

道路橋床版更新工事における施工機械の開発事例

— 阪神高速道路 5 号湾岸線中島排出路への適用 —

清水建設株式会社
清水建設株式会社
阪神高速道路株式会社

○ 藤吉 卓也
安田 篤司
長畑 友貴

1. はじめに

道路橋床版更新工事におけるプレキャスト PC 床版（以下、PCa 床版という）の橋軸方向の接合構造には、場所打ちの鉄筋コンクリート構造（以下、RC という）が多く採用されている。著者らは接合構造部の耐久性向上ならび床版の急速施工を目指し、橋軸方向接合部の RC 部を省略し、床版接合部にプレストレスを導入できるジョイント（以下、PS ジョイントという）を用いた新しい PCa 床版（以下、PS ジョイント床版という）の開発に取り組んでいる。PS ジョイント床版は接合部に埋め込まれた複数のオスボルトとメスボルトを接合する構造(図-1)であるため、接合作業時にオス・メスボルトの相対的な位置合わせ（心出し）を高い精度で行う必要がある。これらの PS ジョイント床版の特性と試験工事における施工条件を考慮し、床版架設作業を効率的に行うための施工機械を開発した。本稿ではその施工機械の開発経緯と稼働実績について報告する。

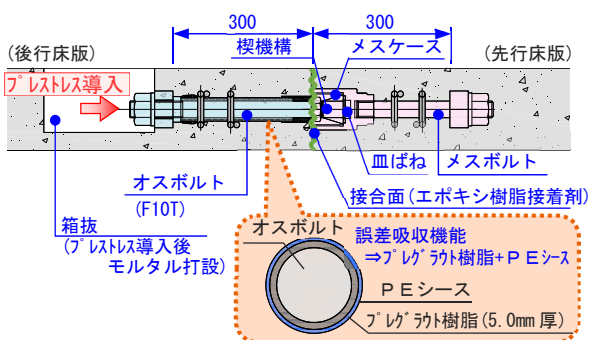


図-1 PS ジョイント床版概要図

2. 試験工事概要

試験工事の対象橋梁である中島排出路は、阪神高速 5 号湾岸線の中島出入口の入路橋と出路橋の間に位置する車両排出路で、橋長 101.25m、有効幅員 4.45m の鋼 3 径間連続非合成鋼桁橋である(写真-1)。平面線形は $R=\infty$ 、縦断勾配は 9.5% ~ -0.5% に変化する縦断曲線を有し、横断勾配 2% の片勾配となっている。今回は、そのうち

NP3~NP5 の 2 径間 67.5m で床版取替の試験工事を実施した。



写真-1 試験橋梁の施工前状況

3. 施工方法ならび施工機械の検討

試験工事は、開発した PS ジョイント床版の実橋への適用性を確認するとともに、急速施工の効果を確認するために施工方法のさらなる効率化が求められた。そこで PS ジョイント床版の施工にかかる特性に加え、中島排出路特有の施工条件より求められる課題を抽出し、要求項目を満たし、かつ急速施工を実現可能とする施工機械の開発を試みた。

3.1 施工条件

(1) PS ジョイント床版の施工上の特性

PS ジョイント床版接合部には複数のボルトが配置されており(写真-2)、架設作業においてはオスボルトとメスボルトの相対位置を 3 次的に高い精度で合わせた(心出し)後に、PS ジョイント床版同士を引寄せて接合させる必要がある。

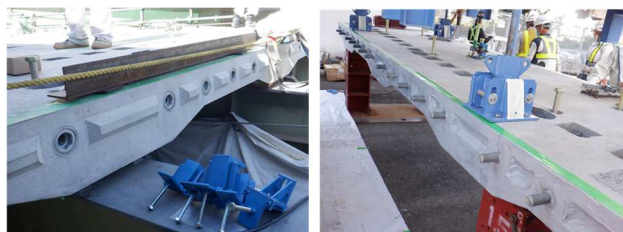


写真-2 PS ジョイント床版接合部

(2) 試験工事における施工条件

対象橋梁は、最大縦断勾配が9.5%の急勾配であり、有効幅員が4.45mで両側を走る供用中の隣接橋との離隔がほとんどなく、橋梁側部へ大型クレーンが配置できない狭隘な条件にある。

3.2 施工機械における課題

PS ジョイント床版の架設作業を対象橋梁において実現するための施工機械として、重量物である床版を施工箇所への運搬する機械としてこれまで用いてきた移動式クレーンの代替機械が求められた。また急速施工を実現するため、既往の研究で用いてきたPSジョイント床版架設時の位置合わせ用の仮設物を極力少なくすることが求められた。

これらの要求項目を満たす施工機械の開発が課題となった。

3.3 フォークリフトの適用検討

一般的に新設床版架設時は大型の移動式クレーンが揚重機として橋梁上に配置され、搬入した床版の荷降ろしや架設箇所への運搬を担う。しかし対象橋梁においては狭隘な条件により、大型クレーンの設置や旋回動作等が不可能であった。

そこで物流だけではなくシールド工事のセグメント運搬等、建設現場でも多く用いられているフォークリフトの適用を検討した。フォークリフトが有する優れた荷役運搬性能を利用しつつ、PS ジョイント床版架設で必要とされる高精度の位置調整機能を有する機械を別途開発し、これらを組み合わせることにより課題解決を試みた。

まずはフォークリフト実機の視察を行い、開発する機械との機能分担や取合いに関する構造等を検討した。結果、フォークリフトの以下の機能を主に利用することとした。

① 走行機能

フォークリフトは後輪操舵による小回りの良さと優れた登坂能力を有することが特徴であり、試験工事における厳しい運搬路条件においても問題ない走行性能を有した。

② 荷物昇降機能

新設床版を架設箇所に運搬、のちに据付高さに下ろすために用いる機能。PS ジョイント床版の設計時想定重量(約7t~10t)より最大荷重15tのフォークリフトの仕様を参考に検討を進めた。

③ フォーク左右スライド機能

本体に対してフォーク(爪)のみを左右方向にスライドできる機能。本来機体と荷物がズレて進入した場合、フォークをスライドさせることによりズレを無くし機体の切り返しを少なくするため機能である。しかし油量を絞る操作をすれば2mm/秒程度の微速動作が可能であることを現認し、床版の微小な位置合わせ機能として適用可能と判断し

た(写真-3)。



写真-3 フォーク左右スライド機能

3.4 開発機械の機能検討

PS ジョイント床版架設作業に必要な機能について、前述したフォークリフトの機能を利用しつつ、足りない機能を補うことができる機械(フォークに取付ける構造)を開発することとした。検討した結果、開発機械には以下の機能をもたせることとした。

① 床版縦横断勾配調整機能

既設のPSジョイント床版に対する新設PSジョイント床版の橋軸方向ならび橋軸直角方向の傾斜度の調整に用いる機能となる。フォークリフトのタイヤのへこみやフレームのたわみ等の予測が難しい微小な変位への対策として必要な機能と判断した。

② 床版回転機能

既設のPSジョイント床版接合面に対する新設PSジョイント床版の接合面の平行度の微調整に用いる機能となる。軌道方式では回転にかかる大きな調整は生じないが、タイヤ方式であるフォークリフトでは、ハンドル操作で停車位置まで橋軸方向に対しまっすぐ進入していくことが難しいと考え、必要な機能と判断した。

③ 引寄せ追従機能

PSジョイント床版はオスポルトとメスポルト間の位置合わせ完了後、センターホールジャッキの変位同調システムを用いて新設床版を約10cm程度引寄せ、ボルトを箆合させる作業に移行する。ボルトの箆合が終了するまでは、新設床版はフォークリフトで支持された状態にあるが、新設床版を引寄せる際に床版支持金物が取り残されていくことを防止するために、フォークリフトに設置した装置の一部が引寄せ動作に追従する機能が必要と判断した。

4. 心出し装置の開発

開発する機械の名称は、PS ジョイントのオスポルトとメスポルトの中心を合わせるという機能が

ら「心出し装置」とした。本章では心出し装置の仕様、開発における課題、そして実証実験の場となった実物大施工性確認試験での動作確認試験内容ならび試験結果からの改善項目について述べる。

4.1 心出し装置の仕様

心出し装置は、フォークリフトに取付けた状態でPS ジョイント床版を懸垂して保持する機能と縦横断方向の勾配調整(±2%)、回転方向の調整機能(±5°)、引寄せ追従機能(250mm)を有するものとして開発を行った(図-2)。左右方向と上下方向の位置合わせは、フォークリフト本体の機能を利用するものとした。

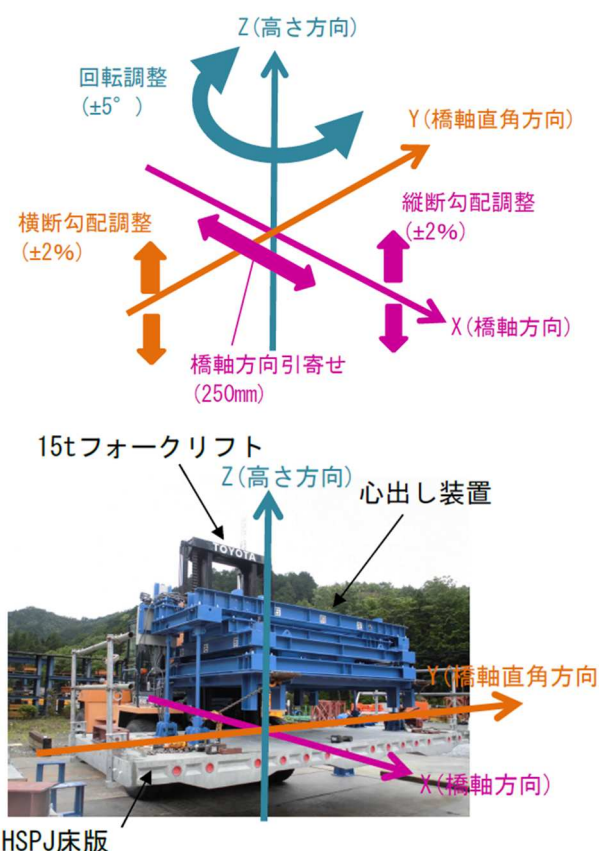


図-2 心出し装置の仕様

4.2 開発における課題

心出し装置の開発における課題は、装置の簡素化、安全の確保、さらに現場での取扱いを容易にすることである。

基本設計については、以前筆者が開発した機械を参考に橋軸方向、橋軸直角方向へ勾配調整機構をそれぞれ独立した構造とし、それらの中核に吊下げフレームのスライド機構(引寄せ)、フォークに取付ける台座フレームに対して上部機構全体が回転する機構を加えるものとした。全て油圧ジャッキによる駆動とし、それぞれのジャッキの役割を明確に分けることにより、設計を簡素化することやオペレータの装置操作理解を簡明化する狙いがあった。

安全の確保については、フォークリフトからの装置の脱落がないように、フォーク背面に鉄板を当て貫通ボルトで装置を挟みこむ構造とした。さらに装置のがたつきを抑えるために、フォーク下面から押しボルトで装置を固定した(写真-4)。床版の急な揺れを防止するために装置の動作速度についても、作業に支障ない範囲で極力遅くする方向で調整を行った。



写真-4 心出し装置のフォークへの固定方法

4.3 実物大施工性確認試験

試験工事でのPSジョイント床版施工の事前検証を目的に、試験施工対象橋梁の縦断勾配9.5%横断勾配2.0%の主桁を模した鋼製架台を構築し、実物大PSジョイント床版を用いて試験を行った(写真-5)。

(1) 動作操作確認試験

実物大施工性確認試験の項目には心出し装置を用いた床版架設作業における課題・問題点の抽出が含まれており、心出し装置を15tフォークリフトに実装着し、主に以下の項目を目的に試験を行った。

- 床版の運搬・心出し・引寄せ作業における床版の一連の挙動を確認する。
- 心出し装置の動作速度を検証し最適な速度に調整を行う。
- 配置予定作業員による心出し装置に関連する操作練習と作業手順における問題点等の抽出。

(2) 改善項目について

実施工を模擬した本試験では、多くの貴重な実験データが取得できた。主な心出し装置の改善項目について前項の試験項目ごとに整理する。

- ①項目aについて
 - ・床版の振止め用金具の追加
- ②項目bについて
 - ・油圧制御回路の改造(勾配調整)
 - ・絞り弁の追加による油量調整(引寄せ・回転)
- ③項目cについて
 - ・各動作の稼働範囲を明瞭にマーキングし、オペや周囲が機械の動作状態を確認しやすくする。
 - ・電動工具を使いやすくするために床版取付金具を改造する。
 - ・電源ケーブルの長さ調整、ケーブルフック追加等



写真-5 実物大施工性確認試験実施状況

5. 試験施工での稼働結果報告

実橋梁での試験工事では、心出し装置を用いて計37枚のPSジョイント床版の架設作業を行った。本章ではその稼働結果について報告する。

5.1 稼働結果

実物大施工性確認試験においてはフォークリフトのオペレーターに周囲の情報を伝える手段として、無線機を用いてチーム内での声でのやり取りを行った。実橋での試験施工においてはさらなる対応として5方向カメラをフォークリフトに取付けた。これによりオペレーターの視覚情報が大きく改善された。床版の振れ止めのブラッシュアップについても有効であり、大型フォークリフトによる狭隘な施工箇所への床版運搬を問題なく行うことができた(写真-6)。



写真-6 PSジョイント床版運搬状況

架設作業においては、実物大施工性確認試験での改善項目の実施によって、準備作業をはじめ床版の位置合わせ作業をよりスムーズに行うことができた。特に回転動作速度の調整については開発当初の半分程度の速度まで落とした結果、余計な反復操作をなくすことができ、サイクルタイムの削減に大きく寄与した。試験工事の後半ではフォークリフトが停車してから床版架設を開始後、オスボルトメスボルトの心出し～PSジョイントの嵌合終了まで10分程度で行うことができた(写真-

7,8)。



写真-7 PSジョイント床版架設開始



写真-8 心出し装置操作状況

5.2 まとめ

試験工事でPSジョイント床版が実橋梁に適用可能であることが確認できた。また大型フォークリフトと開発した心出し装置の組合せにより、急勾配かつ狭隘な施工条件においてPSジョイント床版の運搬ならび架設作業をスムーズに行うことができた。

6. おわりに

道路橋床版更新工事においては今後さらなるPCa床版の急速施工が求められる。今後は、さらなる急速施工を可能にする機械開発に取り組んでいきたいと考える。

本稿は、阪神高速道路(株)、清水建設(株)、ユニタイト(株)、住友電気工業(株)、昭和コンクリート工業(株)によるPSジョイント工法に関する共同研究成果の一部を報告したものである。

ご指導いただいた関係各位に深く謝意を示します。

参考文献

- 1) 長畑友貴・越野まやか・安田篤司:プレストレスジョイント床版を活用した道路橋床版更新の生産性向上, 建設機械施工, 通巻866号, pp.23~29, 2022.4