

## 論文 コンクリート充填円形鋼管短柱の軸圧縮挙動と拘束効果

蜷川利彦\*<sup>1</sup>・崎野健治\*<sup>2</sup>

要旨：コンクリート充填円形鋼管柱の軸圧縮挙動について、幅広い範囲の材料強度や径厚比の組み合わせで行われた既往の中心圧縮実験結果をもとに、最大耐力を発揮する時の軸圧縮ひずみと鋼管の周方向応力の大きさに着目して検討する。その検討結果と既往の研究を考察し、鋼管とコンクリートの相互拘束効果について議論する。

キーワード：拘束効果, 最大耐力時の軸圧縮ひずみ, 鋼管の周方向応力, 中心圧縮実験

## 1. 序

軸圧縮力を受けるコンクリート充填円形鋼管柱(以下、CFT柱と呼ぶ)はコンクリートと鋼管の相互拘束効果により、それぞれの荷重-変形曲線を単純に足し合わせたものよりも耐力や靱性が向上することで知られている。しかし、高強度コンクリートを用いた柱や鋼管の径厚比が特に大きな柱では、最大耐力を発揮する時の軸圧縮ひずみが比較的小さく、顕著な耐力低下を生じるなど、一般に認識されているCFT柱の軸圧縮挙動とはかなり異なった性状を示すことが既往の実験的研究で明らかになっている[1][2]。したがって、拘束効果を定量的に評価するにあたっては、この性状の違いを考慮に入れる必要がある。その手始めとして本論では、CFT短柱の軸圧縮挙動について、既往の実験結果もとに最大耐力時の軸圧縮ひずみと鋼管の周方向応力の大きさに着目して検討する。また、拘束効果と各種パラメーターの関係についても考察を行う。

## 2. 試験体

本論では、「ハイブリッド構造に関する日米共同構造実験研究」の一環として、(社)建築業協会と建設省建築研究所で実施された中心圧縮実験の結果について検討を行う。実験の詳細は文献[1]を参照されたい。なお、著者らは既に文献[3]および[4]において、この実験結果について検討を行っているが、本論はこれらに続くものである。試験体一覧を表1に示す。実験変数は、鋼管の材質が40キロ鋼、60キロ鋼、80キロ鋼、コンクリートのシリンダー強度 $c\sigma_B$ が約25MPa, 40MPa, 80MPa、径厚比の範囲が16.7~152.0と幅広くとられている。鋼管は冷間曲げ加工されたもので、残留応力除去焼鈍は施されていない。鋼管の長さは外径の3倍で、材質ごとに板厚を一定としている。そのため径厚比により断面径が異なり、試験体の最大径(45cm)は最小径(10.8cm)やシリンダー直径(10cm)の4倍以上となるため、充填コンクリートの強度をシリンダー強度で画一的に評価することには問題があると考えた。本論ではコンクリート強度にスケールエフェクトを考慮することにし、その評価方法は文献[3]と同様、米国開拓局の実験結果[5]によった。

## 3. 最大耐力時の軸圧縮ひずみ

図1に各試験体の $\epsilon_u$ と $N_u/N_o$ の関係を示す。 $\epsilon_u$ は実験において最大耐力を発揮した時の軸圧縮ひずみであるが、一旦耐力が低下した後に再び耐力上昇に転じて最大耐力を発揮した試験体に

\*1 九州大学助手 工学部建築学科、工修(正会員)

\*2 九州大学教授 工学部建築学科、工博(正会員)

表1 試験体一覧

試験体名	鋼管				コンクリートの シフト強度 cσ <sub>p</sub> (MPa)	充填コンクリートの 強度 cσ <sub>p</sub> (MPa)	コンクリート充填鋼管の軸圧縮耐力				最大耐力 時のひずみ ε <sub>u</sub> (%)	α <sub>u</sub>
	外径 D(mm)	板厚 t(mm)	径厚比 D/t	降伏応力 sσ <sub>y</sub> (MPa)			実験値 exNu(kN)	単純累加 No(kN)	exNu/No	sNo/No		
CC4-A-0	148.5	2.96	50.2	—	—	460	384	1.20	1.00	1.21	—	
CC4-A-2	149.2	2.96	50.4	—	25.4	941	782	1.20	0.49	4.45	0.295	
CC4-A-4-1	148.9	2.96	50.3	—	40.5	1064	1016	1.05	0.38	1.13	0.084	
CC4-A-4-2	149.2	2.96	50.4	—	40.5	1080	1019	1.06	0.38	0.92	0.106	
CC4-A-8	149.4	2.96	50.5	—	77.0	1781	1592	1.12	0.24	0.78	0.355	
CC4-C-0	300.5	2.96	101.5	—	—	784	784	1.00	1.00	0.46	—	
CC4-C-2	300.5	2.96	101.5	—	25.4	2382	2308	1.03	0.34	0.95	0.063	
CC4-C-4-1	300.2	2.96	101.4	283 (0.69)	41.1	36.2	3277	3244	1.01	0.24	0.41	0.028
CC4-C-4-2	300.2	2.96	101.4	—	41.1	36.2	3152	3244	0.97	0.24	0.42	-0.076
CC4-C-8	300.5	2.96	101.5	—	80.3	70.7	5539	5603	0.99	0.14	0.45	-0.052
CC4-D-0	449.7	2.96	151.9	—	—	1134	1177	0.96	1.00	0.28	—	
CC4-D-2	450.0	2.96	152.0	—	25.4	4415	4459	0.99	0.26	0.31	-0.024	
CC4-D-4-1	449.8	2.96	152.0	—	41.1	34.3	6869	6489	1.06	0.18	0.29	0.223
CC4-D-4-2	450.0	2.96	152.0	—	41.1	34.3	6985	6494	1.08	0.18	0.30	0.292
CC4-D-8	449.9	2.96	152.0	—	85.1	71.1	11664	12184	0.96	0.10	0.31	-0.269
CC6-A-0	121.6	4.54	26.8	—	—	1062	966	1.10	1.00	1.79	—	
CC6-A-2	121.9	4.54	26.9	—	25.4	25.1	1509	1219	1.24	0.79	5.12	0.215
CC6-A-4-1	121.8	4.54	26.8	—	40.5	40.0	1657	1367	1.21	0.71	3.82	0.216
CC6-A-4-2	121.8	4.54	26.8	—	40.5	40.0	1683	1367	1.22	0.71	3.91	0.221
CC6-A-8	121.5	4.54	26.8	—	77.0	76.1	2099	1720	1.22	0.56	1.37	0.289
CC6-C-0	238.4	4.54	52.5	—	—	1770	1930	0.92	1.00	0.65	—	
CC6-C-2	238.5	4.54	52.5	—	25.4	23.1	3035	2887	1.05	0.67	1.80	0.051
CC6-C-4-1	238.2	4.54	52.5	—	40.5	37.0	3583	3452	1.04	0.56	0.95	0.045
CC6-C-4-2	238.1	4.54	52.4	—	40.5	37.0	3600	3450	1.04	0.56	1.04	0.052
CC6-C-8	237.8	4.54	52.4	—	77.0	70.3	5578	4814	1.16	0.40	0.78	0.283
CC6-D-0	359.9	4.54	79.3	—	—	2776	2932	0.95	1.00	0.60	—	
CC6-D-2	360.6	4.54	79.4	—	25.4	21.9	5625	5060	1.11	0.58	1.52	0.13
CC6-D-4-1	360.6	4.54	79.4	—	41.1	35.3	7259	6364	1.14	0.46	0.64	0.211
CC6-D-4-2	360.2	4.54	79.3	—	41.1	35.3	7045	6353	1.11	0.46	0.73	0.161
CC6-D-8	360.4	4.54	79.4	—	85.1	73.2	11504	10028	1.15	0.29	0.63	0.363
CC8-A-0	107.6	6.47	16.6	—	—	1933	1715	1.13	1.00	1.73	—	
CC8-A-2	108.0	6.47	16.7	—	25.4	25.5	2275	1903	1.20	0.90	3.98	0.159
CC8-A-4-1	108.5	6.47	16.8	—	40.5	40.7	2446	2022	1.21	0.86	4.00	0.181
CC8-A-4-2	108.1	6.47	16.7	—	40.5	40.7	2401	2013	1.19	0.86	4.22	0.166
CC8-A-8	108.3	6.47	16.7	—	77.0	77.3	2712	2279	1.19	0.76	2.08	0.186
CC8-C-0	221.9	6.47	34.3	—	—	3832	3654	1.05	1.00	0.74	—	
CC8-C-2	222.1	6.47	34.3	—	25.4	23.4	4964	4463	1.11	0.82	1.91	0.094
CC8-C-4-1	222.2	6.47	34.3	—	40.5	37.5	5637	4948	1.14	0.74	1.68	0.131
CC8-C-4-2	221.9	6.47	34.3	—	40.5	37.5	5714	4939	1.16	0.74	2.17	0.148
CC8-C-8	222.4	6.47	34.4	—	77.0	71.1	7304	6112	1.19	0.60	1.17	0.232
CC8-D-0	336.4	6.47	52.0	—	—	5785	5596	1.03	1.00	1.22	—	
CC8-D-2	336.9	6.47	52.1	—	25.4	22.1	8457	7423	1.14	0.76	1.79	0.126
CC8-D-4-1	336.5	6.47	52.0	—	41.1	35.7	9668	8533	1.13	0.66	1.20	0.139
CC8-D-4-2	336.7	6.47	52.0	—	41.1	35.7	9834	8540	1.15	0.66	1.28	0.159
CC8-D-8	336.6	6.47	52.0	—	85.1	73.8	13775	11875	1.18	0.48	0.88	0.266

注) 1. 試験体名肩付の \* は、一旦耐力低下を生じた後に再び耐力が上昇して最大耐力に達したが、第一ピークを最大耐力点とした試験体を示す。  
 2. 試験体名肩付の \*\* は実験終了まで耐力低下を生じていない試験体を示す。  
 3. 鋼管の降伏応力の欄の ( ) 内は降伏比を示す。  
 4. No = sσ<sub>y</sub> SA + cσ<sub>p</sub> CA SA: 鋼管の断面積 CA: 充填コンクリートの断面積  
 5. exNu: 最大耐力実験値 (実験で得られた最大耐力)  
 6. No: 単純累加軸圧縮強度 (No = sNo + cNo, cNo = cσ<sub>p</sub> A<sub>c</sub> ここで、cσ<sub>p</sub> はスケールエフェクトを考慮したコンクリート強度、A<sub>c</sub> は充填コンクリートの断面積)  
 7. ε<sub>u</sub>: 最大耐力時の軸圧縮ひずみ  
 8. α<sub>u</sub>: 最大耐力時の鋼管の周方向応力の降伏応力に対する比

については最初のピーク時のひずみをとっている。  
 sNo/Noは鋼管の降伏軸力 (sNo = sσ<sub>y</sub> A<sub>s</sub> ここで、sσ<sub>y</sub> は鋼管の降伏応力、A<sub>s</sub> は鋼管の断面積) と単純累加軸圧縮強度 (No = sNo + cNo, cNo = cσ<sub>p</sub> A<sub>c</sub> ここで、cσ<sub>p</sub> はスケールエフェクトを考慮したコンクリート強度、A<sub>c</sub> は充填コンクリートの断面積) の比である。図から分かるように ε<sub>u</sub> と sNo/No には相関関係があり sNo/No の小さい試験体ほど ε<sub>u</sub> が小さくなる。sNo/No < 0.3 の試験体には 0.5% 以下の非常に小さなひずみで最大耐力に達する試験体がある。sNo/No > 0.5 の試験体では 1 体 (CC6-C-4-1) を除き ε<sub>u</sub> は 1.0% を上回っている。また、図 1 をみると ε<sub>u</sub> が 2.5% 以下の試験体と 3.5% を超える試験体と大きく分かれている。後者は軸圧縮ひずみが 5% に達しても最大耐力の 95% 以上の軸力を保持している試験体で、荷重-変形関係に明確なピークを持たない。したがって、これらの実験結果にはひずみ硬化の影響が大きく入っていることが考えられる。

sNo/No は文献 [3] に示したように拘束効果の大きさを表す指標となるが、径厚比 D/t (A<sub>s</sub>/A<sub>c</sub> = 4t/D の関係がある)、コンクリート強度 cσ<sub>p</sub>、鋼管の降伏応力 sσ<sub>y</sub> の複合パラメータである。そこで各因子の影響をみるために横軸に D/t をとり、また D/t = 50 の試験体について横軸に sσ<sub>y</sub> をとり、ε<sub>u</sub> との関係を示したのがそれぞれ図 2、図 3 である。図はコンクリート強度別に分けて示して

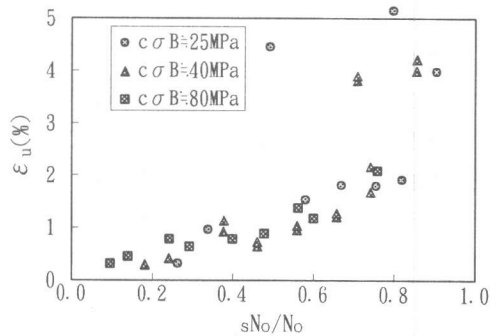


図1 最大耐力時ひずみ ε<sub>u</sub> と sNo/No の関係

り、中空鋼管試験体の  $\epsilon_u$  も白抜きで示している。なお、中空鋼管試験体の最大耐力はほぼ降伏軸力計算値( $sN_o$ )に達している(表1参照)。図2、図3より、 $\epsilon_u$ は径厚比が大きくなるほど、コンクリート強度が大きくなるほど小さくなり、鋼管の材質にはあまり影響されないことが分かる。 $c\sigma_B=80\text{MPa}$ の試験体の  $\epsilon_u$ は、シリンダー試験における強度時ひずみ(0.280~0.304%)よりは大きい、中空鋼管試験体より小さくなるものもある。また、 $D/t=152$ の試験体は、コンクリート強度に関わらず中空鋼管試験体とほぼ同じひずみで最大耐力に達している。河野らの解析的研究[6]によれば、相互拘束効果により鋼管の局部座屈が耐力低下に及ぼす影響は小さいと考えられるが、このように径厚比が非常に大きい場合は局部座屈が耐力低下の原因となる可能性がある。

#### 4. 最大耐力時の鋼管の周方向応力

各試験体の実験結果より算出した最大耐力時の鋼管の周方向引張応力、 $\sigma_{\theta u}$ の降伏応力、 $\sigma_y$ に対する比  $\alpha_u$ の値を、表1に示す。算出においてはコンファインドコンクリートの強度上昇を表す拘束係数  $k$ を4.1とし、von Misesの降伏条件を仮定した以下の関係式[7]を用いた。なお、下式においては圧縮を正として示している。

$$\begin{aligned} \epsilon_x N_u &= c\sigma_p \cdot A_c - k \cdot 2t_s \sigma_{\theta u} / (D-2t) \cdot A_c + s\sigma_{zu} \cdot A_s \\ &= N_o + \lambda sN_o \end{aligned} \quad (1)$$

ここで、 $\lambda = k \cdot t \alpha_u s \sigma_y (D-2t) / 2(D-t) - 1 + \beta_u$

$D$ : 鋼管外径  $t$ : 鋼管板厚

$$\alpha_u = -s\sigma_{\theta u} / s\sigma_y, \quad \beta_u = s\sigma_{zu} / s\sigma_y$$

$$\alpha_u^2 + \alpha_u \beta_u + \beta_u^2 = 1.0$$

$\epsilon_x N_u$ : 最大耐力実験値(表1参照)

$s\sigma_{zu}$ : 最大耐力時の鋼管の軸方向応力

ただし、本論では  $\epsilon_x N_u$ の値を実験で得られた最大軸力としたため、 $\epsilon_u$ が大きくなる試験体の  $\alpha_u$ の値にはひずみ硬化の影響が含まれていることに注意する必要がある。図4、図5は縦軸に  $\alpha_u$ の値を取り、その他は図2、図3と同じで示

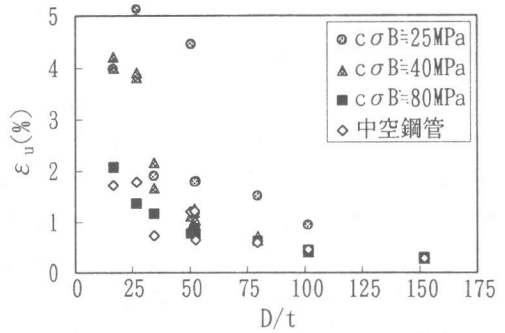


図2  $\epsilon_u$ に及ぼす径厚比D/tの影響

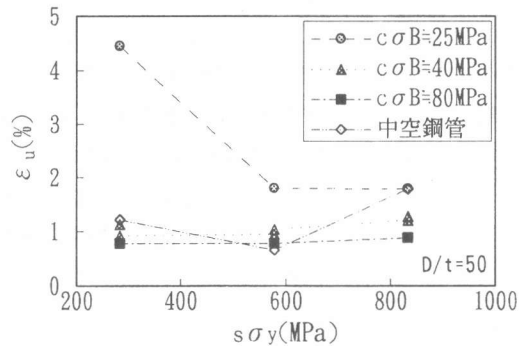


図3  $\epsilon_u$ に及ぼす  $\sigma_y$ の影響(D/t=50の試験体)

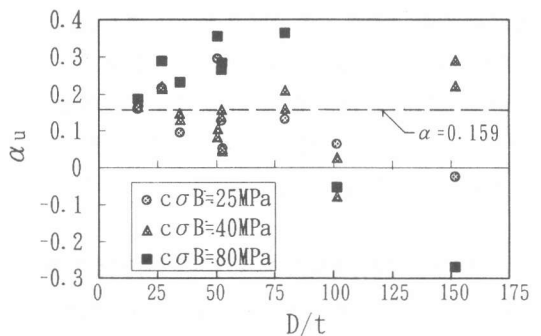


図4  $\alpha_u$ の値に及ぼす径厚比D/tの影響

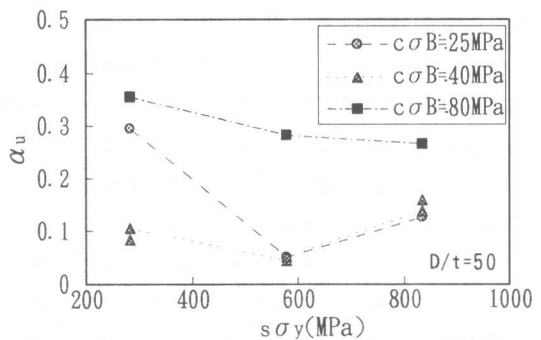


図5  $\alpha_u$ の値に及ぼす鋼管の降伏応力、 $\sigma_y$ の影響(D/t=50の試験体)

したものである。図からは $\alpha_u$ の値と、径厚比や材料強度との相関関係は明確にはみられない。図4に示すように、 $\alpha_u$ の値の平均値は著者らが文献[3]において、 $s_x N_u/N_o$ と $s_y N_o/N_o$ の関係の回帰分析結果より定めた $\alpha_u=0.159$ ( $\lambda=0.229$ 、(1)式、図6参照)となっているが、そのばらつきは大きい。これは、(1)に示すように $\alpha_u$ 、 $\beta_u$ の値は $N_o$ からの耐力上昇を直接表現する指標であり、CFT柱の耐力上昇量はせいぜい $N_o$ の20%程度であることから、耐力実験値のばらつきが $\alpha_u$ 、 $\beta_u$ の値に大きく反映されるためである。また、拘束効果だけでなく、ひずみ硬化、材料強度等のばらつき、実験誤差などの影響も含まれる耐力上昇(低下)量を、全て $\alpha_u$ 、 $\beta_u$ の値の違いとして処理することも一因であると考えられる。図4と図6を見比べれば、 $\alpha_u$ の値のばらつきに対して、耐力実験値( $s_x N_u/N_o$ )のばらつきがさほど大きくはならないことが分かる。特に(1)式に示されるように $s_y N_o/N_o$ が小さい場合にこの傾向が強くなり、 $D/t=152$ の試験体の $\alpha_u$ の値の大きなばらつきは、この要因に拠る所が大きいと考えられる。また、 $\sigma_B=80\text{MPa}$ の試験体の $\alpha_u$ の値のばらつきが大きく、 $D/t>80$ では $\sigma_B=25, 40\text{MPa}$ の試験体の $\alpha_u$ の値より小さい値となっているのに対し、 $D/t<80$ では逆に大きな値となっている。

### 5. CFT柱における相互拘束作用に関する考察

図7(a)~(c)は、著者らが行った弾塑性解析[8]や、H.K.Sen[9]、岡本ら[10]、福田ら[11]が行った実験で得られたひずみ測定値を用いた鋼管の応力の塑性解析結果を参考にして作図した、中心圧縮力を受けるCFT柱における鋼管の応力・ひずみ状態の模式図である(ただし、ひずみ硬化は無いものとしている)。この模式図の意味するところは以下の通りである。中心圧縮力を受ける場合、低応力時は鋼管のポアソン比がコンクリートのそれよりも大きいため、両者の間に隙間が生じて相互作用は生じない。コンクリートが降伏して体積膨張すると相互作用が生じ、鋼管に周方向引張応力 $\sigma_\theta$ が発生する。 $s_\theta \sigma_\theta$ の値は軸方向ひ

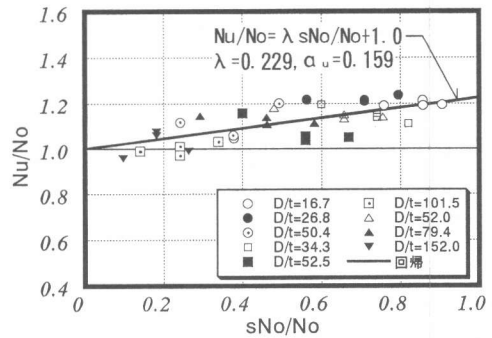
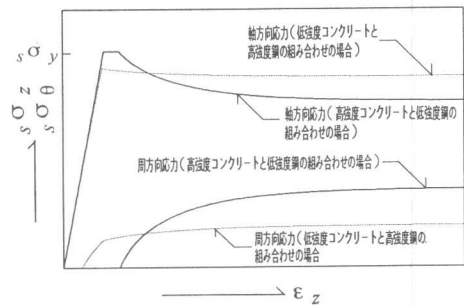
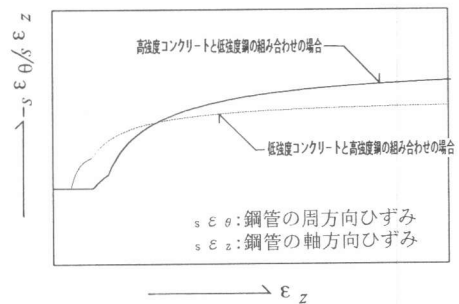


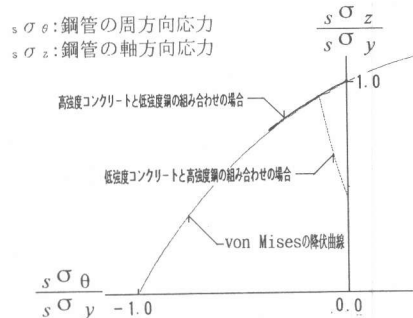
図6  $N_u/N_o$ - $s_y N_o/N_o$ 関係の実験結果と(0, 1.0)を通る回帰式[5]



(a)鋼管の応力状態-1 (周方向応力、軸方向応力と軸方向ひずみの関係)



(b)鋼管のひずみ状態 (周方向ひずみと軸方向ひずみの関係)



(c)鋼管の応力状態-2 (周方向応力と軸方向応力の関係)

図7 中心圧縮力を受けるCFT柱における鋼管の応力・ひずみ状態の模式図(ひずみ硬化が無い場合)

ずみの増大とともに大きくなるが、軸方向ひずみがある水準に達すると(ひずみ硬化がなければ)一定値に収束して鋼管の応力状態は安定する。これはコンクリートの体積膨張がその拘束力の下で終り、拘束効果による柱の耐力上昇が終わったことを意味する。この時の $\sigma_{\theta}$ の値は鋼管の周方向ひずみと軸方向ひずみの比、 $\varepsilon_{\theta}/\varepsilon_z$ と大きく関係する。鋼管の塑性流れ則がミーゼスの降伏条件に関連するとすれば、 $\varepsilon_{\theta}$ と $\varepsilon_z$ の塑性ひずみ増分比が0.5であれば、 $\sigma_{\theta}$ は零となり、 $\varepsilon_{\theta}/\varepsilon_z$ の値が大きいほど大きな $\sigma_{\theta}$ が発生していることになる。文献[8]、[9]、[10]、[11]より、鋼管の応力状態が安定する時の軸圧縮ひずみはほぼ1%程度と推察される。よって、3節でみられた $N_u/N_0$ が小さく、最大耐力時の軸圧縮ひずみ $\varepsilon_u$ が0.5%程度である柱では、 $\sigma_{\theta}$ の値が大きく変化(増加)している時に最大耐力に達することになり、 $\varepsilon_u$ の値が拘束効果を評価する上で重要となる。

著者らは文献[12]で、コンクリート強度が約35MPaの試験体について径厚比が大きくなるほど耐力時の鋼管の周方向応力の降伏応力に対する比 $\alpha_u$ の値が大きくなるとした。その実験的根拠は図8に示す $\varepsilon_{\theta}/\varepsilon_z - \varepsilon_z$ 関係である(径厚比が大きいほど、 $\varepsilon_{\theta}/\varepsilon_z$ が大きくなっている)。一方岡本らは文献[10]で、約100MPaの高強度コンクリートを用いた試験体について径厚比が大きくなるほど $\alpha_u$ の値が小さくなるとしている。両者は相反する見解のように見えるが本質的に矛盾するものではなく、 $\varepsilon_u$ の大きさの違いを考慮すれば説明が可能である。岡本らの実験においては $\varepsilon_u$ が0.5%前後と小さく、径厚比が大きいほど $\varepsilon_u$ の値が小さくなるために前述したような結果が得られたと考えられ、岡本らが行った鋼管の応力の解析結果をみると同軸圧縮ひずみ時の $\sigma_{\theta}$ の値は径厚比が大きいほど大きくなっており、これは著者等が得た結果と一致する。また、この岡本らの解析においては、 $\sigma_{\theta}$ 、即ちコンクリートへの拘束力が増大している過程で早期に耐力低下が生じることが示されている。これはi)コンクリート

は高強度になるほど脆性的な性質が増すこと、ii) C F T柱では帯筋や鋼管で横補強されたコンクリート柱とは異なり、前述した隙間の存在のためにコンクリートが降伏してから拘束力が働くことなどが影響しているものと考えられる。コンクリート強度と鋼管の応力状態の間の定性的な関係は、高強度コンクリートでは脆性的な性質が強くなること、肖が提案したコンクリートの塑性流れ則[13]に見られる性質および著者らが行ったコンクリート強度を変数とした実験[14]で得られた $\varepsilon_{\theta}/\varepsilon_z - \varepsilon_z$ 関係(図9)の3つのことから推察すると、コンクリート強度が高くなるほど体積膨張が大きくなり、同軸圧縮ひずみでは大きな $\sigma_{\theta}$ が生じると考えられる。3節で述べた $\sigma_{\theta}=80\text{MPa}$ の試験体で $D/t < 80$ の場合、 $\varepsilon_u$ の値が小さいにも関わらず、他のコンクリート強度の試験体より $\alpha_u$ が大きくなることはこのことを示唆しているといえる。

以上の考察より、拘束効果( $\alpha_u$ の値)の評価

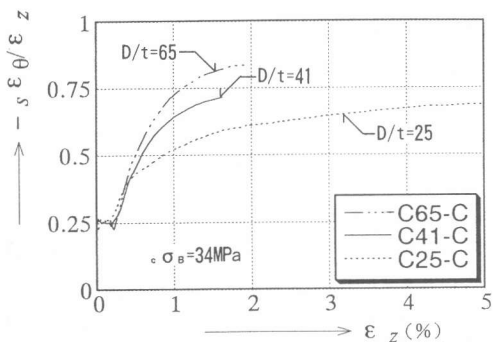


図8 鋼管のひずみ性状に及ぼす径厚比の影響[12]

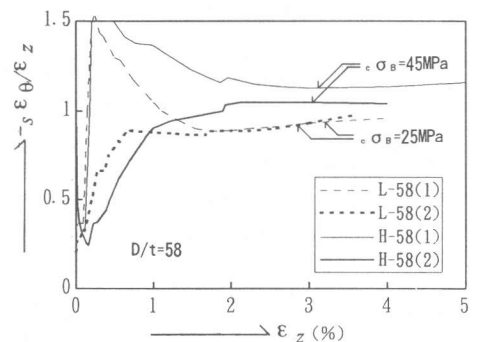


図9 鋼管のひずみ性状に及ぼすコンクリート強度の影響[14]

について以下のことがいえる。高強度のコンクリートを用い径厚比の大きい鋼管を用いるほど、コンクリートの体積膨張は大きくなり $\alpha_u$ の増大要因となるが、一方でそれのもつ脆性的な性質のために最大耐力時の軸圧縮ひずみ $\varepsilon_u$ が小さくなり、このことが $\alpha_u$ の減少要因となる。反面、コンクリート強度が低くなり径厚比が小さくなることは $\alpha_u$ の減少要因となるが、 $\varepsilon_u$ が大きくなり拘束効果が十分に発揮され、ひずみ硬化の影響で見かけ上の $\alpha_u$ の値が大きくなることもある。したがって、 $\alpha_u$ の値は本質的には径厚比、材料強度等に依存すると考えられるが、対象とする柱のコンクリート強度や鋼管の強度、径厚比の範囲を広くとれば各因子による影響が相殺されることになる。図4において $\alpha_u$ と径厚比、材料強度の間に明確な相関関係が見られないのもそのためと考えられ、本論で用いた手法によって各因子の影響を明かにすることは困難であるといえる。しかしながら、図4と図6の比較から分かるように、 $\alpha_u$ の値のばらつきは軸圧縮耐力にさほど大きな影響は及ぼさないと考えられる。よって、広範囲に適用できる簡便な設計式としては、既往の研究で提案されているように $\alpha_u$ の値を一定値としてもよいものとする。

## 6. 結論

コンクリート充填円形鋼管短柱の、幅広い実験変数の範囲で行われた中心圧縮実験結果の検討と、既往の拘束効果に関する研究をもとに考察を行い、以下の結論を得た。

- 1)最大耐力時の軸圧縮ひずみ $\varepsilon_u$ の大きさは $N_o/N_u$ と相関関係があり、 $N_o/N_u$ の小さい試験体ほど $\varepsilon_u$ が小さくなる。 $\varepsilon_u$ の値はコンクリート強度が高いほど、径厚比が大きいほど小さくなるが、鋼管の材質にはあまり影響されない。
- 2)最大耐力時の鋼管の周方向引張応力の降伏応力に対する比 $\alpha_u$ の値は、本質的には径厚比、コンクリート強度、鋼管の強度、 $\varepsilon_u$ の値に依存すると考えられるが、対象とする柱の材料強度や径厚比を広範囲にとると各因子による影響が相殺し合うため、その影響が薄れて明確な(有意義な)相関関係が見られなくなる。

〔謝辞〕本研究を実施するにあたりハイブリッド構造に関する日米共同構造実験研究 CFT分科会の委員には中心圧縮実験のデータを提供して頂きました。ここに深く感謝致します。

## 〔参考文献〕

- [1]向井昭義ほか：ハイブリッド構造に関する日米共同構造実験研究 CFT-1～3，日本建築学会大会学術講演梗概集C-1，pp. 735～740，1995. 8
- [2]最相元雄ほか：高強度コンクリート充填鋼管短柱の拘束効果と終局耐力に関する実験的研究，構造工学論文集，Vol. 42B，pp. 351～359，1996. 3
- [3]崎野健治ほか：コンクリート充填鋼管短柱の曲げ性状に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 18，No. 2，pp. 1289～1294，1996. 7
- [4]崎野健治ほか：コンクリート充填鋼管短柱の中心圧縮性状に関する研究，日本建築学会研究報告中国九州支部，第10号1，pp. 693～700，1996. 3
- [5]R.F.Blanks and C.C.Mcnamara: Mass Concrete Tests in Large Cylinders, ACI Journal, Procs. Vol. 3, pp. 280～303, Jan.-Feb. 1935
- [6]河野昭彦ほか：円形鋼管とコンクリートの合成断面短柱の軸圧縮下局部座屈挙動，鋼構造年次論文報告集，第1巻，pp. 689～696，1993. 7
- [7]富井政英・崎野健治：充てんコンクリート鋼管構造に関する研究の現状 その1. 部材の弾塑性性状，コンクリート工学，Vol. 13，No. 2，1975. 2
- [8]蛭川利彦ほか：コンクリート充填鋼管短柱の中心圧縮曲げ性状，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 18，No. 2，pp. 1307～1312，1996. 7
- [9]Sen, H.K. : Triaxial effects in concrete-filled tubular steel columns, A thesis presented for the degree of Ph.D. in the University of London, 1969. 7
- [10]岡本達雄ほか：高強度遠心成形鋼管コンクリート柱の圧縮耐力に関する実験的研究，日本建築学会構造系論文集，第469号，pp. 137-147，1995. 3
- [11]福田浩司ほか：コンクリート充填60キロ級高張力鋼管の軸圧縮挙動(その2)，日本建築学会大会学術講演梗概集C，pp. 1799～1780，1993. 9
- [12]蛭川利彦ほか：コンクリート充填円形鋼管柱の弾塑性性状に関する研究(その1～4)，日本建築学会大会学術講演梗概集C-1，pp. 1735～1738，1996. 9
- [13]肖岩ほか：コンファインドコンクリートの構成則に関する研究(その1～4)，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp. 935～942，1989. 10
- [14]Sakino, K et al. : Behavior of concrete filled steel tubular columns under concentric loading, Proceedings of the third international conference on steel-concrete composite structures, pp. 25～30, 1991. 9