

大阪市立大学工学部 学生会員 ○小藪 隆
大阪市立大学工学部 正会員 児頭 宏明
大阪市立大学工学部 フェロー 園田恵一郎

1 はじめに

CFT(Concrete Filled steel Tube：コンクリート充填鋼管)部材とは鋼管にコンクリートを充填した合成部材であり、充填されたコンクリートは円形断面にて鋼管の拘束(コンファインド効果)により圧縮強度が増加すること、また鋼管はコンクリートの拘束により局部座屈が抑制できることなどの力学的利点が知られている。

現在、同部材は国内外の建築構造分野において継続的かつ精力的な研究・開発・適用がなされ、基準類の整備も進んでいるが、同分野での断面寸法の規模は比較的小さく、土木構造物、例えば高架橋橋脚などに適用するには自ずと制限がある。一般に、建築分野で取り扱われる円形 CFT 部材の径厚比(鋼管外径/鋼管厚)の上限は 70~80 程度で、その範疇での豊富な研究成果の蓄積は見られるものの、100 を超えるようなものは数少ない。よって本研究では、土木構造物への適用を目的とした、SRC 基準¹⁾で定められる制限径厚比:150 を超える円形 CFT 部材を対象としてその基本的な特性を把握すべく中心圧縮載荷実験を行い、その圧縮耐力ならびに耐力到達後の変形性能を実験的に調査した。

2 供試体

供試体は計 6 体で、鋼管用鋼材は SS400 の圧延板、またコンクリートの設計強度は 24MPa とし、径厚比のみを実験変数とし、制限径厚比：150 を越えるものを 3 体用意した。図-1 に供試体の概要を示すが、CFT 部材とそれに溶接した上・下加圧板から成り、溶接部である鋼管端部を増厚することによって局部座屈や溶接破れが発生しないように留意した。表-1 に供試体の詳細、ならびに材料試験の結果を要約する。

表-1 供試体一覧、および材料試験結果

供試体一覧					鋼材の材料試験結果					充填コンクリートの材料試験結果			
供試体名	外径 D (mm)	板厚 t (mm)	径厚比 D/t	使用鋼種	充填コン クリート 設計強度	実測板厚 t (mm)	降伏強度 σ_y (MPa)	弾性係数 E (GPa)	降伏時ひ ずみ (%)	材令(1)	圧縮強度 σ_B (MPa)	弾性係数 E (GPa)	圧縮強度 時ひずみ (%)
T45	300	4.5	67	SS400	24MPa	4.17	280.7 [※]	210	0.13	7	25.6	23.6	0.11
T32		3.2	94			3.08	320.5	209	0.15				
T23		2.3	130			2.12	286.8 [※]	207	0.14				
T16		1.6	188			1.51	265.2	198	0.13				
T12		1.2	250			1.17	210.0 [※]	167	0.13				
T10		1.0	300			0.96	176.3 [※]	150	0.12				

※0.2%offset 耐力

3 実験方法

載荷方法および測定方法を図-1 に示す。載荷は供試体上下端をピン支持した単純繰り返し載荷とし、平均軸ひずみが 4%に達するまで行うことを原則とした。

変位計による変位の測定は供試体上下加圧板間の軸方向変形について行い、一方、二軸ひずみゲージによる鋼管ひずみの測定は、供試体中央位置と供試体中央位置から上下にそれぞれ 300mm(=供試体外径 D)離れた位置にて表裏 6 箇所で行った。また実験中には、鋼管の膨らみ及び座屈等を目視観察した。

4 実験結果と考察

(1) 破壊形式

比較的大径厚比の大きな供試体 T23~T10 では、破壊形式は最大耐力到達時に上部加力端に鋼管の局部座屈が発生し、その後写真-1 に示すように上部から中央部にかけての斜めせん断破壊が見られた。例として図-2 の単純累

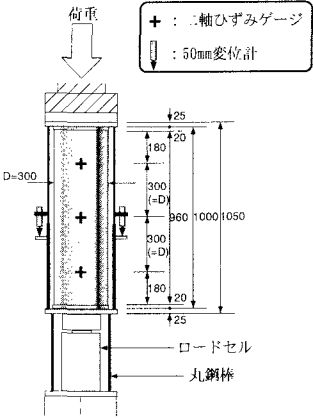


図-1 載荷方法および測定方法(mm)

加強度 N_{02} による無次元化軸圧縮荷重と平均軸ひずみ(変位計測定値の平均値を供試体長で除したもの)を参照しながら T10 の破壊進行過程について述べる。図中 A 点($N/N_{01}=0.57$)で、供試体上部の鋼管の局所的な膨らみが確認された。さらに載荷すると、B 点で鋼管の中段が降伏、また C 点で上段が降伏した。その間耐力(図中 D 点)に至るまで鋼管上部の膨張が進行し続け、その後荷重低下域である E-F 点にかけて、上部から中央部にわたるせん断破壊形式を呈した。なお比較的径厚比の小さな供試体 T45 と T32 では、T23~T10 同様の鋼管の局部座屈が見られたものの斜めせん断破壊は起こらず、上部での局所的な曲げ破壊に至った。

(2) 中心圧縮耐力

実験結果概要を表-2 に示す。ここで N_{exp} は実験より求めた中心圧縮耐力である。また N_{01} はコンクリート強度を 85% に低減した累加強度、 N_{02} はコンクリート強度を 100% とした累加強度、ならびに N_{03} はコンファインド効果を考慮した算定値である。T10 の $N_{exp}/N_{03}=0.99$ を除いて、算定値を上回る実験耐力が得られた。ここで、ひずみ硬化による鋼管の耐力上昇が含まれていることが危惧されたため、材料試験の結果に基づきひずみ硬化の影響による耐力上昇を算出したところ、非常に小さいものだったことから、本実験ではコンファインド効果による耐力上昇が得られたと考えられる。また、無次元化耐力と径厚比について、既往の 100 を超える径厚比を有する実験成果と併記・比較したものを図-3 に示す。

表-2 実験結果概要

供試体名	外径 D (mm)	板厚 t (mm)	径厚比 D/t	中心圧縮耐力								耐力時 ひずみ (%)
				実験値 N_{exp} (kN)	算定値			実験値/算定値				
					N_{01} (kN)	N_{02} (kN)	N_{03} (kN)	N_{exp}/N_{01}	N_{exp}/N_{02}	N_{exp}/N_{03}		
T45	300.10	4.17	72.0	3464.3	2543.0	2799.7	3093.6	1.36	1.24	1.12	0.65	
T32	300.12	3.08	97.4	3015.5	2398.0	2658.6	2907.3	1.26	1.13	1.04	0.52	
T23	299.98	2.12	141.5	2670.5	2063.7	2327.5	2481.1	1.29	1.15	1.08	0.43	
T16	299.83	1.51	198.6	2254.0	1880.9	2146.6	2247.9	1.20	1.05	1.00	0.33	
T12	299.84	1.17	256.3	2123.7	1743.1	2010.1	2072.3	1.22	1.06	1.02	0.33	
T10	299.67	0.96	312.2	1957.1	1674.0	1941.3	1984.2	1.17	1.01	0.99	0.32	

(注記) $N_{01}=s_c A_s \sigma_y + 0.85 s_c A_c \sigma_B$, $N_{02}=s_c A_s \sigma_y + s_c A_c \sigma_B$, $N_{03}=(1+\eta)s_c A_s \sigma_y + s_c A_c \sigma_B$; 文献2)

図-2 荷重軸ひずみ関係比較

図-3 既往の研究結果との比較

写真-1 T10
の破壊形式

5 まとめ

大径厚比を有する円形 CFT 部材の中心圧縮実験から以下の結果を得た。

- ① いずれの供試体でも最大耐力達成時にて、加力端である供試体上部の鋼管の局部座屈が観察された。さらに径厚比が 100 を越えるものでは、その後保持しうる圧縮耐力の低下に伴い充填コンクリート部の斜め破壊とそれに呼応する鋼管の局所的な面外変形が見られた。
- ② 制限径厚比 150 を超える供試体でも、得られた最大耐力値は単純累加強度を超え、概ねコンファインド効果を考慮した算定値程度に至った。

参考文献：1) 日本建築学会：鉄骨鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説，2001.1； 2) 日本建築学会：コンクリート充填鋼管構造設計施工指針，1997.10； 3) M. D. O'Shea and R. Q. Bridge：DESIGN of THIN-WALLED CONCRETE FILLED STEEL TUBES, Research Report No.R758, Department of Civil Engineering, The University of Sydney, November, 1997； 4) 向井昭義，吉岡研三，西山 功，森野捷輔：ハイブリッド構造に関する日米共同構造実験研究（C F T-1~4）コンクリート充てん鋼管柱の軸圧縮特性（その 1~その 4），日本建築学会大会学術講演梗概集（関東），pp.735~742，1995.8

I - 59 - 2