

X線CTスキャンを用いたASR供試体の内部膨張量変化の観察

岐阜大学 正会員 小林 孝一
西松建設 正会員 高木 雄介

1. 目的

ASR に関してはコンクリート表面での膨張やひび割れ等を評価する研究は多いが、コンクリート内部の状態や膨張の経過を評価した研究は少ない。実構造物の内部鉄筋が破断する事例などが報告されていることから、構造物内部の膨張を把握することは重要である。

そこで本研究では、X 線 CT スキャンを用いて、ASR 劣化前後の円柱供試体の内部観察を行った。供試体作製時にマーカーとして鉛球を埋め込むことで、供試体内部の膨張の分布を把握することとした。

2. 実験方法

2.1 使用材料および配合

配合を表-1 に示す。セメントは普通ポルトランドセメントを使用し、水セメント比は 57%とした。反応性骨材には大分産反応性骨材を使用し、普通粗骨材中の 80%を反応性粗骨材で置換した。また、コンクリート中の等価アルカリ量が 9kg/m^3 となるように NaCl を添加した。

2.2 供試体概要

供試体はφ100×200mmの円柱供試体とし、その概要を図-1に示す。180°正対する側面2ヶ所に基長50mmでコンタクトゲージ法用測定プラグを埋め込んだ。また、X線CTスキャンを行う際に目印となるよう、図のように25mm間隔で直径2mmの鉛玉（点0～12）を供試体中央A面から5層に埋め込んだ。供試体は打設翌日に脱型後、7日間湿布養生、その後ASR促進室（温度35～40℃、湿度100%）に静置し、劣化促進を行った。コンタクトゲージ法により各供試体の膨張量の1週間ごとの長さ変化を計測した。また、X線CTシステムの出力は皆電圧210kV、皆電流600μAとし、X線CTスキャンは材齢7日とASR膨張が収束した材齢202日に実施した。

X線CTスキャンにおいて、画像解析ソフト上で各鉛球の座標を計測し、2回の計測の差から供試体内部の膨張量を算出した。

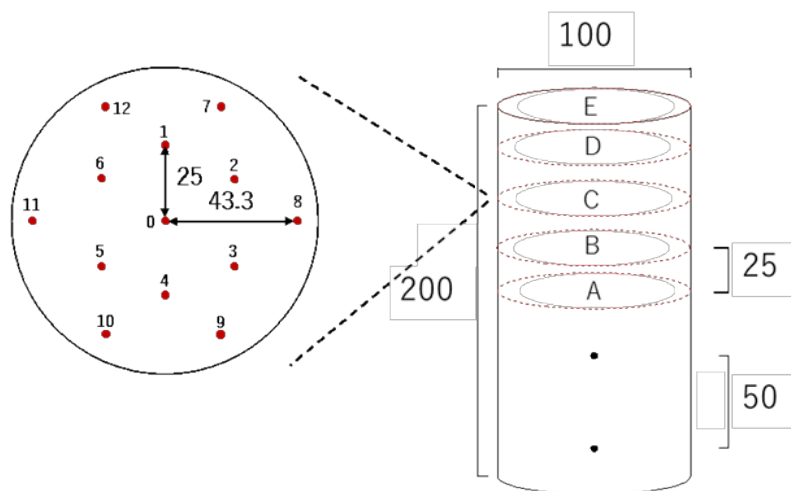


図-1 供試体概要図 (mm)

3. 実験結果

X 線 CT スキャンによって測定した、供試体内部における膨張量の鉛直方向に関して、表-2 の通りとなった。また、中央部 (0) の平均膨張量が 32875μ 、内周部 (1~6) の平均膨張量が 6610μ 、外周部 (7~12) の平均膨張量が 5799μ となったことから、供試体中央部に近づくほど膨張量が大きくなる傾向があることが確認された。

表-1 配合表

W/C (%)	単位量 (kg/m ³)						NaCl
	水	セメント	細骨材		粗骨材		
		OPC	普通	反応性	普通	反応性	
57	168	295	844	—	192	756	13.87

キーワード ASR, X線CT, 内部膨張量

連絡先（岐阜市柳戸 1-1, 058-293-2470）

水平方向の膨張量を表-3に示す。平均膨張量は内部（中心部～内周）が9066μ、内周部が5645μ、外周部が3386μとなり、鉛直方向と同様に、供試体中央部に近づくほど膨張量が大きくなる傾向が確認された。これは既往の研究¹⁾において、コンクリート表層部よりも中央部分の膨張量が大きくなるという結果と一致しており、X線CTスキャンを用いたコンクリート供試体内部の膨張量測定は、傾向として一致することが確認された。

ASRは水を要因とする劣化の一つであり、乾燥する表層付近より、水分が内包される内部の方が進展しやすいとされている。本研究では、供試体を養生後、常に高温多湿環境下でASRの劣化促進を行っている。そのため、乾燥の進行による表面付近の膨張量の低下は少ないと考えられたが、熱による膨張を考慮し、膨張量測定の際に供試体を3時間ほど室温に戻した後に膨張量測定を行っていた。これにより、表層付近では乾燥と湿潤を繰り返し、非もしくは低膨張層が形成され、数時間程度の乾燥状態によって表層と内部の膨張に差が生じたものだと考えられる。また、本試験は通常の型枠に対して打設を行い、供試体を作製した。実構造物からコアを抜き出した供試体と比較すると、表面部には骨材が少なく、モルタルペーストしか存在しない。その為、表面付近では、内部と比較して、膨張する要素である反応性粗骨材の存在が少なく、膨張量に差が生じた要因の一つだと考えられる。

図-2にX線CTスキャンで撮影した供試体のひび割れの様子を示す（底面から197.3mm）。供試体表層部から供試体内部にかけて、ひび割れを確認することができた。しかし、今回のX線CTスキャンは、本実験の供試体の大きさと撮影が可能な出力の限界で撮影を実施した。撮影対象の大きさが小さいほど、より鮮明な撮影が可能になる。さらに小さい供試体で撮影を実施すれば、供試体内部のひび割れまではっきりと撮影することが可能になり、より正確にASR膨張による内部ひび割れの進展を確認することができるのではないかと推察される。

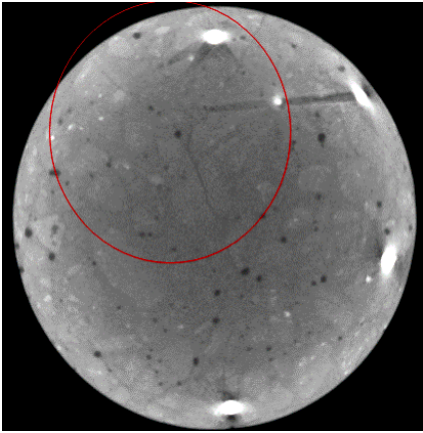


図-2 X線CT画像

4. まとめ

本研究では、X線CTスキャンを用いて、ASR劣化前後の円柱供試体の内部観察を行い、供試体内部の膨張の分布を把握した。試験の結果より、コンクリート表層部よりも中央部分の膨張量が大きくなるという結果が得られた。これは、乾燥の進行による表面付近の膨張量の低下が大きな原因の一つであると推測される。

表-2 供試体鉛直膨張量

測定位置		膨張量 (μ)	測定位置		膨張量 (μ)	測定位置		膨張量 (μ)	測定位置		膨張量 (μ)	平均膨張量 (μ)
A-B	0	102928	B-C	0	-895	C-D	0	14956	D-E	0	14513	32875
	1~6	5778		1~6	5889		1~6	7745		1~6	2537	6610
	7~12	8668		7~12	7164		7~12	6102		7~12	3584	5799
	平均	14585		平均	6740		平均	7541		平均	4159	8256

表-3 供試体水平膨張量

A面	膨張量 (μ)	B面	膨張量 (μ)	C面	膨張量 (μ)	D面	膨張量 (μ)	E面	膨張量 (μ)	平均膨張量 (μ)
内部平均	20291	内部平均	4438	内部平均	14596	内部平均	5575	内部平均	432	9066
内周平均	2365	内周平均	4564	内周平均	14719	内周平均	5080	内周平均	1500	5645
外周平均	5072	外周平均	3640	外周平均	3682	外周平均	4020	外周平均	516	3386

参考文献

1) 鍵本広之, 安田幸弘, 木下茂, 川村満紀: 大型コンクリート円柱における ASR 表面ひび割れの発生メカニズム, コンクリート工学論文集, 第 25 巻, pp.201-211, 2014