

平面線形R=60mを有する張出し箱桁橋の設計・施工 —おちあい橋—

昭和コンクリート工業(株) 正会員 工修 ○櫻井 義之
 昭和コンクリート工業(株) 岩瀬 均
 昭和コンクリート工業(株) 森田 浩司
 長野県北信建設事務所 整備課 中川 文晴

キーワード：平面曲率半径，ねじり，たわみ差，FEM解析

1. はじめに

おちあい橋は，長野県の山ノ内町と木島平村の境に架かる国道403号のPC2径間連続Tラーメン箱桁橋である。本橋は，図-1のように旧道路が狭隘かつ脆弱で豪雪被害を受けやすく，大型車やバスのすれ違いが困難な状況であったことから，安全で円滑な交通を確保することを目的として計画された。本橋の平面線形の曲率半径はR=60(m)と小さく，張出し架設工法により施工する際に，主桁がねじられて橋梁が3次的に変形することが予想された。工事の概要を表-1に，橋の構造形式を図-2～4に示す。

本稿では，曲率半径R=60(m)の箱桁橋の張出し架設において発生する問題に対して，設計・施工で対策した内容について報告する。

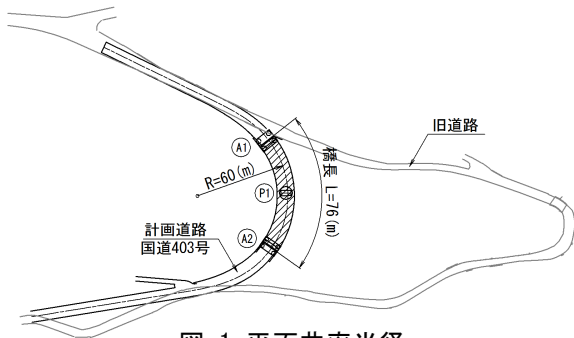


図-1 平面曲率半径

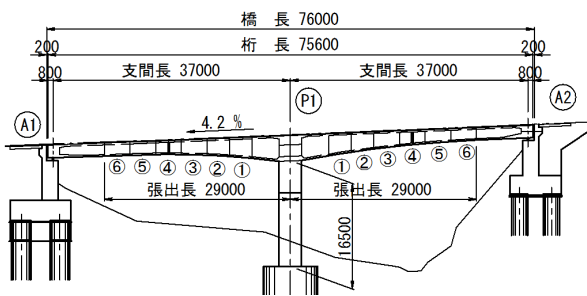


図-2 側面図

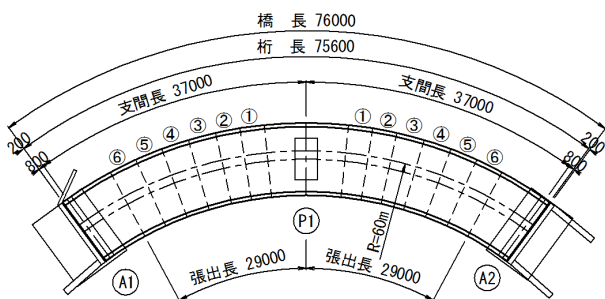


図-3 平面図

工事名	社会資本整備総合交付金 (広域連携)工事 裏落合(2)
工期	平成27年10月20日 ~平成29年1月31日
発注者	長野県 北信建設事務所
工事場所	(国)403号 下高井郡 木島平村 ~山ノ内町 落合(2)
構造形式	PC2径間連続Tラーメン箱桁橋
橋長	76.0 m
桁長	75.6 m
支間長	37.0 + 37.0 m
全幅員	11.3 m
平面線形	R=60.0 m
縦断勾配	4.2 %
横断勾配	6.0 %
活荷重	B活荷重

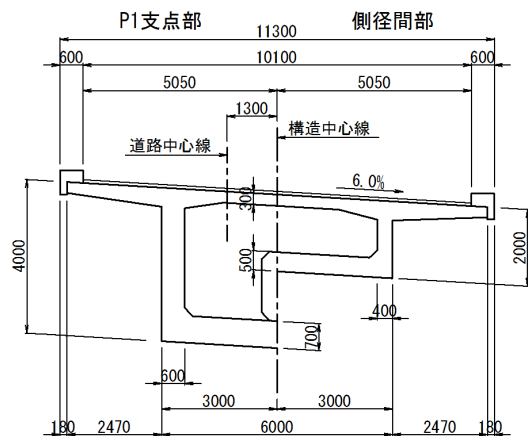


図-4 断面図

2. たわみ管理

本橋は曲線形状であることから、図-5のように最大張出し時に、自重により主桁がねじられて左右の張出し先端において最も大きなたわみ差が生じる。また、橋脚天端はカーブの内側へ倒れるような変形が生じることが予想された。

よって、事前に立体フレームモデルにおいてその変形量を計算した。計算結果の変形図を図-6に示す。この変形図は、最大張出し時である6ブロックのコンクリート打設後の状態を示している。2ブロックの小口断面におけるカーブの内側と外側のたわみ(鉛直変位)は鉛直下方向へ10(mm)と5(mm)であり、その差は5(mm)であった。また、橋脚のカーブの内側への倒れ(水平変位)は4(mm)となった。

橋梁完成時における立体フレームモデルの変位累計の計算結果は、カーブの内側と外側のたわみ差は最大の断面で3(mm)であり、橋脚のカーブの内側への倒れは4(mm)であった。表-2より、過去の曲線橋の変形と比較してもその値は近い値を示しており、本解析結果は妥当であると判断した。

曲線形状による立体的なねじりの変形が生じることが予想されたが、事前の解析結果では、ねじりによるたわみ差は微小であることが判明した。よって、施工時における上げ越し管理としては、ねじりの影響による変形は特に考慮しないことに決定した。

解析と実物の挙動は必ずしも一致しないことから、実施工においては、各ブロックの先端にプリズムを設置して、自動計測システム(写真-1)により3次元の変位を計測し、その挙動を確認した。計測の結果は、解析結果と同様であり、ねじりの影響による変形は小さかった。

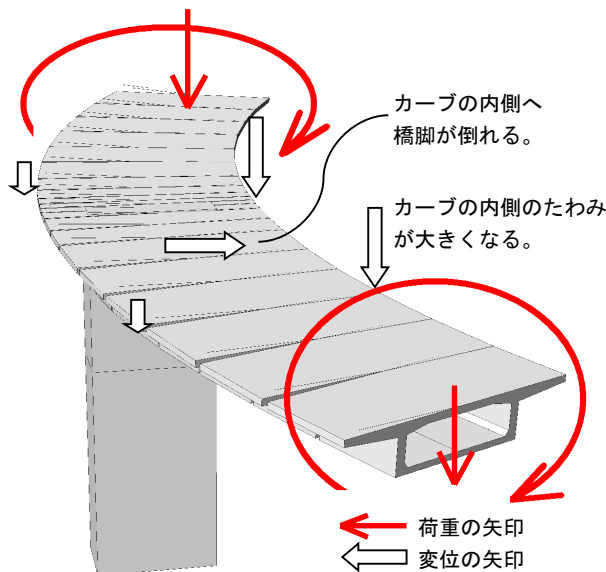


図-5 曲線橋の変形イメージ図

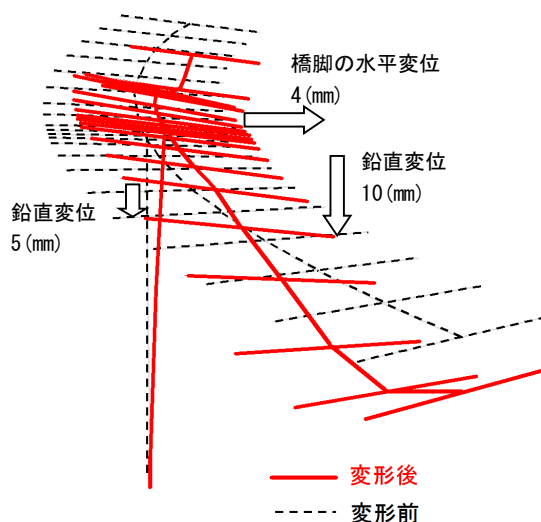


図-6 立体フレームモデルの変形図

表-2 過去の曲線の箱桁橋のたわみ差・橋脚の倒れ

橋梁名	曲率半径	橋脚高	張出し長	たわみ差 (鉛直方向)	橋脚の倒れ (水平方向)
単位	R(m)	H(m)	L(m)	∠v(mm)	u(mm)
おちあい橋	60	16.5	29.0	3	4
平岩1号橋	100	28.0	31.0	11	12
国道27号の一部 ¹⁾	90	31.5	35.0※	—	5程度※ ※実測値
荒山大橋 ²⁾	280	22.2	61.3※	2程度	—
第二浜田ダム5号橋 ³⁾	160	30.0	41.9	8	—

※張出し長の代わりに支間長の1/2の長さを示す。



写真-1 3D 変位自動計測システム

3. ブロック目地・張出し先端の補強

本橋は曲率半径の小さい曲線橋であることから図-7のように、最大張出し時において大きなねじりモーメントが作用する。これによりブロック目地の目開きや張出し床版先端のひび割れが懸念された。

また、本橋の張出し床版は図-4のとおり、張出し長が2470(mm)と比較的大きい。そのため、架設時において、プレストレスの広がりを33° 40' と仮定すると、図-8のように床版先端のブロック目地部にプレストレスが導入されない。

よって、3次元のFEM解析を行い、張出し床版先端の応力状態を確認することとした。

FEM解析における基本的な設計条件を表-3に示す。上床版に配置されるPC鋼材のプレストレスの作用力として、以下の2つを考慮した。

- (1)各ブロックの小口断面の定着力
- (2)PC鋼材の平面曲線配置による腹圧力

FEM解析結果を図-9に示す。施工ステップは最大張出し時であり、そのときの橋軸方向の応力分布を示している。張出し床版先端において、-1.0(N/mm²)程度の引張応力が発生する箇所が見られる。これはねじりの作用によって生じた引張応力であり、ブロック目地の開きやひび割れが発生することが懸念された。そのため、図-10・写真-2のように張出し床版先端にPC鋼棒を配置して、各ブロック打設後に緊張を行った。FEM解析の引張応力の集計結果から、引張力は273(kN)と計算されたことから、290(kN)の圧縮力を加えることができるφ23のPC鋼棒を採用した。

表-3 FEM解析の設計条件

解析手法	3次元有限要素法	
解析モデルの設定	弾性体	
物性値		
コンクリート強度	$\sigma_{ck} = 40 \text{ (N/mm}^2\text{)}$	
ヤング係数	$E_c = 3.1 \times 10^4 \text{ (N/mm}^2\text{)}$	
ポアソン比	$\nu = 0.2$	
荷重条件		
コンクリート自重	$\gamma_c = 24.5 \text{ (kN/m}^3\text{)}$	
プレストレス	PC鋼材種類	SWPR7BL 12S15.2
	緊張力	導入直後の値を使用
移動作業車荷重	$W = 800 \text{ (kN)}$	

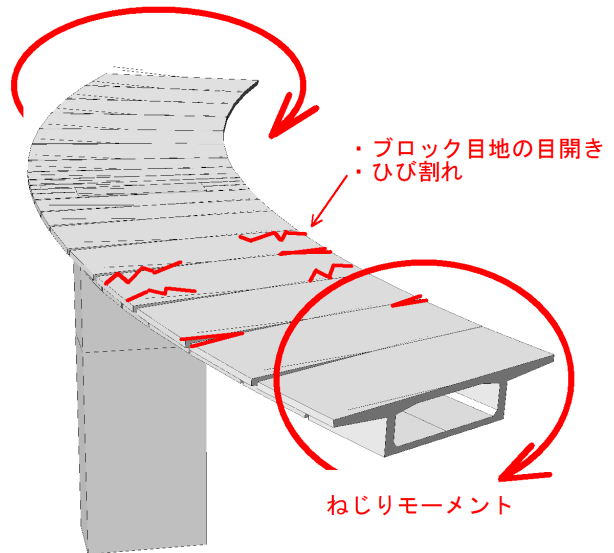


図-7 ブロック目地の目開き・ひび割れイメージ図

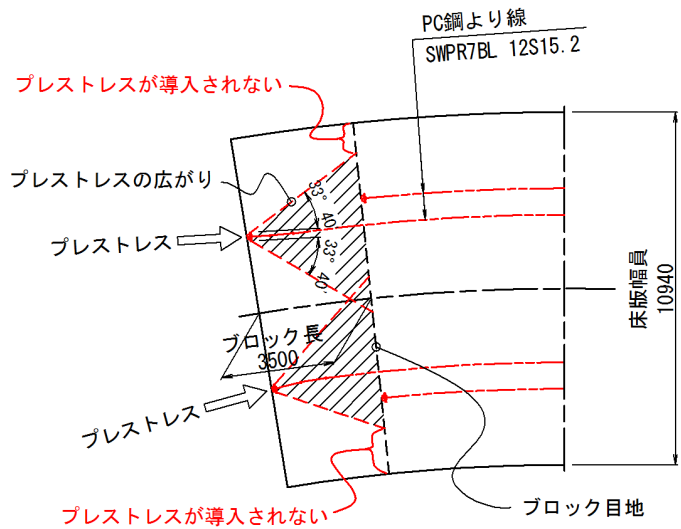


図-8 ブロック目地へのプレストレス導入

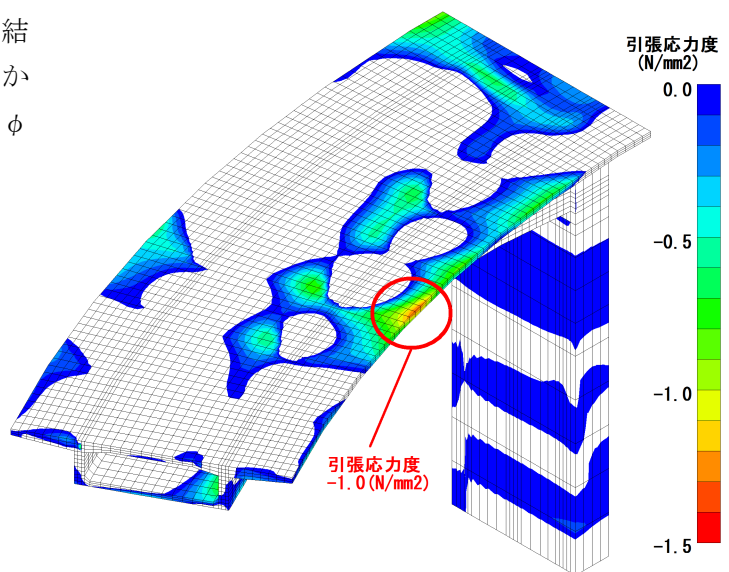


図-9 橋軸方向の応力分布図(FEM解析結果)

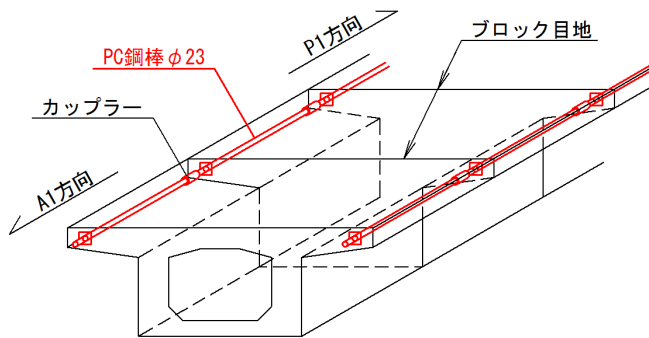


図-10 ブロック目地の補強方法

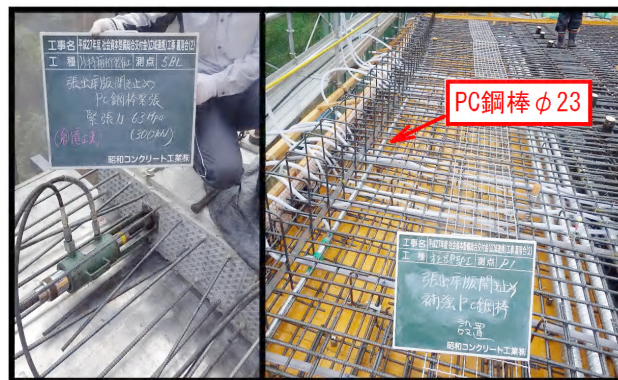


写真-2 ブロック目地の補強方法

4. 施工時の対策

(1) 曲がりレール：移動作業車のレールは直線形状では移動が困難となるため、平面曲率半径に合わせた本橋専用の曲がりレールを製作した。(写真-3)

(2) 左右同時緊張：平面曲率半径が小さいことから、上床版のウェブ付近に配置されるPC鋼材を片側ずつ緊張した場合、偏心荷重によるひび割れの発生が懸念された。その対策として緊張ジャッキ4台とポンプ4台を使用し、左右のPC鋼材を同時に緊張した。(写真-4)



写真-3 曲がりレール



写真-4 左右同時緊張

5. おわりに

本橋は曲率半径 $R=60$ (m)という当社において過去に施工例のない平面形状であったが、上述の対策を行うことで無事に完成することができた。

本稿が同種橋梁の設計・施工の一助となれば幸いである。本橋の設計や施工計画にあたり、貴重なご意見・ご協力を頂きました関係各位に厚く感謝の意を表します。



写真-5 完成写真

参考文献

- 1) 船野浩司, 河出浩喜, 森川大輔, 清水秀樹：張出し工法により架設した曲率半径が小さい箱桁橋の設計・施工, 第19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, pp. 301-304, 2010
- 2) 加藤卓也, 鎌田祐一, 苗木亮, 若松剛臣：荒山大橋の施工報告, 第19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, pp. 437-440, 2010
- 3) 加藤俊, 荒木俊輔, 大和信夫：平面線形 $R=160$ mを有する張出し箱桁橋の施工, 第17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, pp. 139-142, 2008