

超高強度繊維補強コンクリートを用いた長スパン歩道橋の施工について



所属名：鳥取県八頭総合事務所県土整備局
発表者：小田原 理一郎

1. はじめに

鳥取県内の通学路における歩道整備状況は約55%¹⁾であり、整備が進んでいない状況となっている。そのため、歩行者数の多い道路や通学路に指定されている道路を優先し、歩行者が安全かつ安心して通行できる道路の整備を進めているところである。

今回事例紹介を行う一般県道鷹狩渡一木線（鳥取市河原町曳田地内）は現道幅員が5.5mと狭く、車両と自転車・歩行者の分離ができていない危険な状況を解決するため、歩道を整備する事業である。事業区間内の主要構造物である歩道橋については、本橋梁の設計条件下において耐用年数100年としたトータルコストで評価した結果、超高強度繊維補強コンクリート（以下UFC²⁾と記す）を使用した単純PC下路桁橋を採用することとなった。

本稿では、UFCを使用した国内最長支間³⁾（L = 63.3m）の歩道橋における製作及び施工について概要を紹介する。

2. 事業概要

橋梁概要（表 1）と橋梁一般図（図 1、2）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
構造形式	単純PC下路桁橋
橋長	64.5m
支間長	63.3m
有効幅員	2.0m
平面線形	R =
縦断勾配	2%放物線勾配
荷重	群集荷重 3.5kN/m ² ・雪荷重 1.0kN/m ²
コンクリート	超高強度繊維補強コンクリート

図 1 橋梁一般図（断面図）

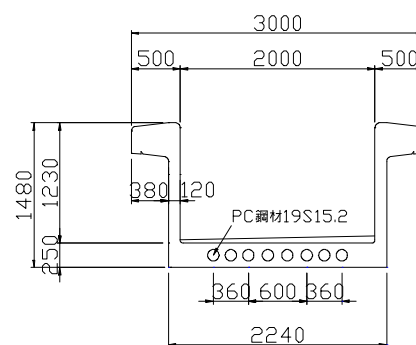
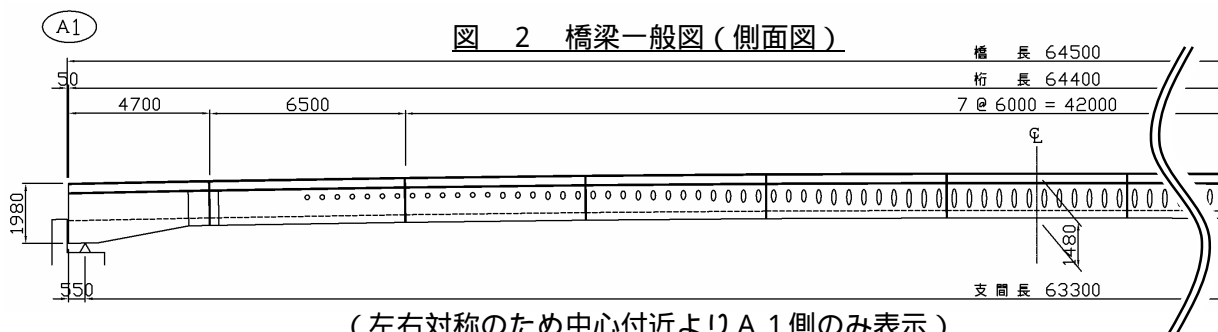


図 2 橋梁一般図（側面図）



（左右対称のため中心付近よりA1側のみ表示）

3. U F Cの特性

3.1 特性値の比較

U F Cと普通・高強度コンクリートの材料特性値及び材料写真を表 2、写真 1に記す。

表 2 材料特性値

	単位	U F C ⁴⁾	従来 ⁵⁾ のコンクリート
密度	g /cm ³	2 . 5 5	2 . 2 5 ~ 2 . 3 0
圧縮強度	N/mm ²	1 8 0	1 8 ~ 8 0
引張強度	N/mm ²	8 . 8	1 . 6 ~ 4 . 3
ひび割れ発生強度	N/mm ²	8	
ヤング係数	N/mm ²	5 0	2 2 ~ 3 8

表 2のとおりU F Cはそれぞれの特性値が従来⁵⁾のコンクリートよりも高いため、断面を縮小し、構造物の軽量化を図る事ができる。

写真 - 1 材料写真



3.2 U F Cを用いた本橋梁の特徴

- ・ 従来⁵⁾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、また鉄筋が不要であるため部材を薄くでき、軽量化、長スパン化が可能
- ・ 鋼橋と比較して歩行者に悪影響を及ぼす共振が生じにくい
- ・ 桁高支間比を1 / 4 3まで抑えた（通常のP C箱桁橋では1 / 2 0程度）
- ・ 国内最長支間の単純P C下路桁橋

4. 製造にあたって

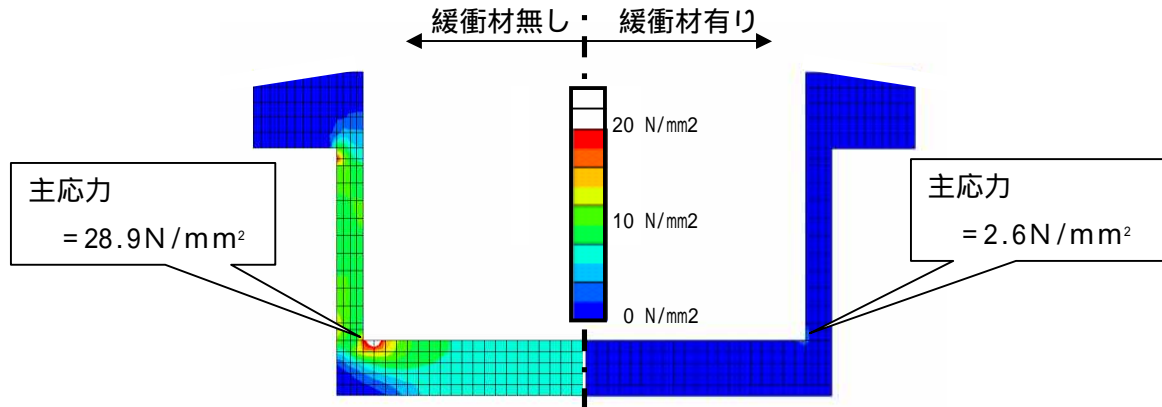
4.1 事前検討

U F Cは所要の強度を得るために温度及び湿度管理を行う特殊な養生が必要である。そのため、桁の製作には特殊な設備が必要となり、工場での製作が基本となる。本橋梁は工場から陸路での運搬を考慮し1 1分割のセグメントで桁の製作を行った。

4.2 型枠計画

U F Cは硬化時の自己収縮が大きく（約0 . 0 5 %）初期養生の硬化の際、型枠拘束による引張応力がウェブ付け根部に生じるため、型枠に緩衝材等を設置し、引張応力を小さくするよう、ひび割れ対策を行った。（図 3）⁶⁾

図 3 自己収縮に対する緩衝材の効果に関する F E M解析モデル



4.3 打設計画

UFCを打設するに当り注意する点及びその対策を表 3に記す。

表 3 UFC打設時の注意点及び対策

	注意する点	対策
(1)	水セメント比が低く、ドライスキンになりやすい	<ul style="list-style-type: none"> ・連続打設が行えるよう綿密な計画をたてる ・絶えず表面を突き棒等で動かし乾燥した皮膜を作らない ・打設後は速やかにビニルフィルムで保護する
(2)	打継目における鋼繊維の配向を分散させる必要がある	<ul style="list-style-type: none"> ・突き棒等でかき乱す
(3)	鋼繊維が沈降する恐れがあるため、充填目的の振動は行わない	<ul style="list-style-type: none"> ・必要なフロー値を確保するよう品質管理を行う

4.4 養生計画

設計・施工指針⁷⁾に基づき、1次養生、2次養生を行った。

4.4.1 1次養生

所要の脱型強度(今回はセグメント移動時に埋め込みインサート周辺に発生する応力より40 N/mm²)を得るための養生であり、20~35の蒸気養生を24時間実施した。

4.4.2 2次養生

硬化後の組織を緻密化し高強度を発現するとともに、収縮やクリープを大幅に低減し、耐久性を向上させるために行う養生であり、90の蒸気養生を48時間実施した。

4.4.3 養生時の注意事項

本橋梁は内ケーブル式であり、定着部が他の部分に比べ非常に厚くなっている。そのため、温度降下時に部材内に急激な温度勾配を生じやすく、ひび割れが発生する恐れがある。そこで、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上昇速度を+3~15/hとし、降温速度を-1~-3と設定した。(図4)⁶⁾結果、品質に問題なく製作を完了する事ができた。

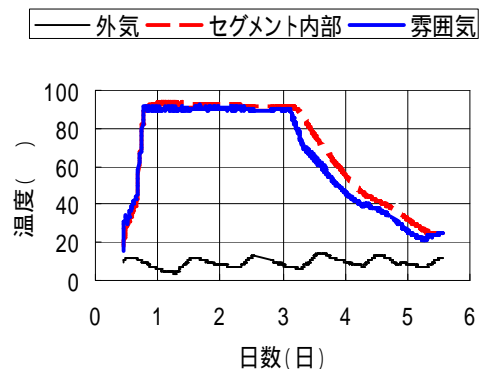


図 - 4 温度履歴グラフ

5. 架設にあたって

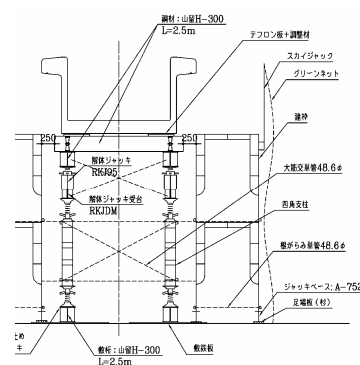
5.1 支保工

本橋梁の桁長は64.4mと長スパンであるため、通常のセグメント式橋梁のように地組みし架設することが困難である。そのため、セグメントの接合部ごとに支柱を設置し、連結前のセグメントをそれぞれ計画位置で支保工上に仮置きし、緊張する計画とした。

支保工の構造で特に注意した点は、緊張による桁の縮みを拘束しない、緊張後も支柱に反力が残存するため、これをキャンセルできる構造とする事、である。

については主桁の仮受部にテフロン板を設置し水平方向の移動が可能構造とし、については、支保工上段に油圧ジャッキを内蔵した解体専用ジャッキを設置し対策を行なった。(図5)6)

図5 支保工構造図



5.2 ウェットジョイント

各セグメントの接合箇所はUFCを現場打ちするウェットジョイント方式とした。本橋梁の構造においては、ジョイント部には100N/mm²以上の圧縮強度が必要となる。4.4で述べたとおりUFCの強度発現には給熱養生を行う必要があるが、本橋梁の架設は河川内からの作業となることから施工時期が非出水期に限られるため、施工時期は日平均気温が低い冬季に養生を行うことが避けられず、温度管理については細心の注意を必要とした。

養生は工場製作と同様に1次養生、2次養生を行う必要がある。給熱養生方法は、橋桁全体を養生シートで囲い、ジェットファーンエス、ラバーヒーターを用いて行った(写真2)6)。100N/mm²以上の強度を出すために必要な熱量については、他の実績データ等により、養生時の目標温度を40以上とし、4の圧縮強度147N/mm²を確認した後-3/h^rの比較的緩やかな速度で降温を行った。また、給熱養生による収縮でセグメントとウェットジョイントの継ぎ目にクラック等が入らないよう1次養生後に強度確認を行い、導入可能なプレストレス量を検討し、仮緊張を行った。また、本緊張については2次養生完了後に強度確認を行い実施した。

写真2 養生設備



6. 今後の課題について

本橋梁の製作架設を行い気が付いた点を以下に述べる。

6.1 鋼繊維の突出について

本橋梁は下路桁橋であるため供用時に高欄となるウェブ部についてもUFCで製作されている。養生完了後製品の確認を行ったところ、型枠の隅部にあたる部分等においては、鋼繊維が表面から突出している箇所が数箇所確認された。そのため供用時に手に触れる可能性のある場所においては全てチェックを行い、鋼繊維を削り取るという対策が必要となった。

本橋梁は歩道橋であるため接触事故などでの損傷による鋼繊維の突出はほとんど無いであろうが、維持管理を行っていく上では定期的に鋼繊維のチェックを行う事も必要になると考えられる。

6.2 UFCの表面の仕上げについて

UFCは超高強度の発現とコンクリートの緻密化のため、90の蒸気養生を行う。このため、通常のコンクリートに比べ白華現象が盛んであり、その結果、色むらとなる場合がある。製造を行った施工業者の過去の経験等により、直接蒸気が触れない方法でセグメントを製作したが、色むらを目立たなくするまでには至らなかった。白華現象の考えられる要因としては、水酸化カルシウム、炭酸ガスと水であると考えられるが、蒸気養生時に行う有効な対策についてはまだ確立されていない。

今回の対策としては、架設完了後にセメント系下地調整材などを適用して桁表面に薄く塗り、全体の統一感がとれた橋に仕上げた。

写真 3 白華現象



7. おわりに

今回紹介した歩道橋梁は、既設の道路橋と近接して整備されることから、既設橋の下部工に併せたスパン(21m程度×3径間)と、1径間とするかで比較を行った結果、上部工の工事費増に比べ下部工費が割高となった。また、1径間でも桁高を抑える事ができ、現況堤防地盤ともスムーズにすりつき、工事費の削減も図れるためUFCを用いた案が採用となった。

UFCを用いた橋梁は、その性能より従来のコンクリートと比べ軽量化し、桁高を抑え、長スパン化を図ることが可能であるが、現時点では材料の特殊性、また品質確保のための打設・養生手間等が多く必要である事などから上部工単体としての製造コストは高くなる。

そのため、コストの縮減に重みを置く現在の公共工事では特殊な条件での橋梁にしか適用ができないと思われる。

しかし、鉄筋を必要としないため形状の自由度が高く、デザイン性の高い構造物を製作することが出来る数少ない材質であることや、長スパン化による下部工事の減や工期短縮などのメリットを活かし、今後橋梁のタイプ決定時の比較案として検討されるものと思われる。

写真 - 4 現状



- 1) 鳥取県土整備部道路企画課調査 平成17年度末時点
- 2) Ultra-high-strength Fiber-reinforced Concrete の略
- 3) 単純PC下路桁として、平成19年9月時点
- 4) 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)設計用値
- 5) コンクリート標準示方書、土木学会
- 6) (株)安部日鋼工業施工管理資料より抜粋
- 7) 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