

報 告

# 上下部剛結構造部における PC 床版の導入プレストレス測定

## - 山陰自動車道 高瀬橋 -

野倉剛志\* 高橋秀樹\*\* 有村英樹\*\*\*

本橋は、上下部剛結構造（上部：鋼桁，下部：RC 橋脚）を有する場所打ち PC 床版橋である。剛結部とその近傍についてプレストレス量を割増した PC 床版について、橋軸直角方向プレストレス導入時に剛結部が床版に与える影響を FEM 解析によって検証し、割増量の妥当性を確認し、さらに、現地計測にて実際のプレストレスの導入状況を確認している。

キーワード：場所打ち PC 床版，剛結構造，プレストレスロス，FEM 解析，現地計測

### まえがき

場所打ち PC 床版を有する上下部剛結構造（上部：鋼桁，下部：RC 橋脚）の橋梁では、既往の研究<sup>1)</sup>において 30%程度のプレストレスロスが発生することが確認されている。そこで本橋では中間支点上剛結部とその近傍について PC 鋼材配置を 375mm 間隔に変化させてプレストレス量を 30%割増ししている。本報告では、剛結部とその近傍についてプレストレス量を割増した PC 床版について、橋軸直角方向プレストレス導入時に剛結部が床版に与える影響を FEM 解析によって検証し、割増量の妥当性を確認し、現地計測にて実際のプレストレスの導入状況を確認した結果を示す。

### 1. 工事概要

本橋の概要を以下に示す。また、横断面の PC 鋼材配置を図-1 に、一般図を図-2 に示す。

道路規格：第 1 種，第 2 級

床 版：場所打ち PC 床版

構造形式：4 径間連続 2 主鋼桁（上下部剛結構造）

活 荷 重：B 活荷重床版厚一般部：310mm

支 間 長：41.600 + 54.000 + 63.000 + 50.600m

有効幅員：9.770m

PC 鋼材配置：一般部：500mm 間隔

剛結部近傍：375mm 間隔

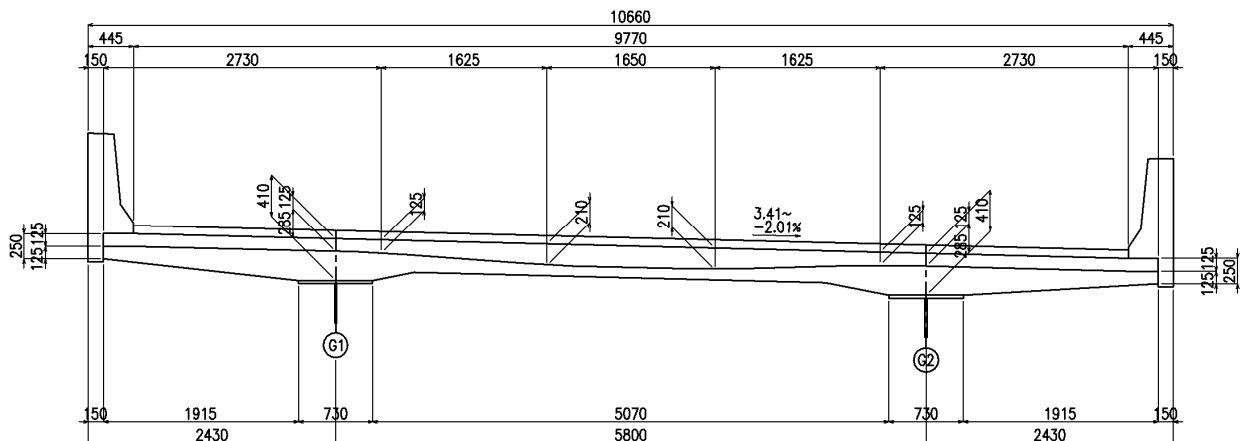


図-1 PC 鋼材配置（横断面）

\*鉄構富津工場設計課 \*\*工事部工事課係長 \*\*\*橋梁部設計課課長

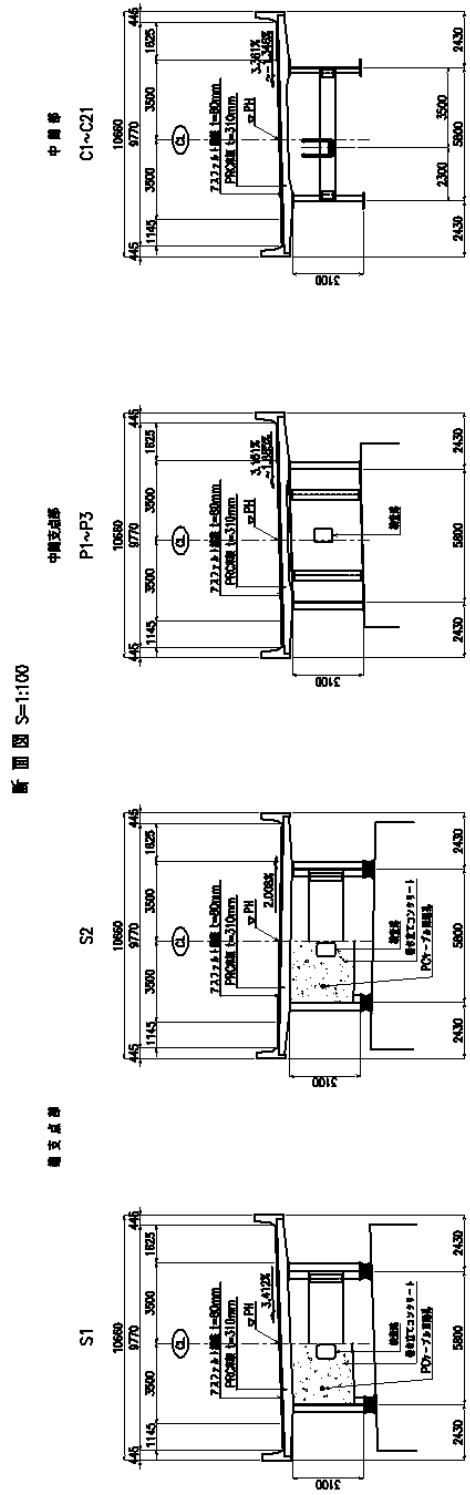
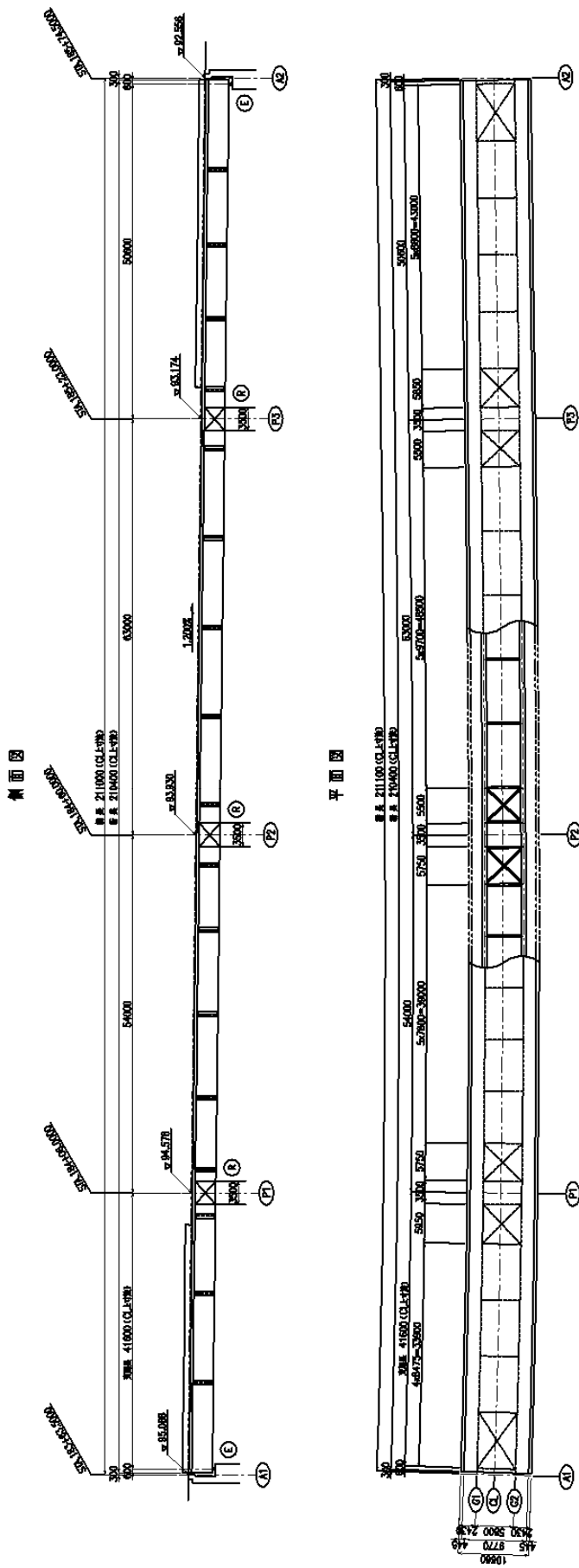


図-2 一般図

## 2. PC 鋼材配置の検討

一般部の PC 鋼材配置は、経済性を考慮して 500mm 間隔としている。しかし、上下部剛結構造とした時には、中原らは 30%程度 of プレストレスロスが発生することを確認している。

このため、本橋の中間支点上剛結部とその近傍(床版張出し幅程度)についてはプレストレス量を 30%増しとした。プレストレス量を割増する方法としては PC 鋼材配置を 500mm 間隔から 375mm 間隔に変化させる方法(PC 鋼材本数 約 1.3 倍)を採用している。

PC 鋼材配置の変化による影響を考慮して、PC 鋼材配置の変化点から床版張出し幅程度の位置までをモデル化して解析を行った。モデル化の範囲としては中間支点上剛結部から剛結部より 1 番目の中間横桁までとなる。モデルは床版支間中央および橋脚線上で分割した 1/4 モデル(図-3)を使用した。床版は PC 鋼材配置を考慮してメッシュ分割を行った。主桁上フランジの構造と PC 鋼材緊張時の挙動を考慮して、床版と主桁は共有節点とした。その他、モデルの諸元については表-1 に示す。

## 3. FEM 解析による検証

### (1) 解析概要

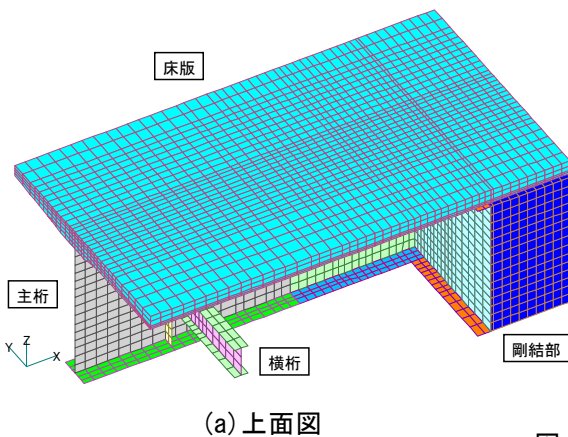
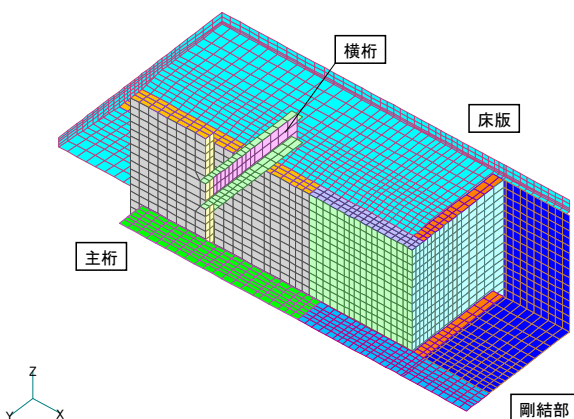


図-3 解析モデル

(b) 下面図

表-1 モデル諸元

床版	要素:ソリッド要素 コンクリート強度 $\sigma_{ck}=36 \text{ N/mm}^2$ ヤング係数 $2.98 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ , ポアソン比 0.167, 線膨張係数 $1.0 \times 10^{-5}$
鋼桁	要素:シェル要素 ヤング係数: $2.00 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ , ポアソン比 0.300, 線膨張係数 $1.2 \times 10^{-5}$



PC 鋼材	要素:トラス要素 ※物性値については、温度荷重により入力
剛結部	要素:ソリッド要素 コンクリート強度 $\sigma_{ck}=30 \text{ N/mm}^2$ ヤング係数 $2.80 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ , ポアソン比 $0.167$ , 線膨張係数 $1.0 \times 10^{-5}$
支点条件	剛結部主桁下フランジ下面を3方向固定

トラス要素 (PC 鋼材) に、クリープ等の影響を考慮した有効プレストレスを温度荷重として载荷し、PC 鋼材緊張による床版の応力度を算出する。有効プレストレスは  $1152.4 \text{ N/mm}^2$  であり、温度荷重は  $480^\circ\text{C}$  (ヤング係数:  $2.00 \times 10^5$ , 線膨張係数:  $1.2 \times 10^{-5}$  の場合) とした。

(2)解析結果

導入プレストレス量については、床版に発生している橋軸直角方向の圧縮応力度によって評価する。プレストレスロスが最も大きいと考えられる剛結部中央の床版支間中央部でも図-4、図-5 に示すとおり、橋軸直角方向応力度の解析値は  $-4.28 \text{ N/mm}^2$  となる。これは設計値 ( $-4.62 \text{ N/mm}^2$ ) の 93%程度であり、

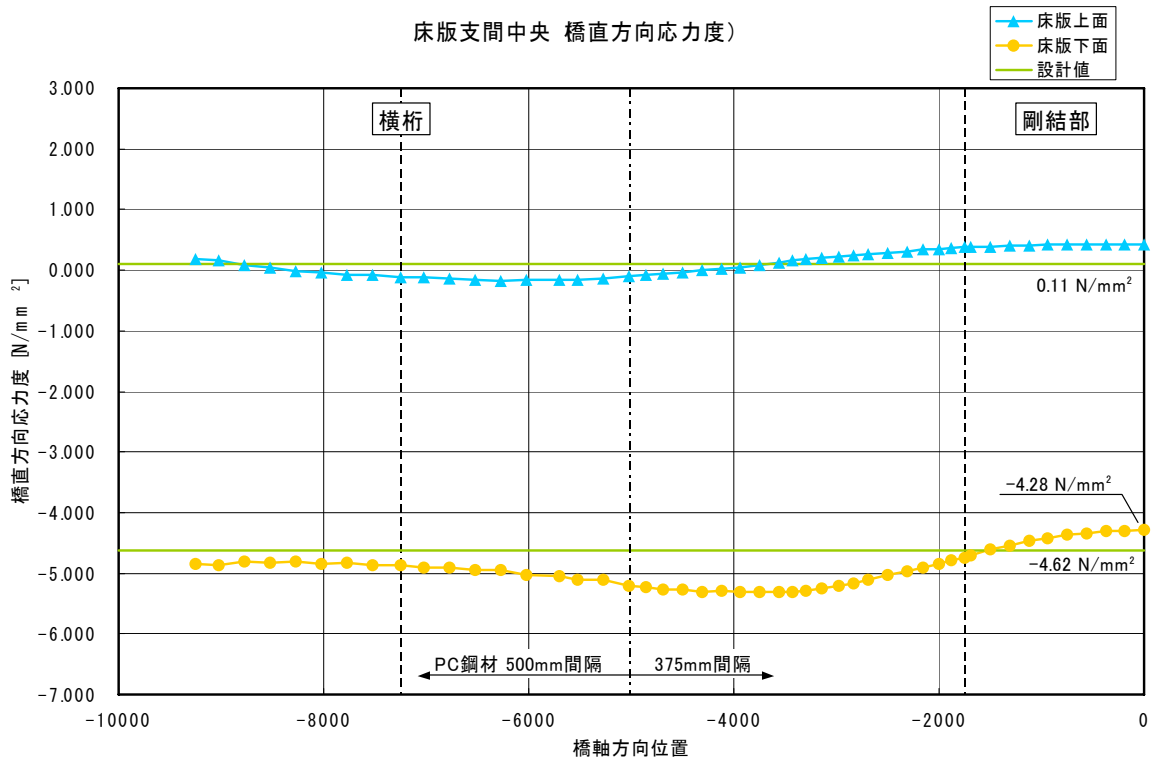
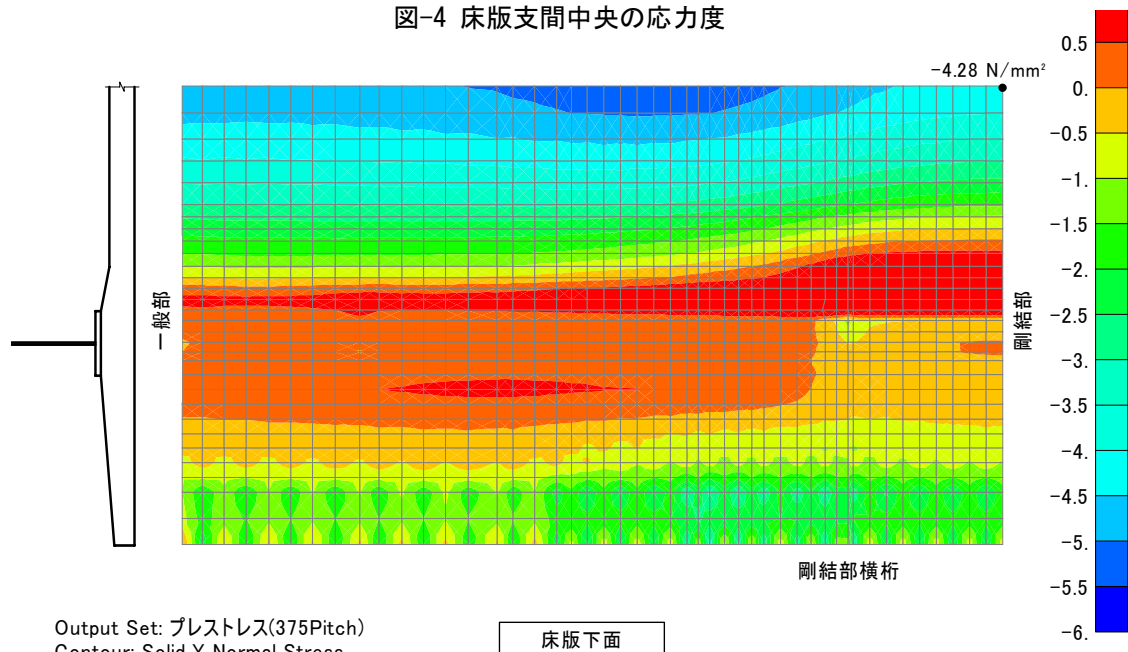


図-4 床版支間中央の応力度



概ね設計値通りのプレストレスが導入されているといえる。

ただし、設計値よりもプレストレス量が小さくなっているためFEM解析による応力値を用いてPC床版の設計について照査を行った。照査結果を表-2

に示す。

応力度は許容応力度以内となっており、活荷重載荷時におけるPC床版の健全性が確認できた。以上より、導入プレストレス量の割増は30% (PC鋼材配置 375mm 間隔) で妥当であることを確認できた。

表-2 活荷重載荷時の応力度照査

照査箇所: 剛結部中央の床版支間中央部, 単位: N/mm<sup>2</sup> (引張応力度を正とする)

床版自重	橋面荷重	鉄筋拘束力	活荷重 max	有効プレストレス (FEM 解析)	合計応力度	許容応力度	判定
0.51	0.12	0.46	5.40	-4.28	2.20	2.39	○

#### 4. 現地計測による検証

##### (1) 計測概要

FEM 解析結果を検証するため、P1 支点剛結部を対象に PC 鋼材緊張時の PC 床版内部ひずみ計測を行った。計測位置と計測項目および数量を図-6 に示す。なお、ひずみの計測には、鉄筋 (D13,

L=1000mm) の中間部上下にひずみゲージを貼付した簡易的な鉄筋計を用いた。

床版打設時より計測を開始し、15 分のインターバルで PC 鋼材緊張直後まで連続計測を行った。鉄筋ゲージの配置とひずみ計測の状況を、写真-1、写真-2 に示す。

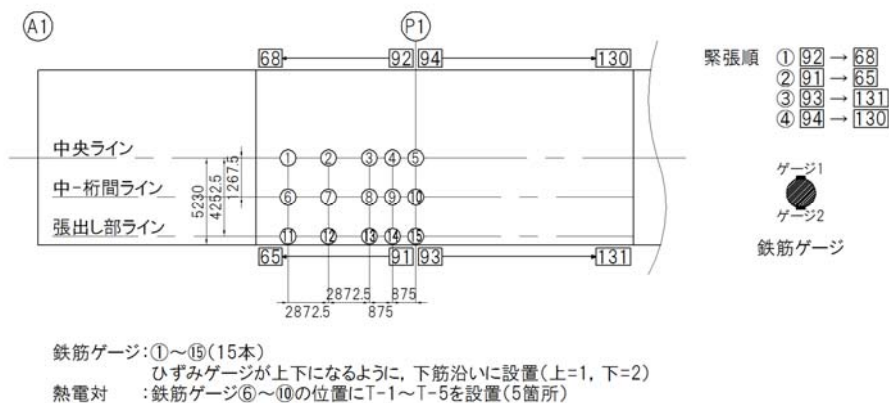


図-6 計測位置図



写真-1 鉄筋ゲージ



写真-2 計測状況

(2) 計測結果

PC 鋼材緊張直後の各計測点での計測結果を表-3に示す。熱電対による温度計測では、緊張前後で0.9℃の温度差が計測されているため、計測されたひずみに対して 0.9℃分の温度補正を行っている。床版支間中央(中央ライン No.1~No.5)については、図-7にひずみ分布を示す。

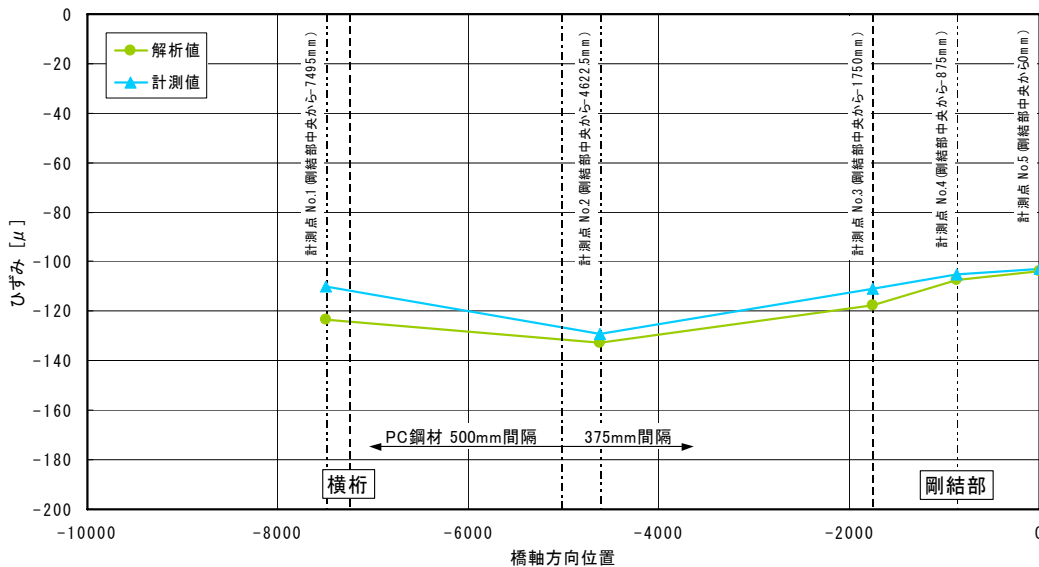
床版支間中央(中央ライン No.1~No.5)では、

計測値のひずみ分布形状は解析値に沿っており、全体的な傾向より緊張作業が問題なく実施されたことが確認できた。

表-3 計測ひずみ一覧表

計測時期:PC 鋼材緊張直後, 単位: μ

計測点	解析値	計測値			計測点	解析値	計測値		
		実測値	温度補正	補正值			実測値	温度補正	補正值
床版支間中央(中央ライン)					床版張出し部(張出し部ライン)				
No.1	-123.2	-96	-14	-110	No.11	-15.4	-47	-14	-61
No.2	-132.9	-116	-13	-129	No.12	-18.5	-51	-13	-64
No.3	-117.4	-100	-11	-111	No.13	-19.6	-75	-11	-86
No.4	-107.4	-97	-8	-105	No.14	-19.9	-71	-8	-79
No.5	-104.0	-96	-7	-103	No.15	-20.6	-71	-7	-78
床版支間中央-主桁間(中-桁間ライン)									
No.6	-76.8	-85	-14	-99					
No.7	-84.8	-110	-13	-123					
No.8	-78.7	-97	-11	-108					
No.9	-73.5	-81	-8	-89					
No.10	-72.5	-77	-7	-84					



No.6~  
No.11~

図-7 床版中央のひずみ分布

No.12) については、計測値が解析値を上回っており十分にプレストレスが導入されていることが確認できる。計測値と解析値を換算した応力度の差分をとると $+1.5\text{N/mm}^2$ 程度となっており、過緊張となっていないことが確認できた。換算した応力度の差分計算を以下に示す。

換算した応力度の差分  $\Delta \sigma$  (剛結部中央の床版張出し部 計測点 No.15)

$$\begin{aligned}\Delta \sigma &= (2.98 \times 10^4 \times -20.6 \times 10^{-6}) - (2.75 \times 10^4 \times -78 \times 10^{-6}) \\ &= -0.61 + 2.15 \\ &= 1.54 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

ここに、

応力度に換算する際のヤング係数：

解析値： $2.98 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$  (設計基準強度  $\sigma_{ck}=36 \text{ N/mm}^2$  の設計値)

計測値： $2.75 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$  (圧縮強度試験より算出した有効ヤング係数<sup>2)</sup>)

## まとめ

本橋における、床版へのプレストレス導入時に剛結部が与える影響を以下に列記する。

- ・剛結部中央の床版支間中央部では剛結部の影響を受け 30%程度のプレストレスロスが生じる。これに対しては、剛結部とその近傍(床版張出し幅程度)の PC 鋼材配置を密にすることで剛結部のプレストレスロスを補うことが可能である。(30%程度のプレストレスロスの場合、一般部の PC 鋼材配置が 500mm 間隔であるのに対して、剛結部とその近傍は 375mm 間隔の配置とした)
- ・剛結部の影響を受けない床版張出し部でも、本橋の条件ではプレストレス量を 30%程度割増ししても過緊張とはならない。
- ・剛結部をモデル化した FEM 解析結果と現地実測結果は概ね一致しており、FEM 解析による床版の健全性照査は妥当な結果といえる。

## あとがき

本橋は平成 18 年 7 月に無事竣工した。

本計測については、計測計画から計測実施・報告書作成に至るまで、西日本高速道路の方々様に多くのご指導、ご鞭撻を頂いた。また、計測実施に際しては関係者の皆様にご協力を頂いた。紙面を借りて感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 中原智法・道田和樹：三郷東高架橋(場所打ち PC 床版、上下部剛結構造)の床版実験，日本橋梁技報 2003，pp.32～37，2003.
- 2) 土木学会：2002 年度制定 コンクリート標準示方書[施工編]，pp53，2002.3.