

ASR 供試体における破断鉄筋周辺のひび割れ分析

九州工業大学 学生会員 ○益田 紘孝

九州工業大学 正会員 幸左 賢二

住友大阪セメント株式会社 正会員 上原 伸郎

1. はじめに

ASR による劣化進展を検討するため、本研究では、反応性骨材を使用した ASR 構造物を模擬した供試体を I (case1~3), II (case4~6), III(case7~9)の 3 シリーズに分けて作製し、屋外暴露を実施し、ひび割れ観察、採取コアによる圧縮強度試験、鉄筋亀裂進展量の確認などを行った。本稿では、約 5 年の屋外暴露の末、帯鉄筋隅角部において鉄筋破断が確認されたシリーズ III の case7, 8 供試体を対象に、鉄筋破断が外観ひび割れに及ぼす影響について検討した。

2. 実験概要

図-1 に供試体形状を示す。供試体寸法は、 $340 \times 340 \times 670\text{mm}$ である。供試体は実橋脚梁部の 1/8 スケールとし、ASR を促進させるためコンクリートの等価アルカリ量を 8kg/m^3 に設定し、NaOH を添加した。外観ひび割れ観察箇所は端面と下面を除いた東面、西面、上面とした。鉄筋亀裂の観察は、曲げ加工部を 1/2 にカット後、研磨を行い、デジタルマイクロスコープを用いて行った。また、損傷程度の評価は、鉄筋亀裂を鉄筋径で除した値(以下、亀裂進展率)によって行った。

3. 外観ひび割れおよび鉄筋亀裂観察結果

図-2 にシリーズ III の case7, 8 供試体の外観ひび割れ密度(幅 0.2mm 以上)の経時変化を示す。最終的なひび割れ密度は、case8 供試体は経過日数 1523 日で 6.72m/m^2 、case7 供試体は 1845 日で 9.14m/m^2 となっていた。屋外暴露試験後に case7 供試体よりはつり出した鉄筋損傷状況について図-3 に示す。図中には、鉄筋試料採取箇所を併せて示しており、各供試体それぞれで試料(1)~(4)の 4 つの帯鉄筋隅角部で観察を行っている。観察の結果、供試体の帯鉄筋で 8.0~40%の亀裂進展が観察され、供試体の試料(3)では、破断が確認された。

4. 損傷鉄筋周辺のひび割れ

図-4 に損傷鉄筋周辺のひび割れ評価の方法を示す。損傷鉄筋位置(1)~(4)における近傍のコンクリート表面に $220 \times 170\text{mm}$ の範囲を評価範囲と設定することにした。なお、損傷鉄筋位置(1), (3)に対しては 2 範囲ずつ、損傷鉄筋位置(2), (4)に対しては、下面のひび割れ観察を行っていないため、1 範囲ずつで評価を行った。

図-5 に各損傷鉄筋評価範囲におけるひび割れ密度の経時変化を示す。暴露試験終了直前の経過日数 1845 日において、損傷

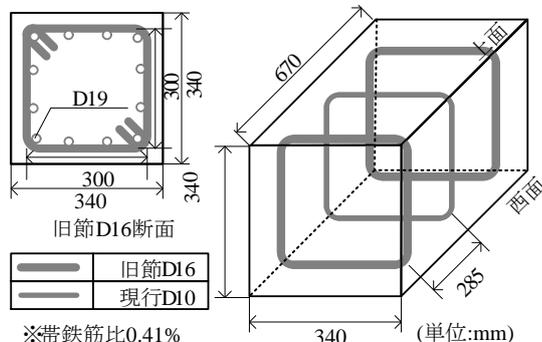


図-1 供試体形状

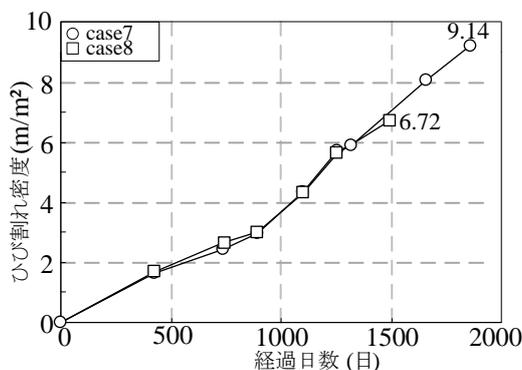


図-2 外観ひび割れ密度の経時変化

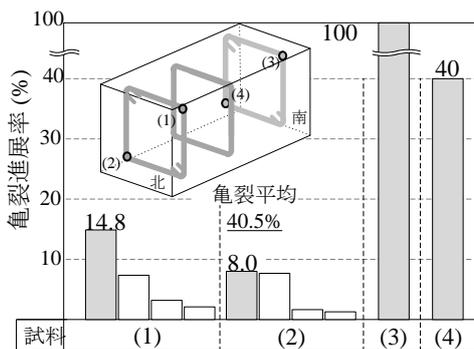


図-3 鉄筋損傷状況

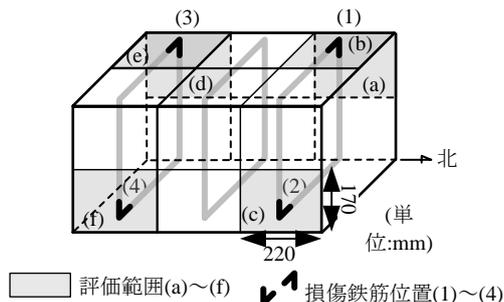


図-4 損傷鉄筋周辺のひび割れ状況

鉄筋位置(1)亀裂進展率 14.8%の評価範囲のひび割れ密度は、 7.6m^2 、 3.8m^2 であり、損傷鉄筋位置(2)亀裂進展率 8.0%の評価範囲では、 5.7m^2 と比較的小さい値となっていた。一方、損傷鉄筋位置(3)破断鉄筋の評価範囲(d)、(e)の両方とも 17.8m^2 、損傷鉄筋位置(4)亀裂進展率 40%の評価範囲(f)では、 12.0m^2 となっており、鉄筋損傷の大きな箇所においてはひび割れ密度も大きくなるような傾向が窺われた。破断鉄筋周辺の評価範囲のひび割れ密度は、両範囲とも1300日から1845日にかけて急激に増加しており、ひび割れ密度が単調増加していた亀裂進展率 40%の評価範囲と比べて進展傾向に差異が見られた。図-6に、評価範囲(e)を代表とした破断鉄筋周辺と亀裂進展率 40%の評価範囲(f)の経過日数1300日と1845日のひび割れ状況(幅0.2mm以上対象)の比較を示す。亀裂進展率 40%の評価範囲(f)では、1300日時点で発生していたひび割れがそれぞれ僅かに延伸するような傾向であった。一方、破断鉄筋の評価範囲(e)では、1300日時点で発生していたひび割れが大きく延伸しており、ひび割れの進展に差が見られた。この要因として、鉄筋破断による拘束力の低下によって破断鉄筋周辺は、ASRによるひび割れが進展しやすくなっていたことが考えられる。

case7 供試体破断鉄筋周辺の外観と内部のひび割れを併せた3次元ひび割れ損傷図を図-7(1)に示す。供試体内部において、帯鉄筋位置を跨ぐような幅2.0mmの特異的なひび割れの発生が確認された。供試体表面上側のひび割れは同図(2)に示すように(a)のひび割れは全体的に幅1.0mm以上に対して(b)のひび割れは幅0.20mm以上0.40mm未満となっており、ひび割れ幅に差が生じていた。(a)のひび割れは内部で発生した帯鉄筋位置を跨ぐ特異的なひび割れと接続していたが、(b)のひび割れは、西面に発生している(c)のひび割れ同様に内部において帯鉄筋位置よりも浅い位置で収束していた。以上より、鉄筋破断によってずれが生じひび割れが伝播することで、(a)のひび割れ幅は大きくなっていったと推測される。

5. まとめ

- 1) 反応性骨材を用いて case1~9 供試体を作製し、屋外暴露に供した結果、暴露日数1845日、外観ひび割れ密度 9.14m^2 の case7 供試体において鉄筋破断が確認された。
- 2) 破断鉄筋周辺では、鉄筋破断による拘束力の低下により、ある時期に著しくひび割れ密度は増加する傾向となっており、鉄筋破断によってずれが生じひび割れが伝播したことによって、表面のひび割れ幅は大きくなると推測された。

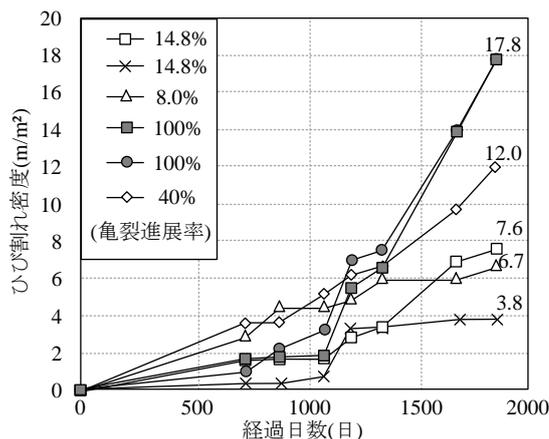
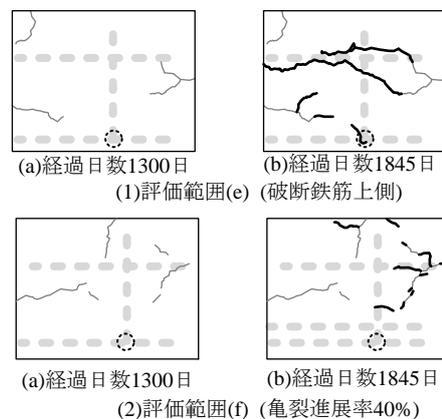
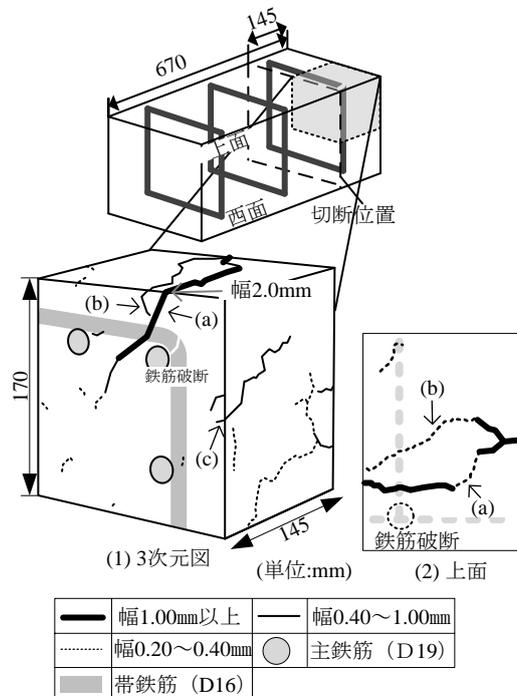


図-5 評価範囲の経時変化



—	ひび割れ(1300日)	—	ひび割れ(1845日)
■	鉄筋位置	○	損傷評価鉄筋位置

図-6 ひび割れ状況の比較



—	幅1.00mm以上	—	幅0.40~1.00mm
⋯	幅0.20~0.40mm	○	主鉄筋 (D19)
■	帯鉄筋 (D16)		

図-7 破断周辺のひび割れ状況