

二重着色法（ゲルス테인法）による ASR の判定および進行程度の推定

(株)M・T技研 正会員 ○嶋瀬 敬祐
 (株)M・T技研 正会員 山川 博樹
 金沢大学名誉教授 フェロー会員 川村 満紀

1. はじめに

これまでコンクリートコア中のアルカリシリカ反応によって生じたゲル（以下 ASR ゲル）の確認は、目視によってコンクリートコアの表面や内部に存在する白色又は透明のゲル状物質を含む試料を採取し、SEM-EDX 分析から得られるその物質の化学組成から判定するのが一般的である。この方法では電子顕微鏡が必要であり、またその結果は試料採取位置によって大きく左右され、経験と知識を有した者が行わなければ誤った結果を導きかねない。一方、目視によって簡易に ASR ゲルを確認する手法として酢酸ウラニル蛍光法が知られているが、用いられる試薬は濃度の高い放射性物質であり、人体および環境への影響が懸念される。そこで、Guthrie らは環境にやさしい方法として二重着色法¹⁾（以下ゲルス테인法）を提唱した。この方法では、二種類の試薬をコンクリートコアに塗布し、カリウムを豊富に含む ASR ゲルは黄色に、カルシウムを豊富に含む ASR ゲルはピンクに着色することを利用して、ASR ゲルの有無およびカルシウム量の多少を確認する。本論文は、このゲルス테인法のコンクリートの ASR 劣化簡易判定試験法としての有効性を検証するとともに、その着色状況から ASR の進行程度の概略が推定できる可能性を検討することを目的としたものである。

2. 実験概要

本実験において用いた反応性骨材は焼成フリント（以下 CF）である。反応性骨材含有モルタル供試体（φ50×100mm）の破断面における ASR ゲルの着色状況とモルタルの膨張過程の関係を追跡するために、JIS A1146 「骨材のアルカリシリカ反応性 試験方法（モルタルバー法）」に準じ、膨張量を測定すると同時に、供試体の破断面にゲルス테인法を適用した。破断面内の着色状況の観察はデジタルマイクロスコープ（5倍～50倍）を用いて行なった。なお本試験では、NaOH と KOH によってアルカリ量の調整を行った（表1）。また ASR が発生していると思われる実際の構造物から採取したコアを用いて、ゲルス테인法の有用性を検討した。

表1 試験体の種類等について

	膨張量測定 供試体	破断面観察 供試体	焼成フリント 置換率	アルカリ量	測定材齢			
					3日	6日	9日	15日
KOH添加供試体	40×40×160 2本	φ50×100 2本	20%	1.8% (等価K ₂ O)	3日	6日	9日	15日
NaOH添加供試体	40×40×160 2本	φ50×100 2本	20%	1.2% (等価Na ₂ O)	3日	6日	9日	15日

3. 結果および考察

(1) モルタルの膨張挙動と着色

図-1 は CF モルタルの膨張曲線を示したものである。この図より、NaOH 添加供試体、KOH 添加供試体ともに、材齢 3 日から膨張が顕著に増大し、15 日以降は収束する傾向を示すことが分かる。

写真 1 に示すように、NaOH および KOH 添加供試体ともに、材齢 3 日において骨材粒子中のひび割れの一部に黄色の着色が認められた。その後、材齢とともに黄色に着色した部分の面積は大きくなった。また材齢 9 日からいくつかの骨材粒子においてピンクに着色した部分が認められ、材齢 15 日ではほとんどの骨材粒子がピンクに着色した。骨材内のひび割れに黄色の着色が見られる材齢 3 日頃から、モルタルの膨張が開始し、さ

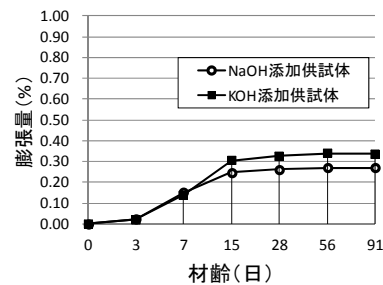


図1 CF モルタルの膨張挙動

キーワード アルカリシリカ反応, ASR ゲル, ASR 劣化簡易判定試験法, ゲルス테인法

連絡先 〒916-0068 福井県鯖江市二丁掛町7-6 (株)M・T技研 TEL0778-62-7220 FAX0778-62-7

らに材齢の進行とともに徐々に黄色に着色する骨材粒子は多くなり、大半の骨材粒子やセメントペースト中の気泡内のゲルに明瞭な黄色の着色が見られるようになった。さらに、膨張が収束する材齢 15 日においては、大半の骨材粒子がピンクに着色した。

(2) ASR 劣化構造物からのコンクリートコアの着色

ASR を生じていると思われる実際の構造物より採取したコアのなかで、特徴的な着色を示した 2 例を取り上げる。1 つは粗骨材粒子に近い部分は黄色に着色し、その周辺にある程度の広がりをもった黄色または明瞭なピンクの着色域があるもの(写真 2 上)、もう 1 つの例は粗骨材粒子の周縁は黄色に着色し、中心部にピンクの着色域があるもの(写真 2 下)である。これら 2 例に共通する特徴は、広範囲にわたって濃淡様々のピンクの着色域が見られたことである。

前者については、吸水により粘性が低下した ASR ゲルが骨材から周囲のモルタル部分に流出し、移動する過程でカルシウムを取り込んでいったということが着色状況から推察できる。また後者の例における着色状況からは、粗骨材粒子の周囲に広がった ASR ゲルを通じて、骨材内部の ASR ゲル中にカルシウムが浸入したと推察される。この結果は、一般に言われているように、骨材内部で生成されるゲルに、時間とともに外部よりカルシウムが浸入するという実験結果とも矛盾しない。なお、両者の共通の特徴である広範囲のピンクの着色域については、コンクリートコアを採取したいずれの構造物も建設後相当年数(約 30 年)を経ていることから、ASR ゲルの粘性が低下して、ゲルが生成位置から広範囲に移動したこと示していると推察できる。

前述のモルタルの着色状況と膨張挙動との関係を考慮にいと、これらのコンクリートコア断面の着色状況から、これらのコンクリートコアを採取した構造物の膨張は終局段階に達しているか、またはそれに近い段階にあると予測される。

4. まとめ

ゲルステイン法を適用したモルタルおよびコンクリートコアにおける着色および膨張試験から以下に示す結果が得られた。

- (1) ゲルステイン法を我が国の ASR 劣化コンクリートに有効に適用できる。さらにデジタルマイクロスコープを用いると、細骨材粒子に ASR 反応が生じている場合のように肉眼では着色の確認が困難なものにおいても ASR ゲルの発生箇所、広がり状況およびカルシウムの存在の有無を容易に、かつ詳細に観察することが可能である。
- (2) CF モルタルを用いた膨張試験から、ASR ゲルの生成から膨張開始、活発な膨張期間、その後膨張が収束に至る過程と着色状況の関連性が示された。
- (3) 本方法を ASR が生じている実際の構造物から採取したコアに適用した結果から、構造物における ASR の進行程度の概略が把握できることが確認された。

参考文献

- 1) George D. Guthrie, Jr. and J. William Carey: A Simple Environmentally Friendly, and Chemically Specific Method for the Identification and Evaluation of the Alkali-Silica Reaction, Cem. & Concr. Res., Vol. 27, No. 9. pp.1407-1417, 1997.

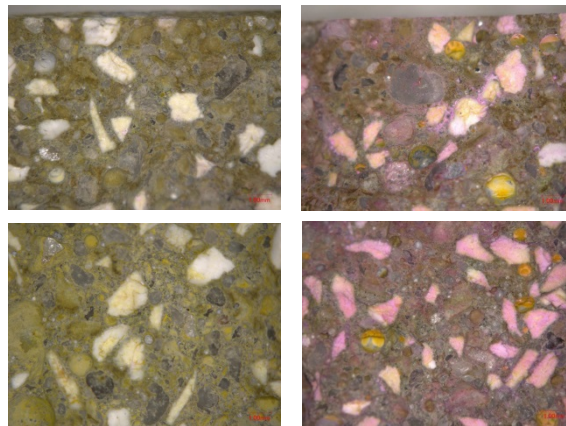


写真 1 CF モルタルの着色状況

(左上:NaOH 添加試料材齢 3 日、右上:NaOH 添加試料材齢 15 日、左下:KOH 添加試料材齢 3 日、右下:KOH 添加試料材齢 15 日)

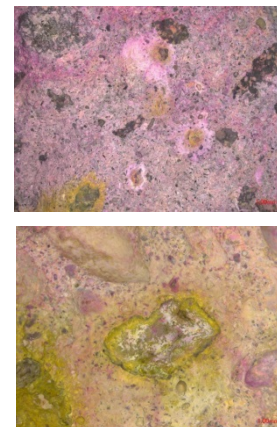


写真 2 実際の構造物から採取したコンクリートコアの例