

○ 工事報告 ○

2. 工事概要

本工事の工事概要を以下に示す。また、床版の架設状況を写真 - 2、施工工程を表 - 1、工事フローを図 - 2 に示す。

工 事 名：中国自動車道 青津橋床版補修工事
工事場所：広島県庄原市東城町帝釈未渡
発 注 者：西日本高速道路(株) 中国支社
施 工：(株) ピーエス三菱
工 期：自) 平成 20 年10月14日
至) 平成 22 年 3 月 8 日

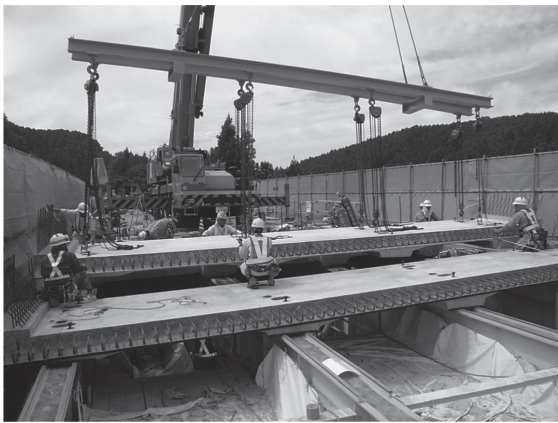


写真 - 2 プレキャスト床版架設状況

表 - 1 概略現地施工工程

	8月		9月				10月				11月			
	20	1	10	20	1	10	20	1	10	20	1	10	20	
交通規制	昼夜連続車線規制				昼夜連続対面通行規制				昼夜連続車線規制					
迂回路	■												■	
舗装撤去			■											
既設壁高欄・床版撤去			■											
橋梁部床版														
プレキャストPC床版架設(69枚)														
桁床版定着														
床版間詰め														
場所打ち床版														
延長床版														
壁高欄														
舗装														

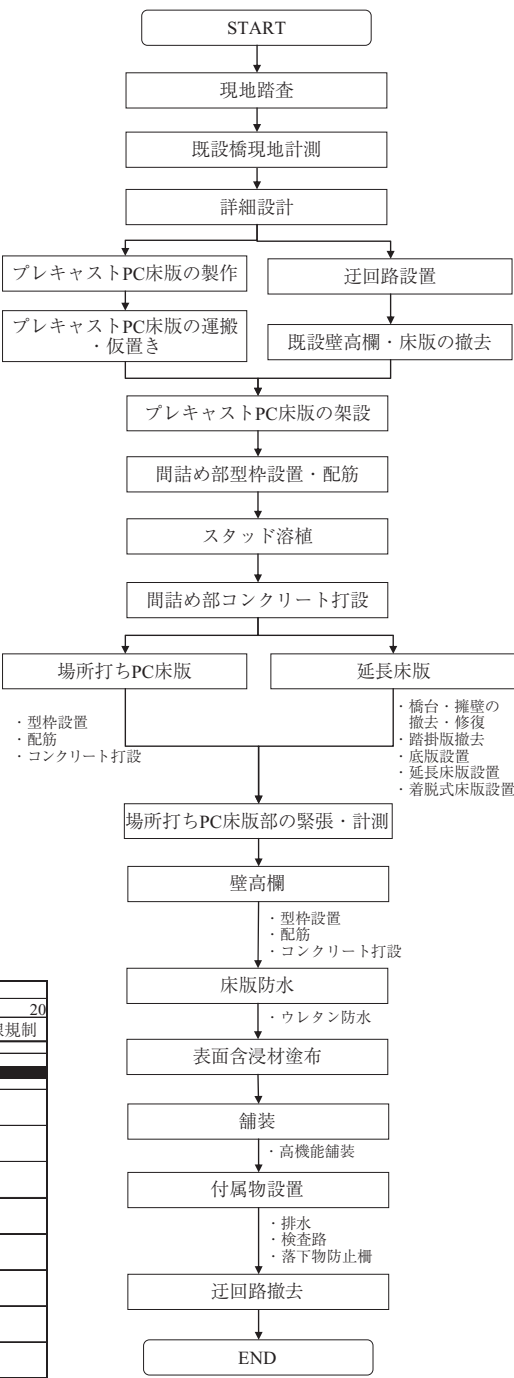


図 - 2 工事フロー

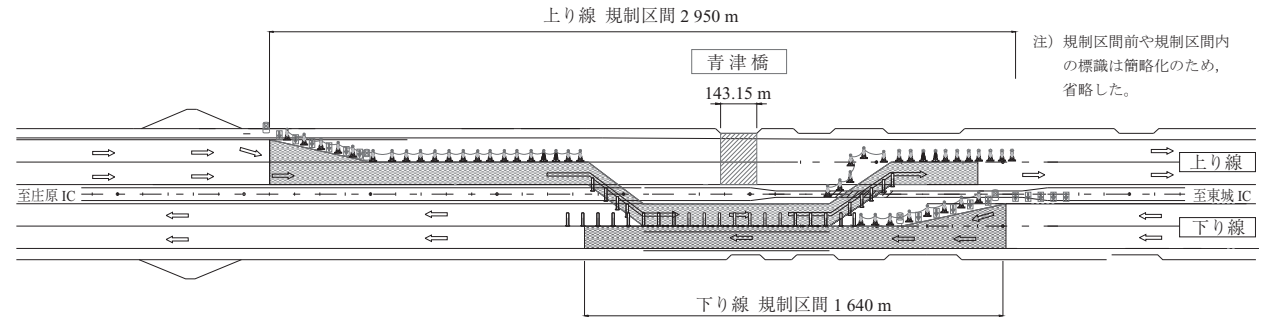


図 - 3 対面通行規制概要

本工事は昼夜連続対面通行規制を実施しての工事であり、作業中の安全確保には十分留意しながら作業を行った。交通通行規制概要を図 - 3 に示す。供用線との境界部には、ネットフェンスを設置し、中央分離帯側の壁高欄をワイヤーソーにて撤去する際には、機材と作業員をシートで覆い、コンクリート片の飛散を防止した。また、かぎられた期間での工事であるため、安全対策には万全を期した。

3. 設計概要

本橋は、 $R = 600$ と $A = 220$ の平面線形を有しているが、主桁は各径間において平行に配置されている。そこで、橋梁支間部には長方形のプレキャスト PC 床版、中間支点近傍については台形のプレキャスト PC 床版、桁端部については場所打ち PC 床版を採用した。プレキャスト PC 床版の構造図を図 - 4 に示す。

PC 床版の構造形式としては、橋軸方向をループ継手による RC 構造、橋軸直角方向を PRC 構造とした。橋軸直角方向におけるプレストレスの導入方法は、プレキャスト PC 床版はプレテンション方式、場所打ち PC 床版部についてはプレグラウド PC 鋼材を用いたポストテンション方式とした。

また、本工事で使用した、主要材料を表 - 2 に示す。

表 - 2 主要材料一覧

材料	項目	部位			
		プレキャスト床版部	間詰め部	場所打ち床版部	壁高欄部
コンクリート	設計基準強度	50 N/mm ²			30 N/mm ²
	種類	早強コン	早強コン + 膨張材		
PC 鋼材	PC 鋼材種類	SWPR7BL IS15.2	—	SWPR19BL IS28.6	—
	鉄筋種類	SD345			

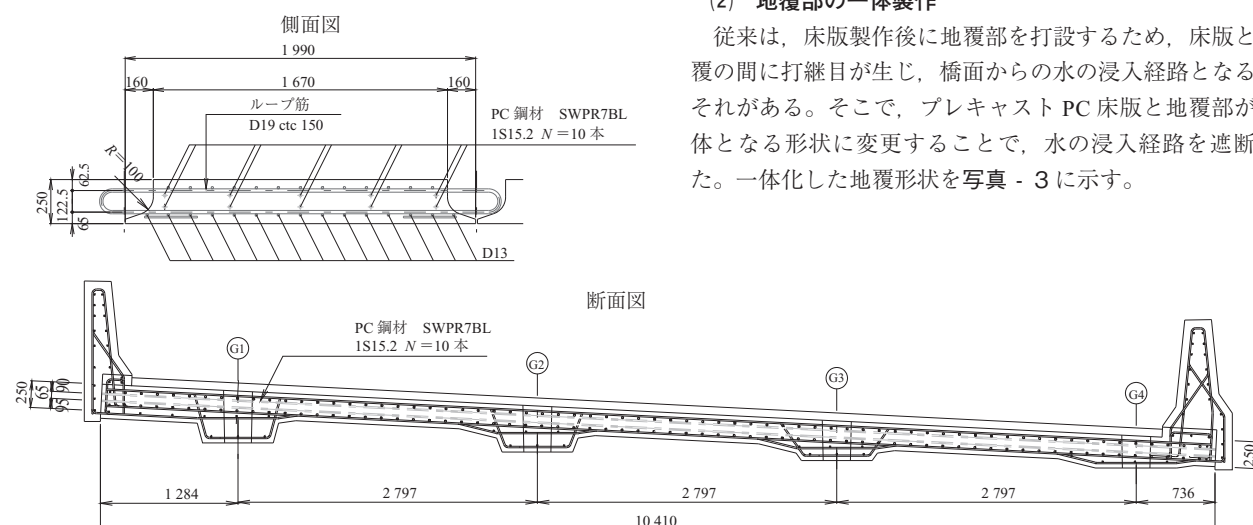


図 - 4 プレキャスト PC 床版構造図

4. 高耐久化への対策

青津橋床版取替え工事においては、中国自動車道における床版劣化の主要因である冬期の凍結防止剤散布による塩害に対し、高耐久な構造を構築する必要がある。そのためには、劣化因子が浸入しにくい形状の選定や、劣化因子が浸入しても適切な排出経路を確保しておくこと、劣化因子を遮断する性能を向上させること、かぎられた時間および条件下で最適な施工を行い、初期欠陥を生じさせないことが重要であると考ええる。以下に、高耐久化のための各種対策について述べる。

4.1 床版製作時における対策

(1) 型枠の拘束緩和

本橋でのプレキャスト PC 床版形状の特徴として、鋼桁上フランジ面の横断勾配に対し、橋面の横断勾配が異なるため床版支点部に最大厚さ 190 mm の打下げ部を有している点がある。床版形状図を図 - 5 に示す。この打下げ部が妨げとなり、プレストレス導入時の弾性変形や、自己収縮による変形を拘束し、打下げ部近傍にひび割れ発生のおそれがあるため、コンクリートの変形に型枠が追従するような構造とした。

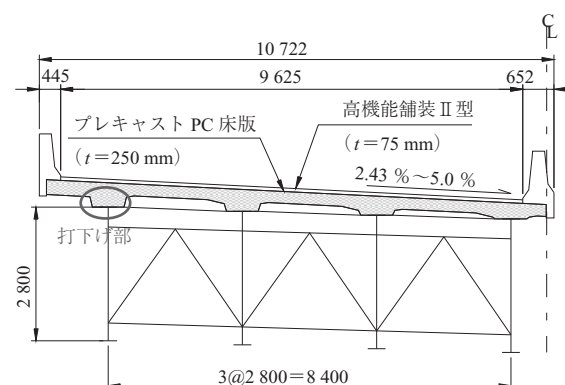


図 - 5 床版形状図

(2) 地覆部の一体製作

従来は、床版製作後に地覆部を打設するため、床版と地覆の間に打継目が生じ、橋面からの水の浸入経路となるおそれがある。そこで、プレキャスト PC 床版と地覆部が一体となる形状に変更することで、水の浸入経路を遮断した。一体化した地覆形状を写真 - 3 に示す。



写真 - 3 地覆の一体製作状況



写真 - 5 運搬状況

(3) 散水養生の実施

工場製品のプレキャスト PC 床版では、脱枠後、気中養生を実施することが標準であるが、コンクリート表面の緻密化を図るため、脱枠直後から散水養生を実施した。散水養生状況を写真 - 4 に示す。散水された水で、床版が湿潤な状態に保たれるよう、養生マットおよび不透水性のシートで周囲を囲むこととした。なお、写真 - 4 は不透水性シートをはずした状態である。



写真 - 4 散水養生状況

(4) 運搬時の支持点追加

工場にて養生が完了したプレキャスト PC 床版（約 14 t/枚）は、現場仮置きヤードまでトレーラーにて運搬する。ここで、鋼桁位置である打下げ部 4 点を運搬時の支持点とした場合、その縦横断勾配により床版は大きく傾くこととなり、運搬時に衝撃や振動が発生し、運搬中の事故や床版の初期損傷が懸念される。そこで、H 型鋼により仮支持点を追加し、縦横断勾配を無くした状態で、運搬を行うこととした。運搬状況を写真 - 5 に示す。

4.2 現場施工時における対策

(1) 既設床版撤去時の対策

通常、既設床版の撤去に際しては、既設床版をカッター切断しそのつど撤去運搬を行うが、交通規制期間のかぎられている本工事においては、施工効率向上および工程短縮のため、先行してすべての既設床版のカッター切断を行う必要があった。カッター切断位置は、撤去・運搬に配慮

し、橋軸直角方向は 2 m 間隔、橋軸方向は幅員中央位置の 2 分割とした。またカッター切断時には、主桁に損傷を与えないよう、上フランジ近傍でコア削孔を行い、既設床版厚を確認したうえでカッター深さを決定した。なお、劣化の著しい幅員中央位置を切断しているため、その近傍への輪荷重載荷は危険であり、予期せぬ力が主桁に伝達し、損傷が発生することも考えられる。そこで、写真 - 6 に示すように、切断後は鉄板を敷設し、また鉄板上に主桁位置を明示することで、輪荷重作用位置の制限を行った。



写真 - 6 主桁位置の明示

また、既設床版の撤去方法としては、カッター切断した既設床版のブロックを床版から引き剥がし、主桁の上フランジに残ったコンクリート片を、人力ではつり、清掃を行う。ここで、既設床版に埋め込まれているずれ止め鉄筋や、上フランジとの付着が切れていないと、引き剥がし時に、予期せぬ力が主桁に伝達し、主桁の損傷が懸念される。そこで、打下げ部下面にスリットを設け、かつずれ止め鉄筋位置に鉛直方向コア削孔を行い、既設床版の引き剥がしを行った。また、打下げ部厚さは場所により変化するため、鉛直方向コア削孔が主桁上フランジを傷つけないよう、床版側面からも水平方向にコア削孔を行った。打下げ部の処置状況を図 - 6、水平方向コア削孔状況を写真 - 7 に示す。

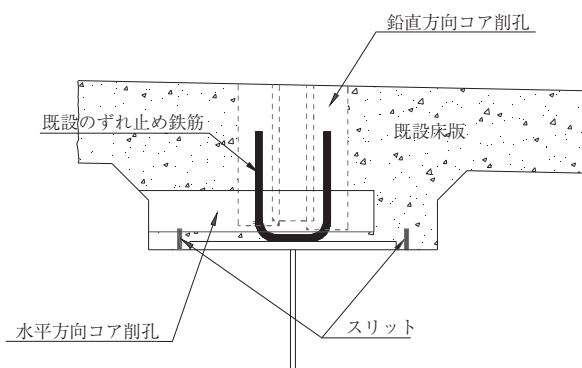


図 - 6 既設床版打下げ部の処置

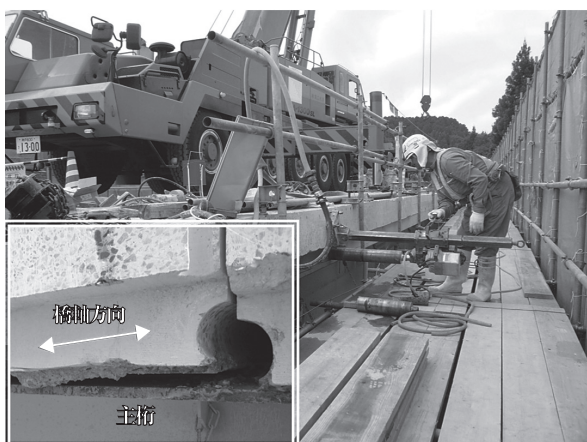


写真 - 7 水平方向コア削孔状況

(2) PC 床版架設時の対策

プレキャスト PC 床版架設時のクレーン配置図を図 - 7、架設状況を写真 - 8 に示す。本工事のプレキャスト PC 床版の重量（約 14 t/枚）と作業半径を考慮すれば、100 t 吊りオールテレーンクレーンにて架設が可能であったが、そ

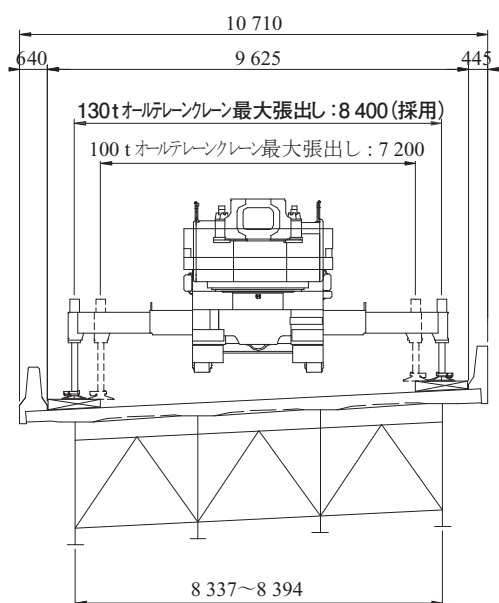


図 - 7 クレーン配置図



写真 - 8 アウトリガー張出し状況 (PC 床版架設時)

の場合、アウトリガーが床版支間中央に位置してしまうため、既設床版の損傷や、それに伴う主桁の損傷が懸念された。そこで、アウトリガーの最大張出し位置が主桁直上に位置する 130 t 吊りオールテレーンクレーンを採用することで、主桁直上に荷重が載荷されるようにし、架設中の安全性向上および主桁の損傷回避を図った。

(3) 伸縮装置位置の変更

近年、伸縮装置からの塩化物イオンを含んだ漏水が原因となり、桁端部でのコンクリートのはく離や鉄筋の露出、支承の腐食等の事例が発生している。そこで、伸縮装置位置を桁端部から土工部に移動させることができる延長床版構造を採用することで、桁端部への漏水を抑制した。また、延長床版構造のうち、地盤上に設置する底版については、設置時に路盤を再構築する必要があり、締固め不足や水の流入による土砂の流出が懸念されるため、不等沈下が生じて機能上問題ないよう、底版を踏掛版相当として設計を行うこととした。延長床版構造の概要図を図 - 8、施工状況を写真 - 9 に示す。

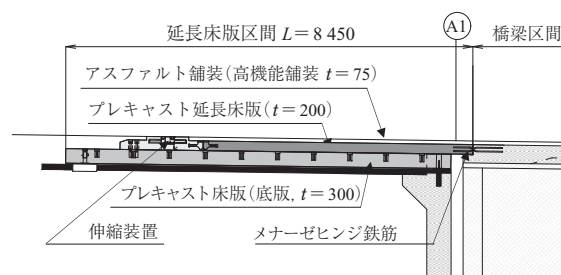


図 - 8 延長床版概要図

(4) 場所打ちコンクリートの配合選定

コンクリートを緻密化し、初期ひび割れを防ぐため、高性能 AE 減水剤を使用し、単位水量の低減 (-5 kg/m^3) を行った。ただし、試験練り結果だけで単位水量を低減すると、実施工時にはさらにワーカビリティが低下し、ジャンカ等の初期欠陥が発生する懸念があるため、実機による打設性能試験を行った。試験の結果、コンクリートは材料分離抵抗性を有しており、運搬によるスランプの低下量は

○ 工事報告 ○



写真 - 9 延長床版施工状況

2 cm, ポンプ圧送による低下量は 4 cm と確認され, 打設計画 (打設環境) に合せた, コンクリート配合が決定した。圧送試験状況を写真 - 10 に示す。



写真 - 10 圧送試験状況

(5) 場所打ち床版部へのプレストレス導入

橋梁端部には, 場所打ち床版部が存在する。そこで, 場所打ち床版部にプレストレスを導入することで, ひび割れ等への耐久性および疲労耐久性を向上させた²⁾。ここで, 本工事では延長床版構造を採用しているが, 従来の構造では, この場所打ち床版部に延長床版のメナーゼヒンジと接合するための切欠部が設けられており, 場所打ち範囲の 3 割程度を占める切欠部を後打ちする必要があった。この切欠部は後打ちとなるため, プレストレスが導入されず, 弱部になると考えられる。そのため, 切欠部を無くして場所打ち部を一体打設することとした。施工手順を図 - 9 に示す。なおメナーゼヒンジによるプレストレスの流出を検証するため, FEM 解析を行い, 設計上必要なプレストレス力が導入されることを確認した。FEM 解析により求めた橋軸直角方向の応力分布図を図 - 10, 現地鉄筋ゲージによる計測結果を図 - 11, フレーム計算により求めた設計計算値および FEM 解析値と実測値の比較表を表 - 3 に示す。

実測値は, FEM 解析値より小さいが, 設計値に対しては, 87 ~ 106 % 導入されている結果となった。そこで,

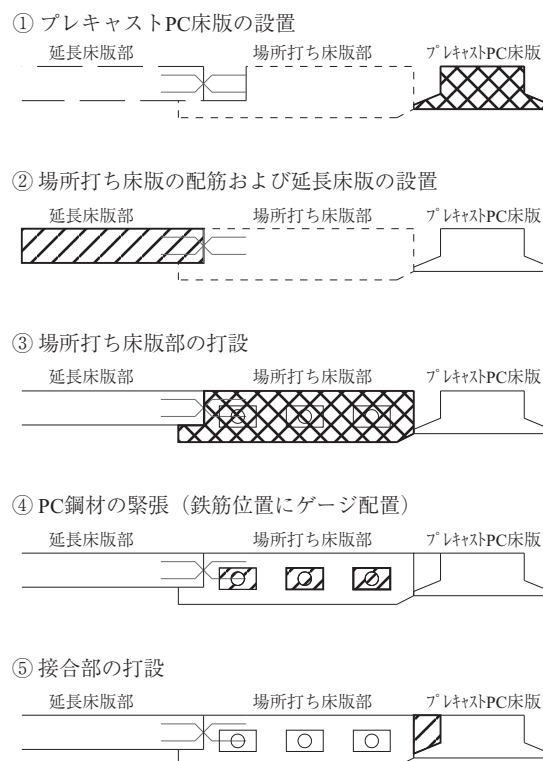


図 - 9 橋梁端部場所打ち床版施工手順

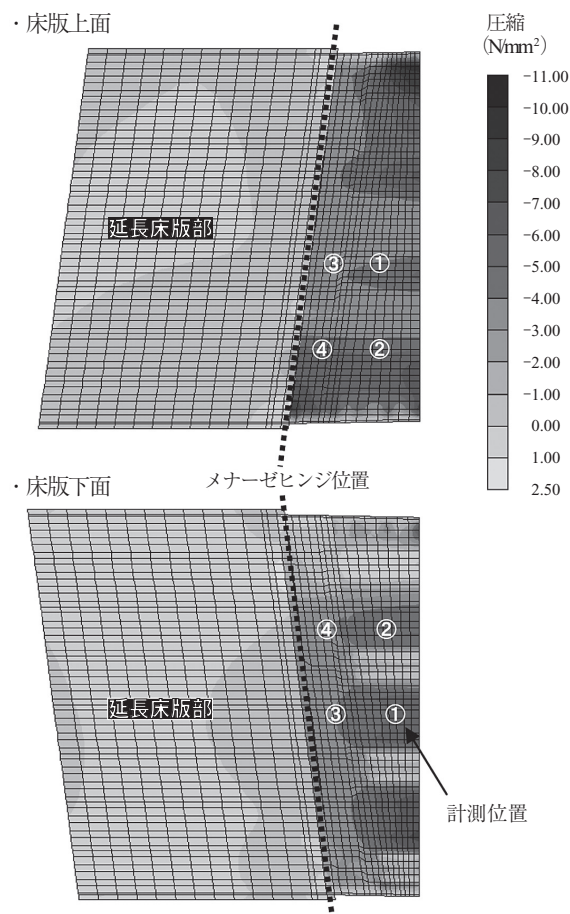


図 - 10 場所打ち床版および延長床版部 応力分布図 (橋軸直角方向)

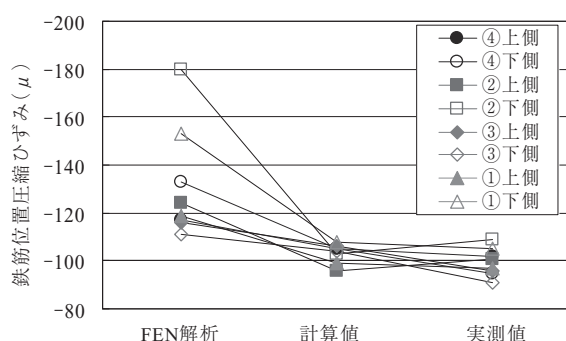


図 - 11 橋軸直角方向鉄筋ひずみ値

表 - 3 実測値と解析値の比較 (鉄筋ひずみ値)

比較箇所		①	②	③	④
実測値 / FEM	上側ゲージ	81 %	81 %	83 %	87 %
	下側ゲージ	68 %	60 %	82 %	72 %
実測値 / 設計値	上側ゲージ	98 %	105 %	91 %	97 %
	下側ゲージ	98 %	106 %	87 %	90 %

実測値のうち、最小の 87 % にプレストレス量を低減し、フレーム計算による場所打ち PC 床版の照査を行ったところ、場所打ち床版断面において、許容圧縮応力度、許容引張応力度および許容ひび割れ幅を満足する結果となった。以上より、場所打ち床版部は、所要のプレストレス量が導入され、PC 構造の機能を有していると判断した。

(6) 表面含浸材の塗布

壁高欄などの場所打ちコンクリート部は、プレキャスト部材に比べ品質のばらつきが大きい。そこで、場所打ちコンクリート部については、シラン系の表面含浸材を塗布することで、コンクリートの表面を緻密化させ、劣化因子の浸入を抑制することとした。塗布状況を写真 - 11 に示す。ただし、場所打ち床版部上面およびプレキャスト床版間詰め部については、防水層とコンクリート部の付着性能の低下が懸念されるため、含浸材は無塗布とした。

また、塗布した表面含浸材の性能を確認する目的で、場所打ちコンクリート打設時に供試体 (100 × 100 × 400 mm) を採取し、同様に含浸材を塗布し、含浸深さを



写真 - 11 含浸材塗布状況 (壁高欄)

確認した。含浸深さの測定例を写真 - 12 に示す。30 N/mm² の供試体の平均含浸深さは 6.5 mm であり、確実に含浸材が浸透していることを確認した³⁾。

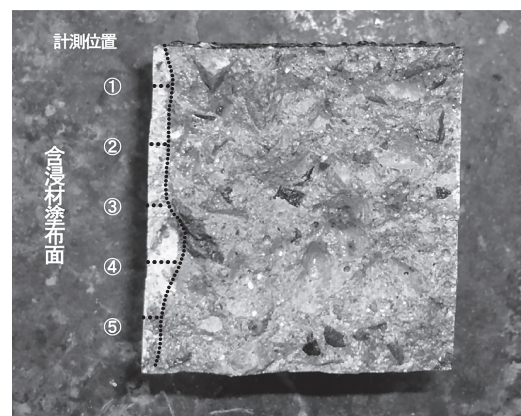


写真 - 12 含浸深さ測定供試体例

(7) 透水シート・はく落防止シートを貼り付けた型枠の使用

壁高欄打設時の型枠には、透水シートを貼り付け、コンクリート表面の緻密化を図った⁴⁾。設置位置を図 - 12、設置状況を写真 - 13 に示す。壁高欄水切り部については、コンクリートの充てん性を優先し、はく落防止用の 3 軸アラミドメッシュと透水シートの重ね貼りを行わないこととした。ここで、透水シートを最大範囲貼り付け、かつ水切り部のはく落を防止するためには、水切り部の重量以上の引張強度となる 3 軸アラミドメッシュの埋込み長を確認する必要がある。そこで、埋込み長を変化させた一軸引張試験により、必要埋込み長を決定した。試験状況を写真 - 14、試験結果を図 - 13 に示す。試験結果より、埋込み長を 50 mm 確保すれば、想定した水切り部の重量 (= 0.36 kN) に抵抗できることが確認できた。しかし、供試体の終局状態を比較すると、埋込み長が 50 mm と 100 mm のタイプについては 3 軸アラミドメッシュが表面から抜け出した後に終局に至るのに対し、埋込み長が 150 mm のタイプは 3 軸アラミドメッシュの破断により終局状態に至る結果であった。

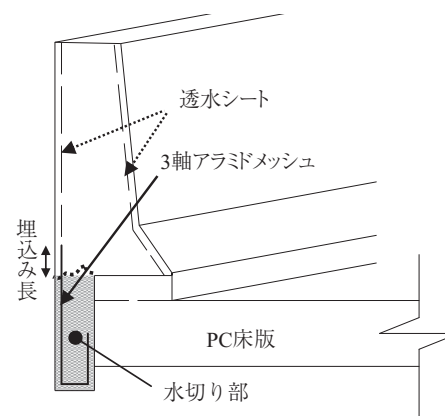


図 - 12 シート設置位置



写真 - 13 型枠設置状況



写真 - 15 ウレタン系防水施工状況



写真 - 14 一軸付着引張試験状況
(3軸アラミドメッシュ)



写真 - 16 完成状況 (橋面から)

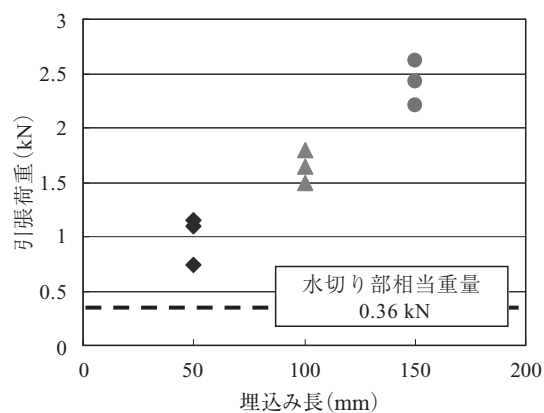


図 - 13 3軸アラミドメッシュ引張強度

以上より、3軸アラミドメッシュの埋込み長については、母材の性能を最大限に使用できる 150 mm とした。

(8) 床版防水システム

床版防水としては、高性能なウレタン系防水を採用した。施工状況を写真 - 15 に示す。また、舗装については、レベリング層に水密性の高い砕石マスチックアスファルト混合物を舗設し、表層にハイブリッド舗装用アスファルト混合物を舗設することで、床版上面のより高い防水性を目指した。

5. おわりに

本工事では、LCC の最小化を目的とし、工場製作時の品質確保や、劣化因子の遮断性能の向上と排出経路の確保、初期損傷の排除等に着眼し、高耐久化を目指した施工を行った。この取組が今後の床版取替えの参考となれば幸いである。

参考文献

- 1) 本荘清司, 中野将宏, 田中寛規, 桐川潔: 高耐久化を目指した床版取替え (中国自動車道 青津橋), 第 19 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム, 2010
- 2) 大西弘志, 松井繁之, 北畠康之, 長谷俊彦: 橋軸直角方向にプレストレスを導入した床版の疲労耐久性に関する研究, 第 7 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム, pp.17-22, 1997.
- 3) 松田哲夫, 宮里心一, 小川篤生, 出口宗浩, 山口晃史: コンクリート表面含浸材の物質透過抵抗性に関する評価方法, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集第 9 巻, pp.237-244, 2009
- 4) コンクリート工学協会: 透水・脱水によるコンクリートの品質改善に関するシンポジウム委員会報告書・論文集, 2004

【2011 年 3 月 2 日受付】