

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

九州大学 学生会員 ○小田聡 九州大学大学院 学生会員 田中暁大 正会員 佐川康貴
 (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
 九州大学大学院 フェロー会員 濱田秀則

1. はじめに

現在、わが国における骨材の ASR の反応性評価法として化学法 (JIS A 1145) とモルタルバー法 (JIS A 1146) が主に用いられている。しかし、これらの方法では遅延膨張性、ペシマム現象を有する骨材を「無害」と判定してしまう可能性があり、実際に用いられるコンクリート配合での試験法が必要である。そこで著者らは JASS 5N T-603 および RILEM AAR-4 (以下 AAR-4 法と称する) に着目し、コンクリートプリズム供試体による ASR 膨張挙動を比較し、促進条件の違いが ASR 膨張挙動に与える影響について検討した¹⁾。

本研究では、供試体からのアルカリ溶脱と水分供給を制御した新たな試験法 (以下 AW-CPT 法と称する) で ASR 膨張挙動の温度とアルカリ量への依存性を検討した。

2. 使用骨材の特性およびコンクリートの配合

使用した反応性骨材 R はオパールを多量に含有する安山岩であり非反応性骨材 N は石灰石砕石である。反応性骨材 R の JIS モルタルバー法の結果を図-1, ASTM モルタルバー法の結果を図-2 に示す。化学法の結果, 使用した反応性骨材 R は $Sc=710\text{mmol/L}$, $Rc=168\text{mmol/L}$ となり「無害でない」と判定された。JIS モルタルバー法の結果では 180 日で 0.1% を下回り, 無害と判定されたが, ASTM モルタルバー法では 14 日で 0.1% を上回り, 有害であると判定された。反応性骨材 R と非反応性骨材 N 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。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。

ASR の温度依存性を確認するために養生温度は 60°C (No.1~5, 13~14), 40°C (No.6~8), 20°C (No.9~12) の 3 通りとした。また, アルカリ量依存性を確認するため, 各養生温度において, 数水準のアルカリ量の供試体を作製した。フライアッシュの ASR 抑制効果を評価するために, フライアッシュをセメントに対し, 15% mass 置換したものを No.13, 30% mass 置換したものを No.14 とし, 養生温度は 60°C とした。コンクリートの基本的な示方配合は表-2 に示す通りとし, 目標のスランブ, 空気量の範囲内に収まるように, 混和剤で調整を行った。アルカリ量の調整は水酸化ナトリウム試薬で行った。

3. 供試体の寸法および養生方法

AAR-4 法では格納容器中で供試体のラッピング行わず, そのた

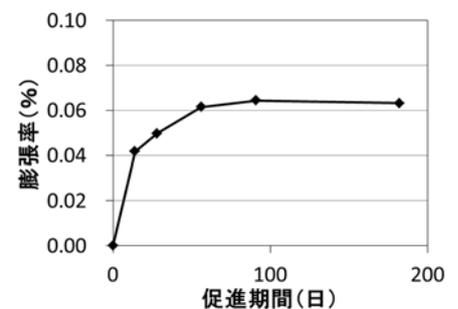


図-1 JIS モルタルバー法の結果

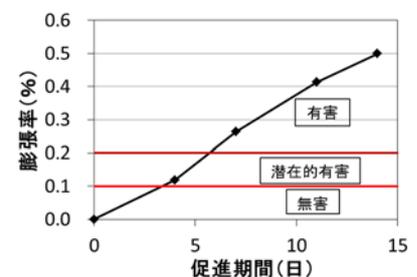


図-2 ASTM モルタルバー法の結果

表-1 供試体の要因と水準

番号	アルカリ量(kg/m ³)	養生温度
1	5.50	60°C
2	4.25	
3	3.00	
4	2.50	
5	2.00	
6	5.50	40°C
7	4.25	
8	3.00	
9	5.50	20°C
10	4.25	
11	3.00	
12	2.50	
13	5.50	60°C
14	5.60	

表-2 コンクリートの示方配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランブ (cm)	空気量 (%)	水セメント比 W/C(%)	細骨材率 (%)	単位量(kg/m ³)				
					水W	セメントC	細骨材S	粗骨材G	
								G(R)	G(N)
20	8±2.5	4.5±1.5	50	45	163	326	794	296	734

めアルカリ量が多いほどアルカリの溶脱が多く、ばらつきも大きくなる傾向にあり、実験の再現性が悪いことが確認されている。

本研究では、AAR-4 法と同じ 75×75×250mm のコンクリートプリズムを作製し、脱型後から 30±5 分間水中浸漬し吸水させ、その後直ちに供試体長さを測定し基長とした。コンクリート中の細孔溶液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を供試体に巻き、その上から非透水性のラップで包むことにより供試体のアルカリ溶脱と水分供給を制御した(写真-1)。アルカリラッピングした供試体は、湿潤環境にしたステンレス容器内に格納し、それぞれの温度条件で養生した(写真-2)。その後、促進期間 2, 5, 10, 15, 20, 26 週で長さ変化を測定した。なお測定 24 時間前に 20℃の恒温室に移し温度 20℃条件下で測定を行った。測定はダイヤルゲージ法で行った。また、測定ごとに不織布を 50g の吸水状態になるように水を吸水させた。

4. ASR 試験結果

図-3 に AW-CPT 法による膨張率の試験結果を示す。凡例は供試体番号(養生温度・アルカリ量)となっている。養生温度が高いほど初期の段階での膨張率の傾きが大きく、その後、膨張速度は小さくなり 26 週時点では膨張は減速しているが、20℃の低温では膨張速度は緩やかに大きくなり、26 週時点でも収束せず伸び続けている。いずれの温度条件においてもアルカリ量に応じて膨張率は大きくなるのが分かるが、高温であるほどその特徴は顕著に現れている。40℃ではアルカリ量による伸びの差異はほとんどなく、最終膨張率もアルカリ量が同じ 60℃のものよりも大きくなっている。

また、No. 1 と No.13, 14 を比較するとフライアッシュで置換した配合では膨張率が小さくなっているため、フライアッシュには ASR の抑制効果があることも評価でき。アルカリ量が少ない No.4, 5 とフライアッシュを 30% 置換することにより膨張を抑制した No.14 以外では全ての要因で 20 週 0.04% の判定基準を上回り、無害でないという結果になった。

5. まとめ

本研究では、アルカリ溶脱と乾燥を防ぐためアルカリを含んだ不織布を巻く AW-CPT の効果を検証した。結果として AAR-4 法の問題点であったアルカリの溶脱は抑えることができ、ASR の温度やアルカリ量への依存性を確認することができた。しかし、低温、少アルカリ量についてのデータや遅延膨張性を有する骨材のデータが不足しており、今後も様々な要因を考慮したデータを蓄積していく必要がある。

参考文献

1) 烏田慎也, 佐川康貴, 山田一夫, 小川彰一: 加速試験における促進条件の違いが ASR 膨張挙動に及ぼす影響, 平成 25 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp.693-694, 2015

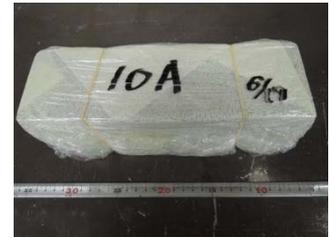


写真-1 アルカリラッピング



写真-2 容器に格納した供試体

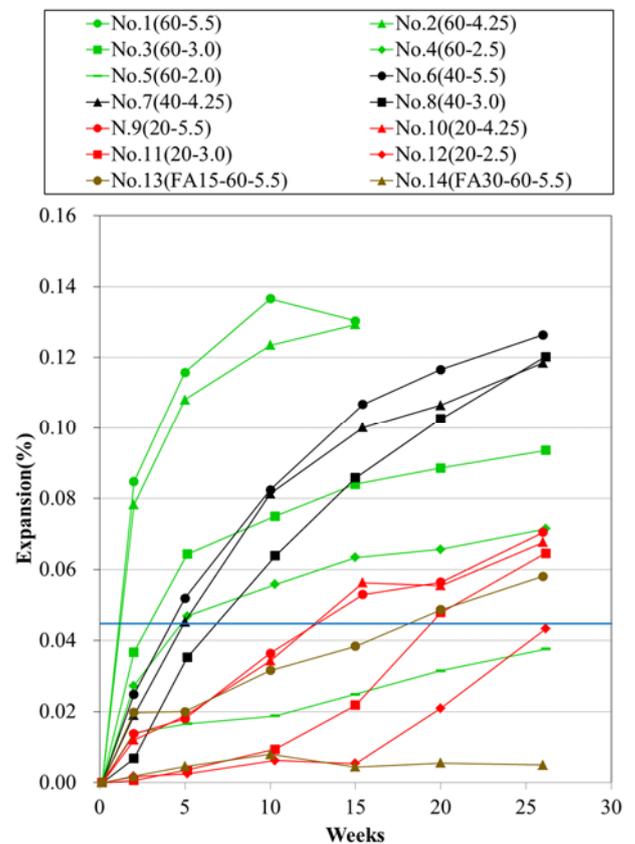


図-3 AW-CPT による膨張率