

急速一軸引張試験による短繊維補強セメント系複合材料の動的引張特性に関する実験的研究

防衛大学校 学生会員 ○柴田 大希 上野 裕稔 正会員 別府 万寿博
クラレ 正会員 小川 敦久

1. 緒言

近年、ポリプロピレンやポリビニルアルコールなど高分子材料の短繊維を、モルタルやコンクリートへ混入した繊維補強セメント系複合材料が開発されている¹⁾。これらの繊維補強セメント系複合材料はじん性が高い特徴があるが、高いひずみ速度が生じた場合の動的力学特性に関する研究はほとんど行われていない²⁾。本研究は、繊維補強セメント系複合材料の急速一軸引張試験を行い、ひずみ速度が繊維補強セメント系複合材料の引張特性に与える影響を調べたものである。



写真-1 実験装置

2. 実験の概要

2. 1 実験装置及び計測項目

実験は、写真-1 に示すサーボ制御式急速载荷装置および一軸引張载荷装置を組合わせて行った。载荷速度は静的、低速(0.5m/s)および高速(4.0m/s)の3種類である。供試体は直径100mm、高さ200mmの円柱形であり、八角形の切欠き(最大深さ10mm)を設けた。供試体の両端部は、断面寸法100mm×120mm、厚さ40mmの鋼製治具をエポキシ系接着剤で固定した。写真-2 に計測要領を示す。荷重をロードセル、供試体の変形を渦電流式変位計によって計測した。また、供試体の上部と下部に貼りつけた2枚のひずみゲージでひずみを計測した。

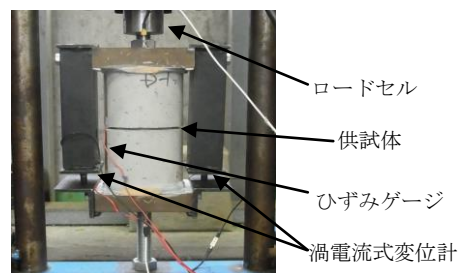


写真-2 計測要領

表-1 短繊維の力学特性

短繊維	直径 (mm)	長さ (mm)	引張強度 (N/mm ²)	ヤング率 (N/mm ²)	密度 (N/mm ²)
PP	0.70	30	500	10,000	0.91
PVA-1	0.66	30	900	23,000	1.3
PVA-2	0.10	12	1200	28,000	1.3

2. 2 短繊維補強セメント系複合材料の力学特性

短繊維は、ポリプロピレン繊維(以下、PP)と2種類のポリビニルアルコール繊維(以下、PVA-1、PVA-2)の2種類である。各繊維の力学特性を表-1に示す。PPは引張強度が500N/mm²、ヤング率が10,000N/mm²といずれも最も小さい。PVA-1は引張強度が900N/mm²であり、ヤング率が23,000N/mm²とPPより大きい。PVA-2は引張強度が1,200N/mm²、ヤング率が28,000N/mm²といずれも最も大きい特徴がある。またPP、PVA-1およびPVA-2の圧縮強度はそれぞれ47.03 N/mm²、48.74 N/mm²および40.30 N/mm²である。PPFRCは、PP繊維をコンクリートに混入した。VFRC、PFRCはPVA-1、PVA-2繊維をそれぞれコンクリートおよびモルタルに混入した。なお、全ての材料において、繊維を体積比で2%混入している。



(a) PPFRC



(b) VFRC



(c) DFRC

写真-3 破壊後の断面状況

キーワード：短繊維補強セメント系複合材料、ひずみ速度効果、引張強度、破壊エネルギー

連絡先：〒239-8686 横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校建設環境工学科 Tel : 046-841-3810 E-mail : em53048@nda.ac.jp

3. 実験結果および考察

写真-3 に破壊後の繊維補強セメント系複合材料を示す。写真を見ると、断面から短繊維が抜け出ていることがわかる。これは繊維補強セメント系複合材料がマトリクスの引張強度に達すると破断するが、その後にコンクリートに付着した短繊維がコンクリートから引き抜かれたものと考えられる。図-1 に繊維補強セメント系複合材料の静的載荷、低速載荷および高速載荷における応力～ひび割れ開口幅関係を示す。静的載荷試験における引張強度は、PPFRC が 2.76N/mm^2 、VFRC が 2.99N/mm^2 、DFRC が 1.81N/mm^2 となった。静的載荷における最大ひび割れ開口幅は、PPFRC が 5.1mm 、VFRC が 4.79mm 、DFRC が 3.98mm となった。すなわち、引張強度は、VFRC、PPFRC、DFRC の順に、最大開口幅は、PPFRC、VFRC、DFRC の順に大きくなった。高速載荷試験における引張強度は、PPFRC が 5.71N/mm^2 、VFRC が 5.16N/mm^2 、DFRC が 5.41N/mm^2 となった。高速載荷における最大開口幅については、VFRC が 2.2mm 、DFRC が 2.51mm 、PPFRC が 2.17mm となった。すなわち、動的載荷試験の場合には、いずれのケースでも静的載荷試験の場合と比べて引張強度が大きくなり、最大ひび割れ開口幅が小さくなった。

図-2 に引張強度の増加率とひずみ速度の関係を示す。ひずみ速度が大きくなると、プレーンコンクリートと繊維補強セメント系複合材料はいずれも引張強度が増加した。プレーンコンクリートでは高速載荷時の引張強度は静的載荷時の 1.6 倍となるが PP は 2.5 倍、VFRC は 1.9 倍、DFRC は 4.3 倍となった。図-3 に破壊エネルギーの増加率とひずみ速度の関係を示す。破壊エネルギーは、応力～ひび割れ開口幅関係で引張強度に達した点から応力がゼロになる点までの面積を計算して求めた。PPFRC は、低速載荷および高速載荷時にそれぞれ静的載荷の 0.4 倍、0.9 倍になった。VFRC は、低速載荷および高速載荷時にそれぞれ静的載荷時の 0.7 倍、1.5 倍になった。DFRC は低速載荷および高速載荷時にそれぞれ静的載荷時の 1.7 倍、3.5 倍になり、高速載荷で破壊エネルギーが著しく大きくなった。

4. 結言

本研究は、繊維補強セメント系複合材料の急速一軸引張試験を行いひずみ速度が引張特性に対して与える影響を調べたものである。繊維補強セメント系複合材料は、ひずみ速度が大きくなるとプレーンコンクリートに比べて引張強度の増加率が大きくなることがわかった。破壊エネルギーについては、PPFRC は動的載荷になると静的載荷よりも小さく、VFRC は低速載荷では静的載荷に比べてやや小さく、高速載荷では大きくなった。DFRC は低速、高速載荷とともに破壊エネルギーが著しく大きくなることがわかった。

参考文献

- 1) 日本コンクリート工学会:繊維補強セメント系複合材料の新しい利用法, 2012.9
- 2) V. Mechtchcherine, F. A. Silva, M. Butler, D. Zhu, B. Mobasher, S. Gao and E. Mader: Behaviour of Strain-Hardening Cement- Based Composites Under High Strain rates, Journal of Advanced Concreet Technology, Vol9, No. 1. pp51-62, 2011.

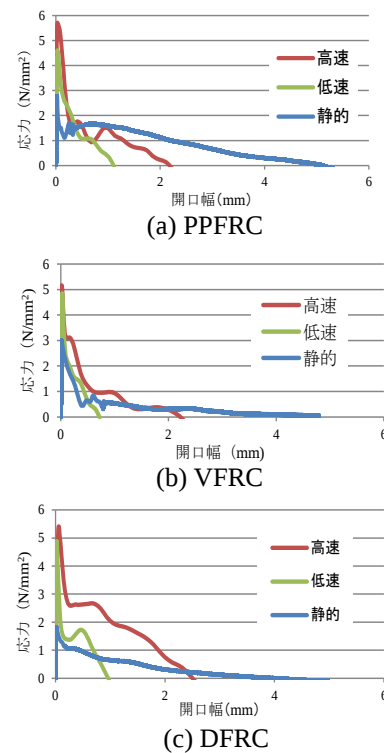


図-1 応力～ひび割れ開口幅関係

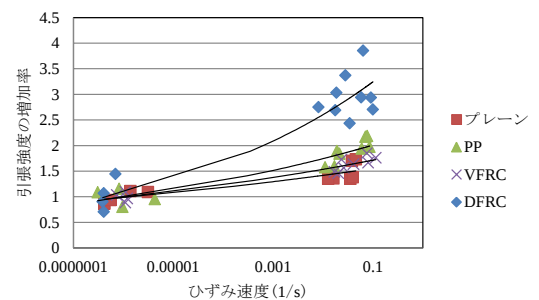


図-2 引張強度の増加率～ひずみ速度関係

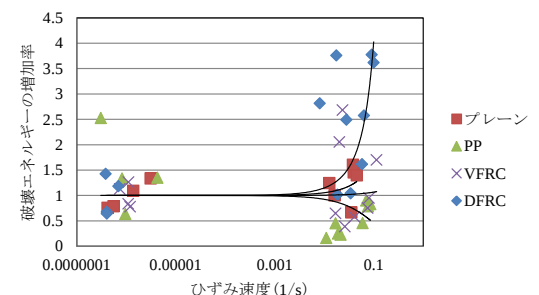


図-3 破壊エネルギーの増加率～ひずみ速度関係