

ひび割れが発生した HPFRCC への含浸剤塗布による性能改善効果

島根大学大学院生物資源科学研究科
中国四国農政局
独立行政法人農村工学研究所
島根大学生物資源科学部

○土屋拓万
新田秀明
森 充広
石井将幸, 長束 勇

1.はじめに

機能低下が発生している農業水利施設の補修材料の一つとして、セメント内に有機系短繊維を混入した複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料 (High Performance Fiber Reinforced Cementitious Composites ; 以下 HPFRCC と略す) がある。通常のコンクリートでは脆性破壊となるような引張応力が発生した状況下でも、微細なひび割れの発生とともに大きく変形できるため、躯体のひび割れ幅の変動に対応できることが HPFRCC の特徴である。これは有機系短繊維がひび割れ間を架橋することで、ひび割れ幅の拡大を抑え、複数の微細なひび割れに分散させるためである。しかし、ひび割れによって露出した繊維が紫外線などによって劣化し、時間の経過とともにひび割れ幅が拡大したり、水密性が低下したりするおそれがある。この HPFRCC にひび割れが発生した後の対策については、これまでほとんど検討されていない。

本報告では、注入工法や充填工法などひび割れ発生後の対策法の中の一つである含浸塗布工法に注目した。この工法は補修が容易で景観を損なうことなく施工でき、かつ低コストである。さらに、セメント未反応部分の水和反応を促進させ、C-S-H 系結晶を緻密にする性質を有する珪酸質系含浸剤を採用することで、ひび割れによって露出したセメント未反応部分を有効活用してひび割れを埋めることができる可能性がある。そこで、ひび割れを人為的に導入した HPFRCC に含浸剤を塗布し、遮水性および

耐久性の観点からそれぞれ試験を実施し、含浸剤塗布の有無による性能の相違を比較することによって、ひび割れが生じた HPFRCC に含浸剤を塗布した際の補修改善効果について検討した。

2.実験概要

2.1 透水試験

含浸剤塗布による遮水性改善効果を明らかにするために、本報告では以下の手順で透水試験を実施した。① $\phi = 100\text{mm}$ の円盤型供試体に割裂によってひび割れを導入する。②含浸剤未塗布の状態です定水位透水試験を実施する。③既往の研究結果¹⁾を参考として透水量の変動推移が予測できた時点で透水試験を終了し、含浸剤を塗布する。④再度透水試験を実施する。⑤予測した未塗布の透水量の変動推移と塗布後の透水量の変動推移を比較する。

なお、本報告では堤高 15m 以下のため池への適用を想定しているため、試験水頭差を 15m とした。透水量の計測については、透水した水を秤に滴下させてその重量を流量に換算した。また、含浸剤の塗布については、含浸剤の施工方法の相違が遮水性改善効果に与える影響を調べるために、No.1 は推奨されている基本的な施工方法である 2 回塗りの養生 2 週間、No.2 は 2 回塗りの養生 1 週間、No.3 は 1 回塗りの養生 1 週間、施工方法を変化させた。

2.2 促進耐候性試験

促進耐候性試験では、長さ 120 mm、厚さ 12

mmのダンベル型供試体を用いて、以下の手順で試験を実施し、含浸剤塗布による物性変化特性を明らかにした。①予め曲げ載荷により供試体にひび割れを導入する。②実際の施工状況を考慮して供試体の片面のみに含浸剤を2回塗布し、2週間養生する。③引張試験（載荷速度：0.5mm/min）を実施し、促進劣化前の供試体の初期物性値を測定する。④供試体を劣化促進試験機に入れ、キセノンランプ法で屋外環境での降雨状況も考慮して（ぬれ時間が存在）、紫外線を照射（JIS K 5600-7-7に準拠）する。⑤250h後、500h後にサンプリングし、それぞれ5体ずつ引張試験を実施する。⑥既往の研究結果²⁾である未塗布供試体の物性値と塗布した促進後の供試体の物性値を比較する。

なお、HPFRCCは通常のセメント系材料とは異なり、引張を受ける状況下で優れた強度と変形能力を示す。そこで本報告では、引張強度、引張終局ひずみ（引張強度の最終ピーク時のひずみ）、靱性度（応力-ひずみ曲線下の起点から引張終局ひずみまでの面積であり、どれだけ粘り強く荷重に耐えられるかの度合）を指標として、性能評価を行った。

3.実験結果

3.1 透水試験

含浸剤塗布前および塗布後の透水量、そして塗布前に対する塗布後の透水量比を表1に示す。さらに、含浸剤塗布後の透水試験の結果を図1に示す。含浸剤塗布後の透水量は、塗布前の4~24%となり、透水量が大きく減少した。これは、含浸剤を塗布したことによって、ひび割れの中にC-S-H結晶が生成されたことが理由であり、ひび割れが微細であるために効果が得やすくなっていると考えられる。そして、施工方法の相違による含浸剤塗布の遮水性改善効果を表1より検討すると、基本的な施工方法である塗布回数2回養生2週間で透水量比0.04

表1 含浸剤塗布前後における透水量変化

供試体 NO	1	2	3	
施工回数	2	2	1	
方法	養生	2週間	1週間	1週間
塗布前透水量(cm ³ /s)	1.73.E-02	1.33.E-02	3.56.E-03	
塗布後透水量(cm ³ /s)	6.98.E-04	1.93.E-03	8.51.E-04	
透水量比	0.04	0.14	0.24	

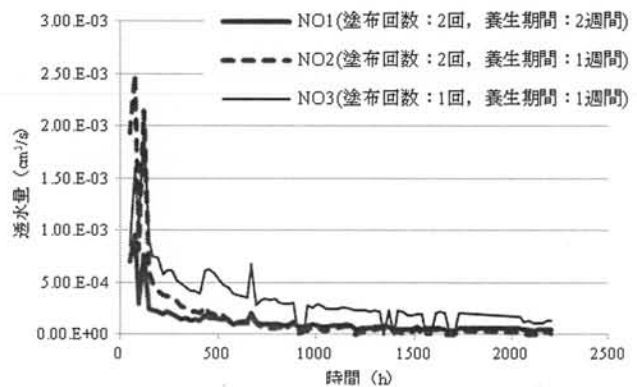


図1 含浸剤塗布後の透水試験結果

表2 含浸剤塗布透水試験の換算透水係数

供試体 NO	1	2	3
48時間経過時点透水系数(cm/s)	1.98E-08	5.69E-08	2.35E-08
2,160時間経過時点透水系数(cm/s)	1.55E-09	7.27E-10	4.61E-09

と一番高い効果が得られた。これは塗布と養生を十分に行うことで、セメント未反応部分と水の反応が進行して、C-S-H結晶がより緻密に生成され、ひび割れが閉塞したためと考えられる。

続いて、含浸剤塗布による長期遮水性効果を検討するために、含浸剤塗布後48時間および2,160時間（3ヵ月）経過した時点の透水量に基づいて、透水面積をひび割れが集中している中

央幅 5cm×直径 10cm の 50cm²として疑似的に透水係数（換算透水係数）を求めた。得られた結果を表 2 に示す。

表 2 より換算透水係数は含浸剤を塗布後 48 時間経過した時点で $2.96 \times 10^{-9} \sim 1.00 \times 10^{-8}$ cm/s となり、2,160 時間（3 ヶ月）経過した時点で $7.27 \times 10^{-10} \sim 4.61 \times 10^{-9}$ cm/s となった。これは、アスファルト系の材料と同程度かそれ以上の遮水性能を有していることを示しており、ひび割れが生じた HPFRCC に含浸剤を塗布することで、長期遮水効果を発揮することが明らかとなった。

3.2 促進耐候性試験

図 3 に促進耐候性試験前の物性値を初期値とした引張強度、引張終局ひずみおよび靱性度の物性比を示す。図 3 より、含浸剤未塗布では、試験時間の経過に伴って各物性値は初期値の 6～8 割へと低下した。しかし、含浸剤を塗布した場合には大きな変化は見られなかった。これは、含浸剤塗布によって C-S-H 結晶を生成することでひび割れを閉塞させ、紫外線などの劣化要因の侵入を防いだためと考えられる。また、幅の広いひび割れ幅においては露出した有機系繊維に含浸剤が付着した状況で水と反応することで、繊維表面に C-S-H 結晶が生成され、繊維表面は C-S-H 結晶によって被覆される状況も考えられる。これらによって紫外線から繊維が保護されることで、物性の低下が防止されたと推定される。

4.まとめ

本報告ではひび割れ導入後、含浸剤を塗布した HPFRCC を使用して、長期透水試験および促進耐候性試験を実施することによって、含浸剤塗布による補修改善効果を評価した。その結果、含浸剤塗布による遮水性改善効果と物性変化防止効果が明らかになった。

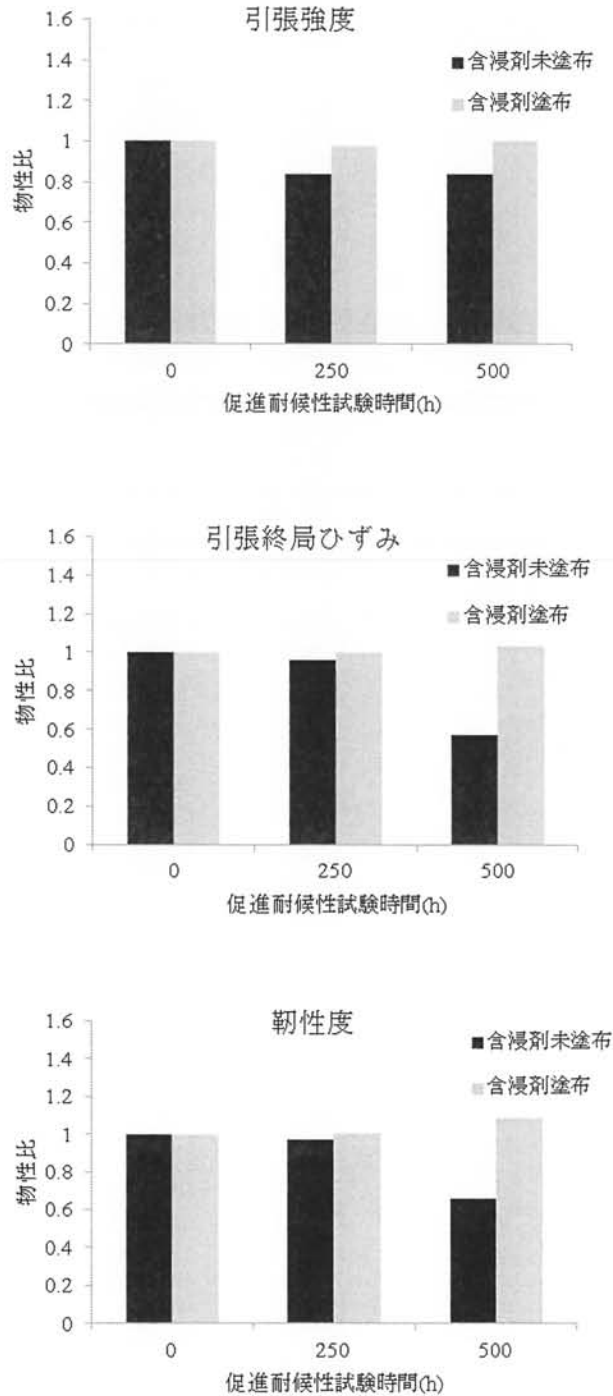


図 3 促進耐候性試験後の各物性値の変化率

参考文献

- 1) 土屋拓万ら (2008) : ひび割れが発生した高靱性セメント複合材料の遮水性能評価, 土木学会中国支部島根会概要集, pp.5-6.
- 2) 土屋拓万ら (2010) : 促進耐候性試験を用い

た HPRCC の物性変化, 平成 22 年度農業農村工学会講演会講演要旨集, pp.400-401.