

コンクリート充填楕円鋼管部材の純曲げ挙動

神戸市立工業高等専門学校 学生会員 ○山本 貴大
神戸市立工業高等専門学校 学生会員 吉谷 康佑

神戸市立工業高等専門学校 正 会 員 上中宏二郎
大阪市立大学院工学研究科 正 会 員 角掛 久雄

1. はじめに

コンクリート充填楕円鋼管部材 (Concrete Filled Elliptical Steel Tubular Members, 以下, CFEST とする) とは楕円鋼管にコンクリートを充填した新しいタイプの鋼管の鋼管構造であり, 従来の高靱性, 高耐久性を有するコンクリート充填鋼材部材 (Concrete Filled Steel Tubular Members, 以下, CFT とする) に類似した形状を有する. CFEST を河川内の橋脚に用いれば, 水流をなめらかにすることができるため, 洗掘の問題が軽減できると考えられる.

このような背景をもとに, 本研究では, 比較的大きな径厚比 ($69 < 2a/t < 160$) を有する 6 体の CFEST と直径が 160, 80mm の 6 体の CFT を加えた合計 12 体で曲げ特性に関する基礎実験を行った. さらに, 径厚比 ($2a/t$) が曲げ強度に与える影響について考察した.

2. 実験方法

表-1 に供試体一覧を示す. 供試体は 2 種類の鋼管半径 $a=80\text{mm}$ ならびに $b=40\text{mm}$ ($a/b=2.0$) と固定し, 鋼管厚 (t) を 1.0, 1.6 および 2.3mm としている. 従って, 本試験の径厚比 ($2a/t$) は 69~160 となる (供試体の外形は図-1 参照).

載荷方法は, 図-2 に示すように, 作成された供試体の添接板に載荷治具をボルトで固定し, 500kN 耐圧試験機を用いて載荷はりに荷重を加え, 左右対称に 4 点曲げ載荷することにより, 供試体に一定の曲げモーメントを作用させた.

測定項目は, 供試体高さ方向中心部の東西南北方向に 2 軸ひずみゲージを 4 箇所貼付し鋼管に作用する応力を測定した. また, 変位計を供試体中央と 80mm 離れた左右対称の位置に設置し, 変形特性を測定した.

3. 実験結果と考察

(1) 破壊形式

全ての供試体において終局状態に到達すると, 曲げ圧縮による鋼管の局部座屈が発生した後, 曲げ引張による鋼管のひび割れが見られた. なお, 今回の実験において径厚比 ($2a/t$) が破壊形式の差異に及ぼす影響は見られなかった.

(2) 純曲げ強度

表-1 に実験結果一覧を示す. ここで, M_u : 算定曲げ強度, M_{exp} : 純曲げ強度, M_{exp}/M_u : 相対比を表す.

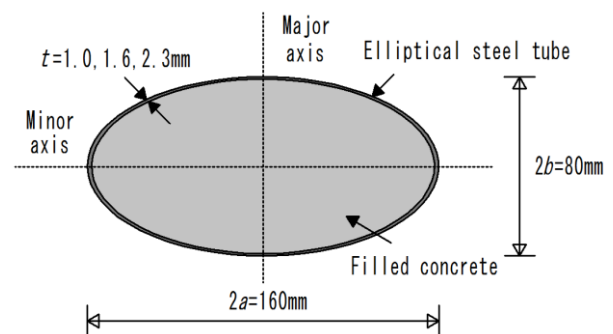


図-1 コンクリート充填楕円鋼管部材 (CFEST)

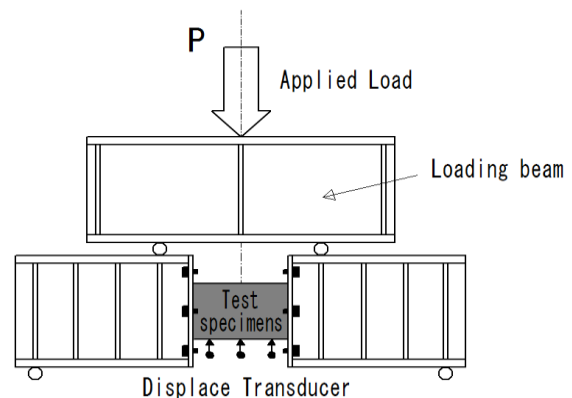


図-2 載荷方法

用いて, 以下の式より求めた.

$$M_{exp} = \frac{2}{3} k f_c' a b (b + t) \cos^3 \alpha + \frac{2}{3} f_y t \{ t^2 - (2b + a)t + (2ab + b^2) \} \cos^3 \alpha$$

また, 図-3 に算定強度と純曲げ強度の関係を示す. 図中の破線は, CFEST と CFT の原点を通る直線近似を示す. 図より, $M_u = 2.67 M_{exp}$ とすれば, 概ね評価できる.

キーワード: CFEST, CFT, 径厚比, 四点对称曲げ載荷, 純曲げ強度, 二軸応力

連絡先: 〒651-2194 神戸市西区学園東町 8 丁目 3 番地 神戸市立工業高等専門学校 TEL: 078-795-3269

表-1 供試体一覧と実験結果

Tag	Elliptical steel tube					f_y (N/mm ²)	f_u (N/mm ²)	Conc. strength f_c' (N/mm ²)	Experimental results			
	Thick.	Dimeter		Ratio					M_u	M_{exp}	M_{exp}/M_u	
	t (mm)	$2a$ (mm)	$2b$ (mm)	$2a/t$	$2b/t$				(kN m)	(kN m)		
10-major	1.0	160	80	160.0	80.0	196	345.4	37.9	2.56	10.77	4.21	
10-minor	1.0	160	80	160.0	80.0				1.35	4.85	3.59	
16-major	1.6	160	80	100.0	50.0	313.3	358		5.98	14.36	2.40	
16-minor	1.6	160	80	100.0	50.0				3.30	7.95	2.41	
23-major	2.3	160	80	69.6	34.8	298.7	373.4		7.85	21.89	2.79	
23-minor	2.3	160	80	69.6	34.8				4.40	10.19	2.32	
10-c-80	1.0	80	80			196	345.4		37.9	1.66	3.34	2.01
10-c-160	1.0	160	160							6.95	13.90	2.00
16-c-80	1.6	80	50.0			313.3	358	3.92		4.47	1.14	
16-c160	1.6	160	100					16.63		21.59	1.30	
23-c-80	2.3	80	34.8			298.7	373.4	5.23		7.13	1.36	
23-c160	2.3	160	69.6					22.21		31.43	1.42	

(3) 変形性能

図-4 に変形特性を示す．ここで，図中の M_y は実験値より求めた鋼管が降伏した時の曲げモーメントを示す．同図より，両実験とも降伏モーメント (M_y) 到達後，ゆるやかに増加し，15mm 以降は一定の曲げモーメントを保持していた．また，Major 軸実験の方が鋼管降伏後の耐力の上昇が大きいことがわかった．

(4) 応力状態

図-5 に鋼管の圧縮側および引張側の 2 軸応力状態を示す．圧縮側では，曲げによる軸方向応力 σ_z が降伏点に到達後，圧縮側に流動した．また，引張側は σ_z が降伏に到達後，周方向応力 σ_θ は引張側に流動した．

4. まとめ

- (1) 破壊形式は，曲げ圧縮による鋼管の局部座屈が発生した後，曲げ引張による鋼管のひび割れが見られた．
- (2) Major 軸実験の方が Minor 軸実験より鋼管の降伏後の耐力は上昇した．
- (3) 純曲げ強度 (M_{exp}) は算定曲げ強度 (M_u) を用いて安全に評価された．また，純曲げ強度 (M_{exp}) と算定曲げ強度 (M_u) には良好な相関係数 ($r=0.94$) が見られた．
- (4) 曲げ圧縮側では，純曲げによる軸方向圧縮応力 (σ_z) が降伏点 (f_y) に到達後，周方向応力は圧縮側に流動した．また，曲げ引張側の周方向応力は引張側に流動した．

謝辞： 載荷実験の実施にあたっては，神戸高専の学生諸君にご協力いただき，感謝の意を表します．

参考文献

- 1) Uenaka. K: Experimented study on Concrete Filled Elliptical/ Oval Steel Tubular Stub Columns under Compression, Thin-Walled Structures, Elsevier, Vol.78, pp. 131-137, 2014.

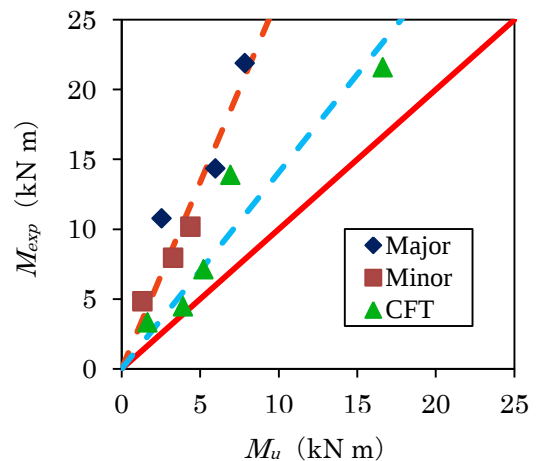


図-3 算定曲げ強度と純曲げ強度の関係

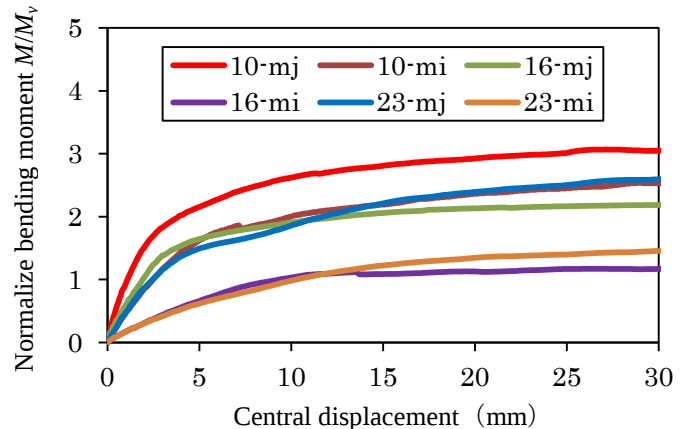


図-4 変形特性

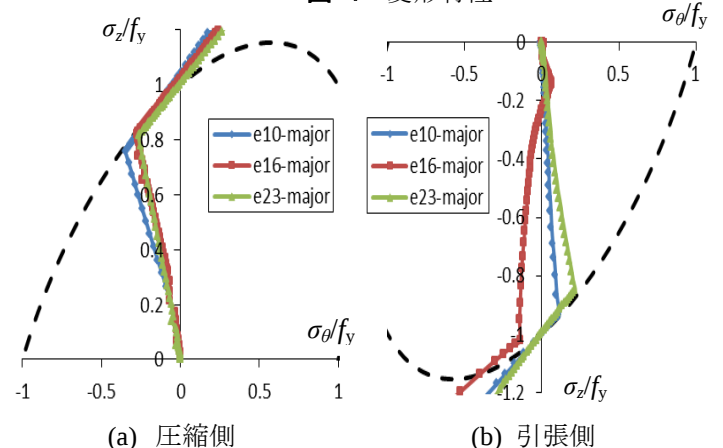


図-5 応力状態 (圧縮正)