

軽量かつ耐久性の高い プレキャストPC床版

UFC: Ultra High Strength Fiber Reinforced Concrete 超高強度繊維補強コンクリート

UFC床版を構成する材料

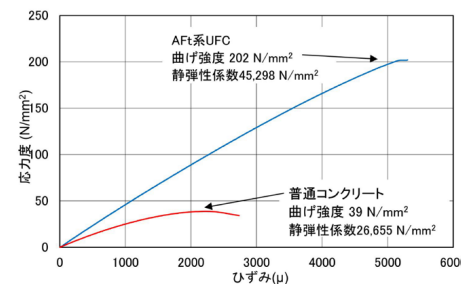
超高強度繊維補強コンクリートUFCの概要・超高強度が得られるメカニズム・従来のコンクリートとの違い

- 2004年に土木学会より「超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針(案)」が発刊され、UFCが定義されています。
- 国内には3種類のUFCがあります。RPC由来の「ダクトル」、AFt系の「サクセム」、常温硬化型の「スリムクリート」です。
- UFCは、細骨材、セメントおよびボゾラン材で構成され、鋼繊維が(直径0.2mm、長さ15mm～22mm)を1.75～2.0vol.%混入されています。
- UFCの硬化時に、セメント粒子間に微細なシリカヒューム等が充填します。
- セメントの水和反応による生成物が残ったわずかな隙間を充填します。
- 非常に緻密かつ高強度な組織となります。緻密であることから、塩害等の環境作用に対する高い耐久性を有するセメント硬化体となります。



項目	単位	AFt系UFC	コンクリート
圧縮強度の特性値	N/mm ²	180	21～50
引張強度の特性値	N/mm ²	8.8	1.7～3.1
ヤング係数	N/mm ²	46,000	24,000～33,000
水結合材比	—	0.15	0.3～0.6
透気係数	m ²	4.5×10 ⁻²⁰ 以下	1×10 ⁻¹⁷ ～1×10 ⁻¹⁵
透水係数	cm/s	4.0×10 ⁻¹⁷	1×10 ⁻¹¹ ～1×10 ⁻¹⁰
塩化物イオン拡散係数	cm ² /年	0.0018	0.14～0.9
設計収縮ひずみ※1	—	50 μ (熟養生後)	180 μ 程度
クリープ係数	—	0.7	2.0～2.2程度

※1 凝結始発からの収縮ひずみ合計は750 μ (そのうち熟養生中430 μ)、養生終了後の収縮ひずみが50 μ である。

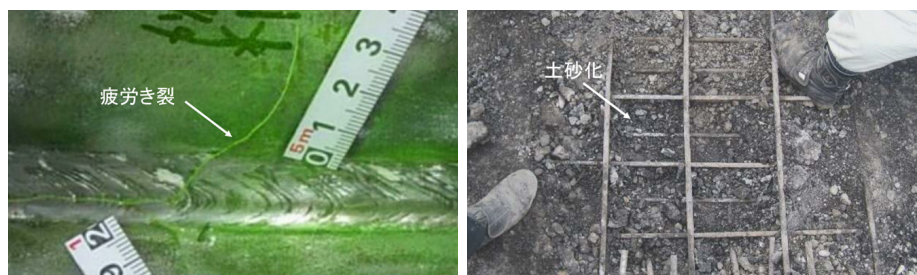


既設床版の劣化

開発の背景

車両の走行や環境作用によって既設床版が劣化

- 都市内の高速道路では、橋脚や基礎の寸法への制約に対応して上部構造を軽量化したり、現場での工事期間を短縮したりするため、鋼床版の使用頻度が高くなっています。一方で、現在使用されている鋼床版の一部では、主に溶接部を起点とする疲労き裂が顕在化しています。
- RC床版では、昭和48年以前の基準で設計され現在使用されているものの一部で、土砂化等の損傷が顕在化しています。
- このような状況から、軽量かつ高耐久なコンクリート系床版の開発が強く望まれるようになりました。



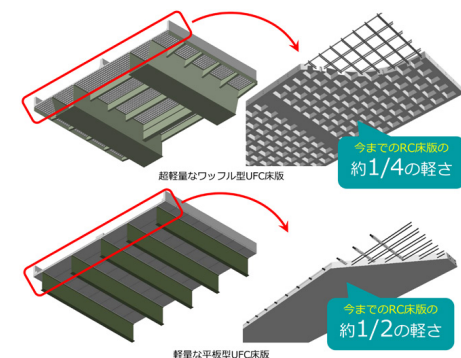
軽量なUFC床版

鋼床版と同等、従来のRC床版よりも軽量

鋼床版、従来のRC床版、PC床版との質量の比較

- 床版単体の質量について、ワッフル型UFC床版を1.00とすると、鋼床版は0.98、PC床版は4.13です。
- 平板型UFC床版は、昭和48年以前の基準で設計された現在より薄いRC床版の80%以下の質量です。現基準のPC床版の約1/2の質量です。
- ワッフル型と平板型は、鋼桁や下部・基礎構造の耐震等への影響を踏まえ、適材適所に使い分けます。

ワッフル型UFC床版 (床版厚123mm)	1.00 (179kg/m ²)
平板型UFC床版 (床版厚140mm)	1.95 (350kg/m ²)
鋼床版 (Uリブ/デッキ16mm)	0.98 (174kg/m ²)
PC床版 (330mm)	4.13 (736kg/m ²)
RC床版 (360mm)	4.54 (810kg/m ²)

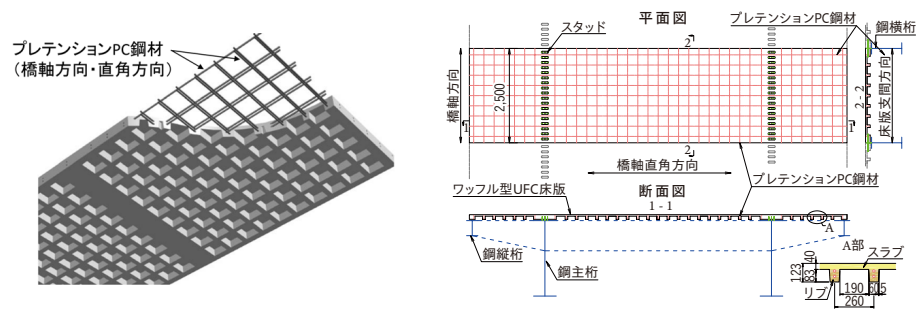


ワッフル型UFC床版

2方向にリブのあるワッフル形状の超軽量な床版

構造と特徴

- 輪荷重を受けるスラブとプレテンションPC鋼材を配置した2方向のリブからなるプレキャストPC床版です。
- 床版の短辺は鋼横桁の配置間隔(2.5m程度)とし、長辺は道路の幅員構成や主桁の配置から設定します。
- 接合部を挟んで端リブから端リブに配置したPC鋼棒を緊張して、床版同士を接合します。
- 主に、鋼床版が必要となるような新設の橋に適用します。

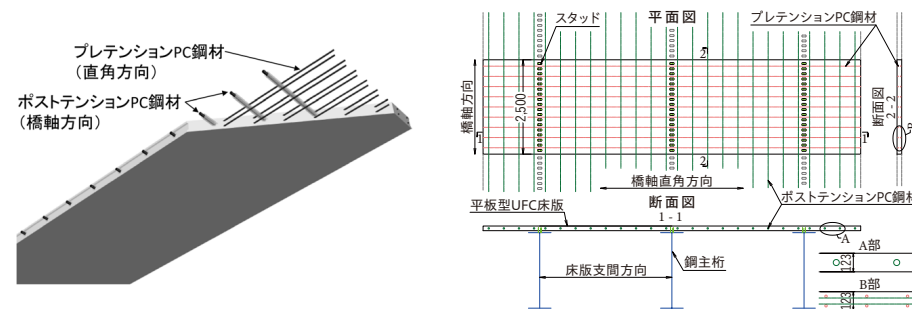


平板型UFC床版

平板形状の軽量な床版

構造と特徴

- リブやハンチの無い平板形状で、橋軸直角方向にプレテンションPC鋼材を配置したプレキャストPC床版です。
- 床版架設後に橋軸方向のポストテンションPC鋼材を挿入して、床版と接合部に同時にプレストレスを与えます。
- 主に、劣化したRC床版撤去後に架設する更新床版として、床版取替えに適用します。

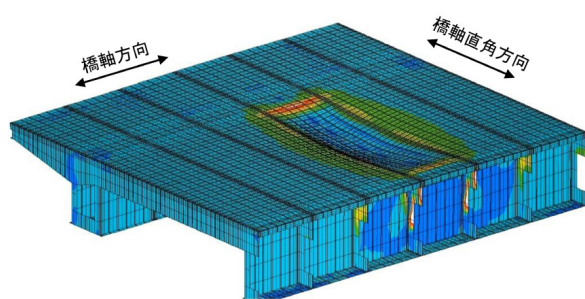


解析、実験によるUFC床版の性能確認

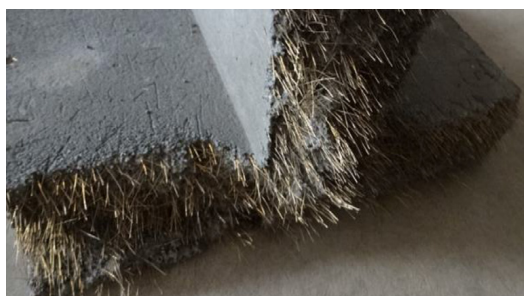
性能照査型の研究・技術開発

解析および実験の内容

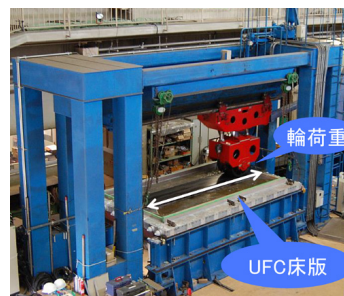
- UFC床版の技術開発において、床版本体および接合部の使用性、安全性、疲労耐久性、施工性、維持管理性などの性能を、解析や実験によって確認してきました。
- 使用性については、構造計画において断面寸法やPC鋼材配置などを検討するとともに、FEM解析によって応力や変位・変形の照査を行いました。
- 疲労耐久性を確認するため、実物大の模型を用いた輪荷重走行試験を行いました。ワッフル型UFC床版、平板型UFC床版とも、従来のPC床版と同等以上の疲労耐久性があることを確認しました。
- 接合部については、試験によって安全性を確認しました。鋼桁と床版の接合部や床版同士の接合部には、静的載荷試験を実施しました。



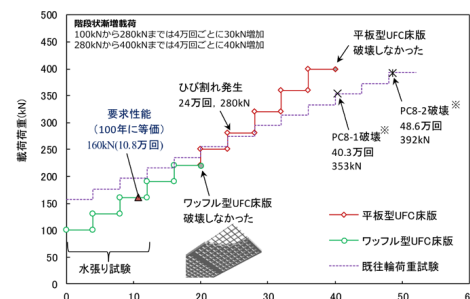
FEM解析による応力や変形の照査



洗出し試験による繊維の配向性確認



輪荷重走行試験



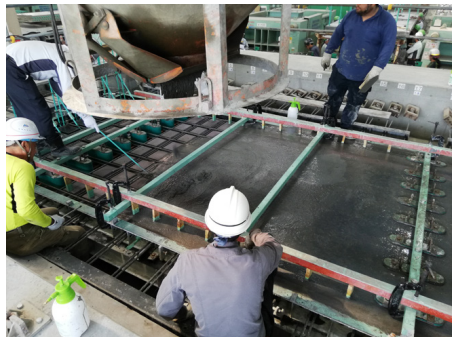
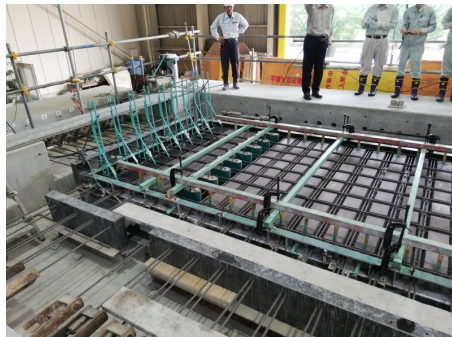
輪荷重走行試験による疲労照査

UFC床版の製作

工場で製作するプレキャスト床版

工場での製作手順

- UFC床版は工場で製作するプレキャスト床版です。
- 工場内で構成材料の計量・練混ぜを行い、UFCを製造します。
- PC鋼材やシースを配置した型枠内にUFCを打ち込みます。UFCは流動性が高くワッフル用の型枠内にも自己充填します。ただし、繊維の分配性を確保するために、必要に応じて突き棒などを併用します。
- 蒸気養生により強度発現を促進します。



UFC床版の現場施工

鋼桁上に架設し、床版-床版間、床版-鋼桁間を接合

現場での施工手順

- 工場から現場へ輸送したUFC床版を、重機によって鋼桁上に架設します。
- 床版-床版間の目地に、場所打ちUHPFRC (超高強度繊維補強セメント系複合材) を打ち込みます。
- 橋軸方向にプレストレス (ワッフル型では床版-床版間、平板型では床版同士の接合部を含む床版全体) を導入します。
- 床版に設けたジベル孔から場所打ちUHPFRCを打ち込み、鋼桁と床版を接合します。



阪神高速 玉出入路

国内で初めて実構造に適用

床版取替えへの平板型UFC床版の適用

- 鋼単純合成桁3連のRC床版の床版取替えに平板型UFC床版 (床版厚150mm) を適用しました。
- 軽量のUFC床版を用いることで小規模な架設機 (アームローラー) が使用可能、鋼桁の補強が不要となりました。



阪神高速 信濃橋入路

ワッフル型の初採用

新設橋へのワッフル型UFC床版の適用

- 新設橋である鋼単純合成桁の床版にワッフル型UFC床版 (床版厚150mm) を適用しました。
- 街路からクレーンによって架設しました。
- 床版-鋼桁間の間詰めにもUHPFRCを初適用しました。



阪神高速 守S20橋

本線橋に初採用

本線橋への平板型UFC床版の適用

- 鋼単純合成桁のRC床版の床版取替えに平板型UFC床版 (床版厚140mm) を適用しました。
- 幅員が17.6mにおよぶ上下線一体の橋で、UFC床版を横断方向に2分割して対応しました。
- 全ての床版を1夜間で架設完了しました。



UFC道路橋床版研究会

UFC床版の技術向上、品質確保、UFC床版の普及のための研究会

研究会の目的と活動内容

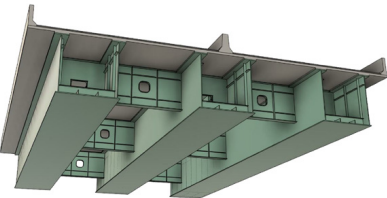
- UFC道路橋床版研究会は、公益社団法人土木学会などの公的機関から技術評価を受けている超高強度繊維補強コンクリート（UFC）を用いた道路橋床版の設計、製作、施工および維持管理に関わる技術の向上、ならびに普及を通じて社会貢献することを目的とした研究会です。
- 新設橋や老朽化が問題となっている既設橋の床版に、軽量かつ耐久性の高いUFC道路橋床版の適用が見込まれ、この床版の普及が期待されているところです。当研究会では、下記の活動を行っています。
 - ・UFC道路橋床版に関する設計、製作、施工および維持管理データ、技術に関するマニュアルの作成、動向などの調査を行っています。
 - ・技術セミナーの開催、現場見学会への参加による設計、製作、施工および維持管理に関する技術の研鑽ができます。
 - ・UFC床版に関する研究助成を行っています。
 - ・その他、会員会社の皆様に役立つ研究会事業を予定しています。

技術委員会

設計部会・施工部会・広報部会

各部会の活動内容

- 設計部会では、性能照査WGと構造検討WGで活動しています。性能照査WGでは、UFC床版の要求性能を検討することで合理的な設計となるように検討を進めています。構造検討WGでは、UFC床版と鋼桁を組み合わせた合成桁としての最適構造の検討や、適用支間長に関する検討を行っています。
- 施工部会では、材料WG、製作WG、施工WGで活動しています。材料WGではUFC床版に必要な強度に対して新しい材料を模索しています。製作WGでは、UFC床版の製作における各ステップの生産性向上の可能性を検討しています。施工WGでは床版取替えについて、従来形式との比較検討を行っています。
- 広報部会では、広告掲載や展示会への出展などの広報活動に加えて、ホームページの更新、技術セミナー、会員向けの技術ミーティング「UFC床版コーヒープレイク」、現場見学会などを開催しています。



技術セミナー

一般の方向けにUFC床版の紹介

UFC床版の最新の技術情報を提供するセミナー

- 会場とオンライン（teamsライブイベント）の併用形式で、当日は300名以上の方にご参加頂きました。
- 二羽会長の挨拶からスタートし、内田技術委員長、奥井委員、三木委員など10名の講師から、UFC床版や関連する特論を講演しました。



UFC道路橋床版研究会

UFC床版の品質確保と普及による社会貢献のための研究会

会長 二羽淳一郎（東京工業大学名誉教授）
技術委員長 内田裕市（岐阜大学教授）
委員 奥井義昭（埼玉大学教授）、三木朋広（神戸大学准教授）

特別会員

- 西日本高速道路 株式会社
- 阪神高速道路 株式会社
- 一般財団法人 阪神高速先進技術研究所

一般会員

建設コンサルタント等

- 株式会社 オリエンタルコンサルタンツ
- 株式会社 建設技術研究所
- 株式会社 総合技術コンサルタント
- 大日本ダイヤコンサルタント 株式会社
- 中央復建コンサルタンツ 株式会社
- 中央コンサルタンツ 株式会社

- 株式会社 長大
- 日本工営 株式会社
- 株式会社 日本構造橋梁研究所
- パシフィックコンサルタンツ 株式会社
- 阪神高速技研 株式会社
- 阪神高速技術 株式会社

建設会社

- 株式会社 IHIインフラシステム
- 株式会社 IHIインフラ建設
- エム・エムブリッジ 株式会社
- オリエンタル白石 株式会社
- 鹿島建設 株式会社

- カジマ・リノベイト 株式会社
- 清水建設 株式会社
- 昭和コンクリート工業 株式会社
- 大成建設 株式会社
- 東洋建設 株式会社
- ドービー建設工業 株式会社
- 株式会社 富士ビー・エス
- 三井住友建設 株式会社

製造会社

- 株式会社 技建
- ケイコン 株式会社
- 日本コンクリート工業 株式会社

賛助会員

- 株式会社 北川鉄工所
- 神鋼鋼線工業 株式会社
- GCPケミカルズ 株式会社
- 住友電気工業 株式会社
- デンカ 株式会社
- 東京製綱インターナショナル 株式会社

2023/10 時点
五十音順、敬称略