

# 新東名高速道路 豊川橋（仮称）の設計・施工

## — 歴史の転換点「長篠」に相応しい橋梁の建設 —

入倉 英明\*1・山口 統央\*2・佐野 演秀\*3・荒川 健\*4

新東名高速道路豊川橋（仮称）は新城 IC（仮称）の東方約 2 km に位置する、PRC 9 径間連続波形鋼板ウェブ+コンクリートウェブ箱桁橋である。架橋地点には、「長篠・設楽原の戦」の古戦場と長篠城址があり、新東名高速道路の橋梁を建設するに際し、波形鋼板の塗色などを地域特性や景観に配慮した設計を行った。

本工事は、上下線ともに橋長約 500 m の上部工工事で、一級河川豊川と周辺の県道、鉄道（JR 飯田線）を横架すために複雑な交差条件を有している。これを克服するためにさまざまな施工上の工夫を行った。

キーワード：新東名高速道路、景観、波形鋼板ウェブ、閉合部

### 1. はじめに

新東名高速道路 豊川橋（仮称）は、浜松いなさジャンクションと新城インターチェンジ（仮称）との間の愛知県新城市に位置し（図 - 1）、自然公園である一級河川豊川、県道、JR 飯田線上を横架する橋長約 500 m の PRC 9 径間連続波形鋼板ウェブ+コンクリートウェブ箱桁橋である（写真 - 1）。

架橋地点は、戦国時代から織豊時代への歴史の転換点といえる「長篠・設楽原の戦」と、その前哨戦である長篠城攻防戦が古に繰り返された土地である。このため、武田軍と織田・徳川連合軍が激戦を繰り返した故事にちなんだ将士慰霊や火縄銃の演武など多くの祭礼が執り行われ、また、歴史にちなんだ研究会も地元が存在するなど、歴史とともに暮らしている地域である。このような地域に新東名高速道路の橋梁を建設するに際し、連続橋に用いられる波形鋼板の塗色などを地域特性や景観に配慮し決定した。JR 飯田線の車窓から見え、さらに地域住民憩いの自然公園となっている豊川を横架していることから付属物などの設置場所や形状にはとくに配慮した。

本稿では、ウェブの波形鋼板や付属物などの仕様の決定に際して地域特性や景観に配慮した検討経緯と、複雑な交

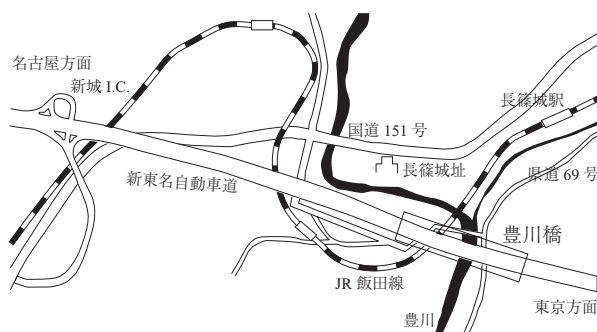


図 - 1 橋梁位置図

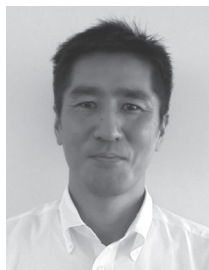


写真 - 1 完成写真



\*1 Hideaki IRIKURA

鹿島建設(株)  
横浜支店



\*2 Tsunehisa YAMAGUCHI

鹿島建設(株)  
土木設計本部



\*3 Nobuhide SANO

鹿島建設(株)  
中国支店



\*4 Takeshi ARAKAWA

鹿島建設(株)  
中部支店

差条件に起因する施工上の特徴について述べる。

## 2. 橋梁概要

### 2.1 一般条件

橋梁概要を下記に示し、橋梁一般図を図-2に示す。

工事名：第二東名高速道路

豊川橋他1橋（PC上部工）工事

路線名：高速自動車国道 第二東海自動車道

横浜名古屋線

工事位置：（自）愛知県新城市有海

（至）愛知県新城市乗本

発注者：中日本高速道路（株）名古屋支社

受注者：鹿島建設（株）

構造形式：PRC 9 径間連続波形鋼板ウェブ＋  
コンクリートウェブ箱桁橋

設計荷重：B 活荷重

橋長：上り線 491,000 m, 下り線 505,000 m

支間長：上り線 43.3 + 47.5 + 2 @ 37.0 + 66.0 +  
115.0 + 66.0 + 39.0 + 37.8 m  
下り線 40.8 + 2 @ 45.0 + 39.0 + 70.0 +  
122.0 + 70.00 + 36.0 + 34.8 m

有効幅員：9.79 ~ 10.54 m（上下線共通）

桁高：7.5 ~ 4.0 m（波形鋼板ウェブ部）

4.0 ~ 3.2 m（コンクリートウェブ部）

架設工法：張出し架設工法（波形鋼板ウェブ部 P4 ~ P7）

固定支保工架設（コンクリートウェブ部）

### 2.2 本橋の特徴

本橋の構造上の特徴として、波形鋼板ウェブ構造とコンクリートウェブ構造が混在している点があげられる。張出し施工部では、自重軽減による耐震性の向上、下部構造への負担低減、主桁のせん断耐力の向上などの理由により波形鋼板ウェブ構造を、一方、固定支保工部は 40 m 程度の支間長で経済的に有利となるコンクリートウェブ構造が採用された。また、免震支承を用いて橋桁を約 500 m の連続桁とすることで伸縮装置箇所数を低減し、メンテナンスコストの抑制とともに、耐震性と耐久性を向上させた。

施工上の制約として、本橋の交差条件に 2 本の県道と JR 飯田線が存在する点があげられる。JR 飯田線交差部の約 60 m 区間の施工は東海旅客鉄道株式会社に委託され先に施工されたため、先行施工部との接合において温度変化やコンクリートの収縮などによる目開きが懸念された。これを防止するために緊結工を実施した。

また、2 本の県道は、それぞれ張出し施工部と固定支保工施工部で交差するが、とくに固定支保工施工部では斜角 40 度で交差するため、支保工のトラス桁の支間が長くなり出来形精度の管理が困難になることから、支保工構造を工夫してたわみを抑制するような施工を行った。

## 3. 上部工の設計

### 3.1 景観

本橋は、既述のように「長篠・設楽原の戦」の合戦場に近く、またその姿を長篠城址からも望むことができる。



図-2 橋梁一般図



景観検討に際してのデザインの主眼は波形鋼板の塗色であり、四季の変化を感じ、豊川の水の色合いや緑豊かな自然景観の美しさを引き立てる色とし、デザインコンセプトは下記とした。

- 中世の戦いの地としての歴史を感じさせる色
- 自然風景と調和して景観の質を高め、美しく見せる色
- ランドマーク的存在としてのデザイン
- 過去（歴史）・現在（景観）および未来（技術）を感じられるデザイン

最終的に比較検討した4案を図 - 3～6に示す。

① A案（長篠城の「瓦」）

地域の歴史に深く関わる長篠城をイメージさせる色であ



図 - 3 A案の完成予想図



図 - 4 B案の完成予想図



図 - 5 C案の完成予想図



図 - 6 D案の完成予想図

り、低明度の色が景観を引き締め、コンクリートとのコントラストがデザイン性を高める。

② B案（織田の「鉄砲」）

経年変化した火縄銃の鉄をイメージさせる黒に近い茶とすることで、地域の歴史を連想させる。低明度の茶系を使用することで景観を引き締め、コンクリートや自然景観とのコントラストがデザイン性を高める。

③ C案（武田の「赤備え」）

赤茶色は経年変化した武田軍の甲冑などに見られる色である。武田軍を想像させるような塗色を使用することで、地域の歴史を感じさせつつ周囲の自然環境との補色対比がデザイン性を高める。

④ D案（徳川の「白亜の天守」）

徳川系の天守の白漆喰を連想させる色で、暖かく柔らかみのある白が清潔さを感じさせ景観に優しさを与える。

この中から、上記デザインコンセプトを勘案のうえ総合的な評価により、A案が採用された。写真 - 2に黒色系の塗色を採用した波形鋼板ウェブの全貌を示す。一般的なコンクリートを模した灰白色系の橋梁とは異なる印象を周囲に与えている。



写真 - 2 完成した波形鋼板ウェブ

そのほかにも本橋は景観に配慮し、橋脚上部に取り付ける支承検査用のブラケット式足場の手すりに美観に優れるルーバー形式を採用した。また、自然公園である豊川側、

JR 飯田線および県道から見えないうように排水管や検査孔などの橋梁付属物を配置した。

### 3.2 柱頭部の温度応力対策

豊川橋の張出し施工部の柱頭部（P5、P6）の桁高は7.5 mと高く、さらに外ケーブルの定着位置でもあることから柱頭部横桁は厚さ5 m、幅6.1 mの厚い部材となっており、温度応力によるひび割れが懸念された。特記仕様書では、柱頭部コンクリートに普通ポルトランドセメントが指定されていたが、温度ひび割れを改善するために柱頭部横桁に中庸熱ポルトランドセメントを採用した。

中庸熱ポルトランドセメントは、発熱や自己収縮が抑制され、内外温度差による表面ひび割れや外部拘束による貫通ひび割れを抑制できる。現地の生コンクリートの特性値を反映した温度応力解析の結果、中庸熱ポルトランドセメントの使用によって、2リフト目の最高温度を10℃低減する効果があり、横桁の温度ひび割れ指数をひび割れの発生をできるだけ制限したい場合の参考値である1.45以上となる1.46にできることがわかった。温度ひび割れ指数の分布を図-7に示す。

中庸熱ポルトランドセメントで施工した結果、温度応力が起因为と思われるひび割れなどの不具合の発生がなかったことを確認した。

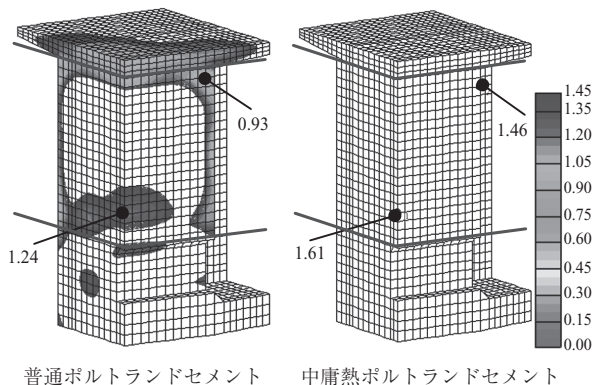


図-7 柱頭部の温度ひび割れ指数分布

### 3.3 膨張コンクリートの適用

柱頭部と同様に温度や収縮に伴うひび割れを抑制するために、外部拘束が卓越する部位に膨張コンクリートを採用した。適用箇所は、外部拘束によりひび割れが発生しやすい柱頭部上床版、張出し施工部の1～3 BL、中央閉合部および支保工施工部上床版とした。膨張コンクリートは、長期の収縮量と同程度、材齢初期にコンクリートが膨張することで長期的に収縮・膨張量が釣り合うためトータルの収縮量が低減する。そのため、解析的に検討しコンクリートの収縮により構造的にひび割れが生じやすい部位を決定した。

張出し施工部1～3 BLへ適用した事例では、膨張コンクリートを適用することで、使用しない場合の最小温度ひび割れ指数が1.17に対して、膨張コンクリートを適用することでひび割れが指数がひび割れを防止したい場合の参考値である1.75以上となる1.76となることを解析で確認

した。張出し施工部の温度ひび割れ指数分布を図-8に示す。

膨張コンクリートを適用し施工した結果、温度応力や収縮が起因为と思われるひび割れなどの不具合の発生がなかったことを確認した。

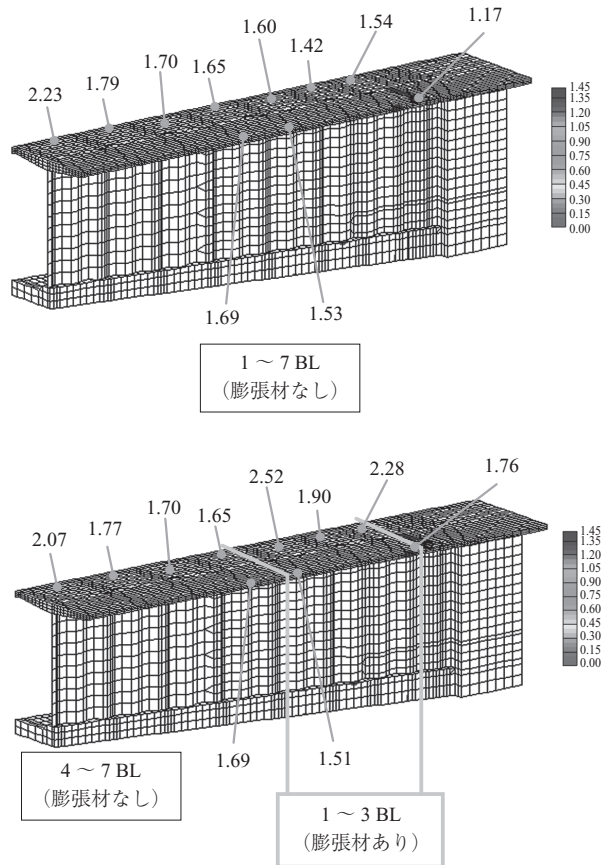


図-8 張出し施工部の温度ひび割れ指数分布

## 4. 上部工の施工

### 4.1 施工概要

本橋はPRC9径間連続波形鋼板ウェブ+コンクリートウェブ箱桁橋である。一級河川豊川を横架する波形鋼板ウェブ箱桁橋部は移動作業車を使用した張出し架設工法により架設し、コンクリートウェブ箱桁橋部は固定支保工により架設した。

本工事では、橋面を工事用道路として早期に供用すべく迅速な施工が求められた。そのため、工程遅延リスクの排除や先行して施工される他社施工区との閉合部への対処が必要となった。

### 4.2 張出し施工のサイクル工程の確保

波形鋼板ウェブ構造部の張出し施工におけるサイクル工程の制約としては、波形鋼板の架設・溶接あるいは高力ボルト接合・塗装の工程がある。とくに塗装工程は塗り重ね間隔の制約から最短7日間を要し、かつ温湿度による施工不可条件があるため、天候の影響を非常に大きく受ける。そのため、サイクル工程を確保するためには波形鋼板を施



工ブロックよりも先行して架設して、工程上の余裕を作り出すことが必要となった。本工事では、図 - 9 に示すように、移動作業車の下段作業台を橋軸方向に延長して波形鋼板が架設可能なスペースを確保するとともに2.8t低床ジブクレーンを移動作業車上に設置して、波形鋼板を施工中ブロックに先行して架設することによりサイクル工程を確保した。

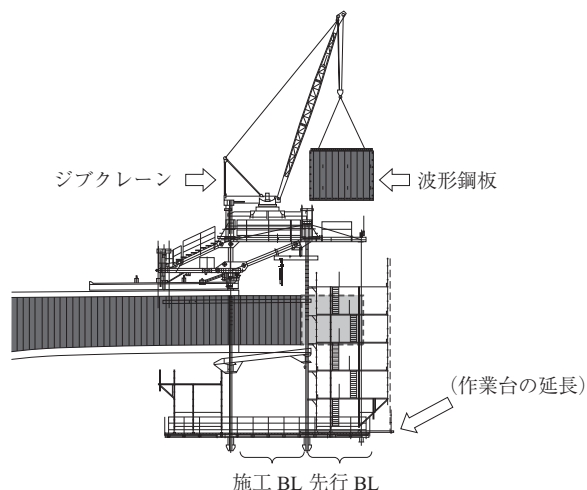


図 - 9 先行架設概要図

### 4.3 閉合部緊結工

本橋の飯田線交差部 (P2-P3 間) の施工は他工事による先行施工であり、本工事との P3-P4 間の閉合部が最終閉合位置となるため、閉合コンクリート打設硬化時の既設コンクリートの温度変化や乾燥収縮などによる目開きやひび割れの発生が懸念された。

そこで、閉合部の両桁端を溝形鋼と PC 鋼材にて拘束する緊結工を実施した。

#### (1) 必要拘束力の算出

二次元骨組解析により閉合部の温度変化による相対移動量と閉合部拘束時の発生断面力を算出した。コンクリート打設時期の豊川橋周辺の一平均温度勾配の実績は 10℃ で、この場合図 - 10 のように 29 mm の水平方向相対変位が発生するため緊結工による拘束が必要と判断した。緊結工における必要拘束力の算出は、閉合部拘束時に発生する断面力により決定した。

なお、コンクリートの乾燥収縮による相対差については、閉合部の打設から外ケーブル緊張によるプレストレス導入までの期間が 13 日と短期間のため、相対差への影響が小さいと判断して考慮しなかった。

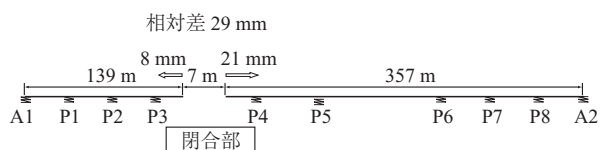


図 - 10 二次元骨組解析モデルイメージ

#### (2) 緊結方法

図 - 11 に緊結工の概要図を示す。緊結工の設置状況を写真 - 3 に示す。閉合部を挟む既設主桁の上床版上に橋軸方向に溝形鋼を配置し、鉛直方向の PC 鋼棒の緊張力により溝形鋼と主桁を一体化し、その摩擦抵抗力により発生断面力に抵抗させる緊結方法とした。さらに、溝形鋼の伸び変形の発生を抑制するために、溝形鋼の中心に PC 鋼棒を配置し、一日の寒暖差により溝形鋼に生じる引張力に相当するプレストレスを導入した。

緊結工の開放は、当該支間の外ケーブル緊張後に実施した。

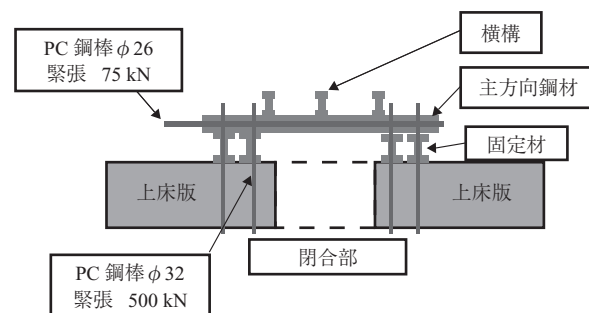


図 - 11 緊結工概要図



写真 - 3 緊結工設置状況

#### (3) 緊結工の効果

4月上旬に施工した下り線において、緊結工の設置前では、桁端移動量の相対差は8時と17時の温度差7℃に対して20mmあったが、緊結工の設置後は、移動量の相対差は生じなかった。

本方法で施工した結果、既設桁に接合する閉合部の打継目に目開きやひび割れなど、不具合の発生がなかったことを確認した。

### 4.4 県道交差部における支保工架設

本橋の交差物件のうち、P1-P2 径間で固定支保工部と交わる県道は斜角 40 度で交差する。

当初計画では、図 - 12 に示すように県道の両側に支柱式支保工を設置してトラス桁を架設する計画であったが、支保工の支間が広い (最大 24 m) ためトラス桁のたわみ

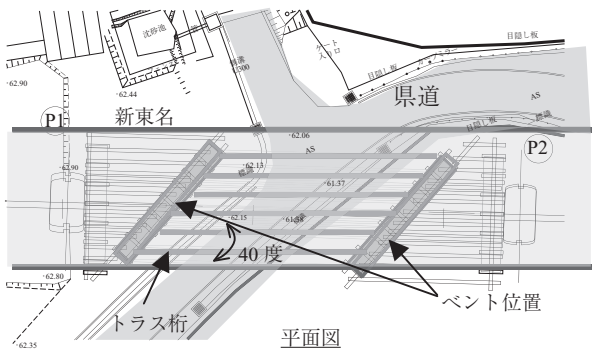


図 - 12 支保工計画図 (当初)

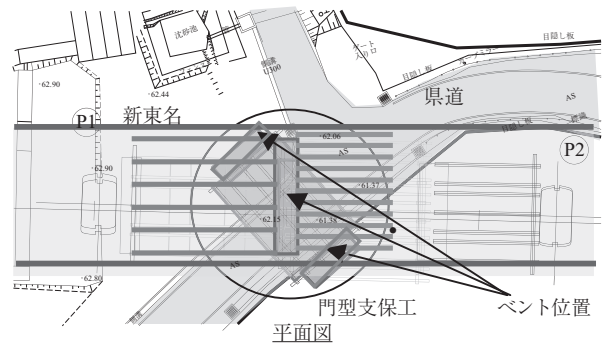


図 - 13 支保工計画図 (実施)

が大きくなること、トラス桁を斜めに配置すると隣接するトラス桁間の最大たわみ発生位置が大きすぎてしまうことから、支保工の高さ管理が煩雑となり施工精度の確保が課題となった。

そこで、図 - 13 および写真 - 4 のように県道とほぼ90度で交差するように門形支保工を設置し、その門型支保工上に県道および門形支保工に対して40度の斜角を有するベントを設置した。この結果、P1、P2橋脚とベントはほぼ平行な位置関係となる。このベント上に支保工主桁となるトラス桁とH鋼材桁を架設して、支保工径間長を最大16mに短縮することにより支保工のたわみ量を抑制した。また、支保工主桁（トラス桁）が躯体に対して斜角を有さないように架設されるため、個々のトラス桁に生じる最大たわみの発生断面を同一箇所（各径間中央）とできた。これにより、桁に対する上げ越し量の設定が単純化され、確実なたわみ管理が可能となった。実施工において、上下線とも計算たわみと実測たわみの誤差は小さく、不均等なたわみの発生も認められなかった。なお、P1-P2間の門形支保工および支保工の架設・撤去は、県道上空での揚重作業を伴うため、交通量の少ない21:00～6:00の時間帯に一時全面通行止め規制を実施して行った。

## 5. おわりに

豊川橋は平成26年5月30日に竣工し、新東名自動車道



写真 - 4 支保工設置状況

の愛知県内開通にあわせ準備を行っている。写真 - 5 のとおり、黒色系の塗色を採用した波形鋼板ウェブ構造が全貌を見せており、周辺の景観に溶け込み地域のランドマーク的な存在感を与えている。

今後、本橋が景観に配慮すべき地域における橋梁建設や多様な交差条件を有する工事における参考となれば幸いである。

また、多大なご協力とご指導をいただいた中日本高速道路(株)名古屋支社および豊川工事事務所他の関係各位に感謝する次第である。



写真 - 5 完成写真 (全景)

【2015年8月18日受付】