

日大工[院]
日大工○石塚良平
岡部宏株式会社
日大工長井俊介
菅野宗和

1. はじめに

光ファイバは細く、軽量であることから新しい伝送媒体として様々な分野で実用化されており、今後さらに需要は拡大すると思われる。そして、使用範囲の拡大と共にあらゆる環境での使用が求められている。しかし、ガラスであることから、ぜい性的な破壊をし、外力などにより伝送特性が変化するという短所を持っている。さらに使用範囲の多様化から、静的な荷重を受けるよりも動的な荷重を受けることが多い。従って、光ファイバの長期的な信頼性を確保するためにも疲労強度が重要になってくる。

そこで、本研究では引張り疲労試験機を作成し、これにより応力の形式が光ファイバの送光特性に及ぼす影響を調べるために静的引張り試験ならびに片振れ引張り疲労試験を行い、先に報告した片振れねじり疲労試験による光量変化と比較検討した。

2. 実験装置及び試験方法

2・1 試験片 試験片はクラッド部の直径 $125\mu\text{m}$ 、コア部の直径 $10\mu\text{m}$ 、藤倉製シングルモード単線光ファイバを Fiberoptic Stripper により被覆を除去し使用した。その基本的構造を Fig. 1 に示す。

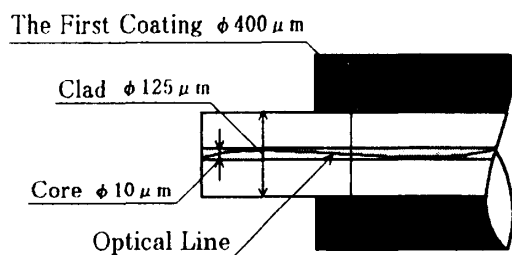


Fig.1 Optical Fiber

2・2 実験装置 Fig.2 に今回試作したクランク・ピストン機構を用いた片振れ引張り疲労試験機を示す。

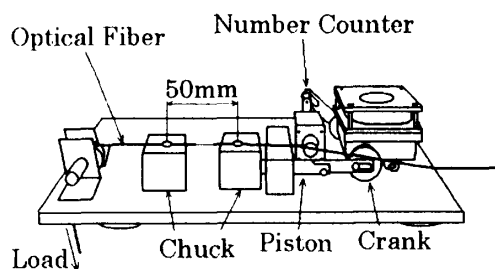


Fig.2 Tension Fatigue Testing Machine

Fig.3 に前報において用いた斜板カムとロッド及びロープによる往復ねじり機構を用いた片振れねじり疲労試験機を示す。

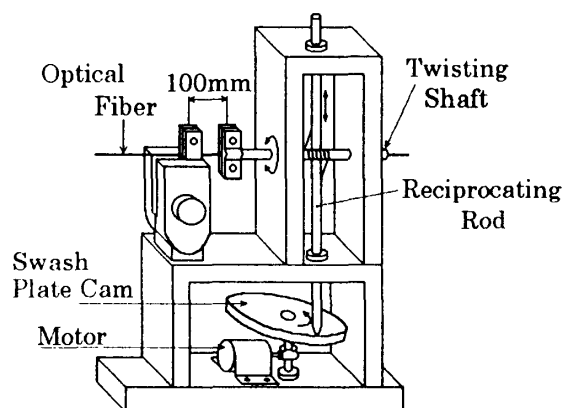


Fig.3 Twisting Fatigue Testing Machine

2・3 実験方法 実験方法は、Fig.2 及び Fig.3 に示す試験機に光ファイバを設置し荷重を負荷しながらその時の時間と光量の変化を測定した。破断は、光量の変化から確認した。なお、片振れ引張り疲労試験の繰り返し回数は 5Hz、片振れねじり疲労試験の繰り返し回数は 0.03 Hz とした。また、静的試験も同試験装置により行い破断までの光量変化を測定した。

3. 実験結果

3・1 引張りとねじりの静的試験

Fig. 4 と Fig. 5 に引張りとねじりにおける静的試験と光量の関係を示す。

これらより、引張り応力を受ける場合光量は増加し、ねじり応力を受けると光量はやや減少する傾向となる。引張り試験の場合は約 10% の光量の増加を示し、ねじり試験の場合においては約 5% の光量の減少となった。

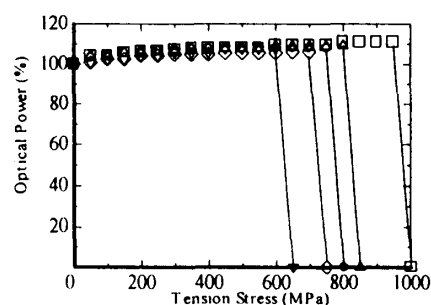


Fig.4 Variation of Optical Power with Shear Stress for Tension

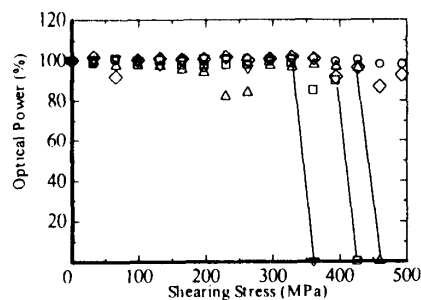


Fig.5 Variation of Optical Power with Shear Stress for Twisting

3・2 引張りとねじりの疲労試験 光ファイバ裸線の引張り疲労試験とねじり疲労試験の結果を示す。Fig.6は、それぞれのS-N線図であり、ねじりの時間強度は引張りの約1/2となった。実験は全て室温20±3℃、湿度60±5%の下で行った。

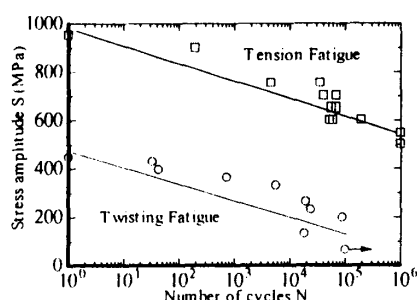


Fig.6 S-N Curve for Fatigue Testing

3・3 疲労試験と送光量 片振れ引張りの繰り返し回数と送光量の関係をFig.7に示す。これにより700MPaの応力振幅の場合に送光量は最大となり17%の増加となった。

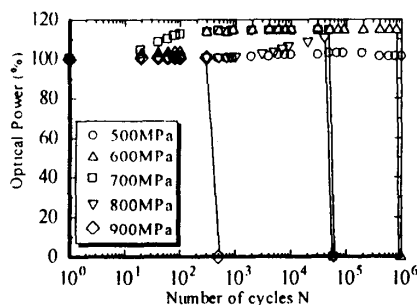


Fig.7 Variation of Optical Power with Shear Stress for Tension Fatigue

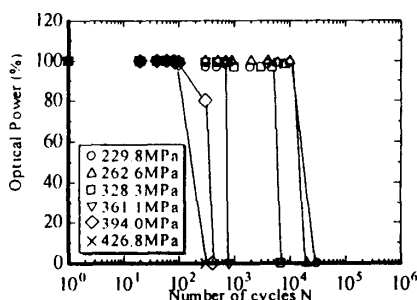


Fig.8 Variation of Optical Power with Shear Stress for Twisting Fatigue

片振れ引張り疲労では送光量は静的試験と同一の傾向を示すが、片振れねじり疲労の応力の範囲では顕著な送光量の減少は現れなかった。

3・4 各負荷における光量の漏れ

Fig.9に静的な引張り(a)とねじり(b)の場合における光ファイバ裸線の送光状態の一例を示す。特にねじりの場合は、光がファイバ側面より漏れているのが認められる。これは、ねじりによるせん断応力の分布が界面欠陥などに作用するためと考えられる。

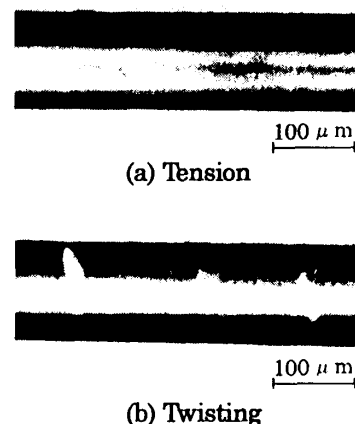


Fig.9 Leak of Optical Density

4. 考察

光量は、静的な引張りを受ける場合増加の傾向を示し、ねじりを受ける場合減少の傾向を示した。これは引張りとねじりの応力の違いにより、引張りではコア部とクラッド部の界面にあるマイクロボイドなどの欠陥を縮小させ、反射率を向上させたため増加につながったと考えられる。それに対し、ねじりを受ける場合は、界面にせん断力が働き、界面のマイクロボイド等が拡大されその反射効率が低下したものと考えられる。しかし、片振れねじり疲労では光量は、除荷による多少のヒステリシスは生ずるが、光量の減少は回復する傾向となる。

5. まとめ

- 1) 光ファイバ裸線のS-N線図は、引張り、ねじり共に右下がりの傾向を示し、ねじり時間強度は引張りの約1/2となった。
- 2) 光ファイバ裸線の光量は、静的引張りを受けると増加する傾向を示し、静的ねじりを受けると減少する傾向を示す。
- 3) 疲労試験において10⁴回の光量変化は、片振れ引張りでは12%の増加となったが、片振れねじりではほぼ一定となった。

参考文献

- 1) M. Kanno et al. Fatigue Strength of Optical Fiber 3rd EURO-CERAMIC vol.3 (1993)
- 2) 木村、菅野 精密工東北学術講論 (1993)
- 3) 長尾 光ファイバー 共立出版 (1974)
- 4) 長井、菅野 精密工東北学術講論 (1997)