

(株)大林組 正会員 大野 了
日本道路公団 正会員 安藤 博文
日本道路公団 正会員 前田 良文
日本道路公団 正会員 緒方 紀夫
(株)大林組 正会員 小島 克朗

1. まえがき

炭素繊維シートを含浸・接着樹脂で既存鉄筋コンクリート部材の表面に貼付けて曲げ補強する工法の研究・開発を行っている。本工法では、炭素繊維とコンクリートの接着により炭素繊維に応力を負担させることから、その付着特性を把握することが必要である。そこで、本報では炭素繊維で補強した梁の曲げ試験を実施し、付着性状を実験的に検討したものである。

2. 実験概要

試験体の一覧を表-1に、形状寸法と配筋を図-1に示す。試験体は、無補強のCF-0と炭素繊維シート3層および6層で曲げ補強したCF-3、CF-6の3体とした。なお、CF-6では曲げ補強シート状CFRPの付着破壊が予測されたためフープ方向にも炭素繊維シート3層を貼付けた。使用したコンクリート、鉄筋およびシート状CFRPの材料試験結果を表-2に示す。加力は単純梁形式の一方向繰返しし、載荷とした。

3. 実験結果と考察

実験結果と計算値の一覧を表-3に、各試験体の荷重～変位包絡線を図-2に示す。なお、計算値は材料試験結果を用いて計算したものである。

3.1 破壊性状

CF-0；荷重35.0tfで主筋が降伏し、荷重46.0tfで加力点部のコンクリートが圧壊した。

CF-4；荷重38.4tfで主筋が降伏したが、シート状CFRPの曲げ補強効果によりさらに荷重が増大した。荷重55.7tfでシート状CFRPが破断し荷重が低下した。

CF-6；荷重43.3tfで主筋が降伏し、荷重60.4tfでシート状CFRPとコンクリートとの界面で付着切れを起した。その後、フープ方向に貼付けたシート状CFRPが曲げ補強シート状CFRPを拘束し、ほ

表-1 試験体一覧

Specimens	Arrangement of Re-bar		Arrangement of Carbon Fiber	
	Longitudinal	Transverse	Longitudinal	Transverse
CF-0	8-D25 $P_t = 0.70\%$	D-13 $P_w = 0.64\%$	—	—
CF-4			4 Plies Area $\approx 1.20 \text{ cm}^2$	—
CF-6			6 Plies Area $\approx 1.75 \text{ cm}^2$	3 Plies

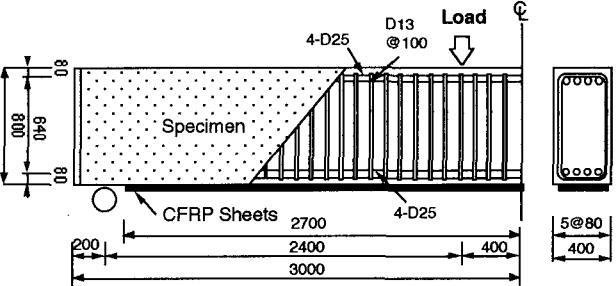


図-1 試験体形状寸法および配筋

表-2 材料試験結果

Specimens	Concrete (kgf/cm ²)		Steel Bar (kgf/cm ²)		CFRP (kgf/cm ²)	
	Strength	Young's Modulus	D25	D13	Strength	Young's Modulus
CF-0	370	2.50×10^5	$\sigma_y : 3467$ $\sigma_{max} : 5390$ E_s	$\sigma_y : 3310$ $\sigma_{max} : 4960$ E_s	—	—
CF-4	355	2.43×10^5	1.92×10^6	1.93×10^6	37300	2.58×10^6
CF-6					33600	2.62×10^6

表-3 実験結果一覧

Specimens	Bending Crack (tf)		Yield (tf)		Peel (tf)		Maximum Load (tf)	
	Test	Calculation	Test	Calculation	Test	Calculation	Test	Calculation
CF-0	7.02	10.66 (0.66)	34.99	39.52 (0.89)	—	—	45.90	43.94 (1.04)
CF-4	13.14	10.38 (1.27)	38.43	43.15 (0.89)	—	—	55.69	68.60 (0.81)
CF-6	14.14	10.65 (1.33)	43.34	45.02 (0.96)	60.4	63.0 (0.96)	60.40	77.85 (0.78)

は一定荷重を保持していたが、荷重59.8tfで曲げ補強シート状CFRPが破断した。

3.2 曲げ補強シート状CFRPのひずみ性状

CF-4およびCF-6試験体における曲げ補強シート状CFRPのひずみ分布を図-3に示す。

CF-4；最大荷重時のシート状CFRPのひずみ分布は、試験体中央から100cmの範囲で8000 μ 程度で平坦となっており、付着切れが進行していたものと考えられる。しかし、その範囲外では、ひずみが0～2000 μ 程度までなだらかに変化しており、付着は健全であったものと思われる。

CF-6；シート状CFRPの付着切れの際にひずみが4000～5000 μ 程度で平坦になっている区間が広範囲に広がっている。

3.3 付着性状

シート状CFRPの平均付着強度を次式により定義し、各試験体の荷重～付着強度関係を図-4に示す。

$$\tau_{CF} = \frac{T_{CF}}{b_{CF} \times l_{CF}} = \frac{\sigma_{CF} \times A_{CF}}{b_{CF} \times l_{CF}} = \frac{E_{CF} \times \epsilon_{CF} \times A_{CF}}{b_{CF} \times l_{CF}}$$

T_{CF} ：曲げモーメント最大位置でのシート状CFRPの引張力

b_{CF} ：シート状CFRPの幅

l_{CF} ：曲げモーメント最大位置からシート状CFRPの貼付け長さ

σ_{CF} ：曲げモーメント最大位置でのシート状CFRPの引張応力

A_{CF} ：シート状CFRPの実断面積

E_{CF} ：シート状CFRPの弾性係数

ϵ_{CF} ：曲げモーメント最大位置でのシート状CFRPのひずみ

シート状CFRPの破断で終局状態が規定されたCF-4では、平均付着強度の最大値が4.3kgf/cm²、付着切れを起したCF-6では、付着切れが生じた時点で4.8kgf/cm²となっている。

既往の試験体²⁾も含めて炭素繊維シートの層数と平均付着強度の関係を図-5に示す。この図から平均付着強度がほぼ5.0kgf/cm²でシート状CFRPの破断と付着切れとの境界があることがわかる。

4. まとめ

シート状CFRPとコンクリートとの付着性状をシート状CFRPの平均付着強度で評価することにより、補強したRC部材の曲げ破壊形式を推定することができる。

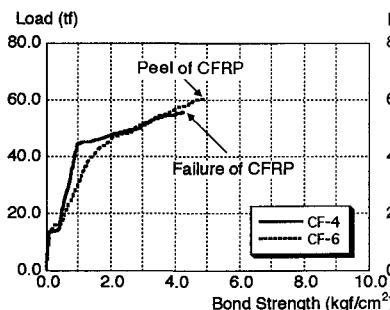


図-4 荷重～平均付着強度関係

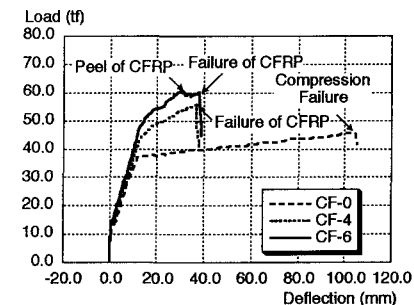


図-2 荷重～変位包絡線

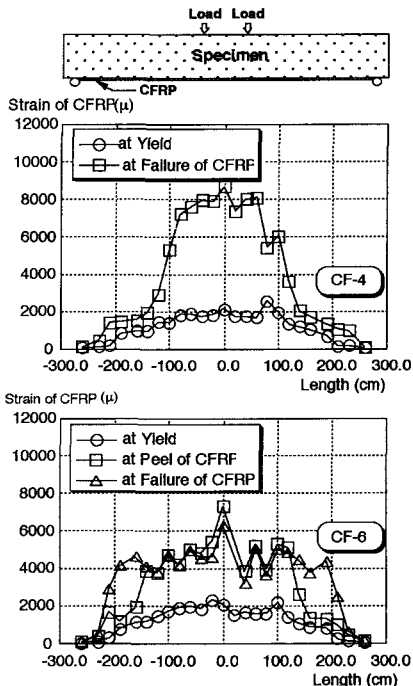


図-3 シート状CFRPのひずみ分布

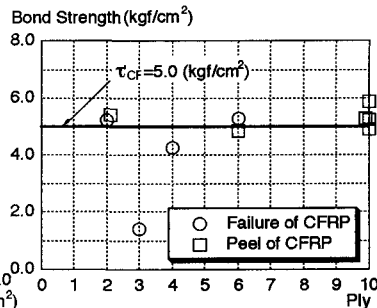


図-5 炭素繊維シートの層数と平均付着強度の関係

【参考文献】

- 1) 大野,山本,小島：炭素繊維を貼着て補強したRC部材の曲げ性状,土木学会第48回年講第5部,P362-363 (1993)
- 2) 木村,小島：シート状炭素繊維による既存鉄筋コンクリートの曲げ補強,連続繊維補強材のコンクリート構造物への適用に関するシンポジウム,P119-122(1992)