

京都大学 学生会員○柚本真介 京都大学 正会員 山本貴士
京都大学 正会員 服部篤史 京都大学 フェロー 宮川豊章

1 はじめに 本研究では、炭素繊維シート靱性補強の鉄筋腐食 RC 曲げ部材への適用性を明らかにすることを目的として、主筋の腐食をモデル化した RC 曲げ部材に、炭素繊維シート靱性補強を適用し、正負交番曲げ載荷試験結果をもとに、補強部材の変形状を検討した。

2 実験概要 主筋腐食のモデル化には、あらかじめ塩水散水により腐食させた鉄筋を用いて供試体を作成する方法(散水シリーズ)と電食法(電食シリーズ)の2種類を用いた。

2.1 実験要因 鉄筋の腐食量は表-1 に示すように、散水シリーズでは5段階、電食シリーズでは4段階設定した。電食シリーズでは質量減少率が鉄筋の通電期間に比例すると仮定して算出した推定値を用いた。炭素繊維シート横拘束量は散水シリーズでは横拘束筋体積比 ρ_{CF} で0.00%、0.17%、0.66%の3段階を、電食シリーズでは0.00%、0.66%の2段階を設定した。散水シリーズでは、載荷試験中の降伏荷重時変位 δ_y の奇数倍変位での同一変位繰返し回数 N を1回および3回とする2種類を設定した。補強方法は、電食シリーズでは、部材の変形性能の向上を期待する靱性補強のほかに、曲げ耐力の向上を期待する曲げ補強を靱性補強と併用したものを設定した。

供試体は、図-1 に示すように幅×高さ×全長(スパン長)100×200×1600(1400)mm の2-D10(SD295A)複鉄筋はりとした。散水シリーズの供試体には、主筋の曲げ区間 700mm に相当する部分にあらかじめ3%の塩水を散水することにより腐食させた鉄筋を用いた。電食シリーズでは供試体作成後、主筋を対象とした定電流の通電により鉄筋をコンクリート中で強制的にアノード溶解させた。炭素繊維シート補強の概要を図-2 に示す。靱性・曲げ補強併用の供試体では、曲げ補強用のシートをスパン内軸方向に一層貼付けた後、靱性補強用シートを巻き立てた。

2.2 鉄筋の腐食量測定 散水シリーズにおける腐食量の測定には供試体作成に用いた鉄筋と同一期間・環境で腐食させた曲げ区間に相当する長さ 700mm の鉄筋を用い、質量減少率として算出した。

2.3 曲げ載荷試験 載荷は図-1 に示すように、スパン長 1400mm に対し、曲げスパン 300mm の対称2点漸増型正負交番載荷曲げ試験とした。降伏荷重時変位 δ_y は無補強健全供試体載荷時の荷重・変位曲線の屈曲点から求め、 $\delta_y=3.8\text{mm}$ とした。また、終局は、荷重・変位曲線の包絡線上の荷重低下領域で、荷重が最大荷重の80%を下回らない最大の変位として定義した。

3 曲げ載荷試験結果と考察

(1) 最大荷重 質量減少率が最大荷重に与える影響を図-3 に示す。散水シリーズでは、腐食程度が小さい場合には最大荷重の低下は見られないが、腐食が大きな段階では、鉄筋の断面積の影響が現れ、 $\rho_{CF}=0.00, 0.17\%$ で健全時より約10%最大荷重が低下した。定変位3回繰返しでは、 $\rho_{CF}=0.66\%$ を除いて同

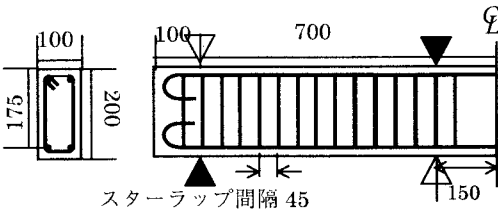


図-1 供試体形状・寸法 (単位 mm)

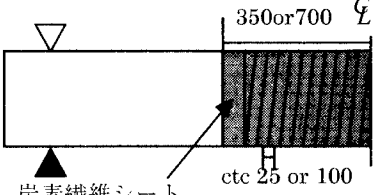


図-2 炭素繊維シート補強供試体

表-1 実験要因

散水シリーズ	
質量減少率(%)	0.0, 3.3, 5.6, 7.2, 23.2
炭素繊維シート横拘束筋体積比 ρ_{CF} (%)	0.00, 0.17, 0.66
載荷繰返し回数N(回)	1および3
電食シリーズ	
質量減少率(%)	0, 3, 8, 12
補強方法	①無補強 ②靱性補強, ③靱性・曲げ補強併用

一質量減少率の一回繰返しよりも最大荷重が低下した。繰返し荷重の作用によりコアコンクリートの損傷が大きくなったものと考えられる。電食シリーズでは、いずれの ρ_{CF} においても質量減少率の増加に伴って最大荷重が低下した。また、いずれの ρ_{CF} においても散水シリーズの最大荷重の低下に比べて電食シリーズの方が低下の割合が大きい。腐食ひび割れの存在により、曲げ圧縮部コンクリートが受け持つ圧縮力が低下していると考えられる。一方、靱性・曲げ補強併用供試体の最大荷重は同一の腐食量において、靱性補強のみに比べて増加したものの、質量減少率の増加に伴い低下し、健全時の靱性補強部材と同程度になった。

(2) 靱性 質量減少率が、変位靱性率($\mu = \delta u / \delta y$)に与える影響および終局までの消散エネルギーの累積値に与える影響をそれぞれ図-4、図-5に示す。散水シリーズ、電食シリーズのいずれの場合でも腐食量が大きい場合には鉄筋の伸び能力の低下により、破壊形式が主筋破断となり、変形性能は、健全時の無補強部材と同程度の値となった。このように、主筋の腐食量が大きい部材に対する炭素繊維シート靱性補強によって、健全時の水準までの変形性能の回復は期待できるが、主筋破断が先行するため、それ以上の大幅な向上は期待できないことがある。さらに、定変位3回繰返しの場合には、質量減少率3.3%で主筋破断となり、変形性能が低下していることから、大変形の繰返し荷重が作用する場合には、腐食量が小さい段階においても、炭素繊維シート靱性補強の適用には注意が必要となる。一方、今回定義した終局に対しては、靱性・曲げ補強併用供試体の変位靱性率および消散エネルギーは同一質量減少率の無補強供試体よりも小さくなった。しかし、曲げ補強用シート破断後も靱性補強のみと同程度の荷重を保持しながら変形が進んでおり、この変形を考慮すれば、変位靱性率は同程度、エネルギー消散能は、曲げ補強による最大荷重の増加により向上する。

4 結論 (1)主筋の腐食量が大きい部材に対する炭素繊維シート靱性補強によって、健全時の水準までの変形性能の回復は期待できるが、主筋破断が先行するため、それ以上の大幅な向上は期待できないことがある。(2)載荷時の同一変位繰返し回数が大きくなれば、容易に主筋破断となることから、大変形の繰返し荷重が作用する場合には、腐食量が小さい段階においても、炭素繊維シート靱性補強の適用には注意が必要となる。(3)コンクリート中で鉄筋が腐食すると、腐食ひび割れの存在によって、曲げ圧縮部コンクリートが受け持つ圧縮力が低下し、最大荷重、靱性の低下が生じると考えられる。(4)電食供試体においても、炭素繊維シート曲げ補強による最大荷重の向上効果が確認できた。変形性能については、曲げ補強用シート破断後の変形を考慮すれば、変位靱性率は靱性補強のみと同程度、エネルギー消散能は、曲げ補強による最大荷重の増加により向上するといえる。

参考文献 1) 柚本真介:炭素繊維シート横拘束曲げ部材の変形状態に与える鉄筋腐食の影響,土木学会第55回年次学術講演会講演概要集 No.391/v-48,2000.9

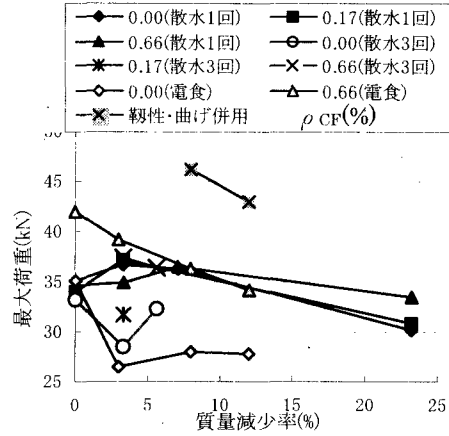


図-3 質量減少率が最大荷重に与える影響

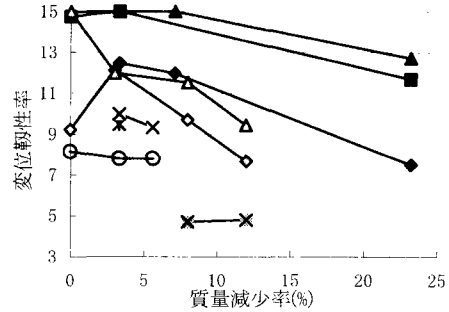


図-4 質量減少率が変位靱性率に与える影響

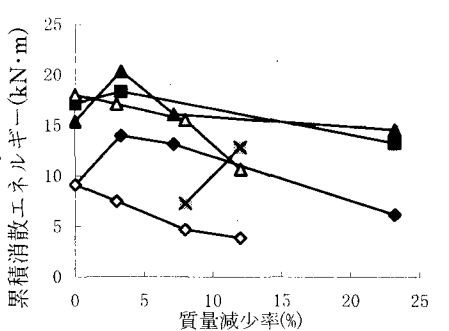


図-5 質量減少率が終局までの消散エネルギーの累積値に与える影響