

超高性能繊維補強コンクリートの配合設計と透気性・透水性に関する研究

長崎大学 学生会員 ○長島和輝 長崎大学 非会員 峯松弘樹 長崎大学大学院 学生会員 熊本和展
長崎大学 正会員 出水享 長崎大学 正会員 上阪康雄 長崎大学 正会員 松田浩

1. はじめに

劣化したコンクリート構造物の補修・補強用材料として、種々の材料が用いられている。その中の一つである超高性能繊維補強コンクリート（以下、UHPFRC）は現場打設が可能で、圧縮強度 150N/mm^2 、引張強度 10N/mm^2 を超える極めて高強度なコンクリートであり、¹⁾ また、緻密であるため、水や塩化物イオンなどの外的劣化因子の侵入を防ぎ、耐久性の向上が期待できる。

近年、雨水の浸入によるコンクリート床版の早期劣化事例が多く報告されており、その対策がコンクリート標準示方書にも取り上げられている。²⁾ そこで、本研究では我が国において入手可能な材料を用いて現場打ちUHPFRCの配合設計を行い、橋梁床版の上面増厚補強材かつ床版防水層としての有用性、有効性を検討するために物質移動抵抗性の調査を行った。

2. UHPFRC の物質移動抵抗性の調査

2.1 透気試験

UHPFRC を用いて試験体を 1 体作成し、透気試験を実施した。試験に使用した材料及び配合を表 1、2 に示す。試験体寸法は $450 \times 200 \times 20$ (mm) とし、端部から 100mm のところに継ぎ手部を設けた。床版補修において、継ぎ手部の問題は避けられないためである。継ぎ手部Ⅰは階段型とし、継ぎ手部Ⅱには傾斜をつけた。継ぎ手部Ⅰの高さは $10+10$ (mm) とする。試験体概要を図 1 に示す。試験体作成手順は、図 1 に示す①を打設して 2 日後に②を打設した。②を打設後の翌日に脱型し、それが材齢 14、70 日（①の材齢 16、72 日）となるとときに型枠面を計測した。試験は計測日まで標準養生し、計測の数時間前に水中から取り出し、表面乾燥飽水状態で試験を実施した。本試験では普通コンクリート、UHP-SHCC³⁾と比較した。普通コンクリートの配合を表 3 に示す。

試験では Torrent Permeability Tester（以下、TPT）を用いて透気係数を計測した。TPT の試験装置を写真 1 に示す。装置はチャンバー、計測器、真空ポンプから構成されている。図 2 に示すように、試験では内側と外側に隔てられているチャンバーを測定箇所にあて、真空ポンプにより吸引しチャンバー内の圧力を下げる。その後、吸引を止めるとコンクリート内から内側チャンバーに空気が流入し内側チャンバー内の圧力が回復するが、外側チャンバーの働きにより内側チャンバーに流入する一次元化された空気の流れを用いて透気係数が算定される。

2.2 透水試験

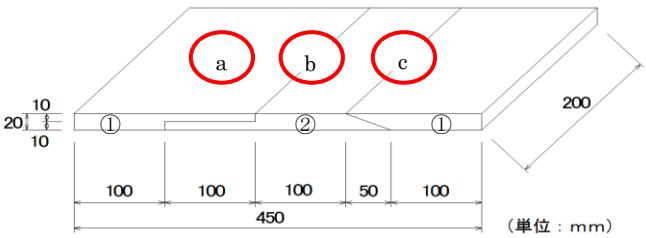
UHPFRC を用いて試験体を 1 体作成し、透水試験を実施した。図 3 に使用した透水試験装置を示す。使用配合、試験体概要、計測材齢は透気試験と同様とする。

表 1 使用材料一覧

材料名		記号	密度 (g/cm^3)
セメント	早強ボルトランドセメント	H	3.14
混和材	石灰石フィラー	LF	2.72
	紛体シリカフューム	SF	2.25
短繊維	10mm 鋼繊維	sf1	7.85
	2～3mm 鋼繊維	sf2	
混和剤	高性能 AE 減水剤	SP	1.07
水	水道水	W	1.00

表 2 UHPFRC 使用配合表

鋼繊維混入率 (vol%)	W/B (%)	単位量 (kg/m^3)							
		W	H	LF	SF	加水量	sf1	sf2	SP
3	15.5	281	826	826	165	239	236	59	



a: 標準部 b: 継ぎ手部Ⅰ c: 継ぎ手部Ⅱ

図 1 透気試験体

表 3 普通コンクリート使用配合表

最大粗骨材寸法 (mm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量				
			kg/m^3				cc/m^3
			W	C	S	G	混和剤
20	55	42	170	309	745	1028	155

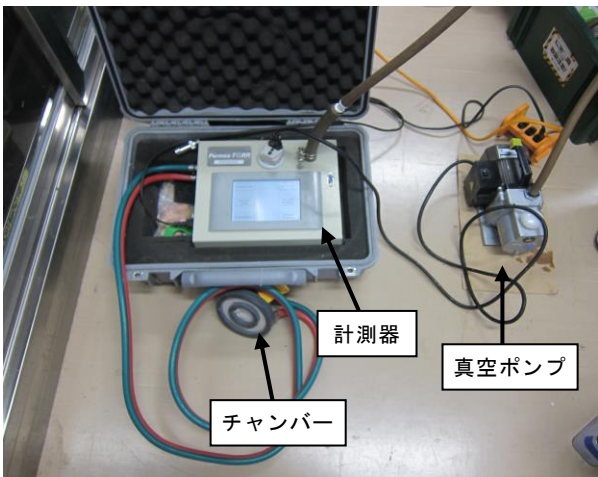


写真 1 透気試験装置

試験は JIS A 6909「建築用仕上塗材」中の透水試験 B 法を参考にした。装置作製にはメスピペット (容量 5ml)、口径 75mm 漏斗、メスピペットと漏斗をつなぐゴムチューブを用いた。試験体と漏斗の境界面から水漏れを防ぐためエポキシ樹脂でシーリングを行った。また、蒸発を防ぐためラップと輪ゴムでメスピペット上部に封をした。

計測は試験体の打設面で行った。同条件とするため、初期水頭高さが試験体表面から 250mm となるよう水量を調整し、24 時間後の水頭変化量を求めた。計測は透水量が定常状態となるまで試験を継続し、回帰直線より単位時間透水量 (ml/day) を求めた。本試験も普通コンクリート、UHP-SHCC と比較した。普通コンクリートの配合は透気試験の比較と同様とした。

3. 試験結果及び考察

3.1 透気試験

透気試験結果を表 4 に示す。材齢 14、70 日を比較すると材齢 70 日の方は、UHPFRC において透気係数の値が小さくなった。このことから、打設後、時間の経過とともに気体の移動抵抗性が好転していくことが考えられる。UHPFRC の標準部と両継ぎ手部では、標準部の透気係数が小さく優れていることが分かった。UHPFRC の標準部において、材齢 14、70 日ともに UHP-SHCC の透気係数と同程度の結果が得られた。また、普通コンクリート (標準部) の透気係数と比較すると小さくなっていることが確認された。表 5 に透気係数の評価指標を示す。

3.2 透水試験

透水試験結果を図 4 に示す。材齢 14、70 日を比較すると、材齢 70 日の方は UHPFRC の全計測位置で単位時間透水量の値が小さくなっていることから、水の移動抵抗性も時間の経過とともに好転していくことが考えられる。UHPFRC の標準部と両継ぎ手部では、標準部の単位時間透水量が小さくっており、UHP-SHCC と比較しても、同程度以下であることが分かった。普通コンクリート (標準部) と比較しても UHPFRC の全計測位置で単位時間透水量が小さいという結果が得られた。継ぎ手部 I と継ぎ手部 II を比較すると、継ぎ手部 II の単位時間透水量が小さく、水の移動抵抗性が良いと考えられる。

4. まとめ及び今後の予定

UHPFRC の気体と水の移動抵抗性は、時間の経過とともに好転していくことが分かった。また、UHP-SHCC の気体と水の移動抵抗性と比較すると同程度以下の値となった。今後は塩害暴露試験と曲げ試験を行い、UHPFRC の構造特性を検討していく予定である。

参考文献

1) Bruhwiler E. Denarie E.:Rehabilitation of concrete structures using UHPFRC、UHPC-Symposium 2008、Kassel、2008
2) 土木学会：コンクリート標準示方書 [維持管理編]、2013
3) 中村光ほか：緻密で良く曲がるセメント系材料を用いた補修・補強工法、道路政策の質の向上に資する技術研究開発成果報告レポート、No.20-5、pp.6-10、2011。

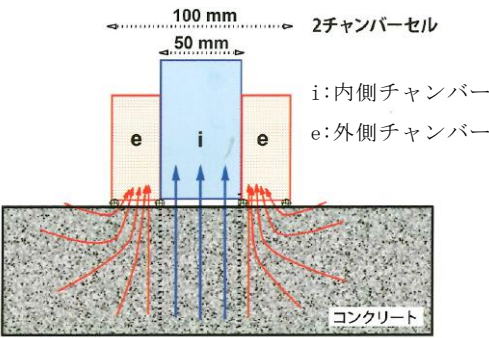


図 2 2 チャンバーセルの仕組み

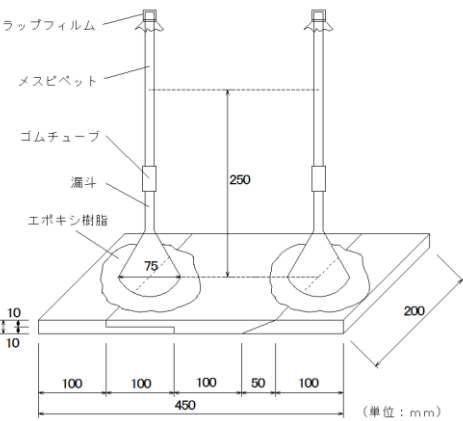


図 3 透水試験体

表 4 透気試験結果

材 齢	計測範囲	透気係数 (10 ⁻¹⁶ m ²)
14 日	標準部 (a)	<1.0×10 ⁻³
	継ぎ手部 I (b)	14
	継ぎ手部 II (c)	2.0
70 日	標準部 (a)	<1.0×10 ⁻³
	継ぎ手部 I (b)	7.7×10 ⁻²
	継ぎ手部 II (c)	1.8×10 ⁻²
112 日	普通コンクリート	1.7×10 ⁻³
名古屋大学 68 日	UHP-SHCC(標準部)	1.0×10 ⁻⁴ ～1.0×10 ⁻³

表 5 透気係数評価指標

透気係数 (10 ⁻¹⁶ m ²)	Permeability
< 1.0 × 10 ⁻²	Very Low
1.0 × 10 ⁻² ～ 1.0 × 10 ⁻¹	Low
1.0 × 10 ⁻¹ ～ 1.0	Moderate
1.0 ～ 1.0 × 10	High
1.0 × 10 ～ 1.0 × 10 ²	Very High
> 1.0 × 10 ²	Ultra High

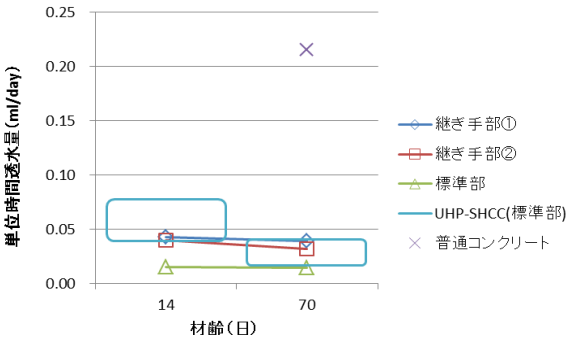


図 4 透水試験結果