

## 超高強度繊維補強コンクリートを用いた下路式歩道橋の施工時検討

鹿島建設(株)土木設計本部 ○白浜 寛  
 鹿島建設(株)土木設計本部 正会員 齋藤 公生  
 鹿島建設(株)関西支店 福下 敏至  
 (株)三菱地所設計 都市環境計画部 堀 正和

### 1. はじめに

りんくうプレミアム・アウトレット連絡歩道橋は、関西国際空港の対岸に位置するりんくうタウンにおいて、現在営業中のアウトレットモールの増設に伴い、府道を跨いで新設と既設の2階同士を連絡する橋長33mの歩道橋である。府道の建築限界を満足する必要があったことから、主桁断面は下路式U型となっており、材料には超高強度繊維補強コンクリート（以下、UFC）が採用された。施工は、UFC製プレキャストセグメントを工場にて製作し、現場ヤードにて一体化した後、府道を夜間通行止めにしてクレーンによる一括架設を行った。なお、本橋で使用したUFCは、わが国独自の技術で開発された「サクセム」である。

本文は、歩道橋の上部工の施工に向けて実施した検討について報告するものである。

### 2. 歩道橋の概要

#### 2.1 構造の概要

連絡歩道橋の諸元を表-1に、構造一般図を図-1に示す。本橋に用いたUFCは、圧縮強度が高く（設計基準強度 $180\text{N}/\text{mm}^2$ ）、鋼繊維によって高い引張強度が確保でき、鉄筋配置が不要となるため、部材厚さを極限まで薄くすることができる。本橋においても、床版厚140mm、ウェブ厚80mm（支間中央断面）を実現している。

表-1 連絡歩道橋の諸元

橋名	りんくうプレミアム・アウトレット連絡歩道橋
発注者	チェルシージャパン株式会社
工事場所	大阪府泉佐野市りんくう往来南
設計・監理	株式会社 三菱地所設計
施工	鹿島建設株式会社
構造形式	ポストテンションPC単純下路桁橋
橋長	33.000 m
支間長	31.500 m
全幅員	4.800 m
主桁コンクリート	超高強度繊維補強コンクリート（サクセム）
P C 鋼材	1S28.6 (SWPR19L)

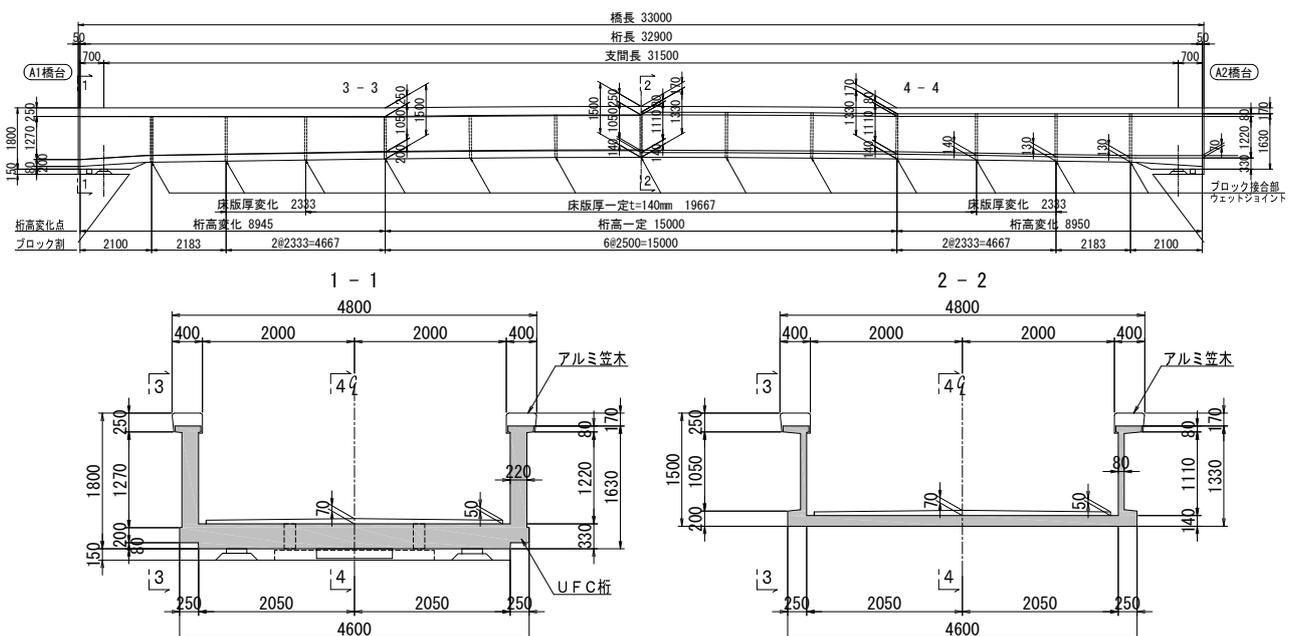


図-1 構造一般図

## 2.2 施工の概要

歩道橋架設に伴う施工フローを図-2に示す。主ケーブルには1S28.6が14本配置されており、ウェットジョイント施工後に全PC鋼材を緊張した。桁の架設は、交差条件となる府道を夜間(21:30~翌朝6:00)交通規制して、550t吊オールテレーンクレーンによる一括架設を行った。吊位置は支点付近に設けた床版の箱抜き孔を利用して治具を取り付け、4点吊りとした(写真-1)。

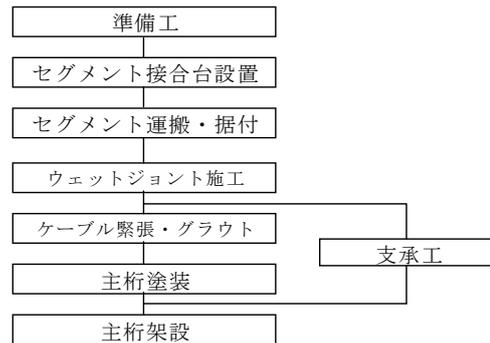


図-2 施工フロー

## 2.3 歩道橋上部工の構造・施工上の特徴

上部工の施工に先立ち、構造・施工の特徴を抽出した。構造上の特徴として、同規模橋梁と比較して桁高が低く主桁の曲げ剛性が小さいこと、部材厚の薄い主桁に多数のPC鋼材が配置(1S28.6, 14本)されることが挙げられる。施工上の特徴としては、床版に直接吊治具を取り付けて桁を吊り上げる計画にしたこと、が挙げられる。これらを踏まえて、①施工中の主桁応力度、②PC鋼材の緊張手順、③桁架設時の挙動の3項目について安全性を確認した。



写真-1 桁架設状況

## 3. 主桁応力度

### 3.1 桁架設時の継目部応力度

単純桁において自重による曲げモーメントが小さい桁端部付近に着目した場合、プレストレスによって上縁に引張応力が生じる可能性がある。また、桁架設時には舗装などの橋面荷重が作用しておらず、前述のとおり主桁の曲げ剛性が小さいことから、吊上げ時の振動により継目部の目開きが懸念された。桁端部付近の継目部応力度を安全側に評価するため、道路橋示方書Ⅲ6.6.7によるプレストレスが有効に作用する断面までの距離を考慮せずに導入力の100%を考慮して応力度を確認した結果、工事発注時の鋼材配置形状では当該部に引張応力(-0.9N/mm<sup>2</sup>)が生じた。これを改善するため、ウェブに配置されるPC鋼材の定着端の高さを変更(桁上端から700mm⇒300mm)し、振動が発生しても目開きをおさえることができるように当該部上縁に圧縮応力(0.6N/mm<sup>2</sup>)が生じるようにした(図-3)。

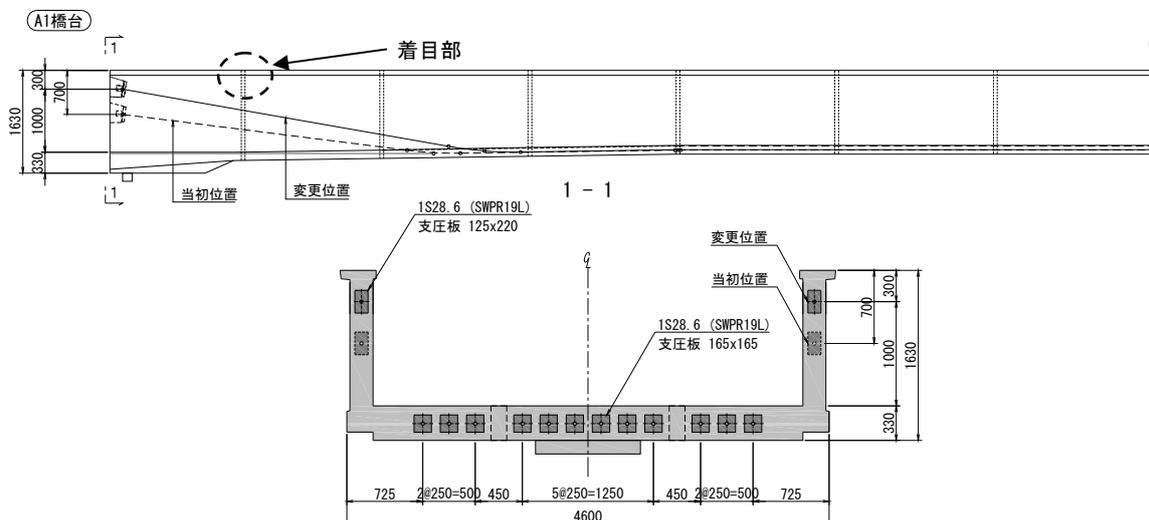


図-3 ウェブに配置されるPC鋼材の定着端の高さ

### 3.2 PC鋼材緊張力による腹圧力

本橋の上部工は図-4に示すとおり、全部で14個のセグメントで構成されており、主桁下面の勾配については等桁高となる6個のセグメントに着目し、レベルとする案(方法A)と縦断勾配を設ける案(方法B)を比較した。薄い床版部材に対して14本のPC鋼材が断面方向に様に配置されるため、両案の選定に際し、道路橋示方書Ⅲ10.5よりPC鋼材緊張力による腹圧力の影響(図-5)や施工性に着目して整理した(表-2)。方法Bは、ウェットジョイント部の上下端の橋軸方向幅を調整する必要が生じるものの、PC鋼材形状の1箇所あたりの角度変化量が小さく、腹圧力を低減することができるので、構造物の耐久性をより向上させることができる。よって、本施工では総合的に判断して桁下面に縦断勾配を設ける方法Bを選定した。表-3に照査結果を示す。

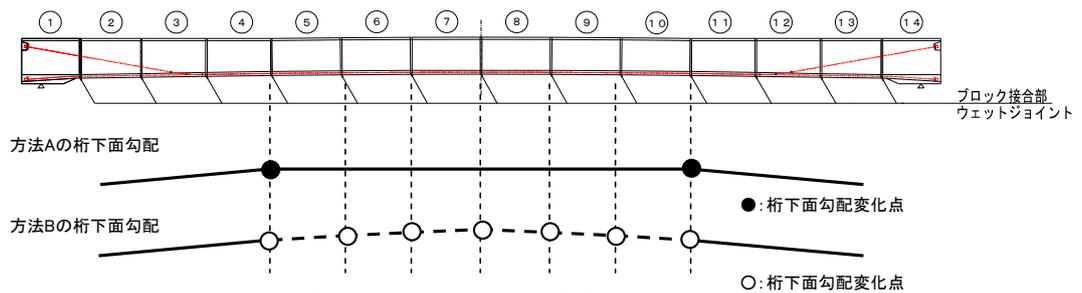


図-4 主桁下面の縦断勾配

・下床版の桁高変化

$$\Delta H1 = H2 - H1$$

$$\Delta H2 = H3 - H2$$

・下床版角度

$$\theta 1 = \tan^{-1}(\Delta H1/L1)$$

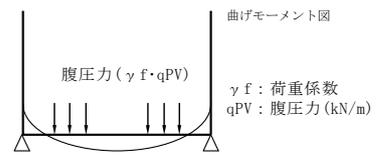
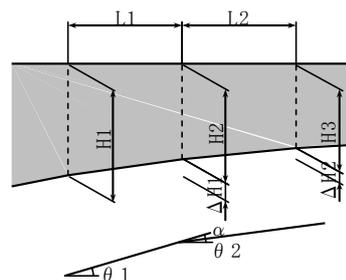
$$\theta 2 = \tan^{-1}(\Delta H2/L2)$$

・下床版の角度変化

$$\alpha = \theta 1 - \theta 2$$

・1mあたりの下床版角度変化

$$\Delta \alpha = \alpha / Ln \quad (Ln = (L1 + L2) / 2)$$



- ・橋軸直角方向の設計に他の荷重と共に腹圧力を考慮
- ・腹圧力には荷重係数  $\gamma f (=1.2)$  を乗ずる
- ・曲げモーメントの算出

床版の設計

◆腹圧力  $P_{ev} = P_e \cdot \sin \alpha$

ここに、 $P_{ev}$  : 腹圧力 (kN)  
 $P_e$  : 有効緊張力 (kN)  
 $\Delta \alpha$  : 底版の角度変化

図-5 腹圧力の考え方

表-2 主桁下面勾配の選定

	方法A (レベル)	方法B (縦断勾配)
ウェットジョイント (継目部)	厚さ一定	厚さ変化
腹圧力	集中 (作用点2箇所)	分散 (作用点7箇所)
	大きい	小さい
施工性	○	△
判定		<採用>

表-3 床版の照査 (横方向の設計)

検討断面 (床版支間中央部)		単位	方法B	備考
床版厚	t	m	0.140	
断面定数	I	m <sup>4</sup>	0.000221	
	yu	m	0.070	
	y1	m	-0.070	
曲げモーメント		単位	方法B	備考
床版自重	MD1	kNm	7.207	
舗装荷重	MD2	kNm	3.309	
群集荷重	ML	kNm	10.506	
腹圧力	MP	kNm	3.816	
死荷重時	MD=MD1+MD2	① kNm	10.517	
設計荷重時	MD+ML	② kNm	21.023	
腹圧力考慮時	MD+ML+MP	③ kNm	24.839	
曲げ応力度		単位	方法B	備考
死荷重時応力度	上縁	① N/mm <sup>2</sup>	3.33	-8.0 ≤ σ ≤ 108.0
	下縁		-3.33	〃
設計荷重時応力度	上縁	② N/mm <sup>2</sup>	6.66	〃
	下縁		-6.66	〃
腹圧力考慮応力度	上縁	③ N/mm <sup>2</sup>	7.86	〃
	下縁		-7.86	〃

#### 4. PC鋼材の緊張手順

本橋にはウェットジョイントが13箇所あり、打設時間・養生状況のばらつきにより当該部に肌隙が生じる懸念があったため、養生方法や強度発現のデータを考慮して打設翌日に全14本中6本に対して仮緊張（本緊張力の20%）を実施した。本緊張の手順は、支持点をブロックの継目位置に設け、桁自重とプレストレスがつりあって桁下縁に引張が発生しない状態となる8本を緊張した後、支持点を桁端部の支承位置に移動して、残りの6本を緊張した。この緊張手順の管理によって、ひび割れを生じることなく、主桁の製作を完了することができた。

#### 5. 桁架設時の挙動

桁の架設は床版に直接治具を取り付けて桁を吊り上げる計画とした。本橋は桁高支間比が約1/24と非常にスレンダーとなっており、部材厚も小さいため、吊上げ時における桁全体の挙動を把握することが困難であった。これらの挙動を把握するために、3次元FEM解析を実施した。解析モデルを図-6に示す。解析の結果、吊点部周辺では、床版上面の橋軸直角方向に $5\text{N}/\text{mm}^2$ 程度の引張応力が生じているが、許容値 ( $8\text{N}/\text{mm}^2$ ) 以内であり、また、ウェブの橋軸直角方向の変位は、断面内側に $1.5\text{mm}$ 程度であった。以上より、桁架設時の安全性に問題は無いと判断した（図-7）。なお、主桁断面の橋軸直角方向の変形について、その変形量は小さいものの、用心としてパイプサポートを各主桁ブロックに配置することとした。

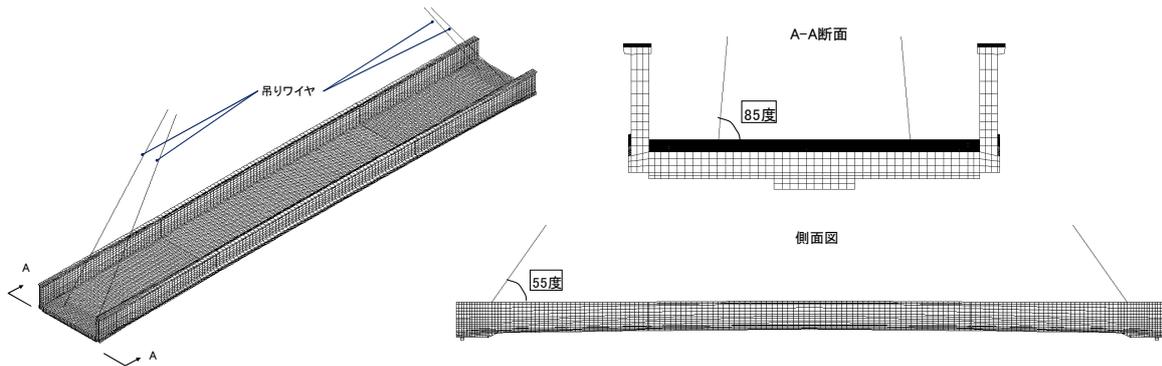


図-6 解析モデル

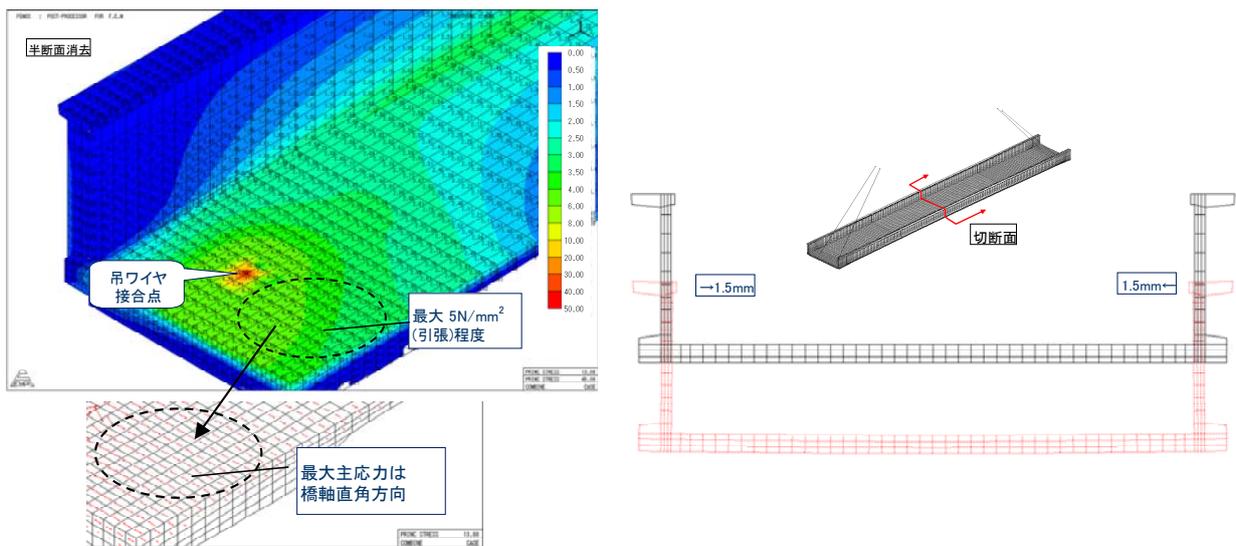


図-7 解析結果

#### 6. おわりに

これら一連の検討により、無事に歩道橋の架設を完了することができた。2012年6月の工期末に向けて、残すは主に橋面工となっている。最後に、多大なご協力を賜った関係各位に感謝の意を表します。