

東北電力（株） 正会員 大高昌彦
 長岡技術科学大学工学部 正会員 丸山久一
 長岡技術科学大学工学部 正会員 清水敬二

1. はじめに

現在、一般に行われているFRPロッドの引張試験方法は、鉄筋の引張試験に準じているが、FRPロッドは繊維直角方向の力に弱く、静的引張破壊は定着部で生じ易い。従って、FRPロッドの疲労強度を調べる試験においても、定着部の疲労強度特性が支配要因になると考えられる。

そこで本研究では、定着部での破断のし難い、はり型の供試体を取りあげ、FRPロッドの引張疲労試験を行う上での問題点について、静的载荷における本供試体の曲げ性状を、主にFRPロッドに生じるひずみ差に対して検討した。

2. 実験概要

2.1 供試体作成方法

供試体は、図1に示すように、はり中央部においてFRPロッドをコンクリートから露出させ、FRPとコンクリートの境界部分には、FRPロッドに厚さ1mmのゴム板（4cm×10cm）を巻き付けた。これは、疲労試験において、载荷時に起きるコンクリートとFRPの擦り切れ現象による応力集中を緩和するためである。また、FRP露出部分には、厚さ5cmの発泡スチロールを用い、これを所要の露出形状に成形し、FRPを左右から挟むように組み合わせ布テープで覆った。

2.2 使用材料および供試体形状

実験に用いたFRPロッドは、炭素繊維で格子状のものである。コンクリートは、セメントに早強ポルトランドセメントを用い、骨材は、細骨材として川砂（比重2.51）を、粗骨材として川砂利（比重2.60、最大寸法15mm）を用いた。コンクリートの練り混ぜは、強制練りミキサーを使用した。FRPロッドの基本物性を表1に、コンクリートの示方配合を表2、供試体形状および諸寸法を図1、供試体諸元を表3に示す。供試体のパラメータは、（1）FRP露出部の長さ、（2）はりの長さ、（3）スターラップの有無、（4）圧縮側補強筋の有無である。

2.3 試験方法

载荷装置は、対称2点集中载荷とし、5tの油圧サーボ型疲労試験機により载荷した。载荷方法は、曲げひび割れ発生で一度除荷し、その後破壊まで単調増加

表1 FRPロッドの基本物性

筋番	断面積 (cm ²)	最大荷重 (tf)	最大引張強度 (kgf/mm ²)	弾性係数 (kgf/mm ²)	破断ひずみ (%)
C6	0.1807	2.2	130.8	9600	1.4
C9	0.3165	3.8	130.8	9600	1.4

表2 示方配合

水セメント比 W/C(%)	細骨材率 s/a(%)	単位量(kg/m ³)			
		C	W	S	G
47	46	407	191	754	920

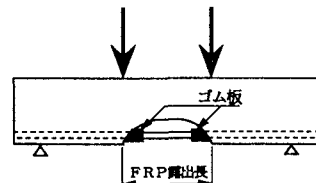


図1 供試体形状

表3 供試体諸元

供試体	FRP ロッド	有効高さ (cm)	FRP露出 長さ (cm)	スパン長 (cm)	等曲げモーメ ント区間長 (cm)
CF1	C9	12.5	20	60	20
CF5	C9	17.5	10	70	10
CF8	C9	17.5	30	90	30
CF11	C6	13	10	60	10
CF12	C6	13	20	70	20
CF13	C6	13	10	70	20
CF14	C6	13	20	60	20
CF15	C6	13	10	60	20
CF16	C6	13	20	50	20
CF17	C6	13	10	50	20
CF18	C6	13	20	50	20
CF19	C6	13	10	50	20
CF20	C6	13	20	50	20

荷重で載荷した。測定項目は、①荷重、②FRPロッドのひずみ、③コンクリート圧縮縁のひずみである。なお、FRPロッドおよびコンクリート圧縮縁のひずみはワイヤーストレインゲージで測定し、FRPロッドのひずみは同一測定位置の表裏2枚のゲージで測定した。

表4 試験結果

供試体名	破壊荷重 (kN)		FRPロッドのひずみ (ms)		ひずみ差 (ms)	破断強度 (kgf/mm ²)	荷重レベル (%)
	実測値	算定値	上側	下側			
CF1	4.93	4.93	11816	15875	4059	131	92
CF5	4.64	4.93	14621	15740	1119	116	99
CF8	3.69	4.6	10921	12102	1181	105	77
CF11	1.23	2.32	10425	13167	2742	68	83
CF12	1.36	2.32	11566	12759	1193	76	88
CF13	2.16	2.32	13274	15973	2699	126	98
CF14	2.60	2.94	13439	13879	440	122	100
CF15	2.03	2.97	9483	10258	776	92	72
CF16	2.86	3.96	8437	9734	1297	94	74
CF17	2.41	3.97	9879	11228	1349	82	100
CF18	3.24	3.87	11461	11667	206	—	100
CF19	3.42	3.92	10412	13206	2794	—	89
CF20	3.09	3.93	10573	11936	1363	—	96

※圧縮強度は401～481 kgf/mm²である。

破断強度は弾性計算値を示す（CF1とCF5のみ断面分割法より求めた値）。

破壊形式はCF1～CF17がFRP破断、CF18～CF20がコンクリート圧壊である。

3. 試験結果と考察

3. 1 破壊荷重

表4の試験結果に示す破壊荷重の算定値は、コンクリートとFRPロッドの応力ひずみ曲線を仮定して断面分割法より求めた値である。破壊荷重の実測値は、算定値を下回っている。これは、本供試体では供試体中央においてFRPロッドとコンクリートとの付着がないために、完全付着を仮定している算定値よりも破壊荷重は小さくなると考えられる。

3. 2 破断強度とひずみ差の関係

破断強度と供試体中央におけるFRPロッドの上側と下側のひずみ差の関係を図2に示す。破断強度は、実測値のコンクリート圧縮縁のひずみとFRPロッドのひずみ（上側と下側の平均値）を用いて、弾性理論に基づいて近似計算した値と断面分割法より求めた値を合わせて表示している。図2より、ひずみ差が大きくなるに従い、破断強度は小さくなる傾向がある。また、弾性計算値と断面分割法を用いた計算値の差は、いずれの供試体においても、弾性計算値の6%以内ではば一致しており、破断強度は近似計算によって求めることが可能である。

3. 3 ひずみ差とFRP露出長の関係

図3に等曲げモーメント区間長を20 cmとした供試体についてひずみ差とFRP露出長の関係を示す。これより、同じスパン長の供試体について比較すると、FRP露出長が10 cmよりも20 cmの供試体の方がひずみ差が小さくなる傾向を示している。スパン長の大小、スターラップの有無、あるいは圧縮側補強筋の有無による影響は明確にはあらわれていないが、スパン長が60 cmの供試体においてFRPロッドの断面積が大きいものと小さいものについて比較すると、大きい供試体がひずみ差が大きくなる傾向を示している。

4. まとめ

はり型の供試体について静的載荷試験を行った結果、曲げの影響によりFRPロッドにひずみ差が生じ、このひずみ差によって破断強度も異なることが認められた。コンクリートはり供試体を用いたFRPロッドの引張試験方法に関しては、このひずみ差をより小さくできる供試体寸法等を検討する必要がある。

謝辞：本研究の一部は文部省科学研究費補助金（課題番号04302040：代表 角田典史雄 北海道大学教授）を受けて行ったものである。ここに記して謝意を述べます。

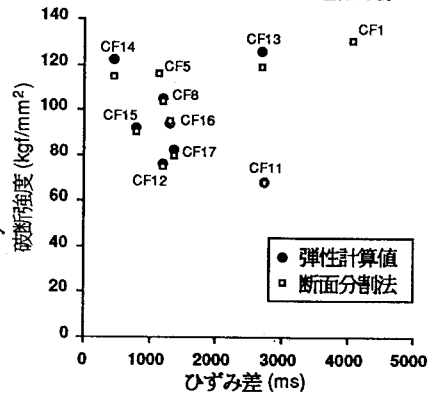


図2 破断強度とひずみ差の関係

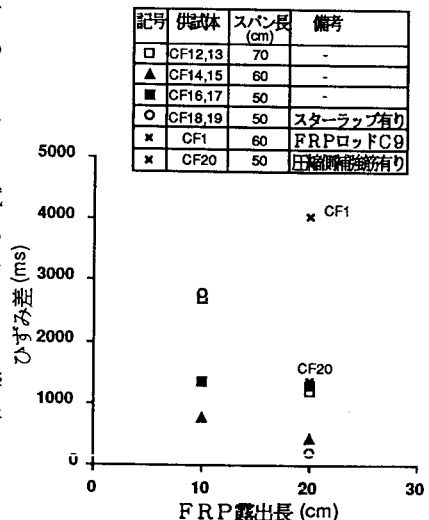


図3 ひずみ差とFRP露出長の関係