

RC 床版の設計から管理までの 課題・留意点・補修事例

佐々木秀智
(一社) 日本橋梁建設協会

第28回鋼構造基礎講座

実務者のための橋梁維持管理

RC床版の設計から管理までの 課題・留意点・補修事例

平成27年1月16日

社団法人 日本橋梁建設協会



内 容

1. RC床版とは
2. 床版の設計
3. 床版の施工
4. 床版の損傷及び

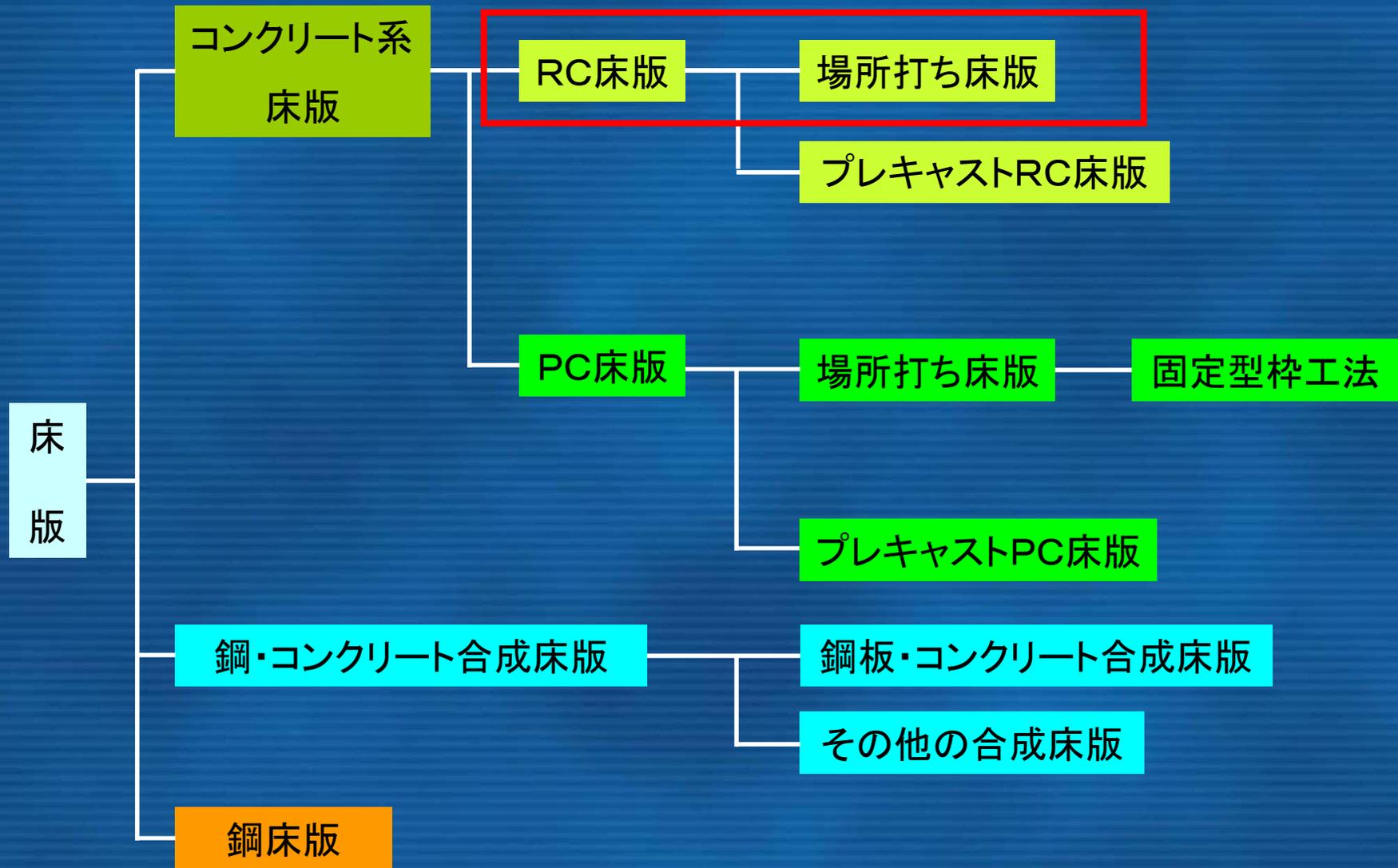
補修・補強について

1. RC床版とは

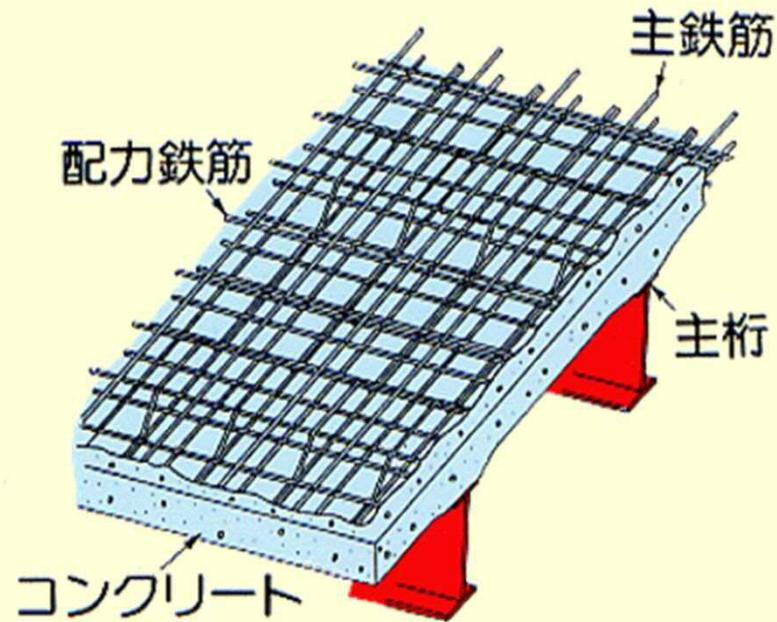
社団法人 日本橋梁建設協会



床版の種類



RC床版の構造と特徴



鉄筋コンクリート床版
(RC床版)

1. 構造

床版に作用する引張力を鉄筋で、圧縮力をコンクリートにて支持する構造であり、従来より新設橋に最も多く採用されている。

2. 特長

場所打ちRC床版の場合、通常、全ての作業が現場施工であることから、複雑な床版形状（曲線橋・斜橋）にも適用できる。また、初期の経済性に優れている。

2. 床版の設計

社団法人 日本橋梁建設協会



床版損傷の要因

大きく5つに分類される

- ① 過大な輪荷重
- ② 交通量の増大
- ③ 設計上の問題

昭和46年以前 → 床版厚が薄い

昭和42年以前 → 配力筋が不足

- ④ コンクリートの品質

粗骨材 砂利 → 碎石へ移行

単位水量の増加による乾燥収縮への影響

- ⑤ 施工上の問題

昭和43年以降ポンプ車の使用

当時はトラブルが多く発生し締め固めへの影響



超荷重車や過積載車

昭和40年代に完成した橋は要注意

道路橋示方書の変遷

年	基準名	後輪荷重 (tf)	活荷重曲げモーメント (tf・m)		配力鉄筋量	許容応力度 (kgf/cm ²)		最小版厚 (cm)				
			主鉄筋	配力鉄筋		鉄筋	コンクリート					
1926年 大正15年	道路構造に関する細則案	P=4.5(T-12)~ P=2.25(T-6)	—	—	—	1200	45	—				
1939年 昭和14年	鋼道路橋設計示方書	P=5.2(T-13)~ P=3.6(T-9)	—	—	—	1300	$\sigma_{28}/3 \leq 65$	—				
1956年 昭和31年	鋼道路橋設計示方書	P=8(T-20) P=5.6(T-14)	$(1+I) \times (0.4 \times (L-1) / (L+0.4))$ ただし、 $2.0 \leq L \leq 4.0$	—	主鉄筋の 25%以上	1300	$\sigma_{28}/3 \leq 70$	有効厚11				
1964年 昭和39年	鋼道路橋設計示方書					1400	$\sigma_{28}/3 \leq 80$					
1967年 昭和42年	道路橋一方鉄筋コンクリート床版の配力鉄筋設計要領				主鉄筋の 70%以上			1400	$\sigma_{28}/3 \leq 80$			
1968年 昭和43年	鋼道路橋床版の設計に関する暫定基準(案)					—	1400			$\sigma_{ck}/3 \leq 100$		
1971年 昭和46年	道路橋示方書				—			1400	$\sigma_{ck}/3 \leq 100$			
1973年 昭和48年	道路橋示方書					—	1400			$\sigma_{ck}/3 \leq 100$		
1978年 昭和53年	道路橋鉄筋コンクリート床版の設計について				—			1400 (余裕200)	$\sigma_{ck}/3 \leq 100$		3L+11 \geq 16 大型車交通量、 不等沈下考慮	
1980年 昭和55年	道路橋示方書					—	1400			$\sigma_{ck}/3 \leq 100$	3L+11 \geq 16	
1990年 平成2年	道路橋示方書				P=100kN			0.8 \times (0.12 \times L+0.07) \times P 2.5 $<$ L \leq 4.0で 1.0+ (L-2.5) /12を割増し	0.8 \times (0.10 \times L+0.04) \times P		1400 (余裕200)	$\sigma_{ck}/3 \leq 100$
1994年 平成6年	道路橋示方書					—	0.8 \times (0.12 \times L+0.07) \times P 2.5 $<$ L \leq 4.0で 1.0+ (L-2.5) /12を割増し			0.8 \times (0.10 \times L+0.04) \times P		
1996年 平成8年	道路橋示方書	—	0.8 \times (0.12 \times L+0.07) \times P 2.5 $<$ L \leq 4.0で 1.0+ (L-2.5) /12を割増し	0.8 \times (0.10 \times L+0.04) \times P								

排水・防水計画

- 設計段階における排水・防水計画の重要性を認識する必要がある



舗装前の滞水状況の例



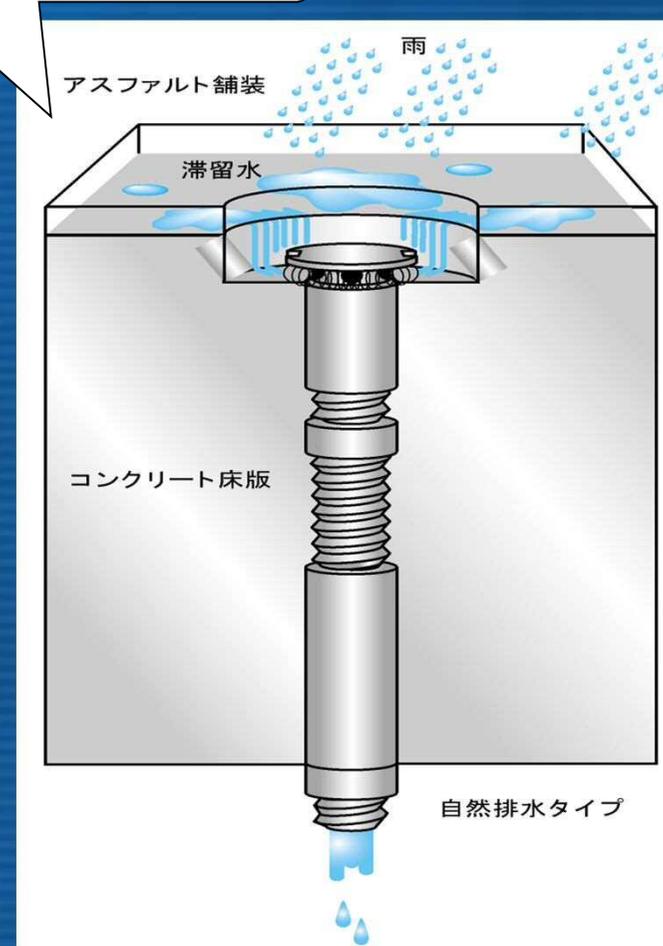
排水計画、防水工、滞水に対する配慮

滞水の防止対策

舗装内導水管



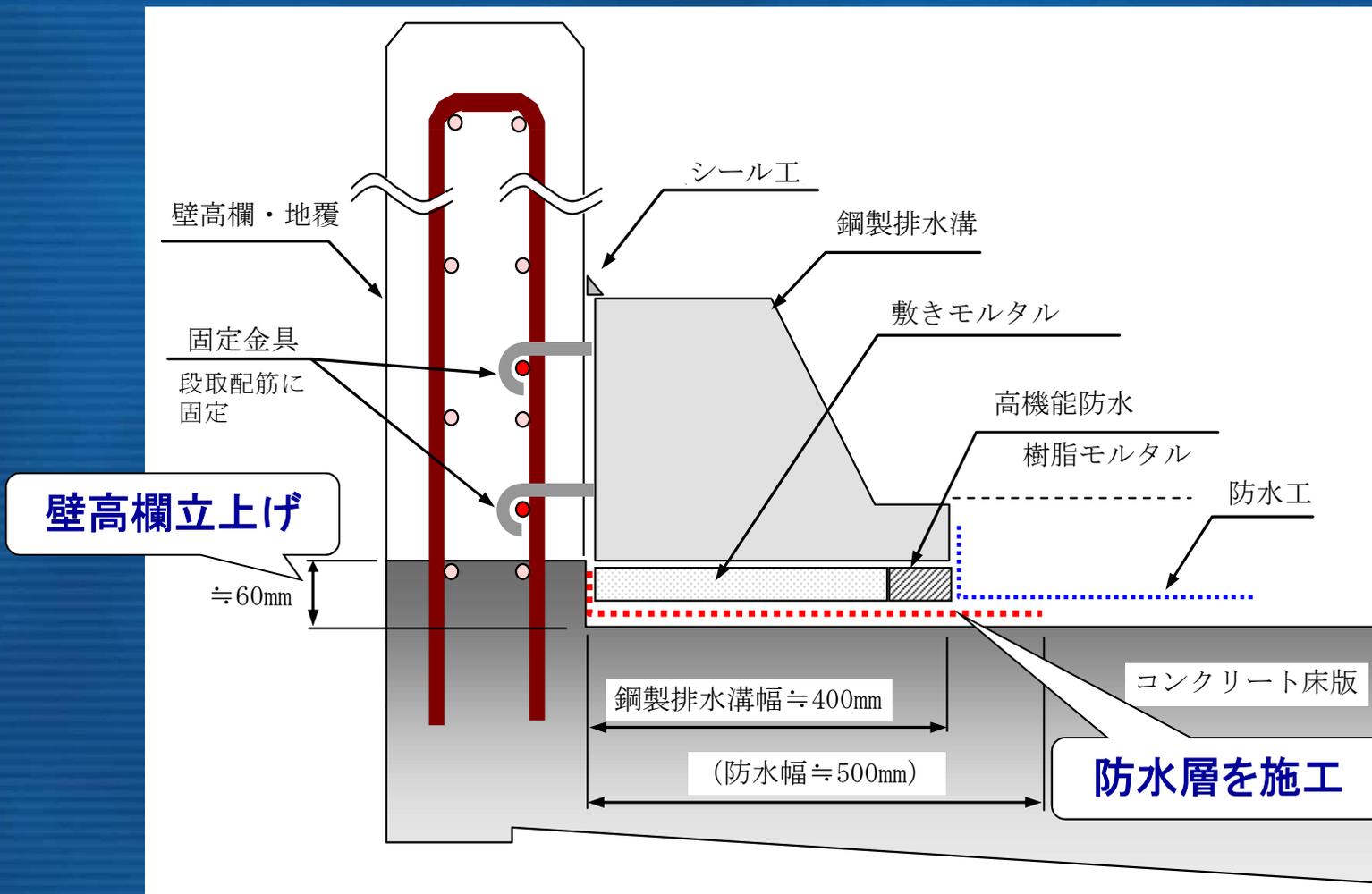
床版水抜きパイプ



高機能排水柵の例



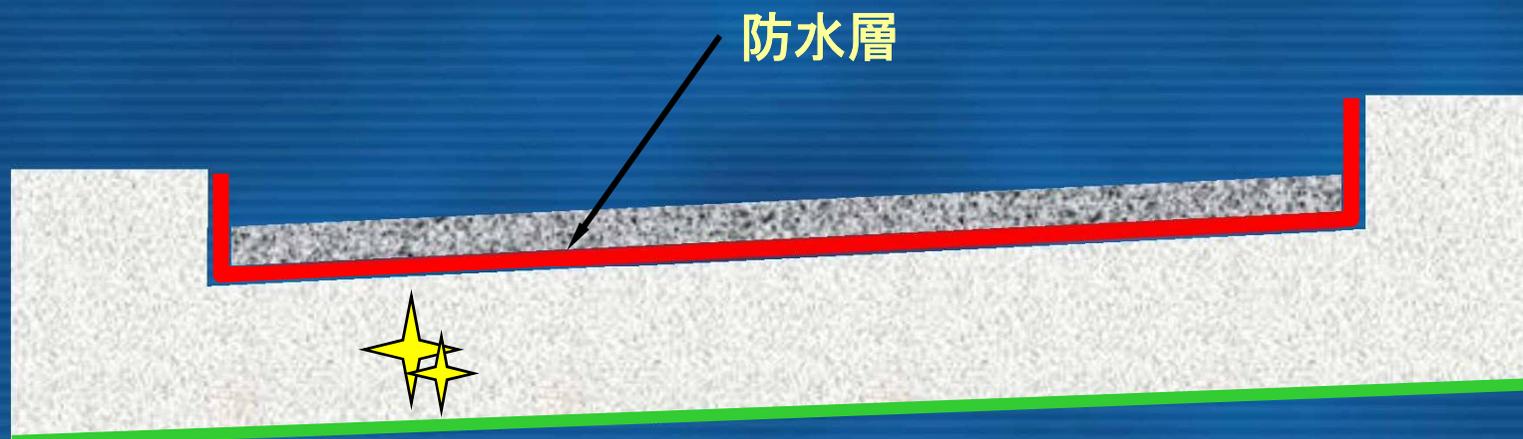
止水に配慮した鋼製排水溝設置例



防水層の設置

H24道示（9章床版、9. 1. 2設計一般の解説）

「床版に生じた貫通ひび割れに雨水が浸入すると疲労耐久性が著しく損なわれるので、共通編5. 3の規定に従い防水層を設置する必要がある。」



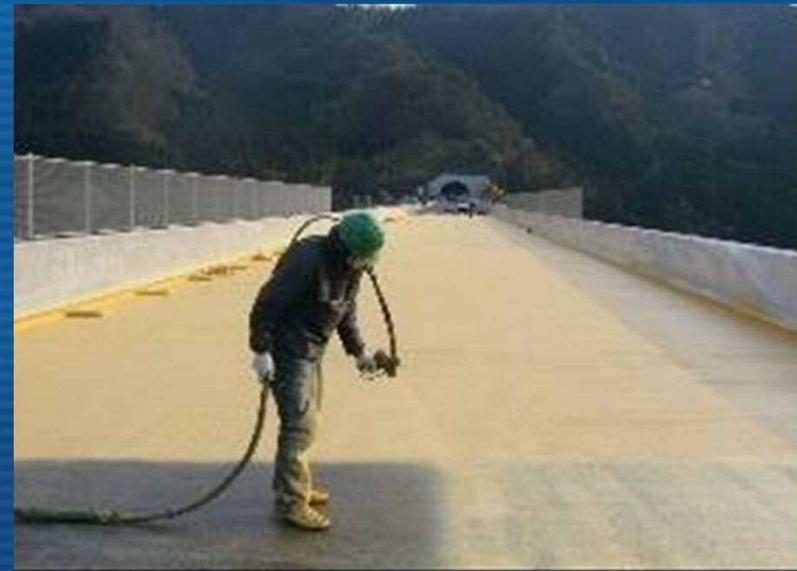
防水層の種類

- 防水工はシート系と塗布系の2種類ある
詳細は、「道路橋床版防水便覧」（日本道路協会、H19）



シート系の施工例

（ニチレキカタログより）

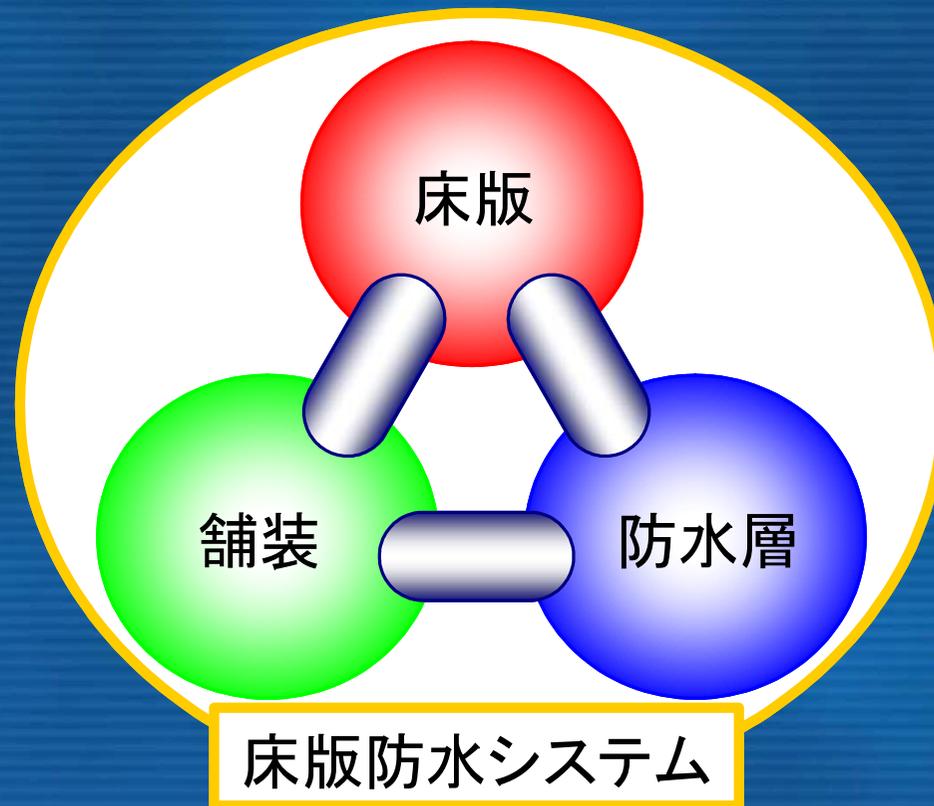


塗布系（ウレタン）の施工例

（三菱樹脂カタログより）

床版防水システム

床版・防水層・舗装が一体となって防水システムを構成
→より高い耐久性の実現が可能



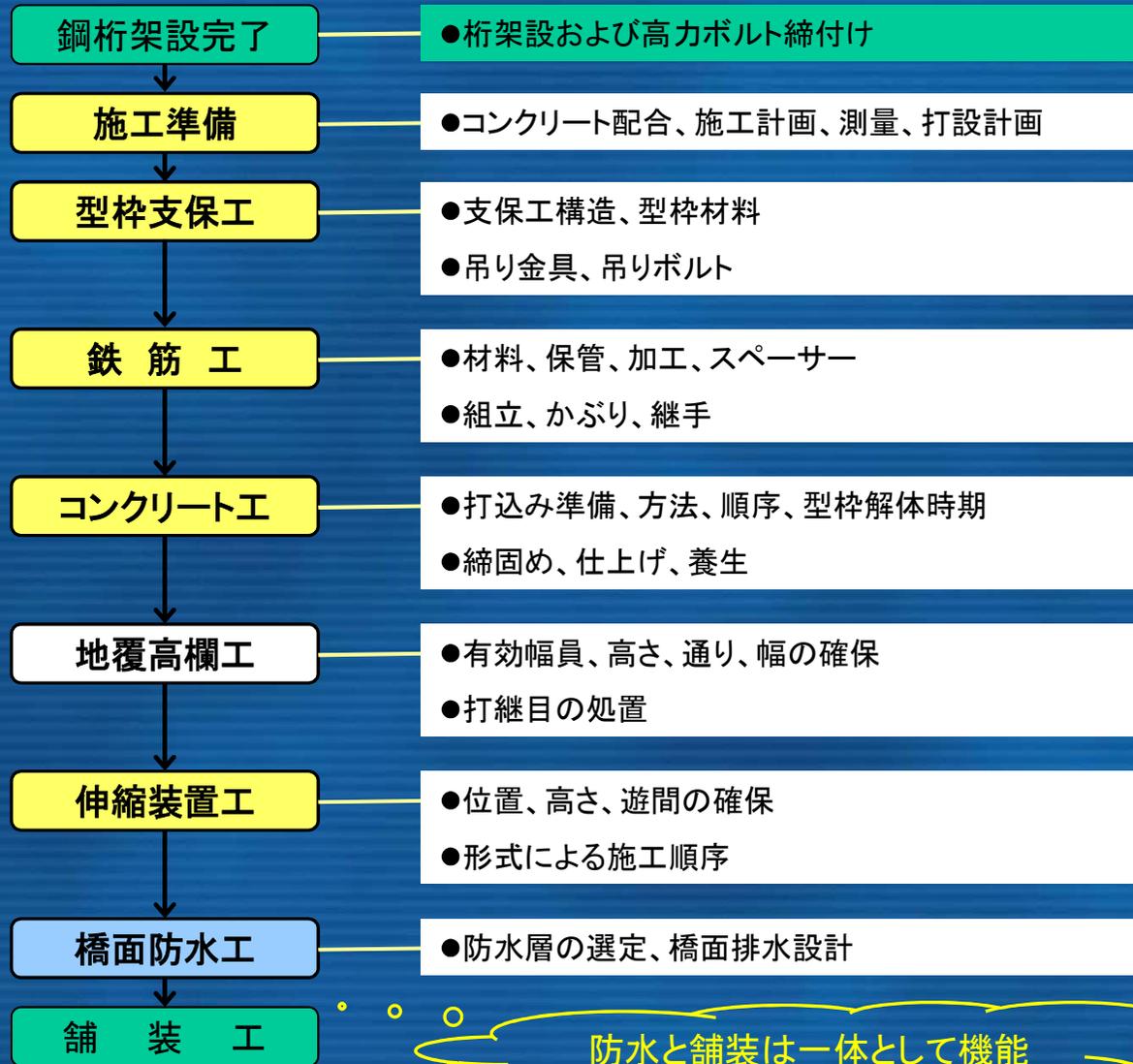
設計段階での排水・防水・滞水対策が重要

3. 床版の施工

社団法人 日本橋梁建設協会



施工フローチャート



施工準備

コンクリート配合

1. 設計基準強度

- ・RC床版の場合 非合成桁は 24N/mm^2 、合成桁で 27N/mm^2 が標準

2. スランプ

- ・8cm(許容差 $\pm 2.5\text{cm}$)

3. セメントの種類

- ・普通ポルトランドセメント

※ポンプ圧送等の場合は、適切な混和剤(高性能AE減水剤等)を使用してスランプ12~18cmとする場合が多い。

4. 粗骨材の最大寸法

- ・20または25mm

5. 空気量

- ・4.5% : 許容差 $\pm 1.5\%$ (JIS A 5308)

6. 水セメント比

- ・55%以下

施工準備

練上りの目標スランプの設定例

検討項目	スランプ	備考
最小スランプ	8cm	
スランプのばらつき	2.5cm	マイナス側の管理幅
場外運搬によるスランプロス	1cm	運搬時間30分程度 (コンクリート標準示方書)
ポンプ圧送によるスランプロス	1cm	150m以上～300m未満
上記合計	12.5cm	
練上りの目標スランプ	12～15cm	

- ・日平均気温が25℃を超える場合(暑中コンクリート)は、さらにスランプロスを考慮する。
- ・混和剤(AE減水剤、中性能、高性能)を適切に添加し、水セメント比を大きくせず、ワーカビリティを改善する。

施工準備

事前調査

1. 環境、気象、施工時期 ← 夏場(暑中コンクリート)
冬場(寒中コンクリート)
1. 工事用道路、用地 ← 作業ヤード
2. 用水、動力源
3. 生コン工場 ← 生産能力、輸送距離・時間(夏場・冬場)
4. 必要な機材や人員の調達

施工計画書

1. 工事概要
2. 管理体制
3. 仮設備計画
4. 施工要領 → 測量、型枠支保工の計算、打込み計画(人員、機材)、打込み順序の検討、養生方法等

施工準備

測量

1. 平面測量

- ・鋼桁架設後の平面位置の確認
- ・既設橋台パラペットとの位置関係などの確認

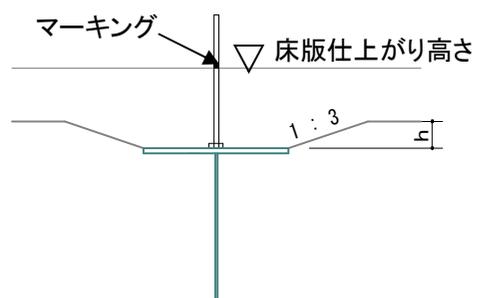
2. 高低測量

- ・鋼桁出来形確認
- ・ハンチ高の決定 → ハンチ調整

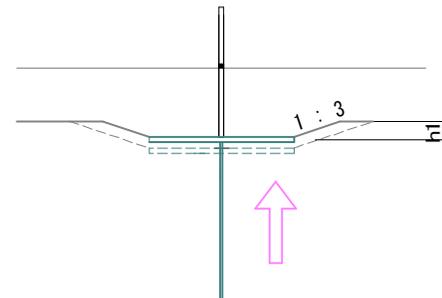
管理表作成

ハンチ調整の例

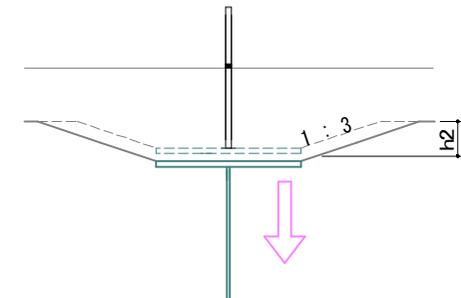
ハンチ高（基本）



桁の出来形が高い場合



桁の出来形が低い場合



施工準備

床版コンクリートの打込み順序

打込みにより作用する床版への応力を発生させない、また、弱点となる打継目を少なくするためには、一括打込みが理想であるが、無理な場合は分割打込みとする。

打込み順序の決定要素

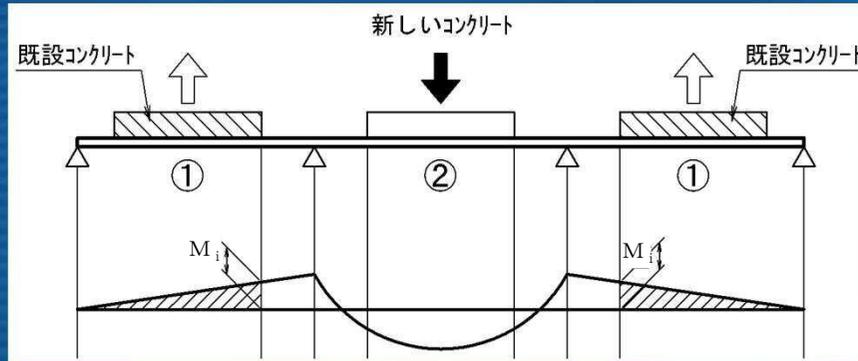
1. 橋梁形式
2. 生コン工場の能力、運搬時間
3. ポンプ車の能力
4. 人員の確保
5. 先に打込んだコンクリートに対して、後から打込むコンクリートにより発生する応力の影響を検討。
6. 鋼桁の変形
7. 縦断・横断勾配、橋長、打込み数量
8. 1日の標準的な 打込み可能時間 約5時間

打込み量 約 $100\text{m}^3 \sim 150\text{m}^3$ ($15 \sim 30\text{m}^3/\text{h}$)

一括打込みでも、時間が長くなり凝結始発時間を超える場合には注意が必要

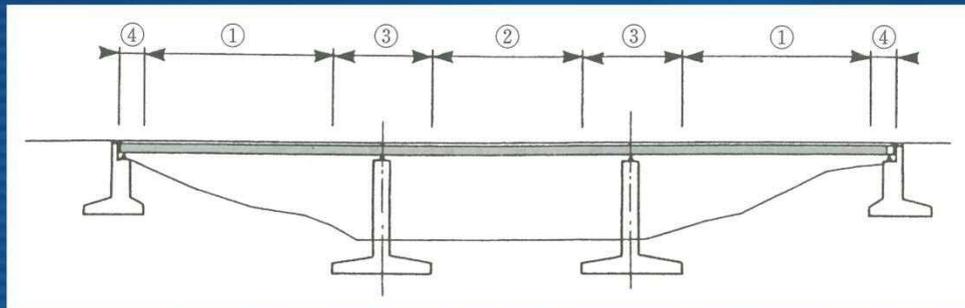
施工準備

打込み順序の検討

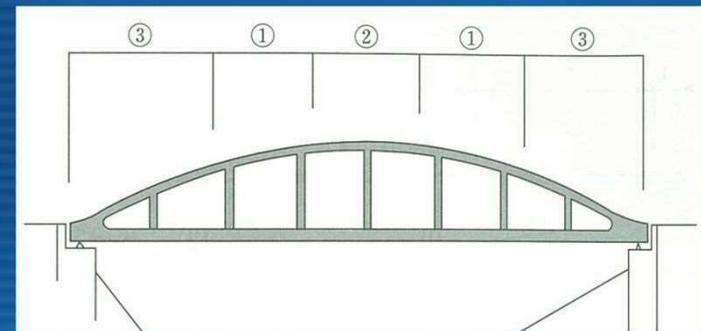


側径間①の既設コンクリートが、新しいコンクリートの打込み(中央径間②)によって M_i の負の曲げモーメントを受ける。この M_i によるコンクリートの引張応力度に対して、既設コンクリートが強度を有しているかどうか、コンクリートの材齢から検討する。

床版コンクリートの打込みにより作用する曲げモーメント



3径間連続げたの打込み順序の例



下路アーチ橋の打込み順序の例

施工準備

養生計画

1. 養生期間

- ・普通ポルトランドセメント 5日以上

(15°C以上の場合)

- ・型枠を取り外してよい時期の圧縮強度

床版 14.0N/mm²

地覆・壁高欄 5.0N/mm²

(コンクリート標準示方書より)

2. 養生方法

- ・湿潤養生が基本 → 散水とシートなどにより表面を湿潤状態に保つ。
- ・暑中、寒中コンクリートの場合、適応した養生温度及び養生方法を検討する。

養生の目的

- ・コンクリートの硬化(水和作用)を十分に発揮させる
- ・乾燥などによるひびわれを防止する
- ・硬化中に、振動、衝撃、過度の荷重の载荷等有害な作用から保護
- ・気象条件(日光、風、大雨、雪、霜など)から露出面を保護する
- ・寒中コンクリートでは、コンクリート温度の低下や凍結から保護
- ・暑中コンクリートでは、急激な乾燥から保護

品質管理

品質管理

試験項目	判定基準	頻度
コンクリート 圧縮強度試験 ^{注1)}	標準養生供試体の材齢28日における圧縮強度が次の基準を満足する場合、合格と判定する。 ・1回の試験結果は、指定した強度(設計基準強度)の85%を下回らないこと。 ・3回の試験結果の平均値は、指定した強度(設計基準強度)を下回らないこと。	原則として150m ³ ごとに1回又は少なくとも1径間の床版打込みごとに1回の割合で行い、1回の試験結果は任意の1運搬車から採取した試料で作った3個の供試体の試験結果の平均値で表す。
スランプ試験	スランプ8cm以上18cm以下の場合: ±2.5cm	原則として全車について行う。ただし、試験結果が安定し良好な場合は試験の頻度を低減することができる。 ^{注1)}
空気量試験 ^{注2)}	許容誤差: ±1.5% ^{注2)}	1回/日または構造物の重要度と工事の規模に応じて20~150m ³ ごとに1回および荷下し時に品質の変化が認められた時
フレッシュコンクリートの温度 ^{注2)}	定められた条件に適合すること	
塩化物イオン量 ^{注2)}	原則として0.3kg/m ³ 以下	荷下ろし時 海砂を使用する場合2回/日、その他の場合1回/週
単位水量測定 ^{注3)}	配合設計±15kg/m ³	2回/日(午前1回、午後1回)または構造物の重要度と工事の規模に応じて100m ³ ~150m ³ ごとに1回、および荷下し時に品質変化がみとめられた時に実施(1日当たりコンクリートの使用量が100m ³ 以上施工する工事を対象とする)

注1)〔道示〕鋼18.8.5

注2)「コンクリート標準示方書 施工編」(2012年, (社)土木学会)

注3)「レディーミクスコンクリートの品質確保について」(国官技第185号, 平成15年10月2日)



出来形管理

出来形管理

対象部位	項目	規格値	備考
鉄筋 注1)	有効高さ 鉄筋間隔	±10mm ±20mm	ただし、有効高さに不足側の誤差がある場合、鉄筋間隔の広がる方向の誤差は10mmを限度とする。
床版 注2)	基準高 幅 厚さ	±20mm 0mm～+30mm -10mm～+20mm	1径間2箇所(支点付近)で、1箇所あたり両端と中央部の3点測定。 1径間あたり3箇所測定。 型わく設置時におおむね10㎡に1箇所測定。 (型わく検査をもって代える。)
高欄 注2)	幅 高さ	-5mm～+10mm -20mm～+30mm	
地覆 注2)	幅 高さ 有効幅員	-10mm～+20mm -10mm～+20mm 0～+30mm	

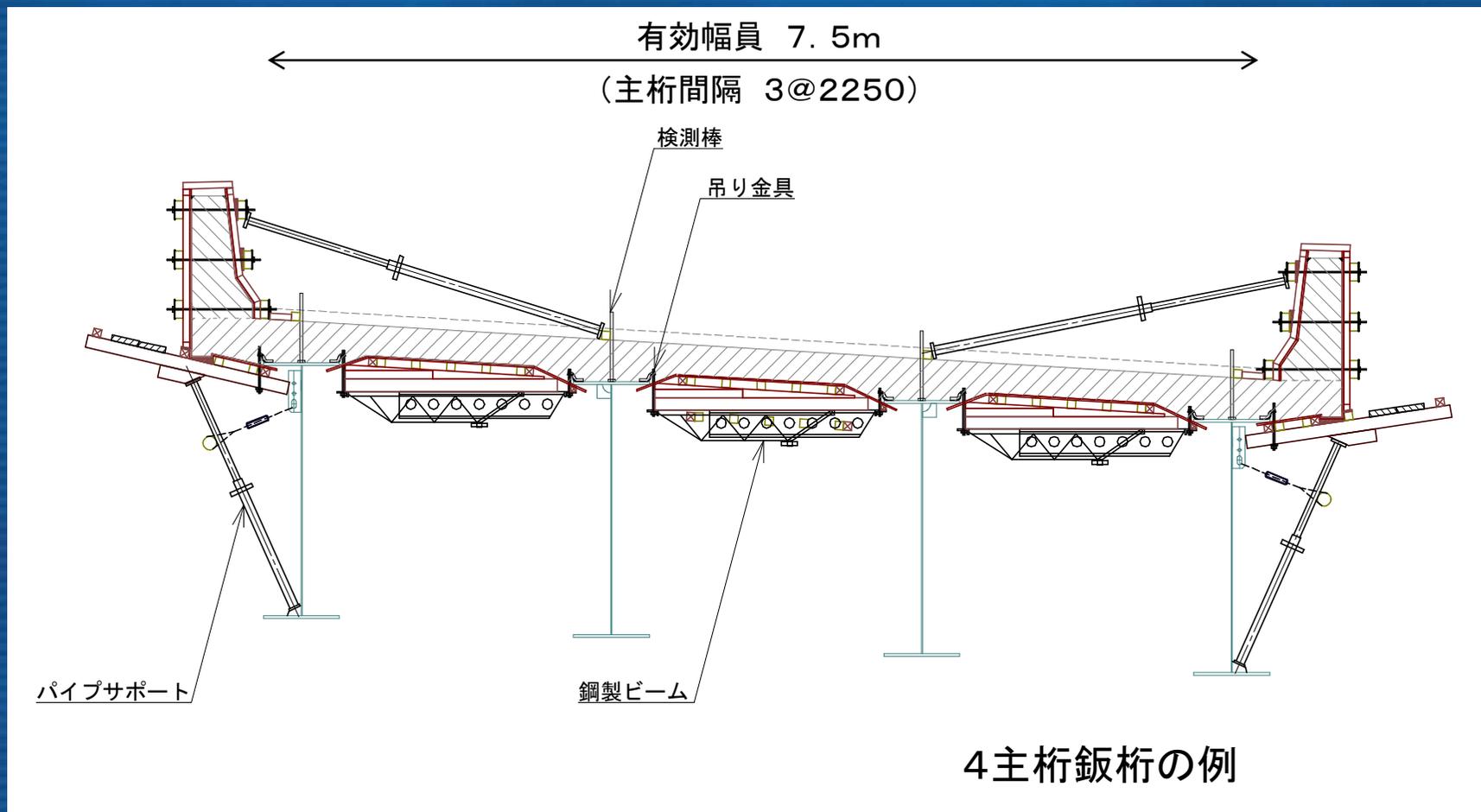
注1)[道示]鋼18.8.4

注2)「土木施工管理基準」国土交通省



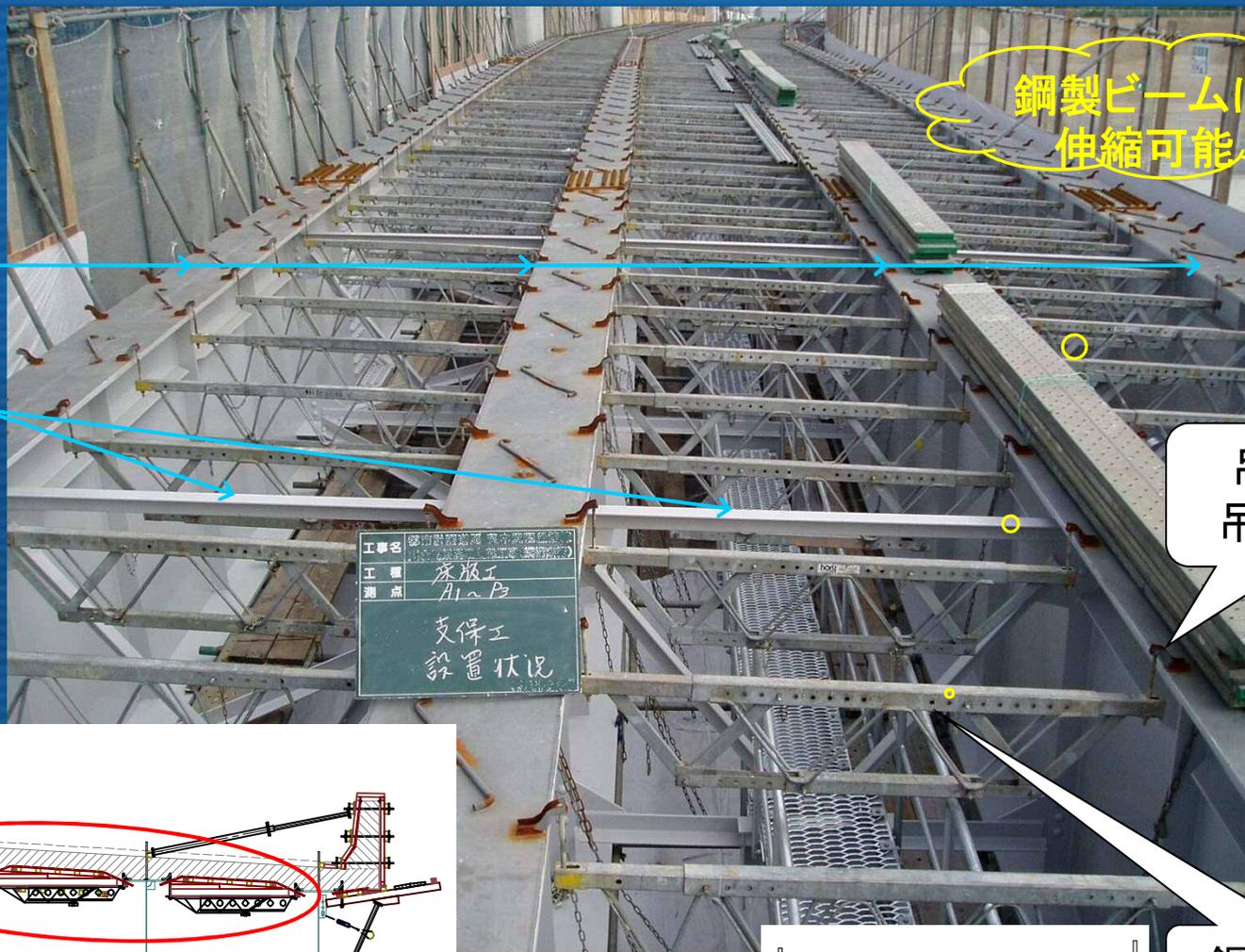
型枠支保工

型枠支保工図



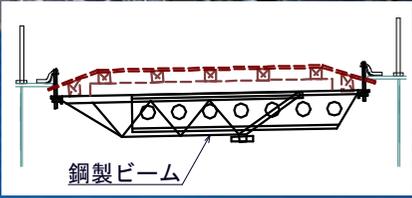
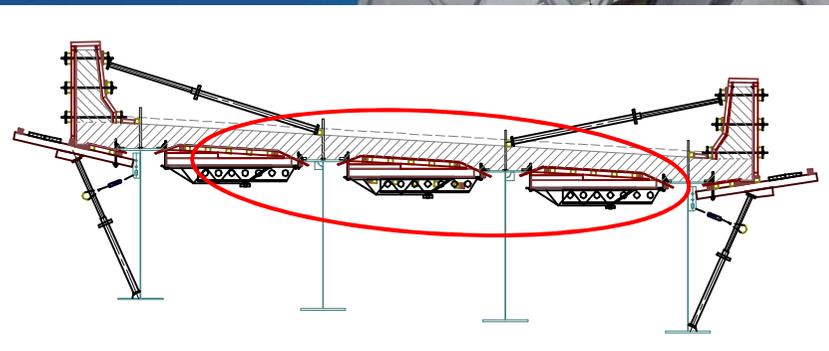
型枠支保工

支保工設置



主桁

対傾構



吊り金具
吊りボルト

鋼製ビーム



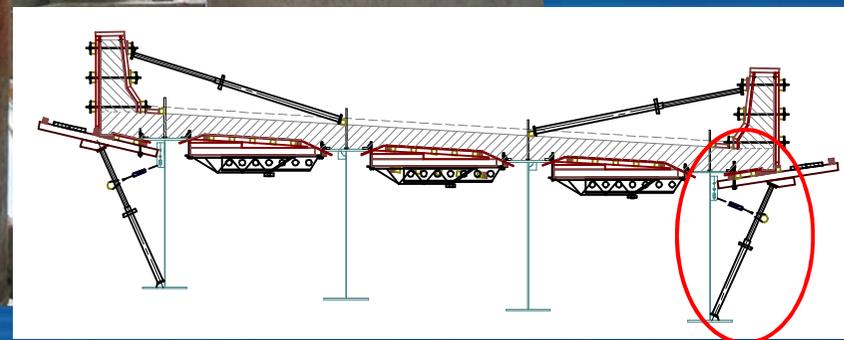
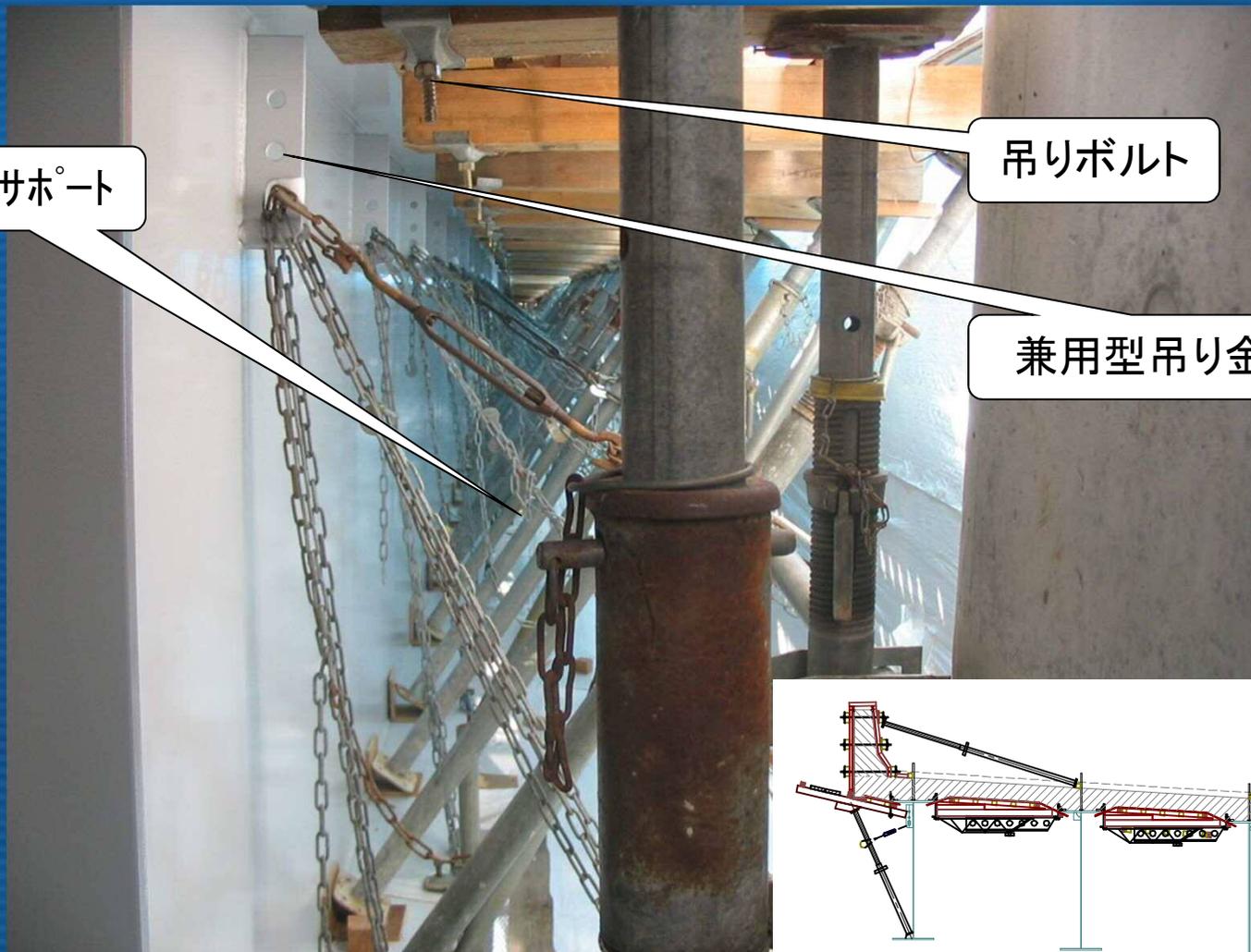
型枠支保工

張出し部支保工

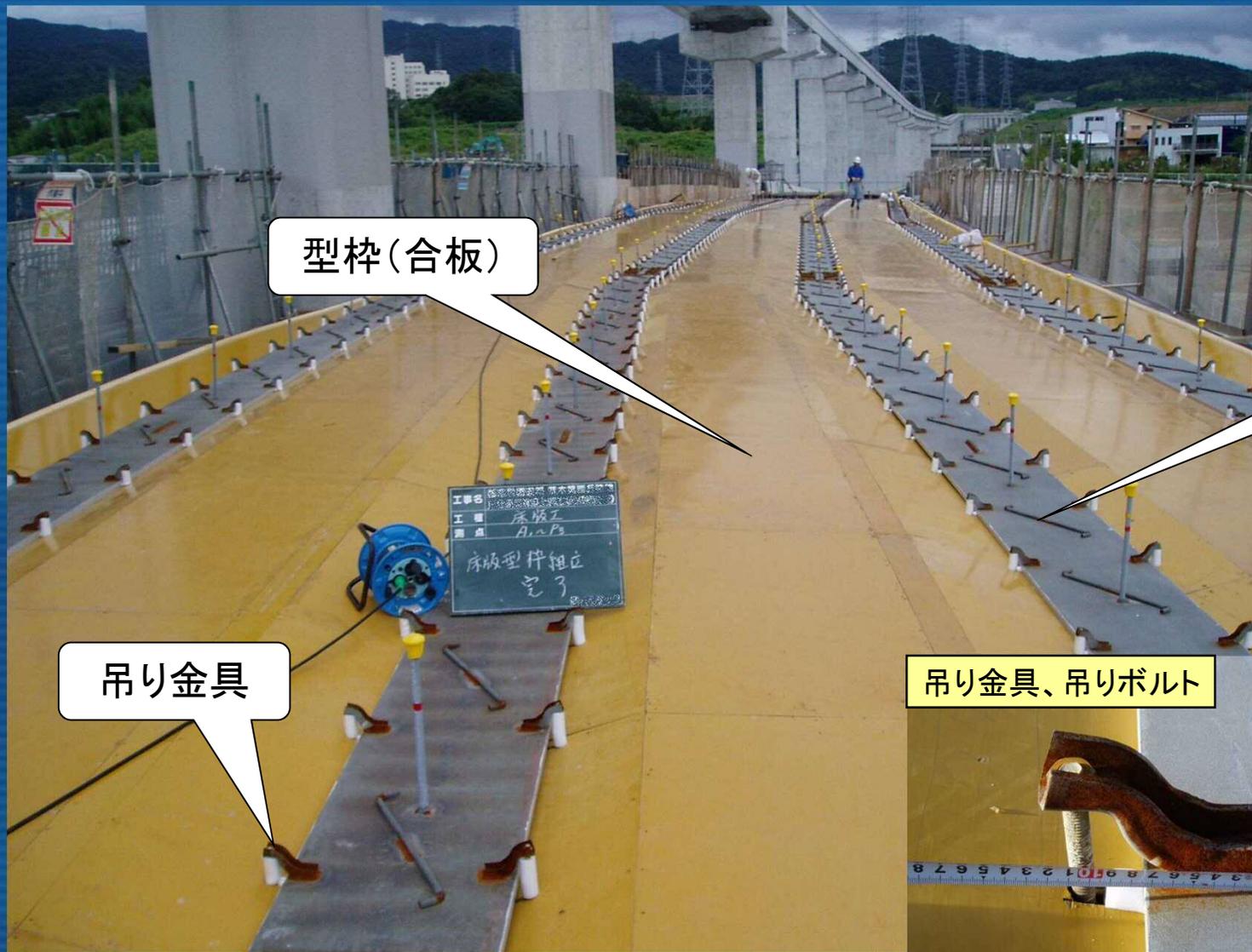
パイプサポート

吊りボルト

兼用型吊り金具



型枠支保工



型枠(合板)

スラブアンカー

吊り金具

吊り金具、吊りボルト



型枠支保工

型枠検査



鉄筋工

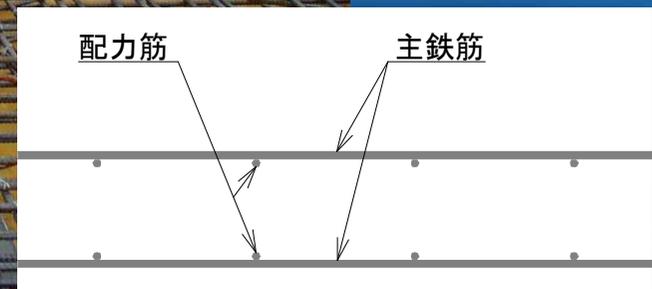
鉄筋組立完了



この方向で
横方向の鉄筋が主筋
縦方向が配力筋

配力筋

主鉄筋



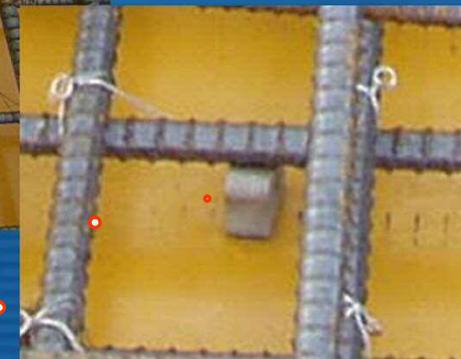
鉄筋工

スペーサー確認



1m²に4個
(壁高欄では1m²に2
個)

モルタル製が多い

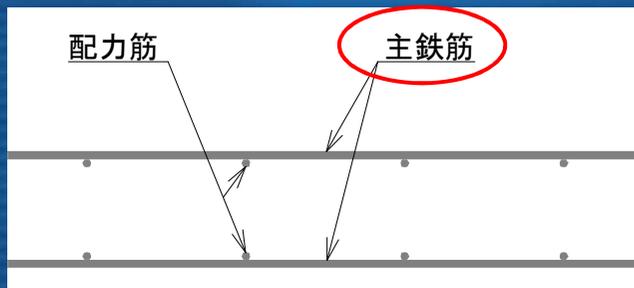


鉄筋工

配筋検査(主筋)



配筋検査
径とピッチの確認



コンクリート工

試験練り

配合、練り混ぜ
時間の確認

練り混ぜ



スランプ、空気量他



圧縮強度試験



コンクリート工

コンクリート現場試験

1台目



- ・スランプ
- ・空気量
- ・塩化物量の確認

5台目



圧縮強度試験テスト
ピース採取
7日、28日と予備を採取

コンクリート工

コンクリート打込み

打込み状況



2パーティで
中央振り分
けで打込ん
でいます。

打込み中にも適時、床版
厚の確認をして下さい。
鉄筋や型枠の点検も必要

コンクリート工

コンクリート表面仕上げ



最後は金ゴテ仕上げ

工事名	新橋線延伸工事
工種	床版工
測点	A1~B3
床版コンクリート 仕上げ状況	

ブリーディング水の
上昇が終わった
タイミングで

コンクリート工

コンクリート打込み完了

仕上げが完了し、
養生のタイミング
を待っています



コンクリート工

コンクリート養生



コンクリート工

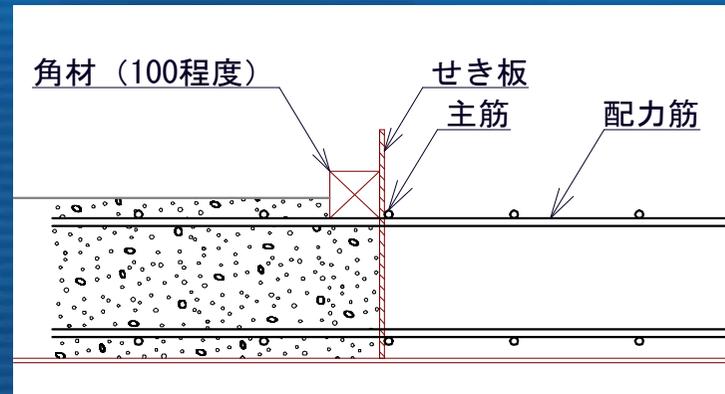
床版コンクリート打込み タイムスケジュールの例

工 種	経過時間												
	0h	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h
打込み準備	■												
打込み・締固め		■	■	■	■	■	■						
表面仕上げ			敷きならし・荒仕上げ				金ゴテ仕上げ						
養生							■	■	■	■	■	■	
後片付け												■	

- ・コンクリート打込み量: 150m³ 時間当たり打込み量: 30m³/hで算出
- ・金ゴテ仕上げ、養生のタイミングは、打込み時の気温に左右されるため注意が必要。

コンクリート工

コンクリート打継目処理



コンクリート工

コンクリート打継目処理の例

接着剤塗布

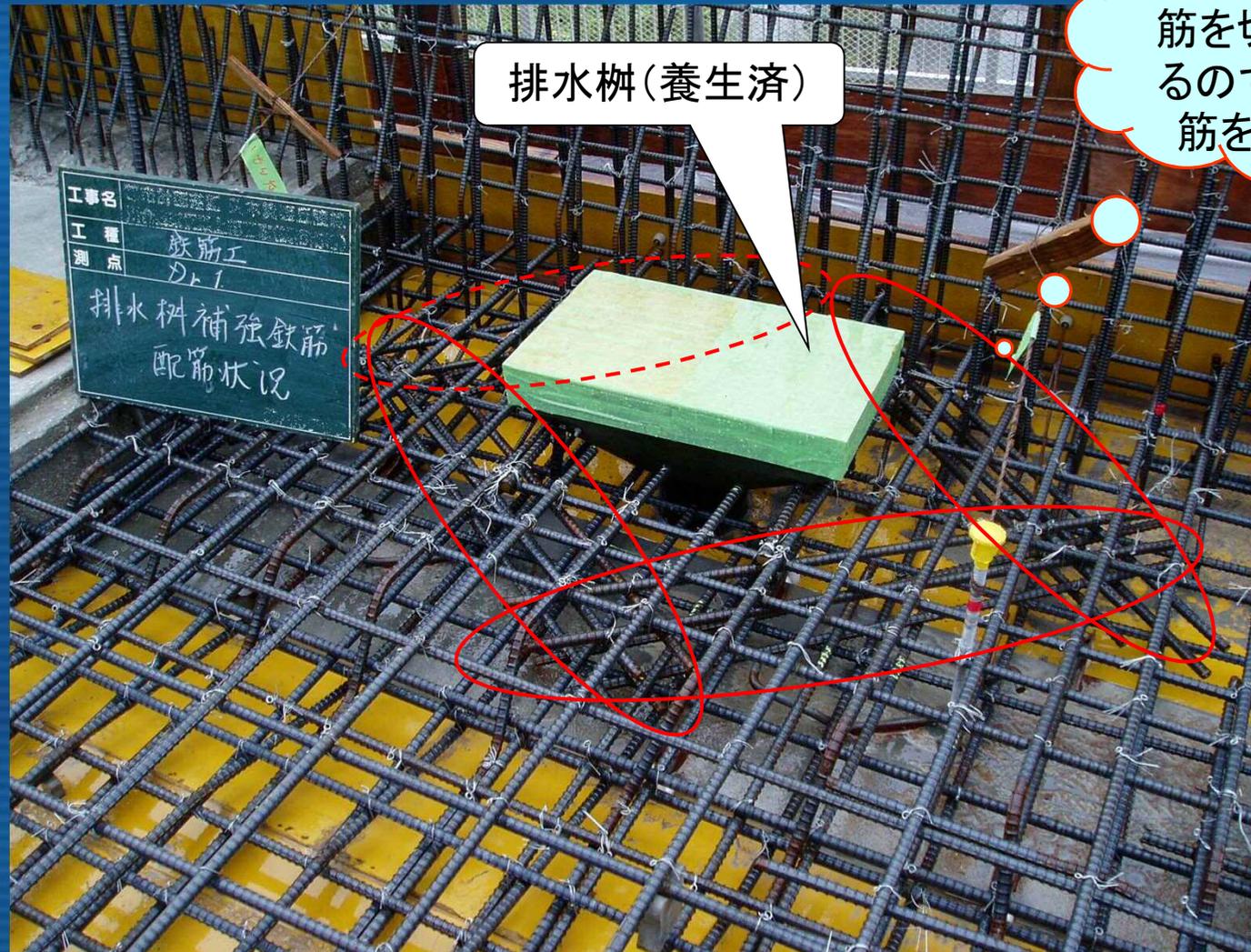


打継目処理シート



排水装置の施工

排水柵の据付



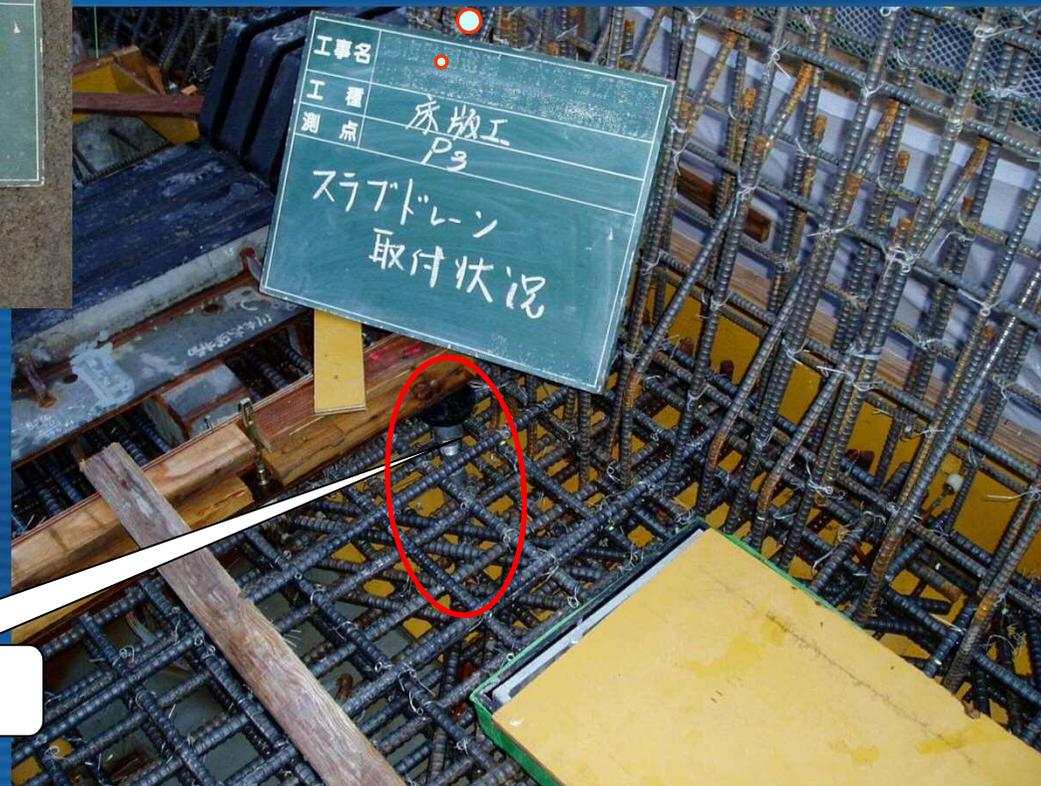
主筋、配力筋を切断するので補強筋を配置

排水装置の施工

スラブドレーンの設置



床版の耐久性のため、床版上の雨水等を適切に排水する



排水装置の施工

スラブドレーンの設置



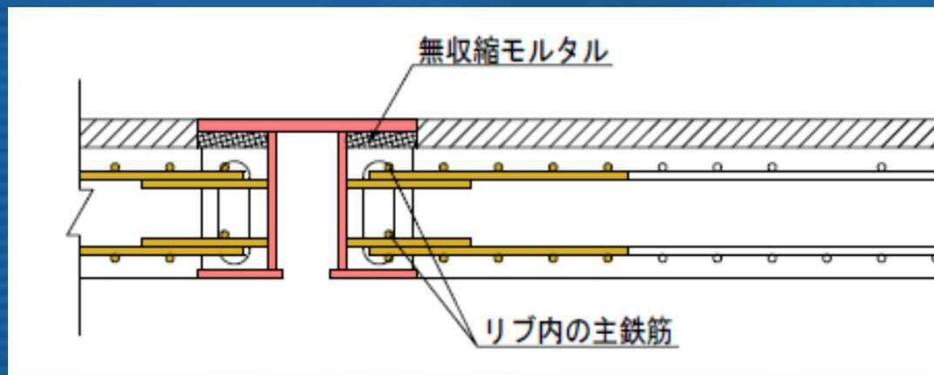
スラブドレーン

排水管

端末処理は排水管
などへ導入する

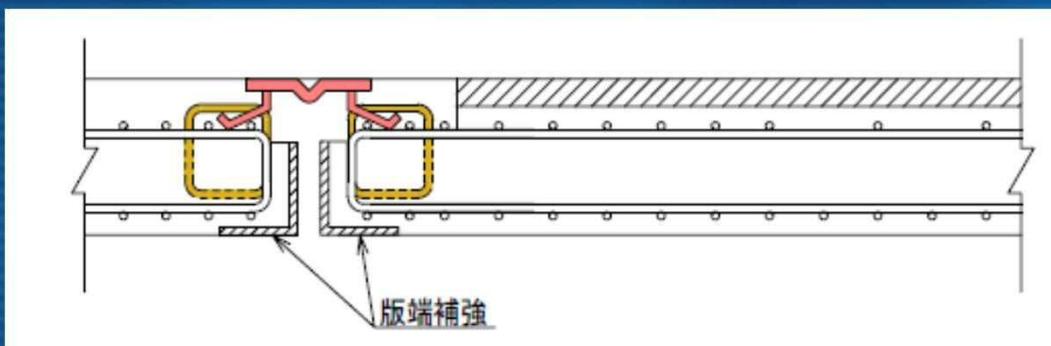
伸縮装置と床版端部との取り合い

鋼製伸縮装置の場合



取合部では鉄筋やリブが密に配置される

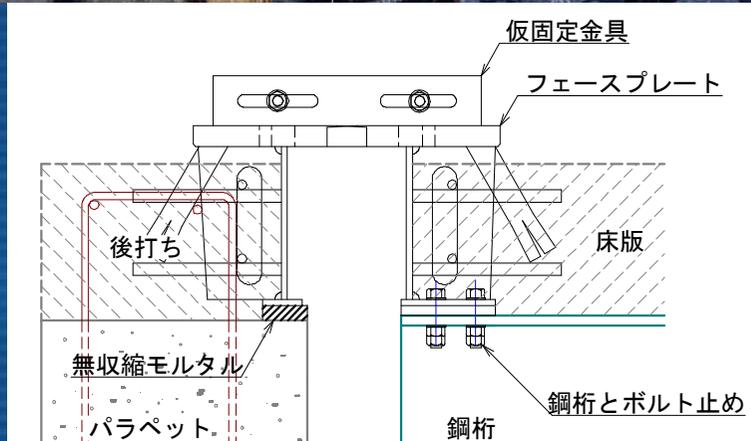
ゴム伸縮装置の場合



伸縮装置の施工

据付

仮固定金具
(コンクリート打設に合わせて開放)



施工完了

施工完了



4. 床版の損傷及び 補修・補強について

社団法人 日本橋梁建設協会

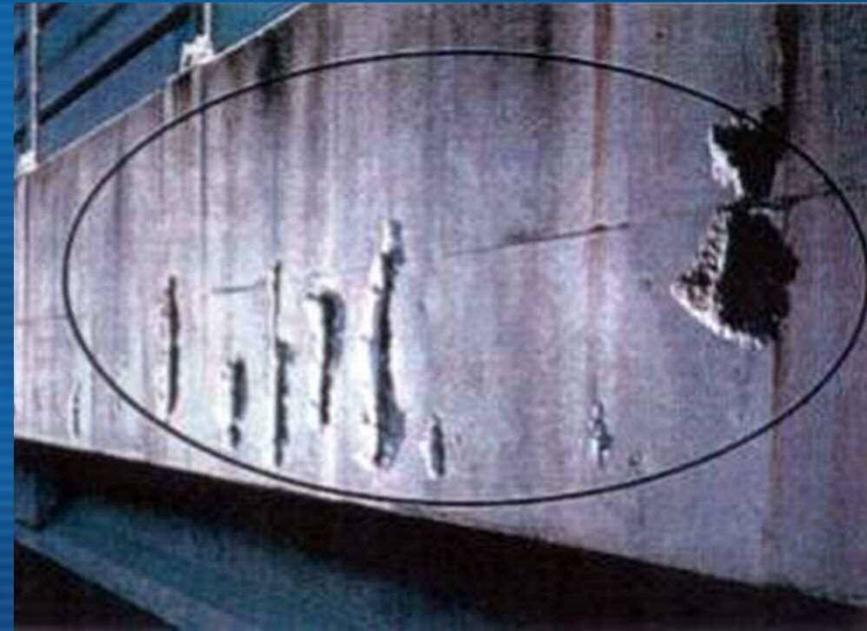


床版の損傷事例

目視点検時の着目点【上面】



舗装のひび割れ



地覆のひび割れ

床版の損傷事例

目視点検時の着目点【下面】



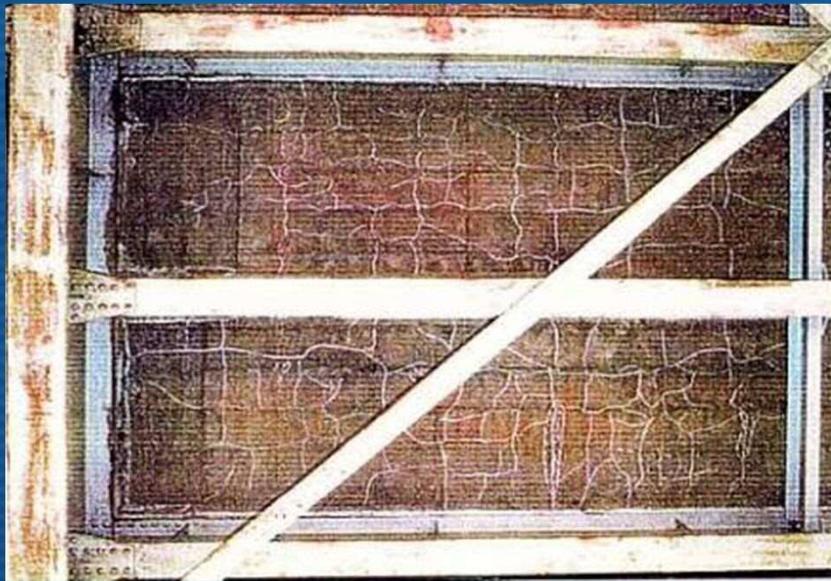
下面コンクリートの剥がれ



床版の抜け落ち

床版の損傷事例

目視点検時の着目点【下面】



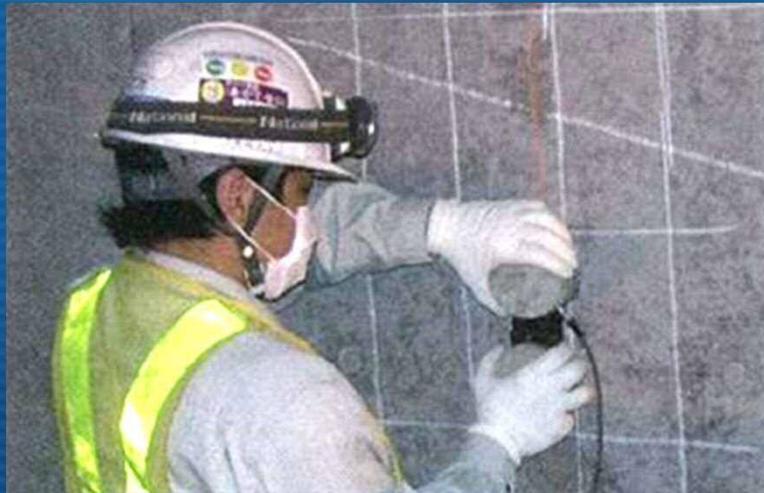
アルカリシリカ反応



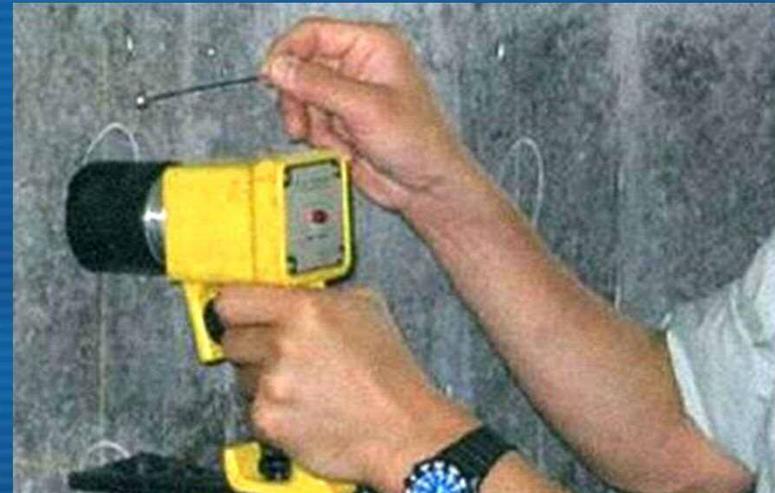
エフロレッセンスの発生

床版の損傷と検査

床版の検査技術



超音波法



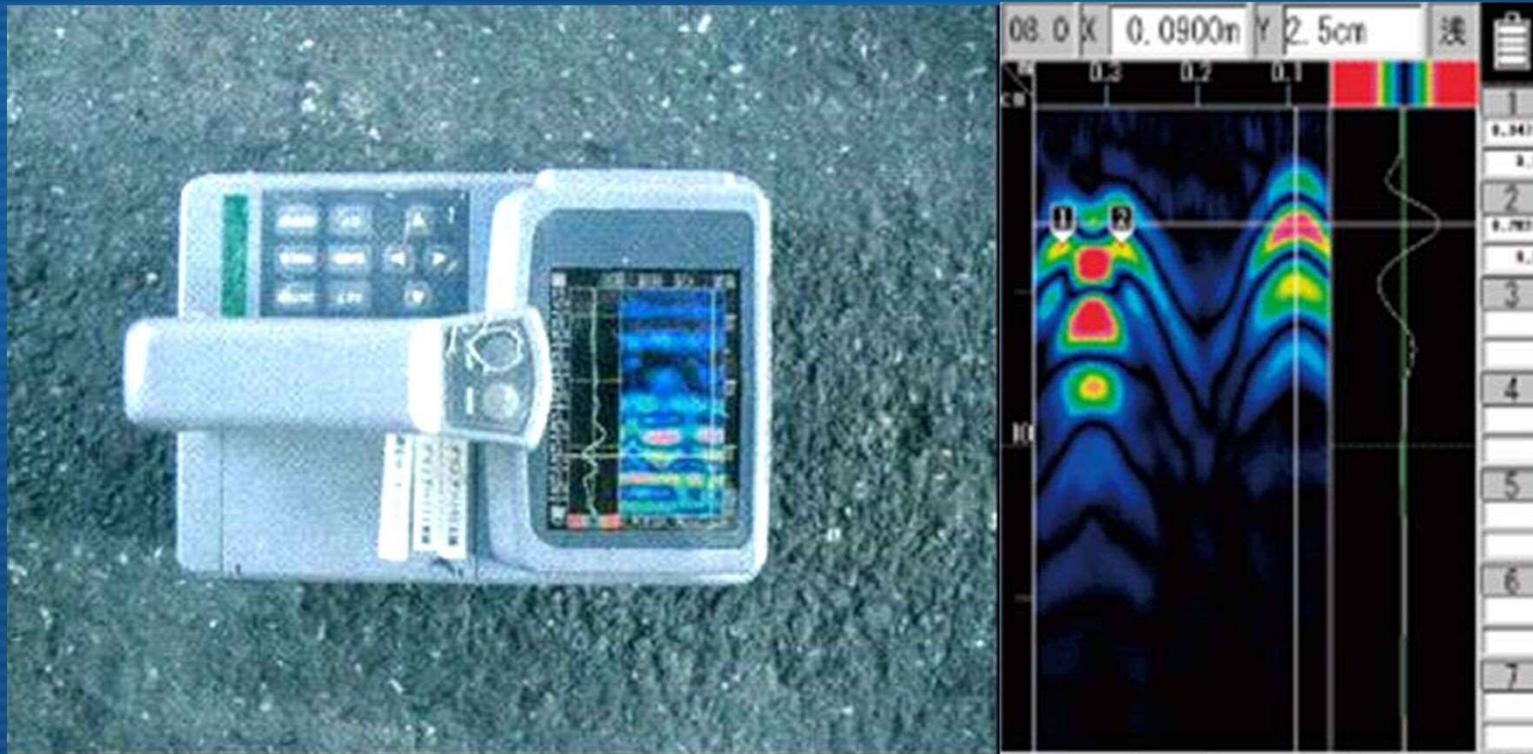
衝撃弾性波法

ひび割れの深さ測定その他、構造物内の
欠陥(空隙・はく離)の検出を行う

床版の損傷と検査

床版の検査技術

出典：日本無線（株）H.P.

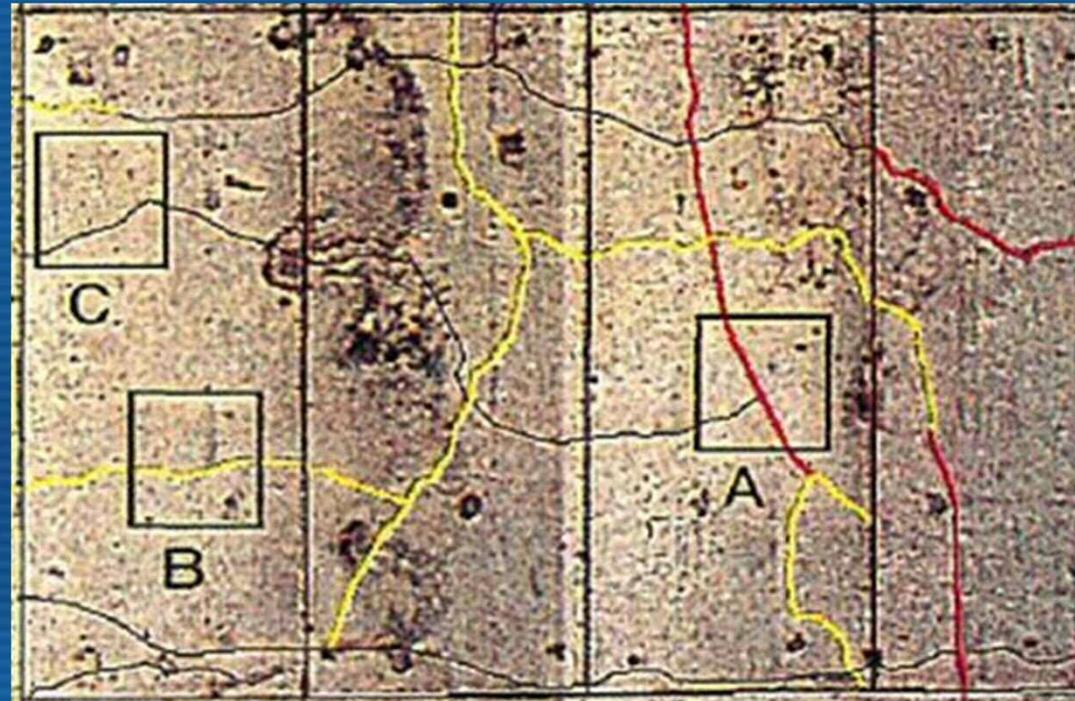


電磁波レーダー

床版コンクリート内の鉄筋探査に良く利用される

床版の損傷と検査

床版の検査技術

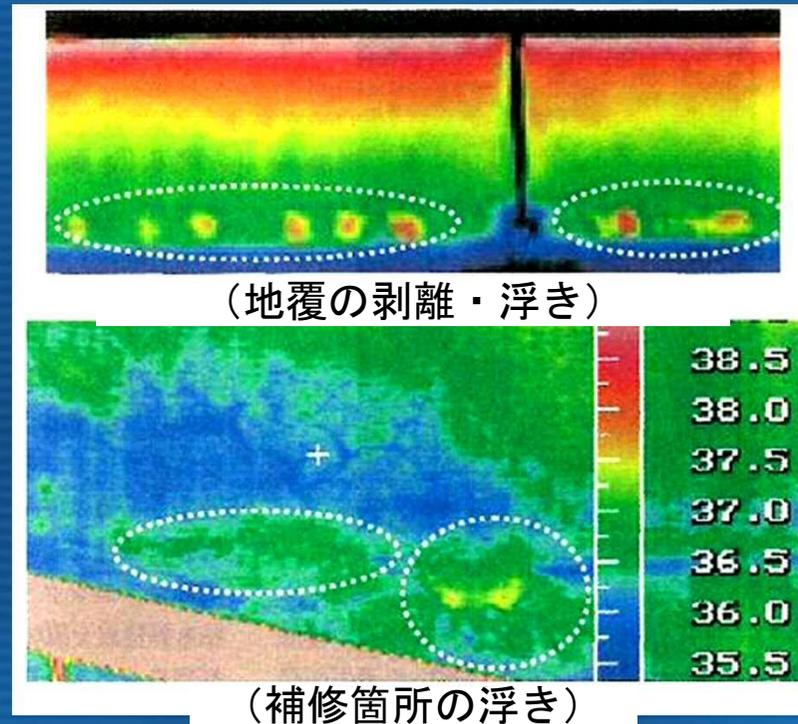


デジタル画像によるひび割れのトレース

ひび割れ検出や記録性に優れる

床版の損傷と検査

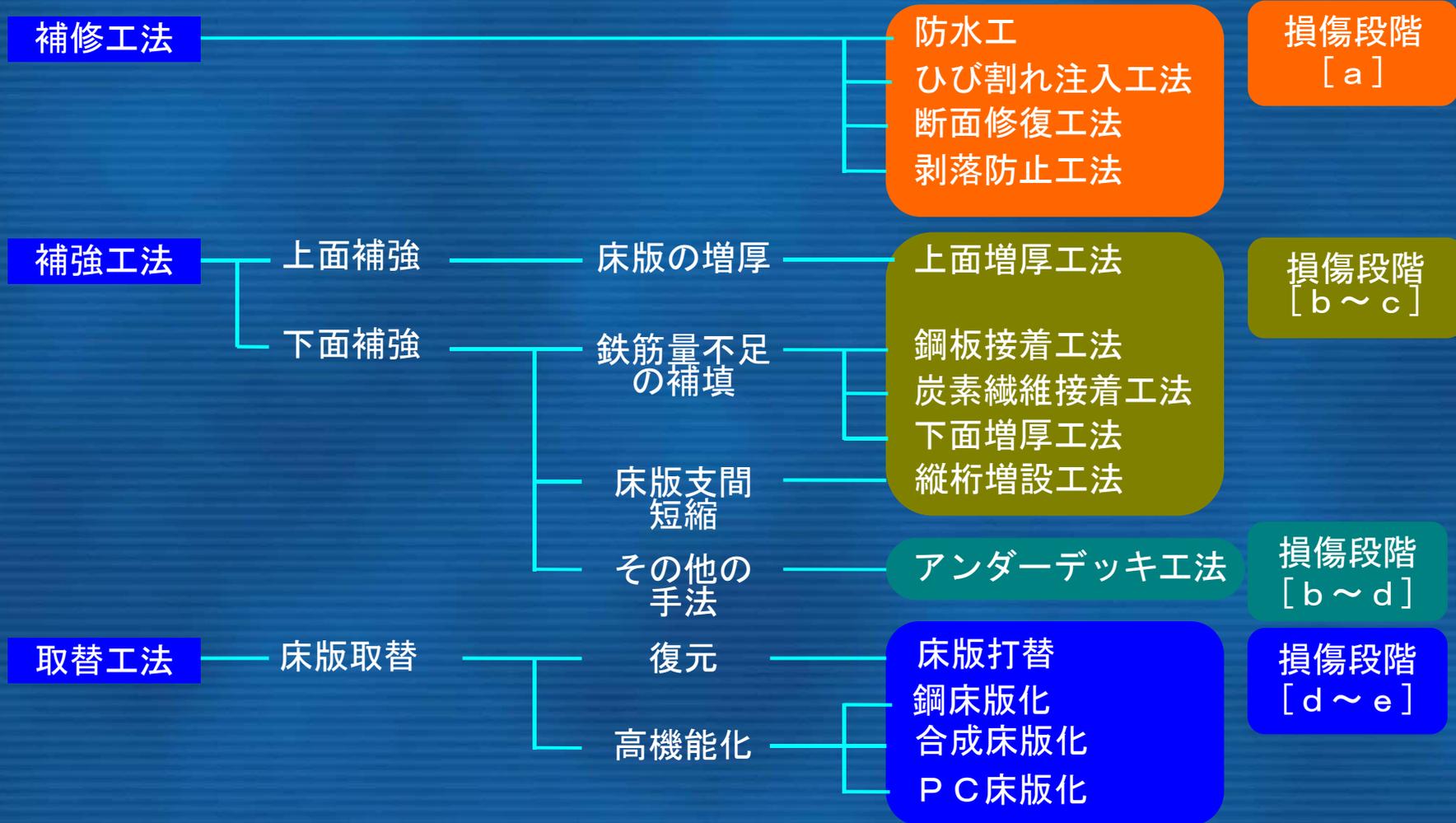
床版の検査技術



サーモグラフィー

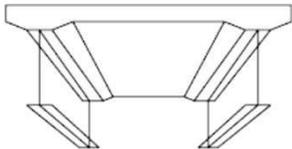
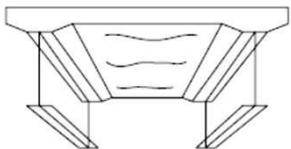
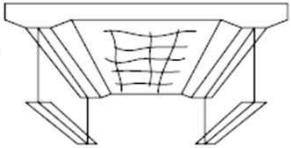
床版表面付近の剥離、空隙などの欠陥検出

床版の補修・補強・取替工法の事例

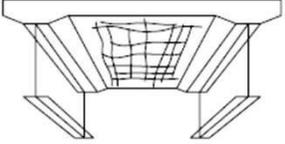
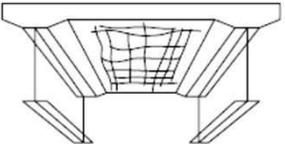
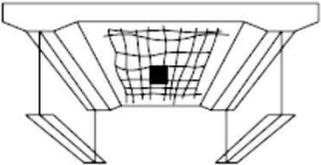


床版補修・補強・取替の工法分類の例

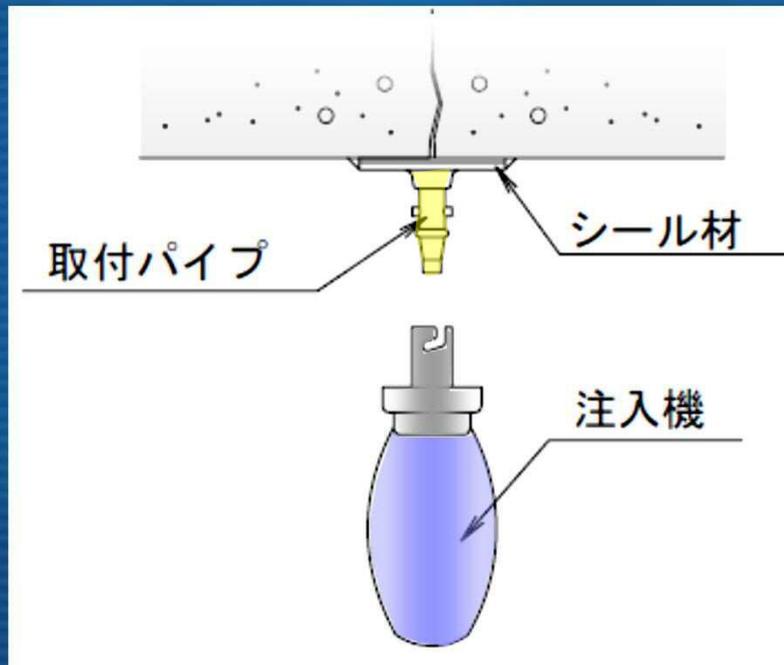
床版の損傷状況と補修・補強・取替方法

損傷段階	床版の損傷状況	代表的な補修・補強の考え方
—	完成直後の段階 	—
a	〔幅広い並列梁構造化〕 床版コンクリート硬化に伴う乾燥収縮により橋軸直角方向に貫通したひび割れが大きな間隔で発生する段階 	基本的に補修・補強の必要はないが、予防保全として、各工法の適用が可能（防水層）
b	〔2方向曲げひび割れ発生〕 輪荷重により縦横のひび割れが交互に発生し、格子状のひび割れが増加する段階 	下面からの工法が有効 （防水層＋鋼板接着工法、炭素繊維シート接着工法等）

床版の損傷状況と補修・補強・取替方法

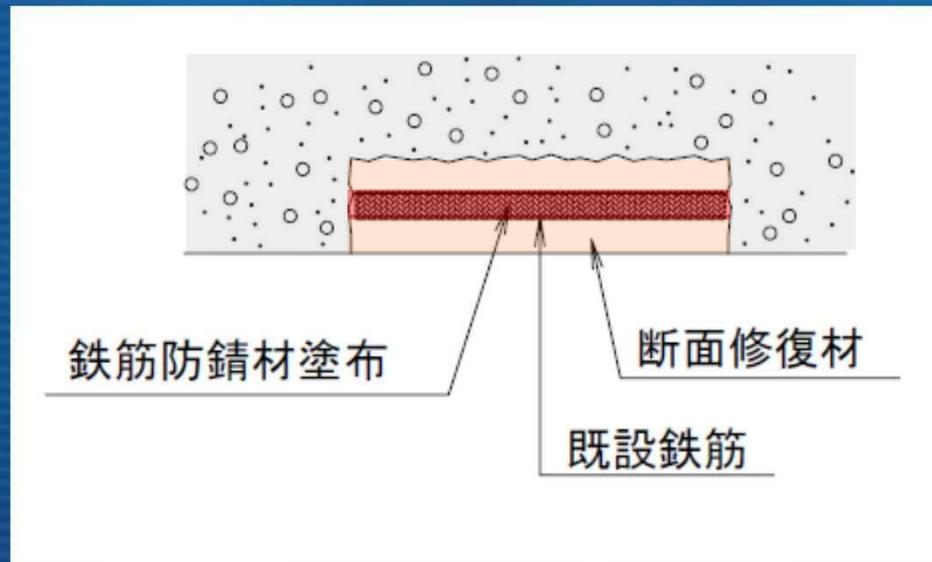
損傷段階	床版の損傷状況	代表的な補修・補強の考え方
c	<p>〔狭い並列梁構造化〕 橋軸直角方向にひび割れが発生し、下面から発生したひび割れとつながり貫通しbより狭い並列の梁状になる段階</p> 	<p>各工法が有効 (防水層+鋼板接着工法, 上面増厚工法, 炭素繊維シート接着工法等)</p>
d	<p>〔すり磨きによる劣化〕 貫通したひび割れ面のすり磨きや浸透水による石灰分の流出により、ひび割れ幅が拡大し、せん断抵抗を失う段階</p> 	<p>せん断強度も低下しているためせん断補強が有効 (防水層+上面増厚工法+下面からの補強)</p>
e	<p>〔床版の陥没〕 低下した押抜きせん断強度を超える輪荷重により抜け落ちを生じる段階</p> 	<p>緊急措置は必要となるが、対策の基本は取替工法</p>

補修工法 ひび割れ注入工法



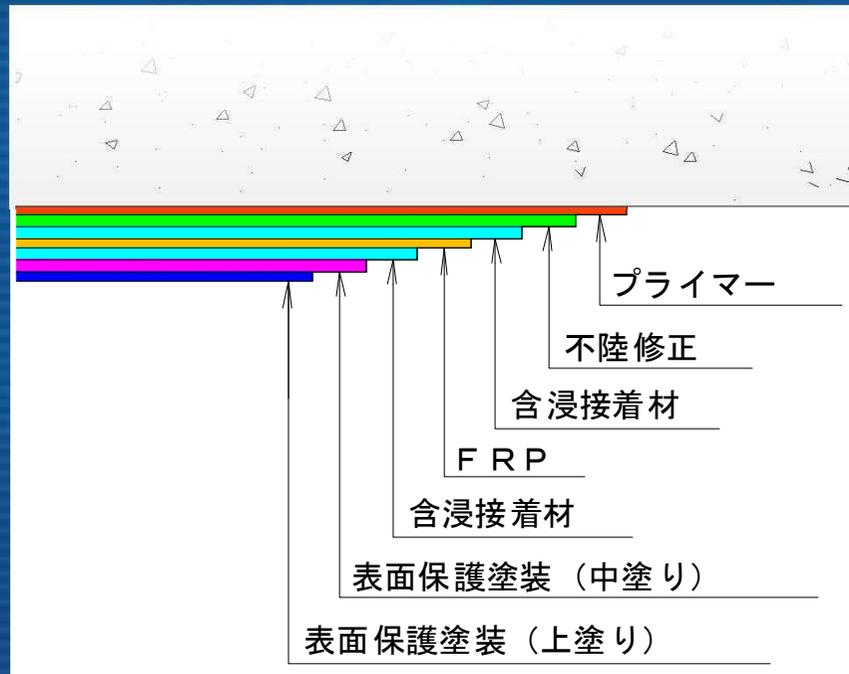
ひび割れの進展防止、ひび割れに伴う鋼材の
腐食防止、エポキシ系樹脂を圧入

補修工法 断面修復工法



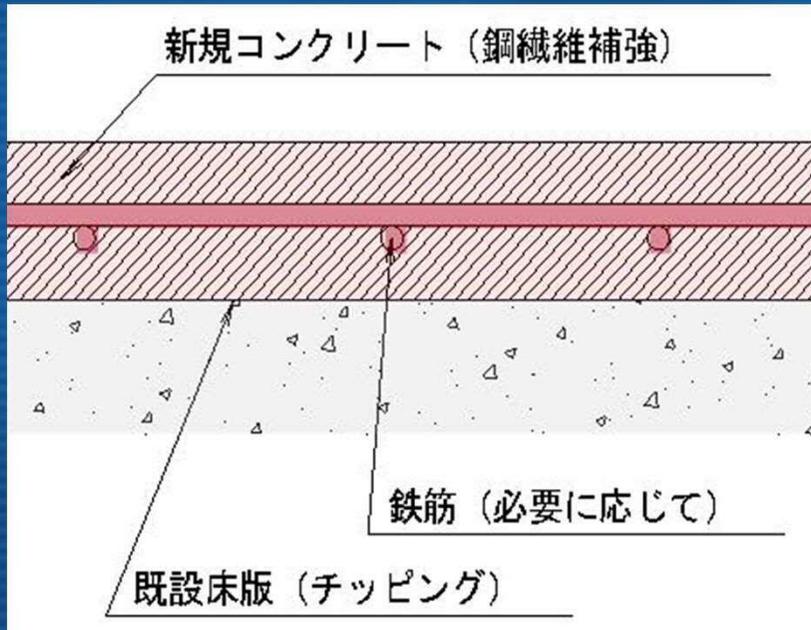
脆化箇所への復旧、鉄筋防錆、
ポリマーセメントモルタルなどで復旧

補修工法 剥落防止工法



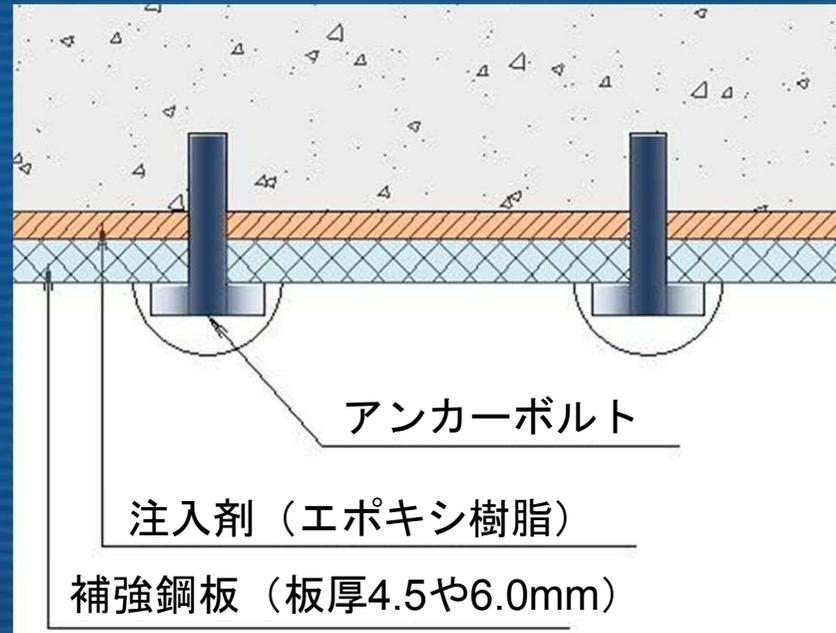
コンクリートのひび割れの進展防止や、剥落対策
FRP接着や剥落防止用塗料を塗布

補修工法 上面増厚工法



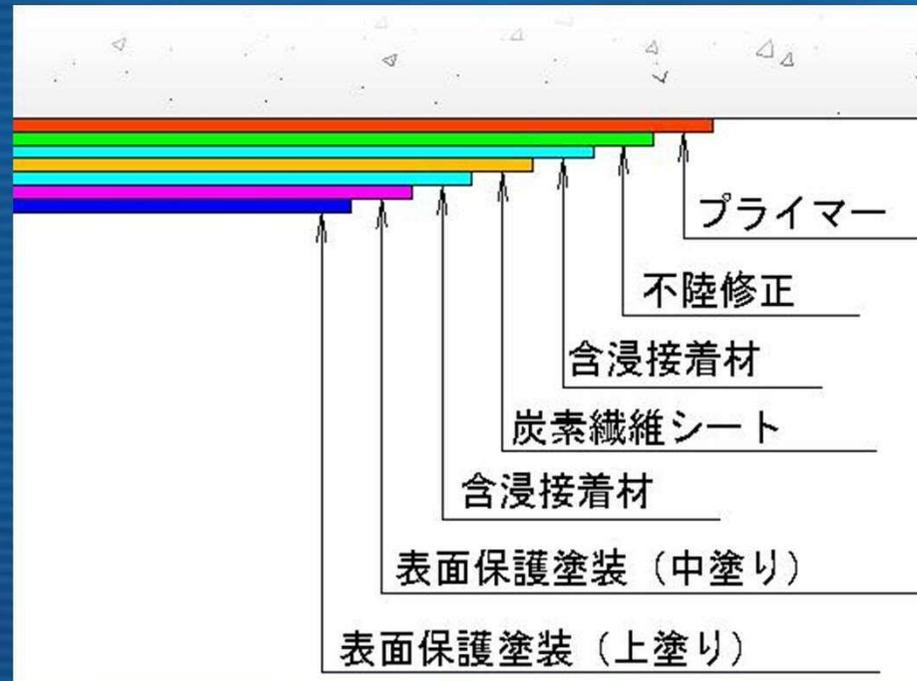
曲げとせん断耐力の向上
コンクリートを5～8cm程度打ち込む

補修工法 鋼板接着工法



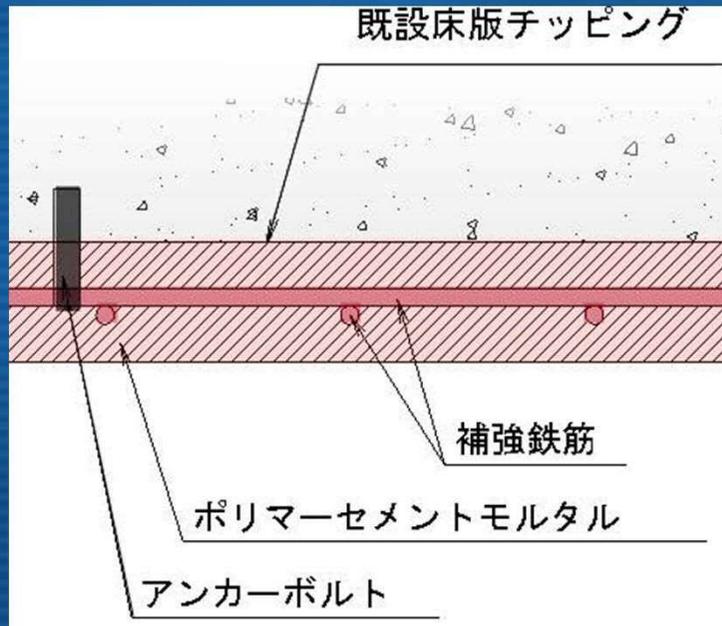
曲げ耐力不足を補う、樹脂とアンカーボルトを併用して床版と一体化

補修工法 炭素繊維シート工法



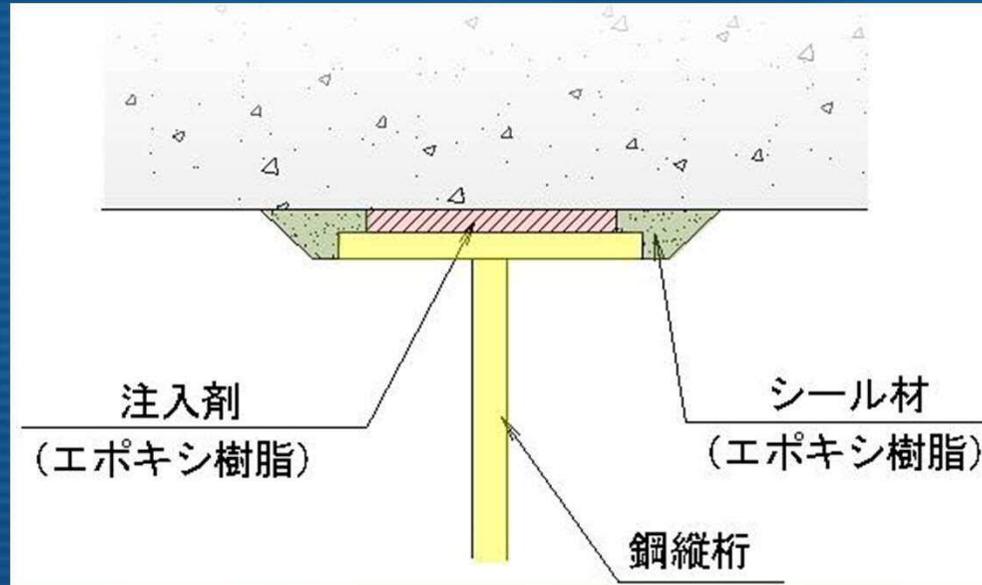
曲げ耐力の向上、樹脂で数層を接着して一体化

補修工法 下面増厚工法



鉄筋不足や曲げ耐力不足を補う、
鉄筋とポリマーセメントモルタルで一体化

補修工法 縦桁増設工



鉄筋不足や曲げ耐力不足の対処として、
床版に作用する曲げモーメントを減少させる

床版打替 合成床版



床版撤去状況



合成床版架設状況

—工法概要・利点—

- 下面鋼板を引張鉄筋とすることで，床版の軽量化を図り，耐荷力も向上する。

—施工上の留意点—

- 合成桁の場合，主桁の構造照査が必須。
- 鋼桁キャンバーと路面縦断線形を考慮したハチを考慮。

床版打替 鋼床版



床版撤去状況



床版架設状況

—工法概要・利点—

- 鋼床版を用いることで、耐荷力の向上と死荷重低減効果も期待。

—施工上の留意点—

- 路面縦断横断線形を考慮した構造照査。
- 死荷重変化による、既設主桁のキャンバーを考慮。

床版打替 プレキャストPC床版



床版撤去状況



床版架設状況

—工法概要・利点—

- 床版厚を薄くすることができ、死荷重を軽減。
- 現場施工期間の短縮が可能。(人手不足に対応)

—施工上の留意点—

- 鋼桁キャンバーと路面縦断線形を考慮したハチを考慮。