

I-B 279

炭素繊維シートで横拘束されたコンクリート柱の応力度－ひずみ関係

東京工業大学工学部 正会員 細谷 学 東京工業大学工学部 正会員 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 兵庫県南部地震では、鉄筋コンクリート橋脚が甚大な被害を受け、既存橋脚の耐震補強が急務となっており、近年、耐震補強工法として、炭素繊維シート巻立て工法が注目されている。本研究では、炭素繊維シート（以下、CFS（Carbon Fiber Sheets）と記す）による横拘束効果を鉄筋コンクリート橋脚の地震時保有水平耐力の照査に反映できるように、CFSで横拘束されたコンクリート柱試験体の一軸圧縮試験を行い、横拘束下でのコンクリートの応力－ひずみ関係を求めた。

2. 実験概要 本実験では、星隈らの実験^{1,2)}を参考に表-1に示すように合計16体の試験体を用いた。断面形状は円形と正方形とし、試験体寸法は直径または辺長が500mmの大型試験体と直径または辺長が200mmの小型試験体の2種類とした。CFS補強量は、次式によるコンクリートに対するCFSの体積比 ρ_{CF} で与えることとした。

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

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で、円形断面の場合は直径、正方形断面の場合は辺長をとる。

CFSの補強状況を図-1に示す。CFSはいずれの試験体も帯鉄筋方向に巻き付けた。正方形断面の試験体では、応力集中によるCFSの破断を防ぐためコーナー部の面取りを行った。使用したCFSの諸元を表-2に示す。試験時のコンクリート圧縮強度は37～40MPaであった。載荷は変位制御による単軸圧縮とした。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。

3. 実験結果 図-2にコンクリートの応力－ひずみ関係を示す。無補強の試験体ではひずみが2500～3000 μ 付近でコンクリートの強度は最大となり、その後、急激に低下し、脆性的に破壊する。なお原因は不明だが、正方形断面の無補強試験体No.5は応力度が22MPa付近で破壊し、このまま正方形断面の基準値とするには問題があるため暫定的に円形断面の無補強試験体No.1の結果を用いた。CFS補強した試験体は、いずれもCFSが破断して終局状態となった。大型試験体では、補強量の増加につれてコンクリート最大圧縮応力(f_{cc})およびその時のひずみ(ϵ_{cc})が増大し、また、最大圧縮応力後の下降勾配(E_{des})

表-1 試験体の諸元

No.	断面形状	試験体寸法	炭素繊維比 ρ_{CF} (%)
1	円形	$\phi 500\text{mm}$ $\times h 1500\text{mm}$	—
2			0.044
3			0.089
4			0.178
5	正方形	$\square 500\text{mm}$ $\times h 1500\text{mm}$	—
6			0.044
7			0.089
8			0.178
9	円形	$\phi 200\text{mm}$ $\times h 600\text{mm}$	—
10			0.056
11			0.111
12			0.167
13	正方形	$\square 200\text{mm}$ $\times h 600\text{mm}$	—
14			0.056
15			0.111
16			0.167

表-2 炭素繊維シートの力学的特性

繊維目付	g/m ²	200
繊維比重	g/cm ³	1.80
厚さ	mm	0.110
引張強度	N/mm ²	4,227
弾性率	kgf/cm ²	2.48×10^6
破断伸び率	%	1.5

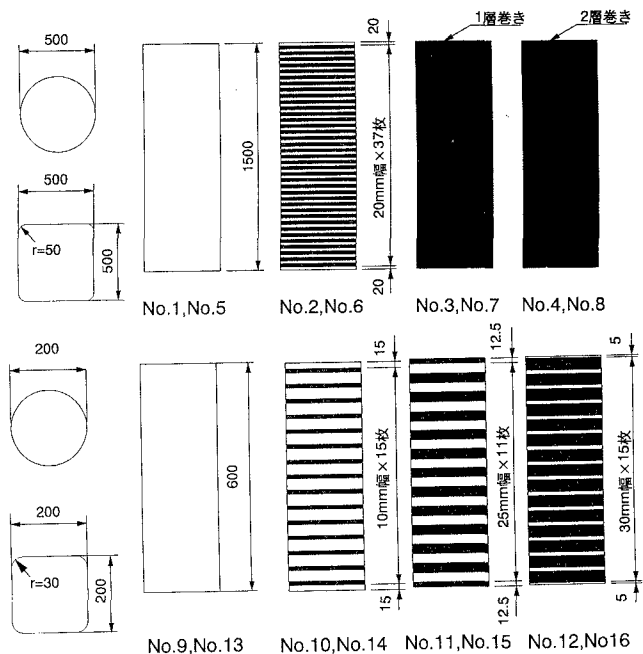


図-1 炭素繊維シートの取り付け方

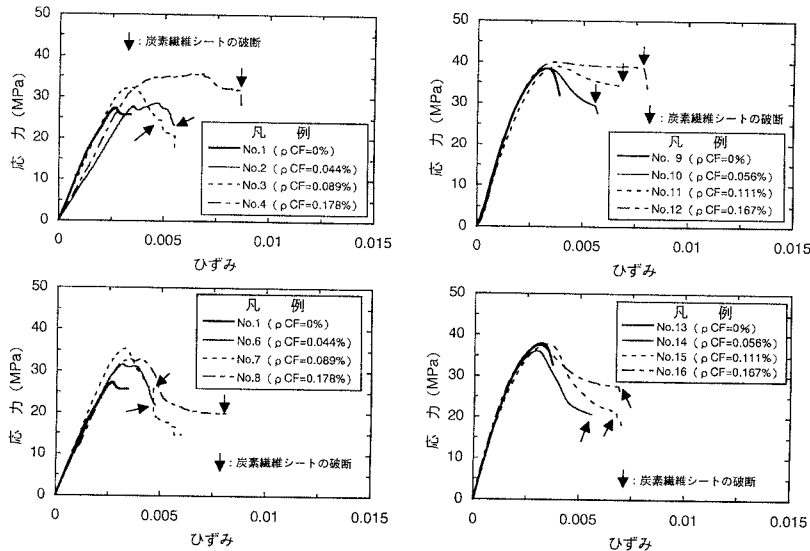


図-2 コンクリートの応力-ひずみ関係

が緩やかになる傾向が見られた。小型試験体では f_{cc} および ε_{cc} にほとんど変化は見られない。 E_{des} は補強量の増加に伴い緩やかになり、終局ひずみも増加する。また、 f_{cc} および ε_{cc} には断面形状による違いはあまりないが、 E_{des} は円形断面の方が正方形断面よりも緩やかである。以上より、CFSでは応力上昇域での拘束効果は小さく、応力下降域になって初めて効果が発揮されることがわかる。図-3にCFSの周方向ひずみとその時のコンクリートの圧縮応力を示す。 f_{cc} 時のCFSのひずみは2000~4000 μ しかなく、CFSの破断ひずみが約15000 μ であることを考慮すると、最大発揮できる拘束力の1/7~1/4程度でしか拘束していないことがわかる。帯鉄筋で拘束した場合、帯鉄筋が最大強度に達した時にコンクリートの圧縮強度も最大となるが、CFSの場合は引張強度が最大になる前にコンクリート強度が最大値に達し、破壊し始める点が大きく異なっている。これは、CFSの強度が帯鉄筋の約10倍であることから、CFSの断面積を帯鉄筋の約1/10にすると、横拘束に対する引張剛性が帯鉄筋の約1/10しかないためであると考えられる。

4. 結論 CFSでコンクリート柱を横拘束した場合、帯鉄筋による横拘束とは大きく異なる。これは、CFSと帯鉄筋の強度比により、CFSの断面積を帯鉄筋換算したためである。本実験のCFSの断面積程度であれば、① f_{cc} の増加はあまりなく、② ε_{cc} もあまり変化しないが、③ E_{des} は緩くなり、終局ひずみを増大させる効果がある。

<参考文献> 1) 星隈順一、川島一彦、長屋和宏：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、p1-11、1995.8 2) 星隈順一、川島一彦、長屋和宏：大型模型を用いた拘束コンクリート柱の圧縮載荷実験と応力-ひずみ特性の分析、土木技術資料、37-7、1995

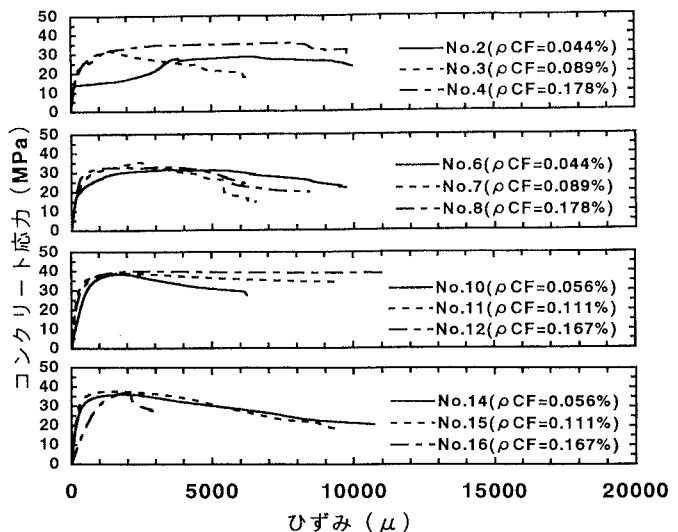


図-3 炭素繊維シートの周方向ひずみとコンクリート応力の関係