

大阪市立大学大学院工学研究科 学生員 ○宇渡 康正
大阪市立大学大学院工学研究科 学生員 佐原 啓介
大阪市立大学工学部 館 健一
大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 鬼頭 宏明

1. はじめに

コンクリート充填円形鋼管部材 (Concrete Filled circular steel Tube : 以下, 円形 CFT 部材) とは円形鋼管にコンクリートを充填した合成部材である¹⁾。高軸力を受ける建築分野での円形 CFT 部材の径厚比: 鋼管径/鋼管厚 (D/t) 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。一方, 土木分野では, そのような高軸力は受けず制限径厚比の緩和が期待できる。よってここでは, CFT 部材の土木構造物への適用を目的とし, 鉄骨鉄筋コンクリート計算規準・同解説²⁾ (以下, SRC 規準) 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, その曲げ耐力ならびに変形性能を実験的に調査した。

2. 供試体

供試体は図-1 中央部に位置するもので, 径厚比 6 種類とコンクリート設計強度 2 種類を実験変数とした全 12 体である。鋼管には SS400 相当の圧延板, 充填コンクリートの設計強度を 24MPa と 40MPa とした。鋼管端部で局部座屈の発生防止のために鋼管端部を増厚し, 左右加圧板は溶接により供試体と一体化させた。供試体の詳細と材料特性を表-1 に示す。

3. 実験方法

載荷設置図概略を図-1 に示す。載荷方式は左右対称の 4 点曲げ方式であり, 左右対称に載荷治具をボルト接合した供試体は純曲げ区間内に位置する。載荷方法は一方向単純漸増載荷とし, 供試体が曲げ破壊に至るまで載荷を行った。荷重計測はロードセルにて, 変位計測は供試体下方に位置する変位計 5 基を用いた。また実験中には, 鋼管の局部座屈および亀裂の発生を目視観察した。

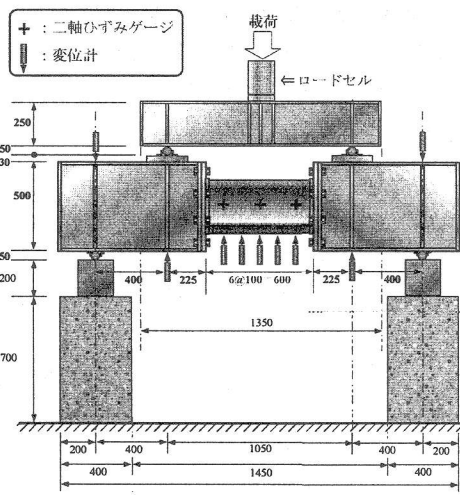


図-1 載荷設置概略図 (単位: mm)

4. 実験結果と考察

(1)破壊形式: 全供試体共曲げ破壊に至った。供試体 C24T23, C24T16, C24T10 は鋼管シーム溶接部に亀裂が発生し, また供試体 C40T16, C40T12, C40T10 は供試体引張縁の鋼管母材が破断した。一方, 供試体 C24T45, C24T32, C24T12,

表-1 供試体一覧, および材料特性

供試体名	供試体一覧					鋼管鋼材の材料特性				充填コンクリート材料特性			
	径厚比	鋼管外径	実測板厚	使用 鋼種	充填コン クリート 設計強度	降伏強度	終局強度	弾性係数	降伏点 ひずみ	材令	圧縮強度	引張強度	弾性係数
	D/t	D	t		σ_y	σ_u	E	ϵ_y	σ_c		σ_t	E	
	-	(mm)	(mm)		(MPa)	(MPa)	(GPa)	(μ)	(日)		(MPa)	(MPa)	(GPa)
C24T45	69	300.03	4.35	SS400 相当	24	206	336	189	1091	36	26.4	2.25	23.5
C24T32	95	299.58	3.16			231	343	213	1087				
C24T23	137	299.46	2.19			261	357	208	1255				
C24T16	196	299.22	1.53			339	398	219	1545				
C24T12	266	298.03	1.12			223	321	206	1083				
C24T10	318	299.00	0.94			293	383	214	1367				
C40T45	71	300.00	4.22	SS400 相当	40	264	372	233	1184	35	37.4	2.98	29.0
C40T32	95	300.10	3.15			276	432	206	1338				
C40T23	132	299.93	2.27			234	333	209	1120				
C40T16	197	299.84	1.52			300	373	214	1402				
C40T12	259	299.89	1.16			207	322	193	1072				
C40T10	306	300.03	0.98			211	332	190	1112				

C40T32, C40T23 では鋼管は破断しなかった。次に図-2 と写真-1 を参照し、供試体 C40T16 の破壊進行過程を例示する。A 点において鋼管が降伏し、更に载荷すると B 点で鋼管圧縮縁で局部座屈が発生した。最大耐力（図中 C 点）到達後も载荷すると、D 点で供試体引張縁の鋼管が破断した。なお他の破断や亀裂が生じなかった供試体も D 点での現象を除き同様の破壊過程を呈した。

(2)曲げ耐力：得られた各供試体の曲げ耐力 M_{exp} を表-2 に示す。表中の M_{01} は SRC 規準に基づく算定を曲げ耐力値であり、 M_{02} は鋼管のひずみ硬化の影響を上限值で加味するために M_{01} における降伏強度 σ_y を破断強度 σ_B に代えた値であり、両者共にコンファインド効果による強度上昇を考慮している。 M_{exp} が M_{01} を超え、さらに M_{02} を若干上回る値を示したことより、ひずみ硬化の影響により耐力が上昇したと考えられる。

(3)変形性能：表-2 に無次元化最大変位（図-2 横軸最大値）を示す。供試体 C24T16 を除き、 $\delta_{max}/\delta_y \geq 40$ 程度の変形性能が認められた。また表より制限径厚比:150 を越える供試体でも制限径厚比内の供試体と同等の変形性能を有するともいえる。

(4)コンクリート強度による違い：得られたコンクリート設計強度 24MPa と 40MPa での曲げ耐力を各々 M_{exp24} と M_{exp40} とする。表-2 の M_{exp40}/M_{exp24} より、コンクリート強度の上昇により M_{exp40} が M_{exp24} より増加した供試体では充填コンクリートに複数の位置での曲げひび割れが確認できた。一方、そうでない供試体では、充填コンクリートが中央の一箇所のみでの局所的な曲げひび割れが大きく開口し、対応する引張縁にて急激に鋼管の変形が進行し破壊に至ったため、耐力向上が得られなかった。

5 まとめ

- (1)全供試体とも曲げ破壊に至り、局部座屈が発生し、一部供試体では鋼管の破断が確認された。
- (2)制限径厚比:150 を越える 6 体を含む全供試体において、曲げ耐力は SRC 基準による算定値を上回り、さらにひずみ硬化を加味した算定値と同等あるいはそれ以上の耐力を示した。
- (3)得られた無次元化した変位より、制限径厚比を越えても十分な変形性能を有するといえる。
- (4)充填コンクリートが一箇所で局所的な曲げひび割れが生じ破壊した供試体は、充填コンクリートが複数の位置において曲げひび割れが発生した供試体のようにコンクリート強度の上昇に見合った耐力向上が得られなかった。

参考文献 1) 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
2) 日本建築学会：鉄骨鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説，2001.1

表-2 実験結果概要

供試体名	径厚比	曲げ耐力						変形性能				コンクリート強度の違いによる耐力比較
		実験値		算定値		実験値/算定値		算定降伏荷重	実験最大変位	算定降伏変位	無次元化最大変位	
		M_{exp} (kN・m)	M_{01} (kN・m)	M_{02} (kN・m)	M_{exp}/M_{01}	M_{exp}/M_{02}	P_y (kN)	δ_{max} (mm)	δ_y (mm)	δ_{max}/δ_y	M_{exp40}/M_{exp24}	
C24T45	69	168.8	110.2	167.8	1.53	1.01	323.4	5.698	0.137	41.6	-	-
C24T32	95	137.0	92.0	127.9	1.49	1.07	268.6	9.708	0.114	85.4	-	-
C24T23	137	107.7	72.6	94.4	1.48	1.14	217.4	6.150	0.125	49.0	-	-
C24T16	196	81.7	67.2	75.4	1.22	1.08	202.0	4.000	0.149	26.8	-	-
C24T12	266	58.5	33.9	46.5	1.73	1.26	99.2	16.155	0.100	160.9	-	-
C24T10	318	53.6	37.5	48.9	1.43	1.10	111.6	6.780	0.124	54.5	-	-
C40T45	71	-	131.7	180.0	-	-	401.8	-	-	-	-	-
C40T32	95	168.5	105.9	159.5	1.59	1.06	324.2	6.702	0.138	48.7	1.23	1.23
C40T23	132	126.8	67.4	93.2	1.88	1.36	203.7	12.485	0.111	112.6	1.18	1.18
C40T16	197	78.8	59.0	72.2	1.34	1.09	180.6	8.786	0.133	66.0	0.96	0.96
C40T12	259	58.1	32.5	49.2	1.79	1.18	97.0	7.527	0.098	76.9	0.99	0.99
C40T10	306	49.4	28.3	43.3	1.75	1.14	85.9	6.069	0.099	61.0	0.92	0.92

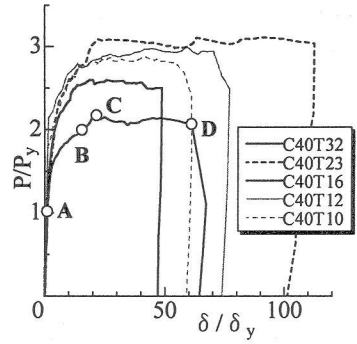


図-2 無次元化荷重-変位関係

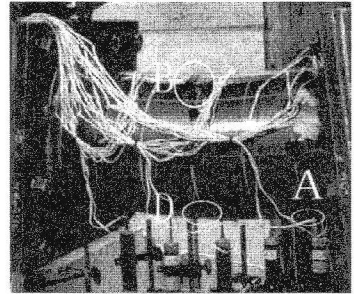


写真-1 供試体 C40T16 破壊後