

ASR 劣化を生じた RC 壁供試体のひび割れ形態と内外ひずみ挙動に関する検討

富山県立大学
北陸電力株式会社

大西 諄 (学生会員) 伊藤 始 (正会員)
参納 千夏男 (正会員)

1. はじめに

アルカリシリカ反応 (以下 ASR) は, 北陸地方などの多湿な環境下に曝されたコンクリート構造物に発生しやすい. ASR 劣化が生じた構造物では, 外気に曝されたコンクリート表面と高い湿度が維持されたコンクリート内部とでひずみ差が生じ, 表面ひび割れが発生することが明らかにされている¹⁾. さらに, コンクリート表面のひび割れは, 表面に垂直に発生し, 帯鉄筋深さで収束する. 内部のひび割れは, 鉄筋拘束の影響を受けた多様な方向性を持つ短いひび割れとして発生することが示されている²⁾. このように, コンクリート表面に発生するひび割れは, 湿度条件や配筋状況などの要因により変化する. そのため, ASR 劣化の生じた構造物は, 外観のひび割れから内部の劣化状況を判断するのが難しいのが現状である.

本研究では, ASR 劣化を生じた RC 構造物の内外ひずみの挙動とひび割れ発生との関係性を捉えるため, RC 壁供試体の拘束膨張実験を実施し, 表面ひずみと鉄筋ひずみを計測した.

2. RC 壁供試体の拘束膨張実験

実験では, 図-1 に示すように 820mm×540mm×350mm の RC 壁供試体を用いて表面ひずみと鉄筋ひずみの計測を行った. 内部には直径 19mm の鉄筋を配置した. 内部の鉄筋は, 端部を曲げ加工し, 溶接することで長方形に閉合した形状のものを用いた. 水平方向の鉄筋は, 640mm×220mm の鉄筋を配置した. 鉛直方向の鉄筋は, 400mm×160mm の鉄筋を端部に, 400mm×180mm の鉄筋を中央部に配置した. コンクリートの配合表を表-1 に示す. 今回の実験では, ASR を促進させるため, コンクリートに水酸化ナトリウム NaOH を混合した.

コンクリートの打ち込み後, 鉄筋ひずみの計測を開始し, 材齢 7 日で脱型した. 材齢 8 日より, 表面ひずみの測定を開始した. 鉄筋ひずみと表面ひずみの計測箇所は, 図-1 に示す F~U (表面ひずみ), A~Z (鉄筋ひずみ), ①~④の記号で表す. 脱型後は, 日

表-1 コンクリートの配合

水結合 材比[%]	細骨材 率[%]	単位量[kg/m ³]				NaOH [g]
		セメント	水	細骨材	粗骨材	
64.9	45.5	268	174	822	984	237.4

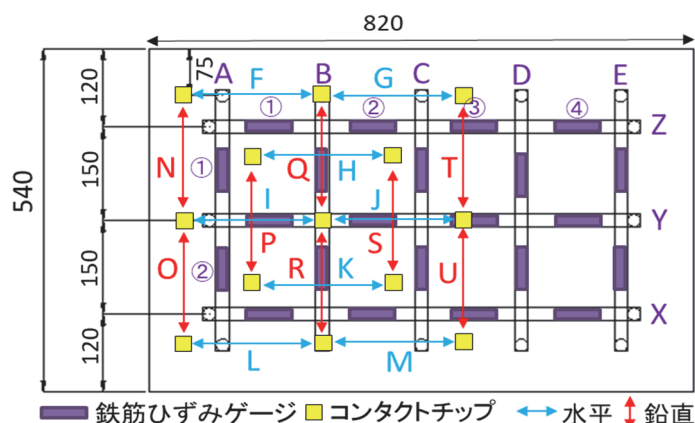


図-1 RC 模型供試体の寸法と計測箇所



図-2 RC 壁供試体のひび割れ状況 (材齢 1215 日)

本コンクリート工学会の基準³⁾に従って, 温度 40℃, 相対湿度 100%の環境下で促進養生させた. 材齢 85 日までは, 計測直前に促進養生を中断させ計測し, 材齢 85 日以降は, 計測の前日に養生を中断し, RC 壁供試体の温度を安定させた後に計測した. 材齢 155 日から 1215 日まで気中に静置した.

3. 実験結果

(1) ひび割れ状況

RC 壁供試体のひび割れ状況を図-2 に示す. ひび割れ幅は, 0.05mm~0.30mm であり, 左上部に向かうにつれてひび割れ幅が大きい傾向であった. コンクリート表面のひび割れは表面に垂直方向に生じており, 既往の研究のひび割れの特徴とおおむね一致した²⁾.

(2) コンクリートの表面ひずみの検討

図-3 に材齢 1215 日における表面ひずみの分布を示す。表面ひずみの計測において、水平方向の測点 I がコンタクトチップの接着不具合により、計測初期に正確な値を得ることができなかったため、材齢 15 日を初期値とした。RC 壁供試体の左上部において、最大で約 3500×10^{-6} 膨張している。上部は下部に比べ拘束力が弱いので、拘束力の弱い方向へと膨張していく傾向であった。これは、ひび割れ幅と同様の傾向であった。

(3) 鉄筋ひずみの検討

図-4 に材齢 150 日までの鉄筋ひずみの履歴を示す。表面ひずみの計測方法の変更後、RC 壁供試体が乾燥状態と湿潤状態、温度変化を繰り返したことにより、鉄筋ひずみが材齢 90 日付近から急速に増加した。ASR 劣化したコンクリートでは、常に高温多湿の環境下に曝すよりも、乾湿と温度変化を繰り返すことでひび割れが進展しやすくなることが確認できた。材齢 130 日以降において、図-4 の鉛直鉄筋 C-②、水平鉄筋 X-②、Z-①、Z-②のひずみは増加し続け、図-1 に示す他の 18 点のひずみは X-③のように低下する傾向であった。

(4) 鉄筋ひずみと表面ひずみ・ひび割れ幅の関係

鉄筋ひずみが低下した測点のうち鉛直 B-①、B-②と水平 Y-①に着目して、位置が対応する鉛直 Q、R と水平 I の表面ひずみとの関係を図-5 に示す。図は材齢 85 日から 142 日までのものである。これらの測点では鉄筋ひずみが 800×10^{-6} 付近で低下に転じる傾向が見られ、それに伴って表面ひずみが大きく増加した。これは測点付近で内部ひび割れが表面まで到達し、鉄筋の引張応力が解放されたことに起因していると推察した。

一方、前述の鉄筋ひずみが増加し続けた 4 点では、鉄筋より内側のコンクリートの膨張が継続し、表面ひずみとひび割れ幅は増加し続けると考えられた。

4. まとめ

- 1) ひび割れ幅と表面ひずみは、鉄筋による拘束の弱い上部のコンクリート表面に向かって増加した。
- 2) ASR 劣化構造物においては、常に高温多湿の環境下に曝すより、温度変化や乾燥状態と湿潤状態を繰り返すことによって、ひび割れが進展し

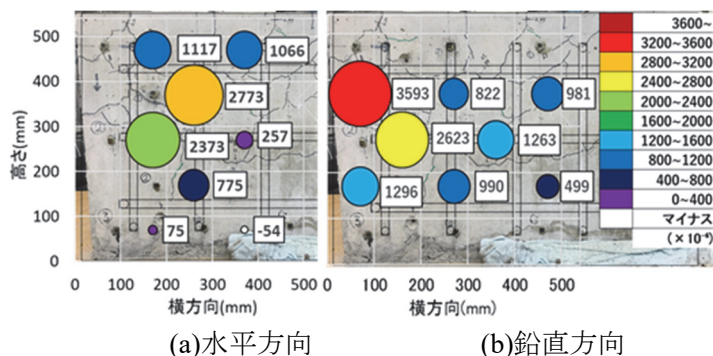


図-3 表面ひずみ分布(材齢 1215 日)

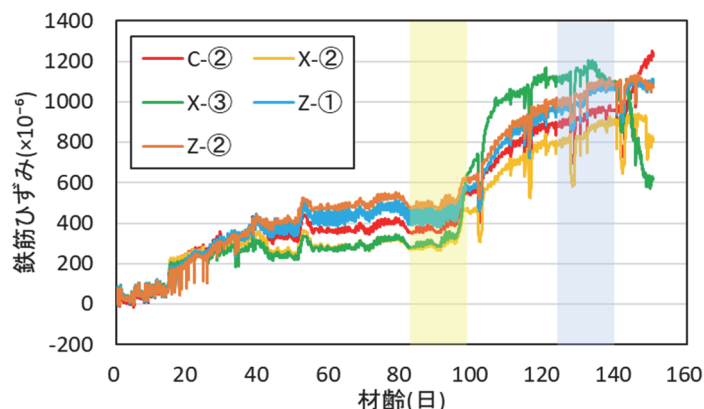


図-4 鉄筋ひずみ履歴

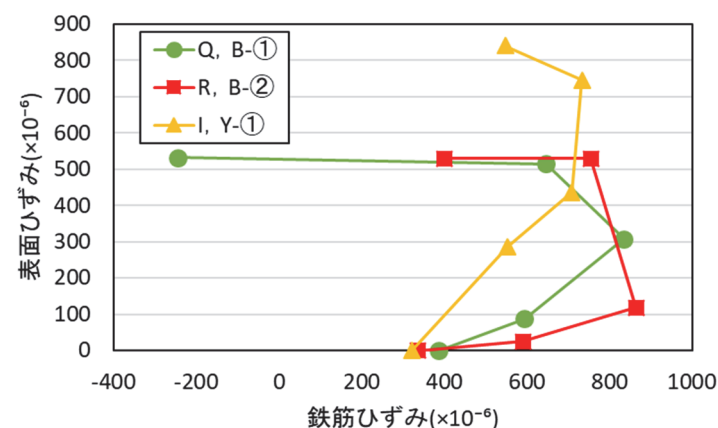


図-5 鉄筋ひずみと表面ひずみの関係

やすくなることが確認できた。

- 3) 表面までひび割れが到達し、鉄筋ひずみが低下すると、表面ひずみが大きく増加した。

参考文献

- 1) 鍵本, 川村: 大型コンクリート円柱内部における湿度およびひずみの測定による ASR 表面ひび割れ発生過程の解明, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No.1, 2009
- 2) 上原, 幸左, 益田, 上園: 鉄筋損傷の再現とコンクリート内部のひび割れ観察に基づく ASR 劣化進展, 土木学会論文集 E2, Vol.73, No.1, 2017
- 3) 日本コンクリート工学会: 2004 年 JCI 規準集