

炭素繊維シートで補強したコンクリートの一軸圧縮性状

中日本建設コンサルタント 正員 大工 綾子

中部大学 正員 水野 英二

三重大学 正員 畑中 重光

1. まえがき

既存コンクリート構造物の耐震補強の必要性から高性能繊維補強材に属する炭素繊維シート(CF シート)を用いた補強方法の開発が推進されている。本研究では、CF シートで補強された円形および角形コンクリートの一軸圧縮特性を把握し、内部コンクリートへの拘束効果および破壊メカニズムを解析的に考察する。

2. 三次元有限要素解析の概要

本解析で用いた供試体の形状・寸法を図-1、円形の供試体概要を表-1、および角形供試体の概要を表-2 に示す。供試体は断面内にて、一軸(重ね長さを考慮する場合の円形断面)または二軸(角形および円形断面)対称ならびに上下対称と仮定し、円形供試体には 1/4 部分または 1/8 部分、角形供試体には 1/8 部分を解析モデルとして用いた。本解析では、8 節点アイソパラメトリック三次元ソリッド要素¹⁾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とした。コンクリートと CF シート間には、弾性的な付着要素を設けた。これは、CF シートからの拘束効果がエポキシ樹脂等によって緩和される効果を考慮するために導入した。CF シートおよび付着要素の特性を表-3 に示す。付着要素の強度パラメータは、円形供試体 2C00 の解析値と実験値の応力-ひずみ関係から同定した。

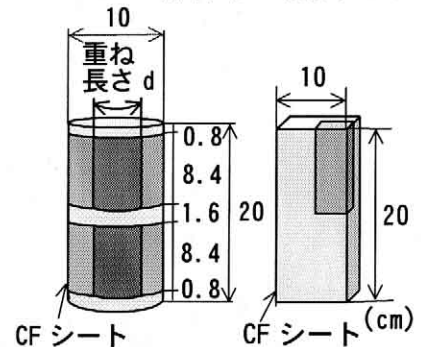


図-1 供試体の形状・寸法

表-1 円形供試体概要

シリーズ名	コンクリート強度 Fc(MPa)	重ね長さ d(cm)
2C	20	00(1 層巻き), 10, 20, 30, 40(2 層巻き)

[供試体記号] (シリーズ名)-d

表-2 角形供試体概要

供試体名	面取り半径 (mm)	コンクリート強度 Fc(MPa)	炭素繊維シート 補強量(枚数)
10r	10	27.6	2
10rf	10		
20r	20		
20rf	20		
30r	30		
30rf	30		

表-3 CF シートおよび付着要素の材料特性

	強度(GPa)	弾性率(GPa)	ポアソン比	厚さ(cm)
CF シート	34.3	230	0.2	0.01
付着要素	4900	2×10^{-3}	3×10^{-6}	0.001

3. 解析結果および考察

(1) 応力-ひずみ曲線 (円形): 2C シリーズ供試体に対する応力-ひずみ曲線を図-2 に示す。図

から分かるように、重ね長さが 30 cm までは CF シート破断時の軸ひずみは 0.012 程度であるのに対し、重ね長さが 40 cm (完全 2 枚巻き) になると軸ひずみは 0.015 と 1.25 倍に増加する。

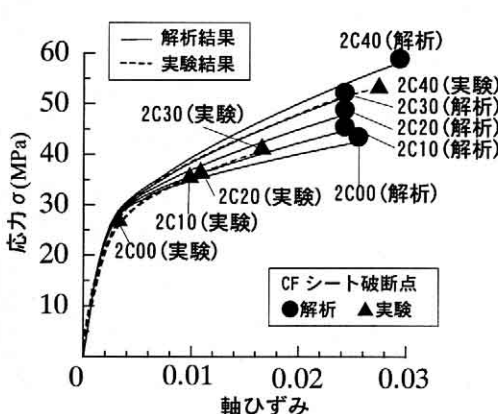


図-2 応力-ひずみ曲線 (円形)

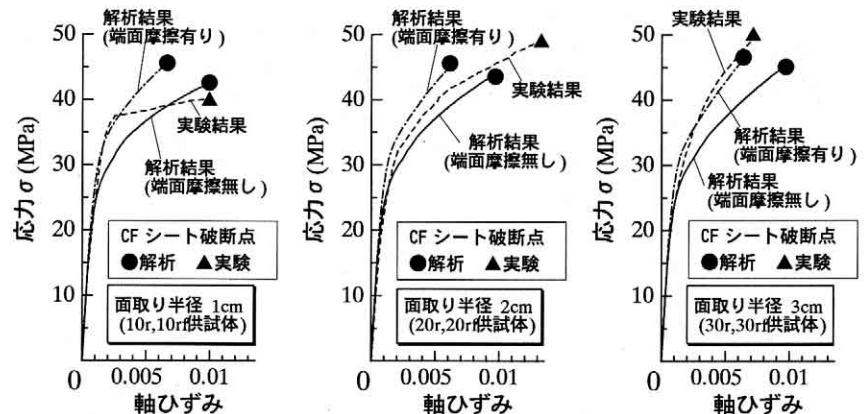


図-3 応力-ひずみ曲線 (角形)

キーワード: 応力-ひずみ関係, 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

(2) 応力-ひずみ曲線 (角形) : 面取り半径の違いによる応力-ひずみ曲線を図-3 に示す。実験は端面摩擦が存在する状態で載荷しており、一方、解析は端面拘束有り無しで行っている。ここで、解析中の端面拘束有りとは、供試体端面の横方向の変形を完全拘束したのもであり、実験時の状態より拘束効果が大きい。実験結果は、端面拘束有り無しとの条件下で得られた二種類の解析結果付近に位置している。また、面取り半径の増加に伴い炭素繊維シート破断時の軸ひずみが大きくなる事が分かる。

(3) エネルギー吸収量 : 円形および角形供試体に対する CF シート破断時までのエネルギー吸収量の解析結果と実験結果との比較を図-4 および図-5 に示す。図-4 では、重ね長さが 40 cm (完全 2 枚巻き) になると、重ね長さが 0 cm (完全 1 枚巻き) の場合と比較して吸収量が 1.5 倍程度増加することが解析結果から分かる。一方、実験結果では、重ね長さ 30cm までは、実験結果と解析結果との間に差が生じている。

それゆえ、CF シートは 2 枚巻き以上が適切であるといえる。また、図-5 より、角形供試体では、面取り半径の増加に伴い、エネルギー吸収量が 1.5 倍程度上昇することが実験結果から分かる。一方、解析結果では、面取り半径に拘わらずエネルギー吸収量はほぼ一定である。

(4) 等価拘束圧・損傷度 : 一例として、CF シート破断時における 2C40 供試体 (円形), 20r および 20rf 供試体 (角形) の等価拘束圧 σ_c および損傷度を図-6 および図-7 に示す各切断面にて考察する。等価拘束圧の進展図を図-8 および図-9 に示す。図中の σ_{LY} は CF シートからの計算拘束圧であり、円形では 5.7 MPa, 角形は 6.5 MPa である。また、損傷度の進展図を図-10 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「 $\cdot$ 」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。

(5) 考察 : 円形供試体では、シートを巻き付けた内部コンクリートにて損傷が最も進展しやすい状態となる (図-8 および図-10(a))。角形供試体では、端面摩擦が有る場合、上面が拘束されているため内部コンクリートの拘束圧および損傷度の進展が早くなり (図-9 および図-10(b), (c)), 内部ではせん断破壊が生じる (図-10(b))。また、隅角部での拘束圧が大きくなり、より円形に近い形状の方が炭素繊維シートの巻き付けによるエネルギー吸収量、すなわち圧縮能が増大する。

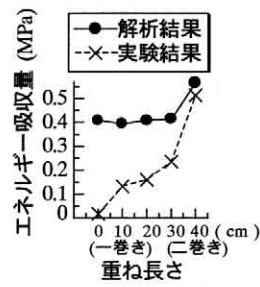


図-4 エネルギー吸収量 (円形)

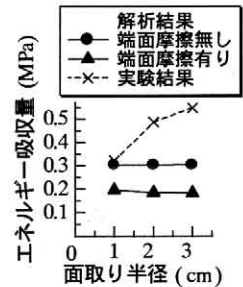


図-5 エネルギー吸収量 (角形)

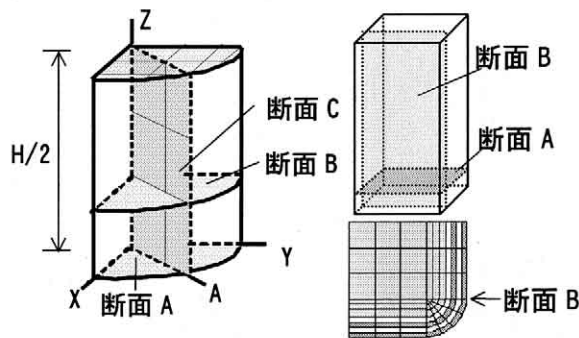


図-6 進展図の切断面 (円形; 1/8 モデル) 図-7 進展図の切断面 (角形; 1/8 モデル)

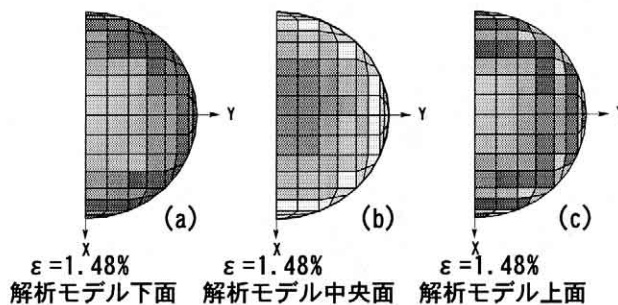


図-8 等価拘束圧の進展図 (円形: 2C40)

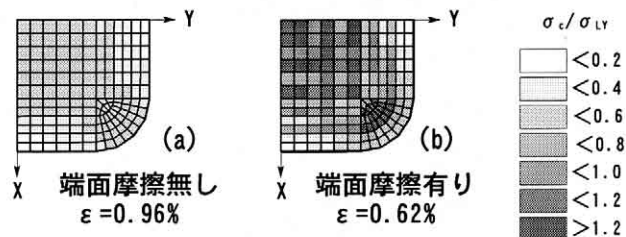


図-9 等価拘束圧の進展図 (角形: r=2cm)

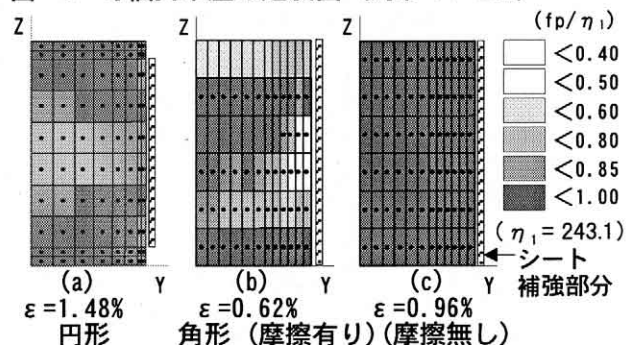


図-10 損傷度の進展図

参考文献

- 1) Chen, W.F. and Mizuno, E. : Nonlinear Analysis in Soil Mechanics, Elsevier, 1990.
- 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集, Vol.20-3, 85-90, 1999.