

V-4 活性度の異なる人工ゼオライトのエフロレッセンス防止効果

徳島大学大学院 学生会員 ○津田 礼紀
 徳島大学工学部 フェロー会員 水口 裕之
 (株)サンプレス四国 益田 茂明
 開発コンクリート㈱ 田中 基博

1.はじめに

コンクリート構造物の美観を損なわせる原因の一つにエフロレッセンスと呼ばれる白色の沈殿物がある。このエフロレッセンスを防止・抑制するため、各種のエフロレッセンス防止剤が市販されているが、その効果については疑問視されている¹⁾。

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、人工ゼオライトを対象とし、その活性度および型の異なるものを用い、エフロレッセンス防止剤としての適用性について検討した。

2.実験概要

2.1 使用材料および配合

エフロレッセンス防止剤として用いた人工ゼオライトの型と活性度を表-1に示す。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)および表-1に示す防止剤およびフライアッシュ(FA)を用い、寸法 40×40×160mm のモルタル供試体を用いた。圧縮・曲げ強度試験用は、W/C を 50%とした。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、W/C を 80%とした。エフロレッセンス防止剤の添加割合はセメント質量に対して、5.0%とした。また、エフロレッセンスの析出の有無を明瞭に判断するために、主成分を酸化第二鉄とする顔料をすべての配合に顔料をセメント質量に対して、6.0%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、材齢1日で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。

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。

表-1 エフロレッセンス防止剤および配合記号

型	活性度(CEC) (meq/100g)	配合記号
Na型	199	Na-H
	150	Na-M
	116	Na-L
Ca型	193	Ca-H
	175	Ca-M
	100	Ca-L
Fe型	196	Fe-H
	176	Fe-M
	100	Fe-L
FA	1	FA
—	—	無添加

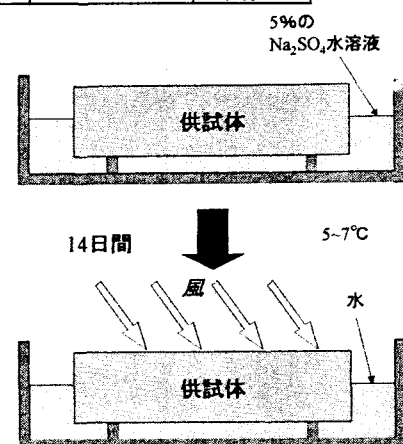


図-1 エフロレッセンス溶出試験

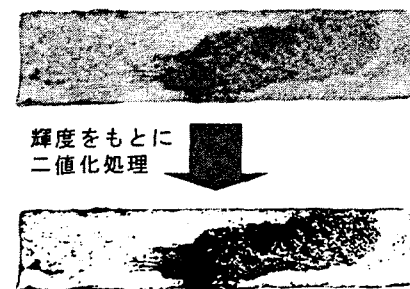


図-2 二値化処理の一例

析出した白華物質をX線回折により化学成分分析した。

3.実験結果

強度試験結果を図-3、図-4に示す。図-3、図-4から、無添加のものと防止剤を混入したものを比較すると材齢7、28日ともにFe-Lを除くとそれぞれ大きな差はない。したがって、Fe-Lを除くとこれらの防止剤を混入することによる強度への悪影響はないと考えられる。

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）の輝度160と240のものをそれぞれ図-5、図-6に示す。図-5より各種防止剤を混入したものは、無添加のものに比べNa-L、FAを用いたものがやや少なくなっているが、エフロレッセンスの析出をあまり抑制できていない。これは、W/Cを80%と大きくし、エフロレッセンスを非常に析出しやすい試験条件で行ったものであるためと考えられ、試験方法について今後検討が必要と考えられる。

供試体に析出した物質の分析結果を表-2に示す。防止剤を混入したものと無添加のものとを比較すると、析出物の成分に大きな違いはみられず、エフロレッセンスの成分であるアルカリ塩とカルシウム塩であった。すなわち、析出した物質には防止剤を混入してもほとんど変化はなかった。

4.まとめ

今回用いた各種人工ゼオライトの強度特性への悪影響はなかった。また、エフロレッセンス抑制効果はNa-L、FAを用いた時がやや少なくなっているが、大きな差はない結果となった。

なお、現段階では溶解度の大きいアルカリ塩の析出という点での差はみられなかったが、長期間では溶解度の小さいカルシウム塩の析出があると考えられるのでこの点についてはさらに検討が必要である。

謝辞

化学分析については、九電産業株式会社の高添 一洋氏にして頂き、大変お世話になりました。

参考文献

1) 瀬川一宏, 水口裕之, 井上賢太郎, 益田茂明: コンクリート製品のエフロレッセンスの防止方法, 土木学会四国支部講演概要集, 1999, pp.344~345.

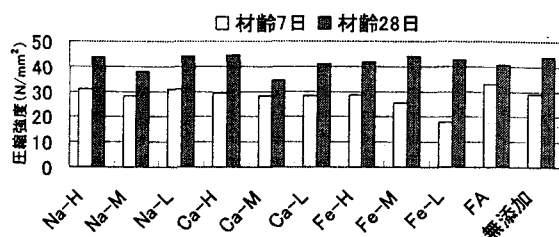


図-3 圧縮強度

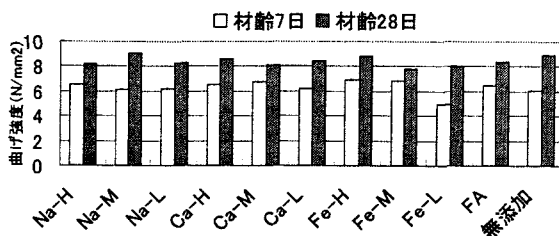


図-4 曲げ強度

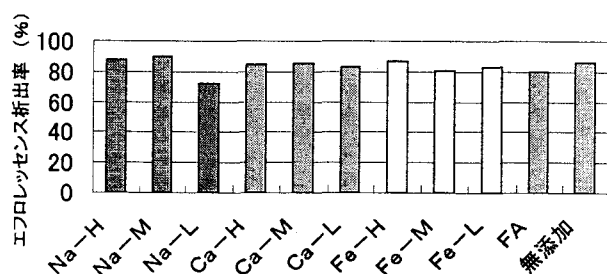


図-5 エフロレッセンス溶出試験結果(輝度 160)

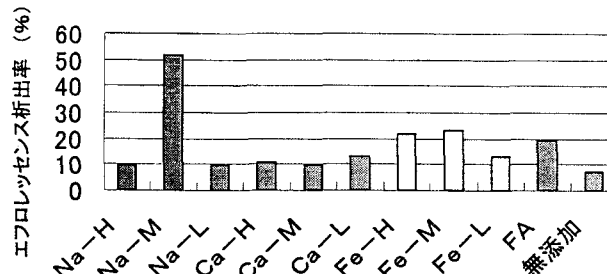


図-6 エフロレッセンス溶出試験結果(輝度 240)

表-2 析出物の分析結果

配合記号	Na-M	Ca-L	Fe-H	Fe-M	FA	無添加
析出物	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ Na_2SO_4 CaCO_3 $\text{Na}_3\text{H}(\text{CO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{Na}_6(\text{SO}_4)_3(\text{CO}_3, \text{SO}_4)$ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	Na_2SO_4 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ $\text{Na}_6(\text{SO}_4)_3(\text{CO}_3, \text{SO}_4)$ CaCO_3 CaS	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ Na_2SO_4 CaCO_3 $\text{Na}_6\text{CO}_3(\text{SO}_4)_2$ $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3\text{NaHCO}_3$	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ CaCO_3 CaS $\text{CaCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ Na_2SO_4	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ Na_2SO_4 CaCO_3 CaS $\text{Na}_3\text{H}(\text{CO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{Na}_2\text{S} \cdot 1.17\text{H}_2\text{O}$ $\text{Na}_2\text{CS}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	$\text{Na}_3\text{H}(\text{CO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ Na_2S_5 CaCO_3 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

太字: 主に析出したもの