

変動軸力を受ける CFT 柱に関する研究

— その1 実験計画と予備計算 —

日大生産工(学部) ○高橋 誠人 日大生産工 藤本 利昭
日大生産工(院) YUAN Chenghao

1. まえがき

コンクリート充填鋼管(CFT: Concrete Filled Steel Tube, 以下, CFT と略記)構造は鋼管の内部にコンクリートを充填した鋼とコンクリートの合成構造のことである。強度・剛性・靱性能に優れているため、鉄骨造、鉄筋コンクリート造、鉄骨鉄筋コンクリート造に次ぐ第四の構造として注目されている。

一般的に、中高層建物の下層階の柱は、地震時において大きな変動軸力を受ける。従って、変動軸力下における柱部材の力学的特性を把握する事は、構造上より安全な建物を設計する上で非常に重要である¹⁾²⁾。しかし、既往の圧縮実験の殆どが単調荷重の実験であり、繰り返し荷重での実験は数少ない。さらに、その多くが軸方向力のみを受ける際の実験であり、軸方向力と曲げモーメントを同時に受ける際の実験は非常に数が少ないのが現状である。そこで、本研究では軸力のみを受ける場合、軸力と曲げモーメントを同時に受ける場合におけるCFT柱の構造性能の違いを把握することを目的とし、中心圧縮実験と偏心圧縮実験を行い、偏心圧縮実験では、単調荷重と繰り返し荷重実験を行った。

本研究(その1)では、実験計画と予備計算について報告する。

2. 実験概要

2.1) 試験体概要

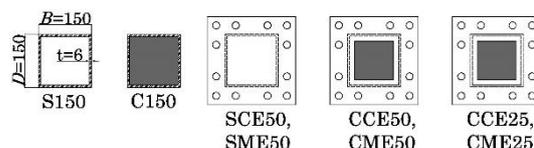
図-1に試験体形状を示す。全ての試験体は、幅 B およびせい D を150mm、板厚 $t=6$ mmの角形鋼管を使用し、試験体長さ L は、幅およびせいの3倍の450mmとした。

偏心圧縮実験の変数は、コンクリートの充填の有無(CFT, S), 偏心距離 $e=25, 50$ mm), 荷重ルール(一方向単調, 一方向繰り返し)とした。

CFT試験体は、偏心距離 $e=25$ mm, 50mmの2種類とし、荷重ルールは、それぞれ単調と繰り返しとした4体である。

鋼管試験体は、CFTとの比較として、偏心距離 $e=50$ mmとし、単調と繰り返しの2体とした。

また、比較のためCFT, 鋼管試験体について、中心圧縮試験体も各1体製作した。試験体は合計で8体である。



中心圧縮実験 偏心圧縮実験

図-1 試験体形状(単位: mm)

表-1 鋼材の材料試験結果

	板厚 t (mm)	降伏強度 σ_y (N/mm ²)	引張強度 σ_u (N/mm ²)	ヤング係数 E_s (N/mm ²)	伸び率 ϵ (%)
STKR400	5.96	381	428	205000	31

表-2 コンクリート調合表

	W/C(%)	単位質量(kg/m ³)					
		セメント	水	細骨材		粗骨材	
				砂	砕砂		砕石
普通コンクリート	51	365	186	545	235	948	3.65

表-3 コンクリートの材料試験結果

	設計基準強度 F_c (N/mm ²)	圧縮強度 σ_c (N/mm ²)	ヤング係数 E_c (N/mm ²)	圧縮強度ひずみ ϵ (%)	材齢 (日)
普通コンクリート	36	36.9	34.7	0.18	77

表-1に鋼材の材料試験結果を示す。試験体には一般構造用角形鋼管STKR400材を使用し、材料試験片は5号試験片とし引張実験を行った。

表-2にコンクリート調合表を、表-3にコンクリートの材料試験結果を示す。試験体のコンクリートは設計基準強度 $F_c=36$ (N/mm²)の普通コンクリートを用いた。

偏心圧縮を受けるCFTの試験体名称は単調荷重を受けるものを“CME”, 繰り返し荷重を受けるものを“CCE”, 偏心圧縮を受ける鋼管の試験体名称は単調荷重, 繰り返し荷重それぞれ“SME”, “SCE”とし、偏心距離を組み合わせ示す。偏心圧縮を受けるCFTとの比較に用いる中心圧縮を受ける試験体名称は、CFT,

The Research of CFT Columns Subjected to Variable Axial Forces
— Part1 Experimental Plan and Preliminary Calculation —

Masato TAKAHASHI, Toshiaki FUJIMOTO and Chenghao YUAN

Sそれぞれを“C”，“S”とし，鋼管幅を組み合わせて示している。

2.2) 実験方法

2.2.1) 中心圧縮実験

図-2a)に中心圧縮実験に用いた荷重装置および変位計設置位置を示す。加力は5000kN構造物試験機を使用し，試験体上下の拘束条件は固定とした。荷重は一方向単調荷重とし，平均軸ひずみ ε が5%に達するまで行った。実験に際して，断面に一樣な荷重が作用するように試験体の打設面に硬質石膏による表面処理を施して行った。測定は，2本の変位計より得られる軸方向変位(δ_t, δ_c)の平均値から試験体全長 L の平均軸ひずみ ε を測定した。

2.2.2) 偏心圧縮実験

図-2b)に偏心圧縮実験に用いた荷重装置および変位計設置位置を示す。加力は2000kN万能試験機を使用し，試験体の拘束条件は上下ともにピンとし，偏心距離 e が所定の値となるように取り付けた。変位計は試験体上下に設置した加力用プレート間の軸方向変位を測定するため四隅に設置した4本と，水平方向の変位を測定するための2本，合わせて6本使用した。軸方向の変位計はそれぞれ試験体中央から75mmの位置に両端を垂直に固定し設置した。水平方向の変位計は試験体中央部に設置し測定した。荷重は単調荷重および繰り返し荷重とした。単調荷重は平均曲率 ϕD (断面のせい)が5%に達するまで行った。繰り返し荷重は曲率0.5%ずつ増加させる漸増荷重とし， ϕD が5%に達するまで行った。また，平均軸ひずみおよび平均曲率は以下の(2-1)式，(2-2)式より算出した。

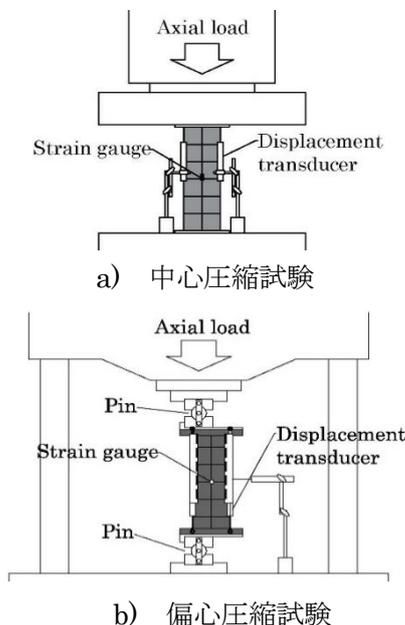


図-2 荷重装置および変位計設置位置

$$\varepsilon = \frac{\delta_{ave}}{L} \quad \dots (2-1)$$

$$\phi D = \frac{(\delta_t + \delta_c)/L}{l} \cdot D \quad \dots (2-2)$$

ε : 平均軸ひずみ, δ_{ave} : 平均軸方向変位,
 L : 試験体高さ, ϕD : 平均曲率,
 δ_t : 平均引張変位, δ_c : 平均圧縮変位,
 l : 変位計間の距離(=150mm)

3. 予備計算および検討

実験を行うにあたり，試験体の終局耐力を把握するために予備計算を行った。

表-4に中心圧縮を受けるCFTと鋼管，偏心圧縮を受けるCFTと鋼管の最大軸力と最大曲げモーメントの計算結果一覧，図-4にCFTと鋼管の終局耐力曲線を示す。終局耐力曲線で使用する最大軸力 N および最大曲げモーメント M はコンクリート充填鋼管構造設計施工指針³⁾による一般化累加強度式により算出した。

表-4 計算結果一覧

圧縮方式	試験体名称	N/N_0	最大軸力 N (kN)	曲げモーメント M (kN・m)
中心	S150	1	1308	
	C150	1	2042	
偏心	CME25,CCE25	0.74	1503	38
	CME50,CCE50	0.58	1177	59
	SME50,SCE50	0.59	775	38

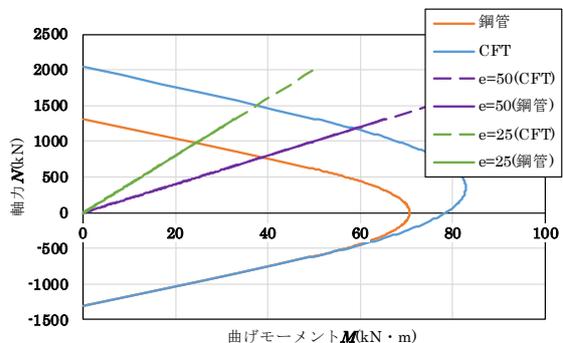


図-3 終局耐力曲線

4. まとめ

本報では，中心圧縮と変動軸力下で偏心圧縮を受けるCFTおよび鋼管の実験計画と予備計算について報告した。

実験結果に関する内容はその2に示す。

参考文献

- 1) 成原弘之, 安田聡, 佐藤英佑, 宇佐美徹, 鈴木康正, 長谷川隆, 長周期地震動に対する鉄骨造超高層建物の安全性検証の方法の検討, 日本建築学会学術講演梗概集, (2014), pp1251-1252.
- 2) 齋藤健, 福島正樹, 土井希祐, 変動軸力を受ける円形CFT柱部材の変形性能とエネルギー吸収性能(その1実験概要と実験結果), 日本建築学会学術講演梗概集, (2006), pp1059-1060.
- 3) 日本建築学会: コンクリート充填鋼管構造設計施工指針, (2008), pp30-31.