

DFRCCの曲げ疲労耐久性に対する繰返し载荷の影響

大阪市立大学大学院工学研究科 学生員 ○瀧川 みづき
デンロコーポレーション 毛 傑
大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 角掛 久雄
大阪市立大学大学院工学研究科 学生員 米良 日菜

1. 研究背景・目的

現在、RC構造物の老朽化が進んでおり、RC構造物の維持管理の必要性が高まっている。そのため、著者らは、RC構造物の補修・補強材料としてDFRCC (Ductile Fiber Reinforced Cementitious Composite) と呼ばれる高靱性繊維補強セメント複合材料に着目してきた。

既往研究¹⁾では繰返し载荷を受けるDFRCCによる補強時の効果について明らかにされているが、単体での繰返し载荷での特性は明らかにされていない。繰返し载荷を受ける実構造物は、繰返し载荷時における材料の耐久性の把握が重要である。しかし、繊維補強材料はモルタルに混入する繊維の種類や配合によって引張抵抗性が異なるため、UFC²⁾を除いて疲労強度の提案がなされていないので、個別に特性を把握する必要がある。

そのため本研究では、DFRCC単体の繰返し载荷における曲げ疲労耐久性を明らかにすることを目的に、曲げ疲労試験を行った。

2. 研究概要

モルタルに混入する繊維は、既往研究¹⁾と同様にPP(ポリプロピレン)繊維を用いた。配合の詳細は表-1に、繊維の物性については表-2に示す。

まず、曲げ疲労試験における基準強度を決定するために静的曲げ試験を行い、3体の曲げ強度の平均を基準強度とした。その後、载荷速度5Hzで曲げ疲労試験を行った。下限荷重比を基準強度の5%で一定とし、上限荷重比は10%間隔で基準強度の80%~40%で各上限荷重比につき3体ずつ最大200万回の繰返し载荷を行った。供試体の概要を図-1に示す。供試体の寸法は、一般的な曲げ強度試験用の供試体である100×100×400mmとし、载荷方法はスパン160mmの3点载荷とした。計測項目は荷重、支点変位、载荷点変位、および下面ひずみとし、定期的に1周期40点の計測を行った。

3. 静的曲げ試験結果

試験結果から各供試体の曲げ強度を平均した12.29 N/mm²を曲げ疲労試験の基準強度とする。静的曲げ試験における荷重-変位曲線を図-2に示す。既往の研究¹⁾とは異なり、最大荷重以降はすぐに軟化するという傾向がみられた。载荷終了後の断面において、繊維の引き抜けのみならず破断が多くみられたことが原因であると考えられる。

4. 曲げ疲労試験結果

4.1 S-N曲線

曲げ疲労試験の結果から得られた供試体の疲労寿命を表すS-N曲線を図-3に示す。なお、破壊した試験体における近似直線と参考にUFC指針²⁾の疲労強度式も併せて示す。繰返し载荷200万回で破壊しなかった供試体は白抜きでプロットした。本研究において多くの供試体でUFC指針²⁾の疲労寿命より小さな繰返し回数で破壊に至る傾向がみられた。

表-1 配合

混入繊維 (vol%)	単位量(kg/m ³)									
	水 W	早強セメント C	フライアッシュ FA	細骨材 S	繊維 F	高性能AE減水剤 SP	増粘剤 VA	消泡剤 EB	収縮低減剤 SR	
2.0	323	793	340	566	18.2	7.5	0.8	0.8	11.3	

表-2 繊維の物性

密度	繊維径	繊維長	引張強度	弾性係数
g/cm ³	μm	mm	N/mm ²	kN/mm ²
0.91	42.6	12	482	5

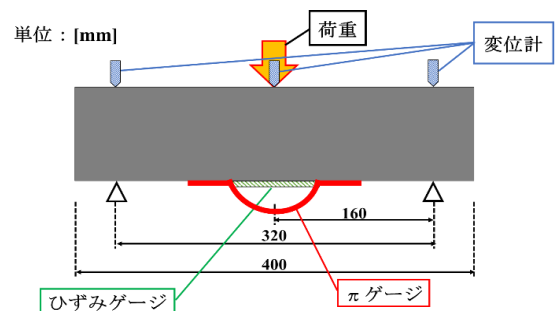


図-1 供試体概要図

キーワード DFRCC, 繰返し载荷, 曲げ疲労試験, 引張耐久性, ポリプロピレン繊維

連絡先 〒558-8585 大阪府大阪市住吉区杉本町3-3-138 TEL06-6675-2723

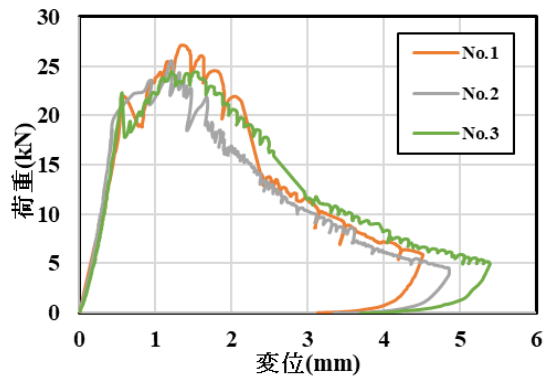


図-2 静的曲げ試験における荷重-変位曲線

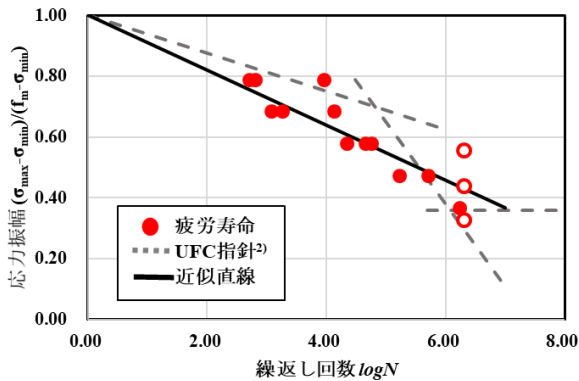


図-3 S-N曲線

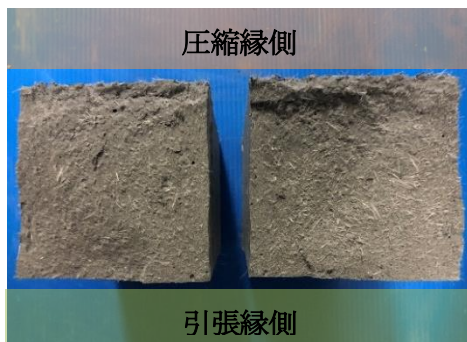


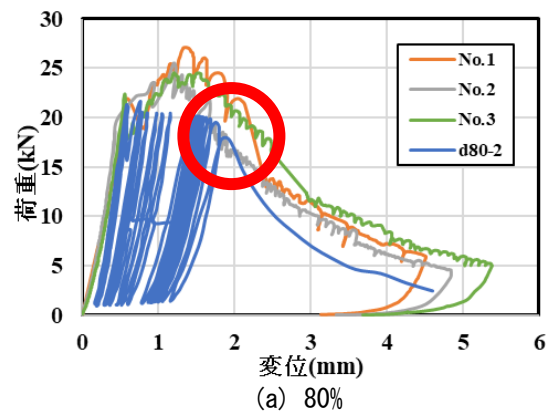
図-4 繊維状況 (60%)

4.2 破壊性状

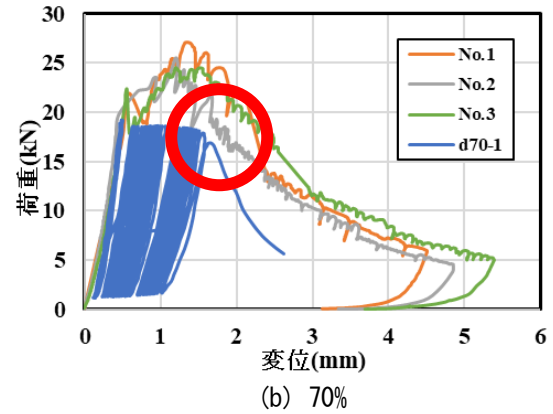
上限荷重比 50% で 1 体，上限荷重比 40% で 2 体，繰返し載荷 200 万回で破壊しなかったが，その他の供試体はすべて繰返し載荷 200 万回以内で破壊した。繰返し載荷 200 万回以内で破壊に至った供試体については，図-4 に一例を示すが，上限荷重比に関わらず，断面全体で繊維の破断が見られた。上限荷重比が小さくなると繊維の破断によって疲労寿命が小さくなる傾向が UFC では示されているが，本対象においては異なる結果となった。静的曲げ試験において一部破断が見られた傾向も影響している可能性がある。

4.3 荷重と変位の関係

図-6 に上限荷重比 80%，70% の供試体の荷重と変位の関係を示す。静的曲げ試験の結果についても併せて示す。曲げ疲労試験で得られた軟化勾配が静的曲げ試験で得ら



(a) 80%



(b) 70%

図-6 最大変位と繰返し回数の関係

れた軟化勾配よりも急になる傾向がみられ，繊維の破断による影響と考えられる。また，曲げ疲労試験において，最大変位が静的曲げ試験時の軟化勾配に差し掛かる付近で破壊するという傾向が UFC による検討では見られたが，図-6 に示すように本試験では上限荷重比が小さくなるにつれ，供試体で静的曲げ試験時の軟化勾配に差し掛かるより前に破壊に至る傾向が見られた。上限荷重比が小さくなるにつれて破壊に至るまでの繰返し回数が大きくなり，ひび割れ面における繊維の架橋効果の影響が大きくなるが，繊維の破断によって架橋効果が十分に発揮されず，曲げ靱性が低下したためと考えられる。

5. まとめ

静的曲げ試験において繊維の引き抜けだけでなく破断も見られる供試体では，繰返しの作用を受けると，断面全体で繊維の破断が見られるものが多くなり，疲労寿命が短くなる傾向があると考えられる。つまり，繊維そのものの引張耐久性に大きく依存していると考えられる。

参考文献

- 1) 米良，公文，角掛，毛：DFRCC で補強した RC 柱における正負交番載荷時のせん断耐荷特性，土木学会第 74 回年次学術講演会講演梗概集，V-396，2019
- 2) 土木学会：超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針(案)，2004