

UHPFRC による橋梁床版の補修・補強工法における目地構造に関する検討

鹿島建設(株) 正会員 ○渡邊有寿 向 俊成 柳井修司
中日本高速道路(株) 正会員 牧田 通 加藤健太

1. はじめに

高速道路橋のリニューアルプロジェクトでは、凍結防止剤の散布により塩害劣化した RC 床版の打替えや、過去の設計基準にて建設された床版 (RC または鋼) の上面増厚等による補強を行う。筆者らは、この打替え・増厚材料に高強度で物質移動抵抗性が高い超高性能繊維補強セメント系複合材料 (以下、UHPFRC とする) を用いる新たな工法を研究・開発している¹⁾。UHPFRC を打ち込む場合、橋軸方向もしくは橋軸直角方向には施工目地を設ける必要があるが、耐久性および力学特性上できるだけ弱点にならない構造とする必要がある。本研究では、最適な目地構造を選定するための基礎的な検討を実施した。

2. 試験概要

検討水準および試験項目を表-1 に示す。ここでは、海外の事例²⁾も参考にして異なる目地構造を有する供試体を作製し、Torrent 試験および曲げ強度試験³⁾を実施した。また、繰返しの温度履歴による目開きや塩化物イオンの浸透を想定し、温海水乾湿繰返しによる促進試験を実施した。促進後は Torrent 試験および EPMA 分析を実施した。

各種供試体は、100×100×厚さ 50mm の普通コンクリート基盤に厚さ 50mm の UHPFRC を打ち継いで製作した (図-1)。コンクリートは呼び強度 40 で粗骨材最大寸法 20mm とし、遅延剤とハイウオッシュャによって表層を約 5mm 削り、粗骨材を露出させた。なお、本研究では目地部分を評価対象としているため、試験期間の短縮のために UHPFRC は 85℃・24h の蒸気養生を行った。コンクリートの配合は表-2 のとおりであり、比較用に従来の床版増厚工法に用いる超速硬 SFRC も加えた。

3. 試験結果

(1) 強度試験結果

曲げ強度試験の結果を図-2 に示す。図より、継ぎ目のない UHPFRC 供試体に対して目地を設けた全てのケースで曲げ強度が大きく低下した。これは UHPFRC に混入している鋼繊維の架橋効果が発揮されなかったためである。一方、打継ぎ界面の形状を凹凸またはかぎ型 (ラップ形状) とすることで、鉛直 (滑面) なものよりも大幅に曲げじん性・曲げ強度が向上することを確認した。また、目地部に D10 異形鉄筋を 1 本介することで、鉄筋が目地の縁切れ後の

表-1 検討水準および試験項目

No.	目地構造	曲げ強度試験	物質透過性試験	
			透気試験 Torrent 試験	塩分浸透性 EPMA 分析
N-0	目地なし：普通コンクリート	—	○/●	●
	目地なし：SFRC	○	—	—
U-0	目地なし：UHPFRC	○	○/●	○/●
U-1	鉛直 (滑面)	○	○/●	●
U-2	鉛直 (凹凸シート)	○	○/●	●
U-3	かぎ型 (ラップ 100mm)	○	○/●	●
U-4	かぎ型+鉄筋	○	○/●	●
U-5	鉛直+鉄筋	○	○/●	●
U-6	鉛直+鉄筋+接着剤	○	○/●	●

○：促進試験前 ●：促進試験後
促進条件：(60℃海水 3.5 日+送風乾燥 3.5 日) / サイクル×15 サイクル

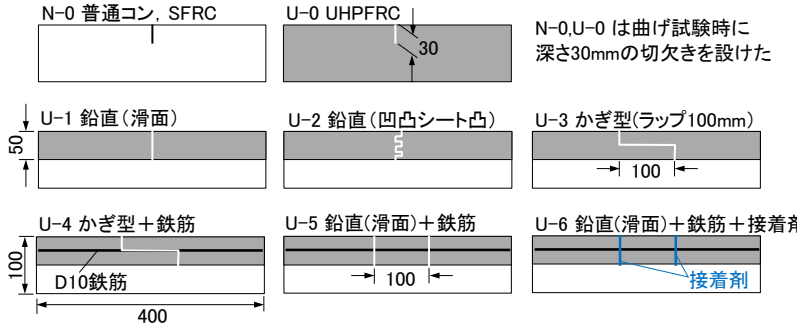


図-1 供試体概要 (試験ケース)

表-2 コンクリートの配合

	W/B	単位量(kg/m ³)					鋼繊維
		W	B	S	G	AD/SP	
普通コン	56.4	185	328	879	883	3.6	—
超速硬SFRC	38.4	170	443	906	815	8.8	100
UHPFRC	15.2	195	1287	905	—	32	235.5

普通コン：早強ポルトランドセメント、粗骨材最大寸法 20mm
SFRC：超速硬セメント、粗骨材最大寸法 15mm、フック型繊維 長さ 30mm / 直径 0.6mm
UHPFRC：専用配合、細骨材最大寸法 2.5mm、ストレート型繊維 長さ 15mm / 直径 0.2mm

キーワード：UHPFRC、道路橋床版、補修・補強、施工目地、力学特性、物質透過性

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL042-489-8029

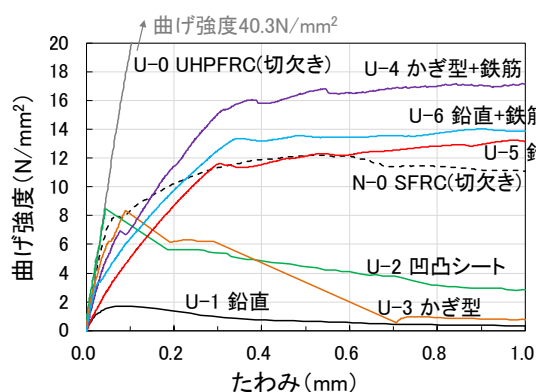


図-2 曲げ強度試験結果

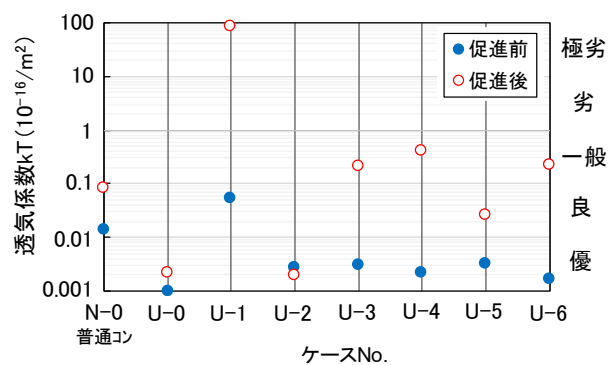


図-3 透気試験結果（促進前・後）

表-3 EPMA 分析結果（塩化物イオンの浸透状況）

	N-0 普通コン	U-0 UHPFRC	U-1 鉛直	U-2 凹凸	U-3 かぎ型	U-4 かぎ型+鉄筋	U-5 鉛直+鉄筋	U-6 鉄筋+接着剤
Cl (%)								

引張力を負担し、目地のない SFRC 相当の曲げじん性を確保することが可能となった。また、ケース U-5 と U-6 の比較によって継ぎ目にエポキシ樹脂接着剤⁴⁾を塗布することによる強度向上効果も確認された。

(2) 物質透過性試験結果

温海水乾湿繰返し前後の Torrent 試験による透気係数測定結果を図-3 に示す。目地部が鉛直のケース U-1 については促進後に判定が「極劣」という結果になった。その他ケースも「良」「一般」と物質浸透抵抗性は比較的保たれているものの、促進前の「優」より劣る結果となった。これは温度によるひずみ差が繰返し生じたことで目地部の縁切れや目開きが生じたためと推察された。一方、界面を凹凸にして打継ぎ部の付着面積を大きくしたケース U-2 では、促進後も透気係数の低下は見られず、縁切れが抑制される効果が確認された。

次に、EPMA 分析の結果を表-3 に示す。鉄筋の有無に関わらず、目地部が鉛直（滑面）であるケース U-1 および U-5 では、縁切れ部が塩化物イオンの浸透パスとなって基盤の普通コンクリートまで到達した。一方、界面を凹凸またはかぎ型としたケースでは、塩化物イオンは普通コンクリートには到達しなかった。なお、エポキシ樹脂接着剤を塗布したケースで塩化物イオン濃度が高い領域が認められたが、これはエポキシの合成中に混入された塩化物イオンが検出されたものであり、コンクリート中へ拡散する恐れは小さいと判断した。

4. おわりに

UHPFRC の現場打ち工法における施工目地では、繊維の架橋効果が期待できず、目地の縁切れや目開きが生じる恐れが想定される。できるだけ弱点とならない目地構造に資する基礎的検討の結果、界面の付着面積を大きくする、浸透パスが長い形状とする、エポキシ樹脂接着剤を塗布する、および鉄筋を介することが有効であることを確認した。今後は、縁切れや目開きが生じた後の処置として、浸透プライマーなどによる検討も行っていく。

参考文献

- 1)北川ら：道路床版の打替え・補強に対する超高強度繊維補強コンクリートの適用性の検討，土木学会第 72 回年次学術講演会講演概要集，pp.1097-1098，2017。
- 2)ARCHES D14：Recommendations for the use of UHPFRC in composite structural members — rehabilitation Log Čezsoški bridge, ARCHES-05-DE1, 2009。
- 3)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），コンクリートライブラリー113，2004。
- 4)渡邊ら：道路橋床版の打替え・補強工法における UFC 界面の付着特性に関する検討，土木学会第 73 回年次学術講演会講演概要集，pp.277-278，2018。