

高強度 CFT 柱の構造性能に関する研究

- 実験概要及び結果 -

Study on Structural Performance of High-Strength CFT Column

- Outline of tests and test results -

栗原翔太¹, ○中西三和², 安達洋²Shota Kurihara¹, *Mitukazu Nakanisi², Hiromi Adachi²

The purpose of this study is to investigate the structural performance of concrete filled steel tube (hereafter refers to as CFT) column subjected to the concentric axial compressive load. In this paper, outline of the tests and the test results on compressive test for steel tube and plane concrete specimens are presented.

1. はじめに

コンクリート充填鋼管(以下 CFT)構造は、充填コンクリートによる鋼管の座屈防止や、鋼管の拘束による耐力の上昇、靱性の向上などの性能があることが、既往の研究¹⁾により明らかにされている。さらに、近年の高強度材料の普及により、CFT 柱に高強度材料を用いることで超高層建物の高軸力を負担する柱部材として利用される機会が増えつつある。しかし、高強度材料を用いた CFT 柱の研究は少なく、実験データが乏しいのが現状である。

本研究では、高強度 CFT 柱の一軸圧縮実験を行い、実験結果を既往の単純累加強度式と比較することで、コンクリート及び鋼管の高強度化による影響を検討する。また、コンクリートの高強度化により寸法効果が顕著になるという既往の研究結果(文献²⁾)を確認するために、試験体寸法を変動した実験も行った。

2. 単純累加強度式

単純累加強度式は、鋼管とコンクリートの終局圧縮耐力の和として(1)式で表わされる。

$$N_0 = sA \cdot s\sigma_y + cA \cdot c\sigma_B \quad \dots (1)$$

sA : コンクリートの断面積 $c\sigma_B$: コンクリートのシリンダー強度
 sA : 鋼管の断面積 $s\sigma_y$: 鋼管の降伏強度

ここに、 N_0 は鋼管とコンクリートが完全剛塑性材料で、それぞれの相互関係がない場合の耐力に相当する。文献調査³⁾の結果では単純累加強度式は、中心圧縮耐力実験値と比較すると、円形 CFT 柱では、実験耐力の下限值として評価できることから、拘束効果が耐力上昇に大きな影響を及ぼしていることがわかる。一方角型 CFT 柱は、幅厚比制限内であれば、実験耐力の平均を評価できるとされている。

3. 実験概要

3. 1 試験体概要

本実験で使用した試験体概要を Fig 1 に示す。また、試験体構造緒元を Table 1 に、コンクリートの配合表、材料試験結果を Table 2, Table 3 に示し、鋼板の材料試験結果を Table 4 に示す。なお、試験体は、鋼管に 780N/mm²、コンクリートに 100N/mm² を使用しており「コンクリート充填鋼管造技術基準・同解説」⁴⁾(以下新都市指針)の適用範囲外の使用材料の組合せである。また、試験体は、以下の目的をもって作製された。

- ①寸法効果の影響：幅厚比 ($D/t=27$) を一定にして、試験体寸法を変動させた試験体 (CFT-1~CFT-3) と幅厚比を変化させた試験体 (CFT-4)
- ②鋼管の拘束効果: CFT-1~CFT-3 の試験体に対し、プレーンコンクリート柱の試験体 C-1~C-3 の実験を行い、実験結果を比較することで拘束効果の影響を調べる。角型鋼管は溶接 4 面ボックス断面であり、吊り具具は実験時に局部座屈を誘発するため取付けていない。

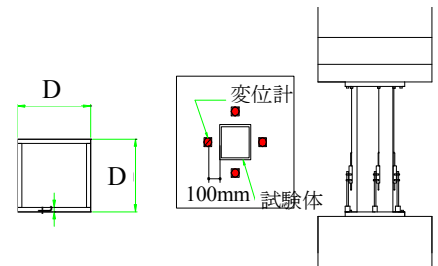
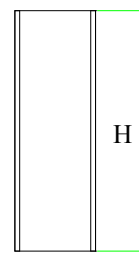


Figure 1. Section of specimen

Figure 2. Placement sensor

Table 1. List of test specimens

試験体名	D [mm]	t [mm]	D/t	H [mm]	As [mm ²]	Ac [mm ²]
CFT-1	333	12	27	1005	15569	95320
CFT-2	250	9	27	750	8792	53521
CFT-3	167	6	27	500	4019	23787
CFT-4	255	12	21	767	11806	53449
C-1	310			1000		96100
C-2	232			750		53824
C-3	155			501		24025

1 : 日本理工・院・海建 Graduate Student, Graduate School of Science & Technology, Nihon Univ.

2 : 日大理工・教員・海建 Prof, Dept. of Oceanic Architecture & Engineering, College of Science & Technology, Nihon Univ. Dr.

3. 2 計測概要

本実験は、本学大型構造物試験センター30MN 大型試験機を用いて実施した。試験機のベッドに試験体を据え置き、球面座となっている加圧盤により圧縮力を加える。一様な荷重が作用するように、CFT 試験体、プレーンコンクリート柱試験体の上下面には硬質石膏により表面処理を施した。なお偏心荷重が作用しないように、載荷初期の応力状態が中心圧縮状態であることを確認しながら圧縮載荷を行った。また、プレーンコンクリート柱は、爆裂現象の発生が予想されるため試験体を透明なビニールフィルムで覆い、載荷を行った。

計測は、鋼管周囲 4 面の鉛直変位とひずみの測定である。変位計位置概要を Fig 2 に示し、ゲージ貼付位置概要を Fig 3 に示した。変位計は、ボックス断面の辺の中心に計 4 ヶ所セットし鉛直変位を計測し、局部座屈時の変形を避けることのできる範囲で、試験体から原則 100mm 離しセットした。一方、ひずみゲージは Fig 3 のように、A の位置に各面 1 枚ずつ、B の位置には一組の対辺に 3 枚ずつ、残りの対辺の中央に 1 枚ずつ貼付し、計 12 枚のひずみゲージで測定した。

4. プレーンコンクリート柱実験結果

実験結果を Table 5 に、応力-ひずみ関係を Fig 4 に示す。この応力ひずみ関係における、応力は荷重をコンクリート断面積で除した値であり、ひずみは軸変位を試験体高さで除した平均のひずみである。Fig 4 から、すべての試験体においてほぼ同じ勾配が確認されたが、最大応力は、C-3 が σ_B に達したものの、C-3 から C-1 まで試験体寸法が大きくなるほど低下する傾向が見られた。また、最大荷重時のひずみでも同様の傾向が見られた。それらは、コンクリートの寸法効果の影響だと考えられる。

5. プレーンコンクリート柱破壊状況

各試験体の破壊状況写真を Fig 5 に示す。すべての試験体において、破壊課程は同様で、最大耐力到達直後に、爆裂現象を起こして耐力を急激に落とした。その後、載荷を終了した。

6. 中空鋼管実験

本研究では、次報の実験結果の検討において、過去に行われた文献⁵⁾の中空鋼管実験結果を参考にしている。なお、文献⁵⁾の実験では、CFT-2, CFT-4 の幅厚比に対応する試験体を用いた中心圧縮実験が行われた。Table 6 に降伏強度[YS], 降伏比[YR], 耐力上昇率 $[\sigma_{max}/YS]$, 塑性率 $[\mu]$ を示す。Table 6 からすべての試験体で、最大応力は YS 値に達しており、幅厚比が小さくなるほど塑性率 μ が高くなることが分かった。

7. まとめ

以上、本報では試験体概要、実験概要について報告した。実験結果の検討は次報にて報告する。また、プレーンコンクリート柱実験から以下の知見が得られた。
①試験体 C-3 は σ_B に達するものの、最大応力が C-3 から C-1 まで順に低下する傾向が見られた。それらはコンクリートの寸法効果の影響だと考えられる。
②すべての試験体が同様に、最大耐力到達直後、爆裂現象を起こし耐力、鉛直変位を急激に落とした。

Table 2. Mixing table of concrete

セメント	水	細骨材①	細骨材②	粗骨材①	粗骨材②	混和剤	混和材
520	150	669	172	849		9.23	58
水セメント比		26%		細骨材率		51%	

Table 3. Material properties of concrete

圧縮強度 $\sigma_c [N/mm^2]$	最大強度時ひずみ $\epsilon_c [\mu]$	ヤング係数 $\times 10^4 [N/mm^2]$	割裂引張強度 $[N/mm^2]$
118	3129	4.87	6.25

Table 4. Material properties of steel

試験体名	板厚 t[mm]	降伏強度 YS[N/mm ²]	引張強度 TS[N/mm ²]	降伏比 YR
CFT-1・4	12.1	810	856	94.5%
CFT-2	9.1	773	819	94.3%
CFT-3	6.3	756	806	93.8%

Table 5. Test results of plane concrete

試験体名	最大荷重時			ヤング係数 $\times 10^4 [N/mm^2]$
	N_{max} [kN]	σ_{max} [N/mm ²]	ϵ_{max} [%]	
C-1	8447	88	0.25	3.68
C-2	5170	96	0.29	3.66
C-3	2690	112	0.39	3.59

Table 6. Test results of plane steel tube experimental

D/t	YS[N/mm ²]	YR	σ_{max}/YS	μ
21	805	0.96	1.02	1.68
27	805	0.96	1.01	1.06

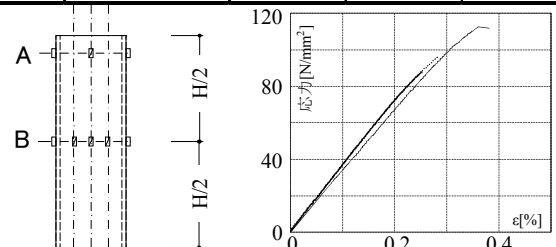


Figure3. Position of strain gauge

Figure4. Stress-strain curve



Figure5. Final failure pattern

<参考文献>

[1] 崎野:「高強度材料を用いたコンクリート充てん鋼管短柱の軸圧縮特性」, 日本建築学会構造系論文集, 第 498 号, pp.161-168, 1997 年 8 月
[2] 小池:「コンファインド超強度コンクリートの圧縮特性の形状・寸法効果」, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.14, No.2, pp.949-954, 1992 年
[3] 向井:「ハイブリット構造に関する日米共同構造実験研究コンクリート充てん鋼管柱の軸圧縮特性」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1521-1522, 1994
[4] 社団法人新都市ハウジング協会:「コンクリート充填鋼管(CFT)造技術基準・同解説」, 2009 年 10 月
[5] 難波:「建築構造用 800N/mm²級鋼部材の力学性能」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2008 年 9 月