾」に選定されている。その中でも、神戸港ポートアイランド（第2期）地区「荷さばき地」は、東南海・南海地震等の大規模地震災害発生時にも岸壁と併せ、一体的な機能確保が求められており、現在、液状化対策工事を行っている。

神戸港は西日本の経済を支える物流拠点であり、日々、多くのコンテナが取り扱われている。そのため本工事の施工にあたり、港湾運営を制限させないように工事を行うことが必要である。

本論文は、港湾物流機能を確保するために行った施工管理についてまとめたものである。

キーワード 港湾運営者との調整、供用施工、安全管理

1. はじめに

1995年1月17日に発生した阪神・淡路大震災によって近畿圏の広域が壊滅的な被害を受けた。神戸港においても、多くの埠頭が被災し、国内・国外物流の停滞や物流コストの増大を引き起こして国内産業に多大な悪影響を及ぼしたとともに、国際貿易港として競争力が大きく落ち込んだ。今後、このような事態を繰り返さないためにも発災時においても物流機能が継続できるような対策が必要とされる。

今回、施工を行った神戸港ポートアイランド（第2期）地区荷さばき地（写真-3）は、官民一体で世界トップクラスのコスト・スピード・サービス水準を実現するために整備されている高規格コンテナターミナルに付帯する施設であり、日々、多くのコンテナが取り扱われる場所である。そのため、東南海・南海地震等の大規模災害発生時においても岸壁と併せ、一体的な物流機能を確保することが求められている。そこで、荷さばき地では要求性能として「L2地震動後において、荷さばき地におけるコンテナ蔵置エリアの平坦性を確保し、耐震バースと一体となって機能を発揮すること」と設定し、荷さばき地の使用性を確保するための改良を行うこととした。しかし、多くのコンテナ移動が行われている場所での施工は、荷役作業を制限させてしまう可能性がある。そこで、港湾運営者と調整を入念に行い、荷さばき地で施工を行っていくにあたり、港湾物流機能を確保する施工管理が重要となった。

本論文では、港湾物流機能を制限させることなく、どのように施工を行ったのか、その手法について報告する。



写真-1 神戸港の物流状況①



写真-2 神戸港の物流状況②



写真-3 神戸港PI (第2期) 地区荷さばき地

2. 神戸港PI (第2期) 地区荷さばき地の施工方法

2-1. 神戸港PI (第2期) 地区荷さばき地の利用状況

今回の施工対象地区である神戸港ポートアイランド (第2期) 地区では、官民一体で世界トップクラスのコスト・スピード・サービス水準を実現するために高規格コンテナターミナルの整備が進められている。そこに付帯する荷さばき地は、日々、増加するコンテナ貨物に対して効率的なターミナル運営をはかるため整備されており、コンテナの詰出し作業を行うCFSも設置されている。

2-2. 神戸港PI (第2期) 地区荷さばき地の性能規定

今回の施工エリアである荷さばき地では、適切な形状・広さを有するコンテナ蔵置エリア及び、安全かつ円滑な利用が可能となる通路及びライフライン整備など、荷さばき地として必須となる構成要素が相互に協調して機能している。

耐震強化施設である荷さばき地の性能規定を、以下の表-1に示す。

表-1 荷さばき地の性能規定

場所	内容
荷さばき地内	貨物の種類及び量並びに取り扱い状況に応じて、適切な形状及び広さを有していること 当該施設の利用状況等に応じて、適切な照明設備が設置されていること 水を滞留させないために、適切な排水設備を有していること レベル2地震動に対する安全性が確保されていること
荷さばき地通路	荷役機械、車両等が安全かつ円滑に走行できるよう、適切な幅員及び線形を有していること

近い将来、高確率で発生が予想されている東南海、南海地震等の大規模地震が発生した場合、本荷さばき地は、液状化すると判定されており、地震発生後、表-1に示す性能規定を満たさない事が危惧されている。よって、大地震発生直後においても必要な機能を維持させるため、液状化対策工事が必要であるとされた。

2-3. 神戸港PI (第2期) 地区荷さばき地の施工方法

荷さばき地で液状化対策工事を行うにあたり、荷さばき地ではコンテナ貨物の荷役作業が高密度で日常的に行われているため、占有して施工を行うことは、物流機能を止めてしまう可能性があった。そこで、この物流機能を工事の間、他の場所へシフトすることについて以下のとおり検討を行った。

(a) 神戸港内の他のターミナルにシフトする場合

神戸港内の他の空きターミナルに代替地を設けて、施工期間は荷さばき地の機能を他のターミナルで確保することによって、空の状態にしたエリアを一体的に施工することが考えられた。しかし、神戸港内に本荷さばき地で扱われるコンテナ量を受け入れるだけの空きターミナルはなかった。

(b) ポートアイランド地区内に設置する場合

神戸港ポートアイランド地区のどこかに荷さばき地の代替地を設置することも検討されたが、荷さばき地と岸壁が離れていることにより、SOLAS区域内へコンテナを運送させる必要が出てくるため、運送の手間や余計に運送コストがかかってしまうこと、また、今回の施工場所である荷さばき地はSOLAS区域に指定されているため、SOLAS区域外に代替地を設けてしまうと、SOLAS制限区域の入出場の際に余分な手続きが増えることが懸念された。

(c) 供用施工の採用

以上の検討結果を踏まえて、SOLAS区域内である箇所 (写真-4) に代替地を設けた。但し、全てのコンテナを移動できるだけのスペースを有していないため荷さばき地での荷役作業と並行して施工を行う供用施工を実施することとなった。



写真-4 代替地の場所

3. 港湾物流機能を制限させない港湾工事（実施前における荷さばき地内での検討）

前段で述べた通り、荷さばき地では、船舶から荷揚げしたコンテナ貨物の荷さばき等の荷役作業が高密度で日常的に行われているため、その中での施工は、荷役作業を制限させる可能性があった。

そこで、今回の施工が荷役作業を制限させる要因を検討、抽出し、実施した対策内容を、以下に示す。

3-1. コンテナ蔵置エリア

大規模地震発生後に荷さばき地のコンテナ蔵置エリアが平坦性を保ち、前面の耐震バースと一体となった機能確保を目的とし、コンテナ蔵置エリアを対象とした液状化対策工を実施することにした。本荷さばき地の利用形態を図-1に示す。

コンテナ蔵置エリア内においては、船卸・船積・搬入・搬出がもっとも効率的になる蔵置計画が組まれ、仕向地、仕出地毎にコンテナが集積されている。また、荷さばき地内のコンテナオペレーションについては、複数の荷役業者が行っている。今回の施工はコンテナ蔵置エリアを対象とするため、工事期間中はコンテナを代替地に移設して対象エリアの工事を実施した。

効率的なコンテナオペレーションが維持できるよう、港湾運営者と綿密な調整を行った結果、3つの工区（図-2）に分けて実施することとした。このことにより、コンテナのみならず、コンテナオペレーションも一体的にシフトすることにより、効率的なコンテナオペレーションを確保した。

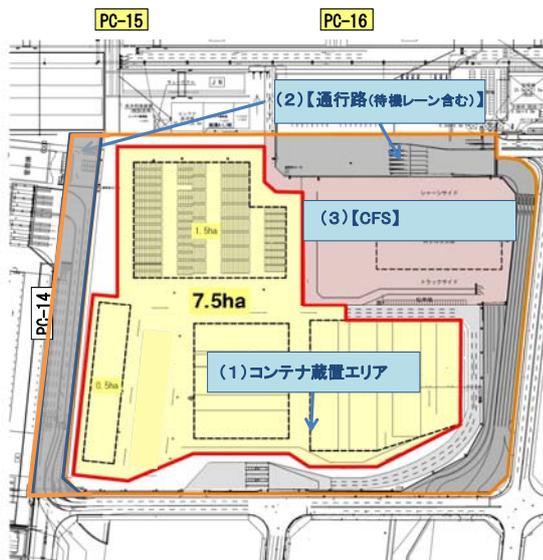


図-1 荷さばき地の概要図

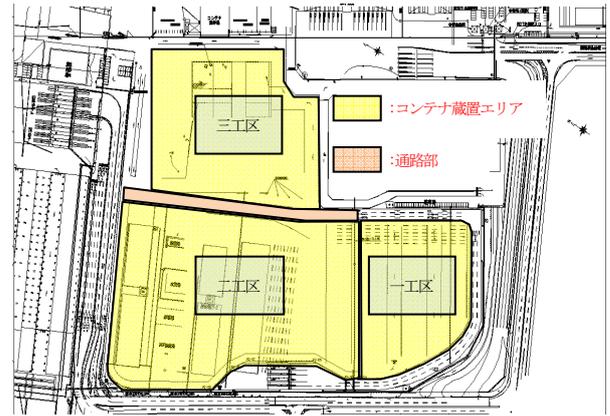


図-2 荷さばき地の区分け

3-2. 通路部

コンテナ蔵置エリアのうちコンテナ貨物車等が走行する通路部（図-2）は、日中にコンテナ貨物車等が走行するメイン通路のため、占有しての終日作業は不可能であった。よって、通路部は施工を行う上で日中のコンテナ貨物車等の走行を制限しない施工が求められた。

そこで、通路部の施工については、コンテナ貨物車等が走行していない夜間に施工を行うこととした。

施工にあたっては、朝の荷役作業開始時間までには走行に影響となる施工の資器材等を全て撤収させて、通路を確実に全面開放する必要があるとともに、朝の荷役作業開始時間からコンテナ貨物車等が走行するため、必要な強度を早期に発現させる工夫を行った。

3-3. 突発的な荷役作業へのフレキシブルな対応

本施設を利用するコンテナ船は、主に海外からのコンテナを取り扱うため海象・気象条件や他の寄港地での荷役作業の状況によって、荷役スケジュールが突発的に変更する可能性がある。このように突発的な荷役スケジュールの変更が起こった場合、定刻時間が超えても荷役作業を行うことがある。このため、急な荷役スケジュールの変更に対しても、円滑に対応を行って荷役作業に影響を与えないようにする必要があった。

そこで、連絡体制については、発注者、施工者、港湾管理者及び港湾運営者による連絡調整会議を設置し、船舶情報、荷役スケジュールが随意共有される体制を構築し、工事が荷役作業の支障とならないよう、作業場所の変更も含め施工管理の対応を柔軟に行った。

以上に示した対策法を用いて、国際物流に影響を与えない港湾工事として神戸港ポートアイランド（第2期）地区荷さばき地の液状化対策を行った。

4. 港湾物流機能を制限させない港湾工事（施工時における工夫）

工事の実施にあたって採用した液状化対策工法につ

いて、コンテナ蔵置エリアから代替地へコンテナを移設することにより、日中の占有が可能となったエリアについては表層混合処理工法、日中の開放が必須であり、夜間施工となったエリアについては、高圧噴射攪拌工法を採用した。以下、各工法の施工時における工夫や、実施に伴う安全対策について示す。

4-1. コンテナ貨物車等の走行路確保

(a) 表層混合処理工法施工箇所とコンテナ貨物車等走行路との境界部における安定性の確保

表層混合処理施工箇所は、舗装面から1.5m掘削して施工するため、コンテナ貨物車等の走行により、地盤が崩れ通行路の陥没等が懸念された。(図-3参照)

走行路の舗装構成は、比較的稳定しているアスファルト舗装(t=10cm)、水硬性粒度調整スラグ(t=20cm)、セメント安定処理土(t=60cm)の下に、崩壊しやすい埋立土砂があるため、それを露出させないように施工を行った。

通行路とコンテナ蔵置エリアの境界部での幅1.0mの掘削は、セメント安定処理土まで(H=0.9m)とし、改良厚さを2.1m(通常部は1.5m)で行った。また、この部分の改良は、コンテナ貨物車等が走行しない夜間施工とし、スラリー硬化促進システムにて、スラリー温度を上昇させ、改良土の初期強度発現を促進(ヒートソイル)させ、コンテナ車両走行時の地盤強度を確保した。

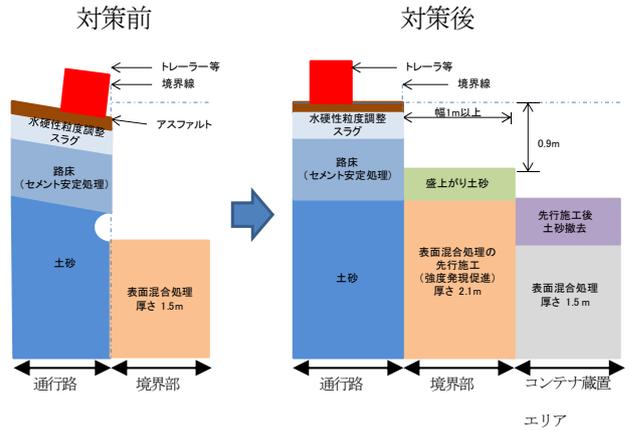


図-3: コンテナ蔵置エリア 境界部の土留めイメージ

(b) 高圧噴射攪拌施工用孔による走行車両への影響低減

高圧噴射攪拌施工場所は、昼間にコンテナ貨物車等が走行するため、施工中の削孔穴(φ=3150mm×347本)に蓋をして、仮復旧する必要があった。

通常、鉄板等にて蓋を行うが、鉄板の厚みによる段差及び鉄板の曲がりにより段差が発生し、蓋の跳ね上がり等、走行車両への影響の発生が懸念された。そのため、仮復旧用蓋を削孔径に合わせた鋼管及びコンクリート製とし、舗装面との段差発生を防止した。また、蓋の4つの孔の部分(写真-7, 8)にボルトを入れて舗装と固定することで、蓋のずれ・跳ね上がりの発生を防止した。



写真-5: コンテナ蔵置エリア 境界部(掘削状況)



写真-7: 蓋の設置状況



写真-6: コンテナ蔵置エリア 境界部(施工完了)

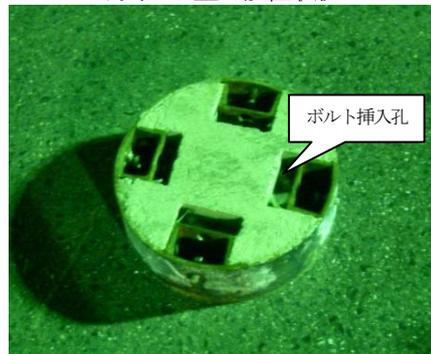


写真-8: 蓋の拡大写真

(c) 硬化促進剤による初期強度発現の促進

通常の固化剤のみの高圧噴射攪拌工法では、コンテナ貨物車等の走行に必要な強度発現に約1週間の期間が必要であり、日々走路を解放することは不可能であった。

そのため、夜間の施工可能時間及び作業時間の確保を考慮して、硬化促進剤を使用し、作業終了から2時間程度で車両の走行に必要な強度を発現させた。また、日々走路の解放前に、コーン貫入試験を行い、造成した改良杭が計画通りの強度を発現していることを確認した。以上の対策により、コンテナ貨物車等の走行路を確保し、荷役作業に与える影響を防止した。

4-2. 施工における（使用機器等の）工夫

(a) 荷役作業への影響の防止

通路部は、昼間にコンテナ貨物車等が走行するため、車上プラントによる高圧噴射攪拌工法とした。車上プラントとは、セメントサイロ、ミキサー、グラウトポンプ、発電機等を車両に搭載して施工を行うもので、作業終了時には移動することにより施工場所に資機材を何も残置せず、全面的に解放し、日中の走行車両及び荷役作業への影響を防止した。また、作業終了後のプラント車両待機場所を、荷役作業区域外とし、作業員の通勤及び準備作業時の荷役作業に与える影響を防止した。



写真-9：車上プラント配置予定場所（日中）



写真-10：車上プラント配置状況（夜間）

(b) 付着土砂の進入防止対策の実施

表層混合処理工法による施工箇所から土砂掘削・運搬時には、土砂掘削箇所からダンプ貨物車が出場する際に、タイヤに土砂を付着させたまま、コンテナ貨物車等の通行路を走行するため、通行路に残った土砂が飛散してコンテナ貨物車等に影響を及ぼすことが懸念された。

そのため、車両出入口付近にスパッツ及び高圧洗浄機を設置して、出場するダンプ貨物車のタイヤを洗浄することで、土砂の持ち出しを防止した。また、通路部に出た土砂については、散水車を常時施工場所に配置し、走路の解放前に清掃を行った。

以上の対策により、作業員への対策及び施工の効率化をはかり、荷役作業に与える影響を防止した。



写真-11：タイヤの土砂洗浄機



写真-12：タイヤの土砂洗浄状況

4-3. 安全管理における対策

(a) 通行路との境界部におけるフェンスシートの設置

表層混合処理工法による施工中は、改良範囲を掘削するため、通行路との境界部に段差が生じ、ダンプトラックの転落等が懸念されたため、境界部には舗装面から高さ1.8m以上を確保したフェンスシートを設置して転落等を防止した。一方、境界部の施工時には、フェンスが支障となるため、容易に移動できる形状とした。



写真-13：フェンス設置状況

(b) 工事車両への走行ルート・進入禁止区域の明示

施工区域以外の区域では、夜間においても荷役作業が行われており、工事車両が間違っ進入した際、荷役車両と接触事故を起こす等、影響を与える恐れがあった。

そのため、施工区域と荷役作業場所との境界部には、カラーコーン（点滅灯付き）や誘導看板及び誘導員を配置し、工事車両の誤進入を防止した。



写真-14：コンテナトラック等の誤進入防止状況

(c) 作業区域の照明の確保

高圧噴射攪拌施工場所は、山積みされたコンテナに囲まれており、荷さばき地の施設である照明塔では影になり、また、テラスター等では照明の位置が低く、多くの車両により光りを遮られるため、照明車を設置し、作業場所全体の照度を確保した。

表層混合処理（中層）施工場所においては、施工範囲が広く、小型の照明では対応できないため、ヤードの運営者と調整し、荷さばき地の施設である照明塔により全体の照度を確保し、各作業場所においては、小型の照明にて照度を確保した。以上の対策により、施工の安全及び作業の効率化をはかり、荷役作業に与える影響を防止した。



写真-15：各照明配置状況

5. 考察

今回は日々、多くのコンテナを扱っている荷さばき地での施工であり、そこで行われる港湾運営に影響を与えない施工管理が求められる工事であった。

代替地の確保については、荷さばき地を3工区に分けることによって、1工区ずつのコンテナの移動を可能にさせて、荷役作業に与える影響を防止した。

コンテナ貨物車が走行する通路においては、夜間施工により対応し、走行車への影響防止対策としては、施工時による地盤の陥没防止や車上プラント方式による施工の効率化、削孔穴の蓋での工夫、硬化促進剤の導入による早期の強度発現等により、コンテナ貨物車等に与える影響を防止した。

荷役スケジュールの把握の対応としては、船舶情報、荷役スケジュールが随意共有される体制を組み、荷役終了後に工事車両の入場・作業の開始を行った。荷役作業終了までは、車両の待機場所にて準備しながら待機して、延長になった場合でも速やかに対応できるようにした。

6. まとめ

「国際コンテナ戦略港湾」に選定されている神戸港は、今後も国際競争力を強化するために港湾整備を進めていく。その中で、今回のような港湾運営に影響を与えずに施工を行う工事が出てくる可能性がある。今回の工事は、上記で述べてきたような港湾特有の問題点を知ることができたので、そういった類似工事を今後実施していく上での参考となるものと考えられる。

今後、この工事で培ったノウハウや経験を生かして、工事の効率性の向上に繋げたい。

参考文献

- 1) 国土交通省近畿地方整備局：平成23年度 神戸港ポートアイランド（第2期）地区荷さばき地構造検討等業務 報告書，2012.
- 2) 港湾施設の技術上の基準・同解説 （2007年度版）