

ASR 供試体を用いた鉄筋亀裂進展度の評価

住友大阪セメント(株) 正会員 ○草野 昌夫
九州工業大学 正会員 合田 寛基

九州工業大学 正会員 幸左 賢二
九州工業大学 学生会員 土肥 宏記

1. はじめに

現在, 鉄筋破断が ASR を生じた実構造物で確認されており, その主要因の解明が求められている. 筆者らは, ASR 模擬供試体を用いた研究により, 帯鉄筋曲げ加工時に発生した初期亀裂が ASR 膨張により進展し, 破断に至ることを確認した. しかし, 上記の研究では急速に膨張が進展する膨張コンクリートを使用しており, 実構造物のような経時的な劣化状況下での鉄筋亀裂進展の検討が必要と考えられる. そこで, 本研究では図-1 に示す形状の反応性骨材を用いた供試体を作成し, 長期暴露状況下での劣化程度をパラメータとして劣化進展に伴う鉄筋亀裂進展の評価を行った.

2. 供試体の劣化進展状況

図-2 に供試体ひび割れ密度の経時変化を示す. ひび割れ密度は, 主鉄筋方向の幅 0.2mm 以上のひび割れを使用し, 供試体の下面を除く 3 側面のひび割れ密度の平均値を示す. 日数の経過とともにひび割れ密度を計測した結果, 劣化初期の case1 ではひび割れ密度が 1.78m/m², 劣化中期の case2 では 3.98m/m² と進展した. その後, case3 では 5.39 m/m² と, ひび割れの発生は定常状態となり, 劣化が終局状態まで達していた.

次に, ひび割れの発生傾向を検討するため, case3 に生じたひび割れを用いて発生方向別にひび割れ密度を算出した結果を図-3 に示す. 帯鉄筋方向は, 1113 日でひび割れ密度 1.48m/m², 主鉄筋方向は 6.75m/m² とひび割れ発生量に差が生じた. また, 帯鉄筋方向では 790 日からひび割れ発生が収束するが, 主鉄筋方向のひび割れ発生量は 1100 日から若干少なくなる傾向が見られる程度であり, ひび割れ発生が収束する時期にも差が見られた. このことから, ASR の膨張は拘束が弱い方に集中し, 劣化が進むにつれてその傾向が顕著になることが推察される.

3. 鉄筋亀裂観察結果

図-4 に示すように鉄筋曲げ加工部を軸方向で 1/2 カットし, 顕微鏡で 50~200 倍の断面観察を行い亀裂深さの測定を行った. 個別の曲げ加工を行った鉄筋で初期亀裂を観察し, 膨張試験後の亀裂進展の観察は各供試体からはつり出した旧節鉄筋を用いて行った. なお, 亀裂進展量の評価は亀裂深さを鉄筋径で除した値を用いて行っている.

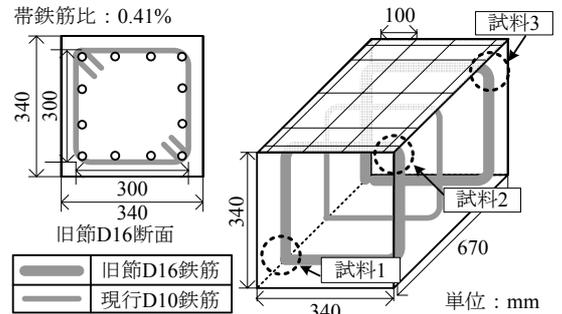


図-1 供試体形状

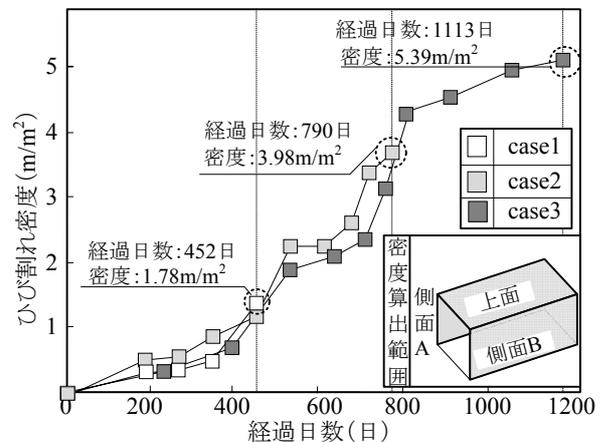


図-2 供試体ひび割れ密度の経時変化

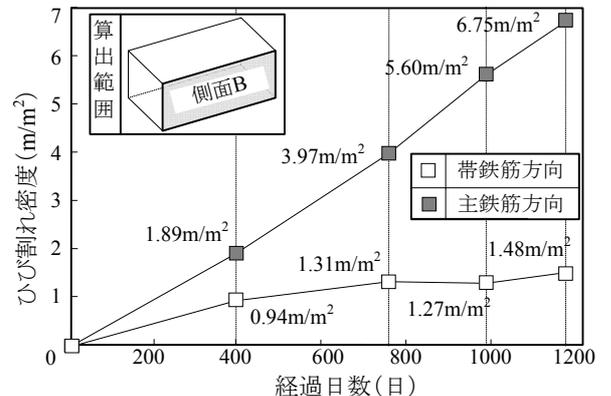


図-3 方向別ひび割れ密度経時変化 (case3)

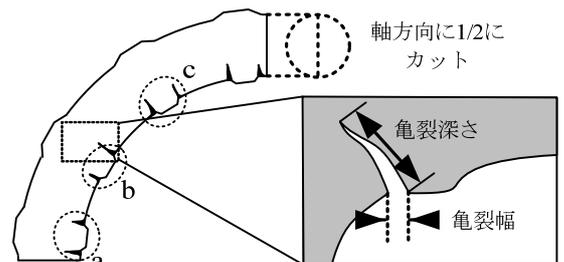


図-4 亀裂進展確認手法

キーワード アルカリ骨材反応, 鉄筋破断, 節形状

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, FAX (093)-884-3123

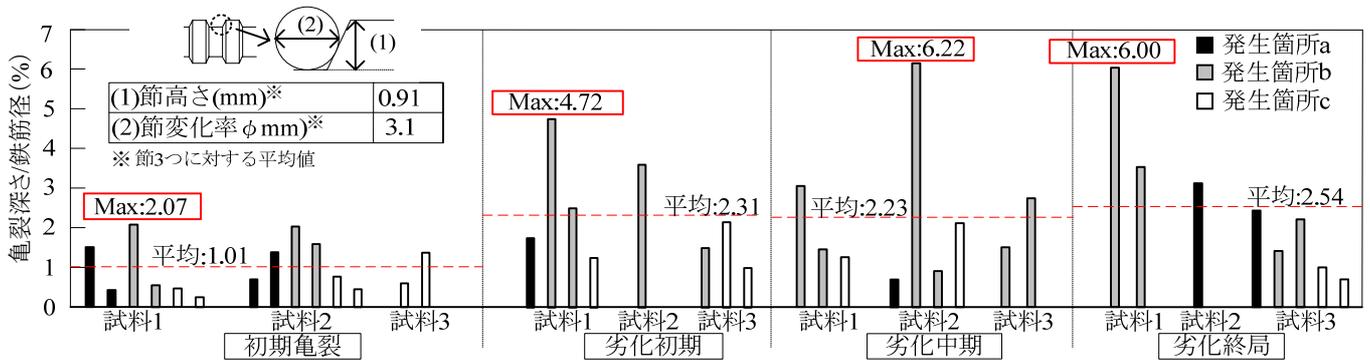


図-5 鉄筋亀裂 (波節)

図-5 に旧波節 D16 鉄筋の亀裂進展量を示す. 最大亀裂進展量は, 初期亀裂が 2.07%, 劣化初期で 4.72%, 劣化中期で 6.22%, 劣化終局では 6.00%であり, いずれも図-4 に示す発生箇所 b (曲げ加工の中央部) で確認された. ここで, 亀裂進展が劣化中期以降は定常状態になる傾向が見られたため, この要因を既往の竹節鉄筋を用いた実験の結果をもとに検討した.

4. 亀裂進展の特徴

図-6 に竹節鉄筋の初期亀裂と終局時の亀裂進展量の結果を示す. 使用した竹節鉄筋は節高さ 1.22mm, 節変化率 0.9mm であり, 波節と比較して節変化率はより小さい鉄筋である. 鉄筋亀裂に着目すると, 竹節鉄筋の初期亀裂の最大値は 4.00%, 終局の亀裂は鉄筋破断となり波節鉄筋 (初期:2.07%, 終局: 6.00%) に比べ, 竹節鉄筋の亀裂進展が著しく大きい結果となった.

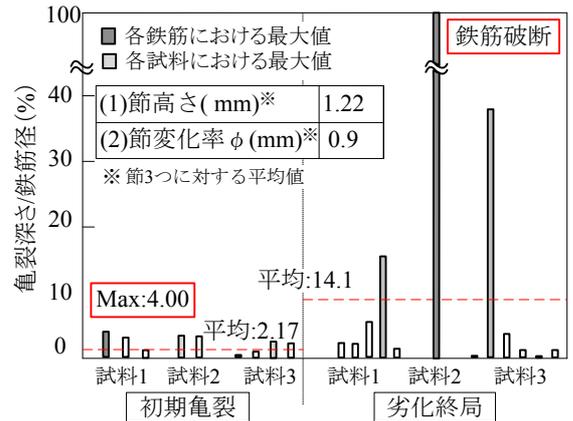


図-6 鉄筋亀裂 (竹節)

図-7 に示すように, 鉄筋亀裂進展は ASR 膨張により帯鉄筋が曲げ戻され, 曲げ加工部内側に軸方向の引張力が生じ, 鉄筋曲げ加工時に節付け根部に生じた初期亀裂が進展することで生じると考えられる. しかし, 図-8 に示すように鉄筋曲げ加工の際, 波節鉄筋の場合は 45°の方向に, 竹節鉄筋の場合は 90°の方向に初期亀裂が発生する. そのため,波節鉄筋は初期亀裂と引張力とは 45°の角度を有するが, 竹節鉄筋では初期亀裂に対して直角方向に引張力が作用し, 初期亀裂が進展するため鉄筋破断が生じることが考えられる. 以上のような原因から鉄筋に同じ作用力が加わっても, 波節鉄筋は角度を持った初期亀裂のために亀裂進展量が小さくなったと考えられる.

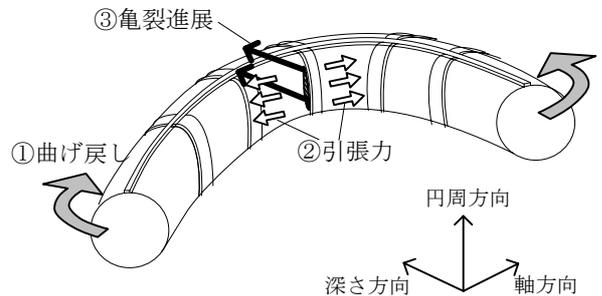


図-7 鉄筋亀裂進展のメカニズム

5. まとめ

- (1) 経年劣化に伴う旧波節鉄筋の亀裂深さの進展 (初期亀裂 2.07%, 劣化初期 4.72%, 劣化中期 6.22, 劣化終局 6.00%) を確認した. ただし, 劣化終局であっても亀裂は鉄筋径 D16 に対して 6.0%の進展にとどまった.
- (2) 波節鉄筋の亀裂進展量が竹節鉄筋に比べて小さくなった原因の一つとしては, 初期亀裂に対して波節鉄筋は 45°の方向に, 竹節鉄筋は 90°の方向に膨脹力が作用するためであると考えられる.

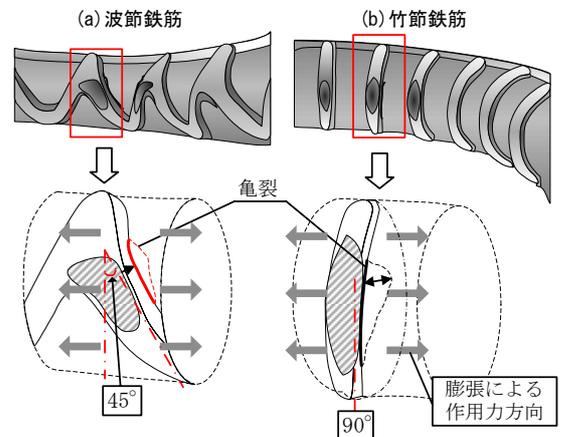


図-8 曲げ加工時の亀裂状況 (a: 波節 b: 竹節)