

鋼繊維補強無孔性コンクリートの曲げ疲労特性

太平洋セメント(株) 正会員 ○溝口 愛実, 小島 克仁, 岸良 竜, 河野 克哉

1. はじめに

無孔性コンクリート(以下, PFC)は最密粒度となるように設計された結合材ならびに2段階の熟養生により, 300N/mm²以上の極めて高い圧縮強度を発現するセメント硬化体であり, 補強繊維を混入することで引張特性の向上も可能である。一般にコンクリートを舗装版や道路橋の床版等の変動荷重を受ける部材に用いる場合には, 曲げ疲労特性を把握する必要があるものの, 鋼繊維補強 PFC の曲げ疲労特性について十分に検討はされていない。

表1 使用材料

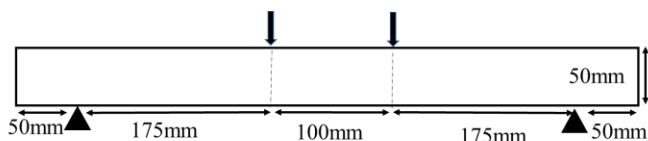
分類	記号	諸元
練混ぜ水	W	上水道水
結合材	B	PFC 専用プレミックス粉体, 密度 2.95g/cm ³
細骨材	S	珪砂, 密度 2.63g/cm ³
混和剤	SP	高性能減水剤 (ポリカルボン酸系)
	DF	消泡剤 (ポリアルキレングリコール誘導体)
短繊維	ST	鋼繊維 (直径: 0.2mm, 長さ 15mm)

表2 配合

記号	W/B (%)	単位量 (kg/m ³)			外割 (vol.%)	添加量 (B×%)	
		W	B	S		ST	SP
PFC2%	15	200	1131	930	2.0	1.20	0.2
PFC3.5%					3.5	1.25	

表2 力学特性

記号	ST (vol.%)	圧縮強度 (N/mm ²)	ひび割れ発生強度 (N/mm ²)	曲げ強度 (N/mm ²)
PFC2%	2.0	315	11.6	32.2
PFC3.5%	3.5	309	11.2	49.8



そこで本稿では, 鋼繊維補強 PFC を用いた部材の曲げ疲労試験を実施した。

2. 試験概要

2-1. 使用材料ならびに配合

使用材料ならびに配合を表1, 表2にそれぞれ示す。結合材は低熱ポルトランドセメントを基材とするプレミックス粉体を使用した。鋼繊維はコンクリート体積に対して外割で混入した。

2-2. 試験項目および試験方法

試験項目は圧縮強度, ひび割れ発生強度, 静的曲げ試験および曲げ疲労試験とした。ひび割れ発生強度試験の試験体寸法はφ100×100mmとし, 試験方法は土木学会「超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針(案)」²⁾(以降, UFC指針)を参考にした。

(1) 静的曲げ試験

幅100×長さ550×厚さ50mmの供試体を用いて, 図1に示す静的曲げ試験(載荷点距離: 100mm, 支点間距離450mm)を実施した。載荷中に高感度変位計により, 試験体中央のたわみを測定した。試験体数は4体とした。

(2) 曲げ疲労試験

試験体寸法, 載荷点距離および支点間距離は, 静的曲げ試験と同一とした。載荷荷重は, 静的曲げ試験より得られた曲げ強度を基準に決定し, 上限応力を曲げ強度の90%, 85%, 80%および70%の4水準とした。下限応力は, 一律に曲げ強度の5%とした。繰返し荷重の波形は正弦波で, 周波数は5Hzとした。試験体数は, 応力比ごとに1体とした。破壊しない場合は200万回で試験を終了した。

2-3. 練混ぜならびに供試体の作製方法

鋼繊維補強 PFC はオムニミキサを用いて8分間の練り混ぜを行った。打込み後, 材齢48時間まで20°Cの環境下で封緘養生を行い, 材齢2日で脱型後, 脱気吸水処理を実施した。その後, 蒸気養生(90°C-48時間)ならびに加熱養生(180°C-48時間)の2段階の熟養生を実施した。

キーワード 無孔性コンクリート, 鋼繊維, 架橋効果, 曲げ疲労試験, S-N 曲線

連絡先 〒285-8655 千葉県佐倉市大作2-4-2 太平洋セメント(株) 中央研究所 TEL 043-498-3893

3. 試験結果

3-1. 圧縮強度ならびにひび割れ発生強度

圧縮強度ならびにひび割れ発生強度の試験結果を表2に示す。圧縮強度は鋼繊維量に拘わらず、 300N/mm^2 以上であった。ひび割れ発生強度は、鋼繊維量による違いが見られず、同等であった。

3-2. 静的曲げ試験結果

各水準の曲げ強度を表2に、荷重-変位曲線を図2に示す。静的曲げ試験におけるひび割れ発生強度は、PFC2%で 19.2N/mm^2 、PFC3.5%で 23.4N/mm^2 であり、ひび割れ発生強度の違いはほとんど見られなかった。PFC2%ならびにPFC3.5%のひび割れ発生強度は、応力比に換算するとそれぞれ約0.58, 0.44であった。

荷重-変位関係は、10kN程度まで鋼繊維量に拘わらず同様に推移した後、鋼繊維量によって曲線の傾きが変化し、PFC3.5%の最大荷重はPFC2%と比較して1.5倍程度大きくなった。これは、鋼繊維の架橋効果によるものと考えられる。

3-3. 曲げ疲労試験

各水準のS-N曲線を図3に示す。実線は、UFC指針の曲げ引張の設計疲労強度式²⁾である。応力比0.9の破壊回数は鋼繊維量に拘わらずほぼ同じであるが、応力比0.85ならびに0.8の破壊回数は、PFC2%の方がPFC3.5%を上回った。

応力比0.9におけるひび割れ発生状況を図4に示す。鋼繊維量に拘わらず複数のひび割れが生じた後に、ひび割れが開口して局所的な破壊に至った。200万回で破壊に至らなかった試験体は、目視でひび割れを観察できなかった。

静的曲げ試験ならびに曲げ疲労試験におけるPFC3.5%のひび割れ部の鋼繊維の様子を図5に示す。静的曲げ試験では鋼繊維の抜出しにより破壊に至ったが、曲げ疲労試験の応力比0.8の場合は供試体の一部で鋼繊維の破断がみられた。

曲げ疲労試験では、応力比が同一であってもPFC2%より曲げ強度の高いPFC3.5%では載荷荷重が大きくなるが、ひび割れ発生強度は鋼繊維量によらずほぼ同じである。これより、応力比0.85および0.8の場合、PFC3.5%では繰返し載荷の初期段階でひび割れが生じたが、PFC2%ではひび割れが発生せず、PFC3.5%の破壊回数はPFC2%より小さくなったものと推察される。

試験体数は限られているものの、PFC2%、PFC3%とも

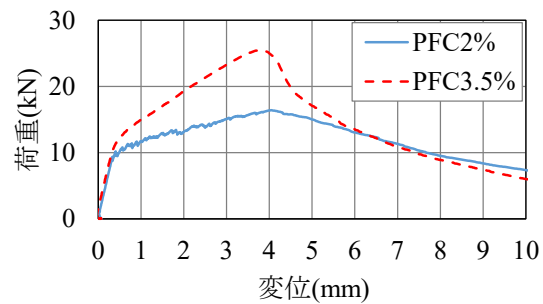


図2 荷重-変位曲線

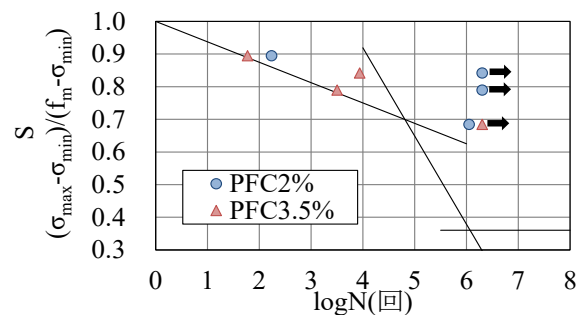


図3 S-N曲線

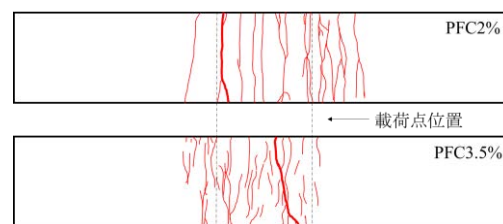


図4 ひび割れ発生状況 (応力比 0.9)

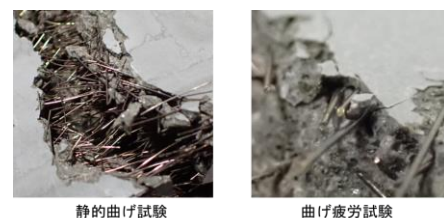


図5 ひび割れ部の様子

に破壊回数は、UFC指針における曲げ引張の設計疲労強度式から算定される破壊回数を上回ったことから、鋼繊維補強PFCにおいても、UFC指針における設計疲労強度式を利用できるものと考えられる。

4. 結論

本試験ではPFCの曲げ疲労試験を行った。その結果、鋼繊維補強PFCにおいても、UFC指針における設計疲労強度式を利用できるものと考えた。

参考文献

- 1) 河野克哉ほか: 450N/mm²以上の圧縮強度を発現するセメント系材料の製造方法と硬化組織の変化, コンクリート工学年次論文集, Vol. 38, No. 1, pp. 1443-1448, 2016
- 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), コンクリートライブラリー113, 2004