

炭素繊維シートで曲げ補強されたRCはりの曲げ性状

北海学園大学工学部 正会員 高橋 義裕
 北海道大学工学部 正会員 佐藤 靖彦
 清水建設（株） 正会員 小野 定
 東燃（株） 正会員 小林 朗

1. はじめに

既存のコンクリート構造物に、設計段階では予測できなかった外力の作用やコンクリート及び鉄筋の経年劣化等により、ひびわれの発生、コンクリートの剝落等の様々な現象が現れ、耐力不足が生じ補強を必要とする場合がある。この様なコンクリート構造物の補強を行う上で重要なことは、曲げ及びせん断力に対して十分な補強効果を有していることと、その施工性に優れていることであり、連続繊維シートはこの様な要求を十分に満たす補強材の一つであると思われる。

現在、連続繊維シート、特に炭素繊維シート（以下「CFS: Carbon Fiber Sheet」と呼ぶ）を既存構造物の補強に用いた事例が増えつつあるが、現時点ではまだ合理的な補強設計方法が確立されていないように思われる。そこで本研究は、今後、補強設計方法を構築する上で必要とされる基礎的な情報を得ることを目的として、曲げ補強材としてCFSを張り付けた鉄筋コンクリートはりの曲げ性状及びCFSの性状について実験的に検討したものである。

2. 実験概要

実験供試体は、図-1に示されるCFSを曲げ補強材として張り付けたRCはりで、载荷は2点対称荷重とした。また、使用材料の特性値を表-1に示す。実験供試体は全部で4体で、各供試体のコンクリート圧縮強度、使用材料緒元及び破壊荷重は表-2に示す。供試体F0は、CFSを全く張り付けていないRCはりであり、実験供試体F1, F2, F3は曲げ補強シートとして用いたCFSの曲げ補強効果を確認するためのものである。

本実験では、RCはりに2点集中荷重を作用させ、約10kNづつ単調に増加させ破壊にいたらしめた。なお、測定事項としては、はり中央点の変位、CFSのひずみ及び最大荷重である。ひずみゲージは、スパン中央より両支点に向かって5cm間隔で両側の75cm区間に貼附した。

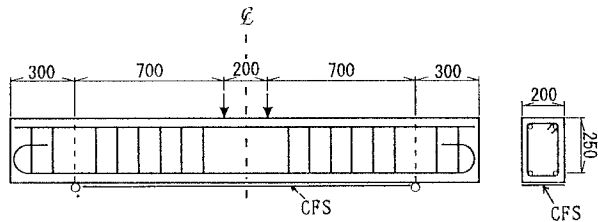


図-1 実験供試体形状寸法及び配筋状況

3. 曲げ補強シートの曲げ補強効果

表-2に示した終局荷重より、CFSを張り付けた供試体F1~F3の終局耐力は、補強無しの供試体F0より増加しており、曲げ補強効果が確認された。なお、供試体F0及びF3の破壊形式は、主鉄筋の降伏による曲げ破壊であり、供試体F1とF2の破壊形式は、主鉄筋の降伏後のCFSのコンクリートからの剝離

表-1 使用材料の力学的特性

	Type	Cross sectional area (mm ²)	Young's modulus (GPa)	Yield strength (MPa)	Tensile strength (MPa)
Steel	D10	71.3	200	377	not measured
	D19	286.5	180	371	570
CFS	A	1.65*	230	—	3480
	B	1.11*	230	—	3480

* Cross sectional area in width of 10mm

表－2 実験供試体の諸元及び破壊荷重

Specimen	Compressive strength	Tension reinforcement		CFS		Ultimate load(kN)	Failure mode ¹⁾
		Type	$P_t(\%)$	Type	$A_{Fz}(\text{mm}^2)$		
F0	31.7	D19×2	1.15	—	—	193	FTF
F1	38.2	D19×2	1.15	A	33.0	229	P
F2	30.1	D19×2	1.15	B	22.0	225	P
F3	33.4	D19×6	3.72	A	33.0	444	FTF

1) FTF: Flexural Tension Failure, P: Peeling

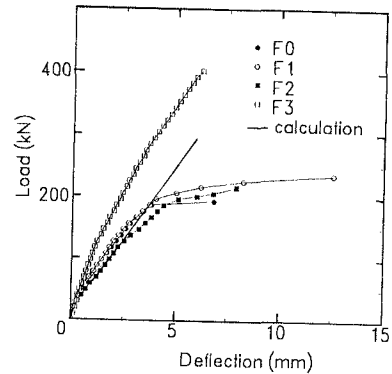
表－3 降伏時荷重の比較

Specimen	$P_{y, \text{test}}$ (kN)	$P_{y, \text{cal}}$ (kN)	$\frac{P_{y, \text{test}}}{P_{y, \text{cal}}}$
F0	156.8	134.0	1.17
F1	171.0	146.0	1.17
F2	147.0	140.0	1.05
F3	362.3	368.0	0.99

破壊であった。

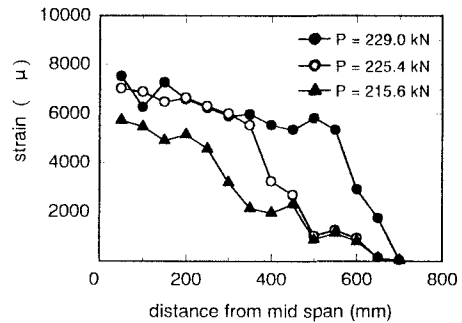
表－3は、供試体の主鉄筋降伏時の荷重の計算値と実験値を示す。鉄筋及びコンクリートの応力－ひずみ曲線はコンクリート標準示方書に従い、CFSは完全弾性体とした。計算値は、概ね実験値と一致している。

図－2は、供試体F0, F1, F2, F3の荷重と中央点の変位を示したものである。CFSを張り付けた供試体の方が若干剛性が大きくなる傾向にある。図中の実線は、Bransonの換算断面2次モーメント[1]を用いて計算した供試体F0の弾性計算値を示すものであるが、供試体F1, F2ともに、主鉄筋降伏後に変形が計算値よりも大きくなることが明かである。



図－2 荷重－変位曲線

図－3は、供試体F1の剝離を起こしたスパンにおける終局荷重付近のCFSの部材軸方向のひずみ分布を示したものである。ここで示した荷重レベルにおいて、主鉄筋は降伏している。荷重が215.6kNと225.4kN時のひずみ性状を比較すると、はり中央から400mmまでのCFSのひずみは大きく増加し、その区間内でほぼ一定のひずみとなるが、400mmから支点までの区間では、全くひずみが増加していない。さらに破壊直前の229kNにおいて、ひずみの一定値を示す区間が中央位置から500mmまでの範囲に広がり、先ほどひずみの増加が観察されなかった区間のひずみが急激に増加している。すなわち、はり中央から500mmの領域において剝離が起こり、500mmの位置から支点までの領域で引張力を受け持っていたものと考えられる。



図－3 炭素繊維シートのひずみ性状

4. まとめ

本実験で得られた知見を以下に示す。

- (1) 炭素繊維シートを曲げ補強材として張り付けたRCはりの曲げ耐力は、炭素繊維シートを張り付けない場合に比べ増加する。
- (2) 主鉄筋が降伏するまでの変形及び炭素繊維シートのひずみ、ならびに主鉄筋が降伏するときの荷重は、従来のはり理論により概ね評価できる。

参考文献

- [1] 土木学会：コンクリート標準示方書（平成3年版）設計編