

室内促進試験による曝露試験体の ASR 膨張挙動の再現

九州大学 学生会員 ○俵積田新也 九州大学大学院 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

1. はじめに

骨材のアルカリシリカ反応性の代表的な評価法である化学法 (JIS A 1145) やモルタルバー法 (JIS A 1146) では、実環境でのコンクリートの膨張開始時期や膨張速度などを評価することは難しい。そこで本研究では、RILEM AAR-4.1 をもととし、アルカリ溶脱防止のために空隙水と同等のアルカリ濃度の溶液を含有させた不織布で試験体を被覆するコンクリートプリズム試験 (以下 AW-CPT) ¹⁾ を実施し、実構造物の ASR 膨張挙動の再現性を検討した。検討では、2 種類の反応性骨材を用い、種々の配合の実構造物を模した屋外曝露試験と AW-CPT の結果を比較した。

表-1 骨材のアルカリシリカ反応性

2. 試験概要

本研究で用いた反応性骨材は、オパールを含有する安山岩 (骨材 A) と、少量のカルセドニーを含み主には隠微晶質、微晶質石英からなるチャート碎石 (骨材 B) の 2 種類で、表-1 に示す通り、化学法とモルタルバー法では無害でないと判定された。

表-2 コンクリートの配合および試験環境条件

表-2 に AW-CPT と曝露試験のコンクリート配合を示す。供試体名は、反応性骨材の種類 (A, B), 割合 (5, 30, 100%), アルカリ総量 ($2.60 \sim 5.50 \text{ kg/m}^3$), 曝露場所 (L は室内試験 AW-CPT, E は曝露試験), L の養生温度 (20, 40°C) を示す。水セメント比 W/C は 50% を基本と

供試体 骨材の種類、置換率- アルカリ総量- 試験方法 (-養生温度)	養生 温度	不織布に吸水 させる NaOH濃度 (mol/L)	W/C (%)	アルカリ 総量 (kg/m ³)	単位量(kg/m ³)					
					水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材G 反応性 非反応性 骨材 骨材		
A5-3.00-L-20	20℃	0.726	50	3.0	160	320	837	48	978	
A5-3.00-L-40	40℃									
A30-3.00-L-20	20℃			0.605	2.5	163	326	794	296	734
A30-3.00-L-40	40℃									
A30-2.50-L-20	20℃	-	40	2.6	160	400	758	48	981	
A5-2.60-E	曝露									
A30-2.60-E				40	160	400	758	288	723	
A30-3.25-E				32	3.25	160	500	674	288	723
B100-5.50-L-20	20℃	1.332	50	5.5	160	320	827	927	-	
B100-5.50-L-40	40℃		50		160	320	827	927		
B100-5.50-E	曝露		50		160	320	827	992		

した。曝露試験では実施工を想定し、40%と 32%とすることでアルカリ総量を変化させた。粗骨材と細骨材用の非反応性骨材には高純度の石灰石碎石を使用した。アルカリ総量は水酸化ナトリウム試薬を練混ぜ水に添加し調整した。AW-CPT は文献 ¹⁾ に従い、 $75 \times 75 \times 250 \text{ mm}$ の角柱を、コンクリートの空隙水と同等のアルカリ濃度の 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んで養生を行った。曝露試験は、実構造物を再現するため、より大きな供試体 (骨材 A は $400 \times 400 \times 500 \text{ mm}$, 骨材 B は $400 \times 400 \times 600 \text{ mm}$) を用いた。側面にゲージプラグを埋め込み、コンタクトゲージ法により表面の膨張率を測定した。測定値には実測値による熱膨張係数で温度補正を行った。曝露試験場は九州大学伊都キャンパスである。

3. 測定結果および考察

図-1 に骨材 A の曝露試験の結果を示す。アルカリ総量 3.25 kg/m^3 の供試体は 2.60 kg/m^3 と比較して、初期材齢から長期まで一貫して膨張率が高い。また、アルカリ総量 2.60 kg/m^3 で、反応性骨材置換率の異なる供試体を比較すると、材齢 2000 日以前の結果において反応性骨材 30%の方が 5%よりも膨張率が高いが、反応性骨材 5%では 500 日まで膨張しておらず、その後より急速に膨張を開始し 2000 日以降では逆転した。この傾向を AW-CPT において再現できるか、図-2, 図-3 において検討する。

図-2 に AW-CPT の結果 (反応性骨材 30%) を示す。養生温度 20°C では初期材齢でアルカリ総量 3.00 kg/m^3 の方がより膨張したが、材齢 250 日を過ぎると 2.5 kg/m^3 と逆転し、曝露試験での結果と異なった。また、 40°C においては初期に急速に膨張し、材齢 400 日付近で膨張が収束した。この原因は今後の検討を要するが、CPT において過

剰な促進は長期的な膨張を妨げる可能性がある。図-3 に骨材 A の AW-CPT において反応性骨材置換率と養生温度を変化させた結果を示す。養生温度 40℃で曝露試験の結果と同様に、初期の段階では置換率 30%の方が 5%よりも高い膨張率を示すが、140 日では同等となり、今後、曝露試験の結果と同様に膨張率が逆転することが予想できる。したがって、AW-CPT で曝露試験の膨張の挙動は概ね再現できている。養生温度 20℃においては 40℃と比較して膨張速度が遅くなるものの反応性骨材の置換率の影響は再現できていると考えられる。

図-4 に骨材 B の曝露試験と AW-CPT の結果を示す。曝露試験では材齢 600 日までほとんど膨張が見られないが、600 日以降で膨張が開始している。AW-CPT では、養生温度 20℃で曝露試験と同様に初期では膨張は見られないが材齢 400 日以降になり膨張が開始していることが分かる。これより、膨張開始時期に差はあるが初期材齢では膨張せず膨張が開始後、急速に膨張する挙動は再現できている。骨材 B においても骨材 A と同様に、AW-CPT は曝露試験での膨張挙動の再現性があるが、膨張の開始が早いことが確認できる。また、養生温度 40℃では、初期から膨張が開始するが材齢 400 日付近で膨張が収束し、曝露試験とは異なる結果となった。この原因についても過剰な促進が長期的膨張を妨げているためと考えられる。

2 種類の反応性骨材において、AW-CPT では膨張の開始がより早いことが確認できた。これは、温度の差による可能性のほかに水分供給の影響が考えられる。曝露試験においては降雨時間が限定されており十分な吸水が行われないが、AW-CPT ではアルカリラッピングにより常に湿潤な状態が保持されており、試験体への水分供給が十分に行われている影響もあると考えられる²⁾。

4. まとめ

本研究で曝露試験と AW-CPT の結果を比較することで ASR による膨張を AW-CPT で再現できるのか検証した。結果として骨材置換率による膨張挙動への影響は再現できたが、水分供給の差により曝露試験より膨張の開始が早められている傾向や、AW-CPT では過剰な促進により長期的膨張が妨げられることが確認された。また異なる種類の骨材においてもこの傾向は同様に確認でき、今後、AW-CPT で膨張予測を行うためには、AW-CPT によりどの程度膨張が早まるのか、長期的な膨張を妨げる養生温度とアルカリ総量の条件について、検討する必要がある。

謝辞：本研究は、JSPS 科研費 JP16H04389 の助成を受けたものです。関係者各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) 日本コンクリート工学会：性能規定に基づく ASR 制御型設計・維持管理シナリオに関する研究委員会報告書，pp.21-35，2017.9
- 2) Y. Kawabata, et al.: Correlation between laboratory expansion and field expansion of concrete: Prediction based on modified concrete expansion test, Proc. 15th International Conference on Alkali-Aggregate Reaction, 23, 2016

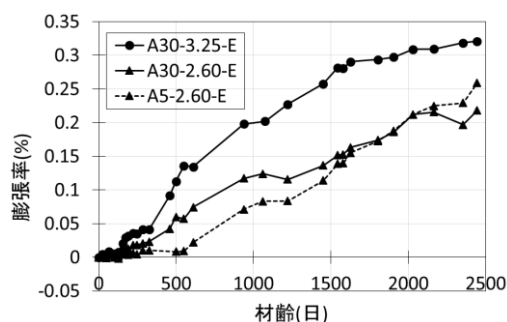


図-1 骨材 A 曝露試験の結果

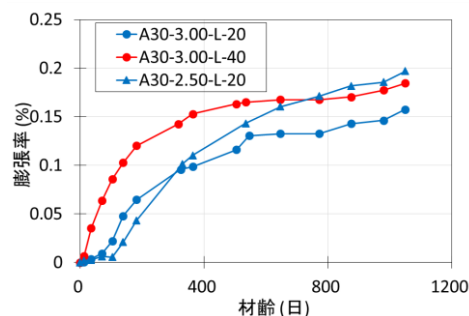


図-2 骨材 A 骨材置換率 30%での AW-CPT の結果

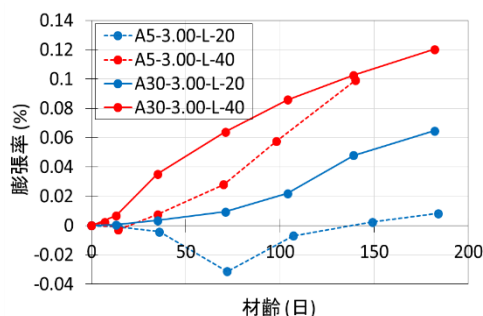


図-3 反応性骨材置換率と温度を変化させた AW-CPT の結果

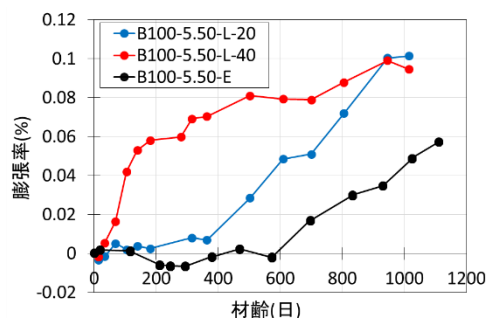


図-4 骨材 B 曝露試験と AW-CPT の結果