

朝比奈川橋下り線PC上部工の設計

川田建設・極東工業共同企業体 正会員
 中日本高速道路㈱横浜支社静岡工事事務所
 川田建設・極東工業共同企業体 正会員
 中日本高速道路㈱横浜支社静岡工事事務所 正会員

○農坂 真
 五藤 正樹
 新井 達夫
 長田 光司

1. はじめに

第二東名高速道路・朝比奈川橋（下り線）は、静岡県志太郡岡部町に架設される、橋長 669mのPRC 7径間連続ラーメン波形鋼板ウェブ箱桁橋である。本橋は、波形鋼板ウェブ橋として日本最大級の支間 150mを有すること、および橋脚の応力改善のために（波形鋼板ウェブ橋では初の）反力調整工が必要となる等の特徴がある。本橋の完成イメージを写真-1に示す。



写真-1 朝比奈川橋完成イメージ

平行する上り線（コンクリートウェブのPRC 7径間連続箱桁橋）は既に完成済みであり、その反力調整工法についての報告は昨年の本シンポジウムで発表されている。

本文では、朝比奈川橋下り線の設計概要を示し、反力調整工の必要性に対する検討と、工費節減のために行った閉合順序と反力調整箇所数、および反力量との関係についての検討結果を報告するものである。

2. 橋梁概要

本橋の橋梁一般図を図-1に、断面図を図-2に、主要材料を表-1に示す。

- 工 事 名 : 第二東名高速道路朝比奈川橋 (PC 上部工) 下り線工事
- 施 主 : 中日本高速道路㈱ 横浜支社 静岡工事事務所
- 工事場所 : 静岡県 志太郡 岡部町
- 工 期 : 平成 17 年 8 月 26 日 ~平成 20 年 11 月 7 日 (1,170 日間)
- 道路規格 : 第 1 種第 1 級 A 規格 (設計速度 120km/h)
- 構造形式 : PRC 7 径間連続ラーメン波形鋼板ウェブ箱桁橋
- 橋 長 : 669.0 (m) (道路中心線上)
- 支間割り : 81.0+150.0+91.0+73.0+94.5+104.5+73.0 (m)
- 有効幅員 : 11.625m (暫定形; 2 車線), 16.500m (将来完成形; 3 車線)

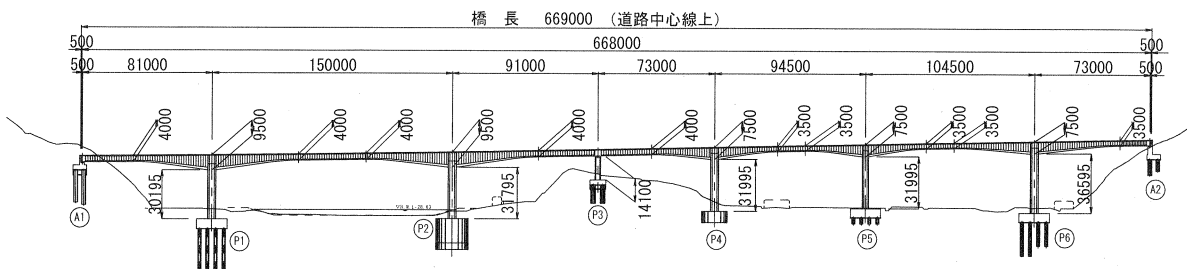
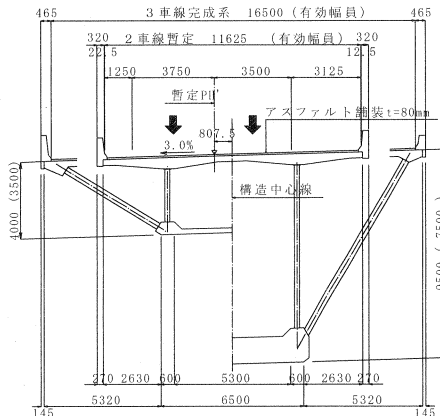


図-1 橋梁一般図

表一 主要材料

項目	仕様	摘要
コンクリート	40 N/mm ²	主桁
鉄筋	SD345	主桁・高欄
	SD490	主桁
PC鋼材	19S15.2	連結鋼材
	12S15.2	張出し鋼材等
	1S28.6	床版横締め
波形鋼板	SM570	
	SM490Y	



図一 断面図

3. 主桁の設計概要

(1) 主桁断面

本橋は、当初、暫定2車線（有効幅員；11.625m）の施工を行うが、将来的にはストラット構造を使用した完成3車線（有効幅員；16.500m）へ拡張可能な構造としている。ストラット構造の採用によりウェブ間隔は5.9mとすることが可能であり、また、波形鋼板ウェブとすることで主桁重量軽減に寄与している。

PC鋼材は内・外ケーブル併用とし、内ケーブルに12S15.2（架設鋼材、下床版補強）、外ケーブルに19S15.2（連結鋼材）を用いた。ここで、3車線拡張後の死活荷重増に対しては、外ケーブルを追加することで対応することとしている。

3車線へ拡張後の床版横方向の考え方については、通常のボックスラーメン解析の他、3次元FEM解析による活荷重応力値等を参考に設計した。

(2) 波形鋼板の設計

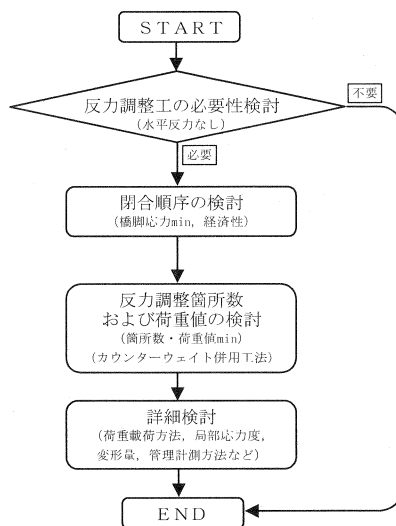
波形鋼板ウェブ形状は、実績として最も一般的な、波長1,600mm、波高220mmを採用した。波形鋼板厚は、平均せん断応力度、座屈照査、非線形動的解析応答値（レベル2地震時）の検討より決定した。このとき、コンクリートとの接合構造が埋込み接合の場合には、板厚に与える影響があるのでPBL耐力計算に対して注意が必要である。また、波形鋼板の板厚及び鋼種については、SM570材とSM490材を経済比較して決定した。

本橋では、上床版との接合構造にTwin-PBL接合、下床版は埋込み接合とした。埋込み接合は、設計上の水平せん断力によりコンクリートへの埋め込む深さを変化させて経済性に配慮した。

4. 水平反力調整工

上り線と同様に本橋においても、固定支間長L=513mに対して、平均橋脚高さHが32.5mとなり、H/Lが著しく小さい橋梁である。このため、主桁のクリープ・乾燥収縮およびプレストレス等により生じる不静定力により、橋脚が橋梁中心側へ（本橋の場合P3に向けて）倒れる状態となり、レベル1地震時の橋脚基部鉄筋許容応力度（ $\sigma_{sa}=300\text{N/mm}^2$ ）を満足しない結果となる。図一3に反力調整工検討フローを示す。

この現象への対策として、橋脚へ予め逆向きの曲げモーメントを発生させる必要があった。そこで、主桁間を水平方向に押



図一 3 反力調整工検討フロー

し開き橋脚にモーメントを与える方法を検討した。

(1) 水平反力調整工の必要性

橋脚の応力を改善するための検討に先立って、水平反力調整を行わなかった場合の橋脚応力度を検討した。検討は表-2のケースで行った。各検討ケースは、水平反力=0、主に閉合順序をパラメータとし、施工工程を考慮して概略設計したものである。

検討結果の一例を図-4に示す。ケース1では、P3以外の全橋脚について下端の応力度が、許容応力度を超えてしまう結果となった。その他の全ケースでも、全ての橋脚が許容応力度を満足するケースはなかったため、少なくとも水平反力調整工を行う必要があることとし、以下の検討を行った。

(2) 閉合順序の検討

6ケースの閉合順序検討結果より、橋脚下端の曲げモーメントを最も小さくできる(橋脚の負担が小さい)閉合順序は、側径間閉合を先行させるケース6であった。ケース6では、死荷重時の脚下端曲げモーメントが、ケース1に比べ20%程度(P6)低減される結果となった。

PC鋼材量等も含めて経済性の検討を行った結果、反力調整を最小にすることが可能なケース6を閉合順序として採用することとした。

(3) 反力調整箇所数及び反力量の検討

反力調整工の箇所数及び反力量(荷重量)は、施工性・経済性・品質に与える影響等を考慮し、最小限にとどめるのが望ましい。

水平反力調整箇所数を1箇所とした場合、2箇所とした場合の検討結果を図-5に示す。

1箇所調整する場合は、最も厳しいP1橋脚を地震時

表-2 閉合順序検討ケース

	閉合順序			備考
	①	②	③	
ケース1	P3	中間	側径間	中央→外側
ケース2	P3	側径間	中間	
ケース3	中間	P3	側径間	
ケース4	中間	側径間	P3	
ケース5	側径間	P3	中間	
ケース6	側径間	中間	P3	外側→中央

注1) ここで中間とは、P1-P2の閉合及びP5-P6閉合を意味する

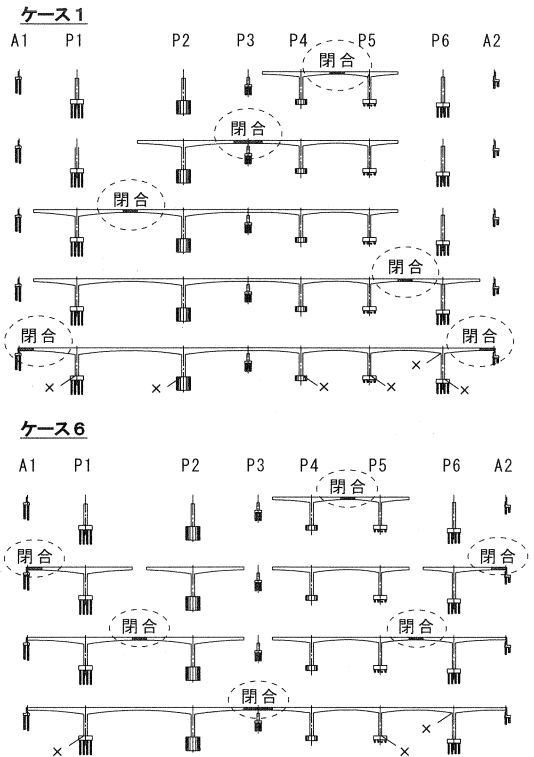


図-4 閉合順序の検討結果

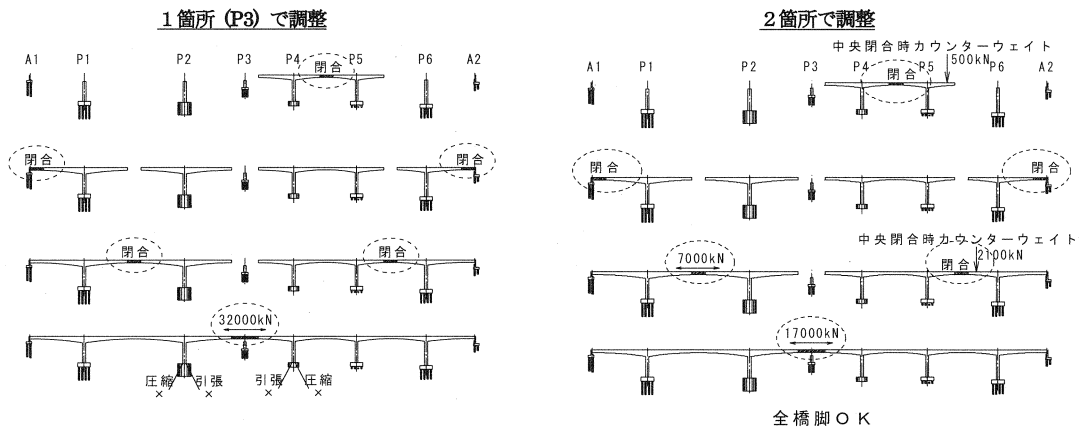


図-5 反力調整箇所数及び反力量の検討

に許容応力度以内となるように 32,000kN もの反力量が必要となり、この大きな水平反力により、P2、P4 橋脚に逆向きの過大な曲げが発生し、橋脚下端鉄筋の許容応力度を超えてしまう。よって、調整を1箇所で行うことは困難であり、複数箇所での調整工が必要であると判断した。

2箇所での水平反力調整する場合は、P1-P2 径間で7,000kN、P3 で17,000kNの反力量、さらにP5及びP6においてカウンターウェイト載荷をすることにより、全橋脚の許容応力度を満足させることが可能となった。以上の検討から、この方法が現実的に施工可能な範囲で最も経済的であり、最終的に2箇所での水平反力調整を行うこととした。

(4) 反力調整工の詳細検討

反力調整を実際に施工する場合、細部にわたる詳細検討が必要であり、現在検討中である。以下にそのポイントを述べる。

①最適な荷重載荷方法

使用するジャッキの性能、ジャッキの荷重を確実に主桁へ軸力として伝達する構造、荷重載荷位置近傍(特に波形鋼板)の局部応力等につき詳細検討が必要である。

②水平反力調整による変形量

設計計算による軸線変化及び縦断勾配を考慮したフレーム解析結果の妥当性を確認するために3次元FEM解析(図-6)を行った。変形量及び応力度については、両者の値がほぼ一致した(図-7)。

この鉛直変位を考慮してジャッキ載荷方法を、また、水平変位を考慮してP3の仮支持点構造を決定する。

③その他

水平反力はジャッキの荷重ならびにストローク(水平変位)の管理により行う。ただし、実際に設計で想定した橋脚基部曲げモーメントが与えられていることを検証するためには、主桁や橋脚の変形量・応力度の計測を行う必要がある。今後、上記の詳細検討を行い、必要最小限の計測を行う予定である。

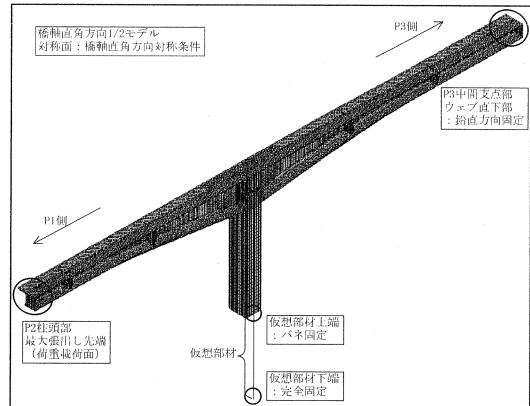


図-6 FEM解析モデル

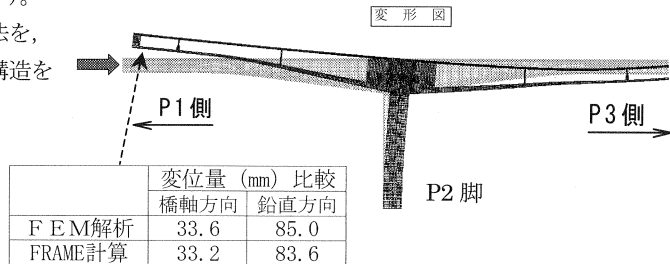


図-7 水平反力調整による変形 (P1-P2)

5. おわりに

朝比奈川橋下り線は、平成18年6月からの脚頭部施工開始を目前に控えた段階である。既述したように、現在、反力調整工の詳細検討や、施工計画等を鋭意行っている段階である。これらの報告を含め、特徴ある橋梁として、今後も、反力調整工を含む施工の実施(管理)結果について報告していきたいと考えている。

最後に本橋梁の設計・施工に対して、大いなるご指導と方向性を示していただいた関係各位に感謝の意を表するとともに、本稿が波形鋼板ウェブPC箱桁橋の今後のさらなる発展に対する一助となれば幸いである。

参考文献

1) 高橋, 五藤, 中島, 松尾: 反力調整工法を採用した第二東名高速道路の朝比奈川橋の設計・施工, 第14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.519-522, 2005.12