

供用中の栈橋を効率的に耐震補強する Re-Pier工法

吉原 到¹

¹あおみ建設株式会社 土木本部技術開発部 副部長

あおみ建設では、供用中の栈橋を効率的に耐震補強する工法を開発し、供用中の栈橋の耐震補強工事に適用した。本報告では、工法の概要とともに、施工方法および施工事例を紹介する。

キーワード：栈橋，耐震補強，供用中，維持管理

1. はじめに

国土交通省は平成18年に「耐震強化岸壁緊急整備プログラム」を策定して、限られた社会資本整備予算の中で既設構造物の延命化や耐震補強整備を進めている状況である。民間企業においても、高度経済成長時に建設された専用岸壁が更新時期を迎えたものの代替施設がないため、岸壁を供用しながらかつ低コストで延命したいというニーズがある。

このような社会情勢を受けて、低コストで、かつ現在の物流機能を低下させることなく、岸壁を供用しながら耐震補強できる「Re-Pier工法(図-1)」を開発し、実際の栈橋に適用したので、その概要について報告する。

2. 開発背景と工法の基本方針

栈橋式の岸壁における耐震補強・延命化工事では、「栈橋の供用は止めたくない」、「工事期間は短く」、「できるだけ安く」というニーズが強い。しかし既設栈橋を撤去して新設する場合や、上部工の撤去や鋼管杭の

増設を伴う補強方法ではコスト高となる上に、岸壁の長期供用停止が避けられない。そこで、開発する工法は、以下の3つの方針を定め、開発を進めた。

- ①既設栈橋を活用し、部材を追加して補強することで供用制限を最小化する。
- ②水中での作業を軽減し、現地施工期間を最短とすることで、工程短縮とコストの縮減を図る。
- ③シンプルで簡単に取付できる構造とする。

3. Re-Pier工法の概要

鋼管杭を補剛部材で連結することで栈橋全体の剛性を増加させる工法として、「格点式ストラット工法」があり、主として新設構造物を対象として適用されているが、この工法を既設構造物に適用する場合、既設上部工を撤去しなければ補剛部材を取り付けることができず、長期間にわたり岸壁を供用することができなくなる短所があった。そのため、既設上部工を撤去せずに、上部工直下で補剛部材を鋼管杭に追設できる工法を開発した。

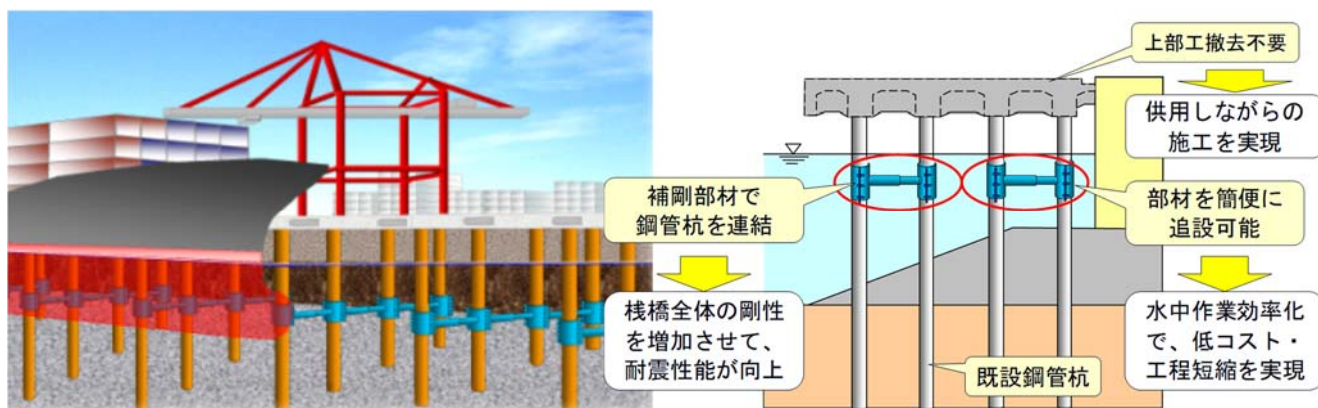


図-1 Re-Pier 工法の完成イメージと特徴

本工法は、部材長を可変式とすることで、狭隘な杭間（水中）で簡便に追設できることが特徴である。低コストで、短期間に、施設供用にできるだけ影響を与えずに、栈橋の耐震性能の向上や前面水深の増深化、構造物の延命化を実現することができる。（図-2,3）

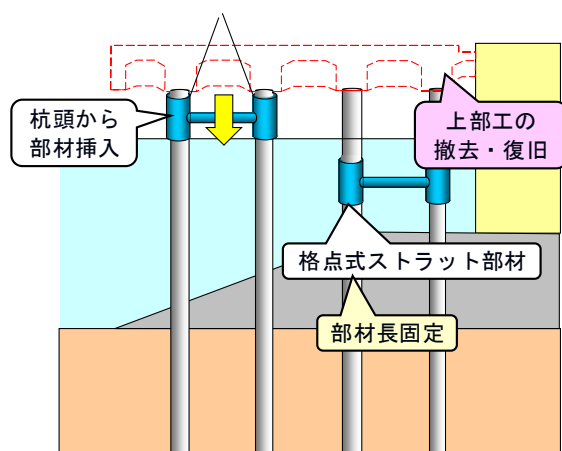


図-2 従来工法による施工上の課題

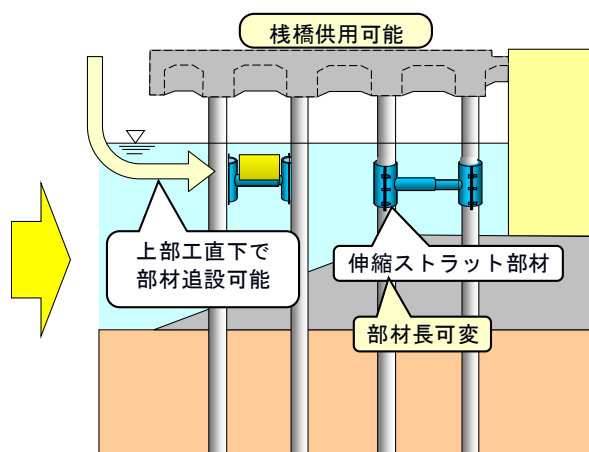


図-3 Re-Pier 工法での施工

本工法に使用する「伸縮ストラット部材（図-4）」は、ストラット部と鞘管部の2種類の部材で構成されている。ストラット部は、径の異なる2本の鋼管からなり、径の細い管を太い管の中から出し入れすることで、設置時に部材長を調節できることが特徴である。



図-4 伸縮ストラット部材

鞘管部は、鋼管を半割りにした形状の部材にフランジ加工を施し、ボルトで接合する構造とした。

まず、部材長が最短となる格納状態にして設置場所まで運搬し、既設鋼管杭間にはめ込む。その後、入れ子状の鋼管を引き出して部材を伸長し、鞘管のフランジを接合し、既設鋼管杭へ部材を追設する。最後に、既設杭と鞘管の遊間、および径の異なる鋼管と鋼管のラップ区間にモルタルを充填し既設構造物と剛結する。（図-5）

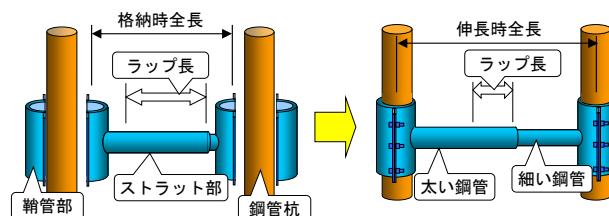


図-5 既設鋼管杭への補剛部材追設の仕組み

従来は、上部工を撤去して杭頭から補剛部材を挿入する事で対応していたが、本工法では上部工を撤去することなく部材の追設が可能である。また部材はグラウトシールを含めすべて工場で製作・組立てするプレキャスト品であり、潜水土による水中作業を大幅に軽減する工夫も盛り込んでいる。

なお、通常既設栈橋の杭間距離は施工誤差によるばらつきがあるが、部材全長を容易に調整できることから、製作する補剛部材は同一寸法、すなわち、部材のユニット化を実現した。（図-6）

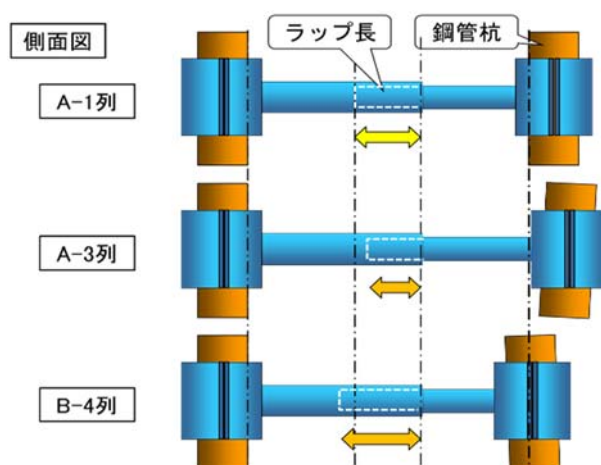


図-6 杭間の変動への対応

4. 施工方法

(1) 施工フロー

現地での施工は、ストラット設置準備工、ストラット設置一連、モルタル打設工、防食工という流れで進める。(図-7)

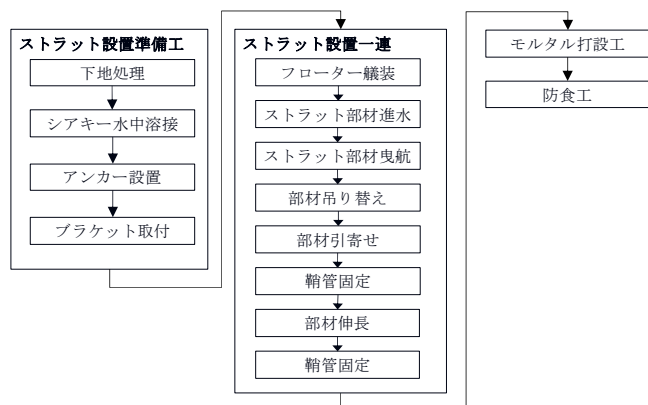


図-7 施工フロー

(2) ストラット設置準備

既設鋼管杭表面のカキ落とし・ケレン等の下地処理を行った後、鋼管杭とモルタルの付着力を向上させるためのシアキーを水中溶接する。次に水中作業を簡便化したバンド式ブラケット材を鋼管杭に取り付け(図-8)、部材を一時的に吊り下げるためのアンカーを上部工下面に設置する。



図-8 バンド式ブラケット設置

(3) ストラット設置一連

重量物である伸縮ストラット部材を栈橋下面の設置位置まで運搬して設置するために、専用のフローターを使用する。フローターを艀装すると、部材が水中で浮きも沈みもしない中立の状態(中性浮力)となる。このことにより、潜水士が部材を簡単に移動させることができるようになり。さらに潮位や既設栈橋の構造に影響をうけることもなく、安定して部材を設置できる。(図-9)

栈橋上に設置した25 t程度のラフテレーンクレーンで部材を進水し、その後は、潜水士が栈橋下面の部材設置位置まで曳航・移動させる。先行して上部工に取り付けたアンカーを活用して伸縮ストラット部材を吊り替えたのち、潜水士が部材を引き延ばして。鞘管部をボルト結

合し、部材設置完了となる。

なお、フローターはクレーンで回収し、次の部材に艀装する。(図-10)



図-9 専用フローター艀装状況



図-10 部材設置一連

(4) モルタル打設工

伸縮ストラット部材のラップ区間および既設杭と鞘管の遊間に水中不分離性モルタルを充填し、伸縮ストラット部材と既設構造物を剛結する。(図-11)

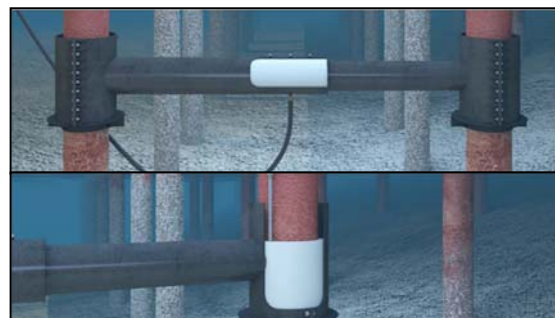


図-11 モルタル打設

4. 施工事例

(1) 事例1（宮城県仙台塩釜港）

当工事は、2014年(平成26年)3月宮城県発注の東日本大震災後の災害復旧工事である。当該施設は、岸壁延長320m、前面水深-4.5m~-5.5mの直杭式RC栈橋であり、海側の栈橋は平成2年に建設されたものであるが、震災により栈橋全体が40cm程度沈下した。

岸壁の機能を回復するため、コンクリートを増し打ちして上部工を嵩上げする計画であったが、単純にコンクリートを増し打ちすると、重量の増加により耐震性能が不足するため、図-12に示すとおり、Re-Pier工法により補強することとなった。

伸縮ストラット部材(図-13)の重量は、約1.5t/基で、64基を施工した。施工は、岸壁の供用に影響することなく完了することができた。(図-14)

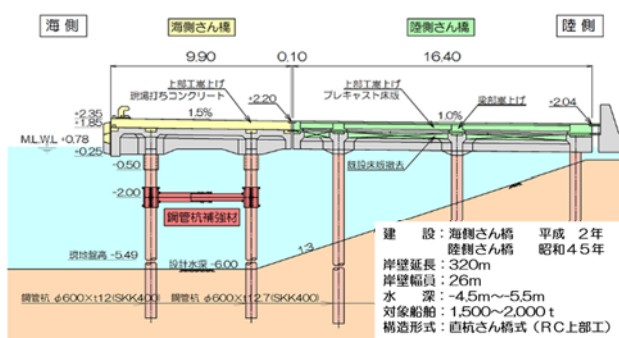


図-12 補強断面図

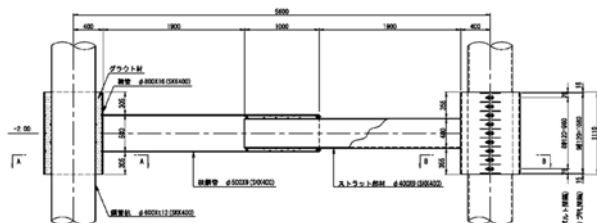


図-13 補強部材詳細



図-14 施工状況

(2) 事例2（愛媛県松山市中島港）

愛媛県の松山市の離島にあるフェリー岸壁での事例で、平成26年から29年にかけて施工した。(図-15)

当該施設は、岸壁延長60m、前面水深-7.5mの直杭式RC栈橋であり、住民の生活の足であるフェリー用として使用されている。この施設は離島で唯一の耐震岸壁であり、その岸壁を現行の基準で照査した結果、基礎杭の耐震性能が不足することが判明した。対策にはフェリーの運航を止めないことを求められ、栈橋を供用しながら施工可能なRe-Pier工法により補強を行うこととなった。

伸縮ストラット部材は、約2.7t/基で、24基施工した。施工はフェリーの運航を止めることなく無事完了することができた。(図-16)



図-15 松山市中島港フェリー岸壁

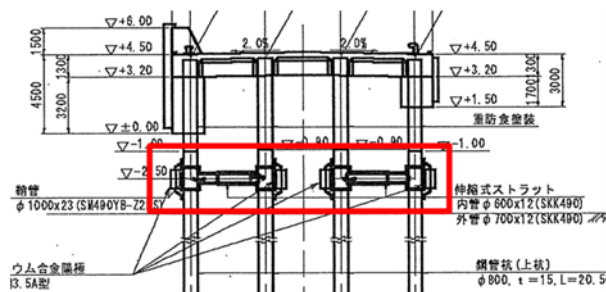


図-16 栈橋補強断面図

4. おわりに

今後は、水中作業をより軽減するために部材の構造や形状、施工方法の工夫を重ね、現場水中作業の大幅な削減と生産性向上を実現し、供用しながら耐震・増深対策が出来るというメリットを活かし、既設栈橋の長寿命化に貢献していきたい。

謝辞：本工法の開発に当たり、日本製鉄株式会社、西武ポリマ化成株式会社、その他関係各社のご協力を得ましたこと、あらためて深く感謝申し上げます。