

大型 ASR 模擬供試体による鉄筋破断感受性評価実験

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

筆者らは矩形断面の中空部分に膨張コンクリートを打設し、鉄筋の種別、曲げ加工半径、環境条件をパラメータとした実験により、鉄筋破断現象を再現し、現行鉄筋に比べて旧基準鉄筋で特に破断が顕著であることを明らかにしている。本研究では、これらの研究成果を基に、感受性の高い鉄筋を用いて破断の有無の相違点に着目した実験について考察する。

2. 実験概要

供試体形状および配筋形状を図-1 に示す。本検討では、鉄筋破断が確認された case13 と、case13 と同形状で、帯鉄筋比を増加させ、破断には至らなかった case15 の 2 供試体に着目した。

ASR により内部に生じる膨張と、外観に生じる劣化状況を再現するため、膨張コンクリートを矩形供試体の中空部分に打設した。なお、帯鉄筋は現行基準節 D16 鉄筋（以降、現行鉄筋）、旧基準竹節 D16 鉄筋 2 種（以降、B 鉄筋、C 鉄筋）を使用した。また、B、C 鉄筋は節形状 ϕ が 1.1mm、0.9mm と節の立ち上がりが大きく、曲げ加工に伴う初期亀裂（亀裂深さ/鉄筋径）が現行鉄筋の 0.81% に比べて 2.27%、2.56% と大きいため、他の鉄筋と比較して破断への感受性が非常に高い鉄筋である。

3. ひび割れ性状の比較

図-2 に測線ひずみ（ひび割れ幅を測線長で除した値）とひび割れ密度（ひび割れの総延長を対象面積で除した値）の経時変化を示す。膨張量算出の対象ひび割れは 0.05mm 以上、ひび割れ密度算出の対象ひび割れは 0.2mm 以上である。

Case13 は打設後 3.7 時間で 4.62m/m^2 、case15 は打設後 7.7 時間で 5.10m/m^2 とひび割れの進展が定常状態に達し、その後は測線ひずみのみが伸びている。これは新規ひび割れが発生せず、既存のひび割れ幅が進展したためと考えられる。また、case13、15 の最終の測線ひずみはそれぞれ 7011μ 、 3914μ 、ひび割れ密度は 6.04m/m^2 、 4.62m/m^2 となった。帯鉄筋の増加により case15 で測線ひずみの発生が抑えられていることを除き、両供試体ともに劣化の終局状態を再現しているといえる。

図-3、図-4 に、case13、15 の最終ひび割れ状況を示す。

case13 では供試体中央部と隅角部で幅の大きなひび割れが発生している。膨張量が小さい Case15 では隅角部での幅の広いひび割れは少なく、中央部付近にひび割れが多く発生している。また、破断が発生した C 鉄筋については case13 では曲げ

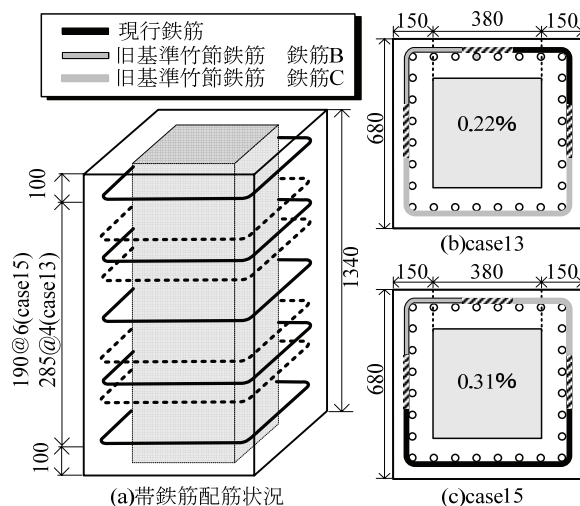


図-1 供試体形状

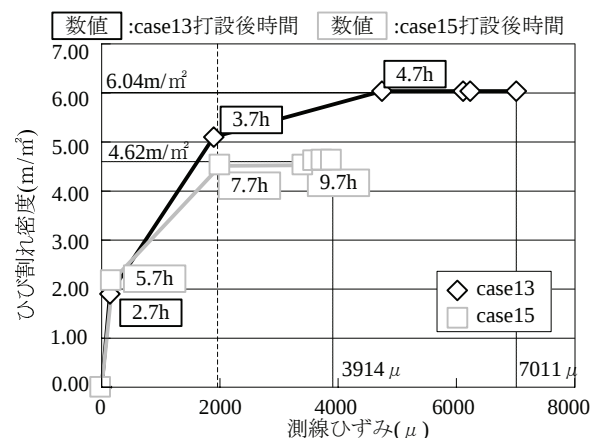


図-2 case13 のひび割れ進展状況

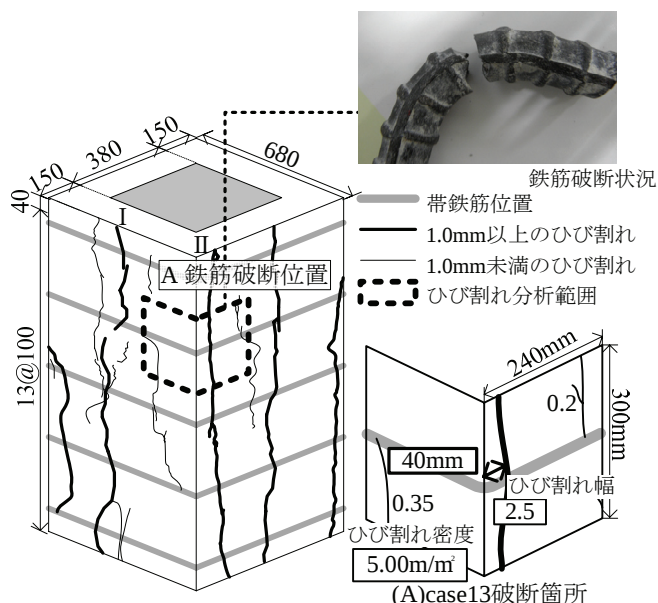


図-3 case13 ひび割れ状況

加工部 10 箇所, case15 では曲げ加工部 7 箇所で使用しており, 帯鉄筋の破断箇所は図-3 に示すように case13 の 2 段目 C 鉄筋帯鉄筋曲げ加工部のみであった。破断した鉄筋は, 図中に示す写真のように曲げ加工部の中心から亀裂進展し, 破断面から実構造物の破断鉄筋と同じく, 脆性破断を確認した。

次に, 供試体隅角部に着目すると, 図に示すように case13 の破断箇所ではひび割れの発生が隅角部から 40mm と隅角部からの距離は小さく, 最大ひび割れ幅は 2.5mm, ひび割れ密度 5.00m/m^2 , ひび割れ長さ 1324mm, 一方 case15 の未破断箇所では隅角部から 200mm の位置でひび割れが発生し, 最大ひび割れ幅は 1.8mm, ひび割れ密度 3.95m/m^2 , ひび割れ長さは 1366mm となり, 破断箇所付近で幅の大きなひび割れが発生していた。しかし, case13 においては未破断部でも隅角部に近い位置でひび割れが発生しており, ひび割れ状況からは必ずしも破断の明確な特徴を確認することはできなかった。

4. 変形性状の比較

図-5 に供試体の角度進展測定方法を示す。供試体の変形を帯鉄筋位置に配置したアングルで計測し, 図に示す 3 点 (a, b, c) から出来る三角形を使用して供試体端点から 140mm 範囲 (かぶり厚+10φ) で角度の進展を確認した。

膨張試験後, 帯鉄筋をはりだして曲げ加工部の鉄筋亀裂状況を確認した結果を使用して, 鉄筋亀裂と隅角部における外観変形の関係を図-6 に示す。

代表例として, case13 の B 鉄筋, C 鉄筋および case15 の C 鉄筋における鉄筋種別における亀裂および変形の進展差を比較すると, B, C 鉄筋ともに $1.0\sim 2.0^\circ$ と, 同程度の角度進展を生じた。ただし, 亀裂の進展が B 鉄筋で 0~5% に対して, C 鉄筋では 10% を超える亀裂が 3 箇所および鉄筋破断が 1 箇所確認され, 鉄筋種別の影響が大きいと考えられる。

以上より, 20% を超える亀裂や鉄筋破断は, 2.0° を超えた箇所が多く生じる傾向にはあるものの, 1.0° 程度においても 20% を超える亀裂が生じており, 鉄筋亀裂と外観の角度進展よりも, 鉄筋種別が鉄筋亀裂進展に与える影響が大きいと考えられる。

5. まとめ

- (1) 膨張コンクリートを使用して ASR 劣化を再現した供試体実験の結果, ひび割れ密度が $6.04, 4.62\text{m/m}^2$ と著しい劣化を生じた 2 供試体で鉄筋破断と未破断箇所のひび割れを比較した結果, 隅角部における最大ひび割れ幅が 2.5, 1.8mm と明確な差は生じなかった。
- (2) 変形による角度進展と亀裂進展度との関係を評価した結果, 角度は $1.0^\circ \sim 2.0^\circ$ 程度進展し, 角度が大きい箇所で 20% を超える亀裂や鉄筋破断が確認された。ただし, 角度進展量が 1.0° 未満でも亀裂が約 20% 進展することもあり, 必ずしも外観変形と鉄筋亀裂が比例せず, 鉄筋種別が鉄筋亀裂の進展に与える影響が大きいことを確認した。

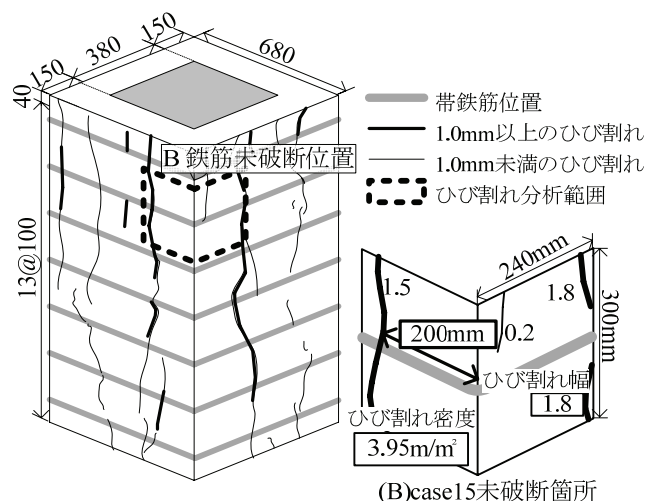


図-4 case15 ひび割れ状況

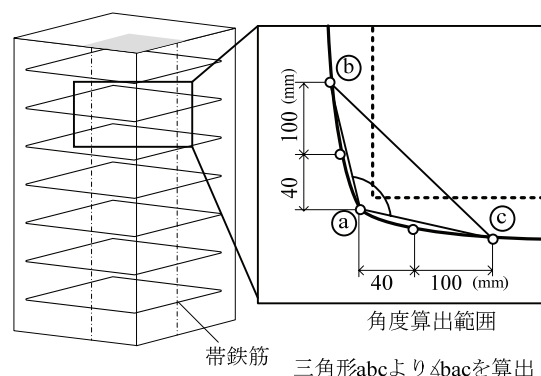


図-5 供試体角度測定方法

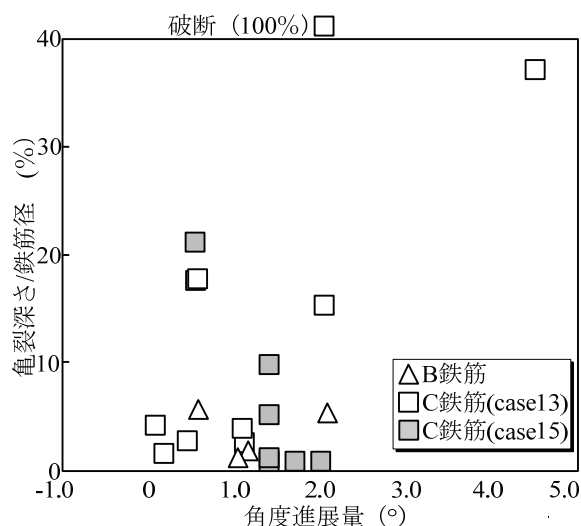


図-6 鉄筋亀裂-供試体角度関係