

リブ付き張出し床版を有する PC 箱桁橋の設計

— 新東名高速道路 秋山高架橋 —

篠崎 英二*1・長谷川 剛*2・吉満 龍彦*3・山口 岳思*4

秋山高架橋は、新東名高速道路の伊勢原大山インターチェンジを跨ぐ広幅員の床版を有する PC 箱桁橋である。本橋の設計においては広幅員に対応できる床版構造について比較検討をしており、張出し床版にリブを有する床版構造を採用した。

張出し床版に配置されたリブは、活荷重が載荷されると箱桁断面のウェブを内側に押込む挙動をしめすことから、中間床版側にもリブを設置してウェブが押込まれる変形を抑えるのが一般的である。しかしながら、本橋は箱桁断面の内空部に外ケーブルが多数配置されており、中間床版側には自由にリブが配置できない状態であった。そこで、ウェブの押込みに対する挙動を明確にするために FEM 解析による比較検討を実施し、箱桁断面の中側に 2 段ハンチを設けるウェブ構造（ここでは中側ハンチと呼ぶ）を提案して採用している。

本橋の設計において、ウェブの押込みに対する構造検討以外に実施した項目として、将来、車線数を増やすことができるように上床版の拡幅に対応できる接合構造の設置、および非常駐車帯におけるリブ配置など設計上の配慮についても報告する。

キーワード：広幅員、リブ付き張出し床版、中側ハンチ、将来拡幅

1. はじめに

秋山高架橋は、神奈川県伊勢原市上粕屋に位置する上下線が分離された新東名高速道路の橋梁である。架橋された位置は東名高速道路と新東名高速道路とを接続する伊勢原ジャンクションと御殿場ジャンクションの間に位置し、国道 246 号バイパス（厚木秦野道路）、県道 603 号、伊勢原市道および伊勢原大山インターチェンジへ接続する県道を跨ぐ多径間の橋梁である（図 - 1）。本橋の構造形式は、上り線が PC 7 径間連続箱桁橋、下り線が PC 9 径間連続箱桁橋であり、伊勢原大山インターチェンジで合流または分流をさせるために東京側から名古屋側に移るにつれて幅員が広がる構造となっており、同様の理由により主桁の断面が橋梁区間の途中から 1 室箱桁から 2 室箱桁に変化する。また、インターチェンジとジャンクションの距離が近い区間に位置する橋梁であるため、補助（付加）車線を有した広幅員な幅員構成となっている。なお、将来的には車線の追加による拡幅化にも対応できる構造としており、拡幅化工事の施工方法を想定して幅員方向の張出し床版先端部には拡幅構造との接合構造をあらかじめ設置しているなどといった配慮をしている。

本工事の設計における主な課題は、本橋を含む区間が埋蔵文化財調査において想定外に調査範囲が広がったことにより、工事着手後の施工工程が非常に厳しかった点である。

そのため、詳細設計の段階から工期短縮に配慮した施工方法を提案する必要があったが、これについては文献 1) と文献 2) にて報告済みの内容であるため、本稿において

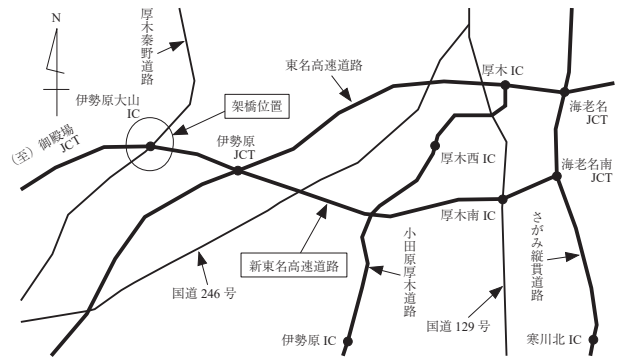


図 - 1 架橋位置

は構造設計上の配慮として、上部工構造の課題となっていた広幅員の床版構造として適用したリブ付き床版を有する PC 箱桁構造に関する諸検討の一部について紹介する。

2. 橋梁概要

本工事の橋梁および工事概要を以下に示す。また、橋梁一般図を図 - 2、主桁の標準断面を図 - 3 に示す。

工事名：新東名高速道路 秋山高架橋（PC 上部工）工事
架橋位置：神奈川県 伊勢原市 上粕屋

工期：平成 28 年 5 月～令和元年 12 月

発注者：中日本高速道路(株) 東京支社

施工者：川田建設・ドービー建設工業・コアツ工業

秋山高架橋 特定共同企業体

*1 Eiji SHINOZAKI：川田建設(株) 東京支店 技術部 技術課

*2 Tsuyoshi HASEGAWA：ドービー建設工業(株) 東京本社 技術部

*3 Tatsuhiko YOSHIMITSU：コアツ工業(株) 技術開発本部 技術開発部 開発推進課

*4 Takeshi YAMAGUCHI：中日本高速道路(株) 東京支社 建設事業部 構造技術課

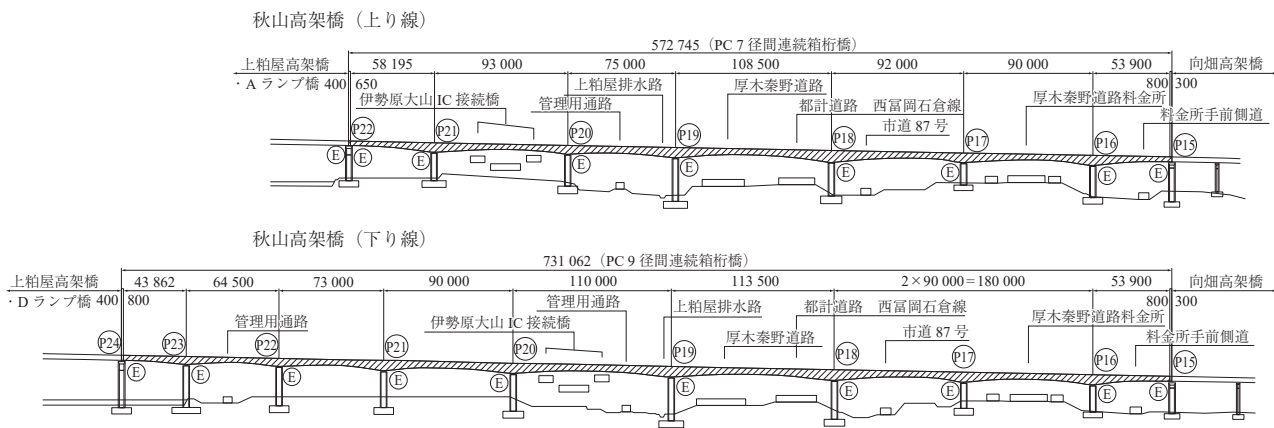


図 - 2 橋梁一般図

道路規格：第1種第2級B規格 ($V = 100 \text{ km/hr}$)：暫定系
 橋長：572.745 m (上り線), 731.062 m (下り線)
 支間長：58.195 m + 93.0 m + 75.0 m + 108.5 m + 92.0 m +
 90.0 m + 53.9 m (上り線)
 43.862 m + 64.5 m + 73.0 m + 90.0 m + 110.0 m +
 113.5 m + 2 × 90.0 m + 53.9 m (下り線)
 有効幅員：14.250 m ~ 19.700 m (上り線)
 14.250 m ~ 20.300 m (下り線)
 構造形式：PC 7 径間連続箱桁橋 (上り線)
 PC 9 径間連続箱桁橋 (下り線)
 架設工法：張出し架設工法 (中央径間部)
 吊支保工法 (側径間部, 径間閉合部)
 使用 PC 鋼材：内ケーブル 12S15.2 (グラウト)
 外ケーブル 19S15.2 (亜鉛メッキ被覆)
 床版横締め鋼材 1S28.6 (プレグラウト)
 横桁横締め鋼材 1S28.6 (プレグラウト)
 主な交差条件：伊勢原大山 IC 接続橋
 (上り線 P21 - P20 間, 下り線 P20 - P19)
 厚木秦野道路
 (上り線 P19 - P18 間, 下り線 P19 - P18)

都計道路 西富岡石倉線
 (上り線 P19 - P18 間, 下り線 P19 - P18)
 市道 87 号
 (上り線 P18 - P17 間, 下り線 P18 - P17 間)
 厚木秦野道路
 (上り線 P17 - P16 間, 下り線 P17 - P16 間)

3. 広幅員に対応する床版構造

広幅員の PC 箱桁橋においては、道路橋示方書 (以下、道示とする) に則った設計とするために、道示に示される床版の断面力算出式における前提条件と適合した 2 室箱桁を選定することが一般的である。しかしながら、本橋のように橋長の長い橋梁の場合では、上部構造の重量を軽量化して地震時における下部構造の作用水平力を軽減させることで、基礎や橋脚躯体といった下部構造本体をコンパクトにすることが可能となり、橋梁全体の工事費を経済的にすることが期待できる。また、1 室箱桁として中間ウェブを削減することによって一連の施工サイクルを短縮することができることで施工性が向上し、当初からの課題であった工期短縮にも配慮した構造となることが期待できる。

そのため、床版に水平リブやストラットなどによる補強部材を追加することによって床版支間長を延長し、箱桁断面を重量の軽い 1 室箱桁とする実績が多く存在する。このような床版支間長を延長した 1 室箱桁断面とした場合、床版の支持方法が道示に示された断面力算出式における前提条件と一致するような平板支持ではなくなり、また補強部材による支持をした場合には、主たる断面力が発生する方向が不明確となることが課題となる。そのため、道示による断面力算出式をそのまま使用することについては疑義が生じることから、支持条件の違いを適切に評価できる解析手法により床版の断面力を算出するといった適切な対応が必要となる。また、床版の断面力は、ウェブとフランジの剛比や横方向プレストレスによる 2 次力などによる影響を受けるため、過去の実績と同じ形状寸法が存在しない広幅員の 1 室箱桁に対しては、床版の設計断面力は適切な床版の支持条件を再現した FEM 解析などを利用して算出することが不可欠となる。

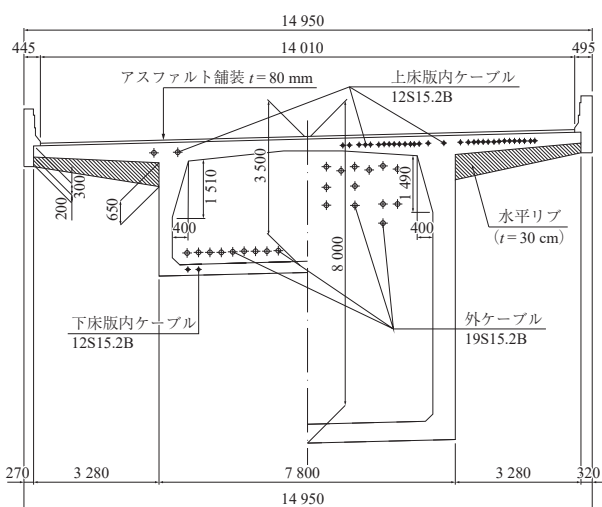
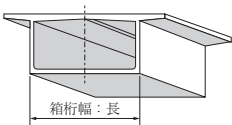
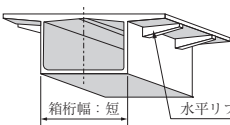
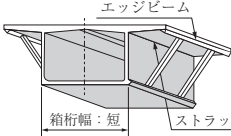


図 - 3 主桁断面 (1 室断面 標準幅員)

表 - 1 床版構造の選定

ケース	① 広幅員 1 室箱桁	② リブ付き床版	③ ストラット付き床版
主桁断面			
箱桁幅	×	○	○
拡幅対応	×	○	○
施工性	○	○	△
経済性	○	○	△
評価	×	○	△

広幅員に適用した 1 室箱桁構造の実例としては、① 広幅員 1 室箱桁構造、② リブ付き床版構造、③ ストラット付き床版構造といった 3 種類の構造³⁾ に分類される。① の構造については、リブやストラットが無い一般的な 1 室箱桁断面であるため、もっとも施工性と経済性に優れた構造ではあるが、張出し床版支間には限界があり、箱桁幅の縮小がもっとも劣る傾向となるため、箱桁幅とすでに施工が進捗している橋脚躯体幅のすり付けが困難である。さらに、将来の拡幅施工時における張出し床版の設計曲げモーメント増への対応が困難なことから、本橋への適用は難しいと判断した。② と ③ の構造については、本橋で実際に施工を実施する条件下に照らし合せて比較検討をした。施工性については、張出し施工時の 1 サイクルあたりの施工日数がストラット構造では 16 日であったのに対して、リブ構造では 15 日と試算され、リブ構造のほうが 1 サイクルあたり 1 日短縮できると判断した。また、経済性についてはストラット構造を工場製作とした場合に輸送費用を追加する必要があることや、ストラット上部の支持点(エッジビーム)に橋軸方向の曲げに対する補強 PC 鋼材を配置する必要があるため、リブ構造よりも経済性が劣ると判断した(表 - 1)。

以上のような検討結果を踏まえ、本橋においてはリブ付き床版を有する箱桁断面を採用している。

4. リブ支持構造⁴⁾

4.1 検討概要

床版リブ構造は、床版の下面に一定の間隔でコンクリート製の水平リブを設けた長支間の床版に対して合理的な構造である。しかしながら、この水平リブに作用する力は箱桁の主桁ウェブに伝達されるため、活荷重の荷重によってウェブが内側に押し込まれることから、ウェブには付加的な曲げモーメントを発生させてしまうことが課題となっている。ウェブの押し込みに対する水平リブの支持構造については後述する過去の実績による支持構造³⁾ が提案されている。本橋の特徴として、箱桁の内空部に配置される外ケーブルの本数が多いということがあげられるが、過去の実績による構造を採用した場合、内空部に寸法の大きなコンクリートブロックなどの構造を設けることになるため、外

ケーブル配置に制限を設けることになること、およびリブ支持構造の配筋作業が狭隘な部分での作業となるため、サイクル施工日数が増となる要因となることから施工性に劣ることなどが課題となった。そのような背景により、箱桁の内空部の面積を可能な限り大きくするような新たなリブ支持構造を提案し、比較検討を 3 次元 FEM 解析を用いて実施した。

リブ支持構造の比較検討に用いた基本的な主桁断面を図 - 4 に示す。

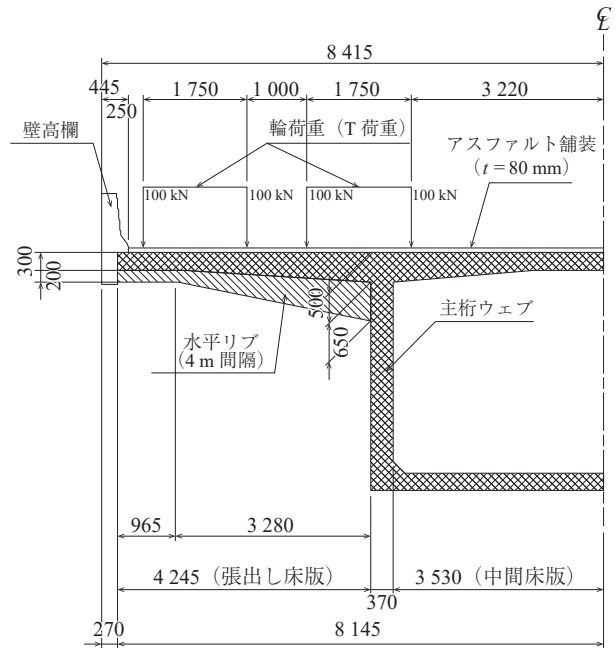


図 - 4 主桁断面 (解析モデル)

この断面は比較検討のベースとなるリブ支持構造の無い断面であるためリブ支持構造は図示されていない。主桁本体の基本的な形状寸法は図に示しているように統一しているが、張出し床版長は 4.245 m となるため、道示に示される活荷重支間長の適用外 ($L > 3.0$ m) に該当している。その他、主な部位として水平リブの基本形状寸法としては、橋軸方向の厚さが 300 mm、高さ 200 ~ 650 mm の矩形断

面であり、橋軸方向には4m間隔で配置している。解析に使用する活荷重にはT荷重を考慮し、張出し床版内には最大で3輪載荷される。なお、主桁断面および水平リブ形状・配置間隔については、別途、FEM解析を用いて実施した比較検討によって床版付根位置における曲げモーメントのバランスや、張出し施工ブロック長などを考慮した比較検討などを実施しており最適形状と配置間隔としている。

ウェブの押込みに対するリブの支持構造としては、過去の実績を参考にすると主に4種類に分類することができる。今回の検討にて提案する支持構造とあわせてそれぞれの支持構造の形状を図-5に示す。このうち、もっとも実績が多いのがケース4の「水平リブタイプ」であるが、箱桁内に外ケーブルが多く配置された場合に、外ケーブルと水平リブとの干渉に対してもっとも配慮する必要があること、さらにPC箱桁に多く採用される張出し架設施工時において、中間床版の底版枠の脱着が困難となることが課題となっていたため、これらを改善した支持構造としてケース5の「中側ハンチタイプ」を提案し、各構造ケースとの比較検討を実施した。

4.2 FEM解析

支持構造を比較検討する項目のひとつとして、活荷重の載荷によって主桁ウェブに発生するコンクリート応力度を比較した。応力度の算定には3次元FEM解析を用いて、リブ背面側のウェブに発生する局部応力およびウェブ全体に平均して発生する全体応力について確認するために、主応力分布のコンター図を出力した。

解析に用いる荷重条件としては、活荷重についてはT荷重(100kN/輪)を張出し床版内の水平リブ上に載荷し、荷重には衝撃の影響、支間の長さに応じた割増係数、およびFEM解析に対する安全係数10%を考慮した係数を用いて割り増した。また、解析モデルに載荷する荷重は、死荷重(自重・橋面荷重)、プレストレス、および活荷重とし、張出し床版に活荷重が載荷された状態を再現した。したがって、出力されるコンター図は活荷重作用時を示すことができるため、床版に有害なひび割れが発生するかについて

も確認した。図-6に各構造ケースにおける活荷重作用時における主応力分布を示す。

解析結果の考察としては、ケース1はウェブ全体で主応力が3.5N/mm²を超える結果となり、コンクリート表面にひび割れが発生するコンクリート応力度を超過していることから耐荷性および耐久性に問題があると判断できるため、鉄筋による補強のみでは不十分という結果を得た。

ケース2とケース3についてはウェブに発生する全体応力をケース1より軽減させることができたが、局部応力が大きくなる傾向となった。これは、ケース2はブロックの設置による軽減効果は得られたが、断面急変部となるブロック下部で応力が集中したこと、ケース3は鉛直リブが押込み力の大半を受け持ってしまったことが原因と考えられる。ウェブ全体に対しては2.0N/mm²程度とひび割れが発生する応力度以内に収めることができたが、局部応力については悪くなる方向となってしまったことから、リブ支持構造の寸法をさらに大きくするなどの改良が必要となるため、外ケーブル配置に対する制限が増えてしまうことになり、本橋への適用に課題があると判断した。

もっとも実績のあるケース4は、中間床版に設けられた水平リブが左右のウェブを拘束するためウェブの変位が相殺され、ウェブに発生する応力度に関してはもっとも効果的な構造であることが確認できた。

今回提案する構造であるケース5については、主桁ウェブの厚さが中側に徐々に厚くなる形状となるため、全体応力に対しては部材の剛性が高くなったことから、ひび割れ発生限界程度の引張応力度に抑えることができることを確認した。

局部応力については、断面急変が軽減されたことによってケース1よりも改善がみられる結果となったことから、中側ハンチの幅や高さを変化させることによりウェブに発生する主応力を3.0N/mm²以下に抑えられることを確認した。

以上より、ウェブに発生する引張応力度のみに着目した場合の優位性順位としては、ケース4>ケース5>ケース2,3>ケース1の順番と判断した(表-2)。

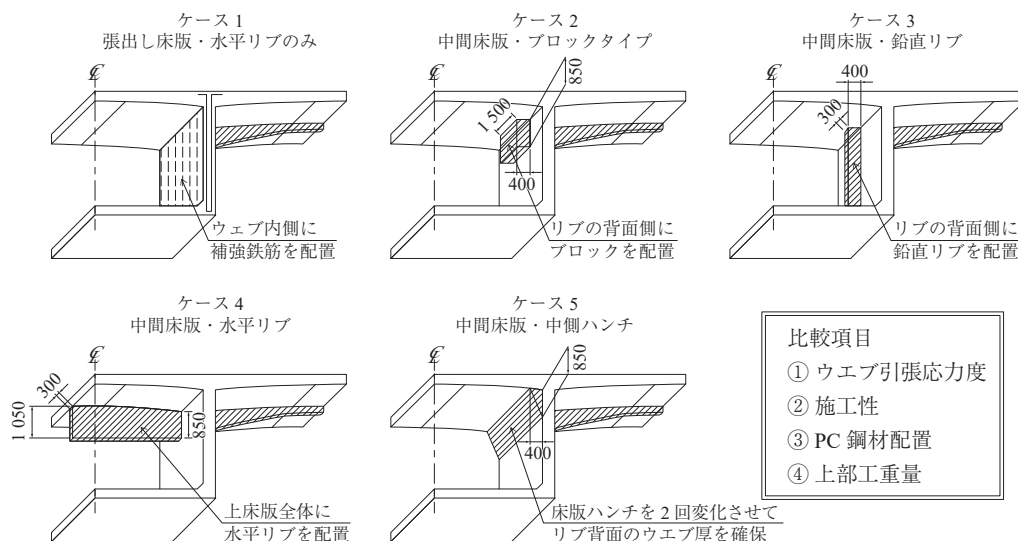


図-5 リブ支持構造

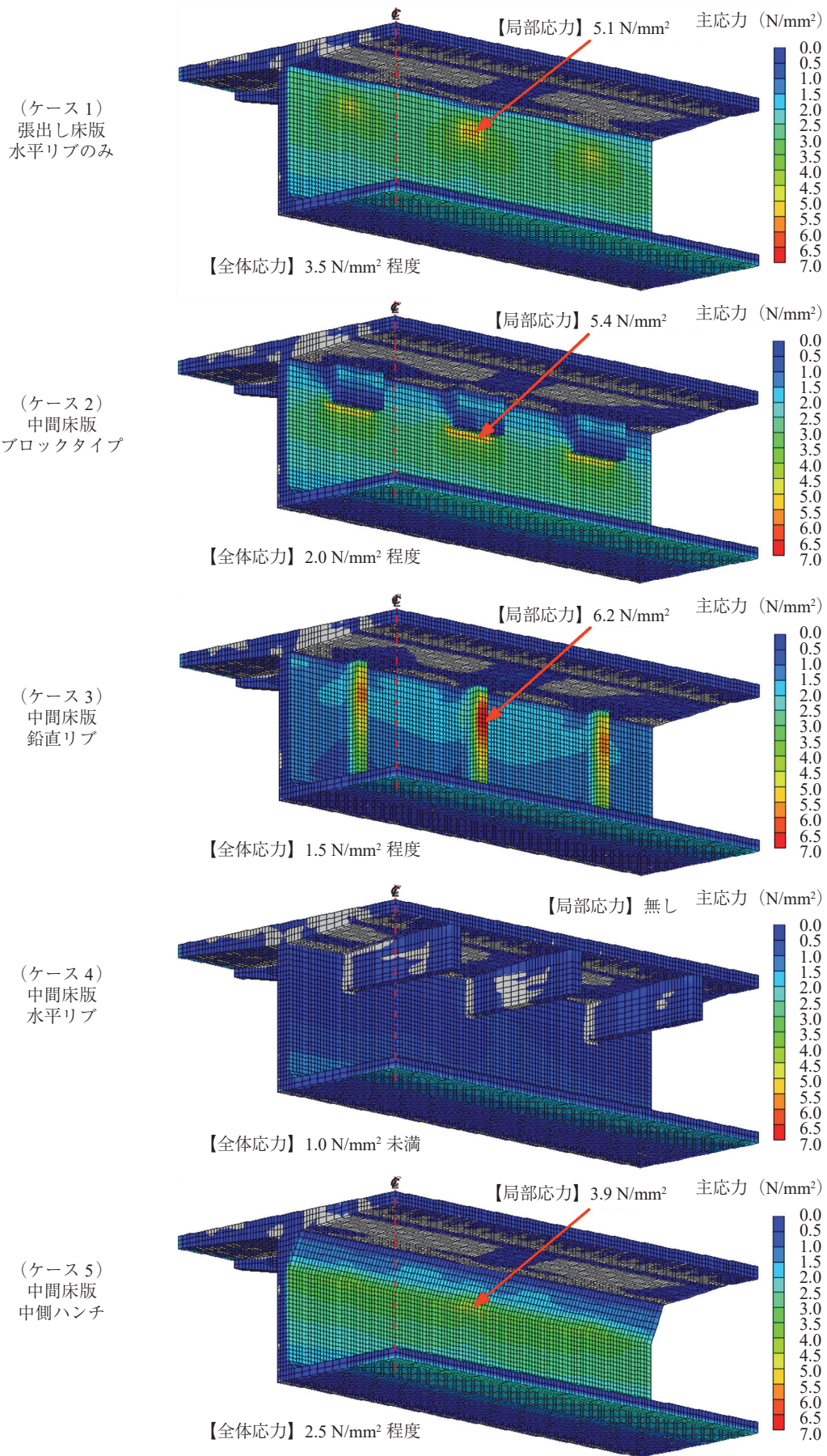


図 - 6 主応力度分布 (活荷重載荷時)

表 - 2 比較検討結果

	(ケース1) 張出し床版・ 水平リブのみ	ケース2 中間床版・ ブロックタイプ	ケース3 中間床版・ 鉛直リブ	ケース4 中間床版・ 水平リブ	ケース5 中間床版・ 中側ハンチ
① ウェブ応力度	× 全体応力が大	△ 局部応力が大	△ 局部応力が大	◎ 応力が大きく軽減	○ 応力が軽減
② 施工性	○ 標準の工法	△ 補強ブロックの 設置が追加される	△ 鉛直リブの設置 が追加される	× 水平リブの設置が 困難で施工性が悪化	○ 問題なし
③ 外ケーブル配置	○ 問題なし	○ 問題なし	△ 若干の制限有り	× 大きく制限される	○ 問題なし
判定	×	△	△	×	○

4.3 構造比較

比較検討を実施する項目として、前項の主応力分布のほか、張出し施工時における施工性、および外ケーブル配置の自由度に着目して検討した結果を表-2に示す。施工性と外ケーブル配置については張出しブロック数が増えることと影響が顕著となるため、長大橋においては重要な比較項目として判定する必要がある。以上より、過去の実績と新たに提案した支持構造を比較した結果、長大橋に対する新しい支持構造の優位性が確認できたため、本橋におけるリブ支持構造としてウェブの中側に2段ハンチを設けるケース5の案を選定した。また、今回提案した構造を採用したことにより、ほかのケースと比較してウェブ配筋を簡潔にすることができたため、施工性を向上することができた。ウェブの配筋状況を写真-1に示す。



写真 - 1 ウェブ鉄筋組立完了

5. 将来拡幅への対応

本橋が位置する路線においては、将来的に車線の追加によって拡幅する計画となっているため、拡幅施工時における施工ステップを想定した計画をするとともに、幅員方向の端部に将来拡幅時における接合用の構造があらかじめ設置されている。将来施工時における拡幅量は5m以上と比較的大きな拡幅量が想定されているため、拡幅工事においては本橋を暫定主桁と位置付け、同形式のPC箱桁を隣接位置に新たに増設主桁として架設製作して、両主桁間の張出し床版の先端部を接合床版により一体化させて拡幅する計画としている(図-7)。本来、将来施工時における施工条件を前提として詳細検討すべき内容であるが、こ

では仮定した施工条件に基づいた隣接する増設主桁の施工方法や留意事項、および接合部の施工方法と構造について概略検討した内容について紹介する。なお、ここで紹介する施工方法は、本橋の設計時において想定した施工方法に対して配慮したものであり、実際に拡幅施工時を実施するときの施工方法を限定するものではない。

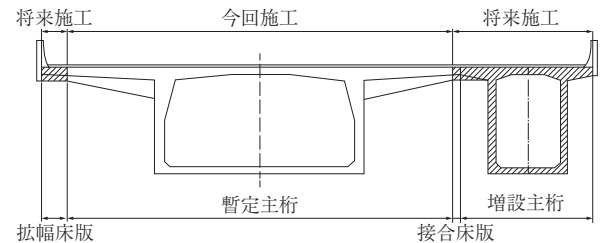


図 - 7 将来施工時の主桁断面(案)

5.1 増設主桁の施工

本橋はインターチェンジを高架する橋梁であるため、拡幅施工時には図-2に示すとおり、すでに供用中のインターチェンジ橋や厚木秦野道路などを跨いで施工する必要がある。そのため増設主桁の施工については、桁下の状況に左右されない架設方法を選定する必要がある。以下、拡幅施工時において想定される主な施工条件を列挙する。

- 1) 支間長が50~110mとスパン割が多様である。
- 2) 桁高が変化する。
- 3) 終点側のランプ橋近くでは幅員が拡幅変化する。
- 4) 桁下が製作ヤードとして使用できない。

これらの施工条件に適応できる架設可能な工法について、コンクリート橋施工便覧にて示されている施工工法の適用に関する一般的な目安⁵⁾を参考に将来拡幅時の架設工法案を表-3にまとめた。

本工事としての増設主桁の架設推奨案としては、施工条件に対する要検討事項の少ない移動式架設桁による張出し架設工法を選定することとした。また、この工法を本橋に採用した場合における、表-3にあげた項目を除いた留意事項について、次節以降において3項目紹介する。

5.2 移動式架設桁の組立・解体場所の確保

桁下が施工ヤードとして使用できないため、移動式架設桁の組立・撤去場所としては、本橋に隣接する橋梁の橋面上を施工ヤードとして確保する必要がある。そのため、隣接橋の拡幅工事時期をみて、本橋の拡幅工事の施工開始時

表 - 3 将来施工時の架設工法 (案)

架設工法	プレキャストセグメント架設工法			張出し架設工法		
	支間一括架設工法	移動式架設工法	移動作業車架設工法	移動式架設工法	移動作業車架設工法	移動作業車架設工法
施工条件						
支間	20 ~ 60 m	○	△	△	○	○
	60 ~ 100 m	※	△	○	○	○
	100 m 以上	※	※	○	○	○
施工条件	桁高の変化	※	○	○	○	○
	拡幅の融通性	※	※	※	○	○
	けた下が使用できない場合の資機材の運搬	○	○	※	○	※
	桁下空間の確保	○	○	○	○	○

【凡例】○最適, ○適する, △適さない, ※可能だが検討を要する。
注) 支間については, 比較的実績があるものについての適用性を示す。

期を計画する必要がある。なお, 拡幅工事の実施時において一部の径間が固定支保工による施工が可能である場合においては, その径間の橋面上をヤードとして使用することもできる。

5.3 施工時における暫定主桁とのクリアランスの確保

増設主桁は暫定主桁と横方向に隣接した張出し施工を想定している。そのため, 将来施工時は架設工法に必要な施工幅に加えて暫定主桁との接合構造に必要な継手幅を考慮したクリアランスの確保が必要となる。また, このクリア

ランスは増設主桁側の主桁断面形状の決定にも関わることから, 極力小さく設定できるように配慮が必要である。詳細については次節において説明する。

また, 上り線 P20 - P21 径間および下り線 P19 - P20 径間においては桁下 2.0 m の付近に供用中となる伊勢原大山 IC 接続橋の建築限界線があるため, 桁下のクリアランスや施工時の落下物対策などについても十分に留意して施工計画を作成する必要がある。

5.4 暫定主桁との接合方法

本橋の詳細設計においては, 暫定主桁との床版接合の構造は RC 構造を想定している。そのため, あらかじめ張出し床版の先端には接合用の鉄筋を設置している。この鉄筋はエンクローズ溶接による鉄筋の延長を想定しており, 溶接用のジグの配置スペース (10 cm 程度) が確保できるように配慮されている。本工事にて想定した床版拡幅時における施工ステップ案を図 - 8 に示す。将来施工時における課題は, 施工に必要なクリアランスの確保と確実な接合構造の構築である。

1 点目の施工に必要なクリアランスの確保は, 増設主桁が張出し施工を想定していることから, 図 - 8 の STEP3 に示すとおり暫定主桁との遊間に移動作業車に配置される吊材などの架設機材を通過させることができるように配慮しておく必要がある。また, 図 - 8 の STEP4 に示す暫定

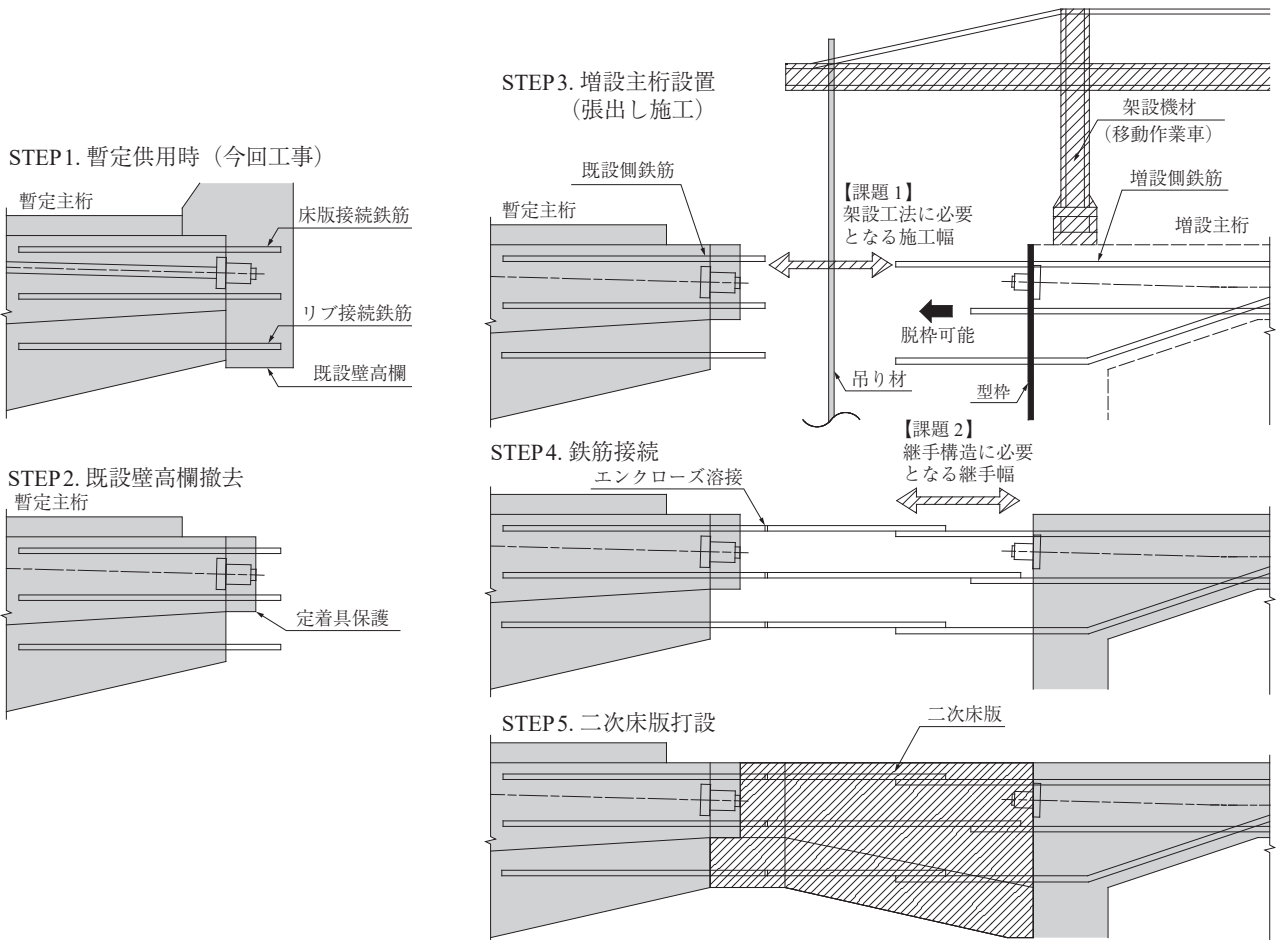


図 - 8 施工ステップ (案)

主桁との接合構造に必要な継手幅は、現状では重ね継手を想定していることから、配置される鉄筋径に依存される。

2点目の確実な接合構造の構築は、継手に関して双方の鉄筋位置にズレが発生すると施工が困難となる。2つの主桁間に鉛直たわみ差があると継手ができないため、増設主桁の施工時においては厳密な高さ管理が要求される。また、増設主桁のクリープ・乾燥収縮の進行や、打設時の交通振動などが影響することから、コンクリート材料や材齢にも配慮した接合計画を立てる必要がある。

これらの課題への対策については図-8による方法の他、接合構造としての合理化を図るために機械式着などを活用して鉄筋位置のズレをある程度吸収するといった方法なども有効であり、継手幅についても縮小化できる接合構造の開発などが将来的には期待される。

また、暫定主桁と構造的に一体化するためには横桁位置での接合が必要となるため、本工事においては支点横桁、中間横桁および偏向隔壁の位置に接合用の機械式継手を有する鉄筋を埋め込んでいる。支点横桁についてはPRC構造にも対応できるように暫定主桁側の横桁横締め鋼材の端部にカップラーを設置して将来拡幅に備えた構造としている。

6. 非常駐車帯部などにおける設計上の配慮

非常駐車帯部は張出し床版の支間長が標準部よりも長くなる。また、標識基礎部については壁高欄先端に門型支柱などが配置される。これらの区間については標準部よりも設計曲げモーメントが大きくなるため、設計上配慮した項目について紹介する。非常駐車帯の水平リブの形状については複数の形状案での比較検討をした結果、本橋が工期短縮を要求された橋梁であることから、工程への影響が少ない施工性に優れた形状として標準部の先端をそのまま等厚で延長した形状を選定した(図-9)。

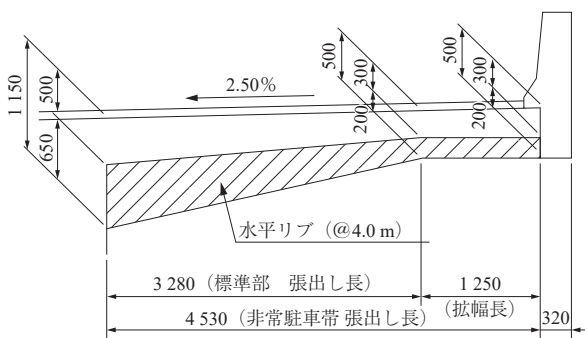


図-9 非常駐車帯部

また、標識基礎部については、橋梁区間でもっとも曲げモーメントが大きくなる部位となることから、標識基礎の張出し床版の付根までの荷重分布を考慮するため3次元FEM解析により設計断面力を算出した。さらに、2本の水平リブで分担支持するように橋軸方向のリブ間隔の中央と標識の中央位置が一致するように位置を調整している。図-10に解析モデルを示す。なお、分担配置した効果に

ついてもFEM解析による検証をしており、基礎の中央に1本配置の場合よりも張出し床版付根の発生応力度が15%低減されることを確認している。

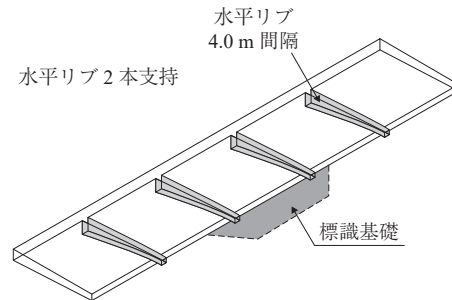


図-10 標識基礎部(2本支持モデル)

7. おわりに

本橋はかぎられた工期のなかで、複数のインターチェンジ関連工事との錯綜した施工条件のもとにおいて令和元年12月に無事故で竣工することができた(写真-2)。工事に関連した関係各位に対し、この場を借りて感謝の意を表すとともに同種工事における参考となれば幸いです。



写真-2 完成写真

参考文献

- 1) 大嶋秀明, 遠野利之, 寺田 聡, 菊池亜希子, 矢野英二, 三上大治郎: 新東名高速道路 秋山高架橋の施工, 川田技報 Vol.39, p.44, 2020.1
- 2) 菊池亜希子, 今井平佳, 篠崎英二, 北村 元: 秋山高架橋の詳細設計における工程短縮への取り組み, プレストレストコンクリート工学会 第28回PCシンポジウム論文集, pp.501-504, 2019.11
- 3) 新技術評価事例(コンクリート構造)-合理化床版構造-, プレストレスト・コンクリート建設業協会, pp.49-50, 2007.7
- 4) 篠崎英二, 中川 健, 北村 元, 畔柳諒輔, 佐藤啓介: リブ付き張出し床版を有するPC箱桁橋におけるウェブ押込み対策について, 土木学会第73回年次学術講演会, I-267, pp.533-534, 2018.8
- 5) コンクリート道路橋施工便覧, (社)日本道路協会, pp.391-394, 1998.1

【2020年2月13日受付】