

V-109 アラミド製FRP緊張材の疲労特性

住友建設(株) 技術研究所 正会員 中井裕司
 住友建設(株) 技術研究所 正会員 浅井 洋
 住友建設(株) 技術研究所 迎 邦博
 住友建設(株) 土木部 正会員 水谷 淳

1. はじめに

FRP緊張材は高い耐蝕性を有することから、外ケーブルやアンボンドケーブルなどに今後利用されることが考えられる。そのためには、FRP緊張材の疲労特性を明らかにすることが必要である。FRP緊張材の静的引張破壊の原因は主に末端処理部にある[1]。したがって、FRP緊張材の疲労強度においても末端処理部の疲労強度特性が支配要因になりやすい。本研究は末端処理部を含めたアラミド製FRP緊張材(以下アラミド緊張材)の疲労特性を明らかにし、設計の基礎資料を得ることを目的とする。

2. 試験方法

表-1に、長さ4000mmの1本のφ6mm異形アラミドFRPロッドに末端処理方法として長さ400mmの付着型定着体を用いた緊張材の引張強度特性を示す。統計諸数値は標本数n=54、平均引張強度μ=192.2

2kgf/mm²、標準偏差σ=4.6kgf/mm²である[1]。図-1に、試験に使用した緊張材を示す。長さ900mmの1本のφ6mm異形アラミドFRPロッドに末端処理方法として長さ300mmの付着型定着体を取り付けたものである。

疲労試験は動的20tonfの能力を有する疲労試験機を用いて行った。載荷方法は、載荷速度を4Hzから6Hzとし、上限応力は同緊張材の平均引張強度の73%(141.2kgf/mm²)と55%(106.2kgf/mm²)とした。上限応力を一定としたのは、設計疲労強度を定めるために合理的であるためである。疲労回数は200万回までとし、破壊しなかった供試体については残留引張強度を測定した。供試体は各応力振幅毎に2体とした。

3. 試験結果と考察

試験結果を表-2に示す。疲労破壊は全て末端処理部にて発生し、破壊形態はロッドがささくれだった竹箒のようになり、静的引張破断(フィブリル破断)と類似している。緊張材の最弱点は、静的動的に関わらず末端処理部にあるといえる。

疲労試験結果のS-N線図を図-2に示す。図-Aと図-Bでは、データのばらつきが異なり、上限応力が高い方が破壊確率が繰返し回数に対して集束する傾向にある。これはF

表-1 緊張材の静的引張強度

断面積	(mm ²)	28.3
標本数	(ヶ)	54
平均引張強度	(kgf/mm ²)	192.2
同上標準偏差	(kgf/mm ²)	4.6

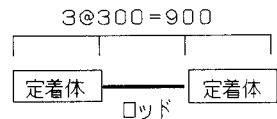


図-1 緊張材図

表-2 試験結果一覧表

上限応力 kgf/mm ²	下限応力 kgf/mm ²	応力振幅 kgf/mm ²	繰返し回数 *10 ⁴	残留強度 kgf/mm ²
141.5	70.8	70.8	3.3	
141.5	70.8	70.8	4.9	
141.5	70.8	70.8	2.8	
141.5	73.0	68.6	35.6	
141.5	73.0	68.6	22.7	
141.5	75.2	66.3	75.0	
141.5	75.2	66.3	41.5	
141.5	79.6	61.9	200.0	169.6
141.5	79.6	61.9	200.0	166.1
141.5	88.5	53.1	122.5	
141.5	88.5	53.1	200.0	162.5
141.5	97.3	44.2	200.0	176.7
141.5	97.3	44.2	200.0	173.9
141.5	106.2	35.4	200.0	183.7
141.5	106.2	35.4	1034.0	170.7
141.5	106.2	35.4	200.0	184.5
141.5	127.4	14.2	200.0	187.3
106.2	17.7	88.5	26.4	
106.2	17.7	88.5	1.5	
106.2	26.5	79.6	1.5	
106.2	26.5	79.6	5.7	
106.2	35.4	70.8	63.5	
106.2	35.4	70.8	18.1	
106.2	44.2	61.9	173.5	
106.2	44.2	61.9	190.0	
106.2	53.1	53.1	200.0	180.9
106.2	53.1	53.1	200.0	177.4
106.2	61.9	44.2	200.0	197.9
106.2	61.9	44.2	200.0	191.5
106.2	70.8	35.4	200.0	191.2
106.2	70.8	35.4	200.0	202.8

R P材料に一般的に見られるものである。200万回の疲労強度は上限応力に関わらず50~60kgf/mm²である。各上限応力に対する疲労強度は次式で表される。

$$f_r = 10^a / N^k$$

ここに、 f_r : 疲労強度(kgf/mm²) N : 繰返し回数

a, k : 試験により求められる係数

図中の直線は、破断した試料と200万回生存した最大応力振幅を有する試料について両対数座標上で単回帰式を求め、傾きを採用して、データの95%信頼限界に応力振幅の切辺を平行移動して定めたものである。係数 k, a は図中に示す。

試験結果をグッドマン線図により完全片振り時のデータに変換し、上記と同様の手順で各係数を求めると、 $k=0.034, a=2.046$ になり、疲労強度は次式で表される。

$$f_r = 10^a / N^k (1 - \sigma_{min} / f_u)$$

ここに、 σ_{min} : 下限応力 f_u : 平均引張強度

図-3に、グッドマン線図により変換したデータの単回帰残差を示す。残差は上限応力レベルにより層別される結果となり、グッドマン線図の適用性の検討が必要であると考えられる。

残留引張強度と応力振幅の関係を図-4に示す。200万回疲労載荷後の残留引張強度は応力振幅の増加に従い低下する。また、上限応力レベルによっても低下の傾向は異なっている。平均引張強度にたいする95%信頼限界を下回るデータは疲労劣化したものと仮定すれば、200万回疲労載荷による疲労劣化の生じない応力振幅はそれぞれの上限応力に対して25kgf/mm²、49kgf/mm²となる。非金属系のS-N線図は水平部分をもたない物も有るとされている。本試験の範囲内でも残留引張強度の低下は明かであり、今後、高回数の疲労強度と200万回の残留引張強度との関係を明らかにする必要がある。

P C鋼線の場合、上限応力100kgf/mm²程度で疲労強度は概ね20~30kgf/mm²程度であり、アラミド緊張材の疲労特性はP C鋼線と同等以上と考えられる。また、疲労載荷後のアラミド緊張材の引張強度の低下は、実用的な応力振幅内では問題にならない。

4. まとめ

- (1) 上限応力を141.5kgf/mm²および106.2kgf/mm²とした場合、アラミド緊張材の200万回疲労強度は50~60kgf/mm²である。
- (2) アラミド緊張材の200万回疲労載荷後の残留引張強度は応力振幅および上限応力の影響を受ける。上限応力を平均引張強度の55%とした場合、残留強度の劣化は少ない。

参考文献

- 1) 中井他: アラミド緊張材の強度特性と信頼性: 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論文集: 1992.4

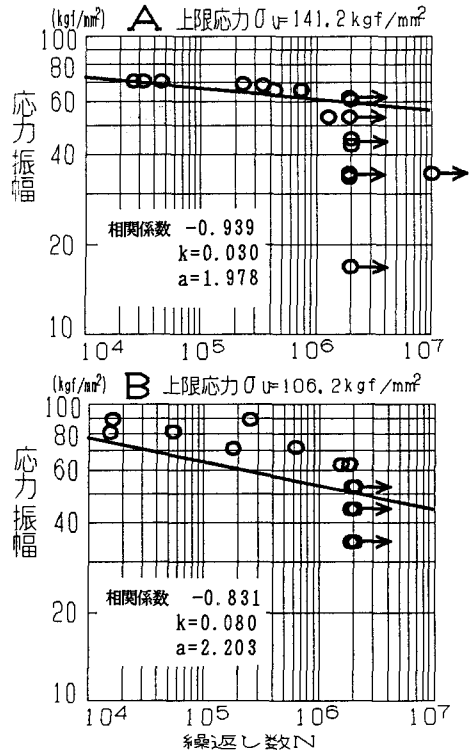


図-2 S-N線図

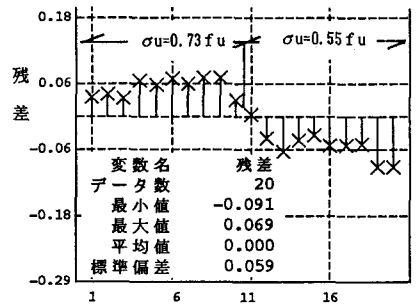


図-3 変換完全片振りデータの単回帰残差

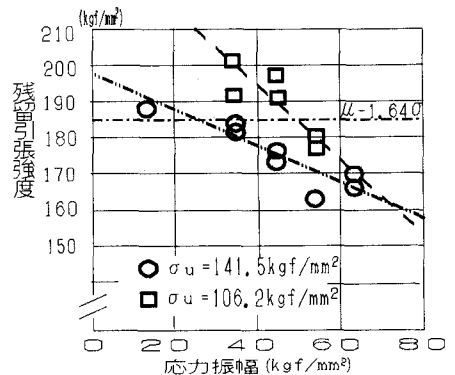


図-4 引張強度と応力振幅の関係