

プレキャスト PC 床版の設計・製作

- 第二東名高速道路上郷高架橋 -

名古屋支店	土木工事一部	河村直彦
名古屋支店	土木技術部	杉山宜央
大阪支店	滋賀工場	松本伸一

概要: 上郷高架橋は、第二東名自動車道豊田 JCT ~ 豊田南 IC 間に位置し、鋼 7 径間連続鈹桁橋および鋼 8 径間連続箱桁橋からなる。このうち、鋼 8 径間連続箱桁橋の床版は、活荷重合成桁として設計されている、県道豊田・安城線および愛知環状鉄道を横断する部分については壁高欄の施工をした後に主桁の送り出し架設を行っている、プレキャスト床版には高炉スラグ微粉末を 50%置換したセメントを使用している、というような特徴を有する。このため、プレキャスト床版の設計・製作にあたっては通常のプレキャスト床版の場合の他に、各種の検討や配慮を行ったので報告する。

Key Words: プレキャスト PC 床版, 送り出し架設, 活荷重合成桁, 高炉スラグ微粉末

1. はじめに

上郷高架橋は第二東名自動車道豊田 JCT ~ 豊田南 IC 間に位置し、鋼 7 径間連続鈹桁橋および鋼 8 径間連続箱桁橋からなる。このうち、鋼 8 径間連続箱桁橋の床版は以下のような特徴を有する。

- 主方向の構造は活荷重合成桁として設計され、プレキャスト床版には橋軸直角方向、橋軸方向ともにプレストレスを導入している。
- 途中に県道豊田・安城線および愛知環状鉄道を横断する部分がある。この部分については、送り出し架設を行うが、交差する交通の阻害を低減するため、送り出し架設に先立ってプレキャスト床版を架設・一体化および壁高欄施工を行っている。
- プレキャスト床版には、緻密なコンクリートをつくることによりさらに耐久性を向上させることをめざして、高炉スラグ微粉末を 50%置換したセメントを使用している。

このような特徴のため、通常のプレキャスト PC 床版としての検討とは別に、新たな検討や対策が必要となった。このことについて報告する。

2. 橋梁概要

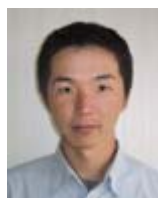
本橋は上下線が別線であり、上り線は豊田ジャンクションへの拡幅部が含まれるため、P6 上で 2 主箱桁から 3 主箱桁へと断面構成が変化している。下り線は 2 主箱桁断面である。

鋼桁の架設方法は、P1 ~ P5 および P6 ~ P7 は送り出し架設である。その他の区間については、トラッククレーンによる架設である。

プレキャスト PC 床版の版厚は、2 主桁部は 310mm、3 主桁部は 260mm とした。これは、2 主桁部については道路橋示方書による規定、3 主桁部は道路橋示方書による規定ばかりでなく、橋軸方向シースの取り合い等の構造細目により決定されたものである。



河村直彦



杉山宜央



松本伸一

本橋の一般図を図-1 に示す。平面図のハッチング部は、送り出し架設時の先設置床版部を示す。

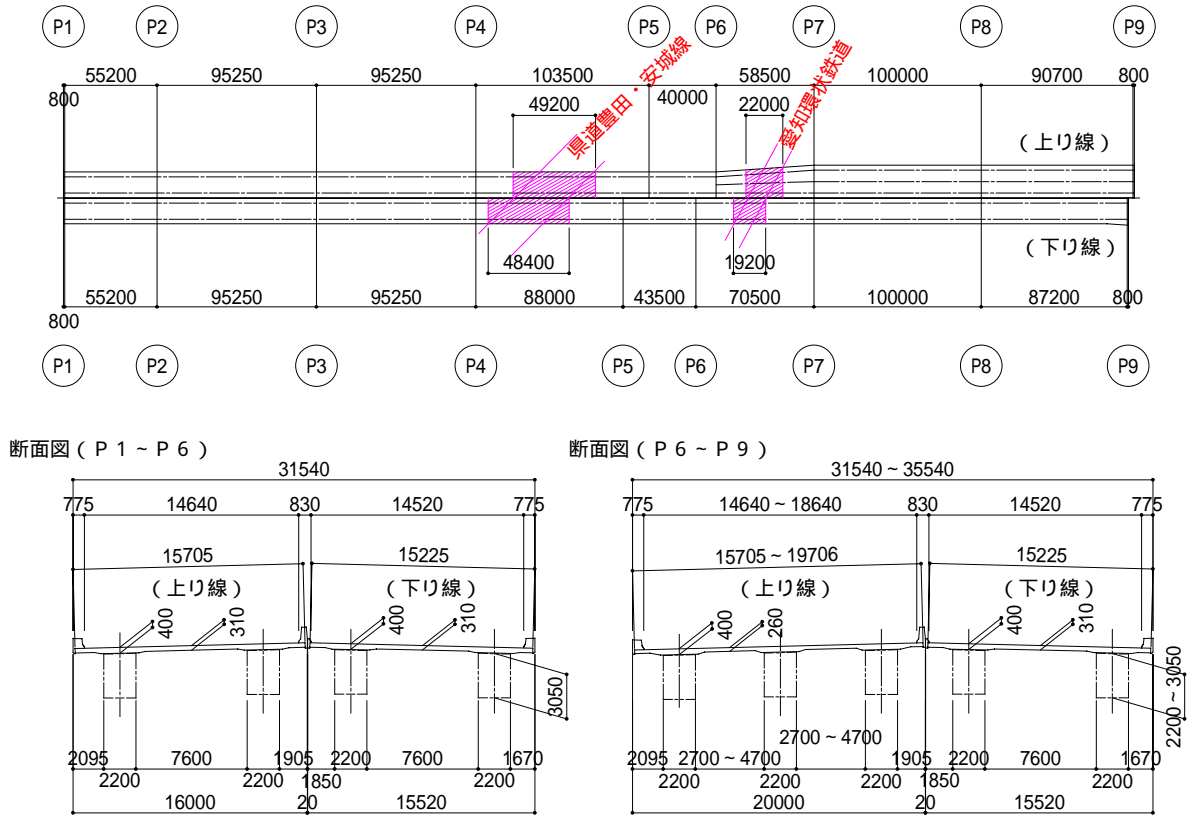


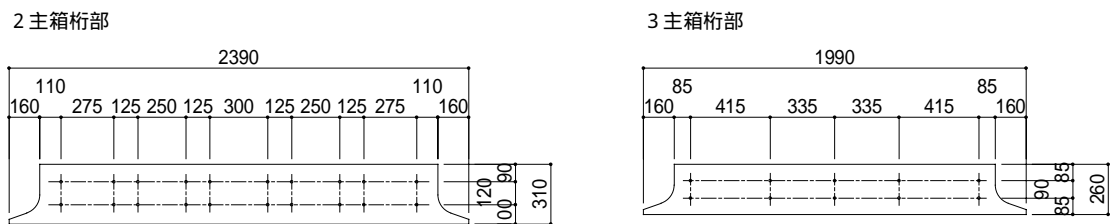
図-1 橋梁一般図

3. プレキャスト PC 床版の設計

(1) 橋軸直角方向の設計

橋軸直角方向の設計では、プレキャスト PC 床版に発生する応力度が曲げひび割れ発生限界状態応力度以下となるように、橋軸直角方向プレストレスを定めている。検討の結果、横締め PC 鋼材として 1S15.2 を 2 主箱桁部については標準幅 2.4m あたり 20 本、3 主箱桁部については標準幅 2.0m あたり 10 本配置することとした。

標準断面および横締め PC 鋼材の配置を図-2 に示す。



横締め鋼材は1S15.2

図-2 標準断面図

(2) 橋軸方向の設計

1) 床版としての設計

床版としての設計では、橋軸方向曲げモーメントに対しては鉄筋で抵抗するものとして設計を行い、間詰め部はループ鉄筋として接合することとしている。ただし、次項で述べる橋軸方向プレストレスが床版作用に対しても有効に機能すると考えられるため、この影響も考慮して設計を行っている。

以上の条件で設計を行った結果、橋軸方向鉄筋の径およびピッチは、通常部で D19ctc150mm、橋軸方向 PC 鋼材が存在する区間では D19ctc300mm とした。

2) 主桁作用による設計

主桁作用による橋軸方向の設計では、主桁および床版を活荷重合成桁として設計し、負曲げ領域で床版の設計

荷重時応力度がひび割れ発生限界応力度を超える場合は、橋軸方向にプレストレスを導入することで対応した。プレストレスは、プレグラウト PC 鋼材 1S28.6(S)を後挿入して、シースとの空隙部にグラウトを施工した後に導入することとした。

下り線における橋軸方向 PC 鋼材量の計算結果を図-3 に、橋軸方向 PC 鋼材の配置例として下り線 P2 における配置を図-4 に示す。

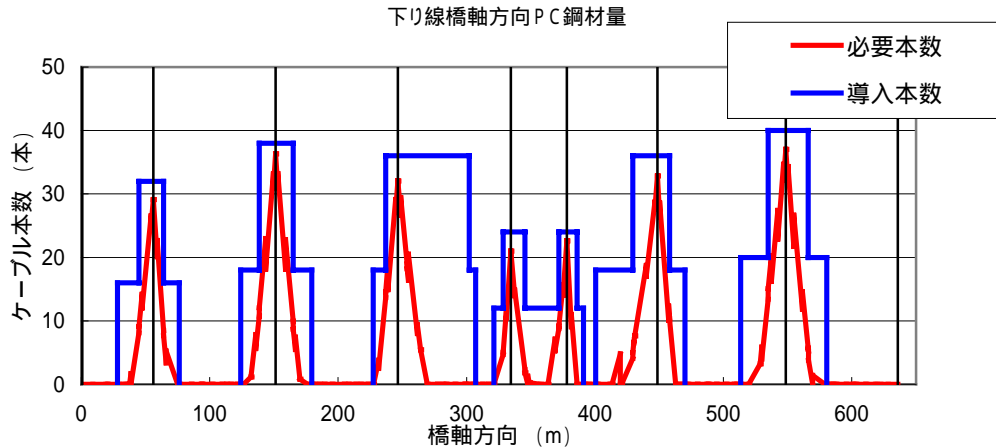


図-3 下り線の橋軸方向 PC 鋼材量

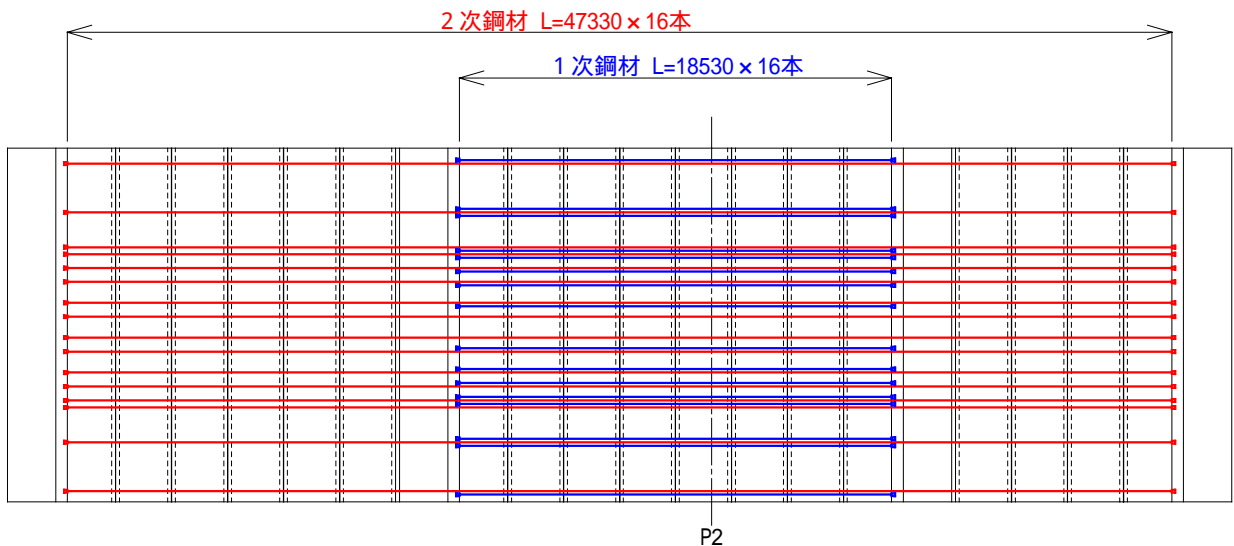


図-4 下り線 P2 における橋軸方向 PC 鋼材配置

(3) 送り出し架設における先設置部の設計

3) 設計方針

鋼桁にプレキャスト床版を載せて送り出し架設をする場合、通常は送り出し架設後に間詰め・壁高欄施工を行うこととなる。しかし、本橋では交差部での規制回数を少なくすることを目的に、間詰め・壁高欄施工を送り出し架設に先立って行うこととした。

設計にあたっては、以下の方針で行うこととした。

- 床版と鋼桁を含んだ全体系の FEM モデルを解析することにより、床版および壁高欄に発生する応力度を確認する。
- PC 床版については、発生する応力度が部材厚を考慮したひび割れ発生限界状態応力度を超えないよう、橋軸方向プレストレスを追加する。
- 壁高欄については、配置できるだけ橋軸方向 PC 鋼材を配置する。さらにひび割れ発生限界状態応力度を超える場合は、鉄筋を追加して発生するひび割れ幅が許容ひび割れ幅以内になるようにする。また、圧縮応力度にも留意し、必要があればコンクリートの設計基準強度を増加させる。

4) FEM による応力度の算出

FEM 解析では、鋼桁は棒部材、床版および壁高欄はソリッド要素としてモデル化した。実施工では鋼桁と床版とは合成されておらずゴムパッドを介して載っているだけの状態であるため、FEM モデルについてもゴムパッドを適切なヤング率とせん断剛性係数をもった部材と考えて、全体系をモデル化した。

支持条件は、正曲げ最大時、負曲げ最大時、送り出し架設終了時とした。また、送り出し架設完了時以外は鋼桁の先端に手延べ桁があるため、これもモデル化している。図-5～図-8に FEM モデル、図-9に鋼桁と床版との接合部の FEM モデルを示す。

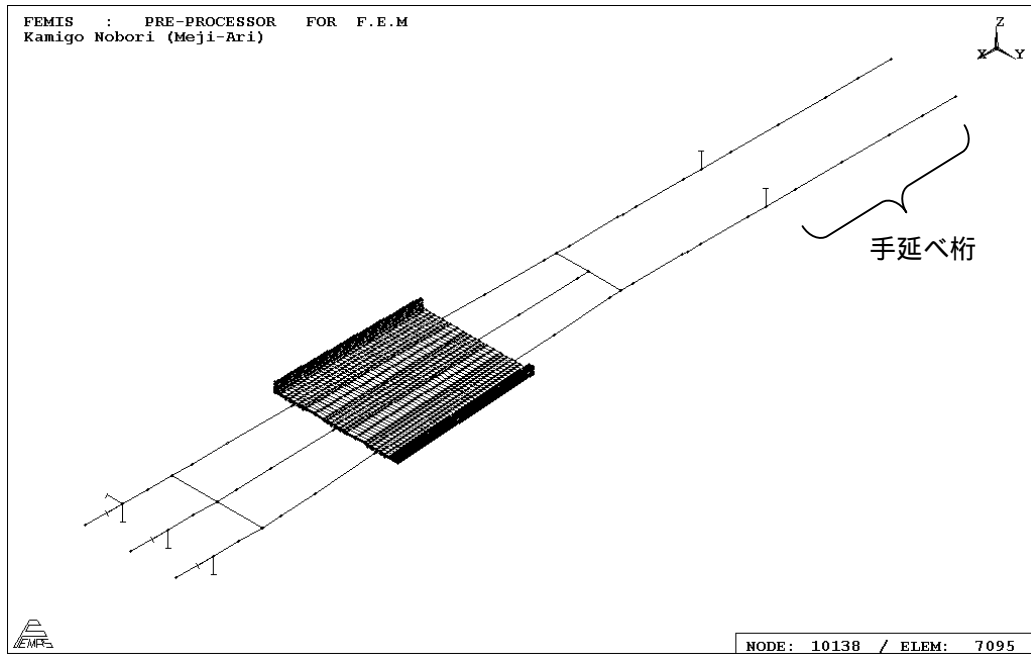


図-5 上り線愛知環状鉄道上の FEM モデル

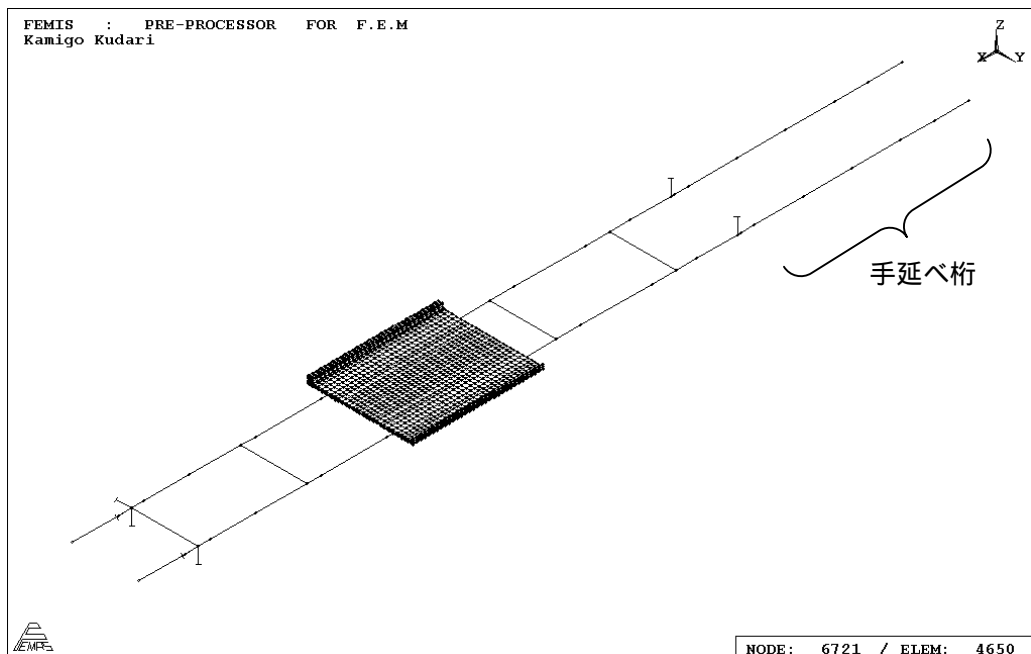


図-6 下り線愛知環状鉄道上の FEM モデル

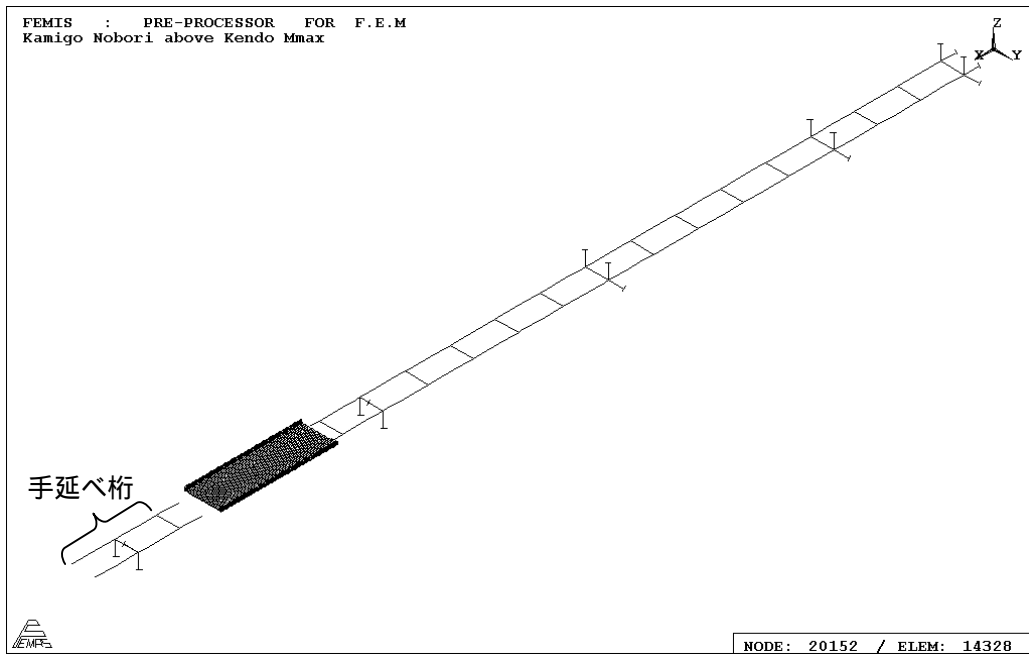


図-7 上り線県道上の FEM モデル

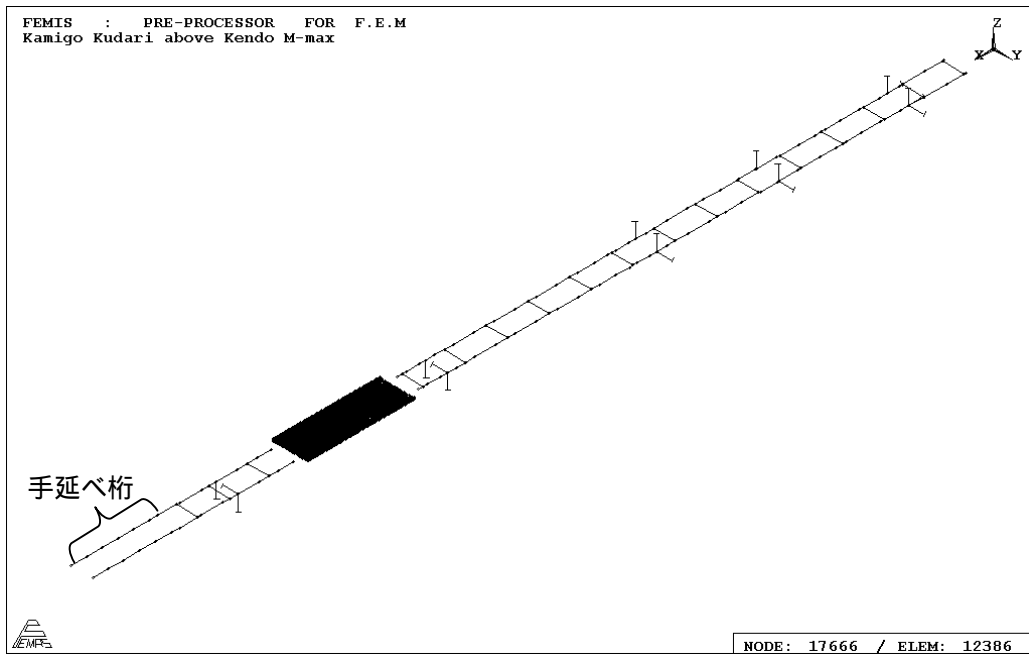


図-8 下り線県道上の FEM モデル

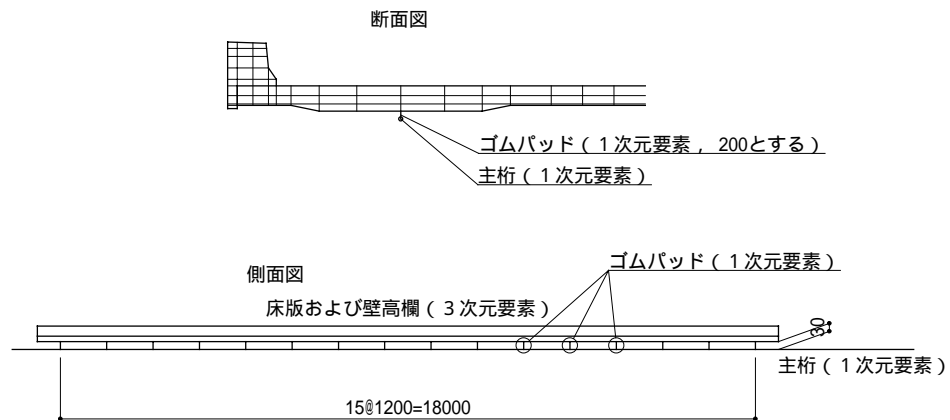


図-9 鋼桁と床版との接合部の FEM モデル

5) 床版の設計

先設置部の床版の設計では、FEM により求めた最大引張応力度に対して、部材厚を考慮したひび割れ発生限界状態応力度を超えないよう、橋軸方向にプレストレスを追加導入することとした。

県道上については、支間長が長く主桁作用としての配置鋼材が多いため、送り出し架設時に必要なPC鋼材本数をすべて本設のPC鋼材として追加することは不可能であった。そのため、本設PC鋼材用の孔を利用した仮設PC鋼材を配置することとした。

使用PC鋼材は、下り線県道上は4S15.2(エポキシ被覆)鋼材を、その他の部位についてはプレグラウトPC鋼材1S28.6(S)とし、後者については挿入後にシースとの空隙をグラウトし、その後に緊張することとした。また、仮設PC鋼材は1S28.6を裸線で使用し、架設後に緊張力を解放して撤去することとした。

送り出し架設に必要なPC鋼材の本数を表-1に、配置例として上り線県道上でのPC鋼材配置を図-10に示す。

表-1 床版に追加するPC鋼材本数

	必要本数	追加PC鋼材 (本設)	テンポラリー PC鋼材
上り線愛環上	16	16	0
下り線愛環上	18	18	0
上り線県道上	22	16	6
下り線県道上	16	10	6

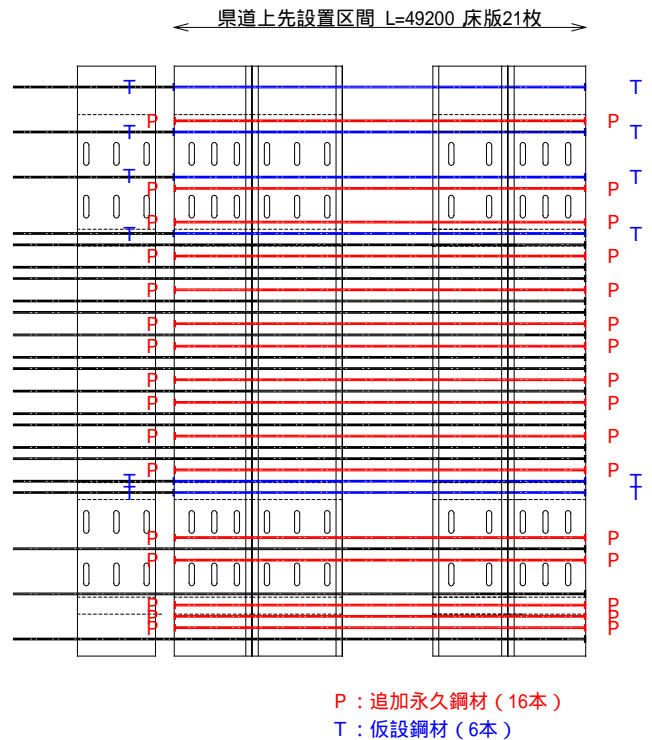


図-10 上り線県道上でのPC鋼材配置

6) 壁高欄の設計

壁高欄の設計は、配置できるPC鋼材量は壁高欄、中央分離帯とも4本が限度であり、まず最大量のPC鋼材を配置し、FEMにより求めた最大引張応力度と比較した。

架設壁高欄内には通信管路が配置されるため、この管路を利用して仮設PC鋼材を配置することとした。また、この管路を利用しない鋼材については、撤去作業を省略するために、残留しても応力上問題ないことを確認の上、プレグラウト仕様の永久鋼材とした。

合成応力度がひび割れ発生限界状態応力度を超える場合はひび割れ幅を求め、これが許容ひび割れ幅以内となるように鉄筋を追加することとした。検討の結果、壁高欄にはD22またはD25を100mmピッチ程度で配置することとなった。

また、プレストレス量は負曲げ最大時に決定されるが、正曲げ最大時は逆に大きな圧縮応力度として作用する。今回の検討では、圧縮応力度は最大で27.2 N/mm²にも達するため、コンクリートの設計基準強度を $c_k=50\text{N/mm}^2$ として対処した。

配置例として、上り線県道上でのPC鋼材配置および鉄筋配置を図-11に示す。

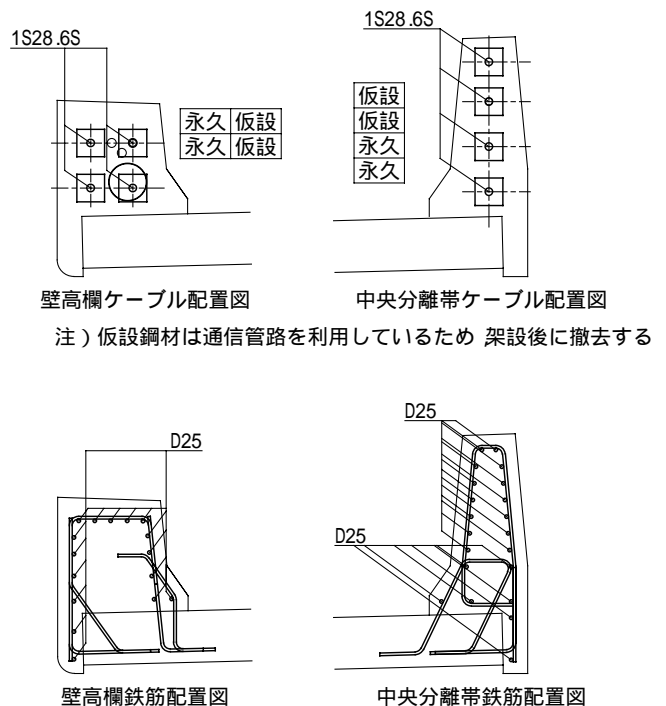


図-11 上り線県道上壁高欄のPC鋼材および鉄筋配置

4. プレキャストPC床版の製作

プレキャスト床版は、当社滋賀工場において製作した。当社の製作担当範囲は、上り線全数 286 枚と下り線の県道上(21 枚)および愛知環状鉄道上(8 枚)の計 315 枚である。

セメントは、高炉スラグ微粉末(比表面積 6000cm²/g)で 50%置換したものを使用した。これは、緻密なコンクリートをつくることにより、さらに耐久性を向上させることをめざしたものである。

コンクリートの示方配合を表-2 に示す。

表-2 上郷高架橋 PC 床版のコンクリート配合

設計基準 強度 (N/mm ²)	スランプ (cm)	水結合材比 W/(C+S) (%)	空気量 (%)	細骨材率 s/a (%)	単用量 (kg/m ³)						
					水	セメント	高炉 スラグ	細骨材	粗骨材	減水剤	AE 剤
50	12 ± 2.5	35.1	4.5 ± 1.5	42.0	155	221	221	710	1016	2.652	0.309

製作は 5000kN アバットを使用し、1 日あたり 2 枚のペースで行った。製作の簡素化を目的に、構造的に大きな応力度がかからない上側鉄筋においてメッシュ鉄筋を使用した。このメッシュ鉄筋は、疲労試験を実施して安全性を確認している。製作状況を写真-1 に示す。

養生は、高炉スラグを使用したコンクリートの強度発現を増進させるため、散水設備を設置して 3 日間の散水養生を実施した。

床版のストックでは、床版のクリープによるそり変形の進行を抑えるため、仮置き時の変形を拘束することを目的として、長手方向に 3 個所での支持(床版 1 枚あたりでは 6 点支持)を原則とした。養生およびストック状況を写真-2 に示す。



写真-1 製作状況



写真-2 養生およびストック状況

5. プレキャストPC床版の架設

プレキャストPC床版の架設は、下り線愛知環状鉄道上は 2002 年 5 月、上り線愛知環状鉄道上は 2002 年 10 月、下り線県道上は 2002 年 3 月、上り線県道上は 2002 年 4 月に行った。また、一般部の架設は 2003 年 11 月から始まり、2004 年 4 月に完了する予定である。

先設置部の補強状況について、中央分離帯の状況を写真-3、壁高欄の状況を写真-4、床版の状況を写真-5 に示す。また、愛知環状鉄道上での送り出し架設が完了した状況を写真-6 に示す。



写真-3 中央分離帯の補強状況 (県道上)



写真-4 壁高欄の補強状況 (県道上)



写真-5 床版の補強状況 (県道上)



写真-6 送り出し架設完了 (愛知環状鉄道上)

6. まとめ

設計作業において、合成桁として適切に橋軸方向プレストレスを与えることができ、また、送り出し架設時の先行取付床版についても補強する手法を確立することができた。

工場においても、複雑な橋軸方向シースの配置や送り出し架設に対する補強、散水養生等の特殊な工程があったが、工場が一丸となって克服し、2003年10月に無事製作が完了した。

本文が今後の参考になれば幸いである。

謝辞

上郷高架橋プレキャストPC床版の設計・製作では、日本道路公団中部支社豊田工事事務所の酒井秀昭工事長(当時、現市原管理事務所)、今泉安雄工事長、畔柳昌己技師、上杉泰右施工管理員(当時)、および横河・住重・片山JVの伊藤寛親所長、白水晃生氏、森本賢一郎氏らをはじめとする多くの方々に、ご指導・ご支援をいただいた。また、ピーエス三菱社内からも東北支店の西垣義彦部長、技術研究所の服部政昭GL、名古屋支店の北山耕三GL等より数々の助言をいただいている。心よりお礼を申し上げる次第である。

参考文献

- 1) 送り出し架設を行うPC床版の設計(第二東名高速道路上郷高架橋), 第12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論文集, pp.469-472, 2003年10月