

## 超高強度繊維補強コンクリートを用いた国内初の道路橋

大成建設 正会員 ○ 岩崎 郁夫  
 大成建設 正会員 大熊 光  
 日本道路公団 黒岩 正  
 日本道路公団 西川 孝一

### 1. はじめに

近年、超高強度繊維補強コンクリート（以下、UFC）がその優れた材料特性から注目されており、橋梁における実績が国内外で増えている（表-1）。今回、東九州自動車道の堀越Cランプ橋において、UFCを用いた国内初、世界でも2番目の道路橋を開発した。

本橋で用いたUFCは、圧縮強度の特性値が180N/mm<sup>2</sup>、引張強度の特性値が8.8N/mm<sup>2</sup>のセメント系複合材であり、水セメント比は約22%である。また高強度鋼繊維（φ0.2mm、長さL=15mm）が容積比で2%配合されており、鉄筋は一切必要としない。

構造形式は、UFCをプレテンションI桁に用い、床版には普通コンクリート（設計基準強度36N/mm<sup>2</sup>）を用いたPC合成桁橋であり、桁と床版とは孔あき鋼板ジベル（以下、PBL）で接合されている（図-1）。鉄筋を配置しないため、ウェブ厚は9cmと薄く、従来のコンクリートと比べて非常にスレンダーな形状とすることができた。本稿では、その開発のために行った各種検証実験の内容と実橋の設計および、施工の概要を記述する。

表-1 UFCを用いた主な橋梁実績

用途	名称	所在地	完成年月
道路橋	Shepherds Gully Creek 橋	オーストラリア	2004.6
歩道橋	Sherbrooke 橋	カナダ	1997.7
	酒田みらい橋	山形県	2002.10
	仙遊(Sunyudo)橋	韓国	2002.3
	赤倉温泉ゆけむり橋	山形県	2004.1
歩廊桁	東電常陸那珂点検歩廊	茨城県	2002.3

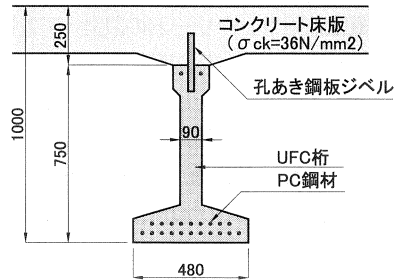


図-1 断面図

### 2. 工事概要

本橋は九州自動車道から東九州自動車道に分岐する小倉JCT（図-2）におけるランプ橋であり、九州自動車道本線上の既設桁橋を撤去した上で、既設の橋台を利用して架け替える工事である。

施工条件として、JCTの設置に伴う九州自動車道の線形変更による段階施工中のため、施工ヤードは供用中の2本の高速道路に挟まれた状態となる（図-3）。原設計はプレテンション方式PC単純中空床版橋であり、この狭小なスペース内において、11本のPC桁をクレーンにて橋台背面ヤードに一旦仮置きし、その上で本架設することとなっていた。また、桁の搬入および架設作業等においては交差道路である堀越12号線の通行規制が必要であった。

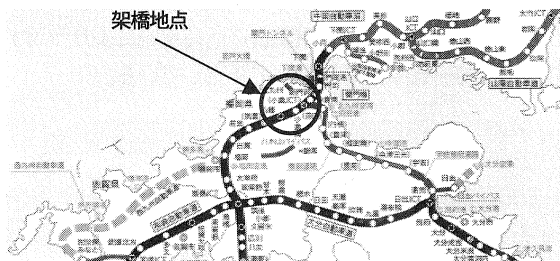


図-2 位置図

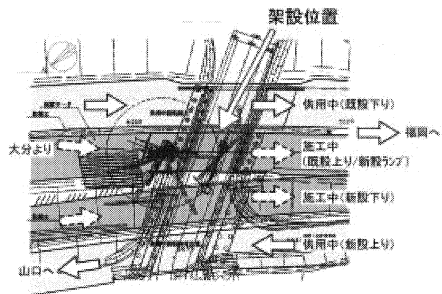


図-3 施工ヤード平面図

### 3. UFC 桁適用によるメリット

UFC を用いた PC 合成桁を採用することにより、以下のメリットが得られた。

- ・架設桁が 11 本から 4 本に減少し、桁搬入時および架設時の交差道路通行規制の時間短縮が可能となった。
- ・桁 1 本当たり重量が 12 t→5 t に減少するため、架設に使用するクレーンを小型化することができた。
- ・UFC は硬化体組織が緻密であるため耐久性が極めて高く、特別の補修・補強を行うことなく 100 年以上使用することが期待できる<sup>1)</sup>。そのためライフサイクルコストの低減が見込まれる。

また、床版を含めた躯体重量は原設計と比較して 30% 以上の軽量化を実現している。本工事では既存の橋台を利用しているが、新設工事の場合は、軽量化による下部工規模の縮小、低桁高による取り付け道路の盛り土減少等が可能であり、試算では条件により 5~10% 程度の工費減が見込め、さらに大きなメリットが期待できる。

### 4. 設計の概要

表-2 に橋梁諸元を、図-4 に構造一般図を示す。詳細設計は、UFC 製の主桁は、超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針(案)<sup>1)</sup> に準拠して行った。圧縮強度 180N/mm<sup>2</sup> という高強度を活用するため、PC 鋼より線 (1S15.2BL) を 22 本配置し、使用限界状態でひびわれ発生限界の応力制限値 (8.0N/mm<sup>2</sup>) に抑えるようにし、終局限界状態では設計耐力の照査を行っている。曲げ耐力算定の際は、UFC は普通コンクリートとは異なり引張力を負担できるので、圧縮応力-ひずみ曲線とともに、引張応力-ひずみ曲線も考慮して算定している。

表-2 橋梁諸元

橋種	PC道路橋 (B活荷重)
構造形式	単径間プレテンション合成 I 桁
橋長	16.617m (支間長15.957m)
幅員	8.470~8.575m
桁高	1.0m (UFC桁: 0.75m)
強度	UFC: 180N/mm <sup>2</sup> , コンクリート: 36N/mm <sup>2</sup>
PC鋼材	SWPR7BL (1S15.2BL)
支承構造	ゴム支承

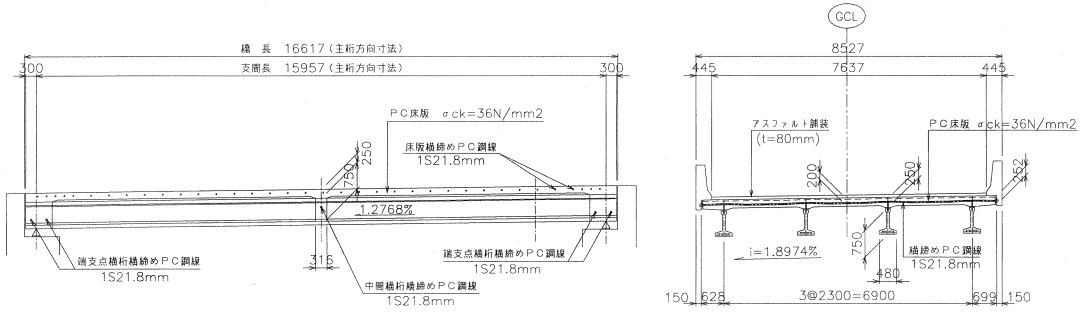


図-4 構造一般図

床版および横桁の設計は、道路橋示方書に準拠している。また、床版と主桁を接合する PBL の設計は、複合構造物の性能照査指針(案)<sup>2)</sup> に準拠している。なお、PBL の設計に用いる床版と主桁の接合部に働く水平力は、道路橋示方書 III コンクリート橋編の「合成げた橋」の項に従って、自重および活荷重等により作用する水平力以外に、床版と主桁のクリープ差、乾燥収縮差および、温度差を考慮して算定している。

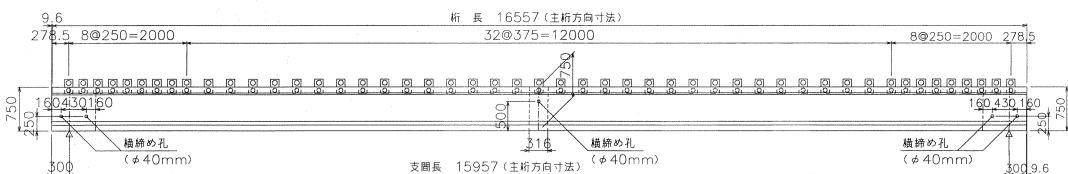


図-5 PBL 配置図

## 5. 実験の概要

道路橋への UFC 適用にあたり、各種確認実験および非線形モデルによる 3 次元 FEM 解析を行い、所要の性能を満足する事を確認した。以下に実験の概要を示す。

### 1) 実物大モデルの製作実験

実物大モデル（桁長 10.6m）のプレテンション I 桁をコンクリート 2 次製品工場にて製作し、製作性、UFC の充填性、型枠の妥当性等を確認した。本橋では UFC の圧縮強度  $180\text{N}/\text{mm}^2$  を有効に活用するため、下フランジには PC 鋼より線が過密に配置されているが、その部分での良好な充填性を確認することができた。また、脱型時・プレストレス導入時等の製作過程においてひび割れ調査を行い、ひび割れが無いことを確認した。

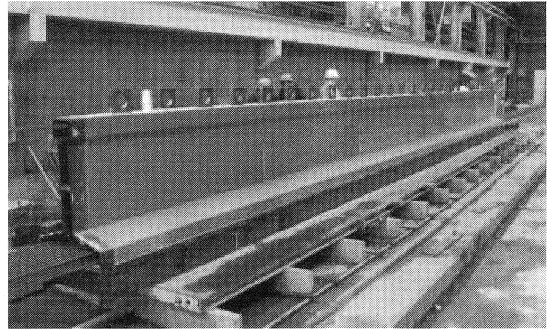


写真-1 UFC 桁脱型状況

### 2) 実物大モデルによる各種構造確認実験

- ・プレストレス導入直後における桁端部の導入力分布を計測し、UFC と PC 鋼より線との付着特性を把握した。
- ・プレストレス導入後に行う標準熱養生（90℃の蒸気養生を 48 時間）中における UFC 桁の変形量およびプレストレスロス量を計測し、クリープおよび乾燥収縮特性を把握した。
- ・UFC 桁とコンクリート床版との収縮差・クリープ差による内部応力を計測した。
- ・合成桁の載荷実験を行い、設計荷重時（使用時・終局時）の挙動および耐力を確認した（写真-2）。また、3 次元ソリッドモデルによる非線形 FEM 解析を行い、合成桁の剛性および破壊形態が実験とよく整合することを確認した。

### 3) PBL ジベルの耐力評価

PBL ジベルにて接合される UFC 桁とコンクリート床版間のせん断耐力および破壊形態を要素実験により確認した（写真-3）。載荷方法は、試験体中央部（UFC）を載荷面とする 2 面せん断実験とし、両側のコンクリート底部には摩擦を低減するためにテフロン板を配置した。

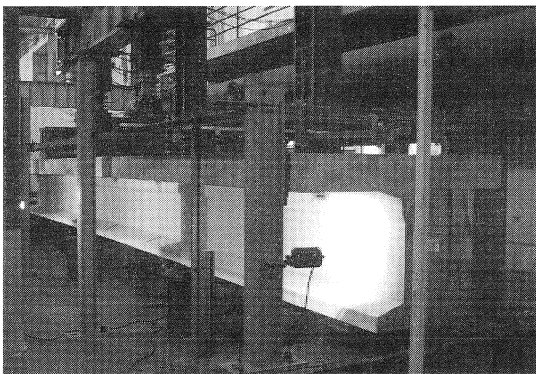


写真-2 実物大モデル載荷実験

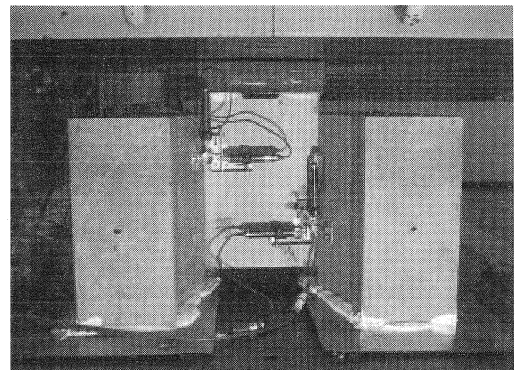


写真-3 PBL ジベル要素実験

## 6. 施工の概要

### 1) UFC 桁の製作

実橋の UFC 製プレテンション I 桁は、実物大モデルと同様、コンクリート 2 次製品工場にて製作した。製作フローを図-6 に示す。UFC は流動性が大きく、凝結開始が非常に遅いため、型枠に作用する側圧は液圧として設計した。打設に際しては、UFC の打ち重ね部や合流部が弱点とならないように、突き棒により鋼繊維の配向を分散させた。打設後は 1 次養生を行い、所定の強度が発現したことを確認した上で、側枠を脱型し、プレストレスを導入した。その後、2 次養生 (90℃の蒸気養生を 48 時間) を行った。

### 2) UFC 桁の運搬・架設

出荷前検査により出来形を確認した後、全 4 基の桁はトレーラー 1 台で現地まで運搬され、交差道路から仮置きヤードに搬入された。供用中の高速道路に挟まれた狭隘なヤード内において、桁の架設作業は慎重に行われ、搬入から仮固定までの工程を 1 時間程度で無事完了した (写真-5)。その後、普通コンクリートの場所打ち部である横桁および、床版の施工へと進んでいった。

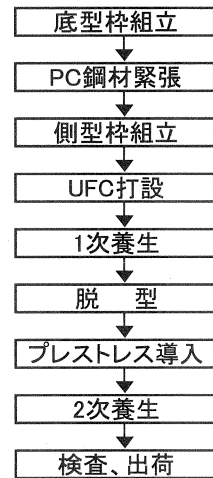


図-6 製作フロー

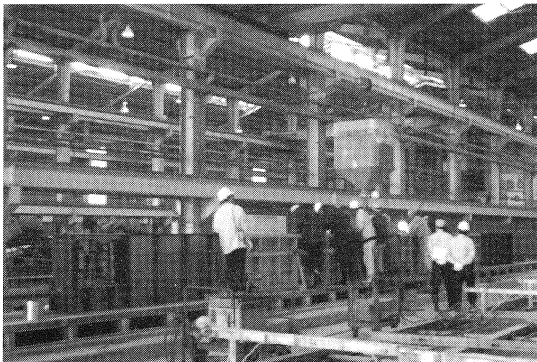


写真-4 UFC 桁打設状況

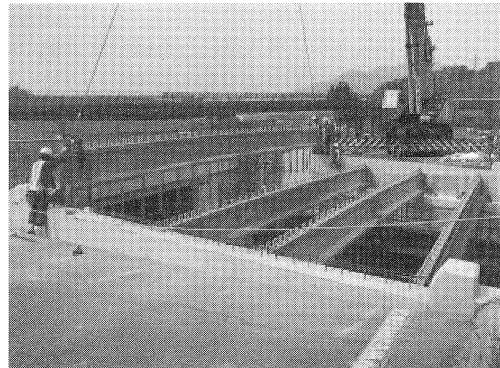


写真-5 UFC 桁架設状況

## 7. おわりに

本橋は、新材料である UFC を用いた画期的な橋梁である。今後も UFC の長所が活かされる PC 構造物への利用が期待される。本橋で得られた知見が少しでも参考になれば幸いである。

最後に、本報告は日本道路公団からの委託である「超高強度繊維補強コンクリートを用いた橋梁に関する技術検討」委員会 (委員長: 東京工業大学二羽教授) の成果の一部であり、多大なご指導ご協力を賜った関係各位に心よりお礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) 超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針 (案) 土木学会コンクリートライブラリー113 2004.8
- 2) 複合構造物の性能照査指針 (案) 土木学会構造工学シリーズ11 2002.10