

鋼管内蔵角形 CFT 柱の構造性能に関する研究

- その2 偏心圧縮実験 -

日大生産工(院) ○範 シンウ

日大生産工 藤本 利昭
日大生産工(学部) 沖 誠人

1. まえがき

本報告は、前報(その1)¹⁾に継続する一連の研究である。鋼管を内蔵した角形CFT柱の基本的な構造性能を把握することを目的に行った偏心圧縮実験の概要と結果について報告する。

2. 実験概要

2-1 試験体概要

図-1に試験体形状、表-1に試験体一覧を示す。試験体寸法は(その1)¹⁾と同様に、外側鋼管を幅 $B_o=150\text{mm}$ 、板厚 $t_o=4.5\text{mm}$ 、内側鋼管を幅 $B_i=75\text{mm}$ 、板厚 $t_i=3.2\text{mm}$ とした。試験体は内側鋼管の角度を外側鋼管に対して 0° 、 45° の2種類、さらに内側鋼管のコンクリート充填有無による比較のため、内側鋼管内コンクリート

有り、コンクリート無しとした試験体の計4体を計画した。なお、試験体の高さは $450\text{mm}(=3B_o)$ に統一した。

偏心圧縮実験の試験体名称は(その1)¹⁾に示した中心圧縮実験の試験体名称にE-を付け表している。

表-2に鋼材の材料実験結果、表-3にコンクリートの材料実験結果を示す。なお、何れの試験体も鋼管には一般構造用角形鋼管STKR400を、充填コンクリートには $F_c=36(\text{N}/\text{mm}^2)$ を使用した。

表-2 鋼材の材料実験結果

	板厚 $t(\text{mm})$	降伏強度 $\sigma_y(\text{N}/\text{mm}^2)$	引張強度 $\sigma_u(\text{N}/\text{mm}^2)$	ヤング係数 $E_s(\text{kN}/\text{mm}^2)$	伸び率 $\epsilon(\%)$
□-150×4.5	4.28	372	432	205	31.4
□-150×3.2	3.24	447	474		22.3

表-3 コンクリートの材料実験結果

	設計基準強度 $F_c(\text{N}/\text{mm}^2)$	圧縮強度 $\sigma_B(\text{N}/\text{mm}^2)$	ヤング係数 $E_c(\text{kN}/\text{mm}^2)$	圧縮強度 ひずみ $\epsilon(\%)$	材齢 (日)
偏心 圧縮実験	36.0	38.9	32.0	0.18	184

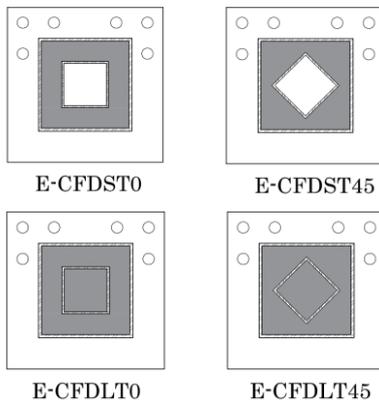


図-1 試験体形状 (単位: mm)

2-2 実験方法および測定方法

図-2に偏心圧縮実験に用いた載荷装置および変位計測位置を示す。

偏心圧縮実験の加力は2000kN万能試験機を使用し、試験体上下の拘束条件は上下ともにピンとし、偏心距離 e が25mmとなるよう取り付けた。載荷は一方向単調載荷とし、曲率 ϕ (D :断面のせい)が5%に達するまで実験を行った。

表-1 試験体一覧

試験体名称	試験体寸法							
	外側鋼管				内側鋼管			
	幅×せい $B_o \times D_o(\text{mm})$	高さ $L(\text{mm})$	板厚 $t_o(\text{mm})$	幅厚比 $D_o/t_o(B_o/t_o)$	幅×せい $B_i \times D_i(\text{mm})$	高さ $L(\text{mm})$	板厚 $t_i(\text{mm})$	幅厚比 $D_i/t_i(B_i/t_i)$
E-CFDST0	150×150	450	4.28	35.0	75×75	450	3.24	23.1
E-CFDLT0								
E-CFDST45								
E-CFDLT45								

Experimental Study on Structural Performance of Rectangular Concrete-Filled Tubular Columns with Built-in Steel Tubes
-Part2 Eccentric Compression Experiment-

Sinwu HAN, Toshiaki FUJIMOTO and Makoto OKI

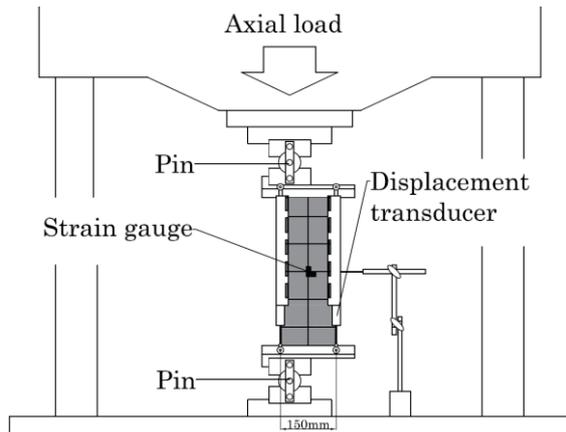


図-2 偏心圧縮実験

3. 実験結果および検討

3-1 実験結果

表-4に最大耐力の計算値 $N_0 (=A_s \cdot \sigma_y + A_c \cdot \sigma_b)$ 、 A_s : 鋼管の断面積、 A_c : コンクリートの断面積) 及び実験値 N_u を示す。

表-4より、全部の鋼管内蔵角形CFT試験体の計算値に対する実験値の比 N_u/N_0 はE-CFDST0 : 0.91, E-CFDST45 : 0.93, E-CFDLT0 : 0.87, E-CFDLT45 : 0.91であった。

なお、内側管の角度の違いによって比較すると、内側鋼管の中にコンクリートを充填した試験体と内側鋼管の中にコンクリートを充填し

ない試験体では、計算値に対する実験値の比 N_u/N_0 は 0° より 45° の方がそれぞれ0.04, 0.02大きかった。

一方、内側管内部のコンクリート充填の有無で比較すると、内側鋼管の回転角度 0° では、コンクリート有りの方が N_u/N_0 が0.04大きくなり、 45° ではコンクリート有りの方が N_u/N_0 が0.02大きくなった。

表-4 偏心圧縮実験結果

試験体名称	最大耐力		
	計算値 N_0 (kN)	実験値 N_u (kN)	実験値 /計算値
E-CFDST0	1440	1304	0.91
E-CFDST45	1416	1312	0.93
E-CFDLT0	1624	1417	0.87
E-CFDLT45	1600	1456	0.91

※ N_0 : 鋼管とコンクリートの累加耐力。

N_u : 実験の最大荷重。

3-2 軸力-軸ひずみ関係

図-3に偏心圧縮実験より得られた軸力-軸ひずみ関係を示す。縦軸は実験で得られた軸力 N 、横軸は全体の平均軸ひずみ ϵ を示している。

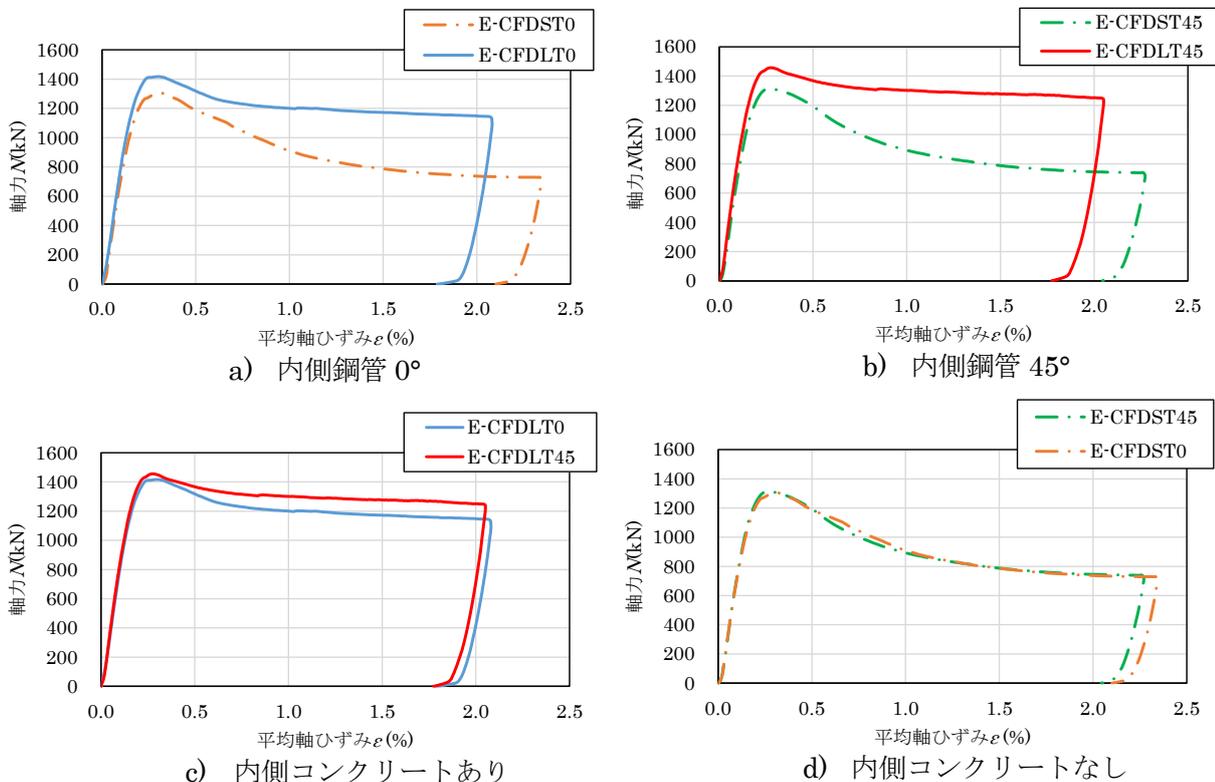


図-3 軸力-軸ひずみ関係

図-3a), b)より内側鋼管の回転角度が同じ試験体で内側鋼管内部のコンクリート充填の有無について比較すると、内側鋼管の回転角度 0° と 45° の試験体どちらも内側鋼管の中にコンクリートを充填した方が最大軸力は大きくなるのが分かった。また、最大軸力以降の耐力低下は、内側鋼管の中にコンクリートを充填した方が小さく、偏心圧縮実験においても、内側鋼管の中にコンクリートを充填した方が耐力、変形性能ともに向上する結果となった。

次に内側鋼管の角度の違いによって比較すると、図-3c)より内側鋼管の中にコンクリートを充填した試験体では、内側鋼管の回転角度が 45° の方が最大軸力は大きくなっていた。最大荷重時の軸ひずみは、 45° の方が小さくなったが、最大荷重以降の耐力低下は 45° の方が小さく、耐力、変形性能は 0° より 45° の試験体が僅かに上回る結果であった。これは角形鋼管の側面が変形し易く、角部が変形し難いため、内側鋼管を 45° 回転することによって互いの短所を補完しあっていると考える。

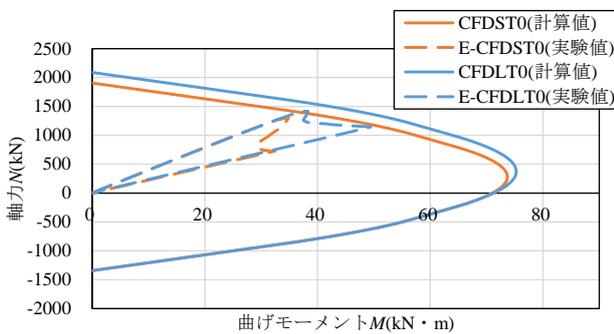
図-3d)より内側鋼管の中にコンクリートを充填しない試験体について内側鋼管の角度の

違いによって比較すると、耐力、変形性能の差異はほとんど認められない結果であった。

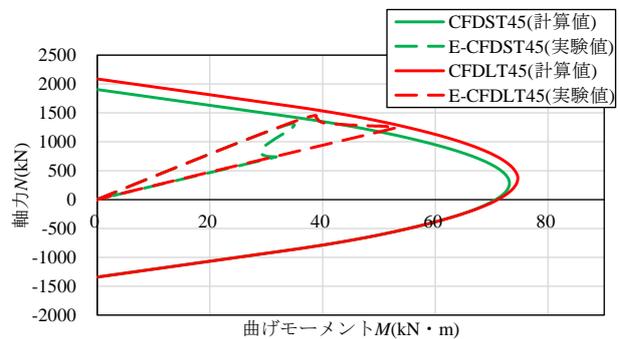
3-2 軸力-曲げモーメント関係

図-4に、鋼管及び充填コンクリートの全塑性状態を仮定した計算より求めた鋼管内蔵角形CFT柱の軸力 N -曲げモーメント M 関係の相関曲線に、実験結果から得られた軸力-曲げモーメント関係をプロットしたものを示す。なお、実験結果で示した軸力-曲げモーメント関係において、横軸の曲げモーメントには偏心圧縮実験における試験体高さ中央部で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。

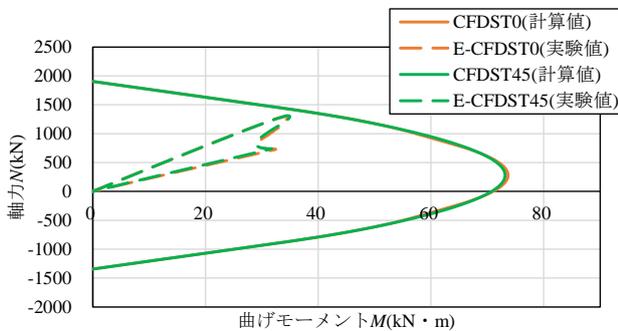
図-4a), b)より、内側鋼管の回転角度が同じで内側鋼管内部のコンクリートの充填の有無で比較すると、内側鋼管の回転角度 0° と 45° の試験体どちらも内側鋼管の中にコンクリートを充填しない試験体では軸力が最大値に達した後、曲げモーメントも低下してしまうのに対し、コンクリートを充填した試験体では、軸力低下後も付加曲げモーメントの影響により曲げモーメントが増加していることがわかる。



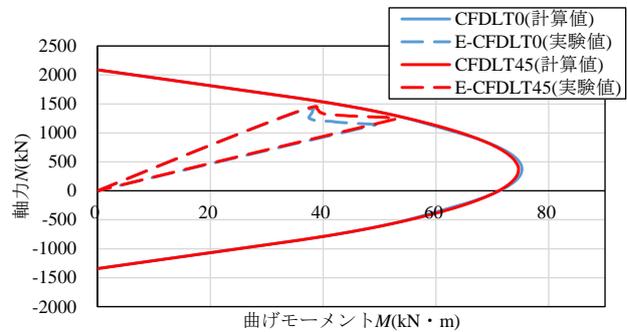
a) 内側鋼管 0°



b) 内側鋼管 45°



c) 内側コンクリートなし



d) 内側コンクリートあり

図-4 軸力-曲げモーメント関係

同様に図-4 c), d)より, 回転角度が異なる試験体で比較すると, 内側鋼管の中にコンクリートを充填しない試験体では, 0° , 45° どちらも最大軸力到達後に曲げモーメントも低下しているのに対し, コンクリートを充填した試験体は曲げモーメントが増加し, 計算耐力に対し近い値を示していることが確認できる。その傾向は, 内側鋼管の回転角度が 0° の試験体に対して 45° の試験体の方がより顕著である。

3-3 破壊性状

図-5に内側鋼管の最終破壊形状, 図-6に外側鋼管の最終破壊形状を示す。

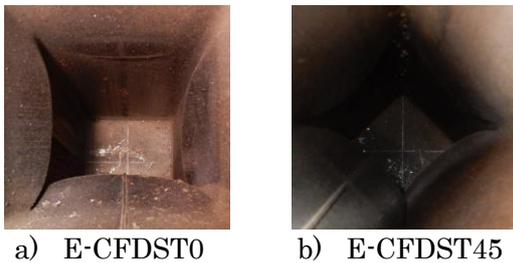


図-5 内側鋼管破壊性状

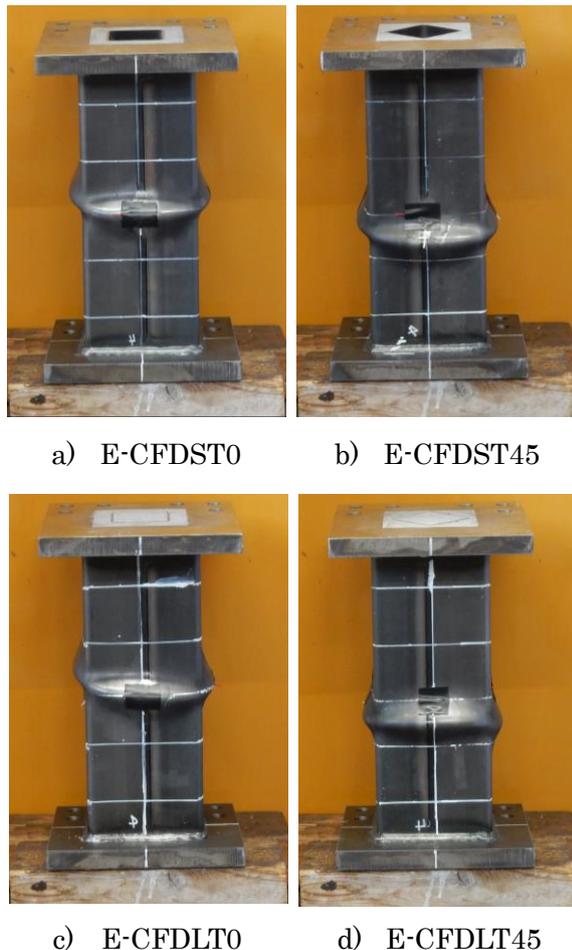


図-6 外側鋼管破壊性状

図-5a), b)より内側鋼管は周辺をコンクリートに囲まれているため, 内側鋼管の回転角度 0° , 45° の試験体どちらも圧縮側の中央付近で, らせん階段状に局部座屈を呈していることが分かる。そして, 引張側に若干である膨らむ形状を示した。

図-6 a)-c), b)-d)より内側鋼管の回転角度が同じで内側鋼管内部のコンクリートの充填の有無で比較すると, 内側鋼管内にコンクリートを充填有無による座屈形状の違いはなく, 圧縮側鋼管のフランジ部分がコンクリートの圧縮破壊による外側に膨らみ, それに直交する鋼管部分も膨らむ形状を示した。

図-6 a)-b), c)-d)内側鋼管の回転角度が異なる試験体で比較すると, 内側鋼管内にコンクリートを充填した試験体と充填しない試験体どちらも 0° の方は中央部, 45° の方は中央下部に局部座屈を呈しているが分かる。なお, 外側鋼管の溶接割れは見られなかった。

また, 载荷中は各試験体とも最大荷重に達する前に鋼管が膨らみ始め, 平均曲率が1%以降で顕著に鋼管の膨らみを確認した。

4. まとめ

本研究では鋼管内蔵角形CFT柱の偏心圧縮実験から, 得られた知見を以下に示す。

- 偏心圧縮を受ける鋼管内蔵角形CFT柱は, 内側鋼管内部にコンクリートを充填することで, 最大荷重と最大曲げモーメントが増大する。
- 偏心圧縮を受ける鋼管内蔵角形CFT柱において, 内側鋼管の角度が異なる場合, 45° とした方が 0° に比べ最大曲げモーメントが増大する。
- 偏心圧縮を受ける鋼管内蔵角形CFT柱の破壊形状は, 充填コンクリートの圧縮破壊に起因する鋼管の局部座屈であった。内側鋼管の回転角度が 0° の試験体は中央部, 45° の方が中央下部に凹凸形状となる局部座屈を呈している。

参考文献

- 1) 沖誠人, 藤本利昭, 範シンウ: 鋼管内蔵角形 CFT 柱の構造性能に関する研究—その1 中心圧縮実験—, 第56回日本大学生産工学部学術講演会講演概要