

西名阪自動車道御幸大橋（下り線）における 鋼コンクリート合成床版への急速取替え施工

Rapid replacing of deteriorated reinforced concrete slab into precast steel plate-concrete composite deck
for Miyuki Bridge in Nishi-Meihan Expressway

光田剛史*, 木原通太郎*, 水野浩**, 原考志***, 杉田俊介**, 松井繁之****

Tsuyoshi Mitsuda, Michitaro Kihara, Hiroshi Mizuno, Takashi Hara, Syunsuke Sugita, Shigeyuki Matsui

* 西日本高速道路㈱, 関西支社南大阪高速道路事務所 (〒583-0033 藤井寺市小山 9-3-1)

** 川田工業株式会社, (〒550-0014 大阪市西区北堀江 1-22-19(シルバービル))

*** 工修, 川田工業株式会社, (〒550-0014 大阪市西区北堀江 1-22-19(シルバービル))

**** 工博, 大阪工業大学, 八幡工学実験場構造実験センター (〒614-8289 八幡市美濃山一ノ谷 4)

The Miyuki Bridge in Nishi-Meihan Expressway has passed more than 40 years since the service started in 1969. In recent years, as serious damages of pot holes and cracks with efflorescence of the reinforced concrete slab have progressed, replacing project into a steel plate-concrete composite deck was employed as a radical improvement. At the same time, upper flange plates of the main girder were also replaced to change composite girder into non-composite girder. In order to replacing the bridge deck during only five days of one-lane opening for traffic at daytime and full closing for the exchanging works at nighttime, a precast type of the composite deck was chosen. In this paper, durability of the precast composite deck confirmed by wheel tracking tests and outlines of the rapid replacing were reported.

Key Words: replacing of reinforced concrete slab, rapidly work, precast composite deck

キーワード: 床版取替, 急速施工, プレキャスト合成床版

1. はじめに

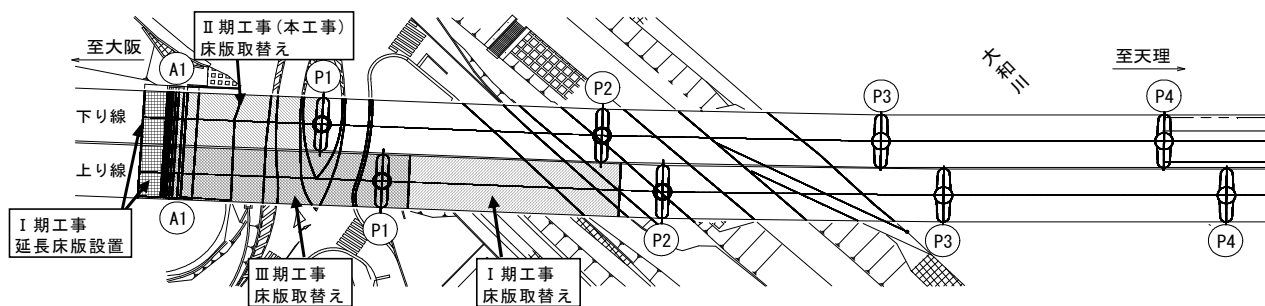
西名阪自動車道の法隆寺 IC～郡山 IC 間に位置する御幸大橋は、下り線が 1969 年、上り線は 1972 年に供用を開始し、現在までに約 40 年が経過している。

本橋梁では、1979 年頃から振動・騒音問題が発生したため、縦桁増設、床版上面増厚、桁連結、ジョイント補修、下面遮音板の設置など、多種多様の対策が施されてきた。しかし、2006 年頃からは床版上面増厚の損傷に起因すると思われる舗装路面のポットホールが頻発し、新たな振動・騒音の原因となったため、RC 床版の補修を応急的に行ってきた。また、近年は舗装路面、床版上面増厚だけでなく旧床版の損傷も再び進行し始めてきたことから、抜本的な対策として延長床版の設置、高耐久性床版への取替えを計画した。床版取替えは、床版の損傷が特に著しい範囲を対象とし、3 ヶ年（Ⅰ～Ⅲ期工事）

に分けて計画した。図-1 に御幸大橋の概要及び工事計画を示す。

床版取替えを行うためには長期の通行止めが必要となるが、本橋が位置する区間は年平均断面交通量が約 6 万台/日と多く、社会的な影響が甚大となるため、長期間に渡る通行止めは不可能であると判断した。そこで、Ⅰ～Ⅲ期工事に共通して、夜間のみの一時的な通行止めとして床版取替えを行い、昼間は 1 車線を開放する方法で施工を実施した。つまり、床版取替えは夜間の限られた時間内（約 8 時間）で施工する必要があった。また、交通量が多い高速道路における、初のプレキャスト床版への急速床版取替である。

Ⅰ期工事（上り線 P1～P2 間）は既に 2010 年 3 月に完了しており、下り線 A1～P1 間を対象としたⅡ期目となる床版取替工事を 2011 年 3 月に実施した。Ⅰ期、Ⅱ期に共通して、既設の RC 床版をプレキャスト床版に取替え



下り線橋梁諸元

橋 長：321.600m

支間割：25.200+(3@49.000)+(3@49.000)

橋梁形式：鋼単純合成鉄桁+2@3径間連続合成鉄桁

上り線橋梁諸元

橋 長：332.910m

支間割：37.270+(48.590+2@49.090)+(3@49.090)

橋梁形式：鋼単純合成鉄桁+2@3径間連続非合成鉄桁

図-1 御幸大橋概要、工事計画

ているが、Ⅰ期工事では床版パネル17枚を10日間で取替えたのに対し、Ⅱ期工事では場所打ちを含む床版パネル14枚を5日間で取り替える必要があった。加えて、Ⅰ期工事の対象橋梁は非合成鉄桁であったが、Ⅱ期工事は合成鉄桁での床版取替え工事であった。そのため、Ⅱ期工事では、既往の床版形式に比べ施工時間の短縮が図れる床版形式の採用が望まれ、更に合成桁での床版取替を限られた時間内に急速に施工する必要があった。

本稿では、Ⅱ期工事（以下、「本工事」という）で集中工事の工期短縮および、夜間の施工時間の短縮のために採用したプレキャスト合成床版の継手に着目した輪荷重走行試験の内容、本工事の急速床版取替えの施工概要について述べる。

2. プレキャスト合成床版

2-1 床版の選定

Ⅰ期工事では、新設床版にプレキャストPC床版が採用されたが、Ⅱ期工事ではPC床版と同等の耐久性を有し、一般のループ継手を有するPC床版に比べ、床版取替え時間の短縮が可能な床版形式として、合理化継手と称する継手構造を有したプレキャスト合成床版を採用した。表-1に床版形式の比較表を示す。

表-1 床版形式比較表

	プレキャストPC床版 (一般のループ継手)	プレキャスト合成床版 (合理化継手)
床版厚	210mm (ループ鉄筋により決定)	200mm
間詰め幅	305mm	240mm
間詰め部施工時間 (間詰め1箇所当り)	60分	40分

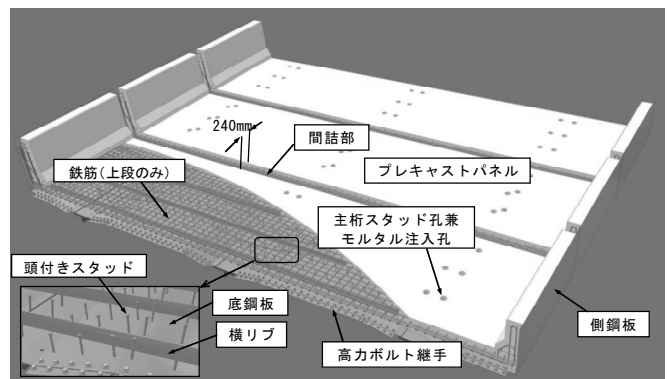


図-2 プレキャスト合成床版

2-2 プレキャスト合成床版の概要

新規に取替えを行うプレキャスト合成床版（以下、「PCa 合成床版」という）の形式は、頭付きスタッドジベルにより床版コンクリートと底鋼板を合成させるロビンソン型合成床版（図-2）とした。PCa 合成床版は床版下面が鋼板に覆われており、隣接する底鋼板を高力ボルトで締付けて接合する必要があるが、現地で型枠を設置する必要が無く、壁高欄の場所打ち部においても外面は側鋼板に覆われているため、床版下面と同様に型枠の施工が不要な構造である。

2-3 間詰め部の構造

プレキャストPC床版の継手構造は一般的にループ継

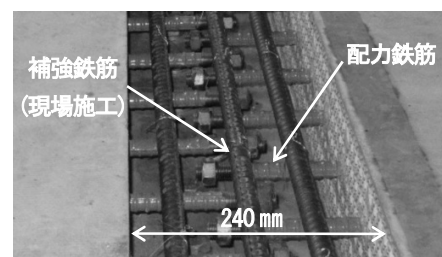


写真-1 合理化継手組み立て状況

手であり、間詰め幅が300mm以上必要であるとともにループ内への鉄筋の差し込みに施工時間を要する。また、これまでのPCa 合成床版では、重ね継手が多く用いられており、間詰め長は鉄筋の重ね継手長さ（D19の場合、重ね継手長さは $30 \times \phi = 570$ mm）をかわす必要があり、現場で施工されるコンクリート量が多かった。そこで、Ⅱ期工事（下り線A1～P1間）の床版取替えにおいては、上記の構造に比べて施工時間の短縮が可能な鉄筋継手として、合理化継手（写真-1）を採用した。

合理化継手とは、交互に配置した配力鉄筋の先端にナ

ットを設置し、補強鉄筋・間詰めコンクリートのせん断抵抗により配力鉄筋の引張力を伝達させる構造である。この継手形式の採用により、間詰め幅を 240 mm と狭くすることができる。また、現場での配筋作業は配力鉄筋の上に補強筋を乗せて結束するのみであり、集中工事内の施工時間短縮につながると考えた。

2-4 継手構造に着目した輪荷重走行試験

合理化継手の継手部近傍のひび割れ性状や、応力伝達機構に問題が無いことは既往の研究¹⁾にて確認されているが、本橋で採用するにあたって、交通荷重の走行による押し抜きせん断に対する耐久性を確認する目的で、継手構造に着目した輪荷重走行試験を実施した²⁾（写真-2）。試験では、過去の実橋で計測した交通軸重の頻度分布³⁾に基づき、以下の算出式（式 1a～式 1c）により実橋で交通荷重が 100 年間走行した場合の累積損傷度と等価な損傷度を供試体に与えた。

$$N_{eq-s} = N_{eq-a} \quad (1a)$$

N_{eq-s} : 試験体の等価繰り返し回数

N_{eq-a} : 実橋の等価繰り返し回数

$$N_{eq-s} = (p / p_{sx-s})^m n \quad (1b)$$

n : 繰り返し回数

p : 載荷荷重 (kN)

p_{sx-s} : 試験体の押し抜きせん断強度 (kN)

$$N_{eq-a} = \sum (P_i / P_{sx-a})^m n_i \quad (1c)$$

n_i : 100 年間で通行する回数

P_i : 輪荷重 (kN)

P_{sx-a} : 実橋での合成床版の押し抜きせん断強度 (kN)

m : 設計疲労曲線の傾きの逆数の絶対値 (12.76)

試験の結果、試験終了時までたわみは増加せず健全な状態を保っており、継手部に起因する床版の不連続な挙動も見られなかったため、実橋に適用した場合の疲労耐久性に問題ないことが確認できた（図-3）。

3. 急速床版取替え工事の計画

本工事では、西名阪自動車道の集中工事（平成 23 年 2 月 28 日～3 月 12 日に実施）において、図-4 に示す御幸大橋（下り線）A1～P1 間の床版取替えを実施した。1.

で記したように、本工事では、夜間に合成桁の床版を限られた時間内に取替え、昼間は交通開放するという厳しい施工条件であった。そこで、本工事ではこうした条件を克服し、急速施工を可能とする特徴的な工法を採用した。以下にその概要を述べる。

3-1 急速床版取替え工法

本橋は I 期施工と異なり合成鉄桁であり、床版と主桁上フランジは密に配置された馬蹄形ジベルにより固定されていた。そのため、床版のはつり、新設ジベルへの打ち替え、新設床版の設置を夜間の交通規制完了～規制解除までの限られた時間内（約 8 時間）に終わることが不可能であった。そこで、図-5 に示すように、主桁ウェブを集中工事前に事前に切断・仮添接しておくことで、集中工事当日には床版と上フランジ・ウェブ上端部材（以下、「T 字材」という）を同時に撤去し、新設の T

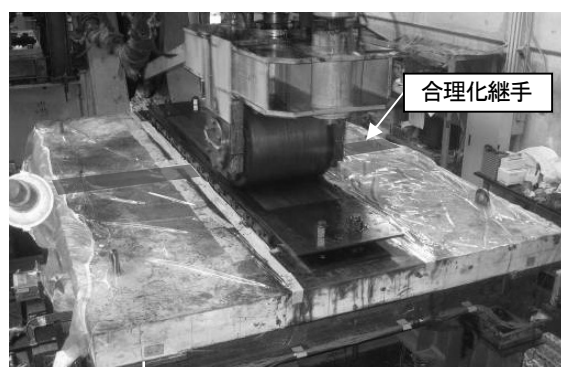


写真-2 輪荷重走行試験

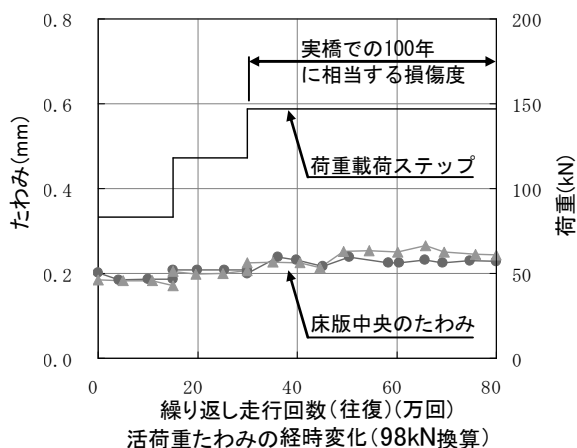


図-3 輪荷重走行試験結果

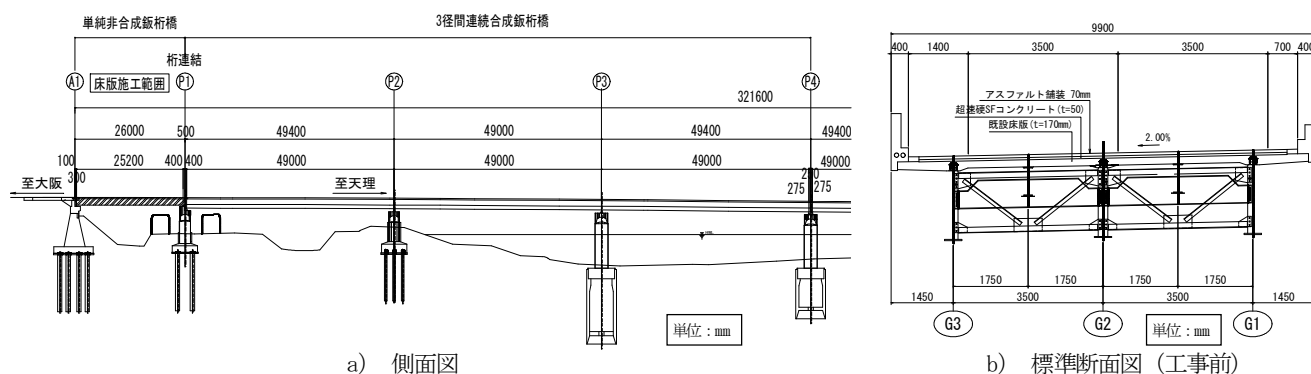


図-4 下り線一般図

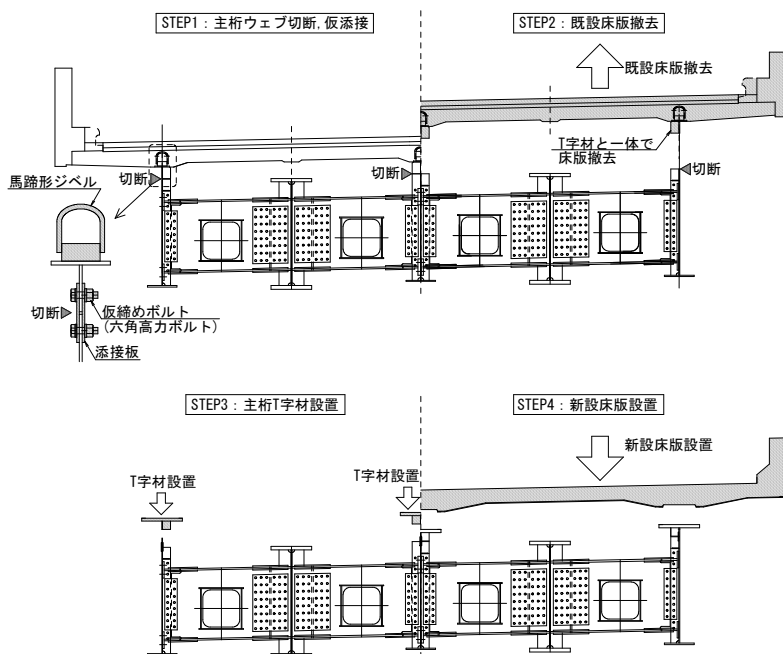


図-5 床版取替え工法概要

字材、床版を設置する工法として、集中工事での施工時間の短縮を図った。上記の時間的な制約により、床版取替えにともない合成桁を非合成桁化している。

本工法では、床版撤去時に上フランジが一時的に無い状態となるため、死荷重及び架設時の荷重によりウェブ上縁側が座屈しないよう、図-6 に示すように支間中央で主桁をジャッキアップした状態で床版を取替えた。なお、支間中央ではジャッキアップにより負曲げが生じ、P1 支点部では逆に主桁連結により正曲げが生じるため、補強部材（写真-3）を設置し、鋼桁の座屈を防止することで短時間の工事内での安全に配慮することとした。

3-2 間詰め鋼床版を用いた交通開放

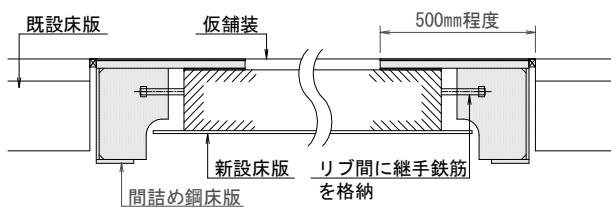


図-7 間詰め鋼床版概要



写真-4 間詰め鋼床版設置状況

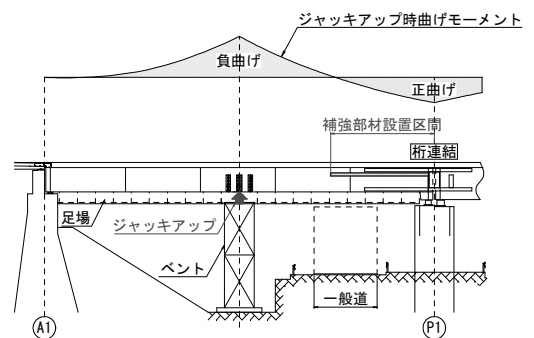


図-6 主桁ジャッキアップ要領

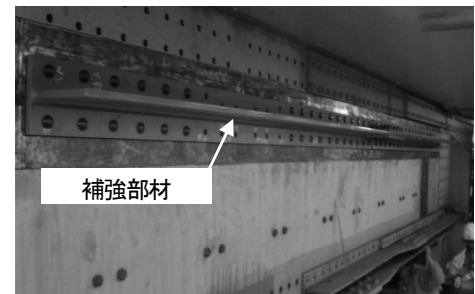
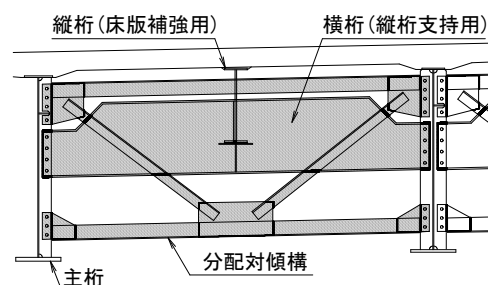


写真-3 主桁補強部材

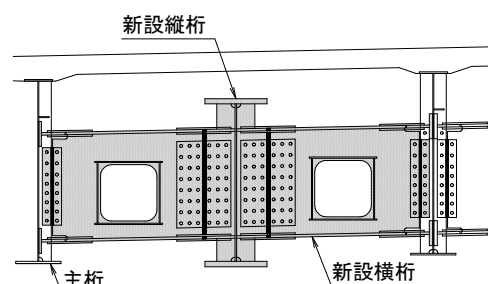
集中工事中は、1 夜間毎に 2～4 パネルの床版取替えを実施するため、既設床版と新設床版が一時的に混在する。よって、昼間に 1 車線を交通開放するためには、新旧床版間に生じる継手部の隙間を埋める必要があった。そこで、本工事では図-7、写真-4 に示す間詰め鋼床版を使用することで昼間の交通開放を可能とし、通行止めにとまなう社会的損失を最小限に抑える計画とした。また、間詰め鋼床版は転用可能な構造とし、可能な限りコンパクトにすることで、施工時間の短縮を図った。

3-3 鋼部材の補強

本橋では床版取替えと併せて、以下の理由により主桁断面の剛性を補う補強が必要であった。



a) 既設縦桁・横桁



b) 新設縦桁・横桁

図-8 縦桁横桁の新旧構造図

- ・ 床版取替えにともない合成桁から非合成桁に変更。
- ・ 床版取替え時に主桁断面剛性が一時的に著しく低下。
そのため、主桁間の縦桁を剛性の高い構造とすることで縦桁に断面力を分配し、主桁に作用する断面力を低減させることとした。剛性の高い縦桁構造とするには、床版補強用の既設縦桁を補強して対応することも可能であったが、縦桁と床版の間には樹脂モルタルが敷設されており、夜間作業の際に床版撤去の妨げになること、床版撤去後の樹脂撤去に時間を要するというⅠ期施工での実績から、図-8 に示すように新設部材に取替えることとした。また、縦桁への荷重分配を考慮し、既設横桁も剛性の高い横桁に取替えることとした。縦桁、横桁の取替えは集中工事より前に実施した。主桁間に増設する縦桁は主桁をジャッキアップした状態で設置し、主桁をジャッキダウンすることによって縦桁に断面力を導入した。この補強により、上述の課題を克服するとともに、現行のB活荷重への対応も果たし、剛性の増加により振動の低減にも寄与している。

表-2 全体工程表

	平成22年												平成23年						
	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月		
準備工																			
詳細設計																			
工場製作																			
足場工																			
ペント工																			
桁補強工																			
支承工																			
床版取替工																			
塗装工																			

表-3 集中工事工程表（実施工程）

項目/曜日	規制	2/28(月)	3/1(火)	3/2(水)	3/3(木)	3/4(金)	3/5,6(土,日)
1週目	プレキャスト合成床版取替	終日規制(昼間)					
	通行止(夜間)						
	その他(床版切断)						
	落下物防止柵						
	場所打床版施工等						
	舗装(仮舗装)						
2週目	プレキャスト合成床版取替	終日規制(昼間)					
	通行止(夜間)						
	その他(床版切断)						
	落下物防止柵						
	場所打床版施工等						
	舗装						



a) 主桁ウェブ切断



b) 主桁ウェブ仮添接

写真-5 集中工事前施工状況

4. 施工概要

本工事における、急速床版取替えおよび鋼桁補強の概要を以下の述べる。全体工程を表-2 に、集中工事期間内の工程を表-3 に示す。鋼桁補強は集中工以前に実施し、床版取替えは集中工事の第1週目に実施した。施工ステップは「集中工事前」、「集中工事」、「集中工事後」に大別される。以下に各ステップの概要を記す。

4-1 集中工事前

集中工事以前の作業は、①端部補強部材の設置、②主桁ジャッキアップ、③横桁・縦桁の取替え、④主桁ウェブの切断・仮添接の順に行った。施工時の主な特徴、留意した事項は以下の通りである。

- ・ 主桁下フランジにひずみゲージを設置し、ジャッキアップ前後のひずみおよび反力、変形量が設計値通りの挙動を示していることを確認しながらジャッキアップを行った。
- ・ 横桁取替えは供用しながらの作業となるが、一時的に橋軸直角方向の抵抗部材が無くなる事から、仮設の対傾構を横桁近傍に取付けた後に縦桁・横桁の取

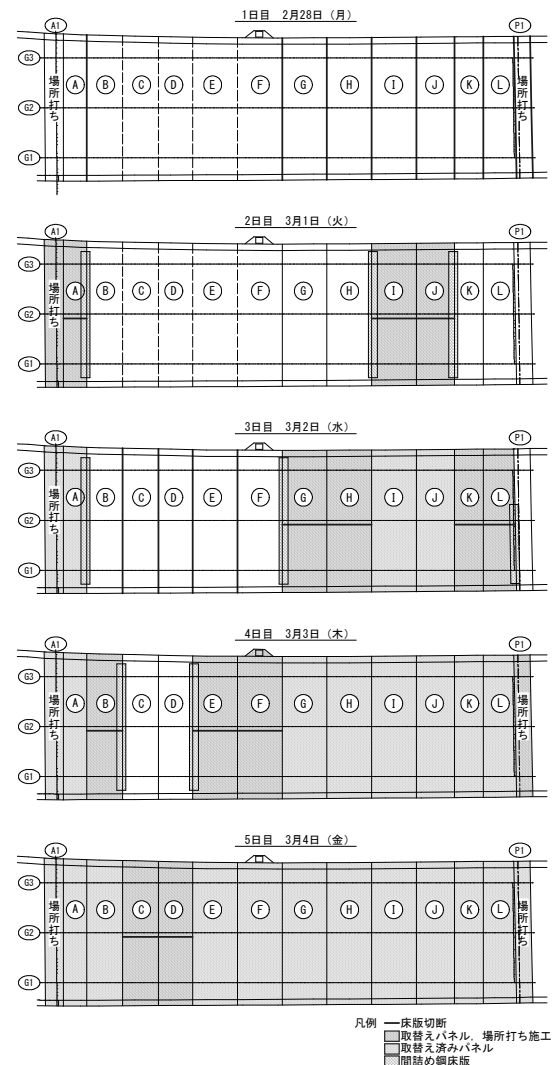


図-9 床版取替えステップ



a) 床版切断



b) 既設床版撤去



c) T字材架設



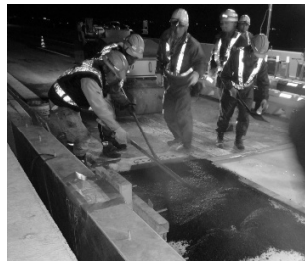
d) 新設床版据付



e) ジェットコンクリート打設



f) 間詰め鋼床版据付



g) 仮舗装



h) 本舗装完了

写真-6 集中工事施工状況

替えを行った。

- 主桁ウェブは先行してボルト孔明けした後にガス切断し、切断した部位から順次、仮添接した。切断・仮添接は車両通行中の施工であったため、垂直補剛材間隔（約1.2m）毎に行った。（写真-5）

4-2 集中工事

集中工事期間の床版取替えステップと施工状況を図-9、写真-6に示す。I期工事では1夜間に2パネルの床版取替えであったが、本工事では、床版取替え期間をI期施工に比べて約半分とする必要があった。そのため、120tクレーン2台を用いた2パーティーで施工し、1夜間で最大4パネルの床版取替えを実施した。新規に取替えたPCa合成床版の構造諸言は表-4に示す。間詰め部にはジェットコンクリート（3時間強度24N/mm²、28日強度50N/mm²）を打設し、新旧床版の隙間には前述の間詰め鋼床版を設置することで日々の交通開放を実現した。また、床版取替え後は日々の交通開放のために手引きの仮舗装を施し、全ての床版を取替えた後に仮舗装を撤去し、防水工・本設の舗装を施工した。

4-3 集中工事後

集中工事後は、主桁をジャッキダウンして主桁・縦桁にジャッキアップ時の反力を導入した。ジャッキダウンする際もジャッキアップ時と同様、主桁・縦桁下フランジのひずみを計測し、想定通りの挙動（縦桁への断面力導入）を示していることを確認した。

5. おわりに

本工事は、重交通路線における時間的な制約が厳しい中での、合成桁の床版取替え工事であった。しかしながら、取替え床版に現場施工の省力化を実現したプレキャ

表-4 PCa合成床版構造諸言

防錆仕様		溶融亜鉛メッキ
パネル寸法 (最大パネル)	パネル幅	2.5m
	パネル長さ	10.2m
最大パネル重量		18tf
間詰め幅		240mm
床版厚		200mm（底鋼板含む）
ハンチ高		100mm
底鋼板	板厚	8mm
	材質	SS400
コンクリート	プレキャスト部	$\sigma_{ck}=30\text{N/mm}^2$ （膨張材入り）
	間詰め部	$\sigma_{ck}=50\text{N/mm}^2$ （ジェットコンクリート）

スト合成床版を採用するとともに、床版と主桁の一部を同時に取り替える床版取替え工法を採用したことにより、床版取替えを5日間、舗装工事などを含めて9日間という短期間に高速道路上の床版取替えを終えることが出来た。

今後、損傷した床版の取替えは益々増え、本工事と同様に急速施工が必要となる工事が多くなると予想される。本文が今後の工事の一助になれば幸いである。

謝辞

プレキャスト合成床版の開発、輪荷重走行試験においては大阪大学 大西弘志助教をはじめ、関係各位の方々に多大なるご助力をいただいた。紙面を借りて感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 水野，松井，鳥山，街道：床版取替えを対象としたプレキャスト合成床版に適用する合理化継手の性能確認試験，鋼構造論文集 Vol.18 No.70, pp.27-38, 2011.6.
- 水野浩，原考志，街道浩，大西弘志，太田小夜子，小林祐治，松井繁之：プレキャスト合成床版に適用する合理化継手構造の疲労耐久性評価，土木学会第66回年次学術講演会論文集，pp.15-16, 2011.9.
- 松井繁之：道路橋床版，森北出版，2007.10.2