

長支間を有する波形鋼板ウェブ箱桁橋の設計・施工

(株)ピーエス三菱 名古屋支店 正会員 ○大房 明広
 中日本高速道路(株) 名古屋支社 和崎 宏一
 (株)ピーエス三菱 名古屋支店 正会員 能島 英明

1. はじめに

東京・名古屋間を結ぶ新東名高速道路（以下新東名と称す）は従来の東名高速道路とのダブルネットワークにより渋滞の緩和，気象状況の変化や事故などによる通行止めの場合においても，もう一方で通行が可能となるリダンダンシーとしての役割を果たす重要な路線である。

生平橋（工事中仮称）は愛知県岡崎市生平町に位置する新東名の本線橋である。本橋は交差条件，地形により橋長および径間割を設定し，橋梁形式として構造的，経済性に優れる張出し施工による波形鋼板ウェブラーメン構造を採用した。柱頭部は外ケーブルの定着部であることにより，横桁の充実部において6.6m×5.0mと部材が厚くマスコンクリートの対策が必要であった。また，本橋は最大支間長が144mで張出し長が84.4mと比較的長いため，主桁のたわみを考慮した上げ越し計画の精度向上が不可欠であった。波形鋼板ウェブ特有である裏打ちコンクリートは施工時期の違いによる経済比較と，過密配筋に対する充填性が懸念されたため高流動コンクリートによる打設試験を行った。近年，外ケーブルは施工性が優れていることによりエポキシ樹脂被覆PC鋼材の使用が増えている。本橋においても被覆鋼材を採用したが，施工時の被覆材の健全性に関する報告¹⁾もあり，これを確認するため鋼材の緊張完了後にピンホール試験を実施した。以下に，PC上部工の設計・施工について報告する。

2. 橋梁概要

本橋の橋梁諸元を表-1に，また構造一般図を図-1に示す。本橋は最大支間が144mと比較的長いことから死荷重の軽減のため主桁ウェブに波形鋼板を採用した。架設方法は移動作業車による張出し施工とし，側径間工，中央閉合工は急峻な地形により吊支保工を採用している。波形鋼板ウェブの材質はSM490Yを使用し，鋼板どうしは溶接接合としている。

工事名	第二東名高速道路 生平橋他2橋(PC上部工)工事
発注者	中日本高速道路株式会社 名古屋支社
工期	平成21年1月7日～平成24年5月20日
構造形式	PRC3径間連続ラーメン波形鋼板ウェブ箱桁橋
橋長	(上り線)307.0m (下り線)264.0m
有効幅員	10.510m
平面線形	R=12000m
最大支間長	(上り線)144m (下り線)120.0m
縦断勾配	i=2.0%
横断勾配	i=2.5%
架設方法	張出し施工、吊り支保工

表-1 橋梁諸元

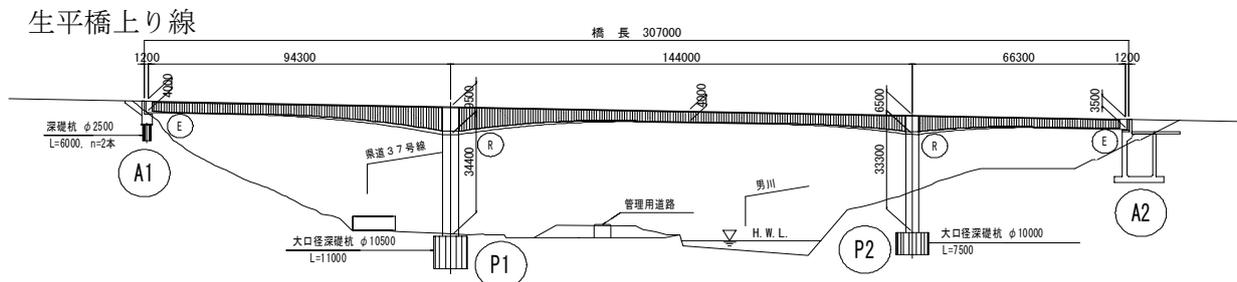


図-1 構造一般図

3. 柱頭部工の温度応力解析

外ケーブルの定着部となる柱頭部工は，マスコンクリートとしての対策が必要であった。コンクリートの硬化熱による膨張（内部拘束）および既設部に対する膨張および収縮の拘束（外部拘束）によるひび割れの発生を制限するため，施工前にあらかじめ温度応力解析を実施し対策を行った。検討ケースとして柱頭部工の施工時期が限定されないように夏季と冬季の2パターンについて検討した。ま

た、生コンクリートの硬化時の発熱量を極力抑えるため、外ケーブルのダクトを利用したエアークーリングの有効性を検討した。その結果、夏季施工の方がひび割れ指数が特に小さくなることと、エアークーリングの有効性を確認できた。温度応力解析結果(最小ひび割れ指数)を図-2に示す。解析結果において、ひび割れ指数が小さい部分には必要な鉄筋量を算出し配置することとした。

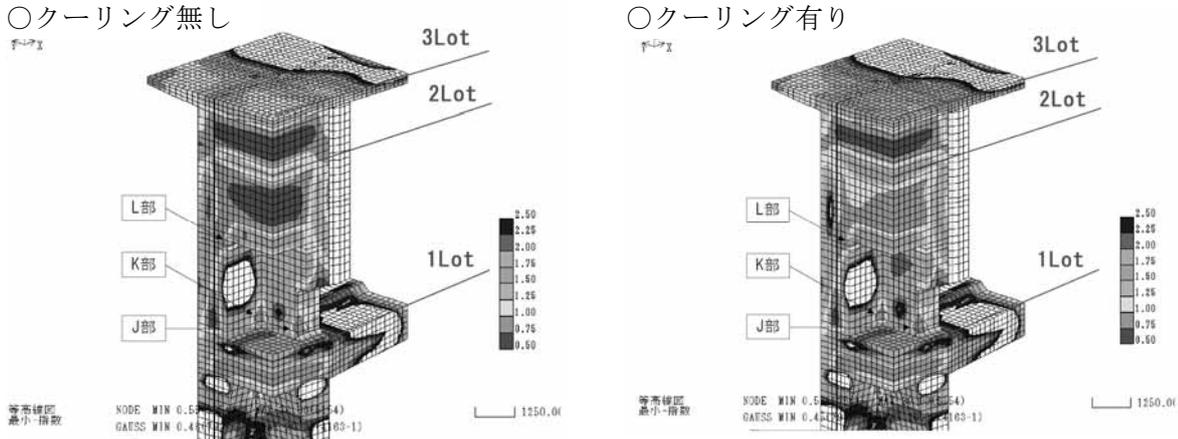


図-2 温度応力解析結果

4. 上げ越し計画

主桁の上げ越し計画は通常のPC箱桁と異なりウェブに波形鋼板を採用しているため、本構造に特有の補正やたわみに対する配慮が必要であった。特に最終ブロックは張出し長が長いことによる誤差を最小にするため、床版高さの管理として、計画時の上げ越し計算の精度向上が重要と考えた。

4. 1 波形鋼板ウェブのせん断変形

波形鋼板ウェブPC橋は通常のPC箱桁橋よりせん断剛性が小さいため、たわみの計算では、曲げたわみの他にせん断変形を考慮する必要がある。そこで張出し施工ステップの中で一番変位の大きい最大張出し時に着目し、自重による変位をFRAME(棒)解析とせん断変形が考慮できるFEM(立体モデル)により、たわみ差を算出して上げ越し計画に反映した。計算結果は図-3に示す値となり約10%程度増加の補正を行った。

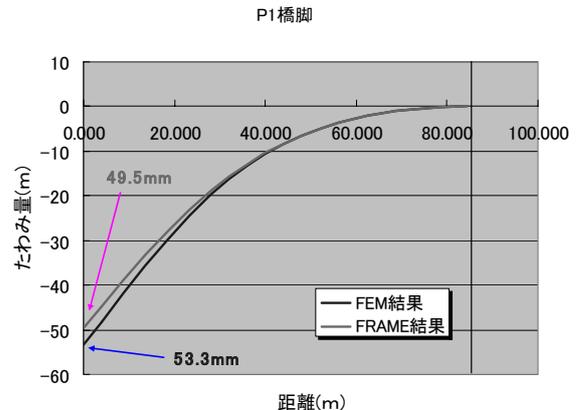


図-3 最大張出し時たわみ量

4. 2 側径間工のたわみ調整

側径間工の支保工は急峻な地形により吊支保工を採用した。施工ステップとしては、支保工設置後に波形鋼板ウェブを接合してからコンクリート打設となる。側径間において打設ステップを下床版+横桁と上床版の2Lotに分けて検討したところ1Lotの打設で70mmの大きな変位が生じることが確認された。そのため、打設前後のたわみ差を最小にするために、張出し先端ブロック付近に敷鉄板を利用したウェイトであらかじめ自重を載荷しておき、打設時にレベルによる主桁のたわみを確認しながら除荷する方法を採用した。

4. 3 波形鋼板ウェブの鋼板の上げ越し

通常のPC箱桁の場合の上げ越し計画の値は、一般的に各ブロック施工時の型枠セット用に集計する。波形鋼板ウェブにおいては、通常の型枠の上げ越しに加え、波形鋼板ウェブ自体も上げ越し値を考慮する必要がある。鋼板の上げ越しは型枠と異なり、張出し施工では進行方向先端側は型枠と同じ上げ越し値を使用するが-1BL側と接続する鋼板側の上げ越し値は前ブロックの上げ越し値から1ステップ進んでいるため別途算出し上げ越しの補正を行った。算出した結果を図-4に示す。

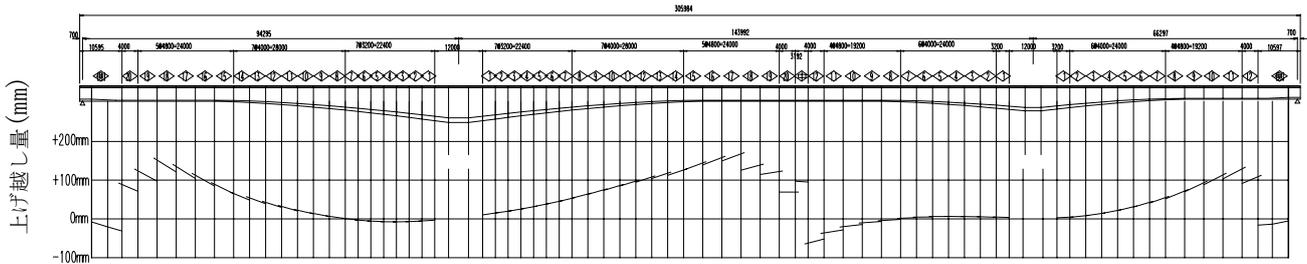


図-4 波形鋼板ウェブ上げ越し図

以上を考慮することにより実施工において概ね計算値に近い値になったことを確認できた。

5. 裏打ちコンクリート

柱頭部付近における波形鋼板ウェブの内側に設ける裏打ちコンクリートの施工時期において経済比較を実施した。また、実施工を行う前に充填性・施工性を確認するため打設試験を行った。

5. 1 経済比較

裏打ちコンクリートの施工時期にあたり、柱頭部工および張出し施工と同時に施工する場合と張出し施工完了後に施工する場合との経済比較を検討した。前者の場合、波形鋼板ウェブの補強を早期に実施できるが、架設ケーブルのプレストレスが裏打ちコンクリートに分担されるためケーブル本数を増やす必要がある。後者の場合、上床版に打設孔を設けての施工となり、縦締めケーブル、横締めケーブル、鉄筋などで過密な場所のため大きな箱抜きが設置ができない。そのため通常のコンクリートでは打設が困難なことから自己充填性のある高流動コンクリートの採用を検討した。両者を比較検討の結果、本橋では後者の方が構造的にも問題なく経済的であり、張出し施工完了後に高流動コンクリートにより裏打ちする方法を選択した。

5. 2 打設試験

裏打ちコンクリートの配筋はスターラップがD22ctc125(重ね継ぎ手)、軸方向および波形補強筋D13ctc125、スタッドボルトの配置により過密状態であった。また上床版の箱抜きはφ100と非常に狭かった。そのため過密配筋に対する充填性の良否と、打設孔に使用する打設シュート閉塞が懸念されたため、実際の配筋と波形形状をモデル化した打設試験を実施した。充填状況を直接確認できるように1面をアクリル板で可視化した。試験状況を写真-1,2に示す。

打設試験の結果、シュート形状の改良の必要性があったが、コンクリートは型枠内の隅々に充填されており、特に対策しなくてもよいことが確認された。実施工においても、表面気泡の少ない密実なコンクリートに仕上げることができた。



写真-1 打設試験状況



写真-2 内部の可視化

6. 外ケーブルのピンホール試験の実施

側径間工，中央閉合工の連続ケーブル(SWPR7BN 19S15.2)はエポキシ被覆されたノングラウトタイプの外ケーブルとした。採用の理由はシースを用いたグラウトタイプに比べ品質の安定性，施工性が優れているためである。しかしながらエポキシ被覆PC鋼材は現場作業にともなう損傷の恐れがあり，被覆層に期待する防錆効果が低下する懸念があった。そこで，定量的な判別として外ケーブル緊張完了後にケーブル全長・全周にわたりピンホール試験と目視による調査を実施した(写真-3)。

試験時期としては，外ケーブルが配置されている桁内部において，直接ケーブルが確認できる支間中央付近と足場の必要な高所の柱頭部付近とに分けて試験を実施した。特に支間中央付近はケーブル挿入用に使用した仮設資材の解体や運搬時にケーブル損傷の危険性が考えられるため，計測時期を仮設資材の搬出後とした。計測範囲は外ケーブルの外周面とし，偏向部・定着部の保護管から外れた可視区間のみとした。試験の仕様および結果は表-2の通りである。試験の結果は外ケーブルの運搬，挿入，緊張作業に対し，細心の注意を払ったが数十点の欠損箇所が確認された。欠損箇所については専用の補修塗料にて補修を実施した。

<試験仕様> JSCE-E512に準拠 ピンホール探知器 低周波高電圧パルス放電式 警報方式：ランプ+ブザー プローブ：ブラシフォルダ 荷電圧 V=3000V(400 μ ×4.55×1.5=2730Vより) 測定速度 s = 0.5m/s以下 アース：間接アース(桁内照明アース使用)
<試験結果> 試験ケーブル長：L=3068m ピンホール箇所：24箇所(127.8m/箇所) 試験時間：35時間(補修時間1H含む)



表-2 試験仕様・結果

写真-3 ピンホール試験状況

7. おわりに

生平橋は2012年3月に無事に主桁本体が完成した。その後舗装・施設などの橋面工事が別工事で行われ2014年度に新東名の全線開通を予定している(写真-4)。

工種や部位に応じた特徴に対し様々な検討や対策を行った結果，大きなトラブルも無く工事の完成を迎えることができた。今後においても事前懸案事項を抽出し，より高品質な構造物の施工をするように努めていきたい。

本工事を行うにあたり，多大なご協力をいただいた関係各位の皆様にご感謝の意を表します。



写真-4 完成写真

参考文献

1) 竈本，長谷，寺田：高速道路橋におけるエポキシ樹脂被覆PC鋼材の実態調査，プレストレストコンクリート技術協会，第19回シンポジウム論文集 2010, 10