

国道29号新中島橋のUFC床版を活用した橋梁補修設計について

下地 統耶

近畿地方整備局 姫路河川国道事務所 工務第二課 (〒670-0947兵庫県姫路市北条1-250)

姫路河川国道事務所では、「新技術導入促進計画」において採択された技術テーマ「繊維補強コンクリート床版技術」の現場実装に向けて取り組んでいる。「新中島橋補修詳細設計業務」においてUFC床版を用いた床版取替えの設計を行った。本研究では、設計成果に基づきUFC床版による床版取替えの優位性について検討した。また、UFC床版同士の接合部における構造の検討および課題の整理について確認した。

キーワード 超高強度繊維補強コンクリート、UFC、既設橋、床版取替え

1. はじめに

令和2年4月に「道路分野における新技術導入促進方針」及び「新技術導入促進計画」が決定して以来、道路整備や道路のメンテナンスにおける最先端技術の導入に向けた体制の強化が図られてきた。

姫路河川国道事務所では、「新技術導入促進計画」において採択された技術テーマ「繊維補強コンクリート床版技術」の現場実装に向けて取り組んでいるところであり、国道29号新中島橋の橋梁補修計画にて「超高強度繊維補強コンクリート(UFC)」を用いたUFC床版を活用する計画である。その計画の中で設計、工事、管理の各段階においてUFC床版の施工性、管理性等の確認を行う必要がある。

こうした中で、「新中島橋補修詳細設計業務」においてUFC床版を用いた床版取替え設計を行ったところであるが、既設橋にUFC床版を適用するにあたり注視すべき点が見えてきた。本研究では、設計成果を通して床版取替えにおけるUFC床版の適用について検討していく。

2. 橋梁概要

新中島橋は、小野川と交差する渡河橋である。

幅員構成に歩道が含まれておらず、側道橋が別途配置されている。

新中島橋の架橋位置より起点側には県道546号が国道

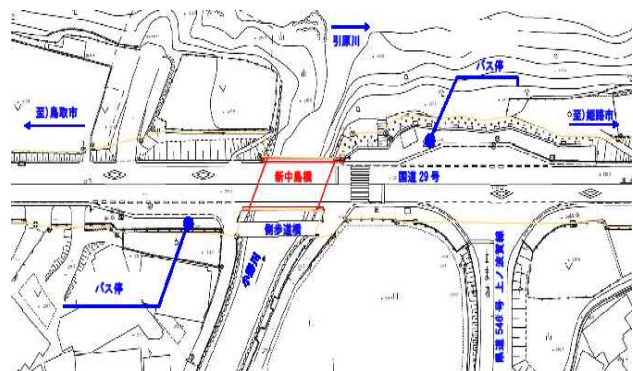


図-1 橋梁位置図

表-2 橋梁諸元

橋梁名	新中島橋 (シンナカジマバシ)
竣工年次	1962年 (昭和37年)
上部構造形式	単純合成鋼鈹桁橋
床版形式	鉄筋コンクリート床版 (160mm)
下部構造形式	控え壁式橋台 (ケーソン基礎)
径間数	1径間
橋長	15.400m (14.800m)
全幅員	8.700m (7.500m)
支承形式	線支承 (A1: 固定, A2: 可動)

29号と交差している。新中島橋の前後に繋がるため、迂回路としての利用が考えられる。(図-1)

なお、橋梁諸元について表-2に示す。

表-3 道路条件

道路区分	第3種第3級
設計速度	V=50km/h
交通量	現況交通量：7207台/日 大型車混入率：8.9%
橋面舗装 ¹⁾	As舗装：t _{min} =80mm 表層：密粒度アスファルト 基層：密粒度アスファルト

表-4 荷重条件

死荷重（防護柵を除く） ²⁾	道路橋示方書・同解説（以下道示という）に準拠する。
防護柵 ¹⁾	0.6kN/m
雪荷重 ²⁾	1.0kN/m ² （対象路線は積雪寒冷特別地域に指定されているため、雪荷重を考慮する。）
添架物	なし
活荷重 ²⁾	B活荷重

表-5 UFC床版に関する設計条件

設計基準強度 ³⁾	180N/mm ²
ヤング係数 ³⁾	4.6×10 ⁴ N/mm ²
乾燥収縮度およびクリープ係数 ³⁾	乾燥収縮度：800×10 ⁻⁶ （UFC床版設計時） 50×10 ⁻⁶ （スタッド設計時） クリープ係数：0.7
熱膨張係数 ³⁾	13.0×10 ⁻⁶ /°C
応力度の制限値 ⁴⁾	圧縮応力度：108N/mm ² 引張応力度：8N/mm ²
単位体積重量 ³⁾	24.5kN/m ³
設計曲げモーメント ²⁾	道示に準拠
最小床版厚 ⁵⁾	130mm
かぶり、あき ⁴⁾	かぶり：最小20mm あき：最小30mm
橋軸方向の床版同士の接合部の構造 ⁵⁾	プレストレスを導入し、現場打ちUFC（UHPFRC）を打設する。
橋軸直角方向の床版同士の接合部の構造 ⁶⁾	現場打ちUFC（UHPFRC）で接続する。

3. 設計条件

主な設計条件について、以下に示す。

(1) 道路条件

道路条件について表-3に示す。

(2) 荷重条件

死荷重について表-4に示す。

(3) UFC床版に関する設計条件

UFC床版に関する設計条件は、道示に基づき整理を行い、道示に規定がないものについては、関連資料に記載がある試験等で確認された再現性がある値を採用することを基本方針とした。

主な項目について、表-5に示す。

4. 床版取替設計へのUFC床版適用

(1) UFC床版の概要

UFC床版とは、超高強度繊維補強コンクリート（UFC）を使用した道路橋床版である。

UFCは特殊な鋼繊維で補強した高強度セメント系材料であり、圧縮強度は180N/mm²、引張強度は8.8N/mm²である。UFCを道路橋床版に用いることで薄肉で軽量とすることが可能である。

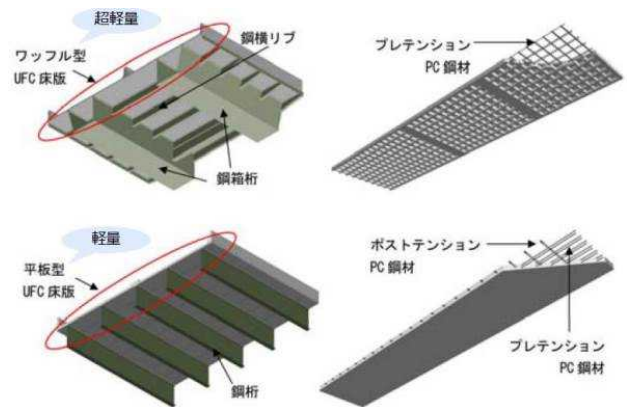


図-6 UFC床版の概要⁷⁾

a) UFC床版の種類

UFC床版には、ワッフル型UFC床版および平板型UFC床版がある。（図-6）

ワッフル型UFC床版は、2方向にリブがあるワッフル形状の超軽量なUFC床版である。リブ内にPC鋼材を配置しプレテンション方式で2方向にプレストレスを導入する。

平板型UFC床版は、ワッフル型UFC床版よりも製作コストを抑制した軽量なUFC床版である。橋軸直角方向がプレテンション方式、橋軸方向がポストテンション方式でプレストレスを導入する。

表-7 PC床版との比較

	PC床版	UFC床版 (平板型)	UFC床版 (ワッフル型)
床版厚	220mm程度	140mm程度	123mm程度
概算金額 (直接工事費)	40百万	33百万	48百万
工期	5ヶ月程度	4ヶ月程度	6ヶ月程度

(2) 床版取替方法の検討

床版取替方法として、従来工法であるPC床版の他、新技術であるUFC床版（平板型）、UFC床版（ワッフル型）を比較案とし検討を実施した。

a) PC床版

床版を上下線に分割可能であるため片側交互通行による半幅施工を行う。

床版が厚く現況に比べて死荷重が大幅に大きくなるため、支承及び落橋防止システムの取替えが必要となる。

b) ワッフル型UFC床版

床版を上下線に分割できないため、迂回路仮橋を設置して床版取替を行う。

床版厚は現況と同等であり、大幅な死荷重増はないため、支承及び落橋防止システムの取替えは不要である。

また、床版撤去後に鋼横リブを設置する必要があり、全面通行止めが必須となる構造である。

c) 平板型UFC床版

床版を上下線に分割可能であるため片側交互通行による半幅施工を行う。

床版厚は現況と同等であり、大幅な死荷重増はないため、支承及び落橋防止システムの取替えは不要である。

以上のとおり比較検討の結果、経済性および施工性に優れる「UFC床版（平板型）」を採用案とした（PC床版案に対し、約20%のコスト縮減、約1ヵ月間の工期短縮（表-7））。

(3) UFC床版構造検討

a) プレキャストUFC床版の割付検討

プレキャストUFC床版は、輸送性を考慮して、短辺が2.5m以下となるように分割する方針とした。⁹⁾

検討の結果、短辺が2.5m以下となる「橋軸方向7分割案」を採用した。

b) PC鋼材

横締めPC鋼材は、プレキャストPC床版に使用するPC鋼材の標準仕様であるSWPR7BL 1S15.2とした。⁹⁾

縦締めPC鋼材は、SWPL19 1S21.8とSWPR191S28.6を比較し、経済的となるSWPL19 1S21.8とした。

c) 床版厚

表-8 間詰材の強度試験結果¹⁰⁾

配合	部位	施工管理値 (N/mm ²)		検査基準値 (N/mm ²)	
		計画	実績	計画	実績
A	縦目地	120 (σ24h)	139 (σ35h)	150 (σ28d)	175 (σ28d)
	横目地	30 (σ18h)	108 (σ16h)	150 (σ28d)	179 (σ28d)
B	合成部	60 (σ24h)	156 (σ18h)	150 (σ28d)	185 (σ28d)
	連結部	24 (σ24h)	55.6 (σ18h)	60 (σ28d)	128 (σ28d)

UFC床版の床版厚は、使用するPC鋼材、最小かぶりの規定を考慮し、140mmに設定した。⁴⁾

(4) 橋軸直角方向の床版同士の接合部の構造検討

本橋のUFC床版には、阪神高速12号守口線S20橋の施工事例を参考にし、橋軸直角方向にRC構造にて床版同士を接合する構造を採用した。

間詰め材には前出の事例でも採用されている、圧縮強度が150N/mm²あり付着強度が高い超高性能セメント系複合材料（UHPFRC）を用いることとした。

a) 本橋への適用検証

前出の事例では、接合部が中央分離帯の直下に位置し輪荷重が直接作用しないことから、プレストレスによって接合部に発生する引張を制御しない構造が採用されている。⁹⁾

本橋には中央分離帯がなく、前出の事例とは輪荷重の載荷位置に関する条件が異なるが、以下の理由からRC構造の採用は可能と判断した。

- ・採用するRC構造は、接合部に対して輪荷重を載荷させた繰返し載荷試験により耐久性が確認されたものである。⁹⁾
- ・本橋は追い越し禁止区間に位置する橋梁であり、センターライン（接合部）付近にタイヤが乗る状態での走行の頻度は低い。
- ・本橋の現況交通量は7,207台/日であり、阪神高速守口線の交通量（60,000台/日程度）に比べて少なく、疲労が生じにくい。

b) 耐久性向上のための設計上の配慮

前出の事例との輪荷重の載荷位置の違いを考慮し、耐久性向上策として以下の配慮を行った。

- ・輪荷重による変位を抑え、疲労が生じにくくするため、設計曲げモーメントにより発生する鉄筋の引張応力度は許容値に対して余裕を持たせ、120N/mm²以下となるよう設計した。²⁾
- ・接合部にひび割れが生じ雨水が浸透した場合に備え、

表-9 通行止め想定期間

工程	内容
1日目	現場打ちUFC (UHPFRC) 打設
2~3日目	養生 (24時間) +型枠撤去等
4日目	床版防水・舗装

表-10 吊り重量

	単位	1枚あたり
体積	m ³	1.38
重量	kN	33.8
フック重量	t	0.22
Σ	t	3.70

鉄筋には塗装鉄筋を採用した。

c) 耐久性向上のための施工時の配慮

接合部には現場打ちUFC (UHPFRC) を打設することになるが、打設中、養生中に接合部付近に車両が通行することによって、上下線間のたわみ差や振動により、接合部に施工不良が発生することが懸念された。

そこで、接合部へのUHPFRCの打設中、打設後120N/mm²の圧縮強度が発現されるまでの間は上下線通行止めを行う方針とした。(表-8)

通行止め期間は、阪神高速12号守口線の事例を参考に4日間を想定している。(表-9)¹⁰⁾

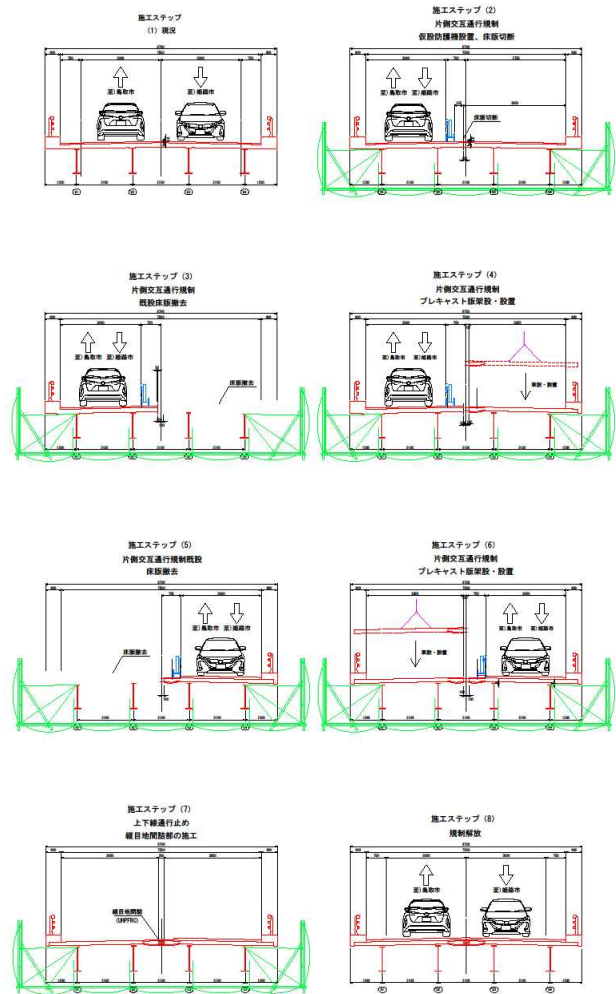


図-11 施工ステップ図

5. 施工計画

床版取替は上下線を分割し、反復施工により施工することで、現行交通への影響を最小限とすることを基本方針とする。

(1) 床版架設計画

a) 床版重量

架設するプレキャスト床版の一枚あたりの重量は最大で3.7tとなる。(表-10)

b) 作業半径

架設は橋台背面から行うものとして、床版には荷重を載荷しない方針とする。また、姫路側と鳥取側から橋長の半分ずつ床版を架設する計画として、作業半径は最大で15.0m程度を想定する。

c) 施工ステップ

床版取替における施工ステップを図-11に示す。

なお、4(4)で示したとおり、上下線のプレキャスト版を架設した後、上下線間の縦目地を施工する時には上下

線ともに通行止めとなる計画である。

6. おわりに

本研究では、既設橋の床版取替えにおけるUFC床版の適用について検討した。比較の結果、平板型UFC床版はPC床版に対し約20%のコスト削減、約1ヵ月間の工期短縮を望めると確認した。ワッフル型UFC床版は平板型UFC床版よりもさらに軽量の構造であるが、本橋のような2車線構造では上下線の反復施工ができず、床版撤去後に鋼横リブを設置する必要がある。既設橋の床版取替えにおいては、ワッフル型UFC床版よりも平板型UFC床版のほうに優位性があると考えられる。

橋軸直角方向の床版同士の接合部においては現場打ちUFCを用いる計画としているが、施工時に打設後120N/mm²の圧縮強度が得られること、ひび割れが発生していないことに注視する必要がある。

今後は本研究の結果を踏まえて、実際に施工した際の

従来工法に比べたUFC床版の施工性や工期短縮, コスト縮減といった観点を比較, 整理していきたい.

参考文献

- 1)近畿地方整備局：設計便覧（案），2012.4.
- 2)日本道路協会：道路橋示方書・同解説，2012.3.
- 3)サクセム研究会：サクセム設計・施工マニュアル（案），2014.3.
- 4)土木学会：超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針（案），2004.9.
- 5)阪神高速道路（株）：床版取替えに対応した UFC 床版の疲労耐久性に関する検討，プレストレストコンクリート工学会第 26 回シンポジウム論文集，P569-574，2017.10.
- 6)阪神高速道路（株）：UHPFRC を間詰とした UFC 床版の接合構造に関する検討，令和 3 年度土木学会全国大会第 76 回年次学術講演会，CS8-04，2021.9.
- 7)鹿島建設株式会社：NETIS：KK-190043-A，NETIS ホームページ，（2023 年 5 月 12 日取得，<https://www.netis.mlit.go.jp/netis/pubsearch/details?regNo=KK-190043%20>）.
- 8)UFC 道路橋床版研究会：UFC 床版の設計・施工・維持管理マニュアル（案），2020.2.
- 9)プレストレストコンクリート工学会：プレキャスト PC 床版による道路橋更新設計施工要領，2018.3.
- 10)鹿島建設（株）：平板型 UFC 床版の製作および間詰めの施工—阪神高速 12 号守口線床版更新工事—，コンクリート工学，Vol.59，No.8，P667-672，2021.8.