

ペシマム現象を示す骨材を用いたコンクリートの室内促進試験における ASR 膨張挙動

九州大学大学院 学生会員 ○小田聡 正会員 佐川康貴 フェロー会員 濱田秀則
 (独) 国立環境研究所 正会員 山田一夫 (株) 太平洋コンサルタント 正会員 小川彰一
 (株) オリエンタル白石 (元 九州大学大学院) 正会員 田中暁大

1. はじめに

既往の研究¹⁾において、ペシマム現象を示す反応性骨材を用いたコンクリートプリズム試験 (CPT) における材齢約半年の ASR 膨張挙動に関して報告を行った。本研究ではその継続試験を行い、材齢約 2.4 年の結果からペシマム現象を示す骨材を用いた場合の ASR 膨張挙動について考察を加えた。

2. 使用骨材の特性およびコンクリートの配合

本研究では、局所的にオパールを含有する安山岩砕石である骨材 R (表乾密度 2.54g/cm³, 吸水率 1.50%) を反応性粗骨材として使用した。化学法 (JIS A 1145) の結果, 使用した反応性骨材 R は Sc=710mmol/L, Rc=168mmol/L となり「無害でない」と判定された。モルタルバー法 (JIS A 1146) の結果を図-1 に示す。JIS モルタルバー法の結果, 14 日の膨張率は 0.16%, 182 日では 0.23%と判定基準 0.100%を大きく上回り, 「無害でない」と判定された。これらの結果から, 反応性粗骨材 R は非常に反応性が高い骨材である。

促進条件 (温度とアルカリ総量) が膨張挙動に及ぼす影響を検討するため, 表-1 に示す水準で促進養生した。セメントには普通ポルトランドセメントを使用した。フライアッシュ (FA) の ASR 抑制効果を評価するために, FA II 種をセメントに対し, 15mass% (No.13) と 30mass% (No.14) 置換し, 60°Cで促進養生を行った。コンクリートの配合を表-2 に示す。アルカリ総量の調整は水酸化ナトリウム試薬を練混ぜ水に添加し行った。なお, 反応性骨材 R と石灰石砕石である非反応性骨材 N (表乾密度 2.70g/m³, 吸水率 0.30%) は体積比 3 : 7 でペシマム現象を引き起こすことが事前の実験により確認されているため, 本研究においても粗骨材は 3 : 7 の割合で使用した。また, 細骨材は全て非反応性骨材である石灰石砕砂 S を使用した。

3. 供試体の寸法および養生方法

ASR 評価法として用いられている北米や RILEM の従来の CPT は供試体の乾燥やアルカリ溶脱の影響を受けるため, 実験の再現性が悪く, ASR による劣化のリスクを正しく評価できない。

そこで本研究では, 75×75×250mm の角柱を, コンクリートの細孔溶液のアルカリ濃度に近い濃度の NaOH 水溶液 50g を吸水させた不織布で被覆し, その上から非透水性のラップフィルムで包むアルカリラッピング (AW) を施した CPT (以下, AW-CPT と称する) を実施した。

4. 試験結果および考察

図-2 に AW-CPT による膨張率の試験結果を示す。凡例は要因番号 (養生温度-アルカリ量) とした。まず, 各温度でのアルカリ総量の影響について着目する。促進養生温度 60°Cの No.1~4 を比較すると, アルカリ総量が多いほど初期の膨張速度は大きくなり, 長期的にも膨張率は高くなる傾向がある。40°Cでは, 材齢 52 週間まではアルカリ総量に依存せず同様の膨張傾向を示した。長期的にはアルカリ総量の少ない No.8 が No.7

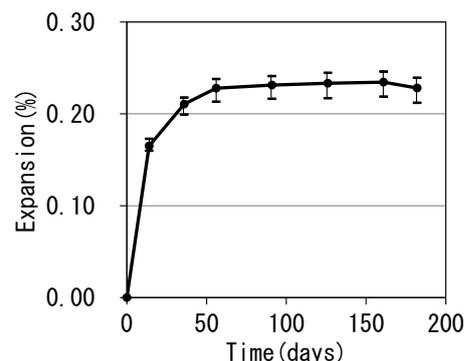


図-1 JIS モルタルバー法の試験結果

表-1 供試体の要因と水準

		アルカリ総量(kg/m ³)				
		5.50	4.25	3.00	2.50	2.00
温度 (°C)	60	No.1 No.13(FA15) No.14(FA30)	No.2	No.3	No.4	No.5
	40	No.6	No.7	No.8	-	-
	20	No.9	No.10	No.11	No.12	-

表-2 コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				
		W	C	S	G	
50	45	163	326	794	296	734

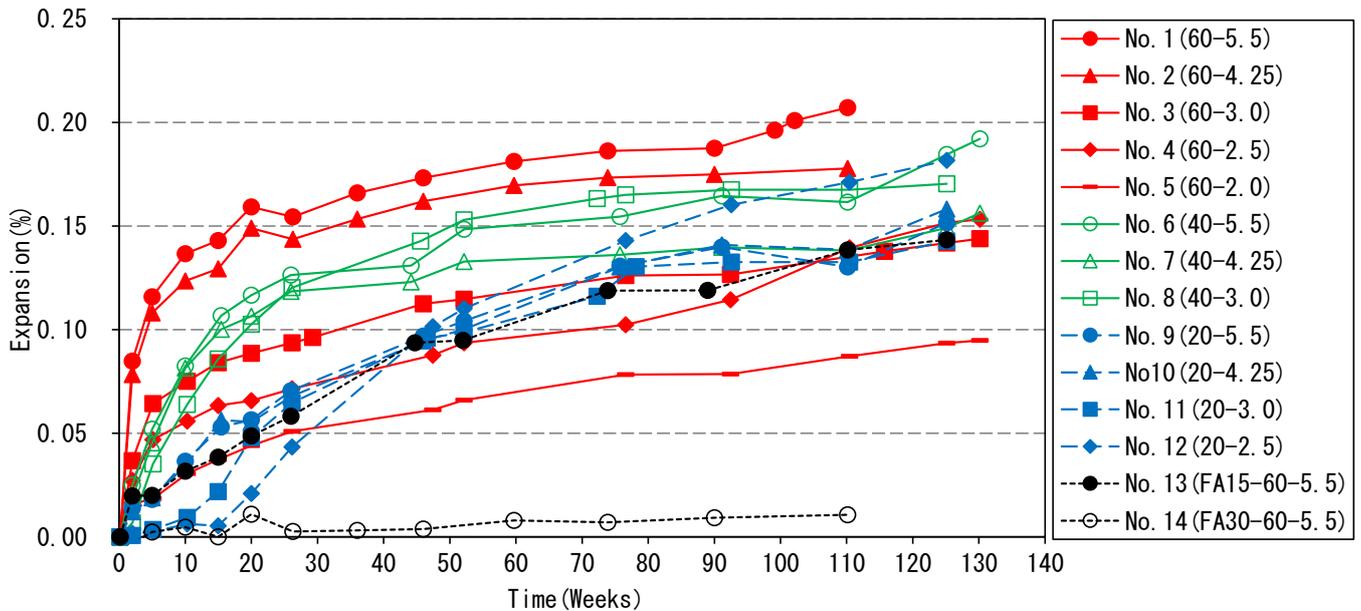


図-2 膨張率の経時変化

を上回り、アルカリ総量と膨張率の関係がわずかながら逆転傾向にあった。20°Cでは60°Cと同様にアルカリ総量が多いほど初期の膨張率が高くなるという特徴が表れているが、長期的には45週付近で収束し、それ以後はアルカリ総量の最も少ないNo.12が最も膨張率が高くなるといった逆転した現象が確認された。

次に、同一アルカリ総量での温度の影響に着目すると、アルカリ総量5.5、4.25および3.0kg/m³の全てで、促進養生温度が高いほど初期の膨張率が高くなり、その後、膨張速度が小さくなる傾向がある。一部、アルカリ総量3.0kg/m³では最も温度の高い60°CのNo.3が40、20°Cの膨張率より低くなる現象が生じた。

単純に考えれば、高温、多アルカリ総量ほど膨張率は高くなると考えられるが、長期的な膨張率は高温、多アルカリ総量ほど大きくなるわけではないという結果が確認された。

これらの原因として著者ら²⁾は厳しい促進条件による膨張に寄与しないアルカリシリカゲルの試験体外への損失の可能性を挙げており、骨材の反応性により適切な促進条件を設定する必要があると考えられる。

また、No.13およびNo.14とNo.1を比較すると、促進養生温度60°C、アルカリ総量5.5kg/m³の条件下でもFAによるASR抑制効果が確認できる。しかし、このような高温、多アルカリ環境下においてはFAが過度に水和促進され、実環境でのASR抑制効果が正しく評価できているかどうかは今後さらに検証が必要である。

5. まとめ

本研究では、アルカリ溶脱と乾燥を抑制するため、アルカリ溶液を含んだ不織布を巻くAW-CPTにおけるASR膨張挙動について検討した。結果として、高温、多アルカリ総量によるASRの促進効果が確認された。しかし、長期的にはASRによる膨張率は高温、多アルカリ総量であっても必ずしも高くなるというわけではなく、温度、アルカリ総量の違いによるASR膨張メカニズムにも違いが生じている可能性が考えられた。したがって、今後、様々な骨材での検討を行い、膨張メカニズムを把握し、骨材の種類に応じた促進条件を設定することでASRのリスクをより低減できると考えられる。

参考文献

- 1) 小田聡, 田中暁大, 佐川康貴, 山田一夫, 小川彰一, 濱田秀則: ASR膨張挙動の温度およびアルカリ量依存性に関する検討, 平成26年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp.633-634, 2015
- 2) Kazuo Yamada, et al.: Exact Effects of Temperature Increase and Alkali Boosting in Concrete Prism Tests with Alkali-wrapping, Proceedings of the 16th International Conference on Alkali Aggregate Reaction, 203, 2016