

PVA 繊維補強セメント複合材料の動的曲げ力学特性に関する実験的検討

防衛大学校 学生会員 ○岩根 利浩 上野 裕稔 正会員 別府 万寿博
株式会社クラレ 正会員 小川 敦久

1. 緒言

繊維補強セメント複合材料(Fiber Reinforced Cementitious Composite, 以下 FRCC と呼ぶ)は、床スラブなど面的な広がりをもつ部材に対する剥離片の落下防止やひび割れ幅低減の目的で使用されている。また FRCC は、衝撃荷重を受けるコンクリート構造物の補強材料の一つとして検討が行われている。しかし、高ひずみ速度下における FRCC の研究例は少なく、力学特性については未解明な点が多い。また、動的実験において試験体に生じる慣性力の影響を受けてばらつきが大きいという問題もある。本研究は、2 種類のポリビニルアルコール (PVA) 繊維を用いた FRCC に対して動的曲げ実験を行い、曲げ強度および破壊エネルギーの増加率について検討を行ったものである。

2. 実験の概要

本研究では、新設構造物に適用されることが多いコンクリートマトリクスの FRCC を 1 種類、既設構造物の補修・補強への適用を目的としたモルタルマトリクスの FRCC を 1 種類作製した。写真-1 に、使用した繊維の外観および寸法を示す。PVA 繊維は親水性が非常に高いため、コンクリートとの化学的付着が強い¹⁾。これらの繊維を、体積混入率 2% でコンクリートおよびモルタルに混入し、2 種類の FRCC の角柱試験体(幅 100mm×高さ 100mm×長さ 400mm)を作製した。写真-2 に示す急速載荷装置を用いて、静的および動的曲げ実験を行った。図-1 に、曲げ実験の概要を示す。実験ではロードセルを用いて載荷点および支点の荷重を計測し、試験体の側面中央部に L 字金具を設置し、変位計を用いて試験体中央部のたわみを計測した。また、動的曲げ実験では後述するように慣性力の影響が無視できないため、加速度計を載荷治具上および支点部にそれぞれ 2 箇所設置して各位置の加速度を計測した。表-1 に、実験ケースを示す。実験パラメータはひずみ速度 3 水準 (10^{-6} , 10^{-2} , 10^{-1} /s) および試験体の種類 (VFRC, DFRM) であり、各 4 体ずつ実験を行った。

3. 動的曲げ実験における荷重計測と慣性力の補正

図-2 に、動的曲げ実験 (ひずみ速度 10^{-1} /s) における荷重～時間関係を示す。図-2(a)から、最大荷重と最大支点反力が 30% 程度異なっている。これは、動的曲げ実験では、静止している試験体を短時間内に 2.0m/s まで加速するため、図-3 に示すように載荷点および支点の最大加速度がそれぞれ約 600m/s^2 および約 100m/s^2 となり、慣性力の影響で最大荷重と支点反力に差が生じていることが考えられる。そこで、計測された荷重から慣性力を差し引くことで、慣性力の影響を除去した。図-4 に、ロードセルに取り付けた治具の質量(載荷点: 26kg, 支点: 40kg)を加

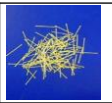
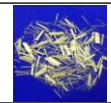
外観		
種類	ポリビニルアルコール (PVA)	
直径	0.66mm	0.1mm
長さ	30mm	12mm
マトリクス		モルタル
FRCC 名称	VFRC	DFRM

写真-1 繊維の特性



写真-2 急速載荷試験装置

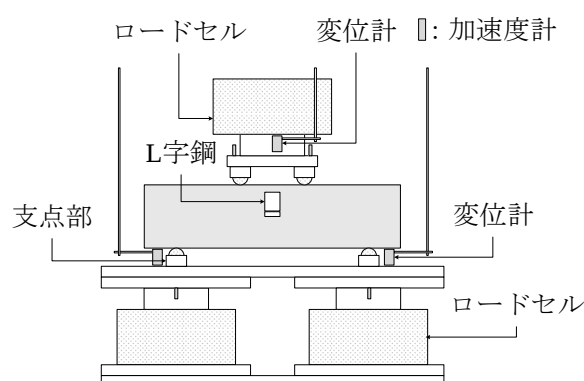


図-1 曲げ実験の概要

表-1 実験ケース

試験法		急速載荷試験		
ひずみ速度		$10^{-6}/\text{s}$	$10^{-2}/\text{s}$	$10^{-1}/\text{s}$
試験体名	VFRC	4	4	4
	DFRM	4	4	4

キーワード 繊維補強セメント複合材料, ひずみ速度効果, 動的曲げ実験

連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水1-10-20防衛大学校 TEL 046-841-3810 E-mail:em55044@nda.ac.jp

速度に乗じて求めた慣性力～時間関係を示す。図から、載荷点では最大 15kN、支点では最大 3kN の慣性力が生じている。この慣性力を計測された荷重から差し引くと、図-2(b)に示すように両者の荷重の値がほぼ一致し、試験体の上下で荷重と支点反力が釣合っていることがわかる。ただし、図-2 からわかるように、荷重と支点反力の立ち上がりには 1ms 程度の差が生じている。これは、試験体と支点反力計測用ロードセルの位置がやや離れているためと考えられる。なお、この時間差によって、荷重～たわみ関係を求める際に、計測された荷重とたわみに時間のずれが生じるという問題が生じる。よって、慣性力の影響を除去した場合に荷重と支点反力が釣合うこと、また計測される支点反力は荷重よりも遅れて生じて計測されることを考慮して、荷重から慣性力を差し引いた値を用いて曲げ応力を求めた。

4. 実験結果および考察

写真-2 に、実験後の破壊性状を示す。写真から、いずれの試験体も 1 本のひび割れが生じていることがわかる。図-5 に、VFRC の応力～たわみ関係の例を示す。図から、ひずみ速度が $10^{-1}/s$ まで増加すると、曲げ強度（ひび割れが生じた後の最大応力）が 1.9 倍に増加するが、曲げ強度以降の軟化勾配は急になり、最大たわみは半分以下となった。図-6 に、曲げ強度の動的倍率を示す。図から、ひずみ速度 $10^{-2}/s$ における曲げ強度の倍率は 1.2～1.4 であるが、ひずみ速度 $10^{-1}/s$ では 1.9 へと急増した。なお、繊維の種類による差はあまり認められなかった。また図-7 に、たわみ 4mm における破壊エネルギーの動的倍率を示す。VFRC はひずみ速度 $10^{-2}/s$ において動的倍率が 0.9 に低下するが、ひずみ速度 $10^{-1}/s$ で再び上昇して動的倍率が 1.4 となった。一方で、DFRM はひずみ速度の増加に従い動的倍率は増加し、ひずみ速度 $10^{-1}/s$ において 1.8 を示した。

5. 結言

本研究は、2 種類の PVA-FRCC に対し動的曲げ実験を行い、ひずみ速度 $10^{-6} \sim 10^{-1}/s$ における曲げ力学特性について調べたものである。曲げ実験の結果、繊維の種類によらずひずみ速度 $10^{-1}/s$ で曲げ強度が大きく増加した。破壊エネルギーについては、VFRC の動的倍率はひずみ速度 10^{-2} および $10^{-1}/s$ において、それぞれ 0.9 および 1.4 であった。DFRM の動的倍率はひずみ速度の増加に従い増加し、ひずみ速度 $10^{-1}/s$ で 1.8 を示した。

参考文献

1) Redon C., Li V., Wu C., Hoshiro, H., Saito, T. and Ogawa A. : Measuring and modifying interface properties of PVA fibres in ECC matrix, Journal of Materials in Civil Engineering, pp.399-406,2001.

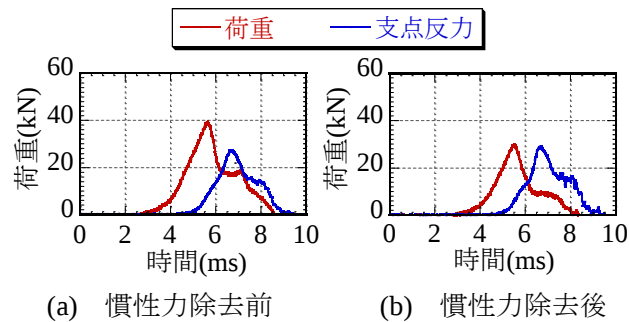


図-2 荷重～時間関係

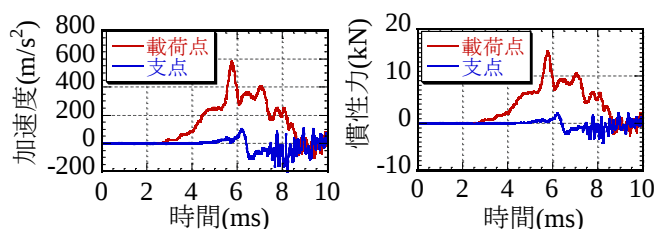


図-3 加速度～時間関係 図-4 慣性力～時間関係

$\dot{\epsilon}$	VFRC	DFRM
$10^{-6}/s$		
$10^{-1}/s$		

写真-2 破壊性状

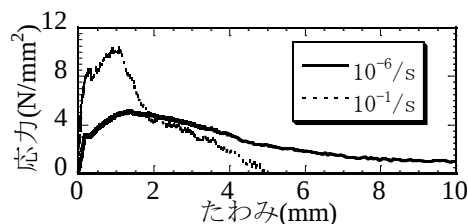


図-5 応力～たわみ関係の例(VFRC)

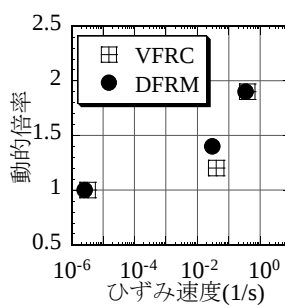


図-6 曲げ強度の動的倍率

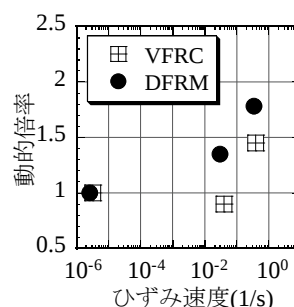


図-7 破壊エネルギーの動的倍率