

アラミド繊維の構造と耐疲労性に関する研究

(京工繊大院・工) ○山本貴之、細川泰輝、田中克史、高崎緑、小林治樹

【緒言】ポリパラフェニレンテレフタルアミド(PPTA)繊維は高強度・高弾性率という特徴を有するアラミド繊維の一種であり、防護服や樹脂の補強材などに利用されている。一般的に PPTA 繊維が利用される用途においては長期間一定以上の強度が求められる。そのため疲労による予期しない強度低下は、大きな事故を招く危険性がある。この PPTA 繊維については、耐疲労性と引張弾性率には相関が見られ、高い引張弾性率を有する PPTA 繊維ほど、高い耐疲労性を示す傾向があることが確認されている[1]。本研究では、異なる引張弾性率を有する PPTA 繊維を 2 種類用意し、PPTA 繊維の構造と耐疲労性の関係について検討を行った。

【方法】本研究では、平均引張弾性率が 120 GPa および 76 GPa の 2 種類の PPTA 繊維(以下それぞれ PPTA-HM, PPTA-NM とする)を試料に用いた。各力学試験は、繊維束から取り出した単繊維を台紙に貼り付け、ゲージ長を 20 mm として実施した。各 PPTA 繊維の力学物性を調べるため、単繊維引張試験を実施した。この時の試験速度は 0.67 mm/min とした。疲労試験は、電磁アクチュエータで駆動する疲労試験機を用いて、応力負荷回数 100 万回を上限とし、50 Hz の正弦波引張応力を負荷することで実施した。また光学顕微鏡を用い、引張・疲労試験後の試料を観察した。

Table 1 Average diameters, tensile strengths, and tensile moduli for PPTA-HM and PPTA-NM

Sample	PPTA-HM	PPTA-NM
Average diameter (μm)	13.0 ± 0.04	13.3 ± 0.05
Average tensile strength (GPa)	2.9 ± 0.04	2.9 ± 0.04
Average tensile modulus (GPa)	120 ± 2	76 ± 1

【結果と考察】Table 1 に各 PPTA 繊維の平均直径と単繊維引張試験の結果を標準誤差とともに示す。疲労試験は、負荷最大応力 σ_{max} を 2.5 GPa、負荷最小応力 σ_{min} を 2.0 GPa として実施した。疲労試験の結果を Fig. 1 に示す。引張弾性率の大きい PPTA-HM の方が PPTA-NM より耐疲労性が高いことが確認できた。光学顕微鏡を用い PPTA-HM, PPTA-NM の引張破断面、疲労破断面を観察した結果、一方の破断面において、繊維軸と垂直な方向に分裂する様子が確認された。破断した試料について、分裂したフィブリルの数と、その試料において最も大きいフィブリルの長さを測定した結果について、Table 2 に示す。PPTA-HM と PPTA-NM の比較においては引張破壊、疲労破壊ともに大きな差は見られなかった。また引張破壊による破断面と疲労破壊による破断面において、フィブリルの大きさを比較すると、引張破壊による破断面のほうが 3 割ほど大きく、双方で破断のメカニズムが異なる可能性が考えられる。

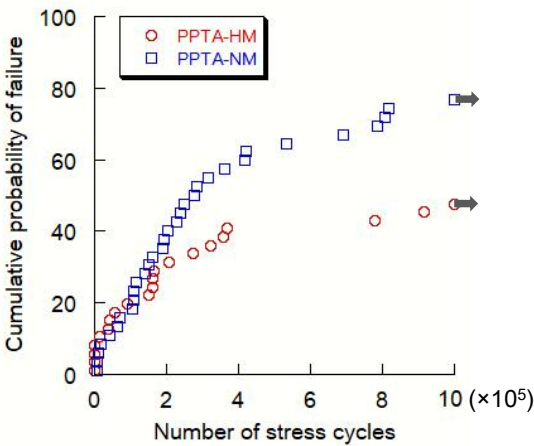


Fig. 1 Cumulative probability of failure against number of stress cycles

Table 2 Results of the optical microscopic observation.

	HM tensile failure	HM fatigue failure	NM tensile failure	NM fatigue failure
Number of fibrils	3.4 ± 0.3	2.8 ± 0.4	3.5 ± 0.3	4.5 ± 1.0
Fibril length(μm)	964 ± 162	700 ± 160	969 ± 170	765 ± 282

【参考文献】 [1] S. Yagi and H. Kobayashi, *J. Macromol. Sci., Part B: Physics*, **60**, 220-236 (2020).

Study on relationship between structure and fatigue behavior of aramid fibers, Takayuki Yamamoto, Taiki Hosokawa, Katsufumi Tanaka, Midori Takasaki, Haruki Kobayashi: Faculty of Materials Science and Engineering, Kyoto Institute of Technology, Matsugasaki, Kyoto 606-8585, Japan, Tel&Fax: 075-724-7855, E-mail: haruki@kit.ac.jp