

北陸自動車道中之口川橋床版取替工事の設計について

(株)大林組 正会員 ○橋本 優華

(株)大林組 正会員 釘宮 晃一

(株)大林組 正会員 仲田 宇史

東日本高速道路(株) 佐々木 雄太

1. はじめに

本工事の対象となる北陸自動車道中之口川橋は、三条燕IC～巻潟東IC間に位置しており、1970年代に建設された。建設当時と比較して大型車両の交通量増加や凍結防止剤の散布により疲労劣化や塩害が進行しており、隣接する小高高架橋上り線の一部とあわせて床版取替えを行うに至った。本稿では、床版取替工事期間の規制期間短縮を目的として端部床版まで含めたすべての床版のプレキャスト化、また超高強度繊維補強コンクリート（以下、UFC）複合床版による床版取替えの設計事例について報告する。

2. 工事概要および橋梁概要

本工事の床版取替対象の工事概要を表-1に示す。また、断面図を図-1、橋梁一般図を図-2に示す。

表-1 工事概要

工事名	北陸自動車 中之口川橋床版取替工事	
工事場所	(自)新潟県 燕市佐渡 (三条燕IC)	
	(至)新潟県 新潟市西蒲区漆山 (巻潟東IC)	
構造形式	中之口川橋	小高高架橋（鋼橋部）
	鋼3径間連続非合成鉄桁橋（上下線 各2連）	鋼3径間連続非合成鉄桁橋（上り線1連）
橋長	208.950m	65.525m
支間長	3@34.525+3@34.525	3@21.600
有効幅員	10.000m	
床版厚	220mm	

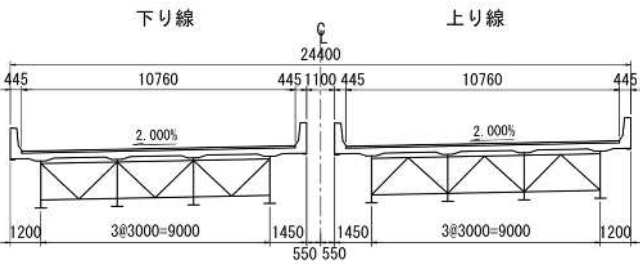


図-1 断面図(中之口川橋・小高高架橋)

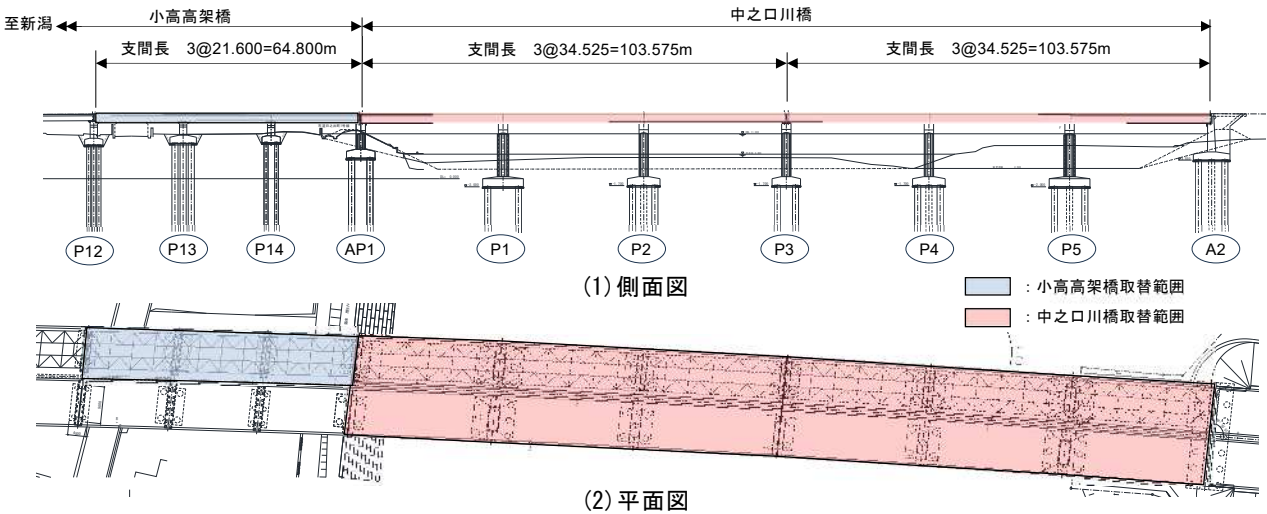


図-2 橋梁一般図

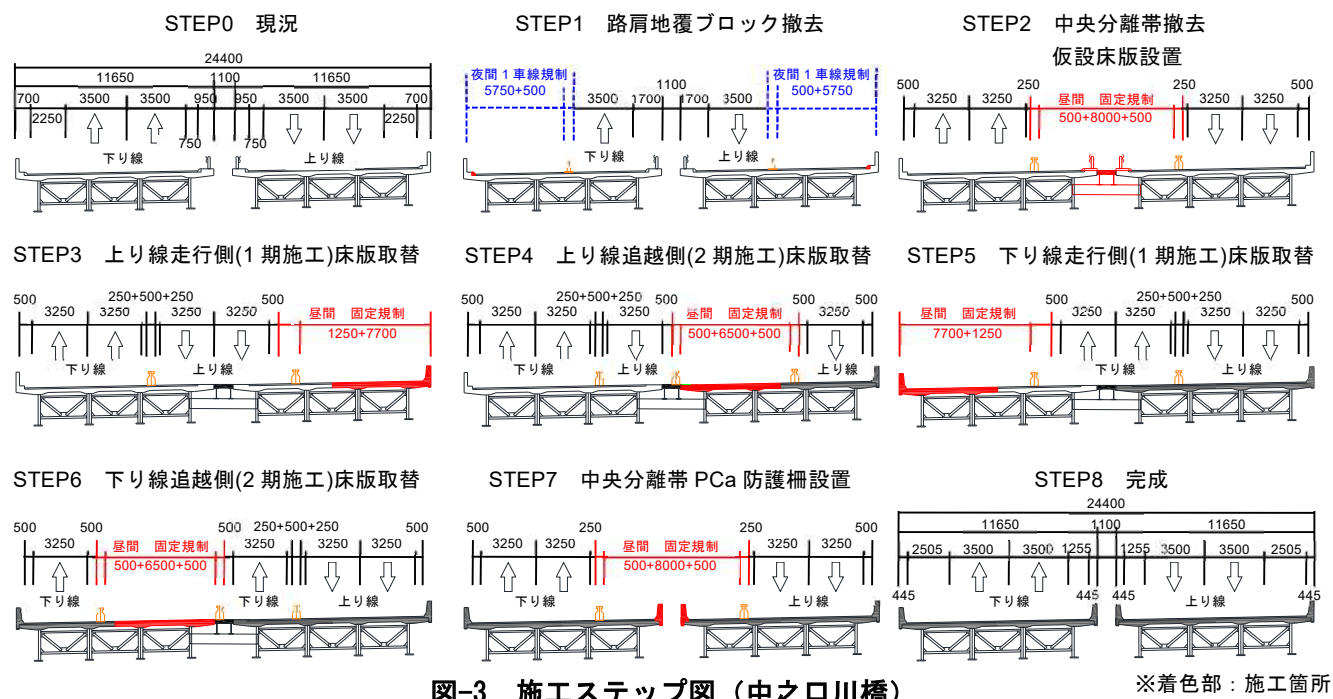


図-3 施工ステップ図（中之口川橋）

3. 設計概要

本工事では、工事期間中も常時片側2車線（現状の車線数）を確保したまま床版取替工事を実施する計画であるため、上下線間に仮設の縦桁・横桁を設置することで中央分離帯部を拡幅し、幅員方向分割施工（以下、半断面施工）を行う。図-3に示す施工ステップをもとに、床版をはじめ付属物を含む上部工の設計を実施した¹⁾²⁾。プレキャストPC床版（以下、PCaPC床版）の接合は橋軸方向接合部（以下、横目地）・橋軸直角方向接合部（以下、縦目地）ともに、接合材料に常温硬化型のUFCを用いたマルチせん断キー形状を有する接合構造とした（図-4）。また、PCaPC床版は、上面20mm程度をUFCに置換したUFC複合床版として設計を実施した（図-5）。UFCは透水係数（ $1.0 \times 10^{-13} \text{m/s}$ ）が非常に小さく、床版上面をUFCに置換することにより防水機能を付与することができる。接合部についてもUFCを充填するため、床版と同様に接合部単体で防水層の機能を有している。これらにより、床版をオールプレキャスト化することで、床版取替完了後の現場における橋面防水工が不要となり、交通規制期間の短縮が可能となる。

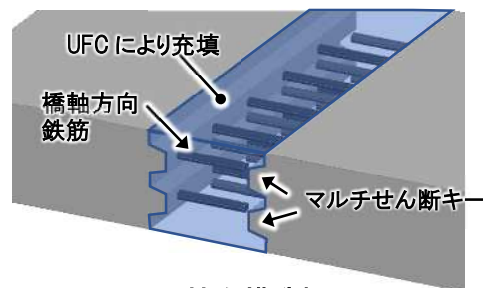


図-4 接合構造概要図

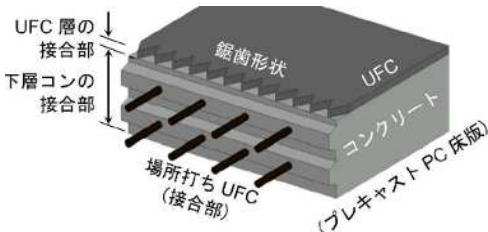


図-5 UFC 複合床版概要図

4. 床版設計

(1) 床版割付の検討

本工事の床版割付の一例を図-6に示す。床版割付は、中間支点上に床版接合部を配置しない割付とし、さらに端部床版まで含めたすべての床版のプレキャスト化を実施した。床版寸法は、製作工場から工事場所まで、昼間に運搬可能な最大幅が2.5mであったため、発注時の2.0m割付から2.5m割付に変更し、床版据え付け枚数を削減した。これらにより、現場打ち床版や接合部などの現場施工量を基本設計時と比較して削減することができた（表-2）。さらに本橋は平面線形にR=5100を有するため、連ごとに斜角が少しずつ変化していくが、割付のカットライン角度を統一し、異形床版を端部版および調

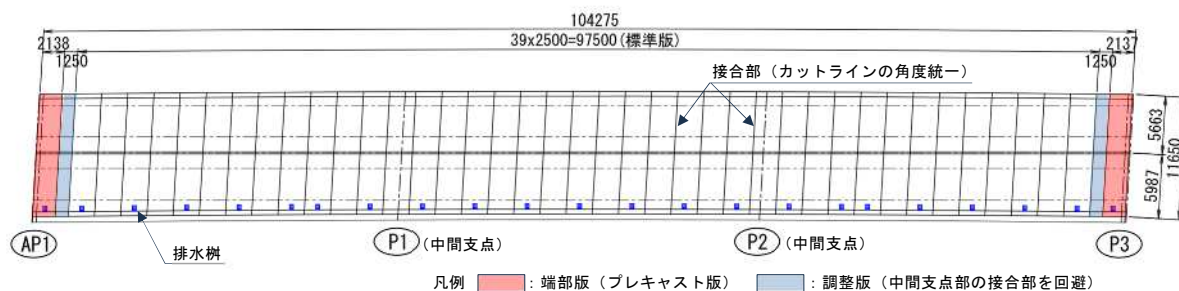


図-6 床版割付図（中之口川橋上り線 AP1-P3）

整版に限定した。これにより、床版設計および床版製作についても省力化・効率化を図った。

(2) プレキャストPC床版本体の設計

中之口川橋におけるPCaPC床版設計の検討フローを図-7に示す。

a) 橋軸直角方向の照査

橋軸直角方向の設計においては、完成時について床版の構造成立性を確認するほか、図-3に示すSTEP4、STEP6の半断面供用時（図-8）およびSTEP5の中央分離帯供用時（図-9）についても照査を実施した。死荷重作用時はコンクリートに曲げ引張応力を生じさせず（方法C）⁴⁾、設計荷重作用時・プレストレス導入時はひび割れ発生限界以下で制御した（方法B）⁴⁾。風・衝突荷重作用時は、許容曲げひび割れ幅で制御する（方法A）⁴⁾ことを基本とするが、UFC複合床版のは防水機能を期待するため、ひび割れ発生強度 8.0N/mm^2 以下、コンクリート床版上縁部はひび割れ発生限界以下となるように制御した。本工事で採用した接合部は、UFCによりPCaPC床版を一体化させプレストレスを導入しない構造であるため、縦目地近傍（縦目地から300mm以下）は方法Aで制御した。

b) 橋軸方向の照査

橋軸方向の設計においては、①床版作用に対して、床版支間中央部においてコンクリートおよび鉄筋の許容応力度が許容値内に収まることを確認した。②主桁作用に対しては、中間支点部の負曲げ照査を実施し、中間支点部にあるUFCの上縁応力度および下層コンクリートの上縁応力度がひび割れ発生強度以下となることを確認した。

上記より決定した標準版の断面図を図-10に示す。端部版については、端部ブラケットを設置することで、活荷重による設計曲げモーメントは標準版と同様として設計を行った。

表-2 数量比較表（中之口川橋 AP1-P3）

	単位	基本設計	詳細設計
PCaPC床版	枚	96	86
現場打ち床版コンクリート	m ³	25.85	0.00
接合部コンクリート	m ³	56.87	23.51

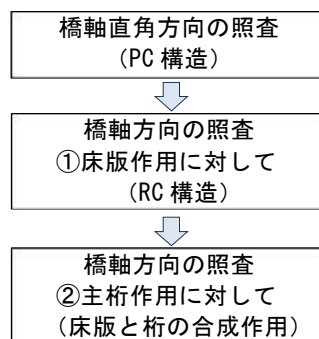


図-7 検討フロー

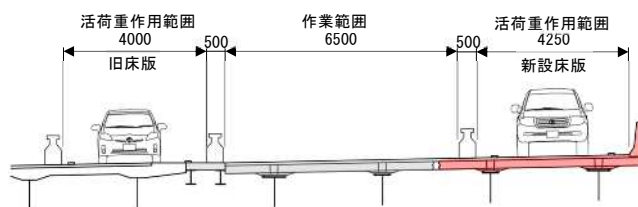


図-8 床版設計検討断面（半断面供用時）

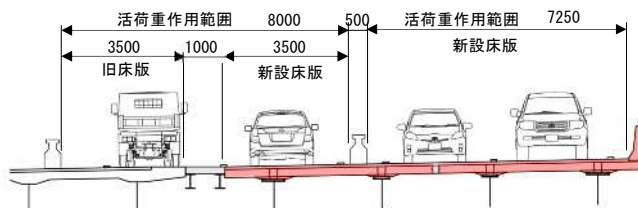


図-9 床版設計検討断面（中央分離帯供用時）

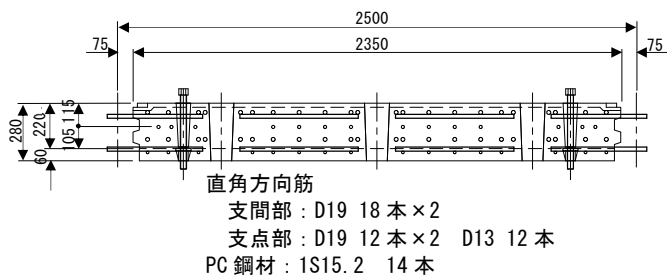


図-10 標準版断面図

(3) 床版接合部の設計

接合部の設計は、横目地および縦目地に対して、橋軸方向および橋軸直角方向の曲げモーメントによる応力度照査から必要断面を決定した。照査は、超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針（案）に基づく使用性の照査および疲労耐久性の照査を実施した³⁾。使用性の照査においては、横目地・縦目地ともに、発生引張応力がUFCのひび割れ発生強度 8.0N/mm^2 以下となることを確認した。疲労安全性の照査においては、変動荷重が作用する際の応力度と材料疲労強度の比が1.0以下であることを確認した。また、床版からの突出鉄筋をUFCに確実に定着させるため、横目地・縦目地ともに付着割裂破壊照査、引抜きせん断破壊照査を実施し、必要な埋込長を確保した。

(4) 床版同士の変位差抑制

STEP4上り線(2期施工)床版取替施工時、STEP6下り線(2期施工)床版取替施工時の車線運用を示す(図-11(a)(b))。上下線ともに縦目地近傍に活荷重が载荷されるため、すでに全長を取替えた1期施工床版と取替え中の2期床版の間に相対変位が発生する。縦目地にはUFCを使用予定であり、硬化前に車両が走行し床版間に相対変位が発生することで、UFCと接合部鉄筋の付着低下が懸念されることから、相対変位を抑制するために、仮設支持構造を主桁間に配置することとした(図-12)。仮設横桁として、2- $[380\times100\times10.5\times16]$ を橋軸方向に1.5m間隔で配置して主桁を連結し、仮設縦桁をH294 $\times200\times8\times12$ とすることで相対変位を0.4mm以内に抑制できることをFEM解析により確認した(図-13)。なお、相対変位0.4mmは、振動下で製作した試験体で鉄筋の引き抜き試験を実施し、付着強度に悪影響を与えないと確認した値である。

5. まとめ

本稿では、常時片側2車線を確保したまま、幅員分割方向施工による床版取替えかつ取替床版にUFC複合床版を用いた場合の設計方法について報告した。本報告が、同種工事の参考となれば幸いである。

参考文献

- 1) 釘宮，仲田，橋本，山崎，月本，新井，佐々木：北陸自動車道中之口川橋床版取替工事の床版取替設計について，第79回土木学会年次講演会，I-359，2024年9月
- 2) 橋本，仲田，釘宮，原，月本，新井，佐々木：北陸自動車道中之口川橋床版取替工事の主桁補強設計について，第79回土木学会年次講演会，I-360，2024年9月
- 3) 土木学会：コンクリートライブラリー113 超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針（案）
- 4) 東日本・中日本・西日本高速道路株式会社：設計要領第2集 橋梁保全編

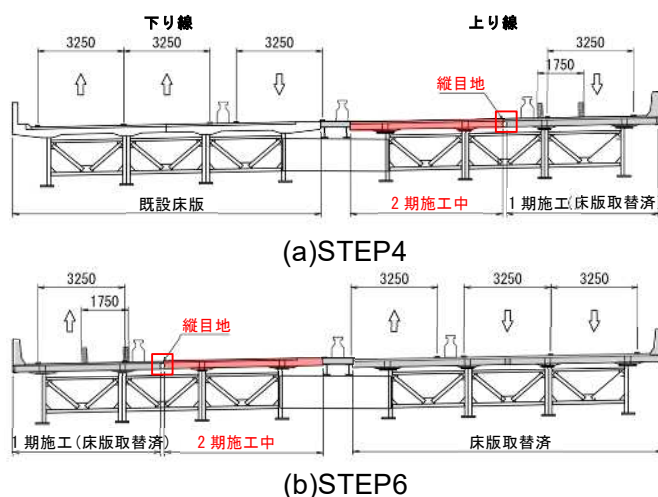


図-11 FEM 解析対象の車線運用

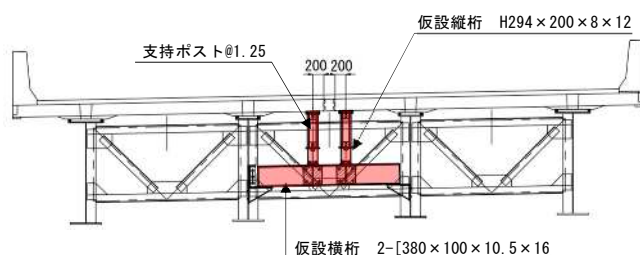


図-12 仮設支持構造

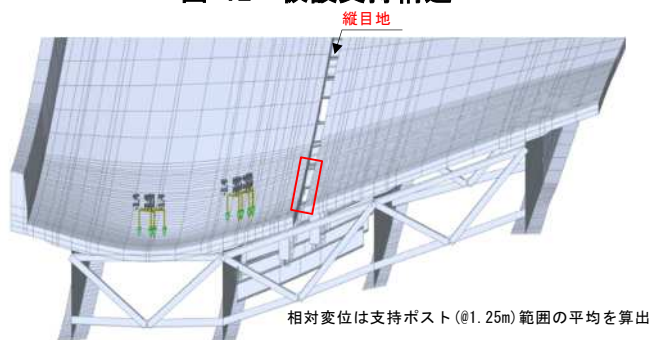


図-13 FEM 解析結果