

新東名高速道路 郡界川橋の施工

— デザインビルド方式による橋長 740 m のラーメン橋 —

竹田 豪文*1・金本 岳人*2・玉井 裕明*3・吉野 正道*4

新東名高速道路、郡界川橋は東海環状自動車道との分岐点である豊田東 JCT の東方約 3 km に位置する PC 7 径間連続ラーメン箱桁橋である。本工事は工事区間上下線 800 m の上下部一式工事として、設計施工一括発注（デザインビルド）方式で発注された。本橋は主な評価項目であった構造の成立性、維持管理性、周辺環境負荷低減に配慮して、橋長や支間割り、構造を決定した。

本橋は全部材をコンクリートとし、橋脚と主桁をすべて剛結構造とすることで中間橋脚の支承の点検を不要とするなど、維持管理性や経済性、耐久性に配慮した構造とした。本構造を成立させるために、ストラットで補剛した断面として上部工を軽量化し、一部の橋脚に掘込み式橋脚を採用して橋脚高さを調整するとともに、主桁閉合時に水平加力方式変位調整工法を併用している。さらには、桁高やストラット間隔を一定としたことや、橋脚にスリットによる陰影を付けることで、構造物の重量感を低減し、周辺環境との調和を図った。

キーワード：デザインビルド、ラーメン化、ストラット、水平加力方式変位調整工法

1. はじめに

新東名高速道路、郡界川橋は東海環状自動車道との分岐点である豊田東 JCT の東方約 3 km に位置する PC 7 径間連続ラーメン箱桁橋である（図 - 1）。本工事は工事区間上下線 800 m の上下部一式工事として、設計施工一括発注（デザインビルド）方式で発注された。

本橋は全部材をコンクリートとし、橋脚と主桁をすべて剛結構造とすることで、維持管理性や経済性、耐久性に配慮した構造とした。本構造を成立させるために、上部工を軽量化し、一部の橋脚に掘込み式橋脚を採用して橋脚高さを調整するとともに、主桁閉合時に水平加力方式変位調整工法を併用している。

本稿はデザインビルド方式による橋梁計画から設計の概

要について記し、下部工の施工を含めた主に上部工の施工について報告するものである。（写真 - 1）



写真 - 1 完成写真

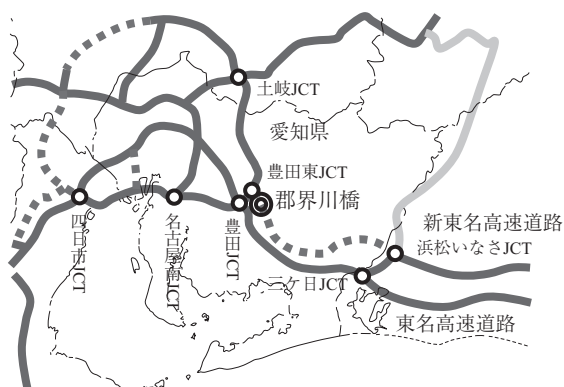


図 - 1 橋梁位置図

2. 橋梁概要

橋梁概要を下記に示し、橋梁一般図を図 - 2 に示す。

- 工事名：第二東名高速道路郡界川橋工事
- 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）愛知県豊田市中垣内町
（至）愛知県岡崎市宮石町
- 事業主：中日本高速道路（株）名古屋支社
- 受注者：三井住友建設（株）

*1 Hidefumi TAKEDA：中日本高速道路（株）名古屋支社 豊田工事事務所
 *2 Taketo KANAMOTO：中日本高速道路（株）名古屋支社 豊田工事事務所
 *3 Hiroaki TAMAI：三井住友建設（株）中部支店 土木部
 *4 Masamichi YOSHINO：三井住友建設（株）土木本部 土木設計部

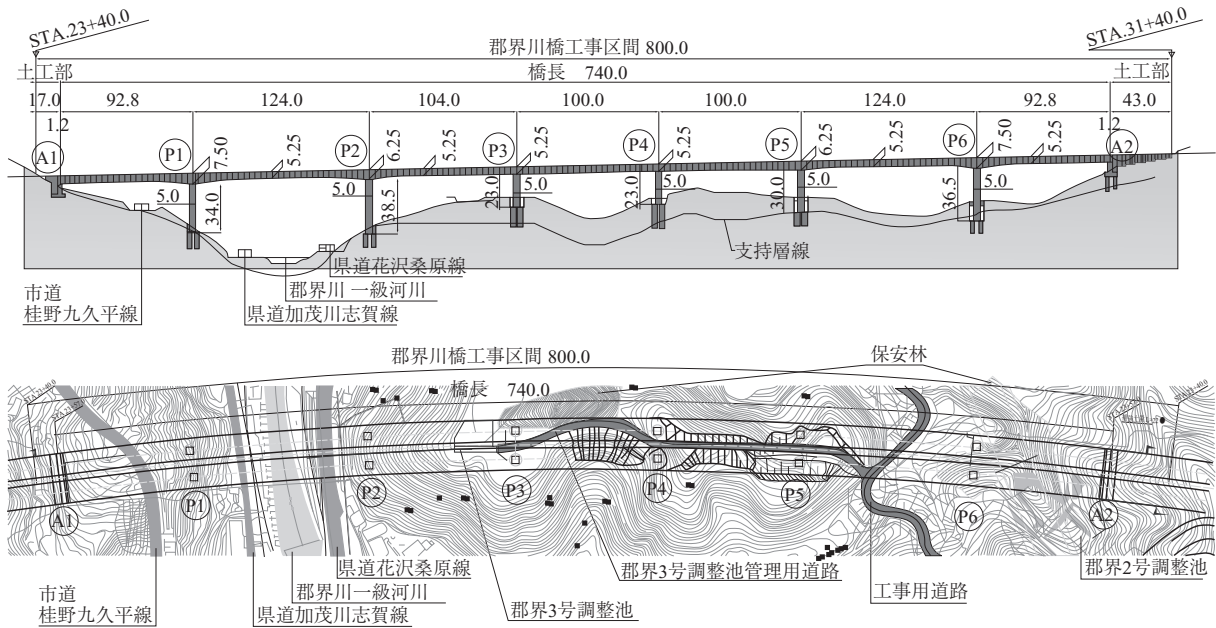


図 - 2 橋梁一般図

構造形式：PC 7 径間連続ラーメン箱桁橋
 設計荷重：B 活荷重
 橋 長：740 m（上下線共通）
 支 間 長：92.8 + 124.0 + 104.0 + 2 @ 100 + 124.0 + 92.8
 有効幅員：15.0 m（壁高欄内側 14.75 m）
 架設工法：張出し架設工法

3. 計画・設計および技術的特長

3.1 橋梁計画

郡界川橋の計画においては、まず始めに工事区間 800 m のうち、橋台を施工可能な最大高さ 15 m として設置し、橋長を 740 m と設定した。支間割りのコントロールポイントは、郡界川とその両側に位置する二つの県道であった。これらを跨ぐ必要最小限の支間が 100 m であったため、A1 側の橋台との間にもう一つ橋脚を設ける必要があった。このため、橋脚数を低減する目的で渡河部の支間長を 124 m としている。その他の支間割りを 100 m と設定することで、橋脚数が低減でき、7 径間の構造が経済性も含め、最適であると判断した。

重要な評価項目のひとつであった維持管理の容易さを実現するために、すべてコンクリート桁とし、支承数を低減することを目的として、全橋脚ラーメン構造を採用している。これにより、鋼部材使用の場合の塗替えなどの維持管理費が低減でき、支承無しの中間支点の点検・維持管理を不要としている。

このような制約条件や経済性・維持管理性・施工性を考慮して橋脚・橋台位置を設定した結果、橋長 740 m の PC 7 径間連続ラーメン箱桁橋に決定した。

3.2 構造の成立性（ラーメン化の実現）

本橋のような橋長の規模であれば通常はクリープ・乾燥収縮・温度変化によって橋脚に発生する曲げモーメントを

低減するために、端部側の橋脚を支承構造とするが、本橋では下記に示す方策により、ラーメン化を実現した。

(1) 上部工の軽量化

主桁コンクリートは基本は $\sigma_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$ と設定したが、作用する応力度に応じて、部分的に $\sigma_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$ のコンクリートを使用することで部材厚の低減を図った。その範囲は柱頭部から 1～3 ブロックと支間長によって使い分けている。さらにはウェブ厚を施工可能な最小厚さとして 280 mm と設定している。また、外ケーブルの配置本数の低減を目的として、外ケーブルに高強度 PC 鋼材 19S15.7 を使用している。これにより下床版幅の低減を図った。

本橋の幅員は 15.0 m と広いため、ストラットで補剛した主桁断面とし、最適な床版支間とするため斜めウェブを採用した。主桁断面図を図 - 3 に示す。

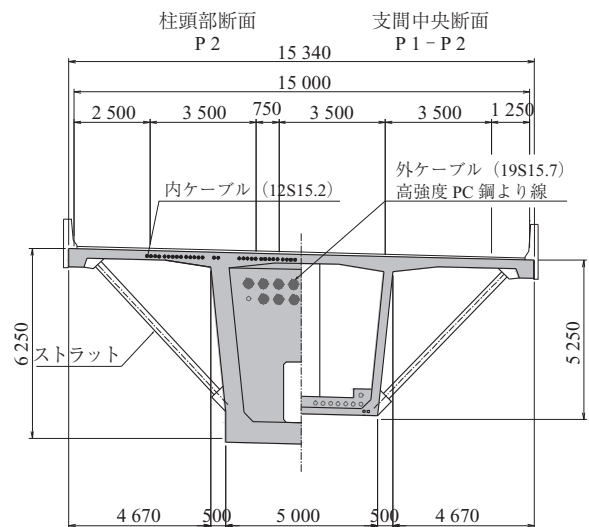


図 - 3 主桁断面図

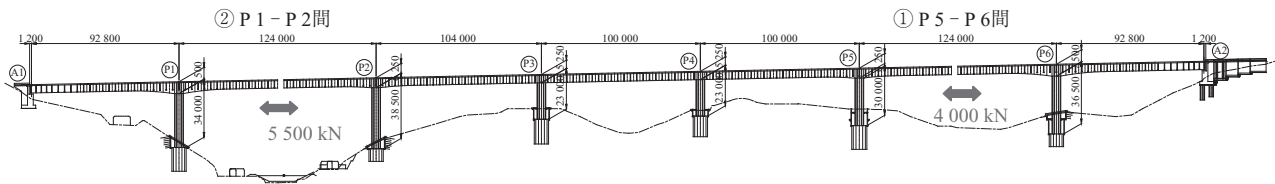


図 - 4 水平加力概要

(2) 橋脚寸法の低減

橋脚幅は低減した下床版幅に合せ5.0 mとし、基本部材厚を施工可能な最小値として800 mmと設定し、全体重量の低減を図っている。

(3) 水平加力方式変位調整工法

本橋の構造を成立させるため、P1-P2間およびP5-P6間において、橋軸方向に加力した状態で閉合部を施工する水平加力方式変位調整工法（以下、水平加力と記す）を採用した。概要図を図-4に示す。行わなかった場合、端部橋脚の上下端において完成後の温度変化（-）時に許容値を超える応力が作用し、有害なひび割れが発生する。加力量は橋脚に発生する応力より、P1-P2で5500 kN、P5-P6で4000 kNと設定した。橋脚上端の断面力を改善するために側径間の閉合を先に行い、P5-P6間の水平加力はP3～P5の閉合が完了した構造系で実施し、P1-P2間の水平加力は構造系完成直前に行った。

(4) 掘込み式橋脚の採用

上下線12橋脚中6橋脚においては、橋脚天端を施工基面付近ではなく下側に掘り込む方式を採用した。これは、耐震設計時の水平力の分担を調整する目的で行ったもので、ラーメン構造成立のための一方策であるとともに杭長を低減できる方式である。掘込み部内の埋戻しは行わず、周辺には転落防止用のチェーンを設置し、上端には橋脚の変位を拘束しないような隙間を確保したうえでコンクリート製の蓋を設置し転落などの第三者災害に配慮した。また、地震後には橋脚基部の点検が行えるよう点検用梯子を設置した。

3.3 維持管理性

維持管理の容易さを実現するために、すべてコンクリート桁とするとともに、支承数を低減することを目的として、全橋脚ラーメン構造を採用した。これにより、鋼部材使用の場合の塗替えなどの維持管理費が低減でき、中間支点の支承の点検・維持管理を不要とした。また、桁端部におけるジョイント部には伸縮装置から橋座面への雨水の浸入を防止する目的で伸縮装置設置部をパラペット側に張出し、その下側には排水溝を設けた構造を採用した。（以下セットバックジョイントと記す）従来構造との比較を図-5に示す。従来構造では伸縮装置部から雨水などが漏れた場合、橋座面に侵入し、支承の腐食の原因となっていた。

3.4 周辺環境負荷低減

周辺環境への配慮としては、橋脚数の最小化により地形改変面積を減少させたことがあげられる。さらには、コンクリート桁を連続化（ノージョイント化）したことで、伸縮装置や主桁から発生する騒音・振動問題のリスクを低減

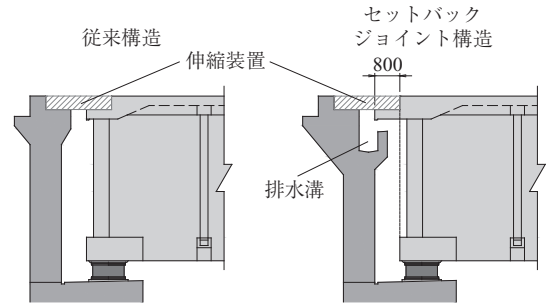


図 - 5 セットバックジョイント構造

させた。セットバックジョイントの排水溝部分は排水だけではなく伸縮装置から発生する突出音を軽減する目的も併せ持っている。また下部工では、大口径深礎の一部に竹割り型土留め工を採用したことで、掘削による地形改変面積を最小限に留めたことがあげられる。さらには、桁高やストラット間隔を一定としたことや、橋脚にスリットによる陰影を付けることで、構造物の重量感を低減し、周辺環境との調和を図った（写真-2）。



写真 - 2 P1橋脚

4. 施 工

4.1 基礎工

本橋の基礎は、地形の改変面積を最小化し、施工性や災害リスクの低減を図るために、大口径深礎杭を採用し、一部の橋脚では竹割り型土留め工も併用している。

P1・P2橋脚は県道や市道に近いので、安全面に配慮し、切土量を低減するために竹割り型土留め工を採用した。

また、橋脚位置が斜面上で、オープンカットでは既設の砂防堰堤や工事用道路に影響するため、P6橋脚下り線に

○ 工事報告 ○

においても竹割り型土留め工を採用している。

斜面上にリングビームを構築後、吹付けコンクリート+ロックボルトにより、施工を行った。完了写真を写真 - 3 に示す。



写真 - 3 竹割り型土留め工施工完了

掘込み部および大口径深礎はリング支保工および吹付けコンクリートにより掘り下げていく方法で施工を行った。

4.2 橋脚工

本橋の橋脚断面形状は、すべて 5.0×5.0 m の中空断面で統一し、大型パネル型枠を転用することにより作業の効率化を図った。橋脚主鉄筋は、最大で外側に $D 51 @ 150 \times 2$ 段、内側に $D 51 @ 150 \times 1$ 段が配置され、帯鉄筋径の最大は $D 29$ である。この鉄筋量に対し、施工できる必要最小限の寸法として壁厚 800 mm を採用している。断面図を図 - 6 に示す。1 リフトの施工高さは 5.4 m として、総足場法にて施工を行っている。鉄筋の組み立て方法としては、橋脚主鉄筋架台を用いて精度良く組み立てを行い、品質の確保を図っている。帯鉄筋は 6 段程度のプレハブ化を行って、先行して配置した主鉄筋の中に落としこむ方法を採用して、組立て時間の短縮を図った。橋脚鉄筋組立て状況を写真 - 4 に、橋脚が完了し、掘込み式橋脚の蓋設置後の完成写真を写真 - 5 に示す。

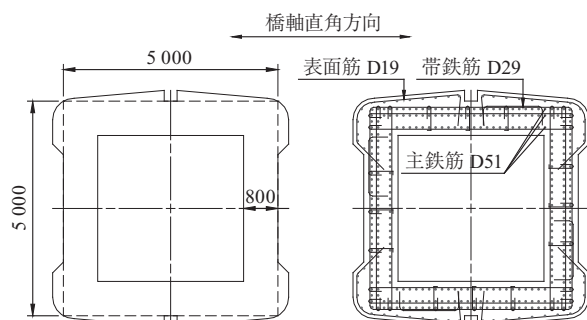


図 - 6 橋脚形状および配筋状況

4.3 柱頭部

柱頭部は架設作業車を 2 基組み立てることが可能な構造として、長さを 12.0 m と設定している。本橋はすべての橋脚において剛結構造としているため、柱頭部内に橋脚主鉄筋が定着され、帯鉄筋が配置される。さらには外ケーブル

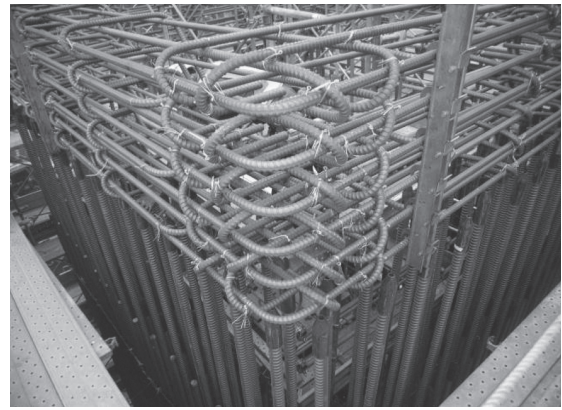


写真 - 4 橋脚鉄筋組立て状況



写真 - 5 掘込み式橋脚完成写真

ルの定着部および偏向管、補強鉄筋が密に配置される箇所であるため、事前に取合いを確認し、組立て方法を考慮して鉄筋加工や継手位置を決定するとともに機械式継手を追加して施工を行った。組立て状況を写真 - 6 に示す。

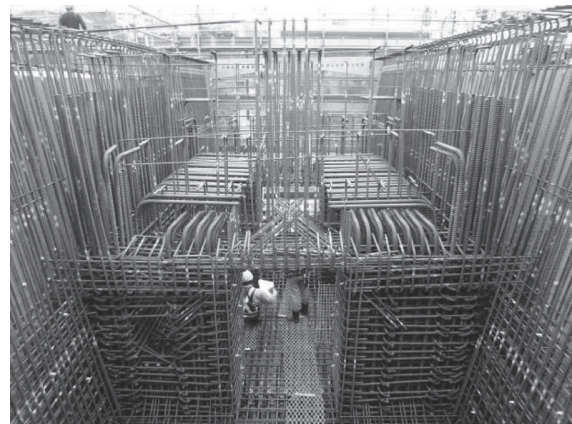


写真 - 6 柱頭部鉄筋組立て状況

打設分割数を 2 リフトとしたため、ストラットの下の側が 1 リフト、上側が 2 リフトとなる。そのため、2 リフトの張出し床版部のコンクリート打設により支保工が大きく変形した場合、ストラットに曲げが作用する。そこで打設済みの 1 リフトよりストラットへ水平材を配置して固定するとともにブラケット支保工上に設置する H 鋼もたわみを

抑えるよう荷重で必要な本数以上を配置する対策を行った。

4.4 張出し施工部

1ブロックを4.0mとして、ブロック中央にストラットを配置し、桁高変化に左右されないようストラットの角度を一定とした断面であるため、型枠の組替えなどが不要となり、工期の短縮を図ることができた。ストラットの設置は架設作業車内に電動チェーンを左右2台ずつ配置して円滑に設置できるようにした(写真-7)。



写真-7 ストラット設置状況

また、本橋のウェブは、最小厚を280mmとして軽量化を図っている。そのため、ウェブ内に挿入する打設管径の選定などコンクリートの充填には計画段階から十分に配慮して、施工を行った。

さらにはストラットの下側取付け部はウェブに配置されているスターラップの下側に位置し、箱桁断面におけるコンクリートの充填にもっとも配慮する箇所で、鉄筋が密に配置される。そこで充填性を確認する目的で供試体を用いて試験施工を行った(写真-8)。この結果1サイクルを10～11稼働日で施工することができた。



写真-8 ストラット供試体

4.5 支保工施工部

本橋は周辺環境に配慮した構造であり、橋脚数の最小化

を図った構造であるため、側径間長が比較的長い橋梁となっている。そのため、支保工施工部の長さが約32mとなり、トラス形式の梁を用いた支保工を用いた。また、桁下の沈砂池や調整池の整備も本工事に含まれているため、早期に支保工計画を決定し、支柱基礎などをあらかじめ構築した。

4.6 ストラット

本橋のストラットは、必要な剛性や鉄筋の配置を考慮して、250×250mmのコンクリート製としている。コンクリートにははく落防止を目的として、1m³あたり4.5% (0.35 vol%) のビニロン繊維を混入し、工場にて製作したものを現場まで運搬して、設置する。製作状況を写真-9に示す。また、RC構造であるため、仮置きや運搬時の支点位置に制約を設けるとともに、取り扱いには十分注意してひび割れが発生しないようにした。



写真-9 ストラット製作状況

4.7 中央閉合(水平加力方式変位調整工法)

(1) 水平加力変位調整工法の概要

水平加力を実施した中央閉合部の施工手順を図-7に、イメージ図を図-8に示す。最終ブロックにはジャッキの力を受け持たせるための突起を設けた(写真-10)。水平加力の高さ位置は支間中央での主桁図心位置に設定したが、桁高および部材厚変化により柱頭部付近は図心位置が下側に変化する。このため、水平加力により主桁が上がる方向の鉛直方向変形が発生する。さらには、水平加力の左右では構造系および断面剛性が違うため、鉛直方向の変形は均一ではない。よって上げ越しを考慮した橋面高さは水平加力前に左右で一致していないため、鉛直調整装置(写真-11)を用いて橋面高さの差を一致させてから水平加力を実施する方法を採用した。これにより水平加力装置(写真-12)に発生する回転変形を抑制でき、座屈破壊のような損傷リスクを低減した。また、中央閉合部長さは4.0mであるが、片側500mmずつの追加突起を設けて水平加力装置の長さを3.0mとすることで同様に装置の座屈損傷リスクを小さくした。

さらには、水平加力装置の解放は中央閉合部全断面を打設してから行うのではなく、下床版およびウェブを打設した後、強度発現を確認してから解放した。これにより、装



() 内数字は図 - 8 での状態を示す

図 - 7 水平加力実施手順

置の撤去を橋面上からクレーンにて行うことができ、桁内での重量物の揚重や移動が不要となり、安全に作業することができた。水平加力装置の解放による圧縮応力をウェブ下床版のみで負担するため、3次元FEM解析により発生応力などの確認を行い(図 - 9)、2リフト(上床版)の施工は極力材齢差が少なくなるよう速やかに行った。

(2) 鉛直調整・水平加力装置

鉛直調整装置は運搬および吊上げ可能な範囲内のできるかぎり剛性を確保して部材寸法を決定した。計算上の鉛直

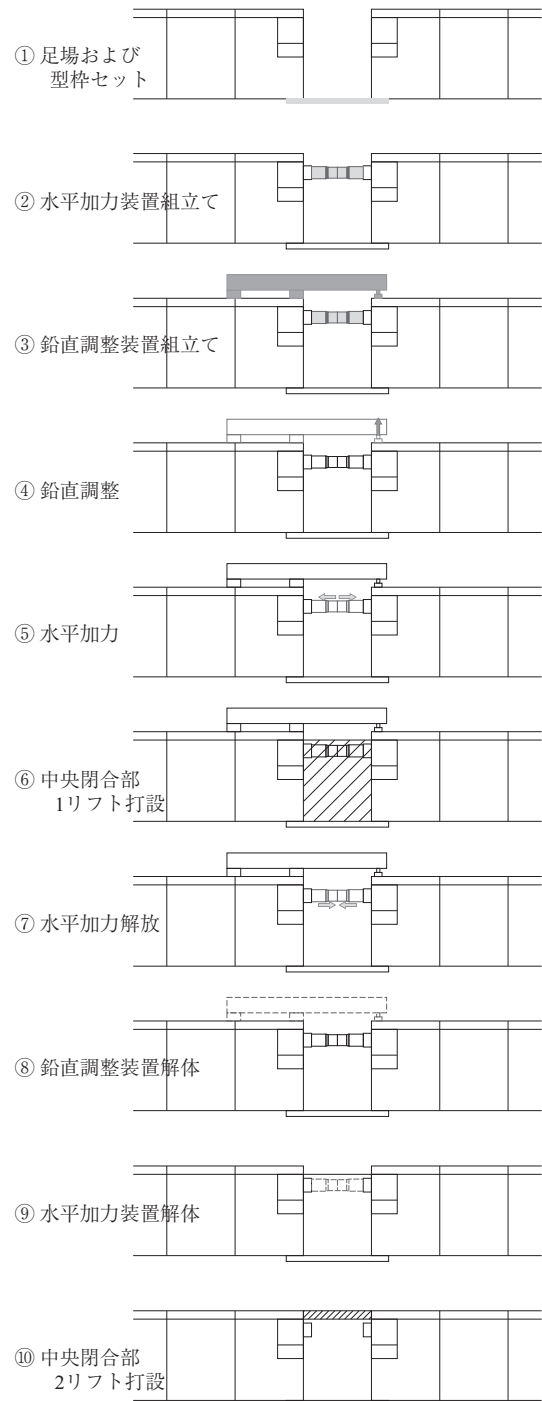


図 - 8 水平加力実施手順イメージ図

調整量は最大70mmであったため、主桁の変形量および施工誤差を考慮して50tジャッキを4台使用した。水平加力装置においては650tジャッキを直列で2台、断面左右で2列、計4台を用いた。設計での最大加力量は側径間側の柱頭部の水平変位が49mm、加力位置での開き量が58mmであったため、ジャッキストロークは100mmを確保した。

(3) 水平加力結果

本工法実施時は設計で想定している曲率を橋脚に与えることを最優先として、力ではなく変位を所定の量まで与え



写真 - 10 水平加力突起



写真 - 11 鉛直調整装置



写真 - 12 水平加力装置

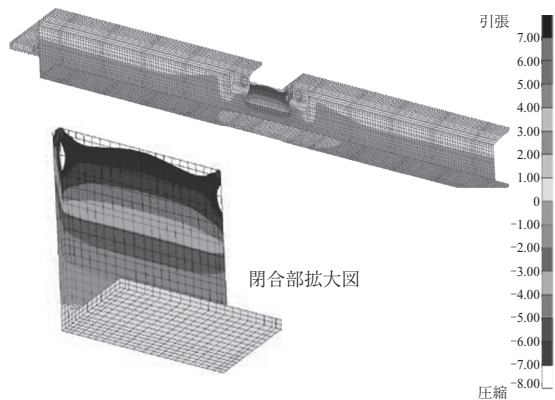


図 - 9 分割打設確認解析

る方法で管理を行った。本橋の橋脚主鉄筋は D 51 が内側も含めると 3 段配置されているため、鉄筋も考慮した換算剛性により荷重と変位の関係を求め、ひび割れ発生の影響も考慮して荷重変位履歴を想定した。図 - 10 に上り線 P 5 - P 6 における実施結果を示す。実測値は解析値とほぼ一致し、必要変形量 38 mm に対し、40 mm の変位を与えて水平加力を終了している。また、端部の柱頭部には橋軸方向と橋軸直角方向の変形を確認するため、傾斜計を取り付け、設計値との差異が大きくないか確認を行った。さらには橋脚基部にはひずみゲージを取り付け、ひび割れが発生したことを確認し、想定通り 0.04mm 以下であった。

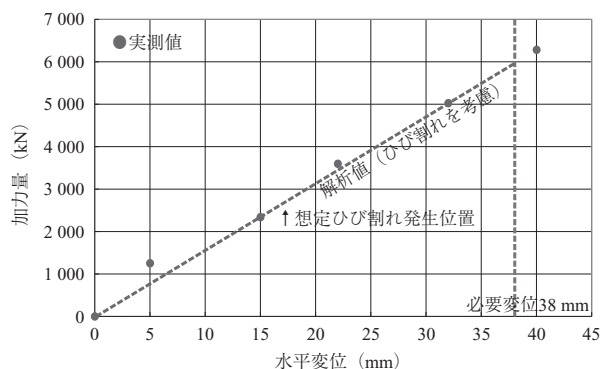


図 - 10 水平加力工結果 (上り線 P 5 - P 6)

5. おわりに

郡界川橋の橋梁計画から設計・技術的特長について述べ、主に水平加力方式変位調整工法を中心とした上部工の施工について報告した。本工事は平成 26 年 7 月に無事しゅん功した。完成写真を写真 - 13 に示す。最後に本橋梁に関わった皆様に感謝の意を表すとともに、本報告が同種橋梁施工の参考になることを願う次第である。

参考文献

- 1) 笠原, 諸田, 吉野, 畔柳: 第二東名高速道路郡界川橋の橋梁計画から下部工の施工 コンクリート工学 Vol50, No.3, pp.270 ~ 274 (2012.3)
- 2) 竹田, 川島, 畔柳, 中積, 吉野, 玉井: 第二東名高速道路郡界川橋 (仮称) の設計と施工 橋梁と基礎 vol.48, No.3, 2014.03



写真 - 13 完成写真

【2014 年 7 月 23 日受付】