

PVA-FRCC 角柱の中心圧縮性状

正会員 ○高砂 柊伍* 同 佐々木 秀人*
同 金久保 利之**

FRCC PVA 中心圧縮試験
応力-ひずみ関係 Popovics モデル

1. はじめに

短繊維を混入し引張性能を向上させた繊維補強セメント複合材料（Fiber-Reinforced Cementitious Composite：FRCC）を利用することで、高寿命な構造部材が期待できる。構造物の設計の際には、部材の圧縮性能の把握も重要であり、本研究では、PVA-FRCC 部材の圧縮性状の把握を目的として、角柱試験体の中心圧縮試験を実施し、応力-ひずみ関係のモデル化を行った。

2. 実験概要

試験体寸法および変位計設置状況を図 1 に示す。試験体は、180mm 角の正方形断面とし、高さは 480mm、試験区間は 280mm である。FRCC 混入繊維には PVA 繊維（径：0.10mm、長さ：12mm）を使用した。パラメータは、繊維体積混入率 3 種とし、繊維を混入させていないモルタル（記号：MT）、1%（記号：PVA1%）および 2%（記号：PVA2%）である。各パラメータにつき 3 体ずつ作製し、計 9 体の試験体に対して加力を行った。調査計画を表 1 に示す。加力には 2MN 万能試験機を用いた。試験体側面に π 型変位計を 4 体、加力版の 4 隅に全体変形計測用の変位計を設置した。計測項目は、荷重、 π 型変位計による試験区間の軸方向変形、変位計による軸方向の全体変形である。

3. 実験結果

試験体の加力終了後の破壊状況を図 2 に示す。MT 試験体において、最大荷重に達すると同時に、荷重が低下し、モルタルが剥落する様子が確認できた。FRCC 試験体では、最大荷重に到達した後、荷重が低下するとともに、試験体側面が損傷し、その後、荷重を保持しつつ変位が増大した。FRCC 試験体の繊維体積混入率の違いによる損傷の程度の違いは確認できなかった。

実験により得られた中心圧縮試験体の応力-ひずみ関係を図 3 に示す。 $\phi 100-200\text{mm}$ 円柱供試体および中心圧縮試験体の圧縮特性の比較を表 3 に示す。応力は、荷重を各試験体の断面積で除することで求めた。ひずみは、変形を試験区間 280mm で除することで求めた。変形は、最大荷重までは、 π 型変位計により得られた計測値を用い、その後は、 π 型変位計の計測値に全体変位計の計測値を盛替えすることで、試験区間の変形とした。繊維混入体積率による圧縮強度および圧縮強度時のひずみに違いは

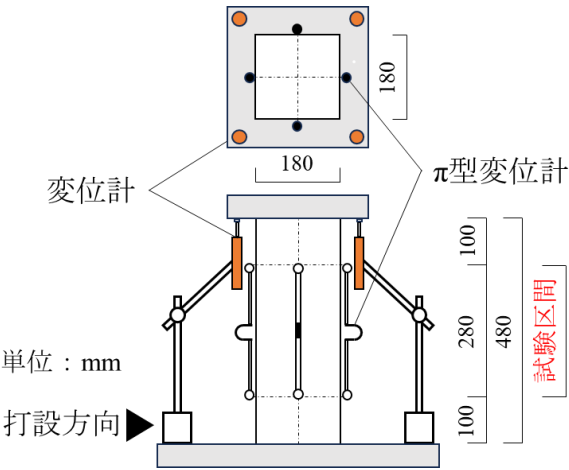


図 1. 試験体形状および変位計設置状況

表 1. FRCC 調査計画

試験体 種別	単位量(kg/m ³)				PVA 繊維 (kg)
	W	C	S	FA	
MT	380	678	484	291	0
PVA1%					13
PVA2%					26

W：水道水、C：早強ポルトランドセメント、
S：7 号珪砂、FA：フライアッシュⅡ種

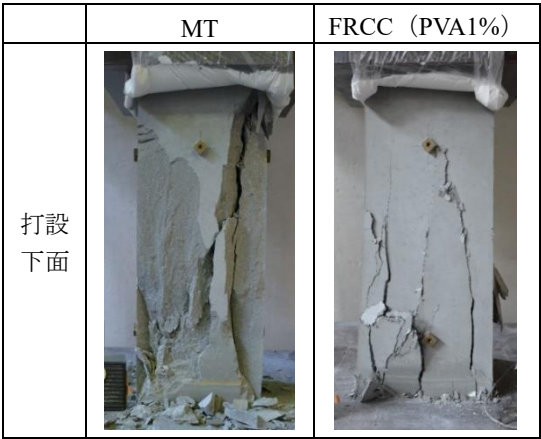


図 2. 試験体破壊状況

みられなかった。MT 試験体において、最大荷重到達後に荷重が急激に低下した。FRCC 試験体では、最大荷重到達後に荷重が急激に低下し、その後荷重を保持しつつ変形が増大した。これは、繊維が FRCC の剥落を抑制したため

と考えられる。中心圧縮試験体と円柱供試体の実験結果より得られた圧縮強度比は、それぞれ MT : 0.85、PVA1% : 0.82、PVA2% : 0.86 であり、全試験体において、円柱供試体よりも中心圧縮試験体のほうが圧縮強度および圧縮強度時のひずみが小さく、断面形状および寸法の違いによる圧縮強度の減少が確認できた。繊維体積混入率による、減少率の違いはみられなかった。

4. 応力-ひずみ関係のモデル化

応力-ひずみ関係のモデルに用いた Popovics モデル¹⁾を式(1)に示す。

$$\frac{\sigma_c}{k_1 f_c} = \frac{\varepsilon_c}{k_2 \varepsilon_0} \cdot \frac{n}{(n-1) + (\varepsilon_c / k_2 \varepsilon_0)^n} \tag{1}$$

ここで、 σ_c : 応力 (MPa)、 ε_c : ひずみ、 f_c : FRCC 円柱供試体圧縮強度 (MPa)、 ε_0 : FRCC 円柱供試体圧縮強度時のひずみ、 n : 曲線の形状を示す定数、 k_1 、 k_2 : 低減係数である。Popovics モデルの各パラメータを表 4 に示す。角柱試験体の低減係数 k_1 、 k_2 は、表 3 に示す圧縮特性の減少率により決定した。角柱試験体の終局ひずみ ε_u は円柱供試体の終局ひずみ $\varepsilon_u (=0.5\%)$ に低減係数 k_2 を乗ずることで決定した。モルタル試験体では、最大荷重以降のデータが取れなかったため、終局ひずみ ε_u は圧縮強度時のひずみとした。定数 n は、実験結果とモデルの終局ひずみ ε_u までの二乗誤差が最小となるように決定した。角柱試験体の実験結果とモデルの比較を図 4 に示す。実験結果とモデルの適合性は概ね良い。

表 4. Popovics モデルの各パラメータ

試験体	k_1	k_2	終局ひずみ(%)	n
MT	0.85	0.82	0.330	3.75
PVA1%	0.82	0.76	0.380	3.90
PVA2%	0.86	0.77	0.385	3.97

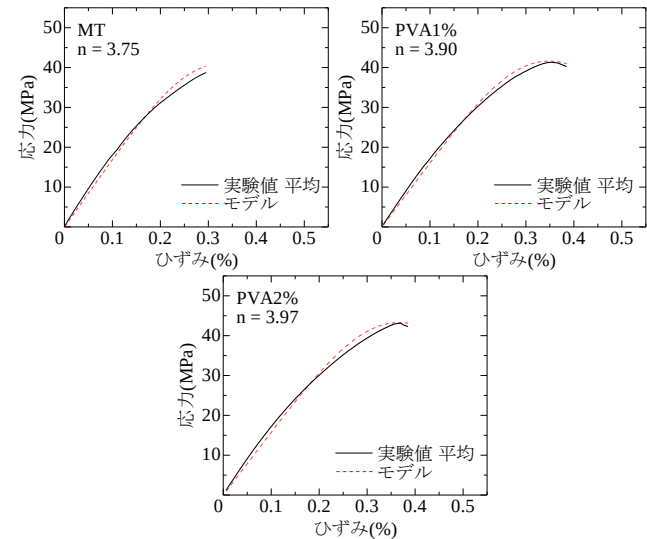


図 4. 角柱試験体の実験結果とモデルの比較

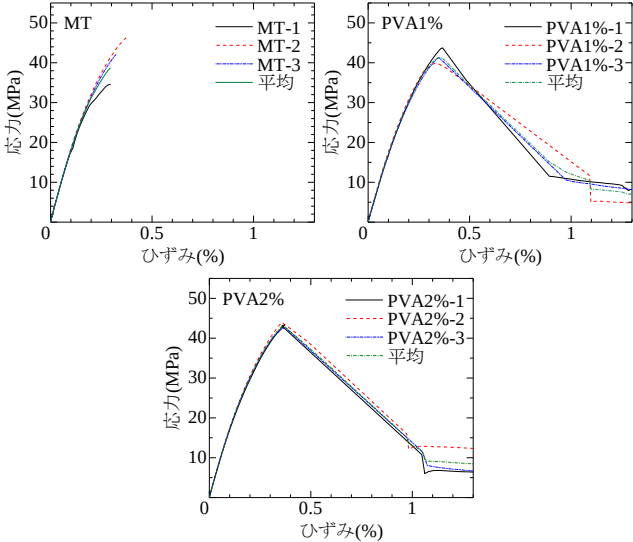


図 3. 角柱試験体の応力-ひずみ関係

表 3. 円柱供試体および角柱試験体の圧縮特性の比較

試験体	圧縮強度 (MPa)	圧縮強度時のひずみ (%)	中心圧縮試験/円柱供試体	
			圧縮強度比	圧縮強度時のひずみ比
φ100－200mm 円柱供試体				
MT	48.5	0.40	-	
PVA1%	50.6	0.46		
PVA2%	50.3	0.48		
角柱試験体				
MT	41.0	0.33	0.85	0.82
PVA1%	41.6	0.35	0.82	0.76
PVA2%	43.3	0.37	0.86	0.77

5. まとめ

- (1) 角柱試験体と円柱供試体の実験結果より得られた圧縮強度比は、それぞれ MT : 0.85、PVA1% : 0.82、PVA2% : 0.86 であり、断面形状および寸法の違いによる圧縮強度の減少が確認できた。
- (2) 実験より得られた応力-ひずみ関係を、円柱供試体の圧縮特性および低減係数をパラメータとして、Popovics モデルを用いて角柱試験体のモデル化を行い、実験結果と良い適合性を得た。

謝辞

PVA 繊維は (株) クラレにご提供いただいた。

参考文献

- 1) Popovics, S., A Numerical Approach to the Complete Stress-Strain Curve of Concrete, Cement and Concrete Research, Vol. 3, pp.583-599, 1973

*筑波大学大学院システム情報工学研究群
 **筑波大学システム情報系教授 博士 (工学)

*Master Program, GSSIE, Univ. of Tsukuba
 **Prof., Div. of Eng. Mechanics and Energy, Univ. of Tsukuba, Ph.D.