

V-154 各種のCFRCロッドで補強したコンクリートはりの曲げ性状

群馬工業高等専門学校 正会員 古川 茂
 群馬大学 工学部 正会員 辻 幸和
 群馬大学 工学部 大谷杉郎

1. まえがき

連続炭素繊維にセメントペーストを含浸させて棒状に成形したCFRCロッドをコンクリートの補強材として用いる方法は、炭素繊維の有効利用および部材の曲げ耐力の向上等に効果がある¹⁾。しかしながら、CFRCロッド作製時の作業性や各種の炭素繊維を混用する場合についてはほとんど検討されていない。

本研究は、炭素繊維の種類および含浸用セメントの種類をそれぞれ変えて造ったCFRCロッドをモルタル中に一次元に配置した炭素繊維補強モルタルのはりを作製し、ひびわれの状態、ロッドのひずみ、はりのたわみおよび破壊曲げモーメントについて実験的に検討したものである。

2. 実験の概要

連続炭素繊維は、表-1に示す性質を持つPAN系の高性能品2種類、およびビッチ系の高性能品と汎用品を用いた。セメントは普通ポルトランドセメントを、またCFRCロッドの作製には、ブレン値が9200cm²/gのグラウト用のものも用いた。さらにナフタリンスルホン酸塩系の高性能減水剤も使用した。

モルタルの配合は、重量比で水セメント比を40%、砂セメント比を1.0とした。

CFRCロッドの作製は、所定本数の炭素繊維に、水セメント比を50%とした普通セメント、あるいはグラウト用セメントに高性能減水剤をセメント重量の1%添加したそれぞれの

表-1 炭素繊維の性質

連続炭素繊維の 種 類	繊維直径 (10 ⁻³ mm)	比重	引張強度 (kgf/cm ²)	弾性係数 (10 ⁵ kgf/cm ²)	伸 度 (%)	路 号	
PAN系	高性能品	7.5	1.76	36000	24	1.5	HPCF-A
	高性能品	7.5	1.78	30000	23	1.3	HPCF-B
ビッチ系	高性能品	10.0	2.15	26900	51	0.53	GPCF-H
	汎用品	17.5	1.62	8500	3.8	2.45	GPCF

のセメントペーストを含浸させて棒状に仕上げた。仕上げたロッドは、1日間室内に放置した後、材令7日まで水中養生を行った。その後ロッドの中央部にワイヤストレーンゲージを貼り付けた。CFRCロッドの直径、ロッド中の炭素繊維含有率、ならびに供試体中の炭素繊維の総断面積をはりの幅bと有効高さdで除した比率を表-2に示す。CFRCロッドはいずれのはりも2本ずつ使用した。

寸法が40×40×400mmのはり供試体の作製は、型枠底部にモルタルを厚さ2mm程度敷き、この上にロッドを所定の有効高さになるように配置した後、モルタルを補充して仕上げた。各供試体は材令1日で脱型し、それ以後試験の材令7日まで水中養生を行った。モルタルの圧縮強度は497kgf/cm²、弾性係数は3.67×10⁵kgf/cm²であった。

はり供試体の曲げ試験は、14cm+6cm+14cmの位置の2点載荷で行い、ロッドのひずみを測定した。また、はり供試体の中央部における荷重-たわみ曲線をX-Yレコーダにて記録した。

3. 結果および考察

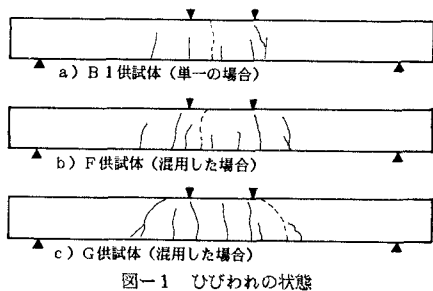
表-2に示すように、CFRCロッドの作製には微粒のグラウト用セメントを用いると、普通セメントを用いる場合よりロッド中の炭素繊維の含有率を高めることができた。

ひびわれ状態の例を図-1に示す。図-1 a)に示す単一繊維を用いたはりB1の場合より、図-1 b)に示すB1のロッドにGPCFを

表-2 CFRCロッドの諸元

供試体	繊維の種類	繊維の本数	平均直径 (mm)		繊維の含有率(%)		Acf/bd ² ×100(%)
			普通*	グラウト用*	普通	グラウト用	
A	HPCF-A	12000	4.6	3.7	3.2	4.9	0.076
B1	HPCF-B	12000		3.9		4.4	0.076
B2	HPCF-B	24000	5.7	4.6	4.2	6.4	0.150
C1	GPCF	9000	6.3	5.3	6.9	9.8	0.309
C2	GPCF	12000	6.5	5.6	8.7	11.7	0.412
D1	GPCF-H	8000	4.2	2.7	5.0	10.9	0.090
D2	GPCF-H	12000	4.5	3.5	5.9	9.7	0.118
E	GPCF-H+GPCF	6000+6000	5.5	4.5	8.1	12.0	0.273
F	HPCF-B+GPCF	12000+3000		4.5		7.9	0.179
G	HPCF-A+GPCF	6000+6000		4.3		11.8	0.244
H	HPCF-A+GPCF	12000+3000		4.3		8.6	0.179

*含浸用セメントの種類、**Acf:繊維の総断面積、b:幅、d:有効高さ



追加混用したはりFでは、ひびわれの本数が少し増加した。GPCFを多量に混用したはりGの場合には、繊維量の多いはりB2およびC2と同様に、図-1c)のように斜めひびわれが発達してせん断破壊した。それ以外は、ロッドの切断により曲げ破壊した。曲げ破壊した破断面を観察した結果、マトリックスとロッドのずれおよびロッドの切断状態の異常等は認められなかった。

CFRCロッドのひずみを図-2および図-3に示す。繊維を混用すると、図-2のようにロッドのひずみは計算値よりも相当以前で最終ひずみになった。また単一繊維を用いた図-3に示すはりAの場合も同様であった。

表-3には、曲げひびわれ発生応力度および破壊曲げモーメントを示す。CFRCロッドによる、曲げひびわれ発生応力度の増加は、ほとんど期待できない場合が多い。ロッドの作製にグラウト用セメントを用いると、普通セメントの場合より破壊曲げモーメントの実測値ならびに実測値と計算値の比率が大きい。繊維間へのセメントペーストの含浸状態が良好なためと考えられる。

はりFおよびHの場合は、それぞれはりB1およびAよりビッチ系繊維の分だけ多いが、破壊曲げモーメントは同程度か少し小さくなった。

繊維を混用した場合のたわみを図-4に示す。この図から、弾性係数の小さい、伸度の大きいGPCFを多量に用いると、繊維の組合せによりたわみが大きくなる場合がある。

4. まとめ

CFRCロッドの作製にグラウト用セメントを用いると、ロッド中の繊維の含有率ならびに破壊曲げモーメントを高められる。繊維を混用したロッドを用いても、破壊曲げモーメントの向上はほとんど得られない場合があったが、最終たわみは増加する。

〈参考文献〉1) 古川、辻、宮本、セメント技術年報 41、pp.457~478、1987年

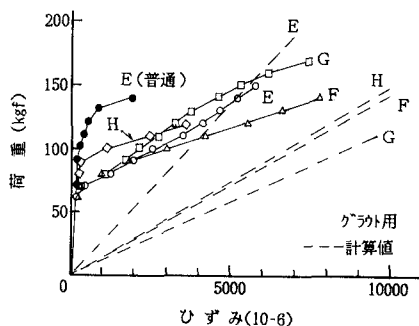


図-2 CFRCロッドのひずみ (繊維を混用した場合)

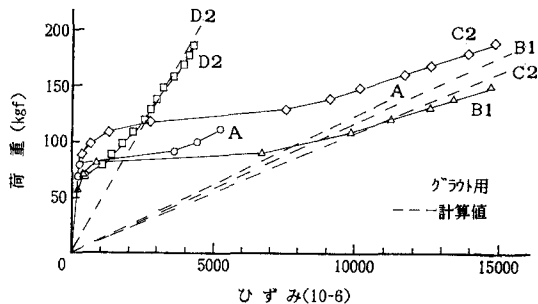


図-3 CFRCロッドのひずみ (単一繊維を用いた場合)

表-3 曲げひびわれ発生応力度および破壊曲げモーメント

供試体	曲げひびわれ発生応力度 (kgf/cm²)		破壊曲げモーメント (kgf.cm)		実測値/計算値 × 100 (%)	
	普通	グラウト用	実測値	計算値	普通	グラウト用
ブレン	42		448			
A		53	840	1292		65
B1	49	49	1022	1082	94	107
B2*	49	49	1886	2103	90	84
C1	43	46	910	1061	73	85
C2*	43	46	1260	1643	77	80
D1	49	49	882	1015	77	88
D2	43	49	1050	1407	62	83
E	43	46	945	1120	89	105
F		49		980		74
G*		49		1120		92
H		56		945		61

*せん断破壊、*各繊維別で求めた破壊曲げモーメントの合計

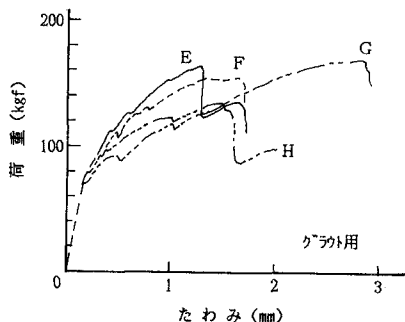


図-4 荷重-たわみ曲線 (繊維を混用した場合)