

V-441 FRP ロッドの疲労強度に及ぼす応力振幅と平均応力の影響

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 大賀宏行
東京大学生産技術研究所 正会員 魚本健人

1. はじめに

繊維補強プラスチック（FRP）ロッドは、高強度、高耐食性、軽量、非磁性等の特徴を有することから、建設分野における利用の可能性があり、種々の検討が成されている。特に、このFRPロッドをプレストレストコンクリート用緊張材またはコンクリート構造物用補強材として用いるための研究が精力的に行われ、FRPロッドの適用性について検討が加えられている。筆者らも各種繊維を用いたロッドの動的疲労特性等について検討を加えており^{1)~3)}、疲労性状に関しては、繊維の種類の影響や疲労を受けたFRPロッドの強度特性について検討を加えている。

そこで本研究は、FRPロッドとしてアラミド繊維、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（それぞれAFRPロッド、GFRPロッド、CFRPロッドと略記する）の疲労特性に及ぼす平均応力と応力振幅の影響について検討することを目的としたものである。

2. 実験概要

実験に用いたFRPロッドの繊維混入率はいずれも $V_f=55\%$ であり、一方向に強化された6mmの丸棒FRPロッドを用いた。ロッドのマトリックスはビニルエステル樹脂である。載荷試験長は40cmとし、10tonのサーボバルサにより応力制御による疲労試験を行った。表-1に動的疲労試験の載荷条件を示す。表中の上限応力比は各種FRPロッドの平均引張強度から求めたもので、疲労試験本数は各条件それぞれ5~10本ずつとした。また上限応力は静的引張強度の20~85%とし、応力振幅を10~100kgf/mm²と変化させて疲労試験を行った。疲労破壊の回数は各条件の破壊確率50%の値を求めたものである。なお試験は200万回または400万回で終了させた。

3. 実験結果と考察

図-1および図-2は、各種FRPロッドの応力振幅と疲労繰返し回数との関係を示したものである。これらの図より応力振幅が同一であっても上限応力が増大すると疲労繰返し回数は低下していることがわかる。またAFRPロッドおよびCFRPロッドは、GFRPロッドに比べ高い疲労強度を有していることが明らかとなった。

図-1はGFRPロッドの上限応力を静的引張強度169kgf/mm²の20%（33.8kgf/mm²）から80%（135.2kgf/mm²）まで10%毎に変化させ、各上限応力毎に応

表-1 動的疲労試験の載荷条件

種 類	上限応力比(%)	応力振幅(kgf/mm ²)
AFRPロッド 平均引張強度 (169kg/mm ²)	70, 80	10, 20, 50, 100
GFRPロッド 平均引張強度 (169kg/mm ²)	20, 30, 40 50, 60, 70 80	10, 20, 50, 100
CFRPロッド 平均引張強度 (134kg/mm ²)	85	10, 20, 50, 100

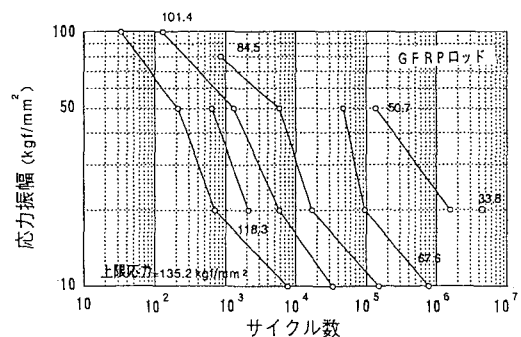


図-1 GFRPロッドの疲労強度に及ぼす
応力振幅の影響

力振幅を10から100kgf/mm²まで変化させ疲労試験を行った結果である。この図より上限応力の増大とともに疲労繰返し回数は低下し、さらに応力振幅の増大により疲労繰返し回数はほぼ直線的に低下している。

図-2はAFRPロッドおよびCFRPロッドの結果を示したものである。この図から明らかなようにAFRPロッドおよびGFRPロッドは同じ平均引張強度（表-1参照）であるにも関わらず、応力振幅が100kg/mm²ではAFRPロッドの方がGFRPロッドに比べ高い疲労強度を有していることが明らかである。また、応力振幅を増大させるとGFRPロッドと同様に疲労繰返し回数は低下する。一方、CFRPロッド（上限応力比85%）では、応力振幅が50kgf/mm²の場合、数万回で疲労破壊する場合もあるが繰返し数200万回以上でも破壊しない場合もある。しかし応力振幅50kgf/mm²を境に応力振幅が増大すると急激に繰返し数は減少する傾向がみられる。

図-3は、GFRPロッドの平均応力と疲労繰返し回数の関係を示したものである。図-1で述べたように応力振幅毎に疲労繰返し回数は異なるものの、平均応力の増加とともに疲労繰返し回数は低下している。また応力振幅が低下するに従い平均応力の低減による疲労繰返し回数の増大の割合は大きくなっている。また、図-1と比較すると明らかなように、疲労強度に及ぼす影響は応力振幅より平均応力の方が大きいという結果となっている。

4. まとめ

各種FRPロッドの疲労強度に及ぼす平均応力と応力振幅の影響について、実験的に検討を加えた。本実験結果をまとめると以下のようになる。

- 1) AFRPロッド、GFRPロッド、CFRPロッドの疲労破壊の繰返し回数は、疲労試験における平均応力及び応力振幅に影響を受け、平均応力及び応力振幅の増大とともに疲労繰返し回数は低下する。
- 2) GFRPロッドの疲労繰返し数は、上限応力33.8kgf/mm²、応力振幅20kgf/mm²以下において400万回以上に到達した。
- 3) AFRPロッドの疲労繰返し数は、GFRPロッドよりも高い上限応力118.3kgf/mm²で、応力振幅20kgf/mm²以下において400万回以上に到達した。
- 4) CFRPロッドは、応力振幅50kgf/mm²を境に応力振幅を増大させると繰返し数は急激に減少する。しかし上限応力113.9kgf/mm²、応力振幅50kgf/mm²以下においてAFRPロッドと同様に400万回以上となった。

参考文献

- 1) 魚本、西村：プレストレストコンクリート用FRP緊張材の特性（8）、生産研究、第46巻、第1号、1994、1
- 2) 西村、魚本：FRPロッドの動的疲労特性、土木学会第48回年次学術講演会講演概要集第5部 1993、9
- 3) 大賀、魚本、西村：プレストレストコンクリート用FRP緊張材の特性（9）、生産研究、第46巻、第6号、1994、

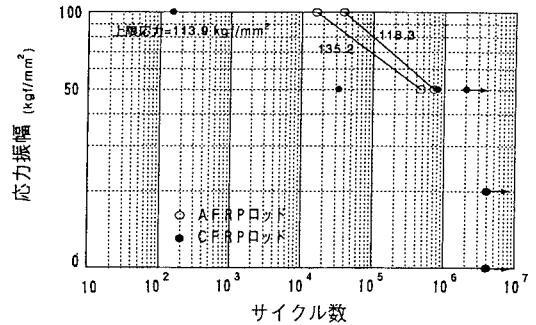


図-2 AFRPロッド、CFRPロッドの疲労強度に及ぼす応力振幅の影響(200万回以上打ち切り)

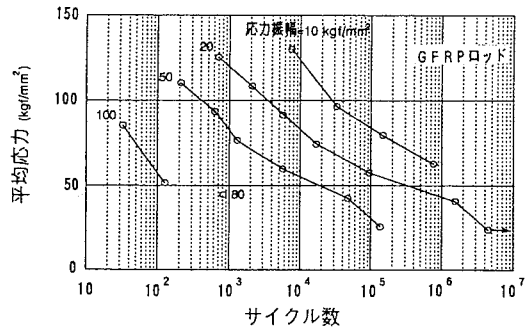


図-3 GFRPロッドの疲労強度に及ぼす平均応力の影響