

UFC道路橋床版研究会

技術セミナー2026

2026/1/27

UFC床版の設計

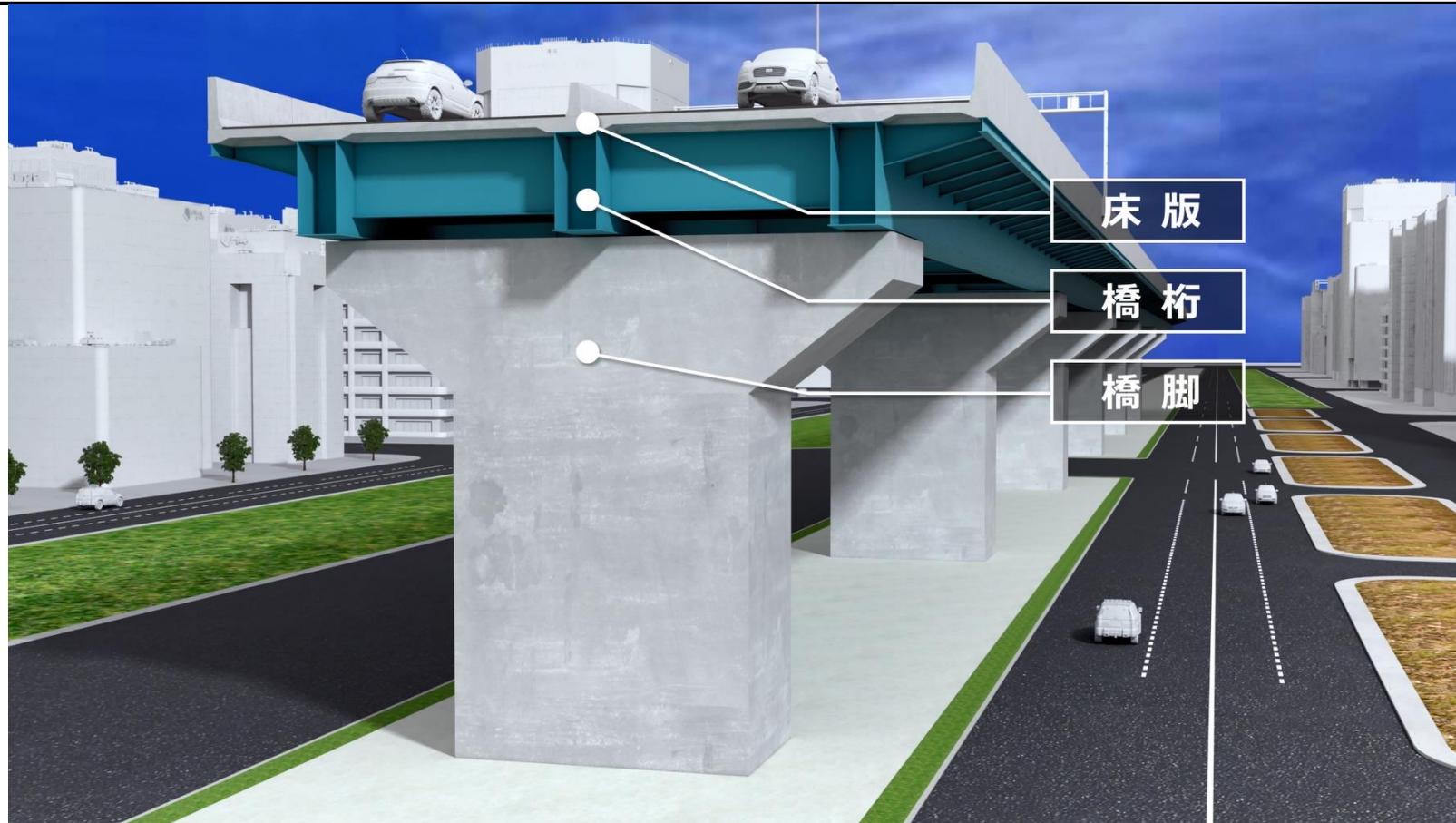
技術委員会 設計部会主査

光川 直宏 ((株)建設技術研究所)

UFC床版の設計

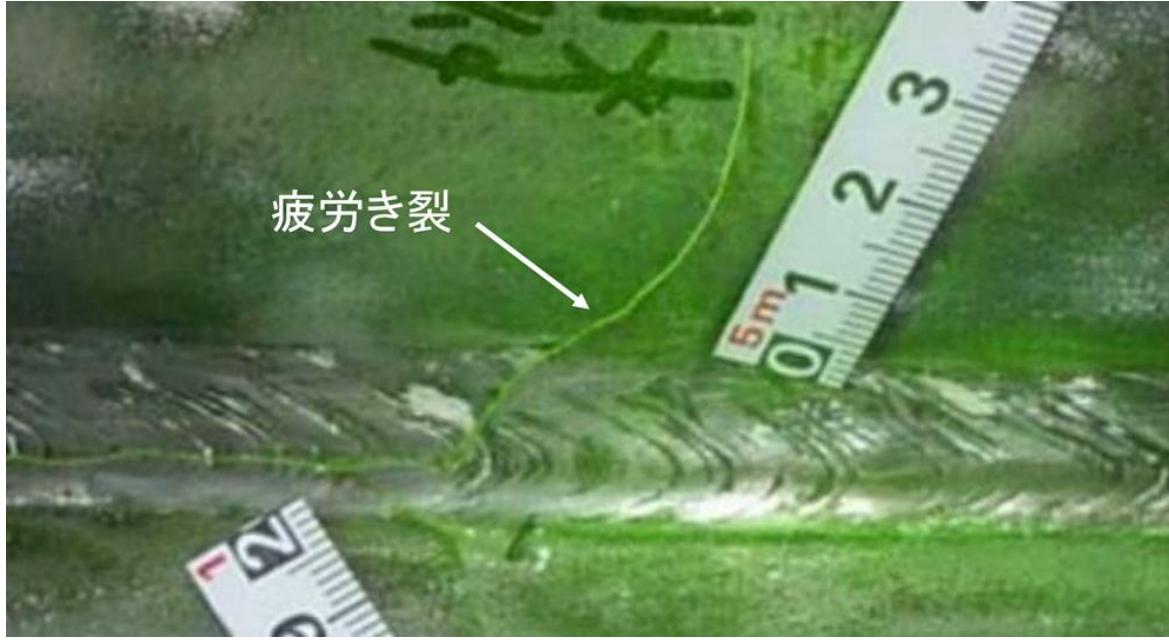
1. 開発の背景
2. UFC材料
3. UFC床版の構造・特徴
4. 設計マニュアル(案)
5. UFC床版の設計例
6. 性能確認マニュアル(案)
7. 維持管理
8. 検討中の内容

1. 開発の背景



床版は車の荷重を直接受ける部材です。
繰り返し受ける荷重や厳しい環境にも強く長持ちし、
橋桁や橋脚と組合させて合理的であることが望まれます。

鋼床版の疲労き裂



RC床版の土砂化



都市部など、軽量化や工期短縮のために鋼床版が選ばれることが多い、一方、既設の鋼床版においては疲労き裂が顕在化しています。RC床版については、土砂化等の損傷が顕在化しています。補修工事によって、利用者に長期の不便をおかけする場合もあります。このような状況を踏まえ、新たな方向から研究開発を進めてきました。



それが、超高強度繊維補強コンクリートを用いた床版
軽量かつ耐久性の高いUFC床版です

UFC (Ultra high-strength fiber reinforced concrete)

超高強度纖維補強コンクリート

- 土木学会指針で規定

- 圧縮強度 $f_{ck}' \geq 150 \text{ N/mm}^2$ (180)
- ひび割れ強度 $f_{crk} \geq 4 \text{ N/mm}^2$ (8.0)
- 引張強度 $f_{ct} \geq 5 \text{ N/mm}^2$ (8.8)
- モルタル, w/c < 0.24, 高強度鋼纖維, SCC
- 熱養生

既製品：サクセム, ダクトル, スリムクリート



2.UFC材料

表-参1 AFt 系 UFC と RPC 系 UFC の物性等

項目	マニュアル 記載箇所	AFt 系 UFC (サクセムマニュアル)		RPC 系 UFC (UFC 指針)	
		数値	記載箇所	数値	記載箇所
単位体積重量	3. 2. 2	24. 5kN/m ³	4 章(2)	25. 5kN/m ³	4 章(2)
収縮量（標準熱養生終了後）	3. 2. 5 3. 2. 6	50×10^{-6}	3. 7	50×10^{-6}	3. 7
クリープ係数		0. 7	3. 8	0. 4	3. 8
熱膨張係数	3. 2. 7	$13. 0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	3. 6	$13. 5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	3. 6
熱伝導率		6. 36 kJ/mh · °C		8. 3 kJ/mh · °C	
熱拡散係数		$2. 16 \times 10^{-3}\text{m}^2/\text{h}$		$3. 53 \times 10^{-3}\text{m}^2/\text{h}$	
比熱		1. 01 k J/kg · °C		0. 92 k J/kg · °C	
ヤング係数	3. 3. 6	$4. 6 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$	3. 4	$5. 0 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$	3. 4

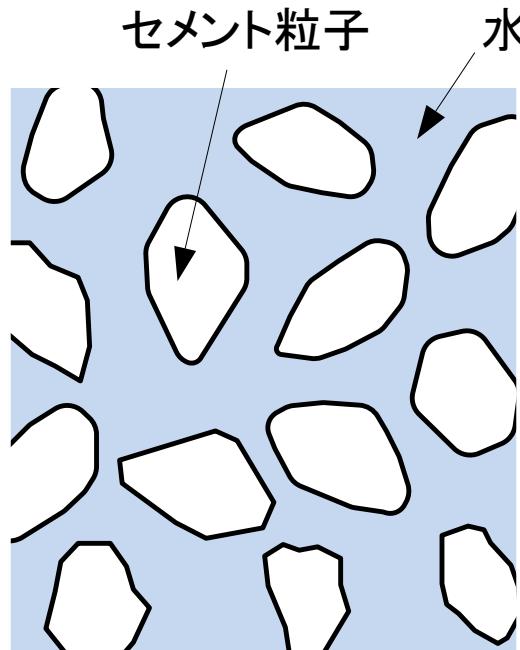
UFC材料の物性値は製品によって少し異なります。
 UFC床版としての性能は同等と考え、
 設計時の物性値は「使用するUFCに応じて設定する」としています。

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	$1 \times 10^{-17} \sim 1 \times 10^{-15}$
透水係数	cm/s	4.0×10^{-17}	$1 \times 10^{-11} \sim 1 \times 10^{-10}$
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 (熱養生後)	180 μ 程度
クリープ係数	—	0.7	2.0～2.2程度

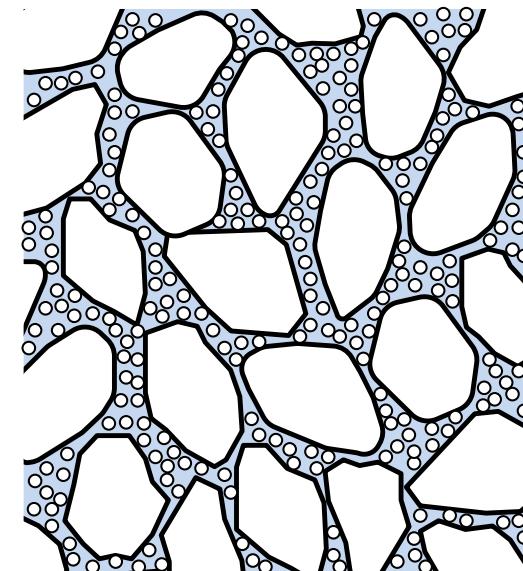
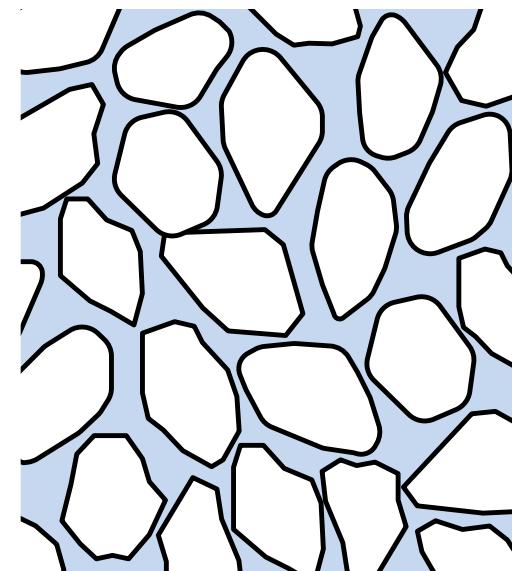
※1 凝結始発からの収縮ひずみ合計は750 μ (そのうち熱養生中430 μ), 養生終了後の収縮ひずみが50 μ である.

強度発現のメカニズム

- RPC (Reactive powder concrete)



w/c 大



低

圧縮強度

超高強度

鋼纖維

UFC用の高強度鋼纖維



$f_u > 2000 \text{N/mm}^2$

$\phi = 0.2 \text{mm}$

$l = 20 \text{mm}$ 程度



(a) 硬化前

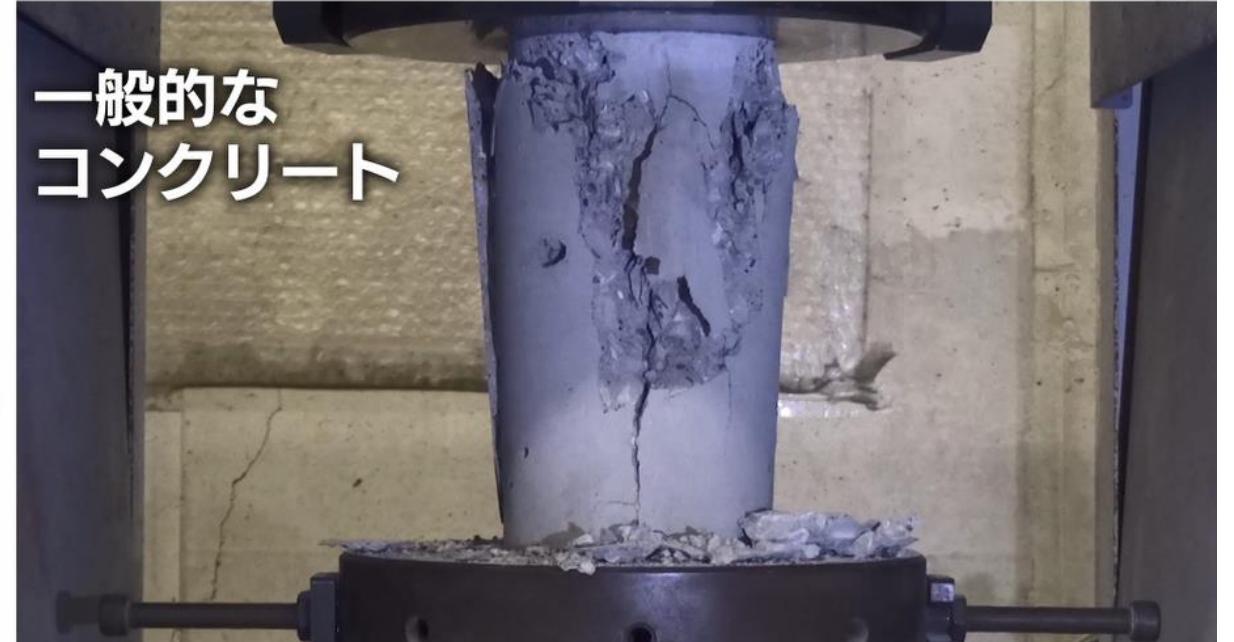
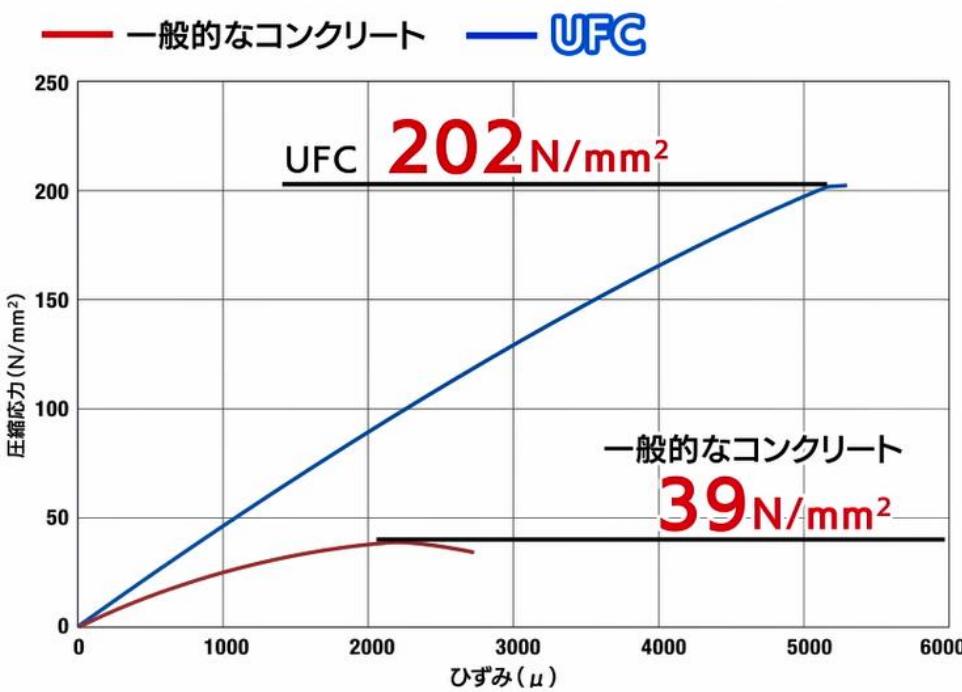


(b) 硬化後

硬化前のUFCはモルタルフロー：230～270mmの流動性の高い材料です。自己充填による流し込み成形を標準としています。

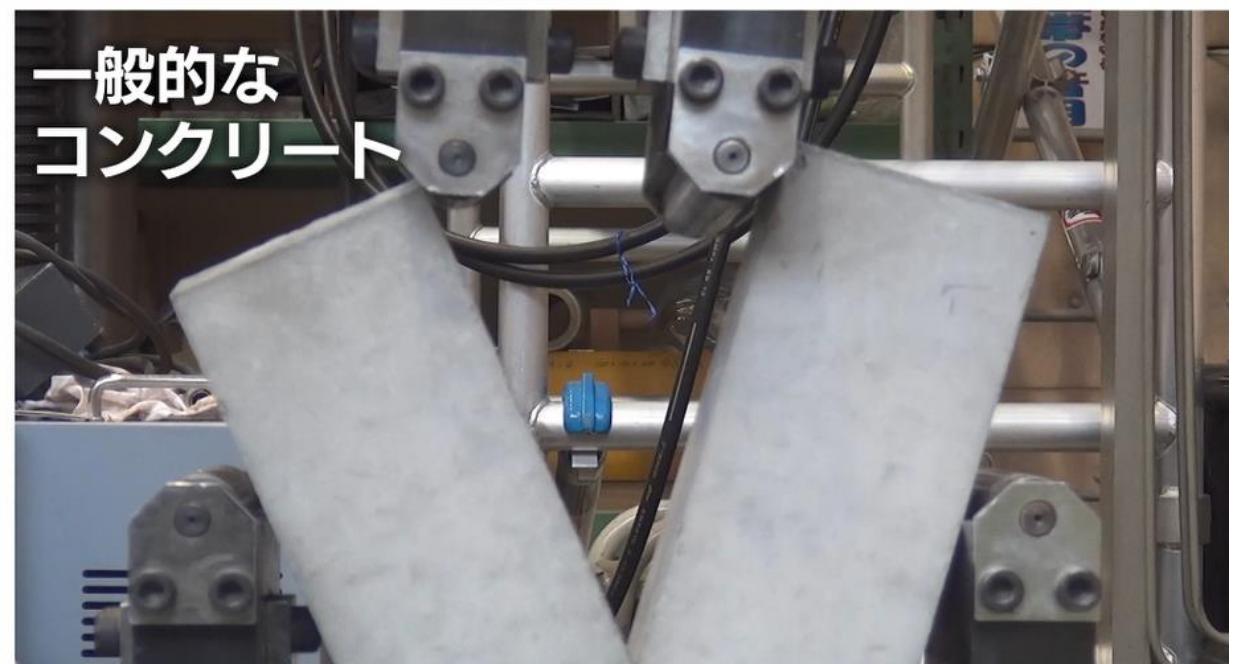
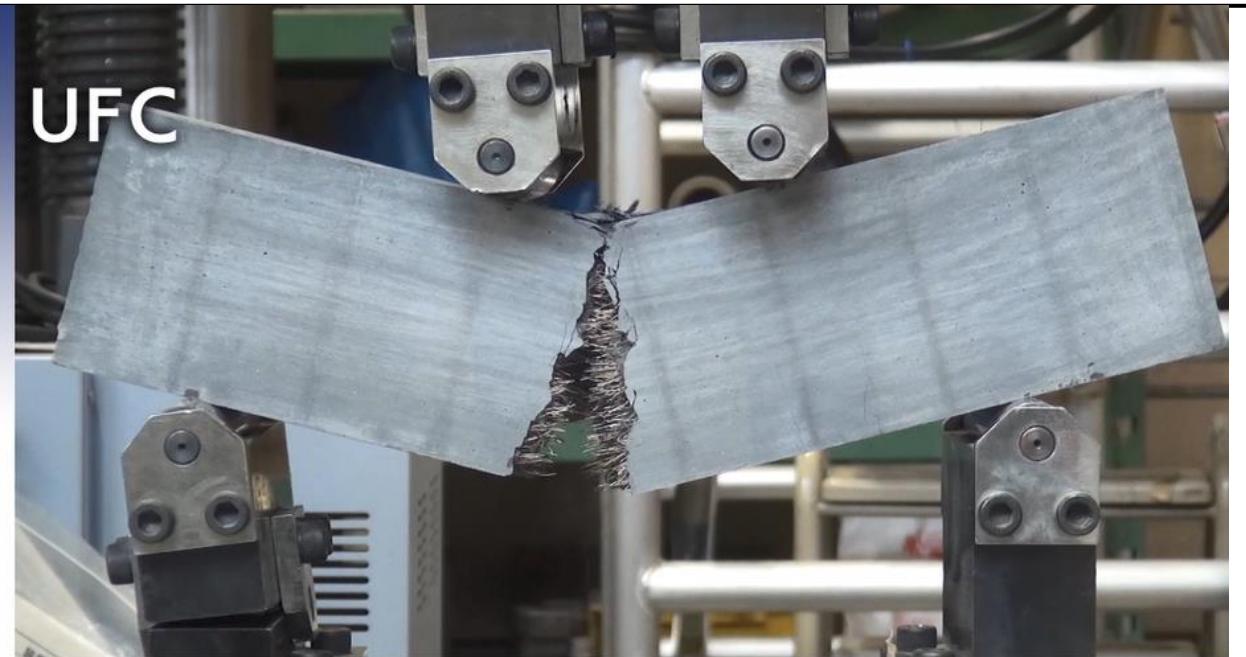
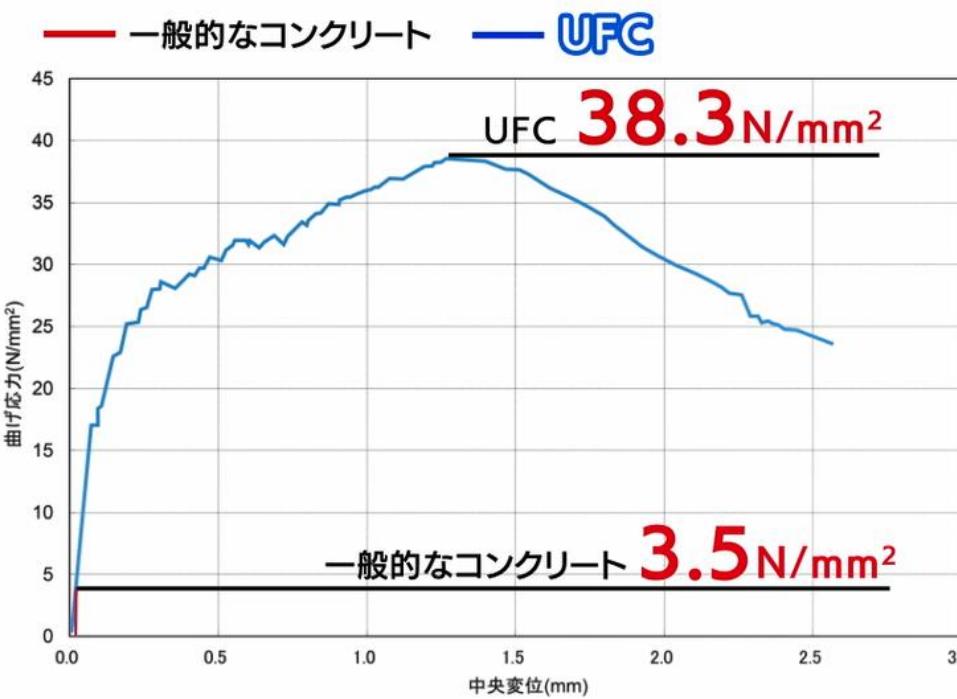
2.UFC材料

圧縮強度試験



2.UFC材料

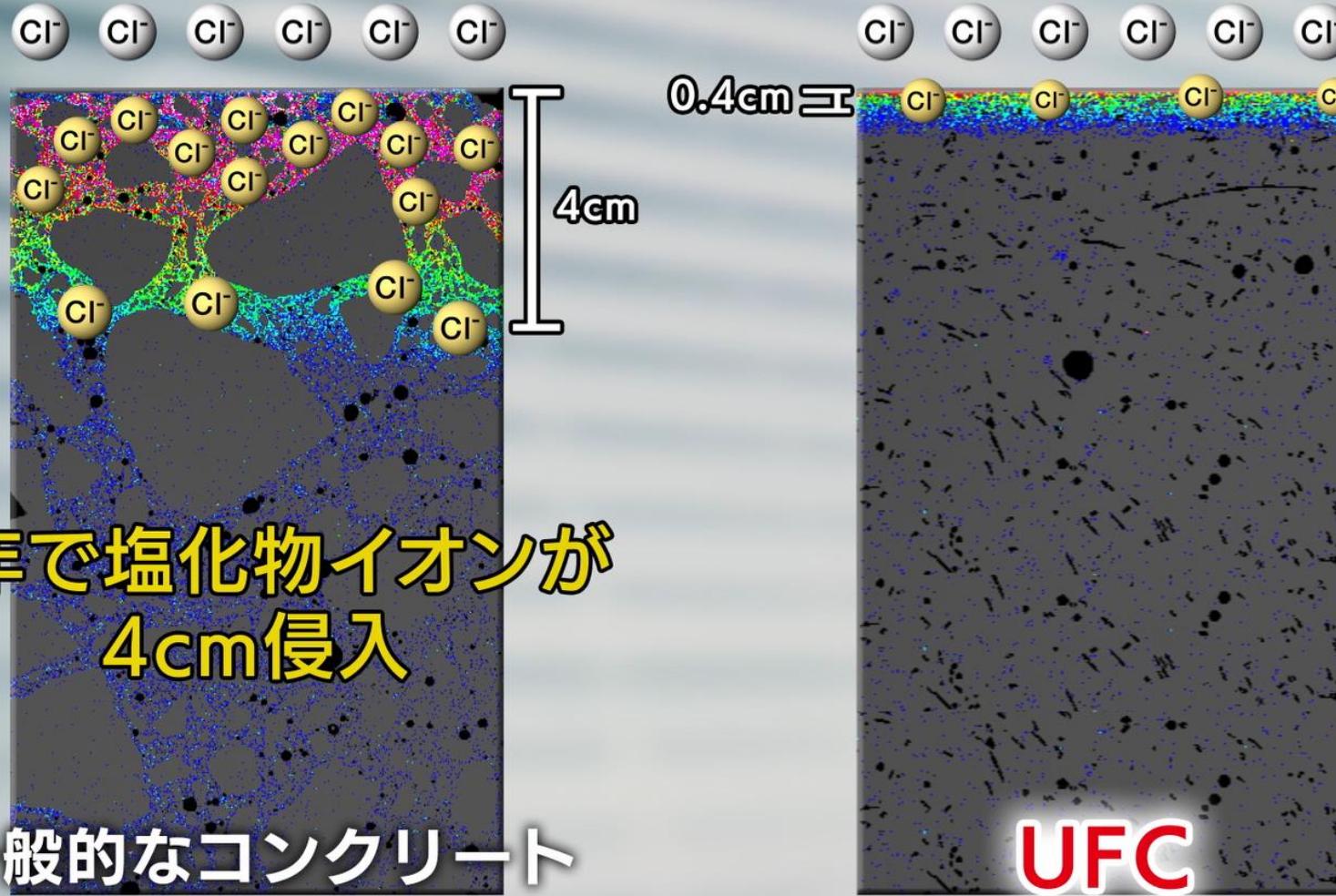
曲げ強度試験



よくある質問

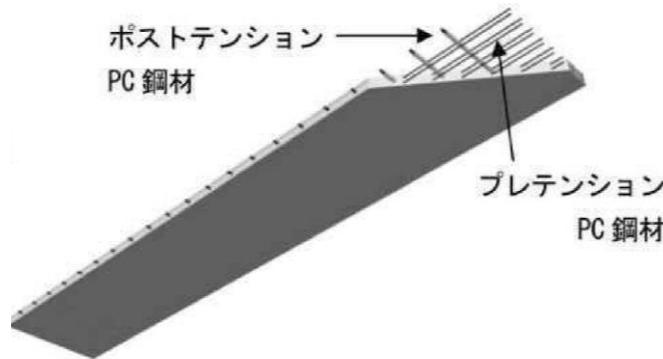
5年で塩化物イオンが
4cm侵入

一般的なコンクリート

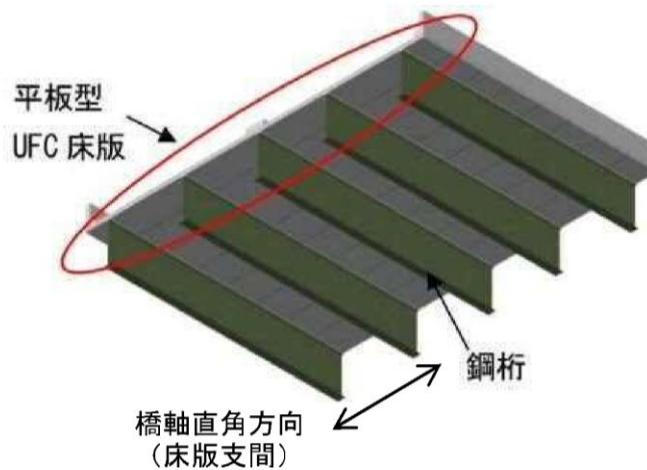
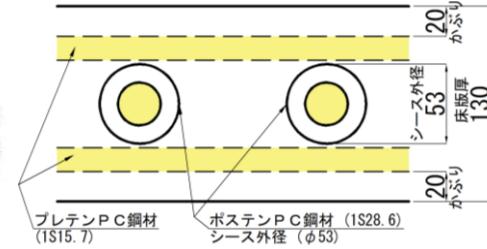


UFCは従来のコンクリートにくらべて、緻密な材料で塩化物イオンなどが浸透しにくいため塩害などの変状の心配がありません

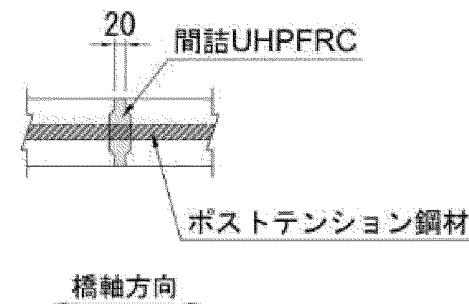
平板型UFC床版



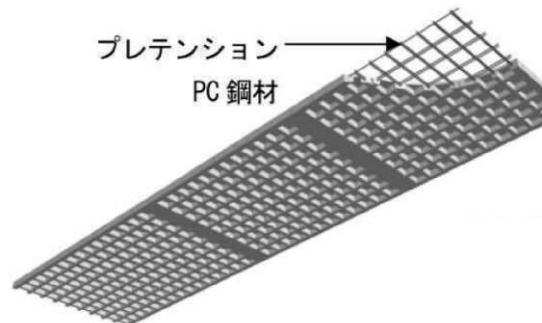
床版の最小寸法



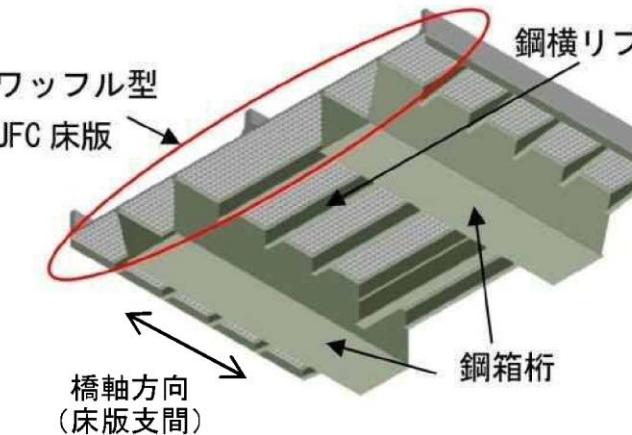
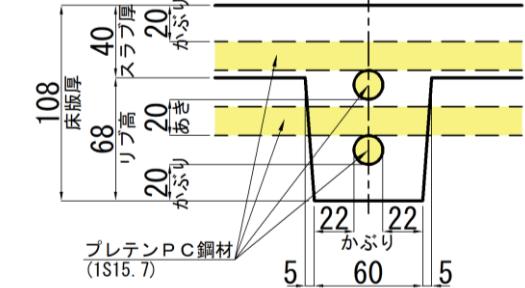
床版の接合部



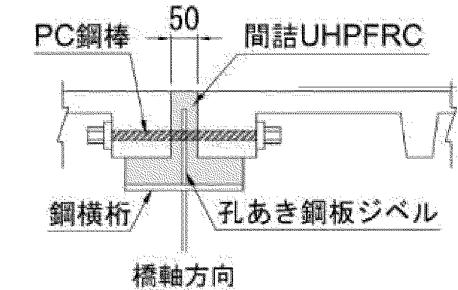
ワッフル型UFC床版



床版の最小寸法



床版の接合部



- 従来のコンクリート系床版の代替となる構造
(床版取り替えなどにも適合しやすい)

◎ 更なる軽量化・合理化を目指す構造
(長支間が比較的長い新設橋に適合しやすい)

鋼桁および鋼床組みに支持された UFC床版合成桁

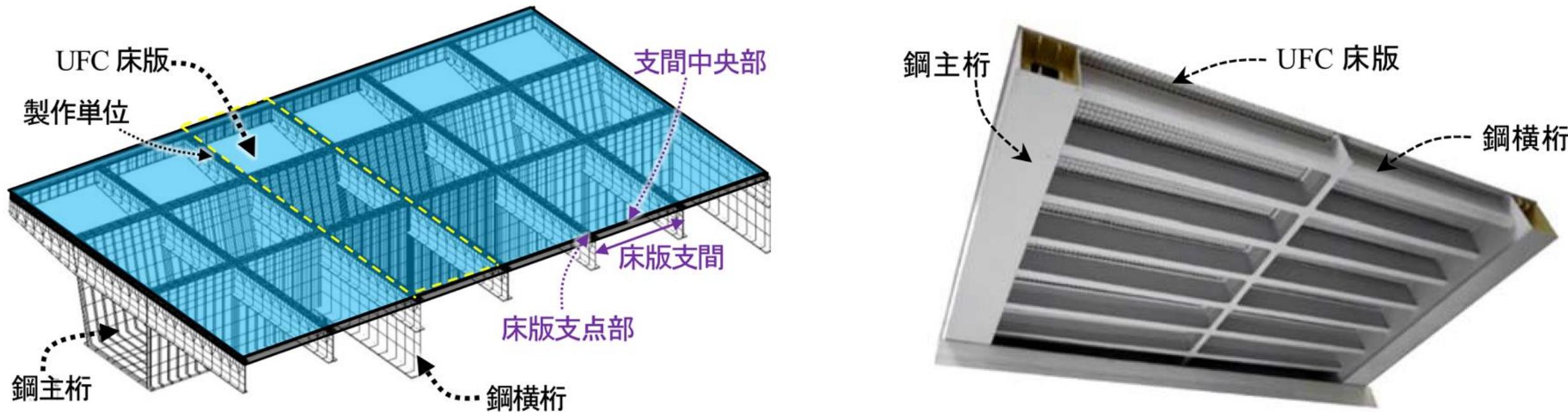
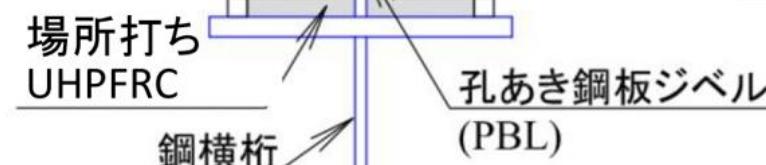


図 ワッフル型UFC床版と鋼桁による合成桁

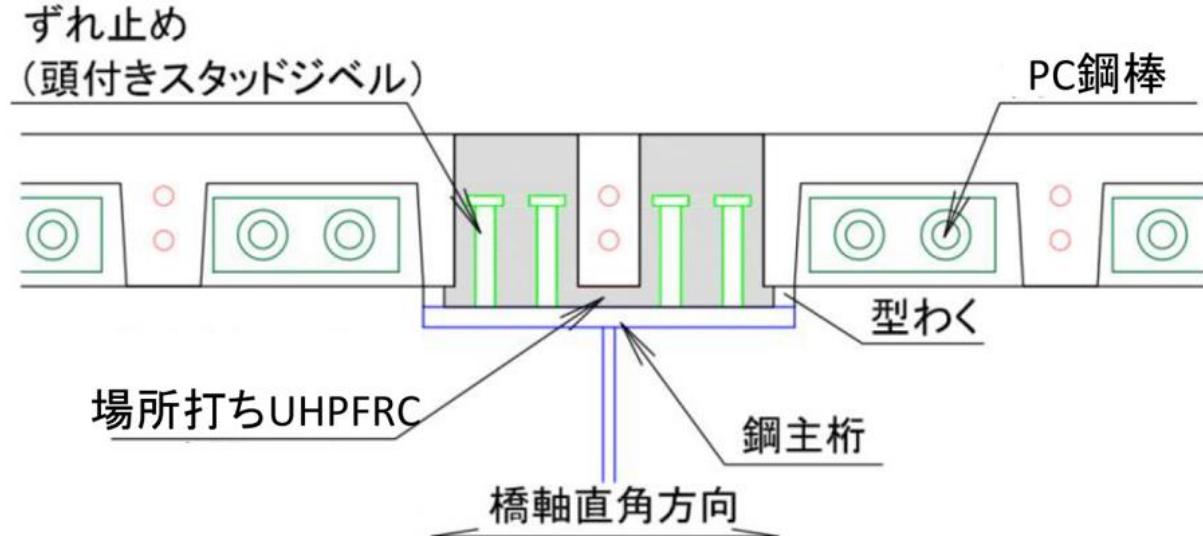
UFC床版は、鋼桁と接合し合成桁となります
ワッフル型UFC床版は、主桁、横桁で4辺支持される床版です

ワッフル型UFC床版の接合部

よくある質問



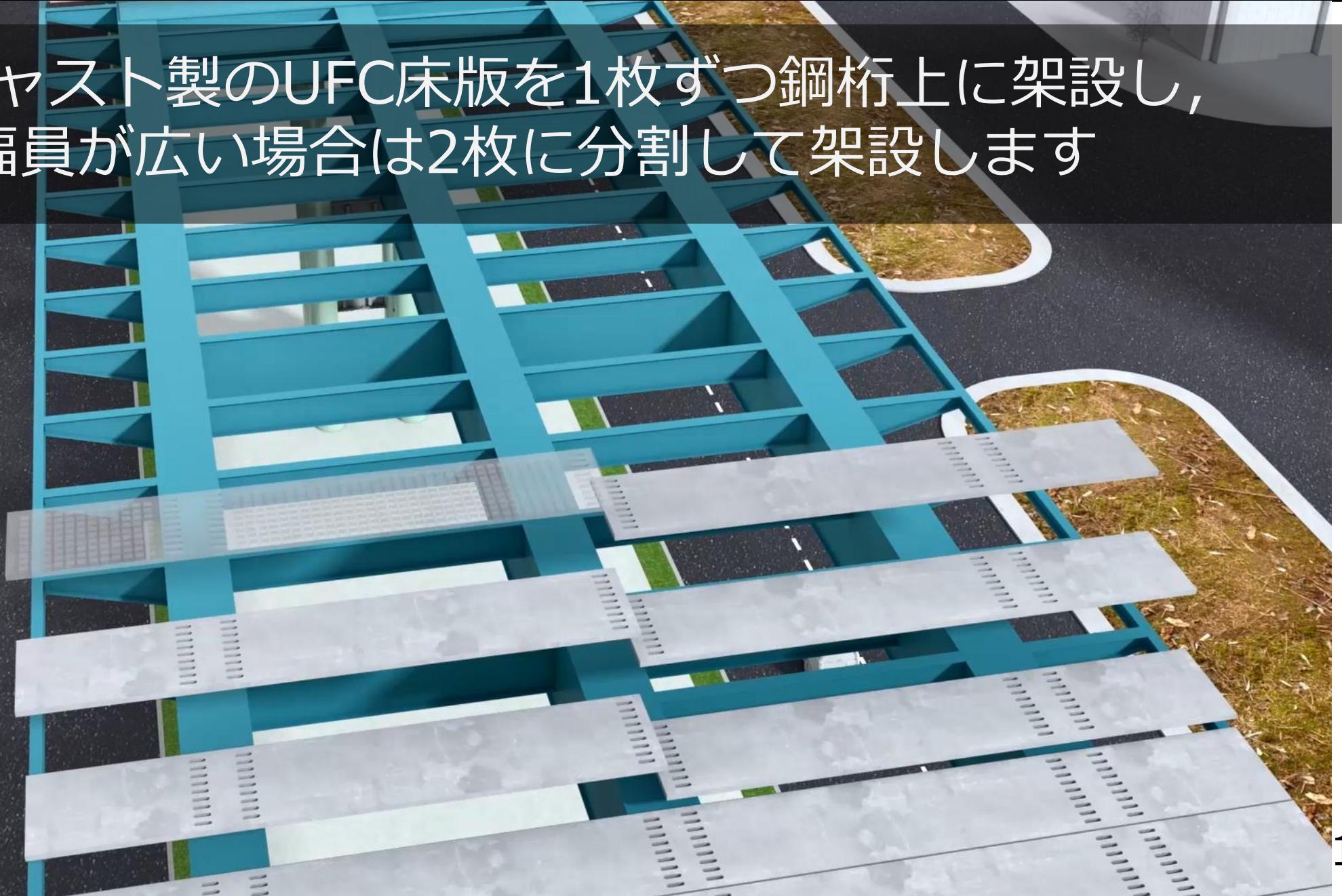
(a) 床版同士の接合部

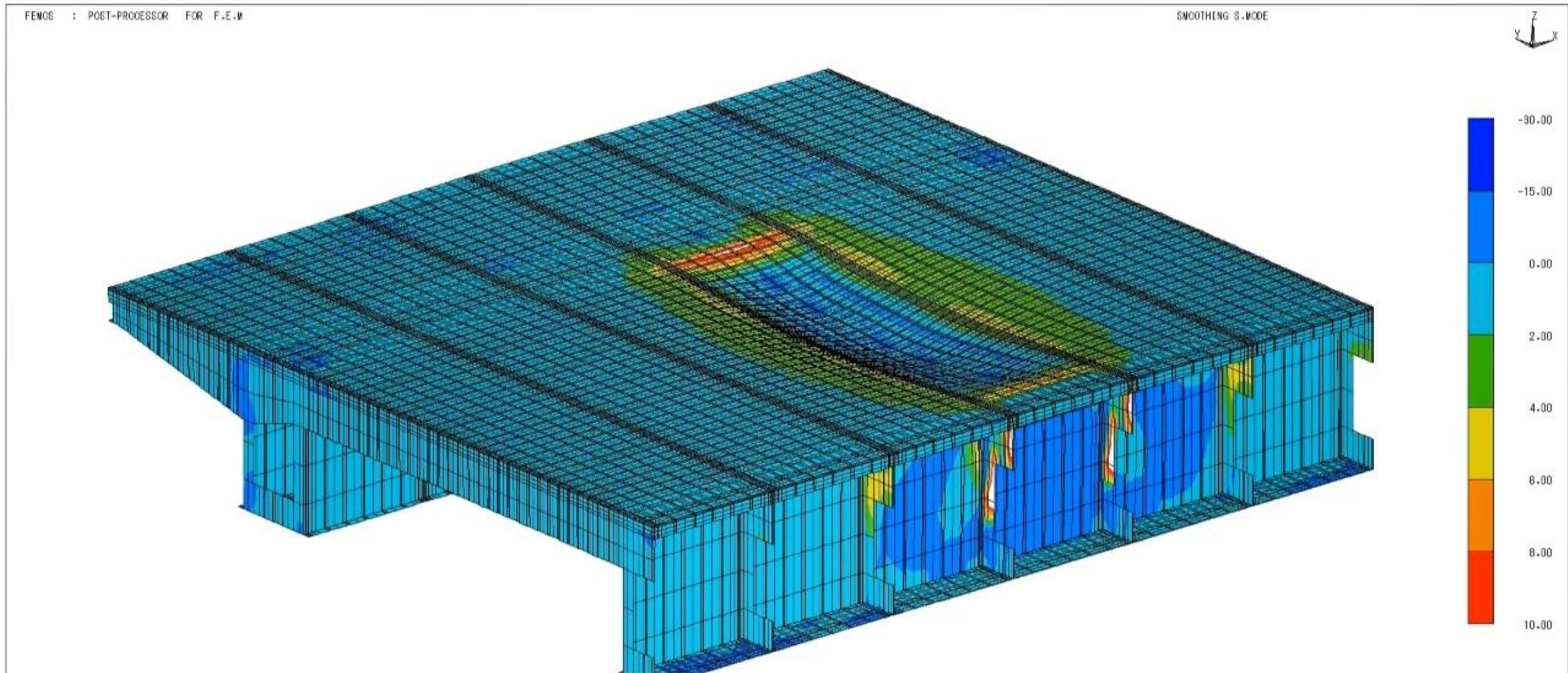


(b) 床版と鋼桁の接合部

ワッフル型床版の床版同士はPC鋼棒によって一体化します
間詰め部には、場所打ちUHPFRCを充填します
床版と鋼桁は頭付きスタッドを介して接合します

プレキャスト製のUFC床版を1枚ずつ鋼桁上に架設し、幅員が広い場合は2枚に分割して架設します





床版は鋼桁や鋼横リブで4辺に支持されており
床版に生じる曲げも2方向となります

ワッフル型と平板型の使い分け

- ワッフル型と平板型は、対象橋梁に求められる軽さの度合いとコストのバランスに応じて適材適所に使い分けます。
- ワッフル型は超軽量です。ただし、2方向プレテンのため専用の製作架台やリセス型枠が必要となります。
- 平板型は、専用の架台や型枠は不要ですが、UFCの体積がワッフル型より増えるため材料費が高くなります。

よくある質問

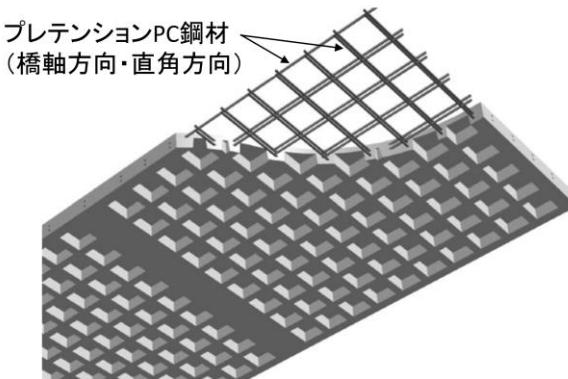


図 ワッフル型UFC床版

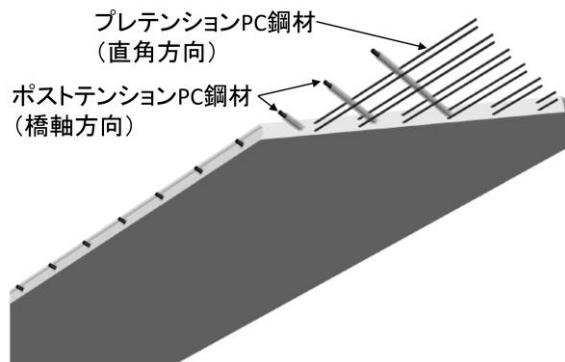


図 平板型UFC床版

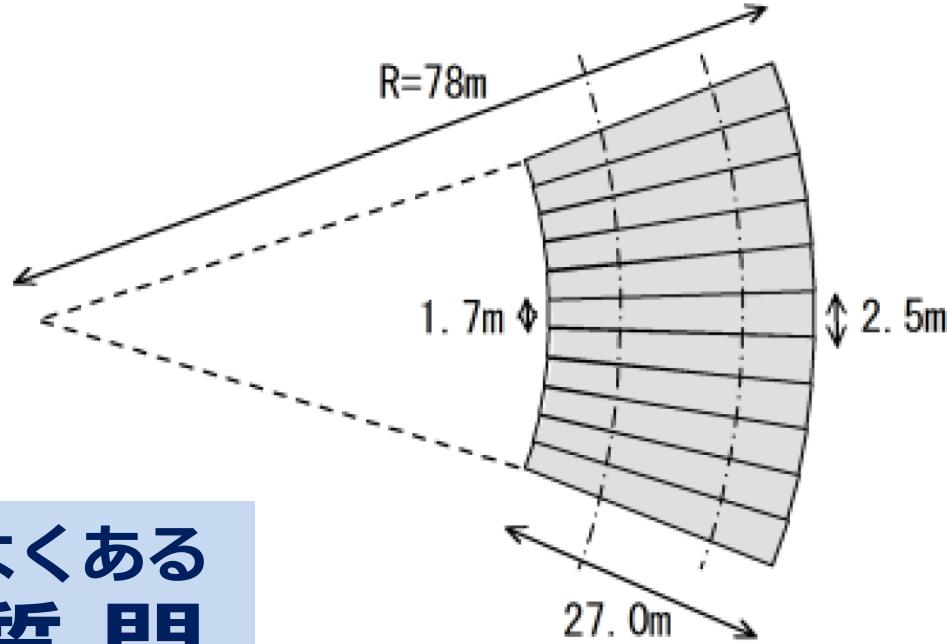


写真 ワッフル型UFC床版の製作架台



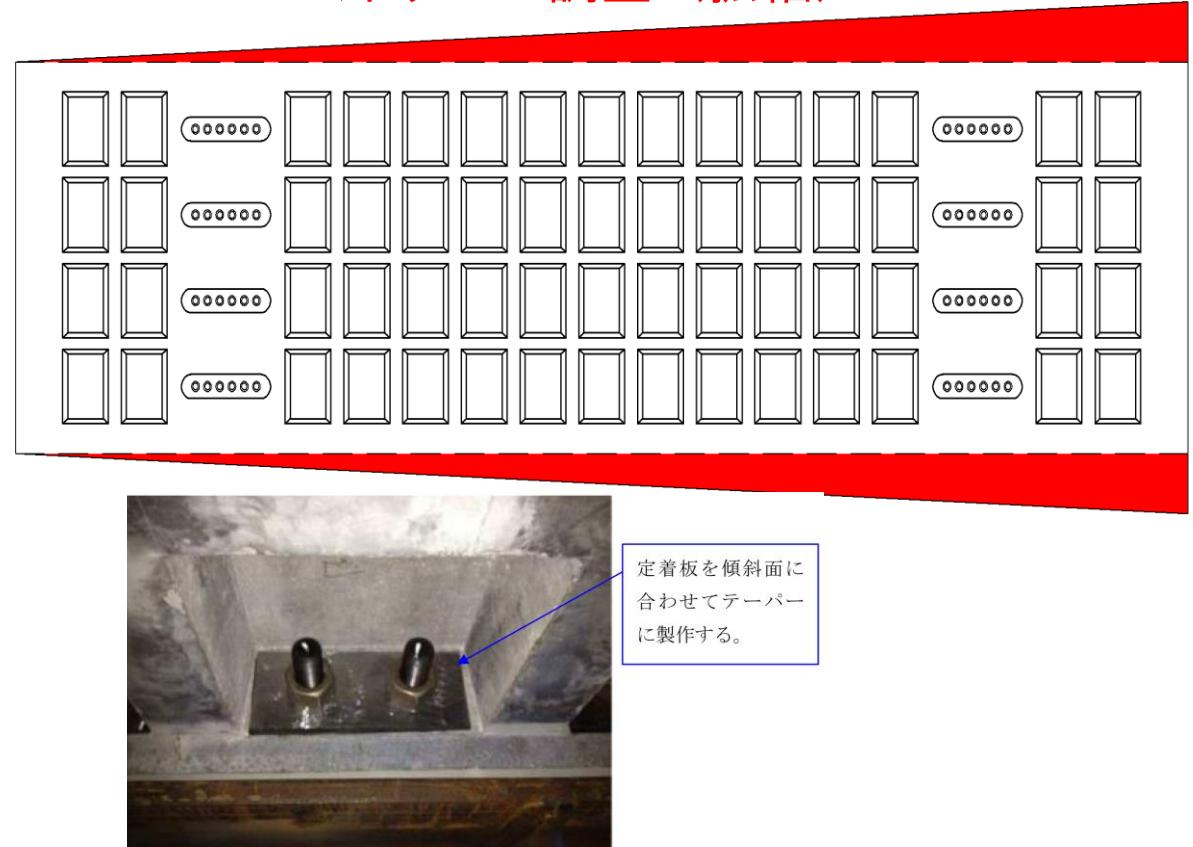
写真 ワッフル型UFC床版の型枠

平面曲線への対応



よくある
質問

外リブで調整（拡幅）



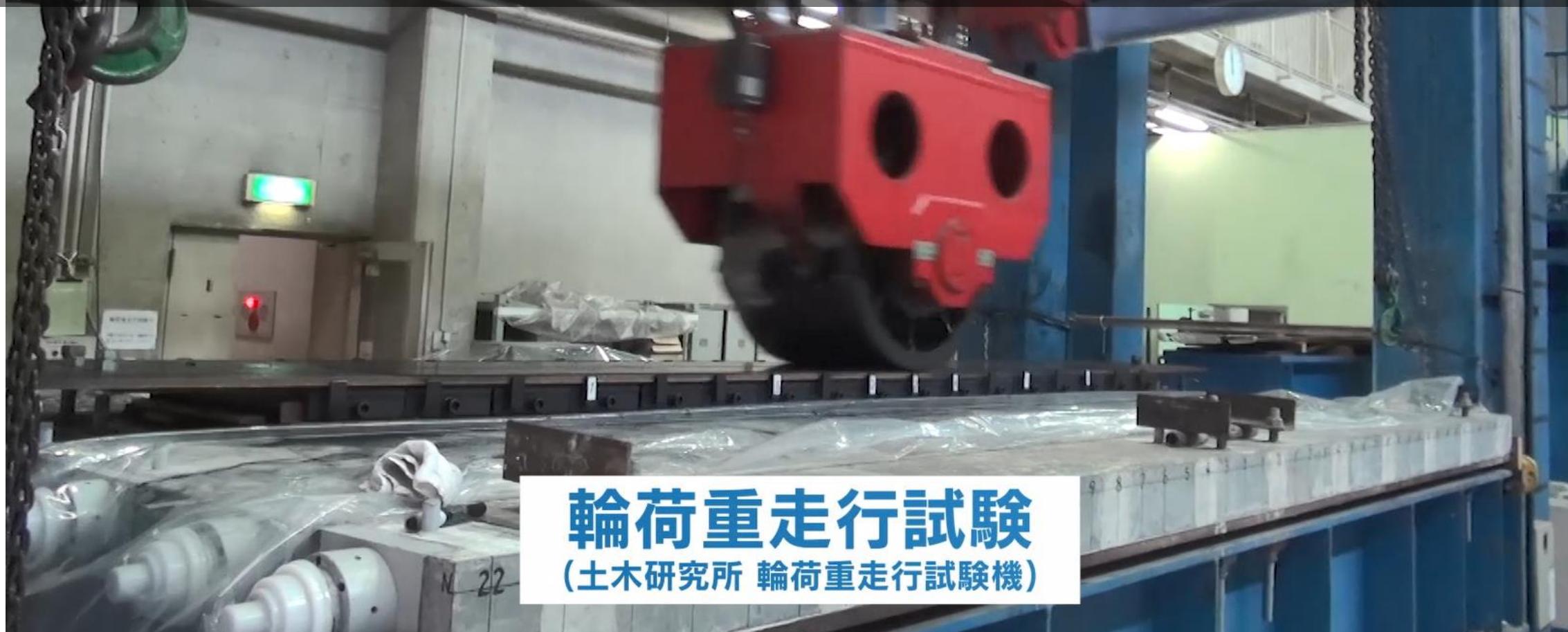
平面線形への対応には制約がありますが、
例えば、半径の小さな曲線に対しては、
床版の外リブ幅の変化により対応することができます。



- ① 高耐久化による安心と快適
- ② 軽量化による環境負荷の低減
- ③ プレキャスト化による生産性向上
- ④ 新たな橋梁景観の創出

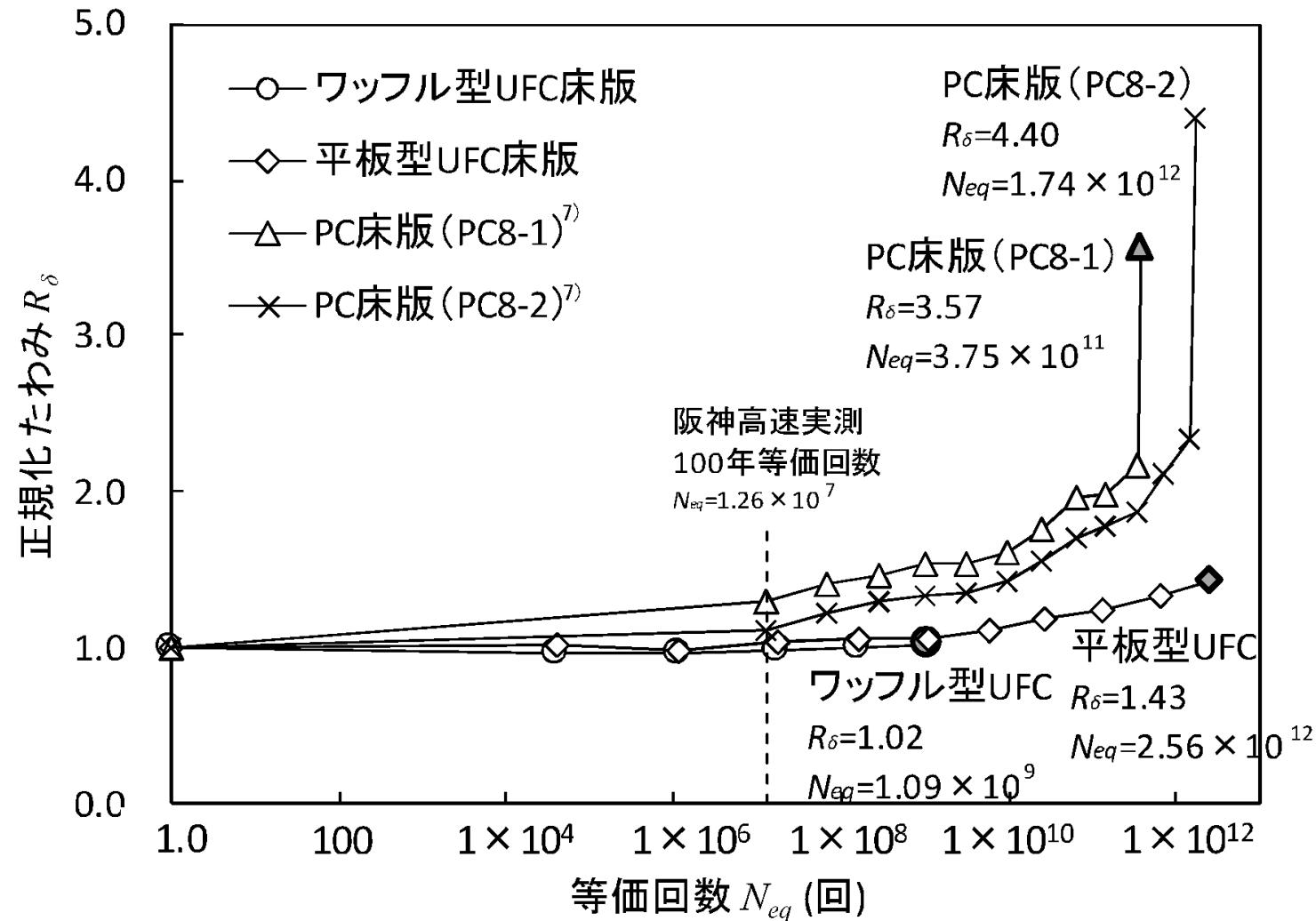
UFC床版の特長 ①高耐久化による安心と快適

UFC床版は疲労耐久性が高いため、疲労による劣化の進行が遅く
補修、補強回数が減り、安心で快適な社会を実現します



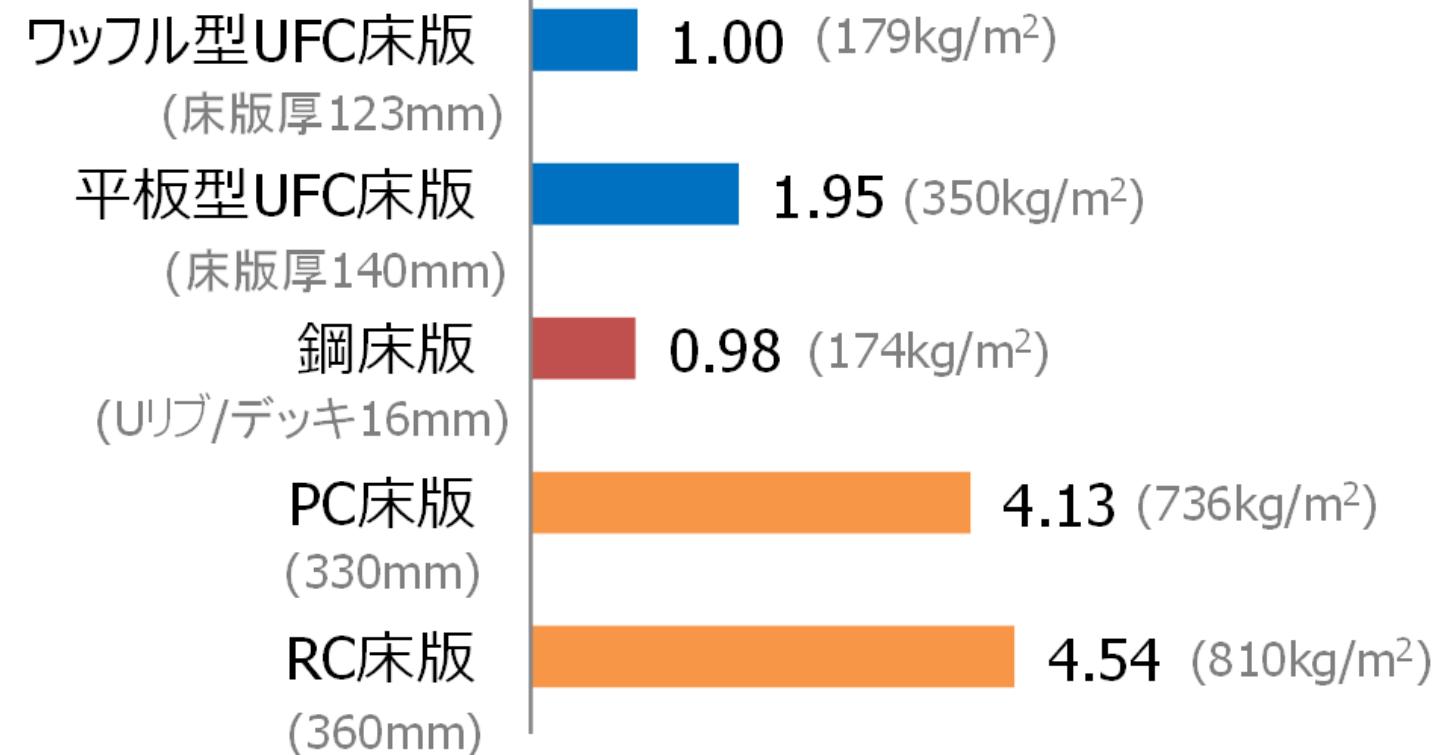
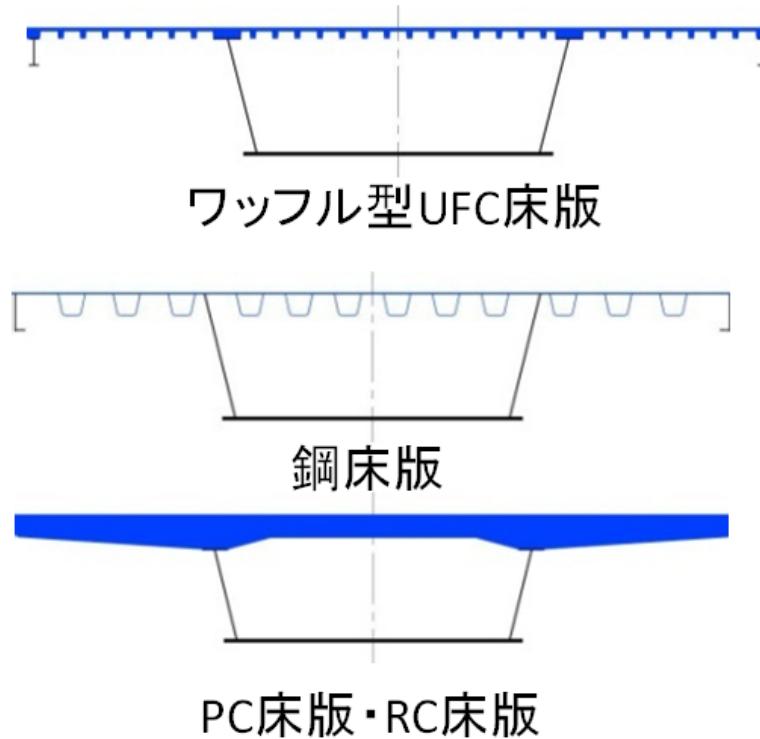
UFC床版の特長 ①高耐久化による安心と快適

輪荷重走行試験による疲労耐久性の比較



UFC床版の特長 ②軽量化による環境負荷の低減

床版 質量 の比較



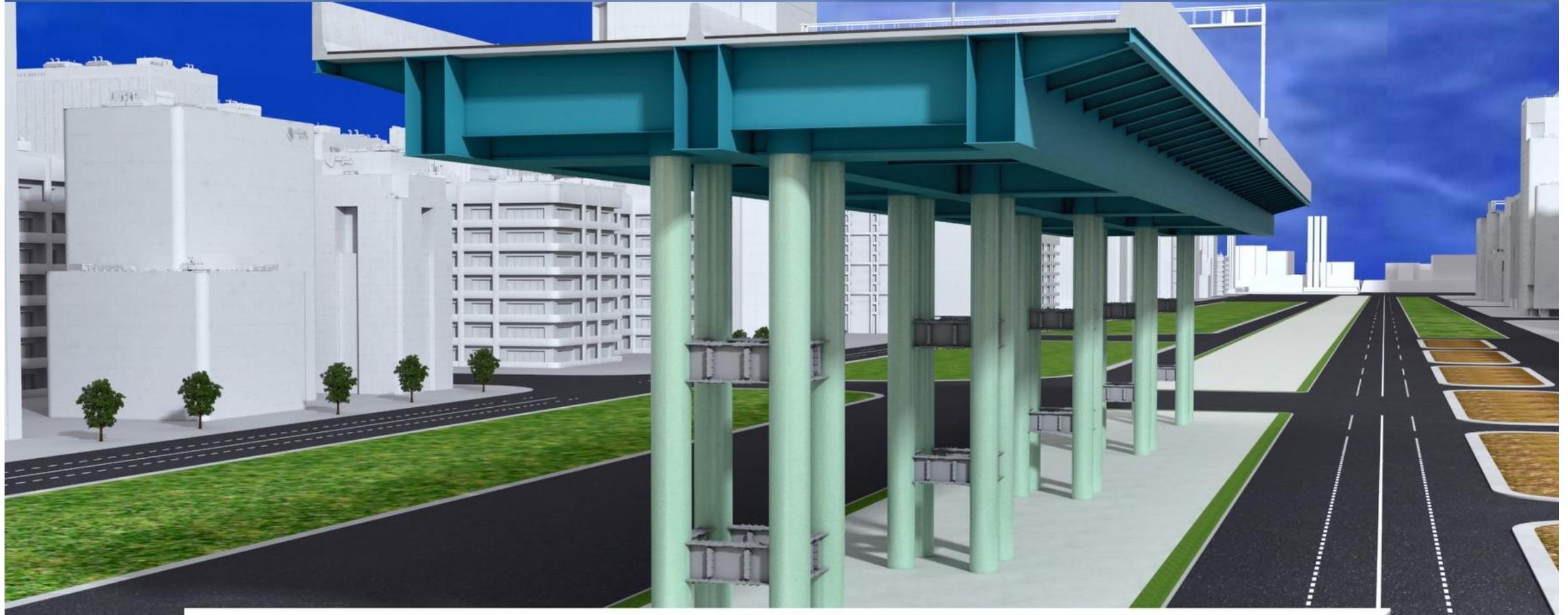
それぞれの橋梁に応じて床版厚を設定する必要があるため、
床版質量はその都度変化することに注意が必要です

UFC床版の特長 ②軽量化による環境負荷の低減



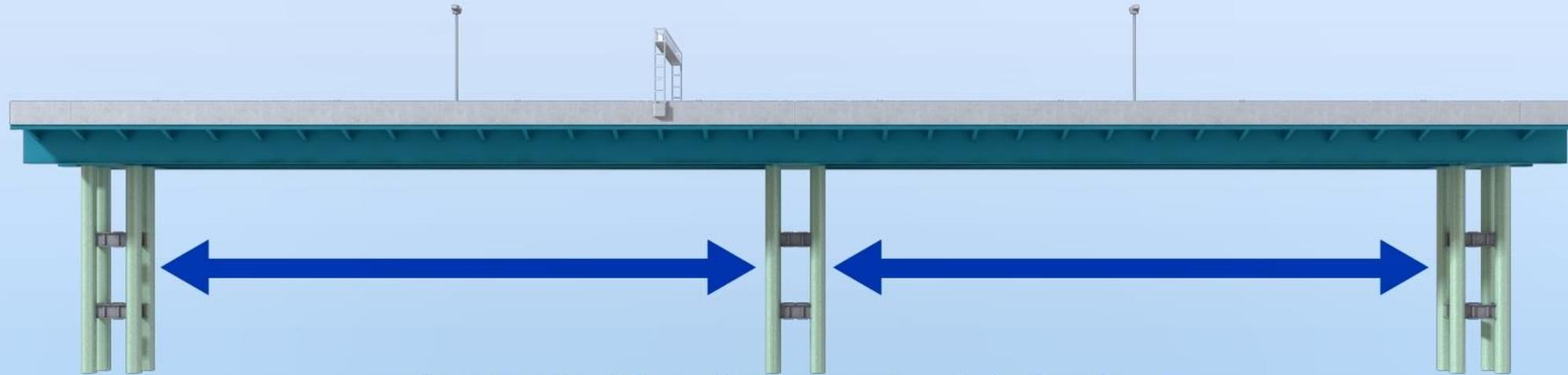
軽量なUFC床版を用いることで床版を支える桁、桁を支える橋脚をコンパクトにできます

UFC床版の特長 ②軽量化による環境負荷の低減



橋桁・橋脚・基礎をコンパクトにすることが可能

UFC床版の特長 ②軽量化による環境負荷の低減



支間を伸ばすことが出来る

橋脚・基礎の数を減らすことができる

UFC床版の特長 ②軽量化による環境負荷の低減

建設で消費する天然資源の削減



地球環境への負荷を低減

UFC床版の特長 ③プレキャスト化による生産性向上



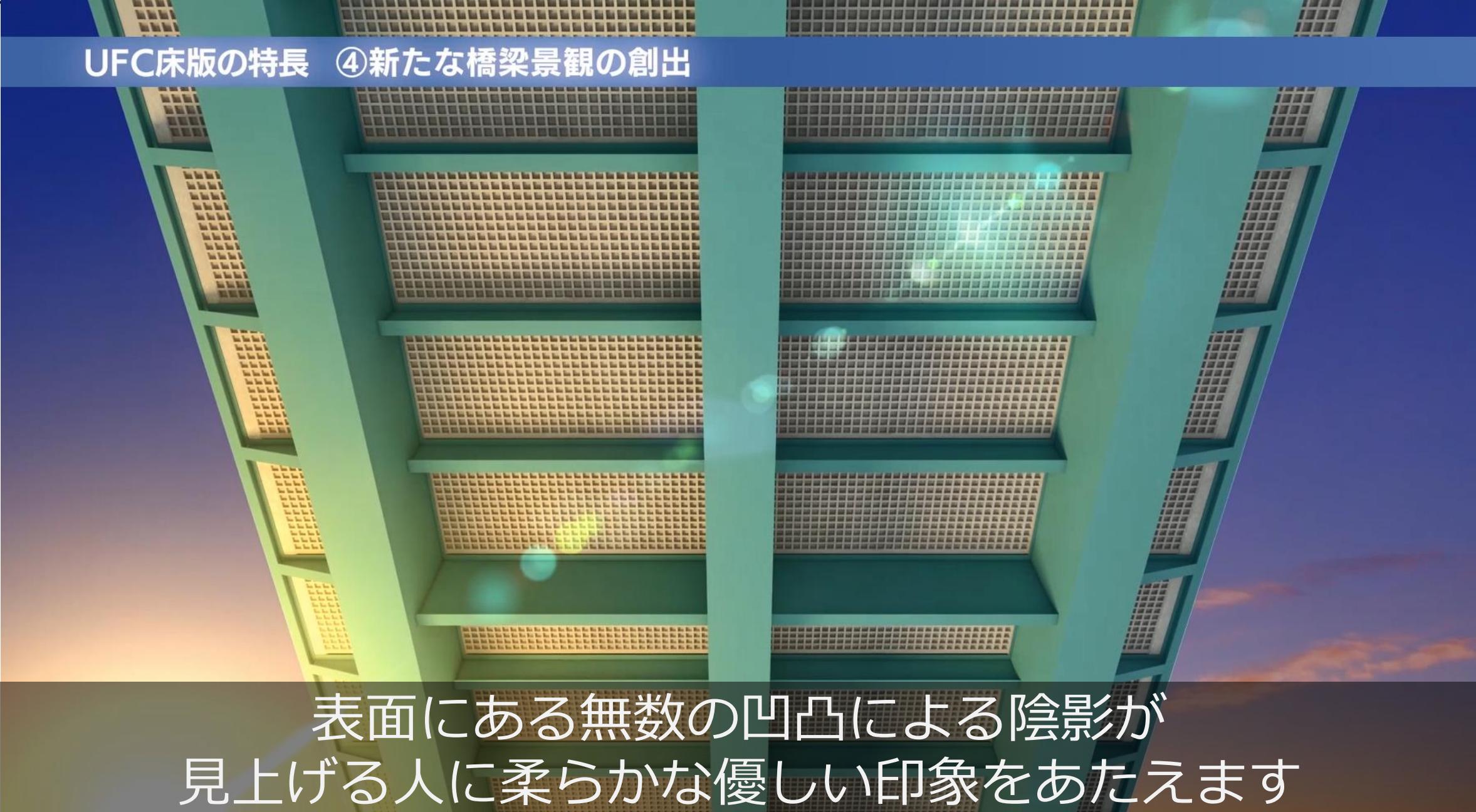
UFC床版は工場で製作するプレキャスト製品です
高品質な製品として効率よく安定して生産できます

UFC床版の特長 ③プレキャスト化による生産性向上



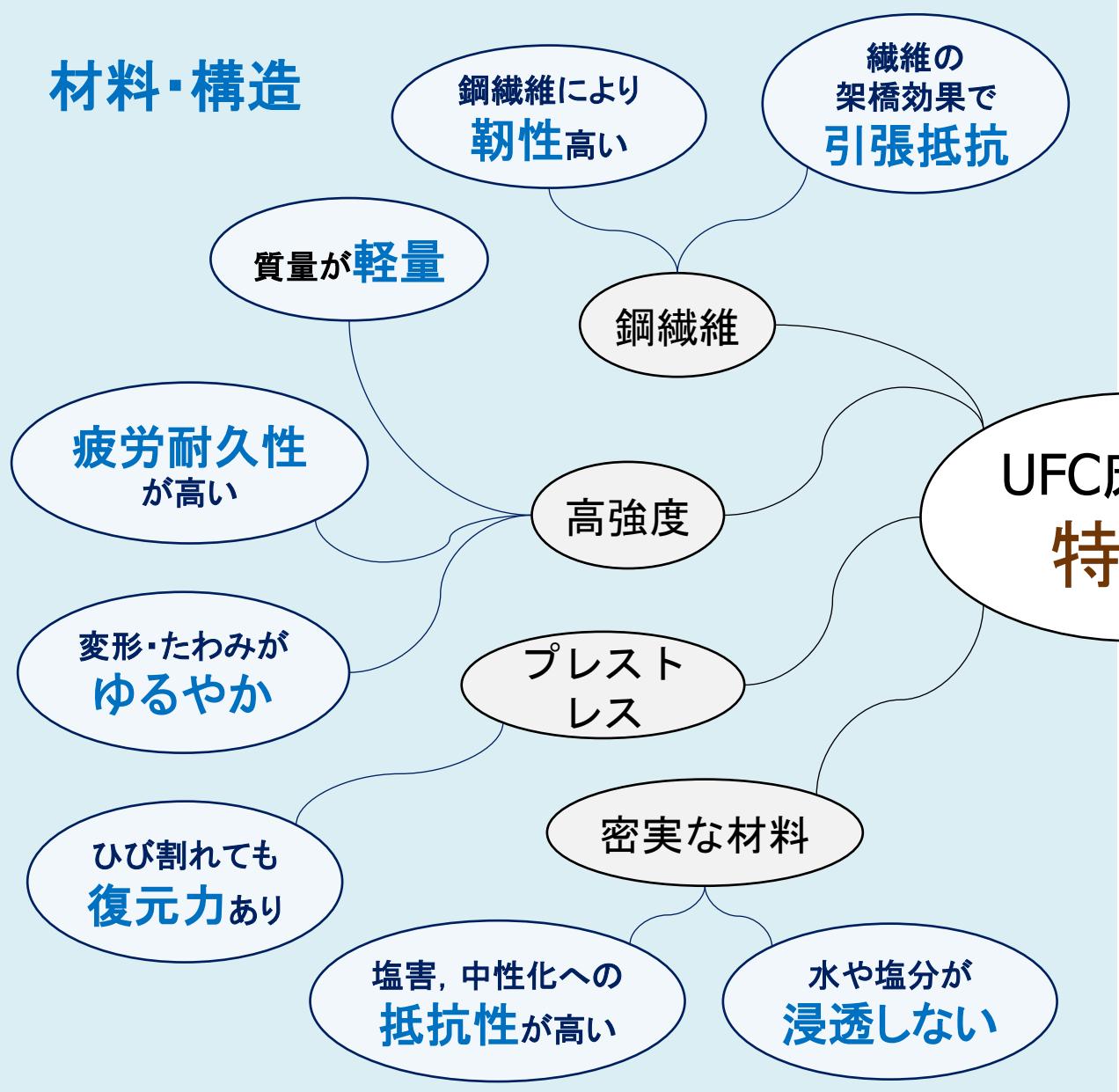
また、現場の機械化も進み、
生産性が向上し日本が抱える労働者不足の問題に答えます

UFC床版の特長 ④新たな橋梁景観の創出

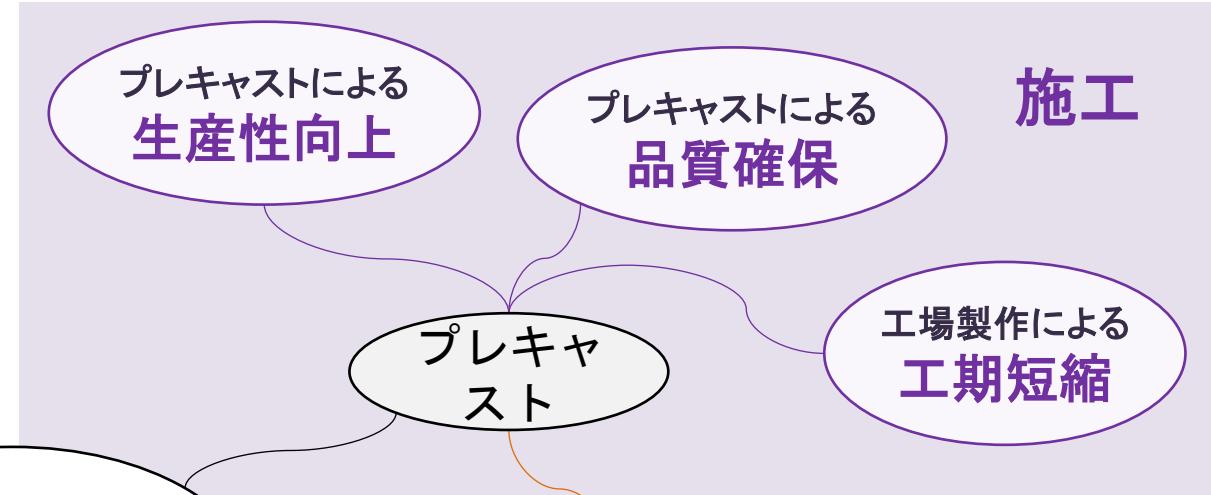


表面にある無数の凹凸による陰影が
見上げる人に柔らかな優しい印象をあたえます

材料・構造



施工



路面凍結
リスクが小さい

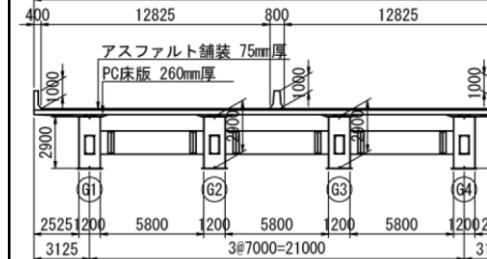
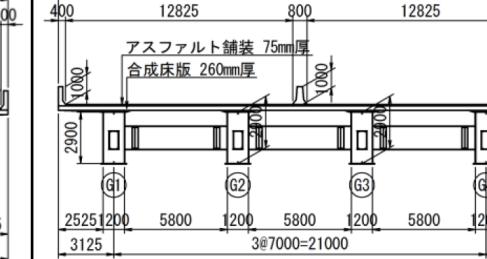
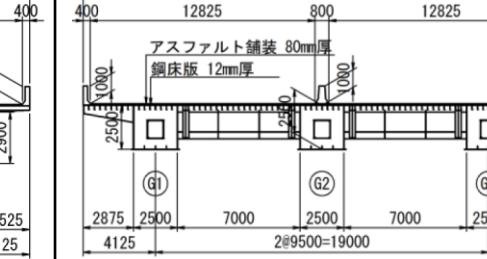
パネル単位で
取替え可能

塗装など
塗り替え不要

維持管理



ほかの床版形式との相対 比較

	ワッフル型UFC床版	プレキャストPC床版	鋼コンクリート合成床版	鋼床版
断面図				
支間長	2.0~3.5m(橋軸方向)	最大6.0m(直角方向)	最大6.0m(直角方向)	2.0~3.5m(橋軸方向)
軽量性	◎(UFC)	○	○	◎(鋼構造)
線形対応	▲	▲	▲	○
路面凍結	○	○	○	▲(鋼構造)
耐疲労性	◎(UFC)	○	○	▲
耐環境性	◎(UFC)	○	○	○
錆・腐食	○(PCのみ)	▲(鉄筋, PC)	▲(鉄筋, 底鋼板)	▲(鋼構造)
現場施工	◎(接合部)	◎(接合部)	▲(配筋, 打設)	○(ボルト, 溶接)
点検性	○(纖維の影響)	○	▲(コンクリート部)	▲(き裂の目視)
維持管理費	○	○	○	▲(塗装塗り替え)

《コスト比較》・・・NETIS掲載例

既設橋梁の床版取替[B活荷重対応含む]

よくある
質問

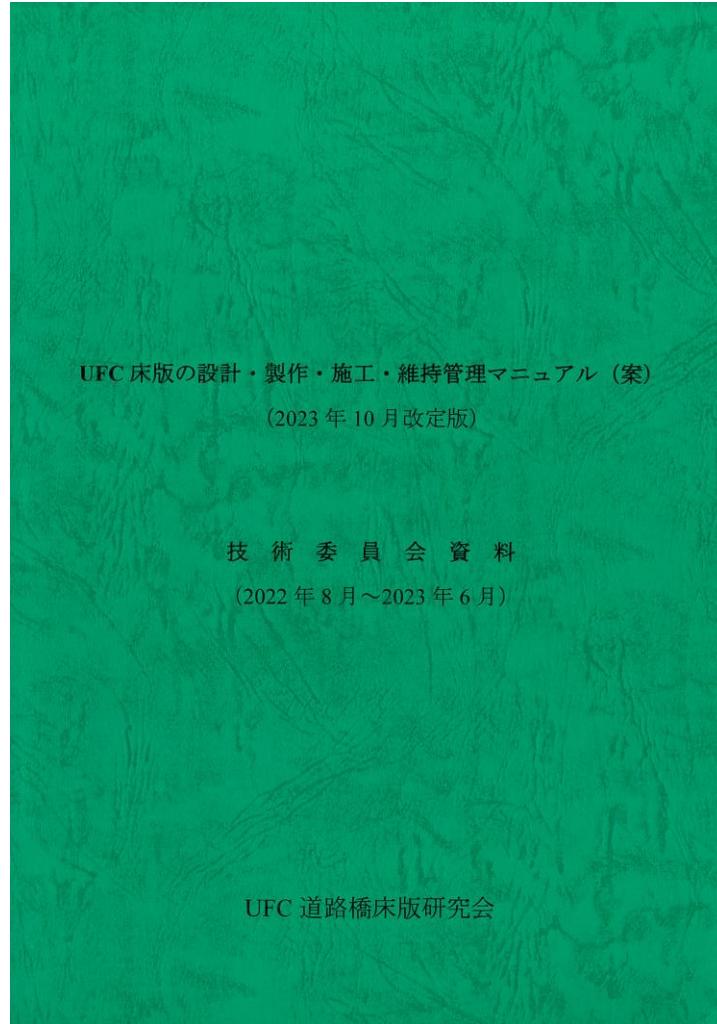
	新技術 UFC床版	従来技術 プレキャストPC床版	活用効果 向上程度
経済性	60,431,250 円	68,452,500 円	11.72 %
工程	25 日	36 日	30.56 %

	項目	仕 様	数量	単位	単価	金 額
UFC床版	床版製作工	工場製作（運搬費含、車上渡し）	412.5	m ²	95,700 円	39,476,250 円
	床版設置工	床版架設、接合工	412.5	m ²	50,800 円	20,955,000 円
	鋼桁補強	不要	412.5	m ²	0 円	0 円
				合 計		60,431,250 円
プレキャスト PC床版	床版製作工	工場製作（運搬費含、車上渡し）	386.4	m ²	62,500 円	24,150,000 円
	床版設置工	床版架設、接合工	412.5	m ²	49,400 円	20,377,500 円
	鋼桁補強	上下フランジ補強	412.5	m ²	58,000 円	23,925,000 円
				合 計		68,452,500 円

UFC床版の設計マニュアルの整備

UFC床版の設計・製作・施工・維持管理マニュアル(案), UFC道路橋床版研究会

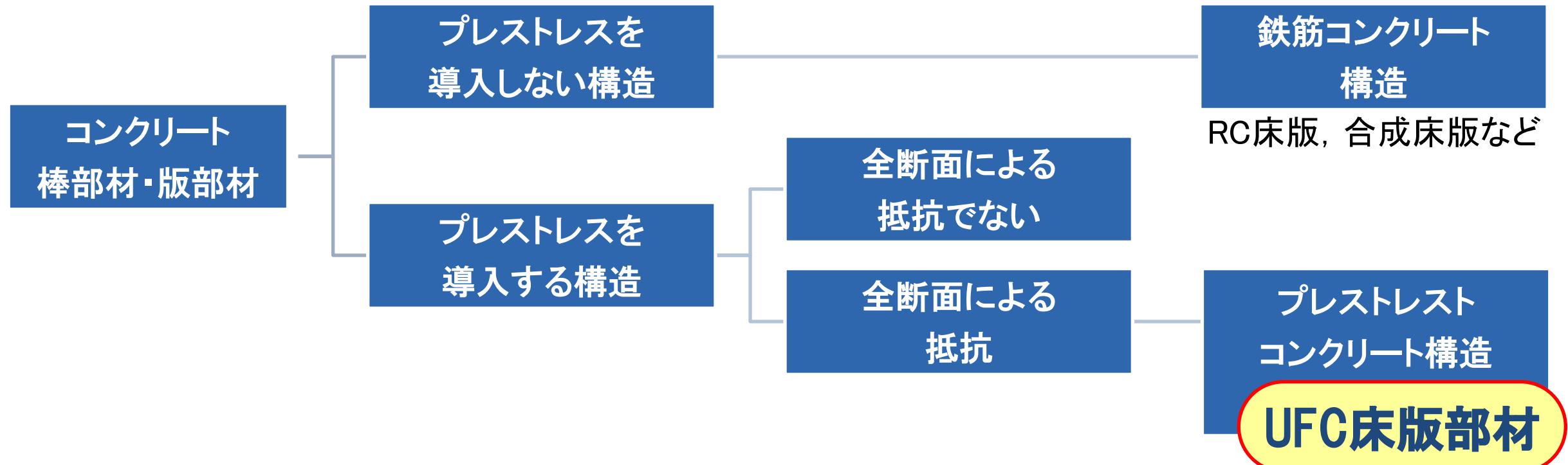
2017年6月制定, 2020年2月改訂, 2023年10月改訂



1章 総則	1.1 適用の範囲, 1.2 用語の定義, 1.3 記号の説明
2章 計画	2.1 一般, 2.2 要求性能, 2.3 床版構造の計画 2.4 上部構造の計画, 2.5 施工に関する検討 2.6 維持管理に関する検討
3章 設計	3.1 一般, 3.2 荷重, 3.3 使用材料 3.4 応力およびたわみの制限値 3.5 ワッフル型UFC床版 3.6 ワッフル型UFC床版を有する桁構造 3.7 平板型UFC床版 3.8 平板型UFC床版を有する桁構造 3.9 鋼桁とのずれ止め, 3.10 構造細目 3.11 現場施工部, 3.12 床版取替え, 3.13 補装
4章 製作・施工	4.1 製作, 4.2 施工, 4.3 床版取替え, 4.4 補装
5章 維持管理	5.1 一般, 5.2 点検, 5.3 性能評価 5.4 補修, 5.5 更新, 5.6 記録

UFC床版 部材の種別

- UFC床版は、「プレストレストコンクリート構造」に該当する



- UFC床版は、橋軸方向・直角方向、共にプレストレストコンクリート構造としています。
- 桁は、「コンクリート系床版を有する鋼桁」に準じます。（床版の違いには要注意）

UFC床版設計の基本方針

3.1 一般

3.1.1 設計の基本方針

- ① 道路橋示方書(H24道示Ⅰ 9.1.2)と同じ要求性能が規定
 - ①耐荷性能：直接支持する活荷重等の影響に対して所要の安全性を有する
 - ②変形の抑制：活荷重に対し疲労耐久性を損なう有害な変形が生じない
 - ③疲労耐久性：自動車の繰返し通行に対して疲労耐久性が損なわれない
- ② 次の 1), 2) の二つの作用を同時に考慮した場合に対して安全であることを照査
 - 1) 床版としての作用(床版作用)
 - 2) 主桁の一部としての作用(桁作用)

● 本マニュアルにおける具体的な設計照査の方法

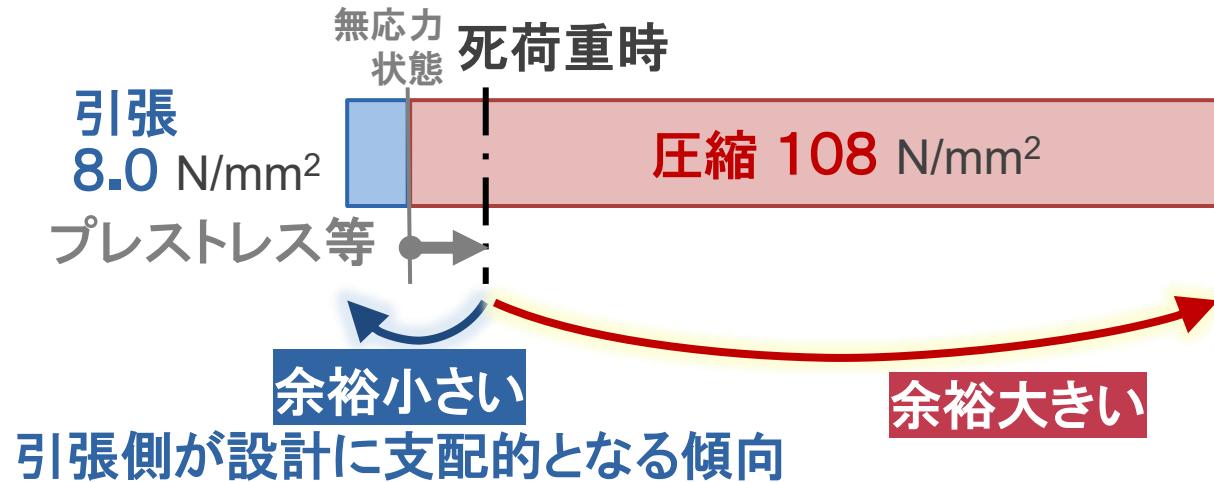
- | | |
|--------|---------------------------------|
| ①耐荷性能 | → UFC材料、ワッフル型および平板型の構造を踏まえて照査する |
| ②変形の抑制 | → 鋼床版と同程度以下、又は、変形の影響について検討する |
| ③疲労耐久性 | → 輪荷重走行試験により確認する |

①耐荷性能（制限値）

3.4 応力およびたわみの制限値

3.4.2 UFC

応力の種類	値	使用性の照査に用いる制限値を規定
曲げ圧縮応力度 軸方向圧縮応力度	108 N/mm ² (= 0.6 f'ck)	f'ck : UFC の圧縮強度の特性値 (=180N/mm ²)
曲げ引張応力度 軸方向引張応力度	8.0 N/mm ² (= f _{crd}) 〔衝突, L2地震時; 12.0 N/mm ² 〕	f _{crd} : 割裂ひび割れ発生強度の特性値
斜め引張応力度	8.0 N/mm ² (= f _{crd})	※ 衝突・L2 地震時の制限値12.0 N/mm ² は、曲げひび割れ発生強度の特性値



- UFC指針(土木学会)等と同様の規定
- 圧縮応力度と比較して、引張応力度の制限値が小さい(7%程度)
- プレストレス等により導入できる圧縮応力度も限度があり、引張で断面が決定される傾向にある

①耐荷性能（制限値）

3.4 応力およびたわみの制限値

3.4.3 コンクリートおよび間詰めUHPFRC

- ① 間詰め部等に使用するコンクリートの制限値は道示による
- ② UHPFRCの制限値は使用する製品の規定による
- ③ 繊維を混入する無収縮モルタルを使用する場合は試験等による

3.4.4 PC 鋼材

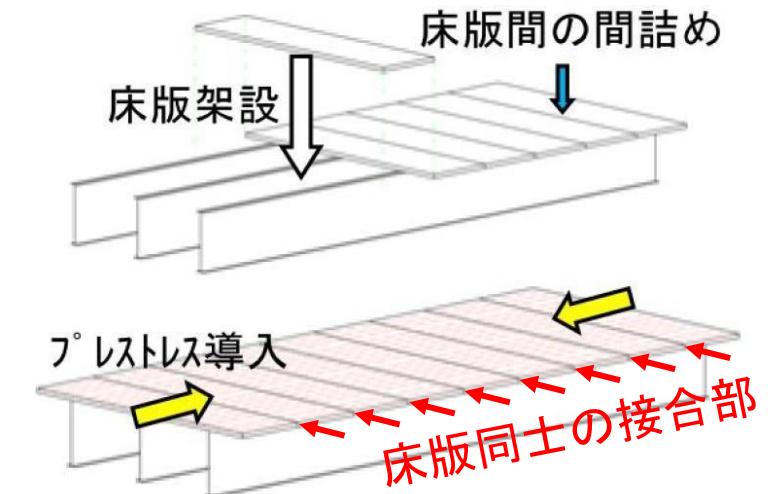
- ① PC鋼材の応力度の制限値は道示による
- ② 高強度PC鋼材の応力度の制限値は高強度PC指針による

3.4.6 床版同士の接合部

活荷重作用時において引張応力が生じない

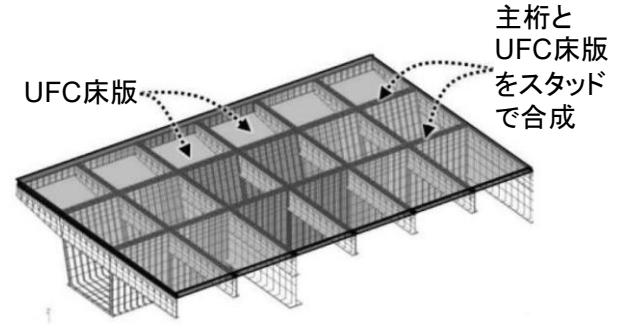
▶ 床版同士の接合部はプレキャスト部材の接合部と同様に、引張応力が生じないように設計する

→ 実質的に、**橋軸方向には引張応力を生じないよう**
に設計することになる



①耐荷性能（床版作用）

3.5 ワッフル型UFC床版

3.5.2 一般	<ul style="list-style-type: none"> ● ずれ止め用の孔による断面欠損を考慮して応力度の照査を行う 										
3.5.4 解析モデル	<ul style="list-style-type: none"> ● 床版作用に対する安全性の照査は、材料線形の3次元FEM解析により求める <table border="1" data-bbox="583 558 1838 1048"> <thead> <tr> <th data-bbox="583 558 1146 630">部 材</th><th data-bbox="1146 558 1838 630">モデル化に関する要件</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="583 630 1146 717">UFC床版</td><td data-bbox="1146 630 1838 717"> <ul style="list-style-type: none"> ● 立体要素でモデル化 </td></tr> <tr> <td data-bbox="583 717 1146 803">床版を支持する鋼桁</td><td data-bbox="1146 717 1838 803"> <ul style="list-style-type: none"> ● シェル要素でモデル化 </td></tr> <tr> <td data-bbox="583 803 1146 889">UFC床版内のPC鋼材</td><td data-bbox="1146 803 1838 889"> <ul style="list-style-type: none"> ● 線要素でモデル化 </td></tr> <tr> <td data-bbox="583 889 1146 1048">ずれ止め用の孔</td><td data-bbox="1146 889 1838 1048"> <ul style="list-style-type: none"> ● プレストレス導入時は空洞 ● 鋼桁と一体化した後は、コンクリートまたはモルタル材料の要素でモデル化 </td></tr> </tbody> </table>  <p>FEM解析モデルの例</p>	部 材	モデル化に関する要件	UFC床版	<ul style="list-style-type: none"> ● 立体要素でモデル化 	床版を支持する鋼桁	<ul style="list-style-type: none"> ● シェル要素でモデル化 	UFC床版内のPC鋼材	<ul style="list-style-type: none"> ● 線要素でモデル化 	ずれ止め用の孔	<ul style="list-style-type: none"> ● プレストレス導入時は空洞 ● 鋼桁と一体化した後は、コンクリートまたはモルタル材料の要素でモデル化
部 材	モデル化に関する要件										
UFC床版	<ul style="list-style-type: none"> ● 立体要素でモデル化 										
床版を支持する鋼桁	<ul style="list-style-type: none"> ● シェル要素でモデル化 										
UFC床版内のPC鋼材	<ul style="list-style-type: none"> ● 線要素でモデル化 										
ずれ止め用の孔	<ul style="list-style-type: none"> ● プレストレス導入時は空洞 ● 鋼桁と一体化した後は、コンクリートまたはモルタル材料の要素でモデル化 										

- ワッフル型UFC床版は、一般のコンクリート床版と比較して形状が複雑で応力分布も複雑になるため、現時点では**3次元FEM解析**により設計することが標準とされている。

①耐荷性能（床版作用）

3.5 ワッフル型UFC床版

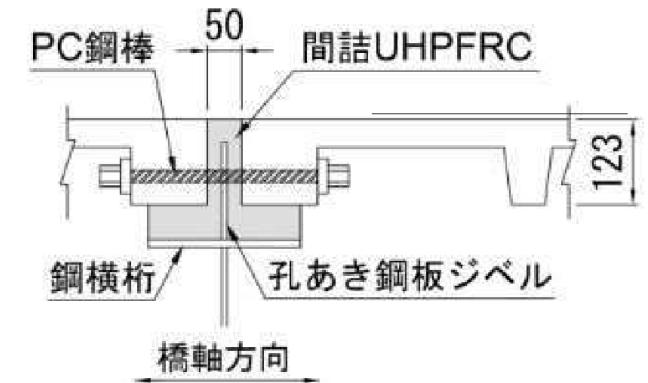
3.5.5 そりに対する配慮

- プレストレスの導入に伴って生じる変形(そり)について、舗装や走行性に影響がないようにする

3.5.6 床版同士の接合部

- 床版同士は、鋼横リブおよび鋼横桁に支持された状態で接合する
- PC鋼棒によって接合。PC鋼棒の本数および締結力は、輪荷重の作用によって生じる接合部に引張応力度が生じないようにする
- 孔あき鋼板ジベルを介して接合する場合は複合示方書による（輪荷重走行試験で確認された構造は照査を省略できる）

- 床版上下縁のプレストレスによる応力差が大きい場合、そりが大きくなる
→ プレストレスの作用位置はできる限り図心付近とする
- 床版同士の接合部の標準的な構造と設計手法が規定される



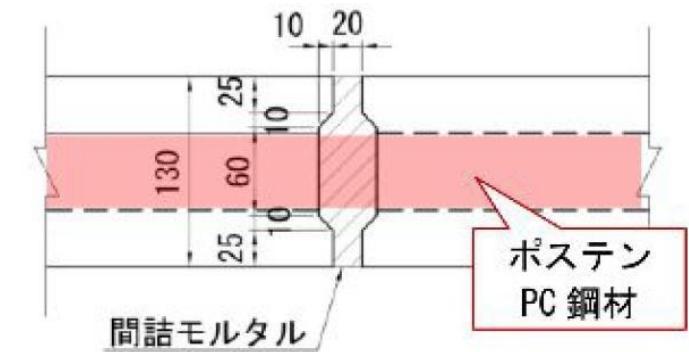
ワッフル型UFC床版の接合部の構造

①耐荷性能（床版作用）

3.7 平板型UFC床版

3.5.2 一般	<ul style="list-style-type: none"> ● 道示の床版の設計曲げモーメントに対して設計することを標準とする (床版厚が道示規定を下回り, かつ実績のない範囲となる場合にはFEM解析により設計する) ● ずれ止め用の孔による断面欠損を考慮して応力度の照査を行う
3.7.3 床版の厚さ	<ul style="list-style-type: none"> ● 構造細目および応力設計を満足する床版厚さとする ● 最小床版厚は130mm (輪荷重走行試験で疲労耐久性が確認されたもの)
3.7.5 床版同士の接合部	<ul style="list-style-type: none"> ● 設計荷重時に引張応力が発生しないようにプレストレスを導入する ● 断面力を確実に伝達できるように接合キー等を設ける

- 平板型UFC床版では、道示の設計方法が標準とされるが、実績のない構造の場合は、FEM解析により曲げモーメントおよびせん断力に対する照査が必要である

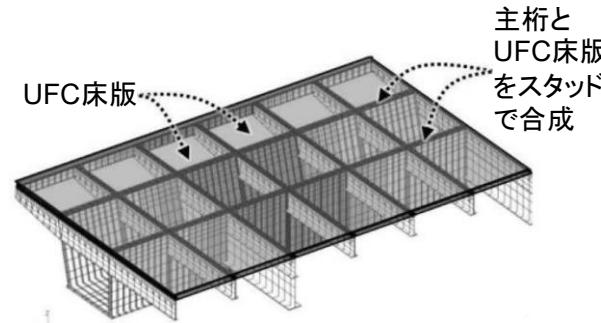


平板型UFC床版の接合部の構造

①耐荷性能（主桁・床組み作用）

3.6 ワッフル型UFC床版を有する桁構造

- 3次元FEM解析により算出を基本とする



3.6.3 解析モデル

3.7 平板型UFC床版を有する桁構造

- 格子桁モデルによる算出を標準とする
(必要に応じてFEM解析を実施)

3.7.3 解析モデル

- **ワッフル型UFC床版**は、一般のコンクリート床版と比較して形状が複雑で応力分布も複雑になるため、現時点では**FEM解析により算出**することが基本とされている。
- 一方向板である**平板型UFC床版**の場合、合成桁としての設計は一般的なコンクリート系床版を有する鋼桁と大きく変わらないとみなせるため、**格子桁モデルを標準**とされる。

①耐荷性能（ずれ止め）

3.9 鋼桁とのずれ止め

設計荷重時の照査	$H_d < Q_a$ ここに, Q_a :許容せん断力 = 降伏せん断耐荷力 $Q_y / 3$ (安全率3) H_d :設計荷重時の作用せん断力
疲労に対する照査	$N_{eq} < N_\tau$ ここに, N_{eq} :等価繰返し回数 N_τ :疲労寿命 $N_\tau = 10^{\{1.75-\log(\Delta \tau / 9.81)\}/0.117}$ (鋼構造物設計指針の式)

■ 設計荷重時の照査

- 降伏せん断耐力 Q_y は、押し抜き試験の結果からオフセット法により求める
(「3.3.2 間詰めUHPFRC (3)押抜き試験によってずれ止めのせん断耐力を確認した間詰めUHPFRCを用いるものとする。」としている。)

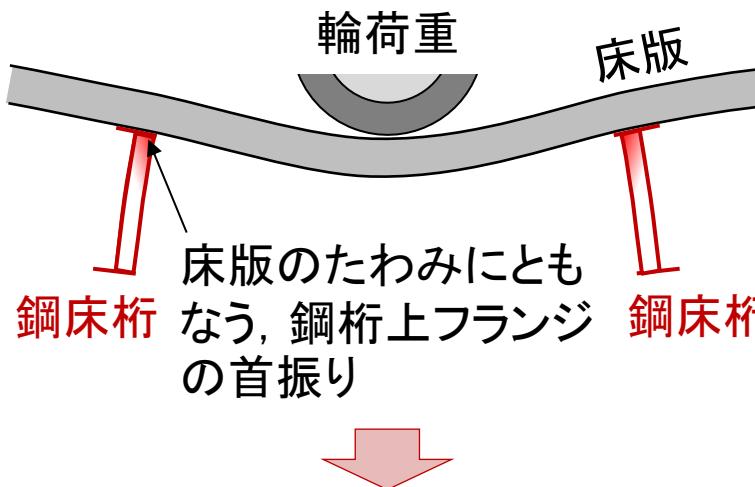
② 変形の抑制（制限値）

3.4 応力およびたわみの制限値

3.4.5 たわみ

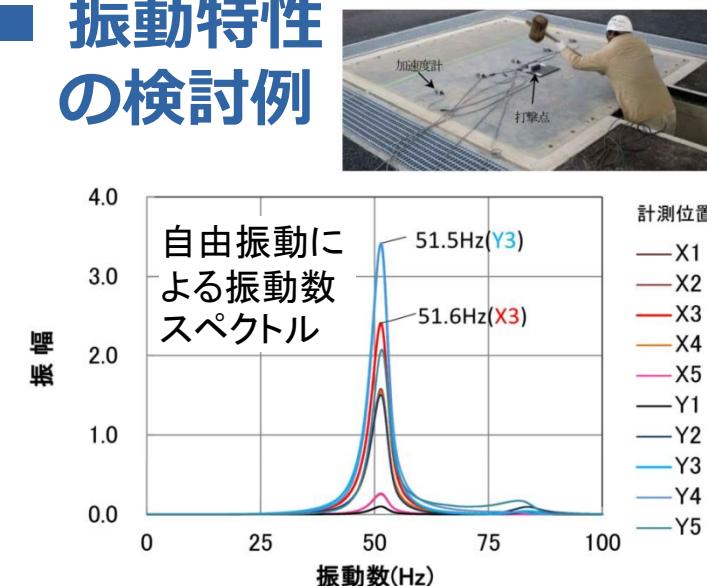
同程度の床版支間を有する鋼床版のたわみ以下とする、もしくは
鋼桁への影響、車両の走行性、振動および舗装の耐久性への影響について検討により機能が確保できることを確認

■ 鋼桁への影響

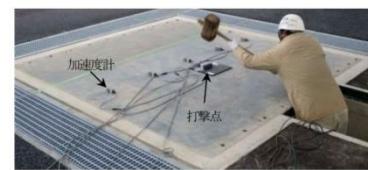


床版の剛性が小さいほど
活荷重による応力振幅が
大きくなる

■ 振動特性の検討例



固有振動数 = 51Hz程度
車のバネ下振動数 = 13~18Hz
(タンデム式ダンプトラックの場合)



- 床版の変形に対して走行性、舗装の耐久性、鋼桁の疲労について照査を行うことと規定



UFC床版の振動実験

② 变形の抑制（参考）

■ 活荷重たわみの目安 設計条件と床版支間が同じ（全てL=2.5m）の輪荷重走行試験の供試体で比較

床版種別	平板型UFC床版	ワッフル型UFC床版	PC床版（PC8-1, PC8-2）
試験体諸元	<p>床版厚 $t = 130\text{mm}$ 床版支間長 $L = 2.5\text{m}$ (車両進行方向に直角)</p>	<p>$t = 150\text{mm}$（総厚） $L = 2.5\text{m}$ (車両進行方向に平行) $L = 2.5\text{m}$ (車両進行方向に直角)</p>	<p>$t = 180\text{mm}$ $L = 2.5\text{m}$ (車両進行方向に直角)</p>
設計荷重による 床版応力度 *1	<p>上縁 $\sigma_u = 16.2 \text{ N/mm}^2 < 108$ (圧縮) 下縁 $\sigma_l = 5.7 \text{ N/mm}^2 < 8$ (引張)</p>	<p>上縁 $\sigma_u = 29.6 \text{ N/mm}^2 < 108$ (圧縮) 下縁 $\sigma_l = 4.9 \text{ N/mm}^2 < 8$ (引張)</p>	<p>D+Lで引張を許容しない (H8道示に基づく設計)</p>
床版の 曲げ剛性 EI	<p>$8,100 \text{ kN}\cdot\text{m}^2/\text{m}$ (PC床版の55%)</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p>たわみ 1.8倍程度</p>	<p>$6,000 \text{ kN}\cdot\text{m}^2/\text{m}$ (PC床版の41%)</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p>たわみ 2.4倍程度 *2</p>	<p>$14,600 \text{ kN}\cdot\text{m}^2/\text{m}$</p>

*1 : D + PS + L

*2 : 2方向版を考慮しない場合

③ 疲労耐久性

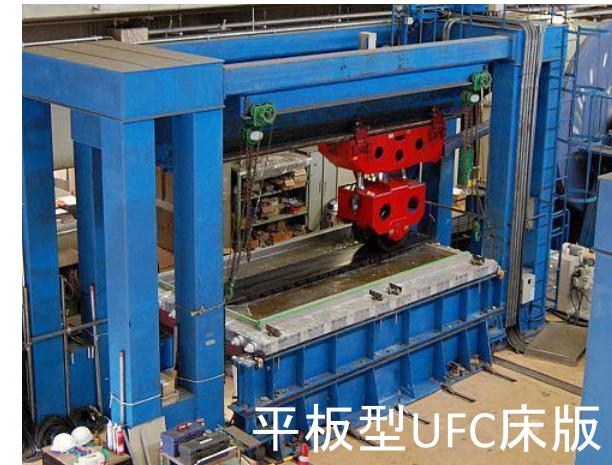
3.1 一般

3.1.2 疲労耐久性の照査

UFC床版は、3.1.1(1)を満たすことを輪荷重走行試験によって照査することを標準とする。



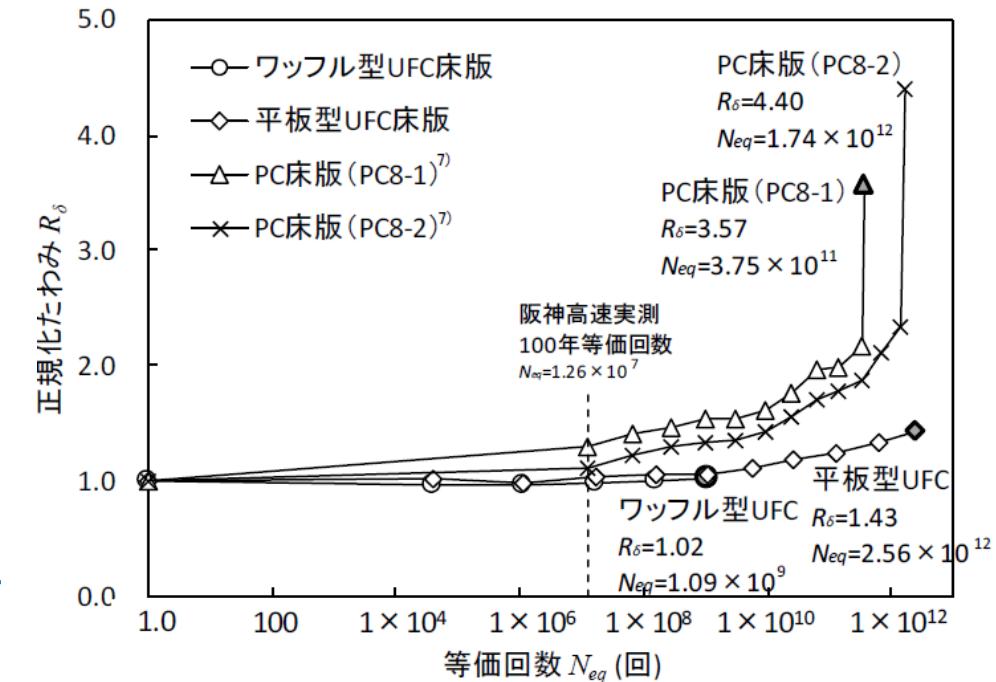
ワッフル型UFC床版



平板型UFC床版

輪荷重走行試験の状況

- 輪荷重走行試験が実施された床版構造を採用
- これらの床版と異なる条件とする場合は、輪荷重走行試験による確認の必要性を検討

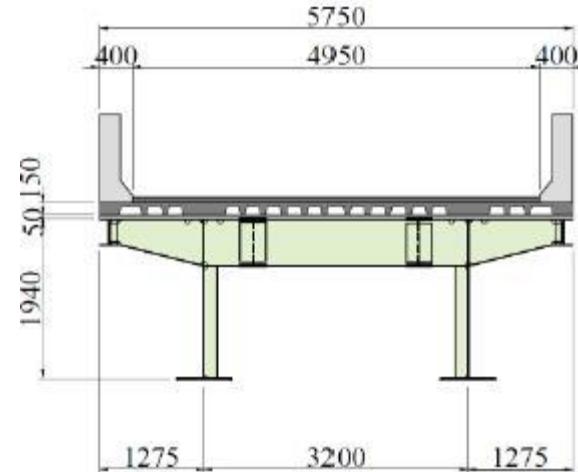


輪荷重走行試験による
疲労耐久性の比較

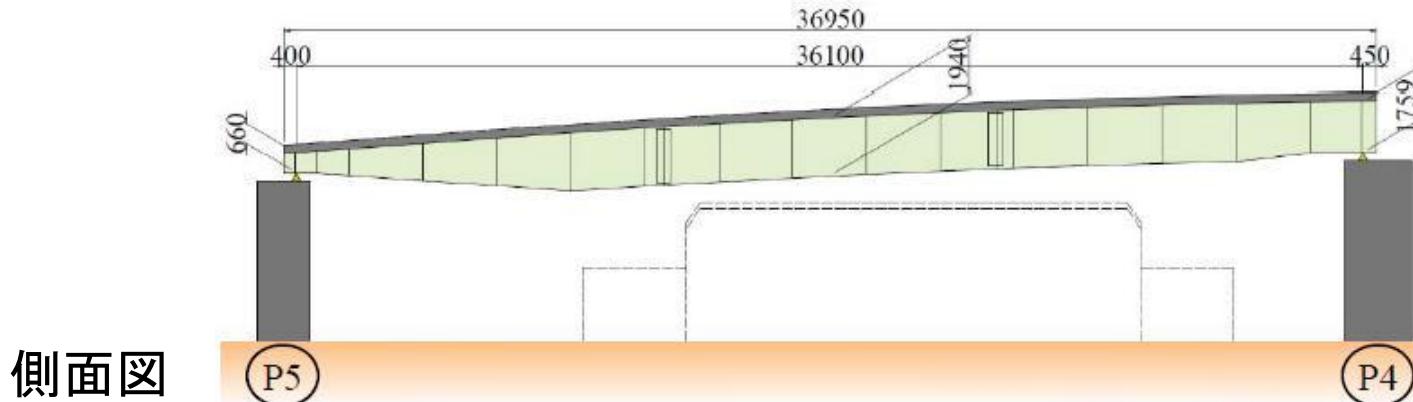
ワッフル型UFC床版の設計例

構造形式：鋼単純合成2主鉄桁橋
橋長：37.0m / 支間長：36.1m
幅員：5.75m(全幅), 4.95m(有効)

■ワッフル型UFC床版(15枚設置)
幅:5750mm／長さ:2450mm
厚さ:150mm(スラブ:45mm)
使用PC鋼材:SWPR7BL 15.2mm
重量:35.3kN/枚

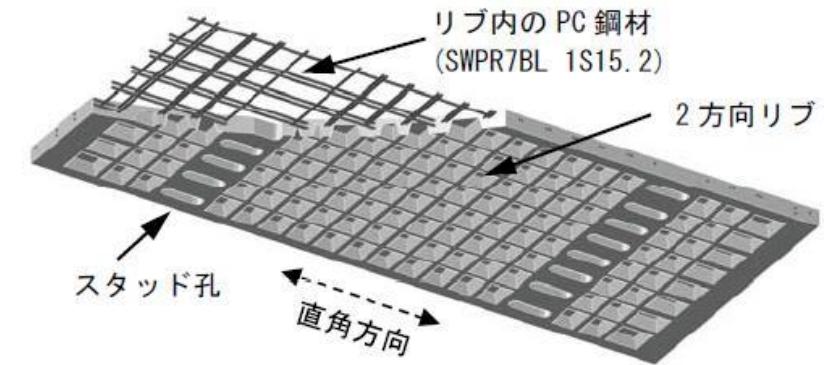


断面図

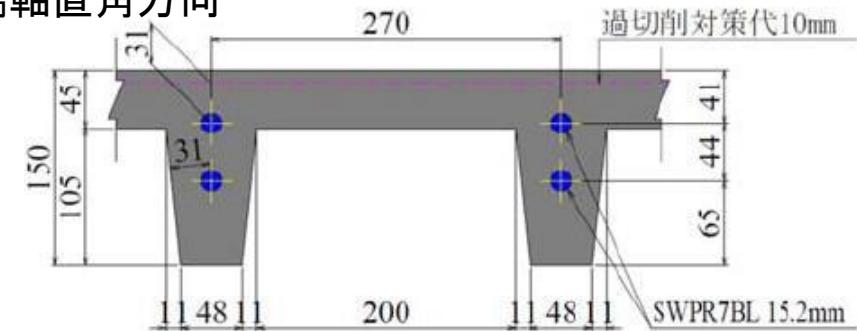


側面図

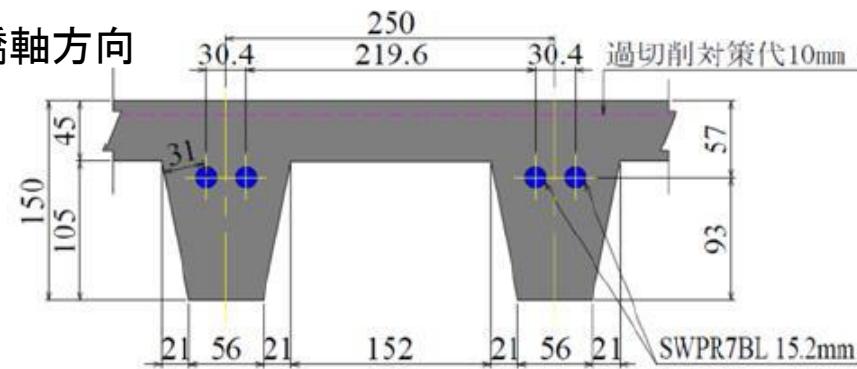
ワッフル型UFC床版



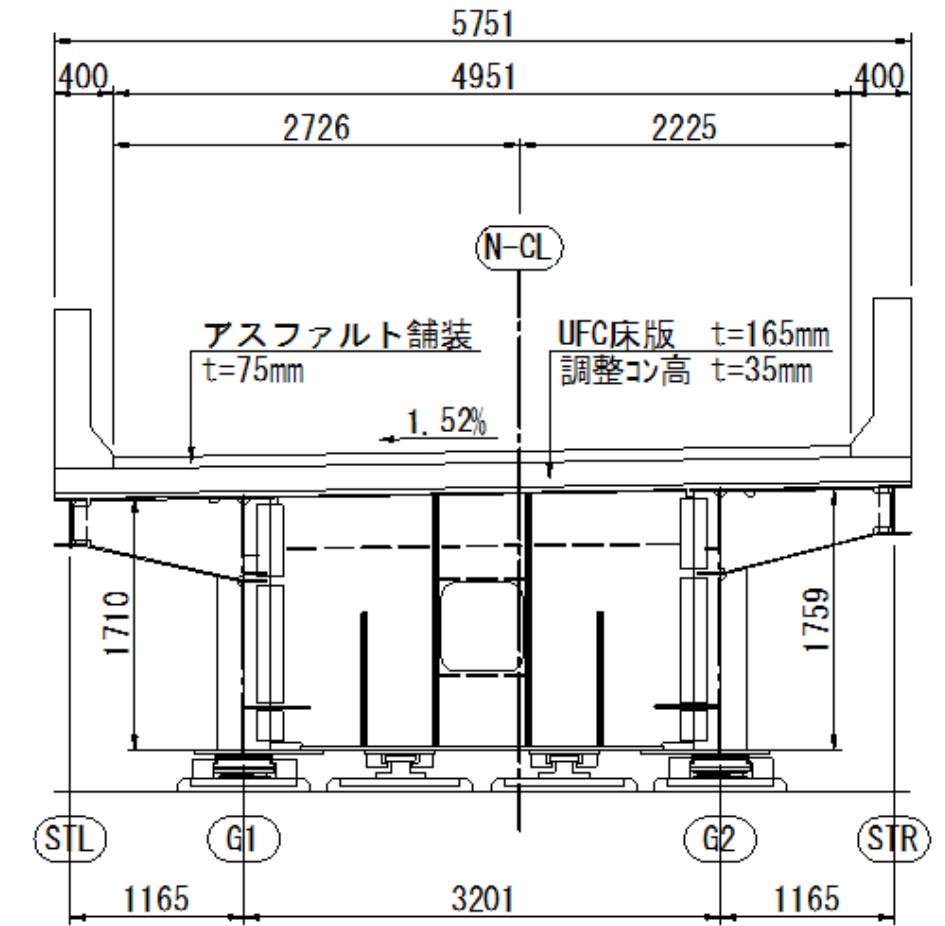
橋軸直角方向



橋軸方向



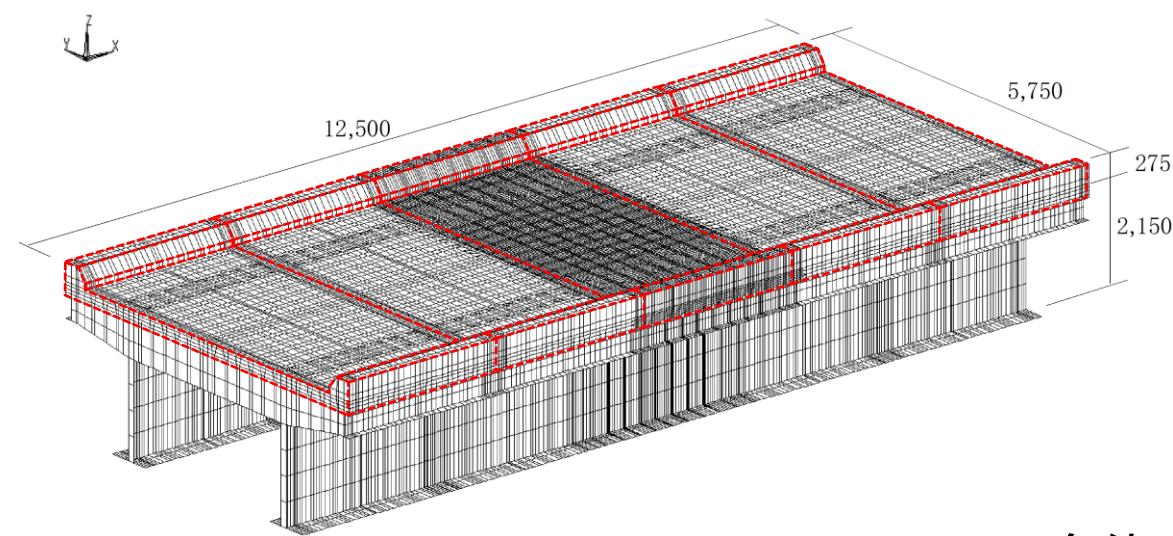
2020年1月完成



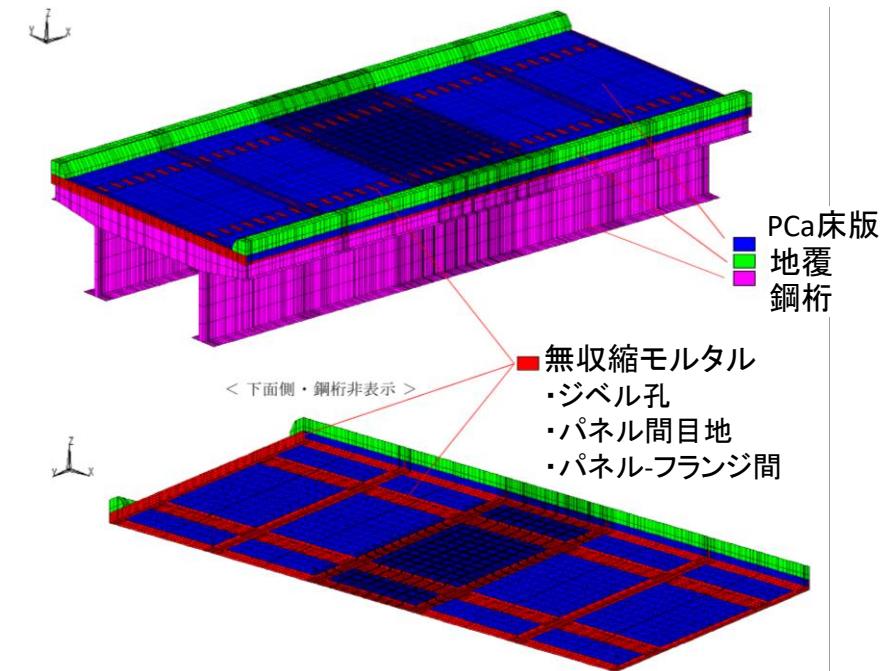
阪神高速道路1号環状 信濃橋入路（新設橋）

ワッフル型UFC床版の設計例

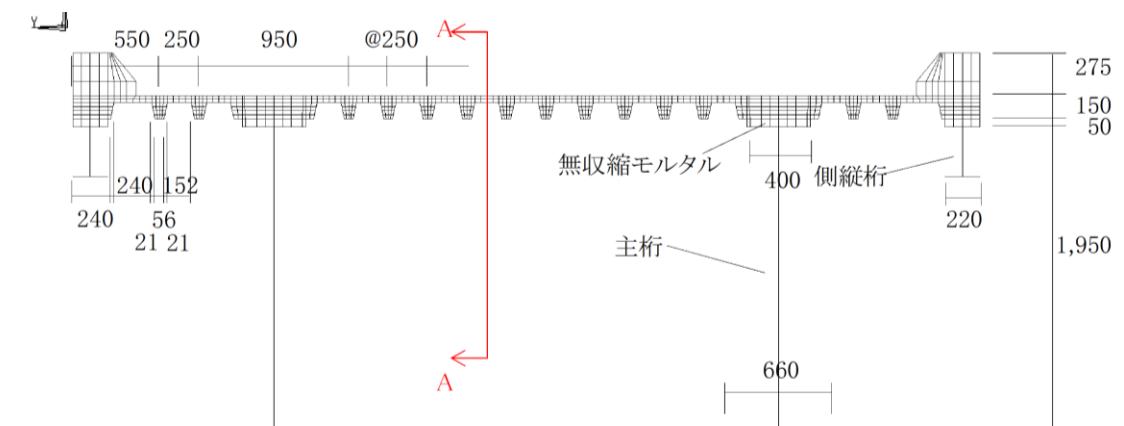
- ① UFC床版の設計は、2方向のリブの荷重分散効果やリブに発生する局部応力を確認するため、5パネル分をリブ形状やスタッド孔を含め、詳細にモデル化して解析を実施
- ② UFC床版や床版同士の接合部、および主桁接合部をソリッド要素で、鋼桁をシェル要素でモデル化
- ③ プレテンションPC鋼材は線部材として床版内部に配置
- ④ 実際の施工手順を考慮し各荷重が載荷されるタイミングの境界条件を再現



全体モデル



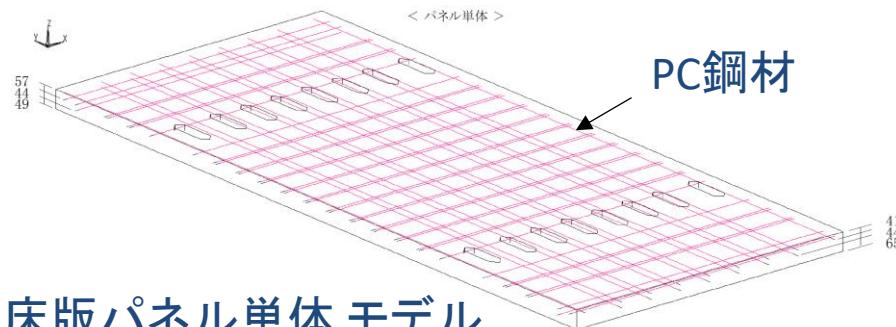
解析モデルの材料区分



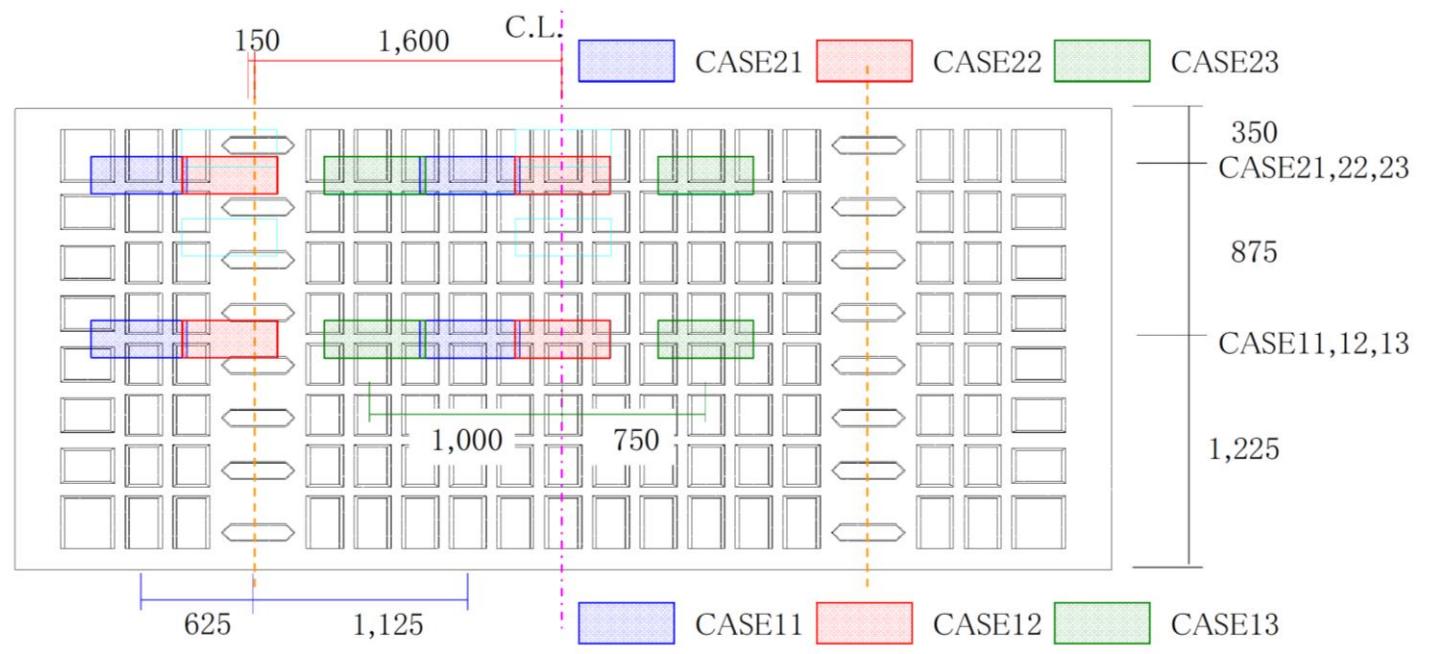
ワッフル型UFC床版の設計例

■ 設計荷重と境界条件

荷重種別	境界条件
死荷重	合成前 (床版パネル単体)
自重	
プレストレス	
橋面荷重	
ボルト接合荷重	
活荷重	
風荷重	
衝突荷重	合成後 (鋼桁との合成構造)



■ 活荷重の載荷

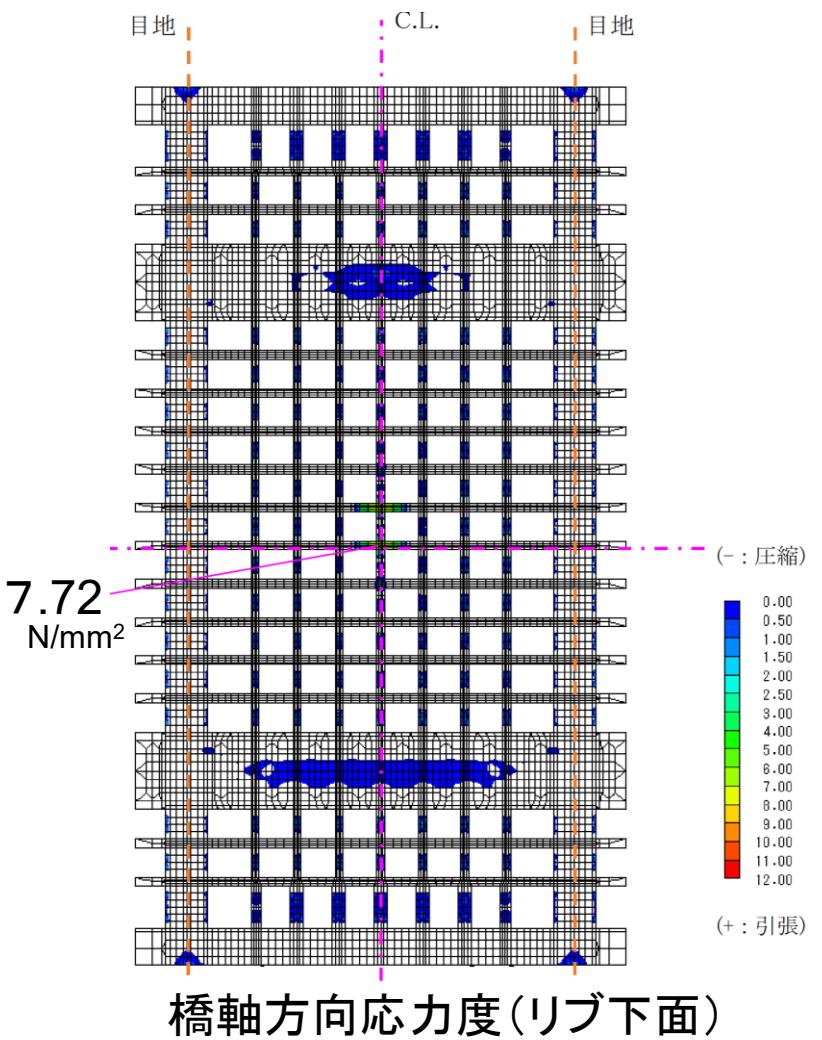


床版各部に対して最も不利となる位置にT荷重を載荷(8ケース)
 $100\text{kN} \times 1.38(\text{衝撃係数}) \times 1.1(\text{安全係数}) = 1.52\text{kN}/1\text{輪}$

ワッフル型UFC床版の設計例

■ 床版の応力度照査(リブ下面の引張応力度の例)

荷重組合せ	最大引張応力度 (N/mm ²)	
	上面	下面
死荷重	1.23	2.80
死荷重 + 活荷重(Case1-1)	1.95	6.55
" + 活荷重(Case1-1) + 1/2風(外→内)	1.41	6.46
" + 活荷重(Case1-1) + 1/2風(内→外)	2.48	6.65
" + 活荷重(Case1-1) + 衝突	2.34	6.64
" + 活荷重(Case1-2)	1.19	7.72
" + 活荷重(Case1-3)	1.18	7.06
" + 活荷重(Case2-1)	1.71	3.86
" + 活荷重(Case2-1) + 1/2風(外→内)	1.29	4.01
" + 活荷重(Case2-1) + 1/2風(内→外)	2.24	3.80
" + 活荷重(Case2-1) + 衝突	2.10	3.76
" + 活荷重(Case2-2)	1.23	4.32
" + 活荷重(Case2-3)	1.51	3.91
" + 活荷重(Case3-2)	2.02	5.98
" + 活荷重(Case4-2)	1.24	2.93



- 全ての荷重の組合せに対して、全ての部位において制限値以下となることが確認されている

適用の範囲

道路橋の纖維補強コンクリート床版の
性能確認マニュアル（案）

令和5年4月

国土交通省道路局 国道・技術課
近畿地方整備局 道路管理課

1. 1 適用の範囲

- (1) 道路橋の纖維補強コンクリート床版の性能確認マニュアル（案）（以下「マニュアル（案）」という）は、道路橋示方書・同解説（以下、「道路橋示方書」という。）にもとづく道路橋の新設又は修繕にあたって、纖維補強コンクリートを用いた床版の適用を検討する際に確認すべき事項や留意点等を参考として示したものである。
- (2) マニュアル（案）では、下記①～③の全てに該当する纖維補強コンクリートを用いた床版であることを前提とする。
- ①道路橋の鋼桁上に設置され、かつ主桁との合成作用を考慮しない床版
 - ②新設橋梁の建設、もしくは既設橋梁の床版を全面取替える工事に使用される床版
 - ③プレキャスト部材で構成される床版

性能説明書の作成

1. 2 性能説明書の作成

(1) 繊維補強コンクリート床版の性能等に関する比較、整理を円滑かつ適正に行うにあたって、以下の項目が記載されている性能説明書を作成し、それにもとづいて床版の性能を確認することを原則とする。

- 1) 本体（床版を構成する床版の本体部材をいう。以下同じ。）及び接合部（床版と鋼桁、または、床版部材どうしの接合部をいう。以下同じ。）の耐荷性能、耐久性能及び道路橋の使用目的との適合性の観点から、設計に必要とされる一般的な事項について、検証の前提となる材料の性質、検証されている項目及び条件を明らかにすること。
- 2) 1)の項目について、適切な裏付けや再現性を有することを明らかにすること。
- 3) 1)で明らかにされた項目が発揮される設計における前提条件として、適用条件、検査方法、施工管理の方法、定期点検における状態の把握や診断の着眼点などを明らかにすること。

(2) 性能説明書は、以下に示す各編に区分して構成するものとし、(1)に示す明らかにすべき事項がそれぞれの編において記載されている必要がある。

1) 設計編

使用材料、材料強度、耐荷機構、耐荷性能、床版の自重、桁との接合構造、床版部材同士の接合構造、耐久性能など

2) 施工編

プレキャスト部材の製作時の品質管理（設計寸法・強度の管理値等）、及び施工前提条件や施工時荷重に対する配慮など

3) 維持管理編

使用材料や床版の特性に応じた点検時の着眼点など

確認すべき性能と前提条件

1. 3 確認すべき性能と前提条件

(1) 性能説明書において、以下の 1)から 5)について、繊維補強コンクリート床版の性能と適用に当たっての前提条件を明らかにする。

1) 材料特性

使用される材料の機械的性質や化学的性質、その品質の安定などの材料特性。

2) 耐荷機構

繊維補強コンクリート床版の耐荷機構の考え方。

3) 耐荷性能

死活荷重による断面力に対して、繊維補強コンクリート床版が所定の耐荷性能を発揮することを、所定の信頼性で満足すること。

4) 耐久性能

疲労や内部鋼材の腐食などに対して、あらかじめ想定する維持管理の方策を明らかにした上で、想定する維持管理のもとで 3) で定義する耐荷性能が所定の期間発揮されること。

5) その他の前提条件

その他の前提条件である以下の項目。

- ①プレキャスト床版の施工品質
- ②プレキャスト床版接合部の施工品質
- ③維持管理の確実さ

UFCの鋼纖維の腐食

よくある
質問

- UFCは透水係数や透気係数が極めて小さいことから、表面に露出する纖維に錆は生じますが、UFC内部の鋼纖維に錆は生じません。
- 過去に実構造物のモニタリングにおいて、UFC表面の単位面積あたりの錆の点数を記録されている事例もあります¹⁾。

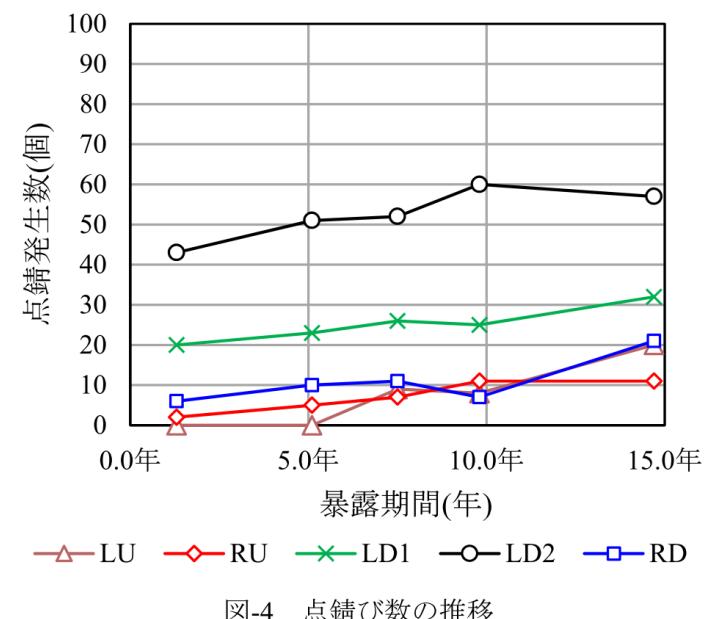


写真 ワッフル型UFC床版下面（8年経過）

- 1) 渡部孝彦・橋本理・石井祐輔・前堀伸平・池田正行・五島元樹:UFC歩道橋「酒田みらい橋」の供用15年次調査から見るUFC構造物の耐久性, 大成建設技術センター報, 第51号, 2018

舗装補修時の過切削

- 舗装補修(既設の舗装を撤去して新しい舗装を敷設する工事)において、防水層を撤去する際に、大型切削機によって、既設のRC床版が過切削される事例があります。
- UFCは従来のコンクリートより強度が5倍程度高いですが、大型切削機で舗装を撤去する試験施工を実施したところ、切削されることが確認されています。
- 舗装補修時に過切削しないように施工することが第一ですが、過切削された場合には、鋼纖維の毛羽立ちや、断面欠損が生じるため、毛羽立ちの切削や断面修復が必要です。その際の方法や材料についても検討が進んでいます。

よくある質問



写真 大型切削機



写真 過切削後の状況

よくある質問

UFC床版の耐久性や取替

- 阪神高速道路での施工実績として下記の3橋があり、現状では不具合は確認されていません。

阪神高速道路 15号堺線 玉出入路橋 (床版取替)

完成年月 2018年1月 ⇒ 8年経過
床版タイプ 平板型UFC床版 ($t=150\text{mm}$)
橋梁概要 鋼単純合成鉄桁；スパン 3@22.0m, 幅員 6.25m, 床版支間 4.0m

阪神高速道路 1号環状線 信濃橋入路 (新設橋梁)

完成年月 2020年1月 ⇒ 6年経過
床版タイプ ワッフル型UFC床版 ($t=150\text{mm}$)
橋梁概要 鋼単純合成鉄桁；スパン 37.0m, 幅員 5.75~5.828m, 床版支間 2.5m[橋軸方向]

阪神高速道路 12号守口線 本線(守S20) (床版取替)

完成年月 2020年11月 ⇒ 5年経過
床版タイプ 平板型UFC床版 ($t=140\text{mm}$)
橋梁概要 鋼単純合成鉄桁；スパン 34.3m, 幅員 17.6~18.64m, 床版支間 3.08~3.28m

- 現在、供用開始から10年間のモニタリングを継続中です。

これまでの検討内容

- ✓ 床版の変形(活荷重たわみ)等に対する具体的な性能指標の検討
 - 床版支間長の増大による影響
 - 支持桁(ブラケット等)による不等沈下の影響 など
- ✓ UFC床版の特性を踏まえた鋼桁を含む合成桁としての設計の最適化
 - コストの最小化を踏まえた合成桁の計画(主桁本数, 配置の最適化 等) など
- ✓ 連続桁における中間支点部床版の引張力に対する効果的な対応策
 - ポストテンション等の検討 など
- ✓ 設計の標準化(一般的な設計手法を適用するための関連規定や資料の充実)
 - 床版設計に用いる設計曲げモーメント等の整理
 - 標準適用支間長の整理
 - 設計上の留意点のまとめ、マニュアル更新 など

**UFC床版の設計
ご清聴ありがとうございました**