

V-175 3次元立体繊維補強コンクリートのL型部材への適用性の検討

鹿島建設㈱技術研究所 正会員 天野 玲子
 鹿島建設㈱技術研究所 今立 文雄
 鹿島建設㈱技術研究所 正会員 大野 俊夫

1. はじめに

近年、様々な新素材が開発されつつあり、特に各種繊維と樹脂による成型品は、建設分野において鋼材に代る錆びない補強材として注目されている。中でも、素材の強度特性及び耐食性、コンクリートとの付着特性から、PAN系炭素繊維（CF）による3次元立体繊維が鉄筋の代替品として有望であると思われる。CF 3次元立体繊維補強コンクリート（Three-Dimensional Fabric Reinforced Concrete; 3D-FRC）は、エポキシ樹脂を含ませたCFのローピング（CF複数本による一線材）を3軸方向に立体状の織物に織り上げて硬化させた多孔複合構造体を作り、内部にコンクリートを充填したものである。（写真-1）

CF 3次元立体繊維の鉄筋代替品としての可能性を検討するために、3D-FRC部材の曲げ耐力と補強材の定着強度に着目し、L型部材を用いて実験的に検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料

3D-FRCに使用した繊維はPAN系CFであり、その性質を表-1及び図-1に示す。また、コンクリートの配合を表-2に示す。

2.2 供試体及び載荷方法

曲げ特性及び定着特性を調べる供試体を表-3に示す。

曲げ特性に関する実験における供試体は主筋方向であるZ軸の繊維数、横補強方向であるX、Y軸の繊維数及びピッチをパラメータとした9体（N0.1～N0.9）である。載荷方法を図-2に示す。定着特性に関する実験において、供試体はZ軸繊維数を一定として、定着位置での3次元立体繊維の段数、定着長、X、Y軸の繊維数及びピッチをパラメータとした16体（N0.10～N0.25）であり、図-3に示したような形状の供試体によりL型部材の隅角部を想定した実験を行った。

2.3 実験結果及び考察

2.3.1 曲げ特性

各供試体とも、曲げひびわれが生じ、そのひびわれ間隔はZ軸繊維数の増加に対応

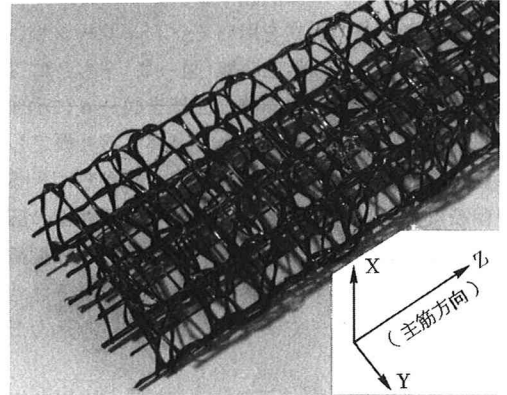


写真-1 CF 3次元立体繊維

表-1 CF及び鉄筋の性質

	直径 (μm)	引張強度 (kg/cm^2)	弾性係数 (kg/cm^2)	伸び (%)	比重
CF (PAN系)	7	31,000	2.4×10^5	1.5	1.7
鉄筋		4,200	2.1×10^5	20	7.9

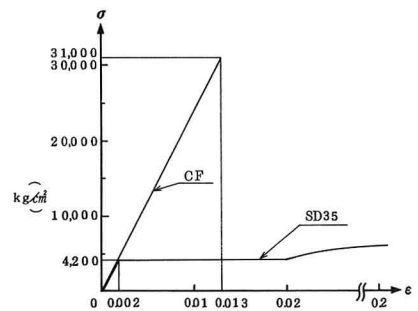


図-1 CFと鉄筋の σ - ϵ 関係

表-2 コンクリートの配合

f'_{ck} (kg/cm^2)	G_{max} (mm)	スランパ (cm)	A/c (%)	W/C (%)	s/a (%)	単 位 量 (kg/m^3)				
						W	C	S	G	AE減水剤
240	10	18 ± 2.5	4 ± 1	60	51	203	338	878	846	845 cc

して狭くなっていた。また、曲げ区間中央付近で引張り縁のZ軸繊維が同時に破断した後、圧縮側コンクリートが圧壊した。

図-4に耐力値と軸方向CF繊維数の関係を示す。この図から、耐力値について実験結果と、CFの特性値、多段配筋及びコンクリート応力ブロックを考慮したRC理論による曲げ耐力計算値とを比較すると、各供試体とも実験値と計算値とは良く一致していた。

2.3.2 定着特性

各供試体とも、隅角部を想定した断面急変部で生じたひびわれから定着ひびわれが伸展して定着破壊を生じた。

図-5に、実験結果による定着長とローピングの直径の比率と、ローピングの周長による定着強度と圧縮強度の二乗根の比率との関係を示す。また、図-5には想定したL型部材でZ軸繊維のローピングが破断する場合に必要な定着強度についても示す。この図によれば、X、Y軸の繊維数及びピッチを48000F、4cmとして2段以上配筋して定着長を20cm程度（図中の●印）以上にすれば良いことがわかる。

4. まとめ

以上のように、曲げ耐力と補強材の定着強度を対象としてL型部材に関して、CF3次元立体繊維の鉄筋代替品としての可能性を検討した結果、定着強度を確保するための条件を把握することができ、また曲げ耐力はRC理論で求められることがわかった。今後、3D-FRCに関する基礎的な技術資料の整備を進めるとともに、これを有効活用するための用途開発についても検討していく予定である。

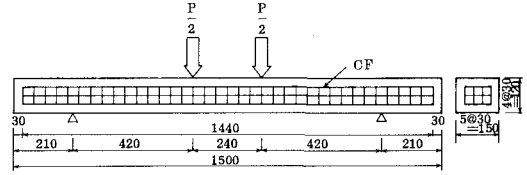


図-2 曲げ実験

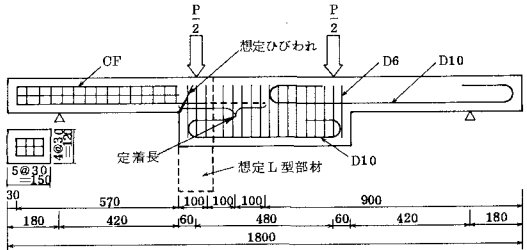


図-3 定着実験

表-3 供試体一覧

No.	Z軸方向ローピング			X, Y軸方向ローピング			定着段数	定着長 (mm)		
	繊維数(F)	ピッチ(mm)	Pt(倍)	繊維数(F)	ピッチ(mm)	Pw(倍)				
曲 げ	1	96,000	0.24	40	012, 012	0.05, 0.05	1			
	2			90	005, 005	0.06, 0.06				
	3			40	006, 006	0.04, 0.04				
	4	48,000	0.13	60	004, 004	0.03, 0.03				
	5			90	003, 003	0.01, 0.01				
	6			360	001, 001	0.06, 0.06				
	7	24,000	0.07	40	003, 003	0.01, 0.01				
	8			90	001, 001					
	9			12,000						
定 着	10	96,000	0.11	40	012, 004	0.01, 0.01	1	100		
	11				012, 008	0.01, 0.01		200		
	12				012, 008	0.01, 0.01		300		
	13		0.22	48,000	012, 008	0.01, 0.01		200		
	14				005, 002	0.01, 0.01		100		
	15				005, 002	0.01, 0.01		200		
	16		0.22	90	005, 003	0.01, 0.01		300		
	17				48,000			40	006, 002	2
	18	90						003, 001	100	
	19	96,000	0.11	40	003, 001	0.01, 0.01	1	200		
	20				90	001, 0004		200		
	21				40	003, 001		300		
	22		12,000	90	001, 0004	0.01, 0.01		100		
	23				40	003, 001		200		
	24				90	001, 0004		300		
	25									

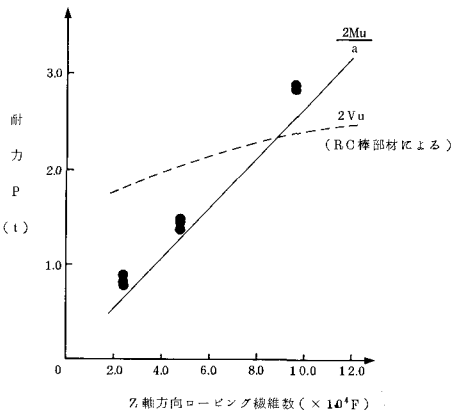


図-4 曲げ耐力とZ軸方向ローピング繊維数の関係

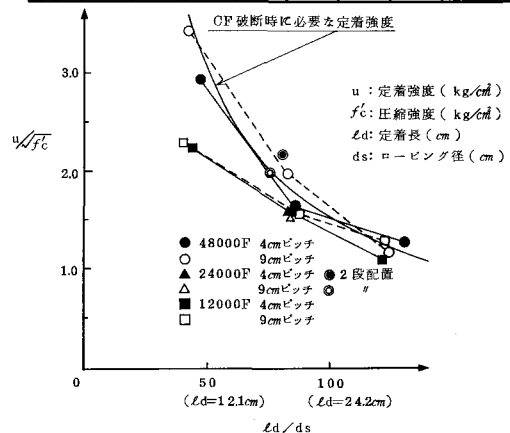


図-5 定着強度と定着長の関係