

既設道路橋の床版取替えにおける平板型UFC床版の適用

| | | | |
|-----------|-----|-----|-------|
| 阪神高速道路(株) | 工修 | ○佐藤 | 彰紀 |
| 阪神高速道路(株) | | 黒田 | 孝志 |
| 鹿島建設(株) | 正会員 | 工博 | 藤代 勝 |
| 鹿島建設(株) | 正会員 | 工修 | 齋藤 公生 |

キーワード：UFC床版，床版取替え，高耐久，軽量化

1. はじめに

近年，高速道路の橋梁では供用開始後40年以上が経過しているものも多数あり，特に昭和48年以前の道路橋示方書により設計されたRC床版は，以降の示方書により設計されたものと比較して薄く，鉄筋量が少ないことにより，劣化損傷が顕在化している事例がある。このような構造物を長期的に維持管理していくため，老朽化したコンクリート床版の大規模更新・修繕が計画されている。筆者らは，超高強度繊維補強コンクリート(UFC)を用いた軽量かつ耐久性の高い取替え用の床版を開発¹⁾しており，輪荷重走行試験によって疲労耐久性を確認²⁾している。開発した平板型UFC床版(以下，UFC床版)を，既設道路橋のRC床版取替え工事において適用した設計成果を報告する。

2. 対象橋梁の概要

UFC床版の適用対象となる橋は，阪神高速道路の入路橋で，橋長22.0m，全幅員6.25m，床版支間4.0mの鋼単純合成鉄桁橋の6連のうち3連をUFC床版に取り替える工事である。構造概要を図-1に，断面図を図-2に示す。既設の場所打ちRC床版の厚さは180mm(主桁上は233mm)であり，床版の下面が鋼板接着工法で補強されている。

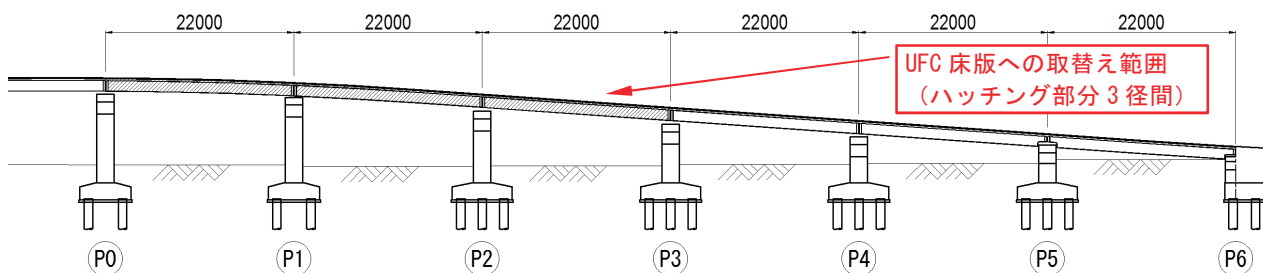


図-1 入路橋の側面図

3. UFC床版の概要

3.1 UFCの材料特性

取替えに用いる床版の材料は，圧縮強度の特性値が180N/mm²，ひび割れ発生強度が8.0N/mm²，弾性係数が46kN/mm²のエトリングait生成系のUFCである。この優れた材料特性を有効に活用することで，床版の薄肉化やPC定着部のコンパクト化が可能となっている。

3.2 UFC床版の構造概要

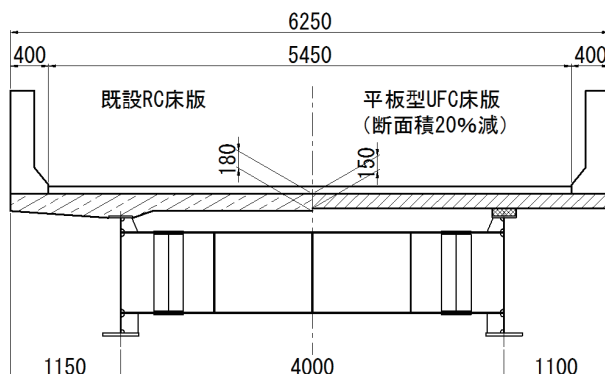


図-2 断面図(新旧比較)

入路橋に用いるUFC床版は、平板型で軽さとコストのバランスを両立させたUFC床版であり、従来のプレキャストPC床版と比べ1/2程度の重量である。床版の概要を図-3に示す。平板型UFC床版は、鋼桁に支持される構造で、床版支間が4mの場合には150mmの厚さである。プレキャストUFC床版パネル同士の間詰りは、一般に用いられるRCによる継手ではなく、パネル間に補強材を配置せず、間詰め間隔を20mmとして、場所打ちUFCを充填して軸方向にポストテンション方式によってプレストレスを導入する構造である。

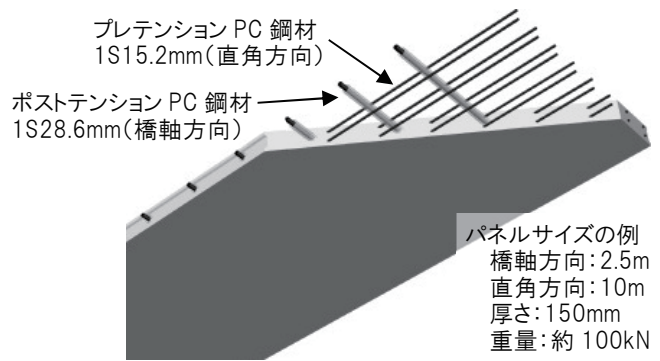


図-3 平板型 UFC 床版の概要

3.3 床版厚さ

取替え後のUFC床版が、取替え前のRC床版より薄いため、床版取替え工事に伴う道路線形の変更が不要となる。床版断面の比較を図-4に示す。現行の道路橋示方書(平成24年3月)によって床版厚さを算出すると、一般のPC床版では243mmとなる。道路線形の変更が必要となるだけでなく、床版重量の増加によって主桁の補強量が増加する。一方、平板型UFC床版の厚さは150mmである。この厚さは、活荷重による床版のたわみを、既設のRC床版と同等とするように決められたものである。床版の断面積は、既設RC床版を1.0とすると、UFC床版は0.8、PC床版は1.4である。

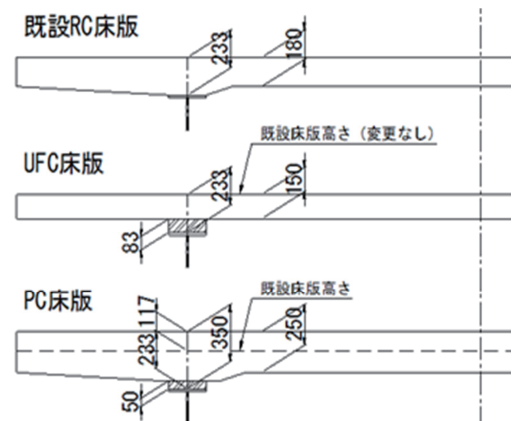


図-4 床版の断面比較

3.4 オールプレキャスト化

本橋のUFC床版パネルは、1橋あたり、平板型の標準パネル10枚、縦締めPC鋼材が定着される端部パネル2枚および交差定着パネル1枚の計13枚の構成である。平板型のUFC床版では、床版パネル間に目地を設け、橋軸方向にプレストレスを導入することで床版を一体化する。この場合、一般的には桁端部に緊張スペースを設ける必要があることから、端部は場所打ち部となる。本設計では、交差定着パネルを径間中央に設けることにより、端部の場所打ち部を排除し、全ての床版をプレキャスト化することで耐久性の向上を図ることができる。UFC床版のパネル割付けとポストテンションPC鋼材の配置イメージを図-5に示す。床版への軸方向プレストレス導入は、端部パネルに定着具および定着プレートを埋設して固定側とし、交差定着パネルで緊張作業を行う構造である。

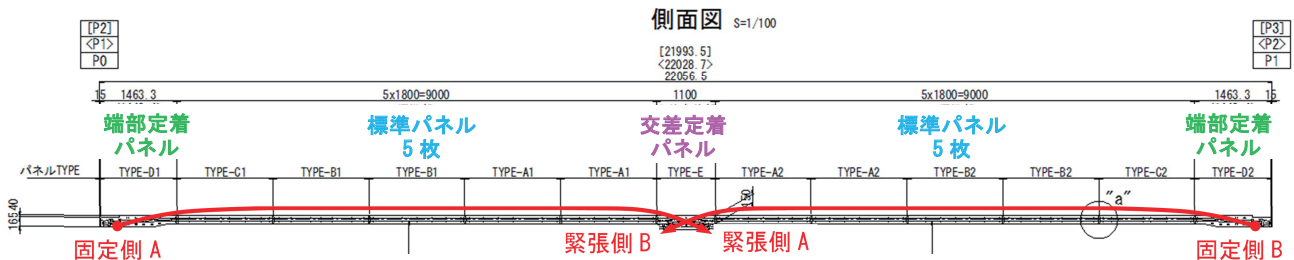


図-5 平板型 UFC 床版パネル割付け図

4. 設計の概要

4.1 UFC床版のFEM解析

UFC床版の設計は、使用材料や部材厚が道路橋示方書の規定を外れているため、構造全体をモデル化

したFEM解析で応答を算出する手法とした。作用力に対して材料の制限値を満足するように、直角方向にはプレテンションPC鋼材を、橋軸方向にポストテンションPC鋼材を抵抗材として配置し、作用の組合せに対して応力度が制限値を満足することを確認した。

(1) 解析モデル

床版、間詰部および主桁接合部をソリッド要素で、主桁をシェル要素でモデル化した。解析モデルを図-6に示す。プレテンションPC鋼材は線部材として床版内部に配置した。実際の施工手順を考慮し各荷重が載荷されるタイミングの境界条件を再現した。

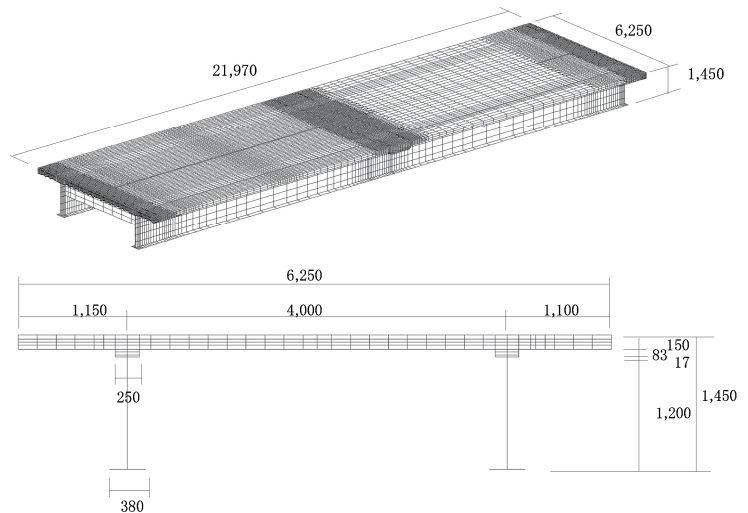


図-6 解析モデル図

荷重として、自重、橋面荷重、風荷重、活荷重、衝突荷重およびプレストレス力（直角方向・橋軸方向）を考慮した。活荷重については、床版に発生する直角方向や橋軸方向応力が最も厳しくなる位置に載荷した。

(2) 解析結果

標準部の活荷重による解析結果の一例を図-7に示す。発生応力の制限値としては、使用材料の特性値より、圧縮側は 108N/mm^2 、引張側は活荷重時にひび割れ発生強度以下とし -8.0N/mm^2 、衝突時は曲げ強度に余裕をみて -12.0N/mm^2 とした。橋軸方向の接続部はPC橋のプレキャストセグメントの継目部と同様に引張を生じさせないこととした。

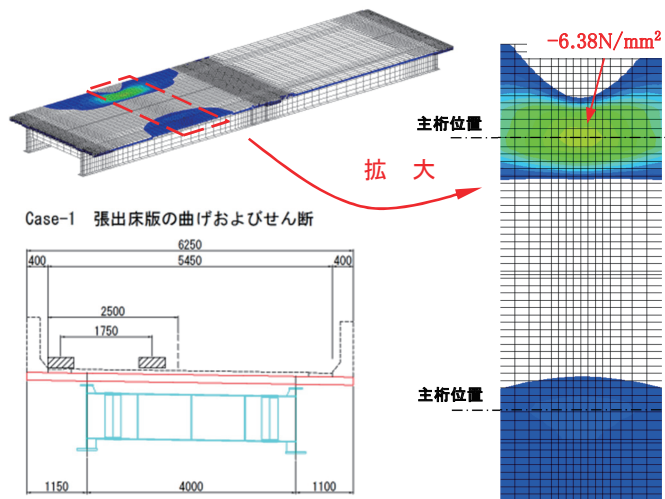


図-7 解析結果の例（標準部・直角方向上面）

張出し床版の直角方向上縁に着目した場合、活荷重が壁高欄側に載荷された場合が最も厳しいケースとなる。活荷重載荷時に、直角方向上縁側には -6.4N/mm^2 の引張応力度が発生する。

橋軸方向は活荷重により下面側に引張応力が作用する。厚さ150mmの標準部では、最大 -10.7N/mm^2 の引張応力度となる。これに対しポストテンションPC鋼材による軸方向プレストレス力を考慮し、圧縮状態が確保できていることを確認した。

4.2 鋼桁の補強設計

(1) 鋼桁の補強検討

入路橋においては、既設RC床版からUFC床版に取り替えることで床版の重量が20%程度低減されるが、設計活荷重を旧基準からB活荷重としたため、鋼桁の補強が必要となった。鋼桁補強の検討は、施工ステップに応じた作用荷重に対し抵抗する断面の剛性変化を考慮し、合成前および合成後に分けて主桁の応力度を組み合わせ実施した。補強範囲については、支間中央の鋼主桁下フランジにおいて応力が超過したため、補強が必要な範囲を1m単位で照査した結果、支間中央部の4mとなった。一般的なPC

床版に取り替えた場合の試算結果と比較した場合、床版自重が40%軽減されるため、下フランジの補強範囲は約1/4に縮小できた。補強板厚については、当て板用の孔明けの断面欠損による下フランジの応力増分を考慮して検討を行った結果、16mmとなった(図-8)。

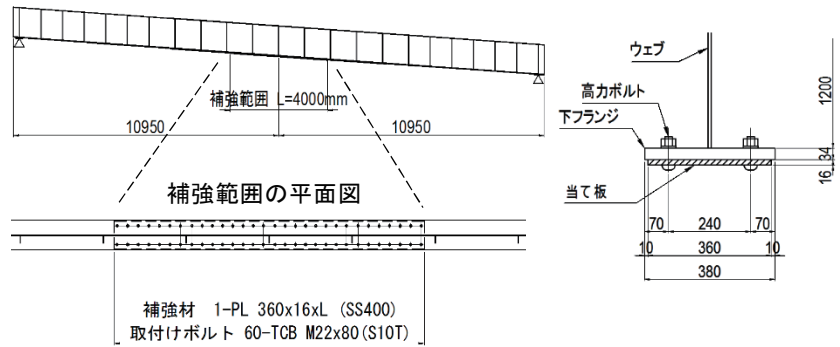


図-8 鋼桁補強の概要

(2) ずれ止めの検討

合成桁の設計では、床版と鋼主桁間に作用する水平せん断力に対して所定の位置を確保できるようずれ止めを配置する必要がある。本橋では水平力に対しφ22頭付きスタッドで抵抗するものとした。

床版と鋼桁のずれ止めに配置するスタッドの配置を図-9に示す。φ22頭付きスタッド1本あたりの許容せん断力は、使用する接合材料および接合部高さを模擬した実験結果より、降伏耐力に対して3倍の安全率を確保した32.1kN/本³⁾とした。作用せん断力に対し必要な配置本数を算出しパネル毎に4本を一組として配置ピッチを決定した。配置検討の結果、端部パネルでは@163mmの配置が必要となり、橋軸直角方向のPC鋼材配置を制限する要因にもなったため、多段配置などの対応をおこなった。

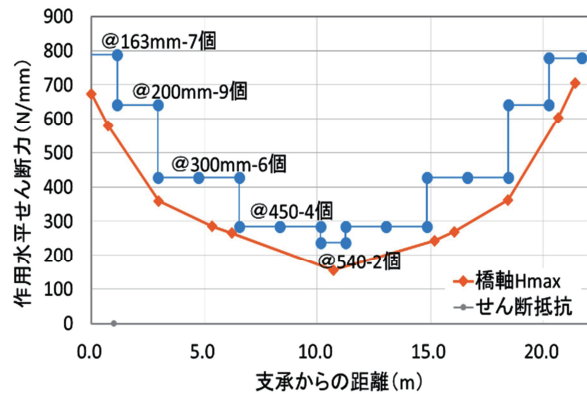
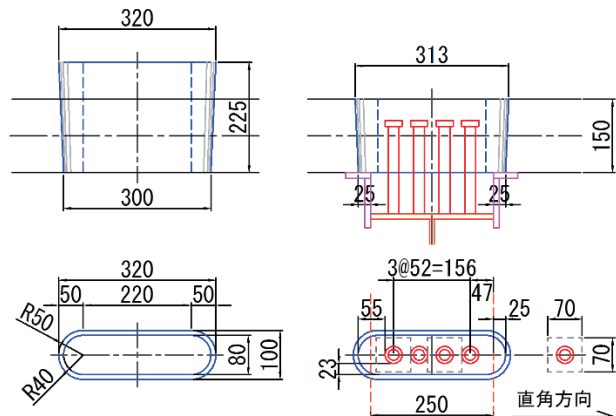


図-9 作用せん断力とずれ止め抵抗力の関係

ずれ止めを配置するスタッド孔は、床版を設置したのちに溶植することも想定して、施工試験で確認した作業性を設計に反映し、スタッドガン先端サイズ(□-70mm)を考慮して図-10のような形状とした。



(スタッド孔型枠) (スタッド配置と孔寸法)

図-10 スタッド配置およびスタッド孔寸法

5. おわりに

UFCの材料特性を設計に有効活用することで、取替え後の床版の薄肉化や、PC定着部のコンパクト化が可能となった。また、交差定着パネルを径間中央に設けることにより、すべての床版部をプレキャスト化し、さらなる耐久性の向上を図った。さらに、既設鋼桁については、床版重量が取替え前より軽くなるため、補強量を小規模とすることができた。

<参考文献>

- 1) 小坂ら：UFC道路橋床版の開発と大規模更新への適用性検討，コンクリート工学，2016. 1.
- 2) 小坂ら：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，土木学会第72回年次学術講演会概要集，2017.
- 3) 一宮ら：UFC床版と鋼桁の接合部の設計法に関する検討，土木学第72回年次学術講演会概要集，2017.