

近畿大学大学院	学生員	○林 修平
近畿大学	正会員	東山 浩士
㈱栗本鐵工所	正会員	津田 久嗣
栗本化成工業㈱		野久保裕行

1. はじめに

近年、新素材の複合材料として、繊維強化プラスチック (Fiber Reinforced Plastics, 以下 FRP と呼ぶ) が注目されている。FRP は繊維による補強量, 配向角を適切に選択することによって多様な構造部材に応用が可能であり, その自由度は非常に高いと言える。既往の研究¹⁾において, コンクリートを充填したコンクリート充填 FRP 管の単軸圧縮試験が行われ, FRP 管に高い拘束効果が確認され, 軸圧縮強度式が提案されている。本研究は, フィラメント・ワインディング(FW)法により成形された FRP 管を用いたコンクリート充填 FRP 管の単軸圧縮試験を行い, FRP 管の拘束効果, 軸圧縮強度を調べることを目的とした。

2. 試験体および試験方法

単軸圧縮試験に使用した試験体を表-1に示す。FRP 管の寸法は, 径長比(d/L)が 1:2 となるように製作した。試験体 GFV は繊維に C-ガラス, マトリックスにビニルエステル樹脂を, 試験体 CFV は繊維にカーボン (T700S), マトリックスにビニルエステル樹脂を用い, 試験体 CFE-1, CFE-2, CFE-3 は繊維にカーボン (T700S), マトリックスにエポキシ樹脂を用いて, 各層の厚み比を変化させた。ただし, 総繊維量は同じとした。FRP 管の周方向引張強度 f_h はリング形試験片を用いて ISO FDIS 8521 B 法に準拠して求めた。試験状況を図-1に, 試験結果の一例を図-2に示す。充填コンクリートは乾燥収縮保証程度の膨張材を添加した。

表-1 試験体諸元

試験体名	d (mm)	L (mm)	t (mm)	積層角度 (°)
GFV	153	300	1.9	$\pm 79/\pm 79/\pm 79$
CFV	153	300	2.2	$\pm 79/\pm 79/\pm 79$
CFE-1	150	300	2.1	90/90/90/ ± 15 /90/90/90
CFE-2	150	300	2.0	90/90/ ± 15 /90/90
CFE-3	150	300	2.3	90/ ± 15 /90

表-2 材料試験結果

試験体名	f'_{co} (N/mm ²)	E_c (kN/mm ²)	f_h (N/mm ²)	E_h (kN/mm ²)	f_i (N/mm ²)
GFV	25.8	23.0	475	30.9	11.8
CFV	25.8	23.0	1470	75.5	42.2
CFE-1	29.3	27.6	990	111.8	27.7
CFE-2	29.3	27.6	1037	114.4	27.6
CFE-3	29.3	27.6	855	79.7	26.3

拘束応力度 f_i は次式により算出することができる。

$$f_i = \frac{2f_h t}{d} \quad (1)$$

ここに, f_h は FRP 管の周方向引張強度, t は FRP 管の厚さ, d は FRP 管の内径である。充填コンクリートの圧縮強度 f'_{co} および弾性係数 E_c , FRP 管の材料特性を表-2に示す。载荷は 5000kN 万能圧縮試験機で行った。試験時の測定項目は荷重, 軸方向変位, 軸方向ひずみ, 周方向ひずみである。

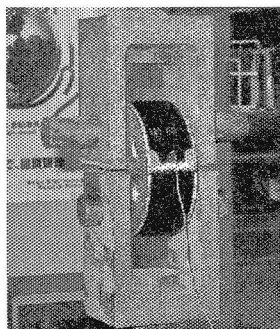


図-1 試験状況

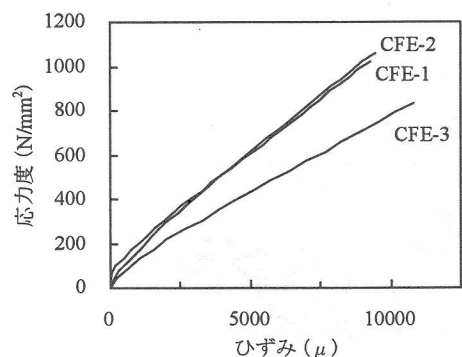


図-2 リング形引張試験結果

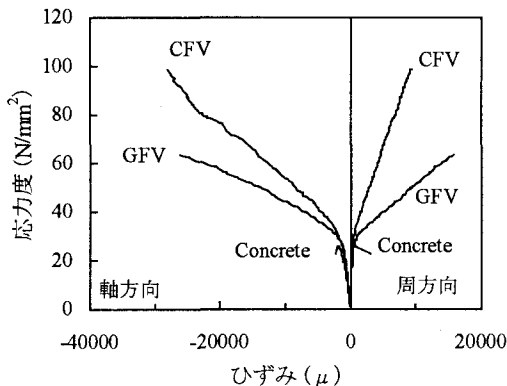


図-3 応力度-ひずみ関係

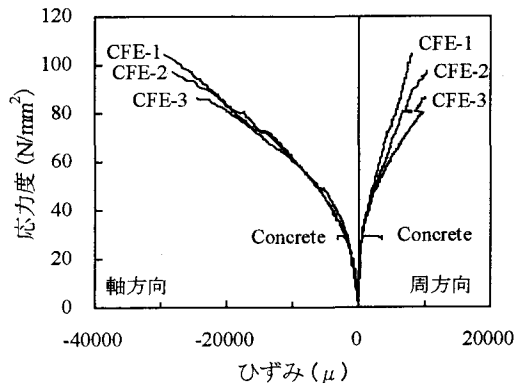


図-4 応力度-ひずみ関係

3. 単軸圧縮試験結果

全ての試験体について、最大荷重 P_u 、軸圧縮強度 f'_{cc} を表-3に示す。いずれの試験体もコンクリート単体に比べて顕著な強度増加が確認される。試験体 GFV および CFV の応力度-ひずみ関係を図-3に、また、試験体 CFE-1, CFE-2, CFE-3 の応力度-ひずみ関係の一例を図-4に示す。コンクリート充填 FRP 管は円形のコンクリート柱の最大応力度まではほぼ同様の挙動を示し、塑性域における傾きは拘束量によって異なることが分かる。これは連続繊維シートを巻き付けた場合²⁾と同様である。試験体 CFE-1, CFE-2, CFE-3 の破壊時の周方向ひずみは約 10000 μ であり、これは図-2に示したようにリング形引張試験を行った場合とほぼ同じひずみであった。試験体 GFV および CFV の破壊は予兆なく突然生じたが、試験体 CFE-1, CFE-2, CFE-3 は荷重の増加とともに周方向繊維が局部的に破断しながら破壊に至った。図-5に軸圧縮強度比 f'_{cc}/f'_{co} と拘束応力度比 f_l/f'_{co} の関係を示す。軸圧縮強度比は拘束応力度の増大に伴い大きくなるが、文献³⁾にも述べられているように、拘束応力度比が 1.0 付近までは軸圧縮強度比とほぼ直線関係にあり、1.0 を越える拘束応力度が高い範囲では軸圧縮強度が鈍化する傾向にある。

4. まとめ

コンクリート充填 FRP 管の軸圧縮挙動はコンクリート単体の圧縮強度までは、ほぼ同様の挙動を示し、塑性域に入ってから挙動は FRP 管の拘束応力度や周方向の弾性係数によって異なったものとなる。

謝辞 本研究の材料であるカーボン(T700S)は、東レ(株)よりご提供頂いた。ここに感謝致します。

参考文献

- 1) Samaan, M., Mirmiran, A., and Shahawy, M.: Model of concrete confined by fiber composite, J. Struct. Eng., ASCE, Vol.124, No.9, pp.1025-1031, 1998.
- 2) 宮内克之・井上正一・黒田 保・小林 朗：連続繊維シート補強の剛性がコンクリート柱の横拘束効果に及ぼす影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.23, No.1, pp.865-870, 2001.
- 3) Lam, L. and Teng, J. G.: Strength Models for Fiber-Reinforced Plastic-Confined Concrete, J. Struct. Eng., ASCE, Vol.128, No.5, pp.612-623, 2002.

表-3 単軸圧縮試験結果

試験体名	P_u (kN)	f'_{cc} (N/mm ²)	f_l/f'_{co}	f'_{cc}/f'_{co}
GFV	1173	63.8	0.46	2.47
	1132	61.5	0.46	2.38
CFV	2050	111.3	1.65	4.31
	2000	113.5	0.95	3.87
	1972	111.7	0.95	3.81
CFE-1	2058	116.6	0.95	3.98
	2019	113.9	0.94	3.89
	1764	99.0	0.94	3.38
	2029	114.1	0.94	3.89
CFE-2	1940	110.7	0.90	3.78
	1558	89.0	0.90	3.04
	1862	105.5	0.90	3.60

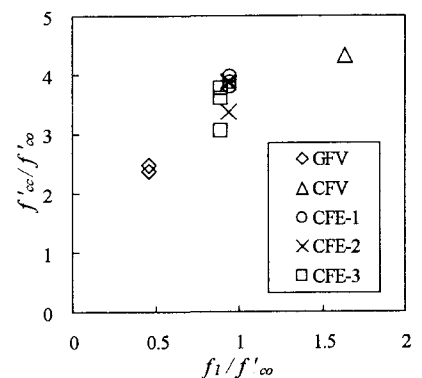


図-5 圧縮強度比と拘束応力度比の関係