

大林組技術研究所 正員 斎藤 二郎

〃 〃 〇入沢 賢一

1 序

コンクリート充填鋼管の耐力は短柱の場合、コンクリートと鋼管の強度に依存する。この充填鋼管を仮設機材等に利用拡張するため、軽量化、経済性を考慮し軽量低強度モルタル($\sigma_c = 30 \text{ kg/cm}^2$)充填鋼管の剛性、耐力を把握し、その適応性の検討を目的とした。実験は中心軸荷向塑性座屈試験ととなり、常用強度モルタル($\sigma_c = 300 \text{ kg/cm}^2$)充填鋼管及び非充填鋼管に対する結果と比較検討した。軽量低強度モルタルには中級AFC(アソフォームクリート)の気泡性モルタルを使用した。

2 実験概要

試験体は表-1に示すように鋼管厚と充填物の種類により計9体とし、鋼管のみの細長比はほぼ一定にした。試験体の断面性能、材料試験結果は表-2, 3, 4に示す。実験方法は300t油圧式試験機により、両端ピンを中心軸荷向圧縮試験とし、加力後2回の繰返し後に座屈させた。変形はDGを直角方向で5段に、歪度はWSGを円断面8等分で3段に測定した。

3 実験結果と検討

(1) 変形状態; 座屈時の横たわみ変形及び軸荷向圧縮量は当然のことながら普通モルタル充填に比較してAFC充填と非充填のものは大きく、充填物による剛性効果は薄肉鋼管程顕著にあらわれた。又上中下段での歪みの相違はほとんどみられなかった。(図-1参照)

(2) 座屈荷重は表-5に示す。本実験のモルタル充填鋼管は鋼管細長比 $\lambda_s = 86 \sim 88$ であり、比例限度を越えた曲げ座屈であった。

(3) 計算値との比較; (i)弾性域の検討、弾性域では鋼管とコンクリートの累加剛性式が適用され、 $P = (A_s E_s + A_c E_c) \epsilon$ の計算値と実験値はよく一致した。(ii)座屈荷重、完全弾性座屈でなく又復合部材の座屈計算のため、次の4ケースについて座屈荷重計算式の適応性を比較検討した。各計算値と実験値の比較は表-6に示し、これを図化したのが図-2である

① 提案式A $P_R = \frac{\pi^2 E_s I}{l^2}$ (オイラーの公式)

E_s, E_c : 鋼管, コンクリートの弾性係数, $I = I_s + \frac{I_c}{n}$ $n = \frac{E_s}{E_c}$
 I_s, I_c : 鋼管, コンクリートの断面二次モーメント

② 提案式B $P_R = P_y \cdot F$ (鋼構造塑性設計規準)

$P_y = A_s \sigma_y + A_c \sigma_c$ σ_y : 鋼管の降伏強度
 σ_c : モルタルの強度
 $F = 1 - 0.004 (\lambda_s - 20)$ λ_s : 鋼管細長比

鋼管	A_s cm ²	A_c cm ²	$\mu = \frac{A_s}{A_c}$	r cm	$\lambda_s = \frac{l}{r}$	試験体 記号	充填物
φ1016 × 3.2	9.892	71.140	0.139	3.48	86.207	A-1	AFC
						B-1	普通モルタル
						C-1	非充填
φ1016 × 4.2	12.850	68.182	0.188	3.45	86.956	A-2	AFC
						B-2	普通モルタル
						C-2	非充填
φ1016 × 5.7	17.170	63.862	0.269	3.40	88.235	A-3	AFC
						B-3	普通モルタル
						C-3	非充填

表-1 試験体一覧表

鋼管の単位 断面性能	鋼管			コンクリート		$\mu = \frac{A_s}{A_c}$	$\lambda_s = \frac{l}{r}$	鋼管の弾性係数 E_s (kg/cm ²)	コンクリートの弾性係数 E_c (kg/cm ²)
	A_s (cm ²)	I_s (cm ⁴)	Y_s (cm)	A_c (cm ²)	Y_c (cm)				
φ1016 × 3.2	9.892	120	3.48	71.140	0.139	86.207	207 × 10 ⁶	402.5	
4.2	12.85	153	3.45	68.182	0.188	86.957	1.85 × 10 ⁶	369.7	
5.7	17.17	198	3.40	63.862	0.269	88.235	2.13 × 10 ⁶	324.3	

表-2 試験体断面性能諸元

鋼管種別	強度	降伏点強度 σ_y (kg/cm ²)	引張強さ σ_b (kg/cm ²)	弾性係数 E_s (kg/cm ²)	伸び率 (%)	ポアソン比 μ_s
φ1016 × 3.2	3488	4529	2.07 × 10 ⁶	33.9	0.28	
4.2	3381	4311	1.85 × 10 ⁶	30.7		
5.7	4915	5836	2.13 × 10 ⁶	24.3		

表-3 鋼材引張試験結果

試験体名		寸法	E_c (kg/cm ²)	σ_c (kg/cm ²)
A	A-1	φ1016 × 3.2	200 × 10 ⁴	27.13
	A-2	4.2	2.16 × 10 ⁴	27.26
	A-3	5.7	2.34 × 10 ⁴	27.57
F	B-1	3.2	1.80 × 10 ⁵	296.21
	B-2	4.2	1.83 × 10 ⁵	324.10
	B-3	5.7	1.83 × 10 ⁵	315.10

表-4 充填モルタル試験結果

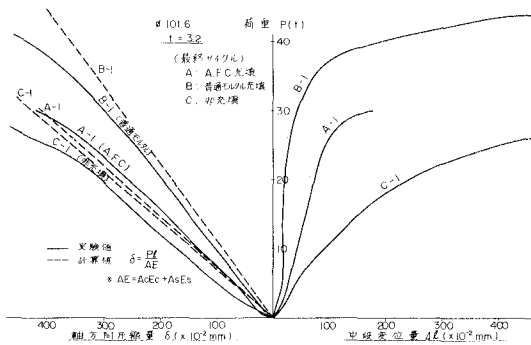


図-1 荷重-変位量及軸方向圧縮量

③ 提案式③ $P_n = \frac{\sigma_c \cdot A}{w}$ (鋼構造計算規準)

$$w = \frac{1}{1 - 0.314 \left(\frac{\lambda_s}{100} \right)^2} \quad 30 \leq \lambda_s \leq 100$$

A_s, A_c : 鋼管, コンクリートの断面積, $A = A_s + \frac{A_c}{n}$

④ 提案式④ $P_c = \sigma_{ct} A_s + \sigma_{ct} A_c$

σ_{ct}, σ_{ct} : 接線弾性係数論により各材料試験結果
単一材としての非弾性座屈応力 σ_{ct} (鋼管), σ_{ct} (コンクリート) を求めた。

提案式③, ④が最も妥当であったため, 他のコンクリート充填鋼管の実験資料についてもこの2式で検討したのが図-3, 4である。

4 まとめ 充填鋼管の中に軸圧縮曲が座屈の計算式は鋼管の細長比 $30 \leq \lambda_s \leq 100$ の塑性座屈の場合, $\mu = \frac{A_s}{A_c}$ に無関係に提案式③は実験値 = 0.85~1.05 と計算値が幾分大きくなるが最も妥当である。④式は実験値 = 1.1~1.2 と逆に計算値が小さいが両式から座屈荷重を推定すればよい。③, ④式は実験値が大きくなり適当でない。尚 AFC 充填鋼管について弾性域では剛性累加式は成立するが, 非充填に対する耐力の比率は μ に関係なく変わらず, 複合部材としての耐力, 剛性効果は期待できない。即ち仮設機材のための充填鋼管としての最適設計は充填物強度が大きく薄肉鋼管の方が効果的であり, $\mu = \frac{A_s}{A_c}$ と充填物強度のバランスがとれていることが最も重要な要素といえる。

図-3 実験値と鋼管細長比の関係

	供試体	n = $\frac{E_s}{E_c} \frac{A_s}{A_c}$ (cm ²)	$\frac{A_s}{A_c}$ (実験値)	$\frac{I_s}{I_c}$ (実験値)	座屈荷重 (実験値) (t)	提案式 (A)		提案式 (B)		提案式 (C)		提案式 (D)	
						計算値 P _k 実/計	計算値 P _b 実/計	計算値 P _n 実/計	計算値 P _n 実/計				
A	A-1	10350	10579	128.89	30.83	29.052 ^(t)	1061	26619 ^(t)	1158	28286 ^(t)	1090	27213 ^(t)	1132
F	A-2	8564	13646	157.32	37.0	32.918	1124	29287	1263	35184	1052	34828	1062
C	A-3	9102	17872	201.56	69.9	48.209	1449	55551	1258	66365	1053	47674	1466
普通 コン クリ ート	B-1	1150	16078	15500	42.1	44.155	0.953	40361	1.043	42990	0.979	38880	1.082
	B-2	1011	19594	18957	47.6	47.266	1.007	42747	1.114	50520	0.942	45887	1.037
	B-3	1164	22656	22586	70.0	61.114	1.145	67630	1.035	84130	0.832	57854	1.209
非 充 填	C-1	---	9892	12000	28.1	27.166	1.034	25366	1.108	26449	1.062	25719	1.092
	C-2	---	12850	15300	34.0	30.997	1.096	28335	1.200	33132	1.026	33410	1.017
	C-3	---	17170	19800	63.625	46.315	1.373	54609	1.165	63758	0.998	46369	1.372

表-6 座屈荷重の実験値と計算値の比率一覧表

	試 験 体	鋼管 径 (mm)	鋼管 厚 (mm)	加 力 の 間 (t)	加 力 の 間 (t)	座 屈 荷 重 (実験値)	座 屈 荷 重 の 比 率	座 屈 時 の 軸 方 向 圧 縮 量 (mm)	座 屈 時 の 軸 方 向 圧 縮 量 の 比 率	
A	A-1	3.2	11.0	16.5	30.83	1097	1097	4565	0.965	0.965
F	A-2	4.2	14.1	21.1	37.0	1317	1083	4860	1.027	0.910
C	A-3	5.7	18.3	27.4	69.9	2488	1059	6155	1.301	1.082
普通 コン クリ ート	B-1	3.2	—	20.4	42.1	1498	1498	4920	1.040	1.040
	B-2	4.2	16.4	24.6	47.6	1694	1400	4897	1.035	0.917
	B-3	5.7	20.2	30.4	70.0	2491	1100	5057	1.069	0.889
非 充 填	C-1	3.2	11.0	16.5	28.1	—	—	4730	—	—
	C-2	4.2	14.1	21.1	34.0	1210	—	5342	1.129	—
	C-3	5.7	18.3	27.4	63.625	2264	—	5687	1.202	—

表-5 座屈荷重及び軸方向圧縮量とその比率

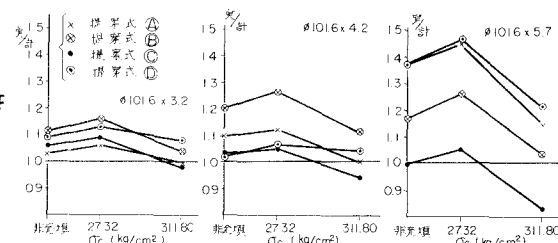


図-2 座屈荷重の実験値と充填物強度の関係

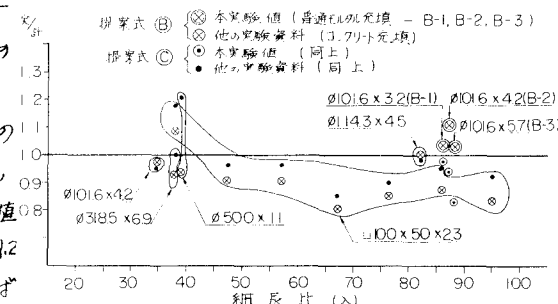


図-3 実験値と鋼管細長比の関係

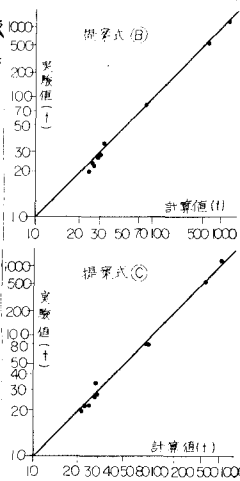


図-4