

アルカリシリカ反応がコンクリートの諸性状に及ぼす影響(I)

—アルカリ量・温度・反応性骨材の粒度が コンクリートの膨張性状に及ぼす影響—

Properties of Concrete Subjected to Alkali-Silica Reaction

—The Effects of Alkali Content, Temperature and Particle Size of Reactive Aggregates on ASR Expansion—

小林 一 輔*・野 村 謙 二*
Kazusuke KOBAYASHI and Kenji NOMURA

1. は し が き

アルカリ骨材反応によるコンクリートの膨張に基づく構造物の劣化を防止するための確実かつ有効な対策としては、少なくとも現時点においては、コンクリート中のアルカリ量を制限する以外にはないと考えられている。

米国では、古くからアルカリ量をNa₂O換算で0.6%以下とするような低アルカリセメントをASTM C150に規定しているが、近年の傾向としてはコンクリートのアルカリ源として混和剤や塩化ナトリウムなども考えられるところから、コンクリート中の総アルカリ量を制限する方向に動いており、わが国でも大筋としてはこの方針を採用している。しかし、実際にこのような考え方でよいのか否かを確かめたデータは少ない。

一方、コンクリート中のアルカリ量が同一の場合、水セメント比の大小によってアルカリシリカ反応による膨張に差を生ずるか否かについては、必ずしも明確にされていない。

本文では、主として以上の諸点を確かめるとともに、コンクリートの環境温度の影響、および反応性骨材の粒度の影響についても実験的に調べた結果をまとめたものである。

2. 実 験 方 法

2-1 使用材料

セメントは、Na₂O等価アルカリ量が0.52% (Na₂O=0.24%, K₂O=0.43%)の低アルカリの普通ポルトランドセメントを用いた。

反応性骨材としては、表-1に示すような安山岩とチャートを用いた。粗骨材の最大寸法は15mmとし、細骨材は一定の粒度となるように粗骨材を粉砕して作製した。各骨材を偏光顕微鏡で調べた結果、反応性部分と考えられる安山岩中の火山ガラスの体積占有率は約49%、チャート中の微小石英の体積占有率は約93%であった。

*東京大学生産技術研究所 第5部

非反応性骨材としては、粗細骨材ともに砂岩を用いた。

アルカリ強化剤としてはNaOHとKOH(試薬特級)を用い、原セメント中に含まれるNaとKの比で混入し、それぞれ所定のR₂Oの値になるように調整した。

なお、AEコンクリートではAE剤としてヴィンソルを使用した。

2-2 コンクリートの配合

コンクリート中のアルカリはすべてセメントから供給されると仮定して、コンクリート中の総アルカリ量を2.47kg/m³から6.94kg/m³と変化させた。すなわち、単位水量を190kgと一定とし、W/CとR₂Oを変えて総アルカリ量を変化させた。表-2にW/CとR₂Oに対応する総アルカリ量を示す。

2-3 コンクリート供試体

供試体は各配合について、長さ変化測定用として7×7×40cm角柱供試体3本ずつを作製した。供試体は、両端面に長さ測定用プラグを埋め込んだものである。打設後1日で脱型し、基長を測定したのち温度40°C、湿度

表-1 使用骨材の特徴

骨材	岩石名	産地	地質年代	ASTM C289 (mmol/l)			主な構成鉱物	反応性鉱物
				Re	Sc	判定		
A	ガラス質 両輝石 安山岩	東北 地方	第三紀 中新生	106	430	潜在的 有害	斜長石・ガラ ス・普通輝石 頑火輝石	火山ガラス (49%)
C	チャート	岐阜県	古生代から 中生代	63	303	有害	石英・微小石英	微小石英 (93%)

表-2 コンクリート中の総アルカリ量 (kg/m³)

R ₂ O	C (W/C)			
	475 (40)	380 (50)	317 (60)	271 (70)
0.52	2.47	—	—	—
1.04	4.94	3.95	3.30	—
1.46	6.94	5.55	4.63	3.95
2.19	—	—	6.94	—

研 究 速 報

100%の恒温恒湿槽に入れて保存した。また、温度の影響を調べるための供試体は、温度20°C、湿度100%の恒温恒湿槽に保存した。

2-4 測定

所定の材令で自由膨張量をコンパレータで測定した。供試体は、測定1日前に恒温恒湿槽から取り出し、湿布で被覆した状態で温度20°Cの室内に1日静置した後、測定を行った。

3. 実験結果および考察

コンクリート中の総アルカリ量と材令6か月における膨張量との関係を図-1および図-2に示す。これらの図より明らかなことは、次のようである。

1) 全般的な傾向として、コンクリート中の総アルカ

リ量がある一定値以内ではコンクリートに膨張を生じない。この一定値は材令6か月の時点では4 kg/m³程度である。

2) これ以上のアルカリを含むコンクリートの膨張はコンクリート中の総アルカリ量によって支配され、アルカリ量を増すほど膨張も大きくなるが、その程度は反応性骨材によって異なる。

図-3および図-4は、材令34週の時点でほとんど膨張が起こっていないR₂O=1.04%でW/Cが50%および60%のもの、およびR₂O=1.46%でW/Cが60%および70%の4条件のものを除いた場合についてコンクリートの膨張の経時変化をそれぞれ骨材別に示したものである。これらの図より、

1) アルカリ量が同一であれば安山岩、チャートいず

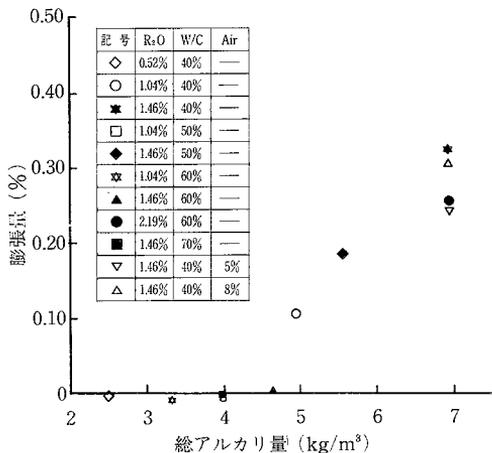


図-1 材令6か月でのコンクリート中の総アルカリ量と膨張量の関係(両輝石安山岩)

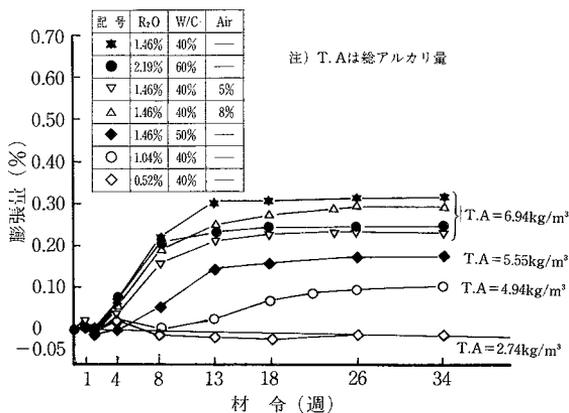


図-3 アルカリ量が異なるコンクリートの膨張量の経時変化(両輝石安山岩)

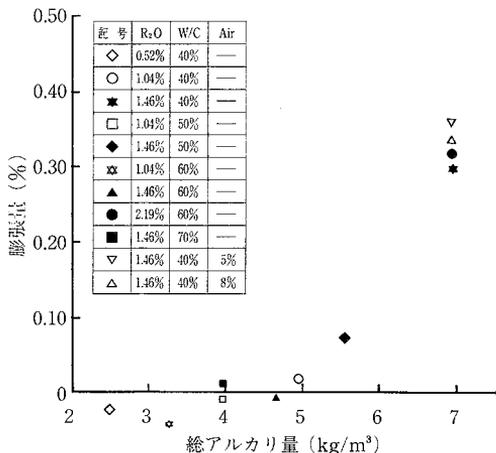


図-2 材令6か月でのコンクリート中の総アルカリ量と膨張量の関係(チャート)

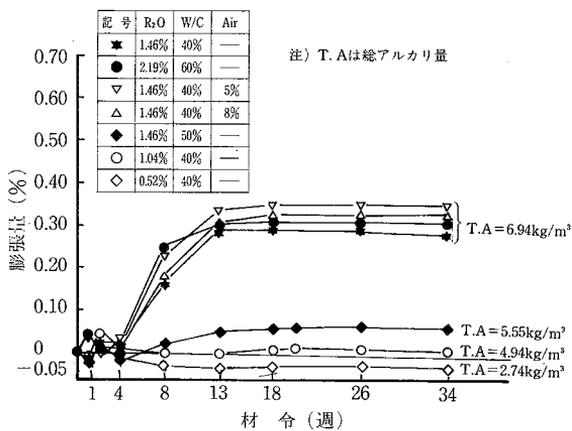


図-4 アルカリ量が異なるコンクリートの膨張量の経時変化(チャート)

研究速報

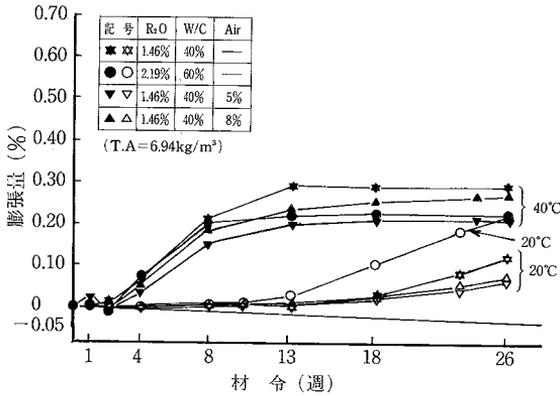


図-5 40°C養生と20°C養生の膨張量の経時変化 (両輝石安山岩)

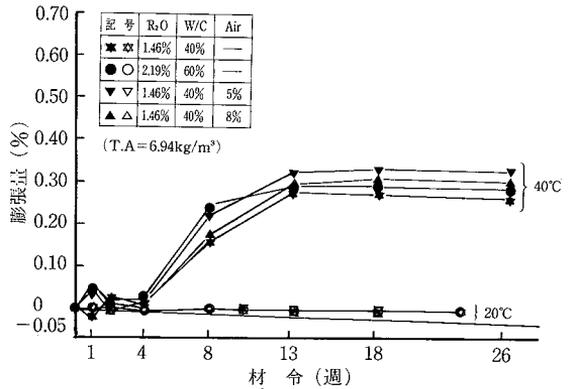


図-6 40°C養生と20°C養生の膨張量の経時変化 (チャート)

れの場合も膨張曲線の立ち上がりの時期は水セメント比、空気量のいかんを問わずほぼ一定であること。

2) 図-1および図-2よりも明らかなように、コンクリートの膨張は、安山岩の場合にはほぼ総アルカリ量に比例して増大しているが、チャートの場合にはアルカリ量がある値を越えると急激に増大する傾向を示し、潜晶質石英に基づく膨張性状の特徴が現れている。これらの図は、いずれもASRによるコンクリートの膨張量が総アルカリ量によって支配され、水セメントの影響はほとんど受けないことを示している。

図-5および図-6は、環境温度が20°Cの場合の膨張量の経時変化を示したものであるが、40°Cの場合に比べて膨張が増え始める時期が遅れており、特にチャートの場合には材令26週でも0.02%程度の膨張に留まっている。しかし、安山岩の場合は、この時点で0.2%に達する膨張を示すものがあり、さらに長期の材令では40°Cの場合よりも大きい膨張を生じる可能性がある。

図-7は、非反応性骨材中の細骨材部分、または粗骨材部分をそれぞれ容積で40%だけ安山岩またはチャートで置き換えた場合の膨張量の経時変化を示したものである。この図から明らかなことは、骨材の粒径が膨張量に大きい影響を及ぼすことである。反応面積の大きい細骨材置換の場合に、膨張は急速に増大しており、この傾向は、特に安山岩の場合に顕著である。

4. む す び

以上の結果をまとめると次のようになる。

1) コンクリート中の総アルカリ量が反応性骨材を用いたコンクリートの膨張を支配すると考えてよく、現在、内外において採用されているコンクリート中の総アルカリ量の規制値である3kg/m³は妥当な値であると思われる。

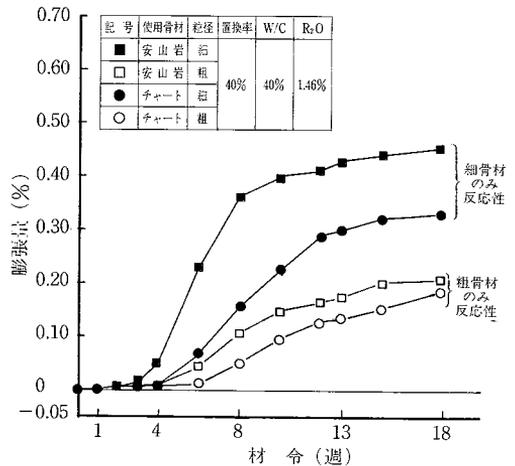


図-7 反応性骨材の粒径の違いによる膨張量の経時変化

2) コンクリートの環境温度を20°Cとした場合、膨張が増大し始める時期は、40°Cの場合よりも遅れるが、長期材令では、40°Cの場合よりも大きい膨張を示す可能性がある。

3) 反応性骨材の粒度は、膨張量に大きい影響を与える。

4) アルカリ量、温度、粒径に依存するコンクリートの膨張性状は、反応性骨材の種類(安山岩とチャート)によって異なる。

謝辞：本研究の実施にあたり、反応性骨材入手に関して丸章夫博士ならびに愛知工業大学の森塾教授に便宜を図って頂いた。ここに記して深謝する次第である。さらに、実験の遂行にあたっては、関東学院大学の永山信雄君に多大な協力を頂いた。厚く感謝する次第である。(1987年12月21日受理)