

炭素繊維シートを不連続に貼り付けた場合のRC梁の曲げ耐力と定着長に関する実験

東日本旅客鉄道(株) 正会員 ○東海林 信利
東日本旅客鉄道(株) 正会員 高橋 宏幸

1. はじめに

鉄道ラーメン高架橋の耐震補強として、高架下の店舗等の利用により補強困難な柱が一部に存在する場合、補強可能な柱と上層梁の補強により、高架橋全体の崩壊を防ぐ方法も考えられる。その場合、柱などの支障により上層梁の補強材を連続的に配置できないといった問題がある。そこで、炭素繊維シートを不連続に貼り付けた場合のRC梁の曲げ耐力について実験を行ったので、その結果について報告する。

2. 実験概要

本実験に用いた試験体は、断面 400mm×400mm の矩形 RC 梁である。主鉄筋は D16@5 本、全長 3200mm でスパンは 2800mm とした。炭素繊維シートによる試験体は No.1～No.7 の 7 体で、No.1 を基準試験体として他の試験体と比較することとした。また、炭素繊維シートの補強量は目付量で 300g/m² のものを使用している。No.2～No.7 の試験体は、下面と側面に炭素繊維シートを貼り付けその継手長 (図 1 参照) をパラメータとしている。

概要図	No.	補強方法	継手長	せん断スパン
No.1の例	No.1	下面(1層)		1000mm
No.2～7の例	No.2	下面(1層)+側面(4層)	0mm	1000mm
	No.3	下面(1層)+側面(4層)	850mm	800mm
	No.4	下面(1層)+側面(4層)	250mm	1000mm
	No.5	下面(1層)+側面(4層)	450mm	800mm
	No.6	下面(1層)+側面(4層)	125mm	1000mm
	No.7	下面(1層)+側面(4層)	550mm	800mm

※シートの高さは全て100mmとした。

図1 補強方法一覧

炭素繊維シートの設計曲げ耐力算定については、鉄道構造物等設計標準・同解説コンクリート構造物による他¹⁾、炭素繊維シートの応力-ひずみ曲線は破断まで直線である、ということを考慮して算定している。これらの仮定から、①コンクリートが終局ひずみに達する時の抵抗曲げモーメント、②炭素繊維シートが終局ひずみに達する時の抵抗曲げモーメント、③連続繊維シートが剥離破壊する時の抵抗曲げモーメント、のう

ち最小値を用いることとしている。ただし、今回の実験においては、シートが端部から剥離しないことを前提として計画しているため、③の判定は行わず①と②で設計曲げ耐力を算出することとした。

3. 実験結果

図2に炭素繊維シート補強による荷重-変位曲線を、表1に実験結果一覧を示す。また、破壊に至る経緯を目視により観察した結果を以下に示す。

基準となる No.1 は、主鉄筋降伏後、最大荷重時でシート破断により耐力が急激に低下した。これは、既往の実験や研究^{2) 3)} による実験結果と同様となった。No.2 は、主鉄筋降伏後、最大荷重時で上縁コンクリートの圧壊となった。継手長が 0mm であったため、通常の RC 梁と同様の荷重履歴を示した。No.4,6 は、主鉄筋降伏後、側面シートの端部から剥離が生じ、その後コンクリートの圧壊となった。このことから No.4,6 では炭素繊維シートが十分な継手長を有していないものと判断できる。No.3,5,7 は、シート破断により耐力が急激に低下した。最大荷重 (モーメント) は、No.1 と比べ概ね近似している結果となり、十分な継手長を有していると判断できる。

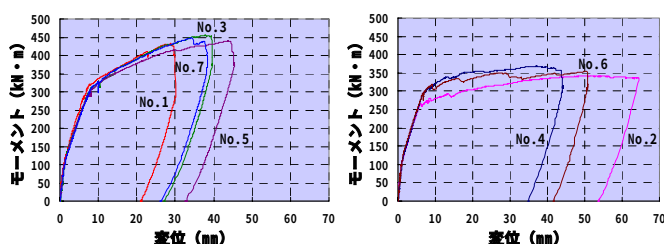


図2 モーメント-変位曲線

表1 実験結果一覧

試験体番号	ひび割れ発生		主鉄筋降伏		最大荷重時	
	荷重 (kN)	中央変位 (mm)	荷重 (kN)	中央変位 (mm)	荷重 (kN)	中央変位 (mm)
No.1	99.1	0.959	288.2	6.340	432.6	28.9
No.2	107.6	0.980	271.3	8.039	341.3	49.8
No.3	187.6	1.379	561.2	11.779	760.7	37.9
No.4	108.8	1.120	308.6	8.079	369.4	36.9
No.5	146.8	0.800	501.7	7.699	733.2	43.8
No.6	109.5	0.979	297.0	6.778	354.3	50.6
No.7	166.6	1.220	545.4	9.920	747.5	34.3

キーワード：耐震補強，炭素繊維シート，曲げ耐力，定着長

連絡先：〒101-8612 東京都千代田区外神田 1-17-4 TEL03-3257-1693 E-mail: 10dogic-tokyo38@jreast.co.jp

以上の結果から、ある一定の継手長を有する場合、シート破断により急激に耐力が低下することから、炭素繊維シートが有効に働いているということが分かる。

図 3 に炭素繊維シートを用いた曲げ耐力から算定される計算値と実験値の比較をしたグラフを示す。シート破断した No.3,5,7 は、実験値が計算値を上回っていることが分かる。また、基準試験体の No.1 は実験値/計算値が約 90%であった。

図 4 は計算値における炭素繊維シートの引張強度を 80%に低減して求めた場合での結果を示している。これは、既往の実験や研究等の報告書^{2) 3)}で提案されている方法によるものである。これにより、基準となる試験体の No.1 が実験値に近似することが確認できた。シート端部剥離後のコンクリート圧壊であった No.2,4,6 は、側面の炭素繊維シートが剥離によって荷重を有効に負担しきれず補強効果が得られなかったため、実験値が計算値を上回ることが出来なかった。

図 5 に炭素繊維シートの軸方向におけるひずみ性状を表した代表的なグラフを示す。基準試験体である No.1 は、スパン中央部でひずみが卓越している。炭素繊維シートの終局ひずみ(約 18000 μ)まで達していないが、シートの破断で急激に耐力が低下したことから他の箇所でも終局ひずみに達していると推測できる。No.2 は、スパン中央部でひずみが小さく、ほとんど応力が伝達されていないことが分かる。No.4(6)は、No.2と比較すると若干ひずみが大きい、破断ひずみまで達していない。よって、完全な応力伝達がされていないことになる。No.3(5,7)は、いずれも試験体中央部付近でひずみが卓越し、そのひずみも終局ひずみ付近まで達している。よって、完全に応力伝達がされていると推測できる。

4. まとめ

本実験の範囲から得られた結果をまとめると以下となる。

- (1)炭素繊維シートで補強された試験体で破壊形態がシート破断となっているものでは、炭素繊維シートの引張強度を 80%低減することで既往の実験や研究による曲げ耐力の算定式から得られる荷重値は近似する。
- (2)炭素繊維シートの継手長が 0mm～250mm 程度では、継手長が長くなるにつれて応力が伝達されるものの、側面シートの端部剥離後のコンクリート圧壊であるため、補強効果を十分には期待できない。

(3)炭素繊維シートの継手長が 450mm～650mm では、継手長が長くなるにつれて応力が伝達されており、且つシートの破断により急激に耐力が低下した。このことから、シートが有効に働いており補強効果を十分に期待できる。

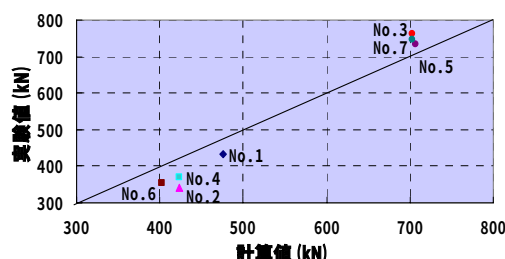


図 3 実験値/計算値 (引張強度×1.0)

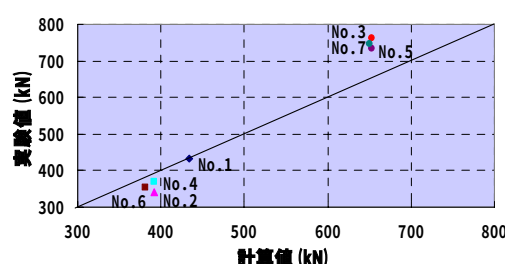


図 4 実験値/計算値 (引張強度×0.8)

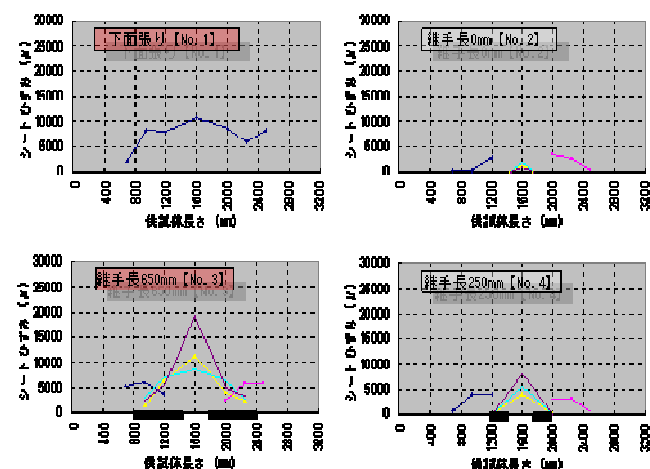


図 5 繊維シートの軸方向ひずみ分布性状

参考文献

- 1)鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物，2004.4
- 2)土木学会：連続繊維シートを用いたコンクリート構造物の補修補強指針，コンクリートライブラリー 101，2000.3
- 3)建設省土木研究所，構造橋梁部橋梁研究室，炭素繊維補修・補強工法技術研究会：コンクリート部材の補修・補強に関する共同研究報告書(Ⅲ)炭素繊維シート接着工法による道路橋コンクリート部材の補修・補強に関する設計・施工指針(案)，1999.12