

岸壁の床版を取り外して点検できる リプレイサブル栈橋の試験導入について

志賀 守¹・佐野 新¹・百海 郁弥¹

¹新潟港湾空港技術調査事務所 設計室 (〒951-8011 新潟市中央区入船町4丁目3778番地)

リプレイサブル栈橋は、栈橋の床版を梁から簡単に取り外しできる栈橋である。港湾技術パイロット事業に選定され、2019年1月から2019年10月にかけて、リプレイサブル栈橋の現地適用性等を確認するための実証試験を行った。本稿は、その「耐久性」の結果について報告するものである。

キーワード 栈橋、リプレイサブル床版、耐久性

1. はじめに

近年、過去の高度経済成長期に数多く建設された港湾構造物において老朽化が進行しており、補修・補強等の対策が必要となってきた。

港湾構造物の中でも、栈橋の上部コンクリートは塩害による劣化が最も生じやすく、数多くの劣化事例が報告されている。塩害による劣化がある程度以上進行すると、構造物の構造性能に影響を及ぼすようになり、構造物の安全性と安全な荷役作業を担保するためには、適時適切な対策が必要となる。過去の調査によれば早ければ10年、平均的にみても供用後20~30年で大規模補修などの対策を行うことが多く、この早期劣化がライフサイクルコストを増大させる原因となっている。

リプレイサブル栈橋は、栈橋上部工の床版をプレキャスト構造とし、従来取り外しを考慮せず固定していた個々の床版を取り外し可能とするものであり、港湾構造物の建設費、維持管理費をライフサイクルコストの面から低減させることを目的として、港湾空港技術研究所及び日本埋立浚渫協会による共同研究において検討が行われ、実験室レベルで導入可能との確認がなされている技術である(図-1)。

リプレイサブル栈橋の現地適用性等を確認するため、2019年1月から2019年10月にかけて、実証試験を行った。実証試験では、リプレイサブル栈橋を「耐久性」、「施工性」、「経済性」の観点から従来の栈橋との比較などを行い、本構造の実用性と今後の課題について確認した。本稿は、その中で「耐久性」に焦点を当てて報告するものである。

実証試験は、伏木富山港湾事務所が実施した伏木富山港(新湊地区)国際物流ターミナル延伸整備事業の一部に試験導入して行った。

この事業は、国際物流ターミナルにおけるコンテナ船の大型化に対応し、滞船解消や、更なる荷役効率化を図るために、既設北1号岸壁の延長333mを75m延伸するものである(図-2)。

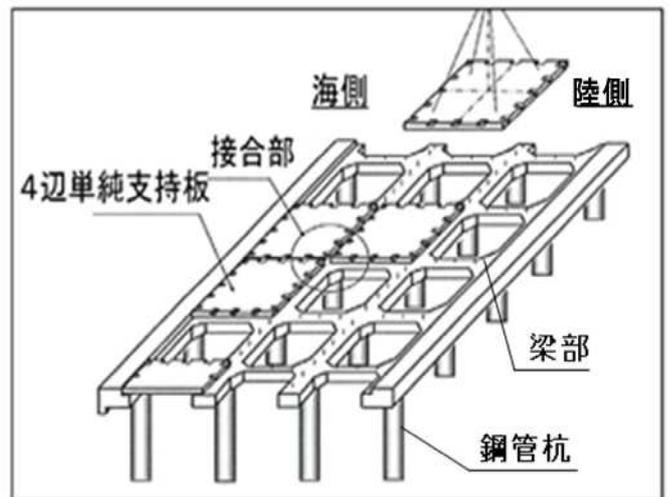


図-1 リプレイサブル栈橋イメージ図

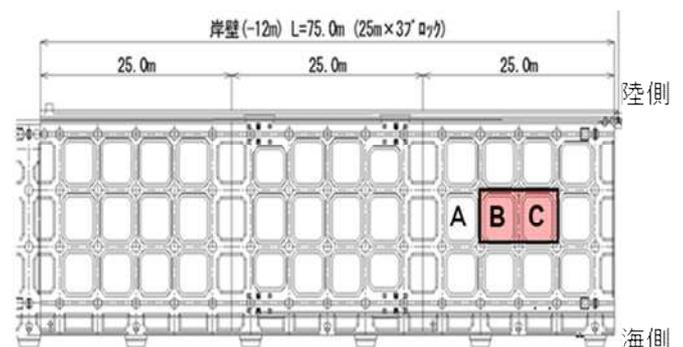


図-2 リプレイサブル床版(B, C部)設置箇所

2. 現地実証試験における確認事項

耐久性に関する確認事項としては、「荷重によるひずみ」と「塩害による腐食」である。

荷重によるひずみは、載荷試験を行い床版のひずみ特性が隣接の通常床版と同等か、座金を固定するアンカーボルトに想定外の応力が発生しないかを確認するため、「静的載荷試験」と「動的載荷試験」を実施して確認することとした。

また、塩害による腐食は、床版の接合部を座金方式としたことから、梁と床版の隙間から海水が浸入しやすいため、座金内部の腐食環境が想定外に悪くないかをゴム支障の連続・断続の違いも含めて確認することとした。

3. リプレイサブル床版構造概要

本実証試験の対象となるリプレイサブル床版の標準断面図を図-3に示す。A床版は従来の固定式の通常床版である。B床版及びC床版にリプレイサブル床版を設置した。床版1枚の大きさは5m四方、重量約2.5tである。床版と梁はアンカーボルトと座金で接合する構造とした。

また、施工性や塩分の付着などの違いを確認するため、座金部、支承部を変えて設置した。

B部は座金部に鋼板で蓋をして舗装で覆う「舗装埋設型座金」で、C部は路面から開閉可能な蓋を付けてナットを点検できるようにした「箱型座金」をそれぞれ設置した。(図-5, 6)。

また、ゴム支承の配置は、B床版は「連続配置」、C床版は「断続配置」とし、それぞれ設置した(図-4)。

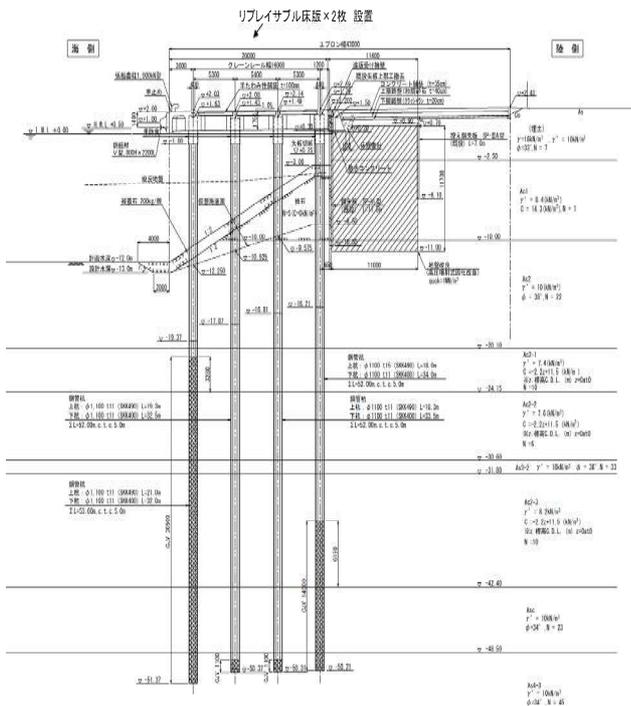


図-3 標準断面図(リプレイサブル床版設置部)

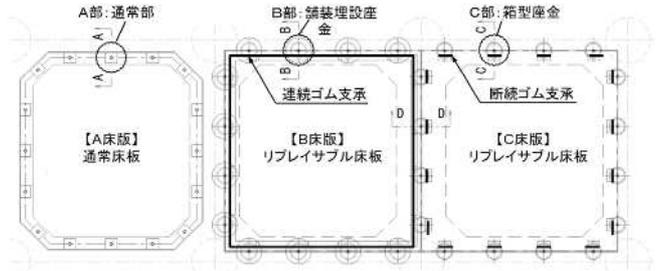


図-4 試験対象床版平面図

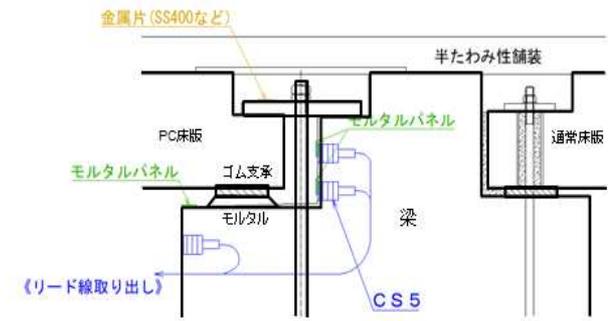


図-5 B-B断面図 (B部: 舗装埋設型座金)

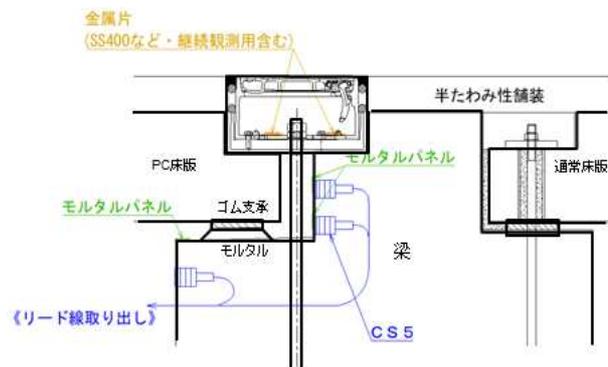


図-6 C-C断面図 (C部: 箱型座金)

4. 実証試験の結果

(1)静的載荷試験

静的載荷試験は、220t吊トラッククレーンを使用して行った。リプレイサブル床版(C床版)と通常床版(A床版)を対象に、各床版中央部(50cm角の載荷板上)に段階的に荷重を載荷させ、最大55tf(≒539kN)の集中荷重をそれぞれ載荷させた。実施状況を写真-1に示す。

床版中央の下側鉄筋、接合部のアンカーボルトにひずみ計を設置して、荷重載荷時のひずみを計測した。



写真-1 静的載荷試験実施状況

ひずみ値は、リプレサブル床版が73 μ 、通常床版が79 μ であった（図-7）。また、撤去後の床版下面を撮影した写真からも、目視で確認できる程のひび割れは発生していなかった。

リプレサブル床版と通常床版のひずみの程度は同等であり、想定以上のひずみは発生していないことから、リプレサブル床版は、通常床版と同様、四辺単純支持版としての設計手法で問題がないことを確認した。

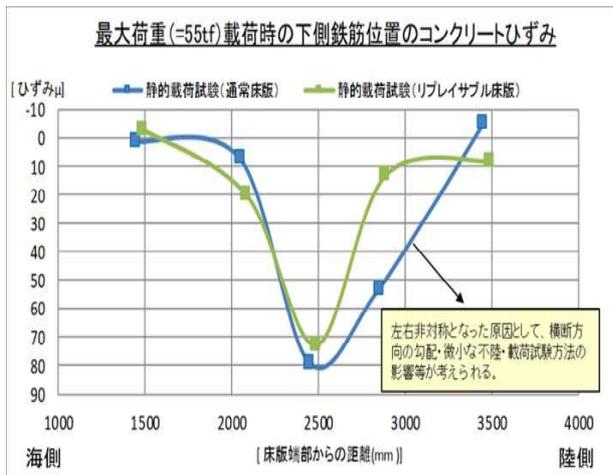


図-7 静的載荷試験結果

(2)動的載荷試験

動的載荷試験は、40ftコンテナ（空コンテナ）を積載したトレーラー車を用いて行った。舗装目地の境界において、トレーラー車の通行等による床版のずれ等を確認するため、目地幅の計測とトータルステーションによる動態観測を実施した（写真-3）。

リプレサブル床版（C床版）の舗装目地（2方向）の境界において、トレーラー車が通過するパターンとトレーラー車が急停止する2パターンを5回ずつ行い、計測時間は1回あたり20秒とした（20秒×2方向×2パターン×5回=計400秒）。舗装目地幅計測箇所を図-8に示す。

試験実施前後に計測した舗装目地部の幅に違いは確認されなかった。また、トータルステーションによる動態観測においても、車両走行時（通過時・停車時）に座標変動は終始確認されなかった（=0.000m）。

よって、梁と床版を剛結しなくても、座金方式による接合により、床版の変動が無いことが確認された。



写真-3 動的載荷試験実施状況

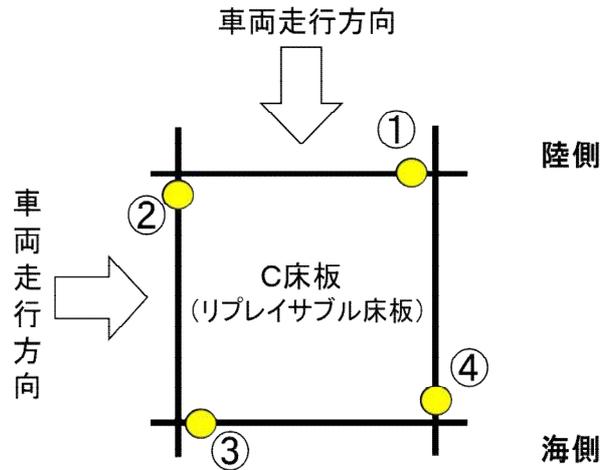


図-8 舗装目地幅計測箇所

(3)塩害による腐食計測等に関わる整理解析

座金内部の腐食環境を確認するため、金属片と腐食環境モニタリングセンサーを、梁部の塩化物イオンを測定するため、腐食センサー（CS5）とコンクリート内部センサー及びモルタルパネルを設置した（写真-4、5）。

座金内部に設置した金属片を約6ヶ月後に回収し、腐食減量を確認した。（表-2、3）。

結果は、金属片の腐食量はほぼ等しく、舗装埋設型座金（B部）と箱型座金（C部）の腐食環境は同等であると見られる。



写真-4 座金内計測機器設置状況
 (左：舗装埋設型座金 (B部)，右：箱型座金 (C部))

表-2 金属片腐食減量試験結果 (設置時)

取付位置	大きさ (mm)			重量 (g)	比重 (g/cm ³)
	縦	横	厚さ	①	
B部	99.70	100.30	11.80	910.600	7.717
C部	100.50	99.90	11.70	910.000	7.747

表-3 金属片腐食減量試験結果 (回収後)

取付位置	重量 (g)	腐食減量 (mg)	表面積 (cm ²)	腐食量 (mg/cm ²)
	②	③ = (① - ②) × 1000	④	③ ÷ ④
B部	906.137	4,463	247.198	18
C部	905.514	4,486	247.693	18



写真-5 梁内部計測機器設置状況

梁側面と支承部前面に設置した計7枚のモルタルパネルを床版撤去時 (設置から約6ヶ月後) に回収し、塩化物イオン量の分析試験を実施した。塩化物イオン濃度は0.26~1.05kg/m³の範囲で計測された (図-9)。下部にはバラツキが見られるものの、B部は連続支承のため上中部の値が小さく、C部は断続支承のため影響範囲が上部まで及んだことが考えられる。

また、本試験時では、塩化物イオンの反応は確認されなかった。しかし、今回の実証試験だけでは計測期間が短いため、今後も継続的な観測が必要である。

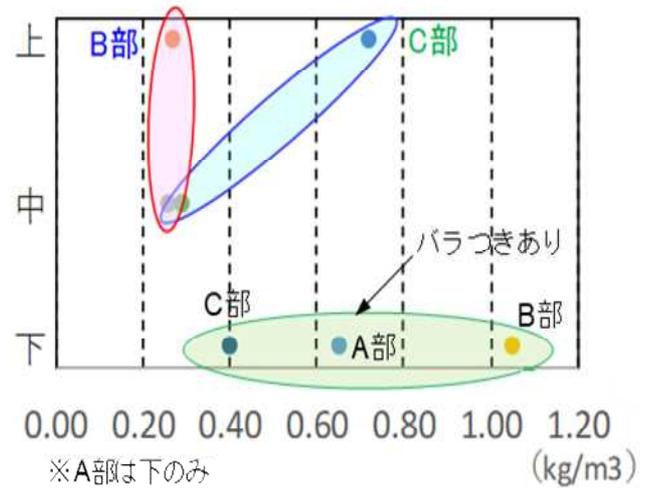


図-9 モルタルパネル試験結果分布図

5. あとがき

本実証試験により、リプレイサブル栈橋の床版は静的載荷試験の結果から、ひずみ特性が通常床版と同等であり、四辺単純支持版としての挙動が示されたことから、設計手法は四辺単純支持版で問題ないことを確認した。また、床版と梁は剛結しなくても構造体として成立することも明らかとなった。さらに、動的載荷試験による床版のずれ等の発生は無く、座標変動は確認されなかった。

塩害の影響について、金属片の分析結果から、座金内部の腐食環境は箱形座金と埋設型座金は同程度であり、著しい腐食も確認されなかった。また、モルタルパネルの分析結果から、ゴム支承を連続配置とした場合に梁上部への塩化物の影響が少なくなることが確認された。しかし、床版接合部の腐食環境調査は期間が短かったことから、今後も継続して計測を行い、モニタリングを行っていくこととしている。

本稿では、床版の取り外しを可能とする技術が港湾施設における現場に十分適用できることを、「耐久性」に焦点を当てて述べたが、一方で、座金の数を減らすことで施工性が向上し、経済性にも寄与する可能性も見えてきた。このような工夫による本技術の更なる向上を期待する。

謝辞：本実証試験にあたり、北海道大学大学院 横田弘教授、東京工業大学 岩波光保教授、港湾空港技術研究所 加藤絵万グループ長、日本埋立浚渫協会 佐々木調査役に有益なご助言をいただき、また、現地においては富山県富山新港管理局、伏木海陸運送株式会社等関係機関の皆様にご配慮いただきましたことを、ここに深く感謝申し上げます。