

UFC道路橋床版研究会

技術セミナー2024

2024/1/26

UFC床版の設計

技術委員会 設計部会主査

舘 浩司（(株)長大）

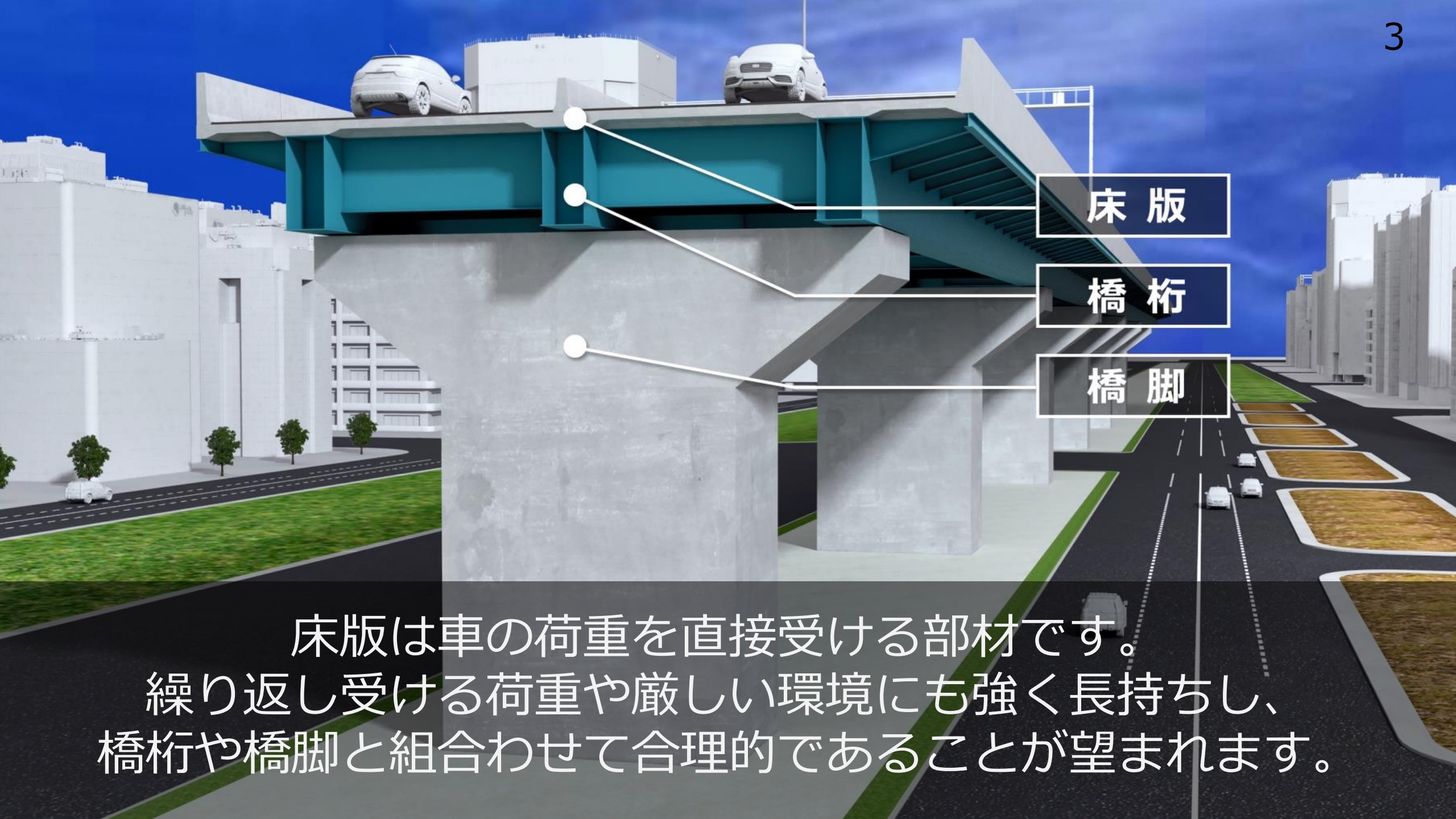
主な内容

- 開発の背景
- 材料
- 構造・特徴
- 設計マニュアル（案）
- 設計例
- 今後の課題

これらの内容は、昨年実施した「技術セミナー2023」における「UFC材料」「UFC床版の総論」「UFC床版の設計」（各20分程度）の3つのテーマをリメイクしたものです。

過去のアーカイブを見て頂くと、よりご理解が深まる部分もあるかと思うしますので、よろしければ当研究会HPよりご参照下さい。

<https://www.ufcdeck.com/tech2023/>



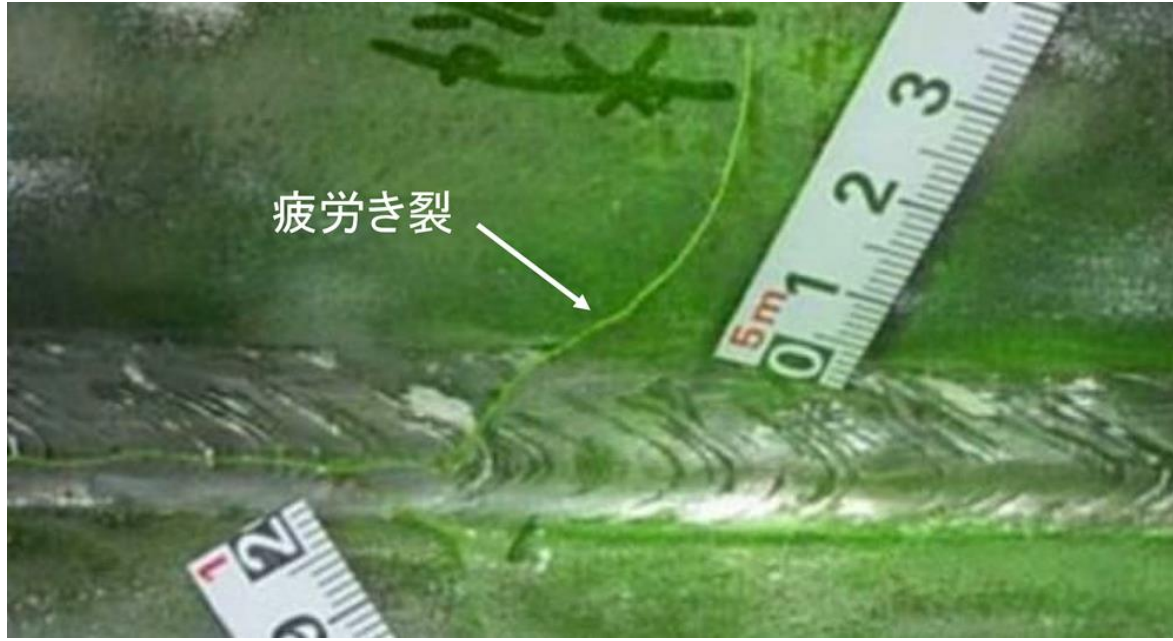
床版

橋桁

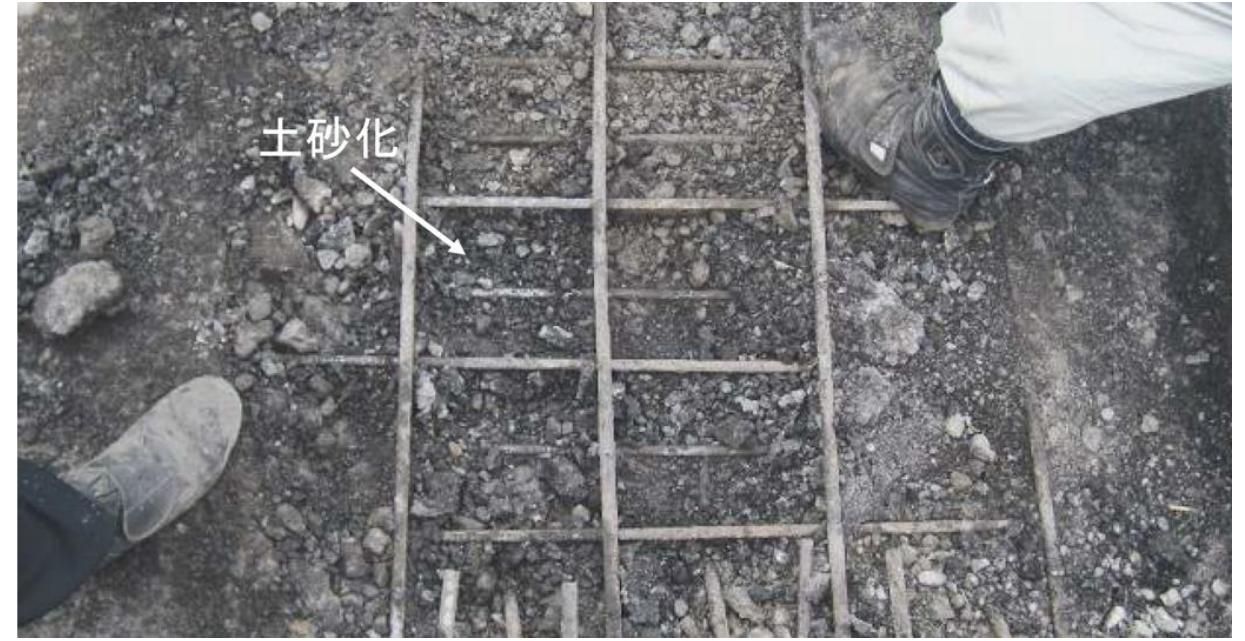
橋脚

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、
橋桁や橋脚と組合わせて合理的であることが望めます。

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があります。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。

優れた材料と高い技術で社会のニーズに応える

UFC床版

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)

超高強度繊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**, $w/c < 0.24$, 高強度鋼繊維, SCC
 - ・ 熱養生

既製品：サクセム, ダクトル, スリムクリート



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	50×10 ⁻⁶	3. 7	50×10 ⁻⁶	3. 7
クリープ係数	3. 2. 6	0. 7	3. 8	0. 4	3. 8
熱膨張係数	3. 2. 7	13. 0×10 ⁻⁶ /°C	3. 6	13. 5×10 ⁻⁶ /°C	3. 6
熱伝導率		6. 36 kJ/mh・°C		8. 3 kJ/mh・°C	
熱拡散係数		2. 16×10 ⁻³ m ² /h		3. 53×10 ⁻³ m ² /h	
比熱		1. 01 k J/kg・°C		0. 92 k J/kg・°C	
ヤング係数	3. 3. 6	4. 6×10 ⁴ N/mm ²	3. 4	5. 0×10 ⁴ N/mm ²	3. 4

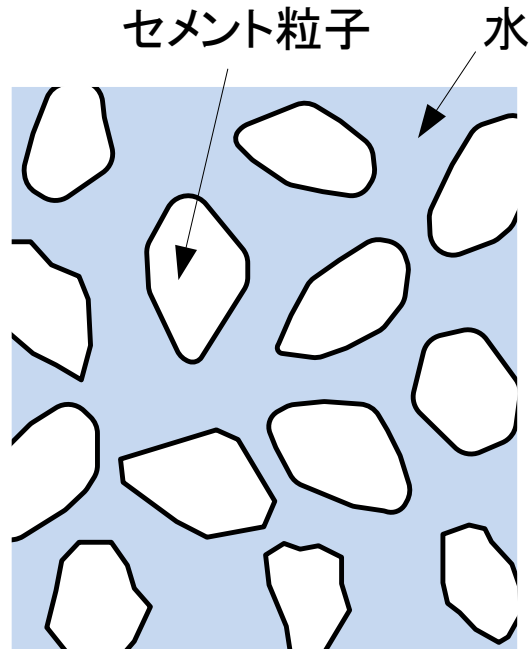
UFC材料の物性値は製品によって少し異なります。
UFC床版としての性能は同等と考え、
設計時の物性値は「使用するUFCに応じて設定する」としてしています。

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	1×10 ⁻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 (熱養生後)	180 μ 程度
クリープ係数	—	0.7	2.0～2.2程度

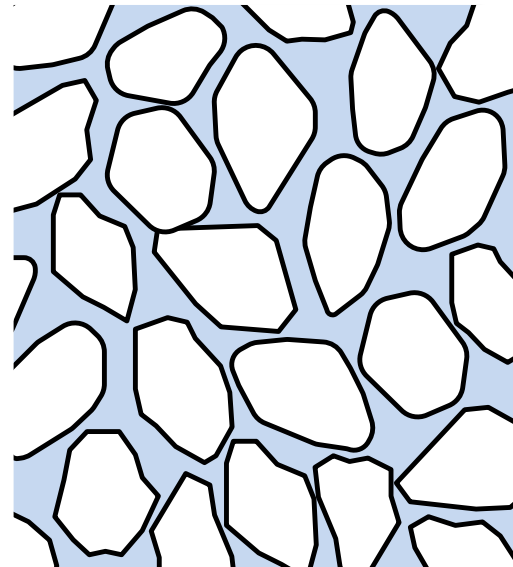
※1 凝結始発からの収縮ひずみ合計は750 μ (そのうち熱養生中430 μ), 養生終了後の収縮ひずみが50 μ である.

強度発現のメカニズム

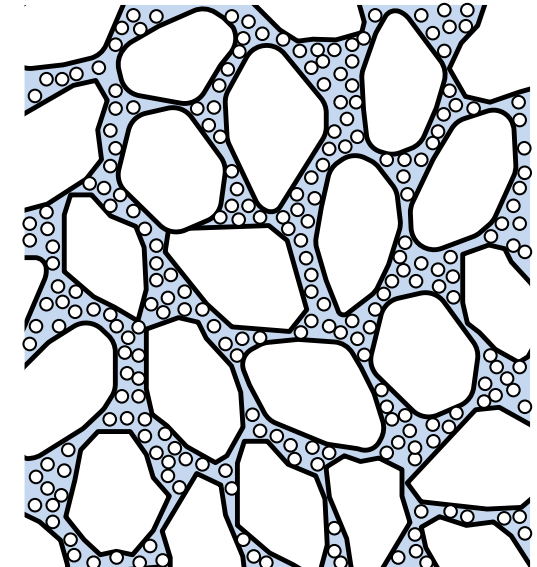
- RPC (Reactive powder concrete)



w/c 大



w/c 小



反応性微粉末，水和
生成物による充填

低  圧縮強度  超高強度

鋼繊維

UFC用の高強度鋼繊維



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

$$\phi = 0.2 \text{ mm}$$

$$l = 20 \text{ mm 程度}$$



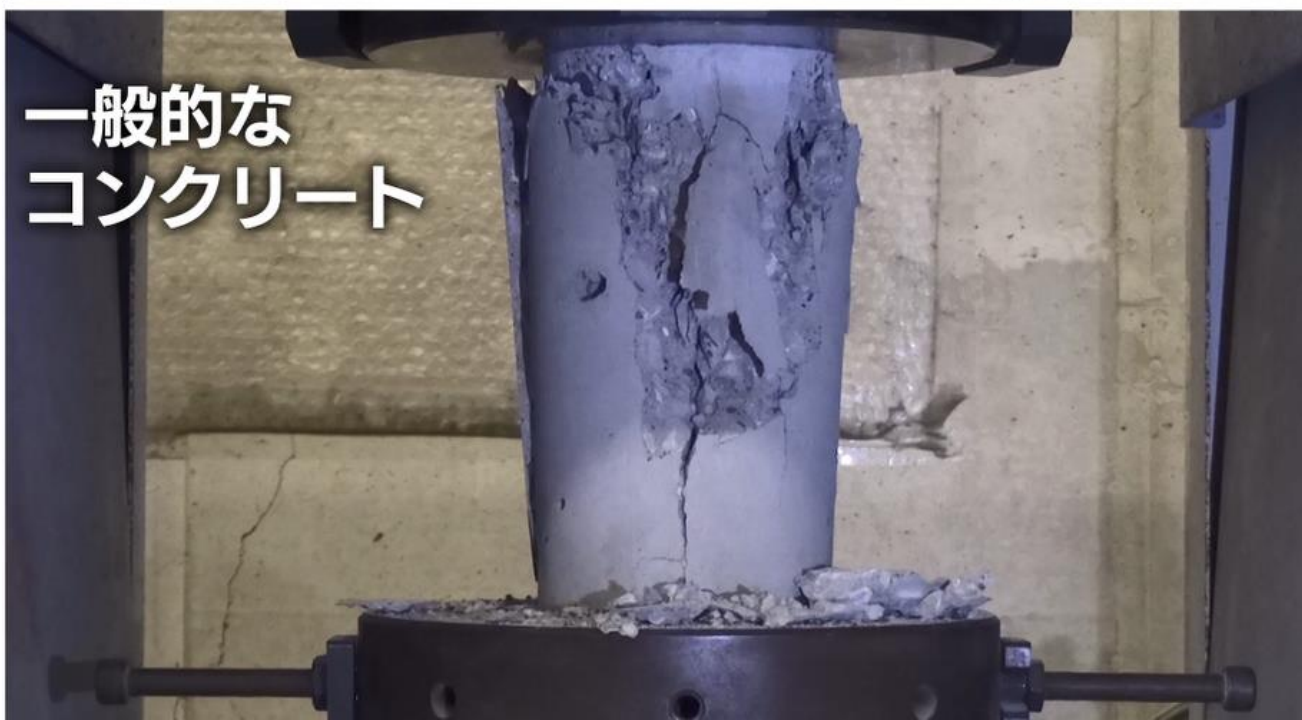
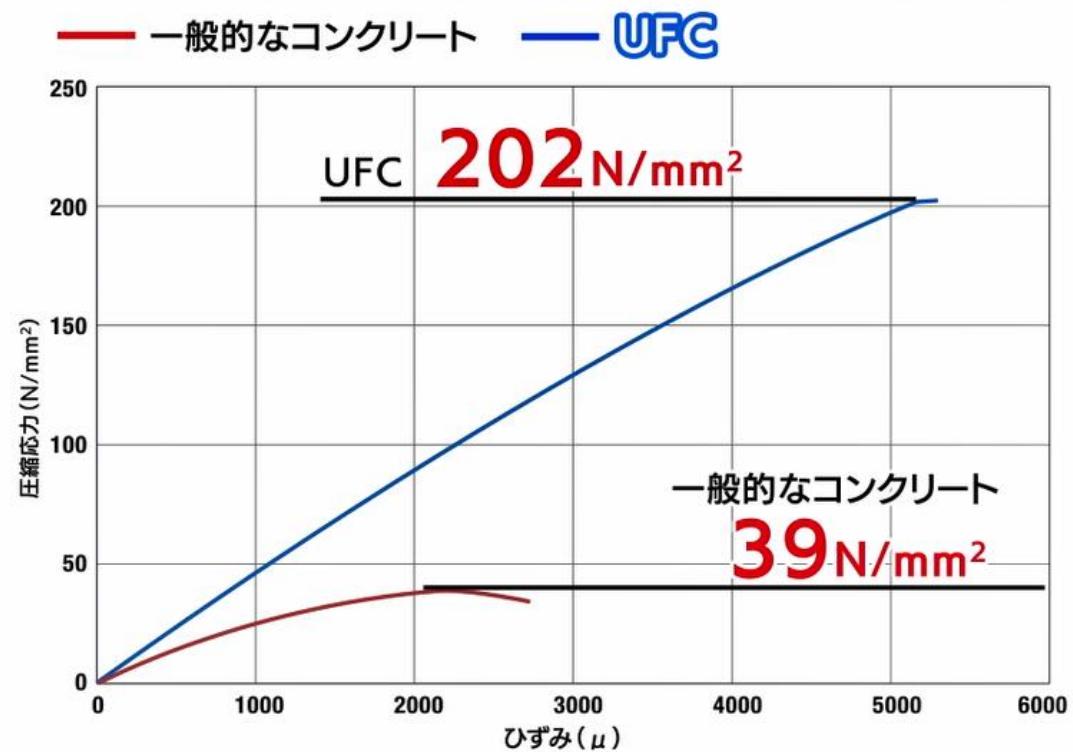
(a) 硬化前



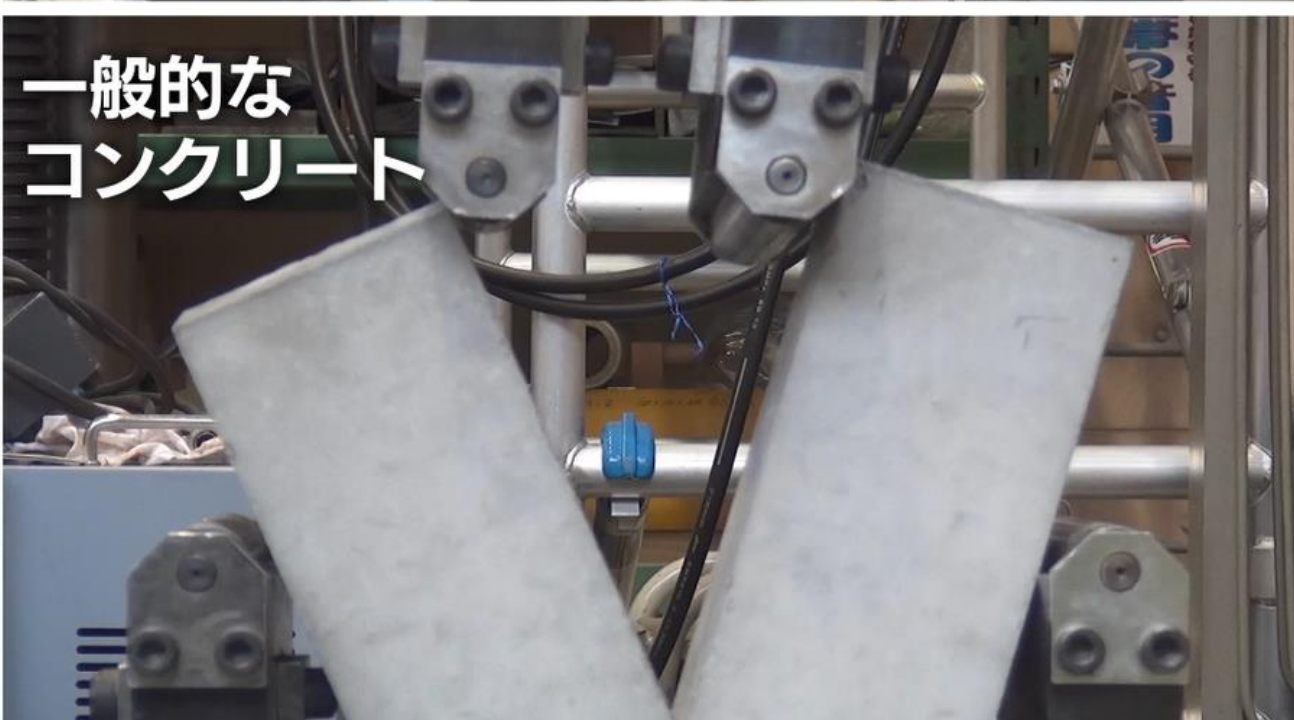
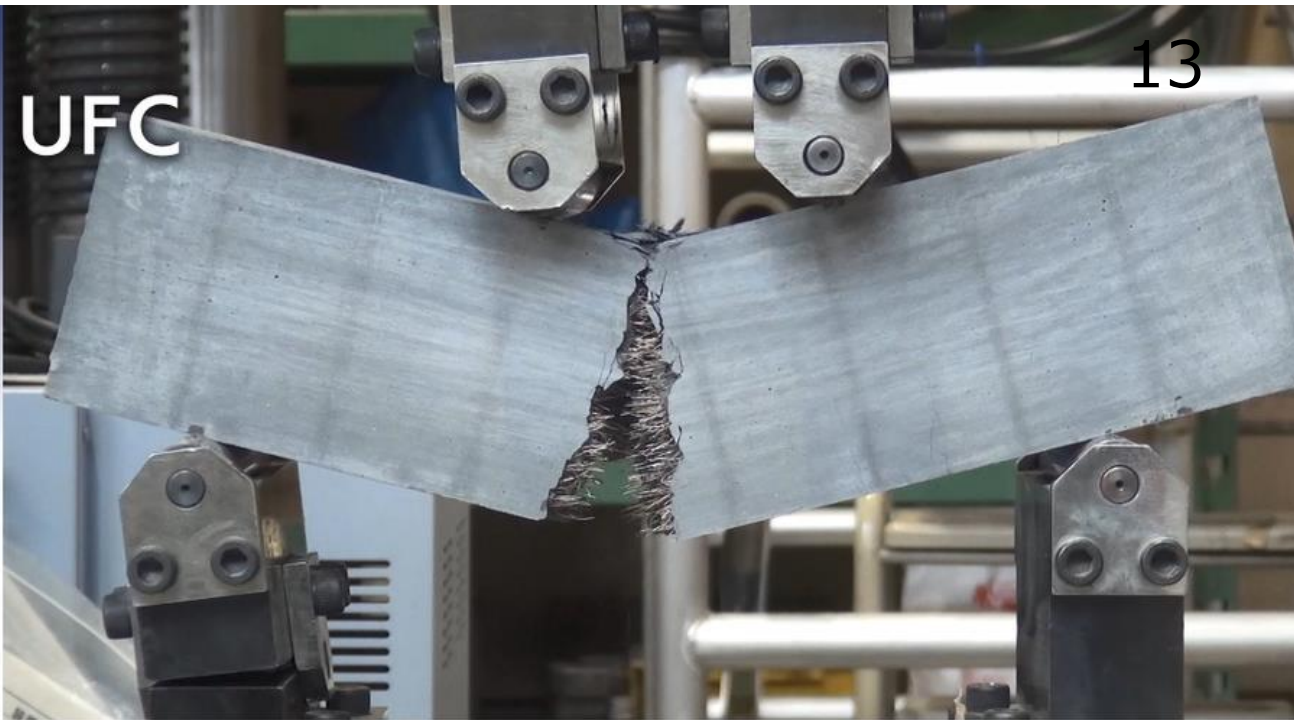
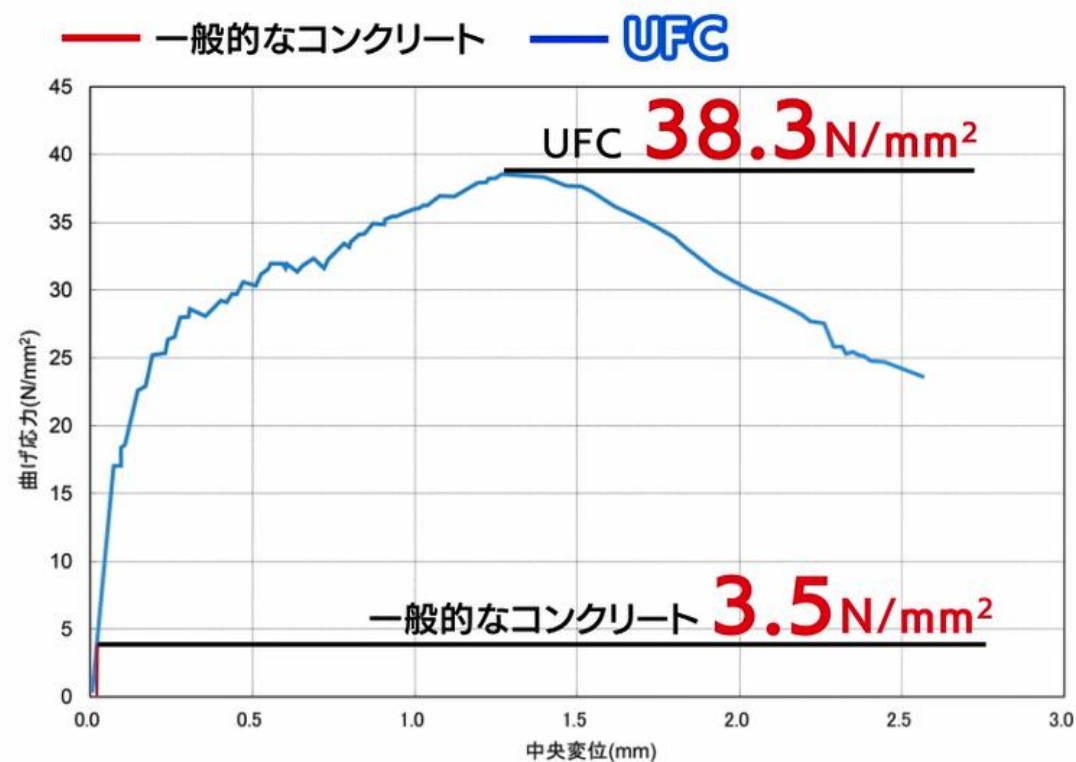
(b) 硬化後

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。

圧縮強度試験

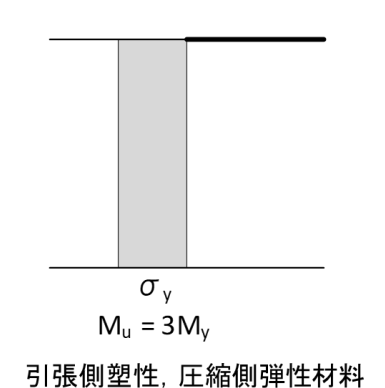
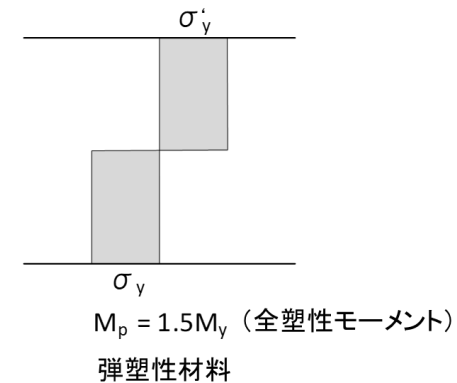
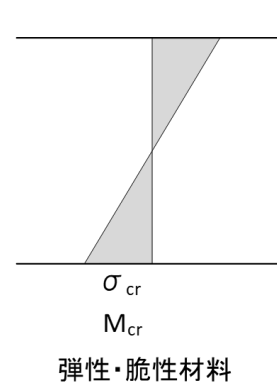
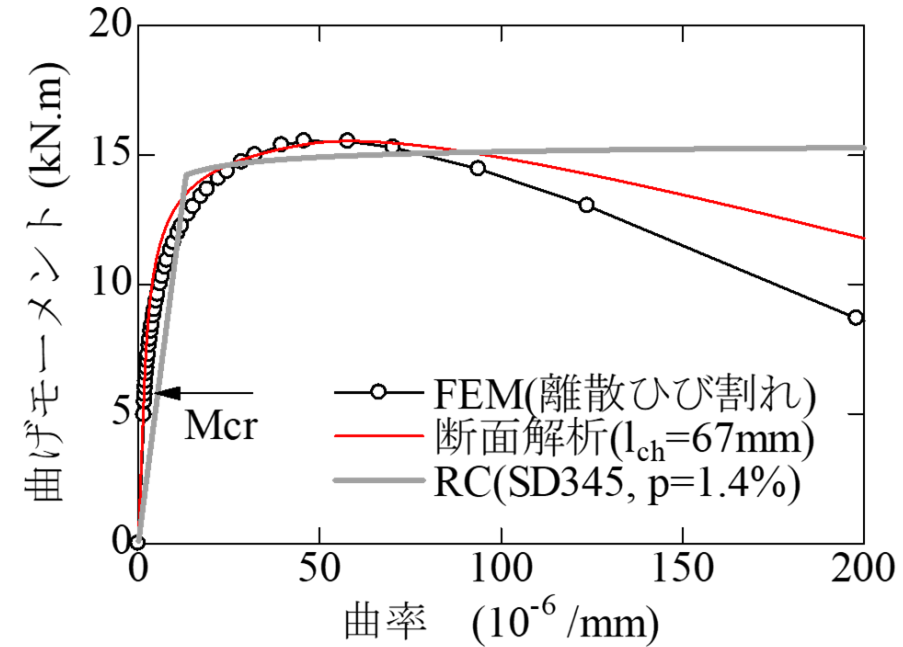
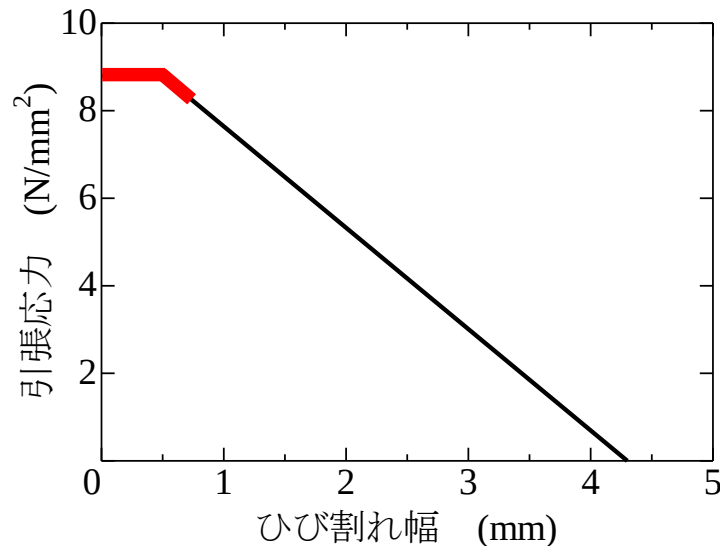
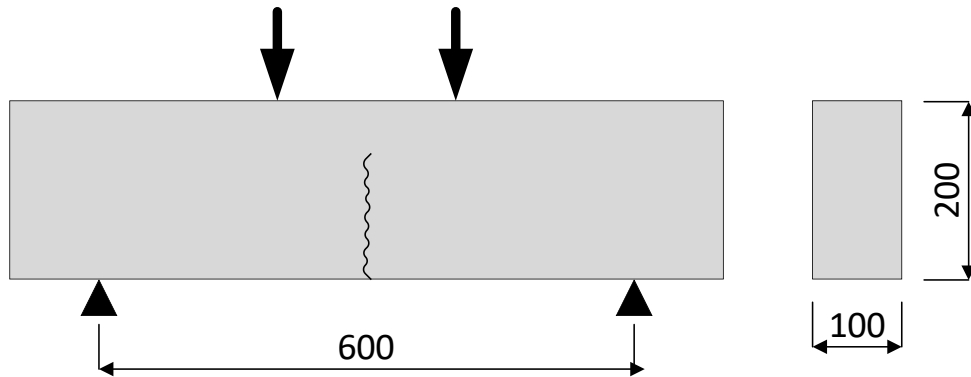


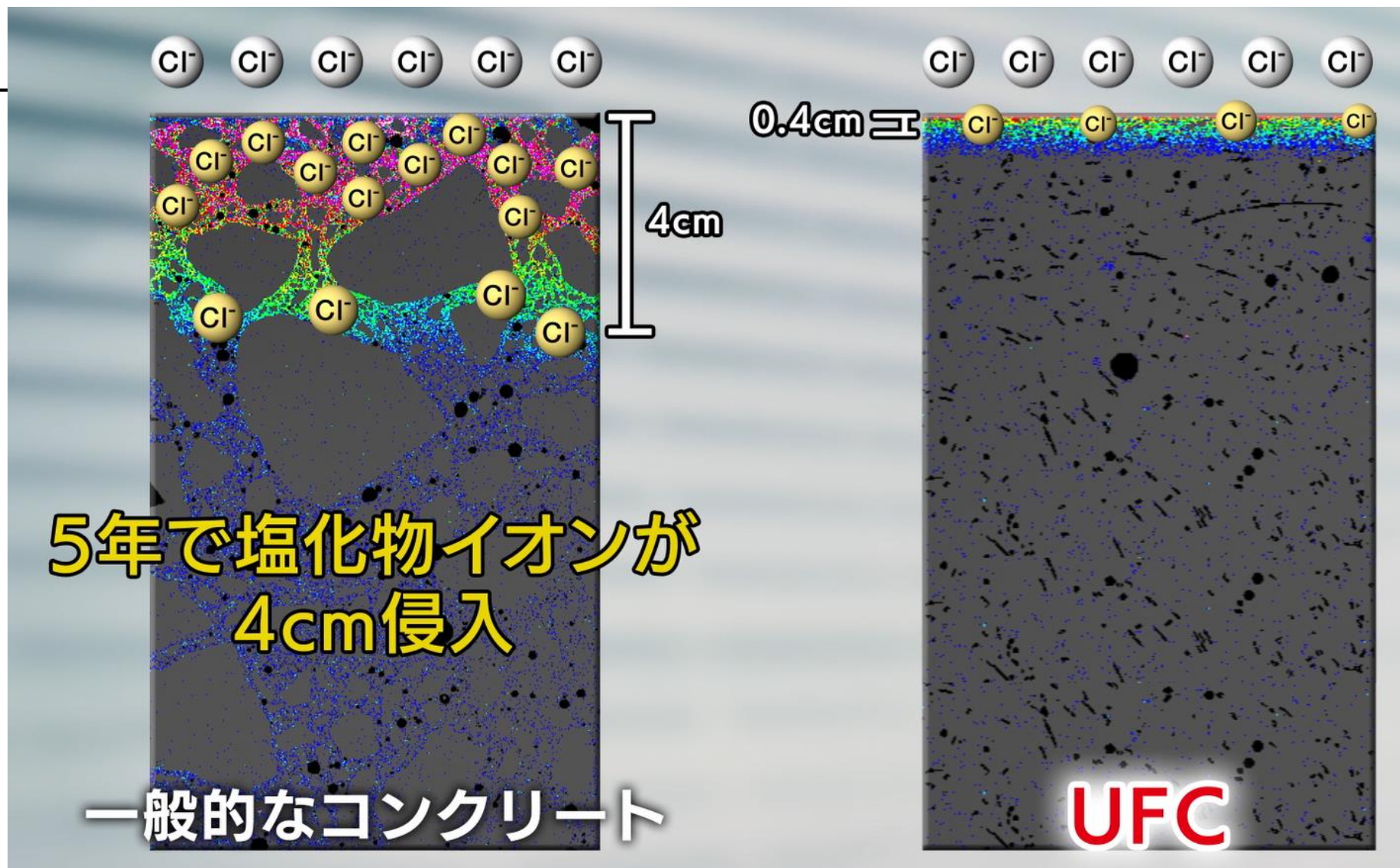
曲げ強度試験



参考：引張軟化と耐力 ※ ひび割れ発生後の繊維の架橋効果

● 曲げ耐力への寄与





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

国内外における UFCの活用



カナダ・シャープブルックの歩道橋 (1997)



酒田みらい橋 (2002)



羽田国際空港 滑走路着陸帯部(2010)
(出典:サクセム研究会)



米国・リトルシダー川橋 (2011)
(撮影提供: 齋藤公生氏)



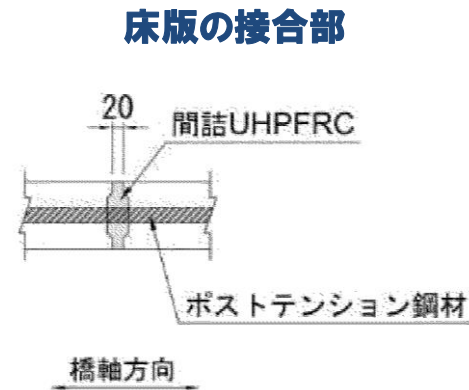
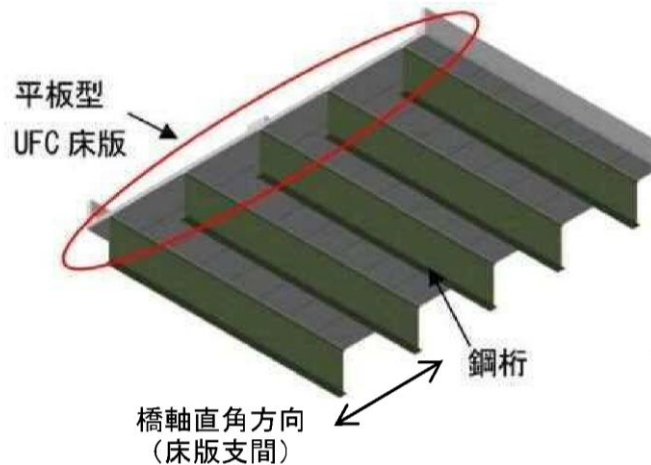
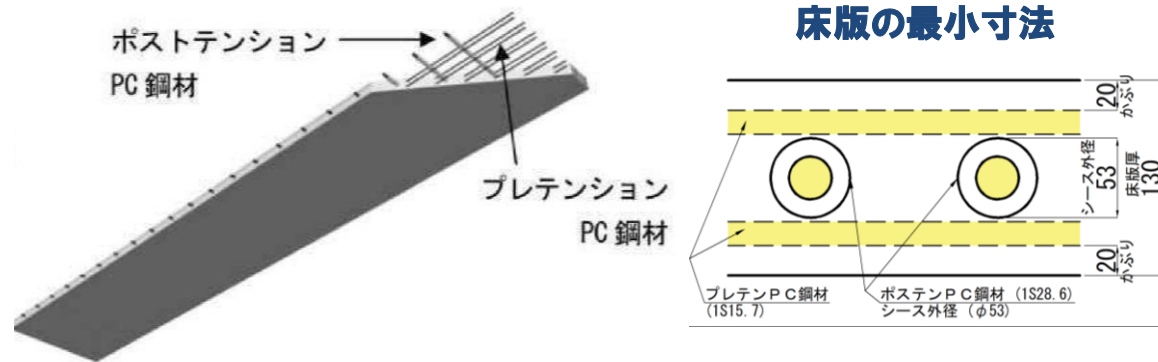
床版の上面増し厚補強
(B. Graybeal et al.: International Perspective on UHPC in Bridge Engineering, 2020)



UHPCリンクスラブ(2016)

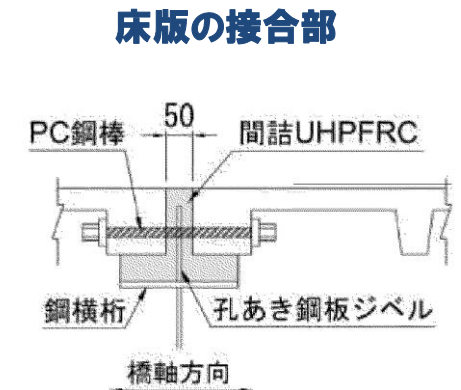
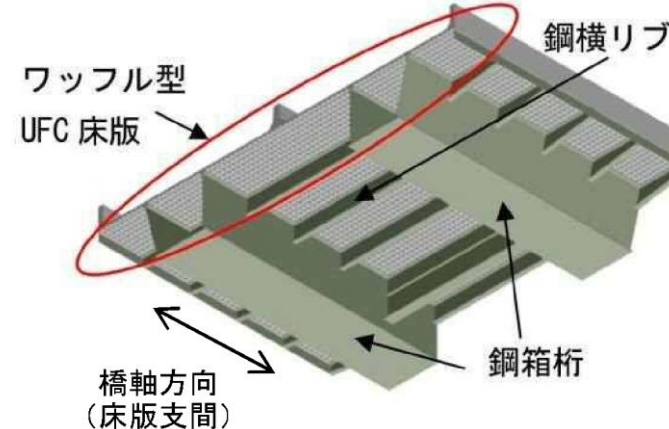
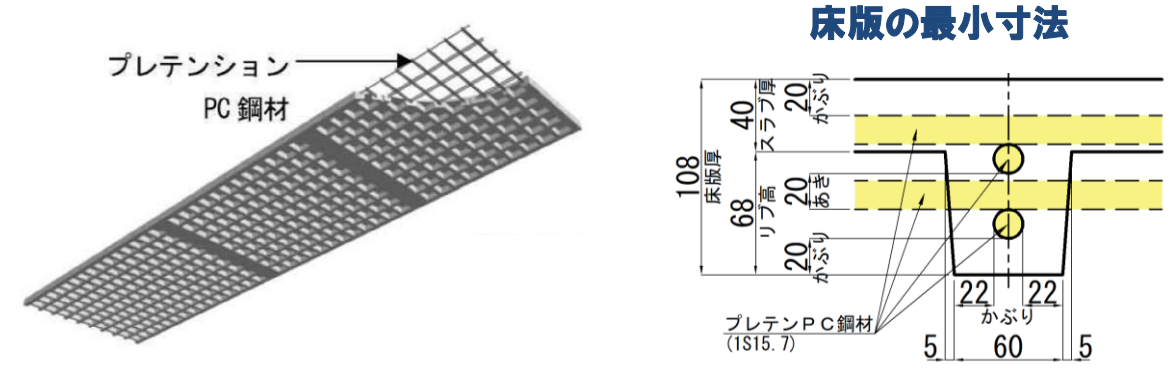
このような特徴のあるUFCが国内外で活用されています

平板型UFC床版



◎ 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)

ワッフル型UFC床版



◎ 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

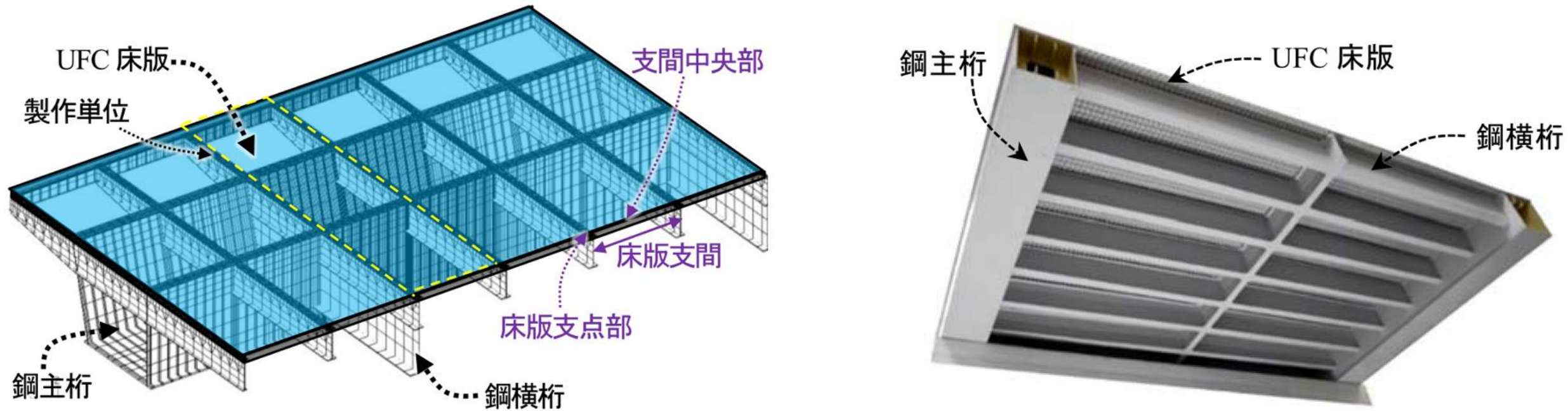


図 ワッフル型UFC床版と鋼桁による合成桁

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

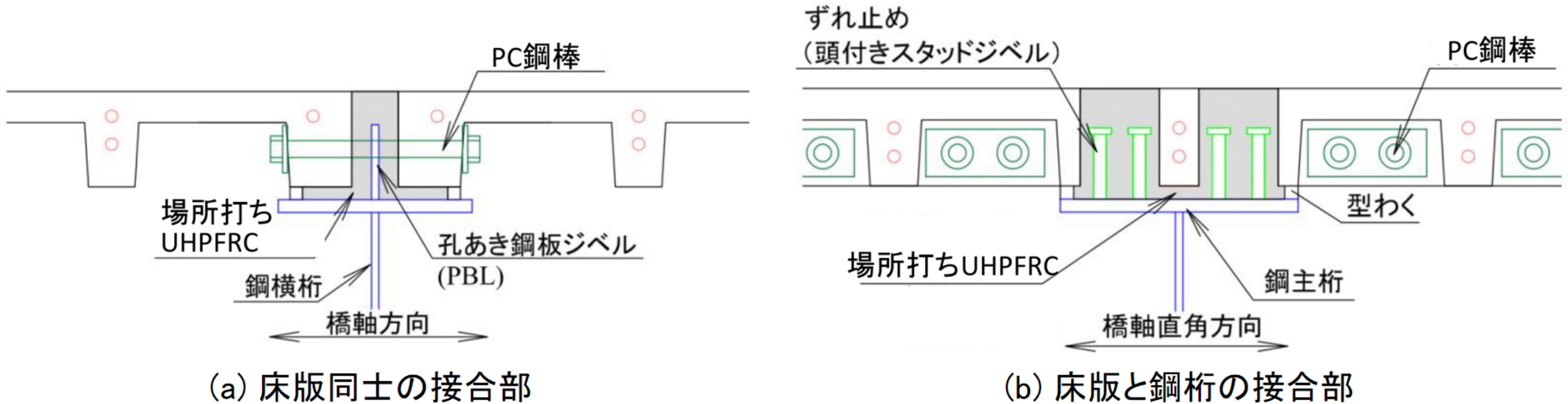
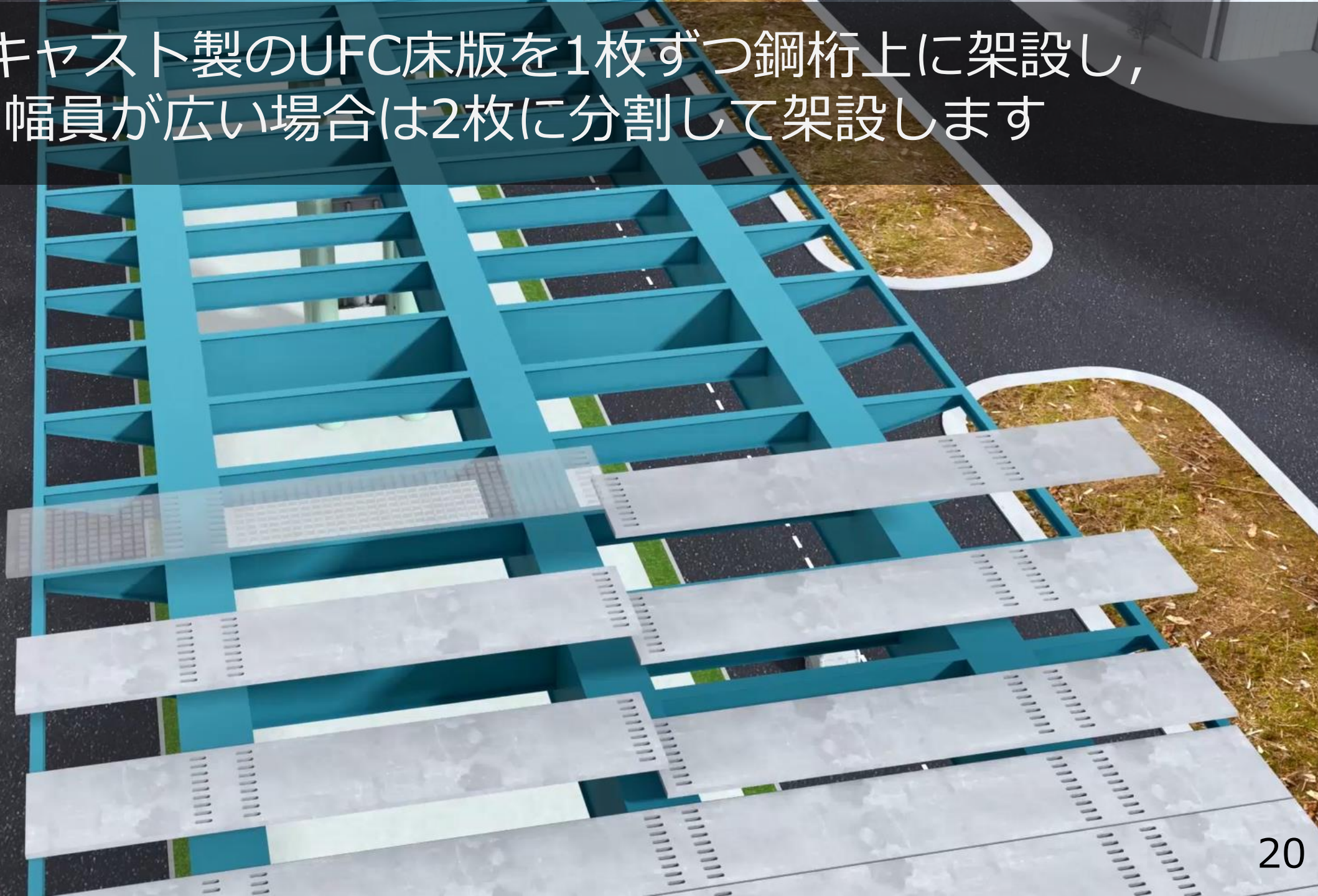
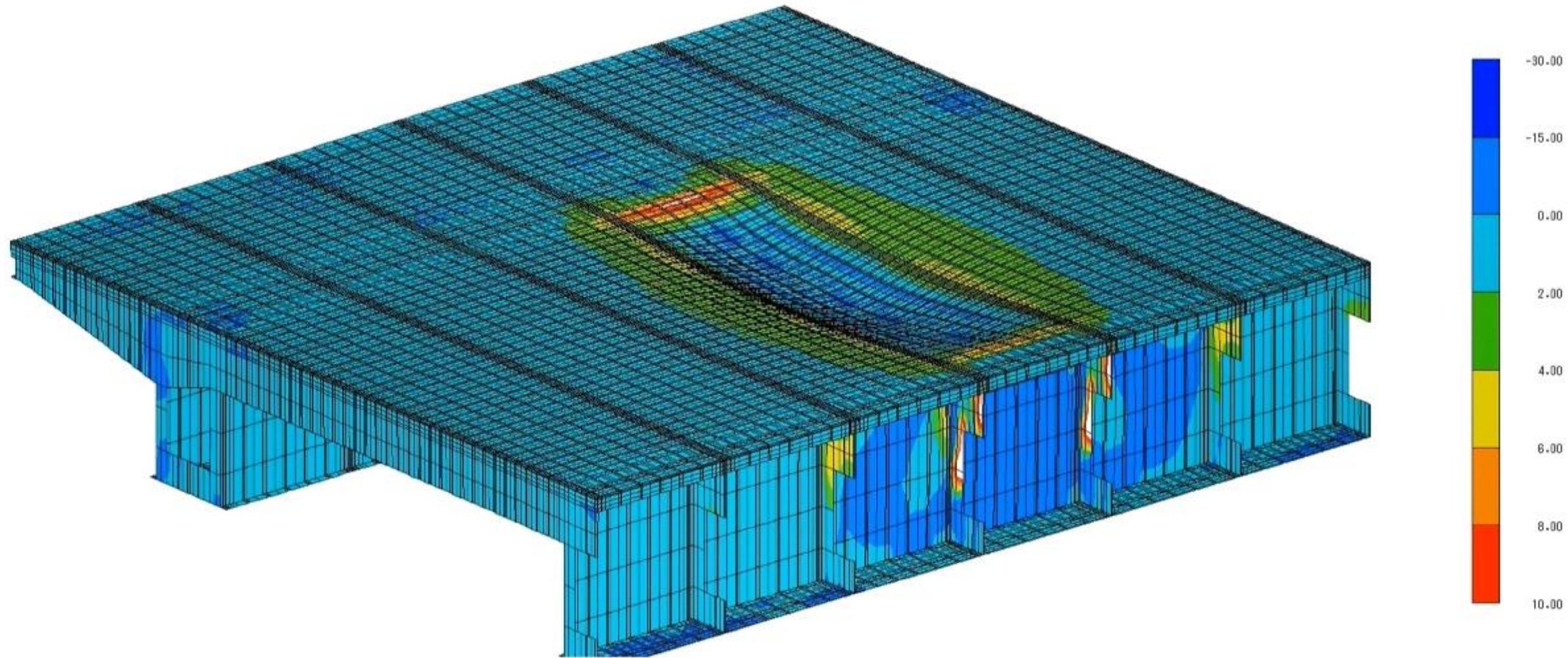


図 接合部の構造

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



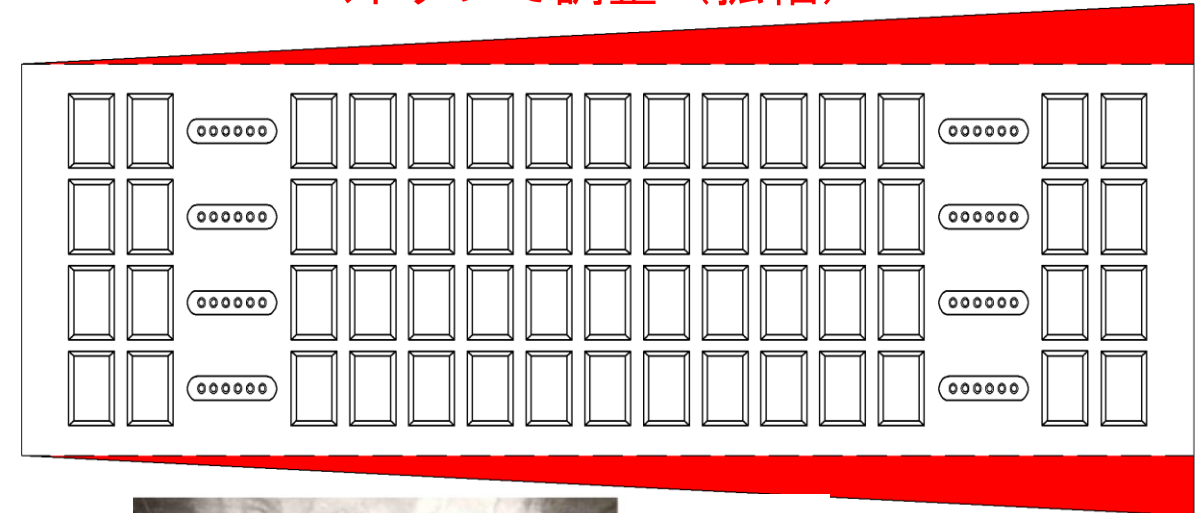
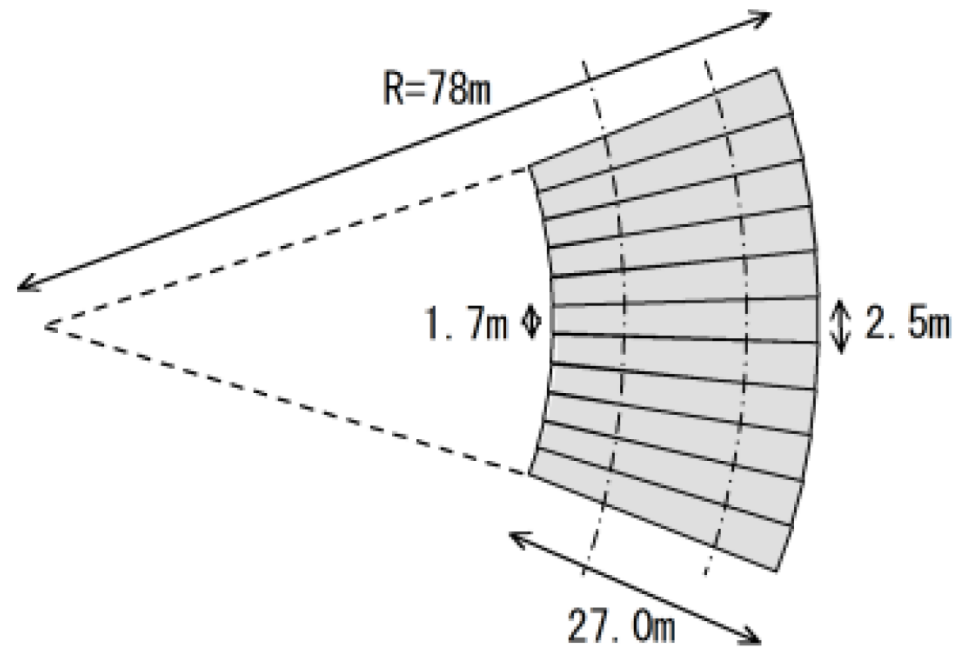


FEM解析

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

平面曲線への対応

外リブで調整（拡幅）

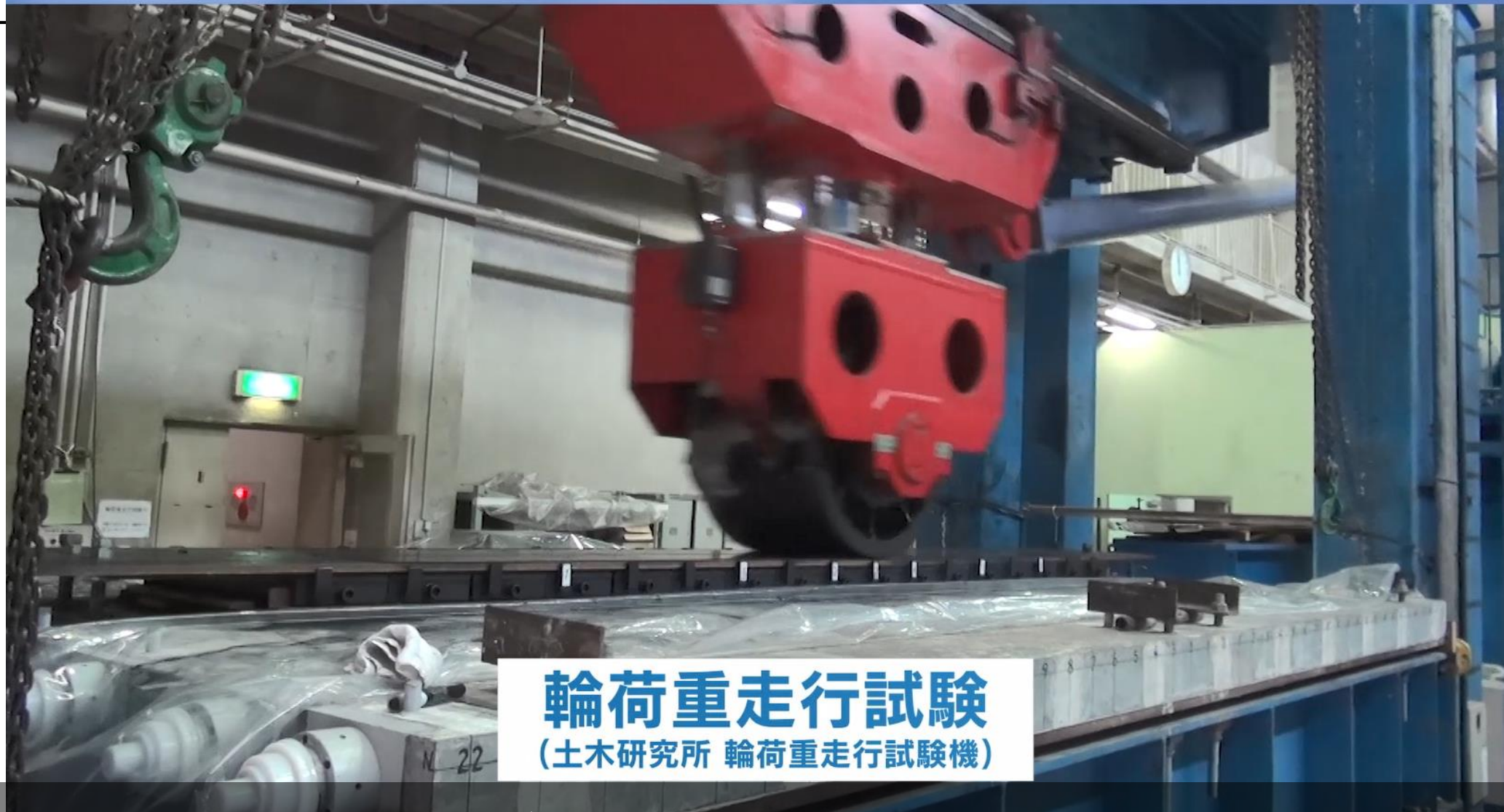


定着板を傾斜面に
合わせてテーパ
ーに製作する。

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。

UFC床版の 特 長

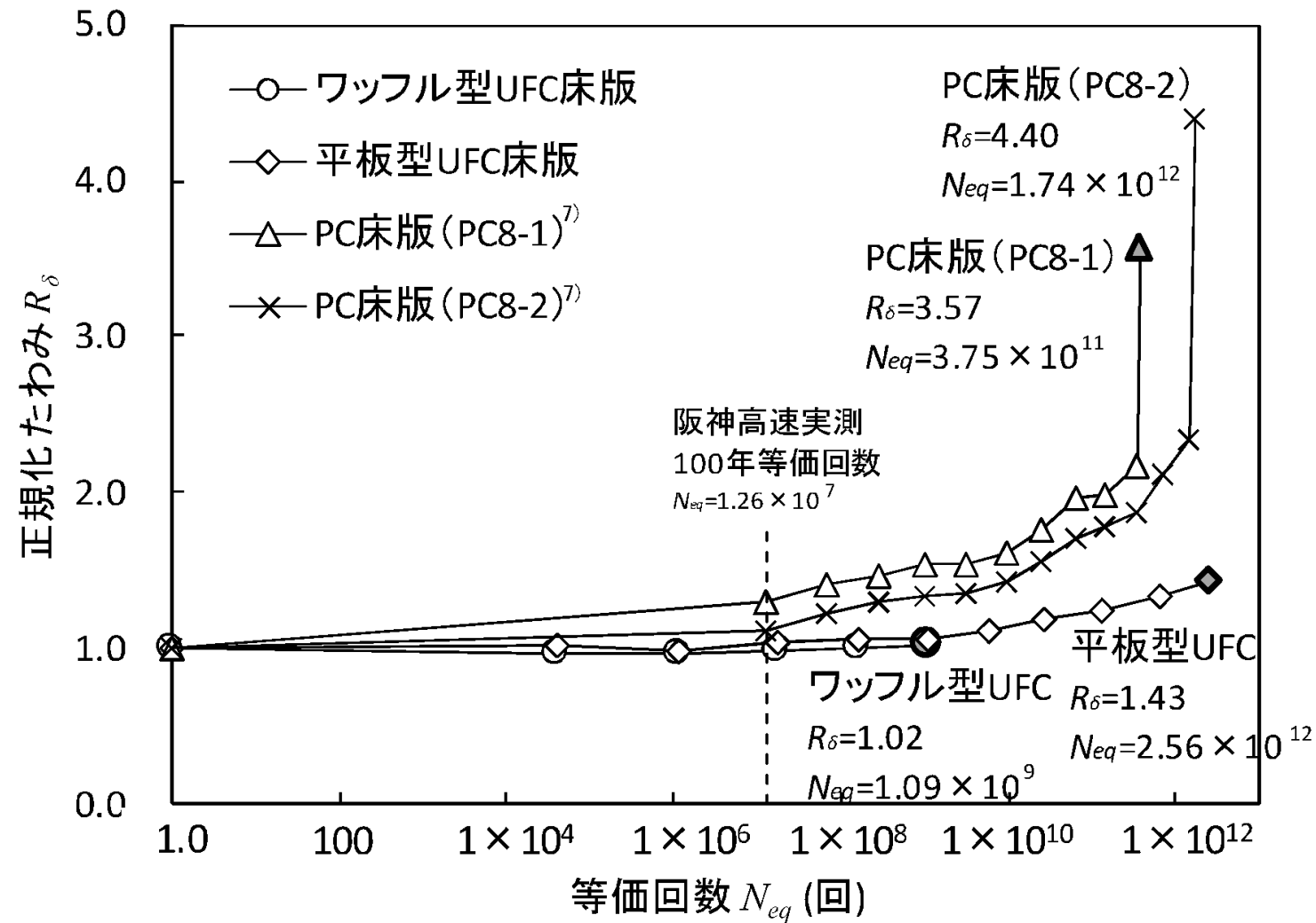
- ① 高耐久化による安心と快適
- ② 軽量化による環境負荷の低減
- ③ プレキャスト化による生産性向上
- ④ 新たな橋梁景観の創出



輪荷重走行試験
(土木研究所 輪荷重走行試験機)

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

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

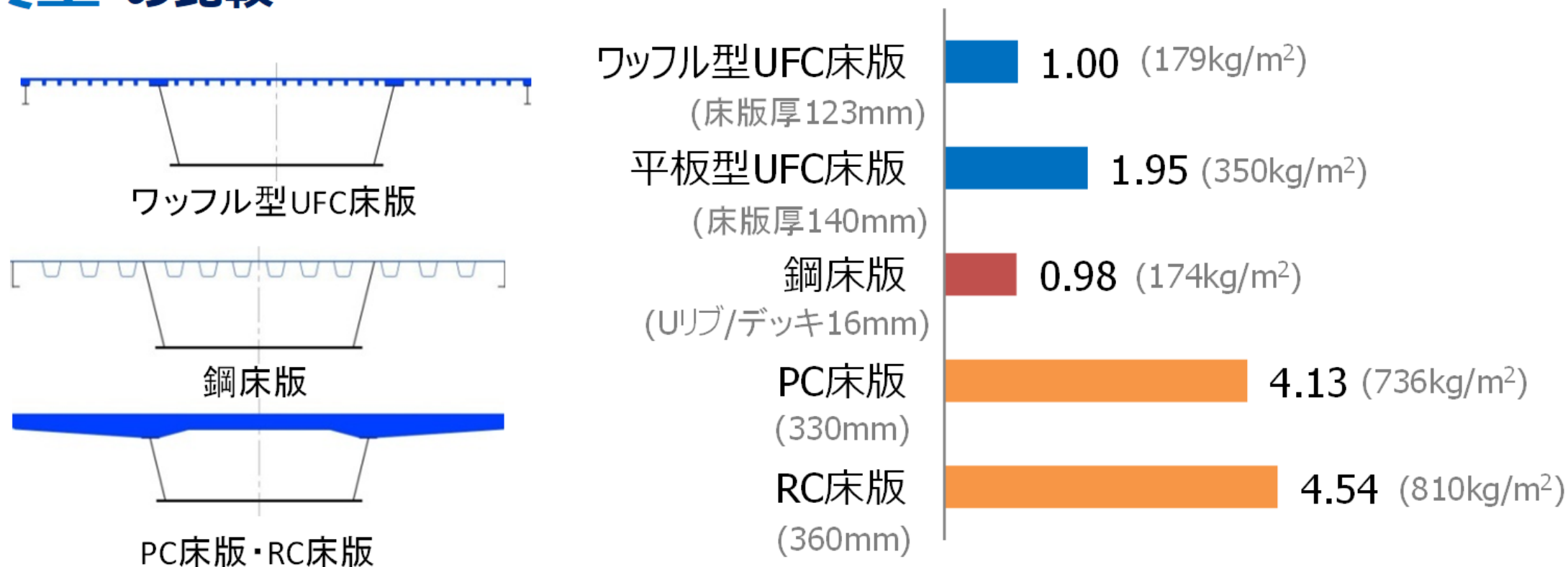
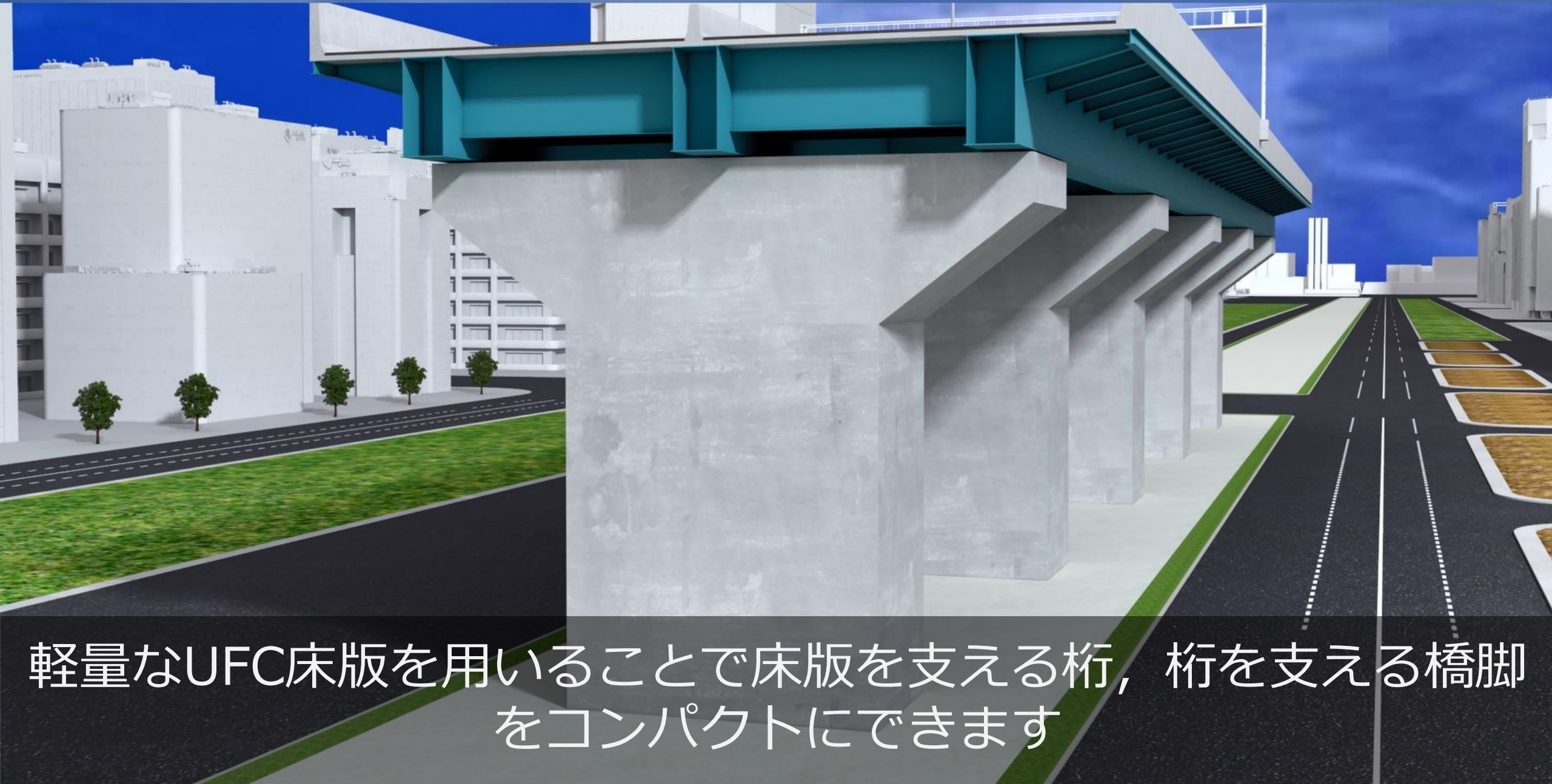


図 床版質量の比較

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

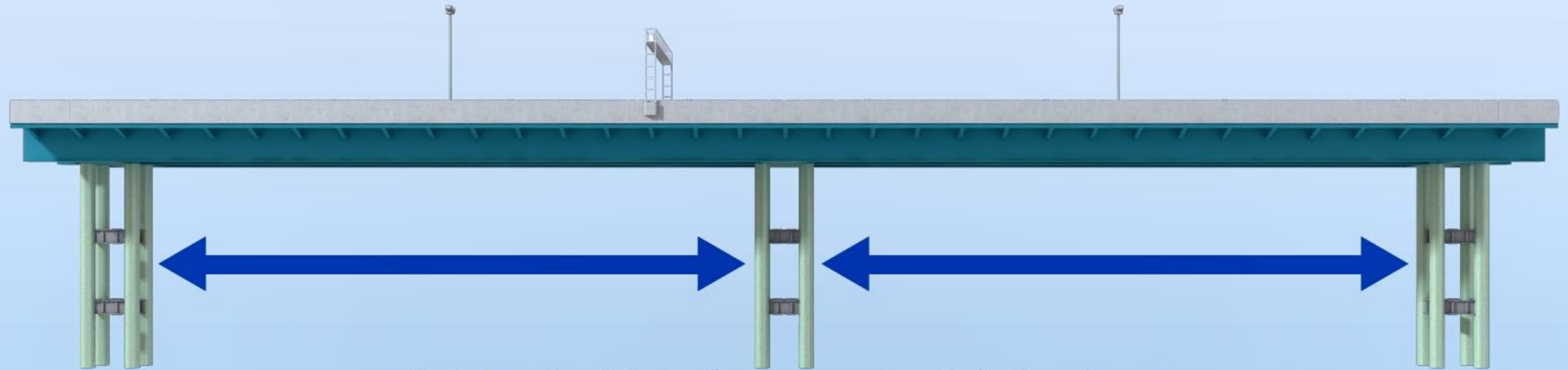


軽量なUFC床版を用いることで床版を支える桁，桁を支える橋脚をコンパクトにできます

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



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

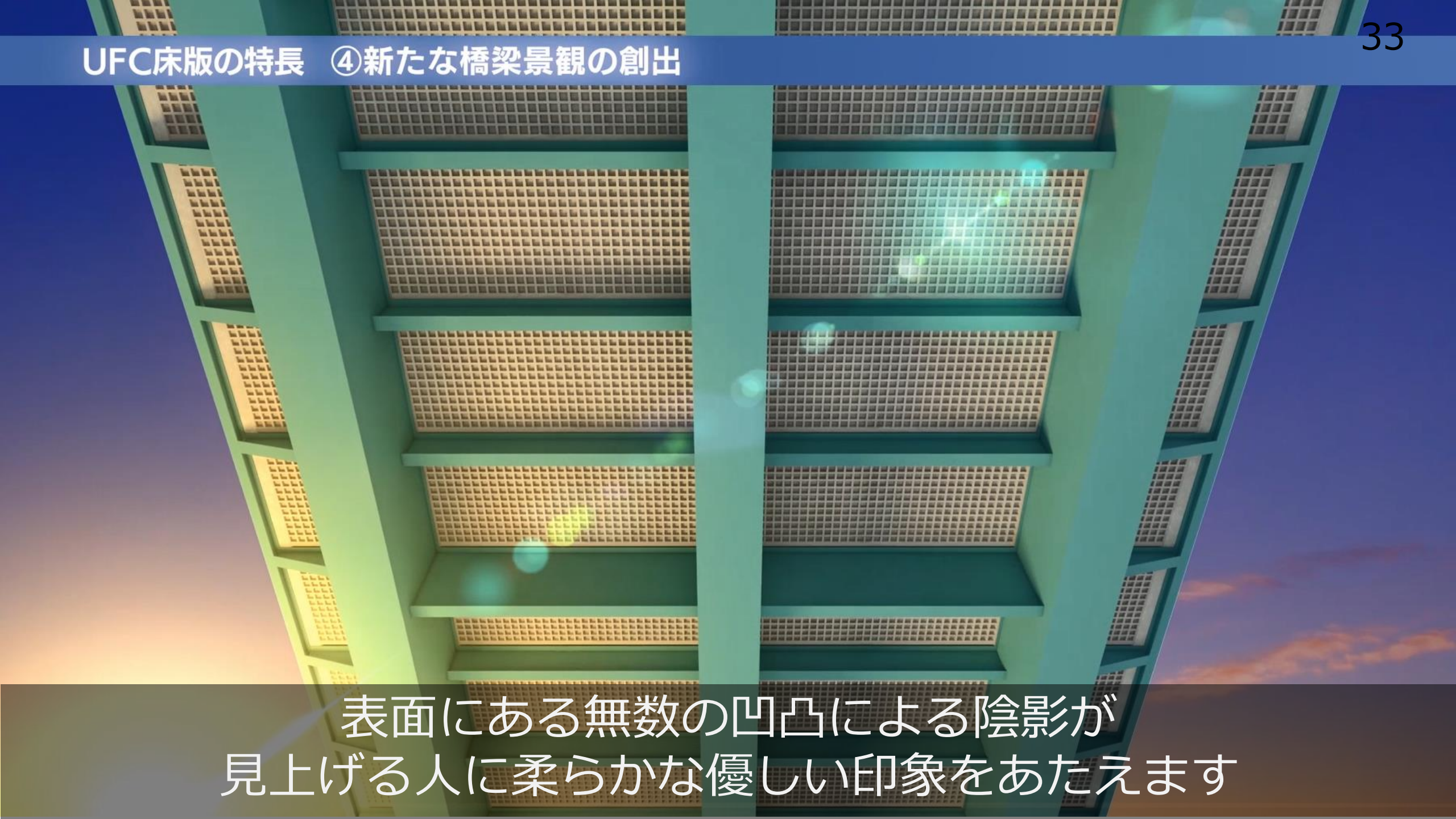


UFC床版は工場で製作するプレキャスト製品です
高品質な製品として効率よく安定して生産できます



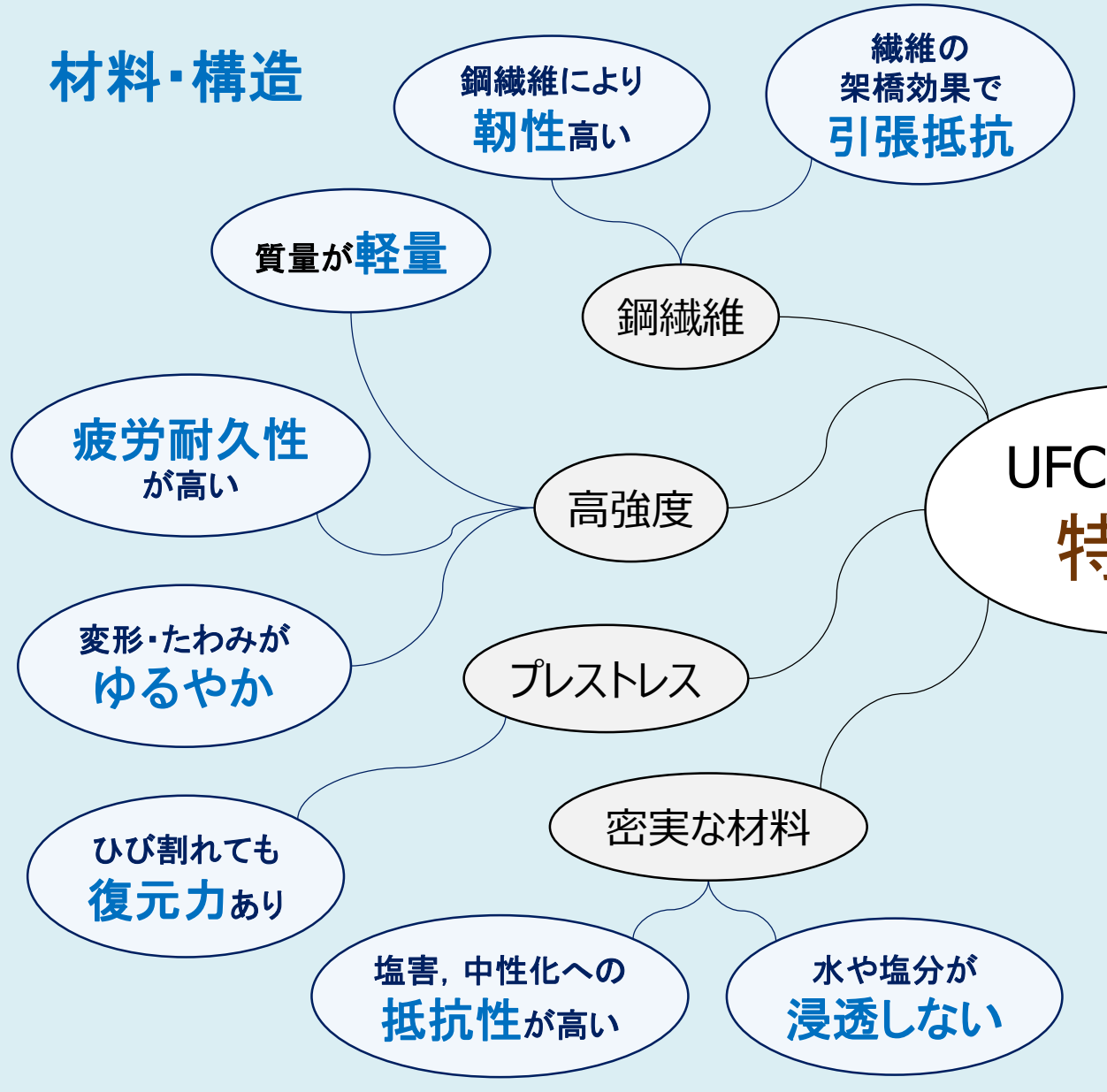
また、現場の機械化も進み、
生産性が向上し日本が抱える労働者不足の問題にこたえます

UFC床版の特長 ④新たな橋梁景観の創出

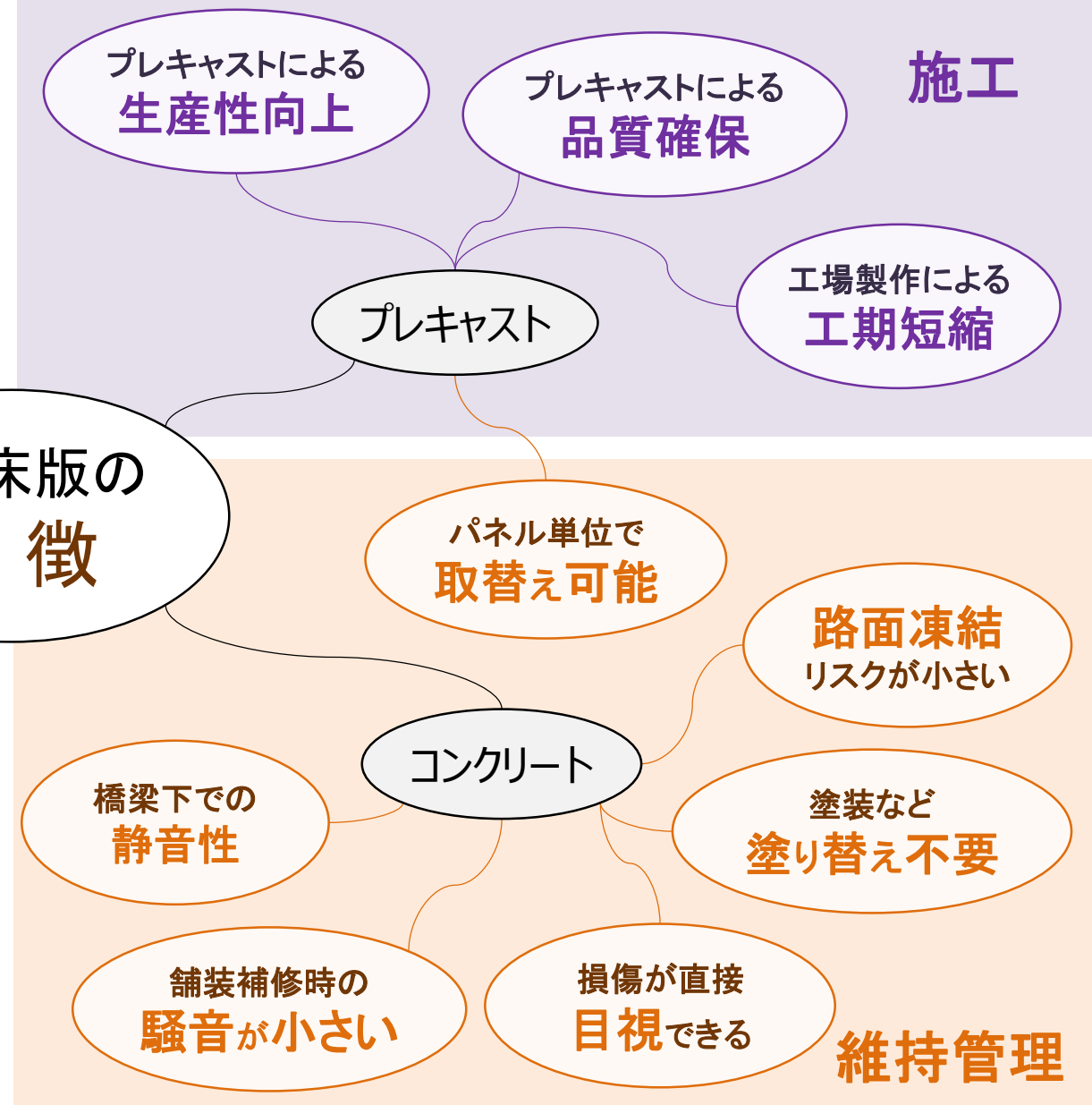


表面にある無数の凹凸による陰影が見上げる人に柔らかな優しい印象をあたえます

材料・構造



施工



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	○(繊維の影響)	◎	▲(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]

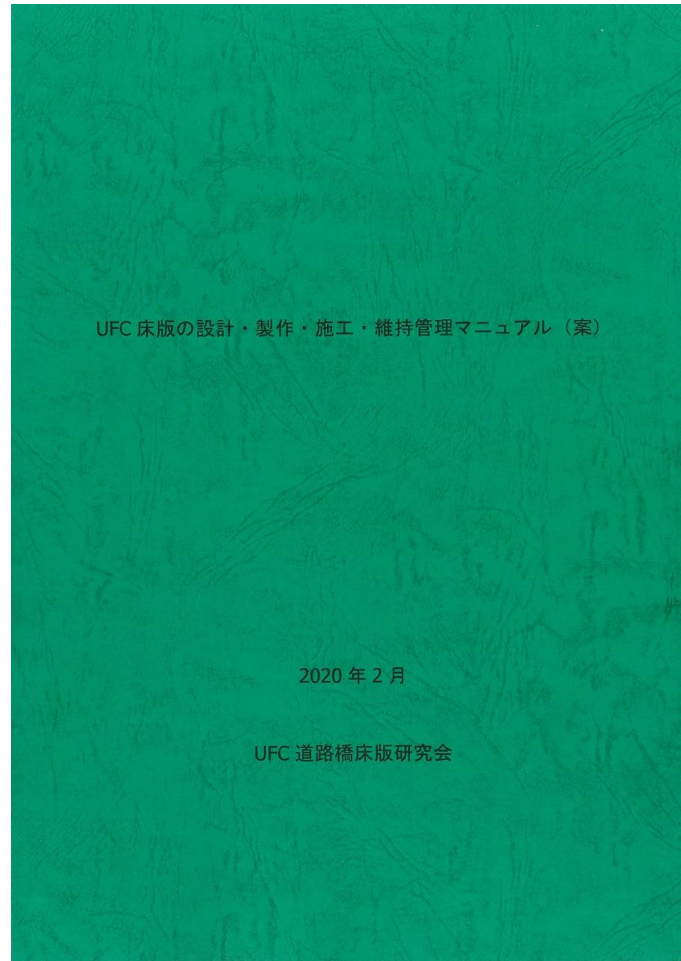
	新技術 U F C 床 版	従来技術 プレキャスト P C 床 版	活用効果 向上程度
経済性	60,431,250 円	68,452,500 円	11.72 %
工程	25 日	36 日	30.56 %

	項目	仕 様	数量	単位	単価	金 額
U F C 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 P C 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

U F C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 舗装

4章 製作・施工

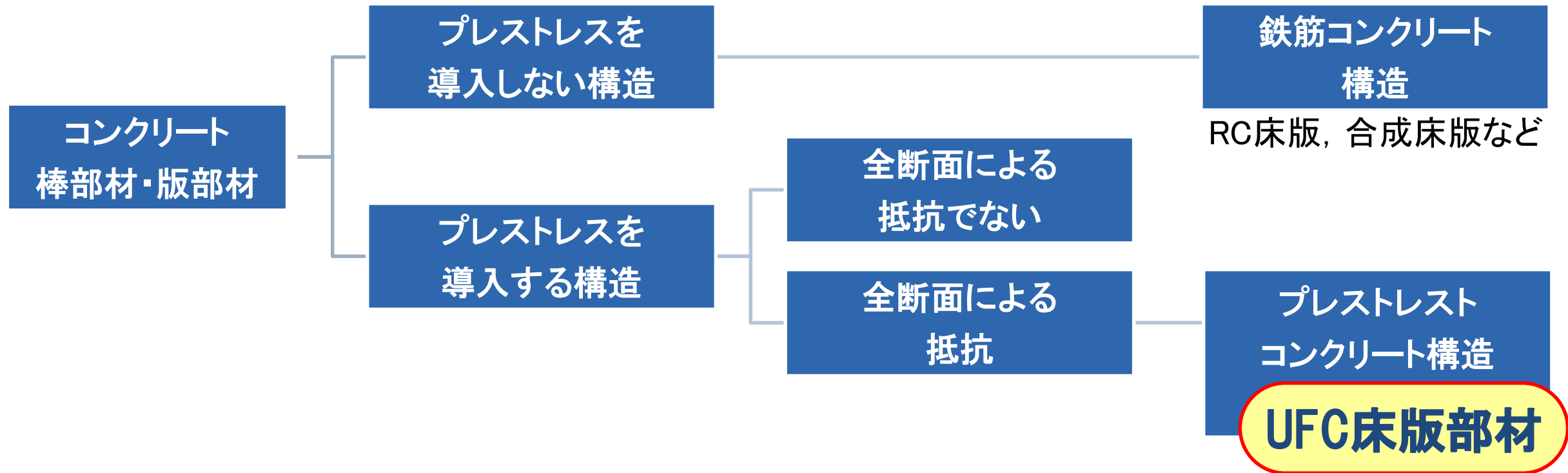
4.1 製作， 4.2 施工， 4.3 床版取替え， 4.4 舗装

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）

U F C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
 - ❶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
 - ❷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
 - ❸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

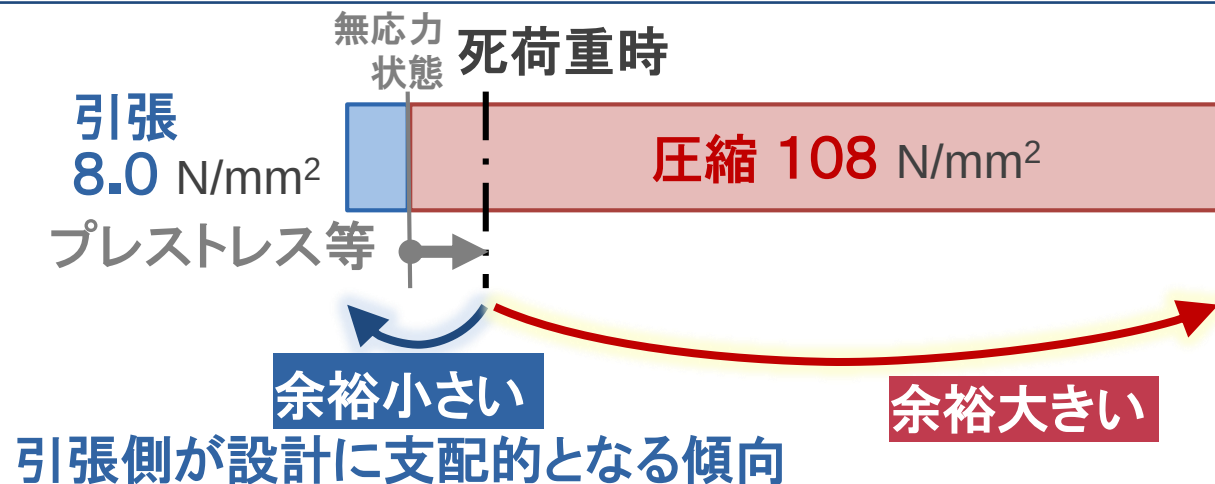
- ❶耐荷性能 → UFC材料, ワッフル型および平板型の構造を踏まえて照査する
- ❷変形の抑制 → 鋼床版と同程度以下, 又は, 変形の影響について検討する
- ❸疲労耐久性 → 輪荷重走行試験により確認する

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) f_{crd} : 割裂ひび割れ発生強度の特性値 ※ 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
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 〕	
斜め引張応力度	8.0 N/mm ² (= f_{crd})	



- 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

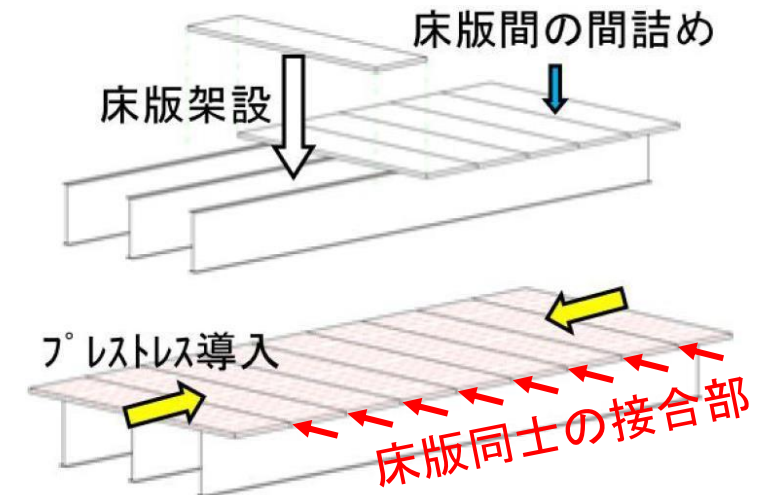
① 耐荷性能（制限値）

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

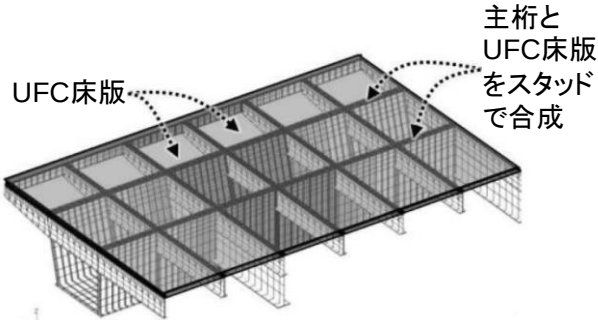
➤ 床版同士の接合部はプレキャスト部材の接合部と同様に、引張応力が生じないように設計する

→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	● 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	● 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	
	部 材	モデル化に関する要件
	UFC床版	● 立体要素でモデル化
	床版を支持する鋼桁	● シェル要素でモデル化
	UFC床版内のPC鋼材	● 線要素でモデル化
	ずれ止め用の孔	● 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



FEM解析モデルの例

- 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

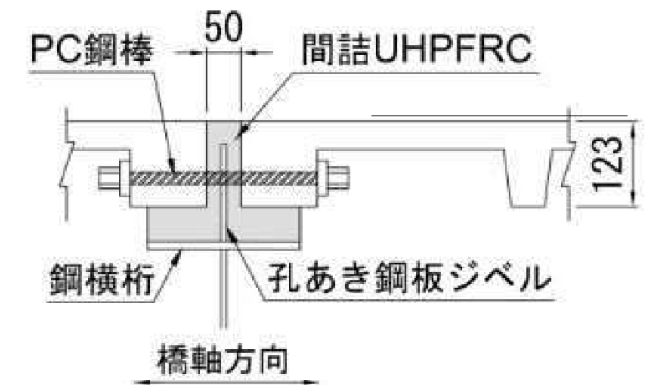
3.5.5 そりに対する配慮

- 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



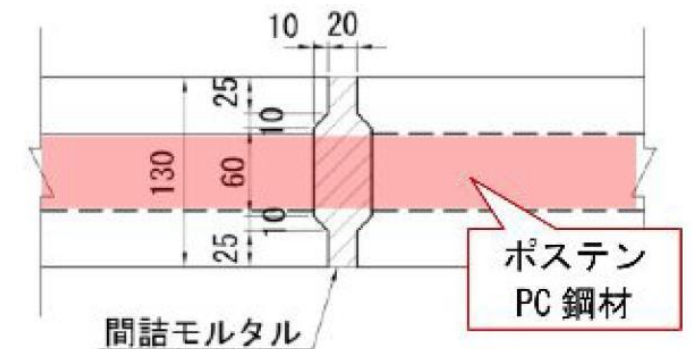
ワッフル型UFC床版の接合部の構造

① 耐荷性能（床版作用）

3.7 平板型UFC床版

3.5.2 一般	● 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	● 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	● 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



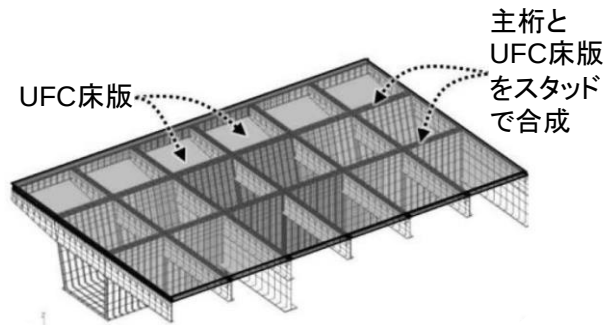
平板型UFC床版の接合部の構造

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

3.6.3 解析モデル

- 3次元FEM解析により算出を基本とする



3.7 平板型UFC床版を有する桁構造

3.7.3 解析モデル

- 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)

- **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)押し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。)

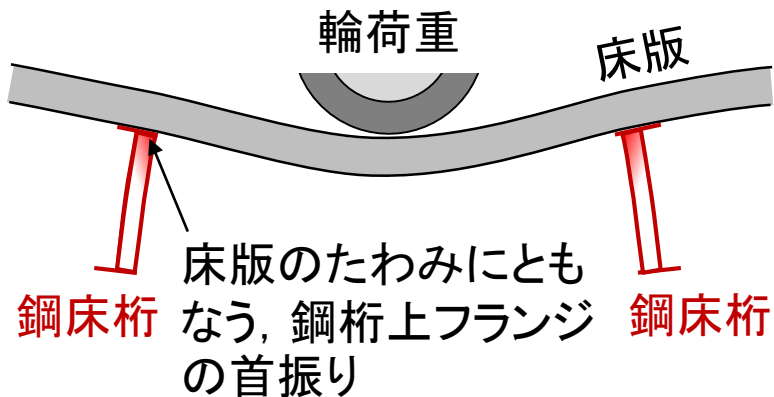
② 変形の抑制（制限値）

3.4 応力およびたわみの制限値

3.4.5 たわみ

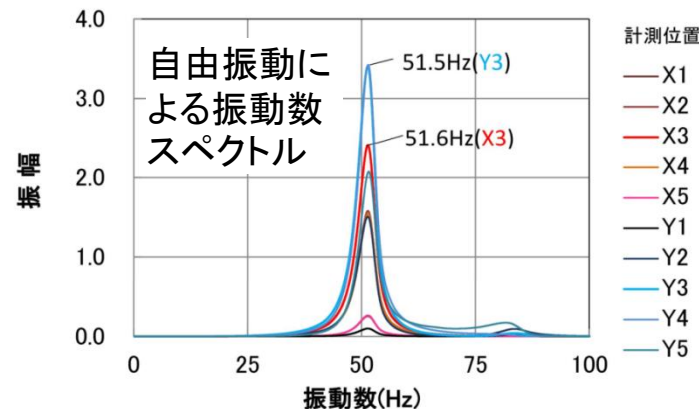
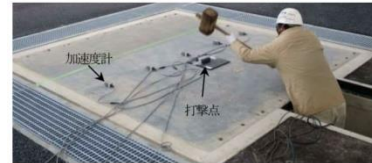
同程度の床版支間を有する鋼床版のたわみ以下とする，もしくは
鋼桁への影響，車輛の走行性，振動および舗装の耐久性への影響について検討により機能が確保できることを確認

■ 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)

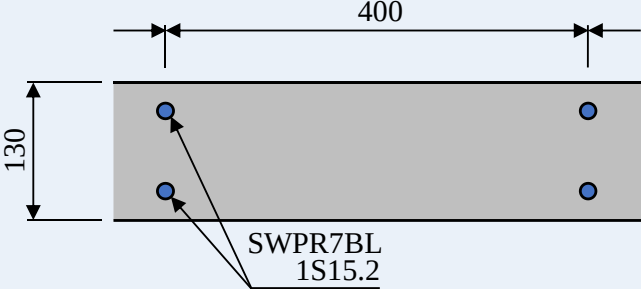
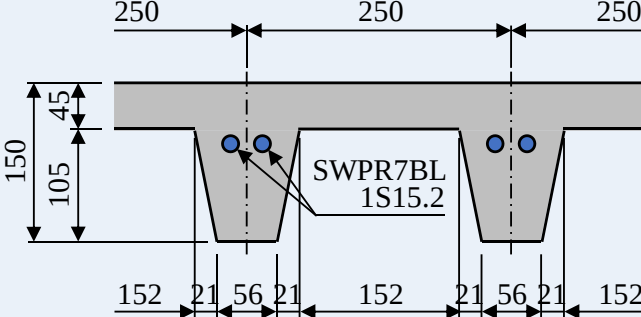
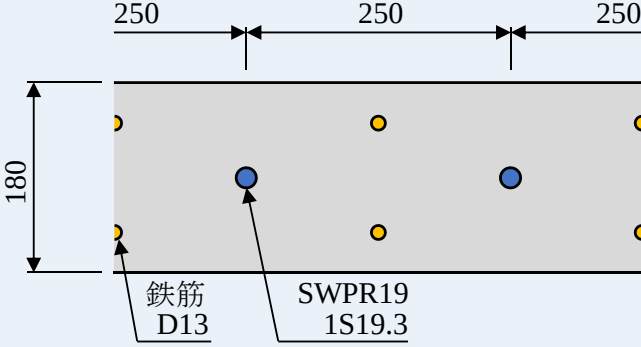
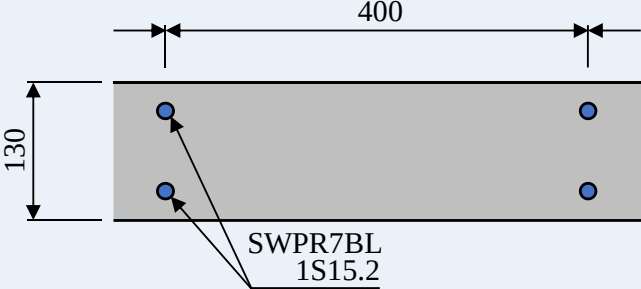
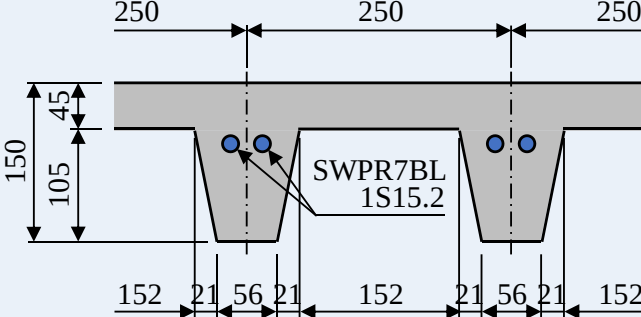
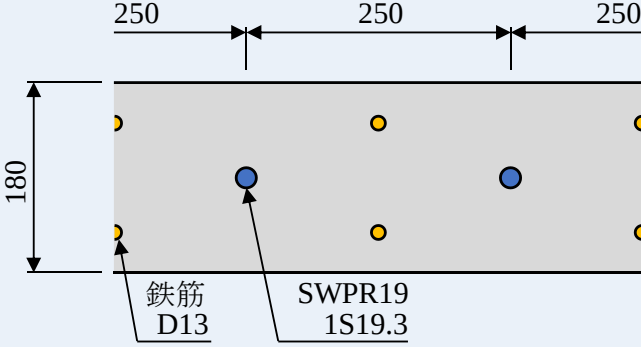
- 床版の変形に対して走行性，舗装の耐久性，鋼桁の疲労について照査を行うことを規定



UFC床版の振動実験

② 変形の抑制（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	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) 	$t = 150\text{mm}$ (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) 	$t = 180\text{mm}$ $L = 2.5\text{m}$ (車両進行方向に直角) 
			
設計荷重による 床版応力度 *1	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)	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)	D+Lで引張を許容しない (H8道示に基づく設計)
床版の 曲げ剛性 EI	$8,100\text{ kN}\cdot\text{m}^2/\text{m}$ (PC床版の55%)	$6,000\text{ kN}\cdot\text{m}^2/\text{m}$ (PC床版の41%)	$14,600\text{ kN}\cdot\text{m}^2/\text{m}$

たわみ 1.8 倍程度

たわみ 2.4 倍程度 *2

*1 : D+PS+L

*2 : 2方向版を考慮しない場合

③ 疲労耐久性

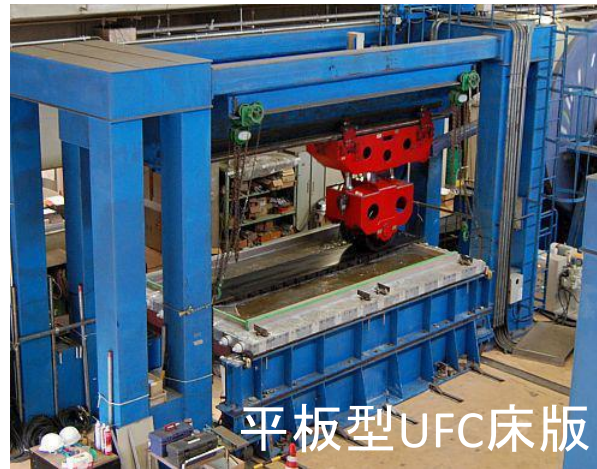
3.1 一般

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。



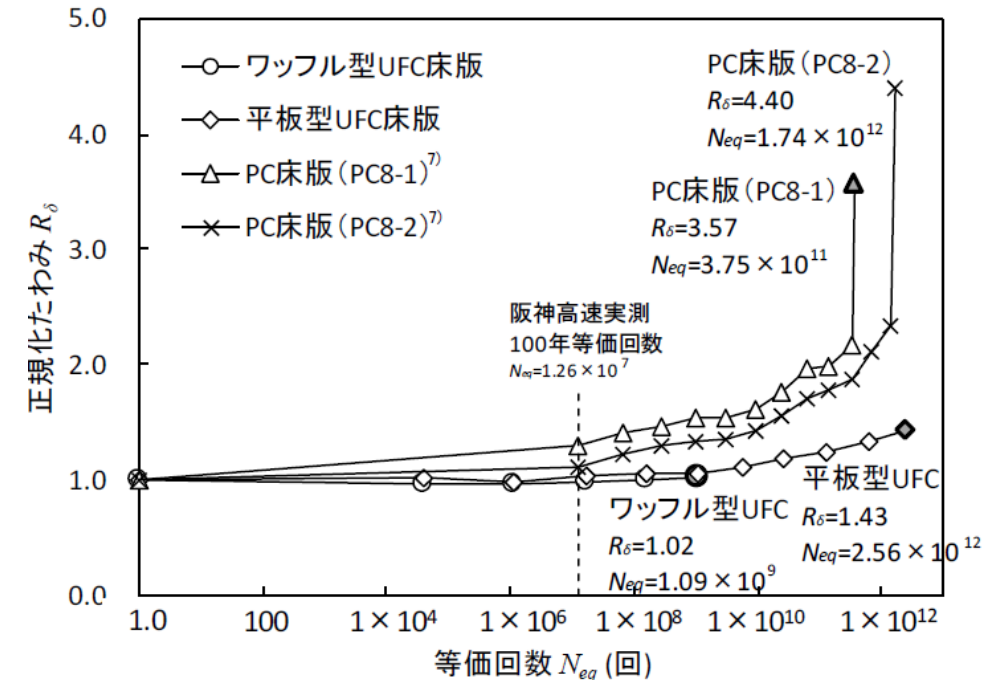
ワッフル型UFC床版



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

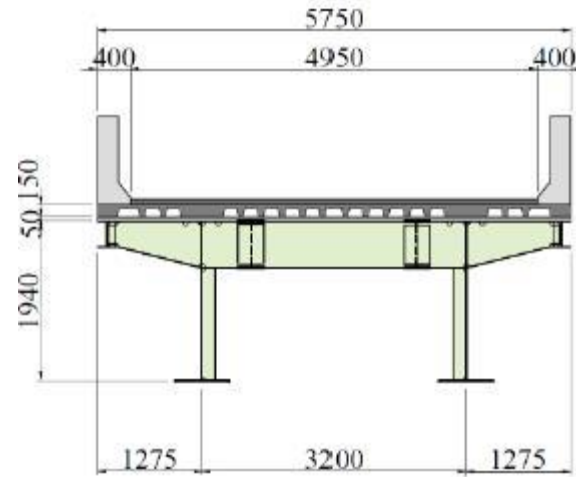


輪荷重走行試験による
疲労耐久性の比較

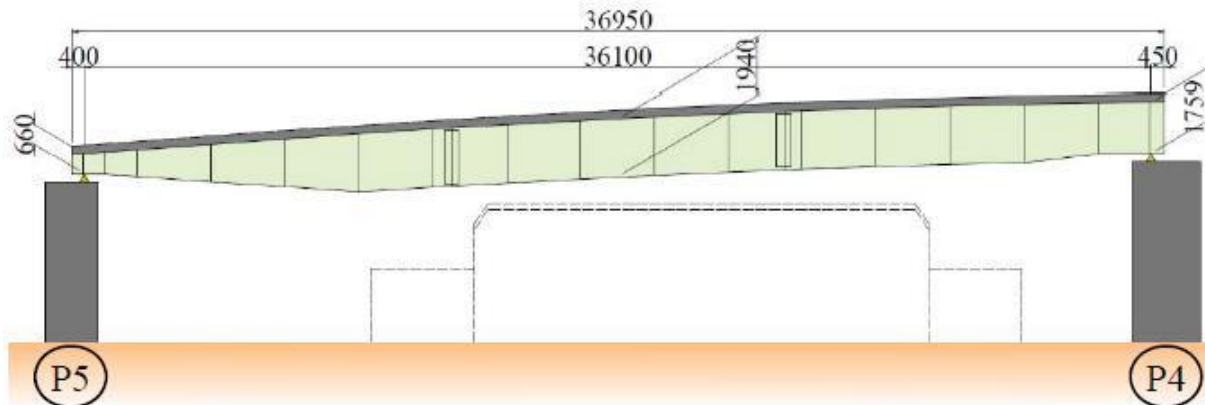
ワッフル型UFC床版の設計例

構造形式：鋼単純合成2主鈑桁橋
 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

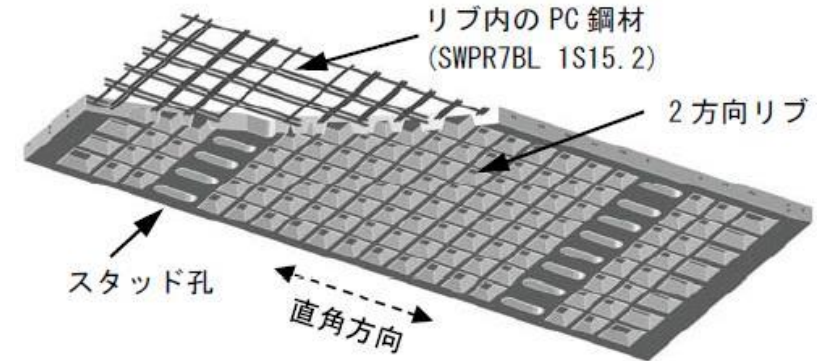


断面図

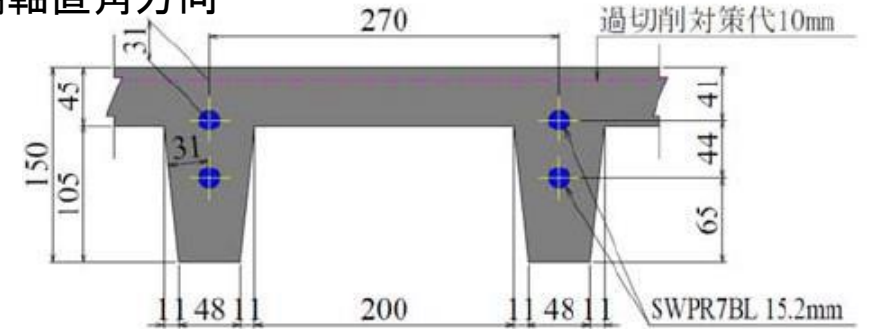


側面図

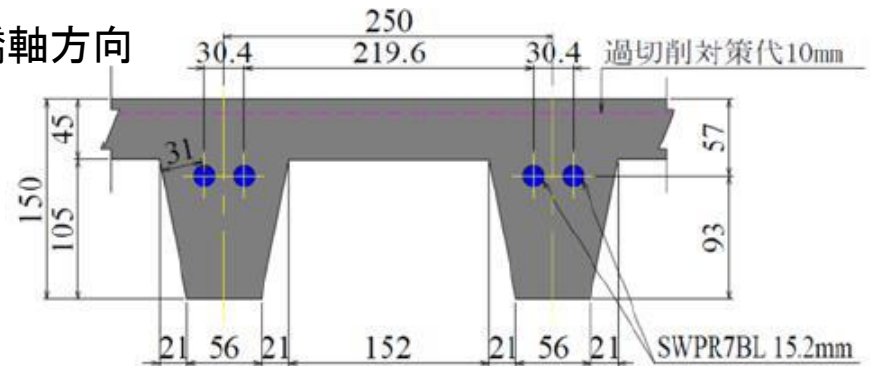
ワッフル型UFC床版



橋軸直角方向

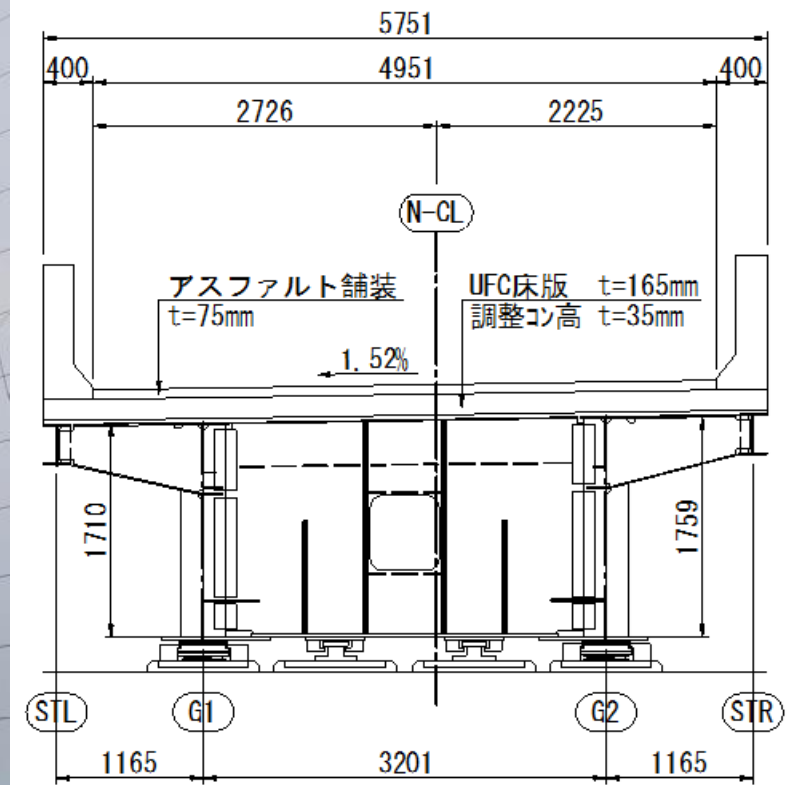


橋軸方向



2020年1月完成

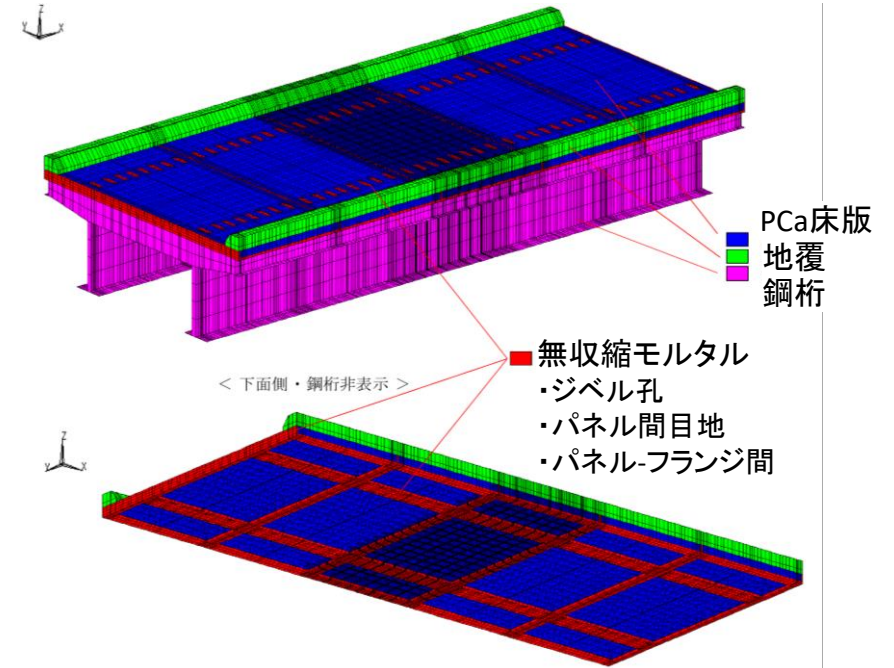
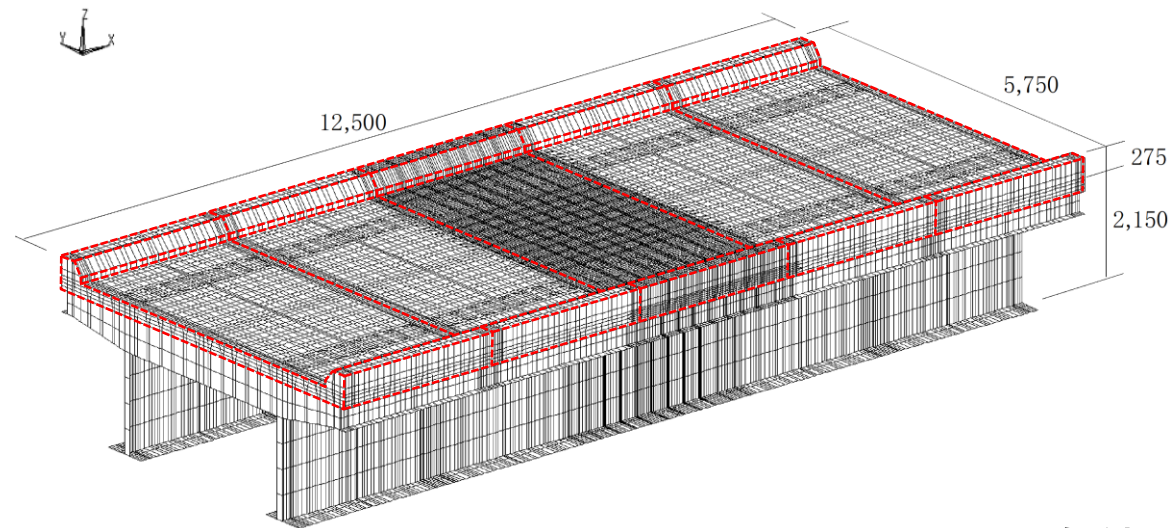
52



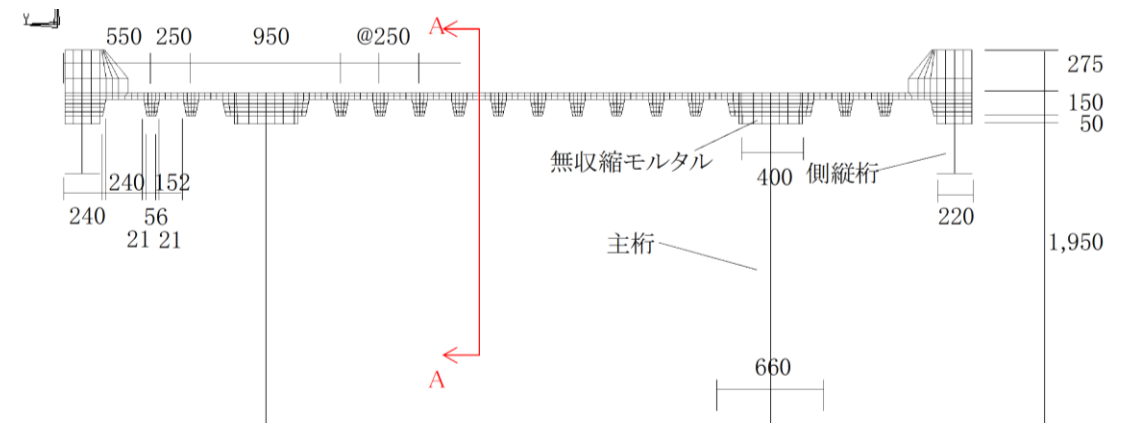
阪神高速道路1号環状 信濃橋入路（新設橋）

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



解析モデルの材料区分

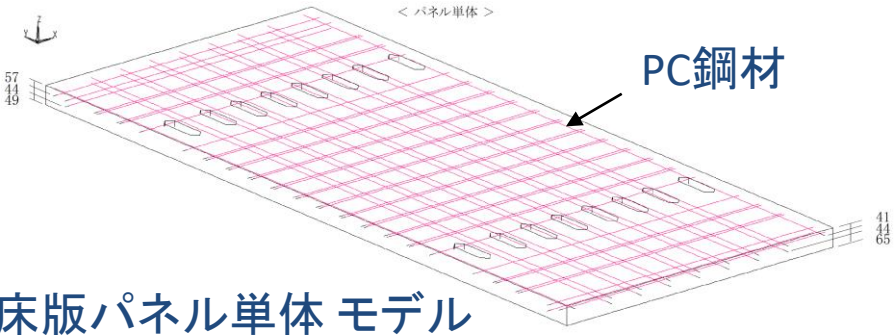


全体モデル

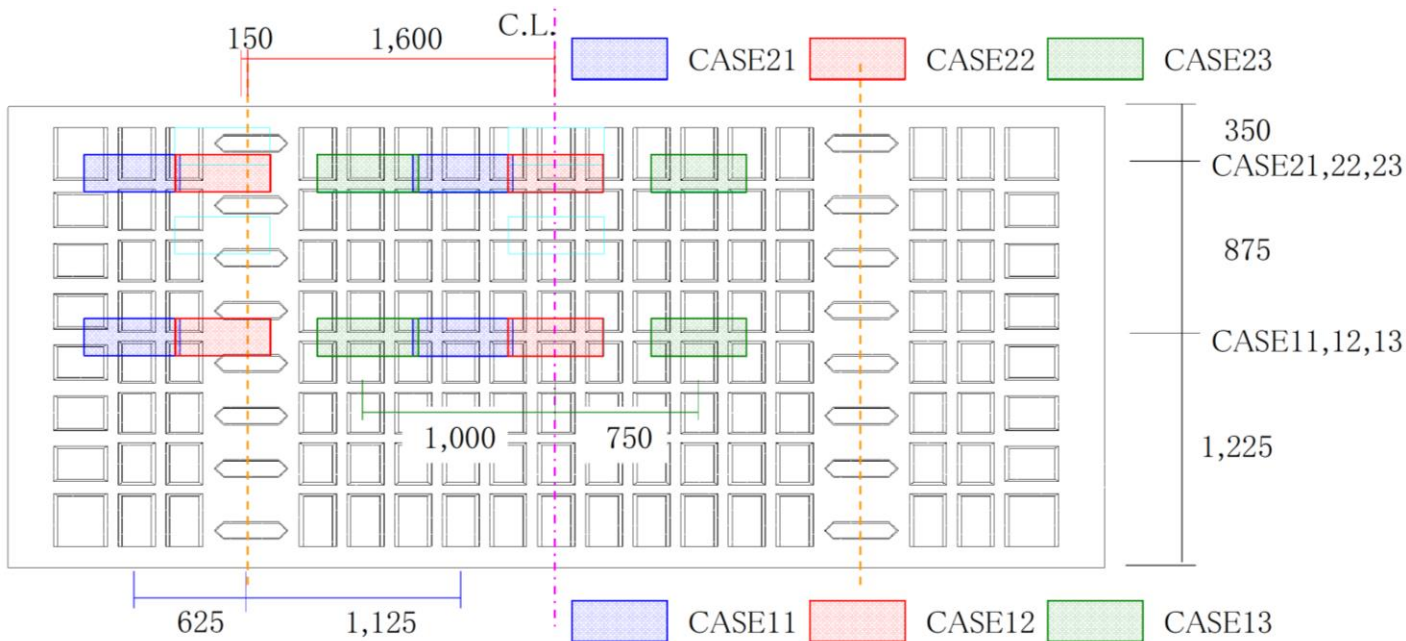
ワッフル型UFC床版の設計例

■ 設計荷重と境界条件

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



■ 活荷重の載荷



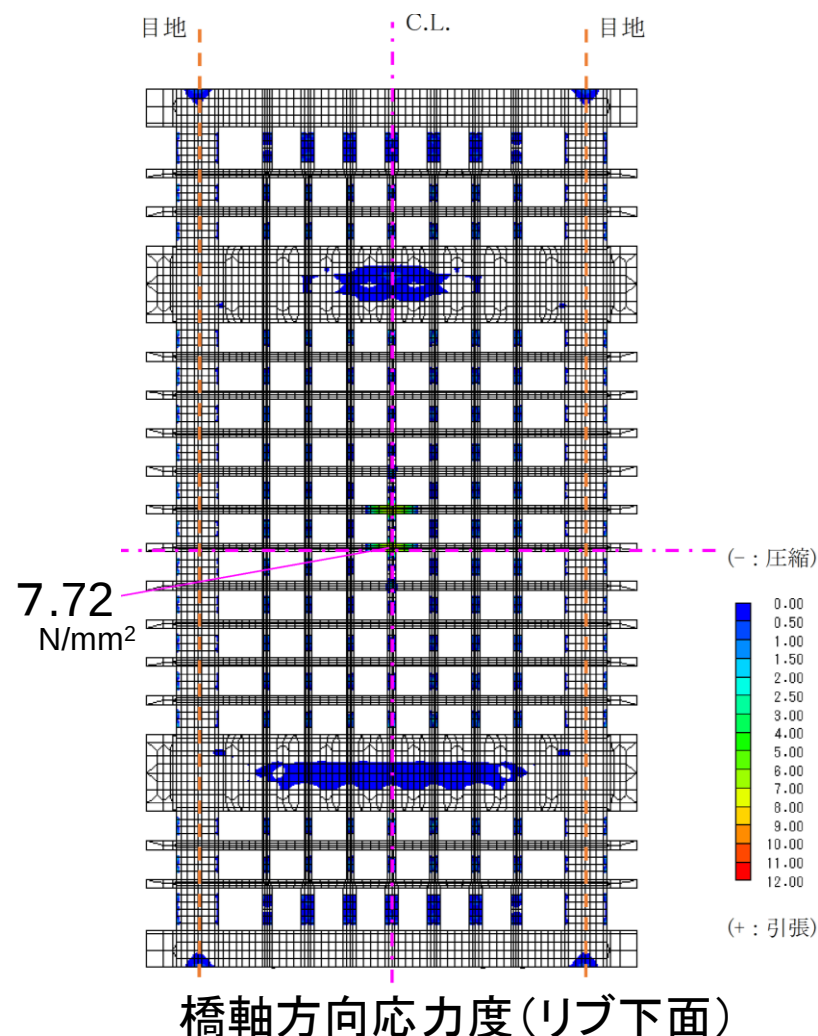
床版各部に対して最も不利となる位置にT荷重を載荷(8ケース)

$100\text{kN} \times 1.38(\text{衝撃係数}) \times 1.1(\text{安全係数※}) = 1.52\text{kN/1輪}$

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

今後の課題

- ✓ 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 など

UFC床版の設計

ご清聴ありがとうございました