

超高強度ひずみ硬化型セメント系複合材料に用いるポリエチレン繊維の引張クリープ特性

名古屋大学大学院 学生会員 ○森本 拓也, 小澤 国大

名古屋大学大学院 正会員 国枝 稔, 上田 尚史, 中村 光

1. はじめに

超高強度ひずみ硬化型セメント系複合材料(UHP-SHCC)は、引張応力下において複数ひび割れ特性を示し、曲げ、引張、圧縮破壊時の靱性を大幅に向上させた材料である。また、引張応力下においてひび割れ幅が $10\mu\text{m}$ 程度と、既往のひずみ硬化型セメント系材料に比べて微細な複数ひび割れを生じるという特徴がある¹⁾。このような高靱性セメント系材料では、ひび割れが発生した状態においても引張応力を負担することから、ひび割れを許容しながら使用する際は引張領域でのクリープを考慮する必要がある。特に、UHP-SHCC に用いられるポリエチレン (PE) 繊維は、長期荷重作用下において特有のクリープ変形を示すことが知られており²⁾、使用にあたっては繊維自身の引張クリープ特性を予め把握した上で材料設計する必要がある。本研究では、繊維のクリープ特性 (クリープひずみの経時変化) に関する実験的な検討を行い、その特性を定量的に評価することを試みた。

2. 実験概要

UHP-SHCC に用いられる PE 繊維は繊維長 6mm であり、クリープ変形量が微小であることから、直接的にクリープ特性を把握することが困難である。そこで本研究では、応力比がクリープ特性に及ぼす影響だけでなく、繊維長がクリープ特性に及ぼす影響についても同時に検討を行った。試験に用いた PE 繊維 (単繊維) の材料特性および試験条件を表-1 および表-2 に示す。繊維長は、75, 150, 300, 600 および 900mm と変化させた。荷重は、室内 (温度 $20\pm 3^{\circ}\text{C}$, RH $35\pm 5\%$) において実施し、図-1 に示すように、繊維端の片側を台紙に貼り付け、もう一方の繊維端におもりを貼り付けて荷重を与えた。荷重応力比 (繊維破断強度 (公称値) に対する荷重の割合) は、0.2, 0.3, 0.5 とした。

変形量の測定は、画像計測により実施した。繊維に直径 5mm のターゲットを貼付け、固定したデジタルカメラ (4272×2848 画素) で撮影し、ターゲット上端の移動量を算出した。撮影は、1日おきに行った。試験体の背後に等間隔 (縦 20mm, 横 60mm) で設置したターゲットを配置し、カメラの上下方向の移動により生じる誤差の補正も行った。

3. 実験結果及び考察

各繊維長における繊維のクリープひずみの経時変化を図-2 a) ~e) に、応力比 0.5 の各繊維長の繊維破壊までの荷重時間と終局時のひずみを図-3 に示す。なお、荷重開始 1 時間後の繊維長を基準としてクリープひずみを求め、両図中には、破壊時間が 24 時間以上の結果のみを示している。また、繊維の破壊する直前の測定時のひずみを終局ひずみ、時間を破壊までの時間とした。図-2、図-3 より、繊維長が比較的短いもの (75mm~300mm) では、繊維長が短くなるに従い繊維が破壊するまでの時間がやや長くなり、それに伴い繊維の終局ひずみも大きくな

表-1 繊維の物性値 (公称値)

密度 (g/cm ³)	直径 (μm)	引張強度 (MPa)	引張弾性率 (GPa)
0.97	12	2700	88

表-2 試験条件

繊維長 (mm)	荷重応力比	試験本数 (本)
75	0.5	(荷重応力比0.2, 0.3) 各4 (荷重応力比0.5) 各10~15
150	0.5	
300	0.2, 0.3, 0.5	
600	0.5	
900	0.5	

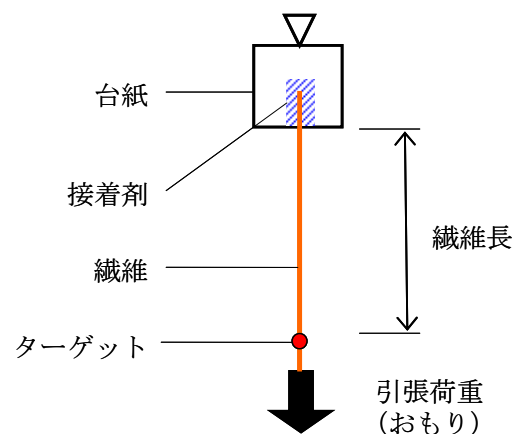


図-1 繊維の試験体

キーワード 超高強度ひずみ硬化型セメント系複合材料, UHP-SHCC, ポリエチレン繊維, クリープ

連絡先 〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町工学部 9 号館 526 号室 TEL 052-789-4484

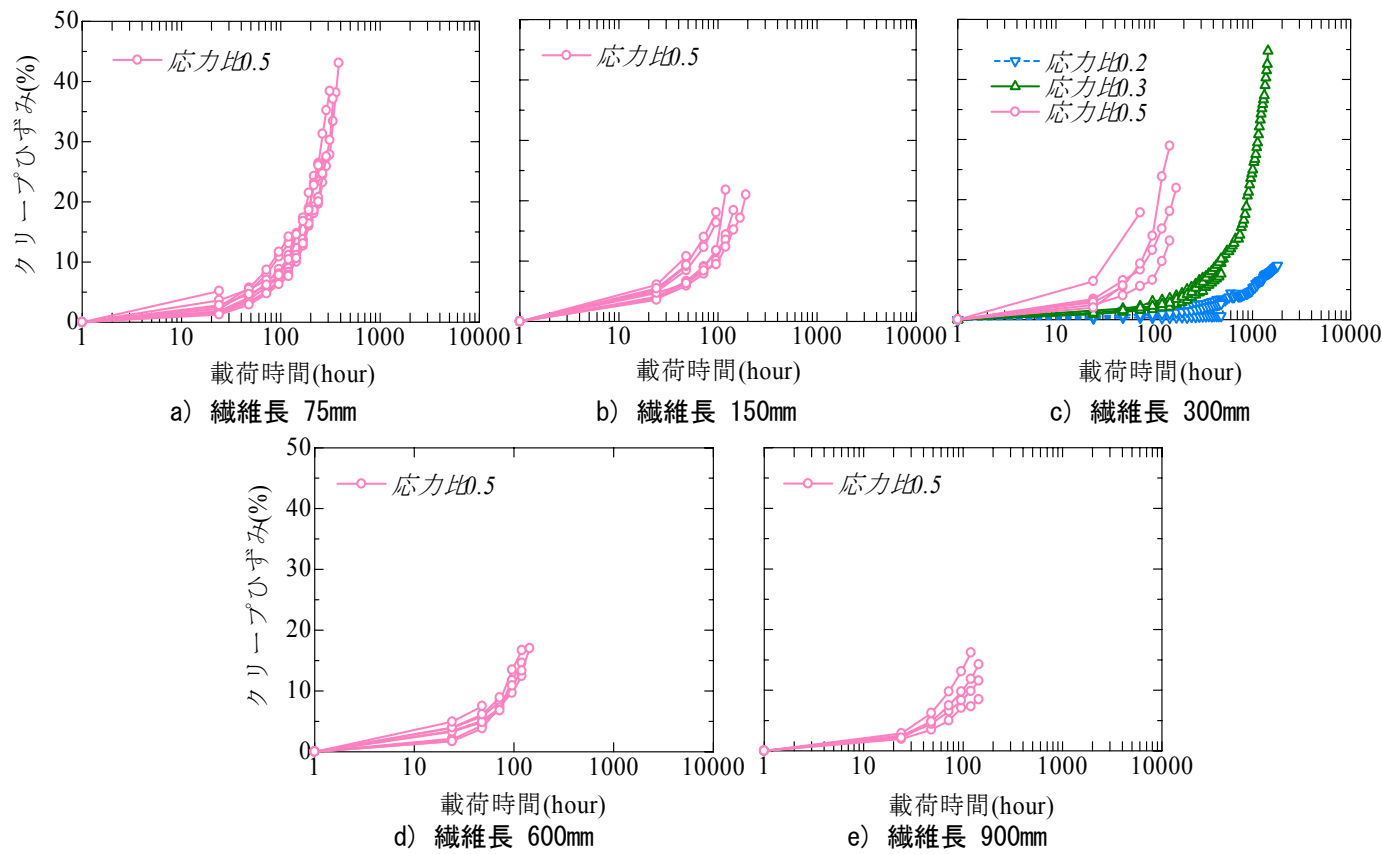


図-2 クリープひずみの経時変化

る傾向が認められた。しかし、繊維長が比較的長いもの（600～900mm）では、繊維長の違いがクリープ破壊時間に及ぼす影響は明確ではなかった。繊維のクリープ破壊は、繊維の弱い部分が破断することで生じる。ここで弱い部分とは分子の欠陥や繊維径の細い箇所などが当てはまる。ワイブルの最弱リンク理論³⁾によれば、繊維長が長くなるほど、より深刻な欠陥が存在する可能性が高くなり、破壊するまでの時間が短くなることが考えられるが、本研究で対象とした繊維長では顕著でなかった。また、図-2 c)に示すように、応力比が小さくなるに従い、破壊までの時間が長くなるとともに、時間の経過に伴うクリープひずみの増分が小さくなった。

4. 結論

- ・UHP-SHCC で用いられる PE 繊維は本研究の範囲内ではクリープ破壊を生じ、同じ長さの PE 繊維では、応力比が小さくなるに従い、破壊までの時間が長くなるとともに、時間の経過に伴うクリープひずみの増分が小さくなった。
- ・本研究の範囲内では PE 繊維のクリープ破壊にはワイブルの最弱リンク理論によって示される、繊維長が長くなるほど、破壊するまでの時間が短くなるという現象は顕著に表れなかった。

参考文献

1) 国枝稔, Kamal,A., 中村光, Brühwiler,E.: 超高強度ひずみ硬化型セメント系材料の開発, コンクリート工学年次論文集, Vol.29, No1, pp.315-320, 2007

2) 社団法人化学繊維技術改善研究委員会ホームページ, <http://www.kaizenken.jp/>

3) Weibull, W.: A Statistical Distribution Function of Wide Applicability, Journal of Applied Mechanics, Vol.13, pp.293-297, 1951

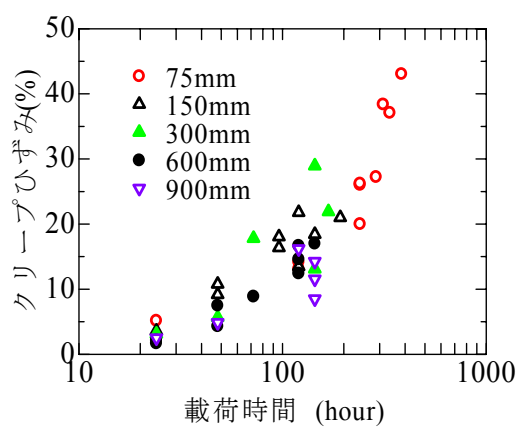


図-3 応力比 0.5 時の各繊維長の破壊までの時間と終局ひずみ