

大型模擬供試体による ASR 鉄筋破断再現実験

九州工業大学 学生会員 ○柴田 綾野
九州工業大学 正会員 合田 寛基

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 草野 昌夫

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に影響を与えると思われる項目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 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、帯鉄筋は現行基準竹節 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 鉄筋は筋形状 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、現行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。case13 は打設後 3.7 時間、case15 は打設後 7.7 時間でひび割れ密度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。

図-3、図-4 に case13、15 の最終ひび割れ状況を示す。case13 で破断が確認された箇所 A と、A と同じ位置で case15 の未破断箇所 B において、外観ひび割れの分析を行った結果、ひび割れ幅、ひび割れ密度に大きな差はなく、帯鉄筋 1 本程度の破断では、外観ひび割れに明確な差は生じなかった。

4. 帯鉄筋・供試体変形の変形

case15 では case13 で破断が生じた C 鉄筋位置において、供試体と帯鉄筋の変形計測を行った。図-5 に供試体の計測方法を示す。供試体の変形を帯鉄筋位置に配置したアングルで

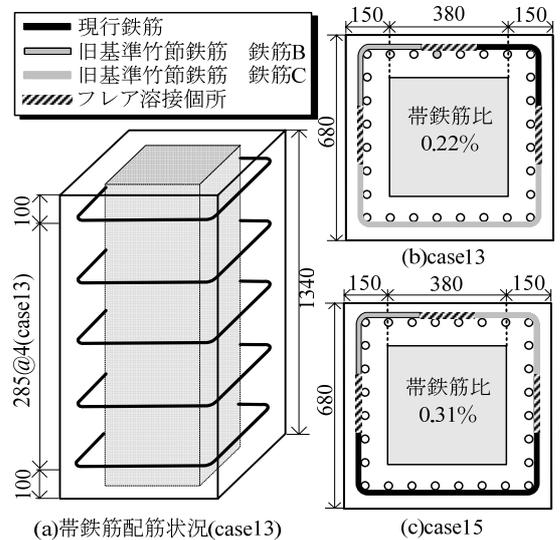


図-1 供試体形状

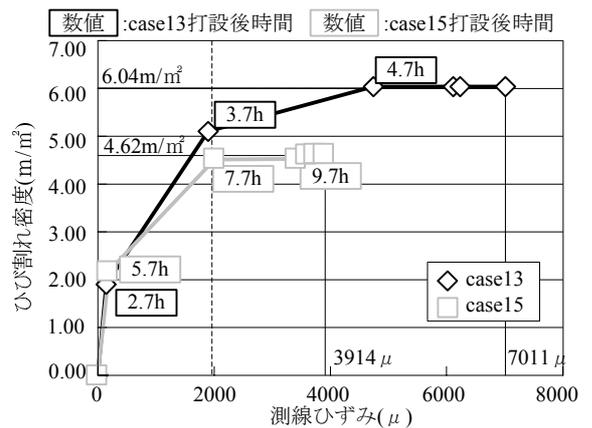


図-2 case13, 15 のひび割れ進展状況

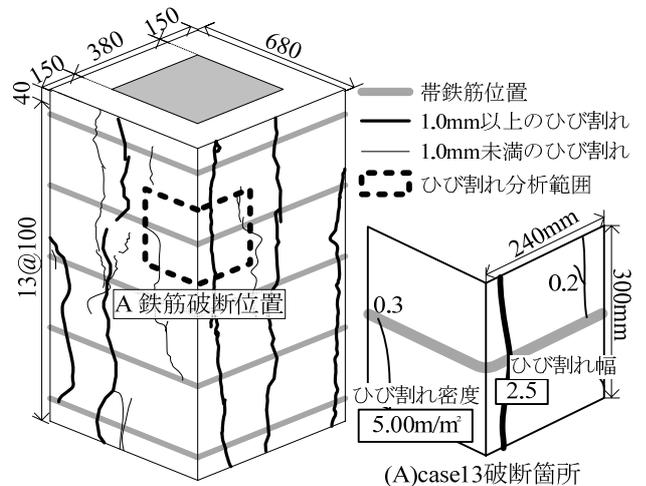


図-3 case13 ひび割れ状況

計測し、図に示す3点(a, b, c)から出来る三角形を使用し、供試体端点から40mm, 140mm, 240mm, 340mmの範囲で供試体角度の進展を測定した。帯鉄筋の変形は、膨張試験前に帯鉄筋曲げ加工部の節の位置を3点マークし、三角形の各辺の長さを計測、膨張試験終了後にはつり出した帯鉄筋の同じ節の位置での三角形の各辺を計測し、その三角形の角度の差分で角度進展量を算出した。

図-6に供試体・帯鉄筋の変形測定例を示す。図-6の断面は図-5中のAに示す位置での断面変形となっている。供試体・帯鉄筋ともに隅角部・曲げ加工部において角度が進展しており、内部からの膨張による変形を確認した。供試体変形においては隅角部から240mmの範囲で最大の角度進展となり、供試体が丸くなるような変形を確認した。またB鉄筋位置では40mm位置において最大の角度となり、供試体変形の傾向はC鉄筋位置と同様であった。ここで、帯鉄筋と供試体変形に差が生じる理由について示す。供試体・帯鉄筋の変形を比較すると、供試体変形に比べ帯鉄筋変形のほうが角度の進展が大きくなっている。これは帯鉄筋の変形にコンクリートが追従できずにひび割れが発生し、帯鉄筋変形と供試体変形に差が生じたためであると考えられる。

図-7に帯鉄筋の損傷状態を示す。膨張試験終了後、帯鉄筋曲げ加工部をはつり出して、外観から帯鉄筋に発生した亀裂の観察を行った。図-7(a)に示すように帯鉄筋変形が確認されたC鉄筋箇所において、外観から確認できる鉄筋亀裂が発生していた。

また、鉄筋種別に着目し、C鉄筋位置での供試体変形と同様の変形が確認されたB鉄筋位置においても曲げ加工部をはつり出し、亀裂の観察を行ったが、図-7(b)に示すようにC鉄筋のような大きな亀裂の進展は確認されなかった。これより、鉄筋の亀裂進展は内部からの膨張による変形に加えて、鉄筋自体の材料特性が重なることで帯鉄筋の亀裂進展・破断が発生すると考えられる。

5. まとめ

- (1) 内部からの膨張によって供試体・帯鉄筋の隅角部が開く方向に変形することを確認し、供試体と帯鉄筋で両者の変形の傾向が同様であることを確認した。
- (2) 鉄筋種別により亀裂の進展に差が生じたことから、帯鉄筋の亀裂進展は内部膨張による変形と、鉄筋自体の材料特性等の条件が重なることで発生すると考えられる。

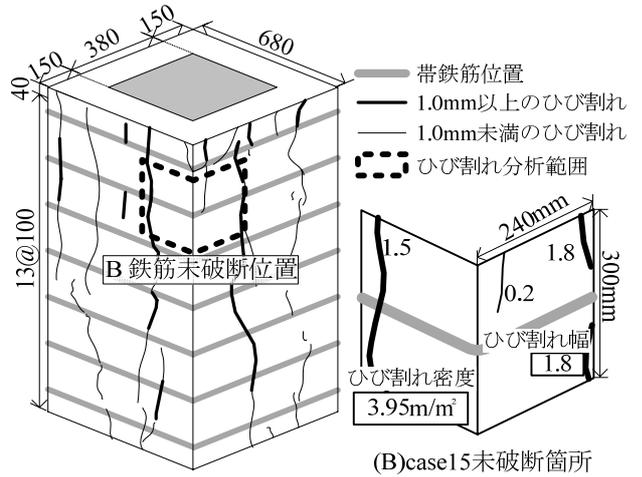


図-4 case15 ひび割れ状況

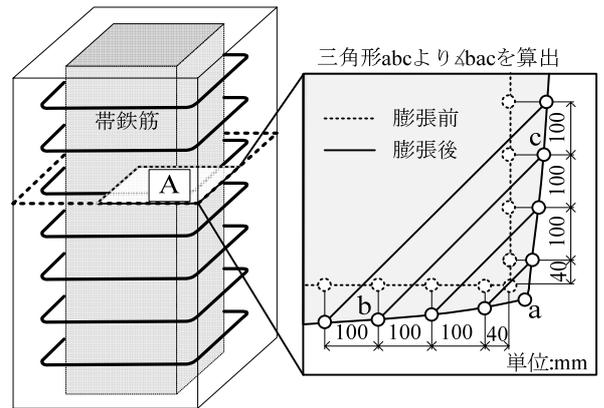


図-5 供試体変形測定方法

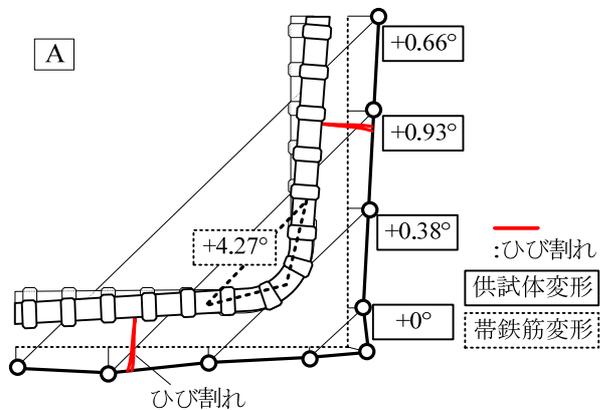


図-6 帯鉄筋・供試体変形計測例

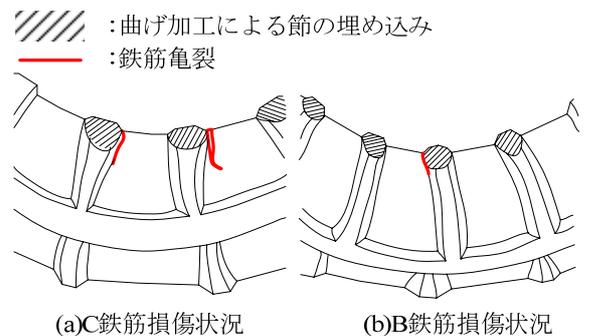


図-7 帯鉄筋損傷状況