

コンクリートの中性化割合がエトリングライト構成成分の濃度濃縮に与える影響 Relationship between neutralization ratio of concrete and concentration of ettringite components

○兵頭正浩* 岸 華代** 緒方英彦*** 新 大軌****

HYODO Masahiro* KISHI Hanayo** OGATA Hidehiko*** and ATARASHI Daiki****

1. はじめに

供用中のコンクリート製開水路において、コンクリート内部にエトリングライト ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$) が生成することを確認している¹⁾。ただし、対象とした開水路は現場打ちであることから、材齢初期に 70°C 以上の高温履歴を受けておらず、確認されたエトリングライトは遅延性エトリングライト (DEF: Delayed ettringite formation)²⁾ とは異なるメカニズムで生成したことが考えられる。そこで本研究では、開水路の特徴として長期供用に伴う中性化の影響で、硫酸塩が中性化フロントに濃縮することに着目し、中性化割合がエトリングライトの生成に及ぼす影響を実験的に検討した結果を報告する。

2. 実験概要

2.1 供試体の作製について

供試体は表 1 に示す配合で打設し、翌日の脱型から材齢 25 日まで水中養生を行った。その後、13 週間の促進中性化試験を実施し、屋外に 3 年間暴露した (以下、中性化促進供試体という)。また、比較対象とした供試体は、打設翌日の脱型から材齢 25 日まで水中養生を行った後に、ストレッチフィルムで 13 週間の封緘養生し、既述した供試体と同様に 3 年間屋外で暴露した (以下、中性化未促進供試体という)。なお、供試体の寸法は $10\text{cm} \times 10\text{cm} \times 10\text{cm}$ のブロック形状であり、外部からの水分供給は降雨と降雪のみである。

2.2 測定項目について

評価項目は、元素分析および析出物の観察である。元素分析には面分析として電子線マイクロアナライザー (EPMA: Electron Probe Micro Analyzer) を用いた。分析画像の pixel size は $100\mu\text{m} \times 100\mu\text{m}$ とし、測定元素はエトリングライトの構成元素である Ca, Al, S 元素である。また析出物の観察としては、供試体の表面をマイクロスコープで 50 倍に拡大した。

3. 結果と考察

3.1 中性化フロントにおける CaO および SO_3 濃度分布

中性化促進供試体と中性化未促進供試体における CaO および SO_3 濃度分布画像を図 1 に示す。なお、深さは打設面を 0mm とし、底面に向かって 80mm 深さまで分析をしている。中性化促進供試体では、CaO の濃度分布から 15mm 深さまで中性化が進行しており、中性

表 1 供試体の配合

単位量(kg/m^3)					$G_{\text{max}}(\text{mm})$	Slump(cm)	W/C(%)	Air(%)	s/a(%)
W	C	S	G	AE(g/m^3)					
171	311	689	1136	0	20	6	55	1.7	37.5

*鳥取大学農学部, Faculty of Agriculture, Tottori University, **元鳥取大学農学部, Faculty of Agriculture, Tottori University, ***鳥取大学大学院連合農学研究科, The United graduate school of Agricultural sciences, Tottori University, ****鳥根大学学術研究院 Academic Assembly, Shimane University
エトリングライト, 中性化, 暴露試験, 水分供給, EPMA, マイクロスコープ

化フロントに SO_3 濃度が局所的に高い箇所がみられる。一方、中性化未促進供試体では、 CaO の濃度分布から 2～3mm 深さまで中性化が進行しており、中性化フロントに SO_3 濃度高い箇所がわずかではあるがみられる。Al 元素においても同様の傾向がみられる。以上のことから、中性化割合の増加に伴って、各元素の濃度濃縮割合が増加することを確認した。

3.2 各成分の濃縮と析出物の観察

中性化供試体の EPMA 濃度分布画像において、エトリンタイトの構成成分である Ca, Al, S 濃度が相対的に高かった箇所（基準値：Ca 濃度 22.50-37.50mass%，Al 濃度 3.00-9.00mass%，S 濃度 3.00mass%以上）を抽出し、すべての元素が基準値以上となった個所を赤色で表示した画像を図 2（上段）に示す。図の総 pixel 数は 735,966 pixel で、赤色領域のピクセル数は 432pixel となり、Ca, Al, S 元素濃度のすべてが高い箇所は総 pixel 数の 0.6%となった。赤色領域の代表箇所として図 2（上段）の四角枠内の画像を図 2（下段）に示す。供用中の開水路を対象とした既往の研究¹⁾では、赤色領域にエトリンタイトが生成することを確認してきたが、この画像を含めて、他の赤色領域においてもエトリンタイトのような析出物は確認されなかった。中性化未促進供試体においても、析出物は確認されなかった。以上より、各成分の濃度濃縮は生じているが、水分の供給状況が開水路と異なるため、析出物の生成には至らなかったことが推察される。

4. まとめ

本研究で対象とした供試体には、エトリンタイトなどの析出物は確認されなかったが、中性化割合によってエトリンタイトの構成元素である Ca, Al, S 元素の濃度濃縮割合が異なることを確認した。今後は、構成元素が濃縮した層での水分状態が、エトリンタイトの生成に与える影響について言及する必要がある。

謝辞：本研究は上田記念財団の助成を受けて実施した。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献：1) 兵頭ら（2021）：コンクリート製開水路内に生成するエトリンタイトと中性化の関係，農業農村工学会全国大会要旨集，第 31 巻，pp.23-32，2)羽原ら（2007）：コンクリートのエトリンタイト遅延生成-DEF 劣化によるコンクリート製品のひび割れ減少と対策-，コンクリートテクノ，Vol.26，No.3，pp.9-16

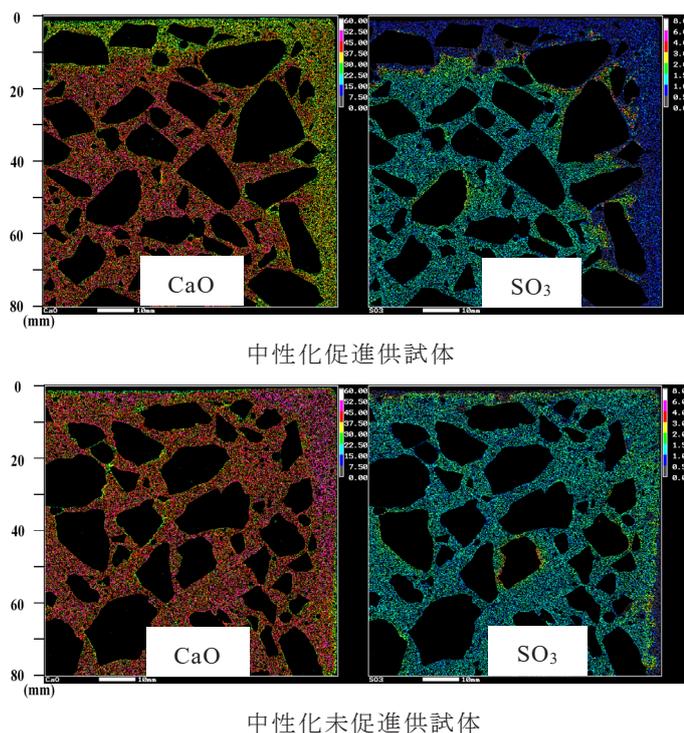


図 1 中性化深さと SO_3 の濃度分布

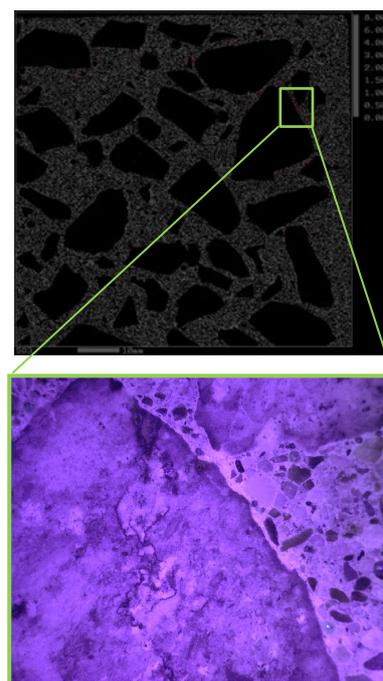


図 2 各成分の濃縮と析出物