

北陸新幹線, 三谷川橋りょうの設計・施工計画

(独) 鉄道・運輸機構	正会員	工修	○西 恭彦
(独) 鉄道・運輸機構		工修	鷹那幸治
(独) 鉄道・運輸機構		工修	宮崎俊彦
(株) 千代田コンサルタント	正会員		西澤知孝

キーワード：新幹線鉄道橋，張出し架設，負反力対策，アンバランスモーメント

1. はじめに

北陸新幹線，三谷川橋りょう（図-1）は，石川県加賀市内で二級河川三谷川および国道305号を跨ぐ3径間連続PC箱形桁である。橋長L=201mに対してスパン割が49m+103m+49mである。中央径間と側径間の径間長の比率が1:0.48で，中央径間が比較的長い橋梁となっている。

本橋の計画，設計は(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構大阪支社，(株)千代田コンサルタントにより行われ，施工は鹿島・日本ピーエス・吉光北陸新幹線，大聖寺川橋りょう他JVにより，大聖寺川橋りょう（4径間連続PC箱形ラーメン橋，スパン60m+85m+85m+60m）を含む延長1,962mの橋梁・高架橋を1工区として，平成28年10月5日に着手された。

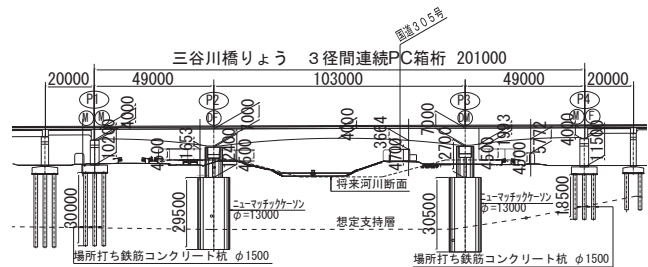
高速で走行する新幹線の長大橋は，桁剛性の高いプレストレストコンクリート箱形桁を採用することが多い¹⁾。三谷川橋りょうの上部工は，側径間長に対して中央径間長が比較的長いという特徴があるため，プレストレストコンクリート箱形桁を採用する際に，設計段階で張出し架設を想定した施工条件を考慮して，アンバランスモーメントの検討，端支点の負反力の検討，桁の伸縮に対する支承の検討を行っている。現在，下部工に引続き上部工の施工に着手したところであり，設計結果と施工計画について報告する。

2. 上部工の設計

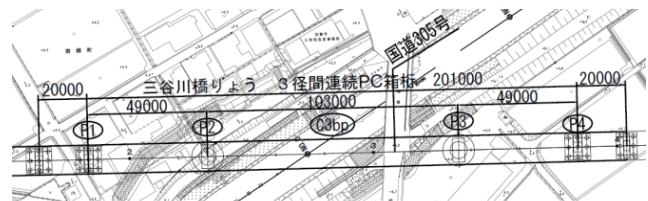
2.1 交差条件と構造計画

三谷川は，二級河川大聖寺川水系に属し，本橋は約30°の斜角で交差する。河川管理者との協議により50年確率に対応した流出解析による計画高水流量310m³/sに対応した河川断面をP2・P3橋脚間に確保した。P2橋脚は現況の堤防位置に，P3橋脚は将来河川断面の堤防位置にピアアバット形式としてスパンが短くなるよう計画した結果，最大スパンは103mとなった。P1橋脚，P4橋脚の位置は，フーチングが50年確率に対応して想定した河川断面に対して2Hルールを満足するよう設定した結果，スパン割が49m+103m+49m=201mとなった。

橋面の標準的な施工基面幅は，曲線区間は11.76m，直線区間は11.7mである。本橋梁の線形は緩和曲線から直線に遷移するため，施工基面幅は11.76mで統一した。雪害対策としては，スラブ上面に幅



a) 縦断面図



b) 平面図

図-1 三谷川橋りょう一般図

2,420mm, 高さ750mmの路盤鉄筋コンクリートを施工した上に軌道を敷設し, レール面の高さをスラブ上面から1,215mmとすることで軌道上から排雪された雪を橋面上に貯雪するスペースを確保している。

架設工法として想定した張出し架設の場合の桁高は, スパン長L(m)に対して柱頭部がL/13~L/17, 径間中央部がL/20~L/30の範囲の事例が多い²⁾。そこで, 柱頭部7.0m(L/14.7), 径間中央部4.0m(L/25.8)として設定し, 柱頭部を6.5m, 7.5m, 径間中央部を3.8m, 4.3mとした場合の経済比較(表-1)を行い, 桁高を決定した。PC鋼材はSWPR7BL 12S15.2を使用し, 最適な張出し架設用PC鋼材として上床版およびウェブ内に72本, 連結PC鋼材としてウェブおよび下床版内に側径間6本, 中央径間28本を配置している。鋼材の配置を図-2に示す。

桁下空頭は, 完成時に国道305号で4.7m, 河川管理用通路で4.5mを確保し, 施工時は, 国道305号で桁下にワーゲン3.0m, 建築限界4.7mを確保できる高さとして計画した。

2.2 支承条件

鉄道橋の支承は, 鉛直力を受ける積層ゴム支承と水平力を受ける鋼角ストッパーまたはダンパー式ストッパーを組合せて用いることが一般的である³⁾。本橋の支承条件は, 積層ゴム支承とP1橋脚, P4橋脚は可動支点用鋼角ストッパー, P2橋脚, P3橋脚はダンパー式ストッパー(地震時固定, 地震時以外P2:固定, P3:可動)としている。地震時の慣性力の負担は水平力分担計算を行って決定している。

橋梁は, 河川・道路と斜角で交差しているが, 河川に近い中間橋脚は円形の基礎・柱を採用し, 桁受けは線路中心線と直角方向に施行した。端部橋脚は, 線路直角方向に設計されているため, 上部工の構造的には斜角が生じない設計としている。

2.3 施工条件を考慮した検討

(1) 張出し架設時のブロック数の違いによるアンバランスモーメントに対する検討

架設方法は, 延長12mの柱頭部を構築後, 一般型ワーゲンによる張出し架設として計画した。側径間長が中央径間長に比べて短いため, 中央径間側は張出し施工延長44m, ブロック数15になるのに対して, 側径間側は張出し施工延長37m, ブロック数13となる。このため, 中間橋脚では張出し架設中は支承を仮固定するため, P2・P3橋脚にアンバランスモーメントが発生する。アンバランスモーメントは, 側径間側の張出し架設が完了しワーゲンを存置して中央径間側の主桁2ブロック分を施工する状態(図-3)を想定して検討を行うこととした。主桁自重分93,026kNm, ワーゲン自重分6,000kNmにより橋脚頭部に作用するアンバランスモーメントは合計99,026kNmとなる。耐震設計により決定した橋脚柱の部材断面および鉄筋量により, 「鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物」(以下, 「設計標

表-1 桁高の検討

柱頭部桁高(m)	工費の比率
6.5m(L/15.9)	1.006
7.0m(L/14.7)	1.000
7.5m(L/13.7)	1.007

径間中央部桁高は4.0m

径間中央部桁高(m)	工費の比率
3.8m(L/27)	1.006
4.0m(L/25.8)	1.000
4.3m(L/24)	1.007

柱頭部桁高は7.0m

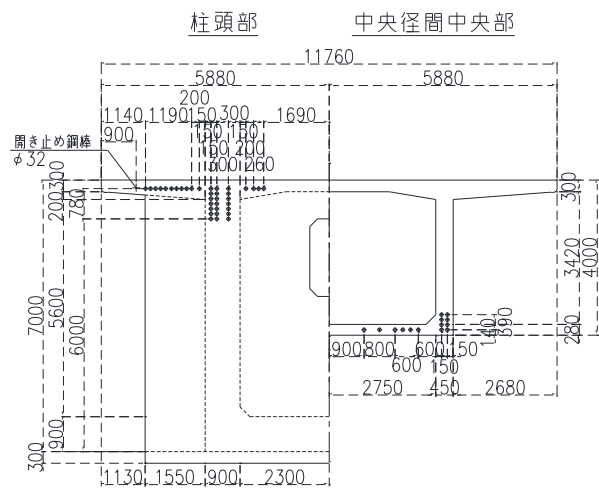


図-2 PC鋼材の配置

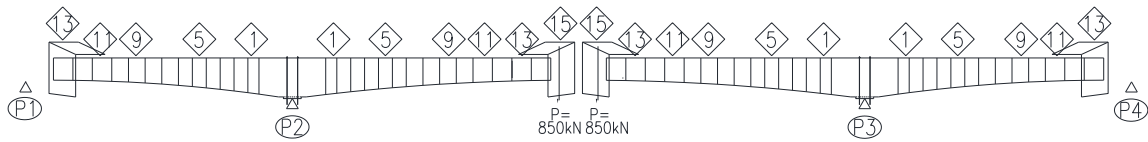


図-3 側径間側 13 ブロック張出し架設完了，中央径間側 15 ブロック施工時の状況

表-2 応力度の検討 (N/mm²)

	発生応力度	応力度の制限値
コンクリートの縁引張応力度	1.14	1.9
引張鉄筋応力度	6.9	140

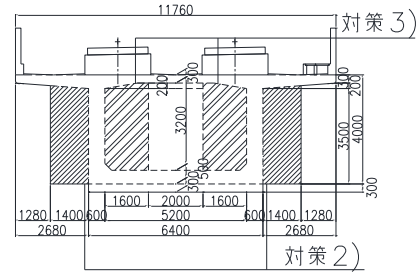
コンクリートの設計基準強度 27 N/mm²、
断面高さ 2.0m 以上、一般環境の場合

準))³⁾に従って橋脚の曲げひび割れの検討を行うと、橋脚柱の全断面を有効としたコンクリートの縁引張応力度および鉄筋の引張応力度について発生応力度と曲げひび割れ幅の検討を省略する場合の応力度の制限値との関係は表-2のようになり、発生応力度は制限値に対して余裕があることから、施工時に常時作用するアンバランスモーメントによる有害なひび割れは発生しないと考えられる。

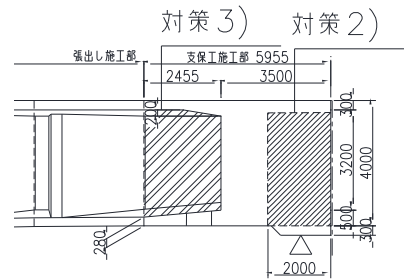
(2) 端支点の負反力に対する検討

設計標準では、ゴム支承の平均圧縮応力度の最小値を1.5kN/mm²以上に制限し、それを下回る場合は、別途、滑動防止対策を図ることとしている。本橋では、張出し架設後に施行する吊支保工施工延長は、側径間で6m、中央径間で3mとなり、側径間の支保工施工区間が短く、端部P1・P4 橋脚の死荷重反力が小さいため、列車荷重作用時の負反力が懸念された。

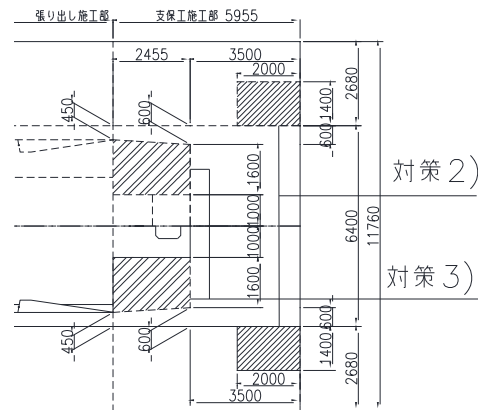
端部橋脚の支承の負反力対策として以下のとおりコンクリート体積を増加させた。1) 端横桁幅を3.5mとする、2) 端横桁を左右に長さ1.4mずつ幅2m分延長する、3) 支保工施工区間は中央2mを通路として残し、そのほかの範囲はコンクリートを充填する。図-4においてハッチングした範囲が、2)、3)の対策を施した部分である。最小反力の小さいP4橋脚での対策前後の支承反力を表-3に示す。これらの対策の結果、P4橋脚で反力の小さい左側支承(面積0.75m²)では、永久作用時の最小反力1,862kNとなり、平均圧縮応



a) 横断面図



b) 縦断面図



c) 平面図

対策2) 端横桁の延長

対策3) 箱内へのコンクリートの充填

図-4 端横桁の負反力対策

表-3 P4 橋脚支承最小反力 (kN) の検討

	左側支承	右側支承
永久作用	984(1862)	1050(1928)
列車荷重+衝撃	-1660	-1607
合計	-676(202)	-577(321)

()内は負反力対策後の数値

力度の最小値は 2.5N/mm^2 となった。列車荷重作用時も合計の反力が 202kN で圧縮状態になったが、平均圧縮応力度の最小値は 0.27N/mm^2 となり、設計標準上の限界値 1.5kN/mm^2 を下回った。同様の条件のP1橋脚とあわせて、ゴム支承下面鋼板からボルトを突出させた滑動防止装置(図-5)を設け、シュー座モルタル内の箱抜きに無収縮モルタルを充填して固定する計画とした。

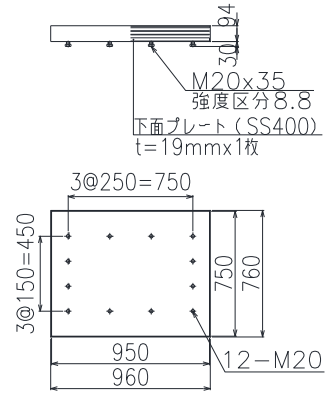


図-5 滑動防止装置付ゴム支承 (P1 橋脚)

(3) 桁の伸縮に対する支承の検討

連続桁は地震時以外は固定式ストッパーとなる

P2橋脚を中心に伸縮する。積層ゴム支承のせん断変形について計画工程により検討した結果、P2橋脚からもっとも遠いP4橋脚上の桁では、クリープ、乾燥収縮、温度変化による収縮長 103.7mm に対して、支承高 22mm -5層では常時の移動量の照査(全層厚の70%以下)を満足しない。変位量に対しては全層厚を増すことによって照査を満足できるが、ゴム支承の層厚を増すことにより鉛直剛性は低下する。高速走行をする新幹線では、支承の鉛直剛性の低下により鉛直変位が大きくなって走行性に影響が生じるおそれがあることから、ジャッキアップによってゴム支承のせん断変形の解放を行うことにより、収縮による変位量に対応する計画とした。ジャッキアップを行う時期は、桁が収縮する冬期の11月~4月とし、ジャッキアップを行うことで、構造系完成時までの収縮量 7.1mm と、温度降下 18°C 分に相当する収縮量 27.2mm をキャンセルする計画とした。これにより、収縮量は 69.5mm となり、P4橋脚のゴム支承は 20mm -5層となった。

3. 上部工の施工計画

現在、張出し架設を行う中間橋脚の施工が完了し、柱頭部の構築に着手したところである。柱頭部の構築は、1)下床板、2)ウェブ、3)上床版の3回に分けてコンクリートを打込む計画である。

柱頭部の構築後、P2橋脚、P3橋脚から4台のワーゲンをを用いて並行して張出し架設を行う。張出し架設作業は流水部に入らずに行うため、非出水期、出水期を通して行う計画である。中間横桁はあと施工で計画しているため、コンクリートの打込みやパイプレータの挿入のための孔を上床版に設置している。張出し架設の完了後には、側径間の閉合後に中央径間を閉合する計画である。

4. まとめ

三谷川橋りょうにおいては、側径間長に対して中央径間長が比較的長いことから、設計段階でアンバランスモーメントの検討、端支点の負反力の検討、桁の伸縮に対する支承の検討を行った。その結果、負反力対策としてコンクリートの充填および滑動防止装置の取付け、主桁のジャッキアップ等を計画した。これによって、一般的な張出し架設によるプレストレストコンクリート連続箱桁橋を採用することができた。

参考文献

- 1) 玉井真一：新幹線コンクリート橋の変遷，橋梁と基礎，Vol.52，No.8，pp.33-38，2018.8
- 2) カンチレバー技術研究会：プレストレスト・コンクリート橋 カンチレバー工法技術資料，2013.6
- 3) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物，2004.4