

V-275 二軸曲げを受けるRC柱の終局耐力と靱性

中部大学工学部 正会員 ○平澤 征夫
建設省中部地方建設局 石田 英之
新構造技術株式会社 //

1. はじめに 2軸曲げを受けるRC柱の設計方法は各国各規定により考慮する要因，計算仮定が異なり統一されていないのが現状である。わが国の示方書でも，初めて2軸曲げ耐力の定式化のための式をその解説中に示したが，限界状態設計とはいいながら，靱性に関してはほとんど述べられていない。最近では耐震設計上，靱性を確保する目的で柱部材に横拘束鉄筋を用いることが行われ，これに対する研究も数多く発表されている。本研究の目的は，横拘束鉄筋を有するRC正方形断面柱について2軸曲げ載荷実験を行い，その終局耐力と靱性の2軸曲げにおける定式化を検討することである。

2. 実験概要

実験計画—表1に示す要因を変化させた22体について実験を行った。供試体は図1と図2に示す断面と配筋を有するもので，1辺300mm，高さ1000mmである。要因の種類は，(1)軸方向鉄筋本数と拘束鉄筋形状で3種類(A,B,C)，(2)拘束鉄筋強度2種類(H,L)，(3)拘束鉄筋間隔2種類(5cm,10cm)，(4)荷重偏心距離2種類(5cm,10cm)，(5)荷重偏心方向3種類(0°，22.5°，45°)である。

実験方法—載荷方法および偏心方向を図3と図4に示す。

3. 実験結果

実験の結果得られた最大荷重，面積靱性率(A)および曲率靱性率(R)を計算した結果を表2に示す。また，耐力の実測値を用いて2軸曲げ耐力定式化のために提案されている従来の式のうち，Pannel, Ramamurthy, PCA および，土木学会の式について，その2軸曲げ耐力に対する適合性を偏心方向別の平均で検討した結果を表3に示す。

4. 考察

耐力—図5に荷重偏心方向と耐力比の関係を示す。この図より，偏心方向が大きくなるにつれて耐力も低下するが，22.5°方向ではわずかであるのに対して45°方向では平均で7%程度低下している。また，拘束鉄筋の間隔が広いものほど，偏心距離が大きいものほど低下割合が大きい。

表1 供試体種類

供試体記号名	軸方向鉄筋		拘束鉄筋		偏心距離 (cm)	偏心角度 (度)
	本数	直径 (mm)	形状	間隔 (cm)		
SAH10-e 5-0	8	16	A	10	5	0
SAH10-e 5-22	8	16	A	10	5	22.5
SAH10-e 5-45	8	16	A	10	5	45
SAH 5-e 5-0	8	16	A	5	5	0
SAH 5-e 5-22	8	16	A	5	5	22.5
SAH 5-e 5-45	8	16	A	5	5	45
SAL10-e 5-0	8	16	A	10	5	0
SAL10-e 5-22	8	16	A	10	5	22.5
SAL10-e 5-45	8	16	A	10	5	45
SAL 5-e 5-0	8	16	A	5	5	0
SAL 5-e 5-22	8	16	A	5	5	22.5
SAL 5-e 5-45	8	16	A	5	5	45
SBL10-e 5-0	12	13	B	10	5	0
SBL10-e 5-22	12	13	B	10	5	22.5
SBL10-e 5-45	12	13	B	10	5	45
SAH10-e 5-0	8	16	A	10	5	0
SAL10-e10-0	8	16	A	10	10	0
SAL10-e10-22	8	16	A	10	10	22.5
SAL10-e10-45	8	16	A	10	10	45
SAL 5-e10-0	8	16	A	5	10	0
SAL 5-e10-22	8	16	A	5	10	22.5
SAL 5-e10-45	8	16	A	5	10	45
SCL10-e10-0	8	16	C	10	10	0
SCL 5-e10-0	8	16	C	5	10	0

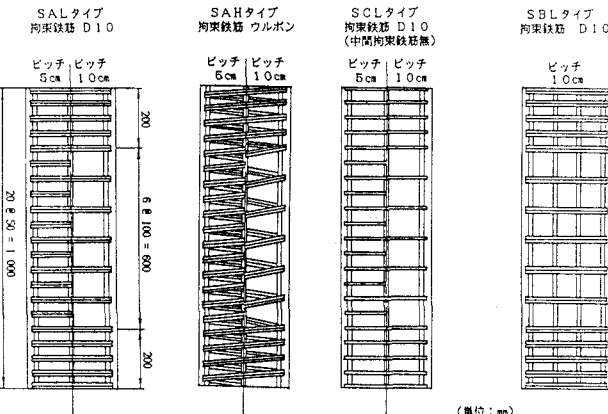


図2 軸方向鉄筋と拘束鉄筋の配置

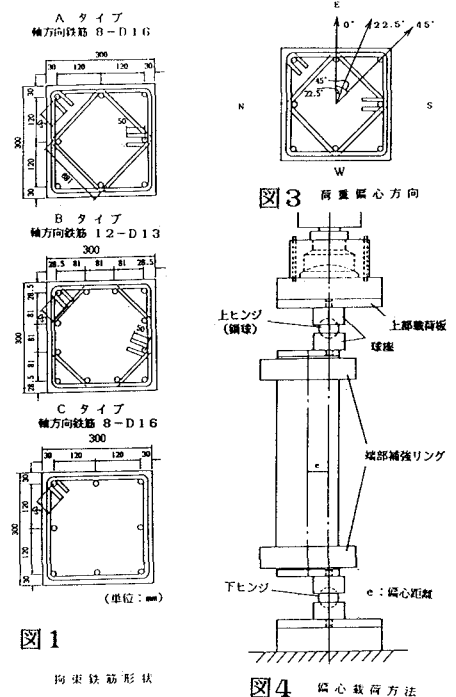


図4 偏心載荷方法

2軸曲げ耐力の定式化—
検討に用いた各式はそれぞれ
右に示したようである。
偏心載荷方向別の平均で示
した図6より、2軸曲げ耐
力提案式の中で、良く適合
したものは Ramamurthy の
式であり、その安全性は約
7%程度であった。また、
土木学会の近似式も、実用
上十分な適合性を有してい
ることがわかった。

靱性—図7のより、靱性
の評価は面積靱性率および
曲率靱性率のいずれでも可
能であるので、より簡単な
曲率靱性率を用いるのが適
当と考えられる。しかし、
この方法では2軸曲げを受
けた場合の評価に不合理な
点が生じる。すなわち、図
7では45°方向の靱性率
が0°方向のものより大き
くなっているが、実際は図
8のようになり明らかに0°
方向の方が大きな靱性を有
している。これより2軸曲
げを受ける正方形断面柱の
靱性の評価方法としては、
耐力と同様に考えて、45°
方向の靱性率は0°方向の
靱性率の90%であるとし
る方が合理的であると考え
られる。

5. まとめ

(1) 拘束鉄筋を有する正方形断
面柱の2軸曲げ耐力はRamamurthy
の提案するように45°方向では、
0°方向の90%であるとする近
似式が適用できよう。

(2) 2軸曲げの靱性評価方法も
耐力と同様に45°では0°方向
の90%に低下すると考えるのが
合理的であると考えられる。

- SAH10-e 5 □ SAL10-e10
△ SAL10-e 5 ■ SAL 5-e10
▲ SAL 5-e 5 ◇ SCL10-e10
× SBL10-e 5 ◆ SCL 5-e10

(1) Ramamurthy²⁾

$$M_{ru} = M_{xo} (1 - 0.1 \frac{\theta}{45})$$

(2) Pannell¹⁾

$$M_{ru} = M_{xo} - NM_{xo} \sin^2 \theta$$

ここで $N = 1 - M_d / M_{xo}$

(3) P C A⁴⁾

$$\frac{M_{xu}}{M_{xo}} + \frac{M_{yu}}{M_{yo}} + \frac{(1-\beta)}{\beta} = 1.0$$

$$\text{ここで } \beta = \frac{M_{xu}}{M_{xo}} = \frac{M_{yu}}{M_{yo}}$$

(4) 土木学会¹⁾

$$\left(\frac{M_{xu}}{M_{xo}} \right)^\alpha + \left(\frac{M_{yu}}{M_{yo}} \right)^\alpha = 1.0$$

$$\text{ここで } \alpha = \frac{5}{3} + \frac{M'd}{M'_{oud}} + \frac{2}{3}$$

1.0 ≤ α ≤ 2.0

式で用いた記号は、次のことを示す。

- M_{ru} : 斜め方向の終局モーメント
 M_d : 対角線終局モーメント
 M_{xu} : x軸方向の終局モーメント
 M_{yu} : y軸方向の終局モーメント
 M_{xo} : x軸方向のモーメント成分
 M_{yo} : y軸方向のモーメント成分
 $M'd$: 設計軸方向圧縮耐力
 M'_{oud} : 設計軸方向圧縮耐力の上限値
 θ : 荷重偏心角度 ($\theta \leq 45^\circ$)
 α, β, N : 各式での定義

表2 実験結果

供試体記号名	f'_{sy} (kgf/cm ²)	f'_{sy} (kgf/cm ²)	f'_{sc} (kgf/cm ²)	最大荷重 (tf)	面積 靱性率	曲率 靱性率
SAH10-e 5-0	3652	14400	305	238	---	---
SAH10-e 5-22	3652	14400	324	220	31.93	17.67
SAH10-e 5-45	3652	14400	338	210	33.52	19.07
SAH 5-e 5-0	3652	14400	433	260	---	---
SAH 5-e 5-22	3652	14400	447	310	---	---
SAH 5-e 5-45	3652	14400	429	268	19.47	13.08
SAL10-e 5-0	3652	3774	317	252	14.31	8.85
SAL10-e 5-22	3652	3774	346	255	14.50	8.90
SAL10-e 5-45	3652	3774	342	255	14.70	9.13
SAL 5-e 5-0	3652	3774	341	310	---	---
SAL 5-e 5-22	3652	3774	319	297	13.04	8.97
SAL 5-e 5-45	3652	3774	363	290	13.36	8.84
SBL10-e 5-0	4036	3774	317	257	20.07	11.52
SBL10-e 5-22	4036	3774	317	226	27.57	15.75
SBL10-e 5-45	4036	3774	317	230	18.60	10.45
SAH10-e 5-0*	3652	14400	308	228	25.46	13.42
SAL10-e10-0	3737	3774	317	133	21.04	12.05
SAL10-e10-22	3737	3774	313	115	21.43	12.06
SAL10-e10-45	3737	3774	306	101	26.83	15.50
SAL 5-e10-0	3737	3774	248	111	28.15	16.37
SAL 5-e10-22	3737	3774	236	118	23.41	15.10
SAL 5-e10-45	3737	3774	298	106	30.08	17.75
SCL10-e10-0	3737	3774	263	124	13.22	7.67
SCL 5-e10-0	3737	3774	259	124	25.88	15.02

f'_{sy} : 軸方向鉄筋強度
 f'_{sy} : 軸向束鉄筋強度
 f'_{sc} : コンクリート圧縮強度

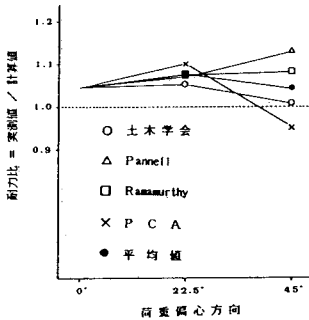


図6 2軸曲げ提案式の適合性の検討

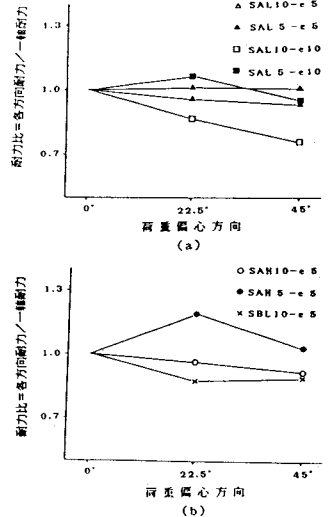


図5 荷重偏心方向と耐力比の関係

表3 各提案式の平均耐力比

偏心方向	提案式	土木学会	Pannell	Ramamurthy	P C A	平均
0°方向		1.046	1.046	1.046	1.046	1.046
22.5°方向		1.053	1.072	1.076	1.102	1.076
45°方向		1.009	1.131	1.084	0.953	1.044
平均		1.036	1.083	1.069	1.034	1.055

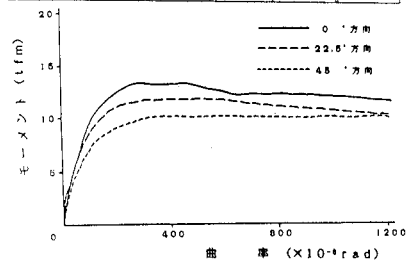


図8 モーメント～曲率曲線 (SAL10-e10)

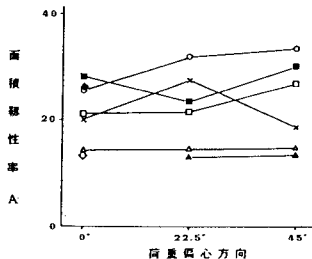


図7 靱性率の評価方法

