

廃 FRP を用いた鉄筋コンクリートはりの曲げ及びせん断特性

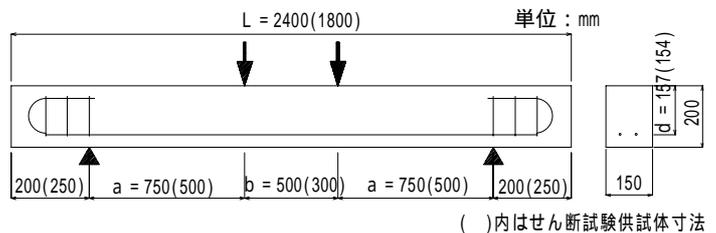
極東工業（株） 正会員 河金 甲 極東工業（株） 正会員 直野 和人
 極東工業（株） 戸川 邦彦 極東工業（株） 正会員 正願地 祐
 広島大学大学院 正会員 佐藤 良一

1. はじめに

浴槽ユニットや小型船舶の主材料である FRP(Fiber Reinforced Plastics)は、廃棄後のリサイクル技術が確立されておらず、埋立て処分されているのが現状である。廃 FRP のマテリアルリサイクルを図るため、これまでコンクリート骨材として再利用することを目指し研究を進めてきた¹⁾。本研究では、廃 FRP を混入した鉄筋コンクリート(RC)はりの静的曲げ試験と静的せん断試験を行うことにより、その力学的特性を明らかにした。

2. 実験概要

供試体諸元を図-1 に、製作に用いた配合を表-1 に示す。実験は粗骨材に砕石のみを用いた通常のコンクリート (NC) と、FRP で粗骨材を 20%置換したコンクリート (FC) の RC はりにおける静的載荷特性を比較した。載荷方法は 2 点集中荷重載荷とし、それぞれの試験は各配合 2 体ずつ行った。なお、今回の実験に用いた廃 FRP のガラス繊維含有率は 27%程度である。



曲げ: a/d=4.8, 引張鉄筋比=1.69%(D16, SD295A, $s_y=358\text{N/mm}^2$)
 せん断: a/d=3.2, 引張鉄筋比=3.35%(D22, SD345, $s_y=395\text{N/mm}^2$)

図-1 供試体諸元

3. 結果と考察

表-2 に曲げ載荷試験、表-3 にせん断載荷試験の結果一覧を示す。また、土木学会標準示方書に準拠し算出した計算値も併記する。

表-1 配合

記号	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						
			水	セメント	細骨材	粗骨材	FRP		混和剤
			W	C	S	G	F	置換率	AD
NC	45	42	161	358	774	1110	0	0	1.1
FC	45	42	180	400	738	847	156	20%	2.0

3.1 曲げ耐力

表-2 より FC の鉄筋降伏時及び終局時の曲げモーメントは、NC との比較においてほとんど差はみられない。

表-2 結果一覧（静的曲げ載荷試験）

配合	供試体名	圧縮強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (kN/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	My (kN·m)		y (mm)		Mu (kN·m)		u (μ)		u (mm)		u / y	
					実験値	計算値	実験値	実験値	計算値	実験値	実験値	実験値	実験値			
														実験値	計算値	実験値
NC	NC-1	45.6	38.1	4.3	22.1	19.8	9.1	24.1	20.5	3327	35.6	3.9				
	NC-2				22.0	19.8	9.0	24.3	20.5	3485	44.6	5.0				
FC	FC-1	37.9	25.4	3.4	21.8	19.4	9.8	23.4	20.2	3992	35.5	3.6				
	FC-2				21.8	19.4	10.4	23.7	20.2	4269	30.2	2.9				

My, Mu: 引張鉄筋降伏時及び終局時の曲げモーメント y, u: 引張鉄筋降伏時及び終局時の支間中央たわみ
 u: 終局時のコンクリート圧縮縁ひずみ

表-3 結果一覧（静的せん断載荷試験）

配合	供試体名	圧縮強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (kN/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	Vc (kN)					Vu (kN)	破壊形式
					実験値	計算値 (示方書式)	実験/計算 (示方書式)	計算値 (二羽式)	実験/計算 (二羽式)	実験値	
NC	NC-1	50.2	37.8	3.5	46.8	38.3	1.22	45.2	1.04	65.1	せん断圧縮破壊
	NC-2				48.1	38.3	1.26	45.2	1.06	70.9	せん断圧縮破壊
FC	FC-1	44.7	27.9	3.4	43.5	36.8	1.18	43.5	1.00	67.8	せん断圧縮破壊
	FC-2				48.1	36.8	1.31	43.5	1.11	68.1	せん断圧縮破壊

Vc: 斜めひび割れ発生時のせん断力 Vu: 終局時のせん断力

キーワード リサイクル, FRP, 曲げ特性, せん断特性

連絡先 〒732-0052 広島県広島市東区光町2丁目6-31 極東工業（株） TEL 082-261-1204

3.2 曲げ載荷試験における変形状

支間中央における曲げモーメントとたわみの関係を、使用状態を図-2、終局時までを図-3に示す。図-2にはコンクリートの引張部を無視した計算値も表記している。計算値に対してはどちらも近い値であり、使用時の変形状の違いはヤング係数に起因する曲げ剛性の相違が支配的であるといえる。また、鉄筋降伏後の塑性変形状は図-3から違いはみられず、表-2に示す靱性率 (y/u) も NC-2 を除けば、配合によらず同程度であった。さらに、終局時のコンクリート圧縮縁ひずみの仮定値は標準示方書では 3500μ であるが、表-2の実験値から廃 FRP の混入による低下はみられない。

3.3 曲げひび割れ性状

引張鉄筋応力が $200\text{N}/\text{mm}^2$ の時の等曲げ区間におけるひび割れ幅、ひび割れ間隔の比較を表-4に示す。ひび割れ間隔はほぼ等しく、ひび割れ幅については多少のばらつきはあるが、示方書の計算式の値を全て下回っており、鉄筋との付着は使用状態では確保されているといえる。

3.4 せん断耐力

表-3から斜めひび割れ発生時のせん断力の実験値は、示方書の計算値との比率においてほぼ等しい。また、示方書式は設計用に安全側に修正したものであるため、そのもとになった二羽式²⁾の値も記すがよく一致している。以上から、平滑な部分もある廃 FRP を粗骨材で置換したことによるせん断耐力に及ぼす骨材の噛み合わせの低下は認められなかった。なお、終局時のせん断力も FC は NC と比較してほぼ同等である。

3.5 せん断載荷試験における変形状

支間中央における荷重とたわみの関係を図-4に示す。斜めひび割れ発生直後、NC は急激に耐力が低下するのに比べ、FC は廃 FRP に含まれるガラス繊維がせん断力に対して抵抗したためかほとんど低下していない。その後の変形状に明確な差はみられないことから、せん断破壊が先行する場合の変形状は廃 FRP を用いることにより同等以上になるといえる。

4. まとめ

静的載荷試験により、RC 構造部材に廃 FRP を骨材として用いた場合の力学特性の検討を行った結果、通常のコンクリー

ト及び計算値と比較して曲げ特性やせん断特性に大きな差異は認められなかった。そのため、粗骨材の 20% を廃 FRP で置換したコンクリートは、耐久性の検討は必要であるが RC 構造部材に適用できる可能性がある。

参考文献 1) 正願地他：廃プラスチックを用いたコンクリート基礎的物性，土木学会第 58 回年次学術講演会概要集，2003

2) 二羽他：せん断補強筋を用いない梁のせん断強度式の再評価，土木学会論文集，Vol.372，V-5 1986

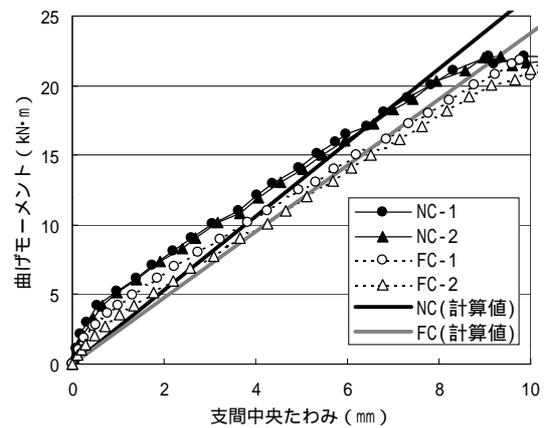


図-2 曲げモーメント-たわみ関係（使用状態）

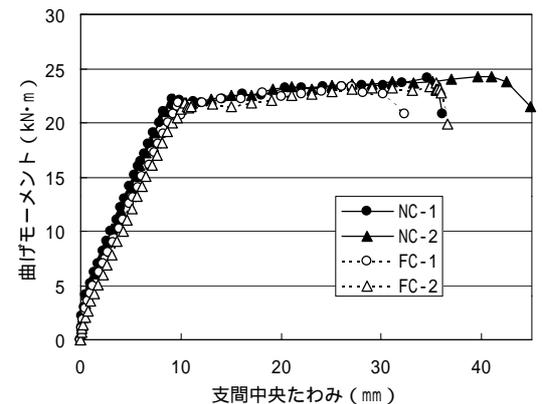


図-3 曲げモーメント-たわみ関係（終局時）

表-4 曲げひび割れ性状の比較

配合	供試体名	ひび割れ幅 (mm)				平均ひび割れ間隔 (mm)
		平均	最大			
		実験値	実験値	計算値	実験/計算	
NC	NC-1	0.116	0.151	0.181	0.83	116
	NC-2	0.111	0.112	0.181	0.62	137
FC	FC-1	0.120	0.124	0.187	0.66	116
	FC-2	0.131	0.171	0.187	0.91	118

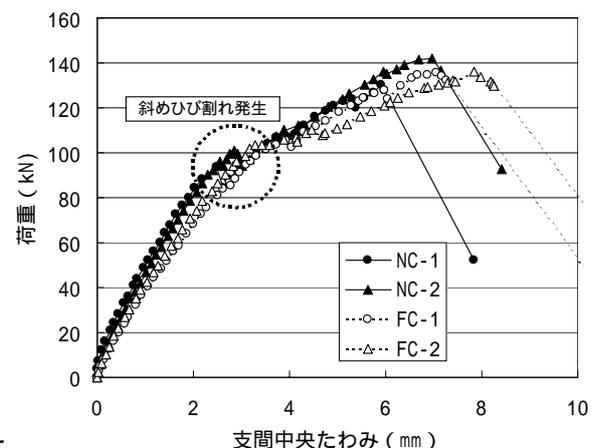


図-4 荷重-たわみ関係（せん断試験）