

PVA 短繊維を混入した RC 梁の曲げ耐荷性状に関する数値解析的検討

北海道開発局 正会員 ○山田 真司
室蘭工業大学 フェロー 岸 徳光

室蘭工業大学 正会員 張 広鋒
三井住友建設(株) フェロー 三上 浩
室蘭工業大学 正会員 小室 雅人

1. はじめに

本研究では、主鉄筋降伏荷重や剛性勾配等と関連性のあるコンクリートの引張軟化曲線に着目し、ポリビニルアルコール (PVA) 短繊維を混入した曲げ破壊型 RC 梁の耐荷性状を適切に評価可能な引張軟化曲線を設定することを目的として、PVA 短繊維の体積混入率（以後、短繊維混入率 V_f ）を変化させた RC 梁に関する 3 次元弾塑性解析を試み、実験結果¹⁾との比較によりその妥当性を検討した。

2. 試験体概要

試験体は PVA 短繊維混入率を 3 種類に変化させた全 3 体であり、試験体名は短繊維を示す SF と短繊維混入率 V_f (vol.%) を用いて表している。図-1 には試験体の概略図を示している。表-1 には、実験時に実施したコンクリートの材料試験結果を一覧にして示している。また、鉄筋の降伏強度は D19 で 369.7 MPa であった。

3. 数値解析モデル

図-2 には、本解析で用いた試験体の要素分割状況を示している。解析モデルは、RC 梁の対称性を考慮してスパンおよび断面方向に 2 等分した 1/4 モデルである。なお、要素分割状況は短繊維混入率 V_f によらず同一とした。

4. 材料構成則および接触面要素に適用したモデル

図-3 にはコンクリートの応力-歪関係を示している。コンクリートの材料構成則には、圧縮側に関しては、材料試験結果から得られた圧縮強度 f'_c を用いて、圧縮歪 $3,500 \mu$ までは土木学会コンクリート標準示方書（以後、示方書）に基づいて定式化し、 $3,500 \mu$ 以後は初期弾性係数の 0.05 倍で $0.2 f'_c$ まで線形軟化するモデルとした。一方、引張側に関しては、trilinear モデル（以後、示方書モデルと称す）を用いている。本研究では、示方書モデル

を基本として、短繊維混入コンクリートの引張軟化曲線を適切にモデル化することを目的に、引張軟化曲線における勾配変化点の引張応力 f'_t および引張応力が零になるひずみ ε_3 をパラメータにとり、各パラメータを表-2 に示すように変化させて検討を行うこととした。また、鉄筋要素には塑性硬化係数を考慮した弾塑性体モデルを適用した。

本解析では、予め主鉄筋の周辺に Bond-slip モデルの接触面要素を配置し、主鉄筋のすべりをモデル化している。

5. 各パラメータに関する解析的検討

図-4(a) には、 ε_3 を変化させた各解析結果の荷重-変位関係を実験結果と比較して示している。ここでは、 $f'_t = f'_t/2$ とした SF2 試験体を例に示している。図より、 ε_3 の値を大きくするに従い、剛性勾配も僅かではあるが増加しており、次第に実験結果に近づいている様子がうかがえる。また、SF1 試験体の場合や、 f'_t の値を変化させ

表-1 コンクリートの力学的特性一覧

試験体名	圧縮強度 f'_c (MPa)	引張強度 f'_t (MPa)	弾性係数 E_{ci} (GPa)	ポアソン比 ν
SF0	59.7	3.51	40.9	0.2
SF1	60.3	3.54	41.1	
SF2	52.3	3.22	39.5	

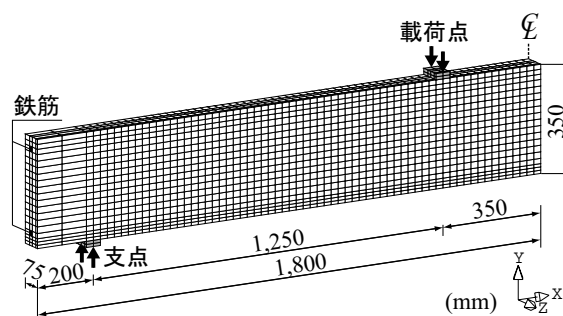


図-2 要素分割図の一例

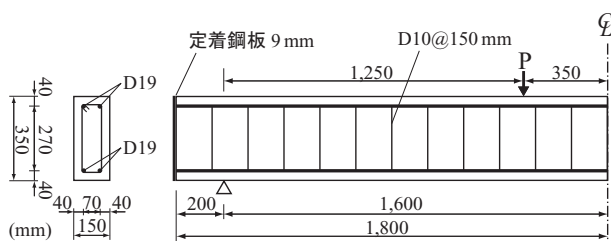


図-1 試験体の概略図

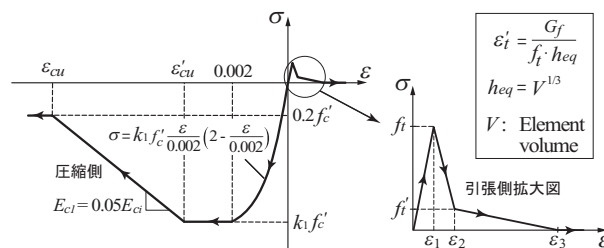


図-3 コンクリートの応力-歪関係

キーワード：RC 梁，PVA 短繊維，体積混入率，引張軟化曲線，耐荷性状，非線形解析

連絡先：〒050-8585 室蘭市水元町 27-1 室蘭工業大学 建設システム工学科 TEL 0143-46-5230 FAX 0143-46-5227

表-2 各解析ケースの一覧

試験体名	コンクリートの引張軟化曲線のパラメータ			
	f_t'	ϵ_1	ϵ_2	ϵ_3
SF0	$f_t/4$	f_t/E_{ci}	$0.75\epsilon_t'$	$5\epsilon_t'$
SF1	$f_t/4, f_t/3,$			$10\epsilon_t', 50\epsilon_t', 100\epsilon_t',$
SF2	および $f_t/2$			$200\epsilon_t'$ および ∞

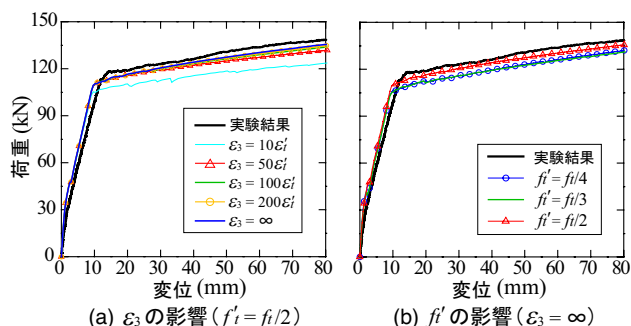


図-4 荷重-変位関係に及ぼす各パラメータの影響 (SF2 試験体)

る場合においても、 ϵ_3 による影響が類似の性状を示すことを確認していることより、 $\epsilon_3 = \infty$ と設定することで実験結果を大略再現可能であるものと考えられる。

図-4(b) には、 f_t' に着目した各解析結果による荷重-変位関係を実験結果と比較して示している。ここでは、上述のとおり決定した $\epsilon_3 = \infty$ とした SF2 試験体を例に示している。図より、 $f_t/2$ と設定することにより、解析結果は実験結果と大略対応していることが分かる。一方、SF1 試験体の場合では、 $f_t' = f_t/3$ の場合において、解析結果は実験結果と大略対応していることを確認している。

以上のことより、本研究の範囲内では、 ϵ_3 を ∞ 、 f_t' を SF1 試験体の場合には $f_t/3$ 、SF2 試験体の場合に関しては $f_t/2$ と設定することにより、実験結果を概ね再現可能であることが明らかとなった。

6. 数値解析結果および考察

ここでは、前章で同定した ϵ_3 および f_t' を用いた場合における解析結果と実験結果との比較を行うこととする。

図-5 には、一例として、主鉄筋降伏後の変位 12 mm 時点における SF0 および SF2 試験体に関する解析結果の軸方向歪コンター図および変形状況を示している。図より、ひび割れの発生領域と推察される引張歪 1,200 μ 以上の箇所は、SF0 試験体よりも SF2 試験体の場合に多いことが分かる。これは、短繊維を混入することにより、ひび割れ間隔が密になり、分散して多数発生したためである。なお、実験時においても同様の性状を確認していることより、解析結果は実験結果のひび割れ状況を大略再現しているものと判断される。

図-6 には、各試験体の荷重-変位関係に関する解析結果と実験結果との比較を示している。各試験体に関す

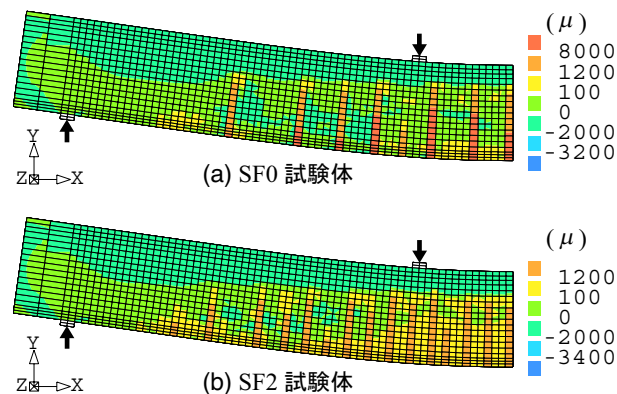


図-5 変位 12mm 時点における軸方向歪分布 (変形倍率: 15)

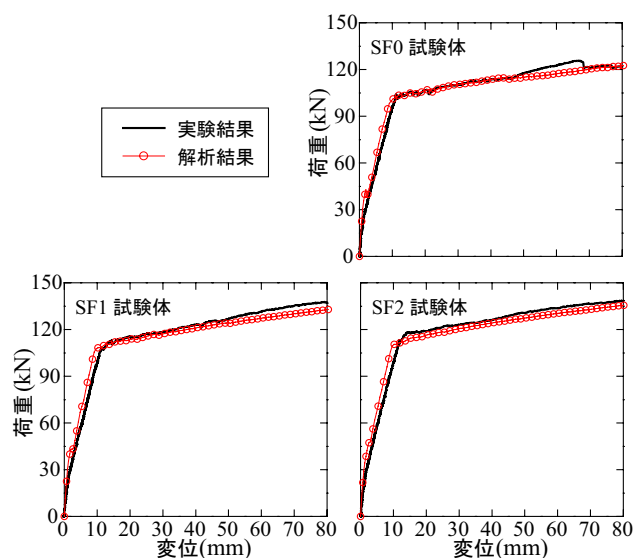


図-6 荷重-変位関係

る比較図より、主鉄筋降伏荷重や主鉄筋降伏後の剛性勾配に若干の差異があるものの、実験・解析の両結果は大略一致していることが分かる。

7. まとめ

- 1) 耐荷性状に及ぼすコンクリートの引張応力が完全に開放されるひずみ ϵ_3 の影響は、その値を大きく設定することにより、主鉄筋降伏後の剛性勾配も大きくなる傾向にある。
- 2) コンクリートの引張軟化勾配変化点応力 f_t' を大きく設定すると、主鉄筋降伏荷重も大きくなる傾向にある。
- 3) 本研究の範囲内では、コンクリートの引張軟化曲線において、SF1 試験体は $\epsilon_3 = \infty$ および $f_t' = f_t/3$ 、SF2 試験体では $\epsilon_3 = \infty$ および $f_t' = f_t/2$ と設定することによって、実験結果の曲げ耐荷性状やひび割れ状況を大略再現可能である。

参考文献

- 1) 栗橋祐介, 岸 徳光, 田口史雄, 三上 浩: PVA 短繊維を混入した RC 梁の曲げ耐荷性状, コンクリート工学年次論文集, Vol.27, No.1, pp.277-282, 2005.