

## 床版上面増厚工法用超速硬型超高性能繊維補強コンクリートの物性および耐久性

株式会社大林組 正会員 ○青木峻二 正会員 富井孝喜  
 宇部興産株式会社 正会員 伊藤智章 正会員 伊藤隆紘

## 1. はじめに

筆者らは、これまで道路橋床版補強としての床版上面増厚工法への適用を目的に、鋼繊維補強コンクリート（以下、SFRC）の代替となる超速硬型の超高性能繊維補強コンクリート（Ultra-High Performance Fiber Reinforced Cement-based Composite：以下、UHPFRC）を検討し、配合設計とフレッシュ性状の管理手法について報告した<sup>1)</sup>。床版上面増厚工法に使用する材料では、耐久性の確保や疲労による浮きやはく離を抑制するために、既設コンクリート床版との一体性が重要となる。また、SFRCは鋼繊維を混入することで、ひび割れ抑制効果、曲げ・引張強度の増加、じん性の改善効果などが期待できる材料であり、検討した超速硬型 UHPFRC においても同等以上の性能が必要とされる。本報告では、検討した超速硬型 UHPFRC の強度特性、収縮特性および耐久性の実験結果について報告する。

## 2. 実験の概要

## (1) 試験項目および試験方法

UHPFRC の配合を表-1 に示す。試験項目および試験方法を表-2 に示す。曲げひび割れ発生強度および割裂ひび割れ発生強度は、「超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針（案）」<sup>2)</sup>（以下、UFC 指針）を参考にし、供試体下面または端面にひずみゲージを貼り付けて測定した。また、床版上面増厚工法への適用を考慮し、各高速道路株式会社の構造物施工管理要領<sup>3)</sup>（以下、管理要領）に記載される床版上面の断面修復や床版上面増厚工の規格を参考とした。なお、試験までの供試体の養生は、材齢 3 時間の圧縮強度以外は標準養生とし、長さ変化の養生は規格に準じて気中養生とした。

表-1 UHPFRC の配合

W/P (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )					添加量(kg/m <sup>3</sup> )	
	W	P	S	SP※1	HA※2	SF	CR
16	210	1327	837	8~30	140	157	4~10

※1：練混ぜ水を含む ※2：P を含む

表-2 試験項目および試験方法

試験項目	試験方法
圧縮強度	JIS A 1108 に準拠 供試体寸法：φ50mm, φ100mm
静弾性係数	JIS A 1149 に準拠 供試体寸法：φ100mm
曲げひび割れ発生強度・ 曲げ強度	JIS A 1106 および JIS A 1171 に準拠 供試体寸法： 40×40×160mm, 100×100×400mm
割裂ひび割れ発生強度	JIS A 1113 に準拠 供試体寸法：φ100mm
付着強度	JIS A 1171 に準拠 試験断面：40×40mm（厚さ 10mm）
長さ変化・質量変化	NEXCO 試験法 439 に準拠 供試体寸法：40×40×135mm
促進中性化試験	JIS A 1171 に準拠 供試体寸法： 40×40×160mm, 100×100×400mm
塩化物イオンの拡散係数	JSCE-G572 および JSCE-G574 に準拠 面分析範囲：20×20mm

## 3. 実験結果

## (1) 圧縮強度および静弾性係数

圧縮強度および静弾性係数の測定結果を表-3 に示す。管理要領<sup>3)</sup>では、床版上面に用いる SFRC の圧縮強度の管理基準値として、所定材齢（通常 3 時間）で 24N/mm<sup>2</sup> 以上と定められており、本材料もその性能を満足した。また、材齢 28 日の圧縮強度は、低い方でも 139N/mm<sup>2</sup> であり、目標値の 130N/mm<sup>2</sup> を満足した。なお、φ100mm の圧縮強度は、φ50mm の供試体と比べて材齢 3 時間の強度は同等だったが、材齢 28 日の強度は低い値を示した。強度レベルは異なるが、既往の研究<sup>4)</sup>では供試体寸法が小さくなるほど圧縮強度が高くなるとされており、超速硬型 UHPFRC においても同様の寸法効果を示したと考えられる。

表-3 圧縮強度および静弾性係数

材齢	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )		静弾性係数 (kN/mm <sup>2</sup> )
	φ50mm	φ100mm	φ100mm
3 時間	34.8	36.8	24.3
28 日	150	139	44.3

キーワード UHPFRC、床版上面増厚工法、硬化性状、耐久性

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 (株)大林組 生産技術本部 リニューアル技術部 TEL03-5769-1332

## (2) 曲げひび割れ発生強度および曲げ強度

曲げひび割れ発生強度および曲げ強度の測定結果を表-4に示す。材齢28日における曲げひび割れ発生強度は、UFC指針<sup>2)</sup>に記載されている平均値14.9N/mm<sup>2</sup>と比較して同等以上の値を示した。また、曲げ強度も同様に、各供試体寸法において、UFC指針<sup>2)</sup>に記載されている値と比較して同等以上の値を示した。鋼繊維の種類やマトリクスの強度レベルが同等の場合、曲げ強度は、鋼繊維の混入率に依存すると考えられ、超速硬型UHPFRCの鋼繊維混入率はUFCと同等のため、高い曲げ強度を示したと考えられる。なお、40×40×160mmの供試体では、100×100×400mmの供試体よりも強度が高くなった。これは、試験体作成打込み時の壁効果による繊維の配向などの影響が考えられる。

## (3) 割裂ひび割れ発生強度

材齢28日における割裂ひび割れ発生強度の平均値は9.25N/mm<sup>2</sup>であり、UFC指針<sup>2)</sup>で示される平均値11.7N/mm<sup>2</sup>よりも低い値を示した。ひび割れ発生強度は、材料マトリクスに依存すると考えられる。前述のように本材料の圧縮強度は140～150N/mm<sup>2</sup>程度であり、UFC指針<sup>2)</sup>に示される圧縮強度の平均値194N/mm<sup>2</sup>よりも低い値であった。そのため、割裂ひび割れ発生強度もやや低い値を示したと考えられる。

## (4) 付着強度

超速硬型UHPFRCの付着強度は2.7N/mm<sup>2</sup>と高い値を示した。床版上面増厚工法では、床版の耐荷性能を回復・向上させるため、既設部と増厚部の一体性が重要である。管理要領<sup>3)</sup>の床版上面における断面修復では、コンクリートと補修材との付着強度は1.5N/mm<sup>2</sup>以上と規定されており、それと比較して十分な付着強度を有していることがわかった。また、材齢3時間での値も管理要領<sup>3)</sup>の上面増厚の付着強度1.0N/mm<sup>2</sup>以上を満足した。

## (5) 長さ変化率および質量変化率

長さ変化率および質量変化率の測定結果を図-1に示す。長さ変化率は材齢28日で0.021%であった。管理要領<sup>3)</sup>では、床版上面における断面修復の寸法安定性は0.025%以下と定めており、その基準値を満足した。

## (6) 促進中性化深さ

CO<sub>2</sub>濃度5%環境での促進期間26週における中性化深さは、いずれの供試体寸法の場合も0mmであり、中性化は認められなかった。

表-4 曲げひび割れ発生強度および曲げ強度

材齢	曲げひび割れ発生強度 (N/mm <sup>2</sup> )		曲げ強度 (N/mm <sup>2</sup> )	
	40mm	100mm	40mm	100mm
3時間	—	6.0	—	11.5
28日	14.9	19.7	44.8	35.7

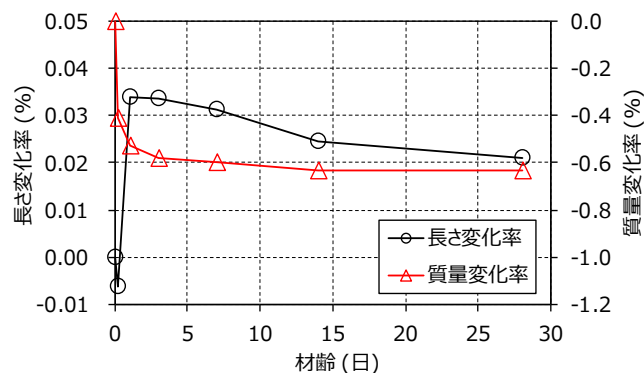


図-1 長さ変化率および質量変化率

## (7) 塩化物イオンの見掛けの拡散係数

10%NaCl溶液に39週間浸漬した場合の塩化物イオンの見掛けの拡散係数は0.032cm<sup>2</sup>/年であり、UFCの見掛けの拡散係数(0.0019cm<sup>2</sup>/年)<sup>2)</sup>と比較すると大きな値であるが、一般的なコンクリートの見掛けの拡散係数(0.14～0.9cm<sup>2</sup>/年)<sup>2)</sup>と比較して小さい値を示した。

## 4. まとめ

検討した超速硬型UHPFRCの曲げ強度や割裂ひび割れ発生強度は、UFCと同等の性能を有していることがわかった。また、床版上面に使用される断面修復の付着強度や寸法安定性の基準値を満足することや、中性化深さや塩化物イオンの見掛けの拡散係数が小さく、一般的なコンクリートやSFRCよりも高い耐久性を有することを確認した。これより、超速硬型UHPFRCを床版上面増厚工法に使用されるSFRCに代替することで、効果的な補修が可能だと考える。

## 参考文献

- 1) 富井孝喜ほか: 床版上面増厚工法用超速硬型超高性能繊維補強コンクリートの配合設定, 土木学会, 第77回年次学術講演会, 2022
- 2) 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), pp.9-12, p.49, pp.90-93 (2004)
- 3) 高速道路総合技術研究所: 構造物施工管理要領, p.III-82, p.III-89 (2020)
- 4) 渡邊英樹ほか: 高強度コンクリートの圧縮強度に及ぼす供試体寸法の影響に関する実験, コンクリート工学年次論文集, Vol.28, No.1, pp.1175-1180 (2006)