

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

SRC 部材 RC 部材 変動軸力
変形性能 エネルギー吸収性能

正会員 稲田 輝巳*
同 土井 希祐**

1. はじめに

中高層建物の低層階の外柱は、地震時に大きな変動軸力を受ける。これら中高層建物の柱部材にはSRC造、RC造が多く用いられているが、変動軸力を受ける場合のSRC柱部材・RC柱部材の比較実験は数が少ない。既報^{1)~3)}によりSRC柱部材の基本データは得られている。本研究では、既報³⁾の試験体との比較を目的としたRC柱試験体を製作し、既報³⁾と同条件の静加力実験を行うことにより、鋼コンクリート合成構造部材の変動軸力下で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ことを目的とする。

2. 実験概要

試験体形状を図-1に、試験体断面を表-1に示す。試験体 7の寸法は既報³⁾の試験体 5を基準にしており、比較のため柱部分の鋼材部分断面積がなるべく等しくなるように設計した。使用材料の力学的性状を表-2, 3に示す。

図-2に加力装置を示す。油圧ジャッキにより、試験体上部の加力スタブを水平に保持すると共に試験体柱部分に圧縮および引張軸力を作用させた。さらに油圧ジャッキにより漸増振幅交番繰り返し水平力を作用させた。

試験体には地震時を想定し、(1)式および図-3に示すような変動軸力を作用させた。

$$N = 209.2 + 6.041 \times H \quad (\text{kN}) \quad \dots (1)$$

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、正負繰り返し載荷を各々2回ずつ行った後、正方向に加力装置の限界まで載荷した。

注) 本研究の試験体は、主筋量が多く、曲げ破壊型となるよう設計するため、せん断補強筋量が、RC構造計算基準で定められた帯筋比の上限 1.2%を超えている。しかし配した帯筋がすべて有効に作用するものとしてせん断耐力の計算を行い、その結果から試験体に作用させる変動軸力の設定を行った。

3. 実験結果

3.1 破壊性状

実験により得られたひび割れ発生荷重、最大耐力および終局耐力計算値を表-4に示す。7の最大耐力は終局耐力計算値を、正加力側で15kN、負加力側で

表-1 試験体断面

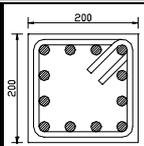
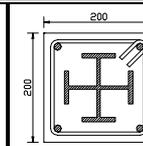
試験体名	5	7
断面形状		
構造	SRC造	RC造
鋼材部断面積	3698mm ²	3438mm ²
備考	既報 ³⁾	本研究

表-2 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 (GPa)	材齢
23.4	2.39	18.6	31

表-3 鋼材試験結果

種類	降伏点 (MPa)	引張強さ (MPa)	ヤング係数 (GPa)	備考
D19	334.7	488.5	181.3	主筋
D10	327.0	500.6	189.8	帯筋

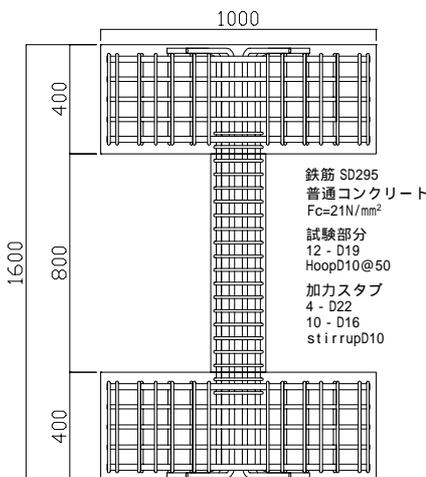


図-1 試験体形状

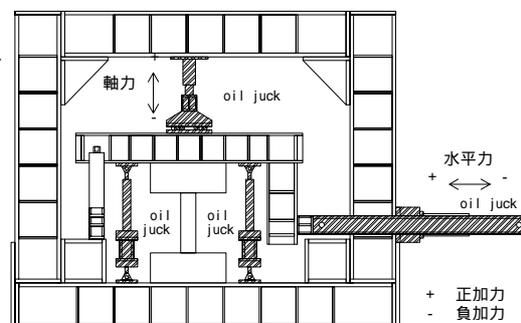


図-2 加力装置

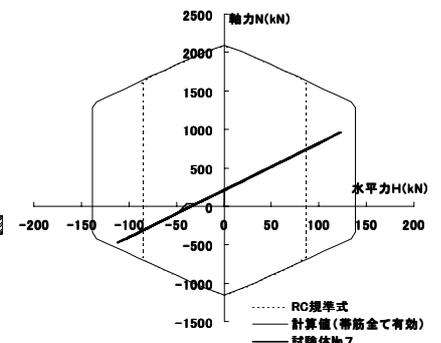


図-3 水平力 軸力関係

7 kN ほど下回った。

図 - 4 に ±9、±10 サイクル終了時におけるひび割れ状況を示す。試験体は正加力時、負加力時ともにせん断ひび割れが支配的で、柱部分の右下部において大きな剥落が見られた。

3.2 荷重 - 変形性能

図 - 5 に水平力 - 部材角関係を示す。7 は正加力側、負加力側共に逆 S 字形の履歴ループを示し、正加力側の履歴ループ面積は負加力側に比べて小さくなっている。7 は最大耐力に達した後、+9 サイクル ($R = 2 \times 10^{-2} \text{rad}$) で最大耐力の 80% となり、その後徐々に低下し、最終状態で最大耐力の 30% になった。5 が最大耐力以後、最大耐力の 70% 以上を維持しているのに対して、耐力低下が著しいことがわかる。また 7 の履歴ループは試験体 5 に比べ、スリップ型の挙動を示している。

図 - 6 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。7 の heq は部材角 R に比例して直線的に増加している。また、正加力側、負加力側の heq の値は、ほぼ同程度であった。5 の値と比較すると、7 の値は正加力側で $R = 2 \times 10^{-2} \text{rad}$ 以上、負加力側で $R = 1.5 \times 10^{-2} \text{rad}$ 以上で小さくなっており、特に $R = 4 \times 10^{-2} \text{rad}$ では約半分の値となっている。

図 - 7 に軸歪 - 部材角関係を示す。7 は ±8 サイクル ($R = 2 \times 10^{-2} \text{rad}$) までは弾性的挙動を示し、軸変形の累積は見られない。9~10 サイクル ($R = 4 \times 10^{-2} \text{rad}$) において 5 と異なる挙動を示し、引張側での軸歪の増大傾向は見られない。一方、5 においては、軸変形が引張側へと変化しているのが認められる。

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

その結果、変形性能、およびエネルギー吸収性能共に SRC 柱部材の方が RC 柱部材よりも高いことが確認できた。軸方向の鋼材量が同等であっても、SRC と RC には変形性能とエネルギー吸収性能に大きな差があるといえる。なお、本研究の RC 試験体はせん断力が不足している。従って、SRC 試験体と同等に比較できないが、SRC は多量の鋼材を無理なくコンクリート断面に収めることができ、性能上有利と言える。

謝辞：本研究は 2002 年度新潟大学工学部建設学科卒業研究として、卒研究生の高橋喜之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、院生の田中里子氏、卒研究生の新井陽介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 ($\times 10^{-2} \text{rad}$)	
		正	負	正	負
初期曲げひび割れ	正	110	-	0.50	(+1)
	負	-64	-	0.50	(-1)
初期せん断ひび割れ	正	98	-	0.50	(+2)
	負	-64	-	0.50	(-1)
コンクリート圧縮破壊	正	121	-	1.50	(+5)
	負	-	-	-	-
終局耐力計算値	正	138.5	-	-	-
	負	-119.4	-	-	-
最大耐力	正	123	-	0.94	(+3)
	負	-112	-	-4.00	(-9)
限界変形点	正	99	-	3.88	(+9)
	負	-	-	-	-

注) 限界変形点: 最大耐力の 80% に強度低下したときの変形

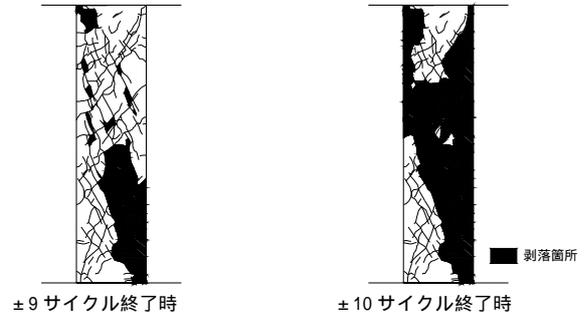


図 - 4 ひび割れ状況

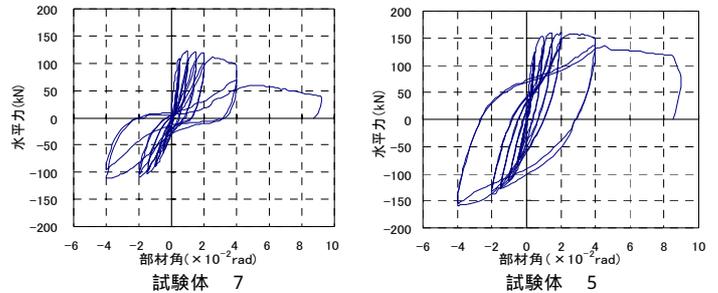


図 - 5 水平力 - 部材角関係

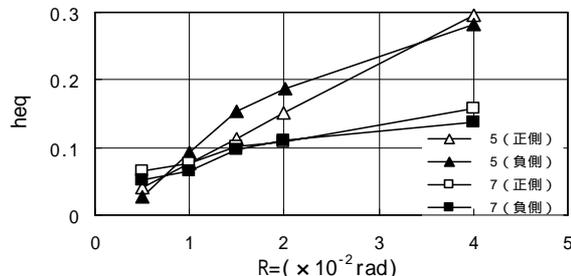


図 - 6 等価粘性減衰 heq (各変位振幅の 2 回目のループに対する値)

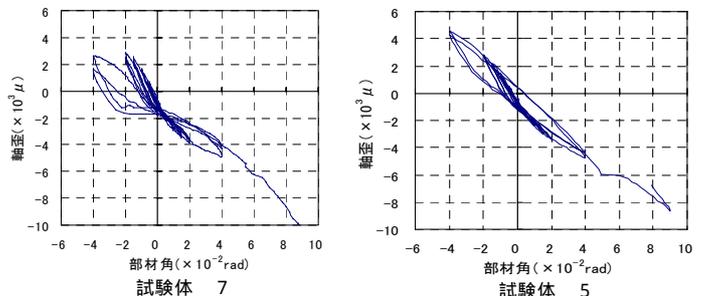


図 - 7 軸歪 - 部材角関係

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、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、日本建築学会北陸支部大会、投稿中、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.