

有機繊維を用いた超高強度繊維補強コンクリート部材の曲げ耐疲労性

日本大学 正会員 ○水口 和彦, 阿部 忠
太平洋セメント(株) 正会員 川口 哲生, 河野 克哉

1. はじめに

重要な交通施設や公共構造物においては将来にわたりメンテナンスフリーを実現するための新材料や新構造の開発が要求されている。土木構造材料の一つであるコンクリート材においては、高強度かつ高じん性を有する超高強度繊維補強コンクリート(UFC)が開発されている¹⁾。

本研究では、有機繊維を使用した UFC 材を構造部材へ適用することを目的とし、基礎実験として UFC はり部材に二点荷重による静的荷重試験および定点疲労試験を行い、破壊形状、耐疲労性についての検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料

UFCの使用材料は、水、ポリカルボン酸系の高性能減水剤、標準配合粉体と専用砂および有機繊維(1.30g/cm³)である。有機繊維は直径 0.3mm、長さ 15mmのPVA繊維を体積比で 3.0%用いた。プレミックス材料は、セメント、シリカフューム、珪石粉末などが最密充填されるように配合されており、最大粒径 2.0mmの珪砂を混合した。混和剤の使用量は、フロー値 260mmを目標として決定した。ここで、UFCの配合を表-1 に示す。なお、試験時の材料強度値は、圧縮強度が 175.0N/mm²、割裂引張強度が 9.0N/mm²であった。

2.2 供試体の作成

UFCはり供試体の寸法は、200×200×1200mmとし、静的荷重実験用を3本、定点疲労試験用を4本の計7体作製した。なお、供試体作製における練混ぜにはパン型強制練りミキサを使用し、練混ぜ方法はプレミックス材料、珪砂、高性能減水剤および水を練り混ぜた後、有機繊維を投入し、さらに練り混ぜる方法とした。打設後2日で脱型し、その後48時間の熟養生を行った。ここで、供試体の寸法を図-1に示す。

2.3 実験方法

1)静的荷重試験

UFCはりに2等分点荷重による静的荷重試験を行い、最大耐荷力を得る。試験には供試体3本を使用し、静的試験より得られた結果を基に定点疲労試験における各供試体に荷重する荷重の最大値・最小値の設定を行う。静的荷重試験より得られた最大耐荷力を基準として、定点疲労試験における各供試体に荷重する荷重の最大値・最小値の設定を行う。荷重条件は、荷重を10kNずつ増加させる段階荷重とした。また、荷重50kN増加ごとに荷重を0kNに減少させる包絡荷重として供試体が破壊するまで荷重の増減を繰り返す行

表-1 UFC の示方配合

単位量(kg/m ³)				
水 (SP含む)	プレミックス粉体	砂	有機繊維 FO	高性能減水剤 SP
178	1309	922	39	26

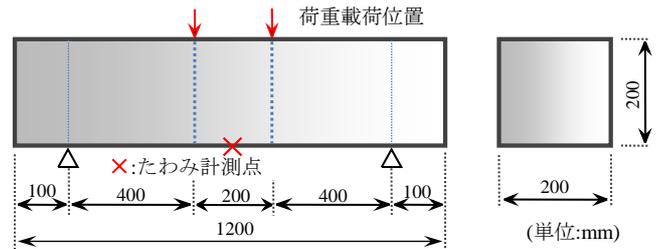


図-1 供試体寸法

表-2 最大耐荷力 (静的荷重試験)

供試体	最大耐荷力 (kN)	平均耐荷力 (kN)
UFC-S1	100	97
UFC-S2	90	
UFC-S3	100	

表-3 疲労試験の荷重条件

供試体	基準荷重	最大値 : S _{max}	最小値 : S _{min}
	P _{max} (kN)	S _{max} /P _{max}	S _{min} /P _{max}
UFC-60	100	0.60	0.10
UFC-70	100	0.70	0.10
UFC-80	100	0.80	0.10
UFC-90	100	0.90	0.10

った。ここで、静的荷重試験の結果を表-2に示す。

2)定点疲労試験

UFCはり供試体の定点疲労試験は、荷重条件は静的試験と同様とし、周期5Hzの片振り荷重とした。また、荷重条件は、表-3に示すように上限値を静的最大耐荷力の60, 70, 80, 90%の4段階設定し、下限値は一律に10%とした。また、たわみ(供試体下面中央)の計測は、荷重回数1, 10, 100, 1000, 5000回で実施し、5000回以降は5000回ごとに計測した。ここで、定点疲労試験に用いた供試体の名称を、それぞれUFC-60, 70, 80, 90とする。

3.実験結果および考察

3.1 破壊形状および破壊回数

定点疲労試験での供試体の破壊形状を図-2に示す。同図より、供試体UFC-60, 70, 80, 90ともに荷重回数1回目で初期ひび割れが確認された。ひび割れは両荷重荷重点位

キーワード : 有機繊維, UFC, 破壊形状, S-N 線図, 耐疲労性

連絡先 : 〒275-8575 千葉県習志野市泉町 1-2-1 日本大学生産工学部土木工学科 TEL:047-474-2468

置付近より発生し、その後の荷重回数の増加に伴い鉛直方向にひび割れが進展し最終的に曲げ破壊に至った。しかしながら、初期ひび割れ確認後も繊維による架橋効果によって急激な破壊が生じることはなかった。また、破壊断面の状況に関しては、各供試体ともに下面から20~40mm付近までは繊維の破断が多く認められたが、その他の箇所では繊維の引抜きが顕著であった。また、供試体UFC-70、80などにおいて供試体上面付近よりひび割れの進展方向が不規則なものとなっているが、これは繊維補強コンクリート特有の挙動であると考えられる。

なお、各供試体の破壊時の荷重回数は供試体UFC-60、70、80、90でそれぞれ、6,674,046回、167,935回、21,528回、102回であった。

3.2 たわみと荷重回数の関係

各供試体のたわみと荷重回数の関係を図-3に示す。同図より、各供試体ともに荷重回数1回目の荷重載荷時のたわみ値から、荷重回数に比例して緩やかなたわみの増加となっている。ここで、荷重1回目のたわみ値は供試体UFC-60、70、80、90でそれぞれ、0.50mm、0.90mm、1.03mm、1.61mmであり、急激な増加がみられる直前のたわみ値は、2.05mm、2.30mm、1.70mm、3.31mmであった。

3.3 耐力比と荷重回数の関係

実験より得られた結果を基に各供試体の耐力比 ($\Delta S / P_{max}$)と荷重回数との関係を図-4に示す。また、土木学会に規定されるコンクリート部材の疲労特性に関する評価式²⁾より算出した結果および鋼繊維を用いたUFCの疲労試験結果³⁾より得られた近似曲線式も図-4に併記した。

同図より、各供試体の耐力比と荷重回数との関係を見るとおおむね一定の傾向を示していることから、これらの関係には相関性があるものと判断できる。ここで、本実験より得られた結果より近似曲線を求めると式(1)として与えられる。

$$\text{Log}(\Delta S/P_{max}) = -0.025 \text{log}N + 1.0136 \quad (1)$$

ここで、 ΔS : 荷重振幅($S_{max} - S_{min}$)、 P_{max} : 静的耐力、 N : 荷重回数

次に、鋼繊維を用いたUFCとの比較を行うと、鋼繊維を用いたUFCに比してS-N曲線の傾きは若干大きくなっているものの、その差は比較的小さいことから、ばらつきの範囲内であると判断できる。また、土木学会式より算出した結果との比較においては、通常のコンクリート部材に比して十分に耐疲労性を有していることが分かる。

4. まとめ

- ①破壊形状より、各供試体ともに両荷重点直下付近に初期ひび割れ発生後も繊維の架橋効果によって急激な破壊は見られず、最終的には曲げ破壊を呈した。
- ②定点疲労試験における耐力比と荷重回数との関係から、これらの間には相関性があることを示したうえで、有機繊維を用いた超高強度繊維補強コンクリートの疲労寿命推定式を提案した。
- ③鋼繊維を用いたUFCと近似した傾きを示しており、通常

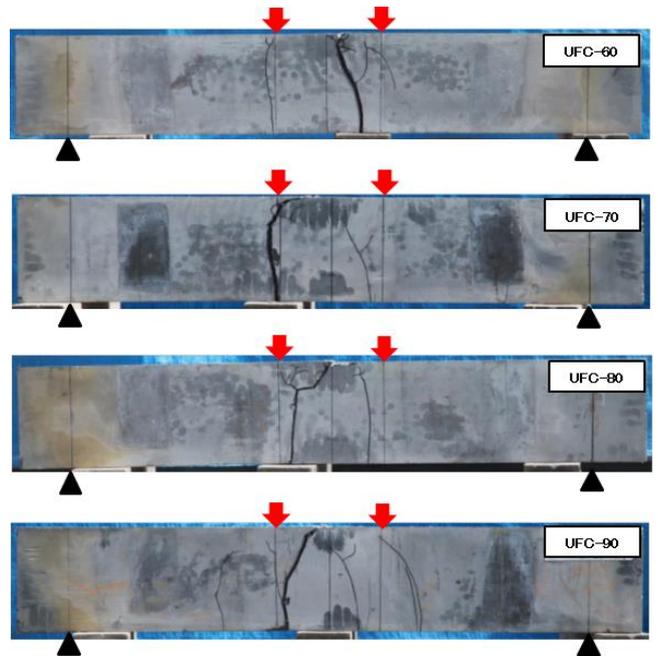


図-2 破壊形状

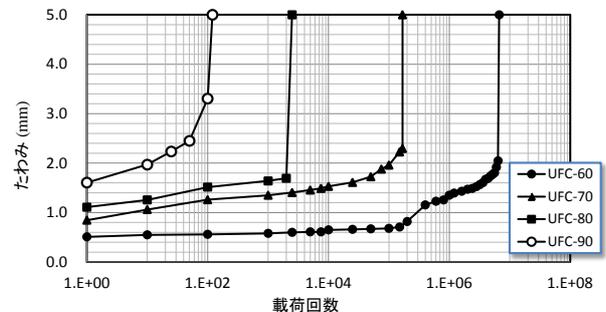


図-3 たわみと荷重回数の関係

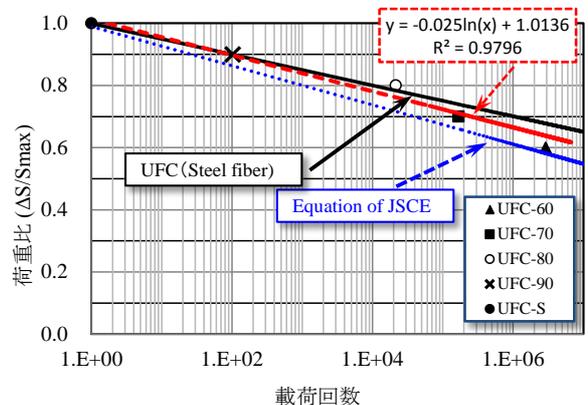


図-4 荷重比と荷重回数の関係

のコンクリートとの比較においても耐疲労性に優れた構造部材であることから、十分に実用性があるものと判断できる。

参考文献:

- 1)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)，コンクリートライブラリ113，2004
- 2)土木学会：コンクリート構造の限界状態設計法試案，コンクリートライブラリNo.48，1981
- 3)田中良弘ほか：超高強度繊維補強コンクリートの気中・水中曲げ疲労特性，コンクリート工学年次論文集，Vol.27，No.2，pp1309-1314，2005