

神戸大学工学部 学生員 ○梶田 宏行
神戸大学大学院 学生員 鴨谷 知繁

神戸大学工学部 正会員 森川 英典
神戸大学工学部 正会員 小林 秀恵

1. はじめに：近年、コンクリート構造物の補強方法として炭素繊維シート補強工法が注目されている。実施工を考慮する場合、補強するコンクリート構造物は劣化が進行した構造物であり、その中の鉄筋についても劣化し損傷が起きている可能性がある。本研究では、引張主鉄筋の局部損傷を考慮した炭素繊維シート補強 RC はり部材の補強性能の評価を行うことを目的とし、RC はり部材の曲げ載荷試験を行った。

2. 試験要因：本試験で使用した供試体の概略図を図-1 に示す。試験供試体は断面が $150 \times 150 \text{ mm}$ 、長さ 1400 mm の RC はりで、スパン長は 1200 mm とした。配筋は D10 鉄筋を圧縮側に 2 本、D13 鉄筋を引張側に 3 本配置し、D6 スターラップを 60 mm 間隔で配置した。炭素繊維シートは、幅 140 mm 長さ 1100 mm のものを使用し、阪神高速道路公団¹⁾などが示しているようにコンクリート表面にプライマー、不陸修正材であるパテの順に施工した後、貼付けた。

供試体要因を表-1 に示す。試験要因は、鉄筋損傷状況を健全、鉄筋切欠き、鉄筋切断の 3 水準、鉄筋切欠き深さを断面減少率 20%、40% の 2 水準とした。鉄筋切欠き及び切断箇所を図-2、図-3 に示す。さらに、切欠きの形状を図-4 に示す。ここで、切欠き鉄筋の引張試験の結果から切欠き鉄筋の評価を行う。断面減少率 40% の切欠き近傍の荷重-鉄筋ひずみ関係(図-5)より、母材 (D13 鉄筋) が降伏する前に切欠き箇所において破断したことが確認でき、この場合は、切欠き箇所で局部的に伸び、破断まで至ったものと評価できる。次に、断面減少率 20% の切欠き近傍の荷重-鉄筋ひずみ関係(図-5)より、母材が降伏した後に切欠き箇所で破断したことから比較的、鉄筋の伸びが局所的でないことが分かる。また、最大荷重が健全鉄筋降伏荷重を上回っているため切欠きによる影響は小さいと考えられる。

3. 試験結果および考察：試験結果(表-2)の無補強時および補強時の部材降伏荷重の耐力比に着目する。ここで、部材降伏とは、荷重-中央たわみ関係において急激に傾きが変化することと定義する。鉄筋損傷の有無に関わらず耐力比が増加している

ため、いずれの供試体においても補強効果が発揮されている。次に、各供試体の断

面減少率と耐力比の関係に着目すると、断面減少率と比例して耐力比も増加していることが確認できる。この傾向は、鉄筋量を一樣に変化させた既往の研究²⁾の傾向と合致している。

(a) 無補強時における各供試体の検討

各供試体の部材降伏までの荷重-中央たわみ関係(図-6)より、鉄筋損傷を与えた供試体はその影響によって部材降伏荷重が低下していることがわかる。剛性に関しては、既往の研究²⁾では、鉄筋量を一樣に変化させると、健全供試体に比べ剛性が低下するが、RC2~RC3 は健全供試体とほぼ差異は見受けられない。これは、

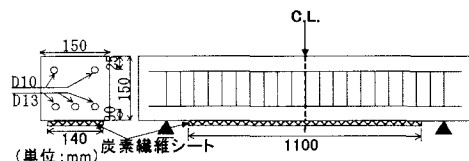


図-1 曲げ載荷試験供試体概略図

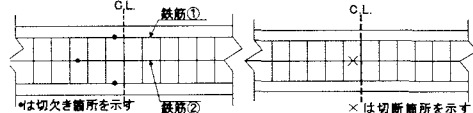


図-2 鉄筋切欠き箇所

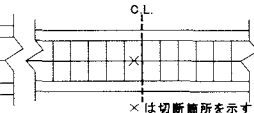


図-3 鉄筋切断箇所

表-1 試験要因

供試体名	損傷状況	断面減少率
RC1	—	—
RC2	鉄筋切欠き	20%
RC3	鉄筋切欠き	40%
RC4	鉄筋切断	—

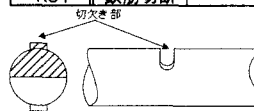


図-4 切欠き形状

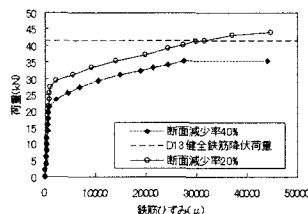


図-5 引張試験結果

表-2 試験結果

供試体名	コンクリート 圧縮強度 (N/mm^2)	コンクリート 引張強度 (N/mm^2)	無補強時の 部材降伏荷重 (kN)	補強時の 部材降伏荷重 (kN)	耐力比 (部材降伏時)	最大荷重 (kN)	炭素繊維シート はく離時の荷重 (kN)	炭素繊維シート はく離時のたわみ (mm)
RC1	31.8	2.98	47.4	56.4	1.19	69.7	68.0	10.7
RC2	31.8	2.98	43.1	51.3	1.19	70.6	69.7	10.8
RC3	31.8	2.98	36.1	44.1	1.22	83.0	60.2	10.4
RC4	25.5	2.98	33.8	42.3	1.25	53.2	51.0	9.40

鉄筋損傷が局部的であったためだと考えられる。
また、各供試体の損傷箇所における断面減少率と降伏荷重との関係（図-7）より、鉄筋損傷の形状に関わらずほぼ直線で近似できる。

(b) 補強時における各供試体の検討

補強時における荷重-中央たわみ関係（図-8）より、剛性に着目すると、部材降伏までは各供試体の剛性に差異は見受けられず、無補強時と同じ傾向である。しかし、部材降伏後、切断供試体（RC4）の剛性は健全供試体（RC1）と差異は見られないが、切欠き供試体（RC2, RC3）の剛性は若干増加している。これは、引張試験結果（図-5）に示すように、切欠きにおける応力集中によって健全鉄筋のような明確な降伏点が存在せず、破断まで若干の傾き（剛性）が存在するためだと考えられる。また、最大荷重に着目すると RC3, RC4 は低下するが、RC2 は、ほぼ差異はない。RC4 は、部材降伏荷重、その後の剛性と共に最大荷重、シートはく離時たわみがかなり減少する。

ここで、RC3 の最大荷重が減少し、RC2 は健全供試体と差異がなかった要因について考察する。まず、RC3 の鉄筋ひずみ分布を図-9 に示す。なお、図中の鉄筋①、鉄筋②は図-2 に該当する。図より切欠き箇所における応力集中が確認できる。また、はり中央側が比較的ひずみ値が突出していることから、切欠きの影響は曲げモーメントが大きく作用する箇所の影響が大きいと考えられる。試験終了後、鉄筋の状況を確認したところ、切欠き部において鉄筋破断が確認できた。しかし、図-5 より切欠き鉄筋の最大荷重は健全鉄筋降伏荷重より下回るため、RC はりににおいても最大荷重は低下したと思われる。次に、RC2 について考察を行う。鉄筋ひずみ分布（図-10）より RC3 同様、応力集中が確認できるが、切欠きを行っていない箇所においても降伏していることが確認できる。そして、図-5 より切欠き鉄筋の最大荷重は、健全鉄筋降伏荷重を上回っており母材も降伏しているため、健全供試体とほとんど差異はなかったと考えられる。

図-11 に各供試体のシートひずみ分布を示す。図より健全供試体とひずみ値に大きな差異がないことから付着性状に差異はないと考えられる。

4. まとめ：以下に得られた知見についてまとめる。

- ・ 鉄筋に局部的な損傷を与えても炭素繊維シートは曲げ補強材として有効に機能する。
- ・ 部材降伏までは鉄筋の損傷状況の影響は小さい。
- ・ 部材降伏後損傷状況によって荷重-中央たわみ関係の挙動に差異が生じる。

[参考文献] 1) 阪神高速道路公団：CF シートを用いた RC 床版補強要領（案）

2) 森川ら：炭素繊維シート補強 RC 部材の補強性能および付着性能の実験的評価、建設工学研究所論文報告集、第 43-A 号、2001. 11.

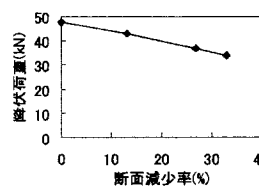


図-7 降伏荷重の関係

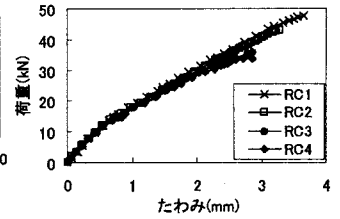


図-6 荷重-中央たわみ関係（無補強時）

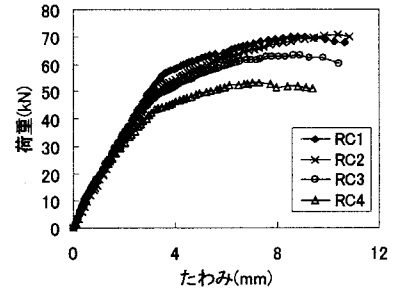


図-8 荷重-中央たわみ関係（補強時）

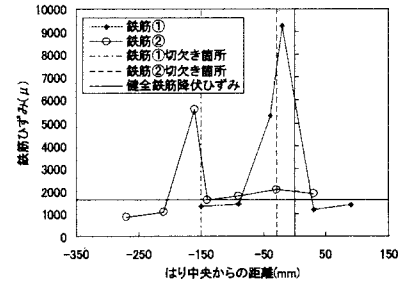


図-9 部材降伏荷重時における鉄筋ひずみ分布（RC3）

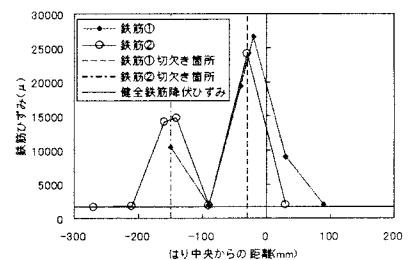


図-10 67.3 kN 時における鉄筋ひずみ分布（RC2）

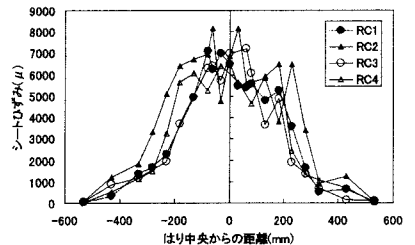


図-11 シートひずみ分布（最大荷重時）