

ASR 供試体のひび割れ観察および鉄筋破断面観察

九州工業大学大学院

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1(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case7供試体を対象に、鉄筋破断が外観ひび割れに及ぼす影響および破断鉄筋破面に対してSEM観察を行うことで、ASRによる鉄筋破断の再現性について検討した。

2. 供試体概要

図-1に供試体形状を示す。供試体寸法は、340×340×670mm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/m³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。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。図-2に暴露開始から1845日におけるcase7供試体の東面の外観ひび割れ状況について示す。図-2より、幅0.20mm以上のひび割れは、主に主鉄筋の方向に発生し、また、このひび割れを結ぶように幅0.05mm以上0.20mm未満のひび割れが亀甲状に発生していた。

3. 鉄筋破断周辺のひび割れ状況

図-3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220×170mmの評価範囲を設定した。また、鉄筋亀裂観察の結果、鉄筋位置{1}~{4}亀裂進展率は、それぞれ14.8、8.0、100、40.0%であり、損傷鉄筋位置{3}において鉄筋破断が確認された。図-4に各評価範囲におけるひび割れ密度の経時変化を示す。破断鉄筋位置{3}の評価範囲(d)、(e)の両方とも17.8m/m²、損傷鉄筋位置{4}亀裂進展率40%の評価範囲(f)では、12.0m/m²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。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

表-1 実験ケース

シリーズ	case	打設日	暴露期間(日)	劣化度	主な項目
1	1	2007/8/3	463	小	外観損傷 コンクリート 物性
	2		790	中	
	3		1149	大	
2	4	2008/3/12	550	中	外観と内部損傷 の関係性
	5		1168	大	
	6		1538	大	
3	7	2008/9/18	1845	大	外観と内部損傷 の関係性
	8		1523	大	
	9		暴露中	一	

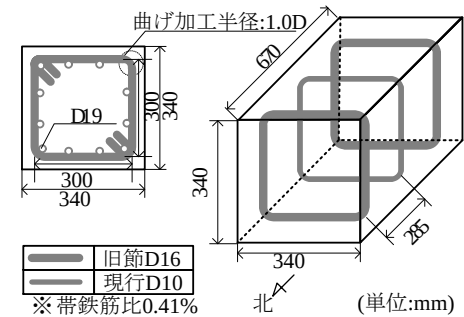


図-1 供試体形状

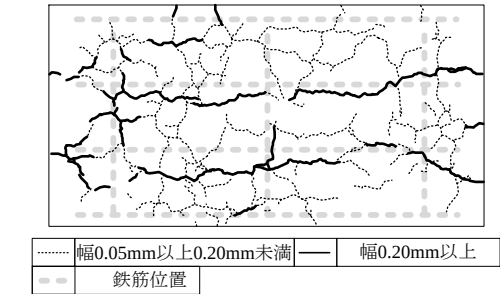


図-2 外観ひび割れ状況(東面)

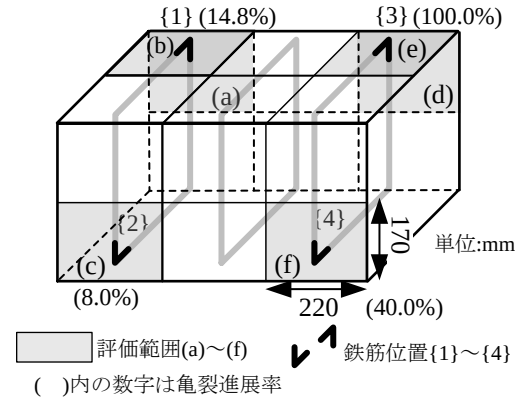


図-3 評価範囲

キーワード ASR, 外観ひび割れ, 鉄筋破断, SEM 観察

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

傷図を図-5に示す。供試体表面上側のひび割れ[a]は全体的に幅1.0mm以上に対して[b]のひび割れは幅0.40mm未満であり、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幅2.0mmの特異的なひび割れと接続していた。[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。図-6に、鉄筋破断周辺評価範囲(d), (e)の経過日数1300日と1845日のひび割れ状況の比較を示す。破断鉄筋の評価範囲(e)では、1300日時点に発生していたひび割れが大きく延伸し、幅は最大で3.0mmまで増加していた。一方、評価範囲(d)において新たなひび割れの発生は見られたが、最大ひび割れ幅は、0.6mm程度であり、大きな増加は見られなかった。

以上より、帯鉄筋位置を貫通するような内部ひび割れの発生に併せて急激な幅の増加が発生すると推測された。

4. SEM観察結果

case7 供試体から破断鉄筋破面に対して SEM 観察を行った。図-7 に破断鉄筋の破面状況を示す。破面は全体的に、図-7(1)の(B), (D), (F)の位置のように、擬へき開破面の様相を呈しており、脆性破壊によって亀裂は進展し、最終的に脆性破壊によって鉄筋破断に至っている。また、(B), (D)および(D), (F)間には、段差が生じており、帯状ではないが図中(C), (E)のように部分的にディンプル破面(延性破面)が観察された。この位置において鉄筋亀裂は停止し、再度 ASR による膨張により亀裂は進展し破断に至る損傷形態であった。樽井、佐々木の論文において ASR による実構造物の鉄筋破断は、脆性破面中に延性破面発生の有無はあるものの、初期亀裂を起点とし最終的に脆性破壊によって生じたとされている。以上より case7 供試体の鉄筋破断は、実構造物同様に生じたと考えられる。

5. まとめ

- 1) 反応性骨材を用いて供試体を作製し、屋外暴露に供した結果、暴露日数 1845 日の case7 供試体において鉄筋破断が確認された。
- 2) 鉄筋破断による拘束力の低下により、破断鉄筋周辺のひび割れ密度は、 $17.8\text{m}^2/\text{m}^2$ と大きくなっており、幅が著しく増加していたひび割れが確認された。このひび割れは帯鉄筋位置を貫通するような内部ひび割れの発生に併せて生じたと考えられる。
- 3) case7 供試体の破断鉄筋に対して SEM 観察を行った結果、初期亀裂を起点とし、脆性破壊によって破断に至っており、実構造物同様の破面形態であった。

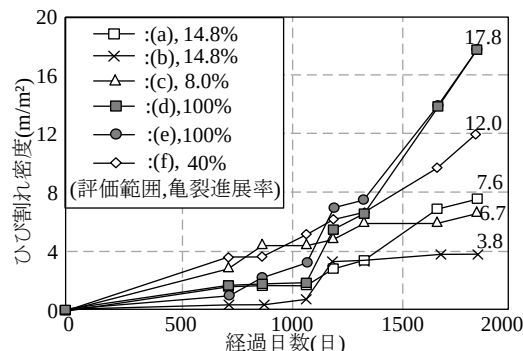


図-4 ひび割れ密度の経時変化

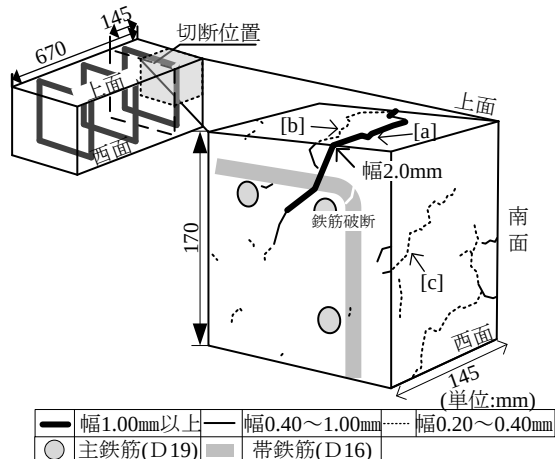


図-5 破断周辺のひび割れ状況

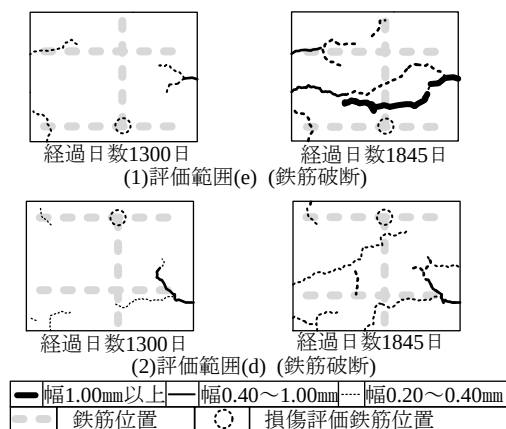
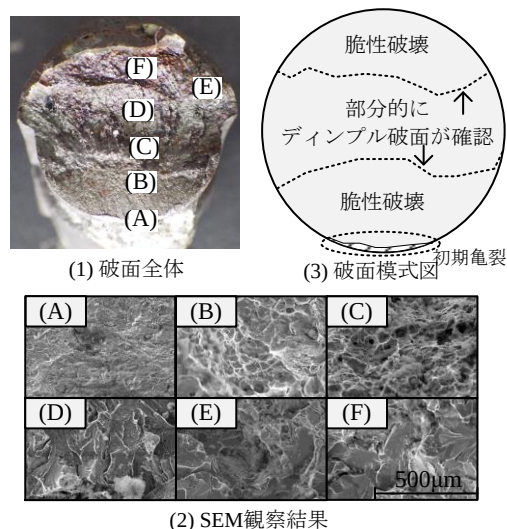


図-6 ひび割れ状況の比較



(2) SEM観察結果

図-7 破断鉄筋破面状況(case7)