

大径厚比を有する円形コンクリート充填鋼管(CFT)部材の中心圧縮下での拘束効果

大阪市立大学大学院	学生員	佐原 啓介
大阪市立大学大学院	学生員	小藪 隆
大阪市立大学大学院	正会員	鬼頭 宏明
大阪工業大学八幡工学実験場	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、耐震性能に優れ、建築分野での活発な研究・開発、適用が見られる。SRC 規準¹⁾ではSS400材の円形鋼管使用時の制限径厚比を150と定めている。しかし実際に建築分野で取り扱われるCFT部材の径厚比の上限は70~80であり、これを部材規模の異なる土木構造物に適用すると経済性を逸する恐れがある。また建築分野での低層柱材では圧縮耐力の3割程度の軸力が常時働くのに対し、土木分野での高架橋橋脚では約1割程度と低く、これらのことより上記制限径厚比を超えた径厚比を持つCFTの土木分野での開発・適用の有用性と可能性が考えられる。ここでは実験的手法(一部既公表²⁾)により圧縮耐力時迄の鋼管の軸ならびに円周方向のひずみを計測し、それらに基づき鋼管による充填コンクリートへの拘束効果とそれを考慮した中心圧縮耐力の算定法について検討した。なお、力やひずみなどの符号は圧縮を正、引張を負として表記している。

【2.実験概要】用意した供試体は表-1に示す径厚比(D/t)及びコンクリート強度を実験変数とした計12体である。図-1に示すようにその全長(L)と鋼管径(D)は各々1000mm, 300mmで、全供試体にて一律であり、薄板を曲げ加工と溶接にて製作した。二軸ひずみゲージは図示のように中央、上方及び下方へDだけ移動した3箇所と図の背面に同様に3箇所の計6箇所に貼布した。

【3.鋼管応力と拘束圧の算定】まず実験にて計測された軸・円周方向ひずみ増分($d_s \varepsilon_z, d_s \varepsilon_\theta$)より平面応力状態でのPrandtl Ruess則を適用し³⁾、対応する応力増分($d_s \sigma_z, d_s \sigma_\theta$)を算定した。次に算出された円周方向応力(σ_θ)より拘束圧: $\sigma_3 = -2t_s \sigma_\theta / (D-2t)$ を導く。さらに拘束係数($k=4.1$)を用いると充填コンクリートの圧縮強度は $\sigma_{max} = \sigma_c + k \sigma_3$ と評価できる。

【4.実験結果】図-2と3に各々供試体T45F40とT10F40の鋼管上各3測定位置での応力経路を示す。ここではコンクリート強度による影響があまり見られなかったためF40シリーズについてのみ示した。図より測定位置間で差異があり上部での局所的な破壊進行が示唆できる。またそれは板圧の薄いT10F40でより顕著に現れている。本来ならば局所化の影響に言及すべきであろうが、ここでは部材レベルでの巨視的観点より、個々の供試体より

得られた全てのひずみを平均化し、各供試体すなわち径厚比毎の拘束効果について検討した。得られた結果より供試体T45F40とT45F24の作用力-拘束圧関係を図-4に示す。なおこの図の縦軸は単純累加耐力: $N_0 = \sigma_c A_c + \sigma_s A_s$ (ここに、 $\sigma_c, \sigma_s, A_c, A_s$ は順にコンクリートの断面積とシリンド強度、鋼管の断面積と降伏点とする)で無次元化している。また図-5には各供試体の無次元化拘束圧と径厚比の関係を示した。図よりシリンド強度で無次元化した拘束圧は径厚比が小さい程、またコンクリート強度の小さいF24シリーズの方が大きな値となった。さらにこれらの値に拘束係数kを乗ずれば、充填コンクリートは鋼管の拘束によりシリンド強度に対し、F24シリーズで12~58%、F40シリーズで6~30%の強度上昇が得られたことがわかる。得られた最大耐力到達時での拘束圧 σ_3 あるいは耐力時の応力位置: $\sigma_z / \sigma_y (= \eta)$; $\sigma_\theta / \sigma_y (= \eta_\theta)$ より次式にて中心圧縮耐力を算出すると表-1の $N_{u(C)}$ となる。

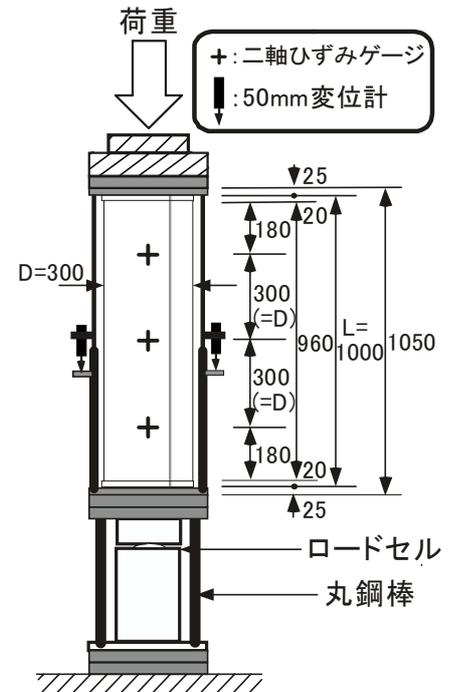


図-1 供試体と計測機器

キーワード: コンクリート充填鋼管, 径厚比, 拘束効果, 中心圧縮耐力

連絡先: 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138; phone and fax: 06-6605-2723

$$N_u = \sigma_B \cdot c \cdot A + k \sigma_3 \cdot c \cdot A + \sigma_z \cdot s \cdot A = \sigma_B \cdot c \cdot A + \left(-\frac{k D - 2t}{2 D - t} \alpha + \beta_1 \right) \sigma_y \cdot s \cdot A = \sigma_B \cdot c \cdot A + (1 + \eta) \sigma_y \cdot s \cdot A$$

表中には参照値として SRC 規準で α 、 β_1 及び η の各推奨値とそれに基づく中心圧縮耐力算定値 $N_{u(AIJ)}$ を併記した。また実験での耐力を N_{exp} とし、上記3者の算定結果と比較すれば、F24 シリーズについては SRC 規準に示される拘束効果を考慮した算定値 $N_{u(AIJ)}$ により概ね評価できることが分かる。一方 $N_{u(C)}$ では整合性は得られるものの若干危険側に評価する恐れがある。つぎに F40 シリーズではいずれも算定値よりも大きな値を示したが、F24 シリーズと比べると差が見られ、特に $N_{exp}/N_{u(C)}$ では顕著となった。この原因としては、コンクリート強度の増加によりコンクリートのヤング係数が 23.6GPa から 26.0GPa へと増加し、これにより鋼管の負担が小さくなりその円周方向への応力増加が押さえられた結果 α の値が小さくなり算定値も小さくなったものと考えられる。

【5.まとめ】

- ・ 拘束圧によるコンクリート強度の上昇は径厚比が小さいほど、またコンクリート強度が小さいほうが大きな値となることがわかった。
- ・ 制限径厚比：150 を超えた円形 CFT 部材においても SRC 規準に示される拘束圧を考慮した算定式による耐力の評価が概ね妥当であるといえる。

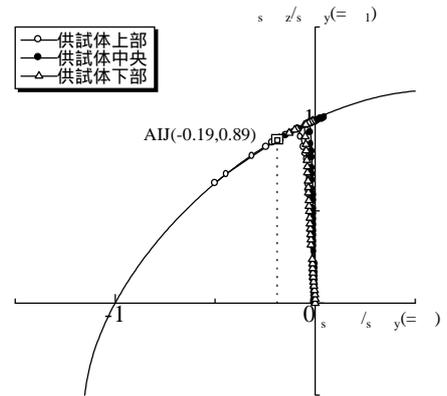


図-2 T45F40 の鋼管の応力状態

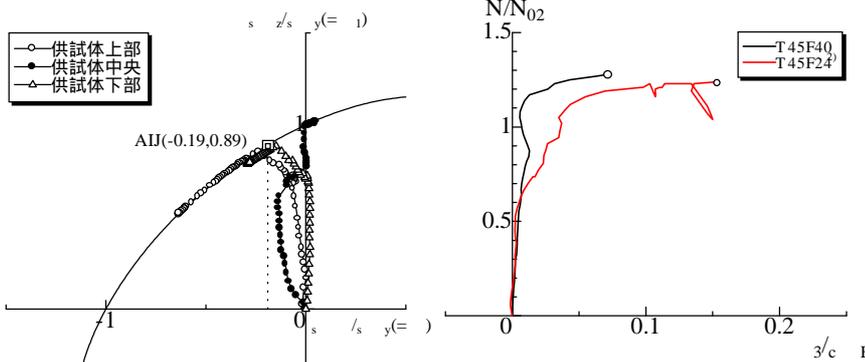


図-3 T10F40 の鋼管の応力状態

図-4 T45 の中心圧縮耐力-拘束圧関係

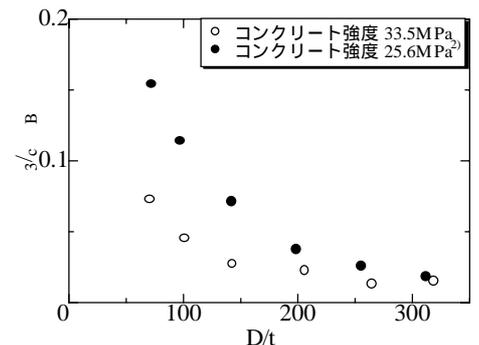


図-6 拘束圧-径厚比関係

表-1 供試体諸元と実験結果

	AIJ	供試体名											
		T45F40	T32F40	T23F40	T16F40	T12F40	T10F40	T45F24	T32F24	T23F24	T16F24	T12F24	T10F24
D (mm)	*	299.9	300.2	299.8	300.3	299.8	300.0	300.1	300.1	300.0	299.8	299.8	299.7
t (mm)	*	4.20	2.97	2.10	1.46	1.13	0.94	4.17	3.08	2.12	1.51	1.17	0.96
D/t	*	71	101	143	206	265	319	72	97	142	199	256	312
σ_y (MPa)	*	289	243	251	240	238	274	281	321	287	265	210	176
σ_B (MPa)	*	33.5						25.6					
α	-0.19	-0.29	-0.31	-0.25	-0.32	-0.23	-0.30	-0.55	-0.49	-0.55	-0.60	-0.72	-0.68
β_1	0.89	0.81	0.78	0.80	0.73	0.83	0.78	0.55	0.66	0.64	0.53	0.45	0.52
η	0.27	0.40	0.40	0.32	0.38	0.31	0.38	0.66	0.64	0.75	0.76	0.91	0.91
N_0 (kN)	*	3363	2951	2792	2655	2583	2581	2800	2659	2328	2147	2010	1941
$N_{u(AIJ)}$ (kN)	*	3668	3133	2925	2744	2652	2646	3094	2907	2481	2248	2072	1984
$N_{u(C)}$ (kN)	*	3810	3222	2950	2779	2662	2672	3520	3252	2753	2433	2219	2085
N_{exp} (kN)	*	4314	4048	3779	2952	3134	3144	3464	3016	2671	2254	2124	1957
N_{exp}/N_0	*	1.28	1.37	1.35	1.11	1.21	1.22	1.24	1.13	1.15	1.05	1.06	1.01
$N_{exp}/N_{u(AIJ)}$	*	1.18	1.29	1.29	1.08	1.18	1.19	1.12	1.04	1.08	1.00	1.02	0.99
$N_{exp}/N_{u(C)}$	*	1.13	1.26	1.28	1.06	1.18	1.18	0.98	0.93	0.97	0.93	0.96	0.94

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規準・同解説,2001.1；2)小藪隆，鬼頭宏明，園田恵一郎：150 を超える大径厚比円形コンクリート充填鋼管の中心圧縮下での拘束効果,第 56 回土木学会年次学術講演会概要集,共通セッション,CS2-035,pp.150-151,2001；3)吉田総仁：弾塑性力学の基礎,共立出版 1997.5