論文 複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料の水密性能と撥水材 の効果

加藤 久也*1・浅野 幸男*2・山本 基由*3・六郷 恵哲*4

要旨:複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料(HPFRCC)等で表面を被覆した鉄筋コンクリート供試体の一軸引張試験を行い,残留ひび割れを生じさせ,撥水材を塗布する前後で,ひび割れを含む箇所の透水試験を行った。最大ひび割れ幅が0.02mm以下の計測箇所では、撥水材塗布後の透水量が減少し,撥水材塗布の効果が認められた。しかし,最大ひび割れ幅が0.1mm以上の計測箇所では撥水材塗布の効果が認められなかった。最大ひび割れ幅が0.02mm以下の複数微細ひび割れ部への撥水材の塗布は,その箇所の水密性能を,ひび割れの無い健全部と同程度まで高めた。

キーワード:繊維補強コンクリート,複数微細ひび割れ,撥水材,透水試験,水密性能

1. はじめに

ー軸引張応力下において擬似ひずみ硬化挙動 を示し、複数微細ひび割れを形成する複数微細 ひび割れ型繊維補強セメント複合材料(以下 HPFRCC)の研究ならびに実施工が進められて いる。HPFRCCは複数微細ひび割れを形成する ことから、コンクリート劣化因子の浸入抑制効 果が期待でき、表面補修工事などに用いられつ つある¹⁾。また、コンクリートの水密性能の向 上を目的とした表面保護工法の一つに、撥水材 の塗布がある。通常の使用状態にある HPFRCC に生じるひび割れの幅は、ポリエチレン(PE) 繊維を用いる場合には 0.02mm 程度以下、ビニ ロン(PVA)繊維を用いる場合には 0.04mm 程 度以下となることが多い。

HPFRCC が有する水密性能については,普通 コンクリート(以下 NC)の水密性能との比較 に留まっている²⁾。一般に,撥水材はひび割れ の無い健全部に適用されており,ひび割れ部に 撥水材を塗布した場合の効果は十分には明らか にされていない。 本研究では RC 供試体の上面を,補修材を想 定した被覆材で被覆し,一軸引張試験を行い, ひび割れ性状について検討した。続いて,被覆 材のひび割れ部に,撥水材を塗布する前と後に 透水試験を行い,ひび割れ部への撥水材塗布の 有効性について検討した。水密性能の評価には, 単位時間当たりの透水量を用いた。被覆材には, HPFRCC,空気量を増やした HPFRCC(以下 HPFRCC-A)³⁾,鋼繊維補強モルタル(以下 SFRM)の3種類を用いた。

2. 実験概要

2.1 供試体

供試体を図-1に示す。縦 50mm,横 100mm, 幅 1200mmの供試体を計6体作製した。鉄筋に は異形棒鋼 SD345(降伏点 345~440N/mm²,引 張度 490N/mm²以上)を用いた。供試体の両端 に D25(ネジ節鉄筋)を配置し,その両側に D10 を2本溶接により固定した。母材となる普通コ ンクリート(NC)を打設後に被覆材を 10mm 打 ち重ね,20℃の養生室で2週間の湿潤養生を行

*1 岐阜大学 工学部社会基盤工学科 (正会員)
*2 杉山建設(株) 技術開発部 (正会員)
*3 (株) テザック 産業資材グループ (正会員)
*4 岐阜大学 工学部社会基盤工学科教授 工博 (正会員)

	材料	空気量 (%)	単位時間当たり	強度物性			
			の透水量	圧縮強度	曲げ強度	弾性係数	材齢
			(ml/h)	(N/mm^2)	(N/mm²)	(kN/mm ²)	(日)
	NC	4.0	0.014	48.7	4. 62	31.6	96
	HPFRCC	19	0.006	47.0	11.3	18.8	28
	HPFRCC-A	50	0.035	32.5	9.01	16.9	96
	SFRM	7.4	0.019	59.7	8.68	33.7	96

表 - 1 材料の物性



図-2 一軸引張試験装置

った。

2.2 コンクリートと被覆材

母材 (NC) と 3 種類の被覆材 (HPFRCC, HPFRCC-A, SFRM) の物性 (空気量,単位時 間当たりの透水量,強度物性)を表-1に示す。 NC の水セメント比 (W/C) は 55%,粗骨材の 最大寸法は 15mm とした。HPFRCC (W/C:30%) には PE 繊維 (ϕ 0.012×12mm) を体積で 1.5% 混入し, SFRM (W/C:47%) には鋼繊維 (ϕ 0.6×30mm) を 1%混入した。HPFRCC-A は, HPFRCC にプレフォーミング法で作製した気泡 を外割の体積比で 20%混入して練混ぜたもの である。

2.3 撥水材

撥水材には、アルキルアルコキシシラン系撥 水材を使用した。透水試験の後、気中で1週間 乾燥させ、供試体側面にマスキングテープを貼 った後、被覆材の上面に1度目の撥水材塗布を 行った。さらに3~5時間を経て1度目の撥水材 が乾燥したことを指触にて確認後、2度目の塗 布を行った。その後、供試体を2週間以上気中 に放置し、透水試験を行った。

2.4 一軸引張試験

一軸引張試験⁴⁾の様子を図-2に示す。供試 体両端のネジ節鉄筋にカプラーを用いて、ネジ



図-4 単位時間当たりの透水量が大きい場合の透水試験方法

	HPFRCC	HPFRCC-A	SFRC
補修材ひび割れ幅(mm)	0.016~0.046	0.015~0.031	0.067~1.127
母材ひび割れ幅(mm)	0.099~0.348	0.066~0.077	0.050~0.847
補修材ひび割れ本数(本)	15	15	3
母材ひび割れ本数(本)	4	5	3

表-2 一軸引張試験後のひび割れ性状

節鉄筋(D25)を継ぎ足した。床に固定した鋼 製の反力板とセンターホール型油圧ジャッキを 用いて,供試体中の鉄筋(2D10)が降伏し徐荷 後にコンクリートに残留ひび割れが残る程度ま で引張載荷を行った。荷重を2個のロードセル により測定し,供試体の全体変位と中央部 400mm区間の変位を4個の高感度変位計により 測定した。変位計を剛な床にマグネットスタン ドにより固定し,変位計間における変位の計測 値の差から計測区間の変形を求め,載荷時の制 御に用いた。

2.5 透水試験

透水試験装置を図-3 に示す。ガラス管(両 端部を切り落としたメスピペット)と漏斗とを ゴム管で連結した透水試験装置を,水平に保持 した供試体上面に,離型性に優れたシリコーン 型取材を用いて取り付けた。

透水試験方法を図-4 に示す。水位は供試体 上面から 250mm とした。単位時間当たりの透 水量が大きい場合には、サイホンを用いて水位 を一定に保ちながら、秤の上に置いた水の容器 の質量変化を計測した(例えば 10 秒毎に計 2 分間)。単位時間当たりの透水量が少ない場合は、 ガラス管の目盛り変化を計測した後、水位を一 定に保つために、適宜スポイドで水を継ぎ足し た(例えば1時間毎に計8時間)。

2.6 ひび割れ計測

ひび割れの観察は,一軸引張試験終了直後な らびに透水試験装置設置前に行った。

ー軸引張試験後の観察では,供試体の側面(母 材部,境界部,被覆材部の3箇所)と上面(被 覆材部)のひび割れをマイクロスコープ(倍率 50倍)を用いて計測した。

透水試験装置の設置前の観察では、供試体上 面中央に長軸方向に線を引き、その線に沿って 漏斗設置予定箇所内のひび割れを、マイクロス コープ(倍率25,175倍)を用いて計測した。



供試体

HPFRCC

SFRM

NC



HPFRCC-A

SFRM



3. 実験結果

3.1 一軸引張試験

ー軸引張試験後のひび割れの幅と本数を表-2 に示す。一軸引張試験後に供試体の側面で観 察した母材と被覆材の境界部を写真-1 に示す。 これからわかるように,母材 (NC)のひび割れ が,HPFRCC ならびに HPFRCC-A の部分では幅 の狭い微細ひび割れに分散していた。しかし, SFRM の部分では,ひび割れは分散せず,母材 と同じ1本のままであり,ひび割れ幅も同程度 に大きかった。

3.2 透水試験

(1) 撥水材塗布前後のひび割れ部

撥水材塗布前に計測した単位時間当たりの透 水量と最大ひび割れ幅の関係を図-5 に示す。 この図の縦軸も横軸も対数目盛りである。透水 試験領域に複数のひび割れがある場合には、予 備検討の結果、ひび割れの中でひび割れ幅が最 大のものの影響が透水量に対して支配的であっ



たため,最大ひび割れ幅を代表値して用いるこ ととした。図-5からわかるように,最大ひび 割れ幅が小さいほど,単位時間当たりの透水量 も小さくなった。被覆材の種類が単位時間当た りの透水量に及ぼす影響は,本研究の範囲では 明確ではなかった。先に述べたように通常の使 用状態にある HPFRCC では,ひび割れが微細と



なることから,透水量も小さくなることが分かる。

また, 撥水材塗布前後で,各供試体の同じ箇 所で計測した単位時間当たりの透水量と最大ひ び割れ幅の関係を図-6 に示す。最大ひび割れ 幅が 0.02mm 以下の計測箇所では,透水量が減 り,撥水材塗布の効果が明確となった。しかし, 最大ひび割れ幅が 0.1mm 以上の計測箇所では 撥水材塗布の効果がほとんど認められなかった。 ひび割れ幅が大きなところでは,撥水材塗布後 に単位時間当たりの透水量が増加した箇所も存



在した。この理由としては,実験中に供試体を 移動させる際に,ひび割れ幅が広がった可能性 も考えられる。

複数微細ひび割れ型セメント系材料に撥水材 を塗布することにより,透水量を低減すること ができ,特に,最大ひび割れ幅が 0.02mm 程度 以下の微細ひび割れ部への撥水材塗布は,透水 量を減らし水密性能を高めることに有効である といえる。

(2) 撥水材塗布後の複数微細ひび割れ部

最大ひび割れ幅が 0.02mm 以下の微細ひび割 れ部について, 撥水材塗布の効果が確認された ことから, 撥水材を塗布した複数微細ひび割れ 部とひび割れの無い健全部で透水試験を追加し て行った。新たな透水試験箇所はマイクロスコ ープを用いて測定した最大ひび割れ幅が 0.02mm 以下の箇所とした。

撥水材塗布後の複数微細ひび割れ部での単位

時間当たりの透水量と最大ひび割れ幅の関係を 図-7 に示す。横方向に引かれた破線は撥水材 塗布後の健全部での単位時間当たりの透水量

(HPFRCC:0.0108ml/h, HPFRCC-A:0.0092ml/h) である。この図からわかるように,撥水材塗布 後の健全部と複数微細ひび割れ部の単位時間当 たりの透水量に大きな差はみられなかった。こ のことから最大ひび割れ幅が 0.02mm 以下の複 数微細ひび割れ部への撥水材の塗布は,複数微 細ひび割れ部が有する水密性能を,ひび割れの 無い健全部と同程度まで高める効果があること が分かる。

4. まとめ

本研究では、複数微細ひび割れ型繊維補強セ メント複合材料(HPFRCC)等で表面を被覆し た鉄筋コンクリート供試体の一軸引張試験を行 って残留ひび割れを生じさせ、撥水材を塗布す る前後で、ひび割れを含む箇所の透水試験を行 った。その結果次のような結果が得られた。

- (1) HPFRCC ならびに HPFRCC-A を被覆した供 試体では、母材 (NC) に発生した1本のひ び割れに対して、HPFRCC ならびに HPFRCC-A 中では複数の微細なひび割れに 分散した。
- (2) 計測箇所内の最大ひび割れ幅が小さいほど、 単位時間当たりの透水量も小さくなった。 本研究の範囲では、被覆材の種類が単位時

間当たりの透水量に及ぼす影響は,明確で はなかった。

- (3) 最大ひび割れ幅が 0.02mm 以下の計測箇所では,撥水材塗布後の透水量が減少し,撥水材塗布の効果が認められた。しかし,最大ひび割れ幅が 0.1mm 以上の計測箇所では撥水材塗布の効果が認められなかった。
- (4) 最大ひび割れ幅が 0.02mm 以下の複数微細 ひび割れ部への撥水材の塗布は,その箇所 の水密性能をひび割れの無い健全部と同程 度まで高めた。

参考文献

- 1) 土木学会:複数微細ひび割れ型繊維補強モ ルタルの評価と利用,コンクリート技術シ リーズ, No.64, pp.8-14, 2005.7
- 山下賢司他:高靱性セメント複合材料に生じた複数ひび割れ部の透水性,土木学会年次学術講演会講演概要集第5部, pp.991-992,2004.9
- 3) 山本基由他:複数ひび割れ型繊維補強軽量 気泡モルタルの開発とその特性に及ぼす繊 維種別と空気混入率の影響,コンクリート 工学, Vol.17, No.1, pp.103-110, 2006
- 4) 林承燦他:ひずみ硬化型高靭性セメント複合材料で作製した部材の引張性能,コンクリート工学年次論文集, Vol.26, No.2, pp.1525-1530, 2004