

松山外環状道路 井門(いど)高架橋上部工事の緊張について

(株)ピーエス三菱	正会員	香田 真生
(株)ピーエス三菱	正会員	圓尾 直信
(株)ピーエス三菱	正会員	太田 高史
(株)ピーエス三菱	正会員	木村 光宏

1. はじめに

井門高架橋は、松山外環状道路の松山JCTに接続する上部工であり、上下線およびランプが一体化された広幅員(20.64m~31.71m)を特徴とする、6径間連続PC中空床版橋である。本橋は広幅員であるため、主ケーブルの緊張によって生じる主桁のそり量が横断方向で不均衡となった場合、設計で想定していない変形や応力度が発生する懸念があった。そこで、主ケーブルの緊張は、FEM解析による緊張順序の検討を行った。また、緊張作業時は、計測器による伸びと圧力の計測および緊張管理図の自動作成を組み合わせたシステムを用いることで、人為的誤差を最小限とする緊張管理を行った。

2. 工事概要

本橋は6径間連続PC中空床版橋であり、工事概要は以下に示す通りである。また、完成写真、側面図および平面図をそれぞれ写真 - 1、図 - 1および図 - 2に示す。

工 事 名：平成23-24年度 井門高架橋上部工事

発 注 者：国土交通省 四国地方整備局

施 工 者：株式会社ピーエス三菱

工事箇所：愛媛県松山市北井門

橋 長：168.0m

幅 員：20.640m ~ 31.707m

コンクリートの設計基準強度：36(N/mm²)

PC鋼材：12S15.2(SWPR7BL)

施工方法：固定支保工



写真 - 1 完成写真

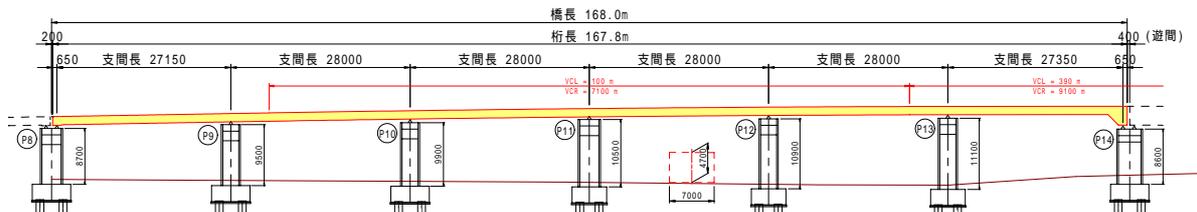


図 - 1 側面図

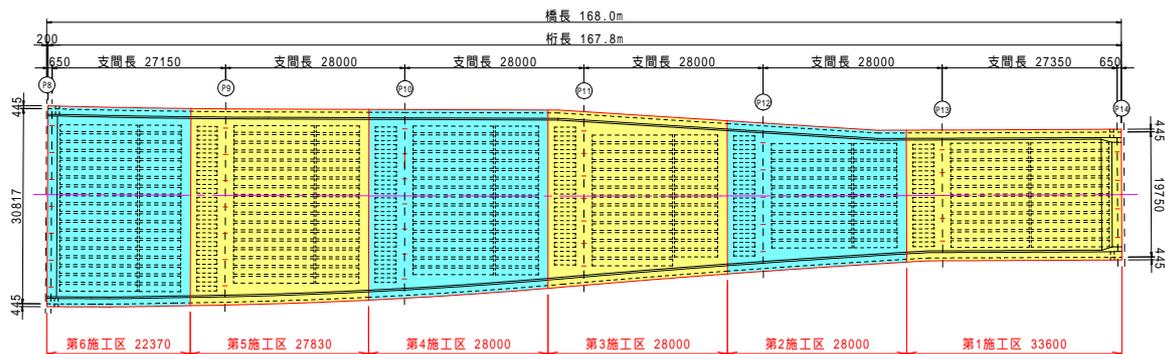


図 - 2 平面図

3. 緊張順序の検討について

3.1 緊張順序の設定について

緊張順序の設定は一般に、できるだけコンクリートに大きな引張応力度が生じないように断面の図心に近い PC 鋼材を先に緊張を行い、一方で作業効率も考慮して決定される¹⁾。また、緊張途中段階においてコンクリートに生じる応力度は設計で想定されていないため、許容値を超える引張応力度が発生しないような緊張順序とする必要がある²⁾。本橋のコンクリートの設計基準強度は 36(N/mm²)であり、緊張作業時の圧縮強度および許容引張応力度は、29(N/mm²)および-1.2(N/mm²)とした。

3.2 FEM解析による検討

緊張途中段階においてコンクリートに生じる応力度を検討するため、表 - 1 の条件により、幅員が最も広い第 6 施工区に着目して FEM 解析を実施した。Case1 として、緊張ジャッキ 1 台による片引きを想定し、緊張順序として適切ではないが、主ケーブル緊張の作業効率を優先して、断面の中心位置から順次外側に向かってプレストレスを導入する緊張順序(図 - 4)について検討した。次に、Case2 として、緊張途中段階において生じる主桁のそり量が横断方向で不均衡とならないよう、緊張ジャッキを 2 台使用して同時緊張することを想定し、概ね 1 ウェブをとばしてプレストレスを導入する緊張順序(図 - 5)について検討した。

Case1 と Case2 の緊張過程を逐次解析した結果、緊張途中段階において横断方向にそりが生じる影響により、主桁上面に橋軸直角方向の引張応力度が生じることが分かった。緊張本数と引張応力度の最大値との関係、および緊張途中段階で引張応力度が最大となる時の FEM 解析結果をそれぞれ図 - 3 および図 - 6 に示す。Case1 は、全 42 本の主ケーブルのうち 20 本を緊張したとき、許容引張応力度を超える-1.67(N/mm²)の最大引張応力度が発生する結果となり、主桁上面に橋軸方向のひび割れが生じる可能性があることが分かった。一方、Case2 は、全 42 本の主ケーブルのうち 12 本を緊張したとき、-1.04(N/mm²)の最大引張応力度が発生する結果となり許容引張応力度に収まることが確認できた。以上より、本橋では緊張ジャッキを 2 台使用し、Case2 の緊張順序に準じてプレストレスを導入する方針とした。

表 - 1 FEM 解析の条件

材料	項目	解析条件	FEM 要素
コンクリート	緊張時強度	29(N/mm ²)	ソリッド要素
	ヤング係数	28000(N/mm ²)	
PC 鋼材	緊張力	1800(kN)	埋込トラス要素

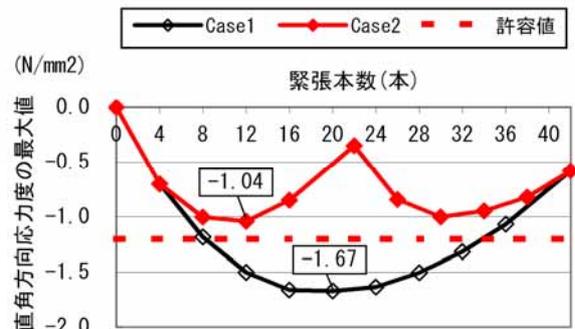


図 - 3 緊張本数と引張応力度の最大値

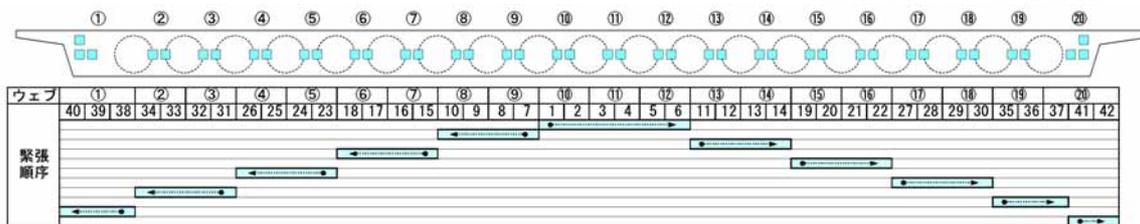


図 - 4 Case1 の緊張順序

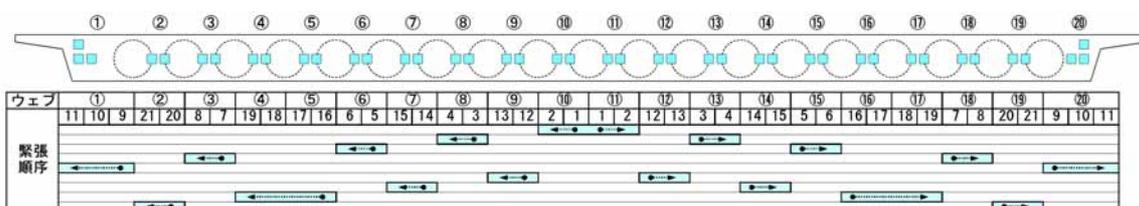


図 - 5 Case2 の緊張順序

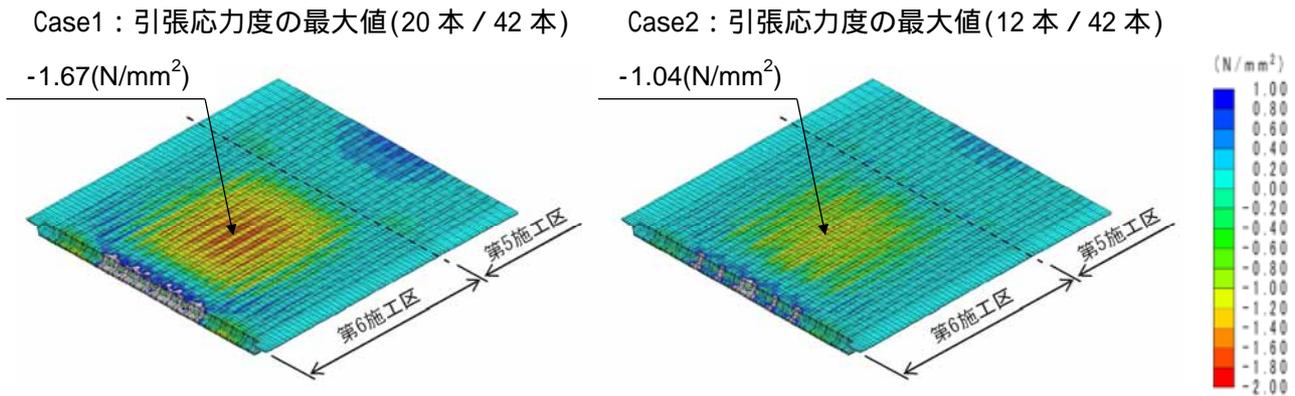


図 - 6 Case1・Case2 の FEM 解析結果(橋軸直角方向応力度)

3.3 版幅と橋軸直角方向応力度の関係について

断面の中心位置から順次外側に向かってプレストレスを導入する緊張順序において、Case1に加え4通りの版幅を設定し、それぞれの版幅における橋軸直角方向の最大引張応力度を検討した。版幅 22.160m, 16.560m, 10.960m および 8.160m を Case1-2, Case1-3, Case1-4 および Case1-5 とし、緊張途中段階で発生する各Caseの引張応力度の最大値、および逐次解析による緊張本数と引張応力度の最大値との関係をそれぞれ表 - 2 および図 - 7 に示す。版幅が広くなるほど、主桁上面の橋軸直角方向に生じる引張応力度が大きくなることを確認できる。また、支間長と版幅の比を L/B とし、 L/B と最大引張応力度の関係を図 - 8 に示す。本橋の条件における検討結果では、 L/B が 1.91 のときに最大引張応力度が許容値である $-1.2(N/mm^2)$ と同値になる結果であった。本橋の L/B は 1.91 より小さい $0.95 \sim 1.56$ であるため、全施工区間において緊張過程を逐次解析し、橋軸直角方向の引張応力度が許容値を超えない緊張順序を検討した。

一方、PC中空床版橋は一般に桁高支間比を $1/22$ として設計されるが、本橋も $1/22$ の桁高支間比である。そのため、広幅員のPC中空床版橋の緊張順序を検討する場合、本橋の検討結果より、 L/B が 2.0 以下となる場合を目安として、緊張途中段階における主桁上面の橋軸直角方向応力度に留意する必要があると考えられる。

表 - 2 FEM解析の結果

	Case1	Case1-2	Case1-3	Case1-4	Case1-5
支間長 : L (m)	27.150	同左	同左	同左	同左
版幅 : B (m)	28.160	22.160	16.560	10.960	8.160
L/B (支間長/版幅)	0.964	1.225	1.639	2.477	3.327
引張応力度の最大値 (N/mm ²)	-1.670	-1.575	-1.345	-0.900	-0.686

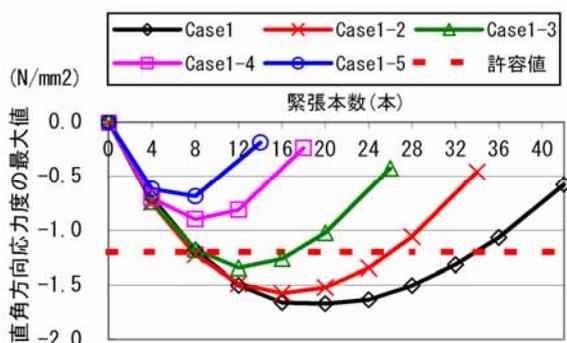


図 - 7 緊張本数と引張応力度の最大値

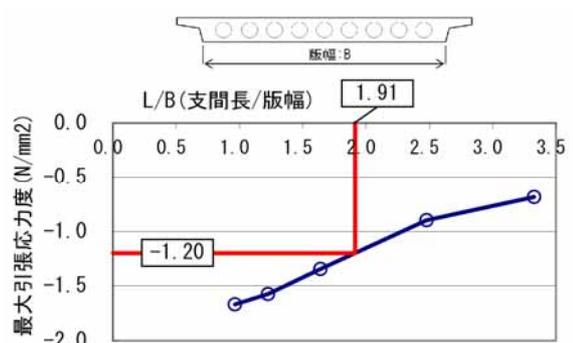


図 - 8 L/B と最大引張応力度の関係

4. 緊張管理について

本橋の緊張管理に使用した緊張管理システムは、荷重と伸び量の計測部、計測値の表示部、計測ボックスとパーソナルコンピューター(パソコン)を結ぶ通信部、および計測データを受け取り管理図を表示するパソコンとソフトウェアによる管理部により構成(図-9)される。計測部では、荷重計測には電子油圧計(写真-2)を、伸び量計測にはワイヤー式変位計(写真-3)を用い、また計測値はパソコンにおいて緊張管理図が自動作成される。本橋は、緊張順序の検討結果により、緊張ジャッキ2台による同時緊張(写真-4)を行う計画としたため、2組のシステムを用いた緊張管理(写真-5)を行った。

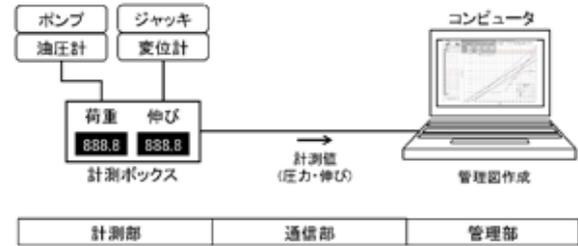


図-9 システム構成図

本橋は、緊張順序の検討結果により、緊張ジャッキ2台による同時緊張(写真-4)を行う計画としたため、2組のシステムを用いた緊張管理(写真-5)を行った。



写真-2 電子油圧計



写真-3 ワイヤー式変位計



写真-4 2台同時緊張



写真-5 緊張管理状況

5. おわりに

本工事の施工にあたり、ご指導、ご協力頂いた関係各位に深く感謝の意を表します。また、本報告が、広幅員を有するPC中空床版橋の緊張計画および緊張管理の参考となれば幸いです。

参考文献

- 1)日本道路協会：コンクリート道路橋施工便覧，平成10年1月
- 2)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 コンクリート橋編，平成24年3月