

V-478 繊維保護材で被覆したアラミド製緊張材のクリープおよび引張疲労特性に関する実験

西松建設(株) 正会員 湊 康裕 西松建設(株) 正会員 小林 正典
 字部日東化成(株) 小野寺章夫 字部日東化成(株) 横北 昌彦
 (株)安部工業所 正会員 横山 博司

1 はじめに

FRP材は、PC鋼材と比較して柔らかいため外傷を受け易い。また、せん断に弱いことから、緊張材として用いる場合、素材の傷が原因で引張耐力の低下を招き、緊張材としての性能を著しく低下させることがある。一方、FRP材の定着に通常のPC鋼材用くさび定着具を用いた場合、FRP材のせん断破壊の原因となり十分な緊張および定着ができない。そこで、外的要因による損傷の防止および金具による定着効果の向上を目的として、母材と一体性の高い繊維保護材料で被覆した帯板状緊張材を作製した。本緊張材をPCはりへ適用し曲げ試験を実施したところ、PC鋼材を使用したはりと同等の性状を示すことを既に確認している。今回、本緊張材のクリープ特性、引張疲労特性およびくさび定着金具により定着した場合の引張疲労特性について検討を行ったものを報告する。

2 試験体

試験体の物理的特性を表-1に、帯板状緊張材の断面を図-1に示す。緊張材の被覆表面には、エンボス（凸凹）加工を施している。なお、クリープ試験および素材の引張疲労試験は、直径6.0mmの試験体を用いた。

表-1 FRP材の物理的性質

断面形状	被覆含む：5.3×39.8mm 被覆除く：4.0×38.5mm
繊維含有率	55%
破断ひずみ	1.8%
ヤング係数	$7.04 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$
破断荷重	20tf
引張強度	130 kgf/mm^2

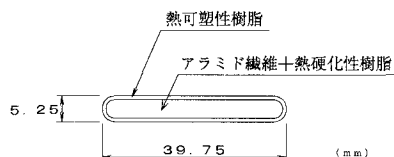


図-1 ロッド断面形状

3 クリープ試験結果

実験は、外径6.0mm、アラミド繊維径4.5mm、試験部分長300mmの試験体を用いて、破断荷重 P_u の0.4 P_u 、0.6 P_u 、0.8 P_u の荷重を載荷して、クリープ試験を行った。載荷直後の試験体のひずみは各々8827、13285、17324(μ)で、それ以降のひずみの経時変化の実験結果を、図-2に示す。0.8 P_u の載荷を行ったものは、載荷開始後480時間で17811(μ)のひずみで破断した。また、図中にひずみ増加量の近似式を示した。この結果から、30年後のひずみ増加量は、0.4 P_u ~0.6 P_u 載荷の場合735~800(μ)程度になるものと想定される。

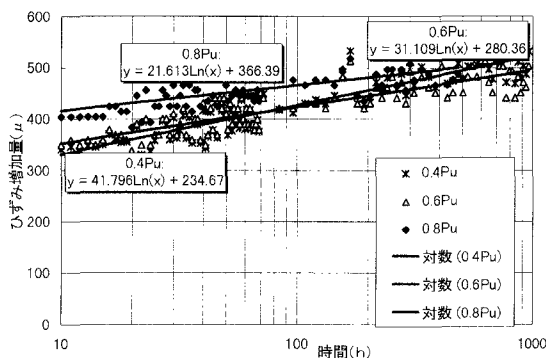


図-2 クリープ試験結果

4 FRP材の引張疲労特性

クリープ試験と同様の試験体を用いて引張疲労試験を行った。試験は、ウェッジにM6mmの歯形を加工してある金具により定着して、破断荷重 $P_u=2.23\text{tf}$ (140.0 kgf/mm^2)に対して、応力振幅を0.1 P_u 、載荷周波数12Hzで定着長および平均応力を変化させて引張疲労試験を行った結果を図-3に示す。なお、図中の白抜きのもの

は、素材の破損による中断ではなく、疲労载荷を停止したものである。

金具定着を行った試験体のうち、試験が中止したものは、全て被覆樹脂が定着金具先端で切れて被覆抜けによるものであり、母材の破断によるものではなかった。定着金具の影響を無くす目的で、定着部分の被覆を除きエポキシ樹脂により端末定着したもの（●：大）は、母材が疲労破断した。また、図から同一平均応力に対しては、定着長が長い方が耐疲労性が向上結果が得られた。以上のことから、本 FRP 自体は $0.1P_u$ の応力振幅に対して、200 万回の载荷を基準とした場合、 $0.75 P_u$ の平均応力までは耐疲労性があるものと考えられる。さらに、1000 万回に対しては、 $0.5 \sim 0.6 P_u$ の応力平均までの耐久性があるものと考えられる。

5 くさび金具定着による帯板状緊張材の引張疲労特性

実験は、引張強度 $P_u=20.0\text{tf}(130.0\text{kgf/mm}^2)$ の試験体を、図-4 に示す定着具によって固定し、荷重制御による部分片振りの引張荷重を加えた。実験に用いたロッド長は 1,000mm、試験部分長（定着金具間距離）を 580mm として、载荷応力を $(0.6 \pm 0.1)P_u$ 、载荷周波数 5Hz で実験を行った。表-2 に、実験のパラメータとした歯形条件および実験結果を示す。No.1 の試験体により、緊張材自体の耐疲労性は確認された。

ウエッジ歯形高さ、溝入角度を変えた No.2 ～5 の結果から、歯形高さが大きい場合、静的には十分な定着が得られるが、繰返し载荷により母材に早く損傷を与える結果となった。試験終了後、それらの定着金具を解体したところ、ロッド表面の被覆切れおよびロッドの縦割れが生じていた。No.6 の歯型は $l=255\text{mm}$ と長くしたことで、単位面積当たりの母材把持力を小さくしたが、繰返し回数約 140,000 回で破断に至った。

6 まとめ

繊維保護材で被覆したアラミド製 FRP 材のクリープ性状の確認ができた。引張疲労

試験の結果、素材自体は $(0.75 \pm 0.1)P_u$ 、12Hz の繰返し载荷で約 450 万回において母材が破断したが、帯板状試験体の場合、 $(0.6 \pm 0.1)P_u$ 、5Hz の条件で 200 万回の载荷に耐えたことから、本素材自体の疲労強度は緊張材としての供用に耐えうるものと考えられる。一方、20tf タイプの FRP 材をくさび定着金具により定着した引張疲労試験の結果、10～14 万回程度の载荷で、母材に立て割れが生じて試験の中断となった。本定着具はグラウトタイプのポストテンションタイプの定着法としては問題無いが、定着部分の応力変動が大きい外ケーブルあるいはアンボンドケーブルへの適用を考えた場合、疲労に対する定着機構の向上が必要である。今後、本くさび定着金具を用いて、载荷条件を変えて実験を行い、引張疲労性状を明らかにする必要がある。

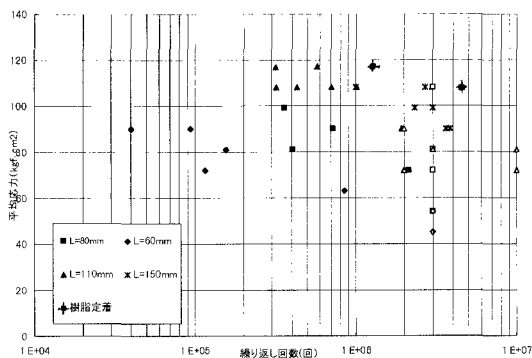


図-3 引張疲労試験結果

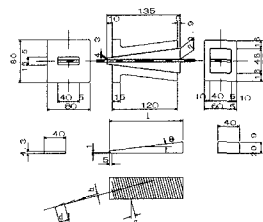


図-4 定着金具

表-2 引張疲労試験結果

	歯形条件				定着具	備考 (繰返し回数)
	l 長さ (mm)	h 高さ (mm)	d 傾斜 (°)	θ 勾配 (°)		
No.1	上 485 下 〃	マシオン加工 〃	— 〃	5 〃	樹脂 〃	樹脂マシオン加工 (200 万回)
No.2	上 135 下 135	h0.5@3.00 〃	15 〃	7 〃	鋳造 〃	(~90733)
No.3	上 135 下 135	h1.2@3.50 〃	15 〃	7 5	機械加工 機械加工	(~60711) 4.3 万回で縦割れ
No.4	上 135 下 485	h1.2@3.50 h0.3@1.75	0 15	7 5	機械加工 〃	(~100000)
No.5	上 135 下 135	h0.3@1.75 〃	15 〃	7 〃	機械加工 〃	(~109281)
No.6	上 255 下 485	h0.3@1.75 〃	15 〃	5 〃	機械加工 〃	(~143465)