

V-149

炭素繊維複合材料ケーブル（CFCC）の引張疲労特性

東京製鋼㈱ 研究所 正会員 榎本 剛
東京製鋼㈱ 研究所 正会員 白鳥信令

1. まえがき

炭素繊維複合材料ケーブル《CFCC（Carbon Fiber Composite Cable）》は、軽量で強度が高いケーブルとして開発されたCFRPのより線（以下CFRPストランドと称す）である。このCFRPストランドは、より線であるためにリールに巻けるなど柔軟性にも優れている。これらの特徴を活かして、土木分野で特にプレストレストコンクリートの緊張材として使用することが効果的と考えられ、その応用研究が積極的に進められている。しかし、疲労特性、リラクセーション特性およびクリープ特性に関する報告はほとんどない。本報は、緊張材として使用する場合に重要な引張疲労特性について、7本より線型のCFRPストランドの静的荷重試験の結果と引張疲労試験の結果から、検討したものである。

2. 実験概要

表1 CFRPストランドの基本的特性

(1) CFRPストランド

実験に用いたCFRPストランドの基本的特性を表1に示す。また、比較のためにPC鋼より線についても示す。試験片の全長は1,300～1,600mmとし、両端末の定着は、CFRPストランドを挿入した鋼管に樹脂を充填する方法で行った。

(2) 静的荷重試験

CFRPストランドに、保証切断荷重（ P_u ）の45%の引張荷重を負荷を与えた後、負荷荷重を0に戻したときの残留歪みを読取った。引き続き55%の引張荷重を負荷を与えた後、負荷荷重を再び0に戻して残留歪みを読み取った。この測定を0.60 P_u および0.80 P_u についても行なった。なお、試験には荷重容量50tfの油圧式引張試験機を用いて、標点距離は500mm、負荷速度60kgf/sec以下で行った。

(3) 引張疲労試験

試験は荷重容量30tfの油圧サーボ制御疲労試験機を用い、所定の最大荷重と最小荷重の間で、繰返し引張る方法で行った。負荷速度は3Hzまたは4Hzとし、繰返し回数は 2.0×10^6 を上限とした。

3. 実験結果および考察

(1) 静的引張特性

CFRPストランドの荷重－伸び率曲線を図1に示す。0.45 P_u ～0.80 P_u までいずれの荷重を負荷した後も残留歪みは認められなかった。これは、CFRPストランドが破断荷重近くまで弾性的な挙動を示すことによると思われる。

(2) 引張疲労特性

変動荷重の最小値を約0.6 P_u (8.4tf)に固定し、最大値を0.8 P_u (12.2tf)～0.9 P_u (13.7tf)の範囲で5水準に設定した試験結果を図2(a)に示す。この場合、 2×10^6 回の繰返し負荷に耐えられる最大荷重は13.0tfであった。即ち、保証荷重の60%で設計した場合、

	CFRPストランド	PC鋼より線 ¹⁾
構成	7本より	7本より
呼び径（mm）	12.5	12.4
公称断面積（mm ² ）	76.0	92.9
引張荷重（kgf）	16,430	17,800
保証切断荷重（kgf）	14,500	13,900 ^{*)}
弾性係数（kgf/mm ² ）	14,300	20,100
切断伸び（%）	1.5	6.7

*) 0.2%永久伸びに対する荷重（JIS G 3536）

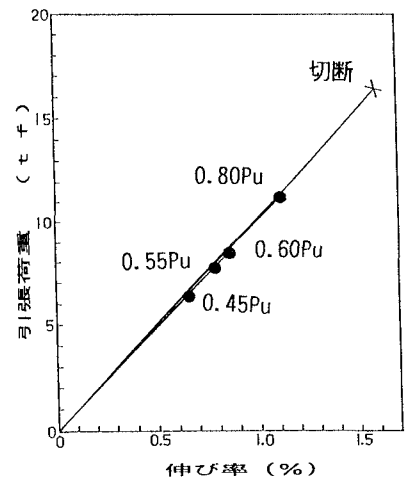


図1 荷重－伸び率曲線

+60kgf/mm²の変動荷重条件に耐えることができる。

次に、変動荷重幅を 1.9tf（応力で25kgf/mm²）に固定し、平均荷重を 5 水準に設定した試験結果を図 2(b)に示す。この場合、 2×10^6 回の繰返し負荷に耐えられる最大荷重は14.5tfであり、保証切断荷重に相当する。即ち、変動荷重幅 1.9tfに対しては、最大値が保証切断荷重値以下であれば 2×10^6 回の耐久性が期待できる。

ここで、 2×10^6 回の疲労限を明確にするために繰返し負荷の応力振幅と平均応力の関係で整理したものを図 3 に示す。 2×10^6 回以下で切断したものと同断しないものとの境界付近を曲線で結ぶと図中のような 2×10^6 回疲労応力限界曲線が描ける。比較のために、PC鋼より線のデータ¹⁾についても示した。CFRPストランドの限界曲線は平均応力150kgf/mm²付近を境にして、勾配が緩やかな領域(Ⅰ)と勾配が急な領域(Ⅱ)に分けることができそうである。領域(Ⅰ)では、一般の鋼材と同様に疲労応力限に対しては応力振幅が支配的である。なお、その応力振幅はPC鋼より線の約3倍程度である。このことについては、3.(1)で述べたCFRPストランドの弾性域の広さが一つの原因になっていると考えられる。領域(Ⅱ)では、最大応力が静的切断強度に近い場合、応力振幅と平均応力の両者即ち最大応力が疲労応力限を支配しているようである。この領域(Ⅱ)の存在がCFRPストランドの特徴であると言える。

4. まとめ

- (1) CFRPストランドの引張荷重と伸びの間には直線的な相関関係があり、0.8Pu 負荷後の残留伸びは認められない。
- (2) 0.6Pu+60kgf/mm²の変動荷重条件で、 2×10^6 回の繰返しに耐えることができる。
- (3) 変動荷重幅が1.9tf（応力で25kgf/mm²）であれば、変動荷重の最大値が保証切断荷重近くでも 2×10^6 回の繰返しに耐えることができる。

- (4) 2×10^6 回疲労応力限界曲線は、応力振幅で規定される領域と最大応力で規定される領域とに、分けられる。さらに、この原因を解明していくためには、CFRPストランドの破壊機構等を含めた今後の詳しい解析が必要である。

《参考文献》

- 1) 関・山元・新保・豊川：PC鋼より線の引張疲労強度、材料、Vol.18, No.190, JULY 1969

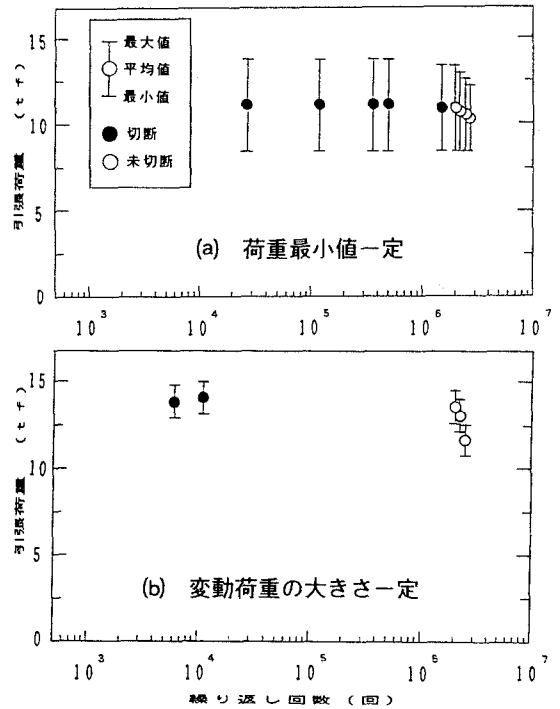


図2 引張疲労特性（荷重と繰返し回数の関係）

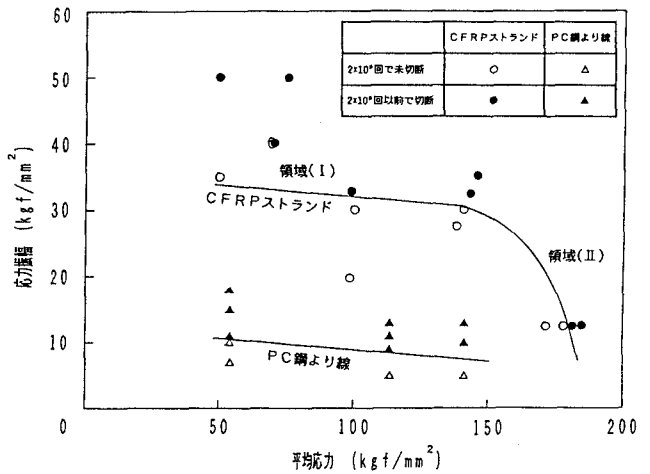


図3 引張疲労特性（応力振幅と平均応力の関係）