

(86) 本道寺橋の設計、施工

日本道路公団東北支社建設部 鈴木雄吾
 日本道路公団東北支社山形工事事務所 會澤信一
 (株)ピー・エス(株)錢高組共同企業体 正会員 石川利信
 (株)ピー・エス東北支店 正会員 ○ 福地和雄

1. はじめに

山形自動車道は、東北縦貫自動車道の宮城県仙台市を起点とし、村田ジャンクションで東北道から分岐して山形県酒田市に至る総延長156kmの高速道路である。

本橋は、山形自動車道のうち山形県西村山郡西川町大字本道寺から月岡間に位置し、一級河川寒河江川を跨ぐ橋長981.0m、幅員10.0mの高架橋であり、完成すると東北の高速道路の中で最長の橋となる。

構造形式は、PC4径間連続ラーメン箱桁橋(片持ち張出工法)+PC6径間連続ラーメン箱桁橋(片持ち張出工法)×2連からなる。このうち6径間部は、地形的な理由により支間割りが側径間部と中央径間部が同程度となることから以下の施工方法を採用した。

- ① 側径間部のほとんどが地形的に支保工及び仮支柱設置が困難なため、側径間側を仮設の外ケーブルを用い非対称に3ブロック張出施工し、吊り支保工にて側径間部を施工する。
- ② 側径間閉合後、桁端部において反力調整を行い負の曲げモーメントを減少させた後に外ケーブルを解放撤去する。

本稿は、P4~P10径間を例に上記2点に関する架設時の設計手法と施工の概要について報告する。

2. 橋梁概要

工事名：山形自動車道 本道寺橋(PC上部工)工事

路線名：東北横断自動車道酒田線

工事箇所：山形県西村山郡西川町大字本道寺~月岡地内

工事期間：平成7年12月28日~平成10年12月11日

橋種：プレストレストコンクリート道路橋

道路規格：第1種第3級B

構造形式：【A1~P4】PC4径間連続ラーメン箱桁橋

【P4~P10】PC6径間連続ラーメン箱桁橋

【P10~A2】PC6径間連続ラーメン箱桁橋

橋長：981.000 m

桁長：238.900 m + 370.800 m + 370.751 m (構造中心)

支間：【A1~P4】28.336 m + 60.064 m + 93.000 m + 55.900 m

【P4~P10】54.400 m + 4 @ 65.000 m + 54.800 m

【P10~A2】54.400 m + 4 @ 65.000 m + 54.751 m

有効幅員：10.000 m (標準部)

13.000 m (非常駐車帯部)

活荷重：B活荷重

縦断勾配：4.000 %

平面線形：R=4000 m ~ R=∞ ~ R=5000 m

主要材料を表-1に、全体一般図を図-1に示す。

区分	仕様	単位	数量
上	コンクリート	ock=400 kgf/cm ²	m ³ 9 823.3
	鉄筋	S0 345	t 1 135.7
	PC鋼材(主桁)	SNPR7B 12S12.7	t 69.7
部	PC鋼材(主桁)	SBPR 930/1180 φ32	t 308.7
	PC鋼材(横桁)	SBPR 930/1180 φ32	t 11.0
工	PC鋼材(床版)	SNPR1 12φ7	t 81.7
	外ケーブル	SBPR 930/1180 φ32	t 63.1

表-1 主要材料

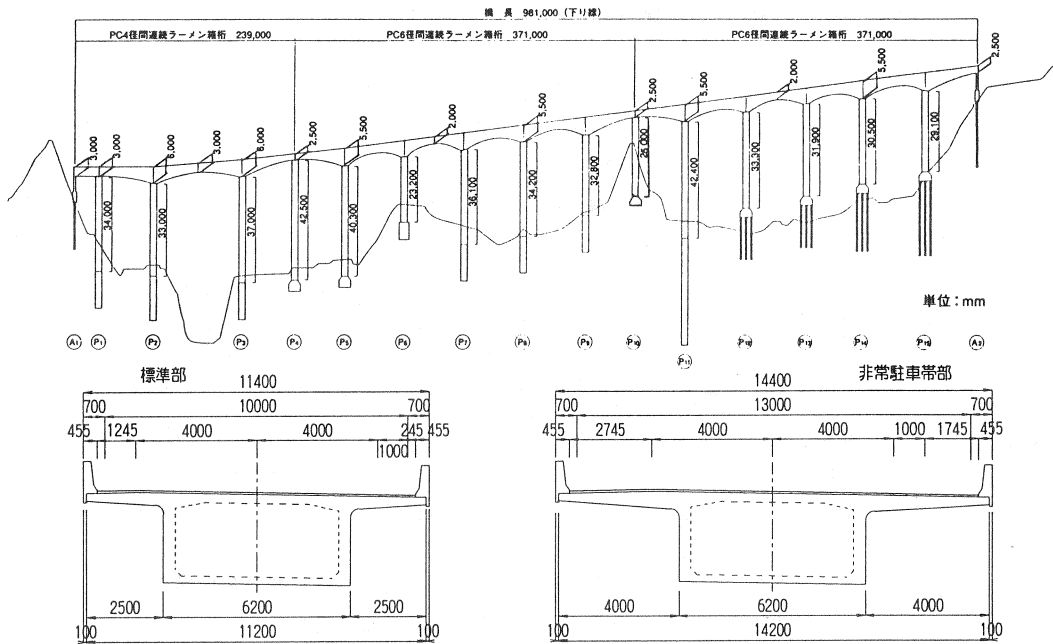


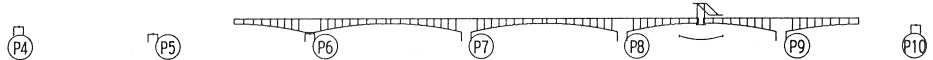
図-1 全体一般図

3. 外ケーブル及び反力調整の設計

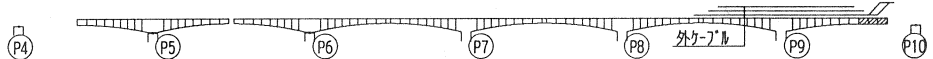
3.1 施工順序

外ケーブルの施工から構造系完成までの施工順序を図-2に示す。

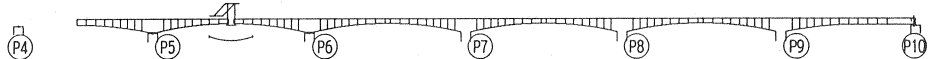
- (1). P8~P9閉合部の施工 (ワーゲンによる閉合部連結→連続鋼材1次プレストレス導入→ワーゲン撤去)



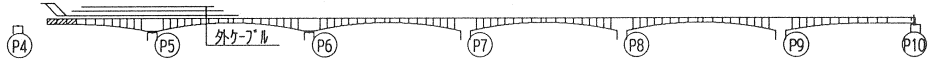
- (2). P10側3ブロックの張出施工 (外ケーブルを使用した張出施工完了後にP10側ワーゲン撤去)



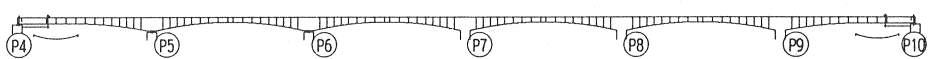
- (3). P5~P6閉合部の施工 (ワーゲンによる閉合部連結完了後に連続鋼材1次プレストレス導入)



- (4). P4側3ブロックの張出施工 (外ケーブルを使用した張出施工完了後にP4側ワーゲン撤去)



- (5). 側径間閉合部の施工 (吊り支保工による側径間部閉合→連続鋼材1次プレストレス導入→支保工及びP5~P6ワーゲン撤去)



- (6). ジャッキアップ及び外ケーブルの撤去 (P4, P10支点において20cmジャッキアップを行い、その後外ケーブルを撤去)



- (7). 最終プレストレスの導入 (P4~P5, P5~P6, P8~P9, P9~P10径間の連続鋼材の最終プレストレス導入)

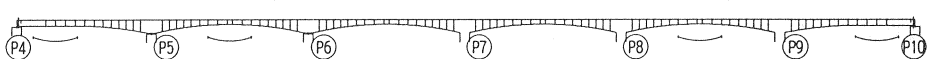


図-2 施工順序

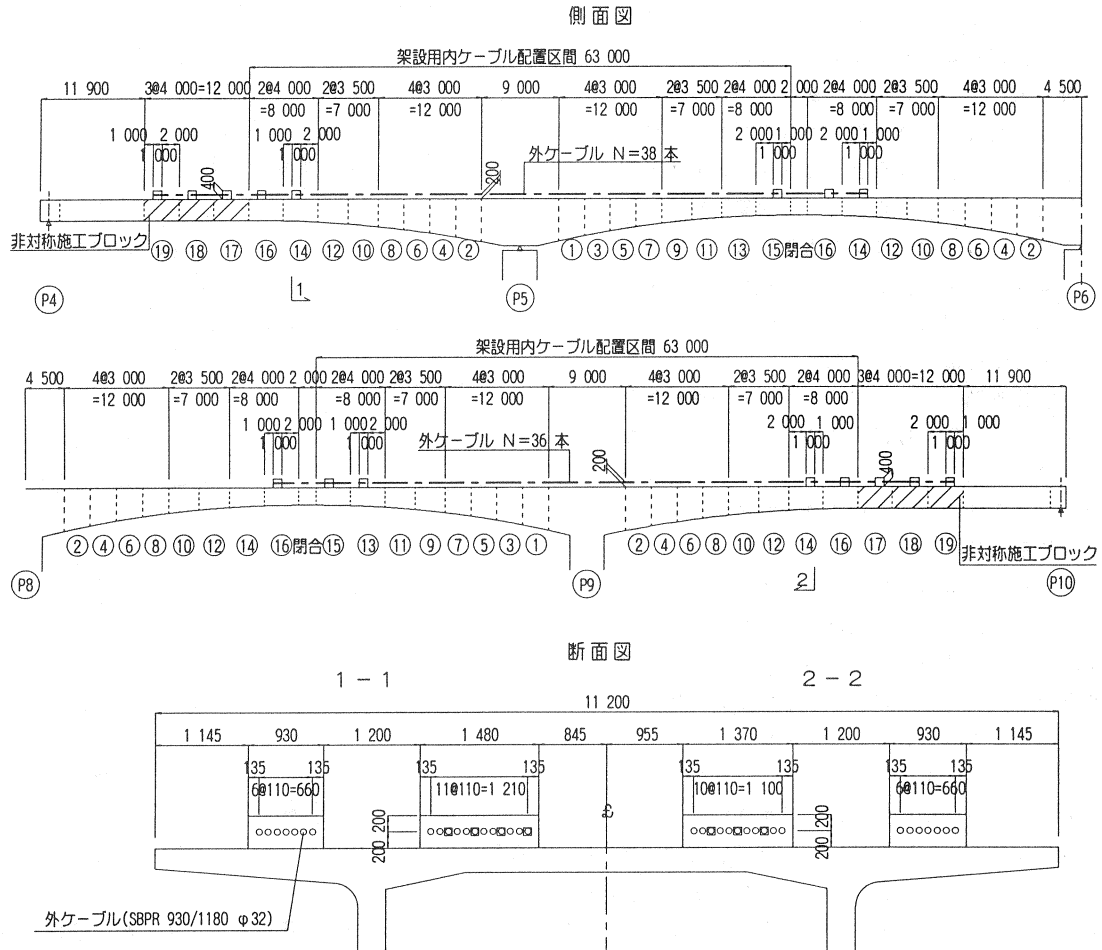
3. 2 外ケーブルの設計

中間支付近を除く架設用PC鋼材は、架設時曲げモーメントに対しては有効であるが、異符号となる完成系曲げモーメントに対しては連続PC鋼材の効果を減ずる結果となる。よって、架設用PC鋼材を外ケーブル方式にして架設完了後解放撤去することにより、連続PC鋼材を効果的にかつ経済的に配置することが可能である。

内ケーブル(部材内部に配置するPC鋼材)と外ケーブルの配置本数決定要素としては、完成系の応力に対して内ケーブルの本数を決定し、架設時の検討において内ケーブルだけではプレストレスが不足する範囲に関して、外ケーブルを追加配置した。

外ケーブルは、図-3に示す様に緊張作業を容易に行うため主桁上面に定着突起を設け定着し、引張鋼材の偏心量を少しでも大きくとらせられる方法とした。引張鋼材には、床版対称に定着させる理由より、低緊張力のPC鋼棒(SBPR 930/1180 φ32)を選定した。使用本数は、最大でP5柱頭部上に38本、P9柱頭部上に36本を配置した。

定着突起は、外ケーブルの水平力による定着突起と主桁上縁との“ずれせん断”に対して使用時と終局時の検討を行い、補強鉄筋 D22 を配置した。また、定着突起部周辺の主桁部上床版に与える影響については、FEM解析を行い補強鉄筋を追加した。



次に外ケーブルの設計の際に生じた問題点と対処方法について以下に示す。また、本橋は外ケーブルの配置区間における支承条件が左右異なるため、それぞれの径間に分けて示す。

(1) ラーメン橋脚部 (P9側)

ラーメン橋脚のため、P9橋脚上にアンバランスモーメントが生じ、その差が橋脚の断面力に移行する。図-4に、アンバランスモーメントが最大となる側径間吊り支保工載荷時の曲げモーメント図を示す。

アンバランスモーメントが大きくなる事により、『設計要領第2集(道路公団)4-13-5』に示す橋脚部の許容曲げ応力度 (-27 kgf/cm^2) を満足させる事ができない問題が生じたが、以下の方法にて対処した。(図-5, 図-6)

- ① 側径間吊り支保工を図-5に示す様に、柱頭部施工等に用いるブラケットを使用して2点支持から3点支持にする事により、張出先端に作用する吊り支保工荷重の値を軽減させた。
- ② P8~P9径間は、中央閉合を行うためラーメン構造となり2次力が発生する。中央閉合部の連続PC鋼材緊張に伴う2次力は、正の曲げモーメントとなり一層アンバランスモーメントを大きくする要因となるため、必要最小限の本数を1次緊張して2次力の発生を制限し、外ケーブル撤去後に2次緊張を行った。(外ケーブルの配置本数追加により、負の曲げ2次力増加の方法も考えられたが不経済となるため採用しなかった。)

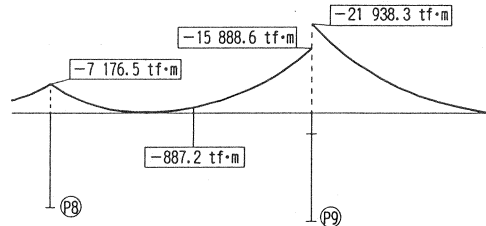


図-4 曲げモーメント図(P8~P10)
(側径間吊り支保工載荷時)

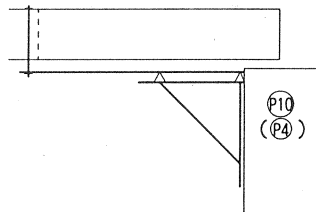


図-5 側径間吊り支保工図

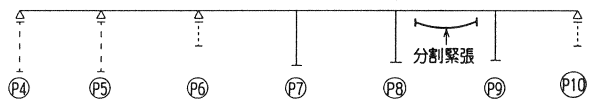


図-6 固定橋脚部対処方法図

(2) 可動橋脚部 (P5側)

可動橋脚部では、曲げモーメントが連続性をもち、P5~P6径間の負の曲げモーメントが増大する。図-7に、負の曲げモーメントが最大となる側径間吊り支保工載荷時の曲げモーメント図を示す。

P5~P6径間中央付近の主桁下縁は、プレストレス1次力による圧縮応力と合成されるため、合成応力度が圧縮の許容値 (175 kgf/cm^2) を満足することができない問題が生じたが、以下の方法にて対処した。(図-8)

- ① ラーメン橋脚部の①と同様に、ブラケットを使用して吊り支保工荷重を軽減させ、さらにP5~P6中央閉合部施工に使用したワーゲンを、側径間施工完了時までカウンターウエイトとして残すことにより、負の曲げモーメントの増加を小さくした。
- ② P5~P6径間中央閉合部の連続PC鋼材の緊張は、正の曲げモーメントを発生させ下縁圧縮を改善するが、プレストレス1次力の影響がそれらより大きいためラーメン橋脚部と同様に分割緊張とした。尚、側径間連続PC鋼材に関しても、側径間閉合時の下縁圧縮の許容値を満足させるため分割緊張とした

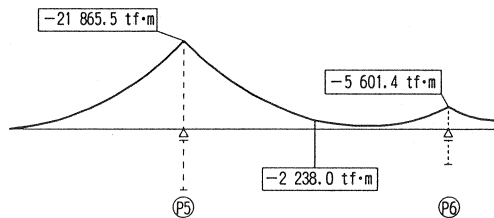


図-7 曲げモーメント図(P4~P6)
(側径間吊り支保工載荷時)

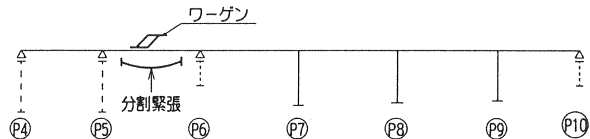


図-8 可動橋脚部対処方法図

3.3 反力調整

図-9に示す各架設段階における曲げモーメント図からも分かる様に、側径間閉合時においてはまだ負の曲げモーメントが支配的である。側径間閉合後に外ケーブルを撤去してしまうと、断面力としては正の曲げモーメントが発生するが、表-2に示す様にプレストレス1次力の減少による影響が大きいことより主桁上縁の応力度が激減する。従って反力調整は、外ケーブル撤去前に主桁上縁を圧縮状態にさせる目的のために行うものである。

反力調整の方法としては、油圧ジャッキにより支承線上で主桁に20cmの強制鉛直変位を与えるものである。P4、P10支点においては橋脚に切り欠きを設け桁下より突き上げ、A2支点のみは鋼製ブラケットを使用して桁側面よりジャッキアップを行う。

ジャッキアップ量の20cmについては、外ケーブル撤去時における合成応力度が許容値を満足する様決定した。

		(kgf/cm ²)		
		9	26	129
側径間支保	上縁	0.7	-9.1	-3.1
	下縁	105.4	141.9	107.9
工荷重載荷	上縁	13.0	-1.1	16.0
	下縁	137.3	127.8	149.0
側径間閉合時	上縁	46.7	29.4	71.6
	下縁	69.9	74.4	40.6
反力調整時	上縁	15.7	4.1	44.1
	下縁	41.6	42.5	10.8

表-2 各施工段階における合成応力度

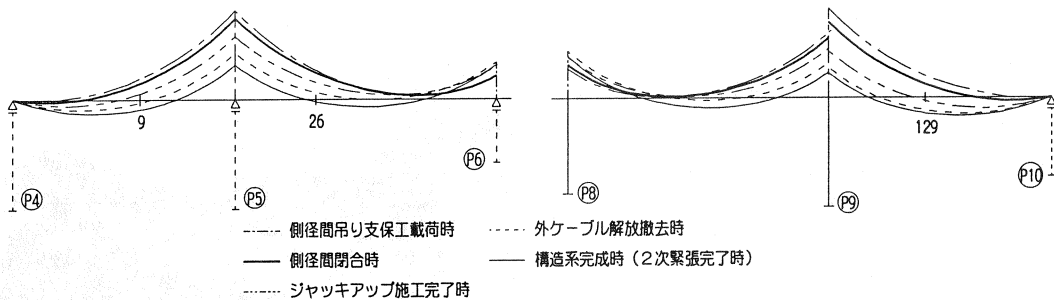
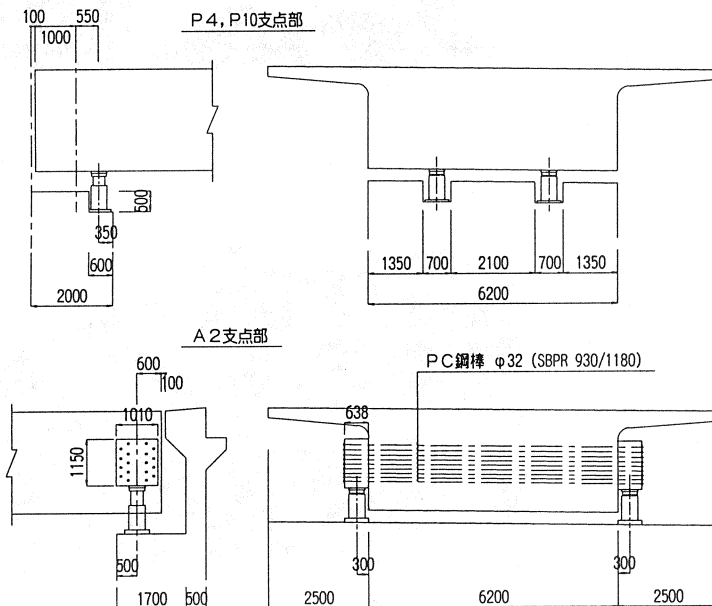


図-9 各施工段階における曲げモーメント図



*ジャッキアップ時に作用する反力 (tf)

	全体反力	1ヶ所当たり
P 4	368.8	221.3
P10L	432.7	259.6
P10R	362.1	217.3
A 2	423.1	253.9

1ヶ所当り反力=全体反力/2×1.2
変動荷重による割り増し

図-10 ジャッキアップ要領図

4. 施工概要

7月現在における本橋の施工状況は、P2, P12, P13橋脚部張出施工完了、P3, P14, P15橋脚部張出施工途中、その他の橋脚部については柱頭部施工やワーゲン組立を行っており、最盛期には8基のワーゲンがフル稼働する予定である。現在の状況写真を写真-1～3に示す。

外ケーブル及び反力調整の施工に関してはこれからであるが、施工時期が冬期間となることから現在外ケーブルの防護設備、中間支持金具の検討等を行っている。また、施工に際して本報告の設計思想を十分反映させるべく、下記に示す項目について計測管理を実施する予定である。

- ① ひずみ計等を用いた各施工段階におけるコンクリート応力度管理
- ② ロードセル等を用いた外ケーブルの張力管理
(コンクリート及び鋼材の温度測定も行い、コンクリートと鋼材の温度差による外ケーブルの張力変動を観察する。)
- ③ 反力調整時の反力及び変位量の測定管理
(ジャッキのストローク管理を行い、反力及び主桁の変位量を測定して、設計値との整合性を確認する。)

5. おわりに

本道寺橋は、北に月山、南に朝日連峰がそびえる出羽山地の東斜面域に位置し、雪の多い山形県の中でも有数の豪雪地帯である。本文では、外ケーブル及び反力調整に関する設計面について重点的に報告したが、別の機会があれば施工面及び計測結果等についても報告したいと思う。また、本報告が今後の不等径間橋梁において、支保工及び仮支柱の設置が不可能と考えられる橋梁への一資料となれば幸いである。

本橋は、平成10年12月の竣工をめざし、施工が最盛期を迎えようとしている。最後に、本橋の設計、施工にあたり多大なるご指導、ご尽力を頂いた関係各位に心から感謝の意を表する次第であります。

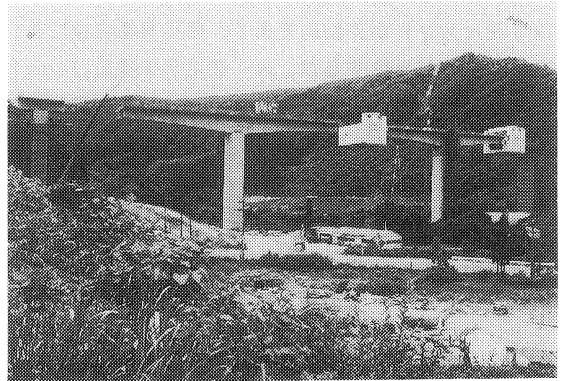


写真-1 A1～P4径間

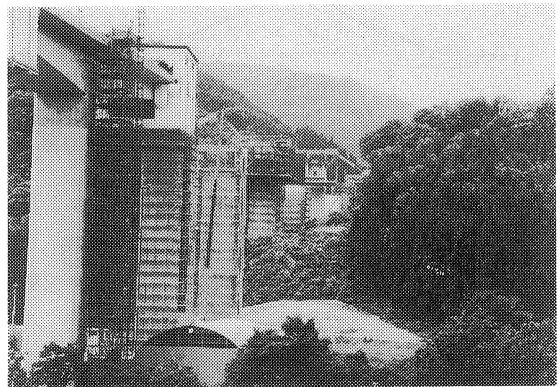


写真-2 P4～P10径間



写真-3 P10～A2径間