

# 高靱性セメント複合材料のせん断特性

学生氏名 飯塚 和也

指導教員 栗原 哲彦 吉川 弘道

## 1. はじめに

高靱性セメント複合材料(Ductile Fiber Reinforced Cementitious Composites:以下 DFRCC)は、一般的なコンクリートの脆性的な性質を克服していることから耐久性の大幅な向上が期待でき、新たな補修・補強用材料としての可能性を有している<sup>1)</sup>。しかし、DFRCC を補修・補強材として利用する場合、曲げ・せん断等の諸特性についての定量的評価はまだ明確になされていない。

本研究は、せん断特性に着目し、二面せん断試験の実験結果からせん断応力ずれ曲線を求め、せん断特性を理解することを目的とする。

表 1 示方配合

水セメント比 (%) W/C	単体量 (kg/m <sup>3</sup> )					
	水 W	セメント C	細骨材 S	増粘剤 V	繊維 F	混和剤 Ad
30	342	1264	395	0.9	14.6	37.92

C: 早強ポルトランドセメント, S: 7号珪砂,

V: 非イオン系水和性セルロースの粉体,

F: ビニロン繊維・ポリエチレン繊維, Ad: 高性能 AE 減水剤

## 2. 実験概要

### 2.1 供試体の作製

本実験の示方配合を表 1 に示した。供試体は寸法 100×100×400mm の角柱供試体とし、ビニロン繊維、ポリエチレン繊維を混入した DFRCC (以下: VFN, PFN), 繊維無混入のモルタルマトリックス (以下: B-M) の 3 種類を作製した。

供試体数は VFN, PFN では実験結果の正当性を向上させるために VFN 13 体, PFN 8 体とし, B-M は実験結果のばらつきが少ないと考え 5 体とした。切欠き深さは予備実験より、供試体中央から左右 50mm の位置に上下 25mm とした。養生については、28 日間の水中養生とした。

### 2.2 実験方法

アムスラー試験機に図 1 のように供試体を設置し、25mm の変位計を用いて二面せん断試験を行い、荷重 - 変位関係を計測した。載荷途中で脆性的破壊を避けるため、最大荷重以降、除荷、再載荷を繰り返して、載荷荷重が 0 N になるまで載荷を続けた。載荷途中で曲げ要素の影響を大きく受けた場合は、荷重が一定になった時点で載荷を終了した。ここでいう変位とは相対変位のことであり、変位計番号 2 の変位から変位計番号 1 の変位を引いたもの (chan1)、及び変位計番号 3 から変位計番号 4 を引いたもの (chan2) である。これより、せん断応力を算出し<sup>2)</sup>、荷重 - 変位曲線の包絡線を用いてせん断応力ずれ曲線を得た。また、(1) 式から算出したせん断弾性係数を用いて、(2) 式よりせん断応力ずれ曲線を算出し、実験値との比較を行った。

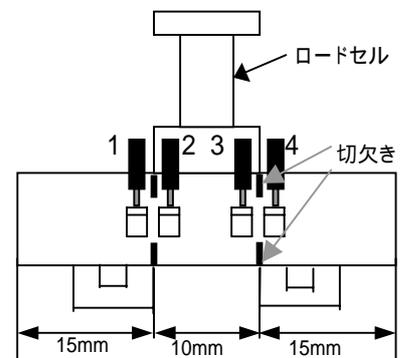


図 1 二面せん断試験

$$G = E/2(1 + \nu) \quad (1) \quad E: \text{ヤング係数 (N/mm}^2\text{)} \quad \nu: \text{ポアソン比 (=0.2)}$$

$$\tau = (G/h)\delta \quad (2) \quad \tau: \text{せん断応力 (N/mm}^2\text{)} \quad h: \text{リガメント高さ (mm)} \quad \delta: \text{変位 (mm)}$$

## 3. 実験結果及び考察

最大せん断応力、最大せん断応力点変位の平均値を図 2 に示す。図 2 より最大せん断応力、最大せん断応力点変位において VFN と PFN では大きな差はないと考えられる。B-M と比較した場合、VFN, PFN は最大せん断応力では大きな値を示し、最大せん断応力点変位は小さな値を示した。

図 3 に一例として B-M, せん断要素が卓越した VFN1, 曲げ要素が卓越した VFN2, PFN のせん断応力ずれ曲線を示す。

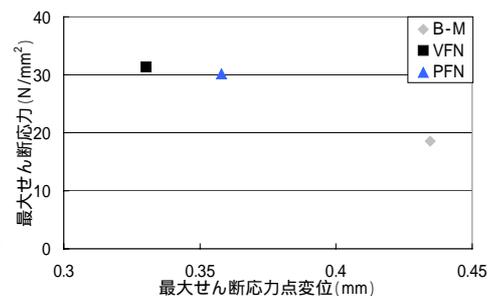


図 2 最大せん断応力、最大せん断応力点変位との関係

## (1) B M

図 3(a)より、載荷直後の変位は、ほぼ変化がなく応力上昇したが、応力が  $5\text{N/mm}^2$  程度まで上昇するとひび割れが発生し、変位が急激に増加したことが確認できる。その後も、ひび割れ発生面に応力が集中したため、ひび割れの進展と共に変位が大きく増加し続け、最大応力後に脆性的な破壊に至った事がわかる。そのため、図 2 のように B M は VFN, PFN に比べ、最大応力点変位が大ききな値を示したと考えられる。

## (2) VFN・PFN

図 3(b)に示す VFN1 は、最大応力前まで chan1, 2 の変位差があまりないことが確認できる。また、せん断弾性係数と実験値を比較すると初期勾配が一致すること、最大応力前まで供試体変形が見られなかったことから、二面せん断試験では曲げ要素による影響を受けやすいという問題点があるが、最大応力まで曲げ要素が卓越することなく載荷が行えたと考えられる。また、図 3(c), (d)より VFN2, PFN ではせん断弾性係数と実験値との初期勾配が一致することから、載荷直後は曲げ要素が卓越せずに、せん断力を計測できたといえる。

VFN1・2, PFN では載荷直後から応力が上昇するにつれ、徐々に変位が増加したことが確認でき、載荷直後の勾配は B M に比べると緩やかに応力上昇していることが確認できる。また、繊維の架橋則による影響で、ひび割れ発生後も急激な変位の増加はなく、最大せん断応力に達すると、耐力を保持した後に応力低下したことが確認できる。このため、図 2 のように最大せん断応力は B M に比べ大きな値を示したと考えられる。

VFN2, PFN では、軟化域において不安定になった破壊面が偏心することによって、写真 1 のように上側の切欠きが狭くなり、下側の切欠きが広がるように変形することが原因で曲げひび割れが発生、進展し、曲げ破壊に至った。また、切欠き面に存在する繊維の架橋則が発揮されたことで、最大応力時に耐力を保持したことや、その後、脆性的に破壊しなかったことから DFRCC がせん断補強材として十分に有効だと考えられる。

## 4. 結論

・B M はひび割れの発生、進展により変位が急激に増加するため、曲線の勾配が大きく変わるが、VFN, PFN は繊維の架橋則によりひび割れ発生後も変位が増加せずに応力上昇した。

・最大せん断応力に達した後、すぐに応力が下降してしまった B M に比べ、VFN, PFN は繊維の架橋則により最大せん断応力に達した後、耐力を保持する。

・VFN, PFN は切欠き面に存在する繊維が架橋則を発揮したことで、最大応力時に耐力を保持したことや、その後、脆性的に破壊しなかったことから、せん断補強材として十分な性能を有していると考えられる。

## 【参考文献】

- 1) 日本コンクリート工学協会: 高靱性セメント複合材料の性能評価と構造利用研究委員会報告書, pp1~2, 2002
- 2) 國分正胤: 土木材料実験, 技報堂出版, pp257 ~ 259, 2000

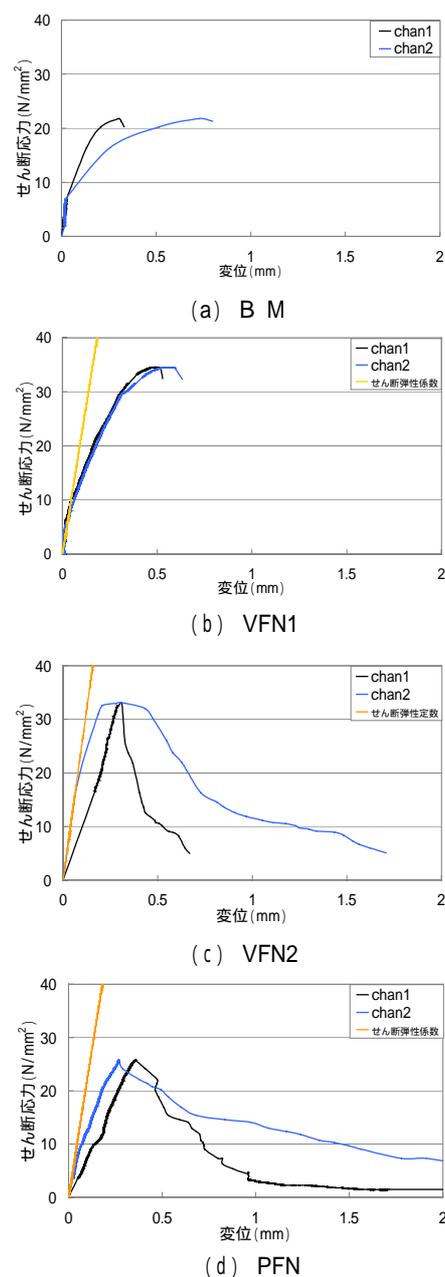


図 3 せん断応力ずれ曲線

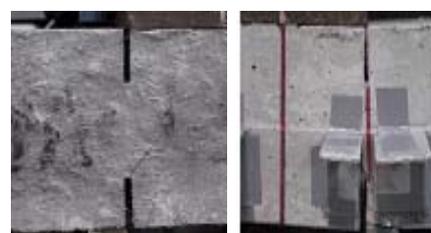


写真 1 載荷過程の切欠き面  
(左:せん断要素, 右:曲げ要素)