

I-A256

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

名古屋大学大学院 学生員 深津 伸 中部大学 正員 水野 英二
中部大学 正員 山田 善一 前田建設工業 森本 康介 三重大学 正員 畑中 重光

1. まえがき

コンクリート構造物に対する補強・補修の必要性が増す中で、炭素繊維に代表される高性能繊維による補強・補修が脚光を浴びている。しかし、それらについて力学的特性に関する解析的研究は未だ少なく、課題が山積した状態にある。本研究では、炭素繊維シート（以下、文中にて CF シートと称す）で補強されたコンクリート供試体の一軸圧縮実験結果¹⁾に対し、三次元有限要素法による解析的な考察を行った。

2. 供試体概要

本研究で用いた供試体の形状・寸法を図-1、CF シートの特性を表-1、供試体概要を表-2 に示す。

表-1 炭素繊維シートの特性

設計用曲げ引張基準強度 ¹⁾ (MPa)	弾性係数 (GPa)	断面積 (cm ² /m)	目付量 ²⁾ (g/m ²)
2500	240	1.11	200

1) 引張強度は 3500MPa 以上 2) 目付量：単位面積当たりの炭素繊維シートの重量

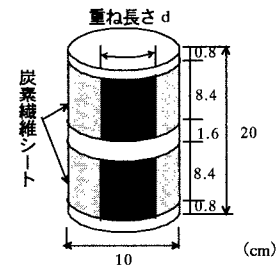


図-1 供試体の形状・寸法

表-2 供試体概要

供試体名	コンクリート強度 F_c (MPa)	重ね長さ d (cm) 末尾に記載 ex: 2C10
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)

3. 一軸圧縮時の塑性エネルギー吸収能

CF シートの重ね長さおよびコンクリート強度の影響についてエネルギー的観点から考察を行った。塑性エネルギー吸収能は応力-変位曲線で囲まれる面積（ひずみエネルギー）から弾性部分の面積（弾性エネルギー）を差し引いたもので定義される。

計算結果を図-2 に示す。重ね長さが 40cm（完全 2 枚巻き）になると吸収能が一段と増すことが分かる。その他、2 枚巻きに満たないケースでは、CF シートの層の薄い場所で CF シートが破断するため、緩い増加に留まると考えられる。

エネルギー (KPa)

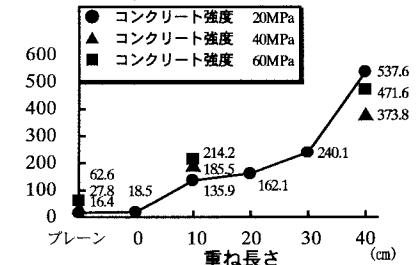


図-2 重ね長さと塑性吸収エネルギーとの関係

表-3 付着要素の材料特性

	ポアソン比	弾性係数	備考
付着要素	鋼の $1/10^5$	鋼の $1/10^5$	厚さ：CF シートの厚さ(0.1mm)の $1/10$

4. 三次元有限要素解析

4.1 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、炭素繊維シートは完全弾塑性体、エポキシ樹脂等による緩衝効果を考慮した付着要素部分は弾性体とする。材料特性を表-3 に示す。なお、供試体は、上下対称、断面内で一軸および二軸対称と仮定し、供試体の $1/4$ および $1/8$ の部分モデルを用いて解析した。境界条件として、端部には摩擦はないものと仮定し、変位制御によりコンクリート部分にのみ載荷を行った（中押し載荷）。

キーワード：コンクリート、炭素繊維、拘束効果、構成則、三次元有限要素解析

連絡先 〒487-8501 春日井市松本町 1200 中部大学工学部土木工学科 TEL：0568-51-1111 FAX：0568-52-0134

4.2 解析結果および考察

(1) 応力-ひずみ曲線：応力-ひずみ曲線を図-3 に示す。応力-軸ひずみ関係に対しては、解析は比較的良く実験結果を表現できるが、CF シートの破断点を再現することはできなかった。

(2) 平均等価拘束圧：軸ひずみ 0.1, 0.5, 1.0, および 1.5% 時点の平均等価拘束圧（ガウス点での等価拘束圧の平均値）を計算側圧 σ_{LY} (5MPa) で除した値 σ_c/σ_{LY} と軸ひずみとの関係を図-4 に示す。各ケースの σ_c/σ_{LY} は軸ひずみに対して線形的に伸び、重ね長さの増加に応じて拘束圧が増加する。

(3) 等価拘束圧・損傷度の進展：等価拘束圧および損傷度を図-5 に示す切断面にて考察した。等価拘束圧については、ケース 2C00 の軸ひずみ 0.5, 1.0, 1.5% に対する切断面 B における各要素の平均等価拘束圧の進展を図-6 に示す。円形断面であるため断面内に比較的一様な拘束圧が分布している。また、断面の外側付近は CF シートの引張力（上下方向）によって拘束圧が減少していることが分かる。次に、ケース 2C00 の軸ひずみ 0.1, 0.3,

0.5, 1.5% に対する切断面 A における各ガウス点の損傷度の進展を図-7 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 η_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。図より断面内一様に損傷が進み、軸ひずみが 0.3% 付近でコンクリートの軟化が始まることが分かる。また、この時点から CF シートによる拘束効果が推測できる。

5. まとめ

重ね長さの違いによる炭素繊維シート補強コンクリート供試体の応力-ひずみ曲線、等価拘束圧分布およびコンクリート内部の損傷の進展について FEM 解析によって考察をした。

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）、および平成 9・10 年度文部省科研費・基盤研究 B(2)（研究代表者・谷川恭雄 名古屋大学大学院教授）によってを付記する。

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，平成 11 年度 コンクリート工学年次論文報告集。

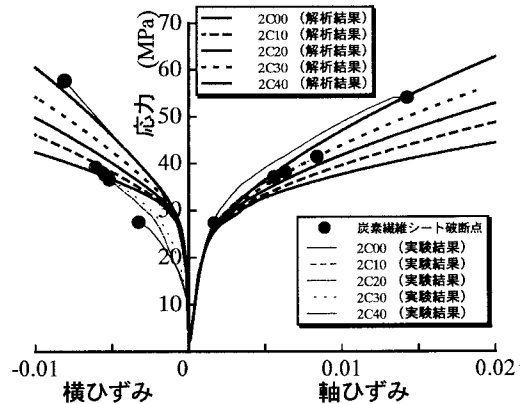


図-3 解析結果と実験結果との比較

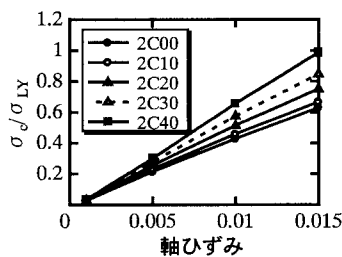


図-4 平均等価拘束圧の変動

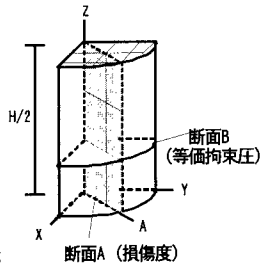


図-5 進展図の切断面モデル

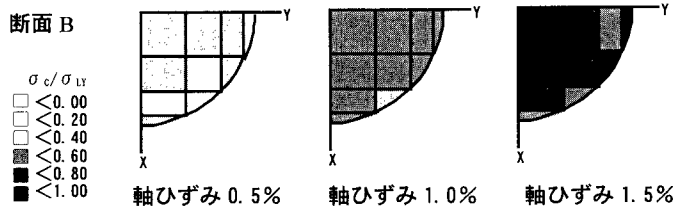


図-6 等価拘束圧の進展図 (2C00)

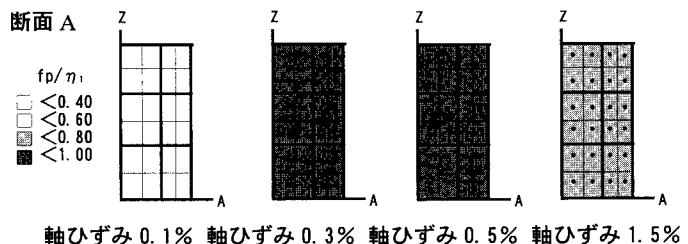


図-7 損傷度の進展図 (2C00)