

ASR 模擬供試体による鉄筋破断再現実験

九州工業大学 学生会員 ○柴田 綾野
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. はじめに

本研究では実構造物を 1/4 でモデル化して内部からの ASR 膨張を膨張モルタルで模擬した供試体を用いた実験を実施した。この供試体で鉄筋破断時期の特定、外観劣化の経時変化の計測を行い、ひび割れ、変形など外観損傷の経時変化と破断時期を対応させ、破断が外観損傷に与える影響について検討を行った。また、内部からの膨張を受けた鉄筋曲げ加工部に生じる破断や変形などの内部損傷を観察し、内部鉄筋の挙動について検討を行った。

2. 実験概要

実験に使用した供試体の形状および損傷状況を図-1 に示す。本実験では、鉄筋とコンクリートの付着が保たれた状態で、内部からの膨張により鉄筋が破断した場合を再現するため、普通コンクリートの断面中心を正方形の中空とし、中空部分に膨張モルタルを打設することで内部からの膨張を模擬した。この実験において、供試体では図中に示すように 3 段目位置の鉄筋曲げ加工部で 1 箇所の破断が確認された。

鉄筋破断時期の計測方法を図-2 に示す。図中(1)に示すように鉄筋は強磁性体であり、磁石を近づけると磁気を帯び、磁束を発生する。この現象を利用して、図中(2)に示すようにコンクリート表面の鉄筋位置で磁気センサーを滑らせ、磁束密度を計測する。鉄筋破断の前後ではこの磁束密度の変化が大きくなることから、その差を比較することで破断時期を特定した。

3. 鉄筋破断時期と供試体損傷

図-3 に本実験における鉄筋破断箇所での磁束密度の計測結果を示す。今回の実験では、膨張モルタル打設 2.8 時間後に鉄筋破断音が発生し、その後ただちに磁束密度の計測を実施した。その結果、図中に示すように、膨張モルタル打設前の曲げ加工部から±0.1m 範囲の磁束密度の変化量は約 $15\mu\text{T}$ であるのに対し、破断音発生後に計測した磁束密度の変化量は約 $310\mu\text{T}$ となった。この結果から、モルタル打設 2.8 時間後を鉄筋破断時期と判断した。

図-4 に図-1(c)に示す破断側、および未破断側側面の測線ひずみの経時変化を示す。図に示すように鉄筋破断直後までは破断側、未破断側の測線ひずみの値に差は見られないが、鉄筋破断の直後から最終までの間に破断側と未破断側の測線ひずみの経時変化に大きな差が生じていることを確認した。また、図より

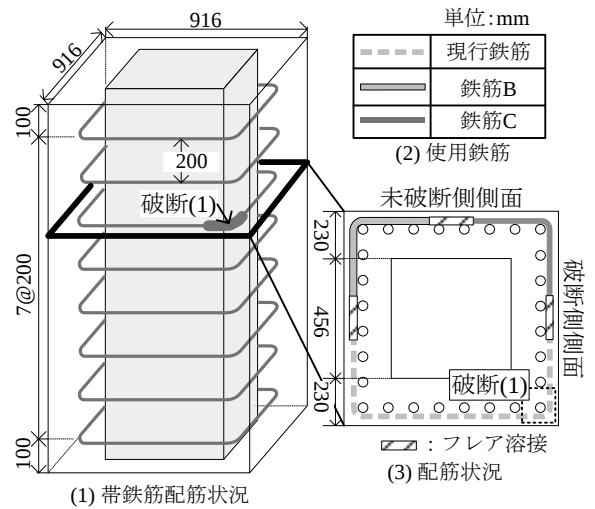


図-1 供試体形状と破断状況

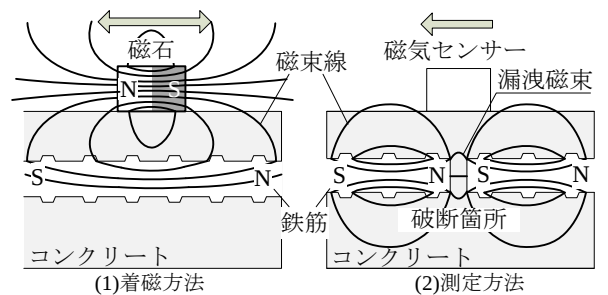


図-2 破断時期の特定

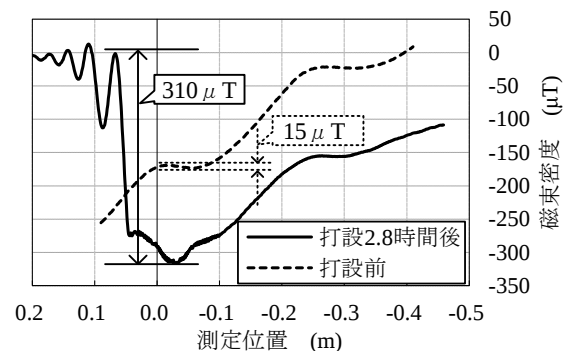


図-3 破断時期の特定

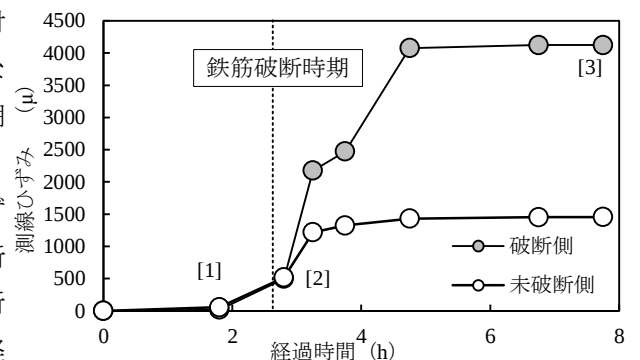


図-4 側線ひずみの経時変化

鉄筋破断は膨張過程の早期に発生していることが分かる。図-5に破断側側面のひび割れ損傷状況を示す。ひび割れ状況の経時変化に着目すると、図中(3)に示す最終状況のように、鉄筋破断箇所を含む隅角部（図中 A）で幅の大きなひび割れが集中して発生していた。ここで、破断が生じた隅角部に特徴的なひび割れの発生を確認したことから、破断隅角部の変形性状に着目した。図-6に破断隅角部の破断直後と最終の損傷状況を示す。図中(1)に示すように、破断直後までの破断隅角部では、拘束力の弱い供試体下面からひび割れが進展しており、最大で3mmの段差が発生していた。次に、図中(2)に示すように最終状況の破断隅角部においては、鉄筋破断後から帯鉄筋3段目の破断箇所まで段差が最も大きくなり、実験終了までの間にひび割れが上下端面に貫通するように発生した。その後、破断箇所の段差は7mm、ひび割れ幅は3mmとなり、図中(2)Bに示すように破断箇所を中心として段差が上下に広がり、破断箇所に損傷が集中するような特徴的な挙動を確認した。

この結果から、本実験における破断隅角部の外観損傷の特徴として、鉄筋破断後も膨張が作用する場合、破断によって拘束が弱くなった箇所の付近では、大きな段差が発生することが考えられる。

4. 内部損傷状況

図-7に破断箇所と未破断箇所の供試体断面状況を示す。図-7(1)の破断断面に着目すると、ひび割れが発生していないコンクリート部分では、鉄筋とコンクリートの付着が保たれており、図中[3]のように鉄筋の破断箇所では、破断面同士が3mmほどずれるような変形となっていることを確認した。本実験では、鉄筋破断が早い段階で生じたため鉄筋破断後も引き続き膨張が作用したことによって、図中に示す破断箇所では変形が局所化し、外観と同様に内部においても幅の大きなひび割れが発生したと考えられる。一方未破断箇所では、図-7(2)に示すように

曲げ加工部を含む73mmの範囲で帯鉄筋曲げ加工部の外側にコンクリートとの付着切れを確認した。これは破断箇所のように変形が局所化せず、広い範囲で曲げ加工部の曲げ戻しの変形が生じたためと考えられ、未破断箇所では図-7(2)の模式図に示すようにコンクリートと鉄筋の間に付着切れが生じやすいと考えられる。

5. まとめ

(1) 今回の実験では鉄筋破断の発生が膨張の初期段階で確認され、破断直後から最終に至る過程で、破断箇所には幅3mm、段差7mmの損傷を確認した。この結果から、鉄筋破断後も膨張が作用する場合は、段差などの特徴的な損傷を生じる場合があると考えられる。

(2) 鉄筋破断断面と未破断断面の観察より、破断箇所では鉄筋とコンクリートの付着が保たれているのに対し、未破断箇所では鉄筋とコンクリートの付着切れが確認された。これは破断箇所では局所的な変形が卓越したことから、コンクリートと鉄筋の付着が保たれたためと考えられる。また、未破断箇所の付着切れは帯鉄筋曲げ加工部が内部からの膨張を受けることで、広い範囲に曲げ戻しの変形を生じたためと推察される。

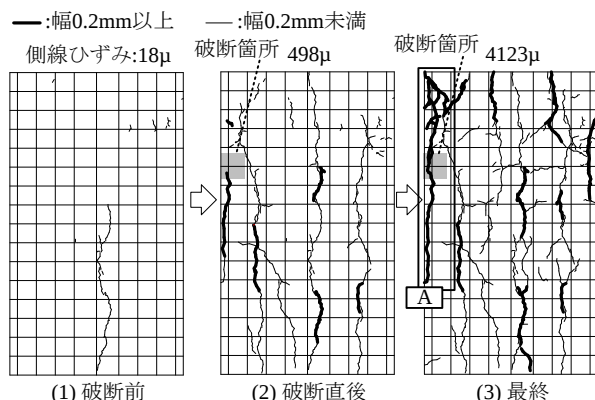


図-5 ひび割れ状況の経時変化

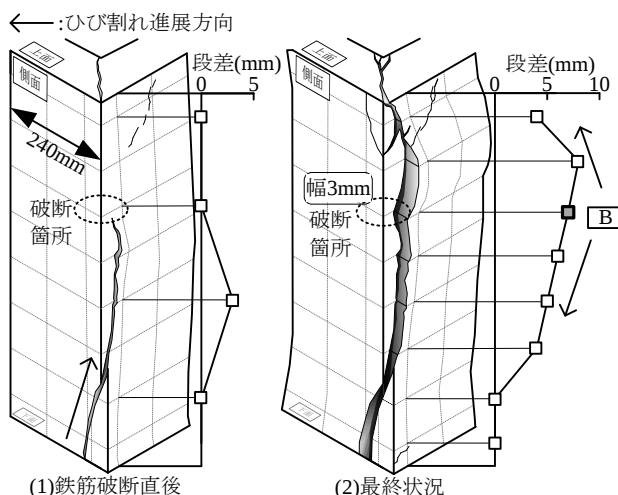


図-7 断面損傷写真

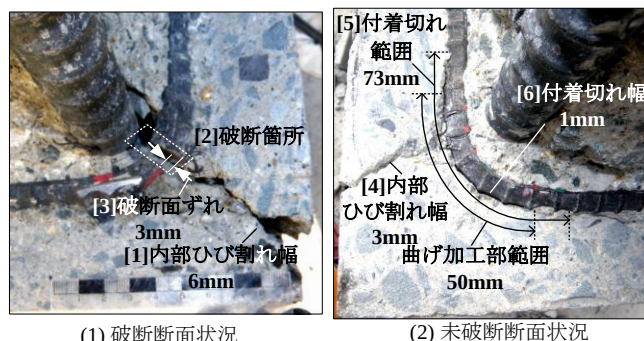


図-7 断面損傷写真