

変動軸力を受ける C F T 部材の変形性能とエネルギー吸収性能 (その1 実験結果)

正会員 村山 双美*
同 稲田 輝巳*
同 土井 希祐**

C F T 柱部材 S R C 柱部材 R C 柱部材
変動軸力 変形性能 エネルギー吸収性能

1. はじめに

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。C F T 構造をはじめとする鋼コンクリート合成構造柱は高層建物に用いられることが多いが、変動軸力を受ける場合の研究は数少ない。本研究では、既報¹⁾⁻⁴⁾の S R C 柱及び R C 柱試験体との比較を目的とした C F T 柱試験体を製作し、既報^{3),4)}と同条件の静加力実験を行い、変形性能とエネルギー吸収性能に関する基礎的データを取得するとともに、既報の実験結果と比較することを目的とする。

2. 実験概要

表 1 に試験体断面一覧を、図 1 に試験体形状を示す。本研究は既報⁴⁾の研究との比較が目的のため、鋼材部断面積がなるべく等しくなるように設計した。既報の研究に対し、本研究の試験体断面を 150 × 150 mm と小さくしたのは、200 × 200 mm の鋼管で適当な断面積のものがないこと、及び実験装置の荷重能力を勘案したためである。但し、試験体の幅と高さの比率は既報⁴⁾のものと同しくなるように設計した。使用材料の力学的性質を表 2、3 に示す。

図 2 に加力装置を示す。ジャッキにより試験体柱部に圧縮軸力を作用させた。ジャッキにより試験体上部の加力スタブを水平に保持し、試験体柱部に引張軸力を作用させた。ジャッキにより試験体に水平力を作用させた。

図 3 に水平力 - 軸力関係を示す。地震時の建物下層階外柱を想定し、試験体には図 3 および(1)式に示すような変動軸力を作用させ、更に主軸方向に漸増振幅交番繰り返し水平力を作用させるよう計画した。

$$N = 126.9 + 3.575 \times H \quad (\text{kN}) \quad \dots (1)$$

ここに、N : 軸力、H : 水平力である。

水平力は部材角 $R = 5, 10, 15, 20, 40 \times 10^{-3} \text{rad}$ で正負繰り返しし、各々 2 回ずつ行った後、正方向に加力装置の限界まで荷重した。

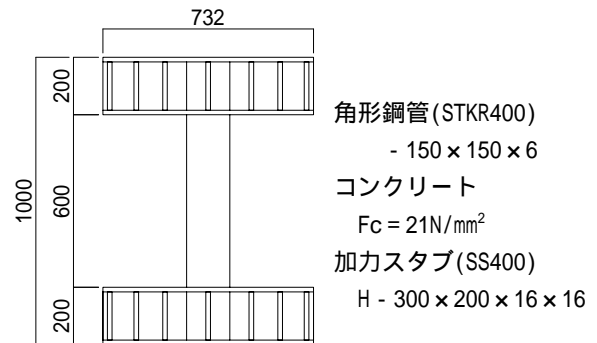


図 1 試験体形状

表 1 試験体断面

断面形状	200 x 200	200 x 200	150 x 150
構造	SRC 造	RC 造	CFT 造
鋼材部断面積	3698 mm ²	3438 mm ²	3456 mm ²
備考	既報 ³⁾	既報 ⁴⁾	本研究
試験体 No	No. 5	No. 7	No. 8

表 2 鋼材試験結果

	降伏点 (MPa)	引張強度 (MPa)	ヤング係数 (× 10 ⁵ MPa)
鋼材	395	443	2.12

表 3 コンクリート試験結果

	圧縮強度 (MPa)	引張強度 (MPa)	ヤング係数 (× 10 ⁵ MPa)	材齢 (日)
No. 8	25.1	2.59	251	34

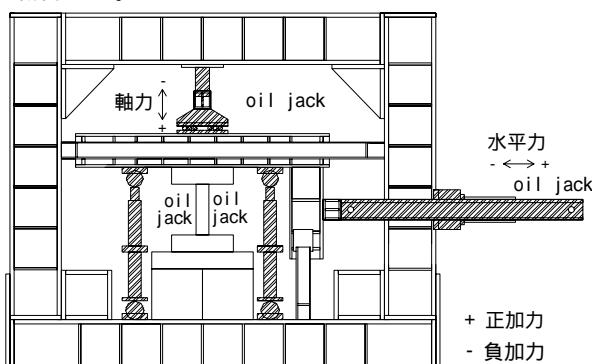


図 2 加力装置

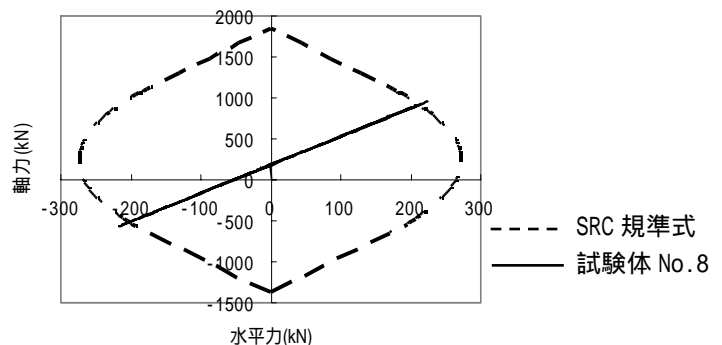


図 3 水平力 - 軸力関係

Deformation Capacity and Energy Absorption Capacity of Concrete Filled Steel Tube Beam-Column under Varying Axial Force

Part1. Results of Experiment

MURAYAMA Fumi, INADA Terumi, DOI Mareyasu

3. 実験結果

3.1 破壊性状

実験により得られた初期降伏荷重、最大耐力等を終局耐力計算値と共に表4に示す。なお、限界変形角はCFT造で一般的に用いられる最大耐力の95%の強度点における値($R_{0.95}$)と、SRC造およびRC造で一般的に用いられる最大耐力の80%強度点の値($R_{0.8}$)について各々求めた。No.8は+1サイクル、-5サイクルで鋼管が降伏し、±5サイクルで正負それぞれ最大耐力に達した。最大耐力は終局耐力計算値を正側で11.4kN、負側で19.1kN上回った。

3.2 荷重 - 変形状

図4に水平力 - 部材角関係を示す。No.8は、±6サイクルまで紡錘形の履歴ループを示しており、No.7に比べて履歴ループ面積が大きくなっている。また、±7サイクル以後、正側においてスリップ型の挙動を示し、正側と負側で非対称の履歴ループとなっており、No.5よりも履歴ループ面積が小さくなっている。No.8の正側における最大耐力以後の耐力低下は、+10サイクルで最大耐力の79%、最終状態で69%となり、限界変形点から見ても変形性能はNo.7よりも高く、No.5よりもやや低い。また負側においては、-9サイクルで最大耐力の20%、-10サイクルで15%となり、No.7、No.5に比べて変形性能が著しく低いと言える。

図5に各変位振幅における2回目の繰り返しループに対する等価粘性減衰定数 heq を示す。No.8の heq は正側において部材角 $R=0.015rad$ まで直線的に増加しているが、その後増加率は減少し、 $R=0.04rad$ では $R=0.02rad$ の値を下回っている。一方、負側も同様に、直線的に増加した後、増加率が減少しているが、正側に比べてその低下は小さくなっている。

No.5、No.7と比較すると、No.8の heq の値は、正側の $R=0.04rad$ の時を除き、正側、負側共にNo.5、No.7の値を上回っている。

4. 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柱試験体の静加力実験を行い、既報^{3),4)}のRC柱試験体、SRC柱試験体の実験結果との比較を行った。

正側における限界変形点や最大耐力以後の耐力の低下から、CFTの変形性能はRCよりも高く、SRCよりもやや低いと言える。負側におけるCFTの変形性能は、限界変形点や最大耐力以後の耐力の低下からみて、RC、SRCの変形性能に比べて著しく低いと言える。

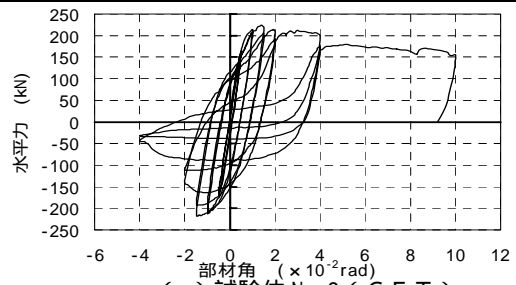
等価粘性減衰定数 heq から見るとCFTのエネルギー吸収性能は、RC、SRCよりも比較的優れている。また、CFTでは圧縮側よりも引張側の方が大きい。

軸方向の鋼材量が同等であっても、変形性能とエネルギー吸収性能には大きな差がある。

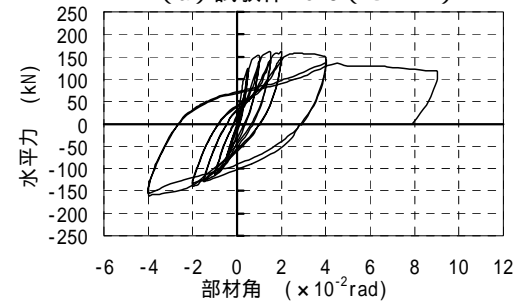
謝辞: 本研究は2003年度新潟大学工学部建築学科卒業研究として、卒業生の関根氏と共同で行ったものである。実験の際、多田克彦、南部正樹両技官、卒業生の小谷亮太氏、小藤多維介氏、村松久子氏他の協力を得ました。ここに記して謝意を表します。

表4 実験結果

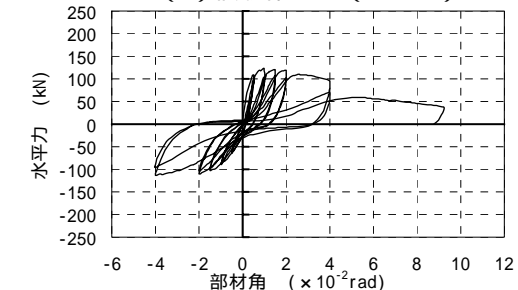
		水平力 (kN)	変形 ($\times 10^{-2}rad$)	サイクル
終局耐力計算値	正	213	-	
	負	-198	-	
最大耐力	正	224.4	1.40	+5
	負	-217.1	-1.50	-5
初期降伏発生荷重	正	161.6	0.49	+1
	負	-184.3	-0.48	-3
局部座屈発生荷重	正	164.4	3.61	+5
	負	-	-	
限界変形点 $R_{0.8}$	正	179.5	4.00	
	負	-174.2	-1.77	
限界変形点 $R_{0.95}$	正	213.2	2.04	
	負	-206.9	-1.56	



(a) 試験体 No.8 (CFT)



(b) 試験体 No.5 (SRC)



(c) 試験体 No.7 (RC)

図4 水平力 - 部材角関係

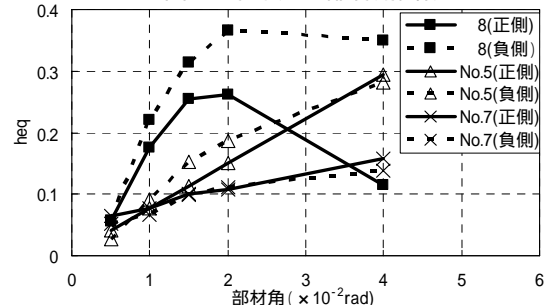


図5 等価粘性減衰定数 heq

参考文献: 1) 土井希祐, 片寄哲務. 変動軸力を受けるSRC柱部材の静加力実験. 日本建築学会大会, C-1, p1089-1090, 2000年 2) 土井希祐, 片寄哲務. 変動と斜め応力を受けるSRC柱部材の静加力実験. 日本建築学会大会, C-1, p1041-1042, 2001年 3) 土井希祐. 大変動軸力を受けるSRC柱部材の静加力実験. 日本建築学会大会, C-1, p1003-1004, 2002年 4) 稲田輝巳, 土井希祐. 変動軸力を受ける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. 日本建築学会大会, C-1, p1041-1042, 2003年

* 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.