

擬似動的的手法による鉄筋コンクリート柱の崩壊実験  
(その3・変形の片寄りについての静的実験との比較)

正会員 ○近藤隆幸\*1  
同 中村孝也\*2  
同 芳村 学\*3

鉄筋コンクリート 旧基準建物 擬似動的実験  
静的実験 崩壊 変形の片寄り

1. はじめに

筆者らは既報<sup>1)</sup>において、擬似動的的手法を用いた柱の崩壊(軸力保持能力喪失)性状を調べる実験について報告した。本報はその追加検討として、水平力-水平変形関係を用いて水平変形の片寄りについて検討した。また、本実験の結果に過去に行なった実験の結果<sup>2),3),4)</sup>を加えて、擬似動的実験と静的実験における水平変形の片寄りについて比較した。

2. 水平変形の片寄り

表1に試験体諸元及び実験結果を示す<sup>1)</sup>。なお、水平変形、鉛直変形はそれぞれ柱内法高さで除した値で表している、また、柱が軸力保持能力を喪失して鉛直変形が急増する直前を「崩壊点」とし、その時の水平変形を「崩壊水平変形」、鉛直変形を「崩壊鉛直変形」と呼ぶ。

実験によると、過去の静的実験で時折見られたような繰り返し加力時の小さな変形での崩壊はなく、全ての試験体が最大変形時に崩壊した。実験結果の水平力-水平変形関係を用いて、水平変形の片寄りについて検討を行なった。崩壊水平変形に対する崩壊した方向と逆方向の最大変形の比を求め、この比率を「正負最大水平変形比」と呼ぶ。この値が小さい程変形が片寄っていることを示している。

図1に4J11と4W21を例として示す。4J11では、●が示す崩壊水平変形3.29%と○が示す崩壊した方向と逆方向の最大水平変形0.69%から正負最大水平変形比が21%となり、水平変形が片方向(崩壊する方向)に大きく寄っていることがわかる。一方、4W21では比率が53%となり、水平変形の片寄りは少なかった。各試験体の比率を表1に示す。

正負最大水平変形比は10~77%であった。4W21、6J21ではこの比率が大きく片寄りは少なかったが、平均して

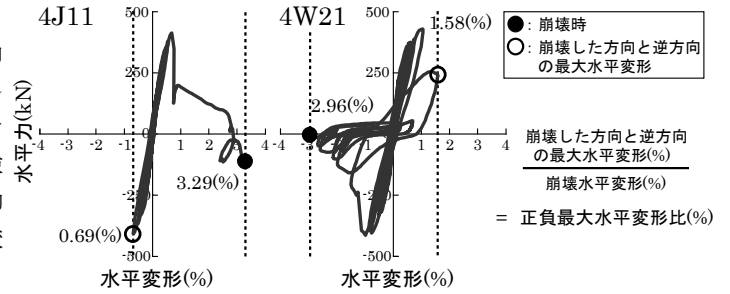


図1 水平変形の片寄り計算方法(4J11, 4W21)

37%となり、総じて水平変形が片方向(崩壊する方向)に片寄る傾向にあった。本実験のように急激に荷重が低下する脆弱な柱では、通常の静的実験における繰り返し載荷(正負同じ変形を繰り返し与える)よりも、単調載荷に近い変形履歴を受けるといえる。

3. 静的実験との比較

擬似動的実験が静的実験における単調載荷に近い応答となったことを別の観点から確認する。

本実験に過去に行なわれた擬似動的実験を加えた擬似動的実験の実験結果と、過去に行なわれた静的実験の実験結果を、崩壊水平変形と崩壊鉛直変形に着目して比較した。

ここで文献3)では、せん断破壊後の鉛直変形と水平変形関係が2次関数によって表されること、また静的実験においては同一試験体であれば、繰り返し載荷より単調載荷のほうが崩壊水平変形がやや大きいことが、示されている(図2)。本検討では、この2次関数における原点と崩壊点とを結んだ直線の傾きを示す「崩壊水平変形に対する崩壊鉛直変形の比」に着目した。

検討対象の柱は、筆者らが行なった擬似動的実験<sup>2)</sup>及び

表1 試験体諸元及び実験結果

試験体名	横補強筋比 Pw (%)	Is値	地震動	1次固有周期 (s)	各層実験時重量 (kN)	せん断耐力 Vs (kN) <sup>(2)</sup>	曲げ耐力 Vf (kN) <sup>(3)</sup>	実験結果			
								崩壊水平変形 (%)	崩壊鉛直変形 (%)	崩壊方向と逆方向の最大水平変形 (%)	正負最大水平変形比 (%)
4J11	0.11 [2-D10 @300]	0.41	JMA	0.15	227	271	406	3.29	1.0	0.69	21
4W11			WAK5,7 <sup>(1)</sup>					2.40	0.53	0.84	35
4H11			HCO					4.48	1.73	0.44	10
6J11			JMA					3.24	0.55	2.00	37
4J21	0.21 [2-D10 @150]	0.41	JMA	0.16	304	304	406	5.39	1.74	1.57	29
4W21			WAK5,7					2.96	0.83	1.58	53
6J21			JMA					3.07	1.06	2.38	77
			JMA					3.07	1.06	2.38	77

(1) 涌谷町EW波5月, 7月を示す。(2) 荒川min式 (3) 曲げ耐力略算式

静的実験<sup>3),4)</sup>の中で、曲げ降伏以前にせん断破壊した柱と曲げ降伏後にせん断破壊した柱（全 24 体）である。なお、検討対象柱は全て旧基準により設計された鉄筋コンクリート柱である。過去の実験結果を本節の検討に必要な範囲で表 2 に示す。

なお、表 2 における载荷では、静的実験のうち兵庫県南部地震のような直下型地震を想定して単調载荷を行なった柱を「M」、繰り返し载荷を行なった柱を「C」と記している。

崩壊鉛直変形と崩壊水平変形の関係を図 3 に示す。崩壊水平変形が大きいほど崩壊鉛直変形が大きくなる傾向が、擬似動的実験及び静的実験のどちらの実験結果においても共通に見られた。

それぞれの実験での崩壊水平変形に対する崩壊鉛直変形の比率は、擬似動的実験の平均値で 0.30 となり、静的実験における繰り返し载荷の平均値 0.16 より大きく、単調载荷の平均値 0.27 と近い値であった（静的実験において単調のほうが繰り返しより大きい理由は図 2 で示したとおりである）。このことより、擬似動的実験における挙動が、単調载荷に近いことが別の観点から確認されたといえる。

なお、図 3(b)擬似動的実験において、2 節で検討した正負最大水平変形比が小さい試験体（例えば 4H11）は、崩壊水平変形に対する崩壊鉛直変形の比率が大きい傾向にあった。

### 3. まとめ

水平変形の片寄りについて、擬似動的実験と静的実験の結果を比較した。得られた知見を以下に示す。

- (1) 擬似動的実験では水平変形が崩壊する方向に片寄る傾向があり、静的実験における単調载荷に近い場合が多かった。
- (2) 擬似動的実験の崩壊水平変形に対する崩壊鉛直変形の比率は 0.30 であり、静的実験における繰り返し载荷の比率 0.16 より大きく、単調载荷の比率 0.27 と近い値であった。これは(1)に対応した結果といえる。

### 謝辞

本研究は、科学研究費補助金基盤研究(B)「脆性の挙動を示す既存鉄筋コンクリート建物の耐震性評価の精密化に関する研究」(課題番号：18360268, 研究代表者：芳村学)の一環として行ったものである。ここに記して謝意を表す。

### 参考文献

- 1) 近藤隆幸, 芳村学, 中村孝也: 擬似動的実験による鉄筋コンクリート柱の崩壊実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, C-2, pp.553-556, 2008.9
- 2) 中村孝也, 芳村学, 見波進: サブストラクチャ擬似動的実験によるせん断破壊型鉄筋コンクリート柱の崩壊実験, 日本建築学会構造系論文集, No.619, pp.141-148, 2007
- 3) 高稲直和, 芳村学: 破壊曲面縮小の概念に基づくせん断破壊型鉄筋コンクリート柱の定量的損傷評価, 日本建築学会構造系論文集, No.618, pp.191-197, 2007
- 4) 金紅日, 芳村学, 中村孝也: せん断破壊型 RC 柱の崩壊に対する直交壁の影響, コンクリート工学年次論文集, 第 27 巻 2 号, pp.193-198, 2005

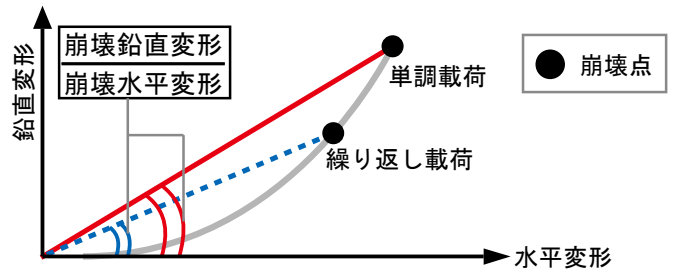


図 2 鉛直変形—水平変形関係

表 2 過去の実験結果一覧

実験シリーズ*	試験体名	実験結果		
		崩壊水平変形 (%)	崩壊鉛直変形 (%)	载荷
静的実験				
I	No.1	13.4	1.96	C
	No.2	5.4	0.70	
II	Y21L	4.0	0.18	C
	Y11L	1.5	0.24	
III	N18M	10.3	1.97	M
	N18C	20.6	4.47	C
	N27M	4.7	1.11	M
	N27C	3.0	0.80	C
IV	2M	11.2	3.10	M
	2C	7.8	1.33	C
	3M	5.6	1.50	M
	3C	5.3	0.95	C
V	2M13	4.1	1.52	M
	C16	5.6	0.54	C
擬似動的実験				
VI	C13-J	1.7	0.56	
	C13-T	2.5	0.66	
	C13-H	2.9	0.79	

\*1 I~IV: 文献 3), V: 文献 4), VI: 文献 2)

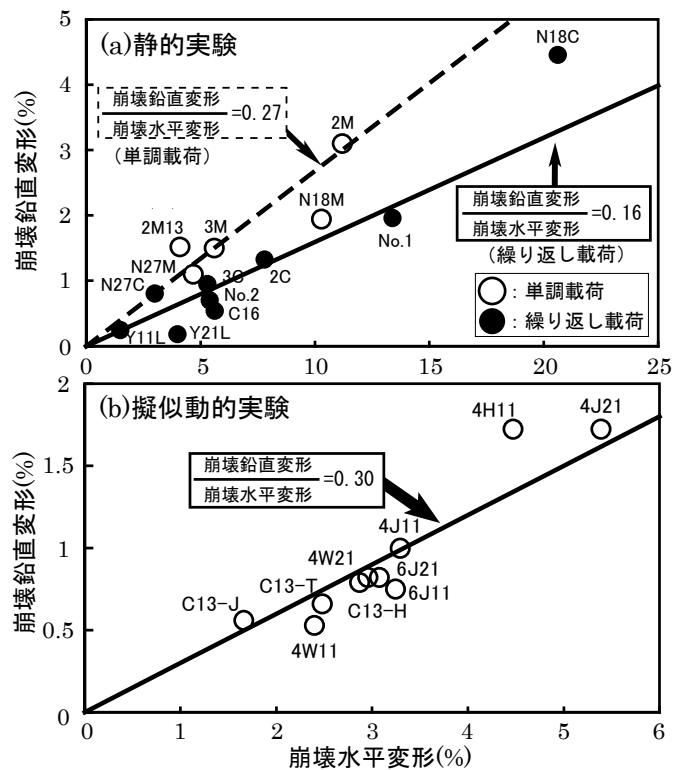


図 3 崩壊鉛直変形—崩壊水平変形関係

\*1 山下設計 (株), 修士(工学)

\*2 首都大学東京大学院都市環境科学研究科建築学域 助教, 博士(工学)

\*3 首都大学東京大学院都市環境科学研究科建築学域 教授, 工学博士

Yamashita Sekkei Inc., M. Eng.

Assistant Prof., Graduate School of Architecture and Building Engineering, Tokyo Metropolitan Univ., Dr. Eng.

Prof., Graduate School of Architecture and Building Engineering, Tokyo Metropolitan Univ., Dr. Eng.