

幅員方向分割取替えによる床版更新工法

－ 一車線規制化で行う床版更新工法 －

鹿島建設（株）

三室 恵史
村瀬 諒介
○小柳 裕

1. はじめに

東・中・西日本高速道路株式会社（以下、高速道路3会社）が管理する高速道路は、昭和38年7月16日に我が国最初の高速道路として名神高速道路・栗東～尼崎が開通して以降、順次整備が進められ、2022年時点で総延長約9,600kmが供用されている。利用台数は約790万台/日（2018年）¹⁾²⁾³⁾に達し、主要路線では大型車の混入率が40%（2018年）を超える⁴⁾など、国民生活に欠かせない社会インフラとなっている。しかしながら、供用後30年以上経過した区間は2019年には約5,000kmとなる。⁵⁾また、大型車の通行量の増加や凍結防止剤の散布などにより急速に劣化が進行しており、適切な維持管理および更新は喫緊の課題となっている（図-1）。これに対し、2014年に公表された高速道路3会社の大規模更新・修繕計画（案）では、鋼橋の劣化した鉄筋コンクリート床版をプレキャストPC床版に取り替える工事は、総延長224km、事業費16,429億円⁶⁾、実施期間15年で盛り込まれており、2015年3月25日に国土交通大臣より特定更新工事として事業許可を受けている。

このような社会的要請に対処すべく、鹿島では、交通規制等によるソーシャルロスの大幅な低減を可能にした『スマート床版更新システム（SDR※1）

の開発を進めており、二車線規制下における『全断面取替』を対象とした全断面SDRシステム⁸⁾に続き、一車線規制においても幅員方向分割取替え（半断面取替）を対象とした幅員方向分割SDRシステムを開発した。

※1 Smart Deck Renewal

2. システムの概要

2.1 対象とする床版取替工事

床版取替工事は、『全断面取替』と『幅員方向分割取替え』の2タイプの取替工事がある（表-1）。本システムは『幅員方向分割取替え』を対象としたシステムである。

2.2 システムの概要

本システムは、床版取替にかかわる4つの作業である既設床版の縁切り・撤去、主桁ケレン、高さ調整工、新設床版の搬入・架設をそれぞれ専門の作業班によって前進しながら並行して作業する、いわゆる『移動式工場』を目指した施工システムである（図-2）。①から④までの作業を順々に繰り返していく標準的な工法に対し、各作業班による同時作業を可能として、30枚/日の床版を取り替えることのできる高速施工を実現した。

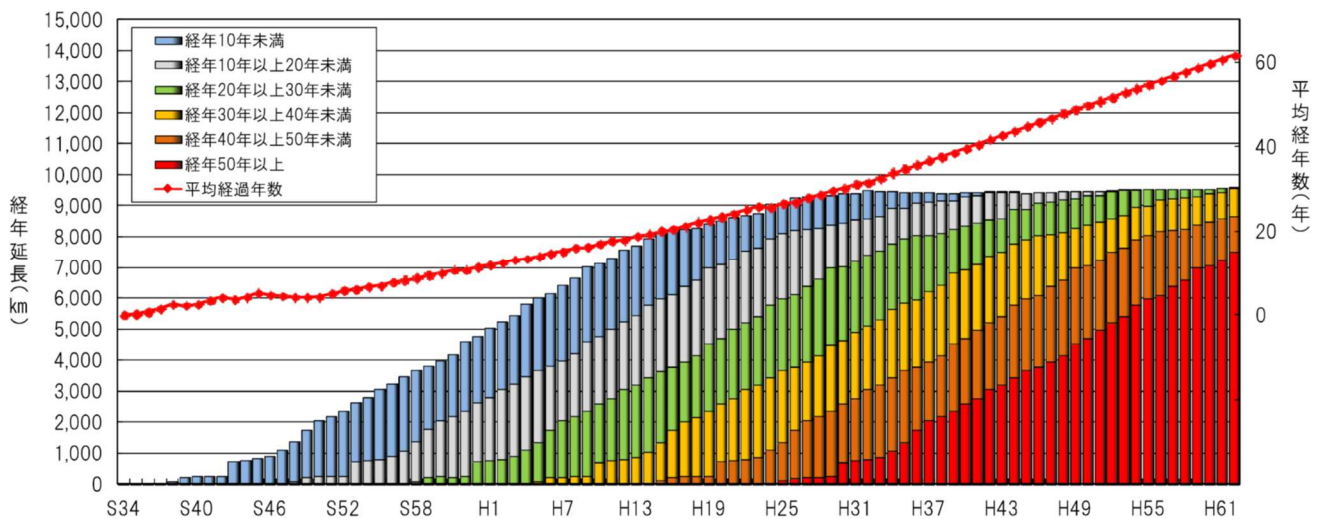


図-1 高速道路の経過年数の推移⁷⁾

表-1 適用対象となる床版取替工事

工事タイプ	平面図	断面図	備考
全断面取替			参考文献②
幅員方向分割取替			本報文

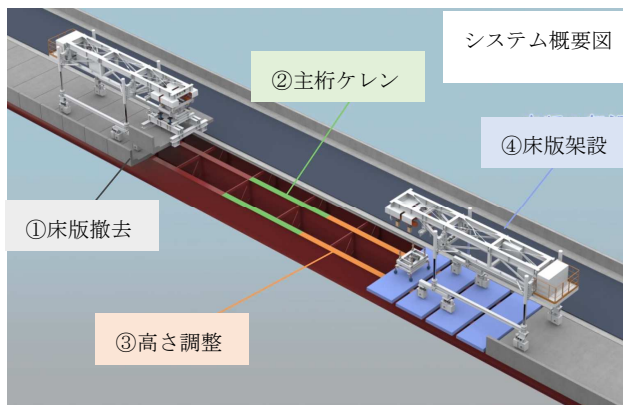


図-2 システム概要図
(本施工システムについては、特許出願中)

3. システムの構成技術

システムの主要技術である、『車載運搬型床版架設機・撤去機』、『交通振動対応仮設プレート型継手』および『ワンタッチ型SB種防護柵』について、その概要を述べる。

3.1 車載運搬型床版架設機・撤去機

一車線規制下における床版架設機・撤去機の設置・撤去作業においては、供用交通に対する安全性の担保が最重要課題とする。そこで、床版架設・撤去機を10tトラックおよび15tトレーラーにより運搬しクレーンを要さず安全かつ高速に組立・撤去可能な『車載運搬型床版架設機・撤去機』を開発した(図-3, 4)。

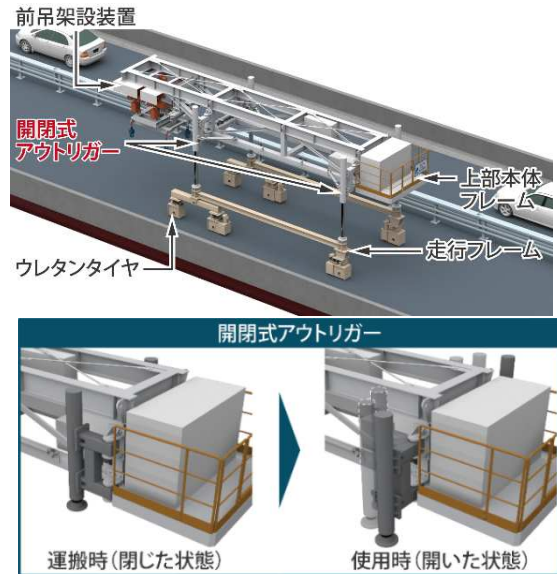


図-3 車載運搬型床版架設機・撤去機

車載運搬型床版架設機・撤去機は、走行フレームと上部本体フレームの2つのフレームから成る。走行フレームについては10tトラックにより搬入する。また上部本体フレームについては15tトレーラーによって搬入する。一車線規制としてクレーンを要さず高速組立を可能とするために、開閉式アウトリガーを採用した。

車載運搬型床版架設機・撤去機の組立・撤去作業を対象として、サイクルタイムおよび施工安全性の検証を目的とした施工性確認実験を行い、組立・撤去はそれぞれ30分程度の短時間かつ安全に施工可能であることを確認した(写真-1, 2)。

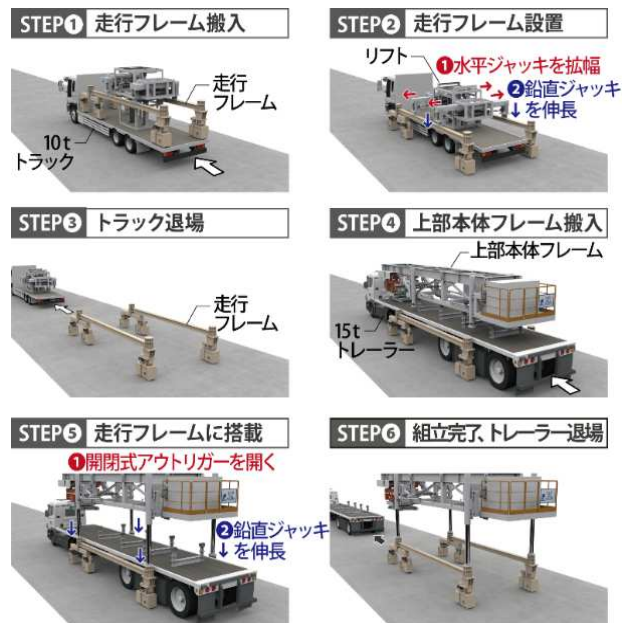


図-4 架設機組立フロー



写真-1 架設機走行フレーム運搬



写真-2 架設機上部本体フレーム運搬・組立

(1) 床版撤去機

本システムに使用する床版撤去機(写真-3)の総重量は約 22t であり、複数の車輪によって荷重を分散させるため輪荷重は約 6t となる。従って主桁へ作用する荷重は低減され、主桁の補強を不要とするか、もしくは大幅に減らすことができる。この床版撤去機は、門型構造になっており、機械の内側に搬出用トラックを誘導することができる。また、床版撤去機は、床版引き剥がし装置を吊り下げており、2分割された床版を引き剥がし装置に取り付けられた4台のジャッキによって主桁から引き剥がす。その後、引き剥がし装置ごと吊り上げ、撤去機内に誘導されたトラックの荷台に既設床版を積み込んだ後、場外に搬出して撤去は完了する。

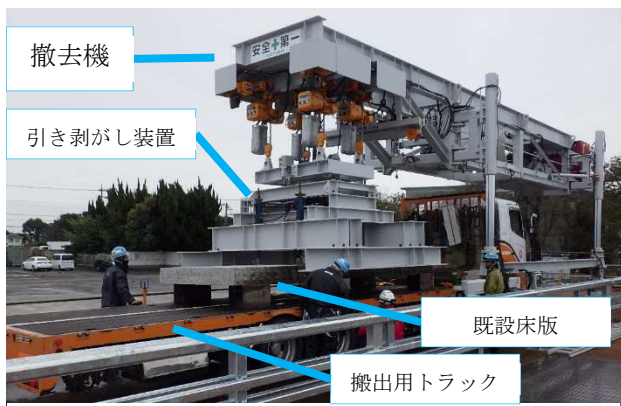


写真-3 床版撤去状況

この引き剥がし用のジャッキ(写真-4)は、現場条件に見合った能力のジャッキに容易に変更可能な構造としている。また、同調運転が可能であり、4台のジャッキは専用のアプリを用いてタブレットから操作をするシステムである。

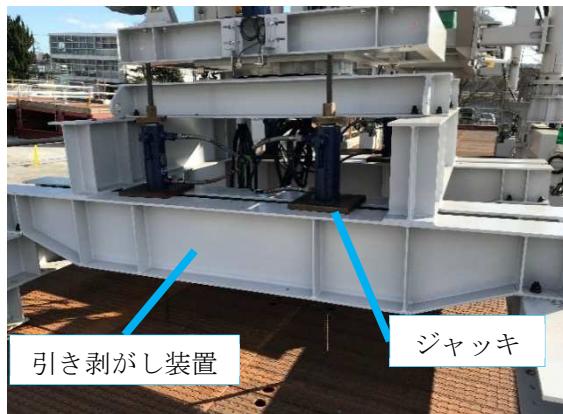


写真-4 引き剥がし装置・ジャッキ

(2) 床版架設機及び床版運搬台車

床版架設機(写真-5)と床版運搬台車(写真-6)は、主桁に荷重を伝達させるように設置したレール上を走行し、新設床版に荷重を作用させることなく施工できる。また、床版架設機の総重量は約 21t であり、輪荷重は約 6t となるため、床版撤去機と同様、主桁に作用する荷重を低減できる。

床版架設機は、床版撤去機と同様、門型構造であり、新設床版を乗せた床版運搬台車は、床版架設機の内側を通過できるようになっている。床版運搬台車により新設床版を架設場所まで移動させ、床版架設機にて揚重し、旋回装置を用いて橋軸直角

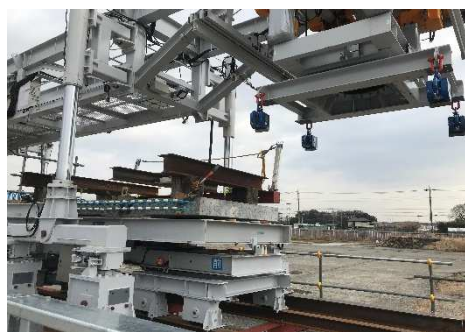


写真-5 運搬台車を用いた床版運搬状況



写真-6 床版架設機での床版架設状況

方向に旋回し架設する。

更に、床版架設機に自動開閉フック（写真-7,8）を導入した。これにより、床版の玉掛、玉外作業を自動化することによって人は床版上に昇り降りする必要がなくなり、生産性と安全性の向上を図った。フックは吊り金具に近づいた時、マグネットにより吊り金具を引き寄せ、正しい位置にフックを閉じることによって玉掛され、床版を吊り上げることが出来る。



写真-7 自動開閉フック



写真-8 自動開閉フック詳細

3.2 交通振動対応仮設プレート型継手

幅員方向分割取替えにおける供用側床版（以下、一次床版）と規制側床版（以下、二次床版）の接合部（橋軸直角方向接合部）は、間詰材を充填する。硬化中に一次床版からの交通振動によりひび割れ

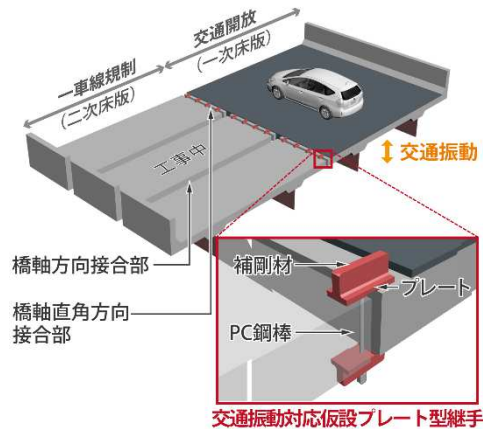


図-5 交通振動対応仮設プレート型継手

を生じさせるなど、品質の低下が課題となっている。そこで、交通振動による影響を解消し間詰材の品質を確保するために、摩擦抵抗によって一次床版と二次床版を仮接合する『交通振動対応仮設プレート型継手』（以下、プレート型継手）を開発した（図-5）。

プレート型継手は、プレート、PC鋼棒およびシースから成る。プレートについては、補鋼材により交通振動に対して必要な剛性を確保する構造としている。このプレートを一次床版と二次床版を跨ぐように床版上下面に配置し、これら上下面のプレートをPC鋼棒で締結することにより、一次床版と二次床版を摩擦力によって接合する構造である（写真-9）。

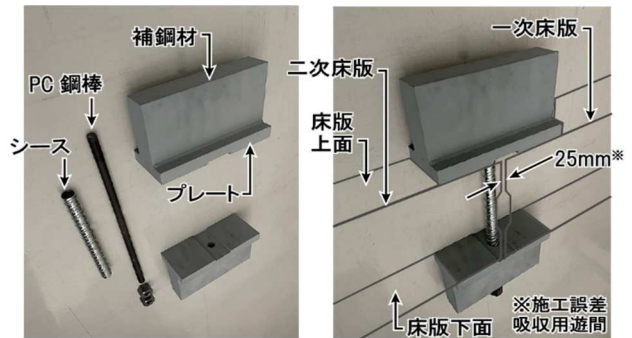


写真-9 交通振動対応仮設プレート型継手

このプレート型継手を用いた幅員方向分割取替え施工手順は図-6の通りである。プレート型継手を用いることによって、施工時においてはプレート型継手により一次床版と二次床版を接合・一体化する。間詰材の硬化中においては、一次床版側の交通荷重による一次床版と二次床版の相対変位を抑制できる（STEP②）。また、完成時においてはプレストレスにより一次床版と二次床版を接合・一体化し、交通荷重に対し十分な性能を有する床版

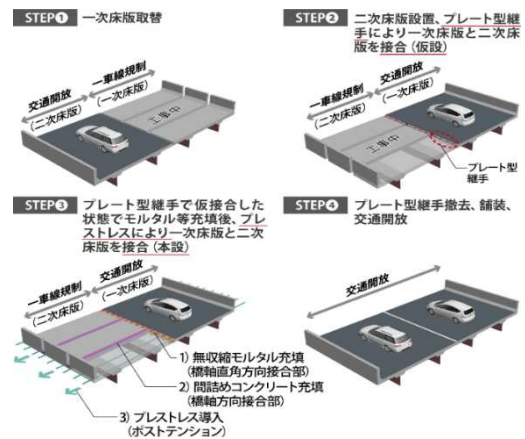


図-6 幅員方向分割取替え施工手順

とするものである (STEP③, ④)。

プレート型継手を用いて取り替えた床版を供用期間中における耐疲労性の確認を目的として、NEXCO 試験方法⁹⁾に準じ輪荷重走行試験を実施した。試験の結果、完成した床版は100年相当の交通荷重に対して十分な性能を有していることを確認した¹⁰⁾ (写真-10)。

更に、施工性確認実験を実施し、プレート型継手の締結により一次床版と二次床版の間に交通荷重により生じる相対変位を安全に吸収して、確実に一体床版 (交通振動による相対変位≒0) を形成することを確認した (写真-11)。



写真-10 施工ステップを追った輪荷重走行試験



写真-11 交通振動プレート型継手施工性確認実験

3.3 SB 種防護柵

一車線規制下における床版撤去・架設作業においては、作業エリア内に誤進入してくる一般車両に対する確実な防護対策 (SB 種) は安全上の最重

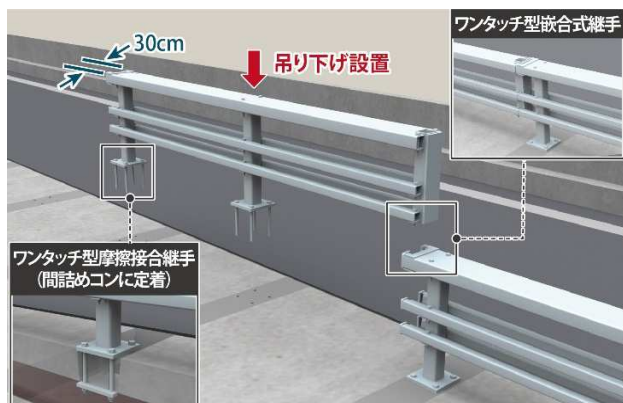


図-7 SB 種防護柵

要課題である。また、防護柵設置・撤去作業時の安全性、並びに防護柵占有による規制範囲の最小化も求められている。

そこで、幅 30 cm の占有により SB 種を担保し、ワンタッチで設置・撤去可能な『SB 種防護柵』を開発した (図-7)。

一車線規制として安全・高速な設置・撤去を可能とするために、本鋼製防護柵における横梁の継手構造は、『嵌合継手』を採用している。また、支柱の定着構造については『摩擦接合継手』を採用した。そこで、施工性確認実験を実施し、防護柵を積込んだ4tユニック車において、2分程度のサイクルにより連続設置が可能であることを確認した (写真-12, 撤去も同様)。



写真-12 施工安全性、サイクルタイム確認状況

4. 実物大総合実証実験

2022年4月、本システムのサイクルタイム、および施工安全性の検証を目的とした実物大総合実証実験を行い (写真-13)、床版取替工程を大幅に短縮する高速性など本システムの有用性を確認した。

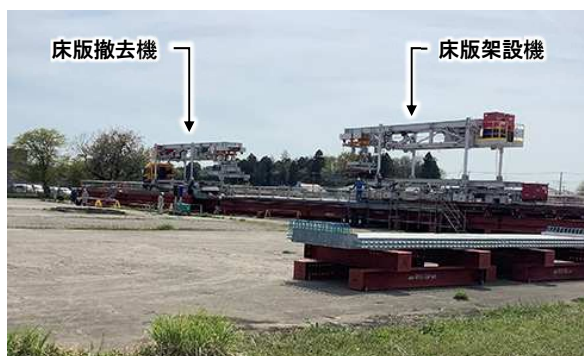


写真-13 実物大総合実証実験

5. サイトプレキャスト工場

本システムの採用に加えて、JIS 認証 (JIS A 5373) を取得した PC 床版を製作するプレキャスト工

場を工事現場の近傍に設置できる場合には(図-8)、床版の製作費や運搬費の削減が見込める(写-14)。

また、床版の車両運搬に伴う騒音振動や交通渋滞、CO₂ 排出等のソーシャルロスを削減することによって、本システムの効果を一層高められる。更に、サイトプレキャスト工場では、地元企業から生コンクリートを調達可能となり、地元との協業も図ることができ、地産地消も期待できる。



図-8 サイトプレキャスト工場



写真-14 床版製作状況

更新・大規模修繕について、平成26年1月22日
6) 萩原 直樹：NEXCOにおける大規模更新の現状、第32回鋼構造基礎講座 鋼橋の大規模修繕・大規模更新—最新動向と今後の展望—、2016年
7) 高速道路資産の長期保全及び更新のあり方に関する技術検討委員会報告書、平成26年1月22日
8) 山中ら：スマート床版更新(SDR)システム、土木施工VOL. 61 No. 7pp. 66～67, 2020. 7.
9) 東日本高速道路会社／中日本高速道路会社／西日本高速道路会社：NEXCO試験方法 第4編, 2019. 7.
10) 永井ら：床版取替工事の幅員方向分割施工における仮設継手構造の検討(その2)-構造性能実験-, 土木学会全国大会第77回年次講演会, 投稿中。

6. 今後の展開

今般、実物大実証実験において所期の結果を得たことから、今後は実工事への適用に向けて、本システムを積極的に提案すると共に、自動化を始めとした機能向上についても研究開発を進め、交通規制等によるソーシャルロスを最小限にとどめる道路橋床版更新工事の実現に寄与していきたい。

出典・参考文献

- 1) 東日本高速道路(株)：会社概要
- 2) 中日本高速道路(株)：事業エリア
- 3) 西日本高速道路(株)：会社概要
- 4) 東・中・西日本高速道路(株)：高速道路における大型車の利用状況、平成31年1月30日
- 5) 東・中・西日本高速道路(株)：東・中・西日本高速道路(株)が管理する高速道路における大規模