

ASR を生じたコンクリートの膨張挙動・ひび割れ性状および力学的性質に関する実験的検討

九州大学大学院 学生会員 溝渕 真之 九州大学大学院 正会員 山本 大介
九州大学大学院 正会員 濱田 秀則 九州大学大学院 正会員 佐川 康貴

1. はじめに

現在、高度経済成長期に建設された既存コンクリート構造物に対する維持管理技術の向上が求められている。その中でもアルカリシリカ反応（ASR）が発生した構造物の診断方法として未だ有効な方法が確立されておらず、診断技術の向上が必要である。本研究では、ひび割れと材料の劣化程度を関係付けることを目的とし、円柱供試体における膨張量ごとの力学的性質、ひび割れ性状の変化を詳細に調査した。

2. 実験概要

本実験では、円柱供試体（φ100×200mm）を用いた。材齢28日まで20℃で湿布養生した後、40℃、100%R.H.の促進養生を行った。促進期間中は、7日ごとにモニタリング用の供試体4体の膨張量を計測し、平均をその段階での膨張量とした。促進期間中に、設定した膨張量(0μ, 100μ, 500μ, 1000μ, 1500μ, 2000μ, 3000μ, 4000μ)に達した時点で圧縮強度、割裂引張強度、超音波伝播速度、動弾性係数の測定および、表面のひび割れスケッチによる表面ひび割れ密度の算出を行った。また、各膨張量ごとに供試体を1体切断し、内部観察用の試料を採取し、蛍光樹脂を含浸させた後、内部ひび割れ密度の算出を行った。セメントには普通ポルトランドセメント（密度3.16g/cm³）を、細骨材には海砂（表乾密度2.58g/cm³）を使用した。粗骨材にはASR反応性を有する安山岩砕石を使用した。また、Na₂O_{eq}が8kg/m³となるよう、NaCl試薬を練混ぜ水に添加した。表-1にコンクリートの配合を示す。

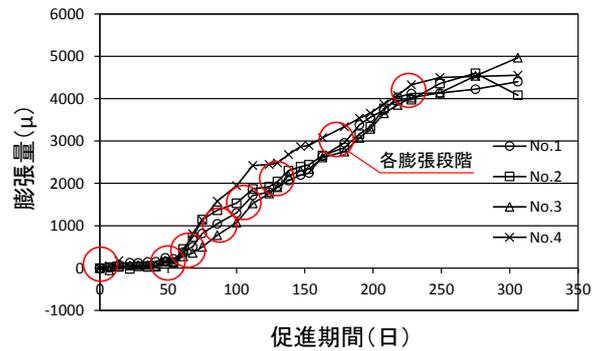


図-1 促進膨張試験の測定結果

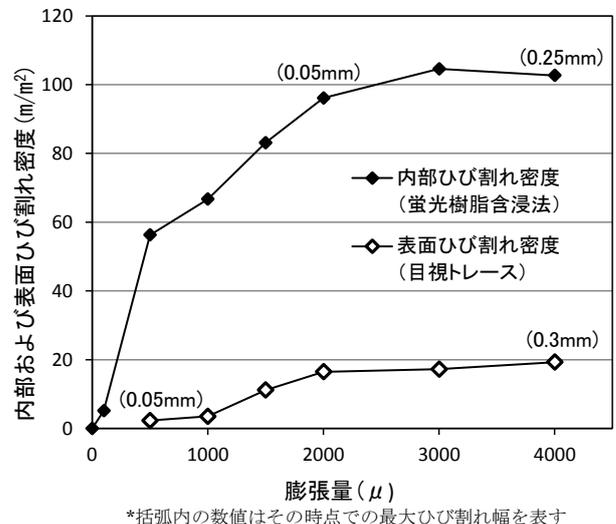
表-1にコンクリートの配合を示す。

表-1 コンクリートの配合

水セメント比 (%)	単体量(kg/m ³)				混和剤		NaCl (kg/m ³)
	水口	セメント	細骨材	粗骨材	AE減水剤(g/m ³)	AE剤(ml/m ³)	
55	165	300	851	1094	938	12	12.72

3. 実験結果および考察

図-1に促進膨張試験の測定結果を示す。供試体は50日後から膨張を開始し、200日経過後に4000μに達し、定常状態となった。図-2に膨張量と表面および内部ひび割れ密度の関係を、写真-1に内部断面のブラックライト照射像を示す。内部ひび割れは100μにおいてすでに発生していたが、ほぼ全てが粗骨材内部にしか見られなかった。500μにおいては、内部に目視可能なひび割れは見られなかったが、ブラックライトを照射することによりマイクロクラックが粗骨材内部およびモルタル部分に多く発生していることが分かった。内部に目視可能なひび割れが観察されたのは2000μ以降であり、2000μにおいて幅0.05mm、4000μにおいて幅0.25mmのひび割れがいずれも粗骨材内部にの



*括弧内の数値はその時点での最大ひび割れ幅を表す

図-2 内部および表面ひび割れ密度 (m/m²)

み確認された。表面ひび割れは 500 μ で初めて発生し、500 μ において幅 0.05mm、4000 μ の段階では最大 0.3mm のひび割れ幅が確認された。内部および表面ひび割れ総延長は 500 μ 以降、徐々に増加していき、亀甲状のひび割れパターンへと進展していったが、内部において 2000 μ から 4000 μ の間ではひび割れ密度に大きな変化はなく、この間はひび割れ長さよりひび割れ幅の増大が大きいと考えられる。内部と表面のひび割れ密度を比較すると、膨張初期は内部のひび割れ密度が増大したが、2000 μ 以降では表面ひび割れ密度が約 20m/m² に対して内部ひび割れ密度はおよそ 100m/m² 程度となり、両者とも一定値に収束した。

図-3 に膨張量と各力学的性質の変化率 (0 μ 時を 1.0 とする) を示す。圧縮強度は 500 μ において 47.2N/mm² で最大を示した。これは材齢 28 日から試験を開始したことによるものであり、促進養生により強度が増進したと考えられる。4000 μ においては 0 μ と比較すると 10%程度増加していたが、最大時の 500 μ からは 75%まで低下していた。割裂引張強度は 100 μ で最大となり、4000 μ で 70%程度まで低下した。静弾性係数は 100 μ で最大となり、500 μ において大きく低下した。これは 500 μ においてコンクリート内部にマイクロクラックが発生し始めることによると考えられる。500 μ 以降は徐々に低下する傾向を示し、4000 μ において 0 μ からおよそ 35%まで低下した。超音波伝搬速度及び動弾性係数は共に 100 μ で最大を示し、500 μ 以降は徐々に低下する結果となったが、超音波伝搬速度では 2000 μ 、動弾性係数については 3000 μ において、低下が一旦収束する結果となった。これは、ひび割れにゲルや水分が充填されたことが影響したと考えられる。また、それ以降それぞれの数値が再び低下していることから、ひび割れ総延長やひび割れ幅の増大による性能低下がゲルや水分の充填による性能の回復を上回っていたと推察される。

ひび割れ密度と力学的性質の実験結果を比較すると、静弾性係数、動弾性係数、超音波伝播速度、引張強度はすべて 500 μ において低下する結果となっており、これは 500 μ に達するまでに内部のひび割れ密度が大きく増加したことと一致していた。

4. 結論

- (1) 本実験で用いた $\phi 100 \times 200$ mm 円柱供試体では、ASR によるコンクリート内部のひび割れは膨張開始初期にマイクロクラックとして多く発生しており、圧縮強度を除く力学的性質は 500 μ 時点ですでに低下していることが分かった。
- (2) 供試体内部のひび割れは 2000 μ までは主に総延長の増大、それ以降はひび割れ幅の増大であり、内部に目視可能なひび割れが発生するのは 2000 μ 以降であった。
- (3) モルタルバー試験等では膨張量が 500 μ 前後でモルタルバーの物性値を評価する必要性も考えられる。

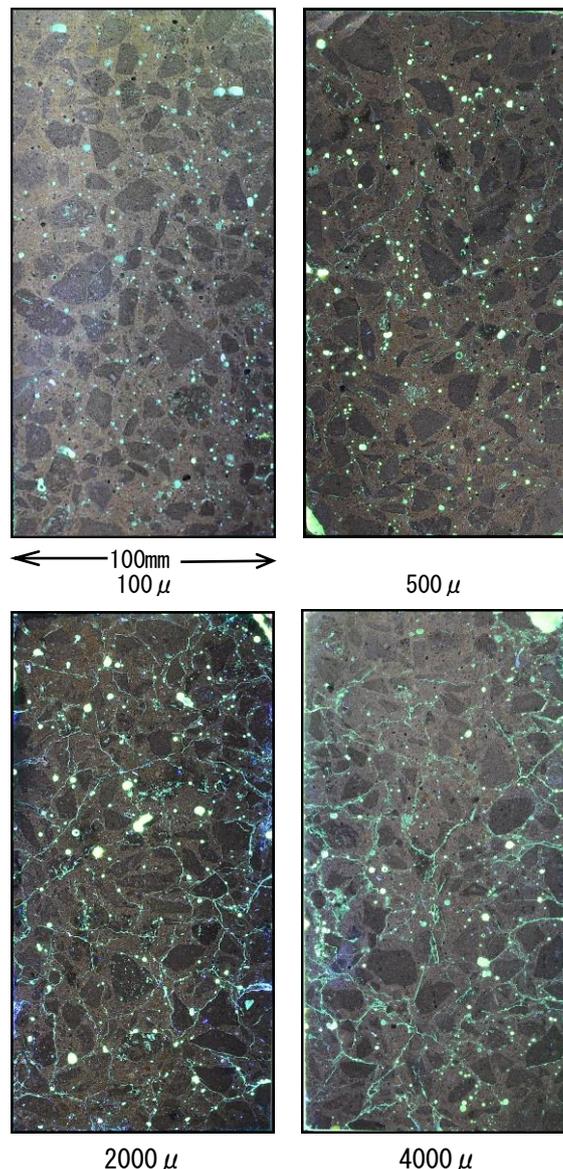


写真-1 内部断面のブラックライト照射像

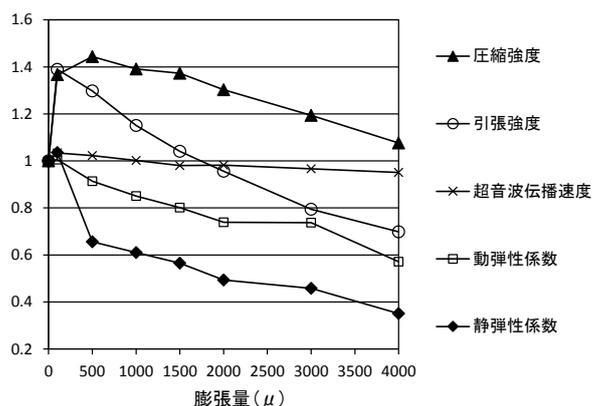


図-3 膨張量と各力学的性質の変化率の関係