

2017 年 6 月制定
2020 年 2 月改定
2023 年 10 月改定

UFC 床版の設計・製作・施工・維持管理マニュアル（案）

2023 年 10 月

UFC 道路橋床版研究会

注意事項

- [1] 本マニュアル（電子ファイルおよび紙資料）は、UFC 道路橋床版研究会の会員会社（以下、会員）以外には配布しないで下さい。
- [2] 会員以外に配布または提示等の必要がある場合は、下記リストの丸印をつける幹事会社または事務局担当会社に扱いを確認して下さい。
- [3] 会員の会社内で配布する場合は、配布先に本注意事項を説明し遵守して頂くようにお願いします。

UFC 道路橋床版研究会 会員（2023 年 10 月現在）

会員リスト <http://www.ufcdeck.com/member.html>

特別会員

西日本高速道路㈱
○阪神高速道路㈱
●(一財)阪神高速先進技術研究所

オリエンタル白石㈱

○鹿島建設㈱
カジマ・リノベイト(株)
清水建設㈱
昭和コンクリート工業(株)

一般会員

建設コンサルタント
㈱オリエンタルコンサルタンツ
㈱建設技術研究所
㈱綜合技術コンサルタント
大日本ダイヤコンサルタント㈱
○中央復建コンサルタンツ㈱
中央コンサルタンツ㈱
㈱長大
○日本工営㈱

大成建設課 b
東洋建設㈱
ドーピー建設工業(株)
○㈱富士ピー・エス
○三井住友建設㈱
製造会社
㈱技建
ケイコン(株)
日本コンクリート工業(株)

建設会社
㈱IHI インフラシステム
○㈱IHI インフラ建設
エム・エムブリッジ(株)

賛助会員

㈱北川鉄工所
GCP ケミカルズ(株)
神鋼鋼線工業(株)
住電スチールワイヤー(株)
デンカ(株)
東京製綱インターナショナル(株)

(○ 幹事会社、● 事務局)

改 定 骨 子

本マニュアルは 2017 年 6 月に制定され、2020 年 2 月に改定されている。今回、2023 年 10 月の改定においては、主に下記の事項に関する内容を改定した。

1. 複数の UFC の適用を前提とした表記

UFC 床版の研究開発においては、共同研究者が保有するエトリンガイト生成系 UFC（以下、AFt 系 UFC）を用いて実施してきたことから、これまで本マニュアルでは、AFt 系 UFC を前提とし、物性値等はサクセム研究会のサクセムマニュアルを準用してきた。

2022 年 7 月に RPC 系 UFC（ダクトタル）を扱う会社が UFC 道路橋床版研究会に入会されたことを踏まえ、当研究会の第 5 回技術委員会（2022 年 12 月）で最密充填コンクリート系 UFC（以下、RPC 系 UFC）を用いた UFC 床版について議論した。その結果、土木学会の「超高強度繊維補強コンクリートの設計施工指針（案）」（以下、UFC 指針）の定義にあてはまる UFC による床版は UFC 床版としてよいこととし、床版として検証が必要な性能（水張り状態での疲労耐久性など）については、別途、試験を実施して確認することとなった。

RPC 系 UFC の物性値については、土木学会の UFC 指針に記載がある。それぞれの材料を用いた UFC 床版としての性能は同等といえるが、UFC 材料自体の物性値は若干異なるため、本マニュアルの各項の物性値の表記は、複数の UFC の適用を前提とした表記として「使用する UFC に応じて設定する」とし、参考資料に AFt 系 UFC と RPC 系 UFC の諸物性値の比較表を添付することとした。

2. 接合部における使用材料

改定前のマニュアル(案)においては、床版同士の接合部、および床版同士の接合部には、無収縮モルタル、膨張コンクリートまたは場所打ち UFC を用いることとしていたが、UFC 床版としての耐久性および、施工実績（信濃橋入路橋、守 S20 橋）等を踏まえ、超高強度繊維補強モルタル（以下、UHPFRC）である「間詰め UHPFRC」を用いることとした。間詰め UHPFRC は現場で打設し蒸気養生しないため、UFC とは区別し間詰め UHPFRC と呼称することとした。

また、ワッフル型 UFC 床版同士の接合部について、改定前のマニュアルでは、輪荷重走行試験時の供試体の構造を参考に高力ボルトを用いることとしていたが、施工実績（信濃橋入路）を踏まえ PC 鋼棒を使用することとした。

2023 年 10 月
技術委員会 事務局・運営部会

目 次

1 章 総則	1
1.1 適用の範囲	1
1.2 用語の定義	4
1.3 記号の説明	6
参考文献	7
2 章 計画	8
2.1 一般	8
2.2 要求性能	9
2.3 床版構造の計画	10
2.4 上部構造の計画	12
2.5 施工に関する検討	15
2.6 維持管理に関する検討	17
参考文献	18
3 章 設計	19
3.1 一般	19
3.1.1 設計の基本方針	19
3.1.2 疲労耐久性の照査	19
3.2 荷重	23
3.2.1 一般	23
3.2.2 死荷重	23
3.2.3 活荷重	23
3.2.4 衝撃	26
3.2.5 プレストレス力	26
3.2.6 収縮およびクリープの影響	26
3.2.7 温度変化の影響	27
3.3 使用材料	28
3.3.1 UFC	28
3.3.2 間詰め UHPFRC	28
3.3.3 PC 鋼材	29
3.3.4 頭付きスタッド	29
3.3.5 設計に用いる材料定数	30
3.4 応力およびたわみの制限値	31
3.4.1 一般	31
3.4.2 UFC	31
3.4.3 コンクリートおよび間詰め UHPFRC	31
3.4.4 PC 鋼材	32

3.4.5 たわみ	32
3.4.6 床版同士の接合部	33
3.5 ワッフル型 UFC 床版	34
3.5.1 適用の範囲	34
3.5.2 一般	34
3.5.3 床版の形状	35
3.5.4 解析モデル	36
3.5.5 そりに対する配慮	38
3.5.6 床版同士の接合部	38
3.6 ワッフル型 UFC 床版を有する桁構造	40
3.6.1 適用の範囲	40
3.6.2 一般	40
3.6.3 解析モデル	40
3.7 平板型 UFC 床版	42
3.7.1 適用の範囲	42
3.7.2 一般	42
3.7.3 床版の厚さ	43
3.7.4 解析モデル	43
3.7.5 床版同士の接合部	45
3.8 平板型 UFC 床版を有する桁構造	47
3.8.1 適用の範囲	47
3.8.2 一般	47
3.8.3 解析モデル	47
3.9 鋼桁とのずれ止め	48
3.10 構造細目	52
3.10.1 かぶり, あき	52
3.10.2 耐久性への配慮	53
3.10.3 維持管理への配慮	54
3.11 現場施工部	56
3.11.1 伸縮装置	56
3.11.2 排水装置	57
3.11.3 壁高欄	58
3.12 床版取替え	59
3.13 舗装	61
3.13.1 一般	61
3.13.2 床版防水層	62
3.13.4 保護層	63
参考文献	65

4 章 製作・施工.....	66
4.1 製作.....	66
4.1.1 一般.....	66
4.1.2 型枠装置.....	66
4.1.3 PC 鋼材の配置	67
4.1.4 PC 鋼材の緊張	68
4.1.5 打込み・養生.....	69
4.1.6 プレストレスの導入.....	71
4.1.7 品質管理・検査.....	71
4.1.8 保管・運搬.....	72
4.2 施工.....	73
4.2.1 一般.....	73
4.2.2 床版の架設.....	73
4.2.3 鋼桁とのずれ止め.....	74
4.2.4 ワッフル型 UFC 床版同士の接合.....	75
4.2.5 平板型 UFC 床版同士の接合.....	76
4.2.6 場所打ち部分との接合.....	77
4.2.7 場所打ち UFC	78
4.2.8 施工管理・検査.....	78
4.3 床版取替え	79
4.4 舗装	80
参考文献	81
5 章 維持管理.....	82
5.1 一般	82
5.2 点検	83
5.3 性能評価	86
5.4 補修	87
5.5 更新	88
5.6 記録	89
参考文献	90
参考資料 Aft 系 UFC と RPC 系 UFC の物性等.....	91

1章 総則

1.1 適用の範囲

- (1) UFC 床版の設計・製作・施工・維持管理マニュアル（案）（以下、マニュアル）は、超高強度繊維補強コンクリート（以下、UFC）を用いた UFC 道路橋床版（以下、UFC 床版）の設計、製作、施工ならびに維持管理に適用する。鉄道橋に適用する場合には、別途、鉄道橋床版としての固有の検証を行わなければならない。
- (2) UFC とは、**超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針（案）1.1(2)**の条件を満たすコンクリートである。
- (3) 本マニュアルは、**UFC 指針 1.1(2)**の条件を満たす UFC を用いた UFC 床版を対象とする。
- (4) 本マニュアルは、橋軸方向を床版支間とするワッフル型 UFC 床版と、橋軸直角方向を床版支間とする平板型 UFC 床版に適用する。前述と異なる方向を床版支間とする場合は、床版本体や接合部に輪荷重が与える影響を数値解析および実験によって検討しなければならない。
- (5) 本マニュアルに規定していない事項は、次の示方書、指針、マニュアル、便覧を適用するものとし、それらの適用については各章において明示する。
- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I 共通編、II 鋼橋編、III コンクリート橋編、平成 24 年 3 月（以下、**道示 I**、**道示 II**、**道示 III**）
 - 2) 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）、平成 16 年 9 月（以下、**UFC 指針**）
 - 3) 土木学会：コンクリート標準示方書（設計編）、平成 25 年 3 月（以下、**コン示**）
 - 4) 土木学会：鋼構造物設計指針 PART B、平成 9 年 5 月（以下、**鋼構造物設計指針**）
 - 5) 土木学会：鋼・合成構造標準示方書（設計編）、平成 28 年 7 月（以下、**合成示方書**）
 - 6) 土木学会：複合構造標準示方書（設計編）、平成 27 年 5 月（以下、**複合示方書**）
 - 7) サクセム研究会：サクセム設計・施工マニュアル（案）、平成 20 年 3 月（以下、**サクセムマニュアル**）
 - 8) プレストレストコンクリート工学会：高強度 PC 鋼材を用いた PC 構造物の設計施工指針、平成 23 年 6 月（以下、**高強度 PC 指針**）
 - 9) プレストレストコンクリート建設業協会：JIS による道路橋用プレキャスト床版設計・製造便覧、平成 22 年 6 月（以下、**プレキャスト床版便覧**）
 - 10) 日本道路協会：道路橋床版防水便覧、平成 19 年 3 月（以下、**床版防水便覧**）
- (6) 本条文に示した示方書、指針、マニュアル、便覧のほかに、必要があればその他の示方書、JIS 規格、および高速道路会社等の設計要領、基準等を用いるものとする。ただし、それぞれの規定の適用条件や技術的な背景を十分に把握した上で適用しなければならない。

【解説】

- (2) **UFC 指針 1.1(2)**の条件は、圧縮強度の特性値が 150N/mm^2 以上、ひび割れ発生強度の特性

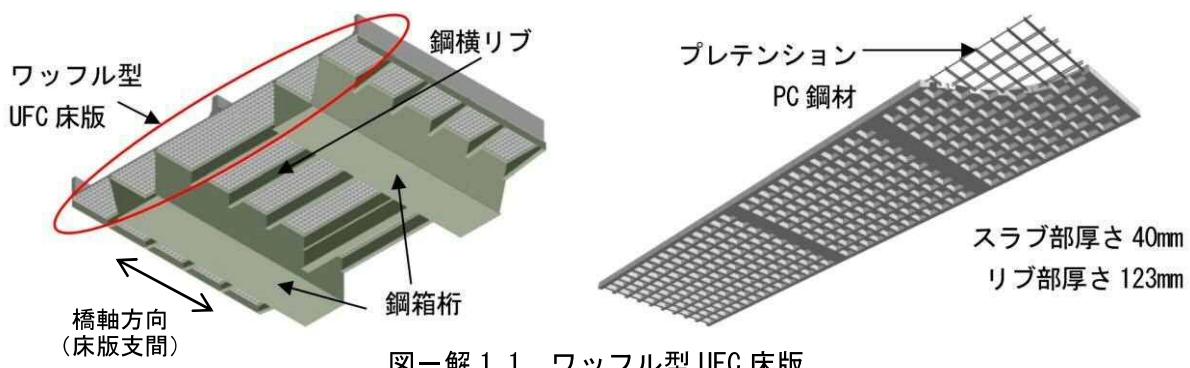
値が 4N/mm^2 以上および引張強度の特性値が 5N/mm^2 以上のセメント質複合材の硬化体である。また、UFC のマトリクスは、粒径 2.5mm 以下の骨材、セメント、ポゾラン材から構成され、水セメント比は 0.24 以下、引張強度 $2 \times 10^3\text{N/mm}^2$ 以上、直径 0.1~0.25mm、長さ 10~20mm の補強用繊維を 2vol.% 以上混入したものを標準としている。鋼繊維および硬化前の UFC を写真一解 1.1 に示す。なお、製作にあたっては熟養生を行うことを標準としている。



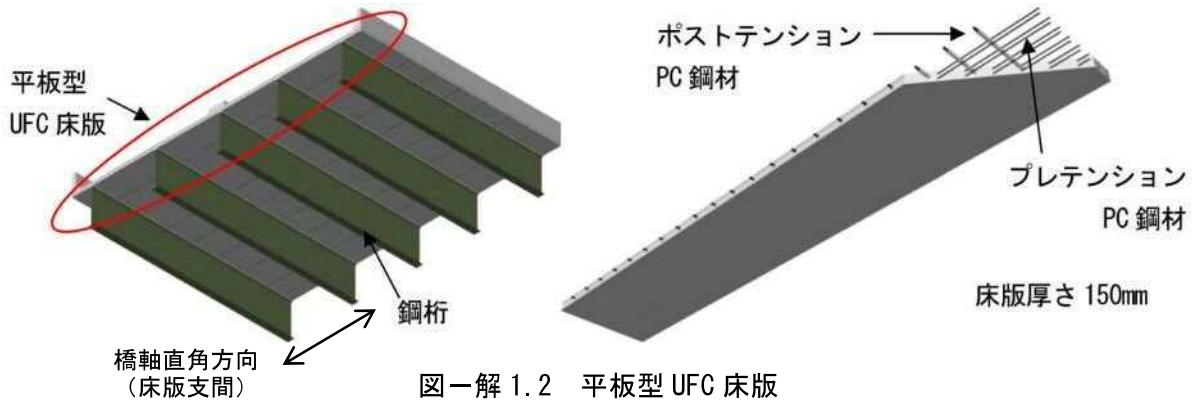
写真一解 1.1 鋼繊維および硬化前の UFC

- (4) UFC 床版は、超軽量で床版厚の小さい格子状のリブのあるワッフル型 UFC 床版（図一解 1.1）と、軽量な平板型 UFC 床版（図一解 1.2）の 2 種類がある。

ワッフル型 UFC 床版は、鋼桁、鋼縦桁、鋼縦リブに橋軸方向に支持され、鋼横リブ、鋼横桁により直角方向に支持される。平板型 UFC 床版は、鋼主桁により橋軸方向に 2 辺支持され、床版支間は橋軸直角方向である。本マニュアルでは、これらワッフル型 UFC 床版の床版支間を橋軸方向、平板型 UFC 床版の床版支間を橋軸直角方向に適用する場合を対象とした。



図一解 1.1 ワッフル型 UFC 床版



図一解 1.2 平板型 UFC 床版

手引きにおいて本文（枠内）に用いられる末尾に置く字句の代表事例と、その意味するところは表一解 1.1 のとおりである。

表一解 1.1 末尾に置く字句の意味

末尾に置く字句	手引きにおける意味
……する。 ……とする。 ……ものとする。 ……しなければならない。	理論上または実際上の明確な根拠に基づく規定または規格や取扱いを統一する必要性から設けた規定。 よほどはっきりした理由がない限り当該規定に従わなければならない。
……を原則とする。 ……を標準とする。 ……を基本とする。	周囲の状況等によって一律に規制することはできないが、実用上の必要から設けた規定。したがって、規定の趣旨を逸脱しない範囲であれば、必ずしも当該規定に従う必要はない。

(5) 本技術資料の道路橋示方書 平成 29 年 11 月版 対応は、試設計及び実施設計の実績を踏まえて適宜改訂を進める。

1.2 用語の定義

本マニュアルでは、次のように用語を定義する。

UFC 床版：UFC で形成され、プレストレスが導入されたプレキャスト製の道路橋床版。

ワッフル型 UFC 床版：橋軸方向および橋軸直角方向にプレテンション方式でプレストレスが導入された UFC 床版。スラブと格子状のリブで構成されるワッフル形状の床版。

平板型 UFC 床版：橋軸直角方向にプレテンション方式でプレストレスが導入され、橋軸方向にポストテンション方式でプレストレスが導入された UFC 床版。平板形状の床版。

スラブ：ワッフル型 UFC 床版上部の版状の構造部分。

リブ：スラブを下面から格子状に補剛する構造部分。

縦リブ：リブのうち、道路に平行な方向（橋軸方向）に配置された構造部分。

横リブ：リブのうち、道路に直角方向（橋軸直角方向）に配置された構造部分。

縁縦リブ：縦リブのうち、UFC 床版の両端に配置された構造部分。

主桁縦リブ：縦リブのうち、鋼主桁に直接支持される構造部分。

縦桁縦リブ：縦リブのうち、鋼縦桁に直接支持される構造部分。

中間縦リブ：縦リブのうち、縁縦リブ、主桁リブおよび縦桁リブ以外で、鋼部材に直接支持されない構造部分。

縁横リブ：横リブのうち、UFC 床版の両端に配置され、鋼横桁あるいは鋼横リブに直接支持される構造部分。

中間横リブ：横リブのうち縁横リブ以外で、鋼横桁あるいは鋼横リブに直接支持されない構造部分。

接合部：UFC 床版同士または UFC 床版と他の部材（鋼桁、壁高欄、伸縮装置等）を接合する構造部分。

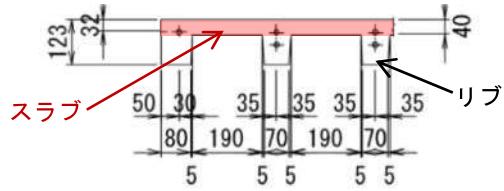
間詰め UHPFRC：床版を架設する場所（プレキャスト床版の工場以外）で、練混ぜ、打込み、養生する超高強度繊維補強モルタル（UHPFRC）。UFC 床版では接合部等の間詰めに使用する事から本マニュアルでは間詰め UHPFRC と呼称する。

AFt 系 UFC：エトリンガイト生成系の UFC。AFt 系 UFC の設計や施工に用いる物性等はサクセムマニュアルを参照のこと。

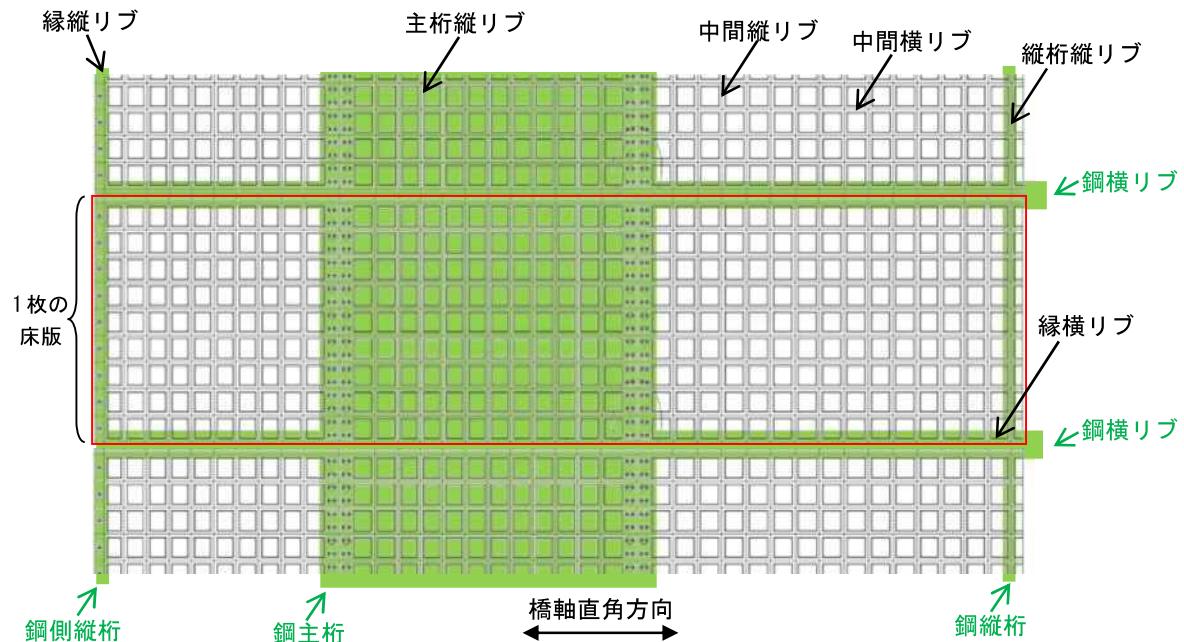
RPC 系 UFC：反応性粉体由来の UFC。RPC 系 UFC の設計や施工に用いる物性等は UFC 指針を参照のこと。

【解説】

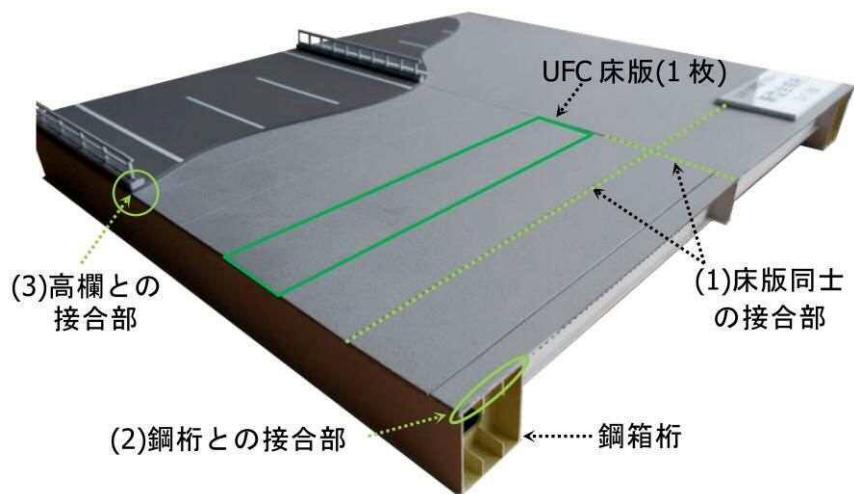
手引きで対象とする 2 種類の UFC 床版として、ワッフル型 UFC 床版と平板型 UFC 床版を定義した（図一解 1.1、図一解 1.2）。UFC 床版の各構造部分を図一解 1.3 および図一解 1.4 に示す。接合部を図一解 1.5 に示す。



図一解 1.3 ワッフル型 UFC 床版の断面図 (単位 : mm)



図一解 1.4 ワッフル型 UFC 床版の平面図



図一解 1.5 接合部

1.3 記号の説明

(1) 手引きでは、UFC 床版の設計に用いる記号を次のように定める。

E_c	: UFC の弾性係数
E_s	: 緊張材の弾性係数
f_{ck}	: UFC の圧縮強度の特性値
f_{crd}	: UFC の設計ひび割れ発生強度
f_{tk}	: UFC の引張強度の特性値
f_{vd}	: UFC の斜めひび割れ直角方向の設計引張強度
L_{eq}	: 等価検長
P_e	: 緊張材の導入緊張力
P_{ed}	: 緊張材の有効引張力
V_{yd}	: 設計せん断耐力
V_{rPCd}	: 補強用繊維が分担分を除いたせん断補強鋼材を用いない棒部材の設計せん断耐力
V_{fd}	: 補強用繊維により受け持たれる設計せん断耐力
V_{wcd}	: 腹部コンクリートのせん断に対する設計斜め圧縮破壊耐力
w_{1k}	: 引張軟化曲線においてひび割れ発生後、一定応力を保持できる開口変位
w_{2k}	: 引張軟化曲線においてひび割れ発生後、引張応力が 0 となる開口変位
z	: 圧縮応力の合力の作用位置から引張鋼材の図心までの距離
α_p	: 軸方向緊張材が部材軸となす角度
β_u	: 軸方向と斜めひび割れ面のなす角度
β_0	: 軸力を受けない場合の斜めひび割れが部材軸から 45° 傾いた直線となす角度
τ	: 設計断面力による平均せん断応力度
$\sigma'_{xu}, \sigma'_{yu}$: 軸方向および軸直角方向の平均圧縮応力
ν_c	: UFC のポアソン比
ν_s	: 緊張材のポアソン比

(2) その他の記号については、コン示に従うものとする。

(3) 応力度およびひずみは引張を正とし、圧縮を負とする。

【解説】

UFC 床版の性能照査に用いる記号のうち主なものを定めた。

参考文献

- 1) 土木学会：超高強度繊維補強コンクリート（UFC）道路橋床版に関する技術評価報告書，技術推進ライブラリー，No. 17，2015/7.

2章 計画

2.1 一般

- (1) 計画では、UFC 床版に要求する性能の設定と、その性能を合理的に満足できるように、UFC 床版タイプ（ワッフル型、平板型）を適材適所の観点で選定し、主要寸法の設定、PC 鋼材の配置等を要求性能に応じて検討しなければならない。
- (2) 計画では、設計耐用期間中の安全性、使用性および復旧性を満足し、施工、維持管理等を考慮して総合的に検討しなければならない。

【解説】

- (1) 対象橋梁ごとに UFC 床版に要求する性能が異なるため、UFC 床版に要求する性能を整理し設定する必要がある。

UFC 床版のタイプとしては、超軽量で床版厚の小さいワッフル型 UFC 床版（図一解 1.1）と、軽量な平板型 UFC 床版（図一解 1.2）の 2 種類のタイプがあり、要求性能を合理的に満足できるように、UFC 床版のタイプを適材適所の観点で選定しなければならることとした。

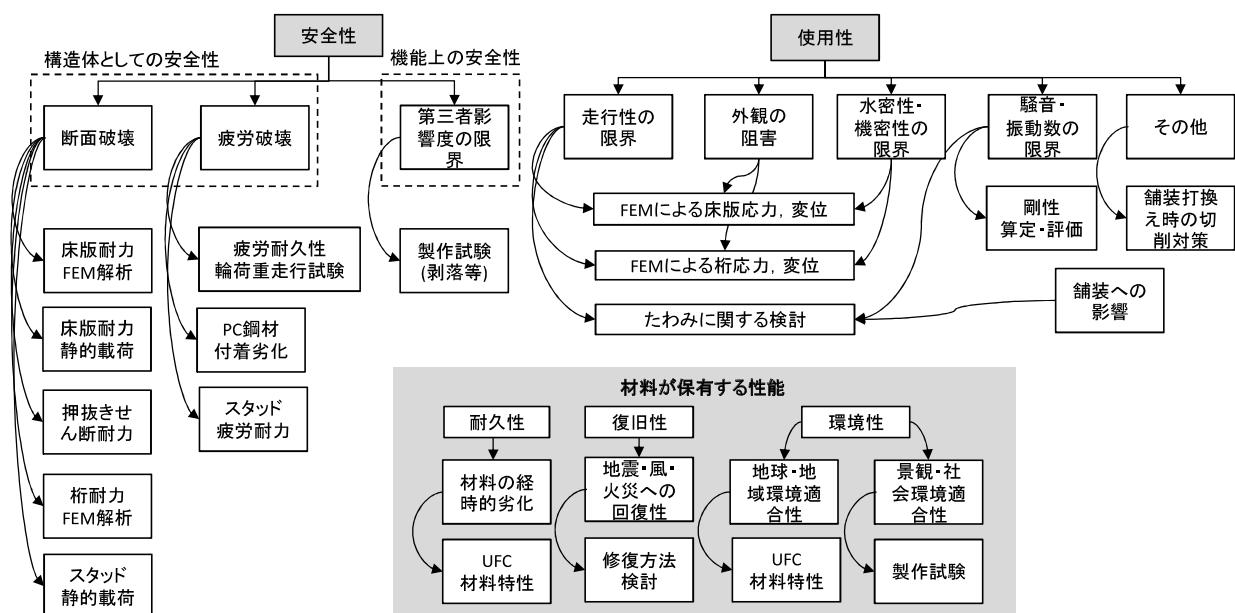
- (2) UFC 床版の設計耐用年数は、既往の試験結果より「かぶり 10mm で 300 年程度の耐用期間」が期待できる。

2.2 要求性能

- (1) UFC 床版は、施工中および設計耐用期間を通じて、使用目的に適合するために、要求性能を適切に設定しなければならない。UFC 床版の要求性能は、安全性、使用性および復旧性を設定するものとする。
- (2) UFC 床版の設計耐用期間は、橋梁の設計耐用期間に合わせることを基本する。
- (3) 計画では、安全性と使用性について検討しなければならない。
- (4) 計画では、設計耐用期間を通じて、計画どおりに交通に利用でき、利用者が安全かつ快適に使用でき、走行性、歩行性、外観等に配慮し、使用性を確保できるように検討しなければならない。
- (5) 計画では、偶発作用、変動作用および環境作用により UFC 床版が損傷を受けた場合の修復や機能回復ができるだけ容易となるように検討しなければならない。

【解説】

- (1) UFC 床版が用いられる橋梁の要求性能は、一般に、安全性、使用性および復旧性を設定するものとし、マニュアルにおける UFC 床版の要求性能として、同じ要求性能を設定することとした。
- (2) 既往の床版では床版の補修、更新等に応じて橋梁の設計耐用期間より床版の設計耐用期間を短く設定することもあるが、UFC 床版は耐久性の高い床版であるため、設計耐用期間は、橋梁の設計耐用期間に合わせることを基本とした。
- (3)～(5) UFC 床版に要求される安全性、使用性とその検討内容を図一解 2.1 に示す。ここに示す検討は、ワッフル型 UFC 床版や平板型 UFC 床版において過去に照査した内容である¹⁾。



図一解 2.1 UFC 床版の要求性能と性能照査方法

2.3 床版構造の計画

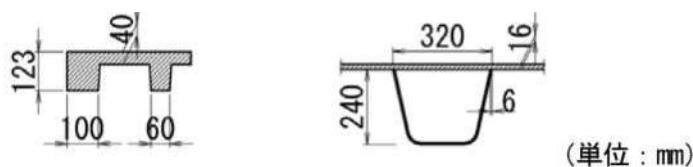
- (1) UFC 床版のリブの有無や配置については、対象橋梁の床版支間や対象橋梁の上部構造に要求される軽量性、床版の厚さ等を踏まえて計画しなければならない。
- (2) UFC 床版内に配置する PC 鋼材の種類、配置方向およびプレストレスの導入方法は、床版支間、支持条件および施工条件を踏まえて計画しなければならない。
- (3) 床版の主たる曲げモーメントの作用方向（以下、床版支間）を車両の進行方向に平行とするか直角とするかは、床版を支持する鋼桁の構成によるが、その条件を踏まえてプレストレスの導入方式（プレテンション方式またはポストテンション方式）や導入する方向を検討し決定しなければならない。

【解説】

- (1) UFC 床版の計画にあたりリブの有無あるいは配置方向については、設計対象の床版支間長や床版支間方向を踏まえて計画することとした。設計対象の上部構造に鋼床版の質量と同等の軽量さが求められる場合は、リブの有るワッフル型 UFC 床版とし、鋼床版と同等までの軽量さが求められない場合は、リブの無い平板型 UFC 床版が適するといえる。床版の質量比較を図一解 2.2、ワッフル型 UFC 床版と鋼床版の断面を図一解 2.3 に示す。



図一解 2.2 床版の質量比較（ワッフル型 UFC 床版を 1.0 とした場合の比率）



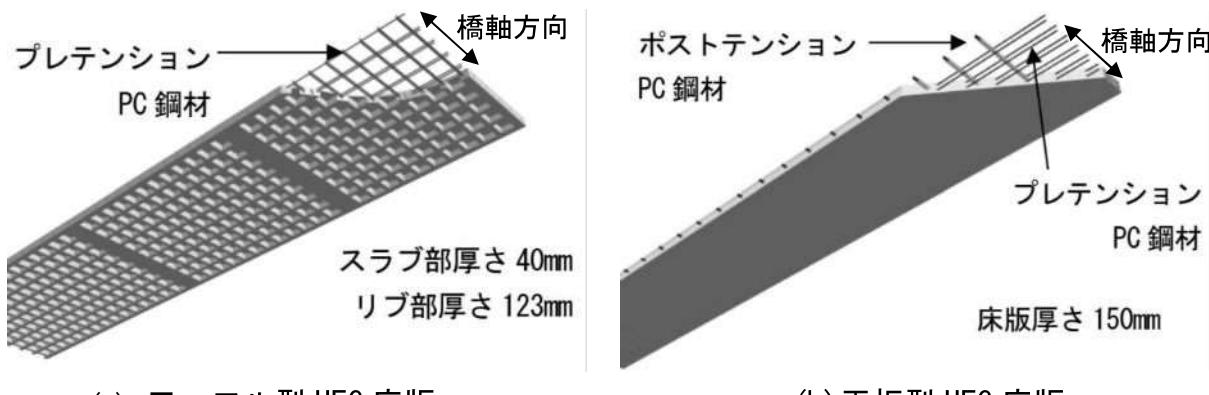
図一解 2.3 質量の比較に用いたワッフル型 UFC 床版と鋼床版の断面

- (2) 本マニュアルにおける、ワッフル型 UFC 床版と平板型 UFC 床版のプレストレス導入方式および導入する方向を表一解 2.1 および図一解 2.4 に示す。ワッフル型 UFC 床版は、橋軸方向に等間隔に配置した鋼横リブで支持される床版であり、床版支間方向は橋軸方向である。プレストレスは橋軸方向、橋軸直角方向ともプレテンション方式で導入される。

一方、平板型 UFC 床版は、鋼主桁によって支持される床版であり、床版支間方向は橋軸方向（車両の進行方向）に直角である。プレストレスは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導入される。橋軸方向のプレストレスは床版構造としての安全性に加え、現場での床版同士の接合部においても必要なため、床版架設後に現場においてポストテンション方式でプレストレストを導入することとしている。

表一解 2.1 プレストレス導入方式および導入方向

	橋軸方向	橋軸直角方向
ワッフル型 UFC 床版	プレテンション方式 (床版支間) (横リブ支持)	プレテンション方式
平板型 UFC 床版	ポストテンション方式	プレテンション方式 (床版支間) (主桁支持)



図一解 2.4 プレストレス導入方式および導入方向

表一解 2.2 適用床版支間（目安）

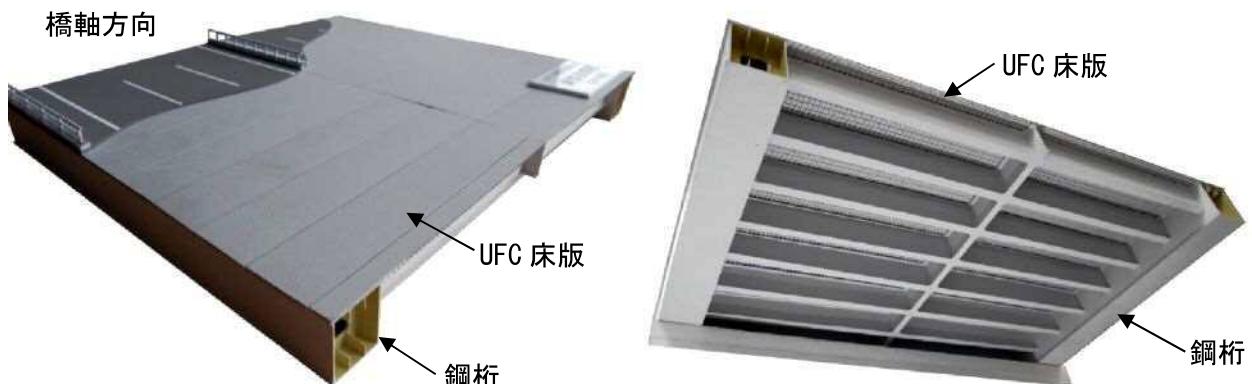
	床版支間方向	床版支間（目安）
ワッフル型 UFC 床版	橋軸方向	プレキャスト製品の輸送制限より 2.5m 程度以下
平板型 UFC 床版	橋軸直角方向	P C床版と同等程度 ※既往実績は主桁間 4m

2.4 上部構造の計画

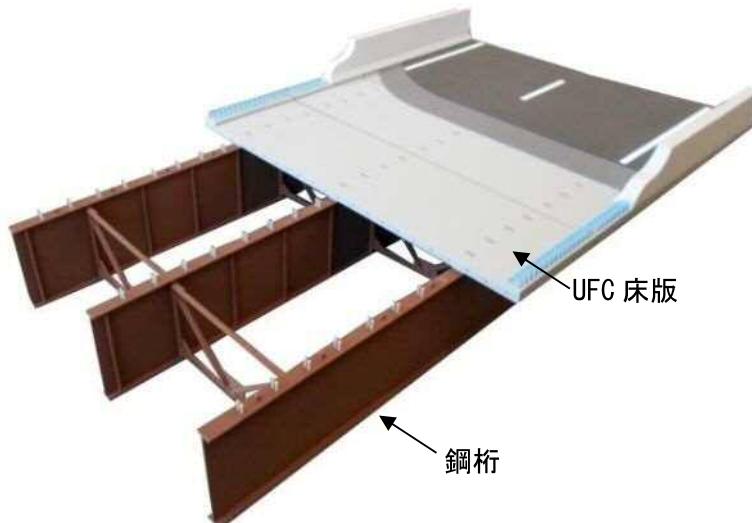
- (1) 本マニュアルで対象とする上部構造形式は、UFC 床版と鋼箱桁または鋼鉄桁による合成桁を基本とする。
- (2) UFC 床版を適用する橋梁は、新設橋または床版取替えを行う既設橋とする。
- (3) UFC 床版と組み合わせる鋼主桁の計画にあたって次の 1)～4)に留意しなければならない。
- 1) 鋼横リブによる床版の支持間隔
UFC 床版はプレキャスト床版が基本であるため、鋼横リブで支持する場合は、プレキャスト床版の製作可能な寸法に配慮して鋼横リブの間隔を計画する必要がある。なお、従来の鋼床版と同様 2～3m 程度の横リブ間隔であれば UFC 床版の製作は可能である。製作する工場から架設する現場までのルートを踏まえ、輸送可能な幅に設定しなければならない。
 - 2) 鋼主桁の上フランジの板厚変化
鋼主桁上フランジの板厚変化は、UFC 床版との取り合いを考慮してウェブ側（下逃げ）を原則とする。
 - 3) 鋼主桁上フランジの継手部の構造
鋼主桁上フランジの継手部の構造は、溶接継手が望ましい。高力ボルト継手を採用する場合は、接合部のずれ止め（頭付きスタッド）の配置等 UFC 床版との干渉に留意した構造としなければならない。
 - 4) 鋼主桁上フランジのずれ止め
鋼主桁上フランジに配置されるずれ止め（頭付きスタッド）は、配置可能本数を計画段階に確認し、設計にあたっては UFC 床版のずれ止め用孔との取り合いを確認し、PC 鋼材と干渉しない位置とする必要がある。

【解説】

- (1) UFC 床版を有する上部構造は、合成桁、非合成桁のいずれでも成立するが、UFC 床版を有する上部構造の性能を十分に活用するために合成桁を基本とした。図一解 2.5 にワッフル型 UFC 床版と鋼箱桁による合成桁、図一解 2.6 に平板型 UFC 床版と鋼鉄桁による合成桁を示す。

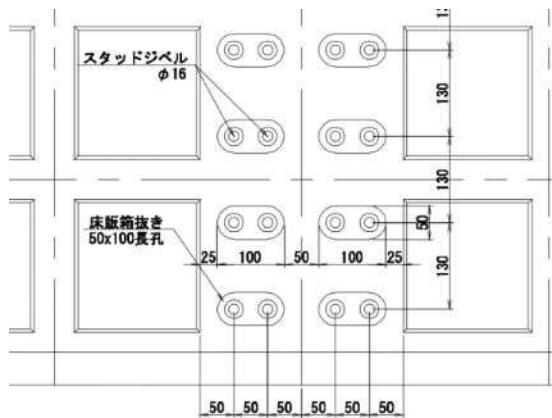


図一解 2.5 ワッフル型 UFC 床版と鋼箱桁による合成桁

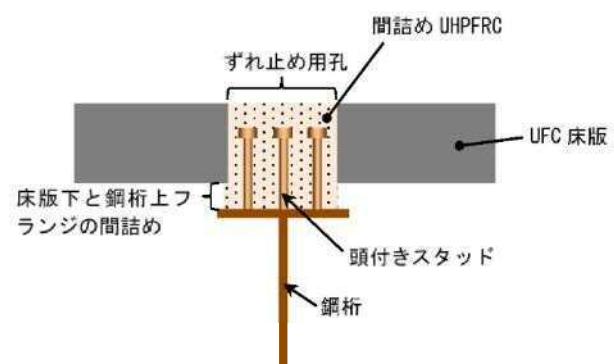


図一解 2.6 平板型 UFC 床版と鋼鰓桁による合成桁

UFC 床版と鋼主桁の接合については、頭付きスタッドや孔あき鋼板ジベル (PBL) 等のぞれ止めを鋼桁に設け、UFC 床版のスタッド用孔に場所打ちで間詰めして合成する。スタッドによるぞれ止めの例を、図一解 2.7 に示す。



(a) 平面図



(b) 断面図

図一解 2.7 UFC 床版と鋼主桁のぞれ止め例

連続合成桁への適応可否

- ・平板型 UFC 床版；ポストテンション方式の縦締めにて床版構造の一体化を図るため、現行基準の範囲で適応可能であると判断できる。
- ・ワッフル型 UFC 床版；橋軸方向の床版パネルは高力ボルト接合であるため、連続合成桁への適用には更なる検討が必要である。特に、負曲げ（床版引張）区間ににおける高力ボルト接合の検証が必要である。

- (2) UFC 床版は新設橋梁および床版を取替える既設橋梁の両方に適用可能である。新設橋への適用については、UFC 床版は鋼床版と同等に軽量な床版であることから、従来、鋼床版箱桁が採用されていた中規模支間以上の橋梁に適用が可能である。

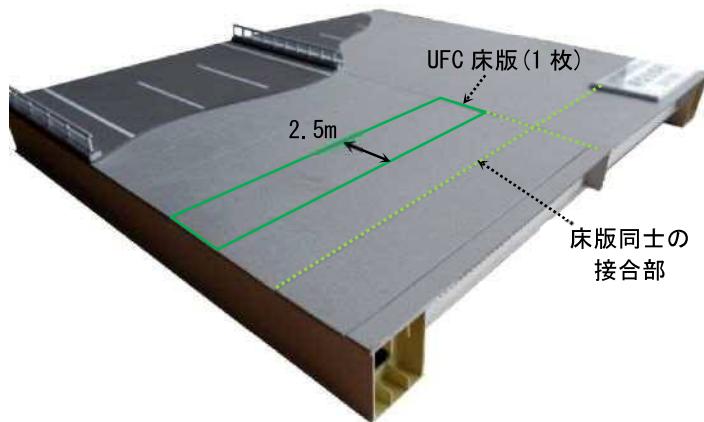
既設橋における床版の更新に適用する場合は、鋼鉄桁の RC 床版を撤去して UFC 床版に取り替える。既設床版の更新に適用する平板型 UFC 床版の質量は、RC 床版や従来更新に用いられることが多いプレキャスト PC 床版に比べ、半分程度と軽量であることから鋼主桁や下部構造（橋脚、基礎）の荷重負担が軽減される。鋼床版箱桁を上部構造単位で更新する場合においてワッフル型 UFC 床版を適用すると鋼床版と同等の質量であることから、下部構造（橋脚、基礎）を補強することなく、UFC 床版への取替えが可能である。

2.5 施工に関する検討

- (1) 製作、現場架設等の施工条件を考慮して確実に製作、施工できる計画としなければならない。
- (2) 床版の長辺方向については、製作工場の設備と UFC 床版の出来形精度が確保できる長さに計画しなければならない。実績等を調査し長さを設定しなければならない。
- (3) 現場施工時においては架設条件によってクレーン等の架設重機が制約される場合もあるため、床版寸法の計画にあたっては施工時の条件も考慮して計画しなければならない。
- (4) 床版寸法は、輸送条件として、輸送車両の種類、床版の置き方、輸送ルートおよび制限外積載許可証の取得可否等を考慮して計画しなければならない。
- (5) 製作、施工性の向上に配慮して UFC 床版の計画を行うこととする。UFC 床版の平面形状を扇形とする場合は、リブの配置やプレテンション PC 鋼材の配置が製作できるか検討した上で計画しなければならない。
- (6) 斜角を有する場合や幅員が変化する場合、曲線等平面線形が複雑な場合においても、UFC 床版を効率的に製作するという観点からできる限り同一形状とすることが望ましい。また、現場打ち部を少なくするため桁端部にもできる限り UFC 床版を使用するように計画しなければならない。

【解説】

- (1) UFC 床版は工場で製作するプレキャスト製の床版であることから、工場での製作条件を考慮して床版寸法や PC 鋼材の配置等確実に製作できるように計画することとした。床版の設置イメージを図一解 2.8 に示す。



図一解 2.8 床版 1 枚の寸法

- (4) 床版寸法の設定においては、輸送にも配慮して決定する必要がある。床版を横置きにしてトレーラー等で輸送する場合、短辺方向はトレーラーの車幅である 2.5m 以下が目安である。制限外積載許可証（警察署）を取得することによって 2.5m を超える寸法とすることも可能であるが輸送ルート等を考慮して計画することとした。

- (6) 製作および施工性の向上のために、平面線形が複雑な場合においても、できる限り同一形状とする。場所打ち部を少なくすることが有効であり、UFC 床版のグルーピングや形状、配置を検討することとした³⁾。

2.6 維持管理に関する検討

- (1) 計画において、構造物完成後の床版本体および接合部について、調査、点検、補修、補強、更新等の維持管理が確実にできる計画としなければならない。
- (2) 将来の UFC 床版の取替え等更新に配慮した計画を行うものとする。特に、鋼桁との接合部（ずれ止め）は撤去に配慮した交換可能な構造とする等、維持管理性の向上に配慮した計画としなければならない。
- (3) 舗装補修時の床版の過切削に対して配慮した計画を行うものとし、計画時に舗装を維持管理する道路管理者と協議した上で対策を決定しなければならない。

【解説】

- (1) UFC は、ひび割れ後も鋼纖維の架橋効果によって引張に抵抗するが、UFC 指針では設計においてはひび割れを許容しないことを原則としている。維持管理における点検ではひび割れの有無を確認しなければならないが、初期のひび割れ幅は微細であるため、目視では発見しづらい。床版本体および接合部を確実に接近目視できるように計画すると同時に、センサー等の ICRT (ICT(Information and Communication Technology) + IRT(Information and Robot Technology))²⁾ を用いて、目視点検を補助することも考えられる。
- (2) UFC 床版は従来の RC 床版や PC 床版よりも疲労耐久性が高いため、橋梁の供用期間中は取り替える必要性は極めて低い。しかし、通行車両からの重量物の落下等局所的に UFC 床版が損傷することも考えられるため、UFC 床版の補修や更新も考慮した計画とする必要がある。床版取替えにおいては撤去に時間を要することが多いため、鋼桁との接合部（ずれ止め）は撤去に配慮した交換可能な構造とする等、維持管理性の向上に配慮した計画とすることとした。
- (3) 舗装補修時に大型切削機で舗装を切削する場合、床版と舗装の間にある防水層を除去する際に床版本体まで過切削してしまうことがある（写真一解 2.1）。UFC 床版は部材厚が薄く、PC 鋼材のかぶりも小さいため、過切削によって部材厚の不足や PC 鋼材の損傷が懸念される。対策として UFC 床版上に保護層を設けることや、舗装の基層を厚くすることが考えられる。UFC 床版の計画時に舗装を維持管理する道路管理者と協議した上で対策を決定することとした。



(a) 大型切削機による舗装撤去 (b) 残存した床版防水層の除去 (c) 過切削された RC 床版上面
写真一解 2.1 大型切削機等による床版の過切削状況

参考文献

- 1) 土木学会：超高強度繊維補強コンクリート（UFC）道路橋床版に関する技術評価報告書，技術推進ライブラリー，No. 17，2015/7.
- 2) 科学技術振興機構：インフラ維持管理・更新・マネジメント技術，戦略的イノベーション創造プログラム，<http://www.jst.go.jp/sip/k07.html>.
- 3) 池上浩太朗・吉原直樹・井野耕志：プレキャスト PC 床版を用いた床版取替工事—複雑な線形・形状を有する「綱木川橋」への適用—，IHI 技報，Vol. 56，No. 1，2016.
- 4) 松井繁之編著：道路橋床版—設計・施工と維持管理，森北出版，2007. 10.
- 5) 松井繁之編著：道路橋床版の長寿命化技術，森北出版，2016. 9.

3 章 設計

3.1 一般

3.1.1 設計の基本方針

- (1) UFC 床版の設計においては、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とともに、次の 1) および 2) の規定を満たさなければならない。
- 1) 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ようにする。
 - 2) 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ようにする。
- (2) 床版は必要に応じて次の 1) および 2) の規定を満たさなければならない。
- 1) 床版に主桁間の荷重分配作用を考慮した設計を行う場合には、その影響を適切に評価し、その作用に対して安全性を有しなければならない。
 - 2) 地震の影響や風荷重等の横荷重に対して床版が抵抗する設計を行う場合には、その影響を適切に評価し、それらに対して安全性を有しなければならない。
- (3) UFC 床版と鋼桁の合成作用を考慮して設計する場合には、UFC 床版は次の 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しなければならない。二つの作用を同時に考慮できる解析によって応力度を算出し照査するか、二つの作用のそれぞれに対して、床版が最も不利になる載荷状態について応力度を算出し、その合計に対して安全であることを照査してもよいものとする。
- 1) 床版としての作用（以下、床版作用）
 - 2) 主桁の一部としての作用（以下、桁作用）
- (4) 桁端部の床版の設計は、道示Ⅱ9.2.11 の要求性能を満足するように設計する。
- (5) 降伏に対する安全度の照査は、道示Ⅱ12.3.2 によるものとする。UFC 床版と鋼桁による合成桁の降伏耐力は、非線形解析によって算出するものとし、UFC の応力-ひずみ曲線は、適用する UFC に応じて設定するものとする。

【解説】

- (1), (2) 道示Ⅱ9.1.2 の床版の設計一般を参考に規定した。
- (3) 道示Ⅱ12.2.5 の合成桁に対する主桁作用と床版作用の重ね合せを参考に規定した。

3.1.2 疲労耐久性の照査

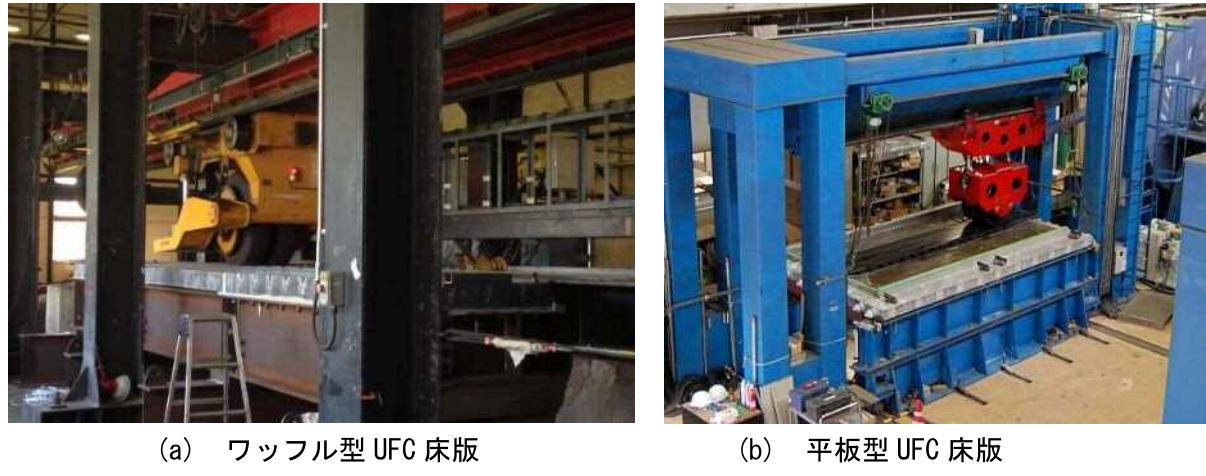
UFC 床版は、3.1.1(1) を満たすことを輪荷重走行試験によって照査することを標準とする。

【解説】

UFC 床版は、従来の PC 床版に比べて部材が薄く発生応力度も高いため、輪荷重走行試験によって 3.1.1(1) の規定を満たすことを確認することとした。

既往の研究において、ワッフル型 UFC 床版と平板型 UFC 床版の輪荷重走行試験を実施し、3.1.1(1)の規定を満たすことを確認している²⁾。輪荷重走行試験の状況を写真一解 3.1 に示す。

今後、これらの床版と異なる条件とする場合や、PC 鋼材の配置等の諸元を変更する場合は、輪荷重走行試験による確認の必要性を検討することとした。



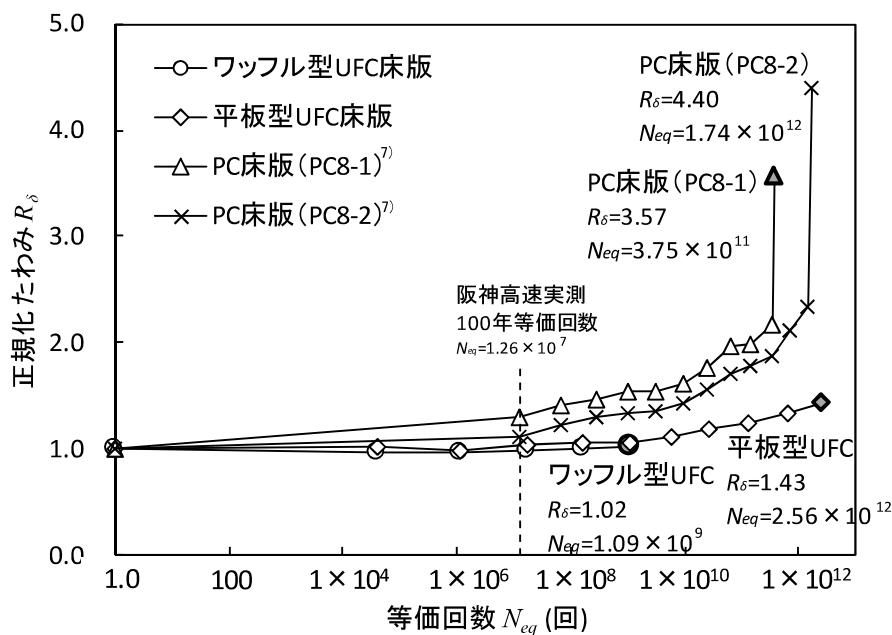
写真一解 3.1 輪荷重走行試験の状況

輪荷重走行試験の結果として、図一解 3.1 を、横軸に輪荷重を 100kN とした場合の等価回数 N_{eq} 、縦軸を正規化たわみとした疲労耐久性の比較を示す。等価回数 N_{eq} は、RC 床版の S-N 曲線の傾きの逆数の絶対値として $m = 12.763$ として以下の式を用いて算出した。

$$N_{eq} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{T_i}{T_0} \right)^m n_i$$

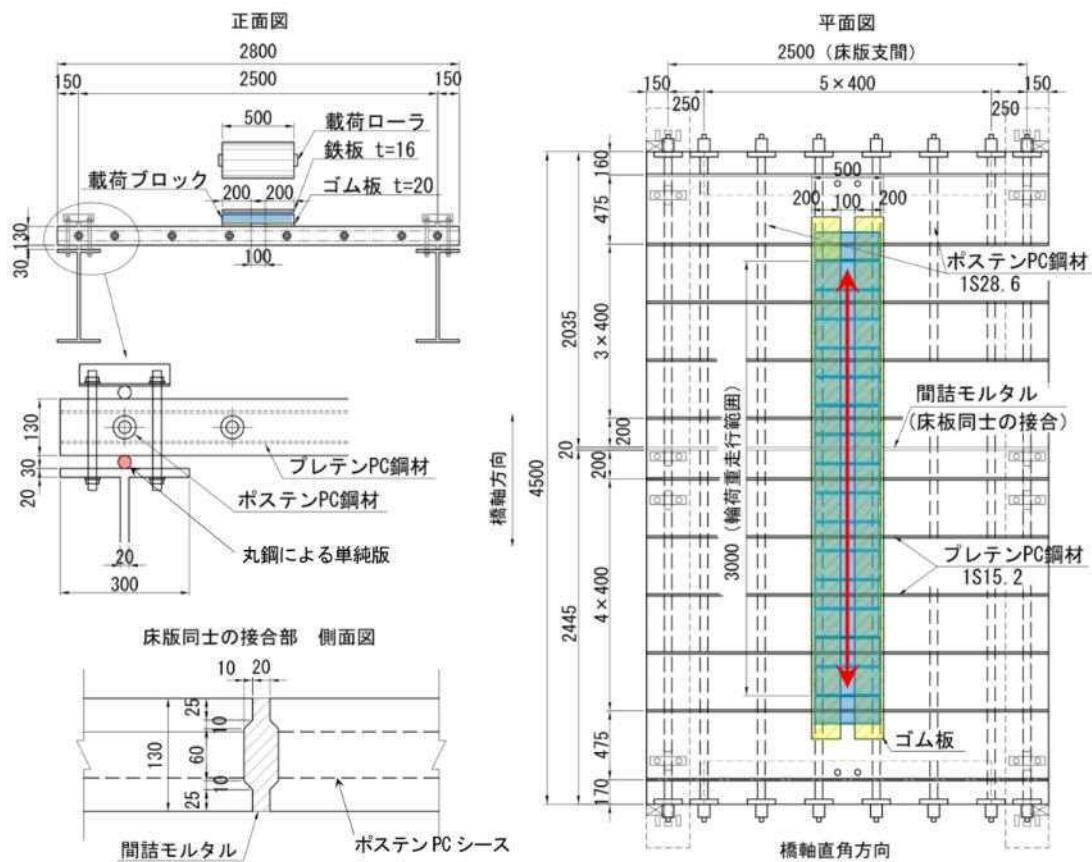
正規化たわみは、計測たわみを作用荷重で除して単位荷重のたわみを求め、さらに初期荷重作用時のたわみで除して、初期たわみからの比率として表したものである。

図一解 3.1 の土研 PC8-1 および PC8-2 は、同じ床版支間で設計された PC 床版の輪荷重走行試験の結果である⁴⁾。阪神高速道路において 6ヶ所の集約料金所で実測した活荷重データ⁵⁾から算出した 100kN の 100 年等価繰り返し回数は、最大約 1300 万回 (1.3×10^7 回) であった。よって、輪荷重試験した諸元の UFC 床版については、ワッフル型、平板型とも 100 年以上の疲労耐久性を有しているといえる。

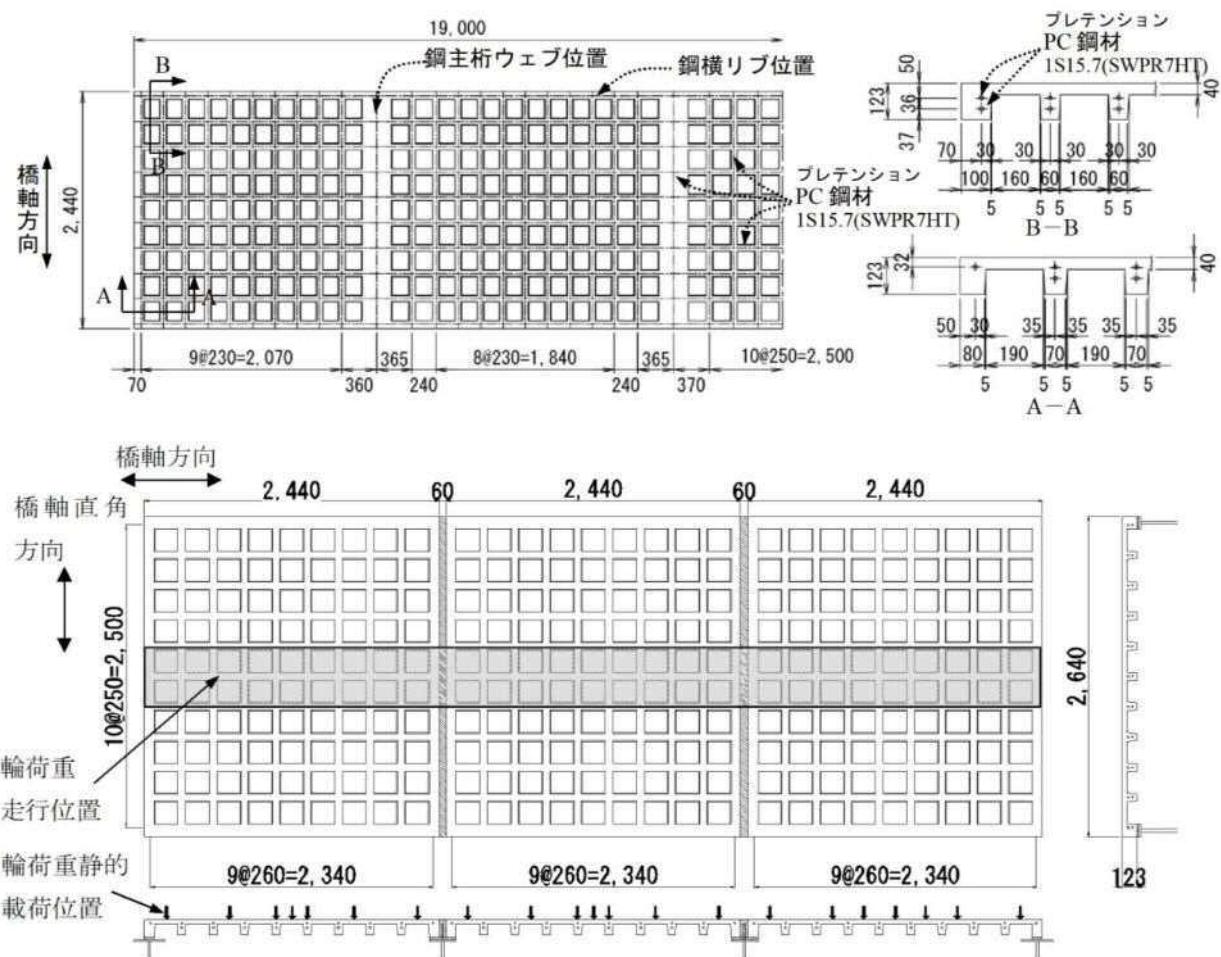


図一解3.1 輪荷重走行試験による疲労耐久性の比較

参考資料 ; 既往の試験体データ



図一解参3.1 平板型 UFC 床版の試験体データ



図一解参 3.2 ワッフル型 UFC 床版の試験体データ

3.2 荷重

3.2.1 一般

- (1) 荷重の種類は、**道示 I 2.1**によるものとする。
- (2) 設計に用いる荷重の組合せは、**道示 II 2.2**によるものとする。

3.2.2 死荷重

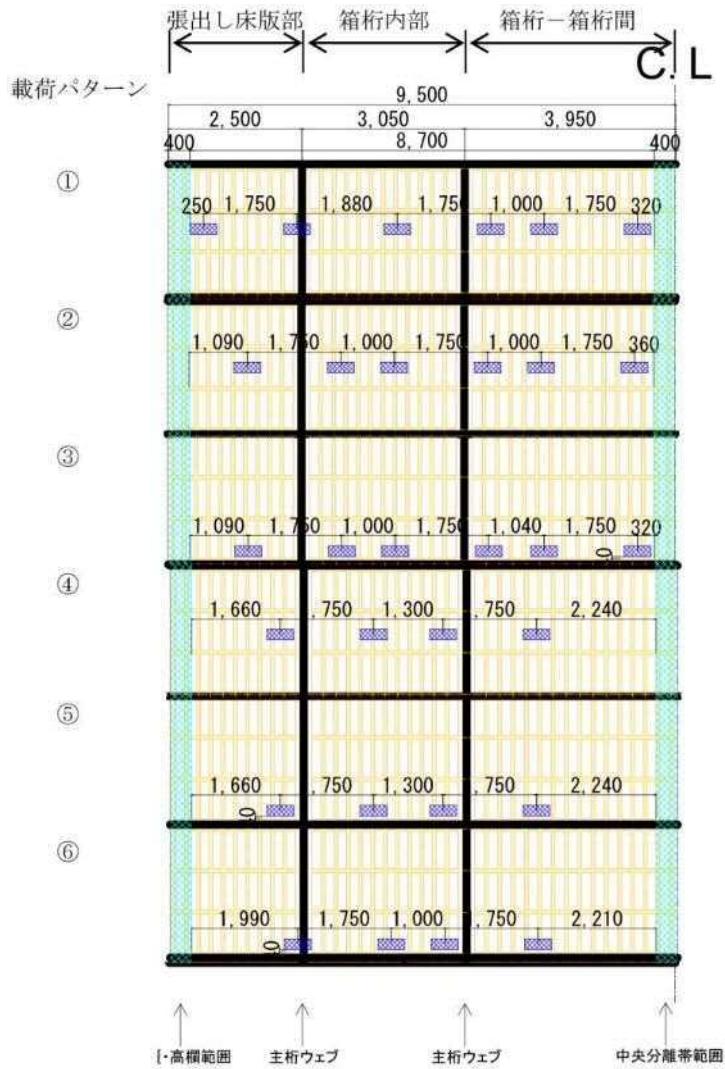
- (1) 死荷重の算出に用いる UFC の単位体積重量は適用する UFC に応じて設定する。
- (2) UFC 以外の死荷重の算出は、**道示 I 2.2.1**の単位体積重量によるものとする。

3.2.3 活荷重

- (1) 活荷重は、**道示 I 2.2.2**によるものとする。
- (2) 床版作用の設計を数値解析によって行う場合は、次の 1), 2) の T 荷重を用いるものとする。
 - 1) T 荷重を曲げおよびせん断に対して複数のパターンで載荷し、床版に対して最も不利となるパターンで載荷するものとする。
 - 2) T 荷重による発生応力度を 10% 割り増すものとする。
- (3) 床版作用の設計を数値解析によらずに行う場合は、**道示 II 9.3.4**によるものとする。
- (4) 枠作用の設計を数値解析によって行う場合は、次の 1), 2) の L 荷重を用いるものとする。
 - 1) L 荷重を曲げおよびせん断に対して複数のパターンで載荷し、床版および枠に対して最も不利となるパターンで載荷するものとする。
 - 2) L 荷重による発生応力度を割り増さないものとする。

【解説】

- (2) 1) UFC 床版の設計を、**道示 II 9.3.4**の設計曲げモーメントを用いず、FEM 解析等の数値解析によって行う場合の T 荷重は、**道示 I 2.2.2**の規定によるものとした。
- 橋軸方向に 1 組、橋軸直角方向には組数に制限が無いものし、UFC 床版が曲げおよびせん断のそれぞれ最も不利になると考えられる複数のパターンで T 荷重を載荷することとした。T 荷重は、UFC 床版の曲げが大きくなると考えられる複数の載荷パターンだけでなく、せん断が大きくなると考えられる複数の載荷パターンとすることとした。載荷例を図一解 3.2 に示す。



載荷パターン① (400+250+1750+1880+1750+1000+1750+320+400) (mm)

- i) 張出し床版部先端付近での曲げ
- ii) 箱桁一箱桁間での曲げ

載荷パターン② (400+1090+1750+1000+1750+1000+1750+360+400) (mm)

- i) 箱桁一箱桁間の主桁ウェブとのせん断 (直角方向)
- ii) (箱桁内部での曲げ)

載荷パターン③ (400+1090+1750+1000+1750+1040+1750+320+400) (mm)

- i) 箱桁一箱桁間の横桁 (中央分離帯付近) とのせん断 (橋軸方向)
- ii) 箱桁一箱桁間の横桁・主桁ウェブ交差部でのせん断

載荷パターン④ (400+1660+1750+1300+1750+2240+400) (mm)

- i) 張出し床版部の主桁ウェブとのせん断 (直角方向)
- ii) 箱桁内部の主桁ウェブとのせん断 (直角方向)

載荷パターン⑤ (400+1660+1750+1300+1750+2240+400) (mm)

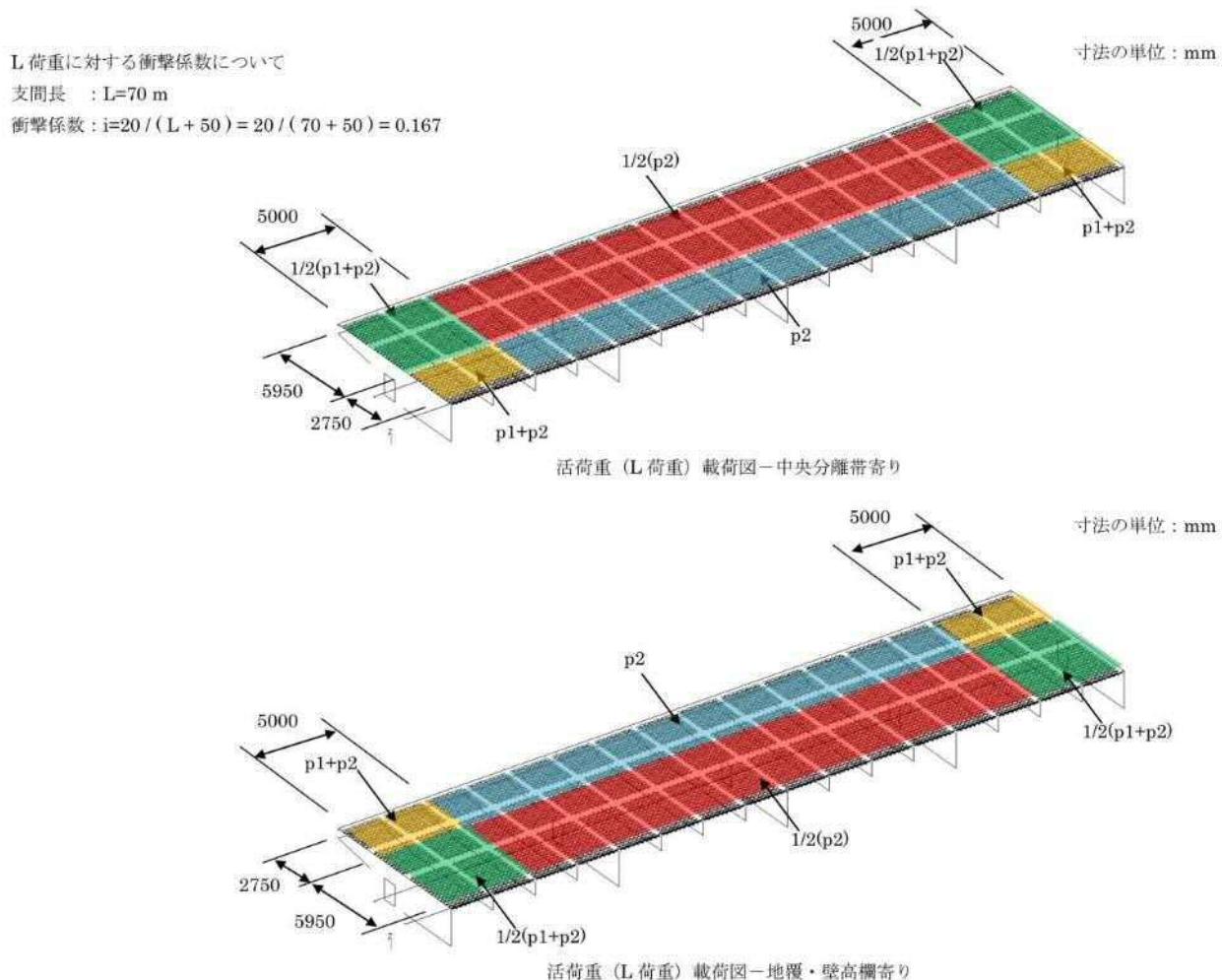
- i) 張出し床版部の張出しブレケット・主桁ウェブ交差部とのせん断
- ii) 箱桁内部のダイヤフラム・主桁ウェブ交差部とのせん断

載荷パターン⑥ (400+1990+1750+1000+1750+2210+400) (mm)

- i) 箱桁内部のダイヤフラムとのせん断 (橋軸方向)

図一解 3.2 解析による場合の T 荷重載荷例 (床版作用の設計)

- 2) 道示Ⅱ9.3.4に示される床版の曲げモーメント算定式には、理論値に対して10~20%の安全が見込まれている。ワッフル型UFC床版の設計では、これまでの床版と同程度の安全性を確保するため、FEM解析によって算定されたT荷重による発生応力度に、衝撃を加味したうえでさらに10%の割り増しを行うこととした。
- (3) 平板型UFC床版の床版作用の設計では、数値解析によらない場合と、数値解析による場合を3.7.2に規定しており、数値解析によらない場合は道示Ⅱ9.3.4によることとした。
- (4) 1) L荷重を載荷する場合に、橋軸直角方向での主載荷位置を考慮して、UFC床版にとって最も不利となる複数の載荷パターンで、発生応力度を算定することとした。載荷例を図一解3.3に示す。



図一解3.3 解析による場合のL荷重載荷例 (桁作用の設計)

- 2) 解析によって算定されたL荷重による発生応力度には、衝撃を加味したうえでのさらなる割り増しを行わないこととした。

3.2.4 衝撃

- (1) 衝撃は、道示 I 2.2.3 によるものとする。
- (2) UFC 床版が 2.5m 程度の間隔で鋼横桁および鋼横リブに支持される場合の衝撃係数は 0.4 とする。

【解説】

- (1) UFC 床版が 2.5m 程度の間隔で鋼横桁および鋼横リブに支持される場合の衝撃係数は、道示 II 9.4.2 の鋼床版縦リブの衝撃係数を参考に 0.4 を用いることとした。

3.2.5 プレストレス力

- (1) プレストレス力は、道示 I 2.2.4 によるものとする。
- (2) 有効プレストレス力を算出する場合の収縮およびクリープの影響は、適用する UFC に応じて、適切に考慮するものとする。

【解説】

- (2) 有効プレストレス力を算出する場合の収縮およびクリープの影響については、UFC の収縮およびクリープが一般に用いられるコンクリートとは異なることから、適用する UFC に応じて適切に考慮することとした。

3.2.6 収縮およびクリープの影響

- (1) UFC の収縮およびクリープの影響は、適用する UFC に応じて、適切に考慮するものとする。
- (2) 使用する UFC に別途収縮およびクリープの設計値が定められている場合は、当該材料の設計値を用いるものとする。

【解説】

- (1) UFC の収縮およびクリープは、一般に用いられるコンクリートと異なることから、適用する UFC に応じて、適切に考慮することとした。

3.2.7 溫度変化の影響

- (1) 溫度変化の影響は、**道示Ⅰ2.2.10**によるものとする。
- (2) UFCの熱膨張係数は適用する UFC に応じて設定する。
- (3) コンクリート床版と鋼桁の合成作用を考慮した設計を行う場合には、床版のコンクリートと鋼桁の温度差及び温度分布の影響を適切に考慮しなければならない。
この温度差については、**道示Ⅱ12.2.7**によるものとする。

【解説】

- (2) 使用する UFC に熱膨張係数が定められている場合は、当該材料の設計値を用いるものとする。UFCの熱膨張係数は一般に用いられるコンクリートと異なることから、適用する UFC に応じて設定するものとする。
- (3) 鋼桁と床版の合成作用を考慮する場合は、鋼構造(12×10^{-6})及び UFC の線膨張係数に留意して設計上安全となる配慮を検討すること。

3.3 使用材料

3.3.1 UFC

- (1) UFC は、UFC 指針に適合した UFC を使用しなければならない。
- (2) 間詰め UHPFRC は、設計に用いる特性値に対して、適切な養生方法を検討しなければならない。養生方法については、**適用する UHPFRC** に応じて設定するものとする。
- (3) UFC 床版同士の間詰には、間詰め UHPFRC を用いることを標準とする。

【解説】

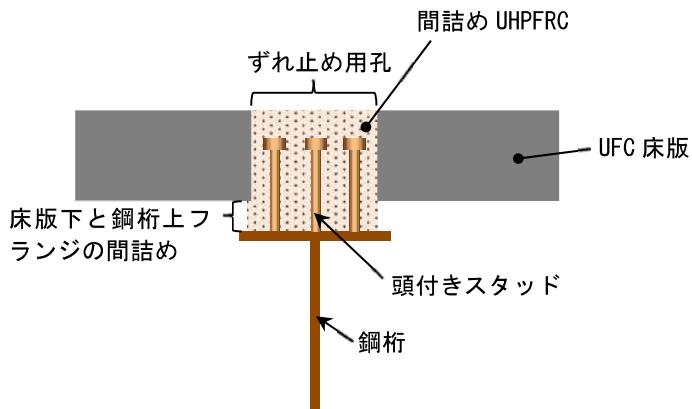
- (1) 本マニュアルでは、UFC 指針に適合した UFC を使用することとした。
- (2) 工場以外の現場等で間詰め UHPFRC を用いる場合、材料製作や部材の養生施設が工場と異なるため、UHPFRC の特性値はその養生条件によって異なる。よって、設計に用いる特性値に対して、養生方法を決定することとした。
- (3) 輪荷重走行試験では、UFC 床版同士の間詰に圧縮強度が約 60N/mm^2 の無収縮モルタルを用いて試験を行い、100 年以上の疲労耐久性があることを確認している。しかし、UFC 床版としての性能の連續性や耐久性を考慮して UFC 床版同士の間詰には、間詰め UHPFRC を用いることを標準とすることとした。

3.3.2 間詰め UHPFRC

- (1) UFC 床版下面と鋼桁上フランジの間詰めおよびずれ止め用の孔は、間詰め UHPFRC を充填するものとする。
- (2) UFC 床版下面と鋼桁上フランジの間詰めに用いる間詰め UHPFRC は、短纖維で補強することを標準とする。纖維や纖維長、混入量は、纖維を混入した UHPFRC の流動性および充填性を検討しなければならない。
- (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。収縮性が小さく良好な水密性を有し、また接合部の施工に適するものでなければならない。

【解説】

- (1) ずれ止め用の孔に充填する材料は、橋梁の縦断勾配に対する施工性等を踏まえ間詰め UHPFRC を用いることとした。また、ずれ止め用の孔に充填する材料は、硬化後、孔との境界に肌すきが生じることを防止するために収縮が小さく両行な水密性を有する UHPFRC を用いることとした（図一解 3.4）。



図一解 3.4 床版下面と鋼上フランジの間詰めおよびずれ止め用孔

- (2) UFC 床版下面と鋼桁上フランジの間詰めは、間詰め部にひび割れが生じた際に剥落を防止するため纖維を混入した間詰め UHPFRC を充填することとした。

3.3.3 PC 鋼材

- (1) PC 鋼材は、道示 I 3.1 によるものとする。
 (2) 高強度 PC 鋼材は、高強度 PC 指針によるものとする。

【解説】

- (2) UFC の圧縮強度を有効に活用するには、少ない鋼材量で大きなプレストレスを導入できる高強度 PC 鋼材の使用が効果的である。そこで、UFC 床版にプレテンション方式でプレストレスを導入する場合に高強度 PC 鋼材が使用される場合がある。このとき、高強度 PC 鋼材は道示 I に規定されていないため、高強度 PC 指針によることとした。

3.3.4 頭付きスタッド

- (1) JIS B 1198 の頭付きスタッドは、道示 I 3.1 によるものとする。
 (2) 高強度スタッドを使用する場合は、使用する製品の規定によるものとする。ただし、強度や耐久性について検証されたものであることを確認した上で使用しなければならない。

【解説】

- (1) JIS B 1198 の頭付きスタッド（引張強さ $400\sim550\text{N/mm}^2$ ）は道示 I 3.1 によることとした。
 (2) 道示 I 3.1 に規定されていない高強度スタッド（HT570）を使用する場合は、材料メーカーの指針等によるが、強度や耐久性について検証されたものであることを確認した上で使用することとした。

3.3.5 設計に用いる材料定数

- (1) 設計に用いる材料定数は、道示 I 3.3 によるものとする。
- (2) UFC のヤング係数は、適用する UFC に応じて設定する。
- (3) 高強度 PC 鋼材の材料定数は、高強度 PC 指針によるものとする。

3.4 応力およびたわみの制限値

3.4.1 一般

- (1) 応力度およびたわみの制限値は 3.4.2 から 3.4.5 によるものとする。
- (2) 3.4.2 から 3.4.5 で規定しない材料の制限値は、材料の機械的性質や強度のばらつき等を踏まえ、3.4.2 から 3.4.5 に規定する材料の制限値と同等以上の安全度をもつように設定しなければならない。

3.4.2 UFC

- (1) UFC の曲げ圧縮応力度および軸方向圧縮応力度の制限値は、設計荷重作用時において $0.6 f_{ck}$ ($=108 \text{ N/mm}^2$) とする。ここに、 f_{ck} は UFC の圧縮強度の特性値である。
- (2) UFC の曲げモーメントおよび軸方向力によって発生する引張応力度の制限値は、割裂ひび割れ発生強度の特性値 f_{crd} ($=8.0 \text{ N/mm}^2$) とする。ただし、衝突荷重作用時および L2 地震時における引張応力度の制限値は、曲げひび割れ発生強度の特性値から 12.0 N/mm^2 とする。
- (3) せん断力、ねじりモーメントおよび軸方向力によって発生する斜め引張応力度の制限値は f_{crd} の値とする。

【解説】

- (1) UFC の応力度の制限値は適用する UFC に応じて設定することとした。
- (2) 衝突荷重作用時および L2 地震時における引張応力度の制限値については、荷重作用に対する床版の変形が曲げが主たるものであることから、曲げひび割れ発生強度の特性値 12.4 N/mm^2 から安全側に数値を丸めて 12.0 N/mm^2 とすることとした。

3.4.3 コンクリートおよび間詰め UHPFRC

- (1) コンクリートの制限値は、道示Ⅲ.2 によるものとする。
- (2) 間詰め UHPFRC の制限値は、使用する UHPFRC に応じて設定するものとする。よって、強度や耐久性について検証されたものであることを確認した上で使用しなければならない。
- (3) 鋼桁上フランジと UFC 床版下面に、繊維を混入する UHPFRC を間詰めとして使用する場合は、3.9 に示すようにずれ止めの押抜き試験結果によって設計に用いるせん断耐力を算出するものとする。

【解説】

- (2) 間詰め UHPFRC は UFC よりも強度が低いため、設計時に許容する応力度が UFC よりも低いこと

に留意し、間詰めUHPFRCに生じる応力度を、使用する製品の規定によることとした。

3.4.4 PC鋼材

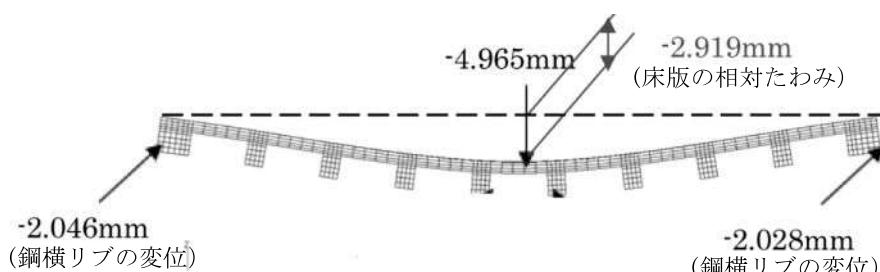
- (1) PC鋼材の応力度の制限値は、**道示Ⅲ.4**によるものとする。
(2) 高強度PC鋼材の応力度の制限値は、**高強度PC指針**によるものとする。

3.4.5 たわみ

- (1) UFC床版のたわみは、同程度の床版支間を有する鋼床版のたわみ以下とする。
(2) 床版支間2.5mのワッフル型UFC床版のたわみの制限値は1.5mmを原則とする。
(3) 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をおこない、UFC床版のたわみが同程度の床版支間を有する鋼床版のたわみ以上が許容できると判断する場合は、(1)(2)の規定によらなくてもよいものとする。

【解説】

- (1) 自動車走行時に発生する床版の過大なたわみは、走行性や舗装の耐久性に悪影響を与えるため、本規定を設けた。
- (2) ワッフル型UFC床版について、横リブ間隔2.5mを床版支間とする鋼床版のたわみを参考に本規定を設けた。ワッフル型UFC床版は鋼床版と比べて、橋軸方向の剛性が小さく、直角方向の剛性が高い。輪荷重100kNの載荷によるたわみを試設計によって算出すると、図一解3.5に示すように2.9mmであった。同条件下で行った鋼床版の解析結果は1.5mmであり、UFC床版の方が2倍程度大きくなつた。そこで、たわみが鋼床版と同程度となるような改善策としては、以下の方法が考えられる。
- UFCのリブを大きくして床版の剛性を高める。
 - 鋼縦リブを設置して床組構造を変更する。



図一解3.5 ワッフル型UFC床版のたわみの例

なお、鋼床版と同等以上の版剛性を適切に設定した場合、(1)の要求性能が満足できるものとする。

- (3) UFC床版のたわみが大きくなると、鋼桁への疲労等の影響、車両の走行性、振動および舗装の

耐久性へ影響が生じる可能性がある。よって、同程度の床版支間を有する鋼床版のたわみ以上
のたわみを許容できるか、前述の項目について検討をおこなったうえで判断することとした。

3.4.6 床版同士の接合部

- (1) 圧縮応力度の制限値は、**道示Ⅲ3.2**によるものとする。
- (2) 床版同士の接合部には、活荷重作用時において引張応力が生じないようにする。
- (3) 床版同士の接合部の設計については、ワッフル型 UFC 床版は **3.5.6**、平板型 UFC 床版は
3.7.5によるものとする。

【解説】

- (2) ワッフル型 UFC 床版同士の接合部は PC 鋼棒によってプレストレスを導入する PC 構造の接合部であり、平板型 UFC 床版の接合部はポストテンション PC によってプレストレスを導入する PC 構造の接合部である。よって、床版同士の接合部では、UFC 床版と接合部の間詰め部に境界を有する構造である。したがって、活荷重作用時に境界部でひび割れが生じないように、フルプレストレスの状態となるようにすることとした。

3.5 ワッフル型 UFC 床版

3.5.1 適用の範囲

- (1) この節は、ワッフル型 UFC 床版の床版作用に対する設計に適用する。
- (2) UFC 床版と鋼リブによる床組の設計は適用の範囲外とする。

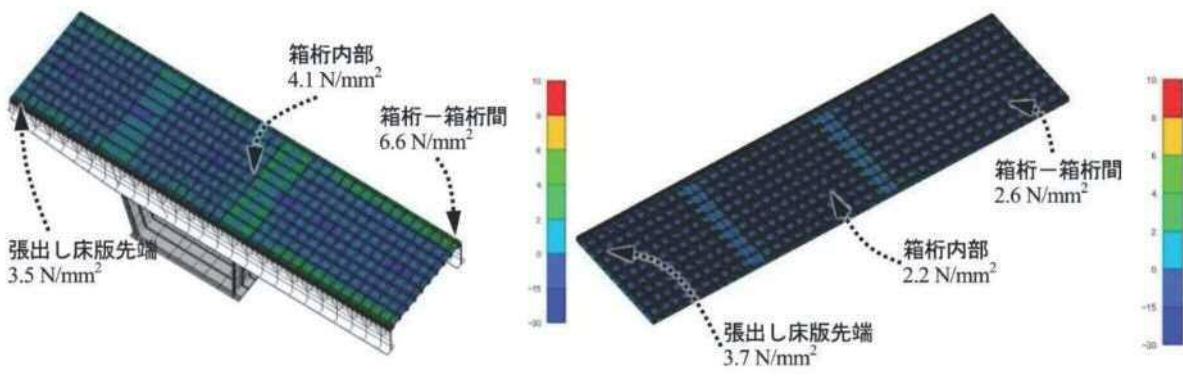
【解説】

- (2) ワッフル型 UFC 床版は、鋼主桁、鋼縦桁、鋼横桁および鋼横リブに支持される。ワッフル型 UFC 床版は、これら鋼横リブ等とずれ止め等で合成し床組構造を構成する。本マニュアルでは、この床組の設計は適用の範囲外とすることとした。

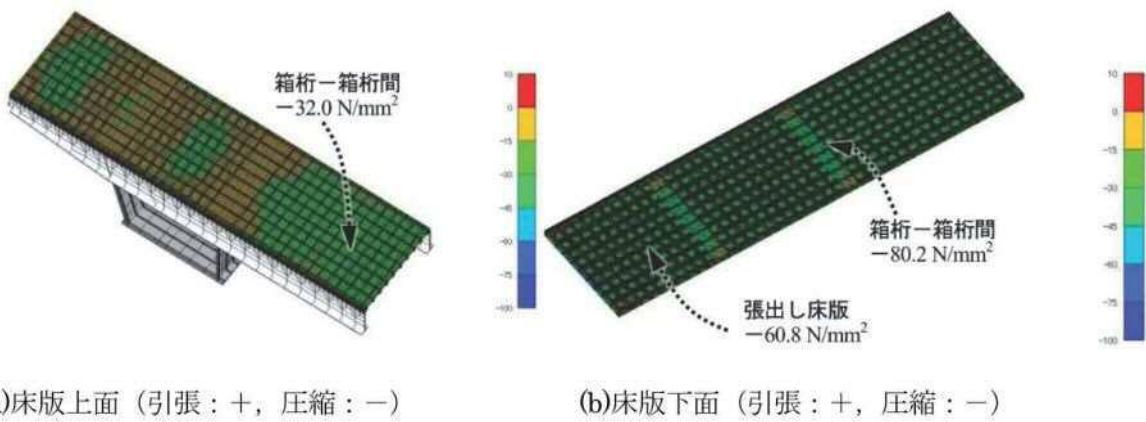
3.5.2 一般

- (1) ワッフル型 UFC 床版は、3.2 の荷重作用に対して、解析によって応力度および変形量を算出し、3.4 の制限値以下となるように設計するものとする。応力度および変形量の算出に用いる解析モデルは 3.5.4 によるものとする。
- (2) 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ものとする。
- (3) 本節に規定のない項目については道示Ⅱ9章によるものとする。

- (1) ワッフル型 UFC 床版は、解析によって応力度および変形量を算出し設計することとした。解析による応力度の算出例を、図一解 3.6 および図一解 3.7 に示す。



図一解 3.6 解析によって算出した最大主応力例



図一解 3.7 解析によって算出した最小主応力例

- (2) ずれ止め用の孔は、現場で床版を架設後に間詰め UHPFRC を充填するため、プレストレスが導入されない。よって、ずれ止め用の孔の断面積を差し引いた有効断面で応力の照査することとした。

3.5.3 床版の形状

(1) ワッフル型 UFC 床版は、輪荷重走行試験等による疲労耐久性および製作性が確認された、次の形状を標準とする。

- スラブ厚さ 40mm
- リブの高さ 83mm (スラブ天端からリブ下端までの高さ 123mm)
- リブの幅 70mm～60mm
- 中間縦リブ同士の最大中心間隔 250mm
- 中間横リブ同士の最大中心間隔 260mm

(2) 縁縦リブと中間縦リブ、主桁縦リブと中間縦リブ、縦桁縦リブと中間縦リブの間隔についても、中間縦リブ同士の最大中心間隔と同様の考え方に基づいて設定するものとし、極端にリブ間隔を大きくしてはならない。

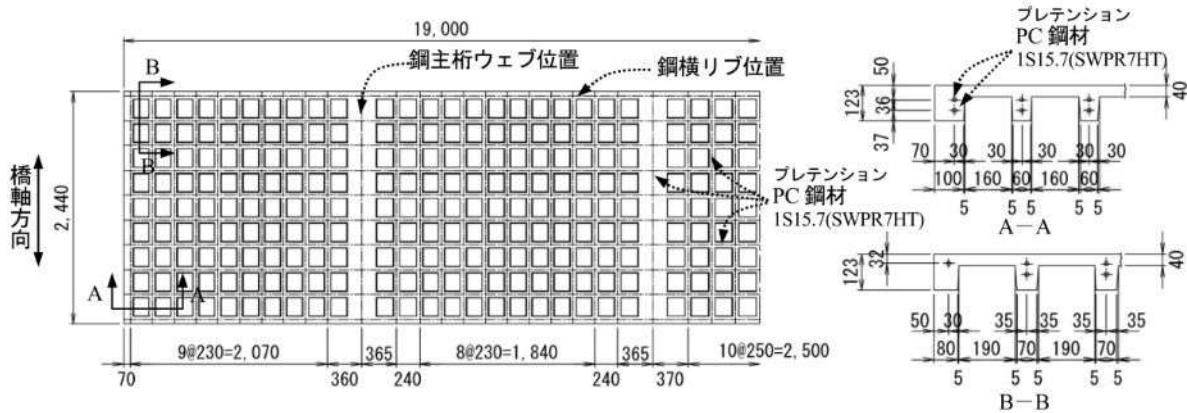
(3) リブの断面形状は、リブの厚さが上端から下端に向けて薄くなるように設定する等、脱枠時の施工性に配慮するものとする。

(4) 床版の形状を(1)から(3)の標準形状から変更する場合は、解析等によって応力度を算定し、応力度が標準形状より大きくなる場合は、疲労耐久性および製作性を確認しなければならない。

【解説】

- (1) 現在までのところ、ワッフル型 UFC 床版に対して輪荷重走行試験を実施し疲労耐久性を確認した事例が限られているため、輪荷重走行試験を実施した図一解 3.8 に示すワッフル型 UFC 床版の形状を標準とすることとした。

ワッフル型UFC床版は、一般のコンクリート系床版と比較してはスラブ厚が極めて薄いため、
200mm×500mmのT荷重がどの位置に作用した場合でも、2本以上の縦リブの直上にT荷重が分布するように、中間縦リブ同士の中心間隔250mmとすることとした。



図一解3.8 ワッフル型UFC床版の形状寸法

- (2) ワッフル型UFC床版は、等方性版に近い挙動を示すことがFEM解析により確認されている。したがって、中間横リブ同士の間隔を中間縦リブ間隔と同程度とすることとした。縦横リブと中間横リブの間隔についても、同様の考え方に基づいて設定するものとし、極端にリブ間隔を大きくしてはならないこととした。

3.5.4 解析モデル

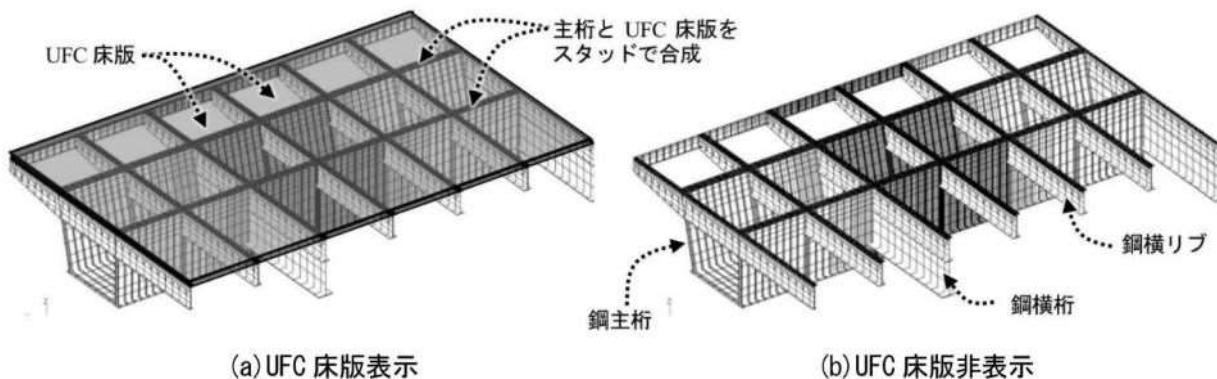
- (1) ワッフル型UFC床版の床版作用に対する安全性の照査は、次の規定によりモデル化した材料線形の3次元FEM解析に基づくものとする。
- (2) ワッフル型UFC床版は立体要素でモデル化するものとする。
- (3) ワッフル型UFC床版の応力度を適切に求められるような要素分割とする。
- (4) 橋梁の一部のみをモデル化する場合、モデルしない部分の影響が少なくなるように、モデル化の範囲および境界条件を設定しなければならない。
- (5) ワッフル型UFC床版を支持する鋼主桁、鋼縦桁、鋼横桁および鋼横リブはシェル要素でモデル化するものとする。
- (6) ワッフル型UFC床版同士および鋼桁との接合部は、剛結されるものとしてモデル化してよい。それ以外の接合構造を適用する場合には、適切な接合条件を設定しなければならない。
- (7) ワッフル型UFC床版内に配置されるPC鋼材は線要素でモデル化するものとする。
- (8) ずれ止め用の孔は、プレストレス導入時は空洞、橋面工および活荷重作用時は、コンクリートまたはモルタルの材料定数の要素としてモデル化しなければならない。

【解説】

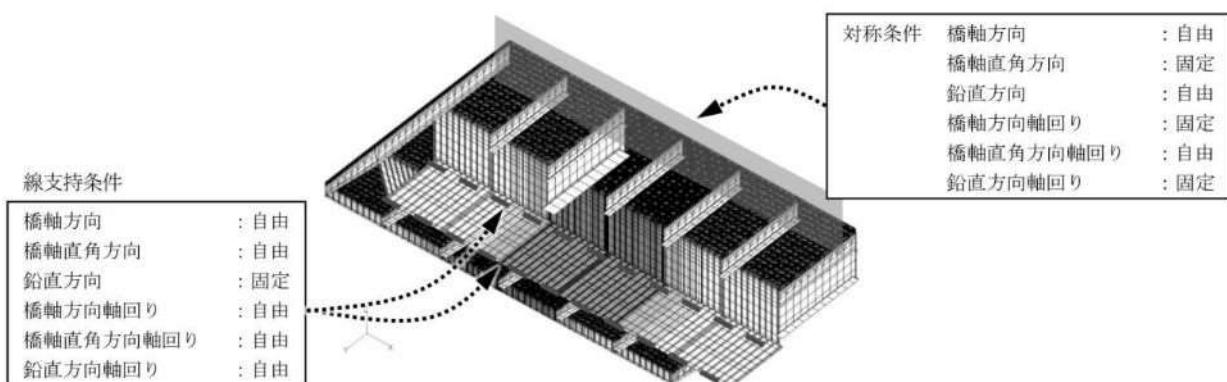
- (1) ワッフル型UFC床版は一般のコンクリート床版に比べて形状が複雑であり、応力分布も複雑

になるため、設計実績の少ない現状ではこれまでの設計例に従って3次元FEM解析を用いて発生応力度を算定することとした。

(2)～(4) 解析モデルの一例を図一解3.9に示す。鋼桁はシェル要素、UFC床版はソリッド要素、PC鋼材は線要素(バー要素)を用いてモデル化している。モデル化の範囲は、荷重が分散する距離を考慮し、活荷重(T荷重)載荷位置から5.0m以上離れた範囲(横リブまたはダイヤフラム位置)までとする。橋軸直角方向については、対称性を考慮して半断面(1/2モデル)としている。活荷重載荷時の支持条件および境界条件を図一解3.10に示す。



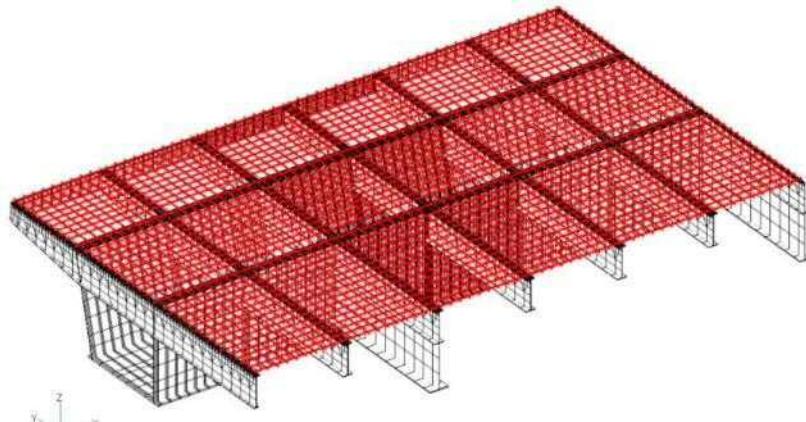
図一解3.9 ワッフル型 UFC 床版の解析モデル



図一解3.10 活荷重載荷時の支持条件と境界条件

- (5) 一般に鋼横桁と鋼横リブでは剛性が異なり、一般に鋼横桁の剛性が高い。したがって、鋼横桁に支持されたワッフル型UFC床版と鋼横リブに支持されたワッフル型UFC床版では応力状態が異なる可能性がある。そこで、鋼横桁と鋼横リブで支持されるワッフル型UFC床版では、それぞれに支持されたワッフル型UFC床版の応力状態を把握できるような解析モデルとすることが望ましい。
- (6) 本マニュアルに示される接合部を使用する場合には、ワッフル型UFC床版とそれを支持する鋼部材は剛結されるものとしてモデル化してよい(節点共有等の手法)。
- (7) ワッフル型UFC床版では、部材内に配置されるPC鋼材剛性の影響が無視できないことから、

PC 鋼材を線要素でモデル化することとした。モデル化の例を図一解 3.11 に示す。



図一解 3.11 PC 鋼材を配置した解析モデル（例）（赤線が PC 鋼材）

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ワッフル型 UFC 床版の変形（そり）が、舗装や走行性に影響がないように、床版厚や PC 鋼材の配置を検討しなければならない。

【解説】

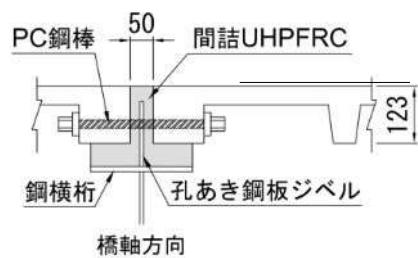
プレストレスの導入に伴ってワッフル型 UFC 床版に生じる上向きの変形（そり）は、舗装の耐久性や走行性に影響を与える可能性がある。そこで、この影響を考慮したうえで床版厚や PC 鋼材の配置を変化させる等してプレストレスの導入に伴うワッフル型 UFC 床版のそりを調整し、舗装に配慮した床版の平坦性を満足するように設定する。

3.5.6 床版同士の接合部

- (1) ワッフル型 UFC 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ことを原則とする。
- (2) 鋼横リブおよび鋼横桁に支持されるワッフル型 UFC 床版同士は、PC 鋼棒によって接合することとする。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値以上とする。
- (3) 孔あき鋼板ジベルを介して接合する場合は、複合示方書によるものとする。輪荷重走行試験で実績のある PC 鋼棒本数を配置する場合は、せん断耐力の照査を省略してもよいものとする。
- (4) ワッフル型 UFC 床版を幅員方向に分割する場合は、鋼主桁あるいは鋼縦桁のフランジ上に接合部を設けるものとし、接合部の構造は(2)に示す構造とする。

【解説】

- (1) 鋼横リブおよび鋼横桁に支持されないワッフル型 UFC 床版同士の接合は、これまで検討していないため、現時点では鋼横リブに支持された状態で接合することを原則とした。今後、鋼横リブに支持されない接合についても、接合部の使用性や安全性が確認さえれば、これを採用することを妨げるものではない。
- (2) 鋼横リブおよび鋼横桁に支持されるワッフル型 UFC 床版では、床版に輪荷重が作用すると、床版同士の接合部に上引張の曲げモーメントが生じる。これに抵抗するためにワッフル型 UFC 床版同士を PC 鋼棒で締結する。ワッフル型 UFC 床版における床版同士の接合部の標準構造を図一解 3.12 に示す。輪荷重作用と PC 鋼棒締結により生じる接合部上縁の合成応力度が引張になると、PC 鋼棒に変動軸力が繰返し作用して疲労破断する可能性がある。そのため、合成応力度が引張とならないように PC 鋼棒の本数および締結力を決定する必要がある。



図一解 3.12 ワッフル型 UFC 床版同士の接合部の標準構造

- (3) 本接合構造は、鋼横リブおよび鋼横桁のフランジに孔あき鋼板を溶接しておき、床版同士を接合する PC 鋼棒を孔あき鋼板の孔に通し、床版同士の間詰を打設して硬化後に PC 鋼棒に緊張力を締結することによって一体化させるものである。孔あき鋼板ジベルのせん断耐力は、孔の数が PC 鋼棒と同数となるため、十分に余裕があると考えられるため、輪荷重走行試験で実績のある PC 鋼棒本数を配置する場合は、せん断耐力の照査を省略してもよいこととした。
- (4) 上下線一体の場合や複数車線の場合は、UFC 床版を幅員方向に分割して製作架設し、現地で接合することが考えられる。この場合、接合部に正の曲げモーメントが作用することを避けるため、鋼主桁あるいは鋼縦桁のフランジ上で接合することとした。

3.6 ワッフル型 UFC 床版を有する桁構造

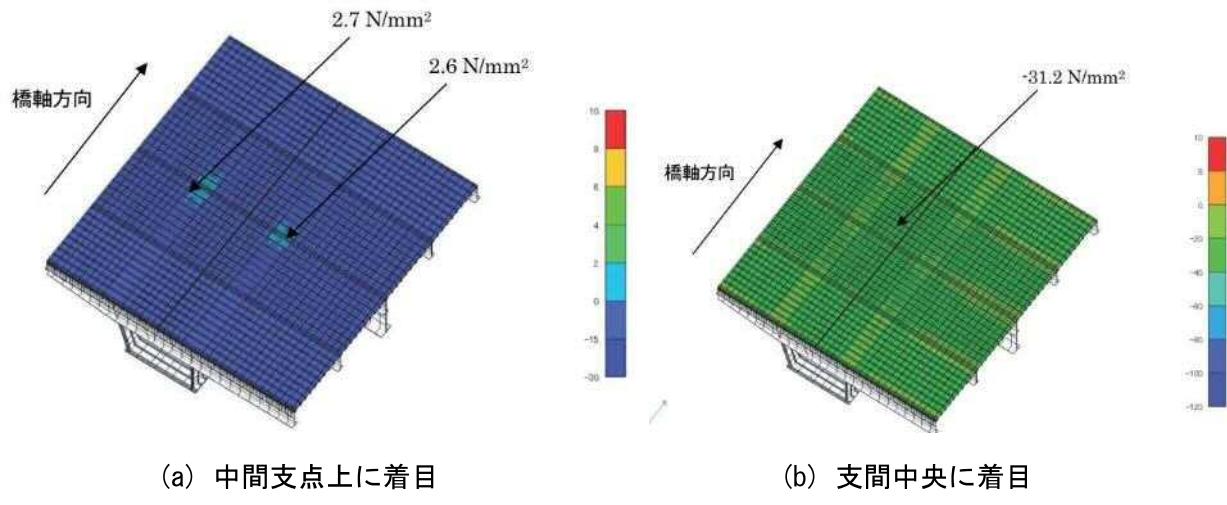
3.6.1 適用の範囲

この節は、ワッフル型 UFC 床版と鋼桁による合成桁の桁作用に対する設計に適用する。

3.6.2 一般

- (1) ワッフル型 UFC 床版と鋼桁による合成桁は、3.2 の荷重作用に対して、解析によって応力度および変形量を算出し、3.4 の制限値以下となるように設計するものとする。応力度および変形量の算出に用いる解析モデルは 3.6.3 によるものとする。
- (2) ずれ止め用の孔による断面控除を考慮した、応力度の照査も行うものとする。
- (3) 本節に規定のない項目については道示Ⅱ12章によるものとする。

- (1) ワッフル型 UFC 床版と鋼桁による合成桁は、解析によって応力度および変形量を算出し設計することとした。解析による応力度の算出例を図一解 3.13 に示す。



(a) 中間支点上に着目

(b) 支間中央に着目

図一解 3.13 解析によって算出した応力例

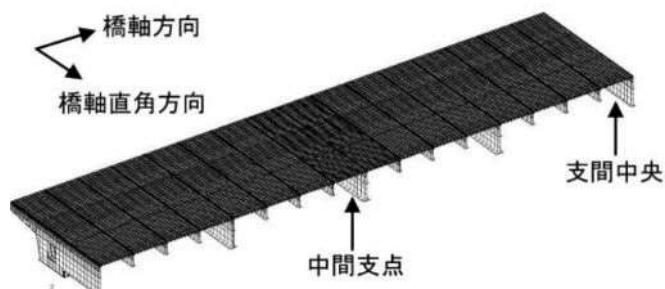
UFC 床版は剛性が低く初期不整やたわみの影響も比較的大きいため、軸圧縮力（主桁作用など）が作用した場合の座屈について適切に配慮する必要がある。

3.6.3 解析モデル

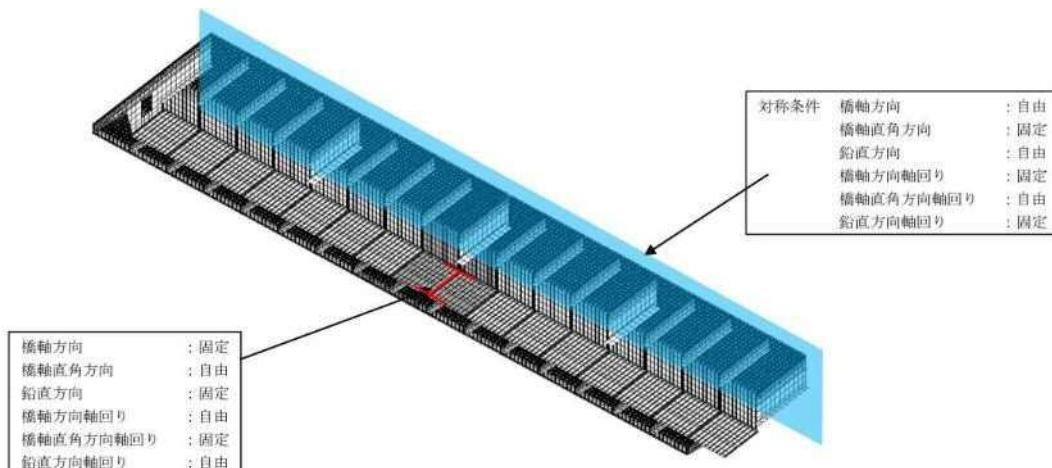
- (1) ワッフル型 UFC 床版の桁作用に対する安全性の照査は、次の規定によりモデル化した材料線形の 3 次元 FEM 解析に基づくものとする。
- (2) 解析モデルは、3.5.4(2)から(8)によるものとする。

【解説】

- (1) ワッフル型 UFC 床版は一般のコンクリート床版に比べて形状が複雑であり、応力分布も複雑になるため、現時点での発生応力度の算定には、これまでの設計例に従って 3 次元 FEM 解析を用いることとした。
- (2) 解析モデルの一例を図一解 3.14 に示す。鋼桁はシェル要素、UFC 床版はソリッド要素、PC 鋼材は線要素（バー要素）を用いてモデル化している。モデル化の範囲は、連続桁橋の中間支点上および支間中央を着目断面として、その前後にそれぞれ 20m ずつ、合計で道路方向（橋軸方向）に 40m 分とした。橋軸直角方向については対称性を考慮し半断面（1/2 モデル）とする。活荷重載荷時の支持条件および境界条件を図一解 3.15 に示す。

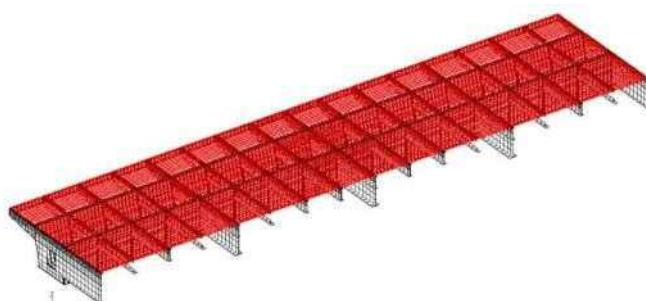


図一解 3.14 ワッフル型 UFC 床版と鋼桁による連続合成桁の解析モデル(例)



図一解 3.15 活荷重載荷時の支持条件、境界条件

PC 鋼材のモデル化の例を図一解 3.16 に示す。



図一解 3.16 PC 鋼材を配置した解析モデル(例)（赤線が PC 鋼材）

3.7 平板型 UFC 床版

3.7.1 適用の範囲

- (1) この節は、平板型 UFC 床版の床版作用に対する設計に適用する。
- (2) UFC 床版と鋼リブによる床組の設計は適用の範囲外とする。

3.7.2 一般

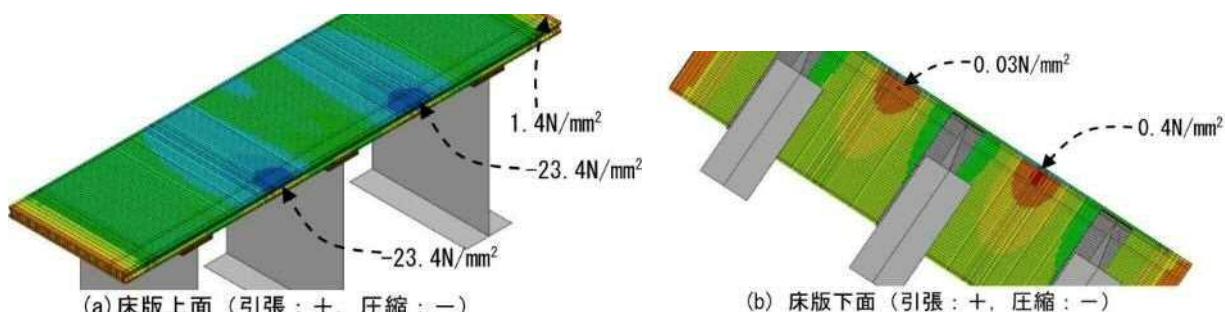
- (1) 平板型 UFC 床版の設計は、道示Ⅱ9.3.4 の設計曲げモーメントによって応力度を算出し、3.4 の制限値以下となるように設計することを標準とする。
- (2) 床版厚が道示Ⅱ9.3.5 の最小全厚を下回り、かつ実績の無い範囲となる場合は、3.2 の荷重作用に対して、FEM 等の数値解析によって応力度および変形量を算出し、3.4 の制限値以下となるように設計するものとする。応力度および変形量の算出に用いる解析モデルは 3.7.4 によるものとする。
- (3) せん断力に対する設計は、ウェブ近傍の作用せん断力に対する斜め引張応力度の照査を行わなければならない。
- (4) ずれ止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ものとする。

【解説】

- (1) 平板型 UFC 床版は、道示Ⅱ9.3.4 に示されるプレストレストコンクリート床版の設計曲げモーメントを用いて設計することを標準とした。
- (2) 床版厚が道示Ⅱ9.3.5 の最小全厚を下回り、かつ床版支間や床版厚が平板型 UFC 床版として実績が無い範囲となる場合は、FEM 等の数値解析によって応力度を算出し、曲げモーメントおよびせん断力に対して設計しなければならないこととした。

平板型 UFC 床版を解析によって設計する場合は、床版に作用するせん断力に対して、斜め引張応力度の照査を行うこととした。これは、平板型 UFC 床版の厚さが、道示Ⅱ9.3.5 に規定された床版の最小全厚を下回るためである。

FEM 解析の結果の一例を図一解 3.17 に示す。



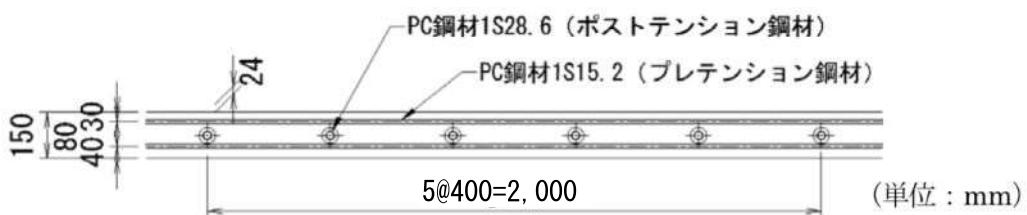
図一解 3.17 FEM 解析の結果の一例

3.7.3 床版の厚さ

- (1) 平板型 UFC 床版の厚さは、構造細目および設計における制限値を満足するように定めるものとする。
- (2) 平板型 UFC 床版の最小床版厚は 130mm とする。

【解説】

- (1) 平板型 UFC 床版の厚さは、鋼材のかぶりやあき等の構造細目、ならびに応力度の制限値を満足する範囲で定めてよいこととした。平板型 UFC 床版の構造例を図一解 3.18 に示す。ただし、床版厚が極端に小さくなると輪荷重によるたわみが大きくなるため注意が必要である。



図一解 3.18 平板型 UFC 床版の構造

既往実績による目安値；平板型 UFC 床版 床版支間 4m \Rightarrow 床版厚 150mm

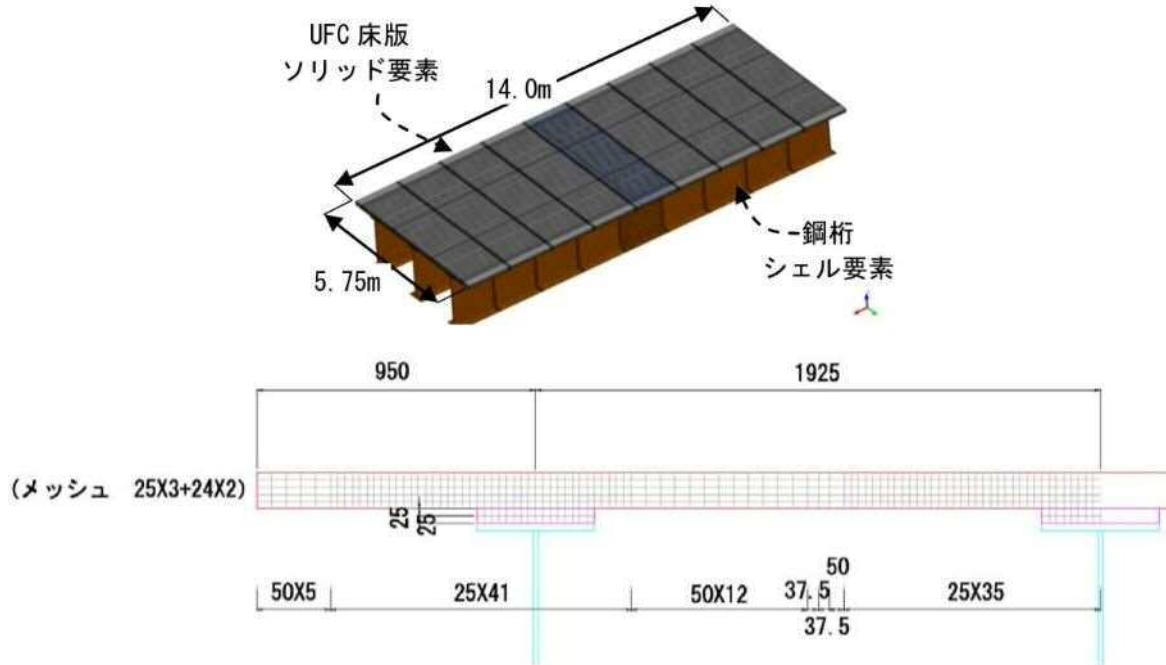
- (2) 平板型 UFC 床版の最小床版厚は、これまでに輪荷重走行試験で疲労耐久性が確認されている 130mm とすることとした。

3.7.4 解析モデル

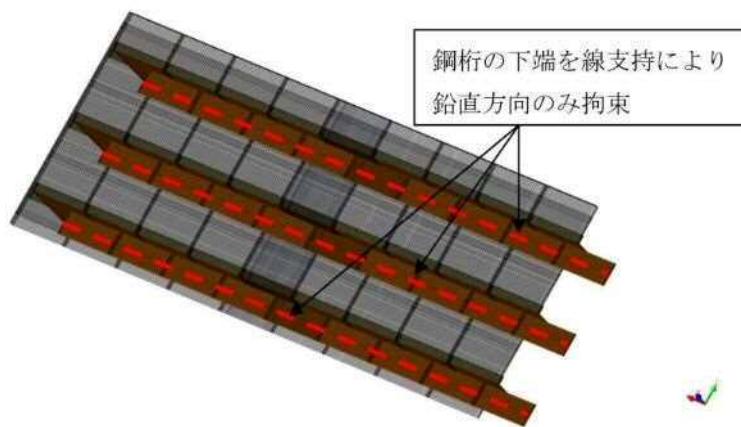
- (1) 平板型 UFC 床版の床版作用に対する安全性の照査は、次の規定によりモデル化した材料線形の 3 次元 FEM 解析に基づくものとする。
- (2) 平板型 UFC 床版は立体要素でモデル化するものとする。
- (3) 平板型 UFC 床版の応力度を適切に求められるような要素分割とする。
- (4) 橋の一部のみをモデル化する場合、モデルしない部分の影響が少なくなるように、モデル化の範囲および境界条件を設定しなければならない。
- (5) 平板型 UFC 床版は支持する鋼主桁および鋼縦桁をシェル要素でモデル化するものとする。
- (6) 平板型 UFC 床版同士および鋼桁との接合部は、剛結されるものとしてモデル化してよい。それ以外の接合構造を適用する場合には、適切な接合条件を設定しなければならない。
- (7) 平板型 UFC 床版内に配置される PC 鋼材は線要素でモデル化するものとする。
- (8) ずれ止め用の孔は、プレストレス導入時は空洞、橋面工および活荷重作用時は、コンクリートまたはモルタルの材料定数の要素としてモデル化しなければならない。

【解説】

- (1) UFC 床版は一般のコンクリート床版に比べて設計実績が少ない現状を踏まえ、これまでの設計例に従って 3 次元 FEM 解析を用いて床版の安全性照査を実施することとした。
- (2)～(4) 解析モデルの例を図一解 3.19 に示す。鋼桁はシェル要素、UFC 床版はソリッド要素、PC 鋼材は線要素（バー要素）を用いてモデル化している。モデル化の範囲は、荷重が分散する距離を考慮し、活荷重（T 荷重）載荷位置から 5.0m 以上離れた範囲（横リブまたはダイヤフラム位置）までモデル化する。橋軸直角方向については対称性を考慮し半断面（1/2 モデル）としている。活荷重載荷時の支持条件および境界条件を図一解 3.20 に示す。



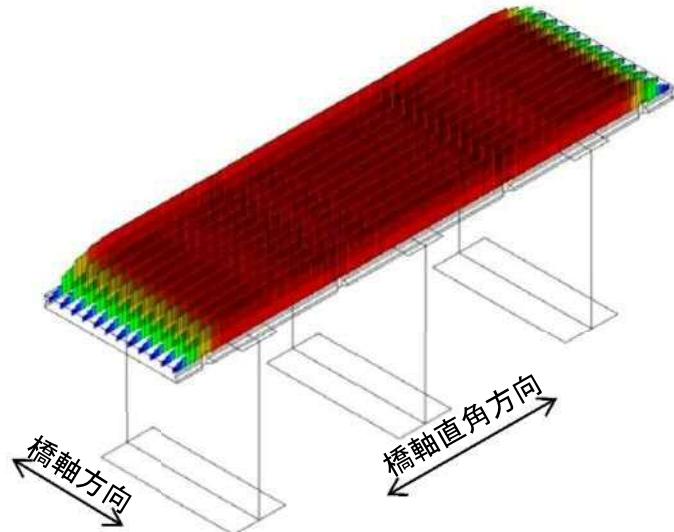
図一解 3.19 平板型 UFC 床版の解析モデル



図一解 3.20 活荷重載荷時の支持条件、境界条件

- (6) 本マニュアルに示される接合部を使用する場合には、平板型 UFC 床版とそれを支持する鋼部材は剛結されるものとしてモデル化してよい（節点共有等の手法）。

- (7) 平板型 UFC 床版では、部材内に配置される PC 鋼材剛性の影響が無視できないことから、PC 鋼材を線要素でモデル化することとした。モデル化した PC 鋼材の応力の算出例を図一解 3.21 に示す。



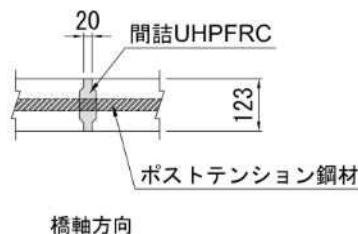
図一解 3.21 プレテンション PC 鋼材の応力の算出例

3.7.5 床版同士の接合部

- (1) 橋軸方向の接合部には、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ものとする。
- (2) 接合部は、平板型床版に発生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ものとする。
- (3) 平板型 UFC 床版を幅員方向に分割する場合は、鋼主桁あるいは鋼縦桁のフランジ上に接合部を設けるものとし、接合部へのプレストレス導入方法を検討するものとする。

【解説】

- (1) 平板型 UFC 床版の橋軸方向の接合部の標準構造を図一解 3.22 に示す。床版同士の接合部では、UFC の鋼纖維が架橋していないため、引張応力の発生により目開きが生じると考えられる。そこで、設計荷重作用時には接合部に引張応力を生じさせないようにプレストレスを導入することとした。



図一解 3.22 平板型 UFC 床版同士の接合部の標準構造

- (3) 上下線一体の場合や複数車線の場合は床版を幅員方向に分割して製作架設し、現地で接合する。この場合、接合部に正の曲げモーメント作用するのを避けるため、鋼主桁あるいは鋼縦桁のフランジ上で接合することとした。

3.8 平板型 UFC 床版を有する桁構造

3.8.1 適用の範囲

この節は、平板型 UFC 床版と鋼桁による合成桁の桁作用に対する設計に適用する。

3.8.2 一般

- (1) 平板型 UFC 床版と鋼桁による合成桁は、3.2 の荷重作用に対して、解析によって応力度および変形量を算出し、3.4 の制限値以下となるように設計するものとする。応力度および変形量の算出に用いる解析モデルは 3.8.3 によるものとする。
- (2) 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ものとする。
- (3) 本節に規定のない項目については、道示Ⅱ12章によるものとする。

3.8.3 解析モデル

- (1) 平板型 UFC 床版を有する桁構造の解析は、梁や格子桁モデルを標準とする。
- (2) 必要に応じて FEM 解析等を用いる場合には、解析モデルは 3.7.4(2) から (8) によるものとする。

3.9 鋼桁とのずれ止め

- (1) UFC床版と鋼桁は、密着を確保するとともに車両の加速および制動並びに地震等による水平力に対して所定の位置を確保できるよう接合しなければならない。
 - (2) UFC床版と鋼桁の合成作用を考慮して設計する場合のずれ止めは、鋼桁と床版、間詰め材料の間のせん断に対して安全となるよう設計しなければならない。
 - (3) ずれ止めとしてスタッドを用いる場合、次の(4)～(6)の照査を行うこととする。
 - (4) 設計荷重時の照査は、式(3.1)を満足することを確認する。

ここに, Q_a : 許容せん断力 $Q_a = Q_y/3$

Q_v : 使用するスタッドと間詰め材料を用いて実施した押し抜き試験⁶⁾の結果から、オフセット法⁶⁾によって算出したずれ止めの降伏せん断耐荷力
 H_d : 設計荷重作用時にずれ止めに作用するせん断力

- (5) 降伏に対する安全度の照査は、式(3.2)を満足することを確認する。

ここに, H_y : 合成桁降伏時にずれ止めに作用するせん断力

- (6) 疲労に対する照査は、式(3.3)を満足することを確認する。なお、 N_{eq} については、実測した軸重と回数から設計供用年数の等価繰り返し回数を算出するものとする。

ここに, N_τ : 疲労寿命 (回) $N_\tau = 10^{\{1.75 - \log(\Delta \tau / 9.81)\} / 0.117}$

Δ_{τ} : スタッドに作用するせん断応力範囲 (N/mm²)

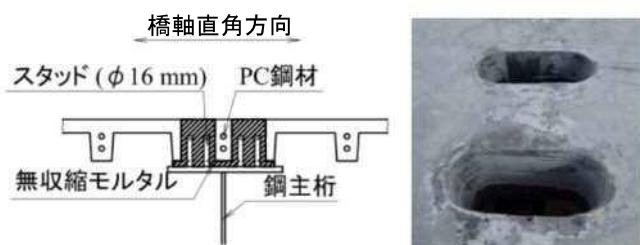
N_{eq} : 等価繰り返し回数 (回)

- (7) 幅員方向に分割された床版を鋼桁に合成する場合は、床版に半割のずれ止め用孔を設けるものとする。

(8) この節に規定のない事項については、道示Ⅱ12.5によるものとする。

【解説】

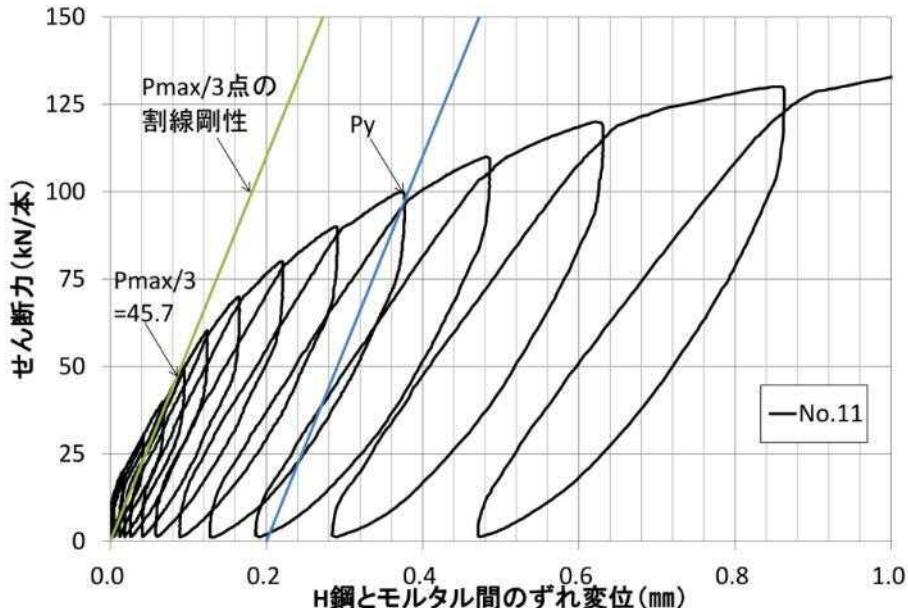
- (3) スタッドによる UFC 床版と鋼桁の接合構造を図一解 3.23 に示す。



(a) スタッドによる接合 (b) UFC 床版のずれ止め用の孔

図一解 3.23 UFC 床版と鋼桁の接合構造

- (4) 押し抜き試験の結果からオフセット法による降伏荷重の算出例を図一解 3.24 に示す。



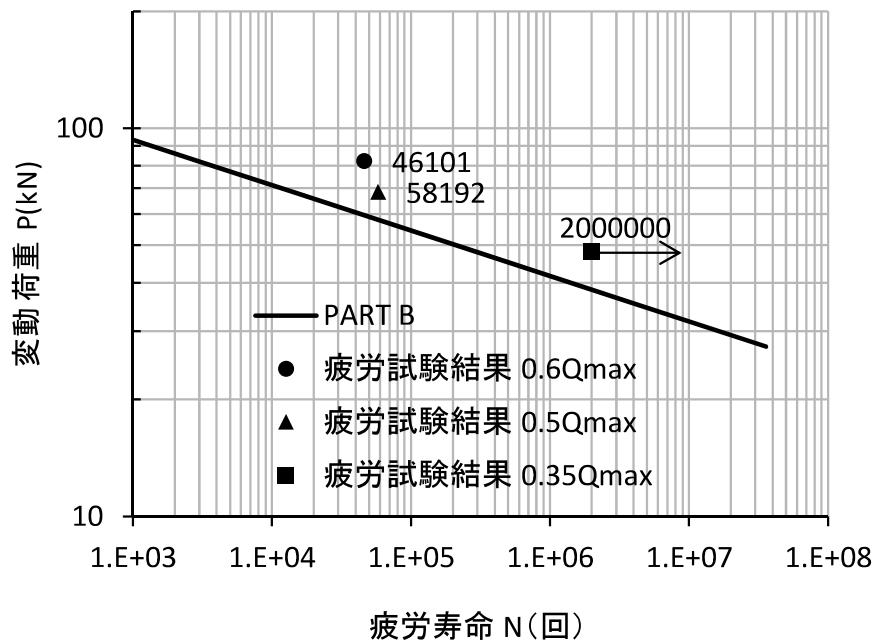
図一解 3.24 オフセット法による降伏耐力の算出(例)

厚さ 150mm の UFC 床版, スタッド径 $\phi 22$ および厚さ 50mm の間詰め (PE 繊維 $L=6\text{mm}$ を 0.2 Vol. %混入した無収縮モルタル) の押抜き試験結果を表一解 3.1 に示す。1 本あたりの降伏せん断耐荷力の最小値は 96.2kN であった。同じ仕様のスタッドおよび間詰め材料を用いる場合, 設計で用いる降伏せん断耐荷力 Q_y は 96.2kN, 許容せん断力 Q_a は 32.1kN となる。

表一解 3.1 スタッド接合部の押抜き試験結果

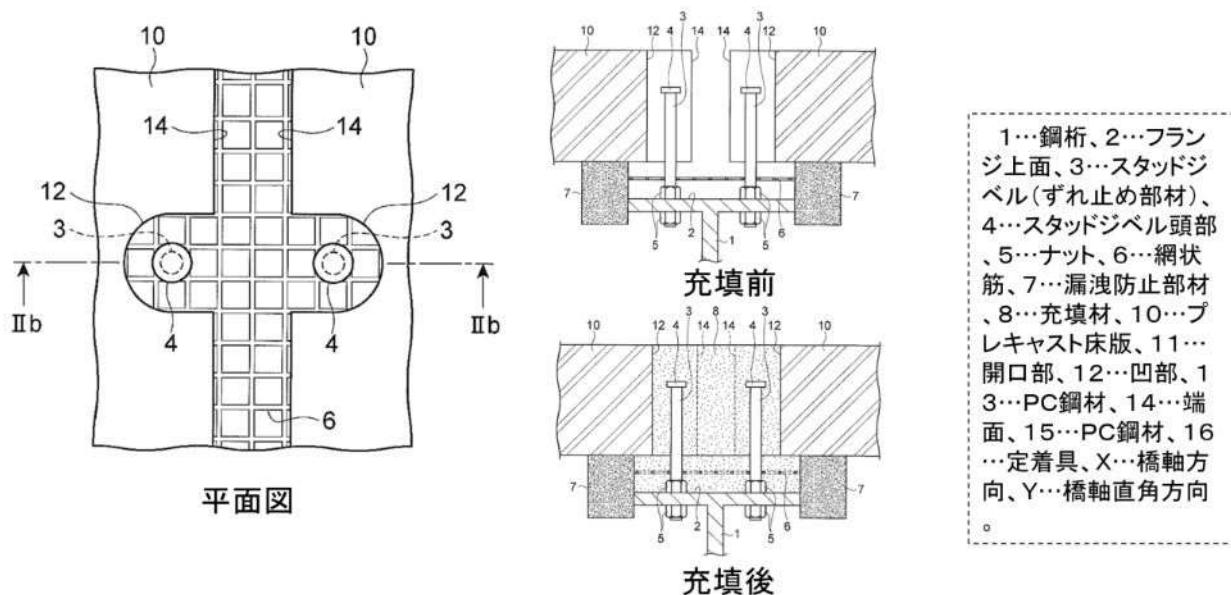
間詰めモルタルの強度		押抜き試験結果	
圧縮強度 (N/mm ²)	割裂引張強度 (N/mm ²)	最大せん断耐荷力 Q_{max} (kN)	降伏せん断耐荷力 Q_y (kN)
71.6	4.8	155.4	107.6
63.5	5.6	137.1	99.8
68.5	5.2	149.3	96.2

- (6) 厚さ 150mm の UFC 床版, スタッド径 $\phi 22$ および厚さ 50mm の間詰め (PE 繊維 $L=6\text{mm}$ を Vol. 0.2% 混入した無収縮モルタル) の疲労試験結果を図一解 3.25 に示す。0.6 Q_{max} , 0.5 Q_{max} , 0.35 Q_{max} の荷重を繰返し載荷した。0.35 Q_{max} 載荷時は, 200 万回載荷したが破壊に至らず試験を終了した。いずれの試験結果も, 鋼構造物設計指針の 4.7 (式 4.22) のせん断疲労強度式よりも安全側に評価できることを確認した。よって, UFC 床版のスタッド接合部の疲労に対する照査は, 鋼構造物設計指針の 4.7 (式 4.22) のせん断疲労強度式を用いて行うこととした。



図一解 3.25 スタッド接合部の疲労試験結果

幅員方向に分割された床版を鋼桁に合成する場合は、床版に半割のずれ止め用孔を設けることとした。半割のずれ止め用孔の事例を図一解 3.26、写真一解 3.2 に示す。なお、本事例の構造は特許出願中である（平成 29 年 6 月現在）。



図一解 3.26 半割のずれ止め用孔（特許明細書より）



写真一解 3.2 半割のずれ止め用孔

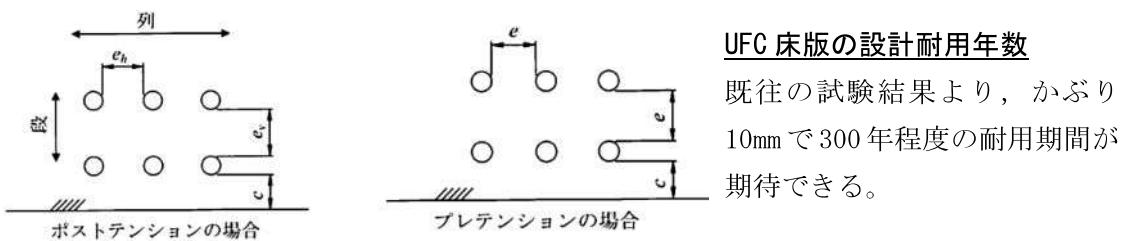
3.10 構造細目

3.10.1 かぶり, あき

- (1) 一般の環境において使用される UFC を用いた構造物の緊張材のかぶり c は、次の 1), 2) による。
- 1) ポストテンションの場合 $c \geq 0.5 \phi_1$ かつ $c \geq 20\text{mm}$, ここに ϕ_1 : 緊張材のシース径
 - 2) プレテンションの場合 $c \geq 1.5 \phi_2$ かつ $c \geq 20\text{mm}$, ここに ϕ_2 : 緊張材の径
- (2) UFC を用いた構造物の緊張材の鉛直方向のあき e_v , 水平方向のあき e_h は、次の 1)~3) による。
- 1) ポストテンションの場合 (鉛直方向にシースが 1 段配置されている場合)
 $e_h \geq 0.5 \phi_1$ かつ $e_h \geq 30\text{mm}$, $e_v \geq 0.5 \phi_1$ かつ $e_v \geq 30\text{mm}$
 - 2) ポストテンションの場合 (鉛直方向にシースが 2 段以上配置されている場合)
 $e_h \geq \phi_1$ かつ $e_h \geq 30\text{mm}$, $e_v \geq \phi_1$ かつ $e_v \geq 30\text{mm}$
 - 3) プレテンションの場合 $e \geq \phi_2$ かつ $e \geq 30\text{mm}$
- (3) この節に規定のない事項については、適用する UFC に応じて設定するものとする。

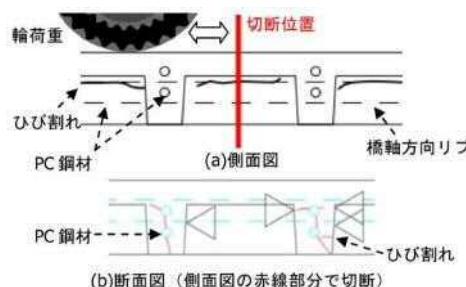
【解説】

(1)~(3) かぶり, あきは纖維長に關係するため適用する UFC に応じて設定することとした。ポストテンションの場合と、プレテンションの場合の緊張材のあきとかぶりを図一解 3.27 に示す。



図一解 3.27 緊張材のあきとかぶり

ワッフル型 UFC 床版を対象とした輪荷重走行試験では、試験中に UFC 床版のリブ側面に、水平に PC 鋼材に沿って水平にひび割れが発生した (図一解 3.28)。このひび割れは耐久性に影響を与えるほどでは無かったが、リブを極端に薄くした場合、ひび割れ幅が拡大することも考えられるため、リブ内に配置される PC 鋼材に対して、規定のかぶりおよびあきを確保することが重要である。



図一解 3.28 ワッフル型 UFC 床版の輪荷重走行試験で生じたリブのひび割れ

3.10.2 耐久性への配慮

- (1) UFC 床版と壁高欄の接合部は、耐久性に配慮した構造とする。
- (2) 地覆部の一部を嵩上げする等して UFC 床版と地覆部を一体の構造とすることを標準とする。
- (3) 張出し床版の下面に雨水等の水切り構造を設けなければならない。水切り構造は落下による第三者被害が生じない構造とし、UFC 床版を切り欠く場合はかぶりを確保しなければならない。

【解説】

- (2) 床版端には横断勾配によって雨水等の滯水が発生する。床版上面は地覆部が直接打込まれるためその界面に劣化因子を含んだ水の浸入が懸念されることから、地覆部の一部を嵩上げする等して UFC 床版と一体の構造とし耐久性に配慮することを標準とすることとした。構造の例を図一解 3.29 に示す。



(a) 壁高欄



(b) 中央分離帯

図一解 3.29 耐久性を配慮し地覆部と床版を一体構造とした例

- (3) 水切り構造の例として UFC 床版に切り欠きを設けた例を写真一解 3.3 に示す。



写真一解 3.3 水切り構造（例）

3.10.3 維持管理への配慮

- (1) UFC 床版の下面や床版同士の接合部の点検が確実にできるように設計しなければならない。
- (2) UFC 床版の取替え等の更新に配慮した接合部を検討しなければならない。

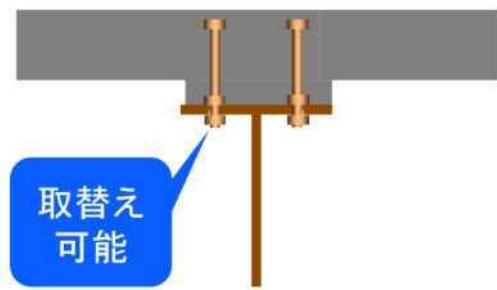
【解説】

- (1) 海上部等, 高所作業車や橋梁点検車による点検が難しいことが想定される場合は, 特殊高所作業等による点検を行うことができるように, アンカーの設置等の配慮をしなければならない。特殊高所作業におけるぶら下がり作業で, ロープを固定する支点に求められる耐力は 12kN 以上であるため, UFC 床版に設置するアンカーは, 橋軸方向に 900mm 以下の設置間隔に対し, 12kN 以上の荷重に耐えられるとすることとした。特殊高所作業におけるアンカーの設置状況例を図一解 3.30 に示す。



図一解 3.30 特殊高所作業におけるアンカーの設置状況（例）

- (2) 将来, UFC 床版を取り替える可能性を考慮し, 鋼桁と UFC 床版の接合部や UFC 床版同士の接合部に更新を考慮した構造を検討することとした。
- 一例として, 図一解 3.31 に示すスタッド接合部にボルト・ナット構造を適用する構造を既往の製作試験で試行している。



図一解 3.31 取替え可能なスタッド接合構造

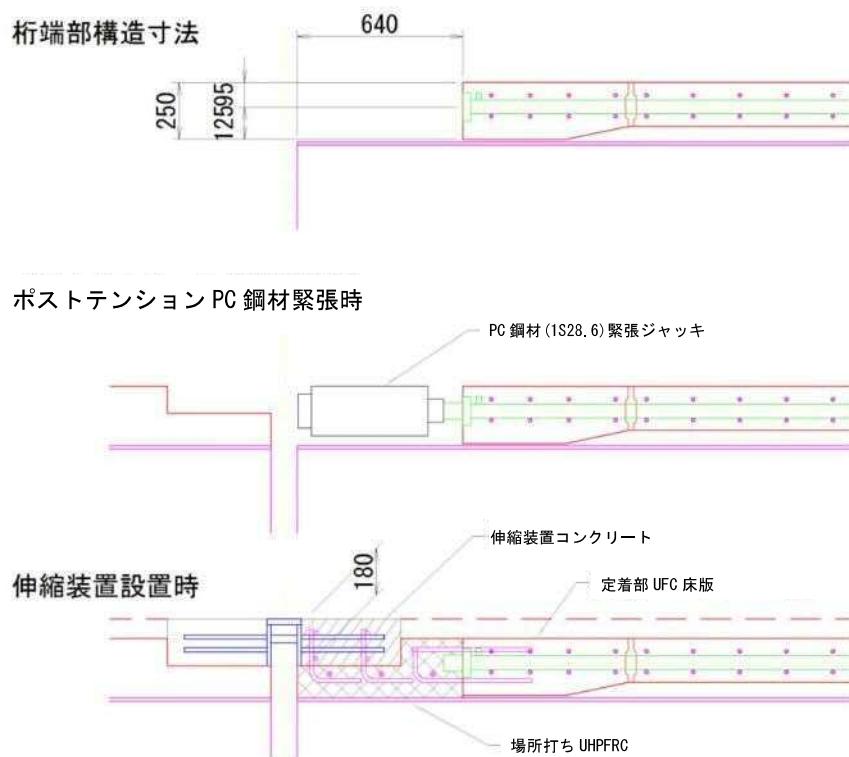
3.11 現場施工部

3.11.1 伸縮装置

- (1) 桁端部に配置する床版（以下、端部床版）は、伸縮装置との接合部があと施工となることから、切欠きを設け一体化のための補強鋼材を配置する構造とする。切欠き部は、床版として必要な剛性が得られる厚さの床版とする。
- (2) 平板型 UFC 床版のポストテンション PC 鋼材定着部は、伸縮装置取替え時に損傷しない構造としなければならない。
- (3) 端部床版に、場所打ち床版を設ける場合は、床版支間方向に、プレグラウト鋼材等によってポストテンションでプレストレスを導入しなければならない。
- (4) 端部床版に、場所打ち床版を設ける場合は、UHPFRC を用いることを原則とする。端部床版をコンクリートによる場合は、UFC 床版との連続性から高強度コンクリートとし、耐久性の観点から密実なコンクリートが得られるように材料選定しなければならない。

【解説】

- (2) 平板型 UFC 床版は、橋軸方向にポストテンション PC 鋼材を配置しており、端部床版には、その PC 鋼材の定着部があることから、PC 鋼材定着部の耐久性と、伸縮装置取替え時に損傷しないような構造とすることとした。図一解 3.32 に伸縮装置との接合構造の例を示す。



図一解 3.32 伸縮装置との接合構造(例)

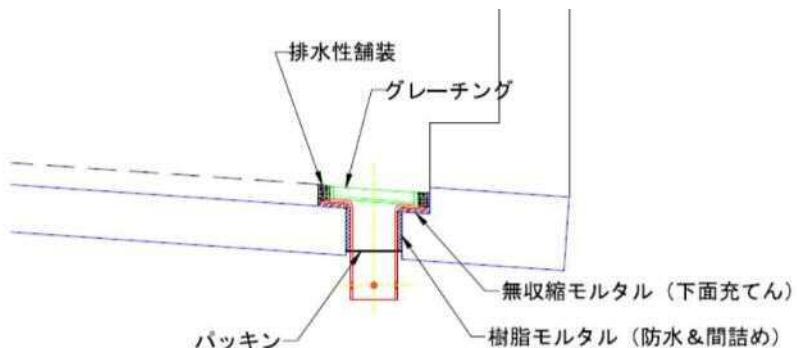
- (3) 端部床版は伸縮装置との境界部にあたり、車輌からの衝撃力が作用しやすい。また、縦断勾配のサグ部にある場合は、橋梁支間の雨水が溜まりやすく、床版の疲労が進行しやすい部位である。よって、床版支間方向にプレストレスを導入することとした。
- (4) (2)と同様の理由から、UHPFRC 以外の従来のコンクリートによって端部床版を形成する場合は、高強度かつ密実なコンクリートとすることとした。

3.11.2 排水装置

- (1) 排水装置との接合部は、輪荷重や、水の浸入に対して配慮したものとする。
- (2) 伸縮装置付近の越流水および耐水を考慮した排水対策を行うものとする。本節によるほか、3.13.2 によるものとする。

【解説】

- (1) UFC 床版は床版厚さが小さいため排水装置の形状が特殊となる。輪荷重の載荷に対して排水枠が損傷しないよう配慮する。また排水枠の設置個所はボイド等で箱抜きをして設置することから、その接合部には水の浸入に対して配慮する。図一解 3.33 に排水装置との接続構造の例を示す。



図一解 3.33 排水装置との接続構造(例)

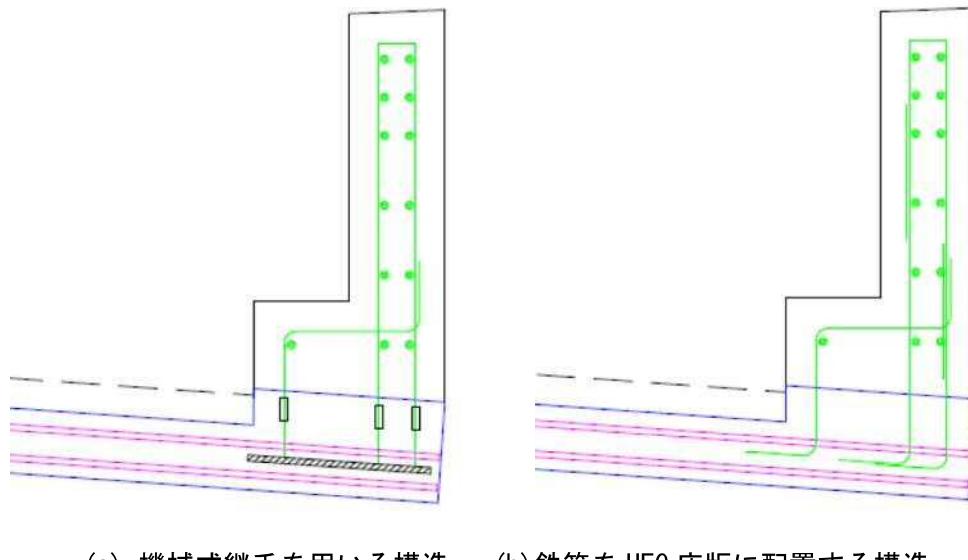
- (2) 伸縮装置付近では、越流水および耐水対策として、スラブドレーンが施工されていたが、ドレン詰まり等によりその昨日が発揮されない事例が散見される。したがって、縦横断勾配を考慮のうえ構造上対応可能な範囲において、排水枠により確実に排水することが望ましい。排水枠で対応が困難な場合は、スラブドレーン等の排水対策を検討することとした。

3.11.3 壁高欄

- (1) 壁高欄に作用する風荷重や衝撃に対して、UFC 床版と壁高欄を一体化するため、補強鋼材を床版に定着する構造とする。
- (2) 耐久性向上のため、3.10.2 の構造細目によることに加え、地覆部の使用材料や配筋について検討しなければならない。
- (3) 壁高欄の構造形式については、場所打ち壁高欄およびプレキャスト壁高欄を現場条件に応じて使い分けるものとする。

【解説】

- (1) これまでの製作試験では、壁高欄の鉄筋を UFC 床版に配置しても有害なひび割れ等が発生しないことが確認できている。図一解 3.34 に壁高欄との接続構造の例を示す。



図一解 3.34 壁高欄との接合構造

なお UFC 床版と壁高欄の一体化部分は、供用期間中の壁高欄損傷を想定して維持修繕及び壁高欄の取替が可能な構造とすること。

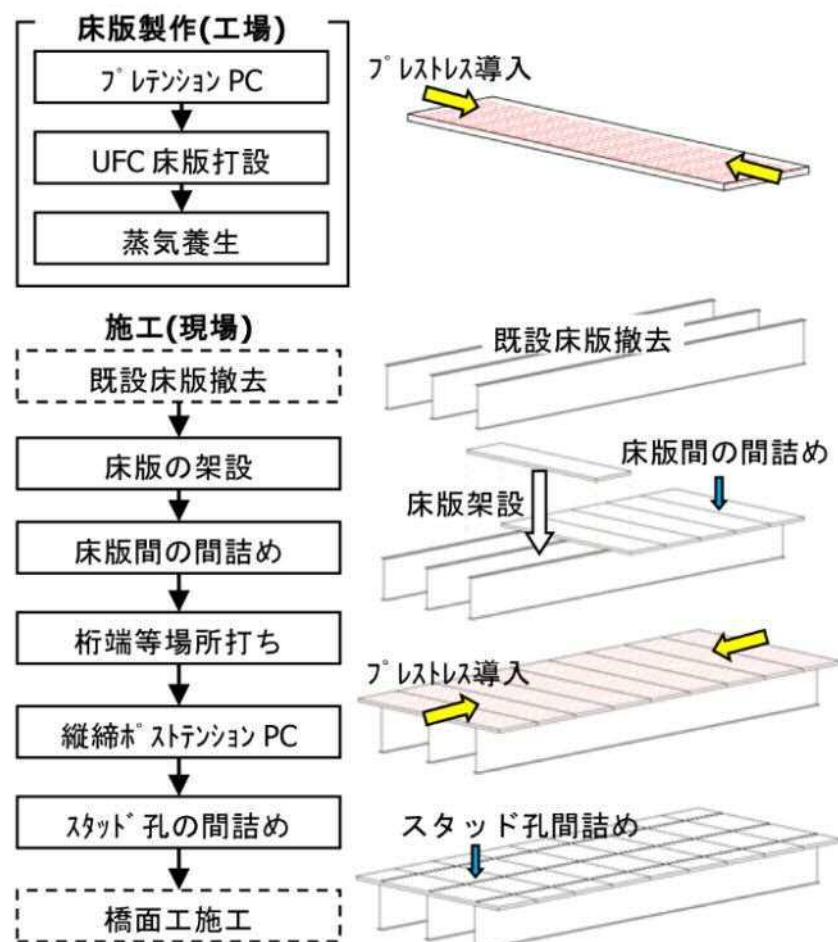
- (2) 壁高欄の乾燥収縮に対して目地近傍の地覆にひび割れが生じることがあるため、ひび割れを防止するための材料や配筋について検討することとした。

3.12 床版取替え

- (1) 床版取替え時の施工ステップを考慮して設計しなければならない。特に、車線ごとに床版取替えを行う場合、施工ステップごとに抵抗断面が異なるため、施工条件を踏まえ抵抗断面を設定し設計しなければならない。
- (2) UFC 床版に取替えた後の合成桁における鋼桁の疲労の照査、舗装、走行性の検討を行わなければならない。
- (3) 床版端部の構造については、隣接径間の状況を踏まえ設計しなければならない。
- (4) 既設床版撤去、UFC 床版架設後の桁キャンバーの変動を設計時に考慮し、道路縦断線形および舗装厚に影響が無いように、床版取替えの設計を行わなければならない。

【解説】

- (1) 床版取替え時は、通行止め等の交通規制の実施形態によって、施工ステップが異なるため、交通管理者との協議を踏まえ、実際の施工ステップを踏まえた設計を行うこととした。平板型 UFC 床版による床版取替えの施工ステップの例を図一解 3.35 に示す。



図一解 3.35 平板型 UFC 床版による床版取替えの施工ステップ(例)

- (2) UFC 床版の曲げ剛性が既設床版よりも小さくなる場合、鋼桁のウェブギャップ部等の疲労や走行性、舗装への影響が生じる可能性があるため、それぞれの項目について照査を行うこととした。
- (3) 隣接径間の床版が設置された状態で、対象径間の床版を設置する場合、PC 鋼材の緊張装置の設置スペース等を考慮した床版端部構造を検討することとした。
- (4) 既設床版撤去時に桁キャンバーが戻り、UFC 床版架設よりたわみが生じる。道路縦断線形は基本的に変更できない場合が多く、これらの変形は舗装厚で微調整することが可能な場合が多いが、舗装厚の表層および基層の最小厚を下回らないように床版取替えの設計を行わなければならぬこととした。

3.13 舗装

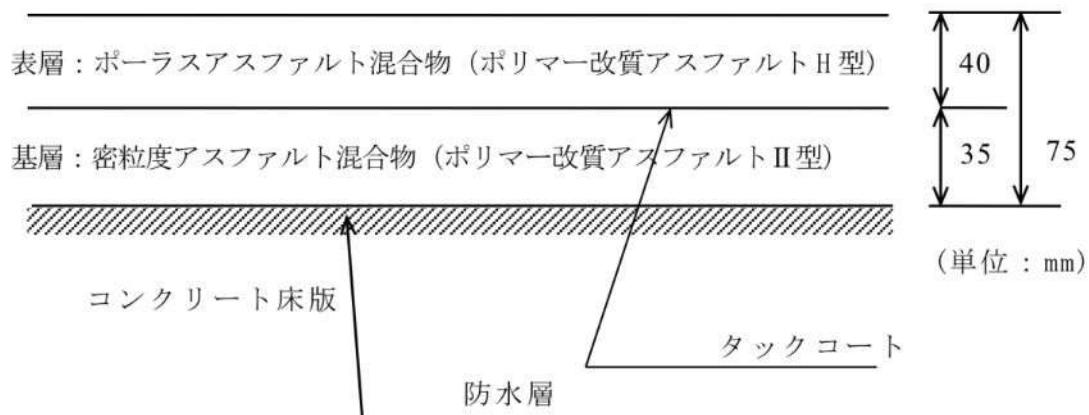
3.13.1 一般

- (1) UFC 床版上の舗装は、対象とする UFC 床版の剛性や接合部の特性に応じて、床版防水、舗装構成、UFC 床版の保護層を検討しなければならない。
- (2) UFC 床版上の舗装は、コンクリート床版を用いる場合の橋面舗装と同様の舗装構造とすることを基本とし、その仕様や規準を準拠するものとする。
- (3) コンクリート床版と比較して、たわみが大きくなる場合は、3.13.4 に示す保護層の設置や舗装材料、防水材料の性能を考慮し、舗装構造について検討しなければならない。

【解説】

(2), (3) UFC 床版の表面性状はコンクリート床版 (RC 床版、PC 床版等) と同等であることから舗装についても同様の橋面舗装とすることを基本とすることとした。

一例として阪神高速道路のコンクリート床版上の舗装構造の標準⁷⁾を図一解 3.36 に示す。



図一解 3.36 舗装構造の標準（阪神高速道路）

UFC 床版のたわみに関して下記事項が懸念される場合は、舗装材料の変形追随性を検証しグースアスファルトなどの適用を検討する。

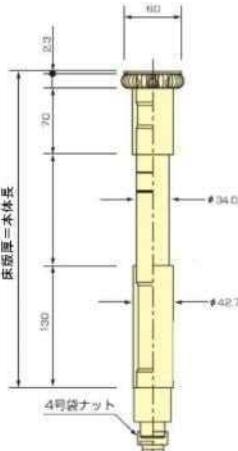
- ・コンクリート床版と比較してたわみが大きくなる場合
- ・連続合成桁の中間支点部におけるプレキャスト床版の角折れが懸念される場合

3.13.2 床版防水層

- (1) UFC 床版上には床版防水層を施すものとする。
- (2) UFC 床版上の防水層に用いる材料と仕様は、UFC 床版との付着性等を考慮して選定しなければならない。
- (3) UFC 床版上の防水層は、塗膜系床版防水を標準とし、その仕様は**床版防水便覧**によるものとする。ただし、UFC 床版への防水要求性能や防水材料は、現地状況、更新や補修の考え方、
3.13.4 保護層の構造を基に慎重に検討しなければならない。
- (4) 排水性舗装を用いる場合は、伸縮装置付近の越流水および滯水を考慮した排水対策を行うこととする。排水枠での対応が困難な場合は、スラブドレーン等の排水対策を検討するものとする。
- (5) スラブドレーンは工場で UFC 床版に設置するものとする。また、スラブドレーンの排水孔は詰まり物により排水不良を生じやすいことから、構造詳細を検討しなければならない。

【解説】

- (1) 従来のコンクリート系床版の疲労劣化過程において、貫通ひび割れ等に雨水が浸入することで、疲労劣化が著しく促進され、乾燥状態に比べて疲労耐久性が大きく低下する。このため、床版上面を雨水や油分、凍結防止剤に含まれる塩分から保護するために、UFC 床版上には防水層を施すこととした。
また UFC は従来のコンクリートに比べて密実な材料であり透水係数が極めて小さいが、下記に示す理由から床版防水が必要といえる。
 - ・UFC 床版はプレキャスト床版であることから床版同士の接合部は目地構造となる
 - ・ずれ止め孔の充填材料は間詰め UHPFRC であるが、プレキャスト部と異なりプレストレスが導入されないことでひび割れの発生が懸念される
- (4) 排水性舗装の場合、伸縮装置付近の越流水および滯水を考慮した排水対策として、スラブドレーンが施工されていたが、ドレーン詰まり等によりその機能が発揮されていない事例が散見される。したがって、縦横断勾配を考慮のうえ、構造上対応可能な範囲において、排水枠により確実に排水することが望ましい。
排水枠での対応が困難な場合は、**図一解 3.37** に示すスラブドレーン等の排水対策を検討することとした。



図一解 3.37 スラブドレーン(例)

3.13.3 舗装

- (1) UFC 床版上の舗装に用いる材料と仕様は、UFC 床版の剛性等を考慮して選定しなければならない。
- (2) UFC 床版上の舗装構成としては、表層にポーラスアスファルト混合物、基層に密粒度アスファルト混合物を用いることを基本とする。
- (3) 供用後の舗装補修時における床版の過切削が懸念される場合には、3.13.4 の保護層と合わせて、舗装構造（舗装厚）を検討しなければならない。

【解説】

- (1) UFC 床版は従来の PC 床版よりも床版厚が小さく、曲げ剛性が小さくなる場合があるため、締固めが必要な碎石マスチック混合物 (SMA) を用いた舗装等は適用しづらいと考えられる。よって、床版剛性を考慮して材料と仕様を選定することとした。
- (2) UFC 床版上の舗装構成は、従来のコンクリート床版に用いられる舗装と同様の舗装構成を基本とすることとした。

3.13.4 保護層

- (1) 供用後に想定される舗装補修時の床版上面の過切削に対して、UFC 床版上に保護層の設置を検討しなければならない。
- (2) 保護層は、UFC 床版の床版厚を大きくすることや、舗装厚を厚くすることなどで対応することも可能であり、重量増の影響、経済性等を踏まえ設置の検討を行わなければならない。
- (3) 保護層は、床版防水や舗装に影響が無い材料と仕様を選定しなければならない。

【解説】

- (1) 舗装補修時に、舗装構造の撤去に大型切削機を用いると、床版上面を過切削してしまうこと

がある。UFC 床版は床版厚が小さく、PC 鋼材のかぶりも小さいため、欠損の影響が大きい。よって過切削対策として保護層を設けることを検討することとした。

- (2) 保護層として床版や舗装を厚くすると重量増が生じ、鋼桁や下部構造に影響が生じる場合がある。また建設、維持管理におけるコストにも影響が生じるため、これらを踏まえ検討することとした。
- (3) 保護層に用いる材料によっては、床版防水との付着性の低下や、舗装との一体性の低下等影響が生じる可能性があるため、使用する材料や仕様の選定にあたっては、その影響を検討することとした。

参考文献

- 1) 中井博編：プレキャスト床版合成桁橋の設計・施工，森北出版，1988. 4.
- 2) 一宮利通・金治英貞・小坂 崇・齋藤公生：鋼床版と同等の軽量かつ耐久性の高い UFC 道路橋床版の開発, プレストレストコンクリート, プレストレストコンクリート工学会, Vol. 56, No. 1, 2014. 1.
- 3) 小坂 崇・金治英貞・一宮利通・藤代 勝：床版取替えに対応した UFC 道路橋床版の開発, プレストレストコンクリート, プレストレストコンクリート工学会, 2017. 3.
- 4) 国土技術政策総合研究所：道路橋床版の疲労耐久性に関する試験，国土技術政策総合研究所資料，第 28 号，2002. 3.
- 5) 阪神高速道路株式会社：軸重計による活荷重実態調査結果，阪神高速道路活荷重検討委員会資料，2012. 3.
- 6) 日本鋼構造協会：頭付きスタッドの押抜き試験方法（案）とスタッドに関する研究の現状，JSSC テクニカルレポート 35, 1996. 11.
- 7) 阪神高速道路株式会社：設計基準第 3 部構造物設計基準，第 4 編舗装, 2016. 1.

4章 製作・施工

4.1 製作

4.1.1 一般

- (1) 本節は、UFC 床版の製作および運搬に適用する。
- (2) UFC 床版の製作および運搬においては、計画、設計時に想定した出来形、品質を確保できるように本節の内容を反映した実施要領を策定しなければならない。

【解説】

- (2) UFC 床版の性能は、製作時の品質に依るところが極めて大きいため、製作および運搬においては、計画、設計時に想定した出来形および品質が確保できるように実施要領を策定することとした。

4.1.2 型枠装置

- (1) 型枠に用いる材料は、鋼製を基本とし、UFC の締固め時の振動および給熱養生等によって反りやねじりが生じないような強度と剛性を有するものでなければならない。
- (2) 型枠は UFC の側圧（液圧）を考慮して設計しなければならない。
- (3) 型枠は、UFC の自己収縮およびプレストレス導入時における変形による拘束を緩和できる材質や構造等としなければならない。
- (4) 型枠は、プレストレス導入時に底型枠と支持架台の間がスライドでき、UFC 床版の弾性変形を拘束しない構造としなければならない。

【解説】

- (1) UFC 床版の型枠は、締固めによる強い振動や早期プレストレス導入を目的とした蒸気養生による熱の影響を繰り返し受ける。したがって、これらによる反りやねじりが生じないように、十分な剛性を有するものとすることとした。一般に経済性を考慮して、転用回数が多い場合は鋼製型枠、少ない場合は木製型枠が用いられる。
- (2) UFC は流動性が高いため、その側圧（液圧）を考慮して型枠を設計することとした。
- (3) UFC は初期硬化時の自己収縮が大きいため、収縮を型枠が拘束することによってひび割れが生じないように、また、脱型時に UFC 床版を損傷させることなく取り外せたりできるように、型枠の材質や構造等とすることとした。

4.1.3 PC 鋼材の配置

- (1) PC 鋼材は、設計図書で定められた位置に所定の精度で配置しなければならない。
- (2) PC 鋼材の配置にあたっては、浮き鋸、油類、その他異物を取り除き、UFC との付着が損なわれないようにしなければならない。

【解説】

- (1) PC 鋼材の配置精度は、PC 鋼材中心と部材縁との距離が設計寸法の±5%以下とする。また、UFC 床版の反りが許容値に収まるように配置精度を確保することとした。
平板型 UFC 床版とワッフル型 UFC 床版の、PC 鋼材の配置状況を写真一解 4.1、写真一解 4.2 に示す。

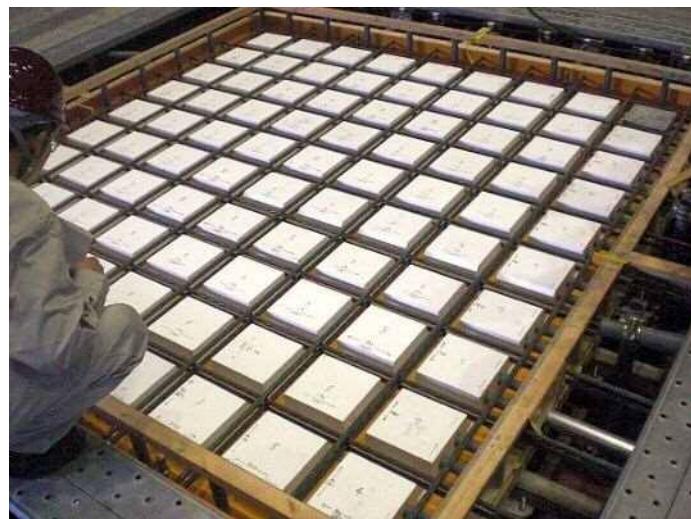


(鋼製型枠)



(木製型枠)

写真一解 4.1 平板型 UFC 床版の PC 鋼材配置状況



写真一解 4.2 ワッフル型 UFC 床版の PC 鋼材配置状況（試験供試体：木製型枠）

- (2) あらかじめ型枠に塗布した剥離剤が PC 鋼材に付着しないよう、PC 鋼材を配置する際には適切に養生する必要がある。

4.1.4 PC 鋼材の緊張

- (1) PC 鋼材は、所定のプレストレスが得られるように適切な方法で緊張しなければならない。PC 鋼材の緊張は、すべての PC 鋼材に均等な張力を与えるために、次の 1), 2) の手順で行う。
- 1) 配置された PC 鋼材を 1 本ごとにシングルストランド用ジャッキを用いて 10~20kN/本程度緊張し、PC 鋼材を引き揃える。
 - 2) 同時緊張機により、所定の緊張力まですべての PC 鋼材を同時に緊張する。
- (2) PC 鋼材の緊張力は、設計で想定した有効プレストレス力が得られるよう、セット量、蒸気養生による減少量およびその他の余裕量を考慮して定めるものとする。
- (3) 余裕量は、使用している機器および種々のロス等を考慮して、製作する工場ごとに定めなければならない。
- (4) 緊張力は、荷重計の示度および PC 鋼材の伸びにより管理を行わなければならない。
- (5) PC 鋼材の製作時緊張力および製作時伸び量の許容差は、表-4.1 によるものとする。

表-4.1 緊張力と伸びの許容差

項目	許容差
緊張力	設計導入力の 0~+5%以内
伸び量	計算伸び量の±5%以内

【解説】

(2) PC 鋼材をくさびで定着する場合、定着時にくさびがめり込んで緊張力の損失を生じるため、あらかじめセット量を調べておくことが必要である。

蒸気養生による緊張力の減少量は、式 4.1 で求めてよい。

$$\Delta \sigma_{pt} = \alpha E_p (t_2 - t_1) C \quad \dots \dots \dots \quad (4.1)$$

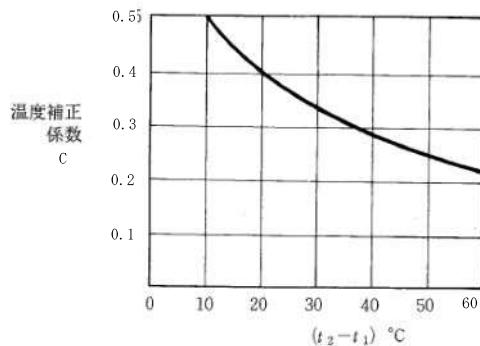
ここに、 α : PC 鋼材の線膨張係数 ($10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)

E_p : PC 鋼材のヤング係数

t_1 : 緊張時の外気温度

t_2 : 養生時の最高温度

C : 図一解 4.1 に示す温度補正係数 (0.2~0.5)



図一解 4.1 各温度と補正係数の関係

4.1.5 打込み・養生

- (1) 鋼纖維の配向性および分散性を考慮して打込み計画を立案しなければならない。
- (2) 打込みは、ホッパー等を用いて、床版短辺方向中央の長辺方向端部から打込みを開始し、長辺方向にホッパーを移動させながら行わなければならない。この際、UFC の打重ね部や合流部は鋼纖維が架橋せず弱部になるため、極力これを避けるものとする。やむを得ず合流部が生じた場合には、突き棒等により合流した UFC をかき乱し、鋼纖維を分散させるものとする。
- (3) 打込み方法だけでなく UFC の流動性も配向性に影響すること、UFC 床版は 2 方向に PC 鋼材が配置されるほかに地覆や壁高欄の鉄筋が埋設されることから、流動性および充填性を確保しなければならない。打込み時のモルタルフローは $250 \pm 20\text{mm}$ とする。
- (4) 打込み、仕上げ時は、モルタルが乾燥しないように留意しなければならない。
- (5) UFC の所定の強度が得られるように適切に養生しなければならない。
- (6) 養生後、床版上面の脆弱部は適切な方法で除去しなければならない。被膜養生材はショットブラスト等、粉状のエフロレッセンスは湿らせた布等で除去するものとする。

【解説】

(2) 試験体製作時の打込み状況を写真一解 4.3, 写真一解 4.4 に示す。



写真一解 4.3 ワッフル型 UFC 床版の試験体打設状況



写真一解 4.4 平板型 UFC 床版の試験体打設状況

- (4) UFC はセメントの単位量に対して単位水量が極めて少ないため、モルタル表面が乾燥しやすい。そのため、打込み、仕上げ時には必要に応じて霧吹きなどで表面を湿らすほか、仕上げ後はラップなどを用いて乾燥を防止する必要がある。
- (5) プレストレス導入時および製品出荷時に所定の強度およびヤング係数が得られるように適切に養生することとした。Aft 系 UFC では、20~30°C 程度の一次養生を脱枠やプレストレスの導入に必要な初期強度が得られるまで行い、85°C の二次養生を 20~24 時間行う。
- (6) 仕上げ面の初期乾燥ひび割れの防止対策として、被膜養生材が有用であるが、床版上面の被膜養生材や粉状のエフロレッセンスは、舗装あるいは床版防水の付着に悪い影響がある。そのため、養生後、被膜養生材はショットブラスト等で、粉状のエフロレッセンスは湿らせた布などで、除去することとした。

4.1.6 プレストレスの導入

- (1) プレストレスは一次養生後、二次養生の前に導入するものとする。
- (2) プレストレスの導入は、所定の圧縮強度が得られてから、緊張力を解放することによって行わなければならない。

【解説】

- (1) UFC は二次養生時の自己収縮量が大きいため、PC 鋼材による拘束ひび割れ防止のためにも、二次養生前にプレテンション PC 鋼材を解放し、プレストレスを導入することとした。
- (2) 所要の圧縮強度は、定着長および局部応力など設計上の観点から決定される。そのため、圧縮強度の設定においては、解析や試験で確認された値を確保しなければならない。

(参考) 輪荷重走行試験体のプレストレス導入時の圧縮強度

- ・ワッフル型 UFC 床版 : 100.7~121.1 N/mm²
- ・平板型 UFC 床版 : 46.2 N/mm²

4.1.7 品質管理・検査

- (1) UFC 床版の製作にあたっては、所定の寸法を確保しなければならない。
- (2) 製作した UFC 床版は、ひび割れ等が無いことを確認し記録しなければならない。
- (3) 品質管理および検査については本節によるほか、**プレキャスト床版便覧**、UFC 指針、**サクセムマニュアル**によるものとする。

【解説】

- (1) 参考として、**プレキャスト床版便覧**の出来形検査および緊張力と伸びの許容差を表一解4.2、表一解4.3に示す。

表一解 4.2 出来形検査の許容差

項目	許容差
床版の長さ（橋軸直角方向）	0~+20mm
床版の幅（橋軸方向）	-10~+5mm
厚さ	0~+10mm
PC 鋼材の配置 (PC 鋼材と部材縁の距離)	設計寸法の±5%

表一解 4.3 緊張力と伸びの許容差

製作時緊張力実測値	計算値の 0~+5%以内
製作時伸び量実測値	計算値の±5%以内

4.1.8 保管・運搬

- (1) UFC 床版の保管、吊上げおよび運搬に際しては、部材に大きな曲げやねじりが生じないよう支持点の位置や支持方法に留意しなければならない。
- (2) 保管時や運搬時に架設時や架設後よりも応力が大きくなる支持状態となる場合は、計算によって応力を照査しなければならない。

【解説】

- (1) UFC 床版は長さに対して床版厚は小さく剛性が小さいため、曲げやねじりの影響を受けやすい。そのため、保管時、吊上げ時および運搬時においては支持点間隔や吊上げ方法に留意することとした。

輪荷重走行試験用の試験供試体 (2.5×2.5m) の吊上げ状況を写真一解 4.5 に示す。



写真一解 4.5 ワッフル型 UFC 床版の吊上げ状況

- (2) 保管時や運搬時に UFC 床版にひび割れが生じないように、必要に応じて照査することとした。

4.2 施工

4.2.1 一般

- (1) 本節は、UFC 床版の施工に適用する。
- (2) UFC 床版の施工においては、所要の出来形、品質を確保できるように本節の内容を反映した実施要領を策定しなければならない。
- (3) 床版の架設および接合部の施工後に、床版本体および接合部にひび割れが無いことを確認し、記録しなければならない。
- (4) 場所打ち UFC については、所要の品質を確保できる養生方法としなければならない。

【解説】

- (4) 場所打ち UFC は、養生方法によって材齢と強度の関係が異なるため、設計条件で求める強度が所定の材齢で得られる養生方法を選定することとした。

4.2.2 床版の架設

- (1) UFC 床版は、その品質に有害な影響を与えない方法で、設計図に示された鋼桁上の所定の位置に正しく据え付けなければならない。
- (2) 床版の高さ調整は、高さ調整ボルト等によって行い、UFC 床版に不均等な荷重が作用しないようにしなければならない。
- (3) 床版の架設後、床版と鋼桁を適切な方法によって仮固定しなければならない。
- (4) 架設時に、仮固定状態の床版上に重機等を設置する場合は、床版の応力度や変形を照査し、UFC 床版に損傷が生じないことおよび安全に施工ができるることを確認しなければならない。

【解説】

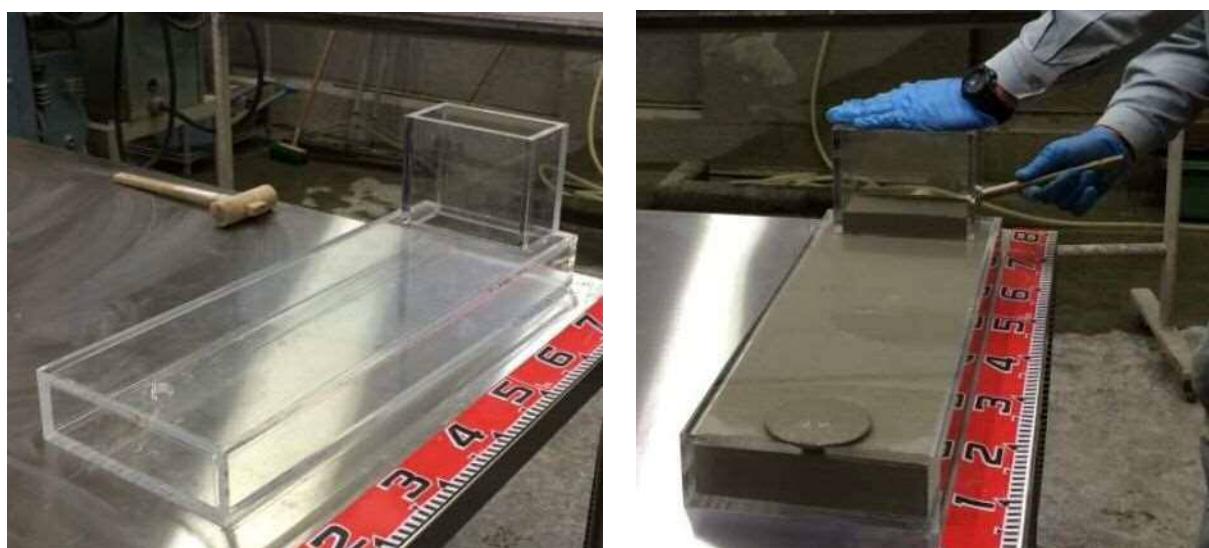
- (1) UFC 床版は鋼桁と頭付きスタッド等で一体化させ、合成桁として適切に機能するため、所定の位置および高さに設置することとした。

4.2.3 鋼桁とのずれ止め

- (1) 鋼桁上フランジには、床版架設前に間詰めモルタルの漏れ防止のために、シールスポンジ等を貼り付けることを標準とする。シールスponsジ以外の材料を用いる場合は、供用中に落下しないことを検討しなければならない。
- (2) 接合部である UFC 床版下面と鋼桁上フランジの隙間およびずれ止め用の箱抜きには、所要の品質が得られる間詰め材を確実に充填しなければならない。
- (3) UFC 床版下面と上フランジの隙間は間詰め UHPFRC を充填することを標準とし、流動性などを施工性試験によって確認した材料を使用しなければならない。
- (4) 平板型 UFC 床版は、床版同士の接合部の充填を先行して施工し、橋軸方向のプレストレス導入後、鋼桁とのずれ止の間詰めを充填しなければならない。

【解説】

- (1) UFC 床版下面と鋼桁上フランジの隙間の標準は 50mm である。更新床版の場合、厚くなる場合や、上フランジ幅が狭いことなどが理由でシールスponsジを設置することができない場合がある。その際は、フランジ横に型枠を設置する方法がある。
- (2) UFC 床版と鋼桁上フランジ間の間詰めには、UFC 床版と橋面工の自重および活荷重が作用するため、これらの荷重に十分抵抗でき、充填性に優れるものが必要である。輪荷重走行試験の試験体では、プレミックスタイプのモルタルを使用した。
- (3) 間詰め材に剥落等を防止するために纖維を混入する場合は、流動性が低下するため、施工可能な材料を選定する必要があり、その際は写真一解 4.6 に示すように、流動性試験を実施しなければならないこととした。



写真一解 4.6 間詰めモルタルの流動性確認試験

4.2.4 ワッフル型 UFC 床版同士の接合

- (1) 鋼横リブの上フランジには、床版架設前に間詰め材の漏れ防止のために、シールスポンジ等を貼り付けなければならない。シールスponsジ以外の材料を用いる場合は、供用中に落下しないことを検討しなければならない。
- (2) 鋼横リブに支持される UFC 床版同士の接合はボルト接合とする。UFC 床版同士を接合するボルトは、UFC 床版間の間詰めが所定の強度に達してから、所定のトルクを導入しなければならない。
- (3) UFC 床版同士の間詰めは、間詰め UHPFRC を標準とする。

【解説】

- (2) 鋼横リブに支持されたワッフル型 UFC 床版に輪荷重が作用すると、UFC 床版間に上引張の曲げモーメントが生じるが、これに抵抗するために UFC 床版同士をボルトで締結する。ボルトに設計で想定した必要な軸力を導入しないと、ボルトに変動軸力が繰返し作用し、疲労破断する可能性がある。そのため、トルクレンチや油圧ジャッキ等を使用してボルトに所定のトルクを導入しなければならないこととした。ボルトによる接合構造の状況を写真一解 4.7 に示す。



(a) ボルト設置前



(b) ボルト設置後

写真一解 4.7 ワッフル型 UFC 床版同士の接合構造

4.2.5 平板型 UFC 床版同士の接合

- (1) 床版同士の間詰め材の漏れ防止のために、型枠等を設置しなければならない。
- (2) ポストテンション PC 鋼材のシース端部には、間詰め材がシース内に流入しないように、シールスポンジ等を貼り付けなければならない。
- (3) UFC 床版同士の接合はポストテンション方式のプレストレスの導入によるものとする。

【解説】

- (2) 床版同士の遊間は狭くシースの接続が困難なことから、あらかじめシース端部に圧縮変形に追随できるシールスポンジ等を設置することとした（写真一解 4.8）。



写真一解 4.8 シールスポンジの設置状況

- (3) 平板型 UFC 床版同士の接合部は鋼横リブに支持されないため、輪荷重が作用すると UFC 床版間に下引張の曲げモーメントおよびせん断力が生じるが、これらに抵抗するためにポストテンション方式でプレストレスを導入する。

4.2.6 場所打ち部分との接合

- (1) 桁端部の場所打ちで施工する部分と UFC 床版との接合部は、適切な構造で一体化しなければならない。
- (2) UFC 床版の場所打ち部分との接合面は、打継ぎ目処理をしなければならない。

【解説】

- (1) UFC 床版同士はポストテンション方式でプレストレスを導入して一体化させるが、桁端部の場所打ち部と UFC 床版の間にはプレストレスは導入されない。そのため、端部の UFC 床版に鉄筋を埋設しておき、端部場所打ち部と一体化を図る必要がある（写真一解 4.9）。



写真一解 4.9 場所打ち部との接続用の鉄筋配置例

- (2) UFC の打継ぎ目処理として、従来のコンクリートのように硬化遮延剤による洗い出しありは適用できない。UFC の打継ぎ目処理としては、UFC の硬化直前に粗骨材を散布¹⁾する、打継ぎ目形成シート（例：KK シート²⁾）を用いる方法などがある。

粗骨材を散布する場合、打込み完了から約 3 時間後にコンクリート碎石（2010A, 5kg/m²）を散布して埋め込む（写真一解 4.910）。



写真一解 4.10 打継ぎ目処理の事例（高欄打継部）

4.2.7 場所打ち UFC

- (1) 製造には、適切な練り混ぜ性能を有するミキサを使用しなければならない。JIS A 8603に適合した強制練りミキサを用いるのを標準とする。異なるミキサを用いる場合は製造試験を行って所定の性能が得られることを確認しなければならない。
- (2) 打込みは、4.1.5と同様に施工するものとする。打重ね部は突き棒等により UFC をかき乱し、鋼纖維を分散させなければならない。
- (3) 養生は、設計条件に応じた養生方法としなければならない。
- (4) 間詰め UHPFRC は、流動性は高いが粘性も高いため、無収縮モルタルに比べて充填に時間がかかる。施工計画においては、UFC の充填時間に留意した計画としなければならない。

【解説】

- (2) 間詰め部に打ち込む場合は少量であるため、現場での打込みはバケツ等を用いて行うことが多い。
- (3) 場所打ち UFC は、養生方法によって材齢と強度の関係が異なるため、設計条件で求める強度が所定の材齢で得られる養生方法を選定し施工することとした。



写真一解 4.11 場所打ち UFC の養生事例（間詰め部）

4.2.8 施工管理・検査

- (1) UFC 床版の施工にあたっては、所定の寸法を確保しなければならない。
- (2) 施工した UFC 床版は、ひび割れ等が無いことを確認し記録しなければならない。
- (3) 施工管理および検査については本節によるほか、プレキャスト床版便覧、UFC 指針、サクセムマニュアルによるものとする。

4.3 床版取替え

- (1) 事前調査として、鋼桁の腐食や疲労による損傷の有無、既設床版の状態から環境条件を把握しなければならない。
- (2) 床版取替え時の施工ステップを考慮した施工計画を行うものとする。
- (3) 各施工ステップの荷重と抵抗断面によって応力を照査し、必要に応じて鋼桁を補強しなければならない。
- (4) UFC 床版を設置する鋼桁の上面は、床版撤去時のコンクリート殻等が付着していない状況で、鋼桁が防錆処理されていることを確認しなければならない。
- (5) 頭付きスタッドの鋼桁への溶植は、UFC 面とスタッドと離隔に注意し間詰め材の充填性を確保しなければならない。
- (6) 既設 RC 床版撤去および UFC 床版架設後の桁のキャンバー管理を行わなければならない。また、道路の縦断線形に対して所定の舗装厚が確保できるように管理しなければならない。

【解説】

- (2) 床版取替え時は、通行止め等の交通規制の実施形態によって、施工ステップが異なるため、交通管理者との協議を踏まえ、実際の施工ステップを考慮した施工計画を作成することとした。
- (4) 既設 RC 床版を撤去する際に、鋼桁の上面にコンクリート殻等が付着する可能性があり、UFC 床版の設置精度や間詰めモルタルの付着に影響があるため、極力、コンクリート殻等が付着していない状況とすることとした。また、鋼桁上面が塗装等で防錆処理されていることを確認することとした。
- (5) 床版取替えにおいては、頭付きスタッドを現場で鋼桁に溶植する必要があるが、間詰め材の充填性を確保するためにずれ止め用孔とスタッドの離隔に注意することとした。
- (6) UFC 床版は既設 RC 床版と比較して軽量な場合が多いため、既設 RC 床版撤去および架設後の桁キャンバーの管理を行わなければならないこととした。道路の縦断線形に対して桁キャンバーの変化は、通常、舗装厚によって微調整は可能であるが、表層、基層の最小舗装厚を下回らないように、管理することとした。

4.4 舗装

- (1) UFC 床版上の舗装は、床版の剛性によって適切な構造を選定しなければならない。
- (2) UFC 床版上の脆弱部や粉状のエフロレッセンス等の付着物は、舗装の施工前に除去しなければならない。

【解説】

- (1) UFC 床版の表面性状はコンクリート床版 (RC 床版, PC 床版) と同等であることから、同様の橋面舗装とすることを基本とする。なお、UFC 床版の床版厚は従来の PC 床版等と比べて小さいため、たわみが大きくなることが懸念される場合は、変形追随性を考慮してグースアスファルトなどの適用を検討する必要がある。
- (2) UFC 床版は、蒸気養生時にエフロレッセンス等の付着物が床版上面に析出する (写真一解 4.12)。この付着物のうち粉状のものは、床版防水層と UFC 床版の付着力低下の原因となる懸念があるため、蒸気養生後又は現場における床版防水の施工前に除去しなければならないこととした。



写真一解 4.12 UFC 床版上のエフロレッセンス除去前後

参考文献

- 1) 橋爪大輔・大西和行・一宮利通・齋藤公生・村岸聖介・藤代勝：平板型 UFC 床版の設計・製作・架設，橋梁と基礎，2019. 2.
- 2) KK シート工法（協立エンジ株）：<http://www.kyoritsu-enji.co.jp/products/kk-seat/>

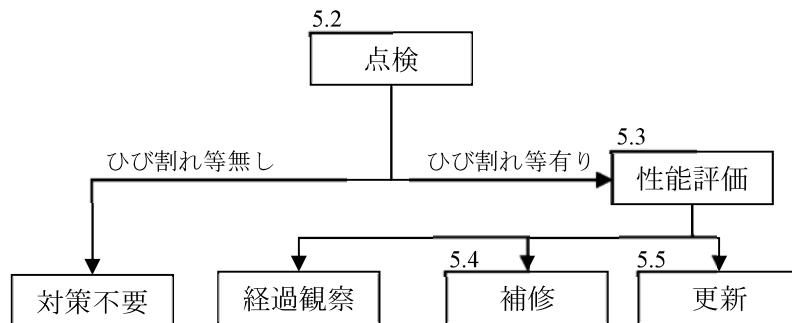
5章 維持管理

5.1 一般

- (1) UFC 床版の維持管理として、点検、評価、補修および更新を行い、維持管理の内容は記録し将来の建設、維持管理の基礎資料とする。
- (2) 点検においてひび割れ等の損傷が確認された場合は、評価によって経過観察、補修または更新のいずれの対応とするかを検討しなければならない。
- (3) 維持管理は本節によるほか、対象とする構造物の管理者が保有する点検要領によるものとする。

【解説】

- (1) UFC 床版の維持管理として点検、評価、補修および更新を行うこととした（図一解 5.1）。



図一解 5.1 UFC 床版の維持管理

- (2) UFC 床版は設計および製作時にひび割れを許容しないが、供用中に衝突荷重等によって、ひび割れが生じる可能性があるため、床版の性能評価、補修、更新を考慮した維持管理とした。
- (3) UFC 床版は、従来の PC 床版に用いられるコンクリートとは性質が異なるが、本節に記載の無い維持管理に関する規定については、対象とする構造物の管理者が保有する点検要領（コンクリート床版、鋼桁等）によることとした。

5.2 点検

- (1) 点検は UFC 床版を常に適切な状態に維持するために、損傷の状況や影響度を把握し、補修あるいは対策の内容を判断するための基礎資料を得ることを目的とする。
- (2) 点検において UFC 床版は、床版本体および接合部にひび割れが無いことを確認する。
- (3) 点検は UFC 床版の部位ごとに、点検種別、点検頻度、点検方法、点検結果の評価判定基準等に関し、点検実施要領を策定し、それに基づき効率的に実施しなければならない。
- (4) 点検実施要領は、定期的に構造物の状態を把握した上で必要に応じて見直すものとする。

【解説】

- (2) UFC を用いた構造物は、維持管理の実績が少ないため、供用期間中の劣化損傷の状況と判定区分が定められていない。そこで、設計上はひび割れを許容しないことを原則としていることから、点検では、床版本体および接合部にひび割れが無いことを確認することとした。
- (3) 点検頻度、点検計画、点検方法については、対象橋梁の管理者における RC 床版、PC 床版等他床版の点検要領を参考に策定することとした。参考として、阪神高速道路における点検要領¹⁾における点検判定区分の例を表一解 5.1、床版の床版の定期点検 1 次判定基準の例を表一解 5.2 に、床版のひび割れ 1 次判定基準の例を表一解 5.3 に示す。

表一解 5.1 定期点検の点検判定区分例¹⁾

判定区分		損傷状況
S	S 1	機能低下が著しく、構造物の安全性から緊急に対策の必要がある場合
	S 2	第三者への影響があると考えられ、緊急に対策の必要がある場合
A		機能低下があり、対策の必要がある場合
B		損傷の状態を観察する必要がある場合
C		損傷が軽微である場合
OK		上記以外の場合

表一解 5.2 未補修床版の定期点検 1次判定基準例¹⁾

工種	判定区分 点検項目	S	A	B	C
未 補 修 床 版	ひび割れ	表一解 5.3 参照			
	鉄筋露出 鉄筋腐食 はく離、欠落	①合計0.1m ² 以上の範囲で鉄筋が露出している ②合計長さ50cm以上の主鉄筋が露出している ③鉄筋が腐食している ④合計0.3m ² 以上のはく離、欠落がある		①合計0.1～0.04m ² の範囲で鉄筋が露出している ②合計長さ50cm未満の主鉄筋が露出している ③合計0.1～0.3m ² のはく離、欠落がある ④砂状が発生している	①合計0.04m ² 未満の範囲で鉄筋が露出している ②鉄筋にさびが発生している ③合計0.1m ² 未満のはく離、欠落がある
	空洞・豆板	①連続した集中ひび割れ、角落ち、ずれなどが発生し、陥没の恐れがある場合 ②はく離、豆板、空洞などで、コンクリート落下の恐れがある場合や、遊離石灰がつらら状に発生し、落下の恐れがある場合		①合計0.2m ² 以上の空洞がある ②合計0.2m ² 以上もしくは深さ3cm以上の豆板がある	合計0.1～0.2m ² の空洞・豆板がある 合計0.1m ² 未満の空洞・豆板がある
漏水および遊離石灰		①合計0.3m ² 以上の範囲で、泥や錆を伴う漏水、遊離石灰がある ②PC床版に漏水がある。またはひび割れ周辺より遊離石灰が発生している ③鋼構造物などに、Aランクの腐食を生じさせている ④漏水の発生により耐候性鋼材が水の供給下にある		①合計0.3m ² 以上の範囲で、漏水、遊離石灰がある ②合計0.3m ² 未満の範囲で、泥や錆を伴う漏水、遊離石灰がある ③PC床版に漏水跡がある。またはひび割れに沿って表面が白く変色している ④鋼構造物などに、Bランクの腐食を生じさせている ⑤耐候性鋼材に漏水跡がある	RC床版に合計0.3m ² 未満の範囲で、漏水、遊離石灰がある
	その他の損傷	①主桁上フランジおよび端横桁からのずれまたは浮きがあり、車両通過時に挙動している ②床版相互が接触している		①主桁上フランジからのずれまたは浮きがある ②床版遊間が不良である ③端横桁からのずれ、または浮き(挙動なし)があり、さびが流出している	端横桁との間にすき間はあるが、挙動していない

表一解 5.3 床版のひび割れ 1 次判定基準例¹⁾

ひび割れの種類		判定要素		判定
		平均ひび割れの幅	平均ひび割れの間隔	
二方向性のひび割れ	平均的ひび割れ発生密度による判定	0.1 mm程度以上	40 cm以下	A
			40 cm～60 cm	B
			60 cm以上	C
二方向性のひび割れ	局部的に集中したひび割れ、または局部的に発生した亀甲状ひび割れに対する判定	0.2 mm程度以上	—	A
			—	B
	ひび割れに角落ち、ずれを伴う場合	—	—	A
一方向性のひび割れ	平均的ひび割れ発生密度による判定	0.2 mm程度以上	50 cm以下	A
			50 cm～1 m	B
			1 m以上	C
		0.1～0.2 mm程度	1 m未満	B
			1 m以上	C
		0.2 mm程度以上	—	A
	局部的に集中したひび割れ、または局部的に発生した亀甲状ひび割れに対する判定	0.1～0.2 mm程度	—	B

注：局所的に集中したひび割れとは、主桁近傍で橋軸方向に連続した線状ひび割れや、部分的にひび割れの発生密度が高くなっている箇所を示す。

- (4) UFC を用いた実構造物の事例が少なく供用後の年数も経過していないため、損傷等が生じた事例も無い。今後、UFC を用いた構造物の状況を踏まえながら維持管理を進める必要があることから、点検実施要領は定期的に必要に応じて見直すこととした。

5.3 性能評価

- (1) UFC 床版および接合部に劣化等の損傷が生じ、その性能を評価する場合、対象とする床版および接合部の変形、ひずみおよび振動等の現場計測、ならびに供試体等を用いた既往の試験等の結果をもとに評価しなければならない。
- (2) UFC 床版および接合部の変形、ひずみおよび振動等の計測は、UFC に適した手法を検討し選定しなければならない。

【解説】

- (1) 維持管理において劣化等の損傷が生じた UFC 床版が保有する性能を評価する場合は、対象とする床版の変位やひずみ等の計測や、参考資料 6 に示す既往の試験等の結果をもとに評価しなければならないこととした。
- (2) UFC 床版および接合部のひずみ計測に用いる手法として、光ファイバーによるひずみ計測の例がある²⁾。光ファイバーの設置状況を写真一解 5.1 に示す。また、振動計測についても、定点載荷および車両による動的載荷を実施した例がある（写真一解 5.2）³⁾。



写真一解 5.1 光ファイバー設置状況



(a) 定点載荷

(b) 車両による動的載荷

写真一解 5.2 振動試験状況

5.4 補修

- (1) UFC 床版および接合部の補修方法については、従来の RC 床版、PC 床版と同様とする。使用する材料については床版に発生する応力を考慮して適切な材料を選定しなければならない。
- (2) ひび割れ補修の必要がある場合は、補修材料と施工方法の選定を行ったうえで施工しなければならない。微細ひび割れに対しては、注入は困難であるため、樹脂系材料による表面被覆工法によるものとする。
- (3) 断面修復等の補修の必要がある場合は、適切な補修材料や施工方法を選定し、施工しなければならない。

【解説】

- (1) UFC 床版および接合部で考えられる変状としてはひび割れ、欠け・剥離、PC 鋼材端部の腐食等が考えられる。これらに対する補修方法としては、従来の RC 床版、PC 床版の補修方法と同様とするが、UFC 床版はその材料の性質上、ひび割れが微細であること、高圧縮領域となる部分が存在することから、補修材料は適切な材料を選定する必要がある。
 - (3) 断面修復にあたっては、UFC との付着性の良い材料を選定しなければならない。小規模の断面修復であれば、樹脂モルタル等によるのが良い。現時点では、UFC の断面修復の事例が無いため、断面修復の必要がある場合は、適切な補修材料や施工方法をその時点で選定し施工しなければならないこととした。
- (1)～(3) 補修に関する規定は構造的にひび割れ等の影響がない箇所の補修を想定しており、プレストレス損失など構造的な影響が考えられる損傷の補修方法は別途検討が必要である。

5.5 更新

UFC床版を更新する場合、更新すべき範囲を性能評価によって把握した上で、床版の補修、プレキャストパネル単位の取替え、橋梁の支間単位の取替え等を検討し更新単位を検討しなければならない。

5.6 記録

UFC 床版の維持管理においては、点検および評価、対策等の結果を維持管理計画に基づいた方法で記録し、UFC 床版の供用期間中は保管しなければならない。

【解説】

記録は、UFC 床版の維持管理の資料としてだけでなく、以後の UFC 床版の設計の妥当性の判断のための参考とすることもできる。したがって、点検、劣化機構の推定および劣化予測、性能の評価および対策判定によって得られる結果、および対策の内容等を記録し、UFC 床版の供用期間中は保管することとした。

参考文献

- 1) 阪神高速道路株式会社：道路構造物の点検要領，2015.7.
- 2) 一宮利通・今井道男・小坂 崇・藤代 勝：光ファイバを用いた UFC 床版のひずみ計測，第 71 回年次学術講演会，土木学会，2016/9.
- 3) 藤代 勝・一宮利通・小坂 崇・金治英貞：ワッフル型 UFC 床版の振動およびたわみに関する検討，第 71 回年次学術講演会，土木学会，2016/9.

参考資料 AFt 系 UFC と RPC 系 UFC の物性等

マニュアル本文に「適用する UFC に応じて設定する」としている物性等については、表-参1を参考に設定するものとし、設定根拠等については、サクセムマニュアル、UFC 指針の本文および解説を参照すること。

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	$13. 0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	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 kJ/kg • °C		0. 92 kJ/kg • °C	
ヤング係数		$4. 6 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$	3. 4	$5. 0 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$	3. 4