供用中岸壁の老朽化対策について

冨田　祐輔

近畿地方整備局　舞鶴港湾事務所　（〒624-0946京都府舞鶴市字下福井910）

舞鶴港第2ふ頭地区は，東アジア等の対岸諸国との間で完成自動車や紙・パルプ，りん鉱石等を扱う外貿埠頭であり，近年は，舞鶴の市街地に近いことからクルーズ船の係留施設としても利用されている．しかしながら，当該岸壁は築造当初から既に50年以上が経過し，著しく老朽化しているため一部の荷役作業等が制限されている状況である．そのため，早急な対応が求められているものの，舞鶴港の貨物を取り扱う主要な施設のひとつであり港湾荷役を中断することは出来ない．本報告は，岸壁を供用しながら改良工事を行った施工事例を報告するものである．

キーワード　供用中，老朽化対策，岸壁

1. はじめに

舞鶴港は本州日本海側のほぼ中央に位置する重要港湾で，古くは軍港として栄え，近年は近畿の日本海側の門戸港として対外貿易の重要な物流拠点である．また，2011年には，「国際フェリー・国際RORO船」「国際海上コンテナ」「外航クルーズ」の3機能で近畿唯一の日本海側拠点港に選定されている．

舞鶴港第2ふ頭地区（以下，岸壁）は，東アジア等の対岸諸国との間で完成自動車や紙・パルプ，りん鉱石等を扱う外貿埠頭として供用されており，2015年7月には韓国及びロシアとの国際フェリーが就航している．また，近年は舞鶴の市街地に近いことからクルーズ船が係留するバースとしても利用するといった既存ストックの有効活用を図ることにより，新たに旅客バースを整備することなくクルーズ船の寄港回数が増加し大きな経済波及効果を生み出しているところである．（2015年は8回，2016年は17回を予定（2016年5月現在））[1)]

しかしながら，岸壁は築造当初から既に50年以上が経過し，2013年に実施した岸壁の現況調査では著しく老朽化している状況が確認されたため，一部で荷役作業等が制限されており早急な対応が求められているところである．しかしながら，舞鶴港の貨物を取り扱う主要な施設のひとつであり港湾荷役を中断することは出来ない．さらに，クルーズ船が寄港する時期（4月～10月）には工事が出来ない．

本報告では，岸壁を供用しながら改良工事を行った施工事例のひとつとして「平成27年度舞鶴港第2ふ頭地区岸壁（-9m）改良工事（工期：2015年9月3日～2016年3月25日．以下，本工事）」について報告を行うものである．

写真-1　舞鶴港全景

写真-2　外航クルーズ船接岸状況

2. 現地状況と課題

(1) 施設の概要

対象となる岸壁は，1929年から1938年にかけて重力式岸壁（延長260m）が整備された．その後，築造された重力式岸壁を土留め護岸として利用し，コンクリートウェル杭による桟橋式構造（延長176m，1956年～1958年）で前出しして築造したものであり，上部工の打ち替えを経て竣工後58年が経過している．（図-1）

また，他にも鋼管杭による桟橋式構造（延長84m，1986年～1991）で同様に前出しした区間，重力式構造による延伸部（1980～1984年，延長70m）の3タイプで構成されており，現在は，水深-9m，延長330m，岸壁2バースとして供用している．（写真-3）

(2) 現況調査

2013年より岸壁（延長330m）について調査を実施したところ，目視調査および潜水目視調査の結果より岸壁が著しく老朽化していることが判明し，早急な対策が必要となった．

a) 目視調査

目視調査では，写真-4に示すとおり床版下部の梁において，確認されたひび割れから錆汁が発生しており，鉄筋の腐食が進行している状況が明らかになった．

また，写真-5 に示すとおり床版の一部が剥落して鉄筋が露呈しており，コンクリートが著しく劣化していることも確認された．

b) 潜水目視調査

潜水目視調査ではコンクリートウェルに幅800㎜×高1200㎜程度の貫通孔が確認された．また，錆汁並びに粗骨材の露出が多数みられ，粗骨材露出箇所付近のコンクリートは非常に脆くなっており，コンクリートウェルが局所的な劣化による耐力不足である状況が判明した．（写真-6）

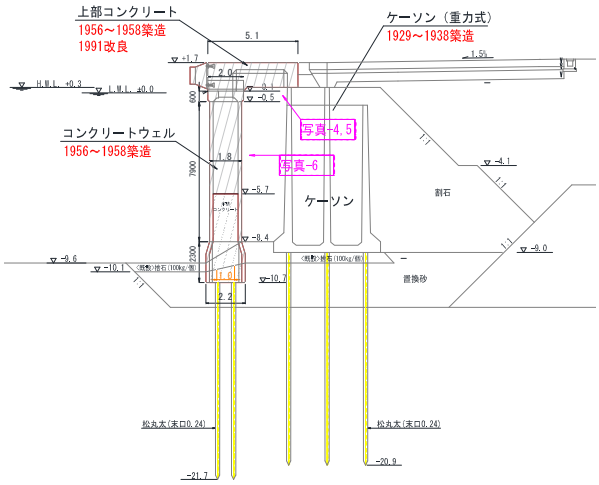

図-1 コンクリートウェル杭による桟橋式構造

写真-3 第2ふ頭の構造形式と築造年

写真-4 ひび割れ及び錆汁状況

写真-5 床版裏剥離・鉄筋腐食

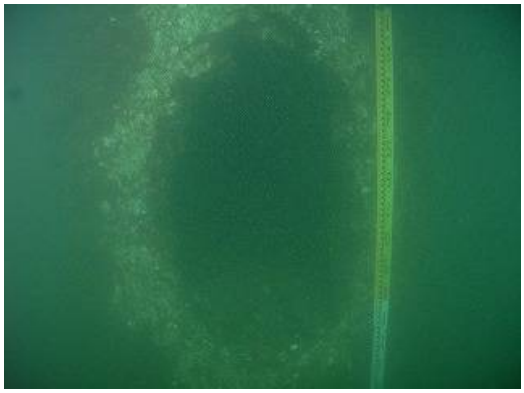

写真-6 コンクリートウェル貫通孔

3. 設計

(1) 現地状況を踏まえた対策方針

コンクリートウェルが著しく損傷しており，杭自体の残存耐力を有していない可能性が高いこと等から，部分的な補修ではなく抜本的な対策により補修を行う必要があると判断されたため，撤去・更新することとした．

構造については，隣接する岸壁と同様に鋼管杭による桟橋構造を採用することとした．設計断面は，本体工（鋼管杭L=24.5m，鋼矢板L=10.0m），基礎工（基礎捨石10～200kg/個），上部工（設計基準強度24N/mm2）で構成される．（図-2）

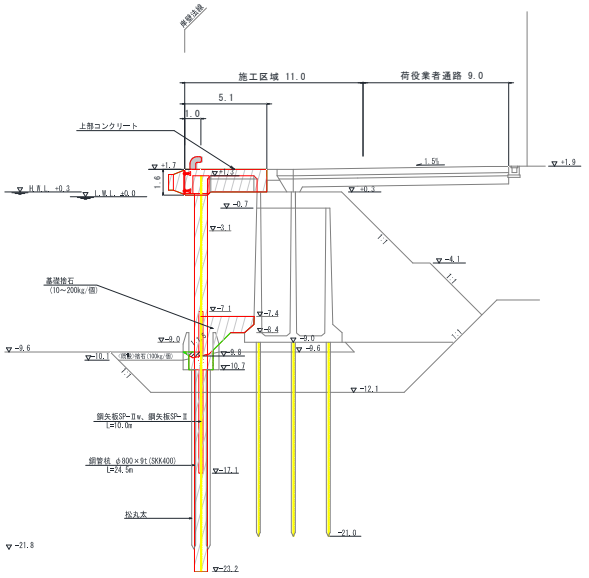

図-2 設計断面

4. 施工

(1) 施工条件

a) 自然条件

舞鶴港は，施工時に数十分程度の短時間周期の潮位変動（いわゆる副振動）が生じている．これは，舞鶴港のように湾口が小さく入り江のような港湾で生じる特有の現象であり，海上作業時の潮位変動予測を妨げる要因である．（図-3）

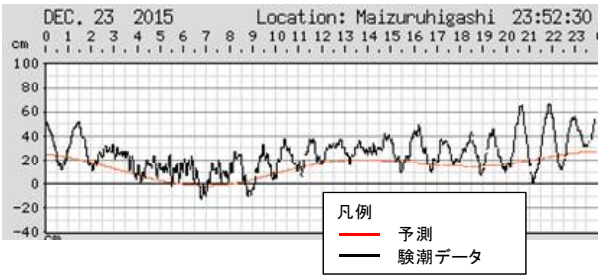

図-3 舞鶴港における潮位変動[2)]
（縦軸：潮位変動，横軸：時間）

b) 作業条件

施工場所背後には上屋があり，供用中の岸壁であるため，港湾荷役業者の車両通行路を確保しつつ施工する必要がある．そのため，作業ヤードを最小限度にとどめる必要がある（写真-7）．また，工事期間中は，対象となる岸壁（延長330m）全ての荷役活動を休止することは出来ないため，ユーザー及び港湾管理者と調整し，船舶が着岸できるように分割施工を行う計画とした．

写真-7 車両通行路を確保しながらの施工状況

c) 工程，その他関連事項

施工場所は供用中の岸壁であり，貨物船やクルーズ船が利用している．特にクルーズ船が寄港する時期（4月～10月）には工事が出来ないため，現地着手は10月以降にせざるを得ない．また，本工事の完了は，3月25日に予定されているクルーズ船の寄港を実現するために，工期内での竣工が必須であった．

また，施工場所の対岸は海上保安部の巡視船の係留場所となっており，海上作業船による作業時には，巡視船の入出港時に安全に航行するための配慮が必要である．

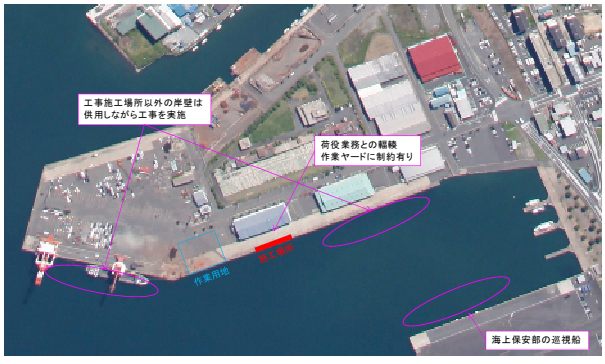

写真-8 施工条件

(2) 施工方法

本工事は，重力式岸壁の前面に張り出したコンクリートウェルによる桟橋式構造の岸壁を撤去し，新たに鋼管杭による桟橋式構造の岸壁を築造するものである．本工事の施工手順を図-4に示す．

a) 上部コンクリート撤去

既設のコンクリート構造物を撤去する手法としては，コンクリートブレーカーによる破砕を行うことが一般的であるが，クルーズ船の寄港が無いわずか6ヶ月程度（10月～3月）の工期では，上記作業を行うには作業日数が不足する．そのため，大型作業船による吊り撤去を行い，陸上作業ヤードで小割りすることで工期短縮を図った．しかし，既設上部コンクリートを撤去しようとしたところ，コンクリートどうしが，互いにせり合って吊上げることが出来ないといった現状不一致が発生し，工程の遅延が懸念された．そこで，構造物を縁切りする方法を検討したが，構造物の厚さが1.4m程度ありコンクリートカッター等による切断が不可能であるため，コアボーリングによる連続削孔により上部コンクリートを背面と縁切りして吊り撤去することで，滞りなく撤去作業を進めることができた．

b) コンクリートウェル撤去

既設上部コンクリートの脚柱であるコンクリートウェルを海底面から引き抜くためには，既設の捨石を撤去する必要があるが，捨石を撤去した場合の構造物安定性能照査をおこなったところ，円弧すべりの抵抗が不足することが確認された．供用中の岸壁の安定性を失うことは出来ないため，既設捨石を撤去しない工法を検討した．その結果，コンクリートウェルは2分割して撤去することとし，上部はワイヤーソーで切断したものを吊り撤去し（写真-9），コンクリートウェル基礎は全旋回オールケーシング掘削機によるケーシング掘削を行うことにより（写真-10），円弧すべりへの抵抗を確保しながら撤去することができた．

c) 本体工（鋼管杭打設，鋼矢板打設）

鋼管杭および鋼矢板のいずれについても，打込みの施工方法は振動工法（バイブロハンマ）を採用した．施工に際しては，施工場所背後において港湾荷役業者の車両通行路を確保する必要があるため，大型施工機械（クローラクレーン等）による作業範囲を確保することができなかった．そのため，作業船での海上作業による施工となったが（写真-11），舞鶴港に在港している作業船では杭打ち作業ができないことから，水島港（岡山県）から杭打ち用作業船（起重機船）を回航し，鋼管杭および鋼矢板の施工を行った．日本海側で発生する冬期風浪が支障となるため作業船を回航する時期は冬期を避ける必要があるが，鋼矢板の施工方法を工夫するなどして工程どおり施工ができ，作業船を予定どおり帰港させることができた．

d) 上部コンクリート打設

現場海域では，周期が概ね60分で潮位差が40cmくらいの副振動が生じており，鋼材溶接や鉄筋組立，型枠組立の作業に大きく影響することが懸念されるため，潮位のリアルタイム観測を行うことにより，作業を行うタイミングの把握に努めた．また，施工場所の潮位は高く，作

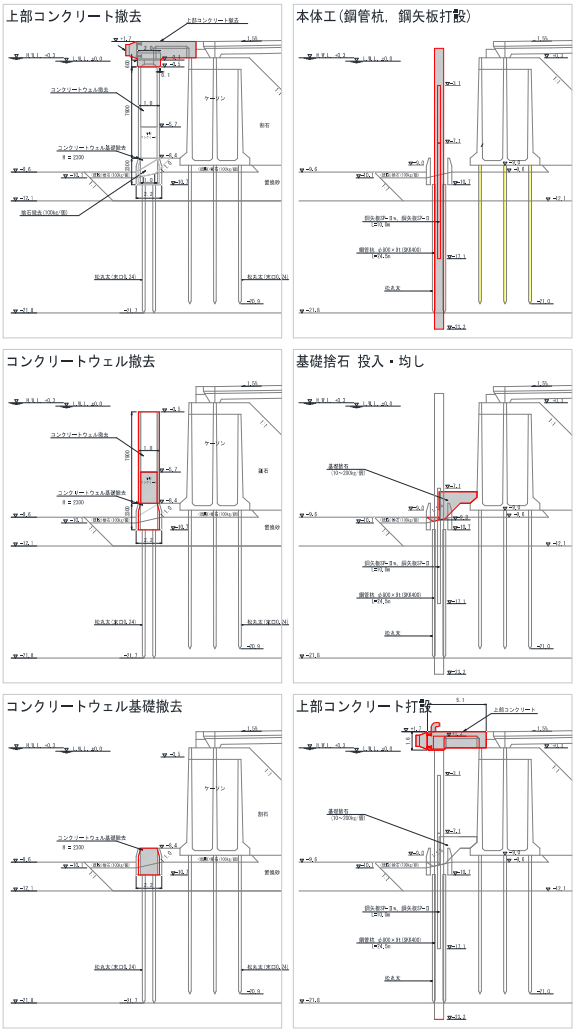

図-4 施工手順

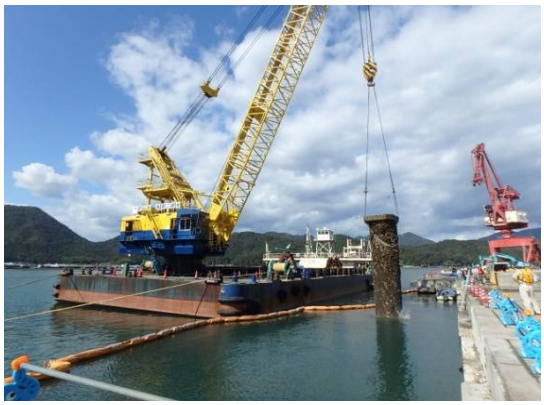

写真-9 コンクリートウェル撤去状況

写真-10 コンクリートウェル基礎撤去状況

業足場や支保は潮位より低い位置にあるため，異常潮位や航跡波により資機材が流出する恐れがあった．そのため，工事区域の外周に流出防止ネットを設置することで，供用中の岸壁に支障ときたすことなく作業を終えることができた．（写真-12）

コンクリートの打設の際は，潮位変動が少ない中で発生する副振動を予測しながら潮目の良い日時を見極めたコンクリート打設計画を立案する必要があるが，打設日の決定が予めできなかったことから，年度末の繁忙期のため生コン業者を確保できないといった苦労もあった．

(3)安全管理，その他

本工事は作業船による海上作業が多かったため，船舶の航行や岸壁への貨物船等の入出港の際には，作業を休止し待避する必要が生じた．待避については，関係者との事前調整で予測できるものもあれば，冬期の降雪時に使用する融雪剤の入荷など船舶の入港が予測できない場合もあった．さらに，対岸に係留する海上保安部の巡視船が安全に入出港できるように必要な可航幅を確保する必要があるが，機密上の問題から入出港の日時を予め知ることはできないため，海上保安部と日々の連絡体制を整え綿密な調整により滞りなく作業を行うことができた．

施工場所の背後では，港湾荷役業者のトラック等が頻繁に行き交うため，交通事故等が無いよう注意した．また，本工事の陸域一帯は，SOLASエリア内であり工事関係車両や作業員の入場に際しては，立入り申請を行う必要もあり手間が生じたが，事前に調整したことにより問題無かった．

5. まとめ

本工事は，岸壁を供用しながら施工を行うことが条件であったため，背後に通路を確保しなければならないことから，十分な陸上作業ヤードを確保できず海上作業を行う必要があったこと，計画時点では想定できない航行船舶の入出港により作業船の待避が生じ計画工程に遅れが生じる可能性があること，10月～3月といった非常に限られた工期しか確保できないこと，等が課題があったが，施工方法の工夫や関係者調整により何とか工期内に工事を終えることができ，工期末の3月25日にはクルーズ船の寄港を予定どおり迎えることができた．

現在，2016年度に引き続き岸壁の改良工事を予定しており，2018年度には当該岸壁の改良工事を終える予定である．高度経済成長期を中心に集中的に整備された港湾施設の多くは，今後急激に老朽化が進行することが懸念されており，本施設と同様，必要に応じて改良工事を行っていく必要があるが，工事期間中に港湾施設の使用を停止することが可能な施設は多くないと思われる．港湾施設を供用しながら工事を実施していくことは，各現場毎に特有の課題があると思われるが，今回の工事がこれらの課題解決に役立てられれば幸いである．

写真-11 鋼矢板打設状況

写真-12 上部工施工状況

写真-13 工事完了後のクルーズ船寄港

最後に，論文作成に当たり多くの関係者の方々にご指導，ご協力いただきました．ここに深く謝意を表します．

6. 参考文献

1) 一般社団法人 京都舞鶴港振興会HP
http://www.port.maizuru.kyoto.jp/
2) 気象庁 潮汐・海面水位に関する診断表、データ
http://www.jma.go.jp/jma/index.html