



# 簡便な杭式栈橋の補強工法

※第25回国土技術開発賞(授賞式2023.8.2)の受賞技術全6件のうち、港湾関連技術をピックアップしました。

JFE エンジニアリング株式会社 奈良正・門倉宏子・伊藤らな

## 1.はじめに

我が国の社会資本ストックは、高度経済成長期に集中的に整備され、今後老朽化した施設が急増することが懸念されている。そのため、インフラを戦略的に維持管理、再利用、更新することが求められている。国土交通省の調査によれば、建設後50年以上の係留施設は2020年3月には全体の約2割から、2040年3月には約7割に急増する<sup>1)</sup>。港湾岸壁においては、そのような既存施設での老朽化が進む一方、近年では船舶(クルーズ船)の大型化対応、大規模地震に備えた耐震強化を求められ、所定の性能を満足できないケースが増加している。

従来、港湾施設の一つである杭式栈橋の場合、このようなケースにおいては、杭の増設(増杭工法)などの対策が実施されてきた。しかし上部工撤去などといった大掛かりな工事を必要とするため現地工期が長く、岸壁の利用が制限されるという問題を抱えていた。こうした背景から、それらの課題を解決する簡便な栈橋補強工法として「深梁工法」を開発した。既設杭の間に鋼製箱桁(深梁)を設置し補強することで、船舶大型化対応、耐震強化機能を付加しつつ、栈橋を延命化することができる工法である。更に、上部工などの既設部材を最大限活用(リユース)し、工事期間の大幅な短縮化および栈橋を供用しながらの施工を可能としている。

## 2.開発技術の概要

深梁工法は、既設杭の間に鋼製箱桁(深梁)を設置することで栈橋を補強する工法である。耐用年数経過後の補修および補

強、利用計画(対象船舶の変更、増深)による補強、耐震強化などに対応することが可能である。全景を図1に示す。

機構としては、既設杭中間部に深梁を設置することで、栈橋を多層ラーメン構造へと変換させる。杭の突出長を短くし、荷重作用時の杭頭に発生する曲げモーメントを杭中間部(深梁結合部)へと分散させ、栈橋の水平抵抗性能を高め、水平力に対して変位や曲げモーメントを抑制する(図2)。これにより上部工などの既設部材を最大限活用しつつ栈橋の延命化が可能となる。

深梁本体の構造を図3に示す。鋼製の「箱桁部」と「扉部」で構成されている。製作の際にはあらかじめ既設杭の出来形を現地計測し、箱桁部の製作寸法に反映させる。

施工はまず既設杭に受架台を設置し、杭に対してケレンを実施して表面に付着した海洋生物等を取り除き、頭付きスタッドを水中打設しスタッド周囲に鉄筋を巻き立てる。次に深梁にフローターを取付け、海面に吊下ろし、潜水士により所定位置に設置する。その後扉部を開放する。そして杭構面の脇から深梁を引き付けて、深梁を杭に抱かせた後は、開放していた扉部を併合し、箱桁部と扉部を引張ボルト接合させて一体化する。次にフローターを撤去し、深梁を所定位置に沈設する。最後に既設杭と深梁の一体化を図るために水中不分離性モルタルを打設して固着させる。ボルト接合部の周囲は水中硬化型エポキシ樹脂を施工する。

杭に発生する応力は、あらかじめ扉部内側と既設杭に打ち込んでおいたスタッドによって結合したグラウトを介して箱桁へと応力を伝達する機構となっている。

深梁は施工を容易とするために、次の構造的特徴を備えている。①箱桁内部は空洞となっており浮力を活用して所定の位置

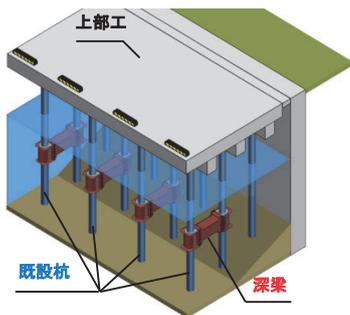


図1 深梁工法全景

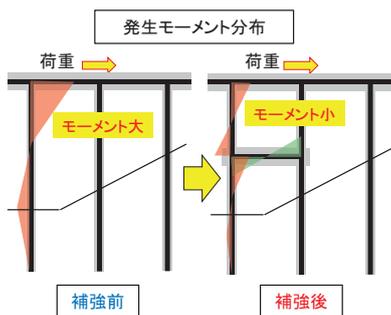


図2 栈橋の補強効果

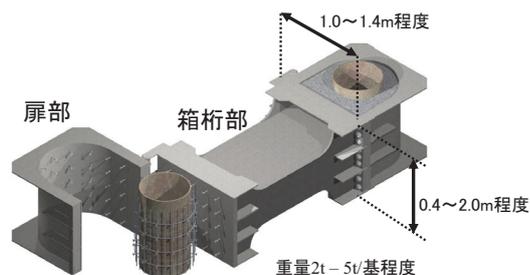


図3 深梁本体

に運ぶことが可能、②バルブにより箱桁内部に注水することで設置することも可能、③箱桁の両端には開閉用回転ヒンジを介してU形の扉が取付いている扉構造により杭を抱き込むことができるため杭との一体化が容易。部材の引き込みおよび取り付けは部材の浮力を利用するため位置決めはワイヤー操作だけで行なうことができ、小型の重機で設置が可能である。また、深梁は梁部材(曲げ・軸部材)としているため部材あたりの補強効果が高く、部材数が少なくなるため、現地施工工期を短くすることができる。

### 3. 開発技術の特徴

#### (1) 施工面におけるメリット

深梁工法の施工面でのメリットとしては、主に以下の四点が挙げられる。

- ①上部工撤去を不要とするため、供用しながらの補強や現地施工期間の大幅短縮が可能
- ②杭式栈橋の鋼製杭へ適用可能、直杭・斜杭とも対応可能
- ③深梁本体は軽量部材(2t~5t)のため大型重機を必要とせず、振動や騒音が少ない
- ④既設杭に追加部材を設置するのみであり、岸壁法線の変更が不要

#### (2) 従来工法との比較

深梁工法と従来の栈橋補強方法である増杭工法の、現地施工期間・供用停止期間・工費を比較した結果を表1に示す。栈橋延長L=350mを増杭70本と深梁35基それぞれで補強した場合を対象とする。

深梁工法は、既設上部工および既存設備(係船柱、レール等)をそのまま活用可能である。増杭工法と比較して現地施工期間を60%短縮、供用停止期間を90%短縮、工費を20%削減することが可能である。また、供用停止期間の短縮による経済損失の減少、重機小型化による環境負荷の軽減などといった波及的な効果も挙げられる。

以上の点において、従来工法に比して深梁工法は優れた工法であると言える。

	従来工法(増杭)	深梁工法
対象: 栈橋延長L=350m	増杭: 70本	深梁: 35基
現地施工期間	10ヶ月	4ヶ月 (▲60%)
供用停止期間	9ヶ月	1ヶ月 (▲90%)
工費	1.0	0.8 (▲20%)

表1 従来工法(増杭工法)との比較

### 4. 適用事例

清水港日の出岸壁(-12m)における事例を紹介する。図4、写真1に当工事のパース図(深梁設置状況)および深梁の写真を示す。日の出地区の岸壁は供用から30年あまりが経過しており、老朽化の進行や大型客船の更なる寄港増等への対応が課題となっていた。これらの課題に対応していくため、15万トン級クルーズ船の2隻同時接岸を可能とし、港内の物流機能再編にあわせ、将来にわたり港湾施設としての機能を発揮できるよう、岸壁増深(-10m→-12m)に伴う補強・老朽化対策を目的として深梁工法が適用された。

なお、発注者、施工年度、基数、諸元については以下の通りである。

- ・発注者：国土交通省 中部地方整備局
- ・施工年度：2018、2019年度
- ・基数：57基(47基+10基)
- ・諸元：梁高0.7(1.1)m(扉高1.9m)×梁幅0.7(1.1)m



図4 清水港日の出岸壁(-12m)改良工事 パース図



写真1 清水港日の出栈橋深梁

### 5. おわりに

港湾岸壁において供用後50年以上経過する老朽化した施設が急増することが懸念されている中、深梁工法により戦略的にインフラの維持管理、再利用、更新を可能とすることで、社会資本ストックの維持管理費用の抑制に寄与することを期待している。

最後に本技術の開発および施工に関係された皆様に謝意を表します。

参考文献 1) 国土交通省港湾局技術企画課港湾保全政策室、国土交通省における港湾施設の維持管理の取組について、<https://www.scopenet.or.jp/main/course/pdf/IJ0305/01-kokkosyo.pdf>