

炭素繊維シートによるコンクリート柱の横拘束効果

香川能開短大 正会員 ○宮内克之 鳥取大学 正会員 井上正一

鳥取大学 正会員 黒田 保 鳥取大学 学生会員 満田恭輝

東燃（株） 正会員 小林 朗

1. はじめに

既存の鉄筋コンクリート構造物の補強方法として炭素繊維シート貼付けによる補強方法は極めて有望である。本研究においては、炭素繊維シート貼付けによる横拘束効果、圧縮強度の増大およびじん性向上効果を、普通強度のコンクリートおよび今後利用が高まるとされる高強度コンクリートを用いたコンクリート柱によって検討した。

2. 実験概要

実験計画の一覧を表-1に示す。なお、供試体は同一条件ごとに2体作製し試験に供した。補強に用いた炭素繊維シートの機械的性質を表-2に示す。

材齢 28 日を目標に表面が十分に乾燥した状態で表面整形を施し、図-1に示すように炭素繊維シートを周方向に貼り付けた。載荷にあたっては、荷重はロードセルを用いて測定し、原則として最大荷重に達する直前から変位制御で載荷した。また、供試体の軸方向および周方向のひずみを測定した。

3. 実験結果および考察

炭素繊維シートで補強した円柱供試体の一軸圧縮試験結果を表-1に示す。C100S-1, C100S-2 では、最大応力に達した後に応力が低下して破壊するため、この場合には無補強供試体の圧縮強度まで応力が低下した時点を終局時とした。

図-2は無補強供試体の圧縮強度で正規化された圧縮強度と終局拘束応力 f_r （式(2)）との関係を示したものである。これより、正規化した圧縮強度はコンクリート強度や供試体の寸法に関係なく、終局拘束応力の増加に伴って直線的に増加することがわかる。実験結果より得られる回帰式は式(1)となった。

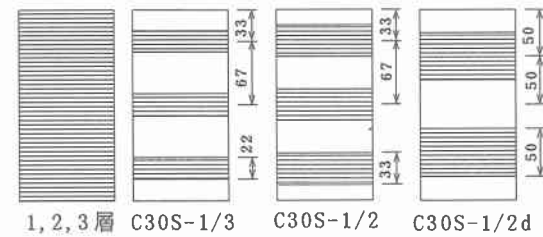


図-1 炭素繊維シートの貼付け方法（単位：mm）

表-1 実験計画および実験結果一覧表

供試体 記号	供試 体 寸法 (cm)	目標強度 f'_{35} (N/mm ²)	炭素繊維 補強量 ρ_{CF} (%)	最大応力 f'_{cu} (N/mm ²)	終局時 軸ひずみ ϵ'_{cu} ($\times 10^{-6}$)
N50L	$\phi 15 \times 30$	50	0.000	45.2	2188
C50L-1			0.293	59.4	9450
C50L-2			0.587	79.4	12450
N30L		30	0.000	31.2	1950
C30L-1			0.293	52.4	12125
C30L-2			0.587	67.4	15538
C30L-3			0.880	81.7	20125
N20L		20	0.000	23.6	1803
C20L-1			0.293	36.5	15892
C20L-2			0.587	50.8	23835
C20L-3			0.880	64.3	—
N100S	$\phi 10 \times 20$	100	0.000	109.5	2870
C100S-1			0.440	117.3	*4237
C100S-2			0.880	122.5	*5512
N50S		50	0.000	51.9	1922
C50S-1			0.440	75.2	9563
C50S-2			0.880	104.6	12750
N30S		30	0.000	33.7	1898
C30S-1/3			0.147	36.6	7884
C30S-1/2			0.220	41.6	9739
C30S-1/2d			0.220	42.5	9646
C30S-1			0.440	69.6	14063
C30S-2			0.880	88.0	14875
C30S-3			1.320	109.9	19000
N20S		20	0.000	26.3	1925
C20S-1			0.440	50.7	19913
C20S-2			0.880	70.9	23556
C20S-3			1.320	84.9	—

供試体記号：N：無補強，C：炭素繊維シート貼付け
L： $\phi 15 \times 30$ ，S： $\phi 10 \times 20$
末尾の数字：炭素繊維シートの貼付け枚数
炭素繊維補強量 ρ_{CF} ：式(2)による。
終局時軸ひずみ：*印以外は、終局時と最大応力時が一致する。

表-2 炭素繊維シートの機械的性質

設計厚さ (mm)	繊維目付 (g/m ²)	引張強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)
0.110	200	3,481	230.5

$$f'_{cc}/f'_{co} = 1.0 + 2.98 f_r / f'_{co} \quad (1)$$

$$f_r = \frac{1}{2} \rho_{CF} f_{CF} \quad (2)$$

$$\rho_{CF} = 4nt / \phi \quad (3)$$

ここに、 f'_{cc} ：炭素繊維シートで補強された供試体の圧縮強度(N/mm²)、 f'_{co} ：無補強供試体の圧縮強度(N/mm²)、 ρ_{CF} ：炭素繊維補強量、 f_{CF} ：炭素繊維シートの引張強度(N/mm²)、 n ：炭素繊維シートの貼付け枚数、 t ：炭素繊維シートの厚さ(mm)、 ϕ ：炭素繊維シートで拘束される部分の直径(mm)

無補強供試体の最大応力時の軸ひずみで正規化された各供試体の終局時の軸ひずみと、無補強供試体の圧縮強度で正規化された終局拘束応力との関係を図-3に示す。終局時の軸ひずみは、終局拘束応力の増加に伴って、指数関数的に増大していることがわかる。終局時の軸ひずみと終局拘束応力との関係を、指数関数を用い、式(4)のように定量化した。最小自乗法によって求めた式を図-3中に示す。

$$\varepsilon'_{cu} / \varepsilon'_{co} = 1.0 + a(f_r / f'_{co})^b \quad (4)$$

ここに、 ε'_{cu} ：炭素繊維シートで補強された供試体の終局時の軸ひずみ、 ε'_{co} ：無補強供試体の最大応力時の軸ひずみ、 a, b ：係数

図-4は、式(5)によって表される拘束応力 f_{σ} と軸ひずみとの関係の一例を示したものである。これより、拘束応力は軸ひずみの増加に伴って増大し、約1500～2000×10⁻⁶ひずみを境とした2直線で表されることがわかる。

$$f_{\sigma} = \frac{1}{2} \rho_{CF} \varepsilon_{cl} E_{CF} \quad (5)$$

ここに、 ε_{cl} ：炭素繊維シートの周方向ひずみ、 E_{CF} ：炭素繊維シートの弾性係数(N/mm²)

4. まとめ

- (1) 炭素繊維シート貼付けにより補強されたコンクリートの圧縮強度は、終局拘束応力の増加に伴って直線的に増加する。
- (2) 炭素繊維シート貼付けにより補強されたコンクリートの終局時の軸ひずみは、終局拘束応力の増加に伴って指数関数的に増加する。
- (3) 拘束応力は軸ひずみの増加に伴って増大し、約1500～2000×10⁻⁶ひずみを境とした2直線で表される。

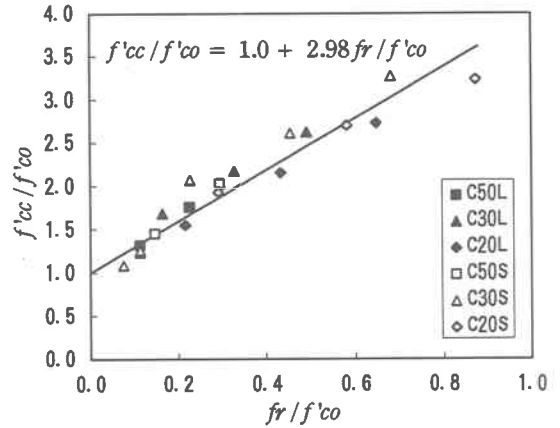


図-2 圧縮強度と終局拘束応力との関係

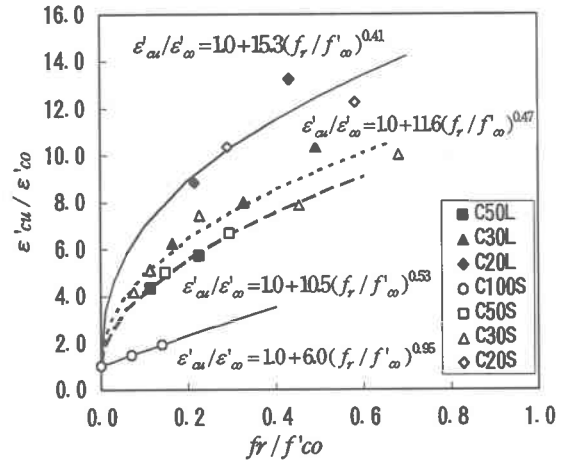


図-3 終局時の軸ひずみと終局拘束応力との関係

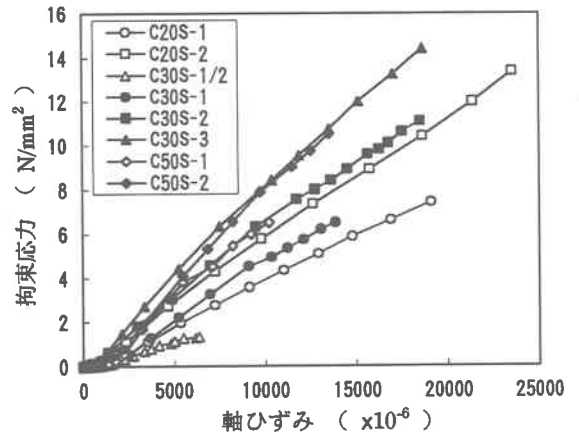


図-4 拘束応力と軸ひずみとの関係