

膨張材定着による炭素繊維ケーブルの引張疲労特性

福岡大学○学生員 瀬戸口尚武
 福岡大学 正会員 添田 政司
 福岡大学 正会員 大和 竹史
 福岡大学 正会員 江本 幸雄

1. はじめに

炭素繊維を含む連続繊維は、ロッドあるいはストランドとしてPCの緊張材に使用することが効果的と考えられている。しかし連続繊維補強材は、PC鋼材と同様な定着が困難なため定着方法をどのようにするか問題になっている。これまで連続繊維補強材の樹脂定着による引張疲労特性¹⁾、膨張材定着による定着機構の報告²⁾はあるものの、膨張材定着による引張疲労特性についての研究は少ない。そこで本報では、膨張材定着による炭素繊維ケーブルの引張疲労特性および定着特性について検討を行ったものである。

2. 実験概要

使用材料： 実験に用いた炭素繊維ケーブルの基本特性を表-1に示す。また定着体の一部を図-1に示す。定着体は内径20mm、外径40mm、長さ300mmの鋼管を使用し、鋼管に炭素繊維ケーブルを挿入した後、隙間にW/B=28%の定着用膨張材を充填した。引張疲労試験は、所定の膨張圧(400kgf/cm²以上)が発現した後開始した。

実験方法： 引張疲労試験は、より戻り防止治具を取り付けた50tfの油圧サーボ制御引張疲労試験機を使用した。その試験の略図を図-2に示す。载荷条件は、平均応力75~178.9kgf/mm²の7段階とし、応力振幅13~60kgf/mm²の5段階の24本の試験体について実験を行った。繰返し速さは、1.5~4.0Hzとし、繰返し数は200万回を上限とした。引張疲労試験時の定着体および炭素繊維ケーブルの温度変化、膨張圧および定着体自体のひずみ分布、炭素繊維ケーブルの変位は、それぞれ熱伝対、ワイヤーストレインゲージ、変位計を用いてそれぞれの繰返し数毎に測定を行った。

3. 実験結果及び考察

ここに平均応力139.5kgf/mm²、応力振幅40kgf/mm²の試験体を試験体A、平均応力170.9kgf/mm²、応力振幅13kgf/mm²の試験体を試験体Bとする。図-3は試験体Aにおける各繰返し数毎の炭素繊維ケーブルの荷重～変位を表したものである。図より荷重～変位の関係は、ほぼ直線的であり炭素繊維ケーブルの弾性係数は一定であるとみなすことができる。ここで弾性変形量(ΔL)、全体変位(δ)、口元変位(μ)、 $\mu = \delta - \Delta L$ とし残留口元変位を求めてみると、上限荷重13.5tfの場合で200万終了後1.6mm程度であった。

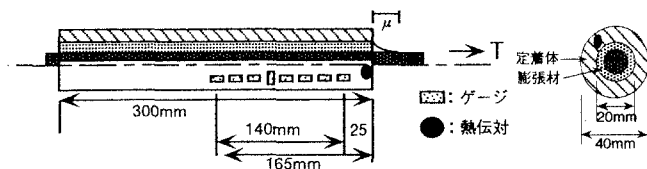


図-1 定着体及びゲージ貼付位置

表-1 炭素繊維ケーブルの基本特性

	炭素繊維ケーブル
構成	7本より
呼び径 (mm)	12.7
公称断面積 (mm ²)	76.0
ピッチ (mm ²)	158
切断荷重 (kgf)	17.400
引張強度 (kgf/mm ²)	229
弾性係数 (kgf/mm ²)	14.400
伸び (%)	1.6

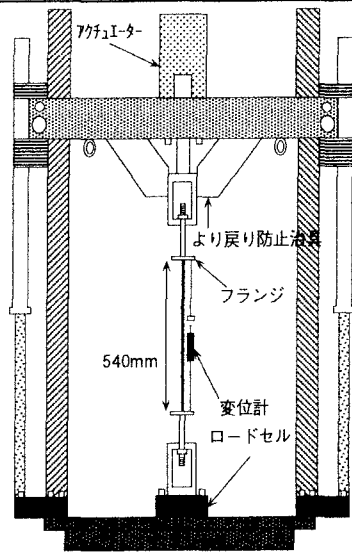


図-2 引張疲労試験機

図-4は、試験体A、試験体Bの定着体と炭素繊維ケーブルの温度変化を示したものである。なお、温度変化とは、繰返し数毎のそれぞれの測定時点での温度と試験開始直前の温度の差である。図より試験体Aの口元における温度上昇が特に著しく、繰返し数1万回辺りで10℃程度であった。しかし繰返し数5万回を越えた辺りからは温度変化は減少し、繰返し数200万回では2～3℃の上昇でしかなかった。一方、試験体A、Bの炭素繊維ケーブルおよび試験体Bの口元の温度変化はほとんど生じなかった。これらの要因として定着体と膨張材の摩擦が関係していると思われる。

図-5は、所定の繰返し数毎に試験機を止め0tf～13.5tfまで静的に载荷した時における定着体表面の軸方向残留ひずみ分布を表したものである。平均応力、応力振幅は図-3の場合と同じ条件である。なお、横軸は定着体口元からの距離を表す。図より、定着体口元から離れるに従い残留ひずみが増加し、口元から80mm付近でピークを示し、それ以降は次第に減少する傾向が認められた。また、いずれの応力振幅の場合も繰返し数の増加と共に残留ひずみも増加する傾向にあった。定着体口元から160mmの距離における残留ひずみは、試験体Bではほとんど生じていないが、試験体Aにおいては繰返し数1万回で200 μ のひずみが定着体に残留しており、定着体口元からかなり離れた距離において圧縮力が働いていることがわかる。

ここで、200万回の疲労限を明確にするため応力振幅と平均応力関係で整理したものを図-6に示す。比較のために、榎本ら¹⁾の行った樹脂定着のデータについても示した。榎本らによると樹脂定着炭素繊維ケーブルの限界曲線は、平均応力150kgf/mm²付近を境にして勾配が穏やかな領域(I)と勾配が急な領域(II)に分けることができると報告している。膨張材定着の場合にもほぼ同様の傾向を示している。平均応力150kgf/mm²以上の高応力状態において定着方法の違いによる疲労限に顕著な差はないが、平均応力150kgf/mm²以下では膨張材定着の疲労限は、樹脂定着の疲労限よりさらに高い位置にシフトしていることから、定着方法の相違によって疲労特性が異なることが明らかとなった。

あとがき： 膨張材定着による炭素繊維ケーブルについて実験を行ったが今後は他の連続繊維ケーブルについても実験を行い連続繊維ケーブル全般の疲労特性を明らかにするとともに膨張材による定着機構についても検討を行う予定である。

【参考文献】

- 1) 榎本・白鳥：炭素繊維ケーブル(CFCC)の引張疲労特性,土木学会第45回年次学術講演概要集,V-152,1992,pp330-331
- 2) 原田・出光・ヨシキ・渡辺：CFRP緊張材の定着法とその長期および疲労特性,コンクリート工学年次論文報告集,13-2[2128],pp759-764,1991

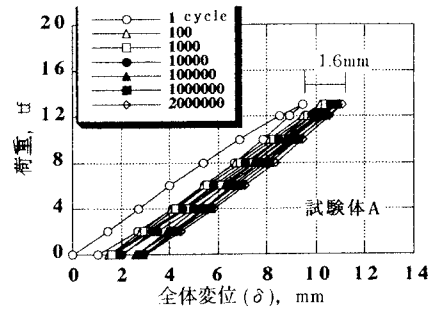


図-3 荷重～変位の関係

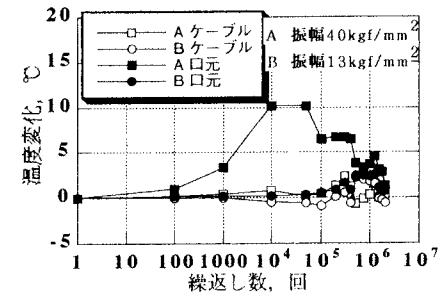


図-4 温度の経時変化

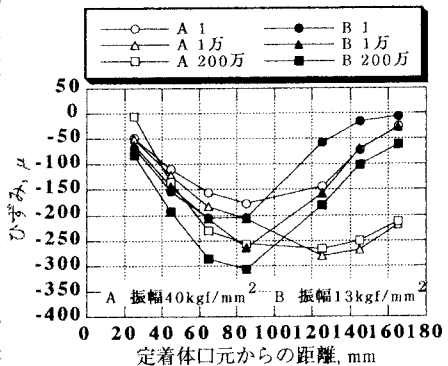


図-5 定着体の残留ひずみ分布

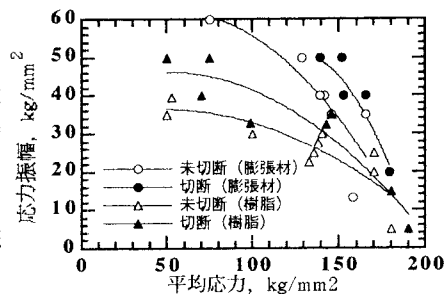


図-6 応力振幅と平均応力の関係