

# [115] 2軸偏心載荷を受ける鉄筋コンクリート柱の弾塑性挙動

正会員 ○ 岩井 哲 (大阪工業大学短期大学部)

正会員 若林 實 (京都大学防災研究所)

## 1. 緒言

鉄筋コンクリート柱の2軸曲げに関する研究は最近増えてきているが、柱部材が2軸曲げを受けた場合の耐力・変形挙動などについての実験的な資料はまだあまり多くはない。特に、断面の平面保持が成立しているか、終局強さを算定する際の最大圧縮歪をどの程度にとればよいかなど、不明な点も多い。本研究は、材長が断面せいの5倍の短柱7体について2軸偏心圧縮の単調載荷実験を行い、<sup>1)</sup>部材の耐力及び軸方向変形挙動を調べ、合せて解析的な検討を加えたものである。

## 2. 実験概要

1) 試験体 試験体断面は幅  $B = 120\text{ mm}$  せい  $D = 120\text{ mm}$  の正方形で、柱部材長  $L = 600\text{ mm}$  である。配筋及び断面詳細を図-1(a),(b)に示す。主筋は異形鋼SD30のD10を8本用いた対称配筋とし、試験体端部の120 mm角20 mm厚の鋼板(SS41材)を貫通させナットによって固定した。帯筋にはSR24規格相当品で

4.5 mm 径の丸鋼が55 mm 間隔で取り付けられた。試験体は鋼製型枠を用いて作製したため得られた寸法の誤差は0.5 mm であった。コンクリートの調合及び調合材料の比重などを表-1に示す。コンクリートの打設は水平打ちとした。試験体数は予備の1体を含めて全8体で、4体ずつ2回に分けて打設した。また強度試験用供試体を各試験体について7本ずつ作製した。試験体は実験日まで空中養生とし、実験時の材齢は38~90日であった。

2) 載荷方法 加力には容量100 tのアムスラー型油圧式長柱試験機が用いられた。実験変数として載荷における偏心角  $\theta$  ( $0^\circ, 22.5^\circ, 45^\circ$ ) と偏心比  $e/D$  ( $0 \sim 0.5$ ) の2種をとり、図-2のように中心圧縮と1軸偏心圧縮を含む7通りの載荷を行った。試験体は上部と下部に回転半径57 mmの既製の球面滑り軸受けを用いて両端ピン支持とし、回転中心が200 mm角40 mm厚の鋼板の外側表面上にあるため有効長さは  $\ell = 680\text{ mm}$  ( $\ell/D \doteq 5.7$ ) となる。

3) 測定方法 試験体の変形の測定は軸方向変形のみ限定し、中央部  $2D = 240\text{ mm}$  を標点距離として、図-3に示すように各側面に摺動抵抗型変位計が取り付けられた。変位計は対称位置にある2本が組となり、直交する2組が独立に計測される。また図-1(c),(a)のように、各面の部材中央部に2枚と両端部に1枚の歪ゲージがコンクリート表面と隅角部鉄筋に貼付された。検長はコンクリート30 mm, 鉄筋1 mmである。実験では、偏心載荷の前に弾性範囲とみられる全塑性圧縮軸方向耐力の1/3にあたる20 tまで断面の幾何学的中心について中心圧縮載荷を行った後、除荷して、初

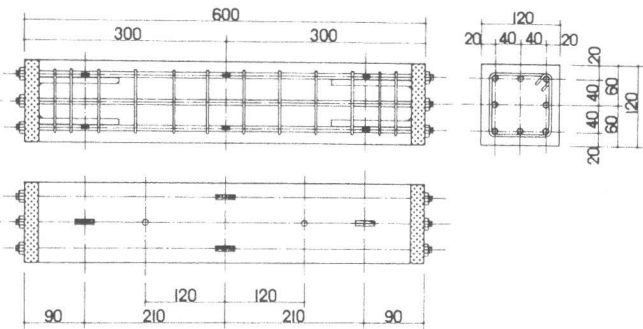


図-1 試験体詳細 (a) 配筋詳細 (b) 断面詳細 (c) ゲージ測定位置

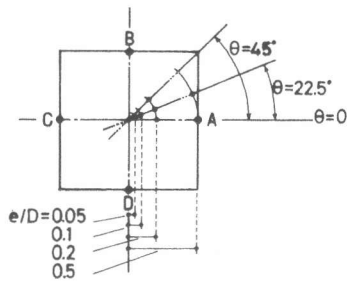


図-2 偏心載荷位置

表-1 コンクリートの調合・材料比重

コンクリート重量配合比	
セメント	1.00
水	0.67
砂	1.90
砂利	2.74
スランプ値 21 cm	
表乾比重	
砂 1.2 mm以下	2.61
砂利5~10 mm	2.58

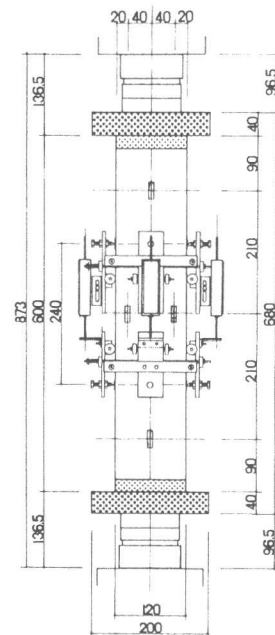


図-3 載荷及び計測装置

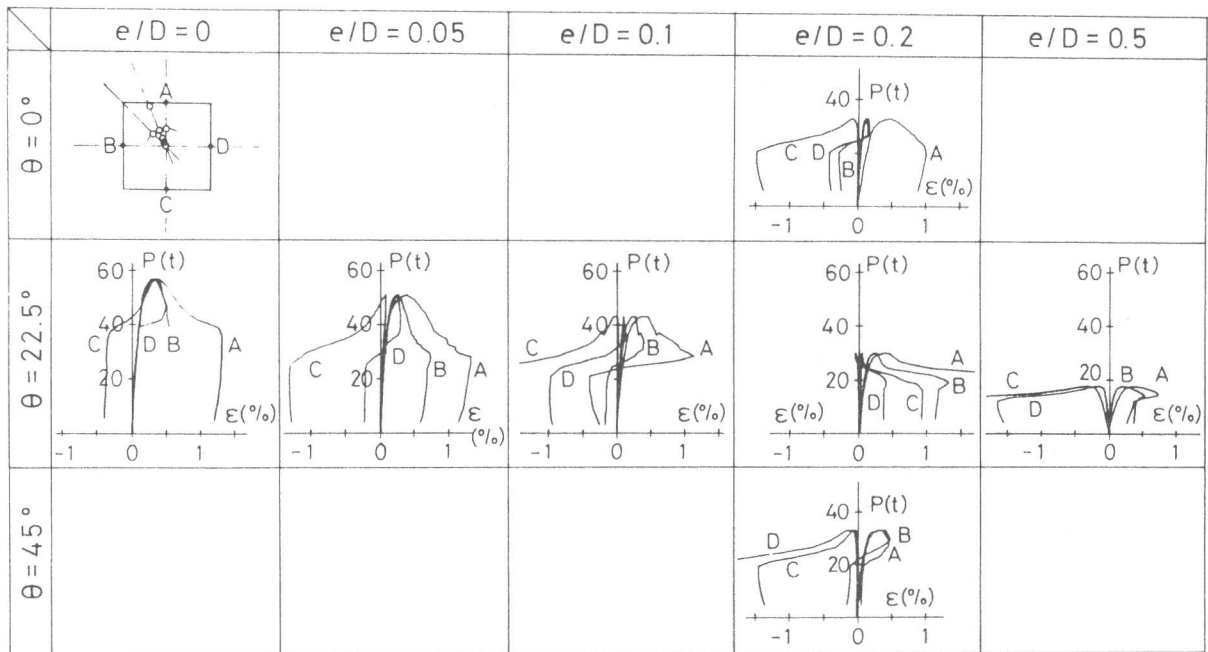


図-4 軸力と変位計による軸方向ひずみの関係

表-2 材料の機械的性質・実験結果・解析結果一覧

\* e/D=0.005,  $\theta=22.5^\circ$  として解析した。

試験体名	$\theta$ (deg.)	e/D	コンクリート		鉄筋			実験結果				解析結果			
			$\sigma_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon_p$ $\times 10^{-6}$	$\sigma_y$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon_y$ $\times 10^{-6}$	伸び率 $\times 10^{-2}$	$e^P_{max}$ (t)	$P_y$ (t)	$P_b$ (t)	$\epsilon_b$ $\times 10^{-6}$	$a^P_{max}$ (t)	$\epsilon_u$ $\times 10^{-6}$	$\frac{e^P_{max}}{a^P_{max}}$
C000	0	0	271	2570	3480	5180	1950	17.3	57.1	48.3	55.3	5370	56.5*	3280*	1.01
C205	22.5	0.05	280	2850	3390	5130	1830	19.0	51.4	43.4	51.4	5230	49.6	5200	1.04
C210	22.5	0.1	267	2600	3500	5020	1900	17.3	43.3	34.4		43.3	5260	1.00	
C220	22.5	0.2	271	2430	3650	5370	1970	19.3	30.0	29.0	29.4	4260	33.3	5320	0.90
C250	22.5	0.5	263	2800	3720	5510	2080	19.4	18.0	14.7	17.3	4770	17.2	5400	1.05
C020	0	0.2	293	2260	3650	5470	1690	18.5	33.4	27.7	29.8	3030	33.9	5120	0.99
C420	45.0	0.2	280	2590	3420	5200	1880	16.4	33.3	24.4	32.5	5200	33.0	5400	1.01

期不整を確かめるため歪履歴を計測し、その幾何学的中心から所定の偏心を与えて加力した。

### 3. 実験結果及び考察

1) 材料試験結果 試験体に用いられた材料の機械的性質を表-2に示す。2) 荷重-軸方向歪関係 変位計によって測定された変位量から求められた各側面の幅方向中央点(図-2のA・B・C・D位置)における軸方向歪 $\epsilon$ と荷重Pとの関係を図-4に示す。図中の荷重と歪は圧縮を正としている。偏心距離の大きい試験体C250を除いて、最大耐力に至るまでほとんど全断面圧縮域にあり、わずかに引張歪が計測された場合でも引張亀裂を生じるまで広がるのは最大耐力に近づいてからであった。コンクリートの圧壊が観察されたのはほぼ最大耐力に達したのと同様であり、圧壊が始まってからは急激な耐力低下をきたした。圧壊は中央部標点間で発生したが、試験体C220だけは鉄筋の定着不良によって材端部で生じた。最大耐力以後、試験体の横方向変位が顕著になり、圧縮域にあった歪曲線は圧

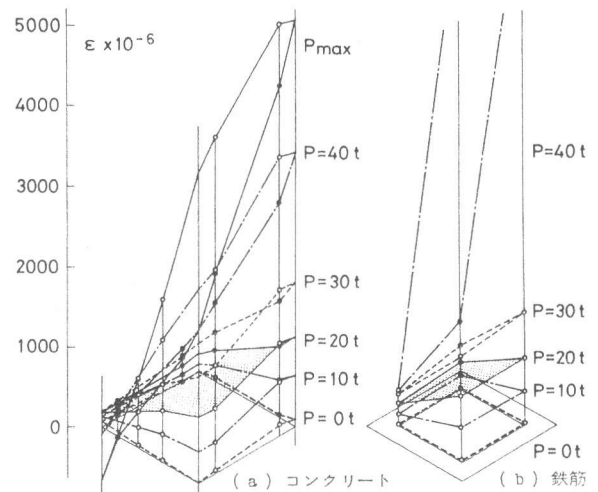


図-5 中央断面ひずみ分布 (試験体C210)

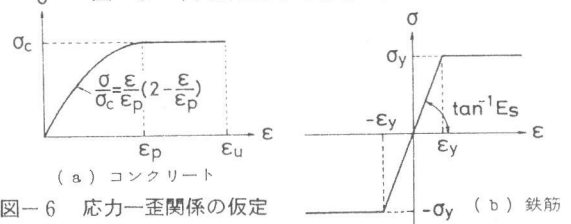


図-6 応力-歪関係の仮定

縮側から引張側へ移行してあり、中立軸が急速に移動している様子が伺える。実験より得られた最大耐力  $P_{max}$ ・圧縮側鉄筋降伏時の荷重  $P_y$ ・圧壊開始時荷重  $P_b$  とその時に記録された最大圧縮歪値  $\epsilon_b$

を各試験体について表-2に示す。圧壊開始時の圧縮歪の値は、2軸偏心圧縮載荷の場合  $4800 \sim 5200 \times 10^{-6}$  となっており、1軸偏心圧縮の場合に比べ約1.5倍の値を示していることが注目される。3)

荷重推移による試験体中央断面の歪分布

中央断面における歪分布状況を、コンクリート及び鉄筋の歪データによって荷重レベルについて段階的に示すと、2軸偏心圧縮(C210)の場合図-5のようになる。図の縦軸は歪を表わし、(a)はコンクリートゲージ、(b)は鉄筋ゲージによるものである。コンクリートと鉄筋の歪分布面はほぼ一致した平面を構成していることがわかる。この試験体で

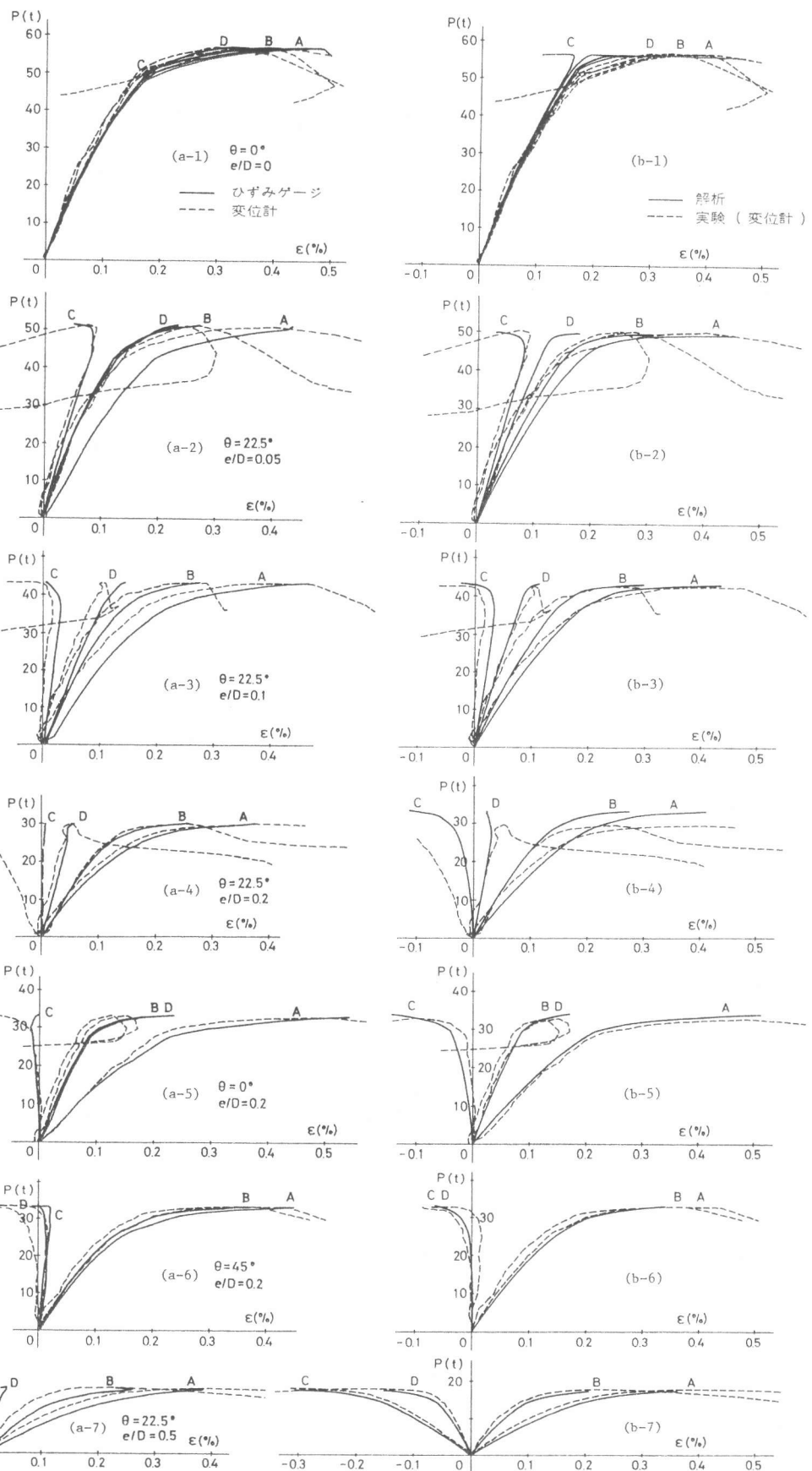


図-7 軸力と軸方向ひずみの関係 (実験データ・解析データの比較)

は荷重30tまで断面全体で圧縮歪が増大しており、最大耐力付近で隅角部の圧縮歪が急激に大きくなると共に反対側隅角部では歪のもどりを生じて引張歪が現われている。他の試験体でも同様に平面保持の成立していることが確かめられた。各種載荷による実験終了後の破壊状況を写真-1に示す。圧壊している領域は断面せいの1.5倍から2倍の範囲となっている。4)

**解析との比較** 最大耐力点まで測定されたコンクリート面の歪ゲージによる軸方向歪 $\epsilon$ と荷重 $P$ との関係を図-7(a)の各図に示す。ここで実線は部材中央の各側面の2点の歪を平均したもので、A・B・C・Dは断面の位置を示す。また破線は変位計によるもので、両者はよく合っているが、局部の歪を示す歪ゲージデータの方がやや大きな歪を生じていることがわかる。図-7(b)の各図は、2軸偏心圧縮力を受ける柱部材の解析<sup>2)</sup>による結果を実線で示し、変位計による実験結果を破線で表わして比較したものである。解析では、コンクリート断面を $10 \times 10$ の100要素に分割し、柱長さ方向に10等分して各断面で釣合条件を満足させている。材料の応力-歪関係を図-6の形に仮定し、 $\sigma_c = 275 \text{ kg/cm}^2$ ,  $\epsilon_p = 0.0026$ ,  $\epsilon_u = 0.005$ ,  $\sigma_y = 3550 \text{ kg/cm}^2$ ,  $E_s = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ とした。実験と解析の結果は耐力・歪状況とも比較的よく一致している。解析では歪のもどりは考慮されていないが、実験で歪のもどりが生じているのは弾性域の範囲であるため、その影響はあまりないものと思われる。終局強度理論に基づく2軸曲げ解析により算出された断面の軸力-曲げモーメント相関曲線に、実験結果の最大耐力点を示したものが図-8である。横座標は曲げモーメントベクトルの大きさを表わす。実験値は全体に断面耐力に近い値を示している。

#### 4. 結論

材長が断面せいの5倍の鉄筋コンクリート柱について2軸偏心圧縮載荷実験を行った結果、次のことが明らかにされた。

(1) 最大耐力点に至るまでの歪分布状況から、平面保持が成立していることが実験的に確認された。また平面保持を仮定した解析によって耐力及び歪分布状況を追跡することが可能である。

(2) 偏心比 $e/D$ が0.2程度以下で全断面が圧縮域にあるような載荷の場合には、コンクリートが圧壊し始めるのとほぼ同時に最大耐力に到達することになり、最大耐力時の最大圧縮歪は $5 \times 10^{-3}$ 程度の値を示した。

**参考文献** 1) 若林・南・岩井・北川, 「2軸曲げを受ける鉄筋コンクリート柱の弾塑性曲げ性状に関する実験的研究(その2・その3)」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 昭和56年9月, P.P. 1339-1342. 2) 若林・中村・岩井, 「軸力と2軸曲げを受ける鉄筋コンクリート長柱の弾塑性安定(その2)」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 昭和55年9月, P.P. 1761-1762.

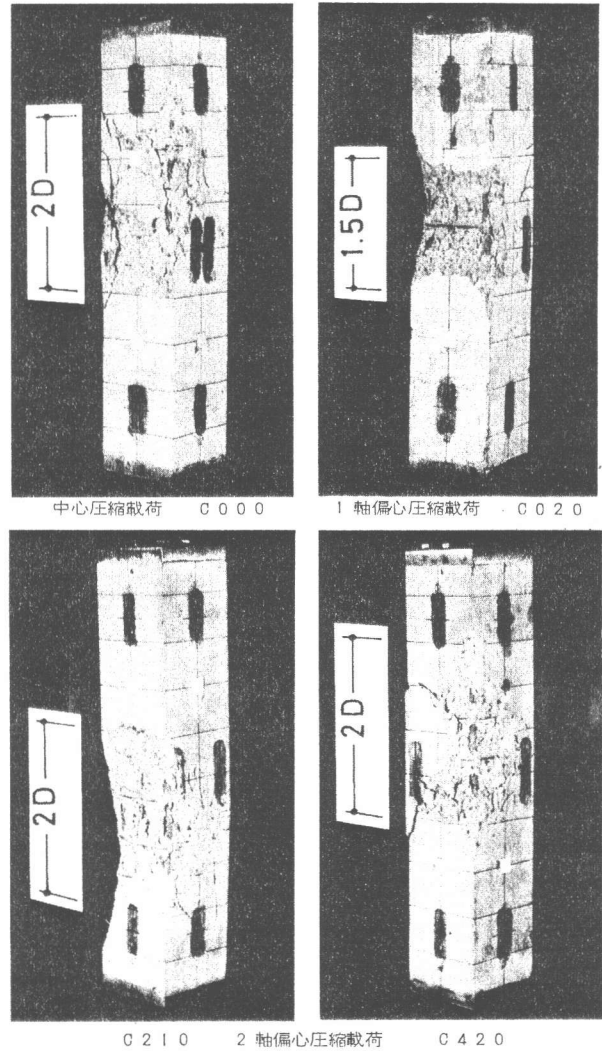


写真-1 破壊状況

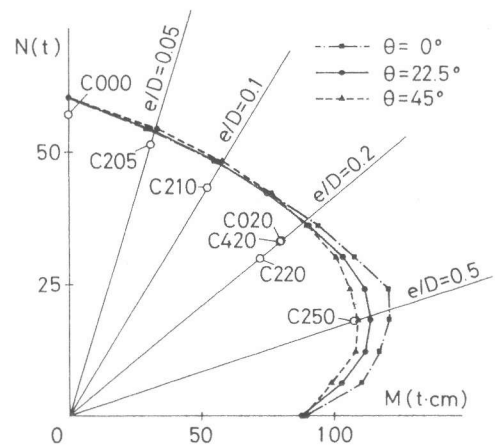


図-8 軸力-曲げモーメント相関関係