

水セメント比の異なるコンクリートの ASR による膨張に伴う力学的性質の変化

九州大学大学院 正会員 ○山本 大介 九州大学 学生会員 阪井 峻
九州大学大学院 フェロー会員 濱田 秀則 九州大学大学院 正会員 佐川 康貴

1. はじめに

コンクリートに ASR 膨張が生じると、力学的性質、特に静弾性係数が低下することが広く知られている。本研究では、水セメント比が異なる 2 種類のコンクリートで、ASR による膨張がコンクリートの力学的性質に及ぼす影響を明らかにするため、実験的検討を行った。

2. 実験概要

本実験では水セメント比が 40%および 55%の異なるコンクリート円柱供試体（ $\phi 100 \times 200 \text{mm}$ ）を作製した。セメントには普通ポルトランドセメント（密度 3.16g/cm^3 ）を、細骨材には海砂（表乾密度 2.58g/cm^3 ）を、粗骨材には ASR 反応性を有する安山岩碎石を使用した。なお、この粗骨材は JIS A 1145「骨材のアルカリシリカ反応性試験（化学法）」の結果、アルカリ濃度減少量 $R_c=215 \text{mmol/l}$ 、溶解シリカ量 $S_c=526 \text{mmol/l}$ となり、「無害でない」と判定されたものである。またコンクリート中のアルカリ量を、NaCl 試薬を用いて $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}=8.0 \text{kg/m}^3$ となるように調整し、単位水量は 165kg/m^3 、s/a を 44.6%と統一した。

コンクリート配合を表-1 に示す。打設後 24 時間で脱型し、材齢 28 日まで温度 20°C で湿布養生を行った。材齢 28 日でコンタクトゲージを用いて基準長さを測り、その値を膨張量 0μ （以下、 $\times 10^{-6}$ を μ と称す）とした。なお、材齢 28 日時点では ASR 膨張は起きていないことを確認している。その後、供試体を湿布で覆い、温度 40°C 、相対湿度 100% 下で膨張促進養生を開始した。なお、膨張量 0μ 、 100μ 、 500μ 、 1000μ 、 1500μ 、 2000μ 、 3000μ （W/C=40% 供試体は 2000μ まで）に達した時点で、超音波伝播速度、動弾性係数、圧縮強度試験、静弾性係数およびポアソン比、また蛍光樹脂含浸を用いた供試体断面の内部ひび割れ状況の確認を行った。なお、図-1 に各 W/C の促進養生期間と ASR による膨張量の関係を示す。

3. 実験結果

所定の膨張量に達した時点で供試体を切断し蛍光樹脂を含浸させた後、ブラックライトを照射した際に目視できる、 0.04mm 以上のひび割れ総延長を測った。これをコンクリート断面積で除し、内部ひび割れ密度を算出した。

膨張量と内部ひび割れ密度の関係を図-2 に示す。図より、本研究の範囲内では、W/C が異なる場合でも、同一反応性骨材を用い、同一促進環境で ASR 膨張が進行した際には、W/C=40%、W/C=55%の間で膨張量に伴う内部ひび割れ密度の進展はほぼ同等の傾向にあることが明らかとなった。

次に、膨張量と超音波伝播速度の関係を図-3 に示す。W/C=40%、W/C=55%ともに膨張量 100μ 時に最も大きな値となるが、その後は膨張とともに超音波伝播速度が小さくなることが分かる。また、W/C=40%の方が W/C=55%よりも密実な組織のため超音波伝播速度は大きな値を示すが、膨張量に伴う超音波伝播速度の低下傾向は双方でほぼ同様の傾向を示した。

次に、図-4 に膨張量と圧縮強度の関係を示す。膨張量 100μ 時で圧縮強度の最大値を示し、その後膨張の進展とともに緩やかに圧縮強度が低下することが分かる。なお、W/C=40%の方が W/C=55%よりも密実な組織のため、W/C=40%の方が大きな圧縮強度を示す

表-1 コンクリート配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m^3)				AE減水剤 (g/m^3)	AE助剤 (g/m^3)	NaCl (kg/m^3)
		水	セメント	細骨材	粗骨材			
40	44.6	165	413	759	975	1547	15	11.1
55	44.6	165	300	851	1094	938	12	12.7

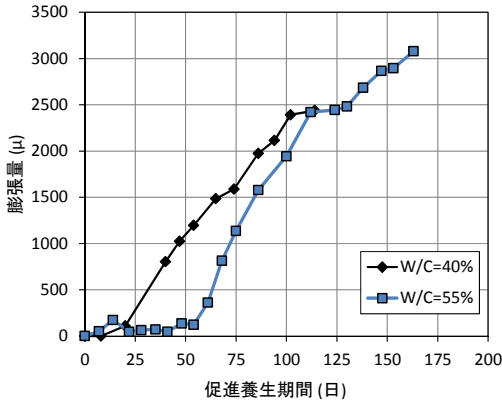


図-1 促進養生期間と膨張量の関係

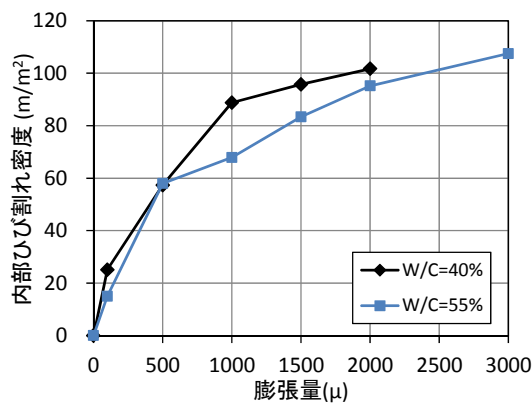


図-2 膨張量と内部ひび割れ密度の関係

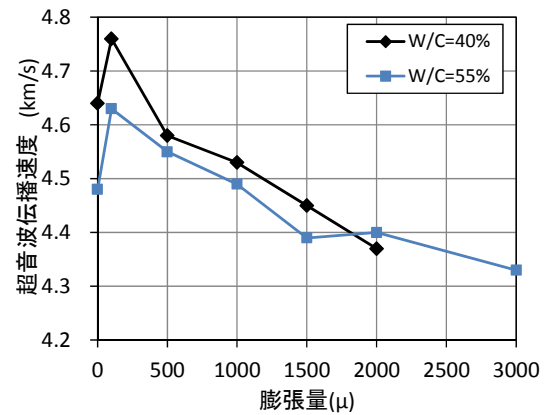


図-3 膨張量と超音波伝播速度の関係

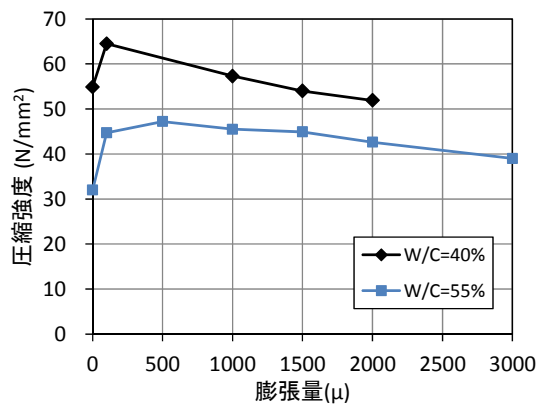


図-4 膨張量と圧縮強度の関係

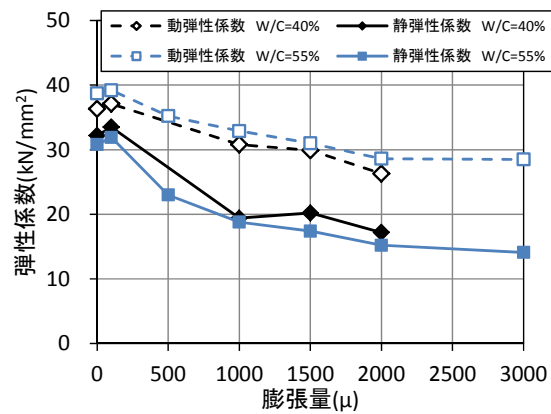


図-5 膨張量と弾性係数の関係

が、膨張量に伴う圧縮強度の低下は双方でほぼ同様の傾向を示した。図-5 には膨張量と動弾性係数および静弾性係数の関係を示す。この図より、動弾性係数、静弾性係数ともに、W/C=40%と W/C=55%で0μ 時からほぼ同等の値を示し、膨張量の増加に伴う動弾性係数、静弾性係数の低下傾向もほぼ等しいことが分かった。

次に、図-6 に W/C=40%の各膨張量における圧縮載荷時の応力-ポアソン比曲線を示す。ここで、膨張量 2000μ に着目すると、最大荷重の50%程度の応力時よりポアソン比が大きく進展することがわかる。この現象は図-5 の弾性係数からは読み取ることにはできないが、本実験では膨張量 2000μ を境に圧縮破壊性状が大きく変化することが確認された。この結果は、W/C や使用反応性骨材の種類などが異なるものの、久保らの実験結果¹⁾と同様の傾向を示すものである。

4. まとめ

同一反応性骨材を用い、アルカリ総量および促進温度、湿度環境を同一のものとした場合、本実験の範囲内では、水セメント比の違いによる強度レベルの相違があったとしても、ASR 膨張に伴う力学的性能の変遷はほぼ同等となることが分かった。また、膨張量 2000μ を境に、载荷中期よりポアソン比が大きく進展することが確認された。

【謝辞】本研究はJSPS 科研費 15K18101 の助成を受けたものです。ここに謝意を表します。

【参考文献】久保善司ら；アルカリ骨材反応による膨張がコンクリートの力学的性能に与える影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.28，No.1，pp.1691-1696，2006

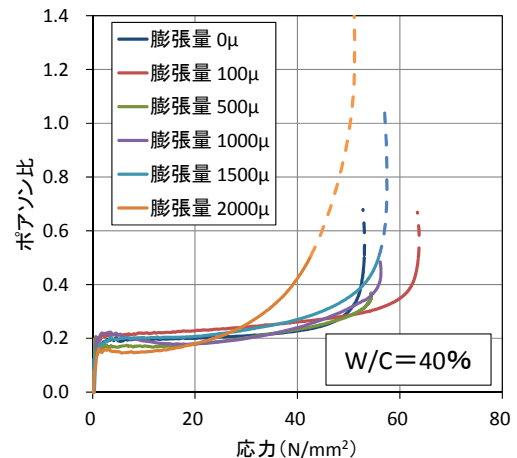


図-6 各膨張量における圧縮載荷時の
応力 - ポアソン比曲線 (W/C=40%)