

超高強度繊維補強コンクリートを用いたPC下路式歩道橋の製造報告

(株)安部日鋼工業 正会員 ○宮島 朗
 鳥取県東部総合事務所県土整備局 平井 康夫
 (株)安部日鋼工業 正会員 松山 高広
 (株)安部日鋼工業 正会員 後藤 理博

1. はじめに

本歩道橋は、鳥取県一般県道鷹狩渡一本線の道路拡幅に伴い、千代川の支川にあたる曳田川に架かる曳田橋に併設される歩道橋（単独橋）として計画された。

本歩道橋ではPC橋2案・鋼橋2案から、既設道路橋（3径間ポストテンション単純PC橋）への影響も含め、施工性、環境への配慮、維持管理および橋梁の耐用年数を100年としトータルコストを評価した結果、軽量で1支間とできる超高強度繊維補強コンクリート（以下UFCと記載）を使用した単純PC下路橋が採用された。本報告はUFCの中で最も実績の多い「ダクトル（圧縮強度180N/mm²）」を用い、単純PC下路桁橋では国内最長支間となる63.300mの歩道橋の製造について行うものである。

2. 橋梁概要

橋梁概要（表-1）とUFCの特徴を以下に示す。

表-1 橋梁概要

所在地	鳥取県鳥取市河原町曳田	平面線形	R = ∞
構造形式	単純PC下路桁橋	縦断勾配	2%放物線勾配
橋長	64.500m	横断勾配	2%片勾配
桁長	64.400m	荷重	群集荷重 3.5KN/m ² ・雪荷重 1.0KN/m ²
支間長	63.300m	コンクリート	超高強度繊維補強コンクリート
有効幅員	2.000m	PC鋼材	SWPR7BL 19S15.2

＜UFCを使用した本橋の特徴＞

- ・従来のコンクリートと比べ緻密であり、耐久性（中性化、遮塩性、凍結融解抵抗性）に優れている。
- ・超高強度であり部材を薄くできるため、鋼橋とほぼ同等の軽量化を図り、長支間化が可能である。
- ・鋼橋と比較して歩行者に悪影響をおよぼす共振が生じにくい。
- ・補強筋の必要がない。

本橋はUFCの持つ特性から断面を薄くし、軽量化を計ることができ、標準床板厚250mm、支間中央の桁高は1480mmで、桁高/スパンは1/43を実現した。また歩行者への圧迫感を与えない配慮としてウェブにφ150×W150・H600の開口を設けた。

プレキャストセグメントの接合目地は、場所打ちのUFC（ウェットジョイント）で施工する構造である。

橋梁一般図を図-1～図-2に示す。

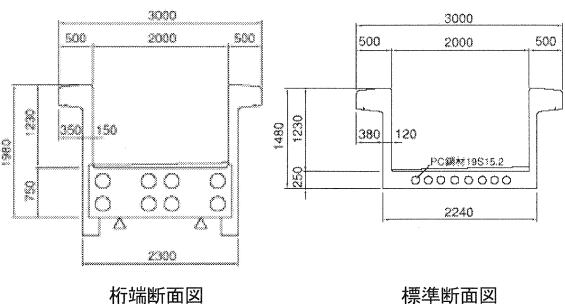


図-1 橋梁一般図（断面図）

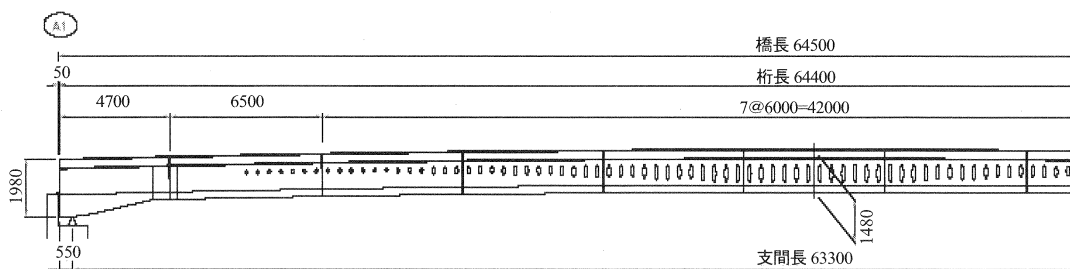


図-2 橋梁一般図 (側面図)

3. 製造概要

3.1. 事前検討

UFCを使用したプレキャストセグメント桁を製作するにあたり、プラントの能力・打設方法・充填性・型枠の変形・型枠拘束力およびUFCの品質確認を目的に事前に桁端部変断面試験体を製作し、全てを確認した上で製造を開始することとした。UFCは自己充填性に優れており、自己収縮が大きい材料であるため、特に重要であった型枠の変形および型枠拘束力について下記に示す。

UFCは従来のコンクリートと比べ、流動性が高く、自己充填性に優れているが、多量の高性能減水剤が添加されているため、凝結開始時間が20℃の環境温度で約12時間前後からとなり、打設時には従来のコンクリート以上に、長時間にわたり型枠に液圧が作用する。そのため内型枠への浮力による影響を考慮し逆打ちとしたが、型枠の変形および安全性の確認は重要な項目であり、試験体により変形量を確認し十分安全な補強を検討した。

またUFCは硬化時の自己収縮が大きく、初期養生の硬化時に型枠拘束による、ひび割れが懸念されるため、自己収縮に対しては事前にFEM解析により、自己収縮に対する緩衝材の効果を検討し、発生引張応力が、初期養生完了時のコンクリート引張応力以下となることを確認した。(図-3参照)

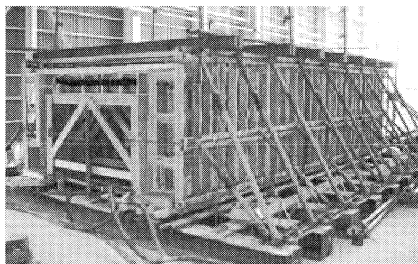


写真-1 型枠全景

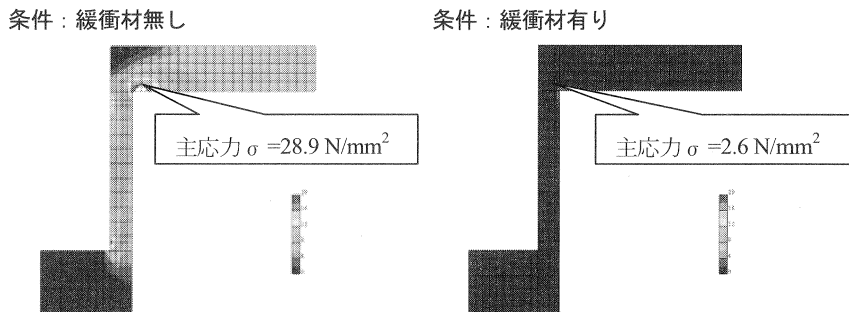


図-3 自己収縮に対する緩衝材の効果に関するFEM解析モデル

3. 2. 製造の概要

(1) 練混ぜ

UFCは、従来のコンクリートと異なり粘性が高くミキサーへの負荷が大きいため、使用する強制2軸式ミキサーの公称容量 1.75m^3 に対して、1バッチ当たり最大練混ぜ量は 1.3m^3 とした。練混ぜには平均35分を要した。フロー値管理は、標準配合粉体と水(混和剤添加済み)を練り混ぜる1次練り後、鋼繊維投入後に練り混ぜる2次練り後および打設前の3回行い、練り上がり時のフロー値は目標フロー $250\pm 30\text{mm}$ に対して、 $240\sim 270\text{mm}$ の安定した値を得ることができた。(写真-2参照)

また製造の時期が冬季であったため、目標のフロー値を確保するために練混ぜ時間の延長を懸念したが、事前に材料と使用設備の加保温を実施し、計画通りの練混ぜを実施することができた。

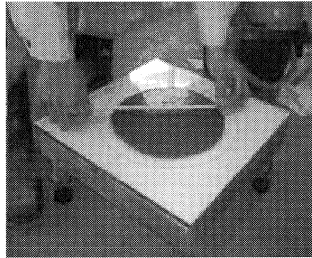


写真-2 フロー値測定

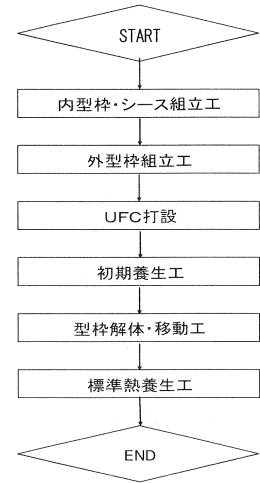


図-4 製造フロー

(2) 打設

打設に際しては、ウェブは充填性を考慮し目標フローを $250\sim 270\text{mm}$ とし打設を行った。UFCは自己充填性に優れた材料ではあるが、従来のコンクリートと比べ水粉体比が8%と低く表面の乾燥が著しく、ドライスキンとなりやすいため、ウェブ打設にはコールドジョイント防止対策として、二股のトレミー管を使用し連続打設を行った。(写真-3参照)

床板部は、ウェブと比べ表面積が大きく打設時間の短縮が要求されるため、目標フローを $240\sim 250\text{mm}$ とし連続打設を行った。床板には多くのシースが配置されているため、シース天端部の合流部、ウェブと床板部の打継ぎ部などは突き棒などにより、かき乱して鋼繊維の配向を分散させることに注意を払い、またドライスキン防止対策としては打設完了後速やかにUFC天端にビニールフィルムを設置することとした。

打設は、ウェブ15分、床板15分の計30分程度で完了した。

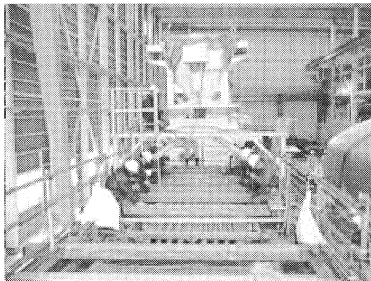


写真-3 ウェブ打設

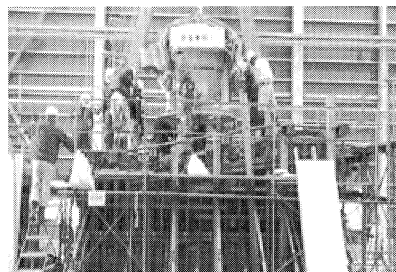


写真-4 床板打設

(3) 初期養生・型枠解体

型枠解体後の製品移動強度を得るために実施した初期養生は、セグメント移動に用いる埋込インサート周辺に発生する応力から、必要強度を 40N/mm^2 と設定し、養生槽内の雰囲気温度を $20\sim 35^\circ\text{C}$ として、蒸気養生を24時間実施した。その際に温度応力によるひび割れを防止するために、養生槽雰囲気温度とセグメント表面温度との温度差およびセグメント表面温度とセグメント部材内部温度との温度差が、それぞれ 20°C 以内となるように、熱電対を用い温度管理を行った。その結果ひび割れの発生もなく、脱枠完了時には所定の強度を得ることができた。

(4) 標準熱養生

標準熱養生は、超高強度の発現 (圧縮強度 180N/mm² 以上) が得られると共に、硬化後の組織の緻密化を目的に行われる。また乾燥収縮やクリープを大幅に低減し耐久性を向上することができる¹⁾。初期養生と同様に各部位の温度差を 20℃以内に保つよう管理し、養生槽雰囲気温度は+3~15℃/hr の上昇速度で行い、セグメント部材内部温度が90℃に達成した後48時間90℃を保持した。降温時にはPC定着部などの部材厚が変化する部位はセグメント内部での温度差が生じやすいため、-1~3℃/hr の比較的緩やかな速度で徐冷を行った。実際の温度履歴グラフの一例を図-5に示す。

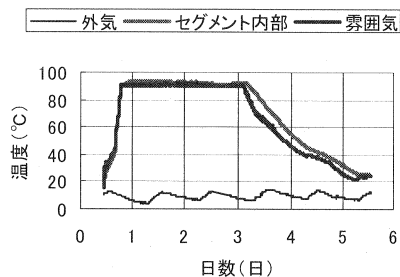


図-5 温度履歴グラフ

(5) 品質管理

標準熱養生完了時に、圧縮・割れひび割れ・引張強度試験を実施し、UFC指針に準じた特性値を十分満足する結果が得られ、練混ぜ、打設および養生方法などが十分妥当であったと考える。(表-2参照)

表-2 強度試験結果一覧 単位(N/mm²)

管理項目	規格値	平均値
圧縮強度	180	215
ひび割れ発生強度	8.0	9.9
引張強度	8.8	12.5

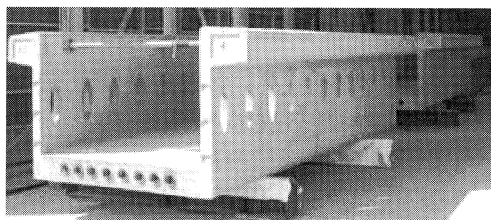


写真-5 セグメントブロック製造完了

4. おわりに

本橋の製造に関しては、報告した以外にも数々の課題があり、十分な事前検討と実作業従事者との協議の結果、予定通りの作業で十分な品質を得られることができた。

本橋は平成19年3月にセグメントの架設を終え、同年4月に接合目地のウェットジョイントを施工し、緊張によりセグメントの一体化が完了し、同年5月現在は竣工を待つばかりである。(写真-6参照)

UFCは従来のコンクリートではなしえなかった、薄肉部材による高強度・高靱性・高耐久性の特性を生かし、さまざまな構造物へ適応されていることにより、今後のさらなる発展が見込まれているものである。

最後に、本橋の製造および施工に際しまして、多大なご指導、ご協力を頂きました関係各位に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 土木学会：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 第113号，2004.9

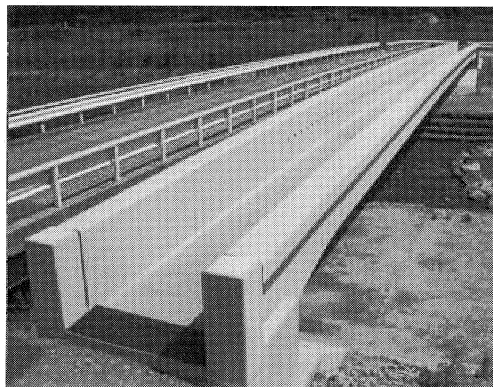


写真-6 現状 (平成19年5月現在)