

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

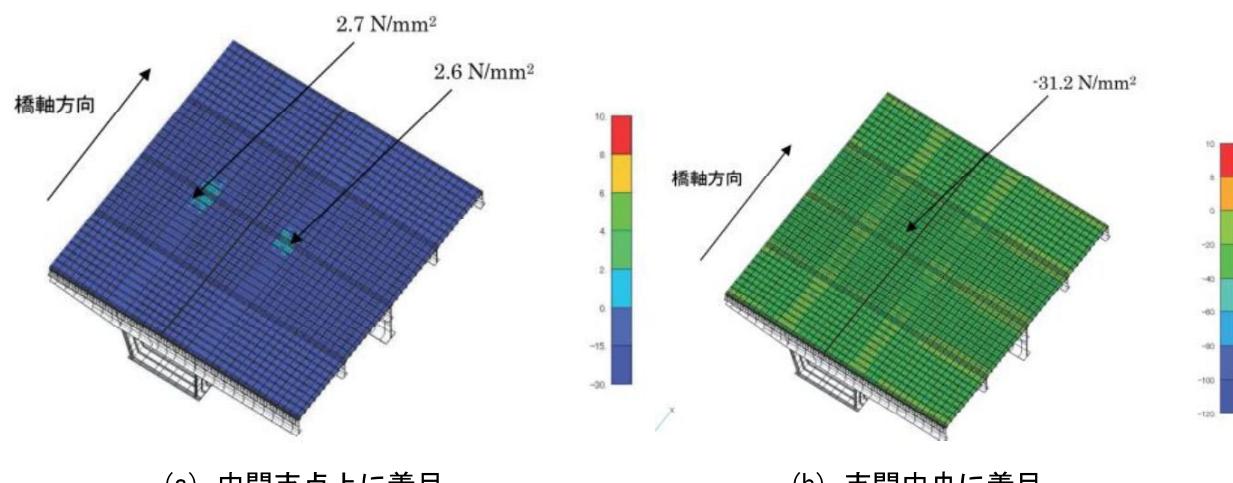
この節は、ワッフル型 UFC 床版と鋼桁による合成桁の桁作用に対する設計に適用する。

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 II 12 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。

削除: [図一解 3.13](#) [図一解 3.13](#)



図一解 3.13 解析によって算出した応力例

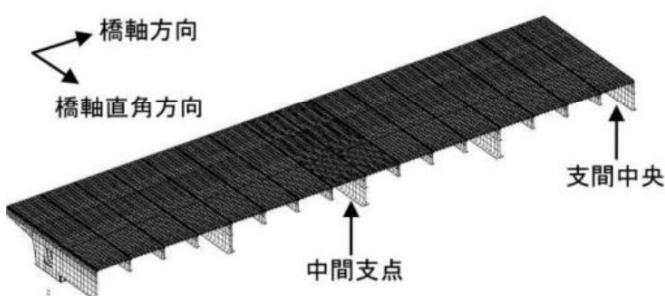
UFC 床版は剛性が低く初期不整やたわみの影響も比較的大きいため、軸圧縮力（主桁作用など）が作用した場合の座屈について適切に配慮する必要がある。

3.6.3 解析モデル

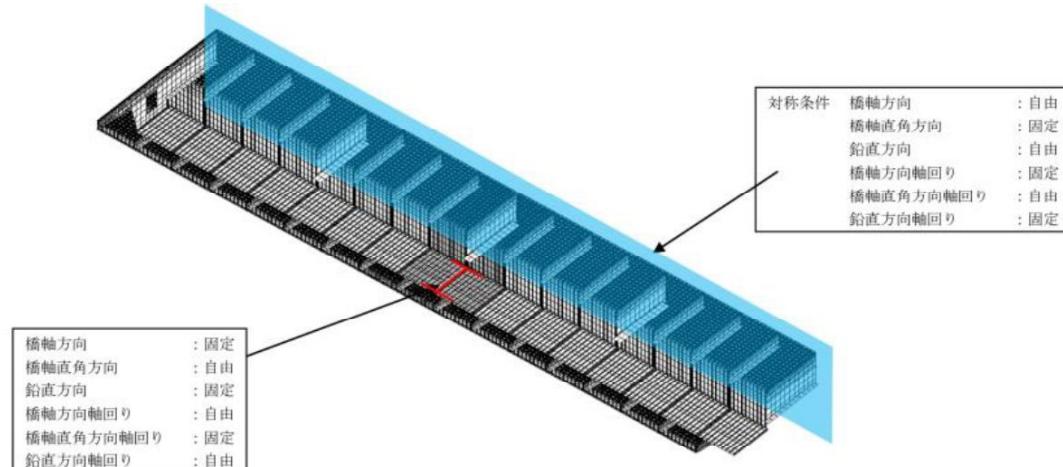
- (1) ワッフル型 UFC 床版の桁作用に対する安全性の照査は、次の規定によりモデル化した材料線形の 3 次元 FEM 解析に基づくものとする。
- (2) 解析モデルは、3.5.4(2) から (8) によるものとする。

【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。

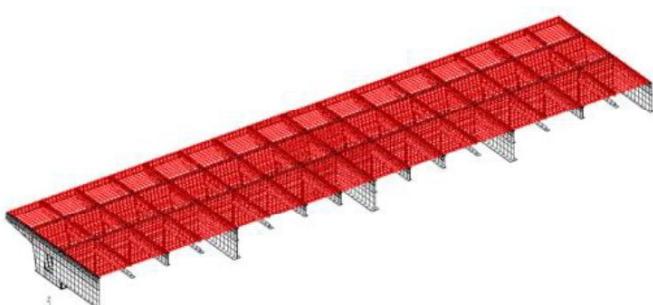


図一解 3.14 ワッフル型 UFC 床版と鋼桁による連続合成桁の解析モデル(例)



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）

削除: 図一解 3.14 図一解 3.14

削除: 図一解 3.15 図一解 3.15

削除: 図一解 3.16 図一解 3.16

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。

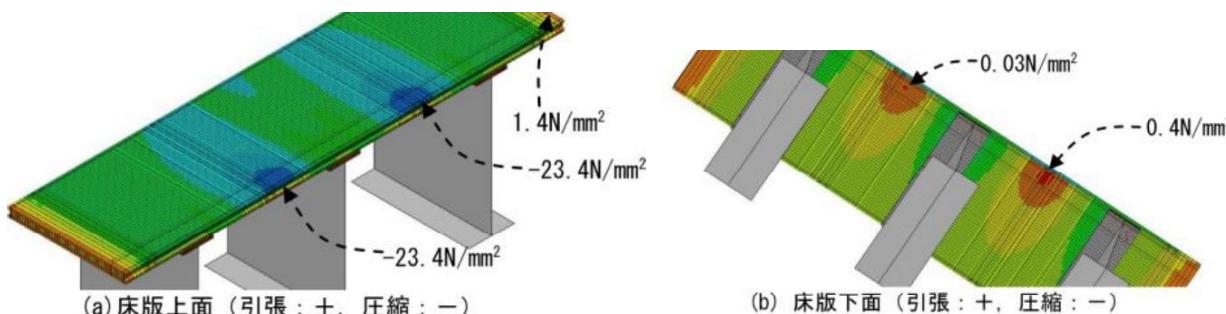
【解説】

- (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。

削除: 図一解 3.17 図一解 3.17



図一解 3.17 FEM 解析の結果の一例

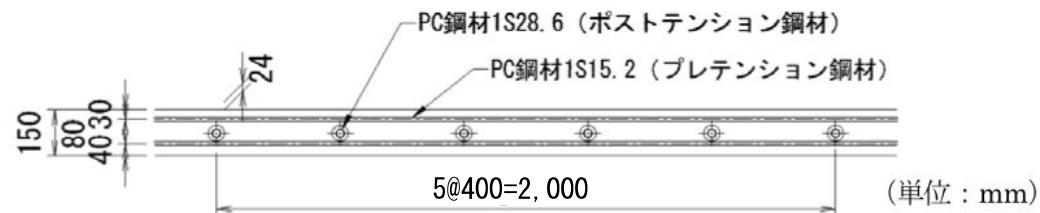
3.7.3 床版の厚さ

- (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。

削除: 図一解 3.18 図一解 3.18



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。

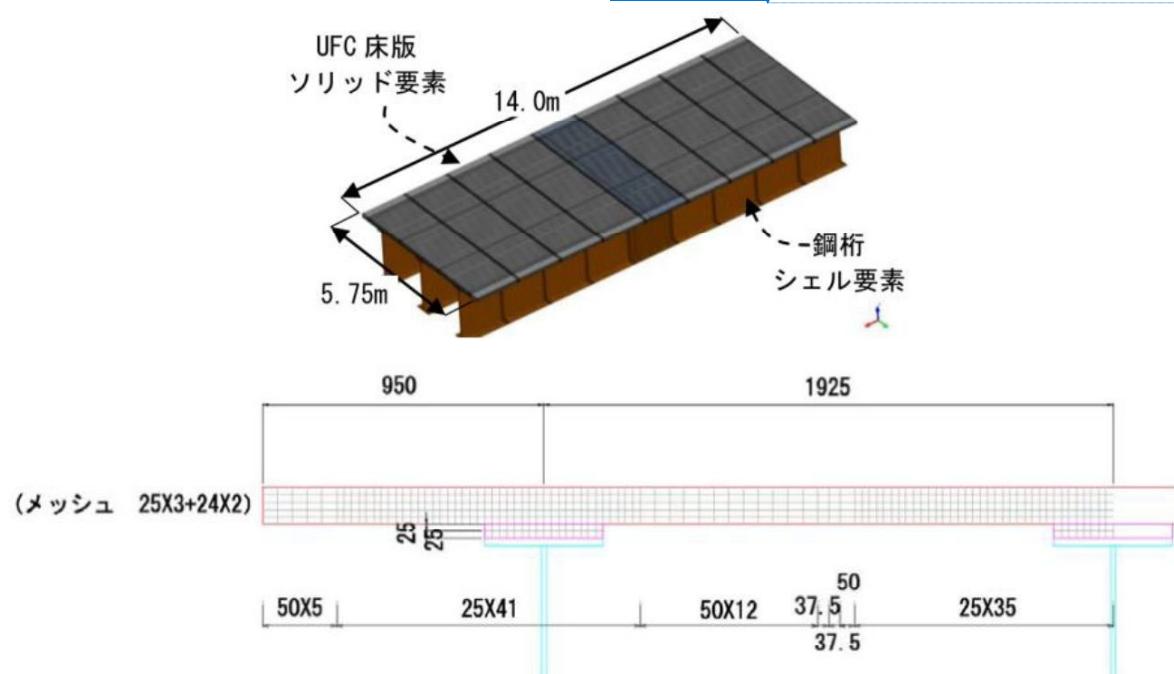
【解説】

(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。

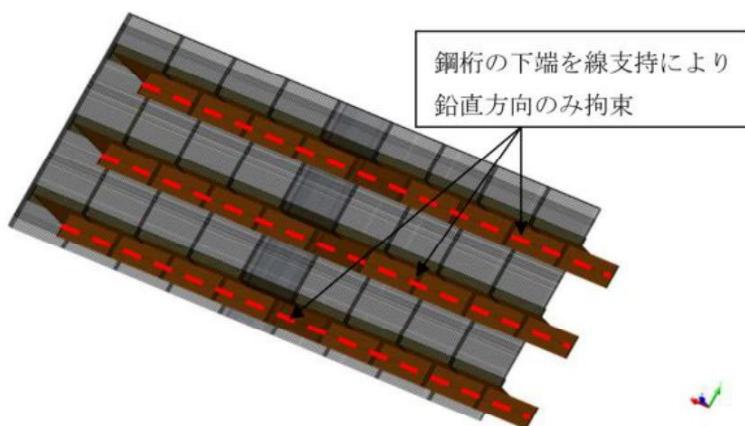
(2)～(4) 解析モデルの例を [図一解 3.19](#) に示す。鋼桁はシェル要素、UFC 床版はソリッド要素、PC 鋼材は線要素（バー要素）を用いてモデル化している。モデル化の範囲は、荷重が分散する距離を考慮し、活荷重（T 荷重）載荷位置から 5.0m 以上離れた範囲（横リブまたはダイヤフラム位置）までモデル化する。橋軸直角方向については対称性を考慮し半断面（1/2 モデル）としている。活荷重載荷時の支持条件および境界条件を [図一解 3.20](#) に示す。

削除: [図一解 3.19](#) [図一解 3.19](#)

削除: [図一解 3.20](#) [図一解 3.20](#)



図一解 3.19 平板型 UFC 床版の解析モデル



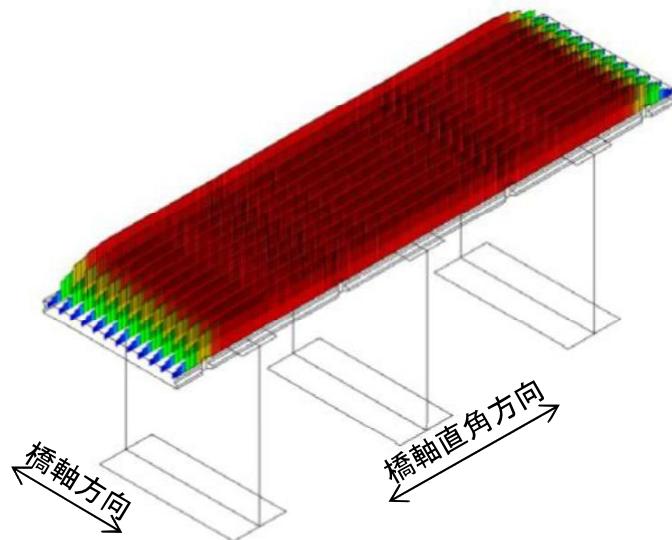
図一解 3.20 活荷重載荷時の支持条件、境界条件

(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）。

削除: 手引き

(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。

削除: 図一解 3.21 図一解 3.21



図一解 3.21 プレテンション PC 鋼材の応力の算出例

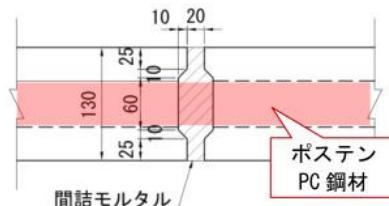
3.7.5 床版同士の接合部

- (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。

削除: 図一解 3.22 図一解 3.22



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 II 12 章によるものとする。

3.8.3 解析モデル

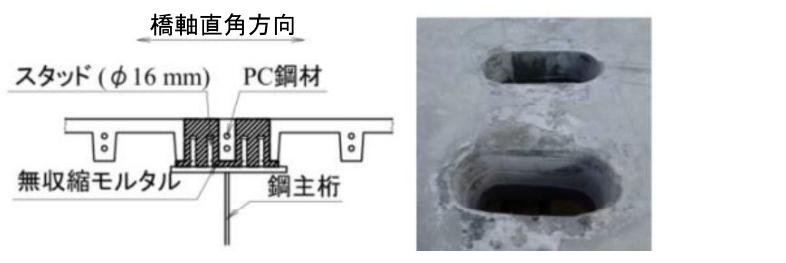
- (1) 平板型 UFC 床版を有する桁構造の解析は、梁や格子桁モデルを標準とする。
- (2) 必要に応じて FEM 解析等を用いる場合には、解析モデルは 3.7.4(2) から (8) によるものとする。

3.9 鋼桁とのずれ止め

【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。

削除: 図一解 3.23 図一解 3.23

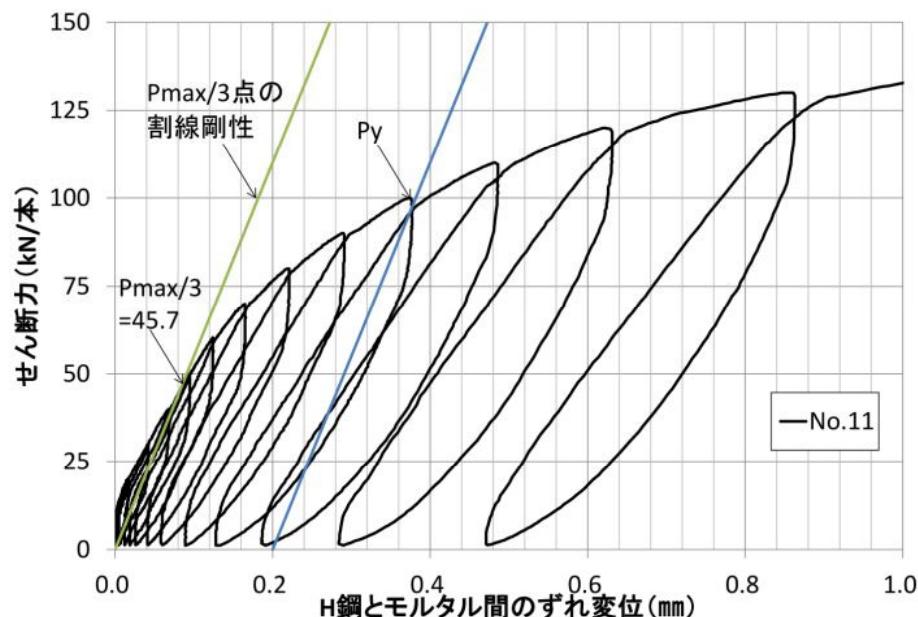


(a) スタッドによる接合 (b) UFC 床版のずれ止め用の孔

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。

削除: 図一解 3.24 図一解 3.24



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 $L=6mm$ 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。

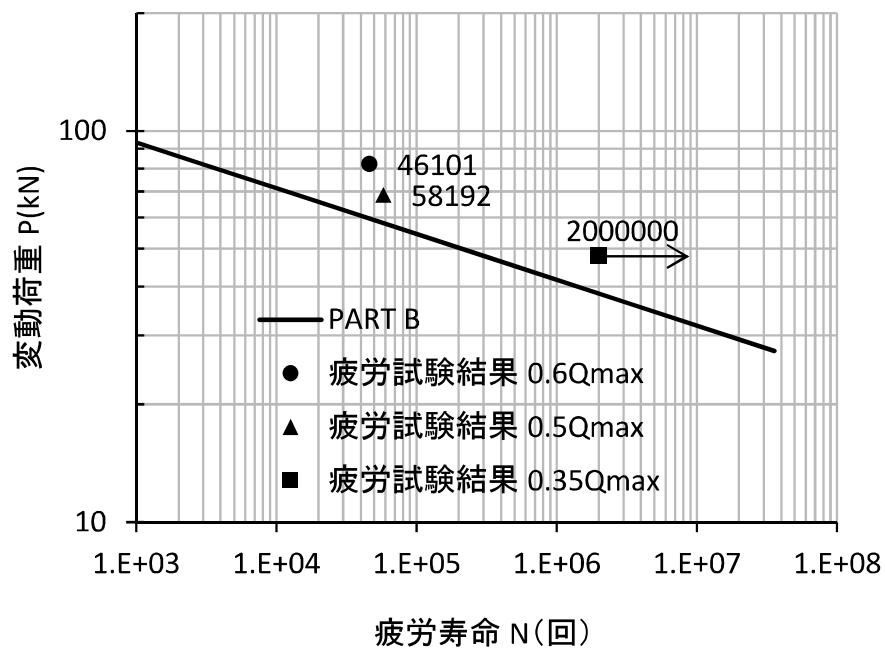
削除: 表一解 3.1 表一解 3.1

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 $L=6mm$ 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。

削除: 図一解 3.25 図一解 3.25

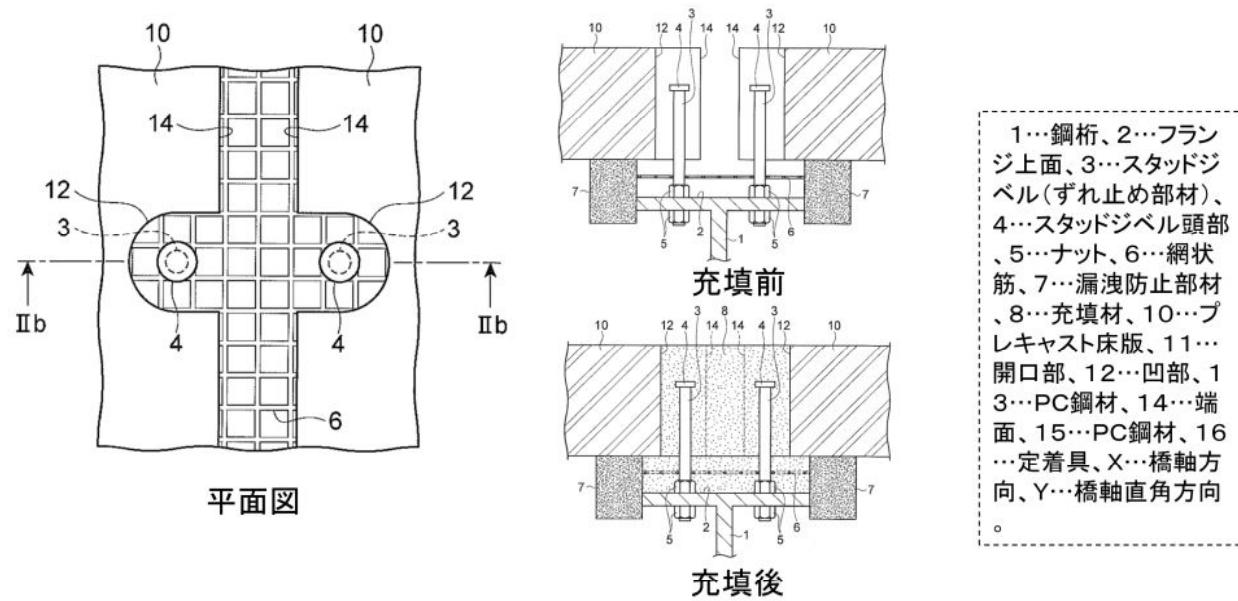


図一解 3.25 スタッド接合部の疲労試験結果

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）。

削除: 図一解 3.26 図一解 3.26

削除: 写真一解 3.2 写真一解 3.2



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

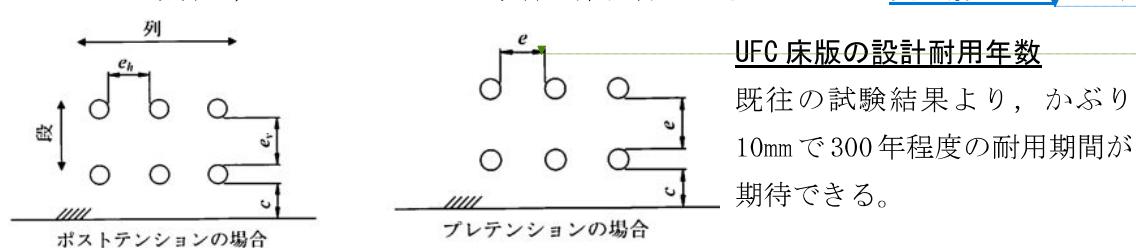
3.10.1 かぶり, あき

- (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。

削除: サクセムマニュアル 10.8 による

【解説】

(1)~(3) かぶり, あきは纖維長に関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

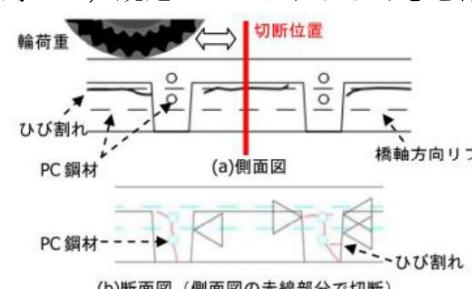
ワッフル型 UFC 床版を対象とした輪荷重走行試験では、試験中に UFC 床版のリブ側面に、水平に PC 鋼材に沿って水平にひび割れが発生した (図一解 3.28)。このひび割れは耐久性に影響を与えるほどでは無かったが、リブを極端に薄くした場合、ひび割れ幅が拡大することも考えられるため、リブ内に配置される PC 鋼材に対して、規定のかぶりおよびあきを確保することが重要である。

削除: サクセムマニュアル 10.8 による

削除: 図一解 3.27 図一解 3.27

削除:

削除: 図一解 3.28 図一解 3.28



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とした。構造の例を [図一解 3.29](#) に示す。

削除: 図一解 3.29 図一解 3.29



(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。

削除: 写真一解 3.3 写真一解 3.3



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、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。

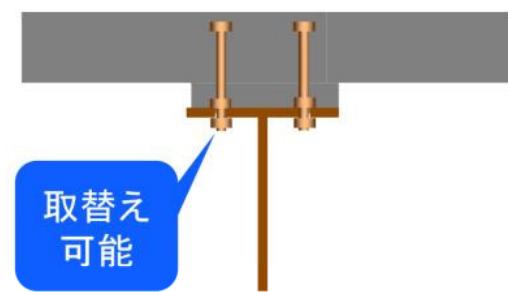


削除: 図一解 3.30 図一解 3.30

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。

削除: 図一解 3.31 図一解 3.31



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

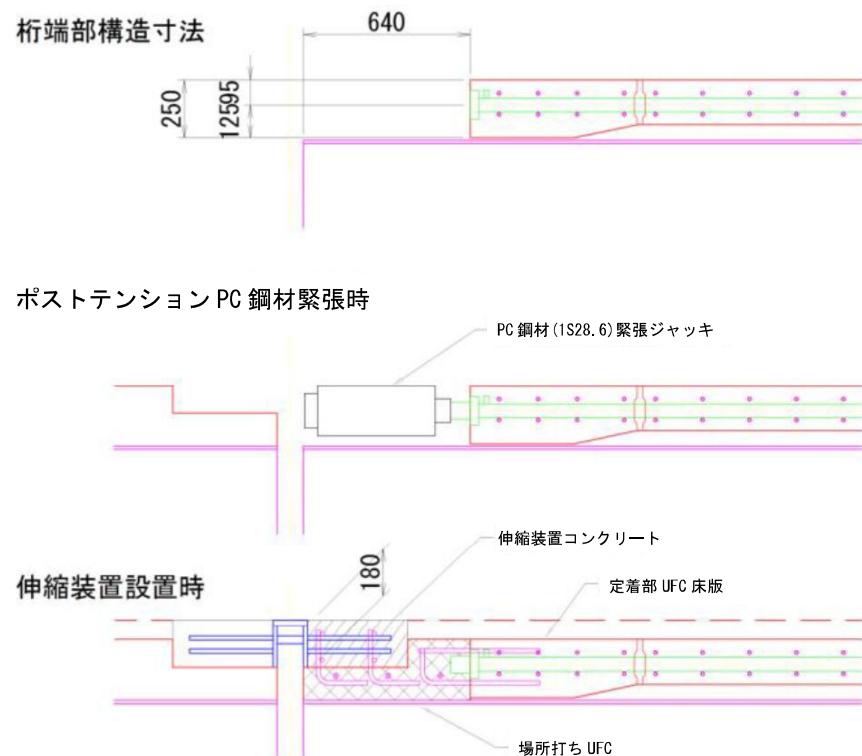
3.11.1 伸縮装置

- (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、場所打ちの UFC^{●)} 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。

削除: [図一解 3.32](#) [図一解 3.32](#)



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、車両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、場所打ちのUFC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。

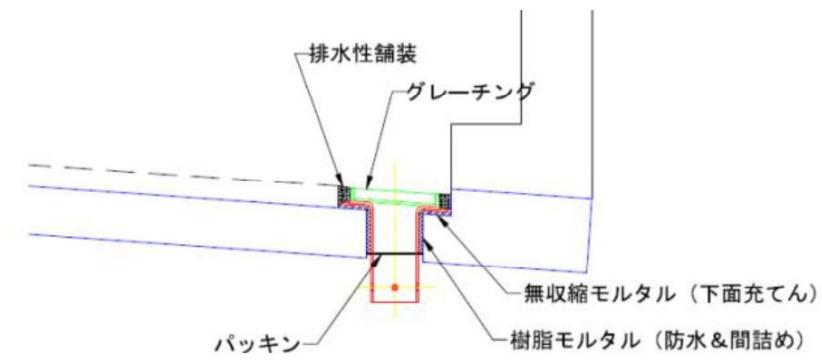
3.11.2 排水装置

- (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栓が損傷しないよう配慮する。また排水栓の設置箇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。

削除: [図一解 3.33](#) [図一解 3.33](#)



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。

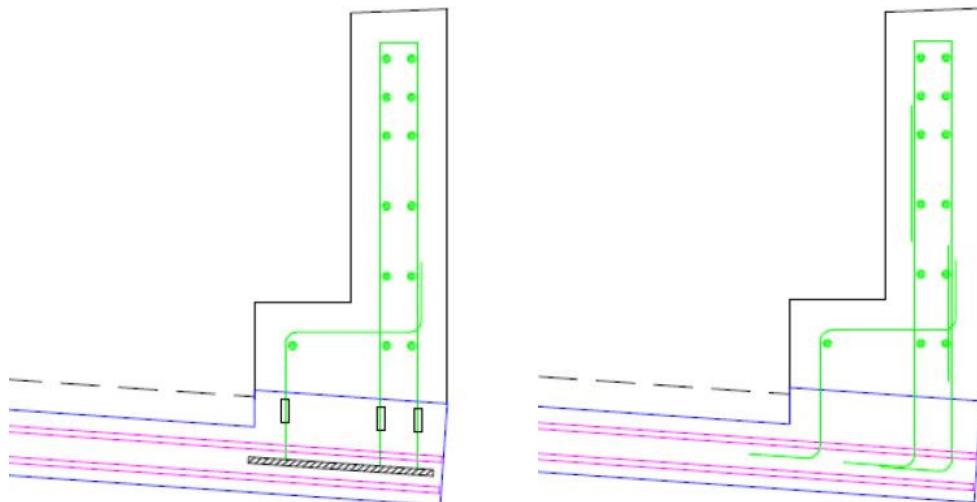
3.11.3 壁高欄

- (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。

削除: [図一解 3.34](#) [図一解 3.34](#)



(a) 機械式継手を用いる構造 (b) 鉄筋を UFC 床版に配置する構造
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。

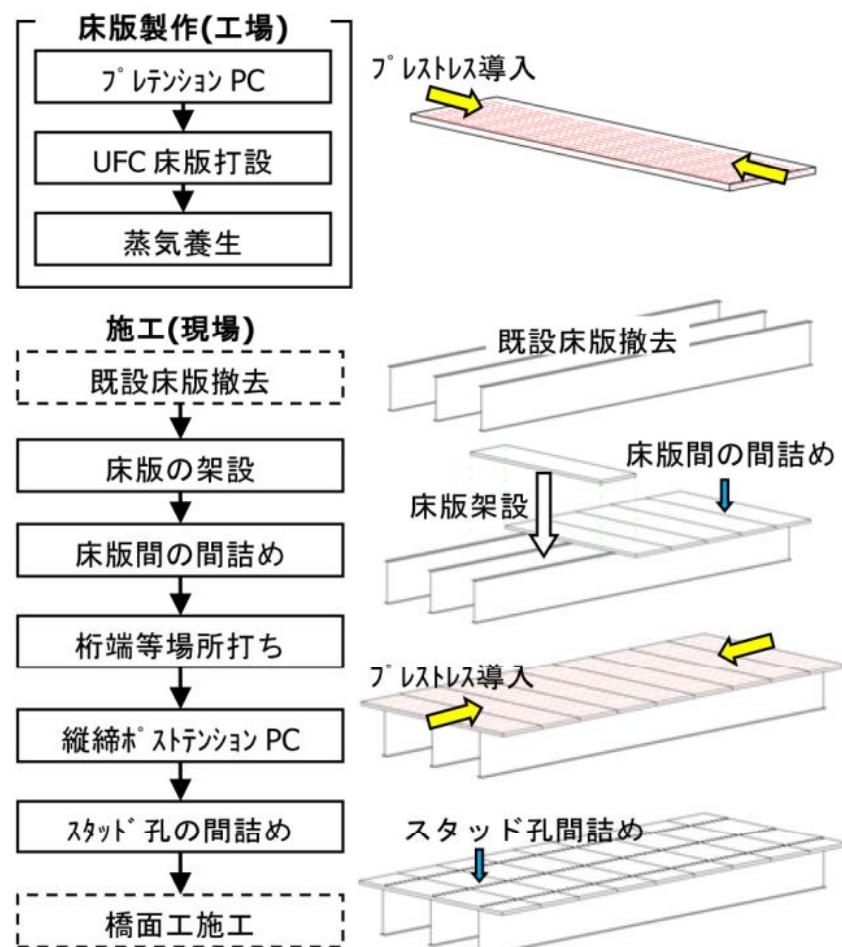
3.12 床版取替え

- (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。

削除: 図一解 3.35 図一解 3.35



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

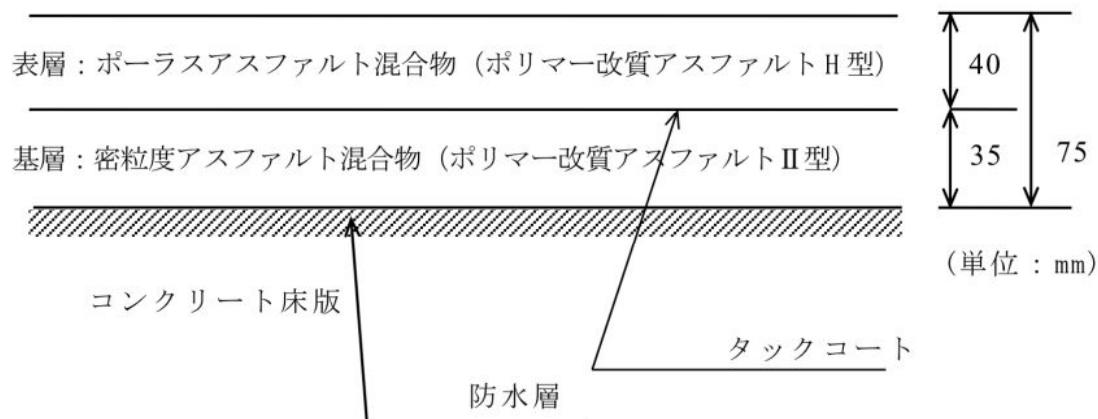
- (1) UFC 床版上の舗装は、対象とする UFC 床版の剛性や接合部の特性に応じて、床版防水、舗装構成、UFC 床版の保護層を検討しなければならない。
- (2) UFC 床版上の舗装は、コンクリート床版を用いる場合の橋面舗装と同様の舗装構造とすることを基本とし、その仕様や規準を準拠するものとする。
- (3) コンクリート床版と比較して、たわみが大きくなる場合は、3.13.4 に示す保護層の設置や舗装材料、防水材料の性能を考慮し、舗装構造について検討しなければならない。

【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。

削除: 図一解 3.36 図一解 3.36



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うことから、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。

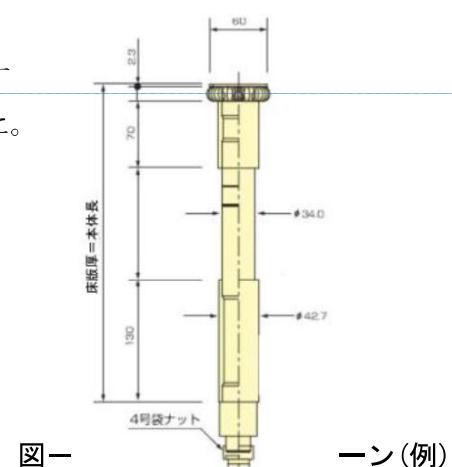
また UFC は従来のコンクリートに比べて密実な材料であり透水係数が極めて小さいが、下記に示す理由から床版防水が必要といえる。

- ・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無収縮モルタル又は膨張コンクリートであるが、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。

削除: [図一解 3.37](#) [図一解 3.37](#)



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。

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

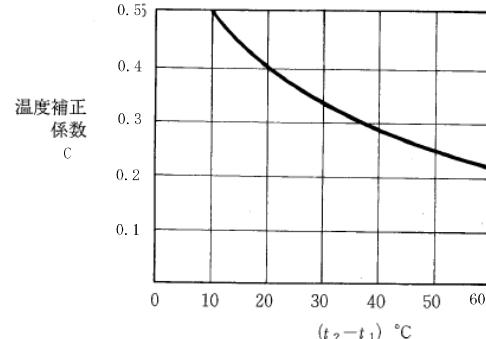
ここに、 α : PC鋼材の線膨張係数 ($10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)

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لا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。

削除: サクセムマニュアル参考資料 6 に、

削除: の

削除: 性が示されてい

削除: 。一方、

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： 100.7～121.1N/mm²
- ・平板型 UFC 床版： 46.2N/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。

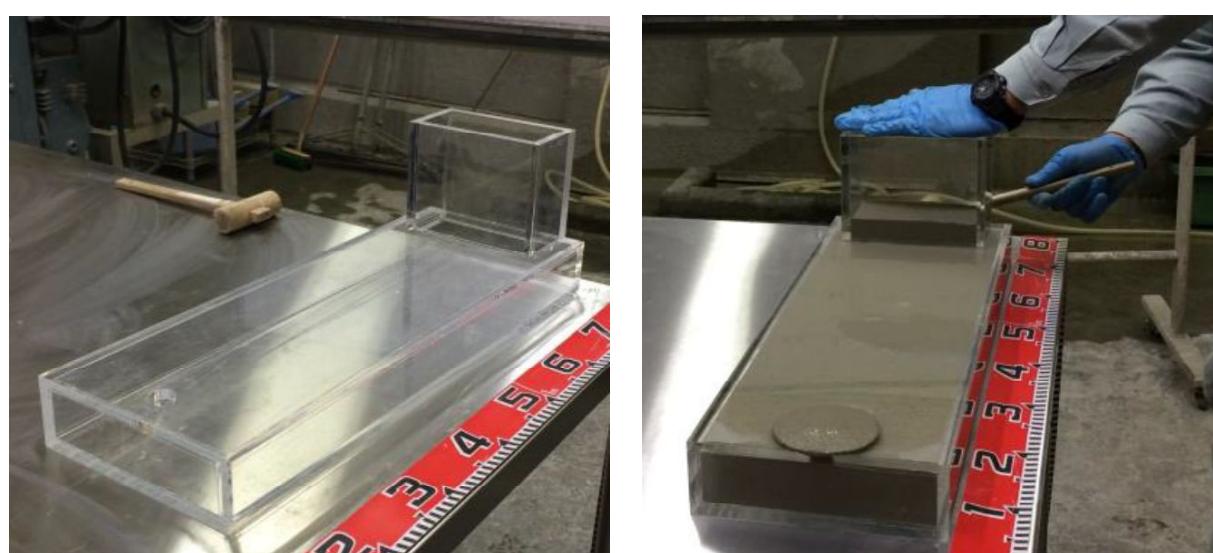
4.2.3 鋼桁とのずれ止め

- (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。シールスポン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纖維入り (PE 繊維 L=6mm を 0.2Vol.%) 無収縮モルタル、ずれ止め用の箱抜きは、無収縮モルタルまたは膨張コンクリートを充填することを標準とする。
- (4) UFC 床版下面と上フランジの隙間の纖維入り無収縮モルタルの注入高さは、UFC 床版の下面を 10mm 程度超えた高さとしなければならない。
- (5) 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】

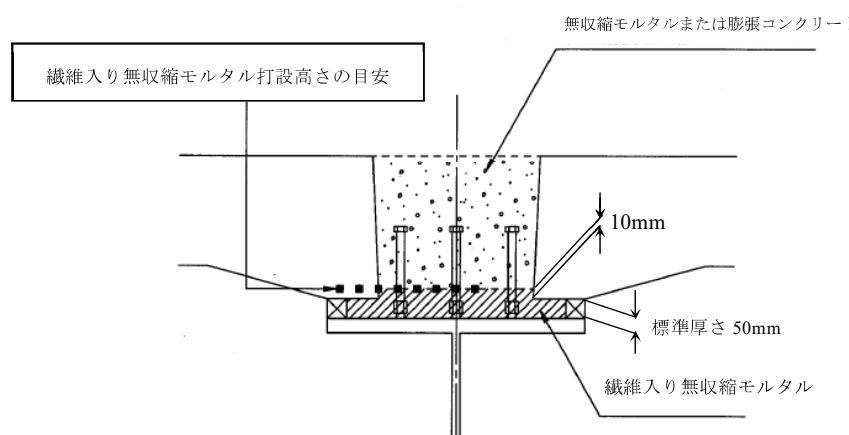
- (1) UFC 床版下面と鋼桁上フランジの隙間の標準は 50mm である。更新床版の場合、無収縮モルタルが厚くなる場合や、上フランジ幅が狭いことなどが理由でシールスponジを設置することができない場合がある。その際は、フランジ横に型枠を設置する方法がある。
- (2) UFC 床版と鋼桁上フランジ間の間詰めには、UFC 床版と橋面工の自重および活荷重が作用するため、これらの荷重に十分抵抗でき、充填性に優れるものが必要である。輪荷重走行試験の試験体では、プレミックスタイプのモルタルを使用した。
- (3) 間詰め材に剥落等を防止するために纖維を混入する場合は、流動性が低下するため、施工可能な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

削除: 写真一解 4.6



写真一解 4.6 間詰めモルタルの流動性確認試験

- (4) 無収縮モルタルの充填は、注入孔および排出孔を設けて充填状況を確認しながら行う。モルタルの注入高さの目安は、UFC床版の下面を10mm程度超えた高さとすることとした（図一解4.2）。



図一解4.2 鋼桁とのずれ止めの構造

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。シールスポン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、場所打ち UFC 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遅延剤による洗い出しは適用できない。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 4.9.10）。

削除: 写真一解 4.9



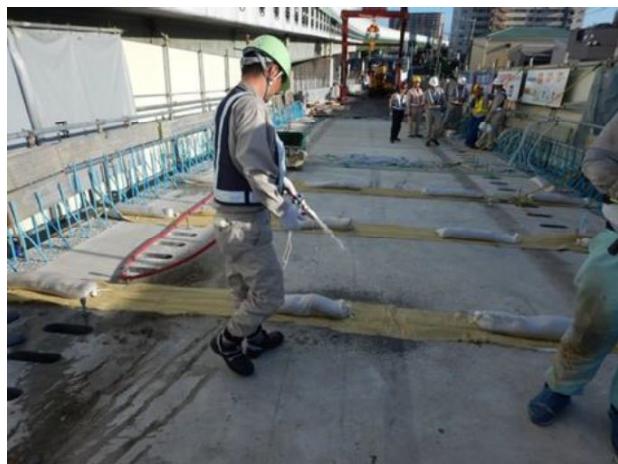
写真一解 4.10 打継ぎ目処理の事例（高欄打継部）

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) UFC 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/>

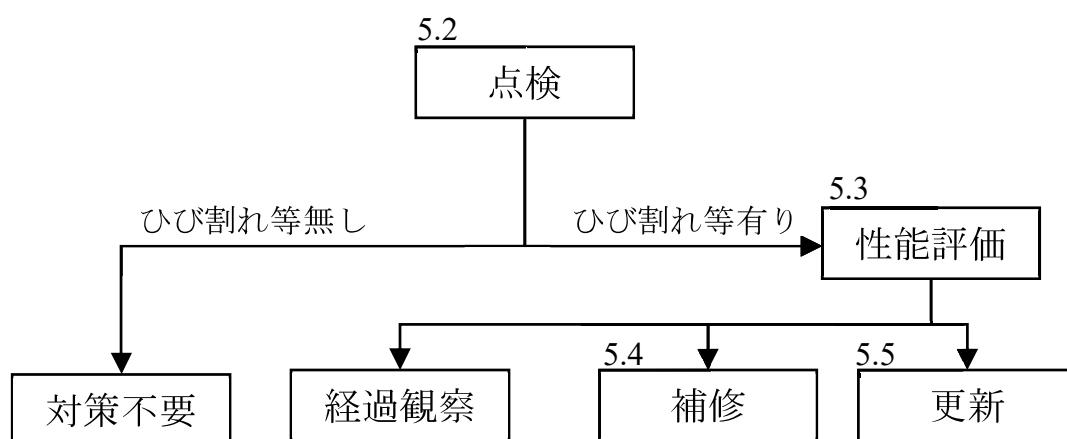
5章 維持管理

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	S1	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
	S2	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	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0.1m 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
	鉄筋露出 鉄筋腐食 はく離、欠落		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
	空洞・豆板		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
	漏水および 遊離石灰		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	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
	その他の損傷				

表一解 5.3 参照

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	0.1mm程度以上	40cm以下 A
			40cm~60cm B
			60cm以上 C
	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	0.2mm程度以上	— A
		0.1~0.2mm程度	— 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	0.2mm程度以上	50cm以下 A
			50cm~1m B
			1m以上 C
		0.1~0.2mm程度	1m未満 B
	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	0.2mm程度以上	— A
		0.1~0.2mm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

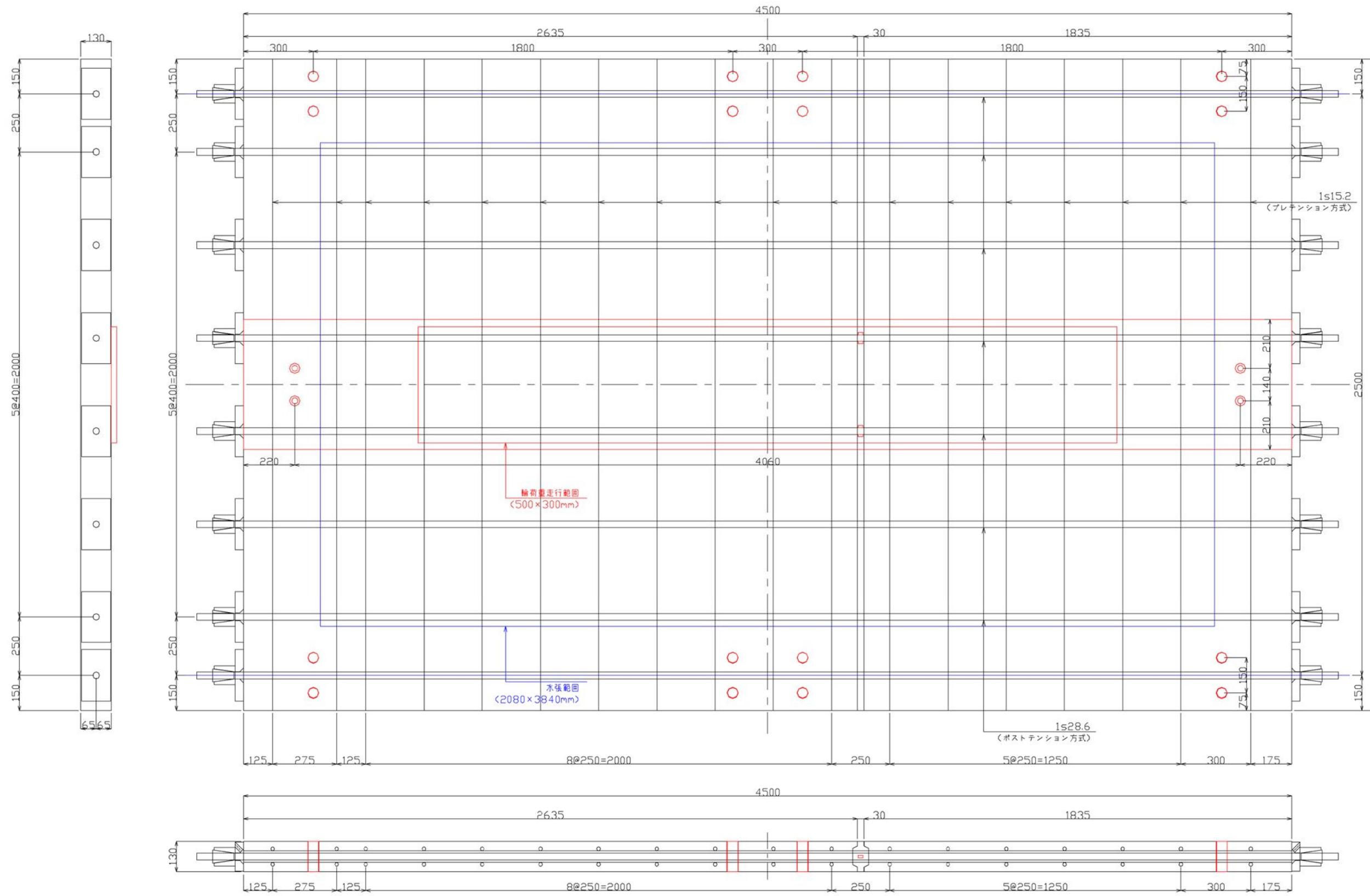
項目	マニュアル 記載箇所	AFt 系 UFC (サクセムマニュアル)		RPC 系 UFC (UFC 指針)	
		数値	記載箇所	数値	記載箇所
単位体積重量	3.2.2	24.5kN/m ³	4章(2)	25.5kN/m ³	4章(2)
収縮	3.2.5	50×10^{-6}	3.7	50×10^{-6}	3.7
クリープ	3.2.6	0.7	3.8	0.4	3.8
熱膨張係数	3.2.7	$13.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	3.6	$13.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	3.6
熱伝導率		6.36 kJ/mh • °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	3.3.6	$4.6 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$	3.4	$5.0 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$	3.4

資料番号	7-8
提出者	大島委員
年月日	2023年9月28日
第7回技術委員会	

輪荷重走行試験 平板型UFC(RPC系)床版

大成建設株式会社

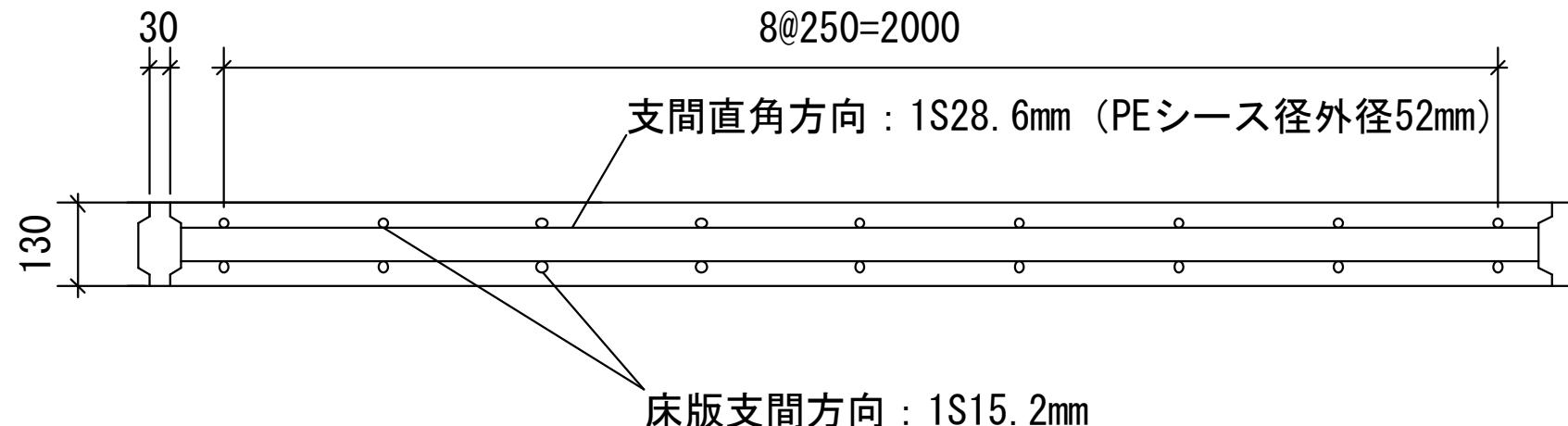
試験体形状図



試験体の仕様

PC鋼材配置

A-A



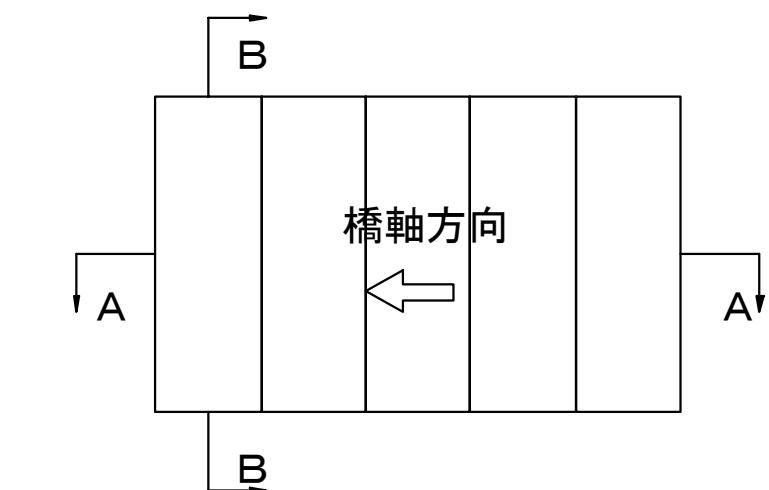
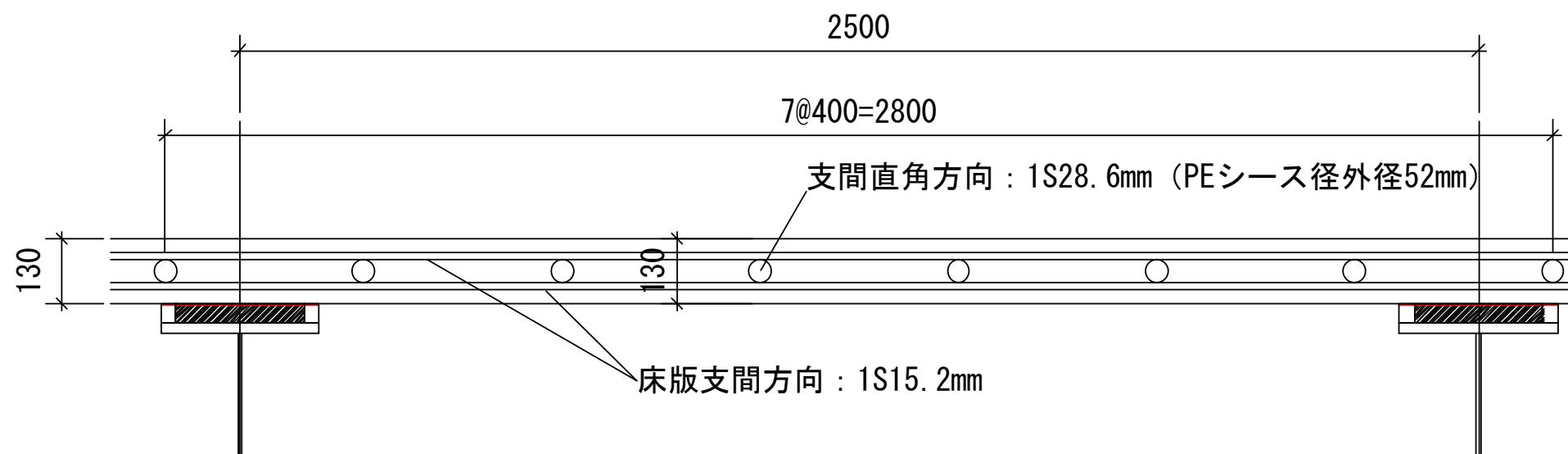
(床版支間方向)

$$-8\text{N/mm}^2 \leq \sigma_c \leq 108\text{N/mm}^2$$

(支間直角方向:接合部)

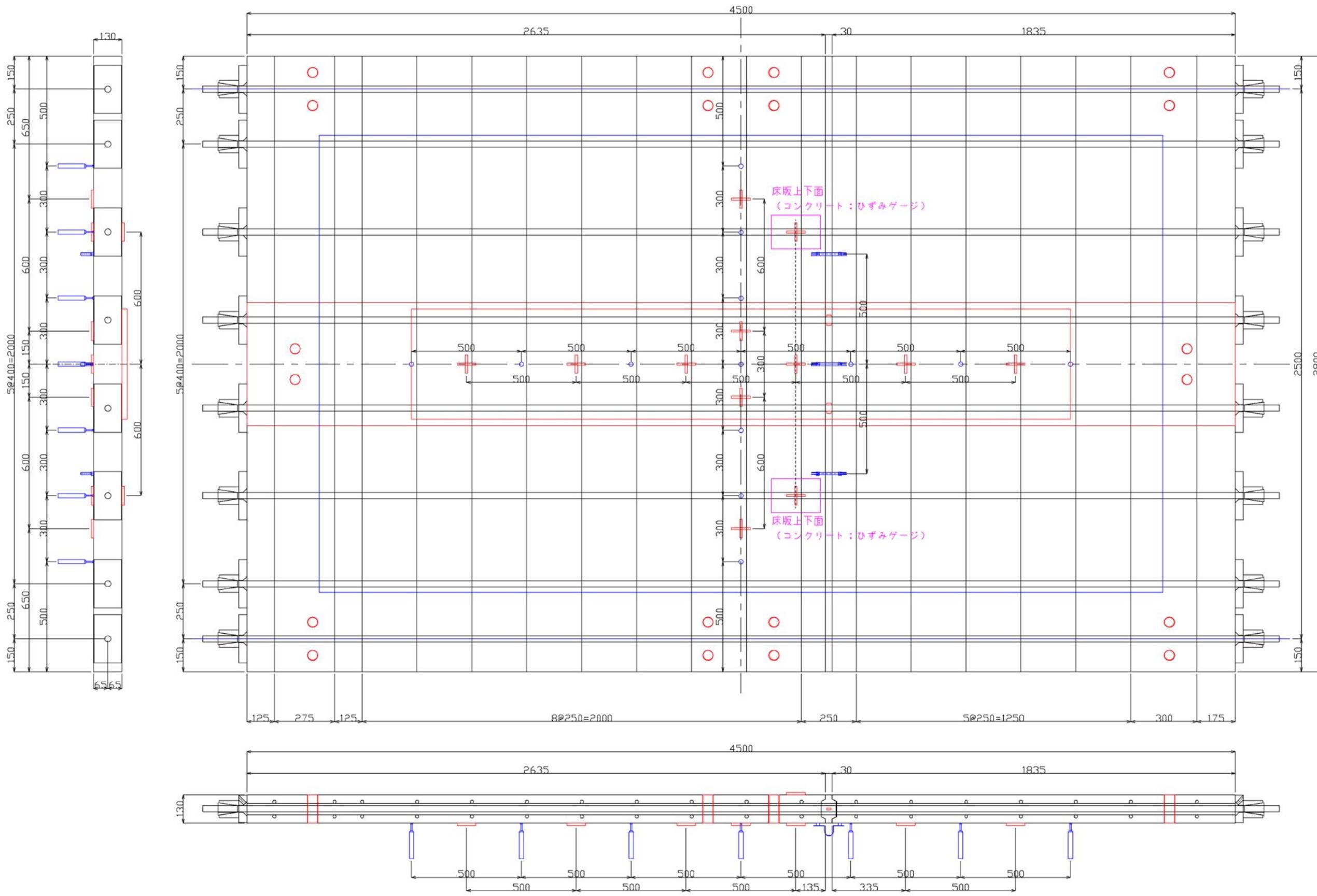
$$0\text{N/mm}^2 \leq \sigma_c \leq 108\text{N/mm}^2$$

B-B



床版支間方向: プレテンション方式 1S15.2mm
支間直角方向: ポストテンション方式 1S28.6mm

計測位置



載荷ステップおよびスケジュール

輪荷重走行試験 載荷ステップおよびスケジュール

