

京都大学 学生会員○柚本 真介 学生会員 山本 貴士
京都大学 正会員 服部 篤史 フェロー会員 宮川 豊章

1 はじめに

本研究では、炭素繊維シート横拘束コンクリートを曲げ圧縮部に適用した部材において、軸方向鉄筋の腐食が進行した場合を想定し、鉄筋の腐食量および炭素繊維シートの横拘束量が、補強部材の曲げ耐力、靱性、破壊性状に与える影響を検討した。

2 実験概要

鉄筋腐食量に関して腐食区間の重量減少率で 0%、1.39%、3.32%の 3 種類を設定し、炭素繊維シート横拘束量に関して無補強のもの、および炭素繊維シート(シート厚さ 0.111mm、引張強度 3479N/mm²、ヤング係数 2.3×10^5 N/mm²)を体積比 ρ_{CF} で 0.17%、0.66%で巻立てたものの 3 種類を設定した。(なお、重量減少率 3.32%のものは未載荷である。)供試体一覧を表 1 に示す。

供試体は図1に示すような幅×高さ×全長=100×200×1600mmであり、2-D10(SD295A)の複鉄筋はり($p=0.81\%$)とした。供試体の作成にあたっては、3%の塩水散水および塩水湿布により、曲げ区間700mmのみをあらかじめ腐食させた鉄筋を用いた。なお、曲げスパン内に既存部横拘束筋は配さなかった。また、コンクリートの目標配合強度は $f_{cr}=30\text{N/mm}^2$ とした。

載荷は、スパン長 1400mm に対し曲げスパン 300mm の対称 2 点漸増繰返し型(2n-1) $\delta_y \times 1$ 正負交番載荷曲げ試験とし、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% まで低下した点とした。

3 実験結果および考察

3.1 鉄筋の引張試験 鉄筋の引張試験結果から得た腐食鉄筋の降伏点、引張強度および伸びの健全鉄筋に対する比と重量減少率の関係を図 2 に示す。なお、腐食鉄筋の降伏点、引張強度は、断面が一樣に腐食したと仮定し、重量減少率を断面減少率として求めた断面積を用いて算出した。降伏点、引張強度は重量減少率によらずほぼ一定であったのに対し、伸びは、重量減少率に伴い若干低下する傾向にあった。外観観察では、孔食は見られなかったものの、降伏点、引張強度に影響を与えない程度の軽微な孔食の存在により、この部分に引張ひずみが集中したものと考えられる。

3.2 最大荷重 重量減少率が最大荷重に与える影響を図 3 に示す。重量減少率が 1.39%では、横拘束筋体積比 ρ_{CF} にかかわらず、重量減少率が最大荷重に与える影響は見られず、この重量減少率は小さいと判断される。

表1 供試体一覽

供試体名	横拘束筋 体積比 $\rho_{cr}(\%)$	鉄筋重量 減少率 (%)	コンクリート 強度 $f_c(N/mm^2)$
N1	0	0	38.4
N2	0	1.39	39.4
L1	0.17	0	38.4
H1	0.66	0	38.4
L2	0.17	1.39	39.4
H2	0.66	1.39	39.4

重量減少率3.3%のものは未載荷

重量減少率3.32%のものは未載荷

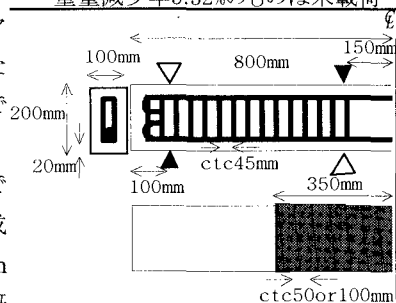


図 1 供試体緒元

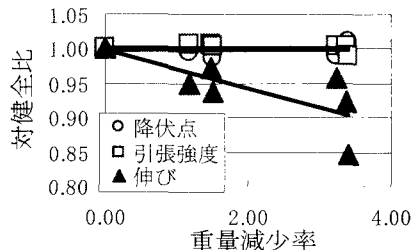


図2 重量減少率が鉄筋の
機械的性質に与える影響

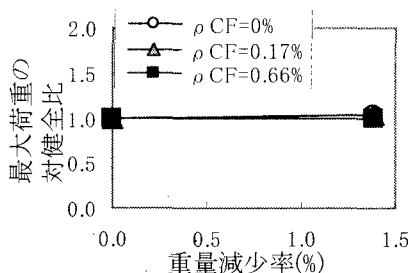


図3 重量減少率が
最大荷重に与える影響

3.3 靱性 重量減少率が変位靱性率 μ に与える影響を図4に示す。なお、横拘束筋体積比0.66%のものは全て載荷装置の変位限界に達した時点で終局に至らなかったため省略した。重量減少率1.39%までの腐食では、すべての供試体が曲げ圧縮部コンクリートの圧潰により終局に至っており、重量減少率が変位靱性率に与える影響は見られなかった。重量減少率が消散エネルギーの累積挙動に与える影響($\rho_{CF}=0.17\%$)を図5に示す。重量減少率1.39%においても、健全供試体と同様の累積挙動を示しており、腐食による靱性補強効果の低下はないものと考えられる。

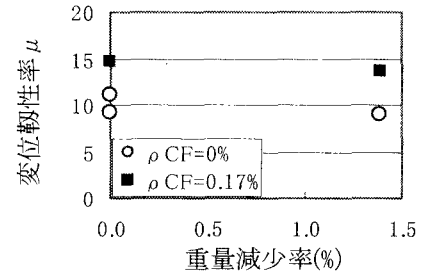


図4 重量減少率が変位靱性率に与える影響

3.4 鉄筋の腐食が炭素繊維シート横拘束曲げ部材の破壊形式に与える影響 等曲げ区間の断面上縁のコンクリートが終局ひずみ ϵ_{cu} に達したときの引張鉄筋ひずみ ϵ_s を平面保持の仮定のもとに断面内の力の釣合式を解くことにより求め、これと腐食鉄筋の引張試験[1][2]から得られた伸び・重量減少率関係を比較することにより、炭素繊維シート横拘束曲げ部材の破壊形式を推定した。ここで、コンクリートの応力-ひずみ曲線および終局ひずみ ϵ_{cu} は、 $\rho_{CF}=0\%$ では文献[3]、 $\rho_{CF}=0.17\%$ 、 0.66% では文献[4]、鉄筋の応力-ひずみ関係は文献[3]のモデルを用いた。なお、 $f_c=30\text{N/mm}^2$ 、 $f_{sy}=350\text{N/mm}^2$ とし、腐食鉄筋の断面積 A_s は重量減少率を断面欠損率とすることにより求めた。曲げ圧縮部上縁コンクリートひずみが終局ひずみに達した時の引張鉄筋ひずみおよび腐食鉄筋の伸びと、鉄筋重量減少率の関係を図6に示す。これより、 $\rho_{CF}=0\%$ で重量減少率21.6%以上、 $\rho_{CF}=0.17\%$ で重量減少率19.1%以上、 $\rho_{CF}=0.66\%$ で重量減少率13.3%以上となった場合、曲げ圧縮部コンクリートの圧潰前に引張鉄筋破断が生じることとなる。また、炭素繊維シートの横拘束量が多いものほど腐食が小さい段階で鉄筋破断により終局に至り、靱性補強効果が低下するものと考えられる。

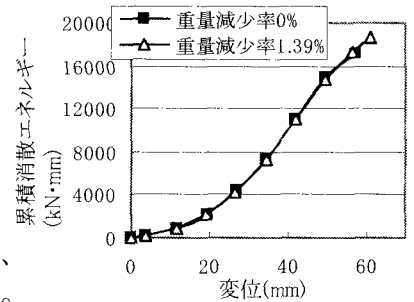


図5 重量減少率が消散エネルギーの累積挙動に与える影響 (横拘束0.17%)

4. 結論

(1)健全鉄筋および腐食鉄筋の引張試験を行ったところ、重量減少率3.32%までの腐食では、降伏点、引張強度は健全鉄筋のものと同程度であったのに対し、伸び能力は重量減少率3.32%までの腐食であっても、若干低下する傾向がみられた。(2)重量減少率が1.39%までの腐食では、同一の炭素繊維シート横拘束筋体積比において、鉄筋の腐食が最大荷重、変位靱性率およびエネルギー消散能に与える影響は見られなかった。(3)炭素繊維シート横拘束曲げ部材の曲げ圧縮部上縁コンクリートが終局ひずみ ϵ_{cu} に達した時の引張鉄筋ひずみ ϵ_s と腐食鉄筋の伸びを比較し、破壊形式の推定を行ったところ、炭素繊維シートの横拘束量が多いものほど腐食が小さい段階で鉄筋破断により終局となる結果となった。

参考文献 [1] 大井孝和:コンクリート円柱供試体に埋設した鉄筋の腐食実験結果(続)鉄筋腐食進行の評価について、第25回セメント・コンクリート研究討論会論文報告集、pp.111~116、1998.10.[2] 真邊剛典、山本貴士、服部篤史、宮川豊章:鉄筋腐食を生じた連続繊維シート補強部材の耐荷性状、土木学会第54回年次学術講演会講演概要集第5部、pp.712~713、1999.9.[3] 土木学会:平成8年コンクリート標準示方書[設計編]、1996.3.[4] 細谷学、川島一彦、星隈順一:炭素繊維シートで横拘束したコンクリート柱の応力度・ひずみ関係の定式化、土木学会論文集、No.592/V-39、pp.37~52、1998.5.

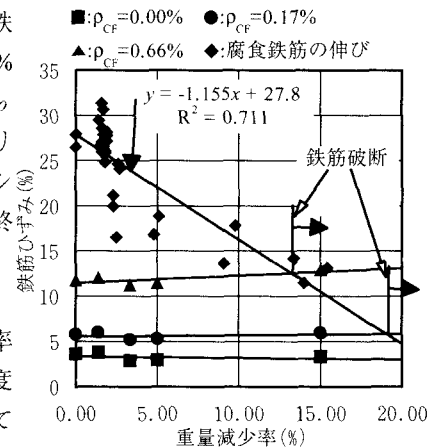


図6 引張鉄筋ひずみ、伸びと重量減少率の関係