

熊谷組 正員・江上 良二
金沢大学 正員 梶川 康男
金沢大学 正員 吉田 博

1. まえがき

鋼繊維補強コンクリート(SFRC)は、引張特性にすぐれた材料であり、その力学的特性については多く研究されてきている。本研究は、鉄筋コンクリートばりを鋼繊維補強した場合の曲げ性状について実験を行うとともに、その挙動について弾塑性有限要素法による解析を行い、その解析法の妥当性を確認した。

2. 実験概要

実験は図-1に示すような、断面 $15\text{cm} \times 20\text{cm}$ 、長さ 120cm のばりに、スパン 105cm で幅 20cm の2点載荷を行った。鉄筋はSD-30、D-13を2本用いた単鉄筋とし、せん断補強筋は設けていない。表-1には、SFRCの配合を示す。混和剤などはいらず、供試体は打設後24時間で脱型し、28日間実験室で湿空養生を行った。また、SFRCのひび割れ後の挙動、すなわち、本実験ではマトリックスにひび割れが生じた後においても、鋼繊維とマトリックスとの付着により、徐々に耐力が低下してゆくような鋼繊維の挙動を実験的に得るために、趙らの提案した両引き試験を行った¹⁾。図-2にはその結果を示す。鋼繊維には、アスペクト比53のフラットな形状のせん断ファイバーを用い、体積混入率 $V_f = 0\%$ 、 $V_f = 0.5\%$ 、 $V_f = 1.5\%$ の3種類について行った。なお、この図は、ひび割れ幅をも含んだものをSFRCのひずみと考えている。

3. 数値計算法

解析において、鉄筋コンクリートばりは2次元の平面応力問題として考え、三角形一次要素を用いた弾塑性有限要素法を用い、強制変位による変位増分解析を行った。SFRCの圧縮塑性性は通常のコンクリートと変わらないと考え、Drucker-Pragerの降伏規準を用い、鉄筋についても三角形一次要素を用い、Von-Misesの降伏規準を用いた。解析に用いた諸定数は、SFRCの弾性係数 $E = 280000\text{ kgf/cm}^2$ 、ポアソン比 $\nu = 0.2$ 、圧縮強度 382 kgf/cm^2 、鉄筋における $E = 2100000\text{ kgf/cm}^2$ 、 $\nu = 0.28$ 、降伏強度 4000 kgf/cm^2 とした。つぎに、解析において問題となるのは、図-2に示されるような引張特性を有する材料の解析である。本解析では図-2を、

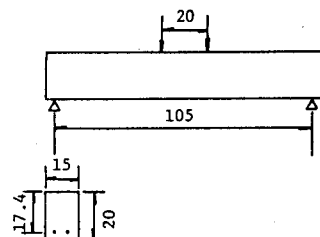


図-1 供試体寸法

表-1 配合表

Shape of SFRC (mm)	Volume of SFRC (%)	Gmax (mm)	W/C (%)	S/a (%)	SF (%)	Unit weight (kg/m ³)			
						W	C	S	G
✓	0	15	52	43	0	195	375	752	997
0.5x0.5x30	0.5	15	52	44	39	202	388	757	963
0.5x0.5x30	1.5	15	52	66	117	222	427	981	654

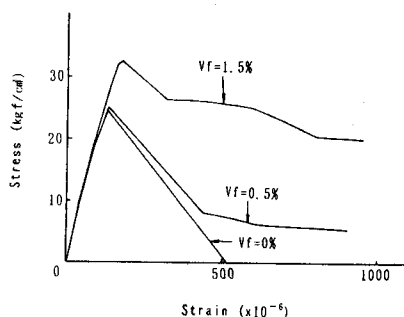


図-2 鋼繊維補強コンクリートの応力-ひずみ関係

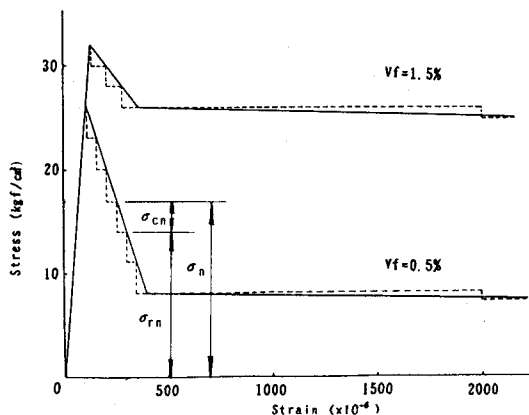


図-3 仮定した応力-ひずみ関係

図-3の実線のようにモデル化し、この関係が、マトリックスにひび割れがはいったときのひび割れ直角方向の応力-ひずみ関係になるとした。さらに、図の破線のように仮定し、解析のある段階における応力を $\sigma_n = \sigma_m + \sigma_{cr}$ と分け、 σ_{cr} を不釣り合いな応力として順次等価な節点力になおして解放してゆくという手法をとった。また、 $V_f = 0\%$ の場合はひび割れ後応力は急激にゼロになると考えられるが、ここでは、Tension stiffening 効果を考慮して、ひずみ 500μ でゼロになるように順次おとしていった。また、ひび割れは要素の主応力が図-3のひび割れ応力に達すると起こるとし、ひび割れ後は、要素を直交異方性化しひび割れ直角方向の剛性はゼロとおく、Smeared cracking モデルを用いた。

4. 実験結果と計算結果の比較

まず、有限要素分割は、図-6のように、121節点、201要素である。図-4には荷重とスパン中央における鉄筋ひずみを、図-5には荷重とスパン中央における変位を示す。これらの図より、鋼繊維混入による効果がよく現れ、同じ荷重において、タワミ量を減少させたり、鉄筋降伏荷重を増加させることが可能である。この効果は混入率0.5%ではそれほど顕著ではないが、1.5%混入したものにおいては大きな効果があるようである。解析においても、この効果がよく現れていることがわかる。また、図-6には、変位1.5mmにおける $V_f = 0.5\%$ と1.5%についてのひび割れ状況図(解析値)を示す。解析ではひび割れを線として表すことはできないが、混入率が多くなるとひび割れは分散するようである。

5. あとがき

鋼繊維を鉄筋コンクリートと併用することにより、鉄筋比が小さく、曲げ破壊するようなはりにおいては、鉄筋が受けもつ応力の一部を鋼繊維が受けもつために、その効果は大きく、本解析法では、SFRCと鉄筋は完全付着、鉄筋は降伏後も硬化を仮定しているの、最大耐力は得られないものの、このようなはりの挙動を推定するのに有効な手法であると思われる。

<参考文献> 1) 趙加米, 小林輔: 鋼繊維補強コンクリートの引張強度試験に関する研究, コンクリート工学, Vol.17, PP.87~95, 1979

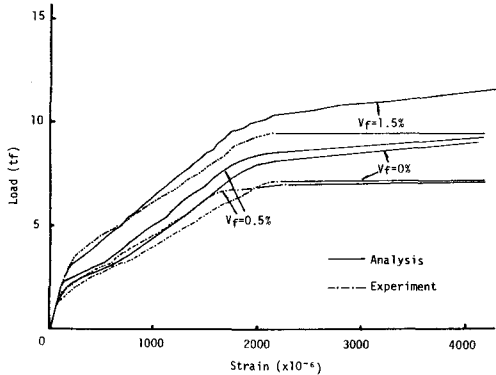


図-4 荷重-鉄筋ひずみ関係

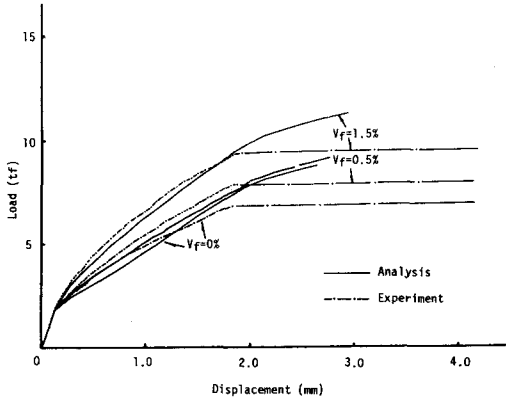


図-5 荷重-変位関係

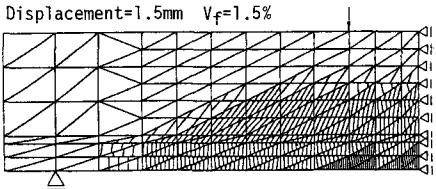
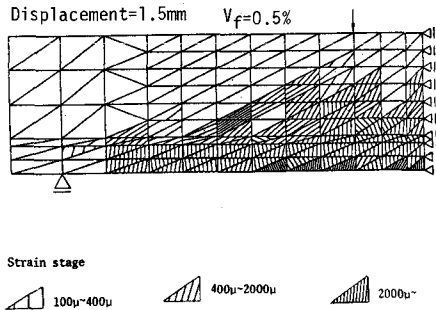


図-6 クラック状況図(解析値)