

大阪市立大学工学部

大阪市立大学工学部

大阪市立大学工学部

大阪工業大学八幡工学実験場

学生員 ○佐原 啓介

学生員 小藪 隆

正会員 鬼頭 宏明

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)部材は、鋼管とコンクリートの相互作用により大きな耐荷能力と変形能力を有し、特に繰り返し荷重の下での耐震性能に優れた部材であることが知られている。CFT 部材は建築構造分野においては研究成果の蓄積もありその適用例も多い。しかし、部材規模の違う土木構造分野においては、鉄道の高架橋等への適用はみられるもののその数は未だ少なく、またそれに対する研究も十分であるとは言えない。通常建築分野で取り扱われる CFT 部材の径厚比(鋼管外径 D /鋼管板厚 t)の上限は 70~80 であり、その範囲での豊富な研究成果の蓄積は見られるが、径厚比が 100 を超えるようなものは数少ない。そこで本研究は部材断面が建築用に比して大きくなる土木構造物への適用を目指して SRC 規準¹⁾で定められる制限径厚比:150 を超える円形 CFT 部材の中心圧縮実験(一部既公表²⁾)を行い、その耐力を調査すると共に、実験変数とした径厚比とコンクリート強度の影響を考察する。なお土木学会・複合構造物設計・施工指針(案)³⁾には輸送・架設時の変形を防ぐ目的で最小板厚として $D/150$ を目安とするとある。

2. 実験供試体

供試体は前述のように径厚比とコンクリート強度を実験変数に設定した。前者では SS400 材相当の制限径厚比:150 を超えるものを 6 体含む計 12 体用意した。図-1 に示す正面図のように鋼管の両端部にリングと加圧板を溶接し、鋼管端部における溶接破断や局部座屈を防止した。表-1 に供試体の寸法詳細及び使用した材料試験の結果を要約する。なお、表中 F24 で示す供試体については既公表のもの²⁾である。

3. 実験方法

載荷方法及び測定方法を図-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 3%程度に達するまで行うことを原則とした。4 基の変位計により供試体上下加圧板間の軸方向変形を測定した。さらに、二軸ひずみゲージにより、供試体中央位置から上下にそれぞれ 300mm(=供試体の外径 D)離れた位置にて表裏 6 箇所鋼管の載荷軸方向と円周方向のひずみを測定した。また実験中には、鋼管の膨らみ及び座屈等を目視確認した。

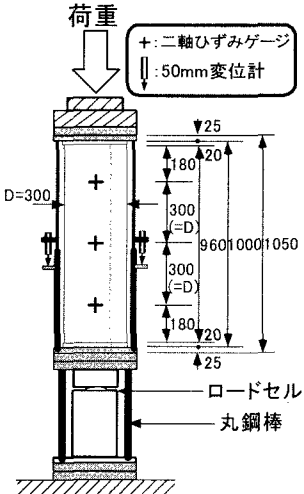


図-1 載荷方法及び測定方法(mm)

表-1 供試体一覧、及び材料試験結果

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 ₀ (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(日)	圧縮強度 σ _B (MPa)	弾性係数 E (GPa)	圧縮強度 時ひずみ (%)
T45F40	300	4.5	67	SS400	40MPa	4.20	289.2 [*]	207	0.14	18	33.5	26.0	0.10
T32F40		3.2	94			2.97	242.7	218	0.11				
T23F40		2.3	130			2.10	251.4	214	0.11				
T16F40		1.6	188			1.46	239.9 [*]	237	0.10				
T12F40		1.2	250			1.14	238.3 [*]	225	0.11				
T10F40		1.0	300			0.94	274.1 [*]	240	0.11				
T45F24	300	4.5	67	SS400	24MPa	4.17	280.7 [*]	210	0.13	7	25.6	23.6	0.11
T32F24		3.2	94			3.08	320.5	209	0.15				
T23F24		2.3	130			2.12	286.8 [*]	207	0.14				
T16F24		1.6	188			1.51	265.2	198	0.13				
T12F24		1.2	250			1.17	210.0 [*]	167	0.13				
T10F24		1.0	300			0.96	176.3 [*]	150	0.12				

※0.2%offset耐力

4. 実験結果

(1)破壊形式 概ね中心圧縮がなされたと思われる供試体においては、コンクリート強度による破壊形式の違いは見られず、写真-1 に示すように上部から中下段にかけての斜めせん断破壊が見られた。例として図-2 に示す T16F40 の単純累加強度 N_{02} による無次元化軸圧縮荷重と平均軸方向ひずみの関係を参照しながら破壊進行過程について述べる。図中 A 点 ($N/N_{02}=0.51$) で鋼管上段ゲージ位置が降伏し、さらに B 点で鋼管上部に局部的な膨らみが生じ、C 点では中段と下段ゲージ位置にて鋼管が降伏した。その後最大耐力(図中 D 点)に至るまで鋼管上部が膨張し続け、最大耐力到達後急激に荷重が低下し(D-E)せん断破壊形式を呈した。なお、コンクリート強度により比較すると、強度の高い F40 シリーズにて破壊が幾分脆性的なものとなっており、最大耐力後の変形性能についても低くなっていることが伺える。

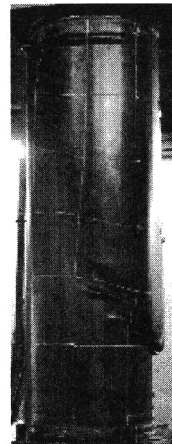


写真-1 T16F40 の破壊形式

(2)中心圧縮耐力 実験耐力概要を表-2 に示す。ここで N_{exp} は実験より得られた中心圧縮耐力である。また、 N_{01} 及び N_{02} はコンクリート強度の低減係数をそれぞれ 0.85, 1.00 として算定される累加強度であり、 N_{03} は拘束効果を考慮した算定値 ($\eta=0.27$) である。T10F24 の $N_{exp}/N_{03}=0.99$ を除いて、算定値を上回る結果が得られた。また、 N_{02} によって無次元化した耐力と径厚比の関係について、コンクリート強度による比較を行ったものを図-3 に示す。これによるとコンクリート強度の高い F40 シリーズにて耐力上昇の割合が大きい。その原因としてはコンクリート強度の影響、拘束効果、及び材料強度などが考えられるが、比較対象数が少ないためその点について論じるのは難しい。また全体の傾向としてはコンクリート強度による差はあまり見られず、径厚比が大きくなるにつれ耐力上昇の割合が小さくなっていることもわかった。

表-2 実験耐力概要

供試体名	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	
T45F40	71	4314.0	3027.9	3363.1	3667.7	1.42	1.28	1.18	0.35
T32F40	101	4048.4	2609.7	2951.5	3133.2	1.55	1.37	1.29	0.30
T23F40	143	3778.9	2447.3	2792.1	2925.4	1.54	1.35	1.29	0.27
T16F40	206	2951.8	2306.0	2655.0	2743.7	1.28	1.11	1.08	0.26
T12F40	263	3134.0	2234.0	2583.2	2652.0	1.40	1.21	1.18	0.23
T10F40	319	3143.8	2230.0	2580.8	2646.2	1.41	1.22	1.19	0.22
T45F24	72	3464.3	2543.0	2799.7	3093.6	1.36	1.24	1.12	0.65
T32F24	97	3015.5	2398.0	2658.6	2907.3	1.26	1.13	1.04	0.52
T23F24	142	2670.5	2063.7	2327.5	2481.1	1.29	1.15	1.08	0.43
T16F24	199	2254.0	1880.9	2146.6	2247.9	1.20	1.05	1.00	0.33
T12F24	256	2123.7	1743.1	2010.1	2072.3	1.22	1.06	1.02	0.33
T10F24	312	1957.1	1674.0	1941.3	1984.2	1.17	1.01	0.99	0.32

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

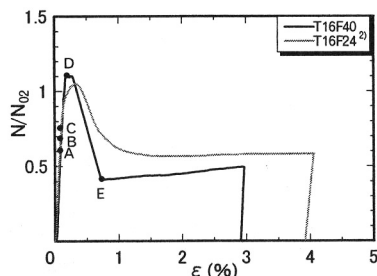


図-2 T16F40 無次元化荷重 -

軸ひずみ関係比較

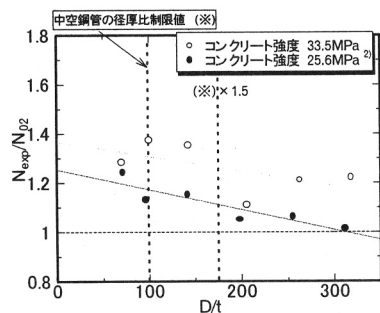


図-3 コンクリート強度による比較

5. まとめ

- ① いずれの供試体も最大耐力到達後せん断破壊形式を呈した。また、コンクリート強度の増加によりピーク後の挙動が幾分脆性的になり、その結果若干変形性能も低下したといえる。
- ② コンクリート強度の増加により耐力上昇の割合が大きくなっているが、供試体の数も少なく一概に結論づけられないと考えられる。すなわち全体の傾向としてはコンクリート強度による影響はあまり見られなかった。

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) 小藪隆, 鬼頭宏明, 園田恵一郎: 150 を超える大径厚比を有する円形コンクリート充填鋼管(CFT)部材の中心圧縮特性, 平成 13 年度土木学会関西支部年次学術講演会概要集 pp.1-59-1-2, 2001; 3) 土木学会: 複合構造物設計・施工指針(案), 1997