

新名神高速道路 成合高架橋 (上り線) の設計

川田建設(株)九州支店技術課 正会員 ○蓑田 俊介
 西日本高速道路(株)関西支社建設事業部 正会員 山本 泰造
 川田建設(株)大阪支店事業推進部技術課 正会員 大久保 孝
 川田建設(株)九州支店技術課 正会員 豊田 英司

1. はじめに

成合高架橋は、名神高速道路と新名神高速道路を結ぶ連絡路の高槻 I C 付近に架かる固定式支保工架設による PRC 連続桁橋である。A ランプ合流部を有する 1 2 径間の上り線と D ランプ分流部を有する 1 3 径間+分岐 2 径間の下り線で構成される。構造的特徴としては、幅員変化に伴う主桁ウェブ数の変化や、支間長に応じた版桁から箱桁への断面形式の変化、4 主版桁から 2 連 2 主版桁への分岐構造などが挙げられる。

主桁ウェブ数の変化においては中間支点横桁により中ウェブ (中桁) が間接支持されることから、主桁の設計における中間支点部の曲げモーメントについて FEM 解析による検証を行った。また、幅員変化点における主桁の角折れや版桁から箱桁に変化する接合部近傍、4 主版桁から 2 連 2 主版桁に変化する分岐部近傍についても、FEM 解析により局部応力に対する検討を行った。

本稿では、FEM 解析によるこれらの検討事項のうち、上り線について概要を報告する。

2. 橋梁概要

本橋の橋梁概要を表-1、全体平面図を図-1、上り線の側面図、断面図を図-2、図-3 に示す。

表-1 橋梁諸元

工事名	新名神高速道路 成合高架橋他 2 橋 (PC 上部工) 工事
工事場所	大阪府高槻市大字成合
構造形式	(上り線) PRC 1 2 径間連続桁橋 (2 主版桁~3 主版桁~2 室箱桁~3 室箱桁) (下り線) PRC 1 3 径間連続桁橋 (2 主版桁~3 主版桁~4 主版桁~2 連 2 主版桁)
橋長	(上り線) 390.000m, (下り線) 388.000m
支間長	(上り線) 18.600m+2@28.500m+6@32.000m+2@42.000m+35.600m (下り線) 24.100m+2@28.500m+6@32.000m+25.000m+34.000m+30.000m+23.100m
有効幅員	(上り線) 9.010m~17.868m, (下り線) 9.010m~19.193m
全幅員	(上り線) 9.900m~20.775m, (下り線) 9.900m~20.377m

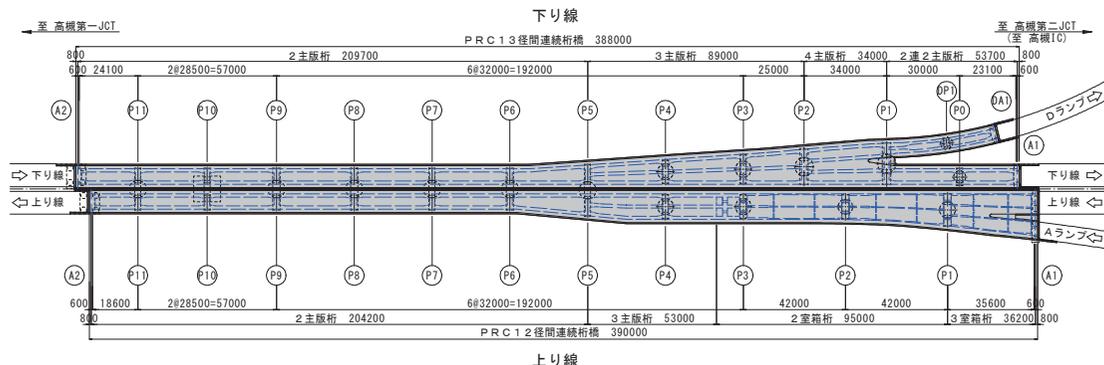


図-1 全体平面図

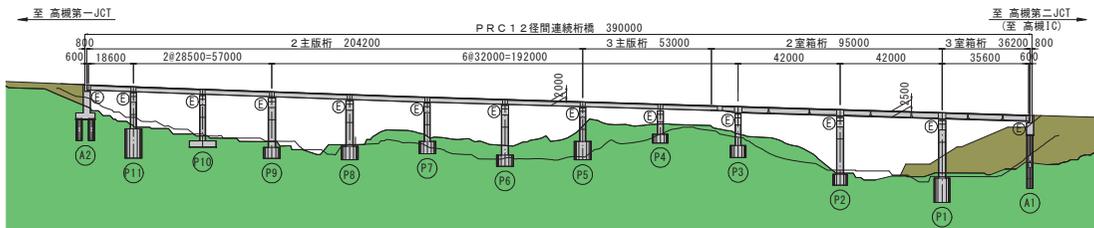


図-2 側面図 (上り線)

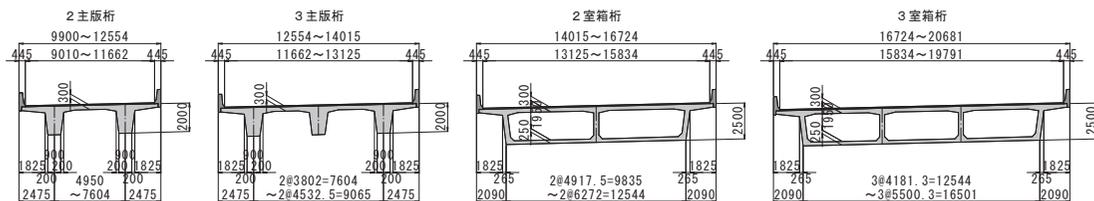


図-3 断面図 (上り線)

3. 主桁ウェブ数変化点 (間接支持部) の曲げモーメント評価に対する検討

3. 1 検討概要

主桁ウェブ数が増える支座位所において、すべてのウェブ直下に支承を設けた場合は外ウェブ位置と中ウェブ位置での反力差が大きく支承の設計が不成立となることから、一部のウェブには支承を設けないこととした。そのため、主桁ウェブは横桁による間接支持となることから、中間支座位所の曲げモーメント低減作用についてFEM解析による検証を行い、主桁の設計に反映することとした。解析モデルは版桁区間のP5支座位所と箱桁区間のP1支座位所とし、支承の支持条件は格子解析の場合と同様に橋軸方向の支承幅を無視した支承線支持モデルと実挙動を想定した支承幅考慮の支承面支持モデルの2ケースを考慮した。

3. 2 検討結果

FEM解析と格子解析の曲げモーメントの比較について、版桁を図-4、箱桁を図-5に示す。実挙動を想定した面支持モデルのFEM解析結果において中間支座位所の負曲げ低減作用が確認されたことから、詳細設計では基本設計と同様にすべての中間支座位所で道路橋示方書Ⅲコンクリート橋編14.3.2に準拠した負曲げの低減を行う方針とした。中間支座位所の負曲げ低減作用が期待できる理由は以下のことが考えられる。

- (1) 起点側と終点側の片方ではすべてのウェブが直接支持されているため各桁共に十分な負曲げ低減作用があり、支承線上の全断面 (各ウェブ合計) あたりの曲げモーメントは起点側と終点側で一致することから、間接支持側でも直接支持側と同等の負曲げ低減作用を受ける。
- (2) 箱桁は断面のねじり剛性が高く箱形の全断面で一体として曲げに抵抗するものであり、支承がウェブ直下ではなくても直接支持と同様の挙動となり、直接支持と見なすことが可能である。

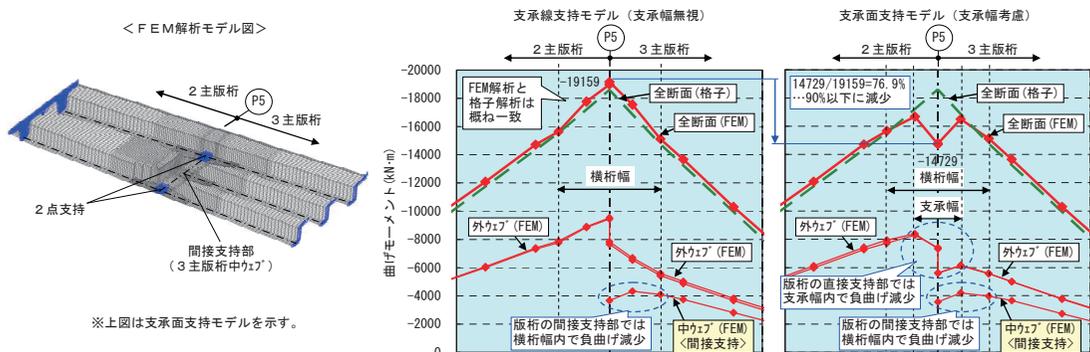


図-4 主桁ウェブ数変化点 (間接支持部) の曲げモーメント比較 (版桁)

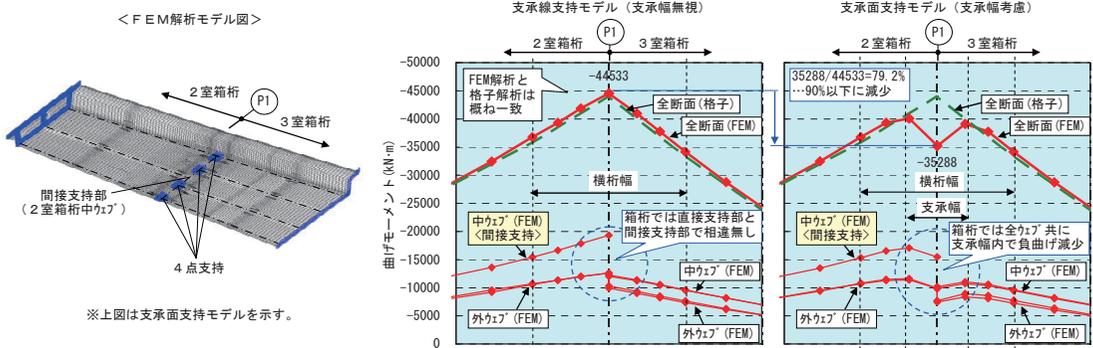


図-5 主桁ウェブ数変化点 (間接支持部) の曲げモーメント比較 (箱桁)

4. 主桁の角折れ部の局部応力に対する検討

4.1 検討概要

幅員変化に対して片持床版長一定とする場合、幅員変化点の主桁ウェブ軸線に角折れが生じ、角折れ部には主桁の曲げ応力や縦縮めケーブルによる腹圧力が作用する。箱桁の場合は閉断面のため腹圧力による断面の変形が小さく一般に特別な補強の必要は無いが、版桁では開断面のため腹圧力によるウェブ下端の横反りが大きく、床版やウェブに比較的大きな付加応力の発生が懸念された。しかしながら、版桁断面をラーメン構造にモデル化する通常の横方向設計の骨組解析モデルでは、水平方向の腹圧力に対する拘束条件の評価や橋軸方向への応力分布性状が不明瞭であり、適用が困難であった。そのため、FEM解析モデルを用いて主桁角折れ部に腹圧力を載荷することで腹圧力による付加応力を算出することとした (図-6)。

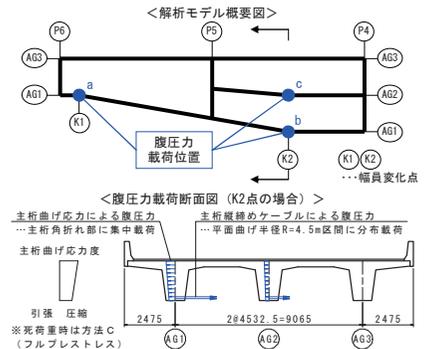


図-6 腹圧力載荷モデル

なお、解析モデルの拘束条件は横方向設計における支点部断面のピン支持モデルと同様に、支点部で橋軸直角方向と鉛直方向を固定とした。

4.2 検討結果

主桁角折れ部の死荷重時の腹圧力による最大主応力分布を図-7に示す。支間中央付近の主桁角折れ部 (K2点) においては、主桁角折れに起因する腹圧力による付加応力として床版部では橋軸直角方向に 1.54N/mm^2 、ウェブ側面部では橋軸方向に 2.45N/mm^2 の引張応力が作用することが確認された。付加応力対策としては、補強鋼材配置案や主桁角折れ部への中間横桁設置案に加え、片持床版長を変化させて支間部での主桁角折れを無くした主桁軸線変更案により比較検討を実施した結果、構造的な施工性、外観などを含めた総合的な判断により補強鋼材配置案を採用した。補強鋼材は、床版部では一般部の床版横縮めPCケーブル 1S17.8ctc750と同一形状で、主桁角折れ部に向かってctc250まで段階的にピッチを変化させて配置し、腹圧力による付加応力を考慮した状態に対してもPRC床版の死荷重時のひび割れ制限方法C (フルプレストレス) 相当を満足させることとした。また、ウェブ側面部では主方向のプレストレスにより引張応力は解消されるが、プレストレスを無視した状態でも鉄筋応力度が 120N/mm^2 以下となる様にD19ctc125を配置した。

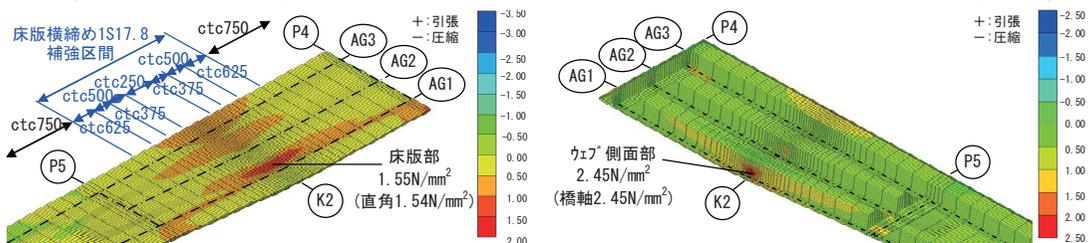


図-7 主桁角折れ部の腹圧力による最大主応力分布 (死荷重時)

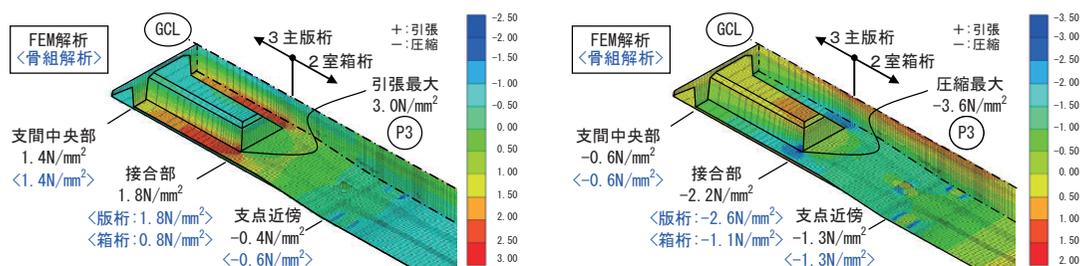
5. 接合部近傍の局部応力に対する検討

5. 1 検討概要

P4～P3 径間の P3 支点側では版桁から箱桁に主桁の断面形式が変化することから、主桁としての応力性状の確認や接合部近傍の局部応力に対する検討を目的として FEM 解析を実施した。解析モデルは断面对称性より半断面モデルとした。なお、接合部横桁は外ケーブル定着隔壁としての役割があるため、定着部の点検や予備ケーブルの緊張用の作業足場としての利用を考慮し、横桁位置から版桁区間に下床版を 2.5m 追加 (延長) することとし、局部応力に対する検討は下床版を延長した解析モデルにより行った。

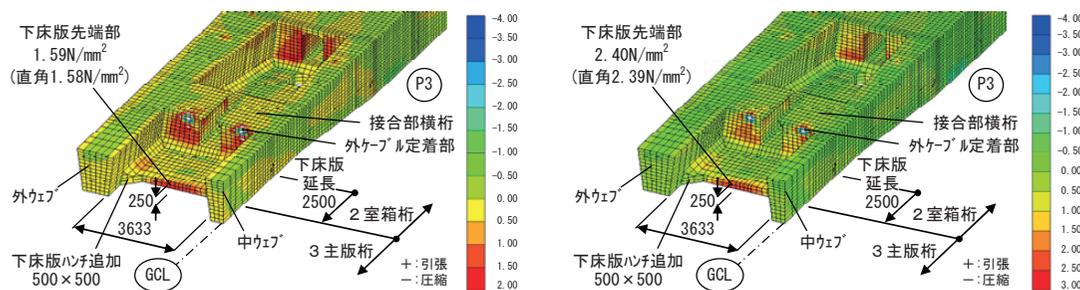
5. 2 検討結果

接合部の主桁としての応力性状は、図-8 に示すとおり FEM 解析と骨組解析で橋軸方向応力が概ね一致しており、版桁区間、箱桁区間共に骨組解析や格子解析による断面力に対して主桁の設計を行うことで問題は無いと判断した。なお、接合部近傍の版桁側ウェブ下端隅角部には断面急変による応力集中が確認されたため、ウェブと下床版の平面交差部に下床版ハンチを追加して応力集中を防止することとした。



(a) 接合部 Mmax 時 (活荷重のみ) (b) 接合部 Mmin 時 (活荷重のみ)
 図-8 接合部の橋軸方向応力分布 (応力値: 主桁下縁)

下床版の延長やハンチの追加を反映した局部応力検討用のモデルでは、下床版先端部のウェブ位置の橋軸方向圧縮力に起因して、下床版先端部に死荷重時では 1.58 N/mm²、設計荷重時では最大 2.39 N/mm² の橋軸直角方向引張応力が作用することが確認された (図-9)。ただし、接合部が曲げ交番点付近であることや、ウェブ間隔が比較的狭いことから、引張応力は下床版先端部のごくわずかな領域であり補強鉄筋量としては D13ctc125 にて満足する結果であった。なお、下床版先端部は版桁から箱桁への応力遷移区間となるため、ウェブ位置より 45° 分布 (ウェブ間隔の 1/2) の範囲は下床版断面を無視し、版桁としての設計を行った。



(a) 死荷重時 (b) 設計荷重時 (接合部 Mmin 時)
 図-9 接合部近傍の最大主応力分布

6. おわりに

近年では、維持管理の省力化や耐震性の向上を目的とした連続化から、異なる断面形式を接合する混合構造が積極的に採用され、幅員変化に伴う主桁ウェブ数の変化や分岐構造など、PC橋の構造の多様化が進んでいる。構造の多様化、複雑化は、設計の高度化や施工性への配慮が要求されることとなるが、一般的な設計手法では十分な検証ができないような検討事項については、解析的アプローチとして本橋で用いた FEM 解析は有効である。本報告が類似構造の設計において参考となれば幸いである。