

塩害劣化を受ける RC 部材の破壊モードを考慮した限界となる鉄筋腐食量

香川大学 学生会員 ○坂本伸久 香川大学大学院 正会員 釜本拓哉
 四国総合研究所 正会員 中川裕之 四国電力 正会員 甲把浩基
 香川大学工学部 フェロー会員 松島 学

1. はじめに

塩害劣化を受けた RC 構造物は、鉄筋の腐食がある程度進行すると、構造性能が急激に低下することが知られている。構造性能が急激に低下するときの鉄筋腐食量を明らかにすることが、維持管理において重要である。本研究は、塩害劣化による鉄筋腐食を電食実験によって再現し、載荷試験を行い、RC 梁の鉄筋腐食量と構造性能の低下の関係を定量的に評価した。さらに、破壊モードの変化する時の限界となる鉄筋腐食量を理論的に求め、実験結果と比較した。

2. 電食によって腐食させた RC 梁の耐荷力評価

本研究で作成した小型 RC 梁試験体を図 1 に示す。引張鉄筋には D10、圧縮側にはアクリル棒、せん断補強筋には太さ 3 mm の普通丸鋼を 25 mm ピッチで配筋した。主鉄筋のみが腐食するように、せん断補強筋に絶縁を施した。電食実験の手法と腐食範囲を図 2 に示す。2 点載荷による載荷試験後、はつり出した鉄筋の錆取を行った。腐食した鉄筋は、10cm 間隔で切断し、腐食していない鉄筋と重量を比較し、その差分から平均断面減少率 Δ_e を求めた。鉄筋は 5 本採取し、その内の最大の腐食量の試験片を平均断面減少率 Δ_e と定義した。

3. RC 梁の鉄筋腐食量と構造性能の関係

平均断面減少率 Δ_e と終局耐力の低下率 P_{ui}/P_{u0} の関係を図 3 に示す。 P_{ui} は各試験体の終局耐力、 P_{u0} は終局耐力の理論値を示す。載荷試験による試験体の破壊モードは、平均断面減少率 Δ_e が 20 % まではコンクリートの圧壊、平均断面減少率 Δ_e が 20~30 % では、コンクリートの圧壊直後鉄筋の破断となる。コンクリートの圧壊直後鉄筋が破断する試験体を破壊モードの遷移域と定義した。回帰式は平均断面減少率 Δ_e の増加に伴い線形に減少する。平均断面減少率 Δ_e と終局変位の低下率 δ_{ui}/δ_{u0} の関係を図 4 に示す。

ここで、 δ_{ui} は各試験体の終局変位、 δ_{u0} は平均断面減少率 0% の平均値を示す。平均断面減少率 Δ_e が 18.0 % までは、終局変位の低下率 δ_{ui}/δ_{u0} は一定となり、それ以降線形に減少する。終局変位の低下率 δ_{ui}/δ_{u0} は終局耐力の低下率 P_{ui}/P_{u0} よりも、鉄筋腐食に対する感度が低い。

4. 限界鉄筋腐食量

RC 梁の破壊モードが圧縮側コンクリートの圧壊から、引張鉄筋の破断へと破壊モードが変化する時の腐食量を限界鉄筋腐食量と定義した。破断時の鉄筋ひずみと腐食量の関係は、既往の研究¹⁾を使用した。既往の研究では、破断時の鉄筋ひずみの計算に使用する標点間距離は 8D(鉄筋径 D の 8 倍)としている。しかし、鉄筋が腐食すると断面が局所的に腐食した箇所に応力が集中し、標点間距離が短くなる。健全な鉄筋と腐食した鉄筋に引張試験を行い、腐食した鉄筋の標点間距離の検討を行った。破断時の健全な鉄筋と腐食した鉄筋のひずみ分布の結果を図 5 に示す。鉄筋径間隔であらかじめ標点を設定し、試験後の伸びから各位置でのひずみを求めた。健全な鉄筋は破断点から 4D 離れた位置で破断箇所の最大ひずみと比較すると、ひずみの低下率が 30% に低下したため、ひずみの低下率が 30% の位置で比較した。標点間距離は平均断面減少率 Δ_e の増加に伴い指数的に減少し、平均断面減少率 5% 以降は、標点間距離は 4.8D となる。標点間距離に 4.8D を使用して、破断時の鉄筋ひずみを図 6 に示す。

圧縮側コンクリートの圧壊時と引張鉄筋破断時の曲げ耐力の算出手法を図 7 に示す。圧縮側のコンクリート圧壊時の曲げ耐力は、引張鉄筋が降伏し、圧縮側のコンクリートが終局ひずみに達して破壊すると仮定し、一般的な算出手法を使用した。引張鉄筋破断時の曲げ耐力は、圧縮側のコンクリートが終局ひずみに達する前に、腐食した引張鉄筋が破断ひず

みに達し、鉄筋破断が先行し、破壊するとして求めている。コンクリートは終局ひずみに達していないため、ひずみと応力の関係よりコンクリートの圧縮応力を求めた。さらに、平面保持の法則より圧縮側コンクリート上端のひずみの大きさを求め、コンクリートの終局ひずみ 3500μ に達しているかどうかで、破壊モードを判定した。計算値と実験値の曲げ耐力と鉄筋腐食量の関係を図 8 に示す。破壊モードが変化する時の鉄筋腐食量の理論値は 15% となった。実験での破壊モードの遷移域 20~30% よりも安全側の値となった。

参考文献

- 1) 岩城一郎, 上原子昌久, 子田康弘, 内藤英樹, 皆川浩, 鈴木基行: 著しい塩害を受けた道路橋 PC 桁内部のコンクリートおよび鋼材の物性評価, 土木学会論文集 E Vol.66 No.4,413-432

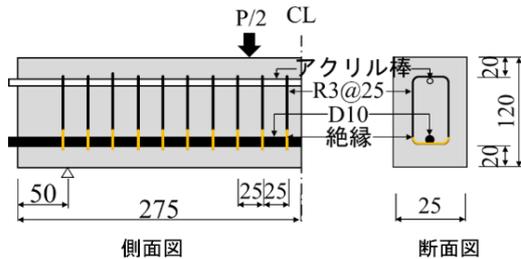


図 1 試験体

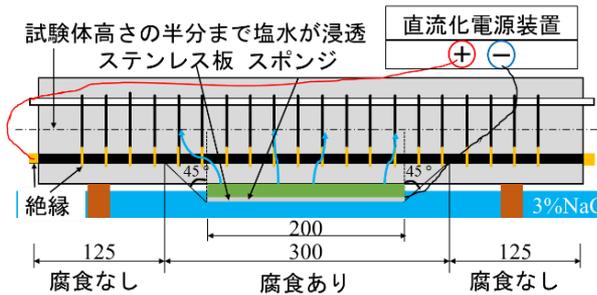


図 2 電食実験の手法と鉄筋腐食範囲

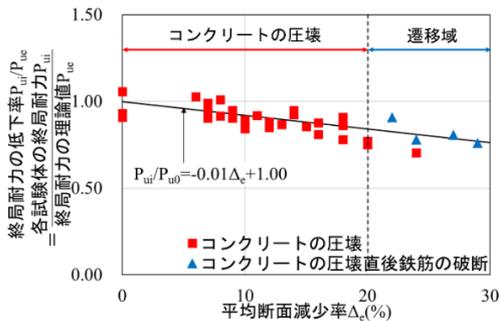


図 3 終局耐力の低下率 P_{u0}/P_{u0} と平均断面減少率 Δc

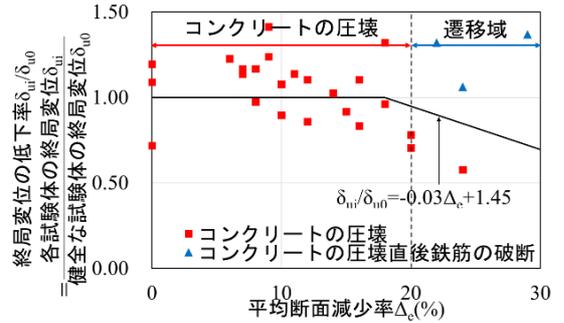


図 4 終局耐力の低下率 δ_{u0}/δ_{u0} と平均断面減少率 Δc

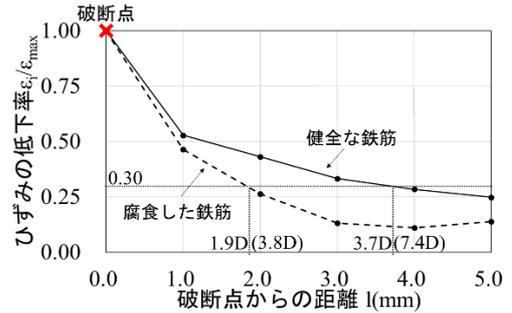


図 5 ひずみと破断点からの距離の関係

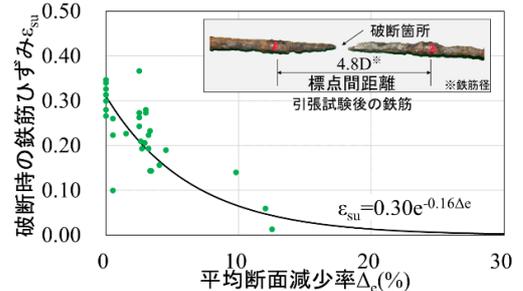


図 6 破断時の鉄筋ひずみと腐食量の関係

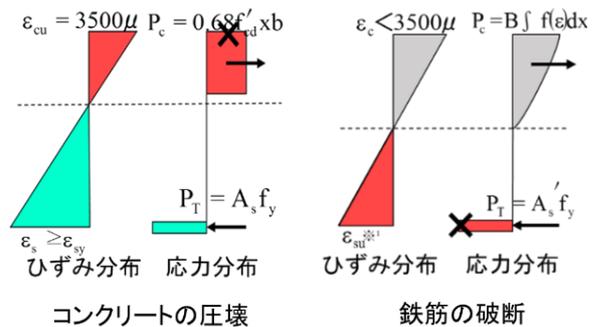


図 7 曲げ耐力の算出手法

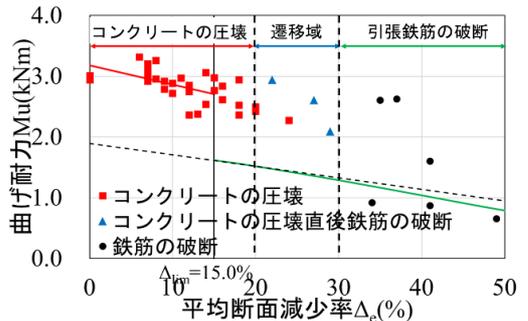


図 8 限界鉄筋腐食量