

I - B153 炭素繊維シートと帯鉄筋で拘束されたコンクリート柱の応力度～ひずみ関係

東京工業大学（大成建設） 正会員 細谷 学
 東京工業大学工学部 F 会員 川島一彦
 建設省土木研究所 正会員 星隈順一
 大成建設技術研究所 正会員 宇治公隆

1. まえがき

既存橋脚のじん性を向上させるために炭素繊維シート（以下、CFS と呼ぶ）を巻いて補強すると、橋脚には CFS と帯鉄筋の両者による横拘束が作用する。帯鉄筋や CFS で単独に補強した場合の拘束効果についてはこれまでも多くの研究^{1)～3)}が行われているが、既設の帯鉄筋による拘束の上に、さらに CFS で補強した場合の横拘束効果に関する研究はない。そこで、CFS と帯鉄筋の横拘束効果の共同作用について検討するために、両者で補強したコンクリート柱の応力度～ひずみ関係を求めた。

2. 実験概要

本実験では、これまでの著者らの実験³⁾を参考に、表-1 に示す合計 12 体の試験体を用いた。試験体の断面形状は円形および正方形、断面寸法は直径または辺長が 200mm、高さが 600mm である。試験体の補強状況を図-1 に、使用した CFS の力学的特性を表-2 に示す。帯鉄筋の引張試験結果は降伏強度 333N/mm²、引張強度 434N/mm²、弾性係数 2.06×10^5 N/mm² であった。荷重は変位制御による単調一軸圧縮とした。試験体の軸方向ひずみは、変位計で測定した試験体上下間の変位を試験体の高さで割って算出した。CFS の周方向ひずみと帯鉄筋のひずみは、ひずみゲージにより測定した。

3. コンクリート柱の軸方向応力度～軸方向ひずみの関係

図-2にコンクリ

ート柱の軸方向応力度～軸方向ひずみ関係を示す。荷重は CFS が破断した後、コンクリート柱の軸方向ひずみが 0.01 に達した時点で終了した。CFS だけで補強した場合（C-2、S-2）

には、CFS が破断す

ると同時にコンクリート柱の耐力が急速に減少し、かぶりコンクリートだけでなくコアコンクリートに至る損傷が生じたのに対して、CFS と帯鉄筋の両者で補強した場合には、CFS が破断しても、コンクリートには比較的小さ

表-1 実験に用いた試験体

No.	断面形状	断面寸法	コンクリートの設計強度 (MPa)	炭素繊維シートの弾性係数 (GPa)	ρ_{CF} (%)	材質	間隔 (cm)	ρ_s (%)
C-1	円形	$\phi 200\text{mm} \times h 600\text{mm}$	30	235	0.111	SR235 $\phi 6$	—	—
C-2							15	0.41
C-3							10	0.62
C-4							5	1.24
C-5							15	0.41
C-6							—	—
S-1	正方形	$\square 200\text{mm} \times h 600\text{mm}$	30	235	0.111	SR235 $\phi 6$	—	—
S-2							15	0.41
S-3							10	0.62
S-4							5	1.24
S-5							15	0.41
S-6							—	—

※) カーボンファイバー比 ρ_{CF} は次式で求める。

$$\rho_{CF} = 4 \times n \times t_{CF} / d$$

ここで、 t_{CF} : CFS1層の厚さ (mm)、 n : CFS の巻立て層数、 d : コンクリート柱の断面長 (円形断面では直径、正方形断面では辺長をとる) とする。

表-2 実験に用いた CFS の力学的特性

公称値	繊維目付量	g/m ²	200
	シート厚さ	mm	0.111
	引張強度	N/mm ²	3,481
試験値	弾性係数	GPa	230
	破断ひずみ	%	1.5
	繊維目付量	g/m ²	200
	シート厚さ	mm	0.110
	引張強度	N/mm ²	4,227
試験値	弾性係数	GPa	243
	破断ひずみ ^{注)}	%	1.74

注) 破断ひずみは実測していないため、ここに示す値は引張強度を弾性係数で除して求めたものである。

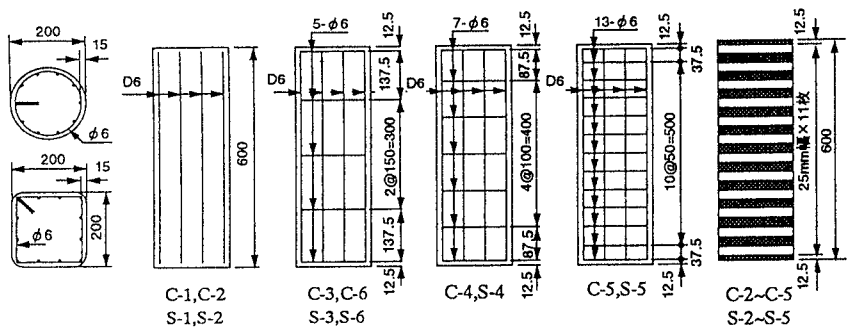


図-1 試験体の補強状況

炭素繊維シート、拘束効果、耐震点検、耐震補強、RC橋脚

〒152 東京都目黒区大岡山 2-12-1 TEL 03-5734-2922 FAX 03-3729-0728

〒152 東京都目黒区大岡山 2-12-1 TEL 03-5734-2922 FAX 03-3729-0728

〒305 つくば市旭 1 番地 TEL 0298-64-4966 FAX 0298-64-4424

〒245 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 TEL 045-814-7228 FAX 045-814-7253

な損傷しか生じていない。例えば、帯鉄筋比 ρ_s が 0.41% と低い場合 (C-3、S-3) でも、CFS が破断した時のコンクリート柱の損傷はかぶりコンクリートの剥落程度であり、耐力低下の度合いは C-2 や S-2 に比べて小さくなっている。CFS で補強した場合には、CFS の破断によるコンクリートの脆性的な破壊が懸念されるが、このように、ある程度の帯鉄筋が配置されていれば、CFS が破断しても急激な耐力低下は避けることができる。

カーボンファイバー比 $\rho_{CF} = 0.111\%$ と一定にし ρ_s を増やしていくと、最大圧縮応力度 f_{cc} およびこれが生じる時の軸方向ひずみ ε_{cc} も増加する。また f_{cc} 以後の下降勾配 E_{des} は緩やかになり、CFS が破断する時のコンクリート柱の終局ひずみは増加する。

CFS だけで補強した場合 (C-2、S-2)、帯鉄筋だけで補強した場合 (C-6、S-6)、両者で補強した場合 (C-3、S-3) の f_{cc} 、 ε_{cc} 、 E_{des} をまとめた結果が表-3 である。本実験の補強量の範囲では、 f_{cc} や ε_{cc} については、両者で補強してもそれほど大きな効果は認められないが、 E_{des} については両者の合成効果がはっきりと現れている。

4. CFS および帯鉄筋に生じる周方向ひずみ

試験体 C-3 の破壊位置での CFS と帯鉄筋に生じる周方向ひずみの関係を図-3 に示す。両者のひずみは同一位置で測定しているにもかかわらず、載荷開始からコンクリートが最大圧縮応力度に達するまでは、周方向ひずみの増加割合は帯鉄筋よりも CFS の方が大きく、帯鉄筋の周方向ひずみが 1,000 μ の時に、CFS の周方向ひずみは約 2,000 μ に達しており、2 倍程度の違いがある。両者の増加割合は、どの試験体でも、概ね CFS の方が帯鉄筋よりも 2~3 倍程度大きい。この理由については、今後さらに検討をしていかなければならないが、コンクリート柱に軸方向応力度を作用させていった場合に、コアコンクリートには帯鉄筋と CFS による拘束力が生じるのに対して、かぶりコンクリートには CFS による拘束力しか生じないため、コアコンクリートとかぶりコンクリートでは損傷状況が異なるためではないかと考えられる。

5. 結論

(1) 本実験の補強量の範囲であれば、CFS と帯鉄筋の両者で横拘束した場合の f_{cc} や ε_{cc} は、CFS および帯鉄筋で単独に横拘束した場合とあまり変わらないが、 f_{cc} 以後の下降勾配 E_{des} には、両者の横拘束効果がはっきりと現れる。

(2) コンクリート柱を CFS だけで補強する場合には、CFS の破断と同時に、コンクリート柱には大きな損傷が生じるが、少なくとも ρ_s が 0.41% 程度あれば、コンクリート柱の急激な耐力低下は避けることができる。

参考文献 1) 例えば、星隈ら：鉄筋コンクリート橋脚の地震時保有水平耐力の照査に用いるコンクリートの応力-ひずみ関係，土木学会論文集，No. 520/V-28，pp. 1~11，1995.8 2) 例えば、大野ら：炭素繊維を巻き付けて拘束したコンクリートの圧縮性状，土木学会第 47 回年次学術講演会，V-353，pp. 736~737，1992.9 3) 細谷、川島：炭素繊維シートによるコンクリート柱の横拘束効果に関する研究，構造工学論文集，Vol. 43A，pp. 881~888，1997.3

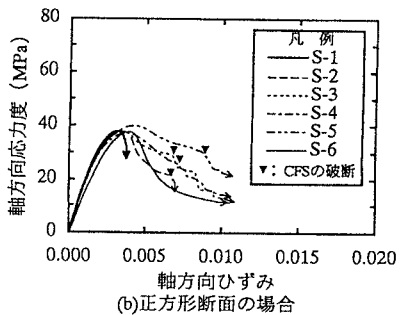
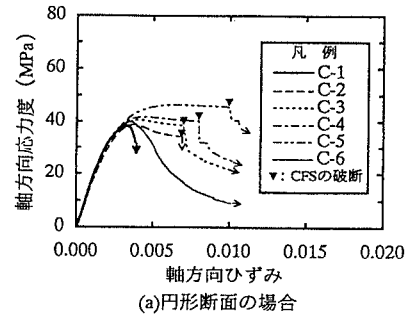


図-2 軸方向応力度～軸方向ひずみの関係

表-3 f_{cc} 、 ε_{cc} 、 E_{des} の比較

No.	補強量		特性値		
	ρ_{CF} (%)	ρ_s (%)	f_{cc} (MPa)	ε_{cc} (μ)	E_{des} (MPa)
C-1	0	0	38.5	3,279	—
C-2	0.111	0	38.9	3,792	1,674
C-6	0	0.41	40.1	3,546	8,202
C-3	0.111	0.41	40.6	4,025	735
S-1	0	0	37.9	3,204	—
S-2	0.111	0	37.8	3,483	5,466
S-6	0	0.41	37.6	3,950	9,259
S-3	0.111	0.41	37.6	3,433	3,800

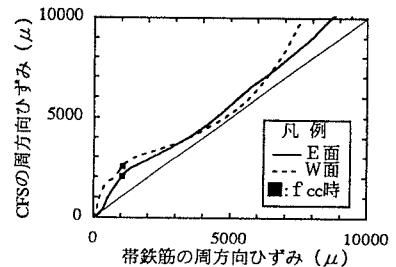


図-3 周方向の CFS のひずみ～帯鉄筋ひずみの関係