

四国横断自動車道 吉野川大橋 (仮称) の設計上の配慮

鹿島建設(株) 正会員 ○山口 統央
 西日本高速道路(株) 正会員 今村 壮宏
 三井住友建設(株) 正会員 鈴鹿 良和
 鹿島建設(株) 正会員 佐々木 優介

キーワード：長大橋梁，プレキャストセグメント工法，ラーメン構造，無緊張PC鋼材

1. はじめに

吉野川大橋は、四国横断自動車道 徳島JCTの南方3kmに位置し、徳島県を東西に流れる吉野川の河口を渡河する橋長1696.5mの PC15径間連続箱桁橋である。前回の報文¹⁾では、工法変更，耐久性向上や環境に配慮した構造形式選定などについて報告した。

本橋は、施工上の課題を解決するため補助桁併用張出し架設工法からプレキャストセグメント工法に工法変更したが、新たな課題も生じた。その課題は、桁高が変化するため下床版に局部的なせん断力が作用すること、引寄せ鋼棒の配置や構造、鉄筋が連続配置できないための耐震性確保などがある。

本稿においては、工法変更に伴い生じた新たな課題に対して設計上配慮した事項について報告する。構造一般図を図-1に、上部工断面図を図-2に示す。

2. 工事概要

工事名：四国横断自動車道 吉野川大橋工事
 工事場所：徳島県徳島市川内町旭野～東沖洲
 工期：2016年2月3日～2020年1月12日
 構造形式：PC15径間連続箱桁橋
 橋長：1696.5m (95.5+11@130.0+78.0+2@45.0m)
 下部工：柱式橋脚
 基礎工：鋼管矢板井筒基礎

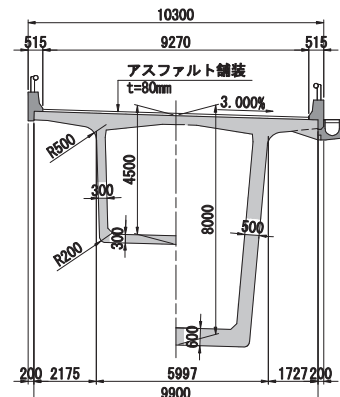


図-2 上部工断面図

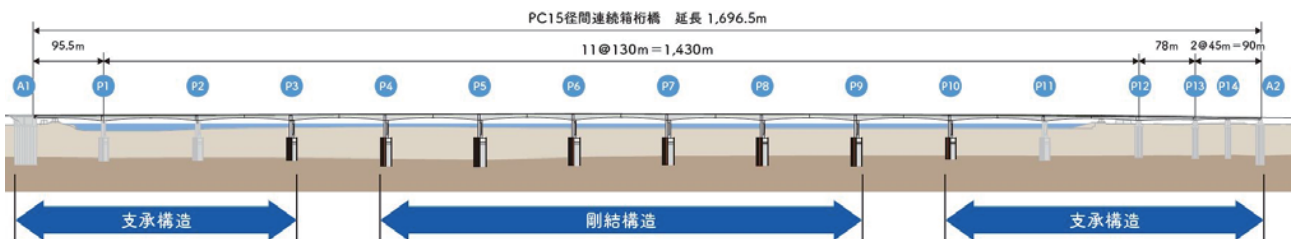


図-1 構造一般図

3. 下床版に作用するせん断力への配慮

外ケーブル構造・プレキャストセグメント工法設計施工規準²⁾によれば、「桁高が変化し、かつ接合面が鉛直の場合には、橋軸方向圧縮力の鉛直成分によって下床版接合面に局所的なせん断応力が生じる。セグメント架設時には接合面に塗布した接着剤が未硬化の状態であり、このせん断力に対して下床版のスラブキーを設置し、ずれや損傷が生じないようにしなければならない。」とある。

図-3に桁高が変化する場合の継目部の下床版作用力の概念図²⁾を示す。

製作・揚重設備からセグメント重量を100tf以内としている。PC鋼材の本数の削減やセグメントの橋軸方向長さを長くするため、部材厚を出来るだけ薄くした。そのため、桁に生じる圧縮応力度が大きく、設計荷重時(活荷重+温度荷重)で下縁の最大圧縮応力度が16.5N/mm²に達する。図-4に設計荷重時(活荷重+温度荷重)の曲げ応力度分布を示す。本橋は桁高変化が大きいため、接合面を鉛直にすると下床版に作用する鉛直成分も大きくなり、最大5,700kNの鉛直分力が作用する。このため、下床版に配置可能なせん断キーのせん断耐力だけでは、抵抗することができなかった。そこで、下床版裏面のみ下床版下面に対して90度傾けることとした(図-5)。セグメントの下床版部を写真-1に示す。この対策により、橋軸方向圧縮力は下床版裏面に対して軸線方向に伝達されるので、作用するせん断力は小さくなり、せん断キーだけでも抵抗可能となった。

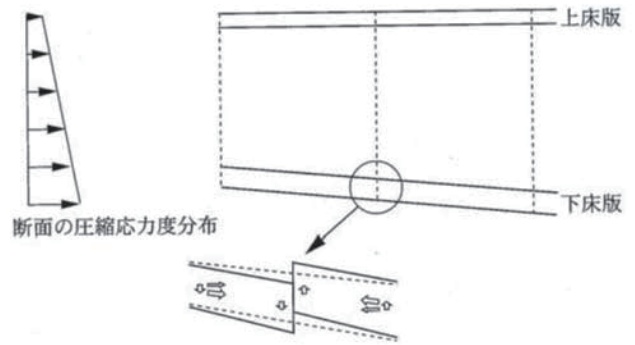


図-3 桁高が変化する場合の下床版部作用力の概念図²⁾

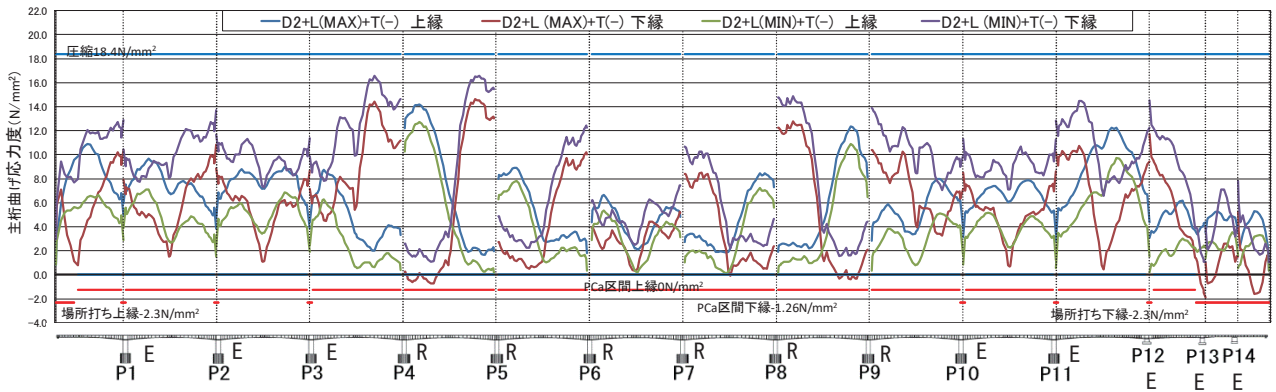


図-4 設計荷重時(活荷重+温度荷重)の曲げ応力度分布

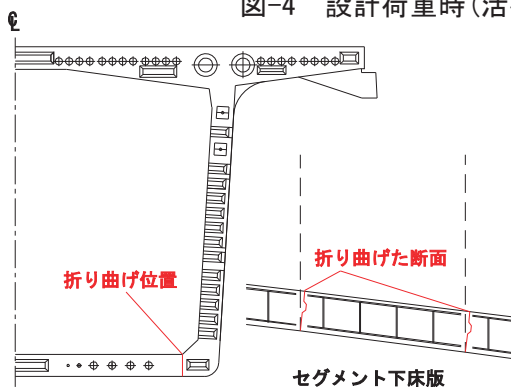


図-5 下床版折り曲げ概要図

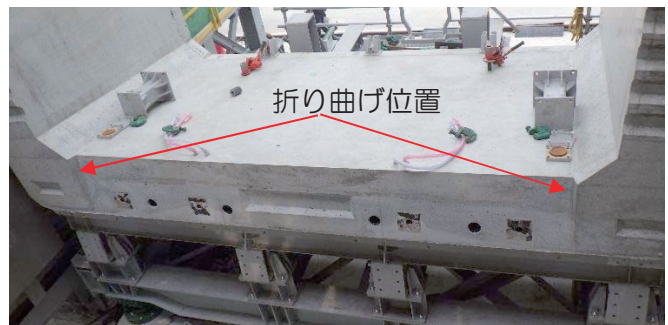


写真-1 下床版折り曲げ状況

4. プレキャストセグメント橋での耐震性確保

4.1 無緊張鋼材の配置

張出し架設されるPC橋では、スパン中央の下床版と、張出し施工部の上床版に内ケーブルが配置される。しかし、ラーメン構造では、地震時に設計荷重時と逆向きの曲げモーメントが作用する場合がある。スパン中央の上縁側と、柱頭部近傍の下縁側に引張応力が発生する場合、場所打ちされるPC橋では補強鉄筋にて対処できるが、プレキャストセグメント工法ではセグメント間に連続した鉄筋が配置できないため対処できない。このため本橋では、設計荷重時と逆向き曲げモーメントに対して、スバ

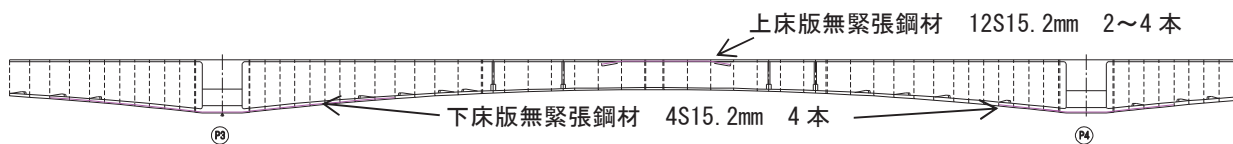


図-6 配置概念図

ン中央の上縁側と、柱頭部近傍の下縁側に、地震時の引張り抵抗材としてプレストレスを導入しない無緊張鋼材を配置した。スパン中央付近の上床版には定着突起を設けて12S15.2mmの鋼材を2本または4本配置し、柱頭部近傍の下床版には、下床版に定着突起を設けずに、下床版厚内で定着体を配置できる4S15.2mmの鋼材を4本配置した。配置概念図を図-6に示す。

4. 2 南海トラフ地震の検討

本橋が位置する徳島県は、南海トラフ地震の影響を受ける。「南海トラフの巨大地震モデル検討会」(2011年8月～)³⁾においては東日本大震災を踏まえて、従来の震源域を沖合・陸側および日向灘まで拡張した M9.0 レベルの巨大ケースが検討され、内閣府より 2012 年 8 月に震度分布や基盤地震動の波形データが公表されている。道路橋示方書・同解説⁴⁾に示される地震波(以降、道示波)と、内閣府公表の波形データから作成した地震波(以降、サイト波)4波に対する耐震性を照査した。

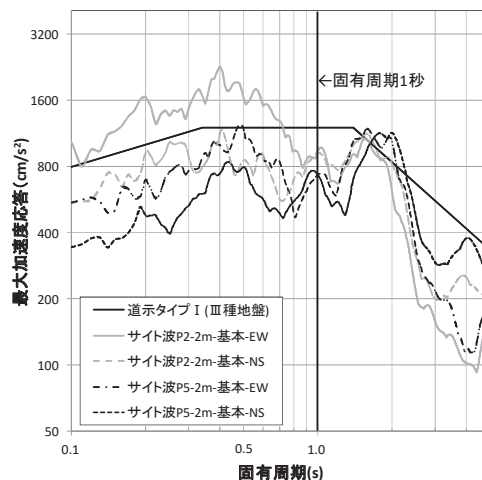


図-7 加速度応答スペクトル

図-7に加速度応答スペクトル(減衰5%)を示す。道示波(タイプI, III種地盤)と比較すると、サイト波の4波は、短周期や周期2秒付近で最大加速度応答が道示波を上回る部分も見られたが、本橋の固有周期1秒付近では下回っている。

詳細設計における橋軸方向のサイト波に対する非線形応答解析結果を図-8に示す。サイト波の応答は、道示波の照査で決定された鋼材量より求まる許容曲率よりも小さくなったため、ウェブ厚や下床版厚、PC鋼材量、橋脚の鉄筋量がサイト波によって決定されることはなかった。

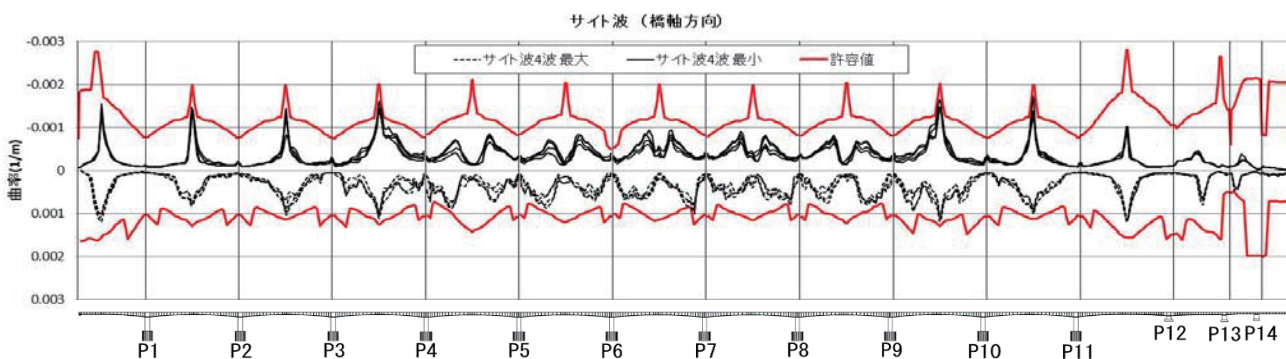


図-8 非線形応答解析結果

5. セグメント引寄せ時の検討

5. 1 セグメント引寄せ鋼棒の配置

セグメントの接合においては、接着剤を塗布したのち接合面全体に均一な圧縮応力が作用するよう引寄せ鋼棒を配置する必要がある。このとき、接合面に導入する圧縮応力度は0.3N/mm²程度とされている。本橋の柱頭部近傍は、桁高が高く、部材厚も大きいことから、FEM解析にて引寄せ鋼棒による圧縮応力度が断面に均等に作用するか検討を行った。

ウェブにリブを設けて引寄せ鋼棒をウェブ内面に配置する場合、桁高が低くウェブが薄い断面ではほぼ均等に圧縮応力度が作用した。しかし、桁高が高くウェブが厚い断面では均等に圧縮応力度が伝達されず、ウェブ外面と張出し床版先端で引張応力度が生じている(図-9)。これは、ウェブ断面外に引寄せ鋼棒を配置するため、ウェブが厚いと偏心量が大きくなり断面に曲げが働き引張応力が生じるためである。さらに桁高が高いセグメントは、施工上の理由から重量の上限を設けているため、セグメント長が短くなる。セグメント長が短く桁高が高いと引寄せリブから接合面までの距離が短くなりウェブが変形しやすくなっていた。そこで、引寄せ鋼棒をウェブ内に配置することとした。解析結果を図-10に示す。ウェブ内に引寄せ鋼棒を配置することで偏心量が低減し全断面圧縮にすることが可能となった。

5. 2 引寄せ鋼棒の構造

設計要領第2集⁵⁾によると、内ケーブルの配置は床版内など非破壊検査などが可能な位置での直線配置を標準とし、PC鋼棒は線材に比べてぜい性的な破壊形態を有するため、原則本体構造物に緊張材として使用してはならないと規定されている。引寄せ鋼棒はウェブ内に配置することから構造上引き抜くことはできないため、張出し施工完了後に引寄せ鋼棒の緊張力を解放可能な構造とした。柱頭部で左右の引寄せ鋼棒をクロス定着し、固定端(解放端)を横桁内に設けた。張出し施工完了後に、柱頭部横桁の固定端側から緊張力を解放し、解放された無緊張鋼材にグラウトを行うこととした。

6. おわりに

吉野川大橋の設計上の配慮について述べた。本工事は2018年5月現在、河川内のP1~P11橋脚を施工中で、セグメントの製作を本格的に開始した。2018年11月からの次渇水期では橋脚・柱頭部工を施工し、そののちセグメントの架設を開始する予定である。今後、施工完了に向けて品質管理を確実にを行い、安全管理に細心の注意を払い、本橋の建設に臨む所存である。

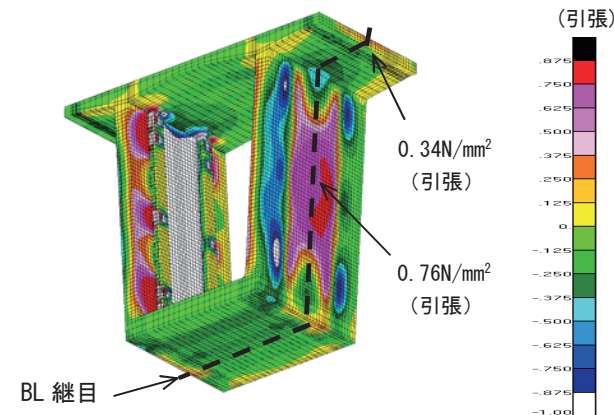


図-9 引寄せ鋼棒FEM解析結果 (リブ有)

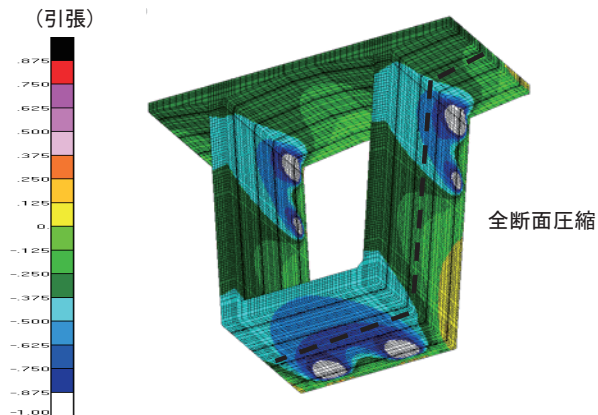


図-10 引寄せ鋼棒FEM解析結果 (ウェブ内)

[参考文献]

- 1) 山口, 和田, 今村, 諸橋: 四国横断自動車道 吉野川大橋 (仮称) の計画と設計, 第26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. 181~194, 2017. 10
- 2) プレストレストコンクリート技術協会: 外ケーブル構造・プレキャストセグメント工法設計施工規準, 2005. 6
- 3) 内閣府H.P.: <http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/>
- 4) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説V耐震設計編, pp. 19-22, 2012. 3
- 5) 西日本高速道路(株): 設計要領 第2集 橋梁建設編, 2016. 8