

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

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

1. まえがき

阪神大震災では、既存の鉄筋コンクリート(RC)および鉄骨鉄筋コンクリート(SRC)構造の曲げせん断破壊によって、橋脚を中心に多大な被害が生じたため、震災以降、耐震補強の必要性が高まっている。本研究では、高性能繊維補強材(FRP)に属する炭素繊維シート(CF シート)で補強されたコンクリート供試体の力学的特性を把握し、RC 柱の圧縮耐力向上に大きく寄与していると思われるコンクリートへの拘束効果について三次元有限要素法により解析的な考察を行った。

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、CF シートの特性を表-1、供試体概要(部分巻き)を表-2 に示す。

表-1 CF シートの特性

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

表-2 供試体(部分巻き)概要¹⁾

シリーズ名	コンクリート強度 F_c (MPa)	重ね長さ d (cm)
2C	20	0, 10, 20, 30, 40 (完全 2 層巻き)
4C	40	10, 40 (完全 2 層巻き)
6C	60	10, 40 (完全 2 層巻き)

[供試体記号] (シリーズ名)- d

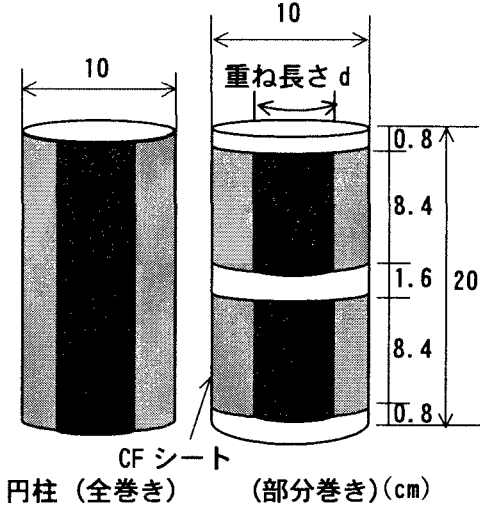


図-1 供試体の形状・寸法

3. 三次元有限要素解析

3.1 解析の概要

本研究では、8 節点アイソパラメトリック三次元ソリッド要素を組み込んだ三次元有限要素プログラム FEAP を使用する。

構成モデルとして、コンクリート部分には、水野らのひずみ軟化型モデル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、供試体は断面内一軸または二軸対称ならびに上下対称と仮定し、供試体の 1/4 または 1/8 の部分解析モデルとした。本研究では、載荷面での摩擦は無いものとして解析を行った。なお、2C00(コンクリート強度 20MPa, 重ね長さ 0cm)の供試体に対しては、全巻き解析と部分巻き解析を行った(図-1 参照)。

3.2 解析結果および考察

(1) 応力-ひずみ曲線：一例として、2C00 供試体および 2C40 供試体に対する応力-ひずみ曲線を図-2 に示す。図から、2C00 供試体に対する全巻き解析と部分巻き解析とでは有意な差は生じないことが分かる。解析による軸応力-軸ひずみ関係は比較的良く実験結果を再現できている。また、全体的に重ね長さの増加に伴わないエネルギー吸収量も増すことが分かる。

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	490 GPa	3×10^{-5}	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 $1/10^5$

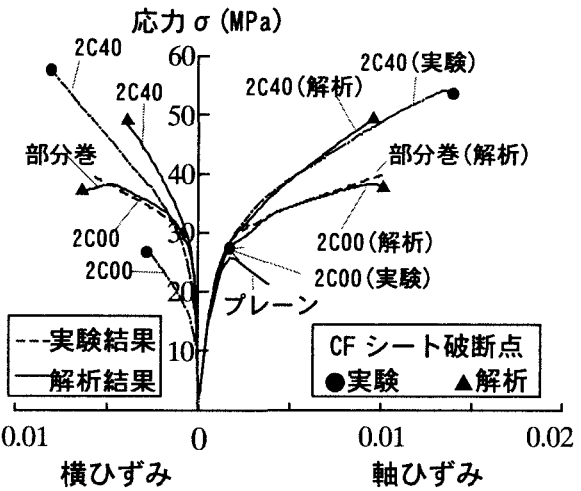


図-2 応力-ひずみ関係

(2)等価拘束圧・損傷度の進展：圧縮下での全巻き供試体に対する拘束圧および損傷度は概ね一様に進展する結果が得られた。以下では、2C00 供試体の部分巻き解析結果に対して考察を行う。

図-3 により部分巻き供試体の拘束メカニズムを説明する。圧縮力 P が作用し始めると、CF シートが巻いていない上面の A 部分(および下面の B 部分)のコンクリートは側方へはらみ出そうとする。しかし、図-3 に示すように、それらの周辺では、コンクリートの側方へのはらみ出しが繊維によって制限されるので、高い拘束圧が作用することになる(図中の内側への矢印)。同様に、CF シートが巻いてある部分(図-3 の中央部分)の上面(下面)でも、上部(下部)のコンクリートのポアソン効果によって、外に押し拡がろうとする。よって、結果的には CF シートが巻いてある(A-B)区間の中央部分よりも相対的に大きな拘束圧がコンクリートに働くことになる。

等価拘束圧および損傷度を図-4 に示す各切断面(A, B および C)にて考察する。切断面 A(中央面)および B(中央面から 5.0cm 上側)における、各軸ひずみ(0.5, 1.0, 1.3%)での各要素の平均等価拘束圧の状況を図-5 に示す。なお、図中の σ_{LY} は、CF シートからの計算拘束圧であり、ここでは 5MPa である。断面 B では CF シートからの引張力によってコンクリート表面の拘束圧が減少していることが分かる。一方、切断面 C における、各軸ひずみ(0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 1.3%)時点での各ガウス点の損傷度の状況を図-6 に示す。損傷度とは、現時点での強度パラメータ f_p とその最大値(破壊時) $\eta_1=243.1$ との比で定義される。図中の「・」はコンクリート要素のガウス点が軟化領域にあることを示す。部分巻き円柱コンクリート供試体では、シート中央部で損傷が進行することが分かる。

4. まとめ

CF シートで補強した円形コンクリート柱の圧縮挙動を三次元有限要素法により解析した。全巻きの円柱供試体では、軸ひずみの増加に伴い、拘束圧は損傷度の進展と同様に一様に分布することが確認できた。一方、部分巻き円柱コンクリート供試体は、シート中央部で損傷が進行することが分かった。

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。

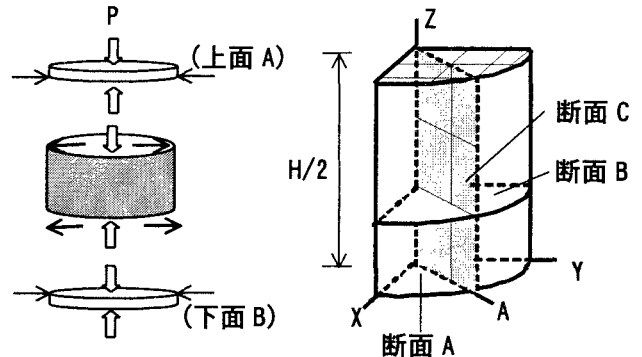


図-3 メカニズム説明モデル

図-4 進展図の切断面(1/8モデル)

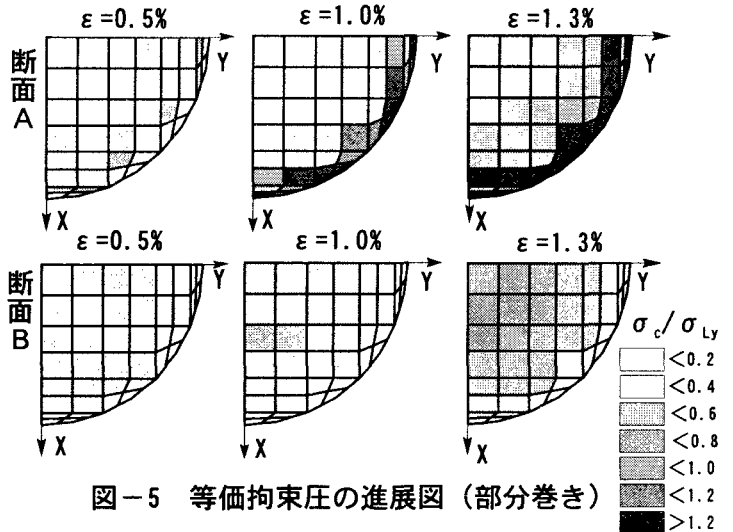


図-5 等価拘束圧の進展図(部分巻き)

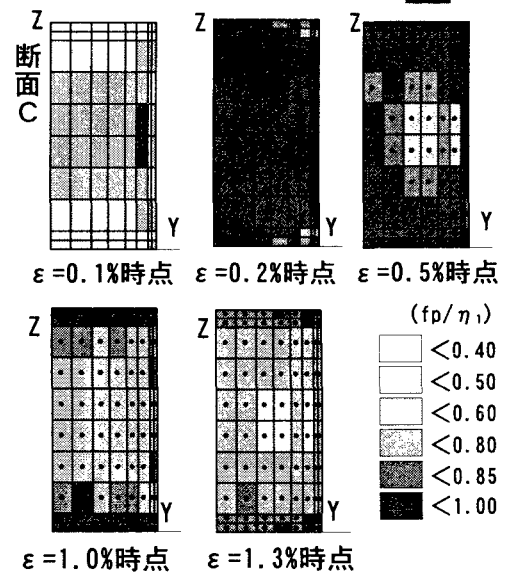


図-6 損傷度の進展図(部分巻き)