

(V-22) FRPロッドの疲労特性に関する基礎的研究

千葉工業大学 学生会員 ○ 長谷川英樹
千葉工業大学 正会員 足立一郎
東京大学生産技術研究所 正会員 西村次男
東京大学生産技術研究所 正会員 魚本健人

1. はじめに

この数年来、海洋環境下におけるプレストレストコンクリート構造物の緊張材が塩分腐食し、社会的に問題になっている。そこで緊張材に代わる新素材として高強度で耐食性に優れ軽量であるFRPロッドの研究開発が進められている。

FRPロッドをプレストレストコンクリートの緊張材の代替品として利用するためには、FRPロッドの基本的な特性を検討することが大切である。プレストレストコンクリート構造物は繰り返し荷重を常に受けるため、長期の使用に対してFRPロッドの疲労特性を明らかにする必要がある。そこで本研究では、アラミド繊維、ガラス繊維、カーボン繊維を用いた一方向強化プラスチックロッドを取り上げ、動的疲労試験を実施し、その疲労特性を明らかにするとともに载荷中のAE計測を行った。

2. 実験概要

実験に用いたFRPロッドの補強繊維は、繊維混入率55%のアラミド繊維、ガラス繊維、カーボン繊維（それぞれAFRPロッド、GFRPロッド、CFRPロッドと略記する）の3種類で、いずれのFRPロッドもφ6mmの丸棒状で、一方向に強化されたものでありマトリックスはビニルエステル樹脂である。FRPロッドの動的疲労試験は、各種FRPロッドについて载荷応力ごとにそれぞれ10本ずつ実施した。試験片の長さは、いずれのFRPロッドも400mmとし、試験機は10tonサーボバルサー試験機（荷重制御型）を用い、载荷速度は3Hzから5Hzとし、振幅応力は50kg/mm²とした。（GFRPロッドは振幅応力20kg/mm²についても実施した。）なお、FRPロッドの载荷試験は、小林らが開発した2つ割りチャック¹⁾を用いて実施した。

なお動的疲労試験において、2個の140Hz共振型センサーを上下のチャックに取り付け、AE発生回数を計測した。载荷試験に先立ちノイズの計測を行い、いずれのFRPロッドの場合にもAE計測時のしきい値は35dBとした。

3. 実験結果と考察

図-1、図-2、図-3にGFRPロッドとAFRPロッドの動的疲労試験における破壊までの繰り返し回数と確率密度との関係をWeibull分布で示す。また、図-4は各種FRPロッドの上限応力と繰り返し回数との関係をS-N曲線で示す。

図-1および図-2より、GFRPロッドでは、振幅応力が違っても応力比の高い方が繰り返し回数に対し破壊確率密度が大きい傾向にある。さらに、振幅応力50kg/mm²と20kg/mm²の応力比60%を比較すると、振幅応力が高い方が確率密度が高いといえる。図-3のAFRPロッドでは、GFRPロッドよりもばらつきが大きく、たとえば応力比が70%で平均繰り返し回数85万回に対し200万回繰り返し载荷しても疲労破壊しないロッドもあった。

図-4から、GFRPロッドの振幅応力20kg/mm²の場合、上限応力が減少するにつれ繰り返し回数が増大し、上限応力101.4kg/mm²から67.6kg/mm²までの間はほぼ直線で表すことができる。また振幅応力50kg/mm²と比較すると図から明かなように、振幅応力が増大すると繰り返し回数は減少する傾向にある。AFRPロッドは、繰り返し回数と载荷荷重とを直線で表すことができない。これは図-3から明かなようにAFRPロッドはGFRPロッドに比べばらつきが大きいので、試験本数を増やし、より精度の高い実験値を

求める必要がある。GFRPロッド（振幅応力 20kg/mm^2 ）とAFRPロッドは最も低い応力比で、繰返し回数200万回に到達したロッドがあり、もし疲労限界があるとすればGFRPロッドは応力比40%以下、AFRPロッドは応力比70%以下にあると推定される。CFRPロッドは、GFRPロッドやAFRPロッドと異なり破断時の伸び能力が小さいことから、定着具の局部応力の影響を受けやすく繰返し载荷する前に破断する場合や、上限応力を5%下げると繰返し回数が200万回に到達するものもあり、実験を行うのが非常に難しい。

図-5に疲労载荷試験時の単位繰返し回数当たりのAE発生回数と繰返し回数との関係を示す。この図から明らかであるが、いずれのFRPロッドでも载荷初期においてAEが頻繁に発生している。AFRPロッドではAEの発生回数がある一定の値しか発生しない期間が見られる。その後、ロッドの破壊数分前からAEの発生回数が増大している。これは魚本、西村らが行ったAE計測結果と同様である。²⁾GFRPロッドとAFRPロッドは、破壊までのAE発生状況が同じ傾向である。CFRPロッドについては良い結果が得られず、GFRPロッドやAFRPロッドと载荷初期では同じ傾向であるといえるが、それ以降の状況については定かでない。いずれのFRPロッドも、载荷初期に同じ傾向でAEが発生している。これは、チャック部内でロッドとチャックの擦れや2つ割りチャックのかみあわせによりロッド表層の繊維とマトリックスの破壊によるAEが発生していると考えられる。

4. まとめ

- ①動的疲労試験を行ったGFRPロッド（振幅応力 20kg/mm^2 ）は、応力比80%から50%の範囲では破壊までの平均繰返し回数と载荷応力はほぼ直線で表すことができるが、AFRPロッド・CFRPロッドともに疲労限界は明らかでない。
- ②GFRPロッドの破壊時繰返し回数の分布より、GFRPロッドは動的疲労試験で振幅応力を増大すると、繰返し回数が減少する。
- ③FRPロッドの破壊までのAE発生回数の結果から、GFRPロッドとAFRPロッドはAE発生状況が同じ傾向であるが、CFRPロッドについては明らかでない。

参考文献

- 1) 小林一輔：FRP製プレストレストコンクリート緊張材用定着装置，生研リーフレット，No. 158，1987
- 2) 魚本、西村：プレストレストコンクリート用FRPロッドの静的および動的疲労特性，コンクリート工学年次論文報告集，第12巻1号（1990. 6）

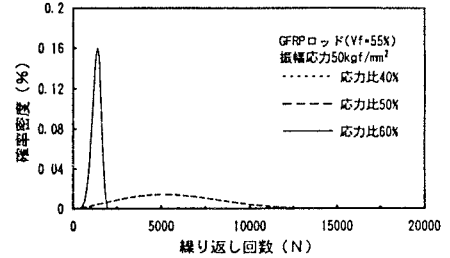


図-1 繰返し回数と確率密度との関係

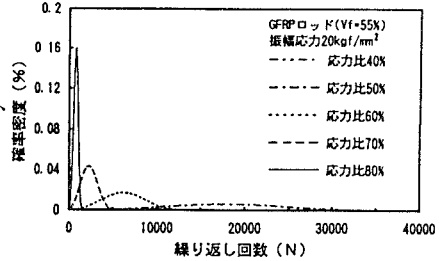


図-2 繰返し回数と確率密度との関係

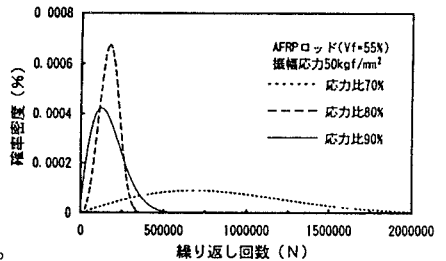


図-3 繰返し回数と確率密度との関係

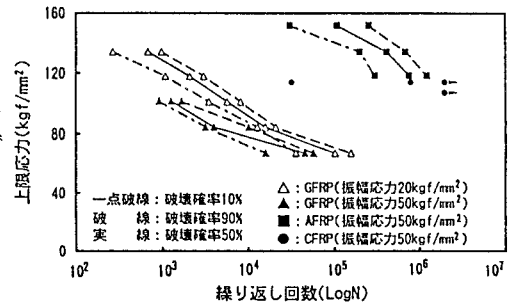


図-4 動的疲労载荷荷重と繰返し回数

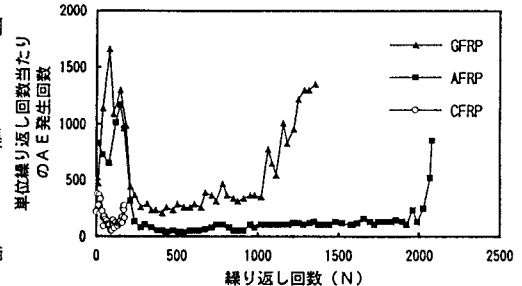


図-5 動的疲労試験時のAE発生回数