

RC 造柱の残存軸耐力に関する実験的研究

島崎研究室 200204041 外川 博之

1 はじめに

本研究の目的は、近年、東京などの首都圏に起こるであろうといわれている首都直下地震における既存建物の倒壊リスク評価である。それには、建築基準法が改正された 1971 年以前に建てられた建物が人命を守ることが出来るかどうかを検討する必要がある。そのために、まず基礎的な検討として、地震直後に柱の有する鉛直力支持能力に着目した実験を行い、構造物の倒壊リスクに関する基礎資料を提供するものとする。

2 実験概要

①試験体 試験体は旧基準で設計された既存 RC 構造物の中柱を想定し、実建物の 1/3 程度のサイズを有する柱部材で、せん断余裕度 0.71~0.89 となるように計画した。コンクリート強度 ($F_c=18\text{N/mm}^2$)、主筋 (12-D10)、柱断面寸法 ($b \times D=200\text{mm} \times 200\text{mm}$) は共通である。せん断補強筋比を 0.1%、0.3% とした。損傷レベルを変えて残存軸耐力の検討を行うために 6 体の試験体を作製した。表 2 に試験体一覧を示す。図 1 にせん断補強筋比 0.1% の試験体図、せん断型、曲げ型のゲージ貼付位置を示す。

②加力方法 はじめに地震時に受ける損傷を再現するため、図 2 のように試験体を水平に倒し PC 鋼棒を反力に用いて 1MN 油圧ジャッキにより定軸力 $0.15bDF_c$ (N) を作用させながら、5MN 圧縮試験機により水平力を大野式加力で逆対称モーメントに作用させる。首都直下地震を想定し、所定の損傷を目指した変形で正負 1 回ずつ加力する。次に地震による損傷を受けた後の残存軸耐力を求めるため、試験体を 90 度回転して 5MN 圧縮試験機により鉛直加力を行い、それぞれの破壊形式、損傷レベルごとの耐力を求める。

表 1 使用材料の機械的性質

鋼材	降伏強度	引張強度		
	(N/mm^2)	(N/mm^2)		
D10 SD295	383	565		
D4 SD295	315	619		
コンクリート強度	圧縮強度	引張強度	ヤング係数	
(N/mm^2)	(N/mm^2)	(N/mm^2)	(N/mm^2)	
水平加力時 F_c18	22.4	1.39	2.15×10^4	
軸力加力時 F_c18	23.4		2.15×10^4	

表 2 試験体一覧

No	設計基準 強度 F_c	柱内法高 h_o (mm)	柱断面 $b \times D$	主筋 (上・下筋筋)	せん断 補強筋	破壊形式	損傷レベル
No1	18 (N/mm^2)	800	200mm \times 200mm	12-D10 (SD295)	2-D4@124 (SD295)	せん断型	1/200
No2							1/100
No3							1/50
No4					2-D4@42 (SD295)	曲げ型	1/100
No5							1/50
No6							1/50

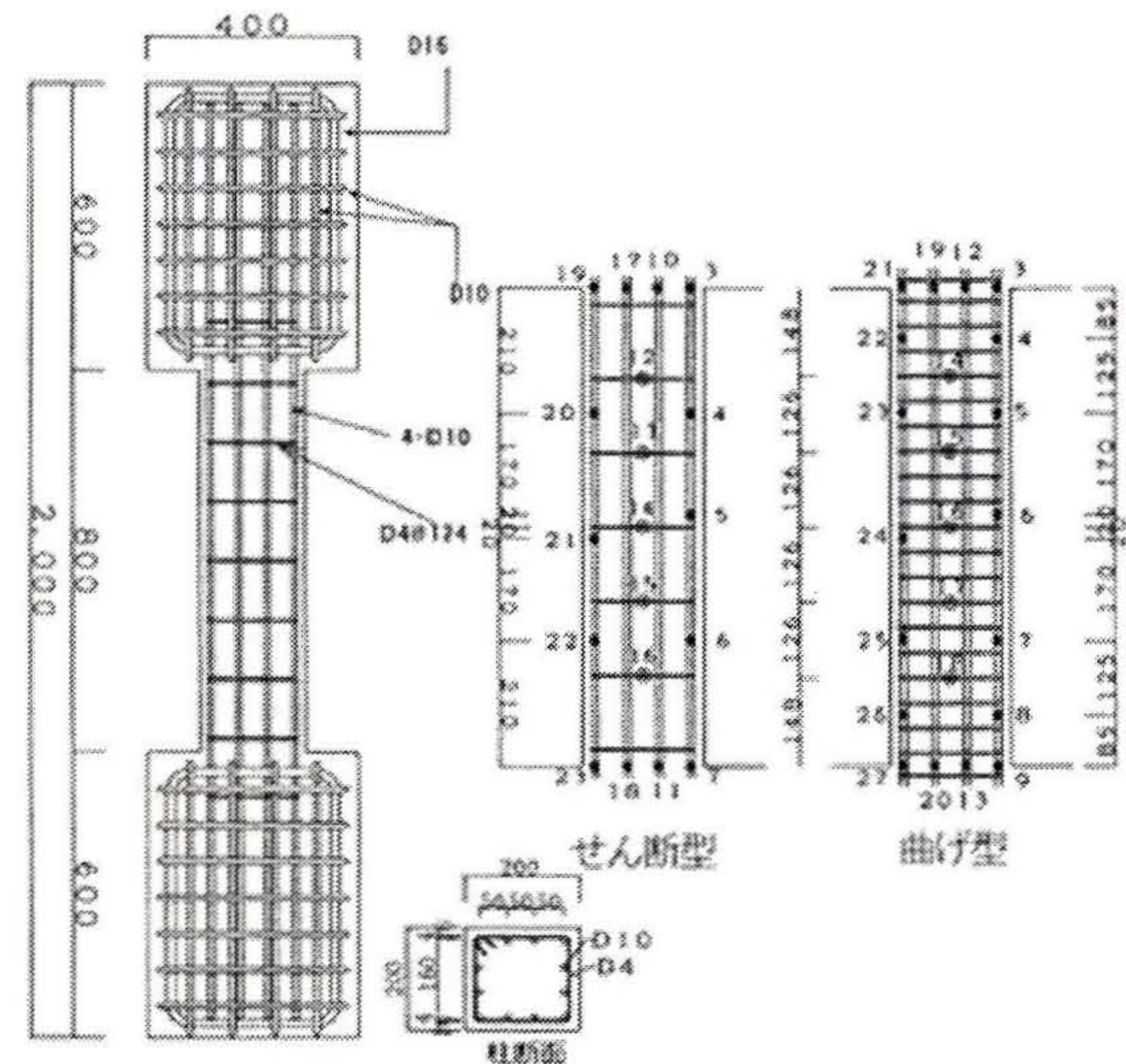


図 1 試験体図、せん断型、曲げ型ゲージ位置

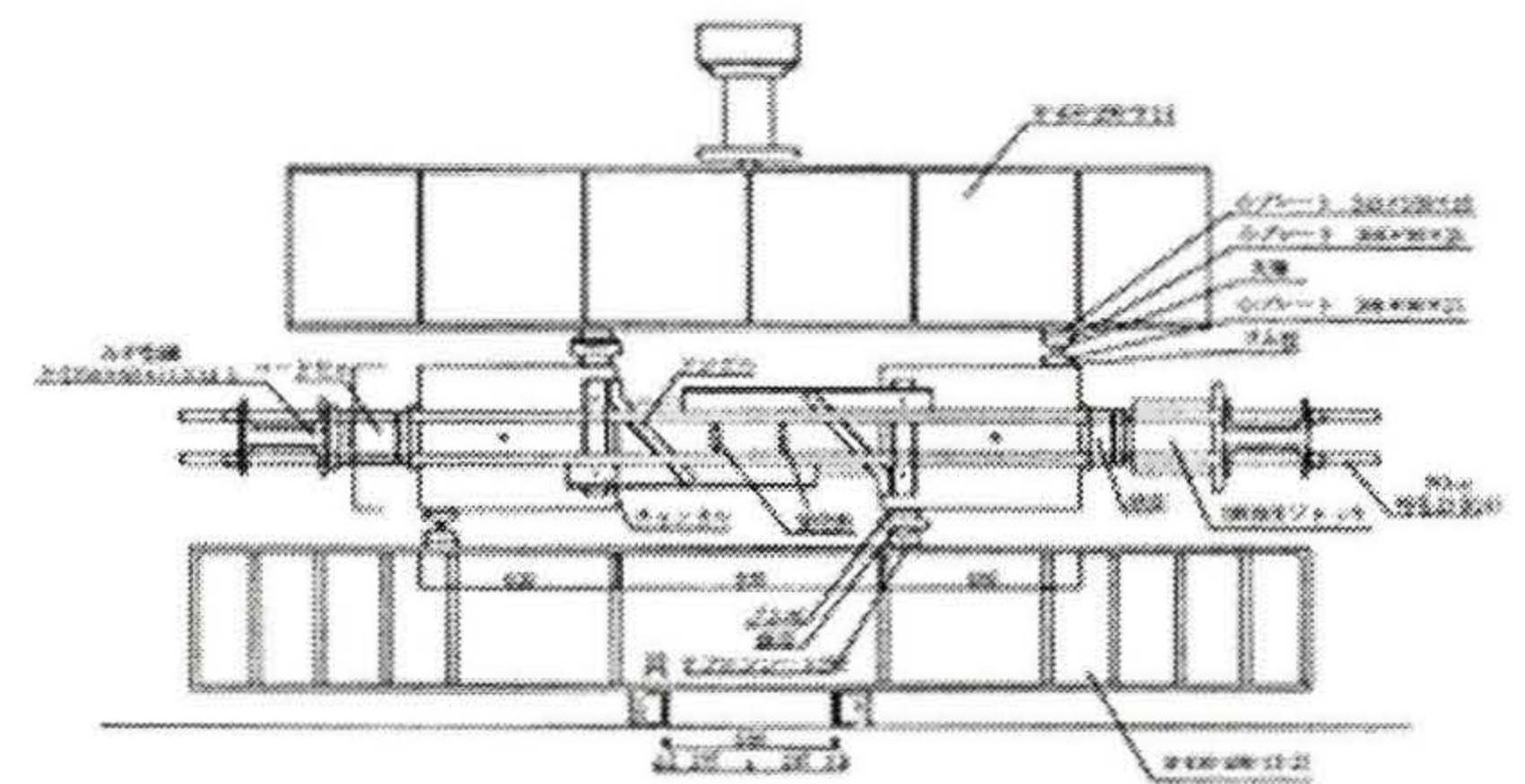


図 2 加力装置

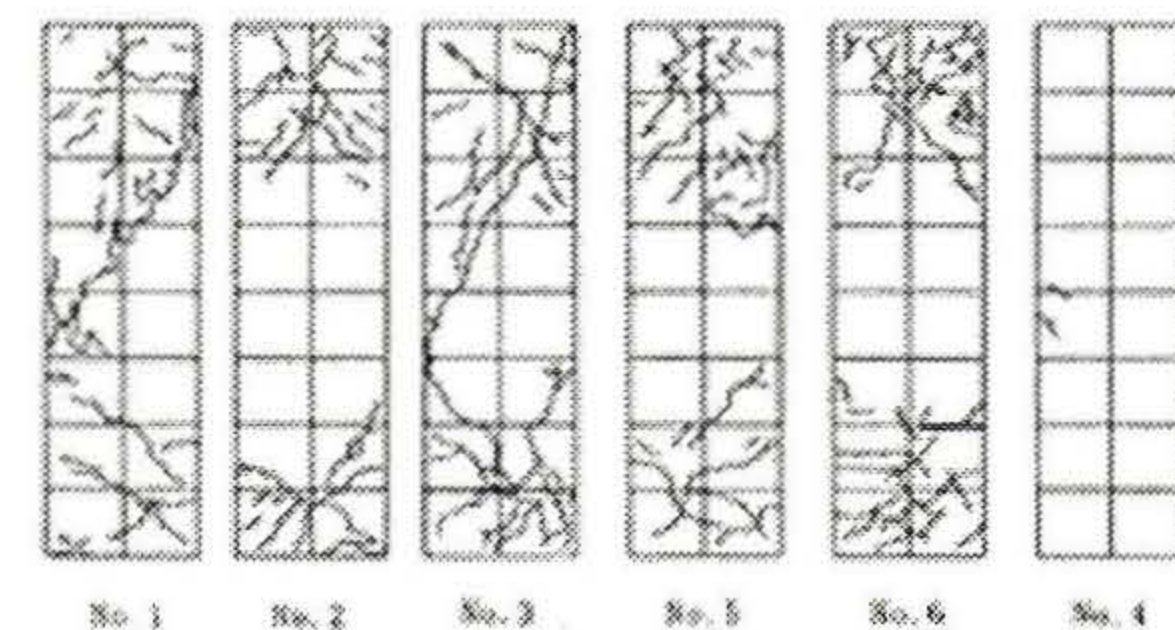


図 3 ひび割れ状況

3 ひび割れ状況

図3に水平力、軸力によるひび割れ図を示す。水平力を加えたときは No. 1, No. 2, No. 3 は曲げひび割れ、曲げせん断ひび割れ、せん断ひび割れの順にひび割れが入った。No.3 のみ部材中央に大きなせん断ひび割れが発生した。No. 5, No. 6 は端部にのみひび割れが生じ端部のコンクリートに圧壊が生じた。

軸力を加えたときはせん断型は部材中央に、曲げ型の No. 5, No. 6 は端部にひび割れが発生した。

4 実験結果・考察

表3に実験結果、曲げ終局強度、せん断終局強度算定式を示す。曲げひび割れ強度はせん断型、曲げ型ともに損傷レベルが高いほど大きくなった。図5に軸力-鉛直縮み関係を示す。No. 1 のみ軸力が低下しても鉛直縮みが増加した。図6に残存軸耐力率-層間変形角関係を示す。せん断型の No.3 は急激に残存軸耐力率が低下した。これは軸力加力時にせん断ひび割れの幅の拡大によってコンクリートが軸力を負担しなくなり、せん断ひび割れ付近の鉄筋だけで軸力を負担していたためと思われる。

図7にせん断破壊した No. 3 のモールの応力円 (b) とせん断破壊しなかった No. 3 以外のモールの応力円 (a) を示す。(a)では、水平加力時での応力円3はせん断破壊しなかったため、せん断耐力 ± 2 で決まる応力円1は応力円2よりも大きくなる。本研究では No.3 以外はせん断破壊を起こさなかったため、実験値はAとBの間に存在するはずである。(b)では水平加力時の残存せん断耐力ですでにせん断破壊を起こしているため、そのときのせん断応力度 $\pm 2'$ に接するように円を描くと残存せん断耐力が決まっているときの圧縮応力度を決定することができる。(b)は4体の平均応力度を用いた。

5 まとめ

残存軸耐力は No. 3 は残存せん断耐力で、No.3 以外はせん断クラックに伴う低減を考慮した軸耐力で決まっていたことがわかった。

本研究では地震力を受けた後もせん断型の No.3 以外はほぼ軸耐力の低下は見られなかったが、実際の地震は大きな揺れの後の小振動も存在するので、小振動によるコンクリートの損傷も考慮する必要がある。今後は軸力比、主筋比、などの様々なパラメータで行う必要がある。また今後の実験に関する基礎的なデータを得ることができた。

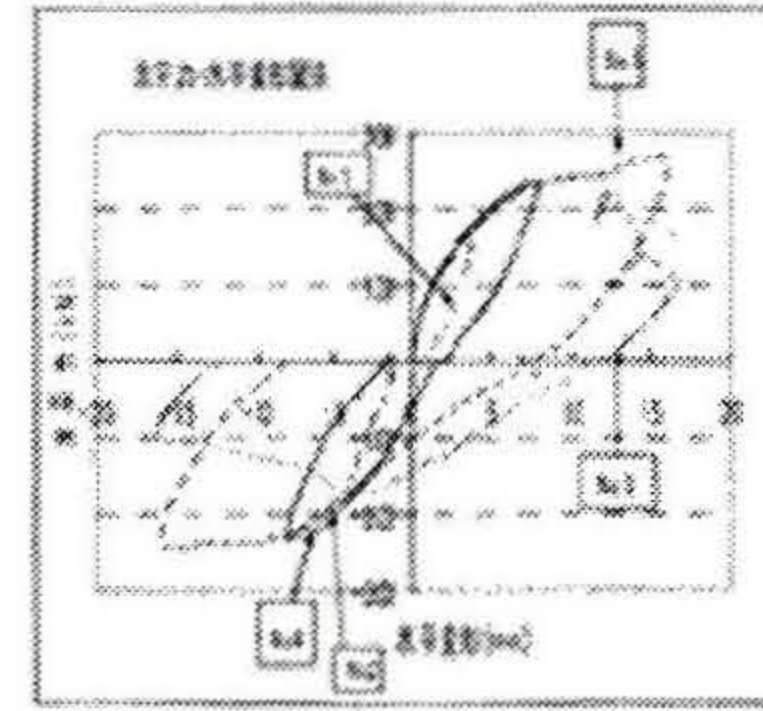


図4 水平力-水平変形関係

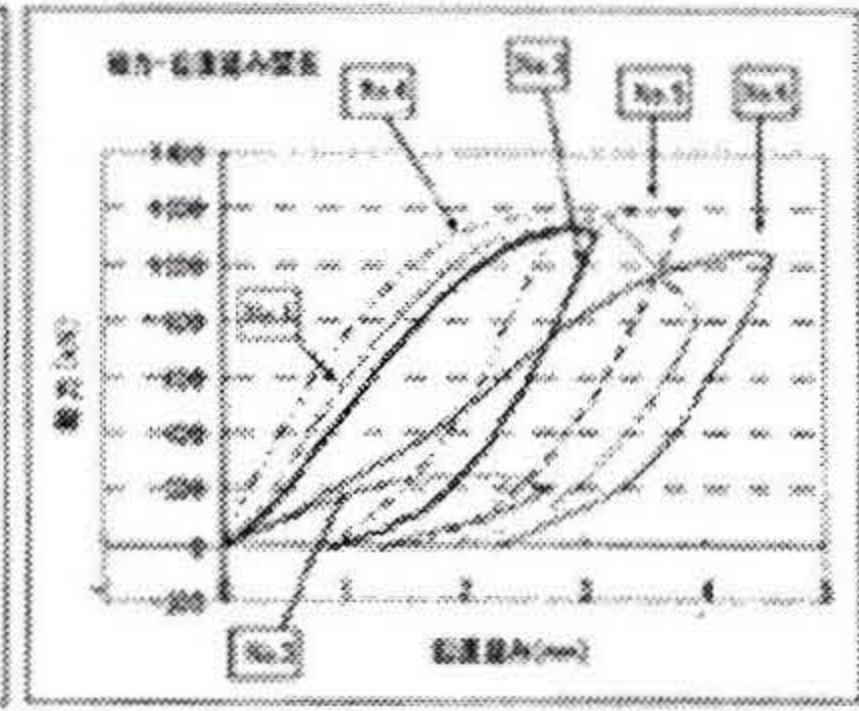


図5 軸力-鉛直縮み関係

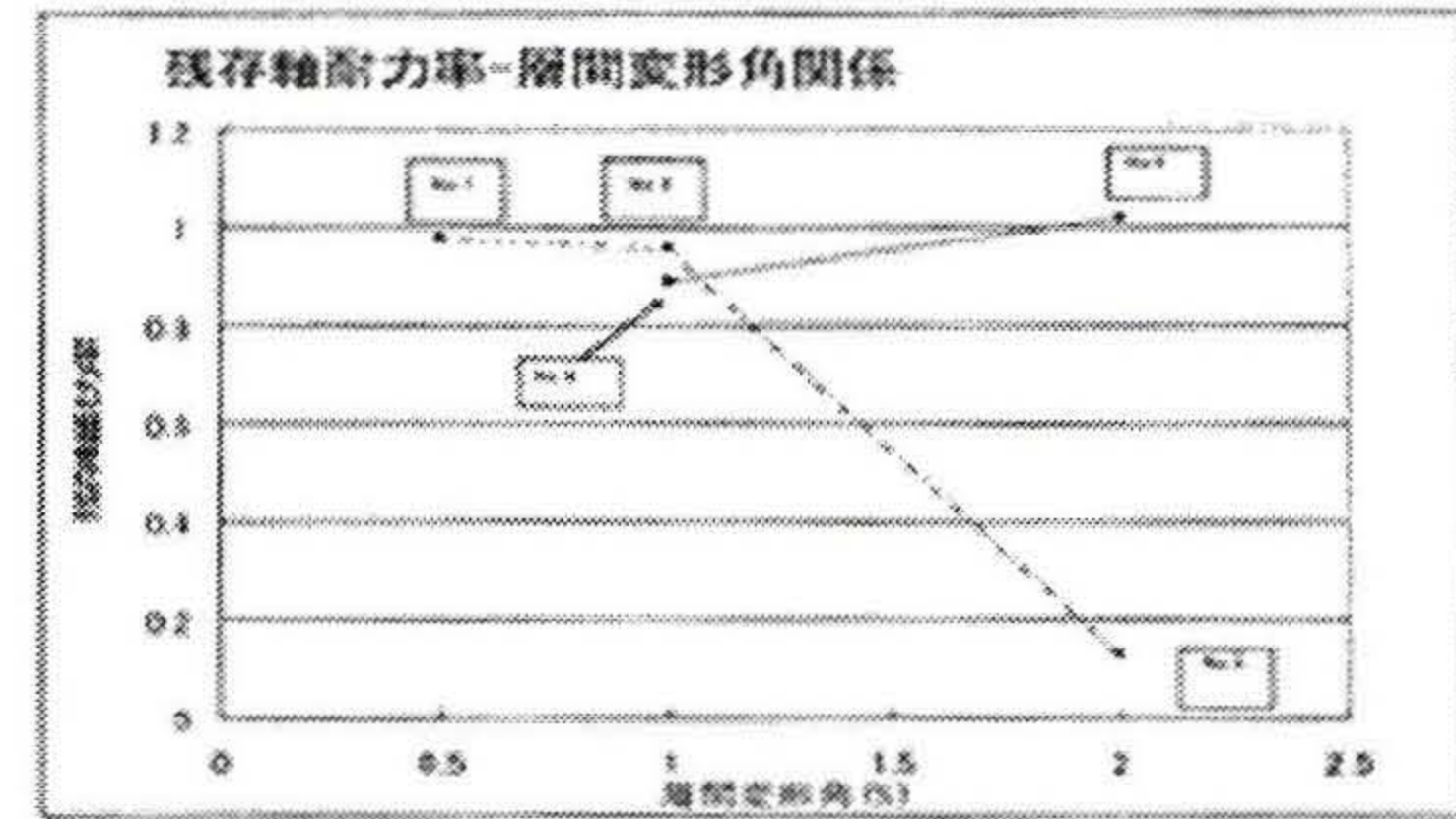


図6 残存軸耐力率-層間変形角関係

表3 実験結果

試験体	曲げひび割れ (kN)	長期軸力 N_L (kN)	終局強度計算値			荷重 P_{max} (kN)		残存軸耐力率			
			曲げ (kN)	せん断 (kN)	せん断余裕度	水平荷重 (+)	水平荷重 (-)		軸力 N_{max}		
No. 1	68.6	108	65.9	46.8	0.71	162	169.1	1143.7	0.98		
No. 2	70.6					236.2	227.1	1125	0.95		
No. 3	72.5					243.8	180.6	242.6	0.13		
No. 4	72.5					$N_{max} = 1162.3$					
No. 5	83.3					58.5	0.89	234.8	232.6	1182.9	1.02
No. 6	98							266.8	243.6	1046.6	0.89

$$\text{曲げ終局強度 } Mu = 0.5\alpha_g \sigma_s g_1 D + 0.5ND \left(1 - \frac{N}{bDF_c} \right)$$

$$\text{せん断終局強度 } Q_u = \left[\frac{0.053 p_s^{0.23} (18 + F_c)}{M / (Qd) + 0.12} + 0.85 \sqrt{p_s \sigma_{cs} + 0.1 \sigma_s} \right] \cdot b \cdot l$$

$$\text{残存軸耐力率} = \frac{N_{max} - N_L}{N_{max} - N_L}$$

せん断クラックに伴う低減

$$v = \left(0.7 - \frac{\sigma_s}{200} \right) \cdot (1 - 20R)$$

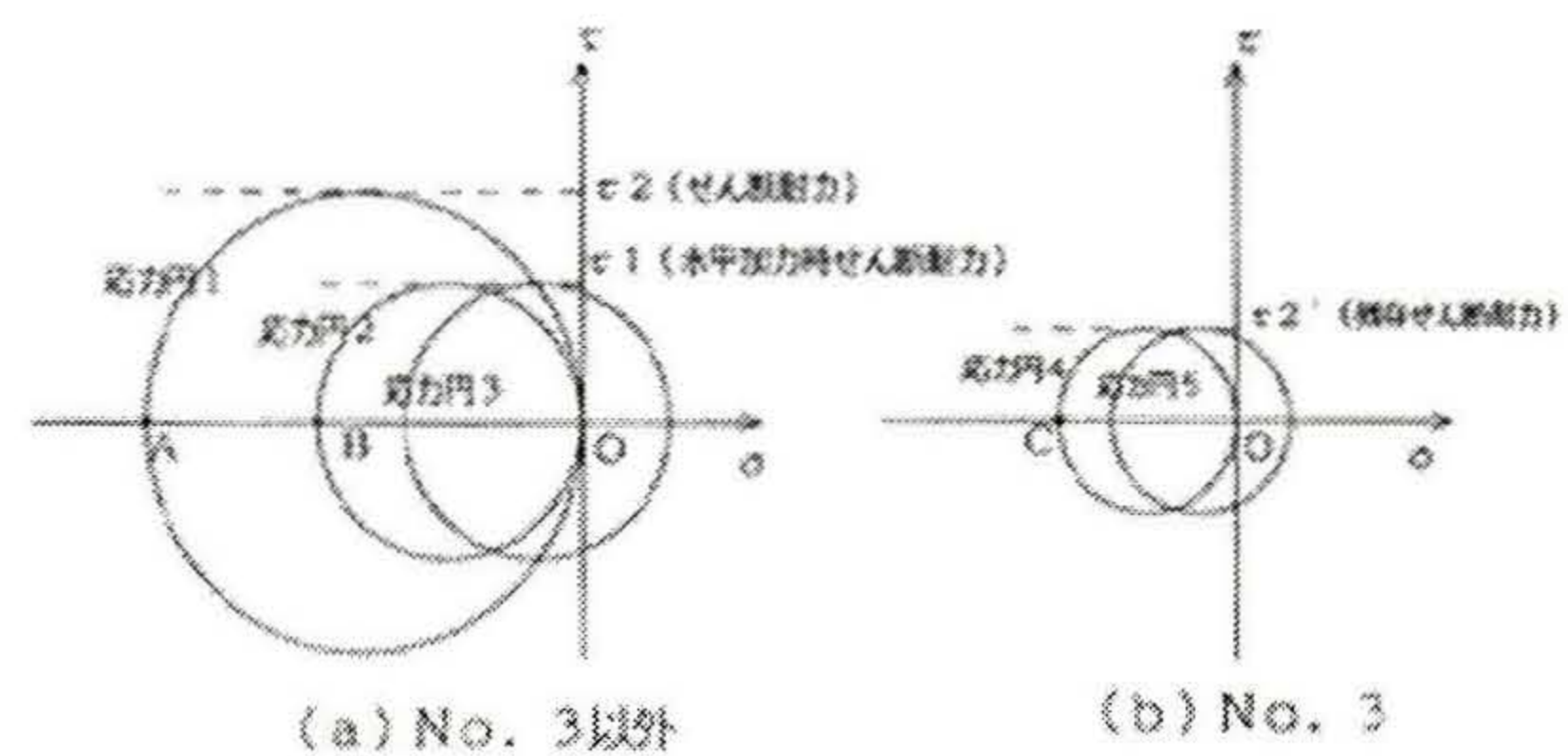


図7 モールの応力円

【謝辞】本研究は文部科学省・学術フロンティア(2005~2009)の補助を受けた。

【参考文献】

既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準・同解説 2001