逆対称偏心圧縮力を受ける CFT 柱に関する研究

-その1 実験概要-

日大生産工(院) ○髙橋 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(Concrete Filled Steel Tube,以下,CFTと略記)柱は,21世紀 以降,高層建築物の柱材として適用事例が増加 している。それに伴い,高層建築物の下層階の 柱の地震時挙動を検証した様々な変動軸力下 の実験が行われている¹⁾。

一般的に、中高層建物の下層階外柱は図-1に 示すように地震時に繰り返しの大きな軸力(変 動軸力),曲げモーメントおよびせん断力を受 ける。筆者らは, CFT柱において中心圧縮実験, 偏心圧縮実験および逆対称偏心圧縮実験によ り載荷方法(単調載荷,繰り返し載荷)を変えた 場合の構造性能の差異について研究している。 前報²⁾³⁾では, 偏心圧縮実験について報告し, 単 調載荷と繰り返し載荷は実験結果に大きな差 異はないという知見が得られている。そこで本 報では、逆対称偏心圧縮実験(図-2を参照)を行 い, 試験体(CFT, 鋼管)を変えた場合および載 荷方法(単調載荷,繰り返し載荷)を変えた場合 の構造性能の違いを把握する事を目的として 実験を行った。その1では、実験概要と最大荷 重について報告する。



- 2. 実験概要
- 2.1) 試験体概要

図-3に試験体形状を示す。全ての試験体は, 前報で用いたものと同様の試験体を用い,幅B 及びせいDを150mm,板厚 *t*=6mmとした角形 鋼管を使用し,試験体長さ*L*は,幅及びせいの 3倍の450mmとした。試験体の上下には厚さ 24mmのエンドプレートを取り付けて実験を 行った。



Study on CFT Columns Subjected to Antisymmetric Eccentric Compressive Force -Part 1 Experiment Overview –

Masato TAKAHASHI, Toshiaki FUJIMOTO and Chenghao YUAN

逆対称偏心圧縮実験の変数は,充填コンクリートの有無(CFT, S),載荷方法(一方向単調, 一方向繰り返し)とした。

試験体は,CFT2体,鋼管試験体2体の計4体 を計画した。

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,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*_e=36(N/mm²)の普通コ ンクリートを用いた。

表・4に試験体一覧を示す。本実験の試験体名称には、"A-"を付けて表す。CFTの試験体名称は、単調載荷を受けるものを"A-CME"、繰り返し載荷を受けるものを"A-CCE"とし、鋼管の試験体名称は、単調載荷、繰り返し載荷それぞれ"A-SME"、"A-SCE"とし偏心距離(50mm)を組み合わせて示す。

2.2) 実験方法

図-4に本実験に用いた載荷装置,図-5に変位 計設置位置,図-6にひずみゲージ設置位置を示 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た。偏心距離 eは上下ともに50mmとし,試験体を加力方向 が逆対称となるように設置し,実験を行った。

変位計は、水平方向の変位を測定するために 設置した4本と軸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。水平方向の変位計 は、各側面2本ずつ使用し、試験体上下から 150mm間隔となるように設置した。軸方向の 変位計はそれぞれ試験体中央の位置に両端を 垂直に固定し設置した。

ひずみゲージは、図・6に示す位置に試験体各 部のひずみ(応力)分布を確認するため一軸お よび三軸ひずみゲージを貼付している。試験体 2面・4面(せん断力方向に垂直な面)には軸方向 のひずみ(応力)分布を測定するために一軸ひ ずみゲージを試験体上下から75mm, 150mm の位置に貼付した。試験体1面・3面には軸方向 に加え、横方向・せん断方向のひずみ(応力)分 布を測定するために三軸ひずみゲージを試験 体上下から75mmの位置に貼付した。ゲージは 一軸8枚、三軸4枚の合計で12枚を4体の試験体 にそれぞれ貼付し実験を行った。

載荷は、単調載荷および繰り返し載荷とした。 単調載荷は平均変形角*R*が5%に達するまで行った。繰り返し載荷は変形角3.5%までを0.5% ずつ増加させる漸増載荷とし、その後*R*が5% に達するまで行った。また、平均軸ひずみおよ び平均変形角は以下の(2-1)式、(2-2)式より算 出した。



試験体の耐力計算

本実験を行うにあたり,試験体の終局耐力を 把握するためにそれぞれの試験体の耐力計算 を行った。

図-8に試験体を試験機に装着した際の試験 体拡大図と荷重P,軸力N,せん断力Qの関係を 表した図を示す。本実験の軸力Nとせん断力Q の割合は試験体上下に設置しているピン間の 距離を用いて計算した。軸力方向のピン間の距 離は試験体高さL(=450mm),載荷プレート厚 さ(=16mm×2枚),ピンの高さ(=40mm×2個) をそれぞれ累加して算出した。せん断力方向も 軸力方向と同様にピン間の距離(e=50mm×2) とした。このようにして軸力方向(562),せん断 力方向(100)の比率から荷重Pを三平方の定理 を用いて算出した。

図-9に試験体の応力分布図を示す。試験体に 作用する曲げモーメントの値は、図-9に示すよ うに、 せん 断力 Qに試験体高さの半分 L /2(=225mm)からエンドプレートの厚さ (=24mm×1枚)を除いた高さ ℓ(=201mm)を乗 じて算出した。

荷重*P*, 軸力*N*, せん断力*Q*, 曲げモーメント *M*の算出の際に用いた式を以下の3-1)式~3-4) 式に示し,表-5にその計算結果を示す。

<試験体に作用する応力>	
$P = N \cdot \frac{571}{562}$	・・・3-1)式
$N = \frac{562}{100} \cdot \frac{M}{\ell}$	・・・3-2)式
$M = Q \cdot \ell$	・・・3-3)式
100	





4. 実験結果

表-6に文献2),3)の偏心圧縮実験と逆対称偏 心圧縮実験の実験値,図-10に試験体の最終破 壊性状を示す。なお,文献2),3)の偏心圧縮実 験の曲げモーメントMuは,試験体中央部のた わみによる付加曲げモーメントを考慮した値 としている。

4.1) 逆対称偏心圧縮実験の最大荷重

本報の逆対称偏心圧縮実験で得られた最大 荷重Rについて比較する。コンクリートの有無 (CFT, 鋼管)について比較をすると,単調載荷, 繰り返し載荷どちらの載荷方式もCFT試験体 の方が鋼管試験体より最大荷重が大きくなっ た。また,鋼管試験体に対するCFT試験体の最 大荷重増加率に関しても単調載荷,繰り返し載 荷どちらも同等の1.6倍の最大荷重の増加が見 られた。このことから単調載荷と繰り返し載荷 では鋼管とCFT間の最大荷重の増加に影響が ないことが分かった。

逆対称偏心圧縮実験の単調載荷と繰り返し 載荷で比較すると,鋼管試験体では最大荷重*R*, 最大軸力*N*_a,曲げモーメント*M*_a,最大せん断 力*Q*_aの値に大きな差異は無かった。また,CFT 試験体について見ても鋼管試験体と同様に単 調載荷と繰り返し載荷の実験値に大きな差異 は見られなかった。これらの結果から今回の逆 対称偏心圧縮実験においても,前報の偏心圧縮 実験と同様に本実験範囲において単調載荷と 繰り返し載荷の値に大きな差異は無いことが 分かった。

4.2) 逆対称と偏心の比較

本報の逆対称偏心圧縮実験と文献2),3)の偏 心圧縮実験の最大軸力Nuの値について比較す ると,CFTの単調載荷,繰り返し載荷および鋼 管の単調載荷,繰り返し載荷全てにおいて逆対 称偏心圧縮実験の方が大きくなる結果となっ た。

5. まとめ

本報では、逆対称偏心圧縮力を受けるCFTお よび鋼管の実験概要、最大耐力の計算および実 験で得られた最大荷重について報告した。

- 本実験範囲において、単調載荷と繰り返し載 荷では、最大荷重の値に大きな差異は無い。
- 本報の逆対称偏心圧縮実験と文献2),3)の偏心圧縮実験の最大軸力の値は逆対称偏心圧縮実験の方が大きくなる。





a) A-CME50

b) A-CCE50



c) A-SME50



d) A-SCE50

図-10 最終破壊性状

参考文献

- 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 層建物の安全性能検証の方法の検討,日本建築学 会学術講演梗概集,(2014), pp1251-1252.
- 高橋誠人,藤本利昭,YUAN Chenghao: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-,第56回日本大学生産工学部学術 講演会講演概要,(2023), pp43-44.
- 3) YUAN Chenghao,藤本利昭,高橋誠人:変動軸 力を受けるCFT柱に関する研究-その2 実験結 果の考察-,第56回日本大学生産工学部学術講演 会講演概要,(2023),pp44-45.
- 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.

試験体名称	圧縮方式	試験体	載荷方式	最大荷重	最大軸力	$N_{\rm u}$ (逆対称)	曲げモーメント	$M_{\rm u}$ (逆対称)	最大せん断力	
				$P_u(kN)$	$N_u(kN)$	$/N_{\rm u}$ (偏心)	$M_u(\mathrm{kN}\cdot\mathrm{m})$	$/M_{ m u}$ (偏心)	$Q_{\rm u}({ m kN})$	
CME50	- 偏心 [※]	CFT	単調		1115		60.5			
CCE50			繰り返し		1085		58.7			
SME50		鋼管	単調		775		41.2			
SCE50			繰り返し		755		40.0			
A-CME50	逆対称		CFT	単調	1581	1557	1.40	55.7	0.92	277
A-CCE50		OFI	繰り返し	1570	1545	1.42	55.3	0.94	275	
A-SME50		迎 刈 你	単調	988	973	1.25	34.8	0.84	173	
A-SCE50			· 四四 (日)	繰り返し	984	969	1.28	34.6	0.87	172

表-6 偏心と逆対称の実験結果

※2023年8月に行った実験結果とする。