

# PVA 繊維を用いた積層型機能性繊維補強セメント複合材料の曲げ性状

筑波大学 学生会員 ○古場 匠

筑波大学大学院 学生会員 山田 恒平

筑波大学 正会員 金久保 利之

## 1. はじめに

コンクリートやモルタルの引張性能を改善する材料として、高靱性繊維補強セメント複合材料 DFRCC (Ductile Fiber-Reinforced Cementitious Composite) が挙げられる。これはマトリクス中に長さ 10mm 程度の短繊維を混入させることで、引張応力下でのマトリクスの引張性能の改善、ひび割れ開口抑制による耐久性向上などが期待される材料である。

積層型機能性繊維補強セメント複合材料 FGRC (Functionally Graded Fiber-Reinforced Cementitious Composite) <sup>例えば 1)</sup> は、図 1 に示すように DFRCC を層状に打設し、マトリクス中の繊維混入率を調整することで、曲げ応力下において引張応力の大きい下縁側により多くの繊維を混入させることができることから、同じ繊維混入率の DFRCC と比べてより機能的になり、コストパフォーマンスの改善が期待される材料である。また、層状に打設することで、繊維の配向が軸方向へ強くなることが期待される。

本研究では、DFRCC において、繊維混入率を変化させた層状打設による曲げ強度や靱性能の向上を検討することを目的とする。また、打設層界面での剥離やすべりの有無を確認する。

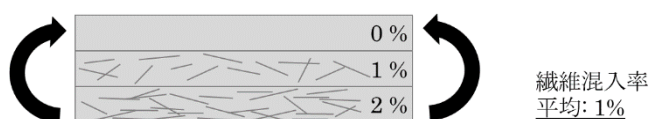


図 1 FGRC の概念

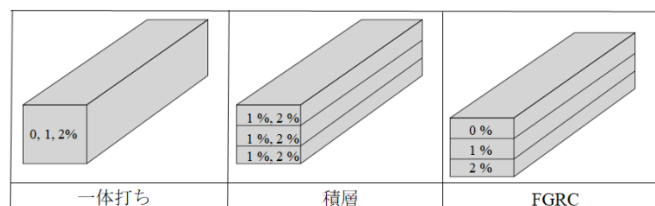


図 2 供試体パラメーター

## 2. 実験概要

供試体は断面が 100×100mm、長さが 400mm の角柱とし、繊維混入率及び層分けの有無を実験パラメーターとする。図 2 に示すように、「一体打ち」は繊維混入率を 0% (モルタル), 1%, 2% とした DFRCC をそれぞれ一度に流し込むもの、「積層」は同 1%, 2% でそれぞれ 3 層にわけて流し込むもの、「FGRC」は供試体全体での平均繊維混入率を 1% とし、2%, 1% 及び 0% を 3 層にわけて流し込む FGRC である。マトリクス凝結の始発時間を考慮して、1 層ごとに 1 時間の間隔を空けて打設を行う。また、加力方向の違いを確認するための一体打ち供試体も作製する。通常の曲げ試験で行う打設面に対して直交方向からの加力を「直交加力」、打設面からの加力を「並行加力」と称する。

供試体の作製は、FGRC 及び一体打ち—並行加力の打設 (1 日目)、積層、一体打ち—並行加力、一体打ち—直交加力の打設 (2 日目) の 2 日に分けて行った。

DFRCC に用いた繊維の物性値を表 1 に示す。DFRCC の材料特性を打設日ごとに表 2 に示す。

加力には 2MN 万能試験機を用いて純曲げ区間を 100mm とした 4 点曲げ試験を行い、載荷点及びスパン中央部のたわみ、純曲げ区間の曲率を測定した。同一パラメーターの供試体を 3 体ずつ作製し、加力を行った。

表 1 PVA 繊維の物性値

| 繊維長<br>(mm) | 繊維径<br>(mm) | 引張強度<br>(MPa) | 弾性係数<br>(GPa) |
|-------------|-------------|---------------|---------------|
| 12          | 0.1         | 1200          | 28            |

表 2 DFRCC の材料特性

| 供試体<br>種別 | FGRC・一体打ち<br>(打設 1 日目) |               | 積層・一体打ち<br>(打設 2 日目) |               |
|-----------|------------------------|---------------|----------------------|---------------|
|           | 圧縮強度<br>(MPa)          | 弾性係数<br>(GPa) | 圧縮強度<br>(MPa)        | 弾性係数<br>(GPa) |
| 2%        | 41.1                   | 16.0          | 42.4                 | 15.6          |
| 1%        | 46.4                   | 17.3          | 44.3                 | 16.6          |
| MT        | 40.9                   | 18.4          | -                    | -             |

キーワード FRCC, 機能性材料, 積層型機能性コンクリート, PVA 繊維, 4 点曲げ試験, 層界面

連絡先 〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1 筑波大学 TEL 029-853-5045

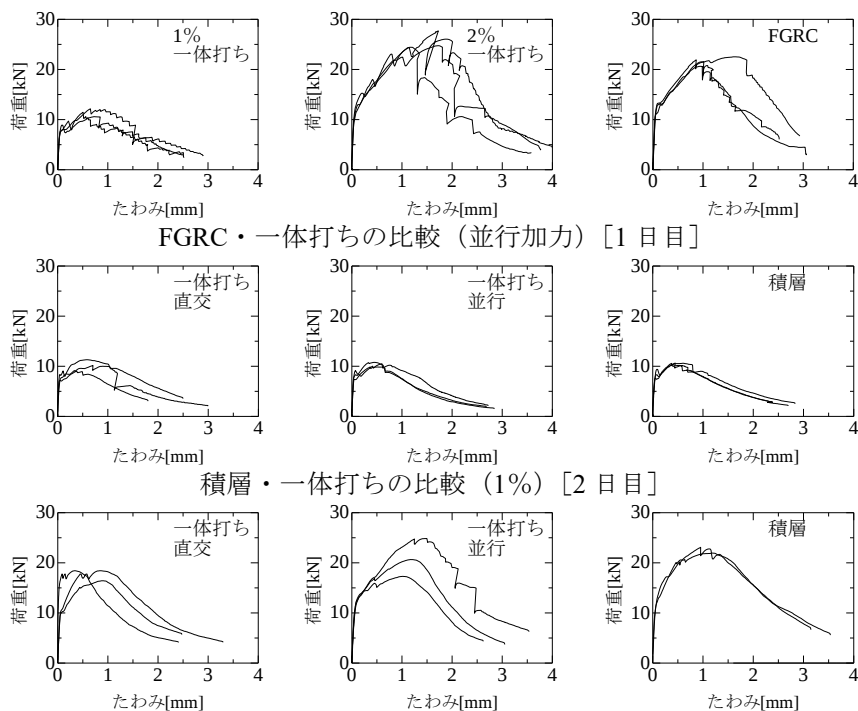


図3 荷重-たわみ関係

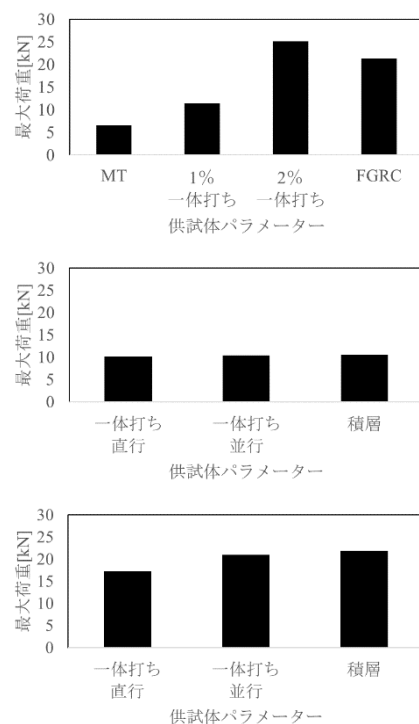


図4 最大荷重の比較



図5 加力後のひび割れ状況

### 3. 実験結果

荷重-たわみ関係を図3に示す。たわみは載荷点及びスパン中央部の平均である。最大荷重の比較を、同じ打設日の供試体ごとに図4に示す。層分けを行った供試体の加力後のひび割れ状況の例を図5に示す。

FGRC 供試体は、2%一体打ち供試体には及ばないものの、平均繊維混入率が同一である1%一体打ち供試体の2倍近い最大荷重を示している。下層部の繊維混入率が曲げ強度に大きく影響していることが分かる。繊維混入率が1%の供試体では、加力方向及び層分けによる最大荷重の違いはほとんど見られなかった。繊維混入率が2%の供試体では、「積層」、「一体打ち一並行加力」、「一体打ち一直交加力」の順で最大荷重が大きくなった。これは、型枠底面での繊維の配向性が加力方向と直交した方向に強くなることから、直交加力より並行加力の方が最大荷重が大きくなったと考えられる。また、積層供試体では層分けを行うことによって、若干配向性が強まったと考えられる。

繊維混入率が1%及び2%の積層供試体では、層界面方向にひび割れが見られたが、一体性が損なわれるほ

どではなかった。FGRC 供試体では層界面方向にひび割れはほとんど見られなかった。

### 4. まとめ

- (1) FGRC 供試体では同繊維混入率1%の一体打ち供試体と比較して最大荷重が大きく増加した。
- (2) 繊維混入率1%の供試体では、層分けの有無及び加力方向の違いによる最大荷重の違いはほとんど見られなかった。
- (3) 繊維混入率2%の供試体では、「積層」、「一体打ち一並行加力」、「一体打ち一直交加力」の順で最大荷重が大きくなった。
- (4) 積層供試体では層界面にひび割れが見られたが、FGRC 供試体ではほとんど見られなかった。

### 謝辞

本研究は、JSPS 科研費基盤研究(A)18H03802 による。

### 参考文献

- 1) Naghibdehi, M.G., et al., Flexural performance of functionally graded RC cross-section with steel and PP fibres, Magazine of Concrete Research, Volume 66, Issue 5, pp.219-233, 2014.