

コンクリートの ASR 促進膨張試験結果にアルカリ溶脱が及ぼす影響

九州大学大学院 学生会員 ○井上 祐一郎 九州大学大学院 正会員 佐川 康貴
(独)港湾空港技術研究所 正会員 川端 雄一郎 太平洋セメント(株) 正会員 山田 一夫

1. はじめに

アルカリシリカ反応(ASR)においてオパールなど反応性の高い鉱物を含有する骨材を使用した場合、ペシマム現象によりアルカリ総量規制値の 3kg/m^3 以下でも実構造物において ASR 劣化を生じる可能性が指摘されている¹⁾。そのため、アルカリ総量規制値を引き下げる必要性が主張されており、そのアルカリ総量を決定する場合、コンクリート促進膨張試験により詳細に検討されることが予想される。しかし、促進膨張試験で湿布養生を行う事で供試体表面から湿布にアルカリが溶脱し、膨張を過小評価している可能性が指摘されている²⁾。そのため、アルカリ量と膨張の関係を正しく評価できない可能性があると言える。そこで、本研究ではコンクリート供試体の寸法の変化によりアルカリ溶脱の程度を変化させ、アルカリ溶脱が促進膨張試験結果に与える影響を考察した。

2. 実験概要

2.1 使用材料

セメントは、普通ポルトランドセメント(密度 3.14g/m^3 、比表面積 $3370\text{cm}^2/\text{g}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$ 量 0.55%)を使用した。非反応性骨材は、粗骨材の石灰石(G)と細骨材の石灰石砕砂(LS)を使用した。反応性骨材は、反応性鉱物としてオパールを含有する安山岩質凝灰岩を含む山砂(PS)を使用した。PS は粒度 $5\sim 1.2\text{mm}$ のものを使用し、 1.2mm 以下の LS と混合した。また、著者らの既往の研究で、PS はモルタルにおいてペシマム現象を生じることが確認されており³⁾、コンクリートにおいてペシマム現象によりアルカリ総量 3kg/m^3 以下でも ASR を生じると予想される。

2.2 配合条件および促進養生条件

表-1 にコンクリートの示方配合を示す。単位セメント量は $300, 500\text{kg/m}^3$ とし、細骨材率は 45% で一定とした。PS の混合率は細骨材に対して $20\text{vol.}\%$ と一定とした。コンクリートのアルカリ総量が 3kg/m^3 となるよう NaOH を用いて調整した。供試体の寸法は $\phi 100\times 200\text{mm}$ と $\phi 150\times 300\text{mm}$ の二通りとした。注水後 24 時間で脱型し、脱型後すぐに促進膨張試験を開始した。供試体を 60°C の環境下で湿布養生し、1 週間ごとに湿布を巻き変えた。

表-1 示方配合

W/C(%)	単位量(kg/m ³)						AE剤 (ml/m ³)	AE 減水剤 (g/m ³)	高性能 AE減水剤 (kg/m ³)	アルカリ 総量 (kg/m ³)
	W	C	S		G	NaOH				
			LS	PS						
35	175	500	592	139	925	0.32	10	0	4.5	3
60	180	300	648	152	1013	1.74	12	938	0	3

2.3 アルカリ量推定方法

材齢 300 日においてコンクリート供試体のアルカリ量推定を行った。供試体を供試体側面(表面)からの距離で、表層、中層、中心部の 3 つに分割し、粉碎したものを試料とした。「建設省総合技術開発プロジェクト コンクリートの耐久性向上技術の開発」(総プロ法)に従い、アルカリ量を測定した。溶液の Na^+ および K^+ 濃度は原子吸光光度計で測定した。なお、測定したアルカリ量は総プロ法の補正式に基づき補正した。

3. 実験結果

3.1 コンクリート膨張試験結果

図-1 にコンクリート促進試験における膨張率の経時変化を示す。なお、凡例の形は W/C、色は供試体寸法を表している。図-1 より、 $\phi 100\times 200\text{mm}$ の供試体においては材齢 300 日においても膨張は確認できていない。しかし、 $\phi 150\times 300\text{mm}$ の場合は材齢 100 日より膨張を開始し、最終膨張率が 0.3% を超えるほどまで膨張を生じてい

キーワード ASR ペシマム現象 アルカリ溶脱 供試体寸法
連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡 744 番地 TEL 092-802-3387

る。以上より、同一配合でも供試体寸法により膨張挙動が異なった。

3.2 総プロ法によるアルカリ量推定結果

図-2および図-3に W/C=35%および W/C=60%の場合のアルカリ量の推定結果を示す。なお、図の点線は初期に設定したアルカリ総量を示している。図-2, 3より、いずれの場合も供試体表面に向けてアルカリ量が低下する傾向にあり、表層では約 1.5kg/m^3 と初期のアルカリ量の半分程度までアルカリ量が低下している。また、 $\phi 100 \times 200\text{mm}$ において中層および中心部のアルカリ量に着目すると、W/C=35%においてはアルカリ量が $2 \sim 2.5\text{kg/m}^3$ であるが、W/C=60%においてはアルカリ量が $1 \sim 1.5\text{kg/m}^3$ となった。よって、W/Cによってアルカリ溶脱への影響が異なると分かった。これは、W/Cによりセメントペースト部分の組織が異なるためであると考えられる。

ここで、特筆すべきことは供試体寸法により中心部のアルカリ量が異なり、 $\phi 100 \times 200\text{mm}$ の供試体においては中心部においてもアルカリ量が低下していることである。 $\phi 100 \times 200\text{mm}$ において中心部のアルカリ量は W/C=35%, 65%, それぞれ $2.5, 1.5\text{kg/m}^3$ となっており、初期のアルカリ量に比べ低下していることが分かる。しかし、 $\phi 150 \times 300\text{mm}$ における中心部のアルカリ量は約 3kg/m^3 となっており、アルカリ量の低下は認められない。よって、 $\phi 100 \times 200\text{mm}$ ではアルカリ溶脱の影響が顕著である事が示された。

4. ASR の膨張性評価に供試体寸法が及ぼす影響の考察

本研究において同一配合であっても $\phi 100 \times 200\text{mm}$ の供試体は膨張を示さず、 $\phi 150 \times 300\text{mm}$ では膨張を示した。その原因は、供試体表面からのアルカリ溶脱であり、 $\phi 100 \times 200\text{mm}$ の供試体では中心部においてもアルカリ量の低下することが明らかとなった。

以上より、実構造物において 3kg/m^3 以下で ASR 劣化を生じた場合であっても、実験室での促進膨張試験では再現できず、その反応性を評価できない可能性が考えられる。これは、実構造物内部ではアルカリ溶脱の影響が少なく、供試体においてはアルカリ溶脱の影響が大きいためであると考えられる。このように促進膨張試験を行う場合は、アルカリ溶脱を考慮して供試体の寸法を考慮する必要があると言える。特にペシマム現象に対するアルカリ総量規制値の検討に対しては、本研究のように $\phi 150 \times 300\text{mm}$ の供試体などアルカリ溶脱を考慮して評価する必要があると言える。

5. まとめ

本研究における ASR 促進膨張試験では、同一配合において $\phi 100 \times 200\text{mm}$ の供試体では膨張は認められず、 $\phi 150 \times 300\text{mm}$ の供試体では膨張が認められた。また、アルカリ量推定の結果より $\phi 100 \times 200\text{mm}$ の供試体の中心部においてアルカリ量の低下が確認されたが、 $\phi 150 \times 300\text{mm}$ の供試体の中心部ではアルカリ量の低下は確認されなかった。以上より、アルカリ溶脱の影響を考慮して供試体寸法を決定する必要があると言える。

【参考文献】

- 1) 山田一夫ほか：岩石学的考察を含んだ ASR 診断の現実と重要性、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.7, pp.21-27, 2007.11
- 2) P.Rivard et al : Alkali mass balance during the accelerated concrete prism test for alkali aggregate reactivity, Cement and Concrete Research, Vol.33, pp.1147-1153, 2003
- 3) 井上祐一郎ほか：高反応性骨材を用いたモルタルのペシマム現象とフライアッシュによる ASR 抑制効果、土木学会第 64 回年次学術講演会講演概要集, pp.201-202, 2009.9

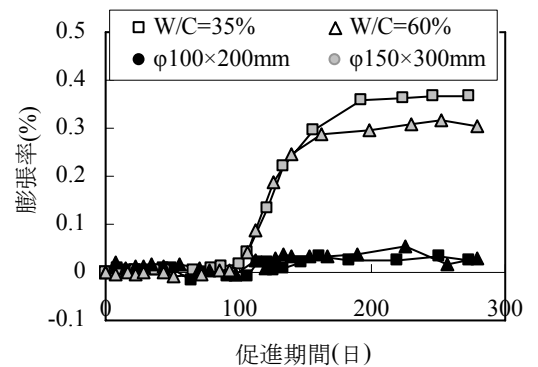


図-1 膨張率の経時変化

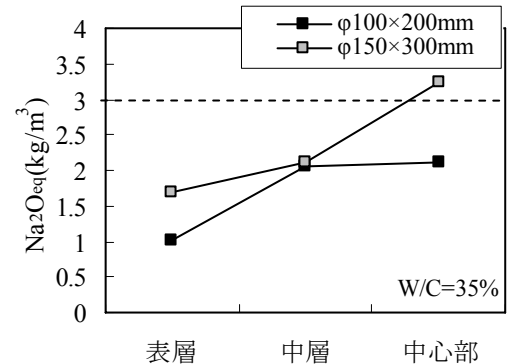


図-2 アルカリ量推定結果 (W/C=35%)

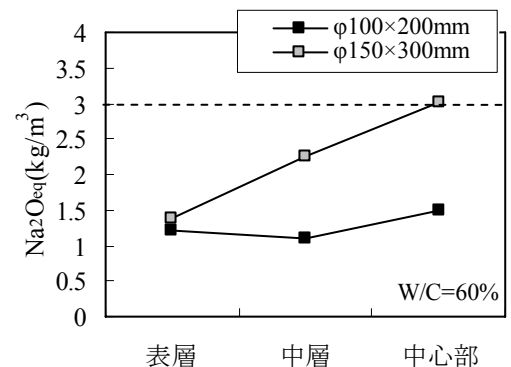


図-3 アルカリ量推定結果 (W/C=60%)