

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、鉄筋腐食が、補強部材の曲げ耐力、靱性、破壊形式に与える影響を検討した。

2 実験概要

鉄筋腐食量には、曲げ区間 700mm の重量減少率で 0%、1.39%、3.32% の 3 種類を、また炭素繊維シート(シート厚さ 0.111mm、引張強度 3480N/mm²、ヤング係数 2.3 × 10⁵ N/mm²)横拘束量には、体積比 ρ_{CF} で 0.00%、0.17%、0.66% の 3 種類を設定した。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 の 2-D10(SD295A)複鉄筋はり(引張鉄筋比 $p=0.81\%$)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。

荷重はスパン長 1400mm に対し曲げスパン 300mm の対称 2 点漸増繰返し型((2n-1) $y \times 1$)正負交番載荷曲げ試験とし、降伏荷重時変位 y_p は無補強健全供試体載荷時における荷重 - 変位曲線の屈曲点から求め、 $y_p=3.8\text{mm}$ 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、断面が一様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が、降伏点、引張強度に影響を与えない程度の軽微な孔食が存在し、この部分で早期に破断ひずみに達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 3.32%まででは、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、最大荷重に影響を与えるまでの腐食ではないと判断できる。

表1 供試体一覧

供試体名	横拘束筋体積比 $\rho_{CF}(\%)$	鉄筋重量減少率 (%)	載荷時コンクリート強度 $f'_c(\text{N/mm}^2)$
N1	0	0	38.4
N2	0	1.39	39.4
N3	0	3.32	41.7
L1	0.17	0	38.4
L2	0.17	1.39	39.4
L3	0.17	3.32	41.7
H1	0.66	0	38.4
H2	0.66	1.39	39.4
H3	0.66	3.32	41.7

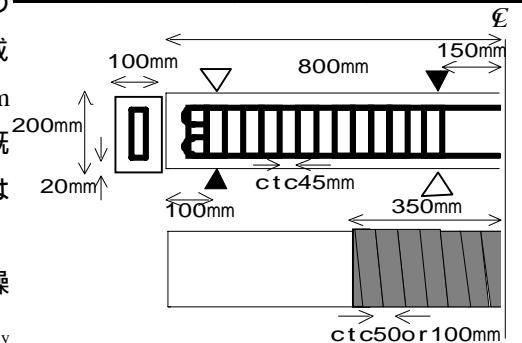


図 1 供試体緒元

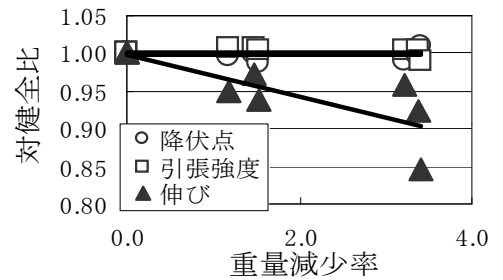


図2 重量減少率が鉄筋の機械的性質に与える影響

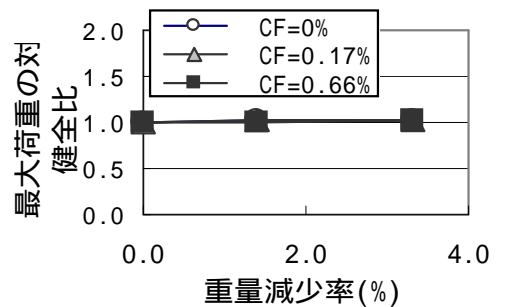


図3 重量減少率が最大荷重に与える影響

キーワード：炭素繊維シート、靱性補強、鉄筋腐食、曲げ部材

連絡先：〒606-8501 京都市左京区吉田本町 TEL 075-753-5102 FAX 075-752-1745

3.3 韌性 重量減少率が変位韌性率に与える影響を図4に示す。なお、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ものは省略した。重量減少率3.32%までの腐食では、鉄筋破断により終局に至ったのではなく、重量減少率が変位韌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($p_{CF}=0.17\%$)を図5に示す。重量減少率3.32%までの腐食では、健全供試体と同様の累積挙動を示しており、腐食による韌性補強効果の低下はないといえる。

3.4 鉄筋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い式を解くことにより求め、これと本研究および文献[1][2]の腐食鉄筋の引張試験から得られた伸び-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、 $p_{CF}=0\%$ には文献[3]を、 $p_{CF}=0.17\%$ 、 0.66% には文献[4]を用い、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、 $p_{CF}=0\%$ で重量減少率21.6%以上、 $p_{CF}=0.17\%$ で重量減少率19.1%以上、 $p_{CF}=0.66\%$ 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。したがって、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、韌性補強効果が低下するものと考えられ、鉄筋腐食に対して注意が必要である。

4. 結論

(1)健全鉄筋および腐食鉄筋の引張試験より、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、伸びは若干低下する傾向がみられた。(2)重量減少率3.32%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、鉄筋腐食が最大荷重、変位韌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 と腐食鉄筋の伸びの関係から、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、韌性補強効果が低下する可能性があることがわかった。

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。

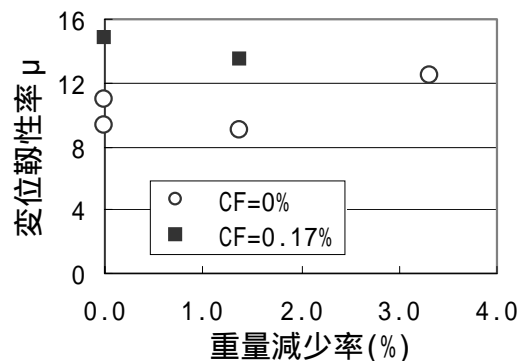


図4 重量減少率が変位韌性率に与える影響

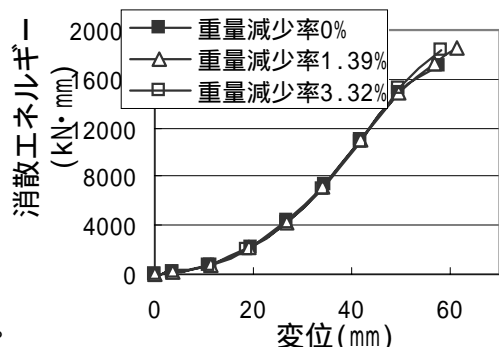


図5 重量減少率が消散エネルギーの累積挙動に与える影響 (横拘束0.17%)

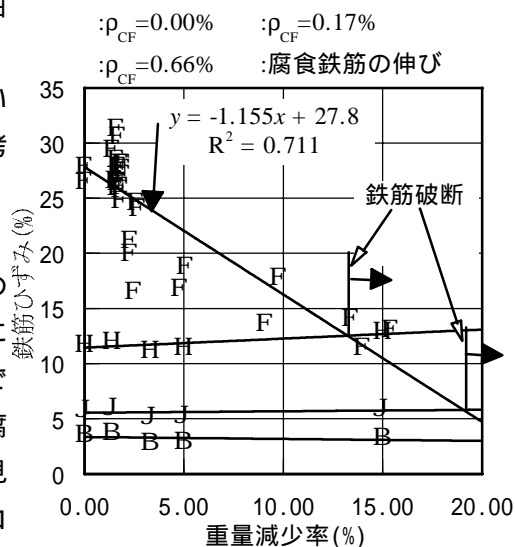


図6 引張鉄筋ひずみ、伸びと重量減少率の関係