

CFRP ラミネートを貼り付けた低強度コンクリート梁部材の曲げ性状

正会員 ○木村 耕三*1 正会員 萩尾 浩也*1
同 久部 修弘*1 鈴川 研二*1
同 若林 和義*2 正会員 中村 陽介*2

低強度コンクリート 曲げ性状 CFRP ラミネート
補修・補強

1. 目的

現行の 2001 年版 耐震診断基準では、改修の対象となる構造物は、コンクリートコアの圧縮強度が 13.5N/mm^2 (平均値) 以上ものとなっているが、現実にはこれを下回るものも数多くあり、これらの部材を炭素繊維強化プラスチック板 (CFRPラミネート) で補修したいという要望がある。そこで、コンクリート強度が 13.5N/mm^2 を下回る RC の梁部材に CFRP ラミネート (以下、CFRP と記す) を貼り付けた場合の梁の曲げ性状を把握する。

2. 試験概要

試験体は、図 2.1 および表 2.1 に示す従来の曲げ試験体と同じ、幅 20cm×高さ 28cm、長さ 220cm の鉄筋コンクリート梁部材、3 体で、試験体のパラメータは、貼り付ける CFRP (幅 50mm) の有無と板厚 (1.0mm, 2.0mm) で、試験時のコンクリート強度は、 6.2N/mm^2 である。

試験は、図 2.1 に示す単純支持で中央 1 点集中荷重 (スパン 180cm) による 1 方向繰り返し載荷で行ない、スパン中央での変形 (たわみ) および補強材 (鉄筋、CFRP) のひずみを測定した。

表 2.1 試験体の一覧

試験体	補強筋	CFRP	
		板厚	本数
CF-0	主筋 : 4-D13	なし	
CF-1.0-2	せん断補強筋 : D10@150	1mm	2 本
CF-2.0-2		2mm	

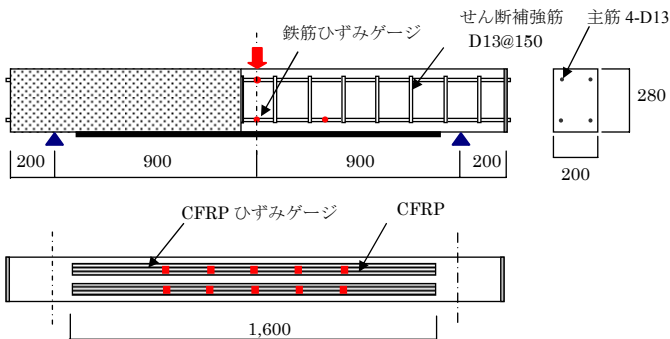


図 2.1 試験体の概要

3. 試験結果

3.1 破壊状況

各試験体の最終破壊状況を図 3.1 に示す。



図 3.1 最終破壊状況

(上から : CF-0, CF-1.0-2, CF-2.0-2 試験体)

3.2 荷重～変位および、ひずみ関係

各試験体のスパン中央での荷重～変位関係 (包絡線) および、スパン中央 (加力点直下) の鉄筋の荷重～ひずみ関係 (包絡線) の比較を図 3.2, 図 3.3 に示す。

CFRP の貼り付けにより、曲げひび割れ荷重が増大するとともに、曲げひび割れ後の剛性が補強量に比例して増大している。

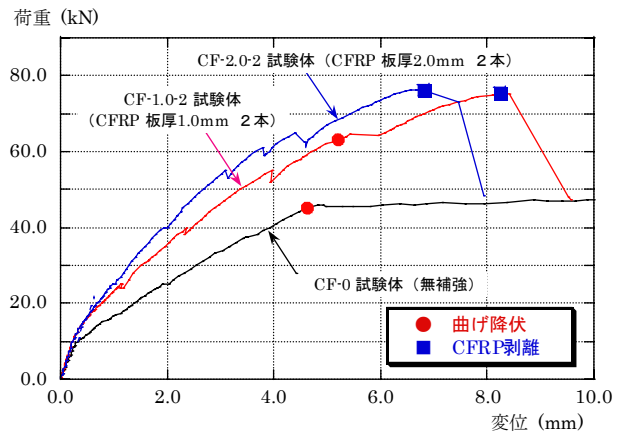


図 3.2 各試験体の荷重～変位関係の比較

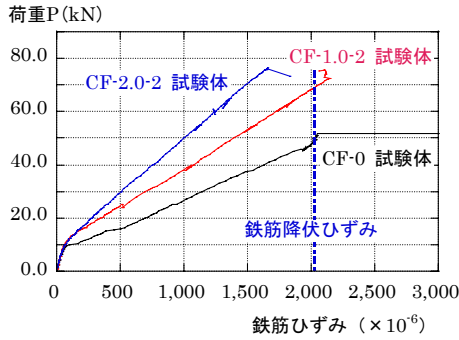


図 3.3 荷重～ひずみ関係

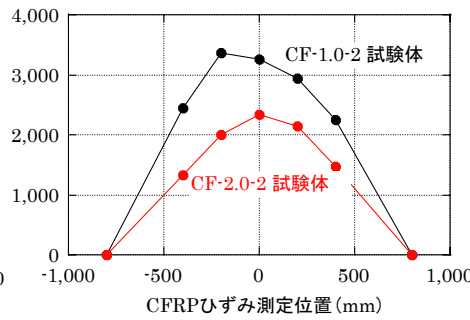


図 3.4 CFRP のひずみ分布

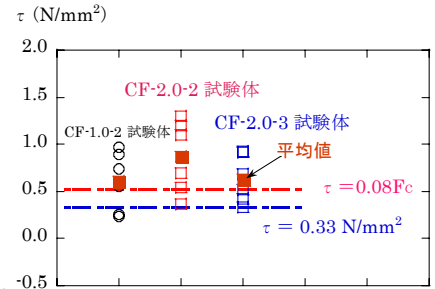


図 3.5 接着強度分布

補強量の多い CF-2.0-2 試験体では、鉄筋が降伏する前に CFRP の剥離が生じているが、CF-1.0-2 試験体では、無補強 (CF-0) 試験体に比べて曲げ降伏荷重が 1.4 倍に増加している。最大荷重は CFRP の剥離によって決まっており、補強量 (板厚) による顕著な差は見られない。また、補強量が多くなると最大荷重時の変位量が小さくなっている。

3.3 ひずみ性状

最大荷重 (CFRP の剥離) 時の CFRP のひずみ分布を図 3.4 に示す。CFRP の最大ひずみは板厚 1.0mm の場合、約 $3,300 \times 10^{-6}$ 、板厚 2.0mm の場合、約 $2,300 \times 10^{-6}$ で、CFRP の応力度に換算するとそれぞれ 525 、 366 N/mm^2 となっている。

CFRP の測定ひずみから求めたひずみ測定区間におけるコンクリートとの平均接着強度の最大値を図 3.5 に示す。

$$\text{平均接着強度 } \tau = \left| (\varepsilon_1 - \varepsilon_2) \right| \times A_{cf} \times E_{cf} / (B_{cf} \times L)$$

ここで、 ε_1 、 ε_2 : CFRP の測定ひずみ
 A_{cf} 、 E_{cf} : CFRP の断面積、ヤング係数
 B_{cf} : CFRP の幅 (=50mm)
 L : ひずみの測定区間長さ

CFRP とコンクリートとの平均接着強度は、CF-1.0-2 試験体では $0.23 \sim 0.97 \text{ N/mm}^2$ (平均 0.61 N/mm^2)、CF-2.0-2 試験体では $0.37 \sim 1.30 \text{ N/mm}^2$ (平均 0.87 N/mm^2) となっている。コンクリートの許容せん断応力度 ($F_c/20$) は、CF-1.0-2 試験体の一部データを除いて接着強度の下限値となっている。また、コンクリート強度の $0.08F_c$ は、各試験体での平均値の下限値となっている。

3.4 諸荷重

各試験体の諸荷重の一覧を表 3.1 に示す。

無補強 (CF-0) 試験体および、鉄筋の曲げ降伏が CFRP の剥離に先行した CF-1.0-2 試験体の曲げ降伏荷重は、それぞれ e 関数法で求めた曲げ降伏荷重の 1.06 倍、1.00 倍で、実験値と計算値が近似している。しかし、CF-2.0-2 試

表 3.1 諸荷重一覧 (単位 : kN)

試験体		曲げひび割れ	降伏荷重*1	最大荷重
CF-0	実験値	10.0	45.0	55.0
	計算値*2	5.9	42.4 (1.06)	43.5 (1.26)
CF-1.0-2	実験値	14.5	63.0	75.5
	計算値	7.3	62.8 (1.00)	84.6 (0.89)
CF-2.0-2	実験値	17.0	降伏せず*3	76.4
	計算値	11.6	83.7 (—)	97.1 (0.79)

- *1) 載荷点位置の鉄筋ひずみが降伏ひずみ ($1,810 \times 10^{-6}$) を越えた時の荷重
- *2) 計算値は e 関数法による荷重
括弧の値は計算値に対する実験値の比
- *3) CFRP の剥離時点で降伏ひずみに達していない

験体では、鉄筋の降伏以前に CFRP が剥離し、剥離荷重 (最大荷重) は計算による曲げ降伏荷重 (83.7 kN) の 0.91 倍となっている。

4. 結び

低強度コンクリート (コンクリート強度 : 6.2 N/mm^2) を用いた RC 梁部材での曲げ試験を行なった結果、以下のことが確認された。

- ① CFRP を貼り付けることによって曲げひび割れ後の剛性、曲げ耐力の増加が認められる。
- ② 貼り付け量 (補強量) が多くなると、鉄筋の降伏よりも CFRP の剥離が先行する。

【 参考資料 】

1. (財) 建材試験センター : 品質性能試験報告書「CFRP ラミネート工法を用いた鉄筋コンクリート梁の曲げ試験, 平成 20 年 12 月
2. (財) 建築保全センター : 建築物等の保全技術審査証明報告書「CFRP ラミネートによる鉄筋コンクリート構造物の補修技術『CFRP ラミネート工法』 p.33-p.36, 平成 19 年 9 月

* 1 CFRP ラミネート工法研究会

* 2 (財) 建材試験センター

* 1 Association of CFRP Laminate System

* 2 Japan Testing Center for Construction Materials