

近赤外分光法による塩害と ASR の複合劣化の評価に関する検討

徳島大学大学院 学生会員○萩原達朗 徳島大学大学院 正会員 上田隆雄
 徳島大学大学院 正会員 塚越雅幸 フジタ建設コンサルタント 正会員 山本晃臣

1. はじめに

コンクリート構造物の ASR による劣化を診断することは技術的に難しく、高度な専門的知識が必要であるとともに、判断に長い時間を要する場合も多い。現場において短時間で判断が可能な手法として、近赤外分光法が注目されているが、既往の研究では、反応性骨材とその周辺のペースト部分における ASR の進行と吸光度スペクトルの変化を定量的に関連付けるには至っていない。そこで本研究では反応性骨材を用いた供試体の ASR を促進させたときの局部的吸光度スペクトル変化を測定することで、ASR の単独劣化および塩害と ASR の複合劣化進行を評価することを目的とした。

2. 実験概要

本実験で使用した骨材の物性を表-1に、コンクリートの配合の種類を表-2に示す。水セメント比は55%で一定とし、内在アルカリ供試体は初期含有 R₂O 量として 10.0 kg/m³ になるように NaOH と NaCl で調整した。これらの供試体は、打設翌日に脱型し、20℃の恒温室中で14日間の封緘養生を行った。養生終了後40℃の湿潤環境に保管し、定期的にコンクリート膨張量の測定を行い、膨張率が0、0.05、0.1%に達した時に近赤外分光法による吸光度スペクトルの測定を行った。100×100×15mmの角型シャーレに

W/C=30%、NaOH を対セメント 3.0wt.%だけ混入したセメントペーストを流し込み、3種類の反応性骨材を埋め込んで作製した供試体を60℃の恒温湿潤環境に2週間保管し、その後骨材とペーストの界面に対して、吸光度スペクトルの測定を行った。コンクリート供試体を各膨張率到達時にコンクリート端部から1.5cmスライスし、反応性骨材を5ヶ所選定し、骨材自身とその周辺のもルタル部分の吸光度スペクトルを測定した。

波長1000、1412nm付近の吸光度ピークの変化を定量的に表す指標として、ほとんど吸光度が変化しない波長1142、1430nmとの吸光度の差を差吸光度 ΔA(912-1142)、ΔA(1412-1430)と定義する。また、波長2266nmの吸光度ピークの高さを定量的に評価するため、式(1)で定義される波長2266nmにおける差スペクトルを求めた。それぞれの波長に相関する相関対象とその評価方法をまとめたものを表-3に示す。

$$\Delta A_{2266} = A_{2266} - \left(A_a + \frac{A_b - A_a}{\lambda_b - \lambda_a} \times (\lambda_{2266} - \lambda_a) \right) \quad (1)$$

ΔA₂₂₆₆ : 差スペクトル
 A₂₂₆₆ : 波長2266nmの吸光度
 λ_a, λ_b: 波長a(2230), 波長b(2300)
 A_a, A_b: 各波長における吸光度

表-1 骨材の物性

骨材種類		密度 (g/cm ³)	Rc (mmol/l)	Sc (mmol/l)
反応性骨材	北海道産安山岩砕砂(S1)	2.56	135	778
	北海道産安山岩砕石(G1)	2.68		
	山形県産安山岩砕砂(S2)	2.74	85	514
	山形県産安山岩砕石(G2)	2.76		
	富山県産安山岩砕石(G3)	2.61		
非反応性骨材	鳴門市撫養町産砕石(N)	2.55	-	-

表-2 コンクリートの配合表

配合名	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)							
			C	W	S1	G1	NaCl	NaOH	WRA	AEA
ROH	55	48	324	178	822	933	-	10	1.2	0.019
RCI					807	933	15	-	1	0.019

表-3 注目する波長に相関する成分

波長 (nm)	相関対象	評価方法
1000	OH基・H ₂ O	差吸光度ΔA(918-1142)
1412	OH基	差吸光度ΔA(1412-1430)
2266	固相塩	差スペクトルΔ2266

3. 反応性骨材の ASR 進行に伴う吸光度スペクトルの変化

JIS A 1145 (骨材のアルカリシリカ反応性試験(化学法))の促進環境に従い、ASR を促進させた骨材の吸光度スペクトル測定を行った。促進期間中の各種骨材の差吸光度 $\Delta A(918-1142)$ の経時変化を、図-1 に示す。促進時間の増加につれて、反応性骨材 3 種の 1000nm 付近の差吸光度が増加する傾向が見られた。この理由として、ASR の進行により、骨材内の結晶構造の中に OH 基や H_2O の結合が増加することにより、1000nm の差吸光度が増加したと考える。

4. 界面観察供試体界面部分の差吸光度

界面観察供試体の各種骨材および界面ペースト部分の差吸光度を図-2 に示す。差吸光度 $\Delta A(918-1142)$ は骨材自身の、差吸光度 $\Delta A(1412-1430)$ は骨材周辺のペーストの吸光度スペクトルより求めた。差吸光度において、 $20^{\circ}C$ 環境に比べ、 $60^{\circ}C$ 環境の界面供試体の値が大きい。既往の研究では、ASR が進行するにつれ、1000nm 付近の差吸光度は増加する傾向が示された。本研究でも同様の結果を得た。次に、ペーストにおいて、 $20^{\circ}C$ 環境に比較し、 $60^{\circ}C$ 環境の界面供試体の値が小さい。1400nm 付近のピークは $Ca(OH)_2$ の OH 基の第 1 倍音に相当するため、ASR の進行に、骨材周辺の OH^- が減少したと考えられる。

5. コンクリートの膨張と差吸光度の変化の関係

膨張に伴う差吸光度の推移を図-3 に示す。膨張率が増加するにつれ、ROH、RCI 配合共に増加する傾向が見られた。また、モルタル部分においては差吸光度 $\Delta A(1412-1430)$ が減少傾向にある。その理由として、ASR の進行に伴う $Ca(OH)_2$ の消費が考えられる。

6. コンクリートの膨張と差スペクトルの変化の関係

コンクリートの ASR 膨張に伴うモルタル部分の差スペクトル $\Delta A2266$ の変化を図-4 に示す。RCI 配合において、膨張に伴い、差スペクトルが減少傾向を示した。既往の研究²⁾でもこのような減少傾向が見られており、ASR の進行に伴って、フリーデル氏塩の分解が生じている可能性があるが、この点については今後、さらに検討を進める必要がある。

参考文献 1) 上田隆雄、谷口隼紀、郡 政人、塚越雅幸：近赤外分光法と超音波法による ASR 診断に関する検討、コンクリート構造物の補修・補強・アップグレード論文報告集、Vol. 14、pp. 75-80、2014。

2) 松本義章、上田隆雄、山本晃臣：近赤外分光法による ASR 劣化コンクリートの診断に関する検討、コンクリート工学年次論文集、Vol.33、No.1、pp. 1787-1792、2011。

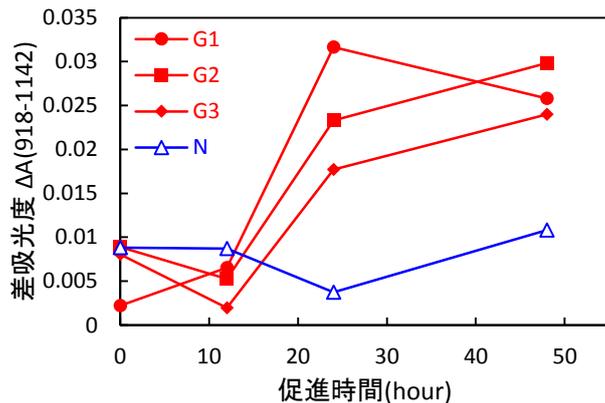


図-1 骨材の差吸光度

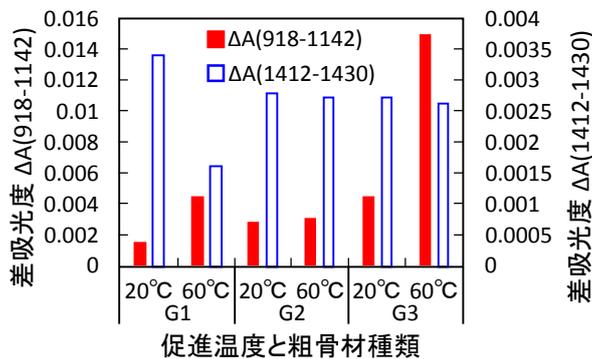


図-2 界面観察供試体の骨材とペースト部分の差吸光度

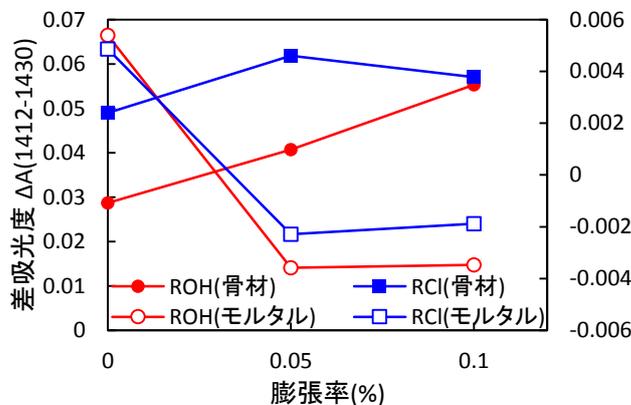


図-3 膨張に伴う差吸光度の変化

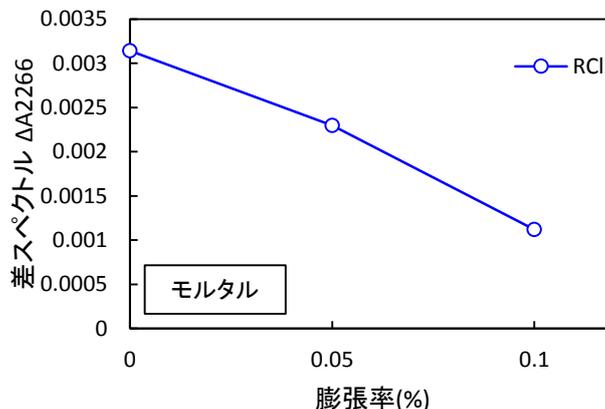


図-4 膨張に伴うモルタル部分の差スペクトル $\Delta A2266$ の変化