

新名神高速道路 成合高架橋 (下り線) の設計

川田建設(株)九州支店技術課	正会員	○蓑田 俊介
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
川田建設(株)九州支店技術課	正会員	福宿 良孝

キーワード：多主版桁，分岐構造，立体格子解析，FEM解析

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IC付近に架かるPRC連続桁橋である。Aランプ合流部を有する12径間の上り線とDランプ分流部を有する13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。

主桁ウェブ数が変化する中間支点部において支点横桁で間接支持された主桁の設計曲げモーメントの評価や，幅員変化点の主桁角折れ部の腹圧による付加応力に対する横方向の検討，版桁から箱桁に変化する接合部近傍の局部応力に対する検討など，上り線で実施した検討事項の概要は既報¹⁾のとおりである。

本稿では，主桁ウェブ数変化部および分岐部の支点横桁に着目した面内・面外の曲げモーメントやねじりモーメントに対する検討，分岐部の主桁縦締めケーブル配置の最適化ならびに局部応力に対する検討など，下り線で実施した立体格子解析やFEM解析による検討事項について概要を報告する。

2. 橋梁概要

成合高架橋 (下り線) の側面図，平面図，断面図を図-1，図-2，図-3に示す。

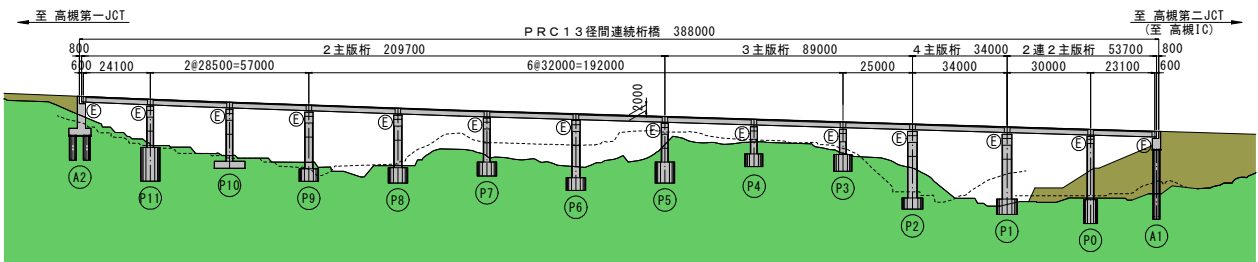


図-1 側面図 (下り線)

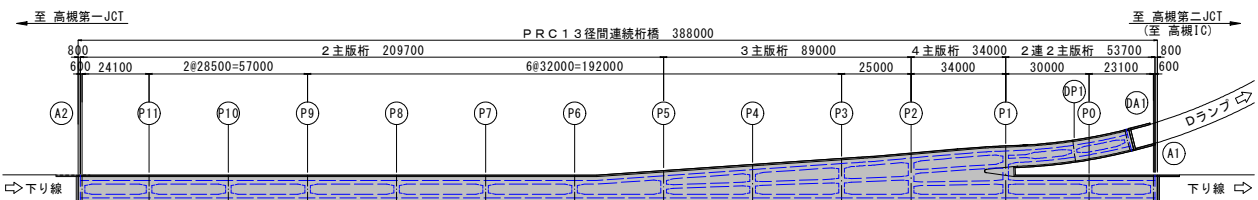


図-2 平面図 (下り線)

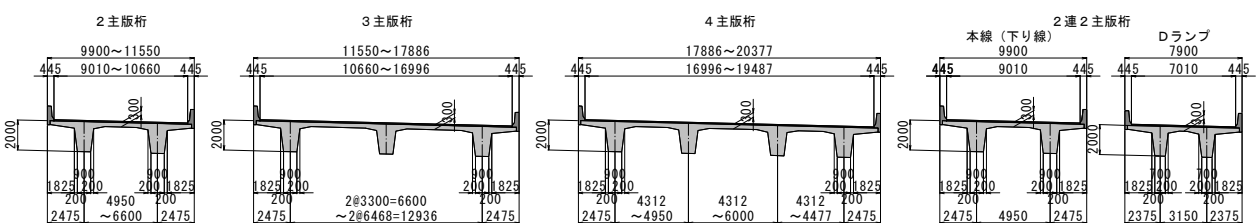


図-3 断面図 (下り線)

3. 主桁ウェブ数変化部および分岐部の支点横桁の検討

3. 1 検討概要

多主版桁橋の設計においては、主桁断面力は設計要領第二集²⁾に準拠して自重、橋面荷重、活荷重を平面格子解析、それ以外の荷重を平面骨組解析により算出し、支点横桁断面力はコンクリート道路橋設計便覧³⁾に準拠して横桁断面を梁モデルとした平面骨組解析により自重、橋面荷重、活荷重の支点反力相当の荷重を対象に算出するのが一般的である。本橋においては、主桁ウェブ数が変化するP5、P2支点部(図-4)や分岐構造となるP1支点部(図-8)では、支点横桁を境に主桁中ウェブの軸線が不連続となることから、横桁断面を梁モデルとする一般的な設計方法では算出されない以下の支点横桁断面力についても影響が大きいことが懸念された。

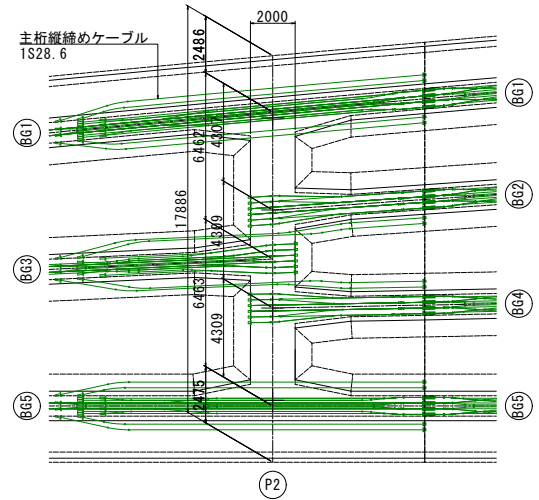


図-4 P2 支点横桁平面形状

表-1 支点横桁の設計断面力

	一般的な場合			本橋		
	面内 曲げ	面外 曲げ	ねじり	面内 曲げ	面外 曲げ	ねじり
自重	○	-	◎	○	-	●
橋面荷重	○	-	◎	○	-	●
活荷重	○	-	◎	○	-	●
主桁プレストレス	-	-	-	●	●	●
乾燥収縮	-	-	-	-	●	-

凡例)

- ：考慮 (平面骨組解析) …横桁設計モデル
- ◎：考慮 (平面格子解析) …主桁設計モデル兼用
- ：考慮 (立体格子解析) …主桁設計モデル兼用
- ：無視

- (1) 主桁プレストレスによる支点横桁の面内曲げモーメント (橋軸回り)
- (2) 主桁プレストレス、乾燥収縮による支点横桁の面外曲げモーメント (鉛直軸回り)
- (3) 自重、橋面荷重、活荷重、主桁プレストレスによる支点横桁のねじりモーメント (橋軸直角軸回り)

そのため、本橋では上記断面力の算出を目的として、面内・面外の断面力が算出可能な立体格子解析を採用し、自重、橋面荷重、活荷重に加えて主桁プレストレスや乾燥収縮を载荷した。P5、P2、P1 支点横桁には立体格子解析で算出した上記断面力を梁モデルの断面力に加算することで、主桁中ウェブの軸線が不連続であることに起因する支点横桁への影響を考慮した設計を行うこととした(表-1)。

3. 2 検討結果

標準的な2主版桁区間のP11~P6 支点部と主桁中ウェブの軸線が不連続となるP5、P2、P1 支点部について、支点横桁の設計結果を図-5に示す。

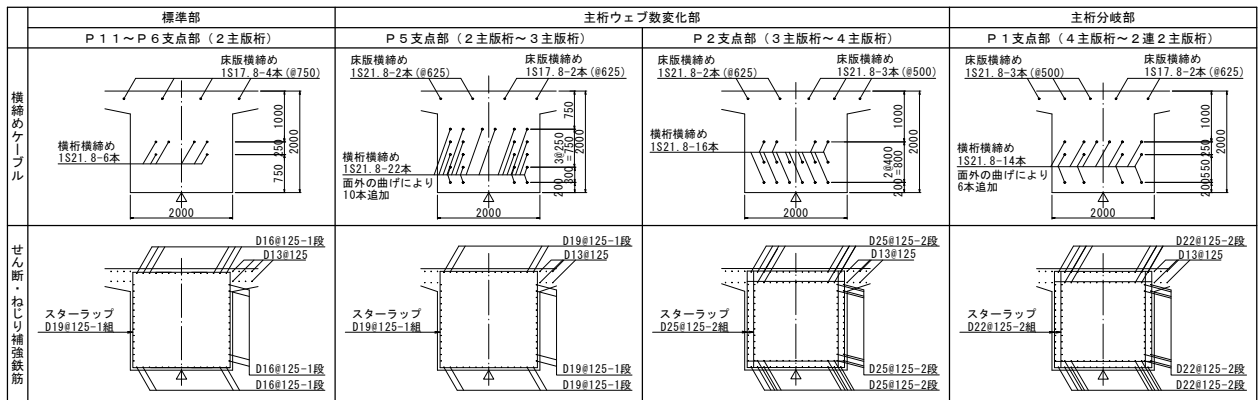


図-5 支点横桁設計結果

支点横桁はPRC構造として設計荷重作用時のひび割れを制限する方針とし、曲げに対しては死荷重時に方法C (フルプレストレス)、設計荷重時に方法B (曲げひび割れ発生限界)、せん断・ねじりに対して

は許容斜引張応力度以下を満足する様に横締めケーブル (1S21.8) の配置を決定した。結果、横締めケーブル本数は主桁中ウェブの軸線不連続の影響を考慮した面内・面外二軸曲げ照査によりP 5 支点部22本, P 2 支点部16本, P 1 支点部14本となり, とくにP 5とP 1 支点部では主桁プレストレスによる面外の曲げの影響が大きく, 面内の曲げ照査のみの場合に比べて10本と6本の追加となった。また, 終局荷重作用時のせん断・ねじりに対してはスターラップと軸方向鉄筋を125mmピッチで配置する方針とし, 鉄筋量は主桁中ウェブの軸線不連続の影響によりねじりモーメントが大きく, P 5 支点部D19-1段, P 2 支点部D25-2段, P 1 支点部D22-2段となった。幅員変化に伴う主桁ウェブ数の変化や分岐を有する支点部では標準的な2主版桁区間に比べて多くの補強鋼材となっており, 二軸曲げやねじりの影響を適切に評価することは重要といえる。

4. 分岐部の主桁の検討

4. 1 検討概要

4主版桁から2連2主版桁に分岐するP 1 支点近傍では, 分岐区間の幅員や支間長が本線部とランプ部で異なるため, 分岐部近傍の各主桁の断面力分布を把握して適切な鋼材配置を決定するとともに, 局部応力についても検討する必要があった。そのため, 各主桁の断面力は自重やプレストレス2次力についても立体格子解析による施工ステップを考慮した逐次解析により算出した。また, 応力性状の確認や局部応力に対する補強検討のため, 死荷重時および負曲げ最大時, ねじり最大時に着目した3次元FEM解析を実施した。

4. 2 検討結果 (立体格子解析)

主桁縦締めケーブル配置は, 立体格子解析で算出した図-6に示す主桁自重および活荷重による分岐部近傍の各主桁の曲げモーメント分布に基づき下記の方針で最適化を図ることとし, P 1 支点部では一体側の4主版桁と分岐側の2連の2主版桁の計3断面で応力度が制限値以下となる様にケーブル本数を決定した。

- (1) 一体区間では支間中央の曲げモーメントが同等のため, 各桁共通配置
- (2) 分岐区間では本線とランプのそれぞれの2主版桁断面で2主桁の曲げモーメントが同等のため, 本線とランプのそれぞれで各桁共通配置
- (3) 分岐境界のP 1 支点部では応力バランスの均等化を図るため, 各桁共通配置を基本配置として負曲げが大きい本線側のみ支点から0.2Lの区間にキャップケーブルを追加配置 (図-7)

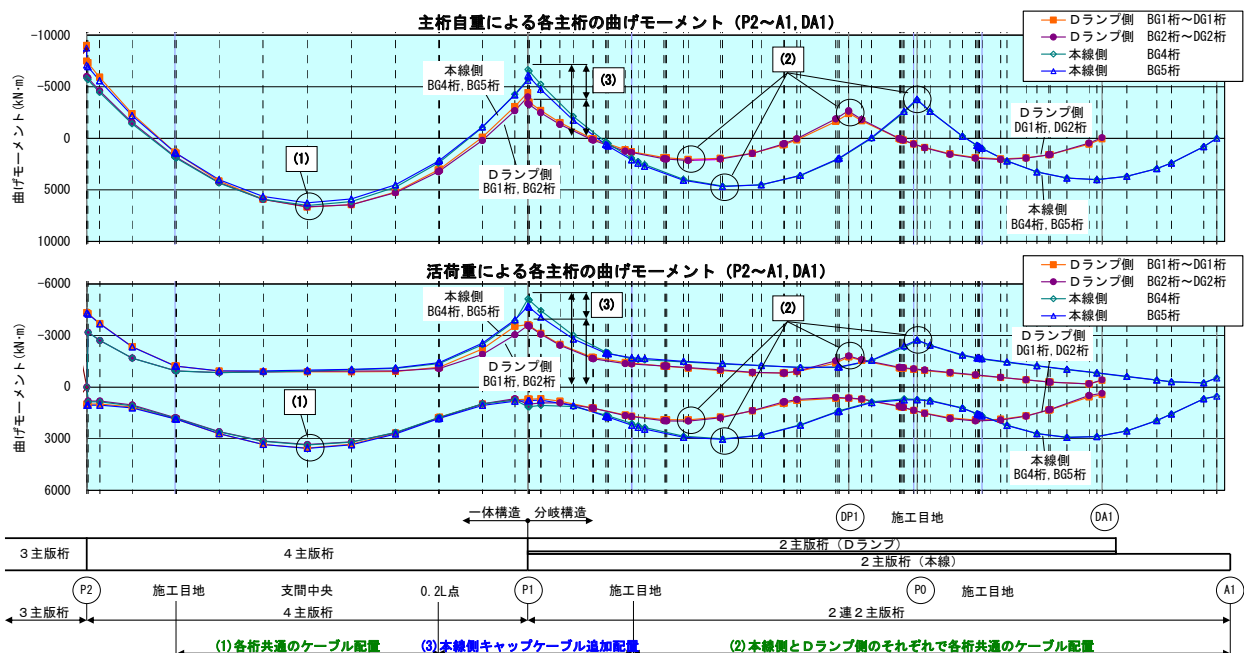


図-6 分岐部近傍の各主桁の曲げモーメント

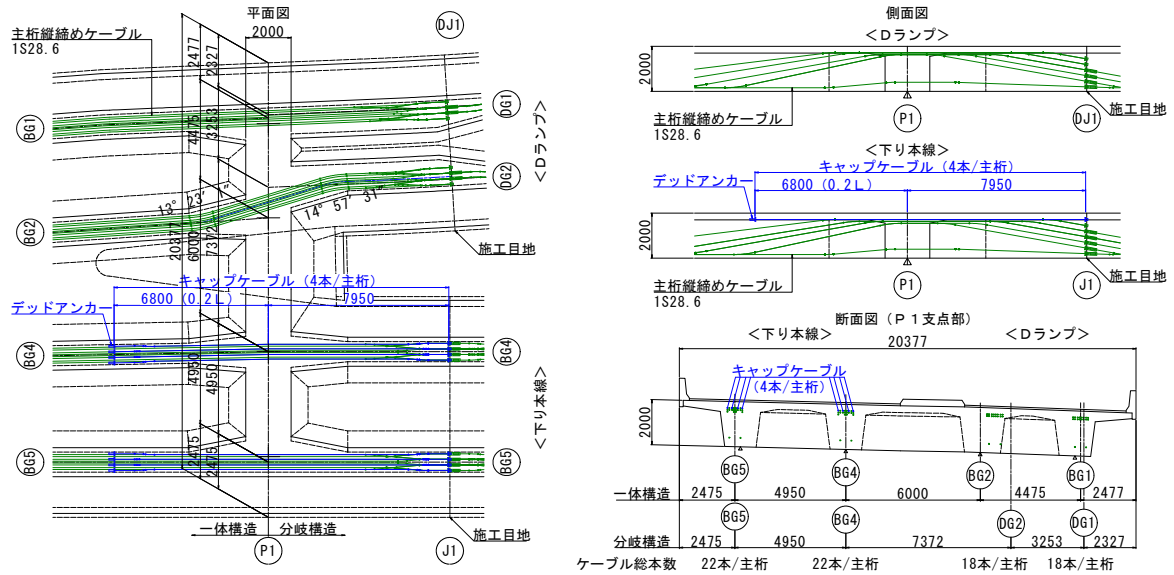


図-7 分岐部の主桁縦締めケーブル配置

4. 3 検討結果 (FEM解析)

P1支点を中心とした2径間のFEM解析モデルに主桁断面力ならびに主桁縦締め、床版横締め、横桁横締めのプレストレスを载荷した結果、主桁上下縁の応力は立体格子解析に基づく設計値とFEM解析結果で概ね一致し、主桁縦締めケーブル配置や断面照査モデルなどの設計手法は妥当と判断した。また、局部応力としては、BG2桁とDG2桁の軸線が不連続であるのに対して主桁縦締めケーブルは連続配置としたことでケーブル平面角変化部のウェブ側面に腹圧力による引張応力が発生し、当初計画の形状ではDG2桁側で最大 2.4N/mm^2 であった(図-8)。そこで、図-9に示す様にウェブ擦り付け形状を拡大して引張応力を斜引張応力の制限値 1.22N/mm^2 程度以下に低減すると共に、補強鉄筋としてスターラップと軸方向鉄筋を配置して構造安全性を確保した。

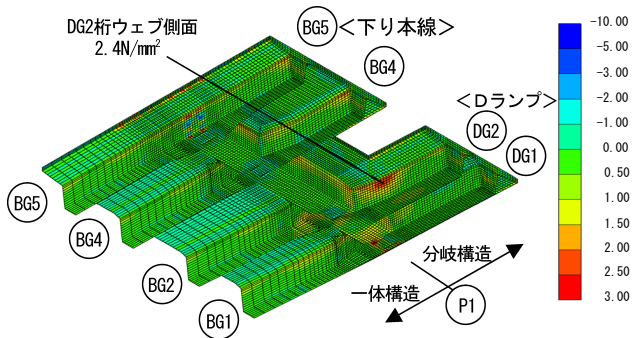


図-8 分岐部近傍の最大主応力(死荷重時)

5. おわりに

構造の多様化、複雑化は、設計の高度化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事項については解析的アプローチとして立体格子解析や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。

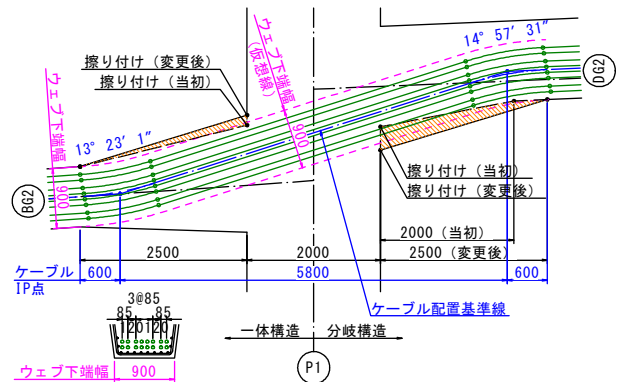


図-9 ウェブ擦り付け形状

参考文献

- 1) 蓑田, 山本, 大久保, 豊田: 新名神高速道路 成合高架橋(上り線)の設計, 第24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. 663~666, 2015.10
- 2) 東・中・西日本高速道路株式会社: 設計要領第二集 橋梁建設編, pp. 8-37~8-38, 2012.7 (H24.7)
- 3) 社団法人日本道路協会: コンクリート道路橋設計便覧, pp. 280~281, 1994.2 (H6.2)