

変動軸力を受ける CFT 柱部材の変形性能とエネルギー吸収性能 (その2 実験結果の考察)

正会員 ○福島 正樹*
同 尹 航 *
同 村山 双美*
同 土井 希祐**

CFT 柱部材 変動軸力 変形性能
エネルギー吸収性能 限界変形角 等価粘性減衰定数

1. はじめに

(その1)では、変動軸力下での CFT 試験体の曲げせん断実験結果について報告した。本報では(その1)の実験結果、および文献³⁾、⁴⁾の実験資料に基づいて、変動軸力の下で繰り返し水平力を受ける角形鋼管を用いた CFT 柱部材の変形性能、およびエネルギー吸収性能について考察する。

2. 実験資料

試験体No.8、No.9、No.10、および文献³⁾、⁴⁾の実験資料一覧を表1に示す。文献³⁾の実験では、幅厚比をパラメータとして行われ、本研究の実験より厳しい変動軸力(+0.7Ny~-0.3Ny)を与えている。文献⁴⁾の実験は幅厚比と軸力比をパラメータとして行われている。

3. 変形性能

変形性能の指標として限界変形角 $R_{0.95}$ を取り、CFT 試験体No.8、No.9、No.10 と文献³⁾、⁴⁾の角形 CFT 試験体 8 体、計 11 体について変形性能の分析を行った。尚、本研究のNo.9、No.10 は負加力側で耐力低下が見られなかったため、最大変形である $R=4.00 \times 10^{-2}$ rad を $R_{0.95}$ とした。

3.1 限界変形角—シアスパン比関係

限界変形角とシアスパン比の関係を図1に示す。正側、負側ともにシアスパン比が大きくなると、限界変形角が大きくなる傾向が見られる。文献⁵⁾より正加力側の $R_{0.95}$ の下限推定式(1)を与えた。

$$R_{0.95} (\times 10^{-2} \text{rad}) = (2/3) \cdot (a/D) - 1 > 0.5 \quad \dots (1)$$

ここに、 a/D : シアスパン比

図1に下限推定式(1)を示した。試験体のシアスパン比が大きいほど変形性能が高いといえる。ただし、負加力側においては、正加力側ほど明瞭ではなく、式(1)で下限値を推定するには至らない。

3.2 限界変形角—圧縮側平均軸力比関係

図2に限界変形角—圧縮側平均軸力比($\eta_c/2$)関係を示す。正側は圧縮側平均軸力比が大きいほど、限界変形角が小さくなる傾向が見られる。負側も大きなばらつきがあるものの、圧縮側平均軸力比が大きくなるほど限界変形角が小さくなる傾向が見られる。よって、試験体に作用する圧縮側平均軸力比が大きいほど変形性能が低いと言える。文献⁶⁾における SRC 部材の限界変形角 $R_{0.8}$ の下限推定式に基づいて、CFT 部材の $R_{0.95}$ の下限推定式を以下のように与えることとした。

$$R_{0.95} (\times 10^{-2} \text{rad}) = 4 - 10 \cdot (\eta_c/2) > 0.5 \quad \dots (2)$$

ここに η_c : 最大圧縮軸力比

図2に下限推定式(2)を示した。式(2)は CFT 部材の $R_{0.95}$ の実験結果の下限をほぼ押えていると言える。

3.3 限界変形角—幅厚比関係

図3に限界変形角—幅厚比関係を示す。正加力側、負加力側ともに明瞭な傾向が見られない。幅厚比が限界変形角に与える影響は、シアスパン比、平均軸力比に比べて小さいと言える。

表1 実験資料一覧

試験体名	鋼管 [mm]	a [mm]	$s \sigma_y$ [N/mm]	$c \sigma_B$ [N/mm]	η_c	η_t	a/D	D/t	文献
No.8	□-150×150×6	300	395	25.1	0.50	-0.31	2.0	25.0	本研究
No.9	□-150×150×4.5	300	367	23.0	0.50	-0.25	2.0	33.3	
No.10	□-150×150×4.5	600	367	22.3	0.50	-0.25	4.0	33.3	
SR6-A-9V	□-210×210×9	630	536	91.7	0.70	-0.28	3.0	23.3	文献 ³⁾
SR6-C-9V	□-210×210×6	630	540	91.7	0.70	-0.30	3.0	35.0	
SR8-A-9V	□-180×180×9	540	824	94.5	0.70	-0.30	3.0	20.0	
SR8-C-9V	□-180×180×6	540	823	94.5	0.70	-0.30	3.0	30.0	
CFT45v/12-2	□-125×125×4.5	700	324	37.0	0.50	-0.28	5.6	27.8	文献 ⁴⁾
CFT45v/6-3	□-125×125×4.5	700	324	37.0	0.33	-0.03	5.6	27.8	
CFT60v/12-2	□-125×125×6	700	324	37.0	0.33	-0.31	5.6	20.8	
CFT60v/6-3	□-125×125×6	700	324	37.0	0.50	-0.05	5.6	20.8	

注) a: シアスパン $s \sigma_y$: 鋼管降伏応力度 $c \sigma_B$: コンクリート圧縮強度

η_c : 圧縮側最大軸力比 (=Nmax/Ny) η_t : 引張側最大軸力比 (=Ntmax/Ny)

4. エネルギー吸収性能

エネルギー吸収性能の指標として等価粘性減衰定数 heq を取った。図4に、本研究、および変動軸力の載荷方法が本研究と同じ文献⁴⁾のCFT試験体の heq —部材角関係を正加力側、負加力側に分けて示す。

本研究の試験体No.8、No.9、No.10の heq の値は、正加力側、負荷力側共に、 $R=2.00 \times 10^{-2} \text{rad}$ までほぼ同程度の値となった。 $R=4.00 \times 10^{-2} \text{rad}$ では、No.8のみ heq の低下が見られた。これは、鋼管平坦部が破断したことにより、履歴ループ面積が小さくなったためだと考えられる。鋼管の亀裂が生じている文献⁴⁾の試験体も、正加力側で heq の低下が見られる。

文献⁶⁾より、式(3)に示すSRC部材の等価粘性減衰定数 heq の下限推定式が与えられている。

$$heq = 1.5 \cdot (1 - q / \sqrt{R}) / \pi \quad \dots (3)$$

ここに、 R : 部材角 $q = 1 - 0.2 \cdot (R - 1) / (R_{0.95} - 1)$

$R_{0.95}$: 限界変形角 (式(2)による)

図4に $R_{0.95} = 4.00 \times 10^{-2} \text{rad}$ (限界変形角が最大) の場合の、式(3)による heq の下限推定式を併せて示した。式(3)は、 heq が低下するまでは、比較的精度良く実験結果の下限を押えていると言える。

5. まとめ

地震時の中高層建物の外柱を想定した、変動軸力を受けるCFT柱部材の静加力実験を行い、既往文献の実験資料を含めて、変動軸力下でのCFT柱部材の限界変形角、等価粘性減衰定数について分析を行なった。本研究によって得られた結果をまとめて以下に示す。

- 1) CFT柱部材の限界変形角 $R_{0.95}$ はシアスパン比とある程度正の相関が見られ、正加力側は式(1)により下限値が評価できる。また圧縮側平均軸力比とは負の相関があり、式(2)により限界変形角の下限値を評価できる。
- 2) CFT柱部材の等価粘性減衰定数 heq は、式(3)により下限値を概ね評価できる。但し、大変形における鋼管破断による heq の低下について今後検討する必要がある。

【謝辞】

本研究は新潟大学技術員南部正樹氏、多田克彦氏、同大学修論生稲田輝巳氏、卒論生米沢美沙子氏他の協力を得て行いました。ここに記して深く感謝します。

【参考文献】

- 1) 稲田輝巳、村山双美、土井希祐：変動軸力を受けるCFT部材の変形性能とエネルギー吸収性能 日本建築学会大会、C-1、p1069-1070、2004年
- 2) 日本建築学会：鉄骨鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 2001年
- 3) 甲斐誠、西永雅一ら：ハイブリット構造に関する日米共同構造実験研究 (CFT-12) コンクリート充填鋼管柱の曲げせん断性状 その4～その7 日本建築学会大会、C-1、p1029-1036、1996年
- 4) 浅井英克、辻文三：変動軸力を受けるコンクリート充填角形鋼管柱の弾塑性挙動 その1～2 日本建築学会大会、C-1、p1263-1266、1999年
- 5) 稲田輝巳：変動軸力を受けるコンクリート充填角形鋼管柱の変形性能とエネルギー吸収性能 新潟大学大学院自然科学研究科修士論文 2005年
- 6) 土井希祐、加藤大介：鋼コンクリート合成構造部材の変形性能とエネルギー吸収性能の評価法 コンクリート工学年次論文集 2004年

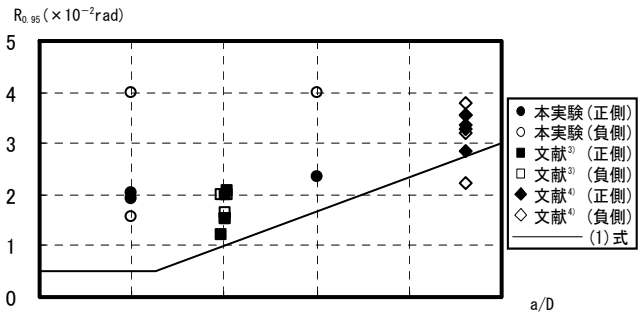


図1 限界変形角—シアスパン比関係

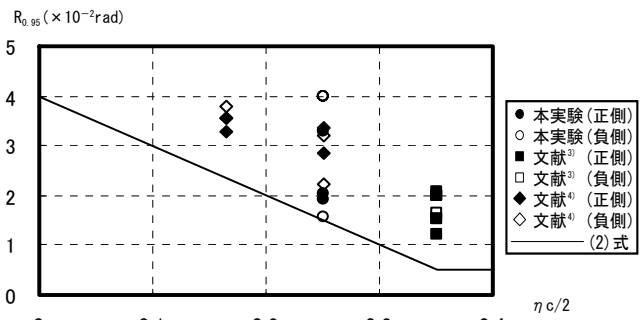


図2 限界変形角—圧縮側平均軸力比関係

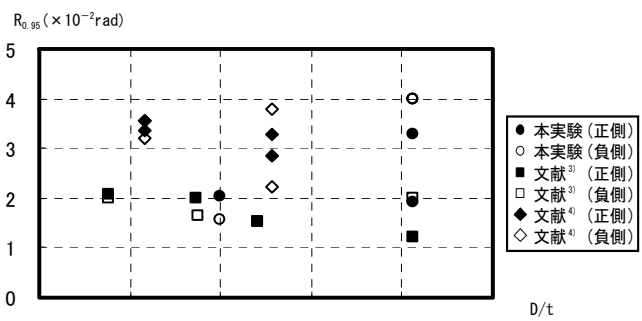


図3 限界変形角—幅圧比関係

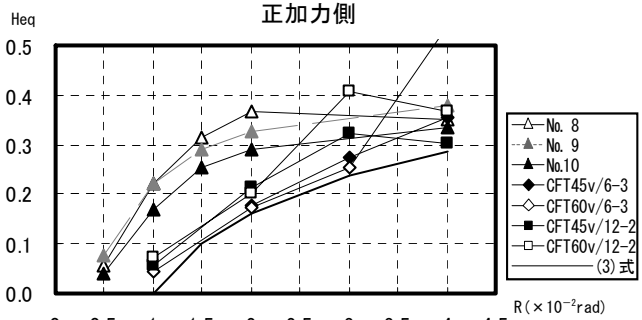
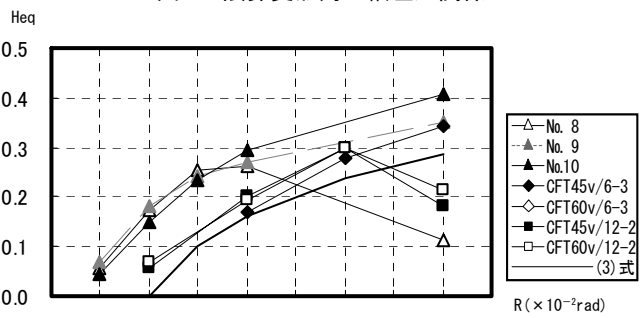


図4 heq—部材角関係

* 新潟大学大学院自然科学研究科

** 新潟大学工学部建設学科 教授・博(工)

* Graduate School of Science and Technology, Niigata Univ.

** Prof., Dept. of Arch. and Civil Eng., Niigata Univ., Dr. Eng.