近赤外分光法によるコンクリートのASR評価に関する検討

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

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検査手法として，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あるいはモルタル部分における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試みた．

２．実験概要

本実験で使用した骨材の概要を**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，コンクリート中の初期含有 R_2O 量は10.0 kg/m^{3}になるようにNaOHとNaClで調整した．これらのコンクリートを用いて角柱供試体（100×100×400 mm）を作製した。コンクリート供試体は，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．各膨張率に到達したコンクリート供試体は端部から1.5 cm幅でスライスし，露出した断面において反応性骨材を5ヶ所選定し，骨材自身とその周辺のモルタル部分の吸光度スペクトルを測定した．

表－1　使用骨材の概要

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	86	259
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

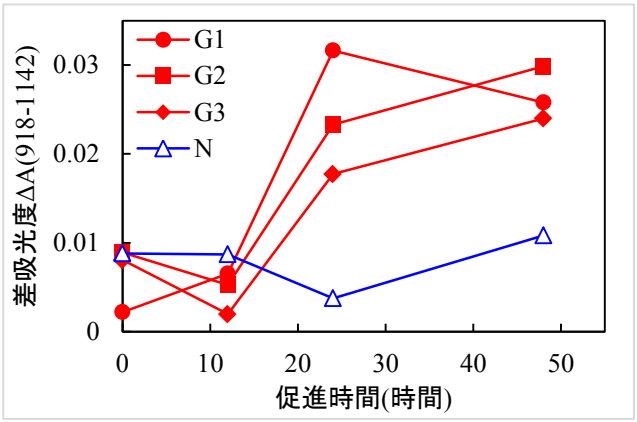
配合名	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m^3)							
			C	W	S1	G1	NaCl	NaOH	WRA	AEA
ROH	55	48	324	178	822	933	-	10	1.2	0.019
RCl					807	933	15	-	1.0	0.019

上記コンクリート供試体とは別に，反応性骨材自身のASRに伴う吸光度スペクトルの変化を評価するため，JIS A 1145（骨材のアルカリシリカ反応性試験(化学法)）の促進環境にでASRを促進させた各種骨材の吸光度スペクトル経時変化を測定した．さらに，100×100×15 mmの角型シャーレに水セメント比30%，NaOHをセメントに対して3.0 wt.%だけ混入したセメントペーストを流し込み，**表－1**に示した3種類の反応性骨材を埋め込んで作製した供試体を20℃または60℃の恒温湿潤環境に2週間保管し，その後骨材表面と界面ペースト部分の吸光度スペクトルの測定を行った．

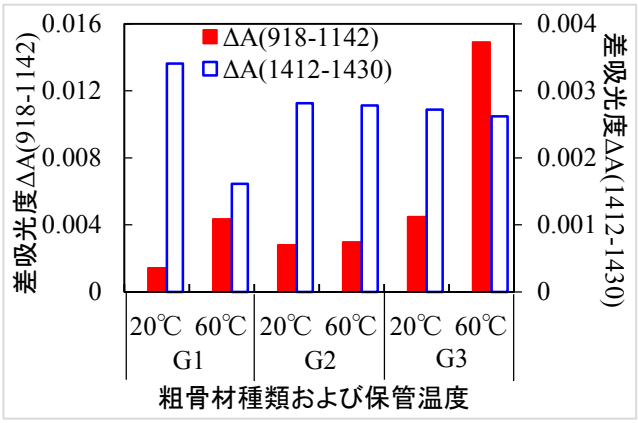
３．反応性骨材および界面ペーストの吸光度スペクトルの変化

化学法に準じた促進期間中の各種骨材の差吸光度ΔA(918-1142)の経時変化を**図－1**に示す．既往の研究では，

キーワード　ASR，近赤外分光法，吸光度スペクトル，コンクリート膨張，内在塩分
連絡先　〒770-8506　徳島市南常三島町2-1　徳島大学工学部建設工学科　ＴＥＬ088-656-2153



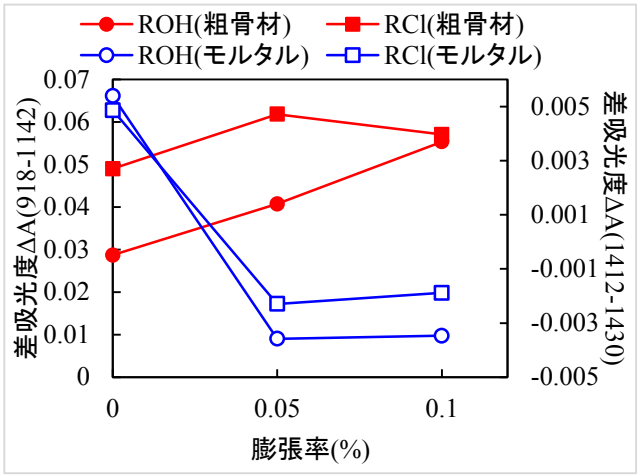
図－1　ASR 促進に伴う骨材差吸光度の変化



図－2　界面観察供試体の骨材およびペースト部分差吸光度

ASR の進行に伴い，反応性骨材表面における波長 1000 nm 付近の吸光度が増加する傾向が見られた[1]．図－1 より，差吸光度 ΔA(918-1142)の変化は同様の傾向を示している．これは ASR の進行による骨材結晶構造中の OH 基や H_2O の結合状態の変化を示しているものと考えられる．

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 ΔA(918-1142)は骨材表面の，差吸光度 ΔA(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．これによると，20℃で保管した場合と比較して，ASR の促進された 60℃保管の場合に，ΔA(918-1142)は増加し，ΔA(1412-1430)は減少する傾向が見られる．既往の検討[2]より，ASR の進行に伴って骨材周辺の $Ca(OH)_2$ が消費され，OH 基の第 1 倍音に相当する 1400 nm 付近の吸光度ピークが低下したものと考えられる．

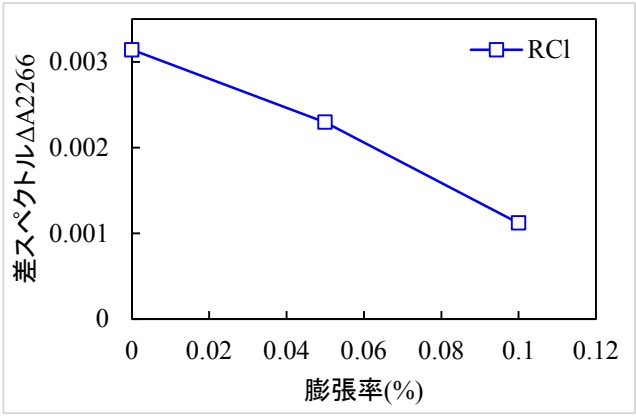


図－3　ASR 膨張に伴う骨材およびモルタル部分の差吸光度変化

4．ASR 進行に伴う吸光度スペクトルの変化

コンクリートの膨張に伴う差吸光度の変化を図－3 に示す．界面観察供試体で見られた傾向と同様に，膨張率が増加するにつれ，ROH，RCl 配合共に骨材の ΔA(918-1142)は増加し，モルタル部分の ΔA(1412-1430)は減少する傾向が見られる．

RCl配合におけるコンクリートの ASR 膨張に伴うモルタル部分の差スペクトル ΔA2266 の変化を図－4 に示す．膨張に伴い，コンクリート中の固相塩分を示す差スペクトル ΔA2266 が減少している．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，この点についてはさらに検討を進める必要がある．



図－4　ASR 膨張に伴う差スペクトルΔA2266 の変化

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.