

## 超高強度繊維補強コンクリートを用いた PC 下路式歩道橋の設計

大成建設 (株) 正会員 ○齋藤 勉  
 大成建設 (株) 正会員 細谷 学  
 大成建設 (株) 西浦 哲雄  
 成和コンサルタント (株) 鶴田 知己

### 1. はじめに

本歩道橋は、大日本印刷株式会社三原工場の新設工場の建設にともない、現工場と県道を挟み建設されている新設工場を連絡する歩道橋として計画されている。本歩道橋の計画位置が交差点に近接しており、縦断勾配のある県道上空を跨ぐ跨道橋であるため、道路の建築限界を確保するとともに信号機に対する視距・視角の観点より、桁下空間を有効に確保する必要がある。さらに、歩行者の通行する位置をできるだけ低くするため、橋梁形式として下路桁を採用する。

本歩道橋には、超高強度繊維補強コンクリート(Ultra High Strength Fiber Reinforced Concrete 以下 UFC と記載)の一種で、ダクトルと呼ばれる圧縮強度  $180\text{N/mm}^2$  を有する材料を採用する。これまで国内の UFC を用いた歩道橋には箱桁構造などがあるが<sup>1)</sup>、下路桁形式は初めてとなる。本稿では、この UFC を採用した下路式歩道橋の設計概要について述べる。

### 2. 橋梁概要

橋梁の概要を以下に示す。また、完成予想図を図-1、橋梁一般図を図-2 に、主要材料量を表-1 に示す。

橋梁所在地 広島県三原市沼田市小原 73-1  
 橋梁形式 PC 下路桁  
 橋長 33.100m (支間長 31.8m)  
 有効幅員 2.100m  
 桁高 1.280m(標準部), 1.470m(桁端部)  
 縦断勾配 8.0%  
 設計荷重 群集荷重  $3.5\text{kN/m}^2$



図-1 完成予想図

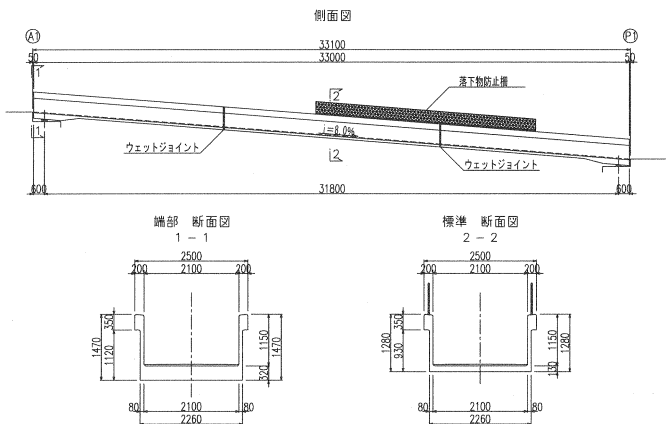


図-2 橋梁一般図

表-1 主要材料表

材 料	仕 様	単 位	数 量
UFC(ダクトル)	$\sigma_{ck}=180\text{N/mm}^2$	$\text{m}^3$	20.1
PC鋼材	19本より28.6mm (JIS G3536)	Kg	963

### 3. 設計の概要

#### 3.1 設計方針

本歩道橋の基本的な設計方針は、以下のとおりである。

歩道橋としての基本条件	: 立体横断施設技術基準・同解説 <sup>2)</sup>
橋梁としての設計条件	: 道路橋示方書・同解説 IIIコンクリート橋編 <sup>3)</sup>
UFC の材料特性	: 超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針(案) <sup>4)</sup>

本歩道橋で採用する UFC はダクトルと呼ばれているもので、圧縮強度の特性値が  $180\text{N/mm}^2$ 、ひびわれ発生強度が  $8.0\text{N/mm}^2$ 、引張強度が  $8.8\text{N/mm}^2$  のセメント系複合材料であり、水セメント比は約 22% である。高強度鋼繊維 ( $\phi 0.2\text{mm}$ 、長さ  $L=15\text{mm}$ ) が容積比で 2% 配合されており、鉄筋は基本的に必要としない。設計に採用する制限値は、文献 4) より、表-2 のとおりとする。

UFC の持つ特性から断面を薄くして軽量化を図ることができるが、断面としての剛性が小さくなるため、たわみ、振動に対する安全を確認する必要がある。ここでは文献 2) より、たわみについては、活荷重によるたわみがスパン長の  $1/600$  以下であること、振動については、固有振動数が  $1.5\sim 2.3\text{Hz}$  の範囲を避けることにより照査を行う。

桁のブロック割りは、トレーラーによる運搬を考慮して、1 ブロックあたりの重量が 20ton 以下、幅員が 2.5m 以下となるように計画する。桁のブロック割りを 3 ブロックにすることにより、端部のブロック重量は 17.5ton、中央ブロックの重量は 17.4ton となる。ウェブが高欄を兼用するため、ウェブ高さは 1100mm 程度とする。

#### 3.2 PC 鋼材配置

PC ケーブルは内ケーブルとし、シングルストランド (1S28.6) を 7 本配置、PC 緊張後にグラウトを行う。本歩道橋では、PC 鋼材は全て床版に配置し、定着も床版で行う。PC 鋼材配置を図-3 に示す。標準部の床版厚さは PC 鋼材および UFC のかぶりより 130mm とし、桁端部の床版厚さは支圧板の配置を考慮し 320mm とする。

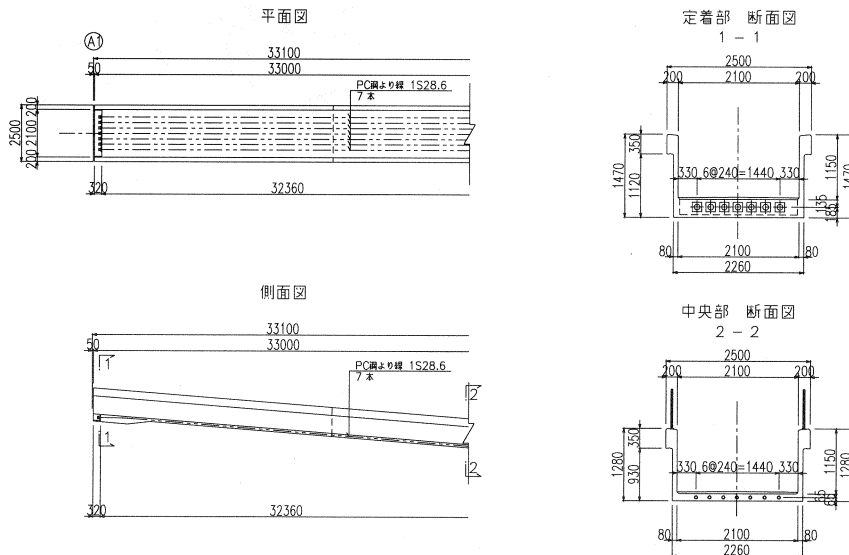


図-3 PC 鋼材配置図

#### 3.3 設計結果

骨組み解析モデルによる設計結果を表-2, 3 に示す。風荷重および地震時は作用力を面外方向に作用させ、死

荷重の曲げ応力度と足し合わせて算出する。ここで、風荷重は 2.0kN/m<sup>2</sup>、地震荷重は水平震度 0.20 とする。終局荷重作用時の検討は、文献 3) にしたがって破壊抵抗曲げモーメントを算出し照査を行う。

表-2 設計荷重作用時の設計結果

断面位置図							制限値	
断面No		1	2	3	4	5		
活荷重たわみ mm	活荷重	0.0	14.8	17.7	14.8	0.0	<L/600=53mm	
固有振動数 Hz		1次:2.9 2次:11.5					1.5~2.3Hzを避ける	
鋼材応力度 N/mm <sup>2</sup>		894.2	921.8	932.5	933.1	924.1	<1080N/mm <sup>2</sup>	
曲げ応力度 N/mm <sup>2</sup>	プレストレス導入時	上縁	-0.5	8.5	10.5	8.5	-0.5	圧縮応力度 <108.0N/mm <sup>2</sup> 引張応力度 一般部 >-8.0N/mm <sup>2</sup> ウェットジョイント部 > 0.0N/mm <sup>2</sup>
	死荷重時	上縁	-0.5	10.1	12.3	10.1	-0.5	
		下縁	4.8	4.2	3.2	4.3	5.0	
	活荷重載荷時	上縁	-0.5	16.3	19.5	16.3	-0.5	
		下縁	4.8	1.2	-0.4	1.3	5.0	
	風荷重作用時	左上縁	-1.0	17.2	20.7	17.3	-0.5	
		右下縁	5.3	0.3	-1.5	0.3	5.0	
	地震時	左上縁	-1.1	12.9	15.6	12.9	-0.5	
右下縁		5.4	2.3	0.9	2.4	5.0		

表-3 終局荷重作用時の設計結果

荷重ケース		死荷重	活荷重	1.3死+2.5活	1.7死+1.7活	破壊抵抗曲げモーメント
曲げモーメント KN・m	支間中央 断面 3	2032.5	929.1	4964.9	5034.7	7691.3

4. 桁端部の検討(FEM 解析)

UFC は、圧縮、引張ともに従来のコンクリートに比べ大きな強度を持つために、部材を薄くでき、合理的な構造を採用できるが、桁端部は小さな断面に PC 定着具、支承等が配置されるため、たいへん煩雑になる。本橋では補強鉄筋を配置しないため、桁端部に発生する力の流れを把握し、応力状態が UFC の制限値を超えていないことを確認する必要がある。そこで、3次元弾性FEM解析を行う。図-4 に活荷重作用時のFEM解析結果を示す。

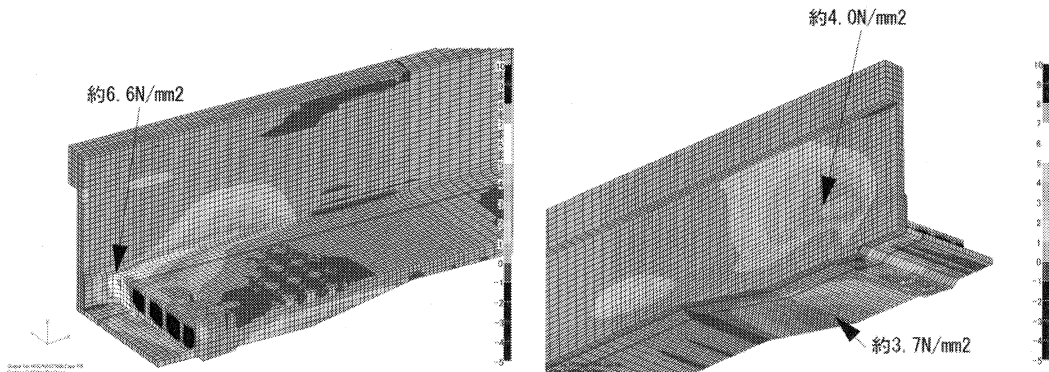


図-4 桁端部 FEM 結果

定着部付近, PC ケーブル変曲点, ウェブ側面に 3.7~6.6 N/mm<sup>2</sup> 程度の引張応力が生じているが, UFC のひび割れ発生強度の特性値 ( $f_{crk} = -8.0 \text{ N/mm}^2$ ) 内に十分収まっており, 問題ないことが確認できる。

### 5. 耐荷性能

UFCの有する特性により, 本橋ではウェブ厚が80mmと従来のコンクリート構造物に比べてかなり薄くなっている。このことから, これまでの PC 下路桁では問題となることが少ない横倒れ座屈について配慮する必要がある。本歩道橋に特定した課題ではないが, 本橋のように UFC を用いた薄肉ウェブを有する下路桁歩道橋の耐荷性能について, 3次元弾塑性 FEM 解析により検討する<sup>5)</sup>。

解析に用いる橋梁モデルを図-5に示す。この解析では, 橋長 66.0m, 支間長 65.0m, 有効幅員 2.0m を想定し, 内ケーブル(19S15.2)を7本配置している。ウェブ厚を 100mm および 70mm とした 2 種類のモデルに対して, (死荷重+活荷重)に対して荷重係数  $\alpha$  を漸増させた結果を図-6に示す。いずれも, 道路橋示方書に示されている 1.7×(死荷重+活荷重)を満たしており, 終局時は支間中央付近の床版下縁の引張ひずみが制限値を越えることによって終局となる。いずれも終局時の曲げモーメントに達する前に横倒れ座屈が生じていないことを確認できる。本橋ではウェブ厚 80mm, 支間長 31.8m であり, 横倒れ座屈が生じる可能性は小さいと考えられる。

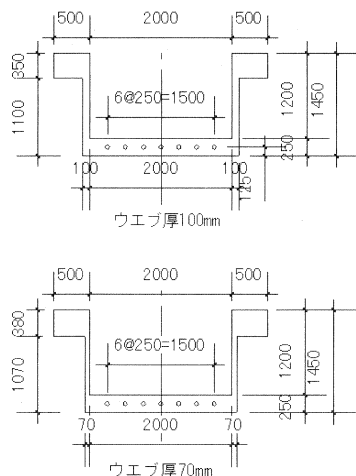


図-5 橋梁モデル図

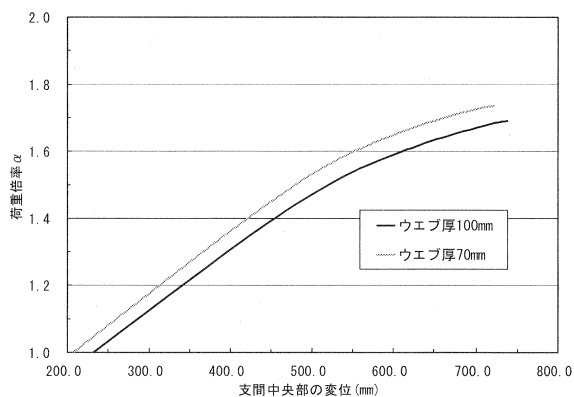


図-6 荷重係率—支間中央部変位の関係

### 6. おわりに

本稿は, 新材料である UFC のうち, ダクトルと呼ばれる材料を用いた橋梁の新しい構造形式の設計例を紹介するものである。今後は, UFC の材料特性をさらに生かした, 新しい構造形式の開発を進めたいと思う。

### 参考文献

- 1) 武者浩透他: 超高強度繊維補強コンクリート「ダクトル」を用いた PC 橋梁の設計・施工 —酒田みらい橋— プレストレストコンクリート Vol.45 No.2 2003 年 3 月
- 2) 立体横断施設技術基準・同解説 (社)日本道路協会 昭和 54 年 1 月
- 3) 道路橋示方書・同解説 IIIコンクリート橋編 (社)日本道路協会 平成 14 年 3 月
- 4) コンクリートライブラリー113 超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針(案) 土木学会 2004 年 10 月
- 5) 細谷学他: 薄肉ウェブを有する超高強度繊維補強コンクリート下路桁歩道橋の耐荷性能 土木学会 61 回年次学術講演会講演概要集 平成 18 年 9 月(予定)