

高松自動車道 吹田高架橋他1橋（P C上部工）工事の設計

極東興和(株) 正会員 ○中森 武郎
 極東興和(株) 正会員 河金 甲
 極東興和(株) 宮川 大

キーワード：跨線橋，外ケーブル配置，FEM定着解析

1. はじめに

本稿の対象は、高松自動車道の4車線化に伴う吹田高架橋他1橋の上部工工事における、PRC10径間連続ラーメン箱桁橋（吹田高架橋）であり、橋梁諸元を表-1に示す。

本橋は、図-1に示すようにP4～P5径間下をJR高徳線が横断しており、当該径間は、四国旅客鉄道（株）（以下、JR）発注の跨線橋工事で施工される。なお、跨線部を含む上部工全体の詳細設計と跨線部以外の施工が、西日本高速道路（株）（以下、NEXCO）の発注であり、本稿はNEXCO発注である上部工詳細設計について報告する。

本橋の特徴として、P4～P5径間は、JRの発注時期に応じて早期に施工着手させる必要があったため、詳細設計では、P4～P5径間を第1施工区間として左右に橋梁を延伸する施工手順とした。

また、本橋の主桁は、桁高支間比が最小で1/21（桁高/支間）と、一般的な箱桁断面の1/17～1/20と比較して小さいが、主桁下面まで下部構造が施工済みであり、経済的に優位であった当初計画の主桁断面と同様の桁高とした。

表-1 橋梁諸元

橋 名	吹田高架橋
構 造 形 式	PRC10径間連続ラーメン箱桁橋
橋 長	415.000m(道路中心線上)
桁 長	414.000m(道路中心線上)
支 間 長	43.400m + 50.500m + 2×37.500m + 46.000m + 4×42.500m + 27.900m (道路中心線上)
幅 員	10.700m(有効幅員9.810m)
設 計 荷 重	B活荷重
桁 高 支 間 比	1/12 ～ 1/21

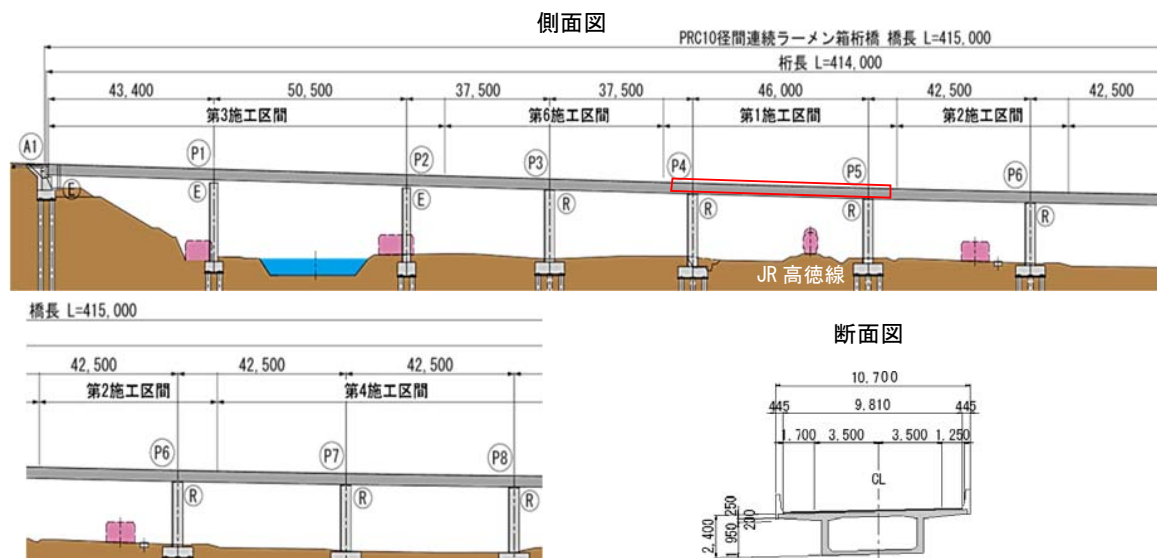


図-1 橋梁概要図

2. ケーブル配置の検討

2.1 JR高徳線の安全性に配慮した設計

第1施工区間（P4-P5径間）は、JR高徳線の営業線上での施工となるため、飛散物・資機材落下の防止など十分な安全対策が求められた。そのため、詳細設計では、施工時の安全性確保を目的に当該径間の施工方法・手順を提案し、詳細設計に反映した。

通常の上部工施工は、主桁施工後に支保工を撤去し、壁高欄施工前に飛散防止設備を施した側方足場を構築するが、当該径間では、十分な防護設備を設けた主桁支保工をJR高徳線上に組立て、主桁施工に引続いて壁高欄を施工し、壁高欄構築後に支保工を撤去する工程とした。これにより、P4～P5径間では他径間に先行して壁高欄施工までを完了させる必要があるが、JR高徳線上で支保工撤去後の上空作業を解消することができる（図-2、図-3）。

この安全対策により、当該径間には、支保工撤去後に単径間で自立可能なケーブル配置が必要となる。なお、壁高欄施工後にプレストレスを追加導入すると、壁高欄上縁へ引張応力（ひび割れ）の発生が懸念されたため、壁高欄施工後のプレストレス導入は避けることとし、支保工撤去後には、単径間で自立するとともに構造系完成時・設計荷重時に必要なプレストレスを先行して導入できるケーブル配置とした。

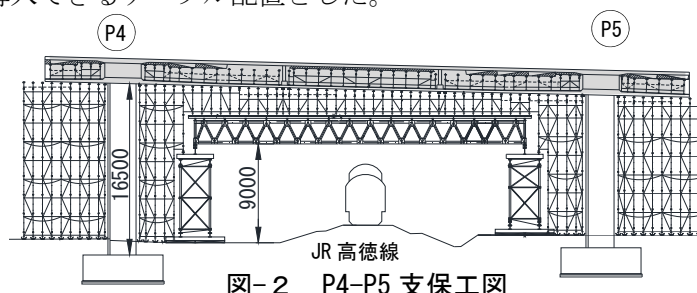
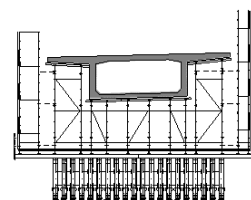
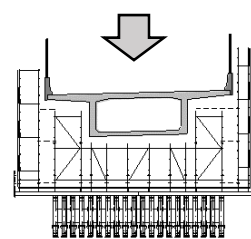


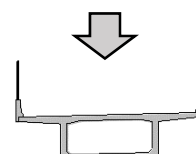
図-2 P4-P5 支保工図



①主 桁 施 工



②壁高欄・落下防止柵施工



③支保工の撤去

図-3 支保工撤去手順

2.2 ケーブル配置

通常、箱桁橋の主ケーブルは、PC鋼材の点検が容易で、取替えが可能な外ケーブル構造が採用されるが、本橋では、次の理由によりP4・P5支点上に内ケーブルを配置する必要が生じた。

- ・ラーメン構造となる中間支点部は、橋脚鉄筋と外ケーブルの取り合いを確保させるとともに、箱桁の内空高さが低いことで、中間支点横桁に定着可能なケーブル配置本数に制約が生じる。
- ・先行して構造系完成に必要な外ケーブルを単径間に配置するため、P4・P5支点部では外ケーブルをたすき掛けの状態に定着する構造となり、定着面からのプレストレス有効伝達長を考慮すると、中間支点部では、主桁全断面にプレストレスを十分に伝達できない（図-4）。

なお、外ケーブルに高強度PC鋼材を採用することも検討したが、外ケーブルだけでは中間支点上縁の引張応力に対処できず、内ケーブルを配置せざるをえなかった（図-5）。そこで、内ケーブルには付着型エポキシ樹脂被覆PCケーブルを用いて、腐食リスクが小さく耐久性に優れる構造となるよう配慮した。なお、内ケーブルは上床版に突起を設けて定着させる構造とした。

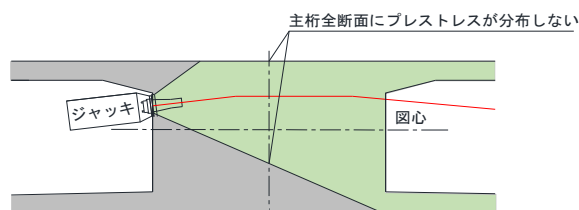


図-4 中間支点上のプレストレス分布イメージ

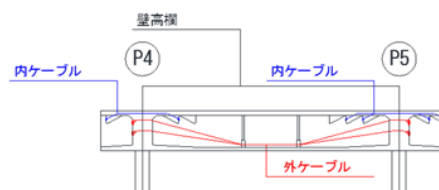


図-5 P4-P5 径間鋼材配置

3. 定着部の応力解析

3.1 定着応力に対する補強検討

多数の外ケーブルを定着し、応力集中が懸念される中間支点横桁では、3次元FEM解析により、横桁部材厚の妥当性や定着応力に対する補強鉄筋量を算出した。

また、本橋では耐震性能を確保するために、主桁上縁にD25の太径鉄筋を配置する必要があるが、上床版に配置した定着突起周辺には、突起部の補強鉄筋と耐震補強鉄筋が輻輳し、鋼材のあきが不足してコンクリートの充填性が低下することが懸念された（図-6）。そこで、突起部の定着解析にも3次元FEM解析を用い、簡易モデル（図-7）では考慮することができない突起側面のウェブ部材を考慮した応力分布から、補強鉄筋を算出し、突起周囲に分散して鉄筋を配置することとした。

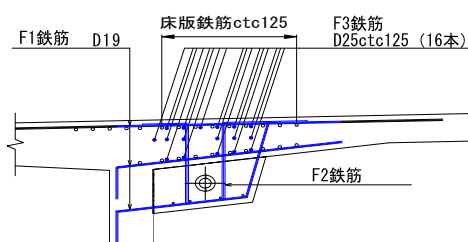


図-6 突起部の配筋図

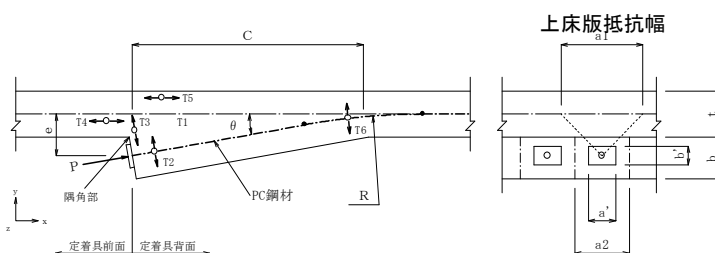


図-7 簡易計算（モデル）による配筋図¹⁾

3.2 定着突起部の3次元FEM解析

突起部の3次元FEM解析は、緊張順序を考慮して定着突起ごとに必要鉄筋量を算出するため、各支点で1/4モデルを作成した（図-8）。

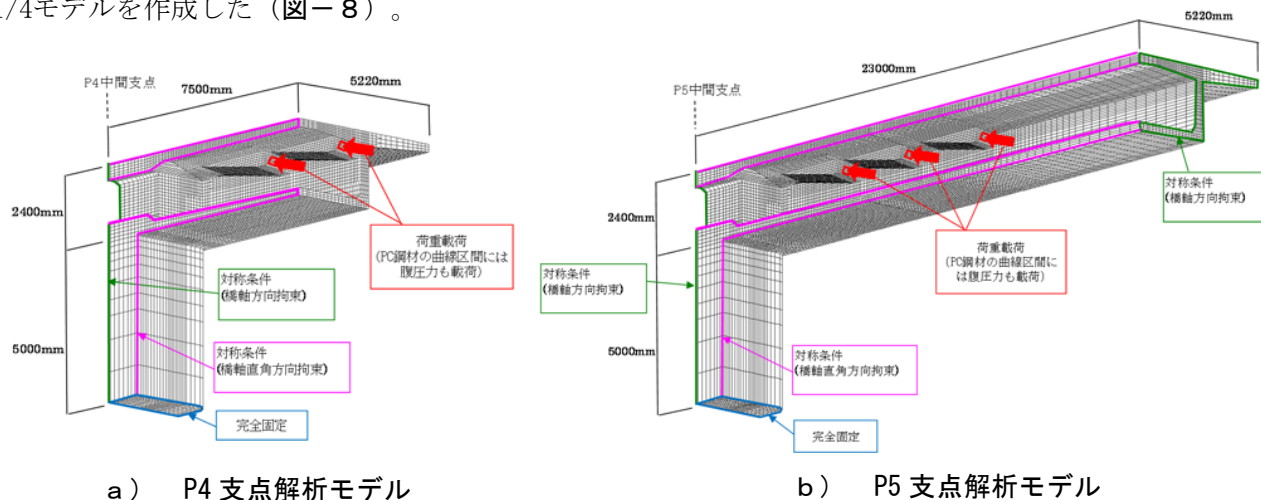


図-8 3次元FEM解析モデル

解析の結果、図-9に示すように、突起部近傍の上床版およびウェブへ定着応力が分布していることが確認できたため、突起部周囲の応力分布に応じて補強鉄筋を配置した。

簡易モデルでは上床版内に配置する補強鉄筋が、D25×16本必要であったが、FEM解析では最大でD19×13本に最適化することが可能となった。なお、支点に対して外側の突起から緊張とすることで、内側の突起緊張時には、外側の定着応力（圧縮力）が作用するため、内側の突起に発生する引張力を外側突起の20%以下に抑制することが可能であった（図-10）。

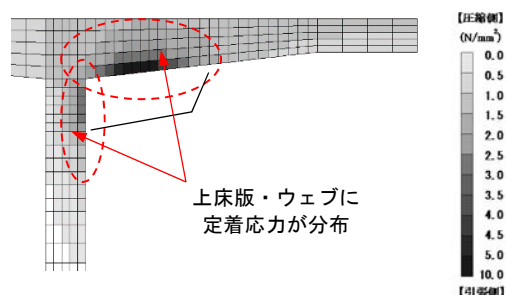


図-9 突起周囲の軸方向応力分布

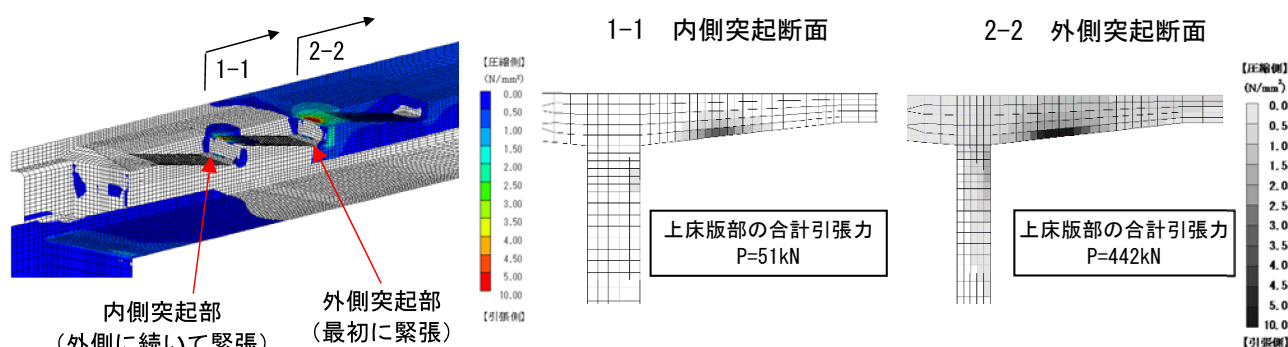


図-10 突起部の橋軸方向応力分布

また、本橋は、P4-P5径間施工時に当該径間の内ケーブルを緊張するため、施工目地付近に配置する定着突起は、突起背面に連続した部材が無い状態で緊張作業を行う必要がある。部材が連続していないことで、突起背面の上床版部に引張応力が発生することはないが、突起側面のウェブ鉛直方向に 2.6N/mm^2 程度の引張応力が発生した（図-11-a）。

これは、部材が連続しないことで、部材剛性の小さい主桁断面が、緊張に伴う上方向の変形に追従してしまい（図-11-b）、引張応力がウェブ鉛直方向に発生したため、簡易モデルでは評価できない応力分布である。

施工目地付近での定着のため、定着突起を設けずに内ケーブルを施工目地部の上床版へ直接定着し、上方向の定着力を軽減することも考えられたが、定着具の縁端距離を十分に確保できる上床版厚ではなかったため、突起を設け、ウェブ鉛直方向へ補強鉄筋を配置した。

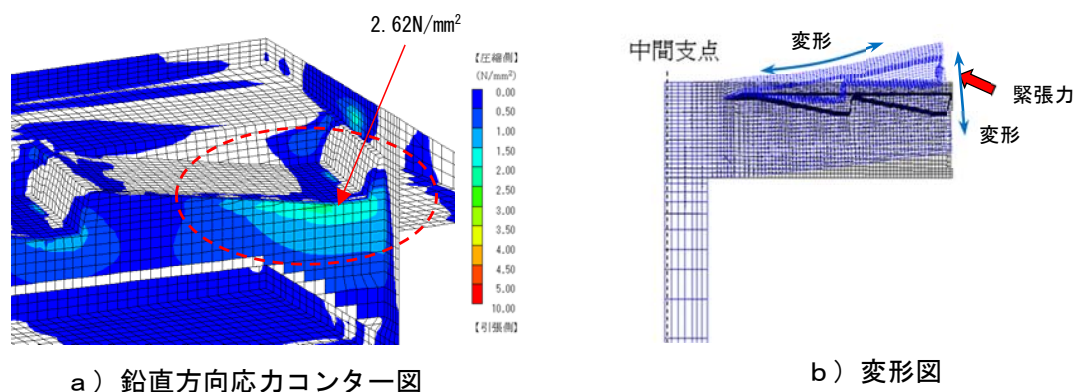


図-11 施工目地付近のFEM解析結果

4. おわりに

本稿は、JR高徳線上での安全対策・施工手順に応じた詳細設計におけるケーブル配置と定着部の応力解析について報告した。FEM解析による定着突起の補強検討は、施工性の改善および耐久性の確保に有効であったと考える。現在、本橋は第1施工区（P4～P5径間）の主桁施工を終了し（写真-1）、引き続き第2施工区を施工中である。本報告が今後の同種工事の参考になれば幸いである。また、ご指導頂いた関係各位の皆様に深く感謝いたします。



写真-1 第1施工区（P4-P5径間）施工状況

参考文献

- 1) (社)日本道路協会：コンクリート道路橋設計便覧，p188，平成6年2月