

## 鋼製補強梁設置によるシーバースの耐震対策

鹿島建設(株) 正会員 ○林 徹 伊東文紀 成田 司

### 1. 目的

本工事は、栈橋式原油受入基地（以下、シーバース）の巨大地震に対する応力解析の結果から、原油配管周辺デッキが大きく傾くことによって起こる油漏洩事故のリスク低減を目的とした補強工事である。今回実施した補強工法は、既設栈橋の鋼管杭に鋼製梁部材を取り付け、ラーメン構造とすることで鋼管杭に生じる地震時変位を低減させるものである。本稿は、シーバースの耐震対策工事についての実績を述べる。

### 2. 工法概要

#### 2.1 補強工法の構造概念

今回の補強工法は、既設栈橋補強工法<sup>1)</sup>（以下、深梁工法）を参考として実施したものである。深梁工法は、既設栈橋の鋼管杭に鋼製梁部材を取付け、ラーメン構造とすることで鋼管杭に生じる地震時変位を低減させる工法である。また、本工法は、梁中央部が箱梁となっており、その両端には開閉用回転ヒンジを介してU形の扉を取り付け、杭側面から深梁を引き付けて、箱梁を架台に載せた後に、開放していたU形扉を閉め、そのウェブをボルトで締め付ける。そして、杭とU形扉の間にモルタルを打設して固着させることにより接続する（間詰工）。既設杭に深梁を設置した構造イメージを図-1、補強効果の概念を図-2に示す。

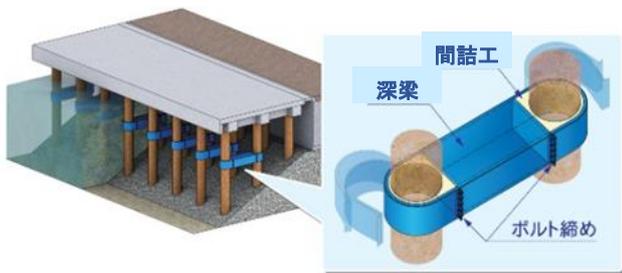


図-1 構造イメージ

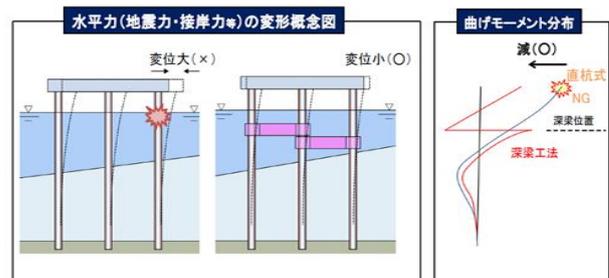


図-2 補強効果の概念

#### 2.2 深梁工法の特徴

深梁工法は、既設鋼管杭に追加部材を設置するだけで構造耐力が増大し、従来工法のように施設形状を変更する必要が無い。また大型重機が不要で周辺環境にやさしいことと現地作業量が少ないといった特長がある。本工事では原油配管近傍の杭を限定して地震時変位を抑える要求性能に合わせた仕様（深梁工法の設計手法と異なる）に変更したため、特許名称の「深梁」を使用せず「箱梁」とする。

### 3. 施工条件

原油タンカー入船日が1カ月に2～3回あり（2泊3日/回）、その間は作業ができない。入船日の決定は最短で1週間前のため、入船日変更による作業日調整が必要となる。詳細設計、鋼材調達、製作に延べ6カ月程度を要したため工事着手が遅れて、荒天時期（1月～3月）での低稼働期施工となった。一般の天気予報は港湾用のため、沖合の海象と異なることから別途ピンポイント予測が必要となる。

### 4. 施工計画

#### 4.1 計画時の課題

既設鋼管杭の補強箇所は2カ所（4本）であり、以下に述べる5つの課題がある。①既設鋼管杭は2カ所とも直杭と斜杭を連結する構造である（図-1参照）。②設置位置の周囲には既設鋼管杭の他に原油配管、防護鋼があり、杭接合部を通常のU形扉ヒンジ構造にすると扉開閉スペースが取れない（写真-1参照）。③箱梁設置位置がデッキ直下のため、クレーンで吊り上げた補強材を直接吊り込めない。④海象状況の急変に備えた

キーワード：深梁、箱梁、既設栈橋補強工法、鋼製補強、耐震対策、シーバース

連絡先 〒460-0004 名古屋市中区新栄町2-14 鹿島建設(株)中部支店土木部 TEL 052-961-6121

予測対応が必要である。⑤荒天時期であるが、工程短縮が必要となる。

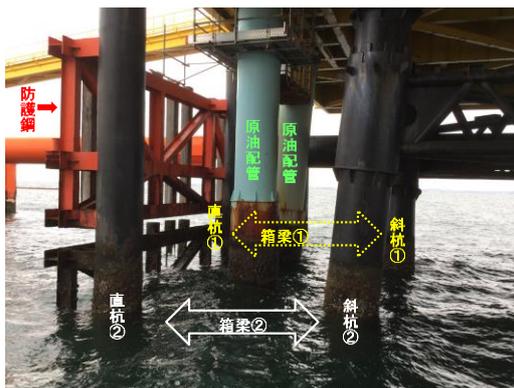


写真-1 周辺既設設備（海上）

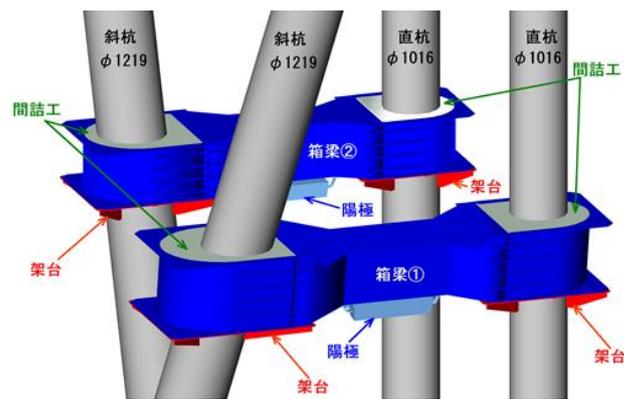


図-3 箱梁設置 3次元モデル

## 4.2 課題に対する対策

4.1 節で述べた課題に対して以下の対策を実施した。①既設鋼管杭連結位置の水中測量精度をたかめて、工場製作に反映する。②杭接合部のU形扉を分離構造として別々に運搬、設置して水中で接合する。③各補強部材はフロートを使用して海中で吊った状態でデッキ下まで曳航し、沈めて設置する。④各作業の所要時間から最低限の区切りを決めて、急な荒天による作業中断に備える。⑤海象予報に合わせた作業工程の入替、時間配分を検討して、稼働率を上げることと仮設備は安全性、効率優先かつ極力シンプルなものとし、準備作業の手間を軽減する。

## 5. 施工実績

4.2 節で述べた対策について、施工実績をそれぞれ述べる。①事前水中測量は、箱梁上端及び下端をロープで明示し、杭周及び杭間距離を測定した。杭の傾斜は防水スラントレベルを使用して、直杭は四半円点、斜杭は円周 300mm 間隔で測定を行い、測量結果を3次元にモデル化した（図-3 参照）。②箱梁を分離構造としたため、U形扉部は水中に沈むが箱梁中央部は中空密閉体であり、浮力が勝るためウエイトを取り付けて沈む状態を作り、60 kgの玉ブイ複数個で浮かせた。③各補強部材は水中重量に対する曳航装備を取り付け、船外機で設置位置まで曳航した。また、潮位の変化に対応できるように数種の長さのワイヤーロープを準備し、曳航高さを調整した。箱梁部材を曳航後、固定された架台からレバーブロックで玉ブイごと水中に引き寄せる。引寄せは架台に設置した4個のレバーブロックで最も引寄せが必要な所から操作し、残り3個のレバーブロックで傾きと方向・位置を補正しながら徐々に引き寄せる。合計 600 kgのウエイトは、箱梁中央部設置完了後、エアリフターで浮かせて曳航し回収した。④各作業の区切りに、現状の海象と予報を確認し、次作業を行うか中断するかの判断を行った。また、各作業の区切りには作業中断に備え仮固定を確実に施した。⑤日々風速および波高の予報と作業中止基準をもとにクレーン作業、潜水作業の選択を行い、稼働率向上に努めた。水中で作業するための足場は、当初足場板で作ることを考えていたが、波浪により破壊される恐れがあること、潜水士はフィンを履いており簡易な足掛かり程度で充分であることから、鋼管杭に溝形鋼を溶接固定し、単管フレーム状の足場とすることによって準備作業を軽減し、効率化を図った。

## 6. まとめ

製油会社にとって入出荷に不可欠な栈橋は重要構造物であることから、大規模地震に備えた耐震補強は事業を継続するうえで必要不可欠である。栈橋を供用しながら、予算・条件に合わせて、必要とする箇所の補強が可能な当工法は、今後も需要が見込まれると考える。当工事の実績が、施工制約が多い条件下での既設栈橋補強工法選定の一助となれば幸いである。

## 参考文献

1)門倉ら：深梁工法（特集 社会資本の戦略的な維持管理：ICT等の活用による効率的な維持管理、月間建設62(7)、PP.48-50、2018