

大型供試体を用いた ASR 亀裂進展評価

九州工業大学 学生会員 ○稲垣 裕之
住友大阪セメント株式会社 正会員 草野 昌夫

九州工業大学 正会員 幸左 賢二
九州工業大学 正会員 合田 寛基

1. 目的

ASR劣化構造物において、鉄筋の曲げ加工部で破断する事例が報告されているが、損傷メカニズムについては未解明な部分が多い。そこで本研究では、鉄筋破断現象が再現された過年度の小型ASR供試体(1/4スケール)をもとに大型供試体(1/8スケール)を作製し、鉄筋曲げ加工部の詳細な変形測定に着目し検討を行った。

2. 実験概要

本研究では、鉄筋がコンクリートにより拘束されている状態でASRによって内部に発生した膨張圧を受けた場合の損傷度を検討するため、図-2に示すように膨張コンクリートを普通コンクリートの中央部に打設できるように中空形状を適用した。使用鉄筋は現行節形状鉄筋と旧節形状鉄筋を用い、亀裂進展を確認する旧節形状鉄筋曲げ加工部は、鉄筋の経年変化を考慮して熱処理を行っている。ひび割れ計測は、実構造物の調査で用いられている幅0.2mm以上のひび割れを対象とし、供試体側面に記した帯鉄筋軸方向の測線に交わるひび割れの幅を側線長で除して測線ひずみを算出した。

3. 実験結果

本実験供試体は、膨張コンクリート打設後5.5時間でひび割れの発生が確認され、15時間後まで顕著にひび割れの進展が確認された。それ以降、ひび割れの進展が収束、停止したため打設後30時間で実験終了とした。図-3に測線ひずみ、ひび割れ密度の経時変化を示す。ひび割れは中央部より発生しその後隅角部に幅の大きいひび割れが集中的に発生する進展が見られ、15時間後付近より進展は収束し、ひび割れ幅が拡大していく傾向にあった。旧節形状鉄筋側の2側面を対象として計測しており、膨張が収束した最終段階での値は測線ひずみ6496 μ 、ひび割れ密度5.58m/m²であった。

ASRによる損傷が著しい実橋脚21基について分析を行っている既往の研究¹⁾より、ひび割れ密度2.0m/m²を超えると圧縮強度が低下する傾向があり、ひび割れ密度5.0m/m²以上では特に劣化が厳しい状態とされている。この境界を用いて劣化領域とし3段階に分類した。また実橋における測線ひずみは、1000~3000 μ 程度であり5000 μ を超えるものは稀である。以上よりひび割れ密度が劣化領域1、側線ひずみ6496 μ である今回の実験供試体では、ASR実構造物の中でも特に劣化が厳しい状態と同程度の膨張量を再現出来たと考えられる。

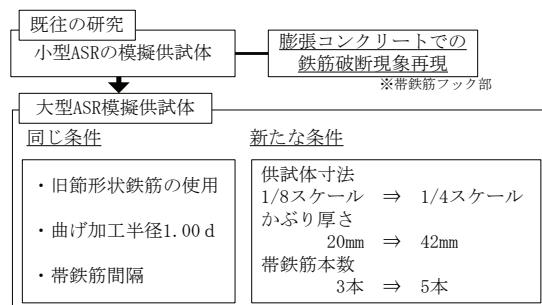


図-1 実験フロー

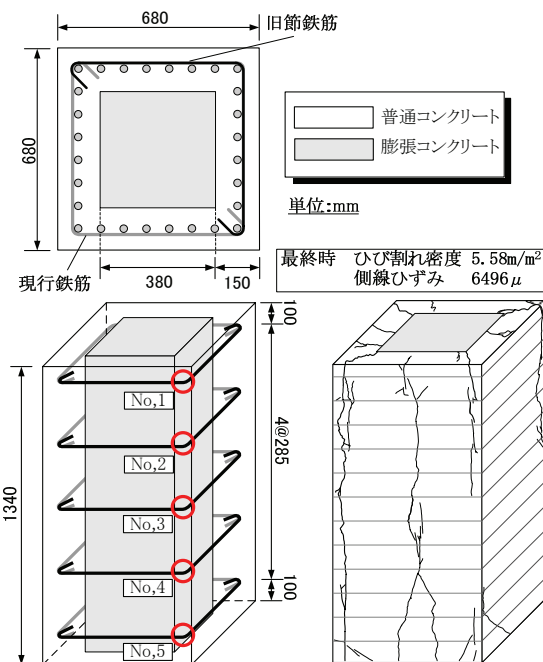


図-2 供試体形状、鉄筋 No.、ひび割れ図

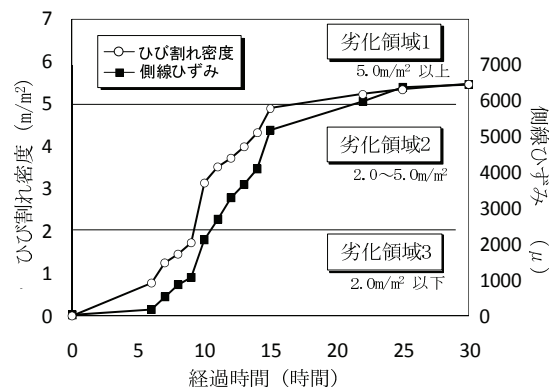


図-3 側線ひずみ算定方法

キーワード アルカリ骨材反応、鉄筋破断、膨張圧

連絡先 〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町 1-1 九州工業大学 TEL 093-884-3123

図-4 に最終段階（測線ひずみ 6496μ ，ひび割れ密度 5.58m/m^2 ）の供試体上断面ひび割れ損傷図，隅角部における標点間距離，斜め距離，角度，標点移動距離について示す．ひび割れ性状より膨張力を受けた供試体全体の膨張変形形態は，四角状の膨張変形と円弧状の膨張変形が複合したものと推測され，亀裂が進展する箇所と考えている帯鉄筋隅角部内側には引張方向の軸力に加えて，曲げ戻される引張応力も加わっていたと考えられる．供試体上端面には標点を配置しており，ノギスで標点間距離の測定，デジタルカメラによる画像計測により斜め距離，標点移動方向を計測した．これより亀裂が進展すると考えられる旧節形状鉄筋隅角部に着目し，変形状態の検討を行う．四角状の膨張変形は $0.8\sim 3.1\text{mm}$ （対象距離に対して $0.2\sim 0.9\%$ 増加）の値であるのに対し，円弧状の膨張変形より進展する斜め方向の距離では 6.4mm （対象距離に対して 4.5% ，角度は 1.9° ）の値であった．よって隅角部では四角状の膨張変形より，円弧状の膨張変形による曲げ戻し変形が卓越していたと考えられる．

以上より主鉄筋軸方向の四角形断面隅角部では，内部からの膨張力に対して円弧上に鉄筋が曲げ戻される方向の変形が顕著に見られ，測線ひずみ 6500μ 程度の膨張ではかぶり厚さ 42mm で供試体軸方向断面隅角部が 1.9° の角度で曲げ戻される方向へ変形を起こすことが確認された．

図-5 にマイクロスコープによる縦断面観察による鉄筋 No.4 の亀裂を示す．亀裂形状から曲げ加工時の節のめり込みにより発生したと比較的幅の大きい亀裂を 1 次亀裂（初期亀裂），その後進展したと考えられる細く，先端のとがった亀裂を 2 次亀裂（膨張進展亀裂）と定義づけた．鉄筋の亀裂深さを鉄筋径で除した鉄筋亀裂進展量を図-6 に示す．5 つのうち 4 つの試料で 2 次亀裂の発生が確認され，亀裂進展量の最大進展量は鉄筋 No.2 で 1.47% であった．また，2 次亀裂が発生している箇所は 1 箇所のみであり，いずれも曲げ加工の中心付近である傾向が確認された．

5. まとめ

(1) 四角形主鉄筋軸方向断面の隅角部では，内部からの膨張力に対して四角状の膨張変形が 0.9% ，円弧上の膨張変形が 4.5% であり，鉄筋が曲げ戻される円弧状膨張が主変形と確認され，測線ひずみ 6500μ 程度の膨張ではかぶり厚さ 42mm で供試体軸方向断面隅角部がおおよそ 2° の角度の鉄筋曲げ戻し変形が確認された．

(2) 鉄筋の亀裂進展量は $1.00d$ で曲げ加工した旧節形状帯鉄筋の曲げ加工部内側で内部からの膨張力による亀裂進展が確認され，さらに曲げ加工部中心に近い位置で特定の亀裂のみが進展しやすい傾向が得られた．

参考文献

1) 幸左賢二ら：アルカリ骨材反応による鉄筋破断を模擬した供試体実験，構造工学論文集，Vol.53A，pp.968-979，2007.3

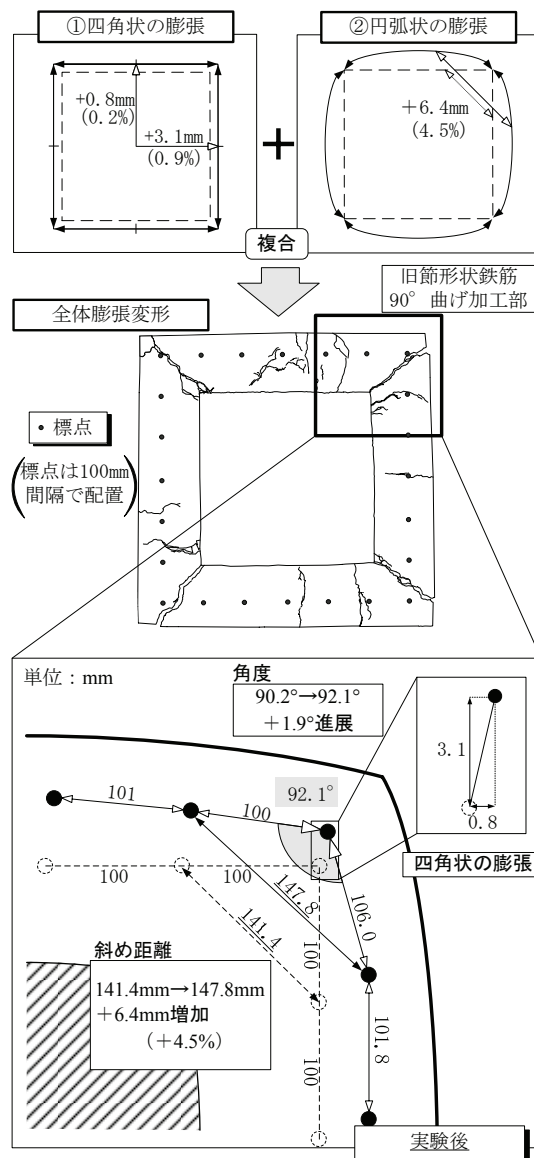


図-4 標点による膨張変形図

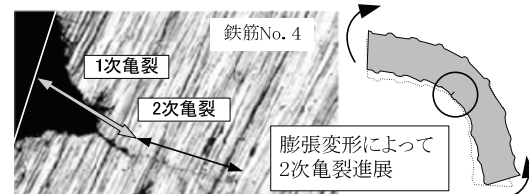


図-5 鉄筋亀裂進展量

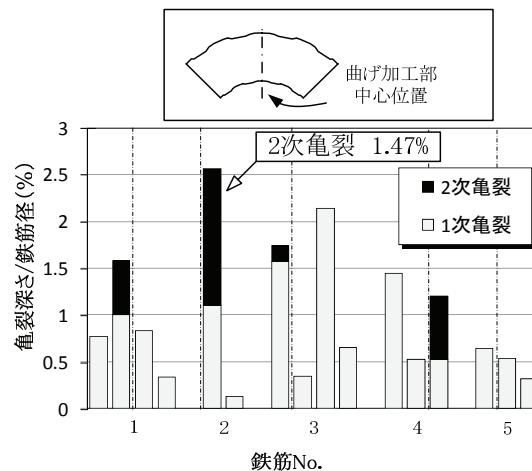


図-6 鉄筋亀裂（1次亀裂，2次亀裂）