

豪雪地帯における桁高制約を受けたPRC桁の設計・施工について

東日本旅客鉄道(株) 東北工事事務所 正会員 ○吉田 知史
東日本旅客鉄道(株) 東北工事事務所 正会員 菅原 学
東日本旅客鉄道(株) 東北工事事務所 正会員 鈴木 慎一

1. はじめに

置賜圏域においては、古くから最上川水系の治水が課題となっており、治水事業が行われてきた。昭和42年8月に被災戸数約17,000戸という大規模な被害をもたらした羽越水害が発生し、近年では、平成元年以降は2年に1度の頻度で浸水被害が発生している。浸水被害の多い地域であり、山形県では最上川支川の一つである誕生川の最上川合流点上流8.5km地点から国道287号上流までの1.7km区間で河川改修を行っている。また、誕生川橋りょうが位置する山形県米沢市は最大積雪量がほぼ毎年100cm以上を記録する日本有数の豪雪地帯である。今回、誕生川橋りょうの改築の設計概要と施工方法について報告する。

2. 工事概要

誕生川橋りょうはJR米坂線(非電化)の11k368m付近(成島駅、中郡駅間)に位置しており、周辺は田に囲まれ、また近隣の住宅からは100m以上離れている。現在の橋りょうは、支間約3.5mの鋼I桁である。また、線路右側に信号用トラフ橋が存在する。上記に記した山形県による河川改修計画によって川幅が拡幅されるのに伴い、現橋りょうを、支間約24mの新橋りょうに改築する。

3. 橋りょう形式の選定

- 新橋りょうの形式の選定を、次の条件により行った。
 - 豪雪地帯であることから、除雪可能な桁形式であること。
 - 河川管理施設等構造令により、河川のH.W.Lから桁下まで余裕高60cm以上、かつ橋りょう前後に踏切および橋りょうがあり、R.Lを変えられないため、桁高の制約を受ける。
 - 軟弱地盤でありメンテナンスを考慮してバラスト軌道とする。
- 以上3点を考慮し、主桁天端をRL以下とし、桁高制限を受ける下路PRC桁(有道床)を選定した。

また、下部工については、夜間の列車間合いを考慮して一夜施工で線路下を開削し、上部工を支持する受梁を設置するラーメン橋台を選定した。

4. 設計

4-1. 上部工

上部工の設計条件を表1として示す。設計については、格子解析を行って設計を行った。その結果、主桁に過大なねじりモーメントがスパン中央に発生する結果となった。そのため詳細な検討をFEM解析により、斜引張応力度の確認を行っている。

検討結果のうち、安全総括表を表2、表3として示す。主桁の曲げ応力度については破壊(安全率0.98)で、せん断応力度については、耐久性のひび割れ(安全率0.90)で決定している。

表1 設計条件

線名、橋りょう名称	米坂線(成島〜中郡間)、誕生川橋りょう
桁形式	単線用PRC下路桁
橋長	24.50m
桁高	24.30m
スパン	22.80m
軌道構造の種類	バラスト軌道
曲線半径	直線
斜角	左62°00'00"
列車荷重	EA-15
列車の最高速度	100 km/h
衝撃係数	単線軌道:0.25(注)
列車本数	旅客列車 35本/日 貨物列車 5本/日
活荷重	0.3 kN/m (パイプ基盤)
雪荷重	3.0 kN/m ²
設計耐用期間	100年

表2 主桁 PRC(曲げ) 安全率総括表

種 別		種 別	種 別	種 別	種 別
形状寸法	ウェブ幅	b w	mm	1200	
	桁高	h	mm	1050	
	有効高さ	d	mm	952	
	断面係数	A c	m ²	2.1345	
引張断面積	引張断面積	A p	mm ²	8322	
	鋼材比	P p=A p/A c	%	0.390	
	鋼材比	P s=A s/A c	%	0.281	
	鋼材比	P s=A s/A c	%	0.281	
破壊	設計曲げモーメント	M d	kN m	8384	
	設計曲げ耐力	M u d	kN m	10303	
	設計曲げ耐力	M u d	kN m	0.98	
	設計耐力の組合せ安全率	安全率		CASE-4	
疲労	設計疲労応力度	σ p r d	N/mm ²	102.5	
	設計疲労耐力	σ p r d	N/mm ²	158.8	
	等価繰返し回数	Σ N		178,852	
	Σ N ≤ 2,000,000			照査を省略する	
先行安全性	たわみ	δ L	mm	20.3	
	たわみの限界値	δ a	mm	57.0	
	たわみの限界値	δ a	mm	0.36	
	たわみの限界値	δ a	mm	0.36	

表3 主桁 PRC(せん断) 安全率総括表

種 別		種 別	種 別	種 別	種 別
形状寸法	ウェブ幅	b w	mm	1200	
	桁高	h	mm	1050	
	有効高さ	d	mm	952	
	断面係数	A c	m ²	2.1345	
引張断面積	引張断面積	A p	mm ²	8322	
	鋼材比	P p=A p/A c	%	0.390	
	鋼材比	P s=A s/A c	%	0.281	
	鋼材比	P s=A s/A c	%	0.281	
破壊	設計せん断力	V d	kN	1160	
	設計せん断耐力	V u d	kN	1720	
	設計せん断耐力	V u d	kN	6096	
	設計せん断耐力	V u d	kN	0.81	
疲労	設計疲労応力度	σ p r d	N/mm ²	102.5	
	設計疲労耐力	σ p r d	N/mm ²	158.8	
	等価繰返し回数	Σ N		178,852	
	Σ N ≤ 2,000,000			照査を省略する	
先行安全性	たわみ	δ L	mm	20.3	
	たわみの限界値	δ a	mm	57.0	
	たわみの限界値	δ a	mm	0.36	
	たわみの限界値	δ a	mm	0.36	

※斜め引張応力度はFEM結果による。

キーワード:PRC 桁, ラーメン構造, FEM 解析

〒980-8580 仙台市宮城野区五橋 1-1-1 TEL:022-266-9661

設計の結果、桁高の制限から PC 鋼材の配置間隔から、主桁幅が 1200mm という、横に広い上部工となっている (図 1 参照)。

4-2. 下部工

施工箇所の地質は、シルト質を多く含み、深度約 22m 地点から砂礫層が約 4m 存在する。地質状況から基礎形式は杭基礎 (L=20m) とした。本施工箇所では、列車本数が少なく、列車間合いも大きく確保できること、そして周辺に支障物がなく、非電化区間であることから、大型機械等による施工が可能であることから、一夜の間合いで施工することを前提とした下部工構造とした。夜間の間合いが約 9 時間であることから、経済性を考慮し開削により構築することとした。

以上より、場所打ち杭を構築し、線路下部の受梁部 (図 1 で示した部分、以後エレメントとして記述する) で受ける、門方ラーメン橋台を採用することとした。このエレメントについては、工場で製作し、一夜の通常間合いにて設置を行う。

5. 施工計画

5-1. 橋台の施工

本工事は、仮設工の工事が完了し、土留め工、薬液注入工が完了した後に、場所打ち杭の施工を行う。その後フーチングの構築を行い、各橋台についてそれぞれ一夜施工にて、軌きょう撤去、線路下の開削を行い、あらかじめ鉄筋を配筋しておいたエレメントを設置する (図 3 参照)。エレメント設置後に埋め戻し、軌道復旧を行う。後日、杭との剛結を行い、エレメントの中埋めコンクリートを施工する。

5-2. 桁の架設

橋台完成後、旧橋りょうの脇に設置した桁製作架台にて新橋りょうの桁製作を行う。桁完成後に旧橋りょうの撤去および押し出しジャッキを用いた横取りにて桁の架設を一夜で行う (図 4 参照)。

その後、護岸工事等を行い、本工事は完成となる。

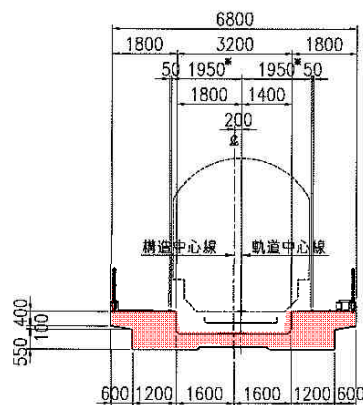


図 1 上部工一般図

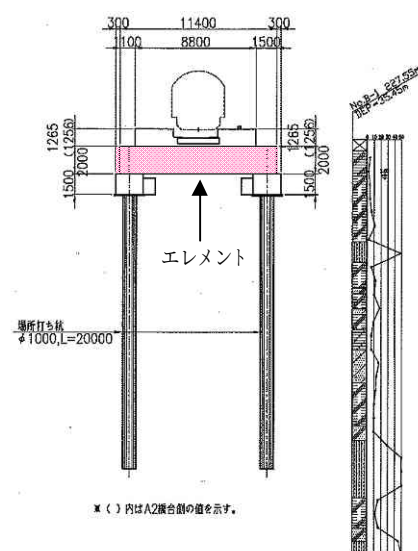


図 2 下部工一般図

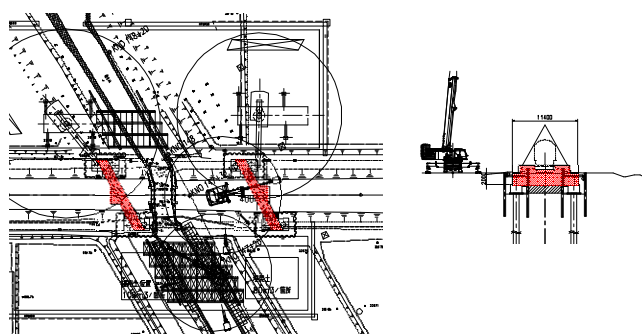


図 3 エレメント施工概要図

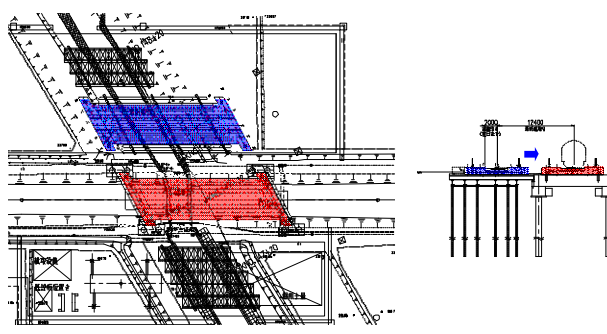


図 4 桁架設概要図

6. おわりに

以上より、日本有数の豪雪地帯である山形県米沢市に位置する誕生川橋りょうの設計及び施工計画を検討してきた。本工事は、平成 23 年度夏に着工する計画で協議等を進めている。平成 25 年に桁の架設を行い、使用開始し、護岸工を含め平成 26 年度に完成予定である。(完成予想図を図 5 として示す。)

今後、安全かつ円滑なプロジェクトの実現に向け、引き続き検討していく。



図 5 完成予想図