

人工ゼオライトのエフロレッセンス防止効果

姫 路 市 正 会 員 井 澤 典 嗣
 徳島大学工学部 フェロー 水口 裕之
 (株)サンプルス四国 益田 茂明
 木村化工機(株) 前川 洋亮

1. はじめに

土木分野のコンクリート構造物には打放しコンクリートやコンクリート製品が多用されているが、その一部においてエフロレッセンス(白華)が美観上問題となっている。現在、エフロレッセンスを防止・抑制するための有効な方法は開発されていない。そこで、本研究では、新たなエフロレッセンス防止剤を開発するため、エフロレッセンスの要因物質を吸着や拘束すると考えられる多孔質物質である人工ゼオライトを取り上げ、そのエフロレッセンスの防止メカニズムと防止効果について検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

使用材料は普通ポルトランドセメント(密度 3.16 g/cm³)、標準砂(密度 2.64 g/cm³)、表 - 1 に示す各種防止試験剤を用いた。本研究では、モルタルを用いた。配合を表 - 2 に示す。水セメント比は強度試験で 50%、エフロレッセンス溶出試験においてはエフロレッセンスの析出を促進させるため、80%とした。

各エフロレッセンス防止試験剤の添加割合についてはセメント質量に対して、5.0%としたが、水酸化アルミニウム (Al(OH)₃) 単体は、Al(OH)₃ を混合した防止試験剤の混合割合を 10%とし、この Al(OH)₃ の効果を検討するため、0.5%とした。また、エフロレッセンスの析出を容易に判別するため、すべての配合に顔料を同一割合で添加し、モルタルを着色した。

2.2 エフロレッセンス溶出試験

エフロレッセンスの析出を促すための溶出試験には 4×4×16cm のモルタル供試体を各条件に対して 3 体使用し、半浸水法を用いた。溶出試験は、供試体を型枠から脱型し、35～40 の恒温室内で 24 時間乾燥させた後に開始した。また、供試体側面からの水溶液の浸透を防ぐため、供試体の 4 側面に白色ワセリンを重ね塗りした。試験方法は、乾燥後の供試体を図 - 1 のように 5%の Na₂SO₄ 水溶液中に浸水させ、5～7 の温度下で 14 日間静置した。その間、5 日目までは降雨を想定し、朝・夕 2 回供試体表層面に散水を行った。その後、水溶液を水に換え、供試体表層面へのエフロレッセンスの析出を促すため、5 日間風乾を行った後、供試体表面のエフロレッセンスの析出状況を観測した。



図 - 1 半浸水法

表 - 1 各種防止試験剤とその抑制効果

防止試験剤	密度 (g/cm ³)	主抑制効果
Al型人工ゼオライト	2.30	・吸着効果 (Al型>Na型)
Al型人工ゼオライト+水酸化アルミニウム	2.28	
Na型人工ゼオライト	1.84	・空隙充填効果
Na型人工ゼオライト+水酸化アルミニウム	1.93	
フライアッシュ	2.17	・空隙充填効果
フライアッシュ+水酸化アルミニウム	2.18	
水酸化アルミニウム	2.37	・吸着効果

表 - 2 配合

配合番号	防止試験剤	W/C (%)	単位量 (kg/m ³)				
			セメント	水	細骨材	防止剤	顔料
Al型	Al型人工ゼオライト	50 [80]	503 [437]	252 [350]	1510 [1312]	25 [22] (5.0%)	29 [25]
Al型	Al型人工ゼオライト+水酸化アルミニウム		502 [437]	251 [349]	1507 [1310]		
Na型	Na型人工ゼオライト		503 [437]	252 [350]	1510 [1312]		
Na型	Na型人工ゼオライト+水酸化アルミニウム		509 [441]	254 [353]	1526 [1324]	3 [2] (0.5%)	
FA	フライアッシュ		509 [442]	255 [353]	1527 [1325]	0 [0] (0.0%)	
FA	フライアッシュ+水酸化アルミニウム						
	水酸化アルミニウム						
無添加	—						

()内は、エフロレッセンス溶出試験用の配合

()内は、セメント量に対する防止試験剤の添加割合

キーワード：エフロレッセンス，人工ゼオライト，二値化処理

連絡先：〒770 8506 徳島県徳島市南常三島町 2 1 徳島大学工学部建設工学科 Tel (088) 656 7349

2.3 エフロレッセンスの評価方法

各種防止試験剤のエフロレッセンス抑制効果は、溶出試験後に撮影した供試体の画像を図-2のように二値化処理し、処理後の画像における白色部分の面積率（析出率）を計測することで定量的に評価した。二値化処理の基準は輝度を用い、エフロレッセンスの析出有無の境界値は撮影画像と二値化処理後の画像とを見比べて、「輝度160」をその境界値とした。

3. 結果および考察

JIS R 5201 - 1997 に従って求めた材齢7日および28日の圧縮ならびに曲げ強度を図-3および図-4に示す。材齢7日の圧縮強度では、防止試験剤を添加したものは無添加のものと同程度またはそれ以上の強度があり、十分な初期強度が得られている。また材齢28日では、無添加のものを上回る強度が得られている。次に、防止試験剤を添加したものの曲げ強度においては、材齢7日および28日ともに無添加とほぼ同等の強度が得られている。以上のことから、今回用いた各防止試験剤の強度特性への悪影響はないものといえる。

各種防止試験剤を用いたモルタルのエフロレッセンスの析出結果（3体の平均値）を図-5に示す。図より、人工ゼオライト（AI型、AI型、Na型、Na型）を用いたものは、エフロレッセンスの析出が無添加のものより抑制されている。すなわち、人工ゼオライトのエフロレッセンス防止剤としての可能性があると考えられる。抑制効果としては、Na型人工ゼオライトに $Al(OH)_3$ を加えたものに高い抑制効果がみられ、Na型人工ゼオライトのみで用いるより、 $Al(OH)_3$ と併用した方が抑制効果が向上することがわかった。しかし、AI型人工ゼオライトの場合には $Al(OH)_3$ と併用することで抑制効果が低下しているため、人工ゼオライトの種類によって最適な併用物質が異なる可能性があると考えられる。また、フライアッシュのみを用いると高い抑制効果が得られているが、この原因としてはフライアッシュによる空隙充填効果でエフロレッセンスの要因物質の移動が抑制されたことと、要因物質の1つである $Ca(OH)_2$ がフライアッシュとのポゾラン反応によって減少したことが影響していると考えられる。

アルミン酸によるエフロレッセンス抑制効果¹⁾が報告されているが、本研究程度の添加率では一例を除いて逆にエフロレッセンスの析出率を増加させている。

4. まとめ

今回用いた各種人工ゼオライトにエフロレッセンス抑制効果がみられた。また、人工ゼオライトの強度特性への影響もなかった。以上のことから、人工ゼオライトのエフロレッセンス防止剤としての可能性があると考えられる。

防止メカニズムとしては、Na型人工ゼオライトに $Al(OH)_3$ を加えたものとフライアッシュのみのものに高い抑制効果が得られたので、双方に共通している抑制効果の「空隙充填効果」が主要因である可能性が高い。

参考文献

1) 榊原善朗, 長嶋香代子: モルタルまたはコンクリートの白華防止剤および白華防止方法, 特許公報 (B2), 1997, 特許番号 第2668572号

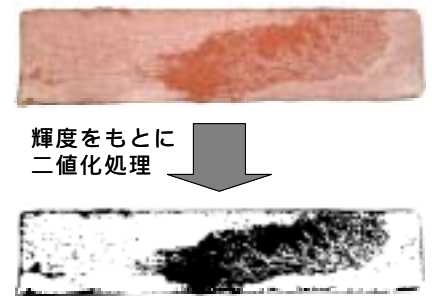


図-2 二値化処理の一例

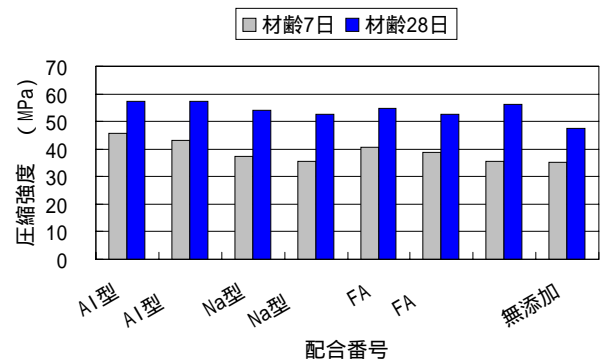


図-3 圧縮強度

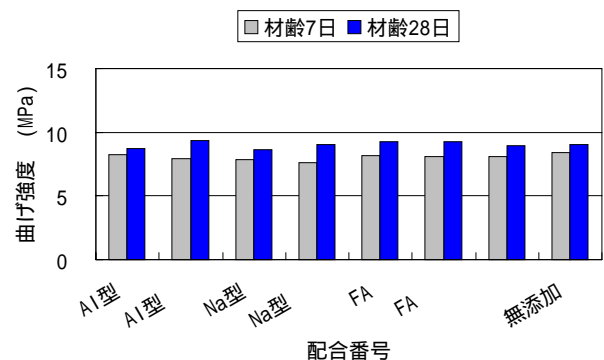


図-4 曲げ強度

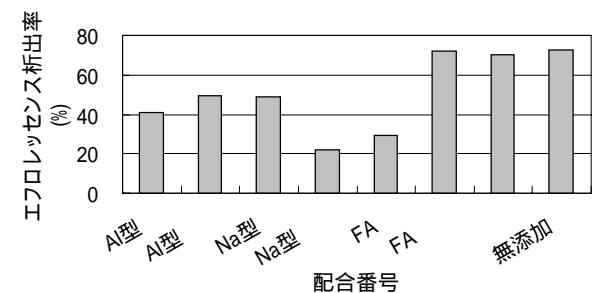


図-5 エフロレッセンス析出結果