

## 開床式PRC下路桁の設計・施工

### — 奥羽本線第一吉野川橋りょう —

鉄建建設株式会社 エンジニアリング本部 正会員 ○ 伊吹 真一  
 東日本旅客鉄道株式会社 東北工事事務所 伊在井 昇  
 鉄建建設株式会社 東北支店 正会員 後藤 公一  
 鉄建建設株式会社 エンジニアリング本部 正会員 菅原 広道

#### 1. はじめに

山形県南陽市を流れる最上川水系一級河川吉野川では、現在山形県施行の河川改修工事が進められており、この工事の一環として、同河川と交差する奥羽本線高島・赤湯間第一吉野川橋りょうの架替え工事を仮線施工により行った。旧橋は橋長 52.78m の鋼上路橋であり、撤去後、新たに架設した橋梁は橋長 119.2m の 3 径間連続 PRC 下路桁橋である。新橋の桁形式の選定にあたっては、工費の増大につながるアプローチ部の路盤高さの増加を最小限に抑える桁形式とし、加えて当該地域が豪雪地帯であることから積雪対策に配慮した構造とすることとした。その結果、本橋の桁形式として開床式下路桁形式を採用した。

本稿では、これまでに施工実績<sup>1)</sup>が少ない開床式 3 径間連続下路桁の設計および施工の概要を報告する。

#### 2. 橋梁概要

以下に本橋の概要および一般図を示す(図1、図2)。

- ・ 工事件名：奥羽本線高島・赤湯間第一吉野川本線橋りょう改築他
- ・ 発注者：山形県
- ・ 施工管理：東日本旅客鉄道株式会社
- ・ 施工：鉄建建設株式会社
- ・ 施工箇所：山形県南陽市
- ・ 工期：平成 16 年 10 月～平成 18 年 10 月
- ・ 構造形式：開床式 3 径間連続 PRC 下路桁
- ・ 橋長：119.2m
- ・ 支間長：34.100m+49.700m+34.100m
- ・ 平面線形：直線
- ・ 縦断勾配：なし
- ・ 斜角：73° 45' 00"

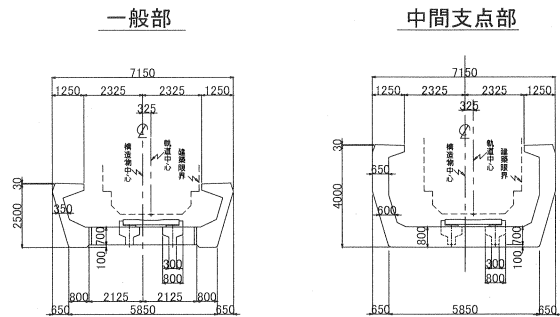


図1 主桁断面図

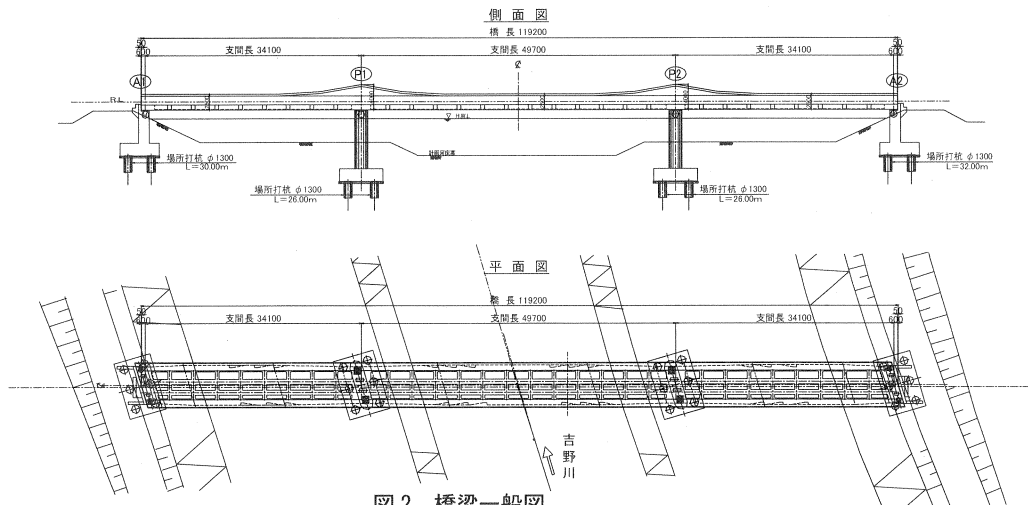


図2 橋梁一般図

3. 設計概要

3. 1 設計条件

本橋の設計条件を表1に示す。

3. 2 構造概要

本橋の構造は、主桁、横桁および軌道を直接支持する縦桁により形成された格子構造(写真1)であり、縦桁上に載荷された軌道重量は、横桁を介して主桁に伝達される。

主桁形状は、車窓からの眺望に配慮し、支点部のみ桁高を上げることで、他の部分では車窓からの眺めを阻害しないフィンバック形式とした。また、桁断面はウェブを斜めとし上フランジをウェブ内側に配置することで、建築限界に支障せず主方向PC鋼材の定着突起を桁内面側に配置できる形状としている。

横桁間隔は3.75m(=マクラギ間隔0.75m×5本)とし、縦桁上に設置する弾性バラスト軌道のマクラギ位置と横桁位置を合わせることで、開口率の減少による積雪対策機能の低下を防ぐこととした。

縦桁の断面には、軌道を敷設する幅の確保と上縁引張応力度の低減を目的として、T断面を採用した。

なお、開口部には保守作業等の安全性を考慮し、グレーチングを設置した。グレーチングの網目ピッチは雪の通り抜けを考慮して60×200mmとしている。

3. 3 構造解析

下路桁橋の場合、構造解析は通常平面格子モデルを用いて行われるが、本橋のような構造形式においては、平面格子モデルでは、主桁の曲げ変形により縦桁に発生する軸力の影響が評価できない。そこで、主桁と縦桁および横桁をそれぞれ独立した部材とし、各部材の図心位置を仮想部材(剛部材)により剛結した立体格子モデル(図3)を用いて解析を行った。

なお、雪荷重は開床式であるため、橋面上には載荷せず、主桁フランジ部のみ考慮した。

表1 設計条件表

橋梁名		第一志野川線りょう		
桁形式		開床式3層橋連続PRC下路桁		
桁長(支間)		119.100m(34.100m+49.700m+34.100m)		
軌道構造の種類		弾性バラスト軌道		
曲線半径		直線: R=∞		
軌角		右: θ = 73°-45'-00"		
荷重	列車荷重	EA-17		
	列車の最高速度	V=130km/h		
	主桁側径間部	i=0.23(終局限界状態: 単線載荷時)		
	受桁中央径間部	i=0.29(終局限界状態: 単線載荷時)		
特性	縦桁	i=0.51(終局限界状態: 単線載荷時)		
	旅客	35本/日(上下線各々)		
値	貨物	75本/日(上下線各々)		
	設計水平露度	L1時の	橋軸方向	kh=0.378
		設計水平露度	橋軸直角方向	kh=0.378
		L2時の	橋軸方向	khmax=0.621
最大桁底露度		橋軸直角方向	khmax=0.715	
設計耐用期間		100年		
構造物の環境条件		寒冷地		
鉄筋のかぶり	45mm	水切り部	桁上部 55mm	
		底版部	50mm	
部材の種類	主桁	受桁	横桁	
		PRC構造		
コンクリート	セメントの種類	早強ポルトランドセメント		
	設計基準強度	40 N/mm <sup>2</sup>		
	アクリル薄入時の強度	34 N/mm <sup>2</sup>		
	最大水セメント比	50%		
	粗骨材の最大寸法	20または25mm		
	クリープ係数	3.0	2.6	
鋼材	乾燥収縮ひずみ	350×10 <sup>-2</sup>	200×10 <sup>-2</sup>	
	鋼材の種類	PC鋼より線 12512.7mm	PC鋼より線 1328.6mm	
	鋼材の材質	SWPR7BL	SWPR19L	
材質	引張強度	1860 N/mm <sup>2</sup>	1782 N/mm <sup>2</sup>	
	引張降伏強度	1570 N/mm <sup>2</sup>	1516 N/mm <sup>2</sup>	
	リフクセーション	1.5%	1.5%	
鉄筋の材質	SD 345			

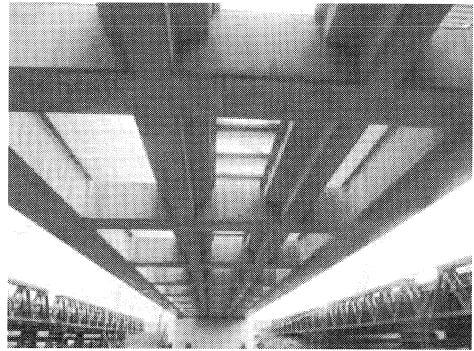


写真1 下路桁底面

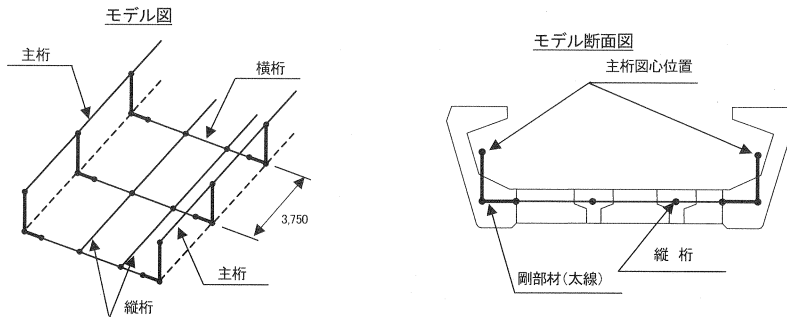


図3 立体格子モデル

### 3. 3 部材設計

#### 1) 主桁

主桁はPRC構造とし、永久荷重時において上縁側に引張応力を生じさせないものとして設計した。

本橋は、U型断面であるため、横桁が主桁に吊り下げられている構造である。主桁内には、この吊り下げ荷重に対して吊り下げ鉄筋を配置する必要がある。横桁から主桁に伝達される鉛直方向荷重に対して、図4に示すようにせん断破壊面を仮定し、吊り下げ鉄筋量を算出した。吊り下げ力分布範囲には、通常のせん断耐力により求められたスターラップ必要鉄筋量に、吊り下げ鉄筋量を加えた鉄筋量のスターラップを主桁に配置した。

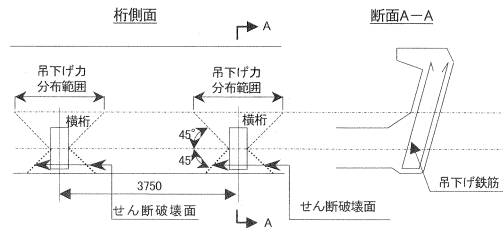


図4 吊り下げ鉄筋の配置

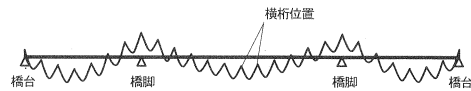


図5 縦桁の曲げモーメント特性

#### 2) 縦桁

縦桁はPRC構造として設計を行っている。

縦桁に列車荷重が載荷された場合、縦桁の曲げモーメントは、図5に示すように主桁と同様な全体系の曲げモーメントと各横桁を支点とする曲げモーメントの特性を同時に示すと考えられる。

しかし解析上不明な点も残されているため、立体格子解析より求められた曲げモーメントと、図6に示すように横桁を支点とした4径間連続梁として算出した曲げモーメントを比較し、部材設計が安全側となる方を曲げモーメントとして採用した。

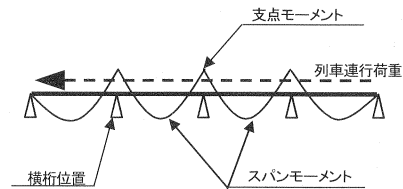


図6 横桁を支点とした場合の曲げモーメント

#### 3) 横桁

縦桁を支持している横桁はPC構造として設計を行った。本橋は主桁と縦桁を横桁で連結した構造であり、横桁には、鉛直方向の断面力の他にプレストレスカ・プレストレスクリープなど主桁と縦桁の軸方向変位(変形)の差により水平方向の断面力が発生する。したがって設計では、上記の鉛直方向力に水平力の影響も考慮し、2方向曲げの検討を行った。

横桁の鉛直方向力に対する検討は主桁と横桁が剛結されていることを考慮し、立体格子解析により算出した接合部の曲げモーメントと、横桁を単純桁として算出した正の最大曲げモーメントの1/2<sup>2)</sup>とを比較し、大きい方の値が接合部に負の曲げモーメントとして作用するとして設計を行った。

使用限界状態における応力度の照査は、図7に示すように鉛直方向の断面力により部材に生ずる応力と水平方向の断面力により、部材に生ずる応力を合成して行った。

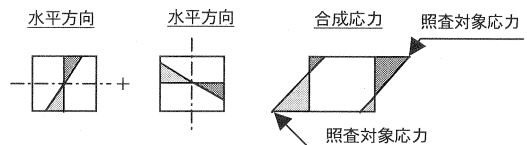


図7 横桁の水平方向曲げモーメント(使用限界状態)

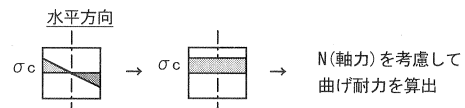


図8 横桁の水平方向曲げモーメント(終局限界状態)

終局限界状態における鉛直方向の照査は、図8に示すように水平方向の曲げモーメントにより生ずるコンクリートの縁引張応力度の最大値に着目し、この引張応力度と同等の引張応力度を与える軸方向力を考慮して曲げ耐力を算出し、鉛直方向の断面力により照査を行った。

せん断力に対する検討は、鉛直方向、水平方向それぞれについて照査を行った。

#### 4. 施工概要

上部工の施工は、河川部はH鋼杭を打設し桁式支保工、地上部は地盤改良を行い楔式支柱支保工にて場所打ち施工した。本橋は開床式下路桁であり、桁断面が複雑でコンクリートの充填が困難であること、スラブが格子状であり施工時にひび割れが生じる可能性があることから、コンクリートの打設およびPC鋼材の緊張に十分な配慮が必要であった。以下に施工概要について述べる。

##### 4. 1 コンクリートの施工

本橋はU字型の下路桁断面で斜めウェブであり、下フランジのハンチの傾斜が緩く面積も広い。また、横桁との接合部およびウェブ定着突起部は鉄筋・鋼材が非常に密に配置されているなど、コンクリートの充填不足が懸念された。このため、写真2に示すように主桁の実物大の試験供試体を製作し、コンクリートの充填性および施工手順を確認するための試験を行った。

一般の下路桁と同様に全断面一括打設方式とし、主桁・床組は同時にコンクリートを打設した。また、コンクリート数量は 634.4m<sup>3</sup>とそれほど大規模ではないが、桁形状が複雑であることから4ブロックに分割し確実にコンクリートが打設できるようにした。

コンクリートの打設は、図9に示すようにあらかじめ主桁上部の「返し型枠」をはずし、ウェブより行った。ただし、ウェブが斜めになっているため、棒状マルチバイブレーターを用いた。

下フランジハンチ部はコンクリートの充填を目視確認できないことから、型枠に100mmの間隔で径5mmの孔を開け、型枠孔と打音でコンクリートの充填を確認した。また、中間支点部は桁高4.0mと高いため、ウェブ途中にコンクリート投入用の窓を設けて打設した。

##### 4. 2 緊張順序

本橋は開床式下路桁で断面剛性の異なる主桁・縦桁および横桁が格子状に剛結されているため、乾燥収縮・温度応力およびプレストレスの不均衡により部材・接点にひび割れが発生する可能性が高い。特に、緊張時のコンクリートは若材令であり強度が十分に発現していない可能性がある。そこで、図10のようにプレストレス力が部材に均等かつ段階的に導入されるよう緊張順序を決め、ひび割れの発生を抑制した。

#### 5. あとがき

完成後の橋梁の全景を写真3に示す。本橋は、五能線十川橋りょうに次いで2例目の開床式PRC下路桁の採用となったが、今後も積雪の多い除雪対策を必要とする地域において開床式構造の採用が検討されるものと思われる。本橋が、同形式の橋梁の参考になれば幸いである。

#### 参考文献

- 1) 富田修司, 北薮明人, 菊地眞, 国澤博: 十川橋りょう上部工の施工および計測管理, 第6回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, 1996. 10, pp. 59-62
- 2) 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物, 1999. 10, pp. 226

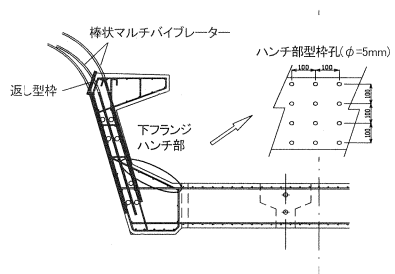
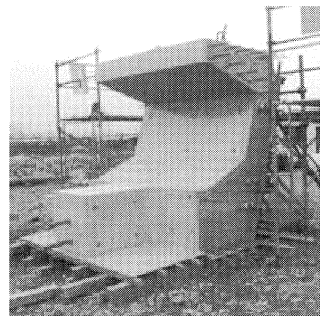


図9 主桁コンクリート締め固め方法

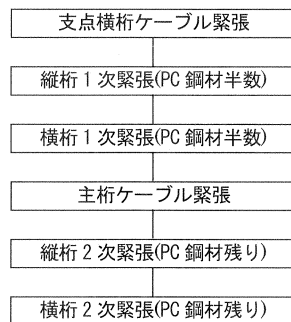


図10 緊張順序

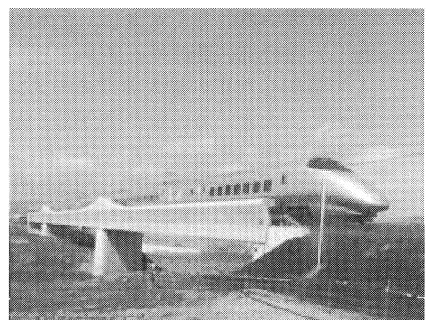


写真3 第一吉野川橋りょう全景