

骨材のアルカリシリカ反応性試験における各種骨材の判定に関する検討 －温水養生によるコンクリートの膨張量に関する一考察－

(株)内山アドバンス 〇須藤 絵美 ものつくり大学 中田 善久
日大生産工 笠井 芳夫

1. はじめに

アルカリ骨材反応は、長期間に種々の条件が重なり徐々に進行する現象であり、これを抑制するために、骨材のアルカリシリカ反応性を迅速に、かつ正確に判定することが望まれている¹⁾。現在、骨材のアルカリシリカ反応性を試験する方法として、化学法、モルタルバー法および迅速法が用いられているが、これらの試験方法と実際の使用環境におけるアルカリ骨材反応の関係には不明確な点が多い。また、異なる試験方法を用いると、同一の骨材を試験した場合の判定が同一とならない場合があることもわかっている。これに対し、筆者らは、実際の生コン工場で用いられている骨材を用いて、コンクリート供試体を作製し、屋外に養生した供試体(以下、屋外暴露養生と称す)の膨張量と各試験方法の判定結果との比較検討を行ってきた²⁾。しかし、膨張量が全体的に小さく、骨材のアルカリシリカ反応性の判定結果と膨張量の関係に明確な傾向は見られなかった。

そこで、本報告は、実際のアルカリ骨材反応による膨張を供試体により迅速に判定するために、5種類の骨材について検討を行ったものである。ここでは、反応を促進するために、40℃の温水で養生したコンクリート供試体の長さ変化について述べる。

2. 実験概要

2.1 使用材料

セメントに普通ポルトランドセメント、化学混和剤にポリカルボン酸系の高性能AE減水剤を用いた。骨材には北陸地方の砕石3種類(№①～③)および関東地区の生コンクリート工場において使用されている砕石1種類ならびに砕砂1種類(№④、⑤)の合計5種類を用いた。また、試験は、JIS A 1145 化学法(以下、化学法(JIS)称す)、150 μm 以下に微粉碎した試料を用いて JIS A 1145 に準拠した方法(以下、JIS(150 μm 以下)と称す)、JIS A 1146 モルタルバー法および JIS A 1804 迅速法の4種類の方法により行った。試験に用いた骨材の種類および各アルカリシリカ反応性試験による判定結果を表1に示す。なお、化学法(JIS)および化学法(150 μm 以下)における溶解シリカ量の定量は、質量法および吸光度法により、迅速法は、長さ変化の測定により判定を行った。№①は全ての試験方法に

よる判定結果が「無害でない」となった骨材であり、№⑤は全ての試験方法による判定結果が「無害」となった骨材であり、№②～④は、試験方法により異なる判定結果が得られた骨材である。

2.2 コンクリートの調合

コンクリートの調合を表2に示す。調合条件は、水セメント比45%、目標スランプ18cmとした。調合は、粗骨材を№①～④と変化させ、いずれも細骨材には№⑤を用いた4調合とした。練混ぜには、強制練りミキサーを用い、1バッチの練混ぜ量は30ℓとした。

2.3 アルカリの添加方法

アルカリを添加したコンクリートは、表2に示す供試体A～Dの調合にアルカリ(水酸化ナトリウム)を添加したものとした。アルカリの添加方法は、ZKT-206、JIS A 1146 および JIS A 1804 に準拠し、表3の通りとした。アルカリの添加後、長さ変化の測定用として寸法が $\phi 100\text{mm} \times 200\text{mm}$ の円柱供試体を作製した。

2.4 温水養生

作製した供試体を恒温恒湿室(室温20℃、湿度60%)に48時間静置し、前養生を行った。その後脱型を行い、反応を促進するために温度が40℃($\pm 2^\circ\text{C}$)かつ水位が100mmの水槽中に供試体の下側を浸漬させ、上側(100mm)を気中に暴露した状態で、所定の材齢まで養生した(以下、温水養生と称す)。

2.5 長さ変化の測定方法

供試体の長さ変化の測定は、JIS A 1129-2 コンタクトゲージ方法に準拠した。ゲージプラグは、供試体の軸に平行、かつ、対称な二つの線上で、それぞれの標点間の距離が100mmになる

表2 コンクリートの調合

供試体	W/C (%)	s/a (%)	単 位 量(kg/m ³)				混和剤 ^{※1} (kg/m ³)
			W	C	S	G	
A	45.0	46.7	170	378	812	979	2.27
B	45.0	46.7				945	3.02
C	45.0	46.7				967	2.27
D	45.0	46.7				935	4.54

※1：高性能AE減水剤

表3 アルカリの添加方法

アルカリの添加方法	全アルカリ量(Na ₂ O換算)
ZKT-206に準拠(粒状)	3.1%
JIS A 1146に準拠(水溶液)	1.2%
JIS A 1804に準拠(水溶液)	2.5%

表1 試験に用いた骨材の種類および各試験方法の判定結果

供試体	No.	骨材の種類	絶乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	粗粒率	粒径判定 実積率 (%)	化学法(JIS)		化学法(150 μm 以下)		モルタルバー法	迅速法
							質量法	吸光度法	質量法	吸光度法		
A	①	砕石	2.59	1.67	6.79	61.8	×	×	×	×	×	×
B	②	砕石	2.62	2.01	6.66	58.8	×	×	×	×	○	×
C	③	砕石	2.60	0.96	6.77	61.5	×	×	○	○	○	×
D	④	砕石(砂岩)	2.61	1.23	—	59.0	○	○	○	○	○	×
—	⑤	砕砂(砂岩)	2.55	2.26	2.75	—	○	○	○	○	○	○

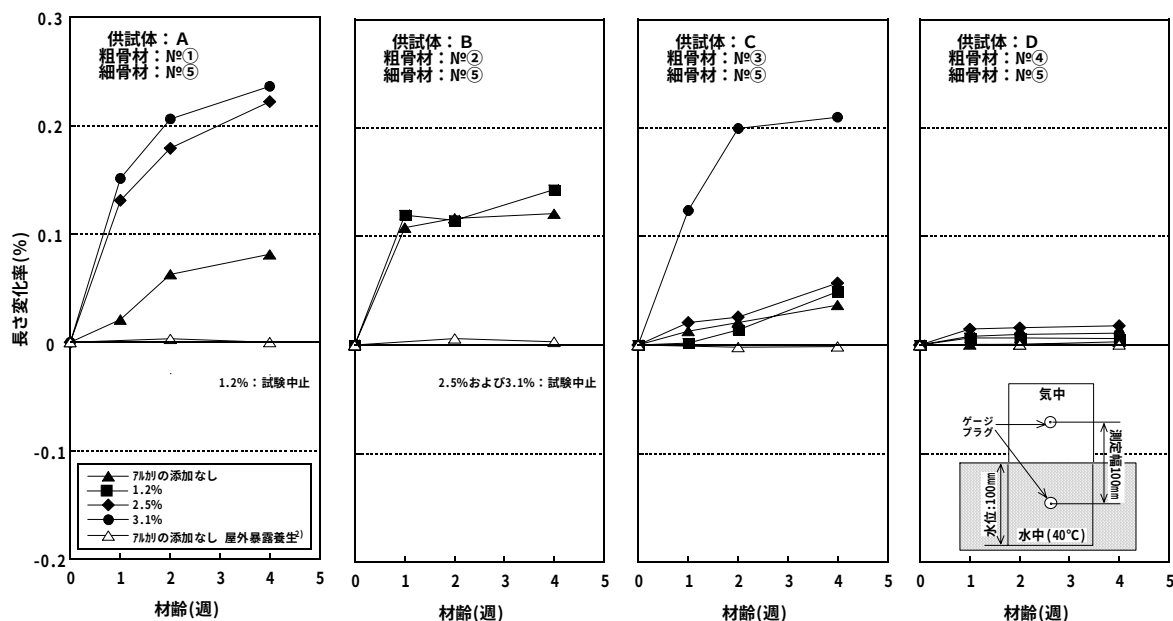


図1 温水養生した供試体における材齢と長さ変化の関係

ように取り付けた。

3. 結果および考察

温水養生した供試体における材齢と長さ変化の関係を図1に示す。図1には、以前に筆者らが行った屋外暴露養生(アルカリの添加なし)の結果²⁾を併せて示した。また、供試体Aの全アルカリ量(Na_2O 換算)1.2%、供試体Bの全アルカリ量(Na_2O 換算)3.1%および2.5%は、供試体両面における膨張量が著しく異なったことから供試体にそりが生じたと考えられた。また、供試体両面の平均値も異常な値となっており、以降の材齢において正確な試験値が得られないと判断したため、試験を中止した。

供試体A、供試体Bおよび供試体Cでは、いずれの供試体も膨張する傾向にあり、長さ変化率は、材齢およびアルカリの添加量に伴い大きくなる傾向が見られた。供試体Aでは、全アルカリ量(Na_2O 換算)3.1%および2.5%の膨張量は、他の供試体より大きかった。これは、供試体Aに用いた粗骨材は、各試験方法における判定結果が全て「無害でない」となった骨材であるため、アルカリの添加量が多い場合に膨張量が大きくなったと考えられる。供試体Dでは、全アルカリ量の違いにかかわらず長さ変化率はほぼ同等であった。供試体Dに用いた粗骨材(№4)は、迅速法のみ判定結果が「無害でない」となった骨材であるが、アルカリの添加および温水養生を行ったにもかかわらず膨張量が小さいことから、アルカリ骨材反応を起こす鉱物が少ないものと考えられる。また、供試体A～Cにおいて、アルカリの添加なしではいずれの供試体も温水養生を行った方が屋外暴露養生を行ったものより長さ変化率は大きくなり、膨張する傾向が見られた。この原因として、供試体A～Cに用いた粗骨材(№1～③)は、各試験方法による判定結果が「無害でない」となったものが多く、これらの骨材中には、アルカリシリカ反応に影響を及ぼす因子である反応性シリカを含む成分が多く含まれていると考えられる。また、アルカリ骨材反応の膨張量は、温度が40℃のとき最

大となる³⁾ため反応が促進されものと考えられる。さらに、供試体Aの全アルカリ量(Na_2O 換算)3.1%、2.5%および供試体Cの全アルカリ量(Na_2O 換算)3.1%の膨張量は、他のアルカリを添加した供試体と膨張の傾向が異なっていたことから、骨材に含まれる反応性鉱物とアルカリ量にはベシマム量があり、急激な膨張を起こすものと考えられる。これより、実際の構造物において季節や日照、温度などの環境条件の変動が長さ変化率に及ぼす影響は大きく、さらに、強度発現が比較的不安定な材齢の初期にこれらの環境条件の変動が重なると、膨張の挙動はより一層複雑化する可能性がある。

4. まとめ

今回の実験結果から、次の知見が得られた。

- (1)複数の試験方法による判定結果が「無害でない」となる骨材を用いた場合、膨張量は大きくなった。
- (2)迅速法のみ判定結果が「無害でない」となった骨材を用いた場合、膨張量は小さかった。
- (3)アルカリの添加にかかわらず、養生温度40℃にすることにより、膨張が促進される傾向が見られた。

今後は、継続的に測定を続けていき、骨材の各試験方法の判定結果とコンクリートの膨張量の比較検討を行っていきたいと考える。

【謝辞】

本実験を行うにあたり、ものづくり大学技能工芸学部の森田鉄也君に多大なるご協力を頂きました。ここに付記し、感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 平井 渉, 青森県における生コンの AAR 迅速法による試験結果について, セメント・コンクリート, №588, (1996), pp38～45
- 2) 須藤絵美, 竹村雅行, 中田善久, 笠井芳夫, 西田健治, 各種骨材のアルカリ骨材反応性試験に関する一考察—4 種類の試験方法による判定結果とコンクリートの膨張量の比較—, 日本大学生産工学部第 38 回学術講演会, (2005), pp225～228
- 3) 森永 繁, 環境条件とアルカリ骨材反応, コンクリート工学, Vol.24, №11, (1986), pp29～31