

2 主桁断面を有する鋼・コンクリート混合橋の設計・施工 - 東海北陸自動車道 大和橋 -

三井住友建設(株)	中部支店	正会員 福本 達也
中日本高速道路(株)	名古屋支社 建設事業部	野口 彰宏
中日本高速道路(株)	名古屋支社 岐阜工事事務所	山口 茂
三井住友建設(株)	土木本部 土木設計部	正会員 紙永 祐紀

1. はじめに

大和橋は、岐阜県郡上市に位置し東海北陸自動車道の郡上八幡インターチェンジからぎふ大和インターチェンジ間に、国道156号、長良川鉄道、一級河川長良川を跨ぎ架橋される橋梁である。上部工形式は、橋梁全体の経済性、耐震性の向上や維持管理の軽減、車両の走行性の向上を図るため鋼とコンクリートを連続化した混合橋を採用し、鋼2主桁橋と PRC 2主桁橋との連続構造とするために接合部を設けている。本報告では、この接合部についての設計および施工の概要について報告する。

2. 橋梁概要

本橋の工事概要を以下に示し、全体一般図および主桁断面図を図 - 1 に示す。

発注者：中日本高速道路株式会社 名古屋支社

工事名：東海北陸自動車道 大和橋

(PC 上部工) 工事

構造形式：1 4 径間連続鋼・コンクリート混合橋

橋 長：510.445m

支 間 長：33.4+33.6+2@31.0+34.2+30.0+30.050
+61.3+64.3+4@33+27.035m

桁 高：(PRC 桁部) 2.2m, (鋼桁部) 2.2m~3.4m



写真 - 1 大和橋全景

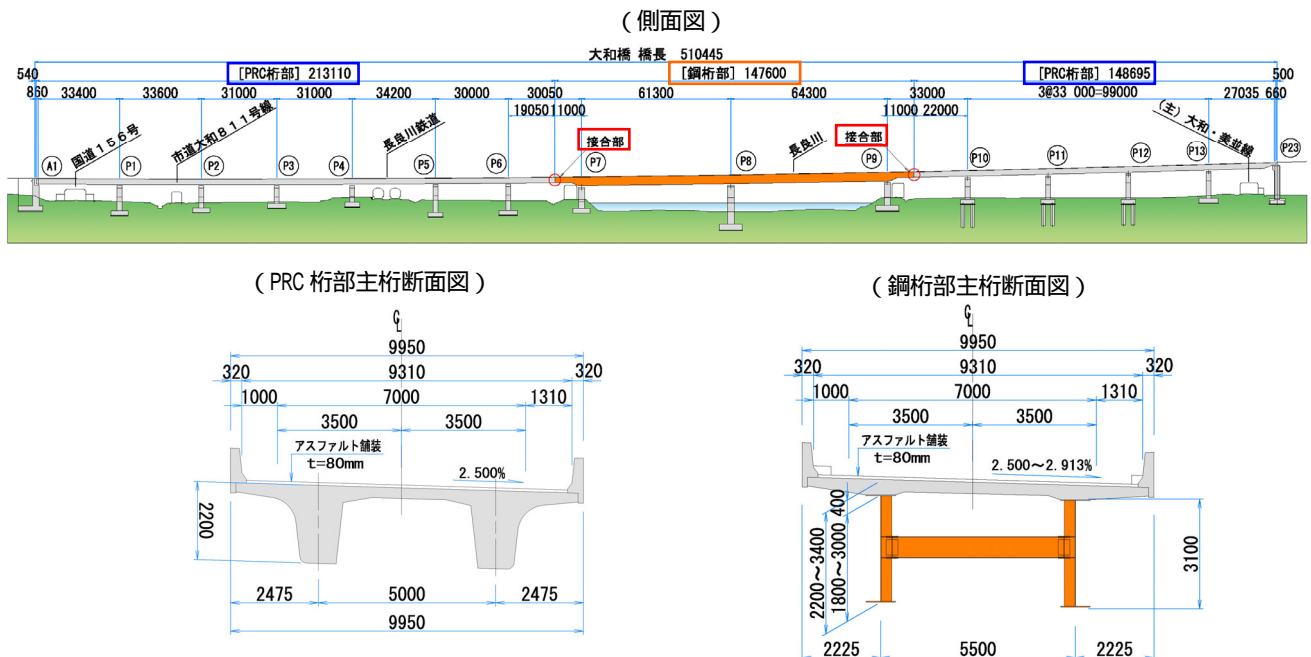


図 - 1 全体一般図

3. 接合部の設計概要

3.1 接合部の構造形式

本橋の接合部は PRC 2 主版桁橋と鋼 2 主版桁橋とを接合した構造である。また、鋼桁部の PC 床版と PRC 桁部の床版部は連続しており、接合部はウェブ部分のみとしている。

接合部の構造形式は、後面支圧板方式としている。後面支圧板方式は、接合部近傍でコンクリート桁部と中詰めコンクリートを分断しないため、ずれ止めの効果が大きく、応力の流れがスムーズであるという特徴がある。接合部の構造図とイメージ図を図 - 2, 3 に、接合部詳細図を図 - 4 に示す。接合部の鋼殻セルの長さは 1.4m とし、ずれ止めの必要配置個数から決定している。鋼殻セル形状は、鋼殻セルの製作、ずれ止めの溶接、PC 鋼材、鉄筋の組み立て、中詰めコンクリートの充填性を考慮して高さ方向に 2 分割した形状とし、1 室の高さは約 900mm とした。

鋼殻セル内のずれ止めは、製作性、施工性に優れる孔あき鋼板ジベル (PBL) を用いており、形状は新川橋¹⁾の実績を参考に孔径 60mm とし、貫通鉄筋は D25 を配置した。

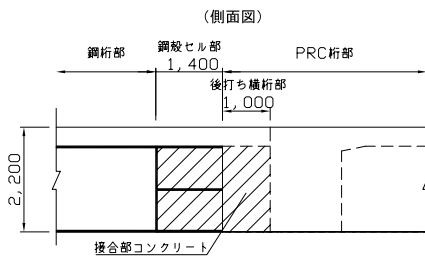


図 - 2 接合部構造図

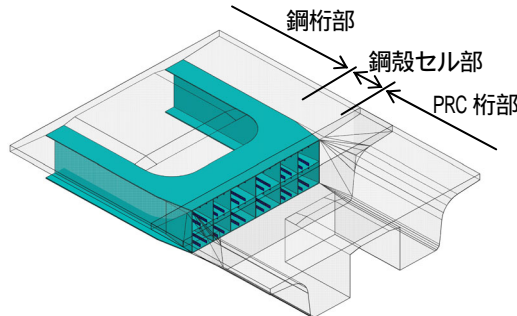


図 - 3 接合部イメージ図

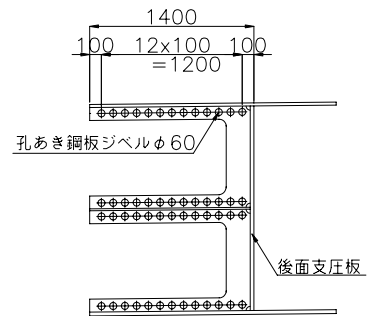


図 - 4 接合部詳細図

3.2 接合部設計方針

接合部は PRC 桁と鋼桁が合成された構造であることから応力度の伝達が複雑になる。そのため、接合部は PRC 桁、鋼桁としてそれぞれで荷重を負担できる構造として設計した。接合部のコンクリート部は PRC 桁として設計し、設計荷重時においてフルプレストレスとなるように PC 鋼材 (1S28.6 プレグラウト鋼材) を配置し、鋼殻部のフランジ、腹板は鋼 2 主版桁として設計し板厚を決定した。

鋼殻セルを構成するずれ止めと後面支圧板の設計においては、鋼殻セルを詳細にモデル化した部分 FEM 解析により、ずれ止めと後面支圧板の荷重分担率およびずれ止めのバネ値を求めた。得られた荷重分担率と鋼殻セルに作用する断面力より、必要なずれ止め個数、後面支圧板の板厚を決定した。

決定した形状で接合部近傍の全体をモデル化した全体 FEM 解析を行い、コンクリートと鋼板の応力度、ずれ止めに作用するずれ力を確認した。

3.3 接合部の FEM 解析

(1) 部分 FEM 解析による検討

鋼殻セルに作用する断面力は、ずれ止めから鋼殻を伝わり鋼桁へ伝達する経路と、コンクリートから後面支圧板を伝わる 2 つの経路がある。そのため、ずれ止めと支圧板の荷重分担率の算出するために、接合要素を詳細にモデル化した FEM 解析 (図 - 5) を行った。1 つの鋼殻セルを 1/4 対称条件でモデル化したものに軸方向力を載荷し、荷重分担率および PBL のバネ値を求めた。その結果、荷重分担率は、ずれ止め：40%、支圧板 60%となった。

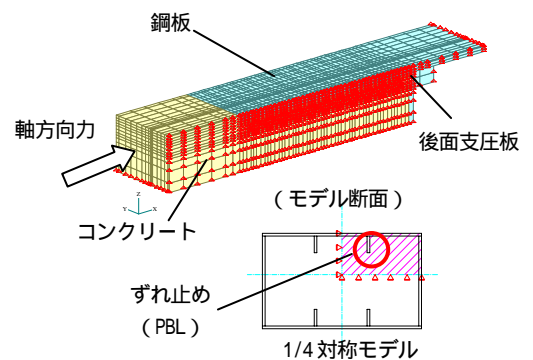


図 - 5 部分解析モデル図

(2) 全体 FEM 解析による検討

全体 FEM 解析モデルは橋脚が斜角 (約 67°) を有していることから斜角を考慮した全断面モデルとし、鋼桁側を支点とする片持ち梁モデルの先端に荷重を載荷し接合部における断面力を再現した。本橋は 2 主桁構造であることからねじりモーメントによる影響も考慮した。ずれ止めは部分 FEM 解析で求めたバネ定数を用いた線形バネ要素とした。解析結果より、コンクリートと鋼板の応力度およびずれ止め作用するずれ力を確認した。

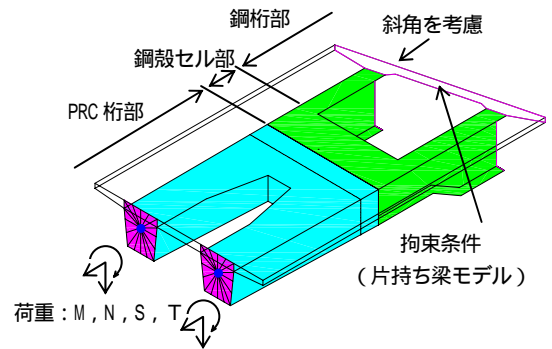


図 - 5 全体解析モデル図

4 . 施工概要

4 . 1 接合桁の架設

接合桁は鋼桁部の架設と合せて行い、一級河川長良川河川内に架設ヤードを築造し、360t トラッククレーンを使用し、クレーンベント架設工法により施工した (写真 - 2)。



写真 - 2 接合桁架設後

4 . 2 接合部コンクリートの配合

接合部のコンクリートは、PRC 桁部から鋼殻セル内に向けて奥行き方向に 1.4m コンクリートを流し込む必要があるため、自己充填性のある高流動コンクリートを用いた。コンクリートの配合を表 - 1 に示す。高流動コンクリートの自己充填性の設定²⁾は、鋼殻セル内に配置される鉄筋、PC 鋼材、ずれ止めなど構造条件から設定し、自己充填性のレベルをランク 2 (鋼材量 350kg/m³ ~ 100kg/m³ 程度) とした。高流動コンクリートは生コン工場の実績を考慮して粉体系とした。接合部コンクリートはマスコンクリートとなるため 発熱量を抑制する目的で石灰石微粉末を組み合わせ粉体量を確保した。さらに、打込み箇所の拘束条件を考慮し、収縮補償を目的とした膨張剤も添加した。

表 - 1 配合表

水結合材比 (%)	S / a (%)	単体量 (kg / m ³)							
		W	C	S	G	高性能 AE 減水剤 (g)	AE 剤 (cc)	膨張剤	石灰石 微粉末
41.8	49.5	167	380	780	803	6360	159	20	130

4 . 3 接合部コンクリート打設

接合部コンクリートの打設はポンプ圧送とし、高流動コンクリートの流動、充填状況を確認しながら、筒先を適切に移動しながら打設を行った。また、自由落下高さが 1.5m 以上とならないように、ポンプ車の筒先ゴムホースを接合部内に挿入し打設した。

接合部のコンクリートは、鋼殻セルで囲まれているため直接、充填状況が確認できない。そのため、鋼殻セルの内の充填を確実にを行うために、フランジ上面および後面支圧板に空気抜き兼用の充填確認孔を設け、コンクリートの吹き上がりを確認することで充填を確認した。さらに、充填確認方法として、鋼殻の各セル内にそれぞれ配置した M S センサーによる確認を併用した。

4.4 変位拘束工

接合部コンクリート打設後には、接合部 PC 鋼材が緊張可能なコンクリート強度に達する3日後までに、主桁の温度変化により桁が伸縮し、接合部コンクリート部に引張力が作用する。そのため、図-7、写真-3のような山留め材と総ネジ PC 鋼棒を使用した変位拘束装置を、約700KN の引張力を想定し桁の上下に各2箇所、合計4箇所設置した。また、接合部コンクリート打設翌日に接合部 PC 鋼材の一部を一次緊張することで早期に圧縮応力を導入し初期ひび割れを防止した。さらに、接合部の施工時期は日温度変化が小さい4月下旬とし、打設日は極力構造物に悪影響を与えないように配慮して日照の影響が少ない曇り日を選定した。

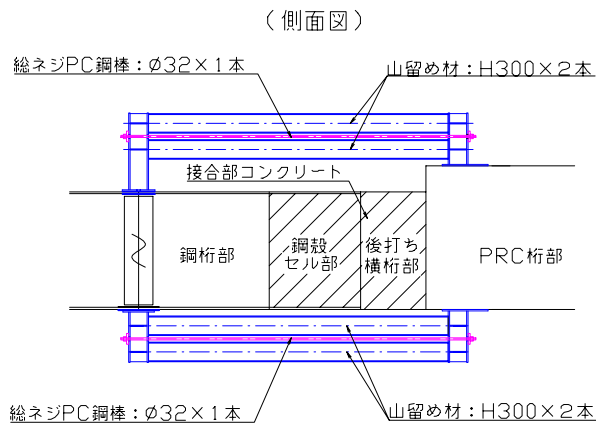


図-7 変位拘束装置

4.5 鋼桁部の床版コンクリート打設

接合部のPC床版はPRC桁部と鋼桁部にかけて連続した構造となっている。鋼桁部のPC床版は、固定型枠工法にて施工を行うが、床版コンクリート打設による主桁の変形により接合部のPC床版にひび割れの発生が懸念された。そのため、PC床版コンクリートの打設においては、施工ステップに配慮した施工を行った。

鋼桁部の床版打設の施工ステップを図-8に示す。STEP1の接合部の施工後、接合部のPC床版に影響がないように、STEP2でP7-P8、P8-P9支間中央部を同時打設し、先行して変形を発生させ、STEP3でP7、P8、P9支点を同時打設した。この施工順序に配慮した打設の結果、床版にひび割れの発生は認められなかった。



写真-3 変位拘束装置

5. おわりに

鋼2主桁桁橋と PRC 2主版桁橋の混合橋の実績は少なく、設計および施工面で、多岐に渡った検討が必要となった。しかし、これらの問題点を事前に洗い出しておく事で、実施工では大きな問題が発生することなく順調に施工できた。本橋の設計および施工に際して、多大なご指導、ご協力を頂いた関係諸氏に深く感謝の意を表すと共に、本報告が今後の同種橋梁の設計、施工の参考になれば幸いである。

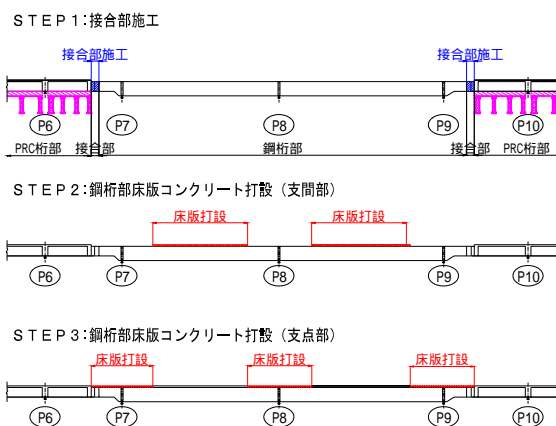


図-8 施工ステップ図

6. 参考文献

- 1)財団法人 高速道路技術センター：平成11年度高松自動車道 鋼・コンクリート混合橋の設計施工に関する詳細検討報告書 (日本道路公団 四国支社 委託)
- 2)社団法人 土木学会：コンクリートライブラリー93号～高流動コンクリート施工指針～