

高強度円形 CFT 柱の構造性能に関する実験的研究

—実験概要—

Study on Structural Performance of High Strength Circular CFT Column

- Outline of Tests -

栗原翔太¹, ○杉本太一², 中西三和³, 安達洋³

Shota Kurihara¹, *Taichi Sugimoto², Mitsukazu Nakanishi³, Hiromi Adachi³

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. This paper presents the summary of compression experiment about high strength circle CFT and steel tube, the plane concrete.

1. はじめに

コンクリート充填鋼管(以下 CFT)構造は、1959 年から盛んに研究がなされ、現在までに数多くの研究成果が発表されている。それらの研究成果では、充填コンクリートによる鋼管の座屈防止や、鋼管の拘束によるコンクリート耐力の上昇、靱性の向上などの相互拘束効果があることを明らかにしている。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使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。

そこで本研究では、高強度材料を用いた円形 CFT 柱の構造性能を明らかにすることを目的として、鋼管の材料強度・径厚比・寸法をパラメーターとして製作した高強度円形 CFT 柱の一軸圧縮実験を行った。また、CFT 柱に対応したプレーンコンクリート柱実験、鋼管強度 550N/mm² 級中空鋼管実験も同時に行った。

2. 単純累加強度式

CFT 柱の強度推定式には、設計で用いられる単純累加強度式 N_0 がある。単純累加強度式は、鋼管耐力(以下 N_s)とコンクリート耐力(以下 N_c)にそれぞれの相互

関係がない場合の終局圧縮耐力の和として以下の(1)式で表わされる。

$$N_0 = A_s \cdot s \cdot \sigma_y + A_c \cdot c \cdot \sigma_B \quad \dots (1)$$

A_s : 鋼管の断面積 $s \cdot \sigma_y$: 鋼管の降伏強度
 A_c : コンクリートの断面積 $c \cdot \sigma_B$: コンクリートの圧縮強度

3. 既往の研究成果

1988 年～2009 年に行われた角形・円形の短柱圧縮試験を対象とした文献調査により試験体 407 体分の実験結果が得られた。407 体の強度分布図を Fig 1 に示す。また、「コンクリート充填鋼管造技術基準・同解説」¹⁾(以下、新都市指針)の材料強度適用範囲内(鋼管強度 440N/mm² 以下、コンクリート強度 90N/mm² 以下)における軸方向力-寸法関係(N_{max}/N_0 -B,D 関係)、軸方向力-幅厚比、径厚比関係(N_{max}/N_0 -B/t,D/t 関係)を Fig 2, Fig 3 に示す。Fig 2, Fig 3 の縦軸 N_{max}/N_0 は、軸方向力 N_{max} を計算耐力 N_0 で除すことで基準化した値である。Fig 1 から、既往の研究では、鋼管強度 700N/mm² 以上、コンクリート強度 120N/mm² 以上の試験体が少なく、高強度材料を用いた CFT 柱の実験データが乏しいことが分かった。また Fig 2, Fig 3 から CFT 柱の軸圧縮耐力は、鋼管の断面形状・幅厚比(径厚比)・寸法に大きく影響を受けており、幅厚比(径厚比)・寸法の増加によって強度を低下させる傾向がある。

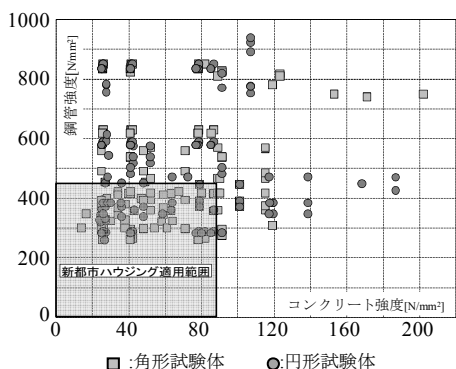


Figure 1. Intensity distribution

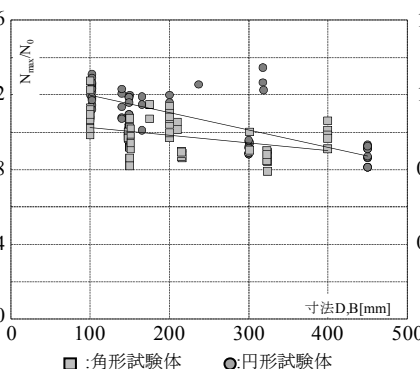


Figure 2. N_{max}/N_0 -B,D graph

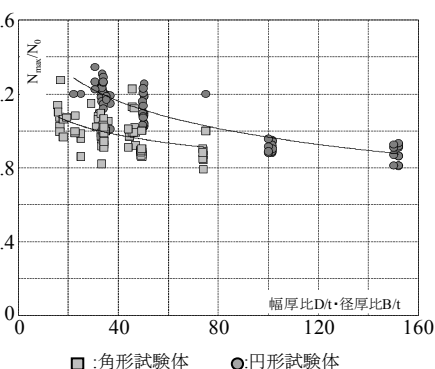


Figure 3. N_{max}/N_0 -B/t,D/t graph

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

2 : 日大理工・学部・海建 Undergraduate student, Undergraduate School of Science & Technology, Nihon Univ.

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

4. 実験概要

4.1 試験体概要

本実験は、2010 年度～2011 年度かけて行われた。試験体名称を Fig 4 に示す。Fig 4 のように、名称は試験体の種類・断面形状・実験年度・寸法ランク・径厚比を表す。使用した試験体概要を Fig 5 に示す。また、コンクリートの配合表、材料試験結果を Table 1, Table 2 に、鋼板の材料試験結果を Table 3 に示した。なお、Table 3 では、降伏強度を YS, 引張強度を TS としている。また、試験体構造諸元を Table 4 に示す。なお、試験体は、鋼管に 780N/mm² 及び 550N/mm², コンクリートに Fc100N/mm² を使用している。これらの強度は新都市指針適用範囲外の使用材料の組合せである。試験体は、以下の目的をもって作製された。

- ①寸法効果の検討：径厚比 D/t を一定にし、試験体寸法を I～IV までのランクに分けて変動させた。
- ②拘束効果の検討：寸法を一定にして、径厚比 D/t を変動させた。また、鋼管強度を 780N/mm² と 550N/mm² に設定した 2 種類の試験体を作製した。

4.2 計測概要

本実験は、日本大学理工学部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 柱試験体及びプレーンコンクリート柱試験体とも上下面に硬質石膏による表面処理を施した。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荷荷を行った。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た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、CFT 柱・プレーンコンクリート柱・中空鋼管各試験体とも同様であり、試験体周囲 4 面の鉛直変位とひずみの測定である。変位計測定位置を Fig 6 に示し、ゲージ貼付位置を Fig 7 に示した。変位計は、四面に計 4 ヲ所セットし鉛直変位を計測するが、局部座屈による変形を避けるため、試験体から 100mm 離しセットしている。一方、ひずみゲージは Fig 7 に示すように貼付した。なお、ひずみ測定では、鋼管の拘束効果が期待されるので、周方向(材軸方向に直交)のひずみを測定するために二軸ひずみゲージを使用している。

5. CFT 柱の降伏

CFT 柱の降伏は、試験体中央部における軸方向と周方向の平均ひずみ(ε_z, ε_θ)を用いて軸方向応力及び周方向応力(σ_z, σ_θ)を(2)式より求め σ_z, σ_θ から Mises の降伏条件

(3)式によって相当応力 σ₀ を算出した。σ₀ が鋼管材料の降伏強度 YS に達した時点で CFT 柱の降伏とする。

$$s\sigma_z = \frac{sE}{1-s\nu^2}(s\varepsilon_z + s\nu s\varepsilon_\theta), \quad s\sigma_\theta = \frac{sE}{1-s\nu^2}(s\varepsilon_\theta + s\nu s\varepsilon_z) \quad \dots (2)$$

$$\sigma_0 = \sqrt{s\sigma_z^2 - s\sigma_z s\sigma_\theta + s\sigma_\theta^2} \quad \dots (3)$$

sε_z:軸方向応力 sε_z:軸方向ひずみ sE:ヤング係数[2.05×10⁵]
sσ_θ:周方向応力 sε_θ:周方向ひずみ sν:ポアソン比[0.3]
σ₀:相当応力

6. まとめ

本報では、実験概要について報告した。次報にて実験結果について報告する。

<参考文献>

[1]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

[試験体名称例]

CFTC10-III-30
① ② ③ ④ ⑤

- ①:種類 CFT-CFT柱
C:プレーンコンクリート柱
S:中空鋼管
- ②:断面形状 C:円形
- ③:実験年度 10:2010年度
11:2011年度
- ④:寸法ランク I:150~180[mm] III:330~360[mm]
II:250~280[mm] IV:400~430[mm]
- ⑤:径厚比

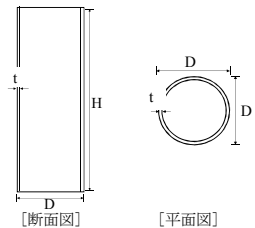


Figure 4. Name of specimen Figure 5. Section of specimen

Table 1. Mixing 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 2. Material properties of concrete

試験年度	圧縮強度 σ _c [N/mm ²]	最大強度時ひずみ ε _c [μ]	ヤング係数 ×10 ⁴ [N/mm ²]	割裂引張強度 [N/mm ²]
2010	116	3195	4.38	5.19
2011	117	3243	4.33	5.36

Table 3. Test results of steel tube

試験体名	板厚 t[mm]	降伏強度 YS[N/mm ²]	引張強度 TS[N/mm ²]
CFTC10-III-30	12	843	892
CFTC10-II-22	12	839	895
CFTC10-II-30	9	791	852
CFTC10-II-44	6	772	835
CFTC10-I-30	6	782	841
CFTC11-IV-23	19	426	567
CFTC11-II-23	12	458	595
SC11-IV-23	19	426	567
SC11-II-23	12	458	595

Table 4. List of test specimens

試験体名	形状	D,B [mm]	t [mm]	D/t,B/t	H [mm]	N ₀ [kN]	N ₁ /N ₀
CFTC10-III-30	円形	359	12	30	1080	21323	0.52
CFTC10-II-22		269	12	22	810	13664	0.60
CFTC10-II-30		269	9	30	810	11588	0.50
CFTC10-II-44		269	6	44	810	9955	0.40
CFTC10-I-30		180	6	30	540	5190	0.51
CC10-III	円形	350	-	-	1050	11150	-
CC10-II		250	-	-	750	5689	-
CC10-I		175	-	-	525	2787	-
CFTC11-IV-23		427	19	23	1280	24092	0.42
CFTC11-II-23		268	12	23	805	9813	0.44
CC11-IV	円形	400	-	-	1200	14709	-
CC11-II		250	-	-	750	5746	-
SC11-IV-23		428	19	23	1284	10186	1.0
SC11-II-23		270	12	23	810	4312	1.0

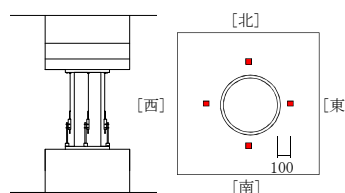


Figure 6. Placement sensor

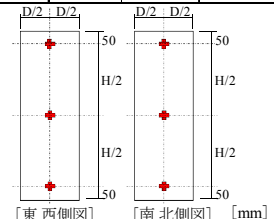


Figure 7. Position of strain gauge