

連続繊維シートによるコンクリート柱の横拘束効果

四国能開大 正会員 ○宮内克之 鳥取大学 正会員 井上正一
日鉄コンポジット（株） 正会員 小林 朗 鳥取大学 正会員 黒田 保

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連続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、高強度型炭素繊維シート、高弾性型炭素繊維シートおよびアラミド繊維シート貼付けによるコンクリート柱の横拘束効果、圧縮強度の増大およびじん性向上効果について検討した。

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。補強に用いた連続繊維シートの機械的性質を表-2に示す。

材齢 28 日を目標に供試体の表面が十分に乾燥した状態で表面整形を施し、連続繊維シートを周方向に貼り付けた。シートの重ね部の長さは6cmとした。載荷にあたっては、荷重はロードセルを用いて測定し、供試体の軸方向の変位は対角位置に設置した2台の変位計によって測定した。また、周方向のひずみを電気抵抗線ひずみゲージによって測定した。

3. 実験結果および考察

連続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。終局軸ひずみは、軸応力が無補強供試体の最大応力の80%を下回らない最大の軸ひずみとした。軸ひずみは、対角位置に設置した2台の変位計による測定値の平均値を供試体の高さ(200mmまたは300mm)で除した値である。

図-1は、剛性がほぼ同じ連続繊維シートで補強した供試体の軸応力～軸ひずみ関係の一例を表したものである。これより、連続繊維シートの種類が異なっても、補強の剛性が同じ場合には、シートが破断するまでは軸応力～軸ひずみ関係は、ほぼ同じ形態になることがわかる。ただし、シートの種類によって破断時のひずみが異なるため、シート破断時の軸応力および軸ひずみには差が生じている。

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)	連続繊維 シートの種類	連続繊維 補強量 ρ_F (%)	連続繊維 補強量 $\rho_F E_F$ (N/mm ²)	最大応力 f_{cc} (N/mm ²)	終局 軸ひずみ ϵ_{cu} ($\times 10^{-6}$)
N30L	$\phi 15$ $\times 30$	無補強	—	—	26.7	2120
C30L-1		高強度型 炭素繊維	0.293	675	34.5	13042
C30L-2			0.147	338	28.7	8991
C30L-3			0.059	135	28.9	4226
H30L-1		高弾性型 炭素繊維	0.176	690	31.9	6601
H30L-2			0.088	345	28.8	5721
H30L-3			0.037	144	29.6	5922
A30L-1		アラミド 繊維	0.515	607	38.1	19793
A30L-2			0.288	340	26.3	9559
A30L-3			0.113	134	28.8	4613
N30S	$\phi 10$ $\times 20$	無補強	—	—	26.7	2002
C30S-1		高強度型 炭素繊維	0.440	1014	49.8	10386
C30S-2			0.220	507	32.3	10086
C30S-3			0.088	203	28.3	7867
H30S-1		高弾性型 炭素繊維	0.264	1025	37.9	4142
H30S-2			0.132	517	30.7	4286
H30S-3			0.055	216	29.2	3874
A30S-1		アラミド 繊維	0.772	911	58.5	15832
A30S-2			0.463	547	35.4	8633
A30S-3			0.193	228	27.3	3532

供試体記号：N：無補強，C：高強度型炭素繊維
H：高弾性型炭素繊維，A：アラミド繊維
L： $\phi 15 \times 30$ ，S： $\phi 10 \times 20$
連続繊維補強量 ρ_F ：式(2)による。

表-2 連続繊維シートの機械的性質

シートの 種類	繊維目付 (g/m ²)	設計厚さ (mm)	引張強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)
高強度型	200	0.111	3,480	230
高弾性型	300	0.165	2,900	392
アラミド	280	0.193	2,060	118

図-2は、剛性がほぼ同じ連続繊維シートで補強した供試体の周方向ひずみと軸ひずみの関係の一例を表したものである。これより、連続繊維シートの種類が異なっても、補強の剛性が同じ場合には、周方向ひずみと軸方向ひずみの関係は、ほぼ同じ形態になることがわかる。また、周方向ひずみと軸ひずみの関係は、約 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。

図-3は、コンクリート強度 f_{co} で正規化した最大応力と終局拘束応力（式(1)）との関係を示したものである。これより、漸増型に関しては連続繊維シートの種類および供試体寸法に関係なく、終局拘束応力の増加に伴って最大応力がほぼ直線的に増大することがわかる。

$$f_r = \frac{1}{2} \rho_F f_F \quad (1)$$

$$\rho_F = 4nt / \phi \quad (2)$$

ここに、 f_r ：終局拘束応力 (N/mm^2)、 ρ_F ：連続繊維補強量、 f_F ：連続繊維シートの引張強度 (N/mm^2)、 n ：連続繊維シートの貼付け枚数、 t ：連続繊維シートの厚さ (mm)、 ϕ ：連続繊維シートで拘束される部分の直径 (mm)

図-4は、無補強コンクリートの最大応力時の軸ひずみ ε_{co} で正規化した終局軸ひずみと終局拘束応力との関係を示したものである。これより、高強度型炭素繊維およびアラミド繊維シートの場合には、終局拘束応力の増加に伴って終局軸ひずみが増大するが、高弾性型炭素繊維シートの場合には、終局拘束応力が増加しても終局軸ひずみはほとんど増大しなかった。

4. まとめ

- (1) 連続繊維シートの種類が異なっても、補強の剛性が同じ場合には、軸応力～軸ひずみ関係および周方向ひずみ～軸ひずみ関係は、ほぼ同じ形態になる。
- (2) 漸増型に関しては連続繊維シートの種類に関係なく、終局拘束応力の増加に伴って最大応力がほぼ直線的に増大する。
- (3) 高強度型炭素繊維およびアラミド繊維シートの場合には、終局拘束応力の増加に伴って終局軸ひずみが増大する。

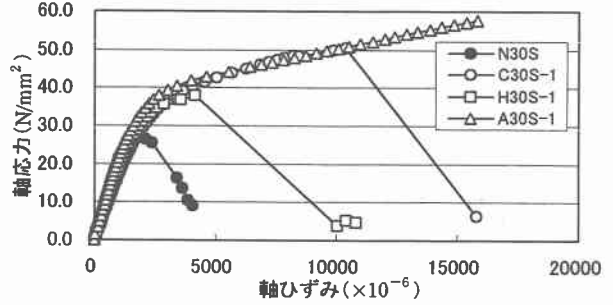


図-1 軸応力～軸ひずみ関係の一例

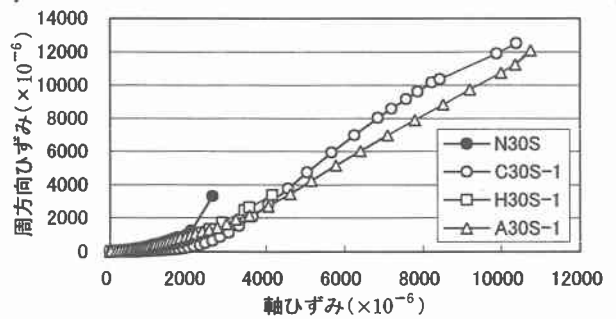


図-2 周方向ひずみと軸ひずみの関係の一例

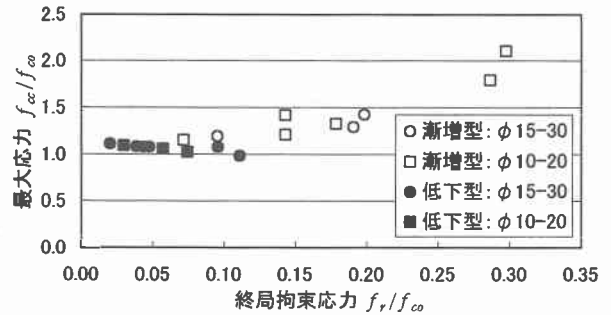


図-3 $f_c/f_{co} \sim f_r/f_{co}$ 関係

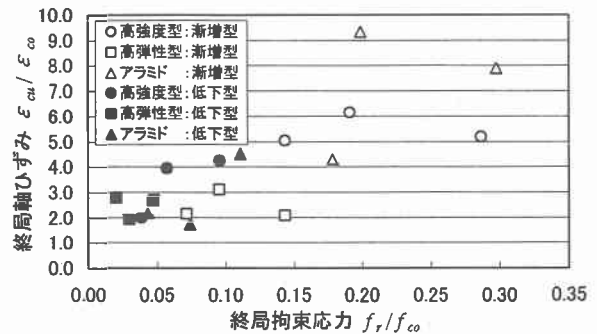


図-4 $\varepsilon_{cu}/\varepsilon_{co} \sim f_r/f_{co}$ 関係