

道路橋床版更新工事における床版架設機の開発

ー阪神高速3号神戸線（京橋～摩耶間）リニューアル工事における床版更新ー

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
富田 涼太郎

1. はじめに

道路橋床版更新工事のさらなる品質向上ならびに急速施工という課題に向け、筆者らは橋軸方向継手の場所打ち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を用いた新しいPCa床版（以下、PS 接合床版）を開発し（図-1）、2021年に行われた阪神高速5号湾岸線中島排出路の試験工事にて有用性を実証した。後に2023年に実施された3号神戸線リニューアル工事の床版更新においてPS 接合床版を初めて適用した工事（以下、本工事）を実施し、併せて現地の条件ならびにPS 接合床版の施工特性を踏まえ床版架設機を新たに開発した。本稿では床版架設機の開発プロセスと本工事での稼働結果について報告する。

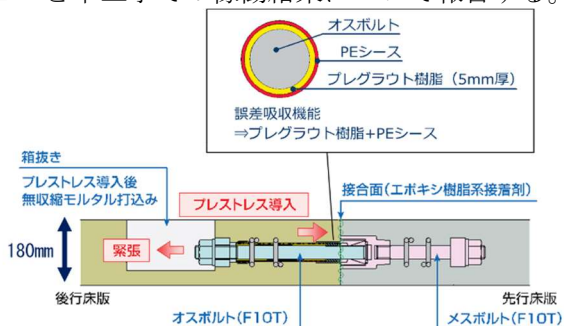


図-1 PS 接合床版概要図

2. 工事概要

阪神高速3号神戸線は、大阪市の阿波座JCTから神戸市の第二神明道路（月見山）へ至る延長約40kmの高速道路の重要交通区間となっており、今回の工事場所は神戸市中心部に位置する。

3号神戸線の京橋～摩耶間は1968年の供用開始から50年以上が経過し、交通量の大幅な増加や通行車両の大型化などの影響でコンクリート床版・舗装・伸縮装置等の損傷が顕在化している。そこで2023年5月19日から6月7日までの19日間、終日通行止めによるリニューアル工事が実施されることとなった（図-2）。

本工事はそのうち「神戸線S391下り」において床版更新を実施したもので、対象橋梁は橋長

21m、幅員9.5mの活荷重合成鋼桁橋であり、周囲には住宅やビルが多く存在している。



図-2 リニューアル工事概要

3. 施工方法の検討

現地の条件より施工方法の検討を行った。工事対象橋梁は合成桁であり強度的に床版架設用の大型クレーンの重量を橋梁上に載荷できず、また対象橋梁の京橋方上空はランプ橋と交差しているため（写真-1）、クレーン作業ができない。これにより摩耶方の隣接橋梁上に大型クレーンを配置することになるが、クレーンを大型化するとアウトリガー反力に対して既設橋が耐力不足となる。このように床版更新工事において一般的に使用される施工機械である大型クレーンについて厳しい制約条件があった（図-3）。



写真-1 工事対象橋梁京橋方状況

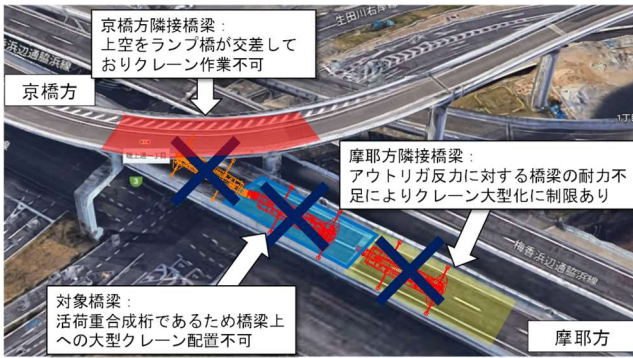


図-3 大型クレーンの制約条件

その他の施工条件を含め検討した結果、以下の施工方法を計画した。

- ① 新設床版 (10 枚) は既設床版を撤去された状態から摩耶方から京橋方に向かって順に架設する。クレーンは摩耶方既設橋に耐力上限の 60t 吊ラフタークレーンを配置する。
- ② 2 枚目の床版までは、60t 吊ラフタークレーン作業半径内であるためクレーンで直接架設する。
- ③ 3 枚目から 10 枚目の床版架設作業については、新設床版と鋼主桁の上面を自走して新設床版を運搬することが可能な床版架設機を新たに開発するものとする。60t 吊ラフタークレーンの作業半径内に仮置きした新設床版を、床版架設機にて京橋方の作業半径外所定箇所に順次運搬し架設作業を行う。

なお開発する床版架設機においては、既設床版が撤去された後、床版との合成効果がなくなった鋼主桁上を走行するため、開発にあたっては機体重量の軽量化が重要課題となった。

4. 床版架設機の開発

4.1 開発の概要

床版架設機の開発においては、PS 接合床版架設作業時の施工特性を考慮した機構の実装が必要であった。PS 接合床版の接合部には複数のボルトが配置されており、床版架設時においてはオスボルトとメスボルトの相対位置を 3 次元的に高い精度で合わせた後に、PS 接合床版同士を引寄せて接合させる必要がある (写真-2)。

中島排出路での試験工事では PS 接合部の軸中心を合わせる作業を「心出し」と称し、PS 接合床版の架設作業を行う専用機械「心出し装置」を開発した。心出し装置は 15t フォークリフトの爪部に後付けするもので、床版架設作業時に床版の縦横断方向の勾配調整、回転方向の調整、橋軸方

向の引寄せを行うことが可能である (図-4)。さらに床版の昇降と橋軸直角方向の位置調整はフォークリフトの機能を使用し、床版架設作業時に高い精度で PS 接合床版の位置調整を行うことを可能とした。

これらの施工機械を用いて試験工事では計 37 枚の PS 接合床版の架設を行った。



写真-2 PS 接合床版の接合作業状況

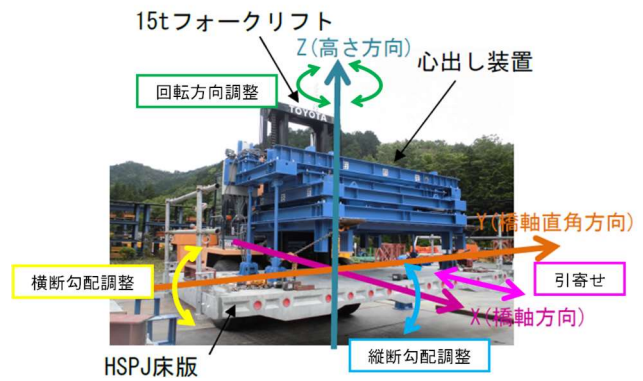


図-4 心出し装置の概要

床版架設にかかる機構については心出し装置の機構や取得した実績データをもとに開発を進めるものとしたが、本工事では 15t フォークリフト (車両重量 22t) の採用は対象橋梁の桁補強工事が甚大となるという理由で断念した。

これにより今回の機械開発の主題は、フォークリフトの代替となる走行機構ならびにその附帯設備の開発となった。

4.2 床版架設機の仕様検討

床版架設機の基本設計段階では初めに構造について検討を行った。重量物である約 10t の PS 接合床版の運搬に対して、フォークリフトのように床版を機械前方で持ち上げる構造では転倒防止のために必要なカウンターウェイトの重量が非常に大きくなるため、床版を抱え込むように吊り上げる形状のラーメン構造を採用した。

つぎに走行機構について検討を行った。対象橋梁の縦断勾配は約 0.6% であるので、床版運搬時に高い登坂性能は必要なかった。したがって駆動装置は門型クレーンの走行モータとして用いられている電動モータのうち小型のものを採用した。

また橋軸直角方向には1.5%の横断勾配がついているため走行時の横滑りが懸念された。検討した結果、機械自体に方向修正のための操舵機構を持たせるのではなく床版および鋼桁上に軌道を設置してその上を走行するものとした。また施工上新設床版を設置場所に運搬する際には、進行方向側の支持脚が既設床版上から低い位置にある鋼桁上に乗り替わる必要が生じる。これは機械の最前方に伸縮脚を配置し、それを伸長させて鋼桁上の軌道に受け替えるものとした(図-5)。

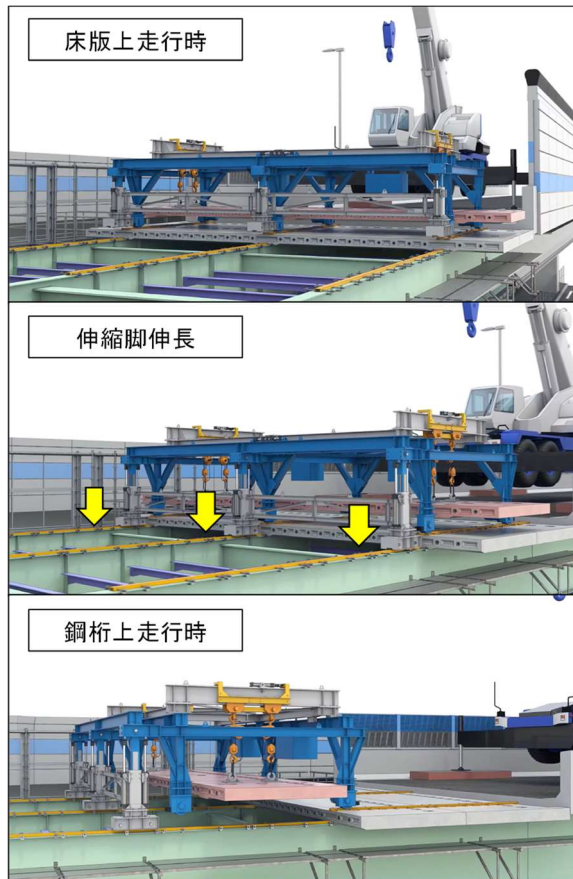


図-5 走行機構の概要

床版架設にかかる機構については次のように設計した。PS 接合床版の昇降は手動チェンブロック(4基)を用いて人力で行い、併せて床版設置時の勾配調整もチェンブロックを用いて行うものとした。PS 接合床版特有の床版引寄せについては手動チェンブロックの支持フレームを橋軸方向にスライドする機構を持たせた。また左右2組の支持フレームを独立して動作させることで床版の回転方向の調整を行うものとした。これらの機構は走行フレームの上部に載る構造としたうえで、全体が橋軸直角方向にスライドする機構とした。

電気配線と油圧配管については現場での組立作業や施工時の取り回しを簡素にするため、油圧ユニット、電気制御機器類は機体に搭載するものと

して電源は3相200Vを移動式ケーブル1本で供給するものとした。

4.3 実物大施工性確認試験

本工事に先立ち工事対象橋梁の主桁を模した鋼製架台を構築し実物大PS接合床版を用いて施工性確認試験を行った(写真-3)。

開発途中である床版架設機においては、本工事を想定しながら、現地への輸送計画から作業者の動き方、使用機材のハンドリングなどを関連作業全般について確認を行うことにより、潜在する課題の洗い出しを行った。



写真-3 実物大施工性確認試験

(1) 搬入組立作業の妥当性確認

床版架設機は最大約2200mmの幅のPS接合床版を抱え込むように吊り上げる構造であるため、組みあがった状態ではトラックの荷台に収まらず分解した状態でトラックにて運搬し現地で組立作業が必要となる。

本工事での組立ヤードは工事対象橋梁の摩耶方隣接橋梁上、通行止め的高速道路本線上となる。狭隘かつ制約が多いヤードでの組立作業をできるだけ短時間で行えるように、最適な分解形状や組立方法を十分に検討した上で分解輸送計画・組立計画を立て、試験時にその妥当性を確認した。

(2) 適切な軌道設備の検討

既設床版ならび鋼桁上に敷設する軌道設備を試作し床版架設機ならびPS接合床版との相性や持ち運びや取付け取外しといった作業性について実験し最適な形状を検討した。これらを反映し本工事向け軌道設備の設計を行った(写真-4)。

(3) 床版架設機のブラッシュアップ

実物大(実重量)のPS接合床版での床版架設作業や軌道設備を用いた走行試験を行い、床版架設機自体の問題点や改善項目の抽出を行った。項目としては試験工事での実績をもとに設定した動作速度の再調整、作業視認性の改善、安全設備の追加などが挙げられた。

また塗装は錆止めのみとしていたが、試験後に挟まれ防止等の安全性向上の目的で動く部分を分かりやすくした方が良いという意見があったことから、本塗装は本体の動きのないフレームを青色、床版運搬時および架設時に動作するフレームを白色に区分し塗装を行った（写真-5）。



写真-4 試作した軌道部材



写真-5 本塗装後の床版架設機

5. 本工事での稼働報告

床版架設機に関する実績工程を以下に示す。

5月22日早朝、施工箇所付近の通行止め高速道路上に運搬車両が入場、同日の日中に機械組立を行い、夕方に動作確認試験までを完了した。

5月23日、夜勤より床版架設作業開始。計画通り2枚目までの床版はラフタークレーンにより直接架設した。

5月24日、3枚目の床版架設より床版架設機を使用開始し朝から隣接橋梁の組立架台上から床版架設機を工事対象橋梁に移動した（写真-6）。初回は主桁上の軌道の位置調整に若干時間を要したが、夕方までで4枚目の床版架設まで終了した（写真-7）。夜勤では配員の見直しを行ったことと作業者の慣れによりサイクルタイムが大幅に短縮され、夜勤のみで4枚の床版を架設し8枚目の床版架設までを終了した。

5月25日、午前中で最終の10枚目の床版架設が終了し全10枚のPS接合床版のうち8枚について床版架設機での架設を行った。午後から解体作業を行い、翌日搬出を行った。



写真-6 床版架設機投入状況



写真-7 床版架設機稼働状況

6. 開発まとめ

本開発では PS 接合床版架設にかかる仕様検討においては中島排出路の試験工事で得られた知見を有効に活用することができた。しかし都市部の床版更新工事特有の厳しい施工条件に適用できる新たな走行機構の開発が大きな課題となった。なかでも床版や鋼桁に敷設する軌道設備に関する計画に多くの時間を要した。

既設床版を撤去するまで実物を確認できない鋼桁への軌道の敷設方法、新設床版に固定する軌道固定用インサートの計画など、機械本体の開発以外の検討事項が多く、また判断が難しかった。実施工向けの機械開発においては工事や工種全般に深く踏み込むことが重要であると改めて実感した。

最期に本開発を進めるにあたりご指導頂いた阪神高速道路(株)を始めとする PS 接合床版開発関係者の皆さま、ならびに機械開発関係者の皆さまに深く謝意を示します。

参考文献

- 1) 藤吉卓也・安田篤司・岩里泰幸：道路橋床版更新工事におけるPCa床版架設機械の開発，建設機械施工，通巻874号，pp.48～53，2022.12