

## 第V部門

## 正負交番荷重作用下の鉄筋腐食 RC 曲げ部材の腐食ひび割れを用いた変形性能の推定

京都大学大学院 学生員 ○片桐 崇裕 京都大学大学院 正会員 山本 貴士  
 京都大学大学院 正会員 高谷 哲 京都大学大学院 正会員 高橋 良和

## 1. 研究目的

鉄筋腐食 RC 曲げ部材の耐荷性能を評価するには、鉄筋の腐食量を分布も含めて定量的に評価できることが望ましい。定期点検では、外観に現れるひび割れ情報で性能を概略評価できると有効である。また、正負交番荷重の作用する柱部材では、耐荷力だけでなく変形性能も重要である。本研究では、鉄筋腐食 RC 曲げ部材の腐食ひび割れから平均的な腐食量を概略推定し、その分布から変形性能や破壊形式・位置を推定することを目的とした。なお、今回は主として主鉄筋の腐食に着目したが、将来的には、横拘束筋やせん断補強筋の腐食の影響も考慮したいため、主筋の腐食ひび割れ幅だけでなく、多方向の腐食ひび割れの影響を考慮できる腐食ひび割れ面積密度を指標として用いた。

## 2. 実験概要

供試体の形状・寸法を図-1に示す。幅×高さ（有効高さ）×全長（スパン長）=100×200（173.5）×1600（1300）mmの圧縮側、引張側ともに2-D13（SD345）の複鉄筋 RC はりと、断面が320×320mm、柱長1200mmの主鉄筋にD13異形鉄筋（SD345）を用いた RC 柱である。質量減少率で最大20%程度を目標に、電食により腐食を促進した。腐食ひび割れを50mm間隔で測定したのちに、正負交番荷重試験を行い、鉄筋径はひび割れ幅測定位置の腹を測定した。

## 3. 正負交番荷重試験結果

最大荷重比、靱性率比、吸収エネルギー比と平均断面減少率の関係を図-2に示す。平均断面減少率が10%程度までは断面減少分の低下を示したが、10%程度を超えると局所的な鉄筋の断面欠損部分の影響により断面減少分以上に低下した。また、その低下率については靱性率および吸収エネルギーが最大荷重よりも大きな低下率を示した。既往の研究<sup>1)</sup>により、腐食による局所的な鉄筋断面の減少は引張強度よりも伸びに影響するこ

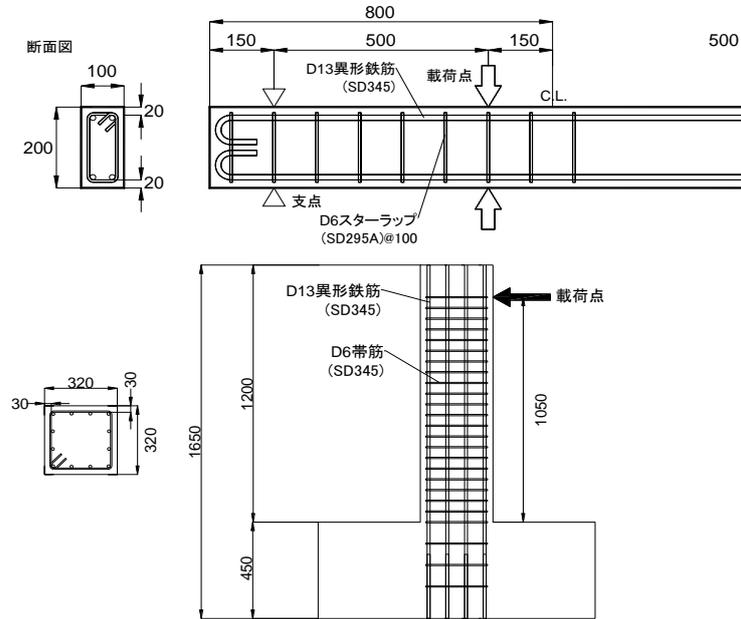


図-1 供試体の形状・寸法

とが知られており、それにより靱性率・吸収エネルギーの低下率が大きくなったと考えられる。

RC 柱の最大荷重は、RC はりとほぼ同程度の低下率を示したが、靱性率および吸収エネルギーは RC はり以上の低下率を示した。RC 柱では、基部の曲げモーメントが最大になる分布であることに加え、付着劣化が原因でひび割れ分散性が低下したことにより、RC はりよりも変形が局所化したと考えられる。

## 4. ひび割れ面積密度を用いた破壊の推定

正負交番荷重作用下における変形性能の低下に鉄筋腐食が与える影響は大きく、破壊形式の変化は腐食の分布による影響を考慮する必要がある。そこで、ひび割れ面積密度を用いて内部鉄筋の断面減少率を推定し、その分布から破壊形式や破壊位置を推定することを検討した。ひび割れ面積密度 $D_{cor}$ は以下の式で表される。

$$D_{cor} = \frac{A_{cor}}{S_{re} \cdot B_{re}} \quad (1)$$

$A_{cor}$ : 腐食ひび割れ面積 ( $mm^2$ ),  $S_{re}$ : 調査区間 ( $mm$ ),  
 $B_{re}$ : 調査幅 ( $mm$ )

Takahiro KATAGIRI, Takashi YAMAMOTO, Satoshi TAKAYA and Yoshikazu TAKAHASHI

takahiro.katagiri0108@gmail.com

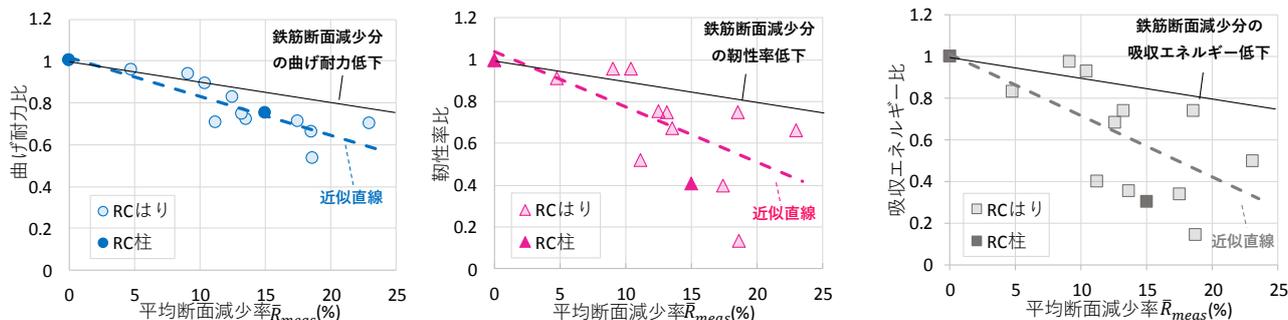


図-2 最大荷重比・靱性率比・吸収エネルギー比

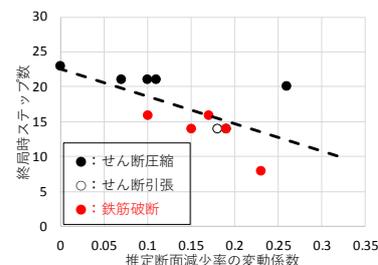
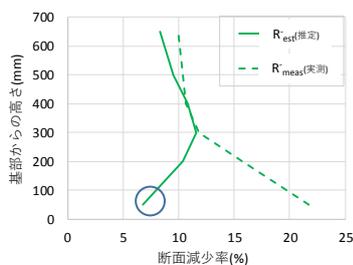
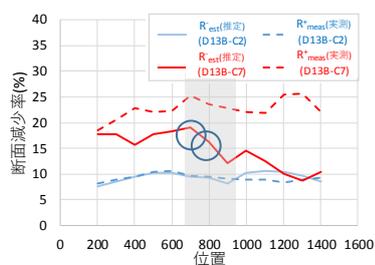


図-3 推定断面減少率と実測断面減少率の分布

図-4 終局時ステップ数

調査幅は供試体断面を載荷面に平行に 2 等分し、それを展開した供試体表面の幅とした。調査区間を 300mm として、ひび割れ面積密度と実測断面減少率の関係から得られた実験式 (式(2)) にひび割れ面積密度 ( $D_{cor}$ ) を代入して推定断面減少率  $R_{est}$  を求めた。

$$R_{est} = 2.28D_{cor} + 6.00 \quad (2)$$

得られた RC はりと RC 柱の推定断面減少率  $R_{est}$  の分布を図-3 に示す。RC はりについて、載荷実験で引張鉄筋が破断した断面 (グラフ内の青丸) に着目すると、多くの供試体で、曲げモーメントの大きい曲げスパン付近での破断となった。しかし、分布に大きな偏りがある場合、作用曲げモーメントに関わらずその位置で破断する供試体も確認された。

RC 柱では、推定断面減少率  $R_{est}$  が最小の値をとる基部で鉄筋破断を生じた。実際の腐食量の分布は、基部の断面付近で大きく、ひび割れから推定できない腐食と作用モーメントの大きさから柱基部での鉄筋破断に伴う終局に至ったと考えられる。コンクリートの打込み時に基部のかぶりの締固めが若干不十分で、曲げ圧縮部の耐荷機構に影響するまでではなかったものの、かぶりに腐食生成物の膨張圧が作用せず、腐食ひび割れが発生しにくく、ひび割れ面積密度から推定した断面減少率  $R_{est}$  が小さくなったと考えられる。

また、図-3 から曲げ引張破壊した供試体 (D13B-C2) は、推定断面減少率  $R_{est}$  の分布がほぼ一定であるのに対し、破壊形式が変化した供試体 (D13B-C7) は、分布が大

きくばらついている。そこで、この分布のばらつきから破壊形式の変化を伴う変形性能の低下を概略推定する手法の可能性を考えた。推定断面減少率  $R_{est}$  の変動係数と終局時のステップ数の関係を図-4 に示す。変動係数が 0.1 程度までは、健全とほぼ同程度のステップ数を示しているが、変動係数が 0.15 を超えると破壊形式の変化により早期に終局する供試体が現れることが確認できる。軸方向の腐食量の変動係数が 0.1 を上回ると、局所的な腐食の影響が現れるようであり、このような局所的な腐食を確認するための詳細点検が必要であると言える。

## 5. 結論

- 1) 引張鉄筋が腐食した RC はりおよび RC 柱の正負交番荷重作用下での変形性能は、最大荷重に比べて大きな低下率を示した。
- 2) 変形性能の低下が大きくなり始める推定断面減少率の軸方向のばらつきは、変動係数が 0.10 から 0.15 程度であった。この程度の腐食量のばらつきが推定される場合、詳細点検が必要となることがわかった。

## 参考文献

- 1) 小林孝一, 松岡慎一郎: 塩害による腐食が鉄筋の力学的性状に与える影響, コンクリート工学論文集, 第 19 巻, 第 3 号, pp.31-39, 2008.9