

鉄筋破断の生じた ASR 供試体のひび割れ状況

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)

正会員 上原伸郎

1. はじめに

ASR 劣化構造物において、ひび割れ性状などの外観劣化現象と、内部損傷との関係性を明確にすることは、ASR 構造物を外観劣化状況で補修、補強の検討をする上で重要である。しかしながら、現在外観と内部の関係性は十分には明らかとなっていない。そこで反応性骨材を用いた小型供試体による長期暴露試験から、外観劣化と内部損傷との関係を明らかとするための検討を行っている(図-1 参照)。本稿では、外観劣化度大(外観ひび割れ密度 $5\text{m}/\text{m}^2$ 以上)に進展した case7 供試体を使用して、ASR による外観と鉄筋損傷を詳細に分析し、その関係性について考察した。

2. 実験概要

図-2 供試体形状を示す。供試体寸法は、 $340\times340\times670\text{mm}$ 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 $8\text{kg}/\text{m}^3$ に設定し、NaOH を添加した。帯鉄筋の曲げ加工半径は $1.0d$ に設定した。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

図-3 に外観ひび割れの一例として、case7 供試体の東面を示す。東面の最終ひび割れ密度は $9.2\text{m}/\text{m}^2$ であり、東面、上面、および西面を平均したひび割れ密度は $9.1\text{m}/\text{m}^2$ であった。幅 0.2mm 以上のひび割れが主鉄筋方向に卓越しており、これを連結するように微細なひび割れが形成されている。また、幅 0.2mm 以上を示すひび割れの多くは、主鉄筋方向に形成されていることから、配筋条件下における ASR 劣化の特徴を示していると考えられる。

4. 鉄筋亀裂観察結果

屋外暴露試験後に供試体よりはつり出した鉄筋損傷状況について図-4 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、case7 供試体の帯鉄筋隅角部において $8.0\sim40\%$ 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。

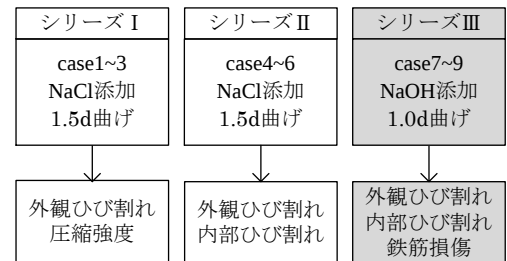


図-1 研究フロー

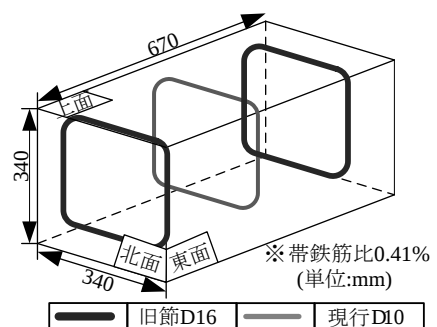
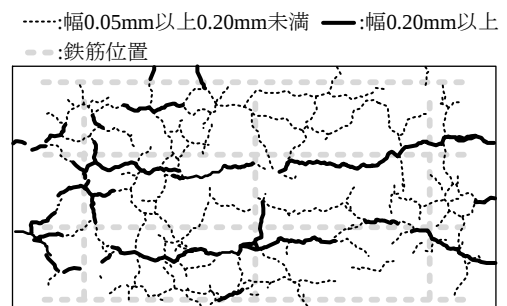


図-2 供試体形状



東面ひび割れ密度: $9.2\text{m}/\text{m}^2$
全面ひび割れ密度: $9.1\text{m}/\text{m}^2$

図-3 東面外観ひび割れ

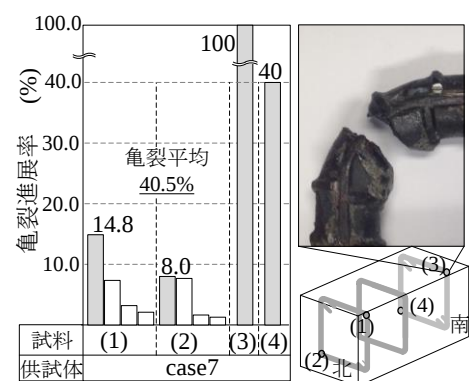


図-4 鉄筋損傷状況

キーワード ASR, 長期暴露, 外観ひび割れ, 鉄筋損傷

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 建設社会工学科 TEL 093-884-3123

5. 損傷鉄筋周辺のひび割れ

図-5 に損傷鉄筋周辺のひび割れ評価の方法を示す。損傷鉄筋位置における近傍のコンクリート表面に $220 \times 170\text{mm}$ の評価範囲を外観評価範囲と設定することにした。ひび割れ幅は、図-5 に示す評価範囲に 40mm 間隔の側線を跨ぐひび割れの最大幅で評価した。

図-5 に示す損傷鉄筋評価範囲におけるひび割れ密度の経時変化を図-6 に示す。破断が生じていない鉄筋の評価範囲では、ひび割れ密度の増加傾向に大きな差は見られず、総じて一様に増加していた。一方で、破断が生じた鉄筋近傍の評価範囲内では、材齢 1300 日から 1845 日の期間にひび割れ密度が急激に大きくなっている。

図-5 の評価範囲におけるひび割れ幅の経時変化を図-7 に示す。なお、図-5 に示す損傷鉄筋位置(3)の評価範囲における鉄筋破断近傍で著しいひび割れ密度の増加が始まった時期(1300 日)、実験終了直前(1845 日)で分析を行っている。鉄筋破断の生じていない評価範囲および鉄筋破断近傍の西面の評価範囲では、ひび割れ幅の増加が僅かであった。一方で、鉄筋破断箇所近傍の上面の評価範囲では、著しい幅の増加が確認され、鉄筋破断周辺のひび割れ幅の増加に差異が見られた要因について図-8 に示すように破断鉄筋周辺の外観および内部のひび割れを併せて考察を加える。図-8 中(A)は、切断面で認められた最大幅 2.0mm を示す最も顕著なひび割れであり、著しいひび割れ幅の増加が確認された鉄筋破断の評価範囲の上面の外観ひび割れとつながっており、帯鉄筋破断箇所を貫くように生じていることも確認されたことから、これらのひび割れは、鉄筋破断箇所を貫いたひび割れが広い範囲で連結した損傷であると推察される。このことから ASR 構造物のコンクリート表面で観察されるひび割れの幅が、ある時期に大きく増加する、あるいは他の場所と比べて大きく異なる傾向を示す場合は、その内部において、鉄筋の破断が懸念される。

6. まとめ

(1) 反応性骨材を用いた供試体を長期屋外暴露に供した結果、暴露日数 1845 日、外観ひび割れ密度 9.1m/m^2 の ASR 供試体で鉄筋破断が確認された。

(2) 破断鉄筋周辺において、ひび割れ密度およびひび割れ幅の著しい進展が確認されたことから、構造物のコンクリート表面で観察されるひび割れの幅が、ある時期に大きく増加する、あるいは他の場所と比べて大きく異なる傾向を示す場合は、その内部において鉄筋破断が懸念される。

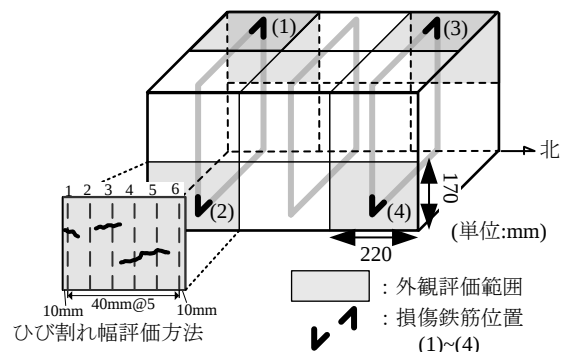


図-5 損傷鉄筋周辺のひび割れ評価

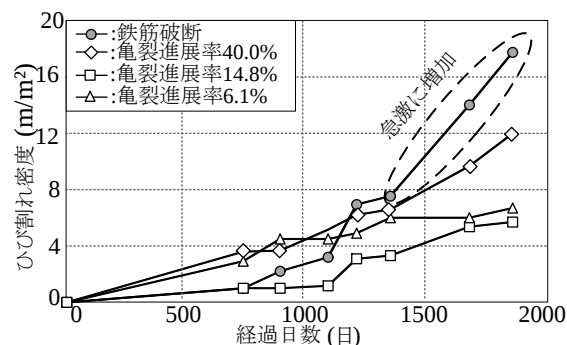


図-6 評価範囲のひび割れ密度の経時変化

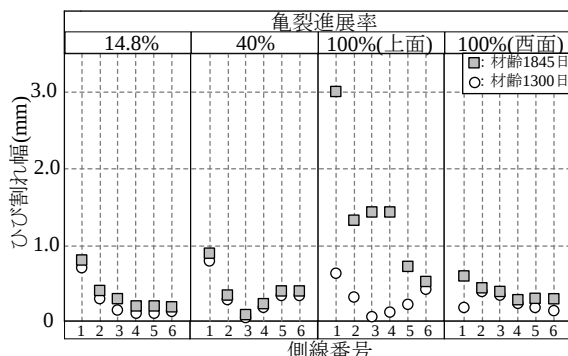


図-7 ひび割れ幅の経時変化

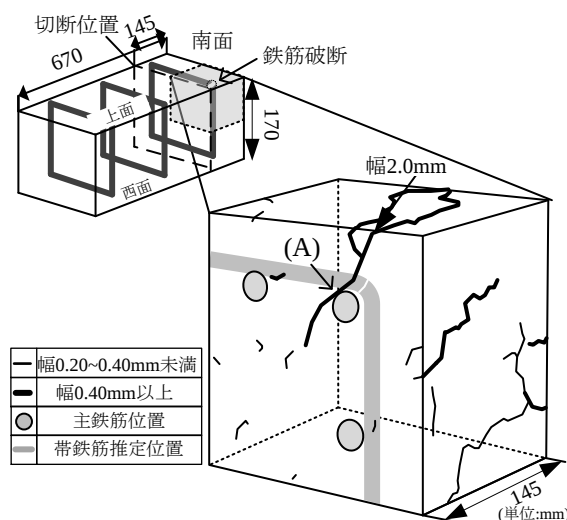


図-8 破断鉄筋周辺のひび割れ状況