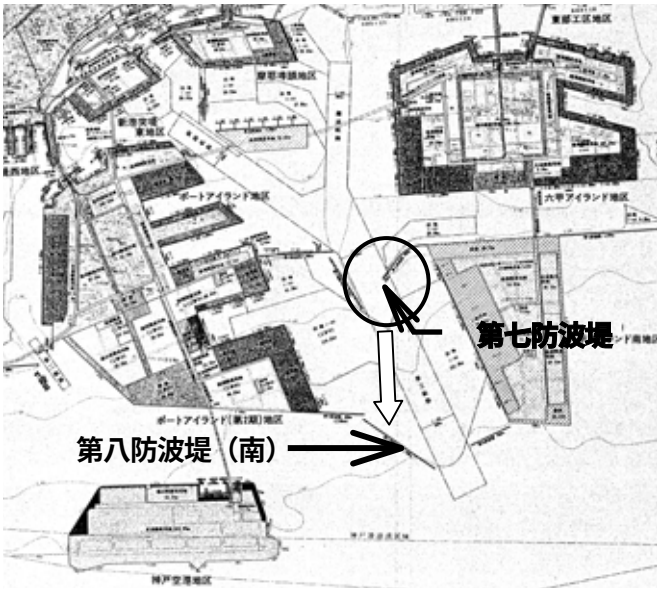
神戸港第八防波堤（南）既設ケーソンリユースの検討

(財)沿岸技術研究センター　調査部　正会員　○市村　正春
早稲田大学 理工学部 社会環境工学科　フェロー　清宮　理
(独)港湾空港技術研究所 地盤・構造部 材料研究室　正会員　濱田　秀則
前　国土交通省 近畿地方整備局 神戸港湾空港技術調査事務所　正会員　中道　正人
国土交通省 近畿地方整備局 神戸港湾空港技術調査事務所　正会員　金子　英久

１．概要

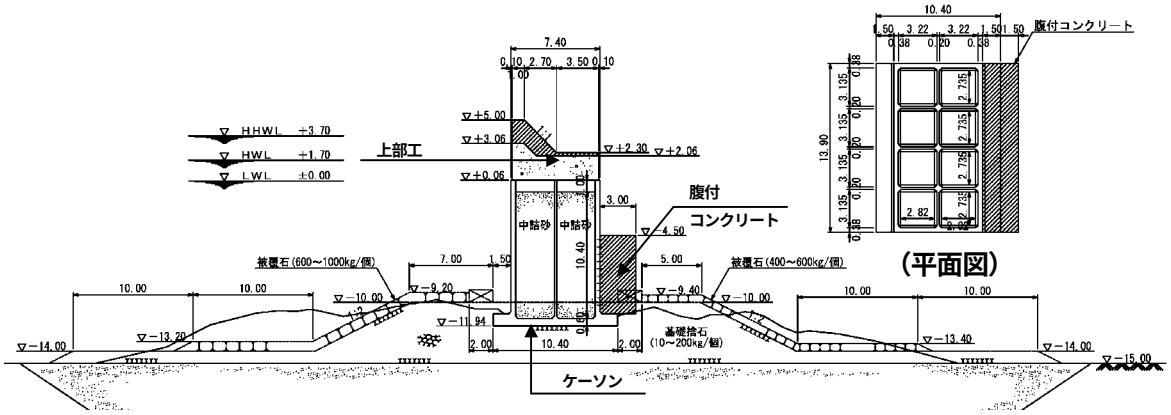
神戸港では，ポートアイランド2 期地区コンテナターミナルの静穏度確保のため，第八防波堤(南)の早期整備の要請が高まっている．そのため，リサイクルの観点から，第八防波堤の建設により本来の機能目的を失った第七防波堤の西側先端部(約130m)を撤去し，新設の第八防波堤(南)の本体部にリユースする方針が打ち出された．

リユースする鉄筋コンクリート製ケーソンは，延長約130m 区間の11 函で製作から既に20年程度経過している．1995 年には兵庫県南部地震で1.4m～2.6m の沈下被災をうけ，所要天端高の確保のため上部工の嵩上げを，地震時の転倒に対する安全率確保のため港内側側面に腹付コンクリート（幅3.0m×高さ6.44m）による補強を行っている．(図－2 参照)



図－１　対象施設位置図

本報告では，第七防波堤の既設ケーソンをリユースするに当たり，検討した評価と対策について述べる．



図－２　第七防波堤現況標準断面図

２．劣化度調査の結果

検討に先立ち，リユースするケーソンの劣化度調査を行った．その結果は，以下の通りである．

①目視調査；クラック，鉄筋露出等の異常無し，②コア圧縮試験；32.9～52.2 N/mm^2，③アルカリ骨材反応試験；反応有りだが，進行は終了，④中性化試験；最大深さ 11.3mm（兵庫県南部地震による沈下被災前10 年程度干満部，沈下被災後 10 年程度海中部の位置にて），⑤塩分含有量試験；最大 14.99kg/m^3，⑥鉄筋腐食測定；腐食グレードⅠ，⑦兵庫県南部地震でケーソンに破損がない

アルカリ骨材反応は認められたが，ひび割れ発生はほとんどなく，かつ，進行は終了していることが認め

キーワード：ケーソン，リユース，限界状態設計法，経済性
連絡先：東京都千代田区隼町 3-16 住友半蔵門ビル 6F　TEL 03-3234-5862　FAX 03-3234-5877

られた．また，塩分含有量が非常に多いが，鉄筋腐食測定はグレードⅠであった．その他の項目でも異常がないことから，ケーソンは十分所定の強度を保有し，かつ，劣化度は非常に小さいと判断し，リユースすることにした．

３．検討に際しての前提条件

①腹付コンクリート切断は施工上困難で，一体化のままリユースする．

②部材の設計基準強度は，劣化度調査結果より，24N/㎟ として取扱う．

③本ケーソンは許容応力度法で設計されたが，本検討では限界状態設計法で照査した．第八防波堤での設計波は，以下の通りとした．

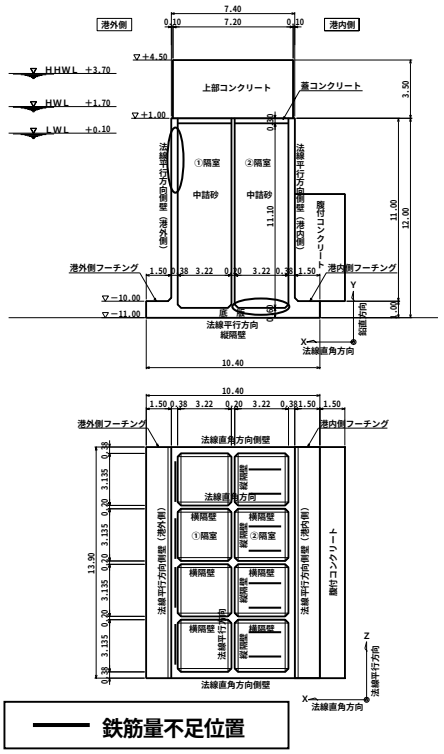
・終局限界設計波；50 年確率波（$H_{1/3}$=4.0m，H_{max}=7.2m，T=7.2sec）

・使用限界設計波；耐用期間50 年に対する$H_{1/3万}$=3.1m，T=5.0sec

・疲労限界設計波；現在利用された期間20 年の疲労蓄積を考慮し，今後の使用予定年数50年を加えて，検討期間70年に設定した．

４．部材耐力照査結果

限界状態設計法によりリユース後の部材耐力を照査した結果，使用限界を満足しなかった．底版部について，港内側隔室，法線直角方向上側中央部でひび割れ幅許容値以上，側壁部について，法線平行方向側壁(港外側)，法線平行方向，外側中央部でひび割れ幅許容値以上となり，対策実施が必要となった．



図－３　補強対策必要部材

５．対策方法について

（1）底版部の対策方法

波圧時において，港内側の隔室底版の上側で許容ひび割れを満足しない結果となる．ケーソン内部は，蓋コンクリートなどで外気より遮断されていることから，隔室内の溶存酸素により腐食が進行することは考えにくく，仮に海底土中部の腐食速度0.02㎜/年を用いても，耐用年数50 年に対する腐食量は1㎜ であり，ひび割れ発生部分の局所的な腐食に留まるものと考えられることから，鉄筋の腐食によるケーソン本体に問題となる耐力低下は考えにくい．よって，底版部の対策については行わないこととした．

（2）側壁部の対策方法

引波時の中詰土圧により，側壁外側においてひび割れが生じることとなる．これに対応するため，ひび割れの補強対策工法として，①モルタル吹き付け工法，②炭素繊維シート(FRP 接着)工法，③上部コンクリートの落としこみ等による中詰土圧低減工法の3 つの案について比較検討を行った．

比較の結果①，②は，水中での施工が困難であり陸に揚げての対策工法となる．また，流木等の衝突による剥離の懸念も考えられるため，採用しなかった．海上での施工が容易で，かつ経済的である③の外力低減(上部コンクリートの落としこみ)工法を本ケーソンの補強工法とした．すなわち，上部工50㎝の落とし込みで側壁部に作用する水平土圧を低減することにより，側壁部の許容ひび割れ幅が満足できた．

６．まとめ

既に20年余り使用している鉄筋コンクリート製ケーソンを対象に劣化度調査を行い，リユースが可能な状態であることを確認した．次に，限界状態設計法の照査と対策方法の検討を行い，①底版部(上側)では，許容ひび割れ幅を満足していないが，隔室内は外気と遮断されているため腐食の進行は少ないものと判断し，補強対策は行わない，②側壁部では，蓋コンクリートと上部工を一体化することにより作用する中詰土圧を低減でき，側壁部の大規模な補強対策が不要という結果となり，ケーソンのリユースは可能と判断した．

今後，建設コストの縮減，リサイクル材の採用，建設・解体時のCO_2発生をなくすという社会的要請に伴い，既存施設の有効活用が一層求められる．本検討は，他の同様な検討と対策立案の一助になるものである．