

第V部門

異なる引張特性を有する FRCC によるせん断補強実験

大阪市立大学 学生会員 ○公文 裕之
大阪市立大学大学院 正会員 角掛 久雄

大阪市立大学大学院 学生会員 大宅 慧
大阪市立大学大学院 正会員 鬼頭 宏明

1. はじめに

高度経済成長期に建てられた多くの RC 構造物は、供用後約 50 年を迎え老朽化しており補修・補強が必要となっている。しかし、既存の工法では施工の制約条件等から補修・補強が進んでない構造物が存在し、様々な制約を満足する新たな工法の検討が必要である。そこで、著者らは新たな補強材料として FRCC（繊維補強セメント複合材料）に着目し、RC 梁のせん断補強に関する実験および数値解析を行ってきた^{1), 2)}。その結果として、補強効果を明らかにし、せん断耐力算定式の提案を行った。

ただし、FRCC の引張特性は、繊維の種類やモルタルの配合によってさまざまに変化するが、既往研究では1種類の配合・繊維の検討しか行っていない。つまり、あるタイプの引張特性に対する効果しか明らかにされていない。FRCC としての利用拡大のためには引張特性に応じた耐力算定式や挙動特性の把握が必要となる。そこで、本研究では混入繊維を変化させ、FRCC としての引張特性が異なる場合のせん断補強効果を明らかにすることを目的とする。

2. 実験概要

本研究では斜め引張破壊型 RC 梁を対象に側面増厚補強を行った際のせん断補強効果を検討した。パラメータは繊維種類とし、表-1 に示す同一の配合に対して、繊維の違いのみによる引張特性の差異と比較を行った。使用する繊維は、既往研究で使用されている PVA 繊維に加えて、PP 繊維 2 種類とした。各繊維の規格値を表-2 に示す。また、一軸引張試験より得られた引張応力-ひずみ関係の一例を図-1 に示す。図に示すモデル化の線のように引張特性としては強度、強度保持区間、軟化勾配が異なる。PVA 繊維は破断型破壊のため軟化勾配が急であり、PP 繊維は引き抜け型破壊で軟化勾配が緩やかとなった。さらに表-3 に示すようにコンクリートの引張強度に対して、FRCC の引張強度が異なるという特性も有している。次に、載荷実験の供試体概要と計測項目を図-2 に示す。 $a/d=3$ の RC 梁で補強領域は側面全域、補強厚は RC 梁幅に対して 10%とした。RC 梁部と FRCC の界面は目荒らしのみによる定着である。また、載荷方法は 4 点載荷とし、RC 梁部のみに載荷

表-1 FRCC 配合

水結合材比 W/(C+FA)	細骨材率 S/C	繊維混入率 Vf	単位量(kg/m ³)									
			水 W	早強セメント C	フライアッシュ FA	細骨材 S	繊維 F	高性能AE減水剤 SP	増粘剤 VA	消泡剤 EB	収縮低減剤 SR	
45	50	2	451	801	200	401	26	10	0.4	1.6	10	

表-2 繊維規格値

繊維名称	密度 g/cm ³	繊維径 μm	繊維長 mm	引張強度 N/mm ²	弾性係数 kN/mm ²
PVA	1.30	40.0	12	1600	40
PP1	0.91	42.6	12	482	5
PP2	0.91	64.8	12	530	5

PVA: ポリビニルアルコール PP: ポリプロピレン

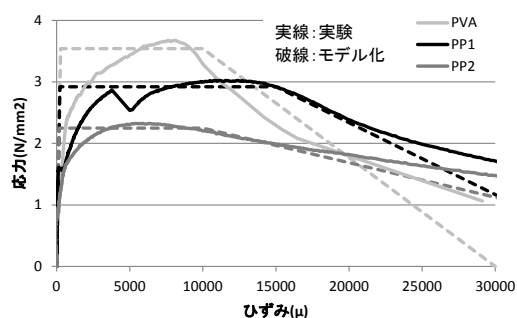


図-1 引張応力-ひずみ関係

表-3 材料定数

名称	圧縮強度 N/mm ²	引張強度 N/mm ²	弾性係数 kN/mm ²	ポアソン比
PVA	43.2	3.54	13.3	0.21
PP1	34.7	2.92	13.4	0.22
PP2	39.0	2.25	13.6	0.22
コンクリート	46.8	2.98	29.2	0.20

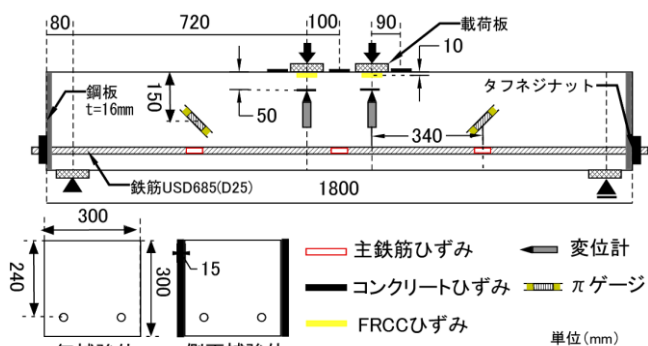


図-2 供試体概要・計測項目

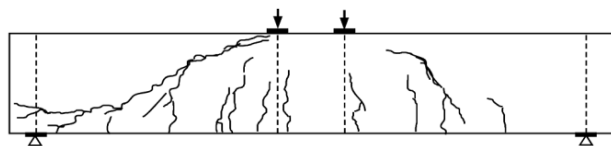


図-3 ひび割れ図 (N-PVA)

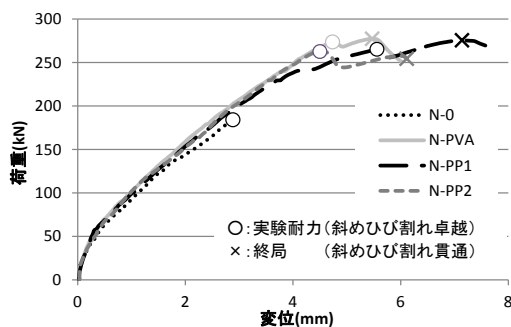


図-4 荷重-変位関係

した。無補強体 1 体 (N-0)、FRCC 側面補強体各 1 体 (N-PVA, N-PP1, N-PP2) の計 4 体実験を行った。

3. 実験結果

全ての供試体が斜め引張破壊であり、参考として N-PVA の主たるひび割れを図-3 に示す。局所的なひび割れは RC 梁部に支配されるが、その周りに複数微細ひび割れが確認された。また、付着切れは確認されず、斜めひび割れ面では材料試験時と同様に PVA 繊維は破断、PP 繊維は引き抜けが生じていた。

文献 2) における算定式により、FRCC の引張強度を用いて耐力算定を行った。以下に算定式を示す。

$$V_u = V_{RC} + V_T + V_w \quad (1)$$

V_u : 補強後のせん断耐力(kN)

V_{RC} : コンクリートの負担せん断耐力(kN)

V_T : ウェブ部補強による引張抵抗増分(kN)

V_w : ウェブ部補強によるせん断耐力増分(kN)

表-4 に算定結果を示す。全ての供試体において 2 割以内の精度で安全側に評価できており、引張特性によらず算定式が適用できることを確認した。

荷重-変位関係を図-4 に示す。全ての補強体は、斜めひび割れの卓越による荷重低下後も FRCC により脆性破壊せず、変形性能を有していた。斜めひび割れ卓越後の荷重低下に着目すると、N-PVA が最も小さく、N-PP1, N-PP2 の順に大きい。FRCC の引張強度は PVA, PP1, PP2 の順で大きく、引張強度が大きいと荷重低下が小さいことがわかる。また、靱性に着目すると、N-PP1, N-PP2 は N-PVA に比べて良いといえる。FRCC の引張特性として、PVA は強度保持区間が短く、軟化勾配が大きいものに対して、PP1

表-4 実験耐力と算定耐力の比較

供試体名称	算定耐力(kN)				実験耐力(kN)	B/A
	V_c	V_t	V_w	合計A	B	
N-0	166.2	--	--	166.2	184.0	1.11
N-PVA	166.2	46.1	31.3	243.5	273.8	1.12
N-PP1	166.2	38.0	31.4	235.6	265.3	1.13
N-PP2	166.2	29.3	31.1	226.5	262.7	1.16

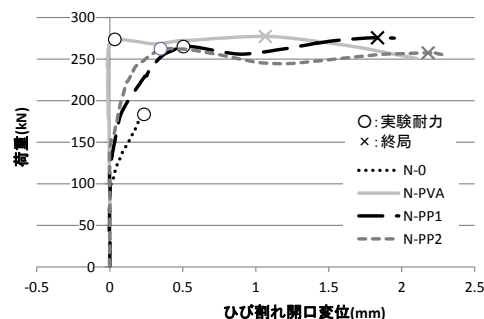


図-5 荷重-ひび割れ開口変位関係

繊維は強度保持区間が長く、2つの PP 繊維とも軟化勾配が小さい。つまり、強度保持区間が長く、軟化勾配が小さいと靱性が向上すると考えられる。

π ゲージによる荷重-ひび割れ開口変位関係を図-5 に示す。なお、N-PVA は曲げせん断ひび割れの進展が π ゲージの外に位置したため、実験耐力まで変位が増加していない。他の供試体において、開口変位 0.5mm 程度 (ひずみ換算 5000 μ) で実験耐力を迎えた。これは図-1 における強度保持区間に相当し、耐力算定において引張強度が適用可能だったと考えられる。また、開口変位が 2mm 程度までは破壊に至っていない。つまり、ある部分が軟化域に入ったからといってすぐに終局を迎えるのではなく、FRCC 全体として荷重に抵抗しており、軟化域に入る範囲が大きくなってから破壊に至ると考えられる。

4. まとめ

- 異なる引張特性の FRCC に対して算定式の適用性を示した。そのため、強度保持区間相当の領域がある引張特性については適用可能と考えられる。
- FRCC の引張特性に応じて RC 梁の斜めひび割れ卓越後の変形性能に違いが生じ、FRCC の強度保持区間と軟化特性が靱性に寄与すると考えられる。

参考文献

- 角掛ら:高靱性モルタルを用いた RC 梁へのせん断補強効果に関する研究, 構造工学論文集, Vol.62A, pp.850-859, 2016, 2) 大宅ら:DFRCC を用いた斜め引張破壊型 RC 梁へのせん断補強特性, コンクリート工学年次論文集, Vol.39, 投稿中