

炭素繊維シートで補強した角形コンクリート柱の圧縮耐力について

中部大学 学生員○大工 綾子 中部大学 正員 水野 英二
三重大学 辻 誠 三重大学 正員 畑中 重光

1. まえがき

炭素繊維で補強された角形断面コンクリート柱では、面取り半径の大小によって、内部コンクリートへの拘束効果が異なることが予測される。本研究では、角形コンクリート供試体に対する炭素繊維シート(CFシート)による補強効果を三次元有限要素法により解析的に解明し、端面摩擦ならびに面取り半径の圧縮耐力への影響等を考察し、その損傷メカニズムを調べることを目的とする。

2. 供試体概要

本研究で解析対象とした、供試体の形状・寸法を図-1、供試体概要を表-1 に示す。なお、圧縮実験では、上下端面に摩擦を入れて実験を行った。

表-1 供試体概要

供試体名	コンクリート強度 Fc (MPa)	面取り半径 (cm)	シート巻数	重ね長さ (cm)	ヤング係数 (MPa)
10rf	27.1	1	2	0	3,334
20rf	27.1	2	2	0	3,334
30rf	27.1	3	2	0	3,334

表-2 炭素繊維シートの特性¹⁾

設計用曲げ引張基準強度 ⁽¹⁾ (MPa)	ヤング係数 (GPa)	断面積 (cm ² /m)	目付量 ⁽²⁾ (g/m ²)
2,500	240	1.11	200

(1) 引張強度は 3500MPa 以上 (2) 目付量：単位面積当たりの CF シートの重量

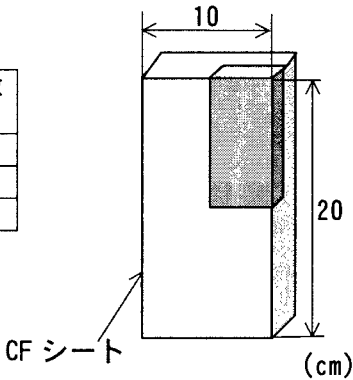


図-1 供試体の形状・寸法

3. 三次元有限要素解析

3.1 解析の概要

本研究では、三次元有限要素プログラム FEAP を使用する。

表-3 付着要素の材料特性

	強度	ポアソン比	ヤング係数	備考
付着要素	490GPa	3×10^{-6}	2.1 MPa	厚さ：CF シートの厚さの 1/10 剛性：CF シートの剛性の 1/10 ⁵

構成モデルとして、コンクリート部分にはひずみ軟化型構成モデル²⁾を採用し、CF シートは完全弾塑性体および付着要素部分は弾性体とした。また、付着要素はエポキシ樹脂等による CF シートからの間接的な締め付けを考慮するために導入した。付着要素の材料特性を表-3 に示す。なお、供試体は断面内二軸対称ならびに上下対称と仮定し、解析モデルを供試体の 1/8 の部分モデルとした(図-1 に示す 1/8 部分)。解析では、端面摩擦が有る場合と無い場合との 2 ケースを行った。図-2 には、20rf 供試体(面取り半径 2cm、端面摩擦有り)の要素分割図を例図として示す。

3.2 解析結果および考察

(1) 応力-ひずみ曲線：各供試体に対する応力-ひずみ曲線を図-3(a), (b)および(c)に示す。図中の実線は解析結果 (rf：端面摩擦有り, r：無し)を、破線は実験結果を示す。なお、図中の数値は、解析結果による最大応力値を示す。以下に、各供試体に対する解析結果と実験結果との比較および考察を行う。

(a) 供試体 10rf：両解析結果は、実験結果よりも大きな耐力を示す。実験では、軸ひずみ 0.1%程度で CF シートが破断している。

(b) 供試体 20rf：実験結果は、両解析結果の中間の挙動を示している解析結果は、概ね実験挙動を再現している。

(c) 供試体 30rf：解析結果(端面摩擦有り)は、実験結果と比較して、低い耐力を示している。

いずれの解析も実験と同程度の初期剛性を示し、面取り半径の増加にともないエネルギー吸収量が増すことが確認できる。

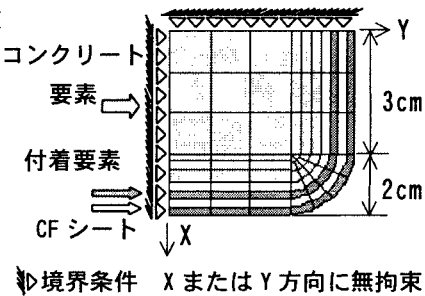


図-2 要素分割図

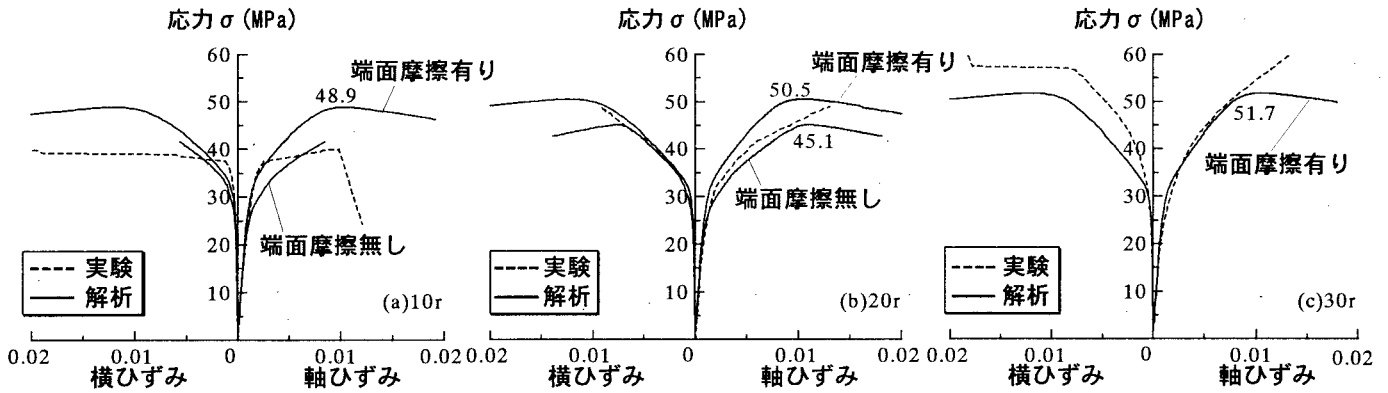


図-3 応力-ひずみ関係

(2)等価拘束圧・損傷度の進展：等価拘束圧および損傷度を図-4 に示す各切断面(A および B)にて考察する。各軸ひずみ(0.5, 1.0 および 1.5%)に対する切断面 A(供試体中央面から 1.5cm 上側)における各要素の平均等価拘束圧の分布状況を図-5 および 6 に示す。なお図中 σ_{LY} は, CF シートからの作用する計算拘束圧であり, ここでは 5MPa である。円形断面の場合には, 断面全域に拘束領域が広がっていることが分かっているが^{3),4)}、角形断面の場合には, 対角線状に拘束力が働く傾向にある。切断面 B(供試体中心から 3.0cm 外側)における各ガウスの損傷度の分布状況を図-7 および 8 に示す。端面摩擦を考慮した解析結果の方が, 上面が拘束されているため中央部分の損傷の進展が速くなり, 0.1%軸ひずみ時点からひずみ軟化が始まる。また, 内部でせん断破壊が生じる。

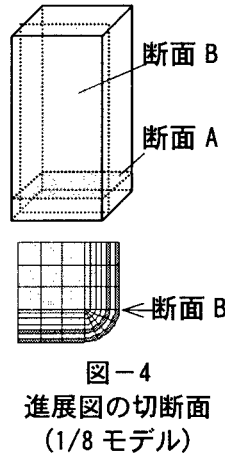


図-4 進展図の切断面 (1/8 モデル)

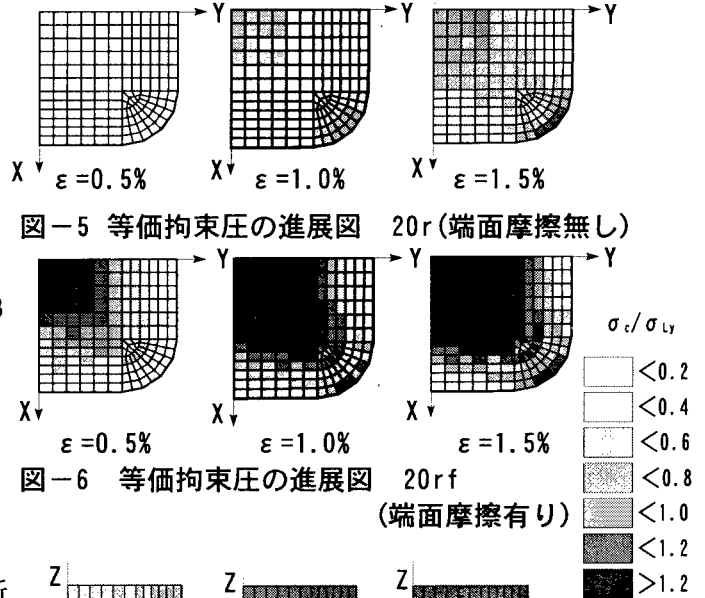


図-6 等価拘束圧の進展図 20rf (端面摩擦有り)

4. まとめ

角形コンクリート柱の破壊メカニズムについて解析的考察を行った結果, 面取り半径が大きいと, CF シートによる拘束圧の効果は大きいことが確認できた。また, 端面摩擦を考慮した解析では, 上部は損傷を受けにくく, 内部ではせん断破壊を起こしていることが分かった。

謝辞：本研究は, 文部省ハイテクリサーチ構想による研究費(中部大学)によったことを付記する。

参考文献

- 1)伊藤秀樹：炭素繊維シートを用いたコンクリート部材の補強に関する基礎研究, 平成9年度 三重大学修士論文。
- 2)水野英二, 森本康介, 畑中重光：中心軸圧縮力を受けるコンファインドコンクリートの拘束効果に関する三次元 FEM 解析, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.20-3, 85-90, 1999。
- 3)深津伸, 水野英二, 山田善一, 森本康介, 畑中重光：炭素繊維シートで補強されたコンクリート供試体の圧縮挙動解析, 土木学会第54回年次学術講演会, 第1部(A), 510-511, 平成11年9月。
- 4)水野英二, 大工綾子, 畑中重光：炭素繊維シートで補強した円形コンクリート柱の圧縮耐力について, 土木学会中部支部平成11年度研究発表会。

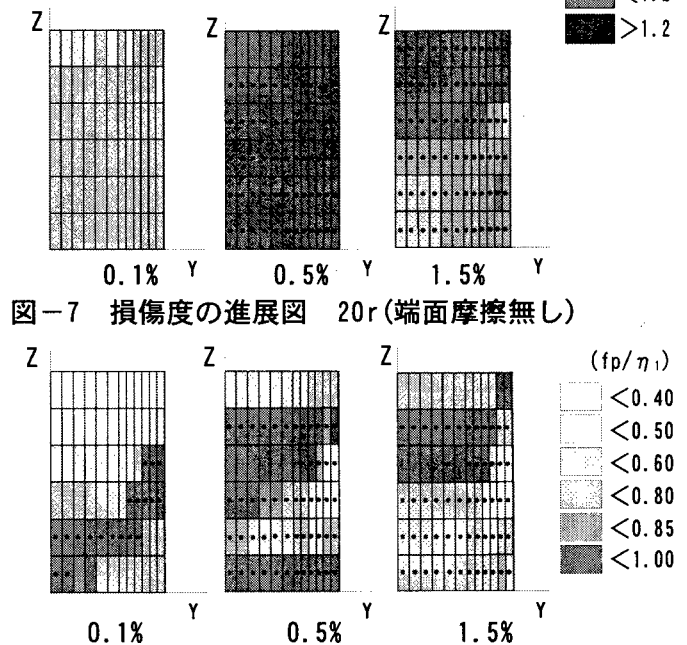


図-8 損傷度の進展図 20rf(端面摩擦有り)