

人工ゼオライトのエフロレッセンス防止効果に関する基礎的研究

徳島大学工学部 フェロー会員 水口 裕之
徳島大学大学院 学生会員 津田 礼紀

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。

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、その化学成分（ Fe_2O_3 ，Cl）の割合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/cm^3)、標準砂(密度 2.64 g/cm^3)および表-1 に示すシリコン混和物を主成分とする防止剤を用い、寸法 $40 \times 40 \times 160 \text{ mm}$ 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 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

配合番号	化学成分		配合記号
	Fe_2O_3	Cl	
Fe-10 など	9.63	0.94	Fe-10
Fe-30 など	10.26	1.38	Fe-30
Fe-40 など	11.61	2.35	Fe-40
Na型	-	-	Na
Ca型	-	-	Ca
防止剤A	-	-	A
防止剤B	-	-	B

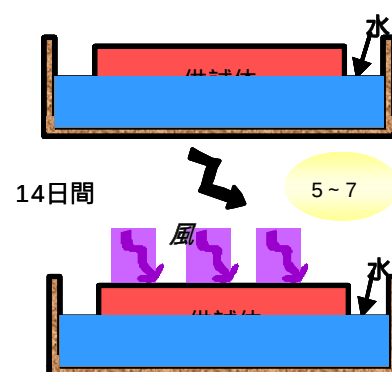


図-1 エフロレッセンス溶出試験

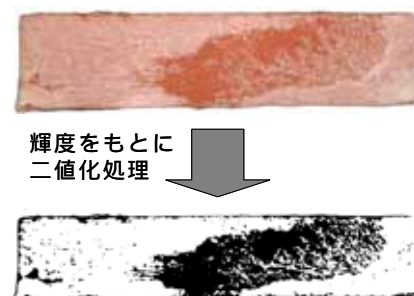


図-2 二値化処理の一例

3. 実験結果

強度試験結果を図-3、図-4 に示す。図-3 から、各種人工ゼオライトを添加したものの圧縮強度は無添加のものとは比べ、同じ程度の強度が得られる。図-4 から、材齢 7 日の各種人工ゼオライトを添加したものの曲げ強度は、無添加のものとは比べ、幾分大きな値となっている。材齢 28 日では、Fe - 10 と Ca 型の防止剤が無添加のものとは比べ、高い値を示している。特に、防止剤 B の材齢 7 日から 28 日での伸び率をみると、著しく伸びていることがわかる。したがって、これらの各種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、6 より各種防止剤を混入したものは、無添加のものとは比べ防止剤 A 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。

4. まとめ

（１）各種人工ゼオライトを混入したものの圧縮強度は、材齢 7 日、28 日ともに無添加のものとは比べて、同じ程度か低い値を示しているが、大きな差はみられなかった。曲げ強度では、Fe 型人工ゼオライトの化学成分割合の異なるもの 3 種類と Na 型人工ゼオライトは無添加のものとは比べ、同じ程度が高い値を示している。防止剤 B の材齢 28 日では、特に高い値を示した。以上のように、今回用いた防止剤の強度への悪影響はないといえる。

（２）各防止剤のエフロレッセンス抑制効果としては、防止剤 A に抑制効果がみられた。また、析出濃度の高い部分では、Fe 型人工ゼオライトの 10 型と 40 型、Ca 型人工ゼオライトに抑制効果がみられた。これにより、人工ゼオライトの化学成分（ Fe_2O_3 、Cl）割合や型の違いによる抑制効果の違いは本実験の範囲では得られなかった。

なお、溶解度の大きいアルカリ塩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。

参考文献

- 1) 鹿毛忠継：エフロレッセンスとつらら状物質，建築技術，第 510 号，1993，pp.172 - 176．

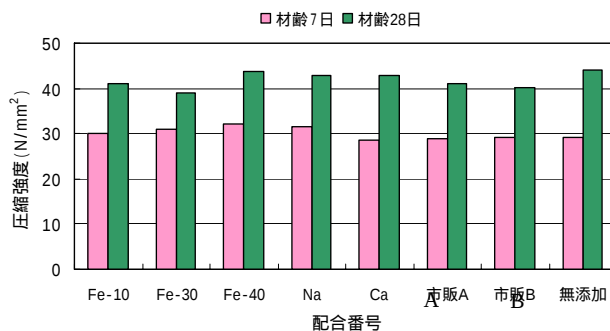


図-3 圧縮強度

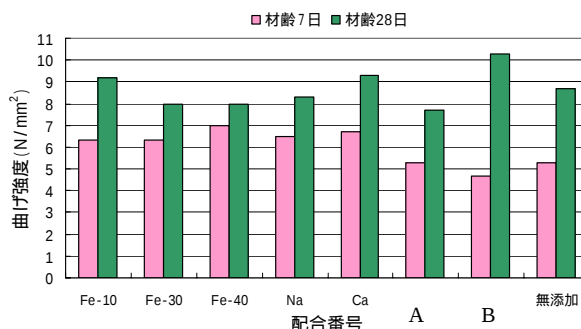


図-4 曲げ強度

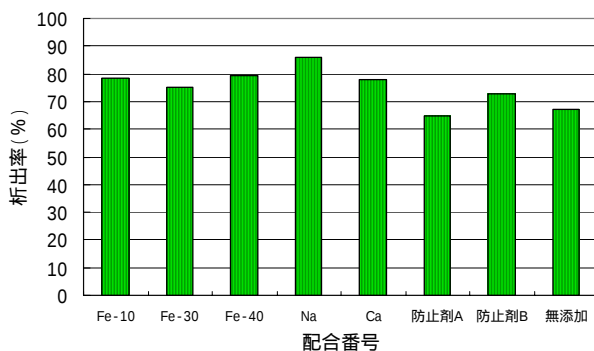


図-5 エフロレッセンス溶出試験結果(輝度 160)

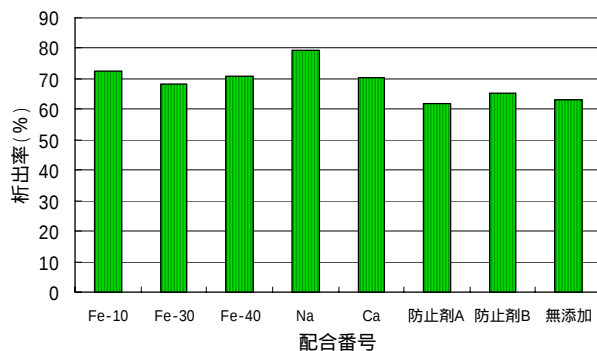


図-6 エフロレッセンス溶出試験結果(輝度 240)