

腐食ひび割れ幅から推定した腐食量による鉄筋腐食 RC はりの曲げ耐力推定

京都大学 ○学生会員 大塚 尊之 正会員 山本 貴士
正会員 高谷 哲 正会員 高橋 良和

1. 研究目的

鋼材腐食 RC 部材で、腐食ひび割れから鉄筋の腐食量が推定できれば、耐力性能の概略推定が可能となる。本研究では、引張鉄筋を腐食させた RC はり供試体の腐食ひび割れ幅－断面減少率の関係を整理し、腐食ひび割れ幅から推定した断面減少率で算出した曲げ耐力と載荷試験結果を比較し、曲げ耐力を安全に評価できる手法を検討した。

2. 実験概要

2.1 供試体

供試体の形状・寸法を図1に示す。供試体は、幅×高さ(有効高さ)×全長(スパン長)=100×200(175mm)×1600(1400)mmの2-D10(鉄筋比 $p=0.4\%$) 単鉄筋 RC はりとした。コンクリートの水セメント比は60%で、 $Cl=10\text{kg/m}^3$ をコンクリート練り混ぜ時に外割添加した。

2.2 実験要因

供試体一覧を表1に示す。腐食方法は、塩分による腐食を模擬した塩水散布と、断面減少の大きな領域を模擬した電食とした。塩水散布では、 $40^{\circ}\text{C}100\%\text{RH}$ 塩水噴霧 6h→ $20^{\circ}\text{C}20\%\text{RH}$ 乾燥 4h→ $20^{\circ}\text{C}98\%\text{RH}$ 湿潤 2h の12時間1サイクルとした。電食では、電流密度 0.15mA/cm^2 で135日通電した。

2.3 腐食状況測定および曲げ載荷試験

腐食終了後、軸方向 50mm 間隔でクラックスケールを用

いて腐食ひび割れ幅を測定した。また、曲げ載荷試験後の供試体から取り出した引張主筋を除錆し、質量および鉄筋径を測定した。鉄筋径は、鉄筋の腹ごとにノギスで全周を測定し、その最小となる径を記録した。

載荷は、曲げスパン 400mm の対称2点1方向単調載荷曲げ試験とした。スパン中央および両支点変位を測定した。

3. 実験結果および考察

3.1 腐食ひび割れ幅－断面減少率関係

腐食ひび割れ幅測定点全点に対する腐食ひび割れ幅－断面減少率の関係を図2に示す。同じひび割れ幅での断面減少率の変動が大きく、関係性を見出すことは難しい。そこで、軸方向の鉄筋径分布から特異な鉄筋径データが得られていると考えられる測定点を除くことを考えた。一つは、等曲げ区間の鉄筋径とした。比較的低鉄筋比の今回の供試体では、終局時の引張鉄筋ひずみが等曲げ区間で大きく、鉄筋径に絞りの影響が現れている可能性がある。さらに、スターラップ配筋位置では、その近傍より鉄筋径が大きく

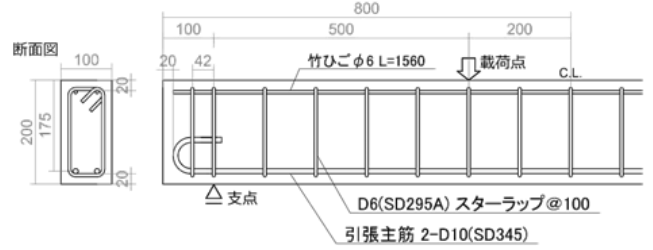


図1 供試体図

表1 供試体一覧

供試体No.	腐食方法	腐食期間(日)	供試体数	質量減少率(%)
D10N	塩水散布		1	
D10C060		60	1	3.04
D10C088		88	1	2.75
D10C120		120	1	2.84
D10E135	電食	135	2	20.34

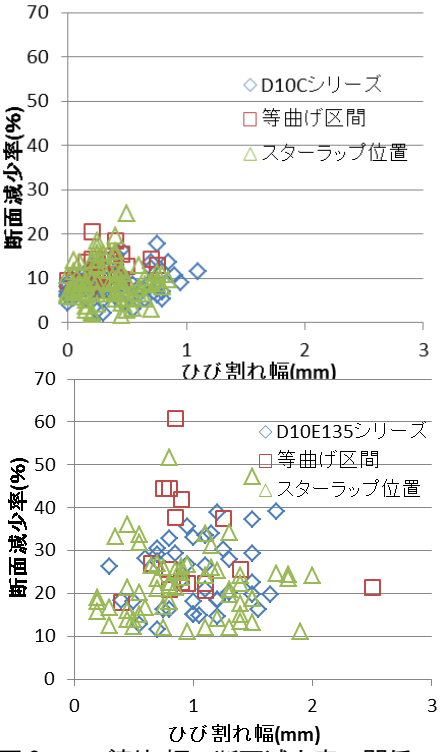


図2 ひび割れ幅－断面減少率の関係

キーワード 腐食ひび割れ、断面減少率推定、曲げ耐力推定、塩水散布、電食、データ変動の抑制
連絡先 〒615-8246 京都市西京区京都大学桂 C1-458 TEL : 075-383-3173 FAX : 075-383-3177

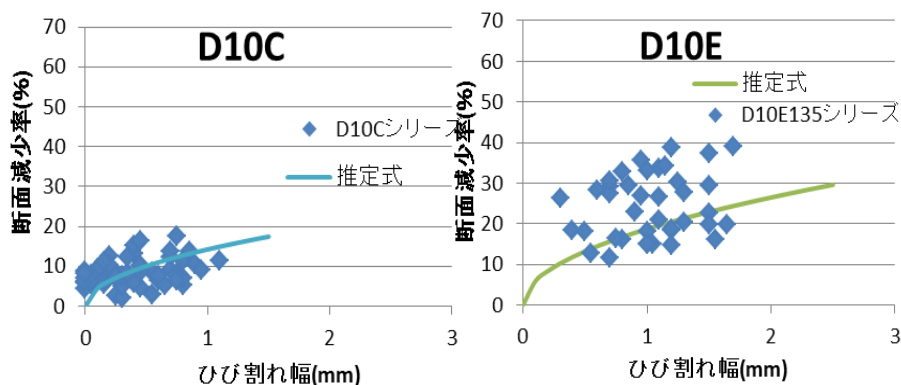


図3 腐食ひび割れ幅－断面減少率関係（等曲げ区間，スターラップ位置測定点除去）

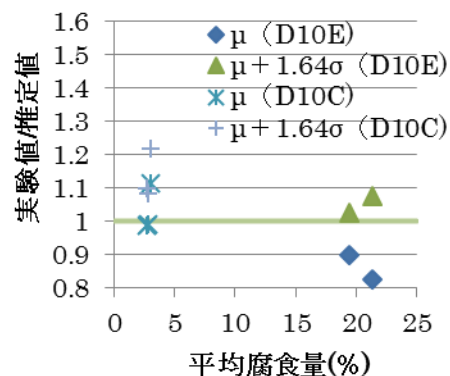


図5 実験値と推定耐力の比

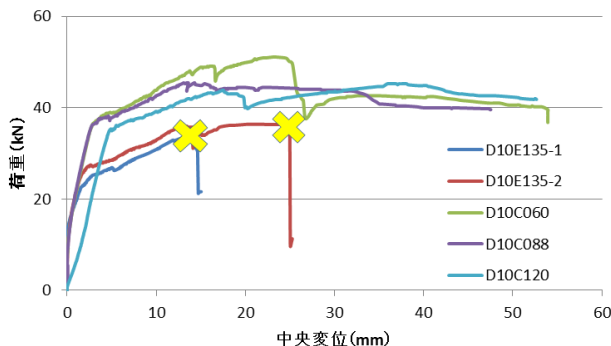


図4 荷重試験結果

なる傾向にあった。塩水散布では、外縁にあるスターラップが先行して腐食したことにより、また電食では、一部の電流がスターラップに流れたことにより、引張主筋の腐食が小さくなったと考えられる。加えて、スターラップ位置では腐食膨張圧が拘束されるため、直上に生じる腐食ひび割れ幅が小さくなったと考えられる。

以上より、図2の関係から等曲げ区間およびスターラップ位置の鉄筋径を除外した場合の腐食ひび割れ幅－断面減少率の関係を図3に示す。全計測点を用いた場合よりも変動が抑制され、若干関係性が得られているようである。この関係を、式(1)に示す腐食ひび割れ幅－断面減少率の関係式 γ を利用して推定した。

$$\text{断面減少率}(\%) = A\sqrt{w} \quad (1)$$

A: かぶり、鉄筋径、コンクリート強度、腐食生成物の体積膨張倍率(γ)などで決定する係数, w: 腐食ひび割れ幅(mm)

塩水散布では、 $\gamma=3.5$ を用いて $A=14.24$ が、電食では、 $\gamma=2.9$ を用いて $A=18.74$ が得られる。係数Aを用いた推定曲線を図3に示す。塩水腐食では、比較的傾向が捉えられている。一方、電食では、推定式よりも実測の断面減少率が大きくなっている。今回の供試体は、電解質溶液に浸せきして電食したため、腐食生成物が溶液中に流出し、同一のひび割れ幅での腐食量が大きくなった可能性がある。

3.2 曲げ耐力の評価

荷重－変位関係を図4に示す。塩水散布供試体は曲げ引

張、電食供試体は引張主筋破断（図中×印）で終局に至った。電食供試体では、断面減少が大きく、また軸方向の腐食の変動が大きくなることで鉄筋の伸びが小さくなり破断による終局になったものと考えられる。

この荷重試験の結果得られた最大荷重（曲げ耐力）を、図3の腐食ひび割れ幅－断面減少率の推定式から求めた鉄筋断面積を利用して算定する曲げ耐力で安全に評価できるかを検討した。供試体曲げスパンの腐食ひび割れ幅の平均値に対し、図3の推定式から断面減少率を求めた。ひび割れ幅ごとに断面減少率の値に変動があるので、ひび割れ幅ごとの断面減少率の標準偏差を求めた。推定式から求めた断面減少率を平均値とみなし、標準偏差 σ の1.64倍分（95%の確率で断面減少率が超過しない）の変動を加味して腐食鉄筋断面積特性値を求めた。この断面積特性値をRC断面解析に用いて曲げ耐力を求めた。

曲げ耐力の評価結果を図5に示す。縦軸は曲げ耐力の実験値を計算値で除したもので、1以上のとき安全側の評価となる。断面減少率の平均値を用いると危険側の評価結果が一部得られた。これに対し、1.64 σ を考慮することで、大きな腐食量でも安全側の評価が可能となった。

4. 結論

腐食ひび割れ幅と断面減少率の関係は、スターラップおよび等曲げ区間断面以外の測定点で整理することにより、変動を低減できる。この関係の腐食ひび割れ幅に対応する断面減少率に標準偏差を考慮して求めた腐食鉄筋断面積の特性値で曲げ耐力を求めると、安全側の評価ができた。

参考文献

- 1) 西澤彩, 高谷哲, 中村士郎, 宮川豊章: 腐食生成物の違いがひび割れ幅と腐食量の関係に与える影響, コンクリート工学年次論文集 Vol.35, No.1, 2013.7