

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 ○神田 健輔 正会員 別府 万寿博
クラレ 正会員 小川 敦久 電気化学工業 正会員 高橋 順

1. 緒言

近年、ポリプロピレンやビニロン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短繊維補強セメント系複合材料（以下では、短繊維補強コンクリートと呼ぶ）が開発されている¹⁾。これらの短繊維補強コンクリートには、衝撃荷重や地震荷重によって高いひずみ速度が生じることが想定されるが、動的力学特性はあまり把握されていない。本研究は、短繊維補強コンクリートの円柱供試体に対する急速一軸引張試験を行い、ひずみ速度が短繊維補強コンクリートの引張特性に与える影響を調べたものである。

2. 実験の概要

(1) 実験装置及び計測項目

実験は、図-1 および図-2 に示すサーボ制御式急速載荷装置と一軸引張載荷装置を組合わせて、急速一軸引張試験を行った。実験は静的載荷、低速載荷(0.5m/s)、高速載荷(4.0m/s)の3種類を行った。供試体は直径100mm、高さ200mmの円柱供試体で、一軸引張試験を行うため供試体の両端部に断面寸法100mm×120mm、厚さ40mmの鋼製治具をエポキシ系接着剤で固定した。荷重はロードセルで、供試体の変形は渦電流式変位計によって図-3 に示す要領で計測した。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。

(2) 短繊維補強コンクリートの力学特性

短繊維は、ポリプロピレン繊維(以下、PP)と2種類のビニロン繊維(以下、DFRC、VFRC)の3種類である。各繊維の力学特性を表-1に示す。PPの引張強度は500N/mm²と3種類の短繊維の中で最も小さく、ヤング率も10,000N/mm²と最も小さい繊維である。VFRCは引張強度900N/mm²であり、ヤング率は23,000N/mm²とPPより大きい。DFRCの引張強度は1,200N/mm²、ヤング率は28,000N/mm²といずれも最も大きい特徴がある。いずれの繊維も体積比で2%を混入した。

3. 実験結果および考察

写真-1に、破壊後の短繊維補強コンクリートの断面を示す。写真から、短繊維が断面から抜け出ていることがわかる。これは短繊維補強コンクリートが引張強度に達するとコンク



図-1 急速載荷装置



図-2 一軸引張載荷装置

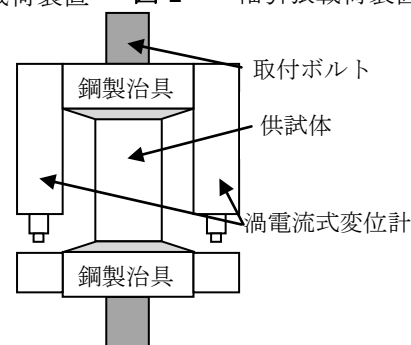


図-3 計測要領

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)
VFRC	0.66	30	900	23000	1.3
DFRC	0.1	12	1200	28000	1.3
PP	0.7	30	500	10000	0.91



(a)VFRC



(b)DFRC



(c)PP

写真-1 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：s57185@ed.nda.ac.jp

リートマトリクスが破断するが、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。短繊維補強コンクリートの静的载荷、低速载荷および高速载荷における応力～開口幅関係を図-4に示す。静的引張強度は、VFRCは 2.99N/mm^2 、DFRCは 1.81N/mm^2 、PPは 2.76N/mm^2 となった。静的载荷における最大開口幅は、VFRCは 4.79mm 、DFRCは 3.98mm 、PPは 5.1mm となった。すなわち、PPが最も大きく、VFRC、DFRCの順に小さくなった。高速载荷での引張強度は、VFRCは 5.16N/mm^2 、DFRCは 5.41N/mm^2 、PPは 5.71N/mm^2 となった。高速载荷における最大開口幅については、VFRCは 2.2mm 、DFRCは 2.51mm 、PPは 2.17mm となった。すなわち、動的载荷の場合には、いずれのケースでも静的载荷よりも引張強度が大きくなり、最大開口幅が小さくなった。

引張強度の増加率とひずみ速度の関係を図-5に示す。プレーンコンクリートの結果については、文献2)から引用した。高速载荷によってひずみ速度が大きくなると、プレーンコンクリートと短繊維補強コンクリートはいずれも引張強度が増加する。プレーンコンクリートでは高速载荷時の引張強度は静的载荷時の1.6倍となるが、VFRCは1.9倍、PPは2.5倍、DFRCは4.3倍となった。破壊エネルギーの増加率とひずみ速度の関係を図-6に示す。なお、プレーンコンクリートの結果については、文献2)から引用した。破壊エネルギーは、応力～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することにより求めた。PPは、低速载荷および高速载荷時にそれぞれ静的载荷の0.4倍、0.9倍になった。VFRCは、低速载荷および高速载荷時にそれぞれ静的载荷時の0.7倍、1.5倍になった。DFRCは低速载荷および高速载荷にそれぞれ静的载荷時の1.7倍、3.5倍になり、高速载荷で著しく破壊エネルギーが大きくなった。

4. 結言

本研究は、短繊維補強セメント系複合材料の引張特性に関するひずみ速度効果を実験により調べたものである。実験結果より、短繊維補強コンクリートは静的载荷時に最大開口幅が最も大きくなり、载荷速度が上がると引張強度が大きくなるが、最大開口幅は小さくなることがわかった。また、短繊維補強コンクリートは、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。破壊エネルギーは、PPは動的载荷になると静的载荷よりも小さく、VFRCは低速载荷では静的载荷に比べてやや小さく、高速载荷では大きくなった。DFRCは低速、高速载荷で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)藤掛一典:高ひずみ速度下におけるコンクリートの引張・圧縮特性に関する研究, 筑波大学博士論文 1990.7

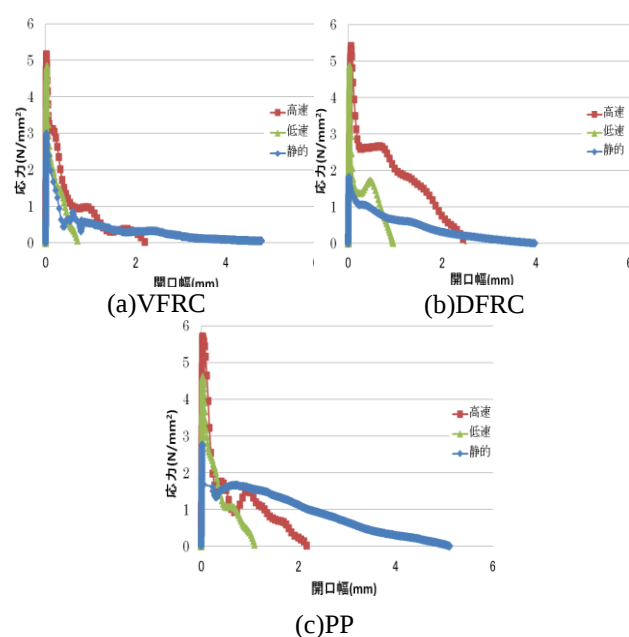


図-4 応力～開口幅関係

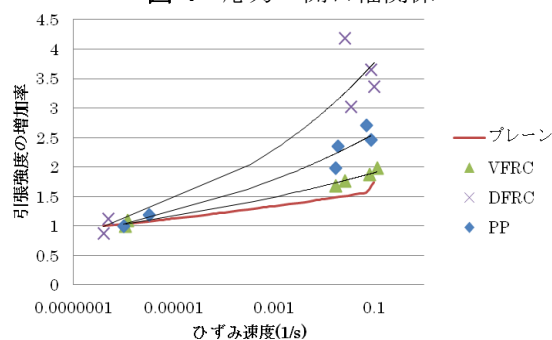


図-5 引張強度の増加率～ひずみ速度関係

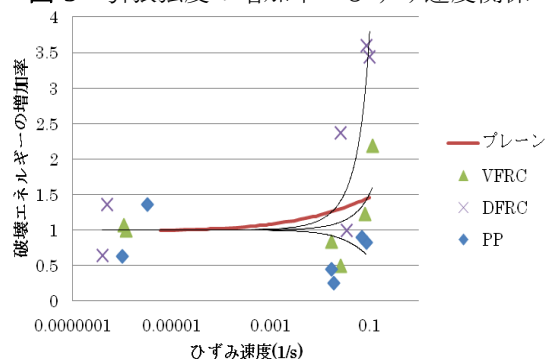


図-6 破壊エネルギーの増加率～ひずみ速度関係