

ASR ゲルの移動性に伴うコンクリート膨張の寸法効果

東京大学 学生会員 ○小川森平
 東京大学大学院 正会員 高橋佑弥
 東京大学大学院 フェロー会員 前川宏一

1. はじめに

拘束条件の下でアルカリ骨材反応 (ASR) によるコンクリートの膨張挙動を予測する手法は発展途上にある。本研究では、ASR ゲルの移動性に着目し、シリカゲルの移動とコンクリート複合体としての膨張の関係に視点を当て、膨張挙動に現れる寸法効果を実験的に計測することを目的とした。

2. ゲルの移動性と膨張量の関係

10×10×40cm の角柱供試体に ASR が発生した場合の膨張挙動を ASR ゲルへ適用された固液二相 Biot モデル¹⁾を用いて熱力学計算²⁾を基に解析した。ゲルの透過係数 κ を変化させて行った解析結果を図-1に示す。透過係数 κ が大きい時、すなわちゲルがひび割れ中を移動しやすい場合、試験体の膨張量は小さくなる。透過係数ごとにゲルの等価移動距離を算定した結果を図-2に示す。供試体中央部から表面までの長さ以上の距離が算定される時、膨張量が著しく小さくなることがわかる。ゲルの表面からの滲出と移動が膨張量に影響を与えている。ASR 膨張挙動に寸法効果が表れることが示唆された。試験体寸法が十分小さいと、ゲルの流出が容易に起こり、膨張圧力が小さくなる結果と理解される。ゲルの移動に伴う膨張圧の変化と膨張量に現れる寸法効果の定量的な議論は過去に例は見当たらない。実験的に寸法効果が観察されれば、ゲルの移動性を間接的に実証するものとなる。

3. 寸法効果に関する実験的・解析的検討

ASR 膨張挙動における寸法効果を観察すべく、異なる寸法の供試体の膨張量計測実験を行った。

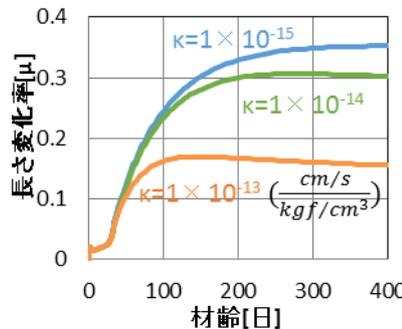


図-1 解析における膨張量

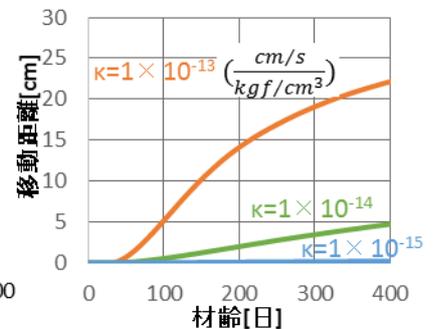


図-2 ゲルの等価移動距離

表-1 示方配合

W/C (%)	s/c (N/N)	W (kg/m ³)	C (kg/m ³)	S(反応性) (kg/m ³)	Na ₂ O _{eq} (kg/m ³)
50	2.25	296	591	1331	9.0

表-2 供試体寸法

供試体群	供試体寸法	計測方法	封緘期間
A	1×1×1cm, 2×2×2cm, 4×4×4cm, 10×10×10cm	画像測定	16日間
B		マイクロメータ	6日間
C	2×2×8cm, 4×4×16cm, 10×10×10cm	ひずみゲージ	3日間

(1) 供試体条件・計測方法

表-1に示す配合条件のもと、反応性骨材を用いてモルタル供試体を作製した。ASR 促進のために NaOH を一定量練り混ぜ水に添加した。3D 形状測定機を用いた画像測定による非接触計測、マイクロメータを用いた接触計測、埋込型ひずみゲージによる計測を行った。既存の膨張量計測方法では供試体寸法が小さく測定が困難なため、これらの方法を試行した。供試体の寸法を表-2に示す。養生は表-2に示す封緘期間の後に、40°C 湿潤環境下で促進養生を施す条件とした。画像測定とマイクロメータは表面ひずみ、ひずみゲージは内部ひずみを計測対象とした。画像測定及び接触計測は 20°C RH60%環境に 2 時間半静置した後に計測を行った。

(2) 実験結果

膨張量測定結果を図-3に示す。画像測定において、10×10×10cm, 4×4×4cm の順に大きな長さ変化が測定された。2×2×2cm と 1×1×1cm の供試体

キーワード アルカリシリカ反応, 寸法効果, 固液二相 Biot モデル, ゲルの移動性。

連絡先 〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 工学部 1号館 329室 TEL 03-5841-6146

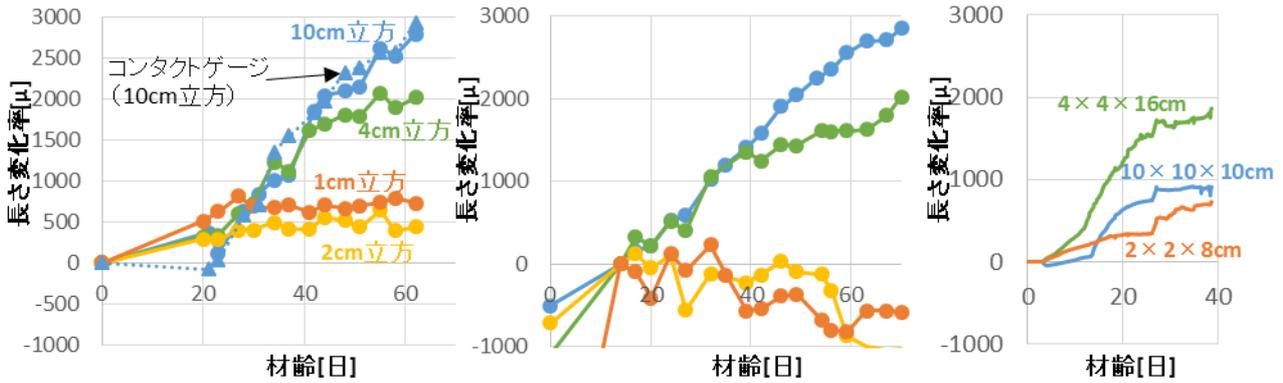


図-3 実験結果 (左: 画像測定, 中央: マイクロメータ, 右: 埋込型ひずみゲージ)

については膨張が小さく、両者間の計測結果の差異も小さかった。マイクロメータによる計測結果も同傾向であった。ASR 膨張挙動において有意に寸法効果が本実験において観測されたといえる。しかしながら、埋込型ひずみゲージによる計測結果では $4 \times 4 \times 16\text{cm}$ の方が $10 \times 10 \times 10\text{cm}$ よりも膨張量が大きくなった。他の表面の膨張量とは異なる傾向が表れており、このことより表面部と内部では膨張ひずみが異なることが考えられる。実際に埋込型ひずみゲージ試験体の表面ひずみの変化をコンタクトゲージで測定したところ、図-3 に示す大小関係とは異なる関係となっていた。

(3) 解析検討

供試体群 B について、ゲルの透過係数 κ を変化させて解析を行った結果と実験結果を比較したものを図-4 に示す。解析における寸法効果の表れ方は透過係数により異なることがわかる。ゲルの透過係数を 1×10^{-13} としたとき実験で観察された寸法依存性と同様の傾向となった。このことより、適切な移動性によって寸法効果を適切に再現できる可能性が示され

た。また、ASR 膨張挙動を予測するにあたって、ゲルの移動性を考慮する必要性が示されたと考える。

4. 結論

数値解析による検討により ASR 膨張挙動の寸法効果の可能性を予見し、実験によりその妥当性を検証した。また、適切なゲルの移動性を設定することで、寸法効果を数量科学的に再現が可能であることを示した。ここで、コンクリート内部と表面部でひずみ量が異なることより、詳細な局所ひずみの分布について、実証実験を重ねることが肝要と考えている。

参考文献

1. Takahashi, Y., Shibata, K. and Maekawa, K. (2014). Chemo-hygral modeling and structural behaviors of reinforced concrete damaged by alkali silica reaction, *Proceedings of Asia Concrete Federation 2014*, 1274-1281.
2. Maekawa, K., Ishida, T. and Kishi, T. (2008): *Multi-scale Modeling of Structural Concrete*, Taylor and Francis, London.

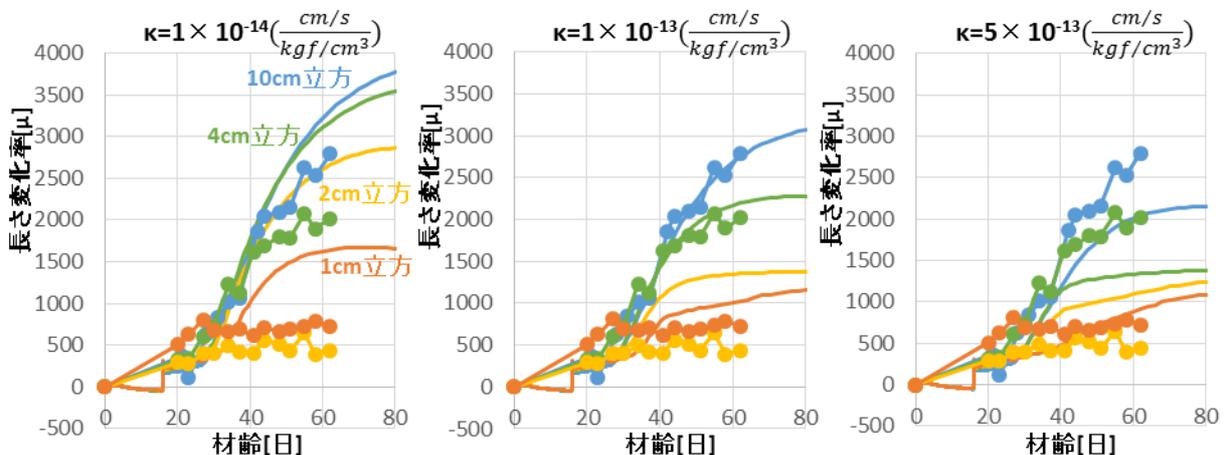


図-4 解析結果(平滑線)と画像測定による実験結果(折れ線)