

PVA 繊維混入によるセメント系補修材の複合的自己治癒の性能評価に関する基礎的研究

北見工業大学 正会員 ○ 崔 希燮
 北見工業大学 正会員 井上 真澄
 北見工業大学 学生員 芳賀 匠
 東北大学 正会員 西脇 智哉

1. はじめに

一般に寒冷地環境にあるコンクリート構造物は、凍害単独または凍害と塩害との複合劣化を受けやすい非常に厳しい環境下に曝されている。また、一般的なコンクリートに発生する乾燥収縮や中性化などで発生したひび割れが凍害などの作用により進展する可能性もある。さらに、これらの環境作用が繰返し作用することによりひび割れ幅が拡大し、このひび割れからコンクリート内部へ CO_2 や Cl^- などといった劣化因子の浸透が進展されることでコンクリート構造物の致命的な損傷に至ることが懸念される。従って、このひび割れを自己治癒により自律的に修復することができれば、コンクリート構造物の維持管理の負担軽減や長寿命化に大きく寄与しうる¹⁾²⁾。本研究では、劣化したコンクリート構造物の補修・補強材として用いるセメント系補修材について、凍害により発生・進展するひび割れを繊維補強によって効果的に分散させるとともに、0.1mm以上のひび割れを自己修復することで、補修材部分からコンクリート構造物内部への劣化因子の侵入を抑制することを目的とし、実験1と実験2に分けて評価を行った。

2. 実験概要

PVA 繊維混入によるセメント系補修材の複合的自己治癒の性能を評価するため、実験1では、0.3mm程度のひび割れを導入した供試体を作製し、透水係数による自己治癒性能の評価および最適な自己治癒方法について検討を行った。(表-2 参照)。また、実験2では、実験1の結果から自己治癒方法を選定した上で、凍結融解作用による相対動弾性係数および曲げ強度の経時変化から凍害を受けた供試体の自己治癒による強度回復性能を検討した。(表-3 参照)。表-1に本実験1と実験2で使用したモルタル配合表を示す。本実験における使用材料は、普通ポルトランドセメント、けい砂5号、高性能減水剤を用い、補強繊維にはPVAとPPを使用した。なお、自己治癒の方法として、実験1では、水・ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液³⁾の単独と気泡サイズが約20 μm 程度のマイクロ CO_2 バブル⁴⁾を用いた水・ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液の4水準で実施し、実験2では、炭酸イオンの供給量を増加させるため、マイクロ CO_2 バブルを加えた水・ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液の水準で実験を行った。

3. 実験結果および考察

実験1の各繊維シリーズの透水係数比の結果を図-1と図-2に示す。図-1の水と $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液の単独の場合、手順Dにおいて、PVAがPPに比べ、約56倍から370倍の透水性が回復し、さらに、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶

表-1 モルタル配合表

Type	S/C(Wt.%)	W/C(Wt.%)	SP/C(Wt.%)	Fiber(Vol.%)
OPC	40	30	0.25	0
PVA				1.2
PP				

表-2 実験1

手順	実験項目	評価項目
A	載荷試験時によるひび割れ導入	透水係数(K)による自己治癒性能の評価
B	1次自己治癒	
C	凍害によるひび割れ導入	
D	2次自己治癒	

表-3 実験2

手順	実験項目	評価項目
E	凍結融解前	相対動弾性係数および曲げ強度による自己治癒性能の評価
F	凍結融解後	
G	自己治癒後	

キーワード 凍害, ひび割れ, 自己治癒, 補修材, PVA 繊維, 透水係数

連絡先 〒090-8507 北海道北見市公園町 165 北見工業大学 工学部 社会環境工学科 TEL0157-26-9474

液が水に比べ自己治癒の促進ができる傾向を示した³⁾。また、図-2の水と $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液にマイクロ CO_2 バブルを加えた場合、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液の中のカルシウムイオン (Ca^{2+}) と炭酸イオン (CO_3^{2-}) の増加によって、いずれの繊維でもマイクロ CO_2 バブルがない場合より自己治癒が促進されることを確認することができた⁴⁾。

実験 2 の各繊維シリーズの相対動弾性係数および曲げ強度の結果を図-3 から図-6 に示す。図-3 と図-4 に示すように手順 E から手順 F の時、相対動弾性係数がそれぞれ約 20-30%程度低減することで、凍結融解の作用による劣化を確認した。しかし、手順 F から手順 G の自己治癒の時は、OPC と PP に比べ、PVA のみの相対動弾性係数が約 6-8%程度回復した。これはコンクリートとともに PVA 繊維による複合的自己治癒が発生されたと考えられる^{5) 6)}。さらに、図-5 と図-6 の曲げ強度の結果より、 OH^- 基持つ PVA が OPC と PP に比べ効果的な自己治癒とともに強度性能を向上させることができると判断される。

4. まとめ

- 1) 凍害によるひび割れをいずれの繊維体であっても修復することが可能であるが、PVA の方が PP に比べより修復することと、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液およびマイクロ CO_2 バブルによる自己治癒の促進効果が確認できた。
- 2) PVA 繊維混入したセメント系補修材は、複合的自己治癒の促進とともに、強度向上においても効果的な性能を確認した。

参考文献

- 1) Neville A.M. : Properties of Concrete, Person Education Limited, p.328, 1995
- 2) Edvardsen, C. : Water Permeability and Autogenous Healing of Cracks in Concrete, ACI Materials Journal, Vol.96, No.96-M56, pp.448-454, 1999
- 3) Haoliang Huang, Guang Ye : Self-healing of cracks in cement paste affected by additional Ca^{2+} ions in the healing agent, Journal of intelligent Material Systems and Structures, 1-12, 2014.03
- 4) H.S. Kim, et al. : Fundamental Study on Recycling of Low-quality Recycled Fine Aggregate using Carbonated Nanobubble Water, First International Conference on Concrete Sustainability, S3-1-4, pp.830-835, 2013
- 5) 国府田まりな他 : 合成繊維を用いた FRCC のひび割れ自己修復に関する実験的研究, 日本建築学会構造系論文集, Vol.76, No.667, pp.1547-1552, 2011
- 6) 佐々木悠他 : 養生条件の違いが繊維補強セメント系複合材料のひび割れ自己治癒に与える影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.36, No.1, 2014

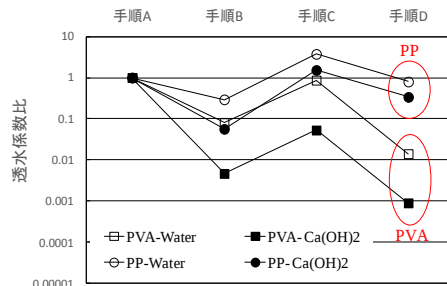


図-1 水・ $\text{Ca}(\text{OH})_2$

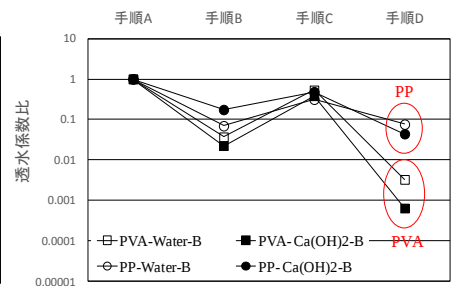


図-2 水・ $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2$

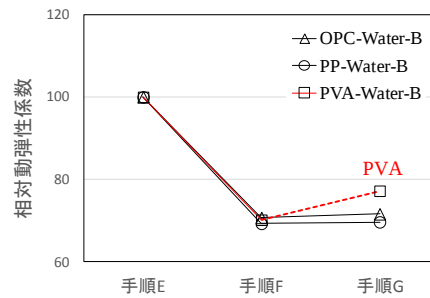


図-3 水 + CO_2 (相対動弾性係数)

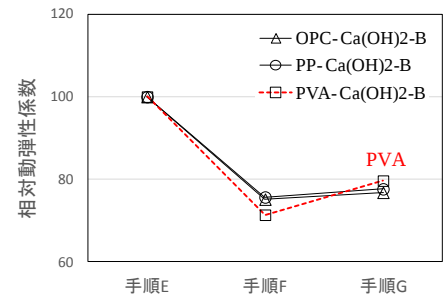


図-4 $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2$
(相対動弾性係数)

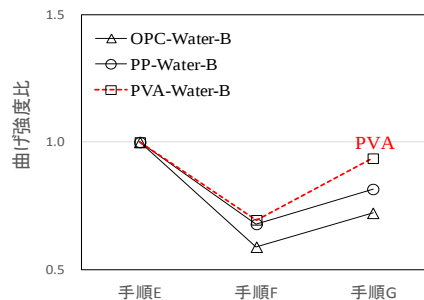


図-5 水 + CO_2 (曲げ強度)

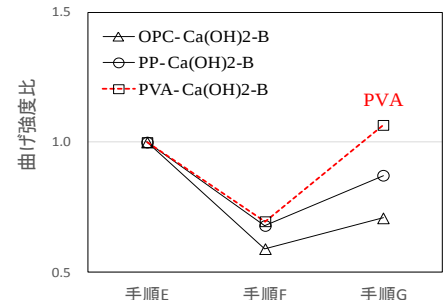


図-6 $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2$ (曲げ強度)