

中部工業大学 正重 年澤 征夫

1. 予之成き

本研究は、一般に鉄筋コンクリート部材が二軸曲げを受ける場合に生ずる問題点について検討したものであり、とくに、二軸曲げを受ける鉄筋コンクリートはりの終局強度について、実験および解析により検討したものである。二軸曲げを受ける鉄筋コンクリートはりの終局強度解析に関する研究には、R. Park¹⁾, V.A. Morgan²⁾の研究があるが、いずれも終局強度解析における一つの重要な仮定であるコンクリートの応力度 $\sim$ ひずみ関係と長方形あるいは bi-linear に仮定している。しかし、最近には、二軸曲げを受けるはりのように、その圧縮域の形状が長方形でない場合には、長方形のものとは異なり、コンクリートの応力分布形状、終局ひずみの大きさ、一軸曲げの場合とは多少異なるものと考えられるが、この点に関する研究は非常に少ない。この点に関して、著者はすでに一種の断面についてではあるが若干の検討を加えている³⁾。ここでは、さらに断面の形状および鉄筋比を変化させた場合の上記の問題点についても検討するものであるが、この前刷³⁾では主として、終局強度に関する検討結果について述べる。

2. 実験

表-1に鉄筋コンクリートはりの二軸曲げ載荷実験の計画を示す。供試体の断面は 10×10 cm, 10×15 cm, 10×20 cm の3種類、それぞれに D10 mm を4本配したものを、D13 mm を4本配したもので、鉄筋比を2種類とした。図-1に供試体寸法および配筋を示す。二軸曲げの方向は図-2に示すように、一軸曲げも含めて $\theta = 0^\circ, 22.5^\circ, 45^\circ, 67.5^\circ, 90^\circ$ の5種類とした。ただし、 10×10 cm の正方形断面供試体については3方向のみとした。表-2に使用鉄筋の機械的性質を示す。コンクリートには、セメントは普通ポルトランドセメントを用い、骨材には川砂利(最大粒径 15 mm)および川砂(ともに長良川産)を用いた。配合は材令28日の目標圧縮強度を 300 kg/cm^2 とした。得られたコンクリートの強度は試験時材令(29~44日)で $260 \sim 340 \text{ kg/cm}^2$ であった。載荷は二軸曲げ用の支架および載荷台を構築し、スパン 130 cm、彎曲モーメントスパンを 30 cm、せん断スパンを 50 cm とする中央二点載荷とした。

3. 結果と考察

終局強度に関する Park, Morgan および著者の方法に

表 1 実験計画表

No.	供試体 記号	断面 形状	鉄筋比 (%)	曲げ 方向
1	S 10 I	正方形	$p=1.90$	0°
2	I			22.5°
3	II	(10×10)		45°
4	S 13 I	正方形	$p=3.38$	0°
5	I			22.5°
6	II	(10×10)		45°
7	R 10 I	長方形	$p=1.14$	0°
8	I			22.5°
9	II	(10×15)		45°
10	IV			67.5°
11	V		$p=1.27$	90°
12	R 13 I	長方形	$p=2.03$	0°
13	I			22.5°
14	II	(10×15)		45°
15	IV			67.5°
16	V		$p=2.25$	90°
17	R' 10 I	長方形	$p=0.82$	0°
18	I			22.5°
19	II	(10×20)		45°
20	IV			67.5°
21	V		$p=0.95$	90°
22	R' 13 I	長方形	$p=1.45$	0°
23	I			22.5°
24	II	(10×20)		45°
25	IV			67.5°
26	V		$p=1.69$	90°

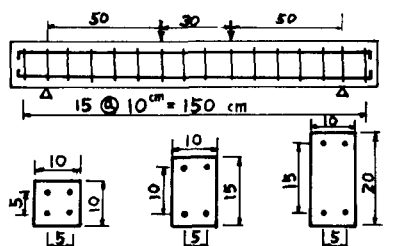


図 1 供試体寸法および配筋 (単位: cm)

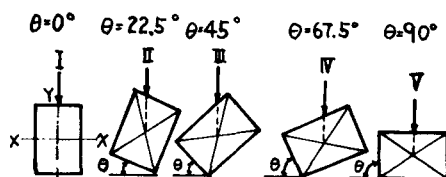


図 2 載荷方向種別

表 2 使用鉄筋の機械的性質

呼称	公称断面積	降伏強度 (kg/cm^2)	引張強度 (kg/cm^2)
D 10	0.713	3841	5313
D 13	1.267	3544	5193

より角種結果に関する詳細は、講演会当日述べる予定である。
 ニニでは、特に、終局強度に及ぼす断面形状と鉄筋比の影響について、実験結果と簡単な解析結果を用いて調べてみる。

表-3および図-3に終局モーメントの実験値と二つの計算値を比較して示す。実験値は主モーメント方向(二軸曲げ方向)の終局モーメントを示している。計算値(I)は一軸曲げの終局モーメントに対して、ACI基準(1963)による設計用モーメントの算定式 $M_u = A_s f_y (d - d')$ によって求めた値である。二軸曲げ方向の終局モーメントは、一軸曲げ終局モーメントの計算値をもとに、後に述べるような簡単な精円で近似させて求めた値である。この結果は、実験値と比較した値(実験値/計算値(I))および図-3からも明らかのように、すべて4方向に対して12%以上安全側の値を与え、平均40%程度安全側の値を与えた。断面の形状による影響は、正方形断面に近づくにしたがって、安全率が下がる傾向が見られ、鉄筋比による影響は、鉄筋比が大きくなるにつれて、やはり安全率が下がってくる傾向が見られる。計算値(II)は、とくに二軸曲げ方向の終局モーメントについて検討する目的で、一軸曲げ終局モーメントの実験値を用いて、二軸曲げ終局モーメントを精円で近似して計算した値である。この結果も実験値と比較した値(実験値/計算値(II))および図-3からも明らかのように、この精円近似法は、二軸曲げ方向の終局モーメントに対して、鉄筋比が大きい場合を除けば、非常によい近似法であることがわかる。

ここで用いた精円近似法は、一軸曲げの終局曲げモーメントの計算値あるいは実験値を用いて、二軸曲げ終局モーメントの主モーメント方向(斜方向)の大きさを次式で近似するものである。

$$M_{ure} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\cos \theta}{M_{ux0}}\right)^2 + \left(\frac{\sin \theta}{M_{uy0}}\right)^2}}$$

ここに、

M_{ure} : 主モーメント方向の終局曲げモーメント

M_{ux0}, M_{uy0} : それぞれ、X軸、Y軸まわりの一軸曲げ終局モーメント(X軸、Y軸のとり方は図2参照)

θ : 二軸曲げ方向角度(表1および図2参照)

4. まとめ

鉄筋コンクリートは、 α - β 二軸曲げ終局強度は断面の二つの対称軸方向の一軸曲げ終局強度にもとづいた、簡単な精円で近似することにより、精度よく推定することができると。しかし、鉄筋比が大きい場合は、二つの計算値をやや低減させる必要があるものと考えられる。(文献1) R. Park, Concrete, Dec. 1967 pp. 407-412
 (2) V.A. Morgan, "Biaxial Bending Simplified", 1971
 (3) 平沢他, セメント技術年報 XVII, 1973.12 pp. 384-389)

表3 終局モーメントの実験値と計算値の比較(単位: t-cm)

No.	供試体記号	実験値 M_{ue} (t-cm)	計算値(I) M_{ui} (t-cm)	計算値(II) M_{uII} (t-cm)	実験値/計算値(I)	実験値/計算値(II)
1	S10 I	36.5	27.4	(36.5)	1.33	(1.00)
2	I	35.8	27.4	36.5	1.30	0.98
3	II	38.1	27.4	36.5	1.39	1.04
4	S13 I	57.4	44.9	(57.4)	1.28	(1.00)
5	I	55.1	44.9	57.4	1.23	0.96
6	II	50.3	44.9	57.4	1.12	0.88
7	R10 I	68.5	54.8	(68.5)	1.25	(1.00)
8	II	66.8	45.7	62.8	1.46	1.06
9	III	55.8	34.7	53.4	1.61	1.04
10	IV	39.5	29.1	47.2	1.33	0.81
11	V	45.3	27.4	(45.3)	1.65	(1.00)
12	R13 I	114.0	89.8	(114.0)	1.27	(1.00)
13	I	102.3	74.9	98.7	1.37	1.04
14	II	80.5	56.8	78.0	1.42	1.03
15	IV	67.8	47.6	66.5	1.42	1.02
16	V	63.0	44.9	(63.0)	1.40	(1.00)
17	R'10 I	110.5	88.2	(110.5)	1.34	(1.00)
18	II	99.5	55.8	84.6	1.78	1.18
19	III	60.6	36.8	57.8	1.65	1.01
20	IV	—	—	—	—	—
21	V	45.8	27.4	(45.8)	1.67	(1.00)
22	R'13 I	169.0	134.7	(169.0)	1.25	(1.00)
23	II	138.0	91.4	123.4	1.51	1.12
24	III	94.5	60.2	84.6	1.57	1.12
25	IV	—	—	—	—	—
26	V	64.0	44.9	(64.0)	1.43	(1.00)
()内は実験値と計算値の平均					平均	1.42
						1.02

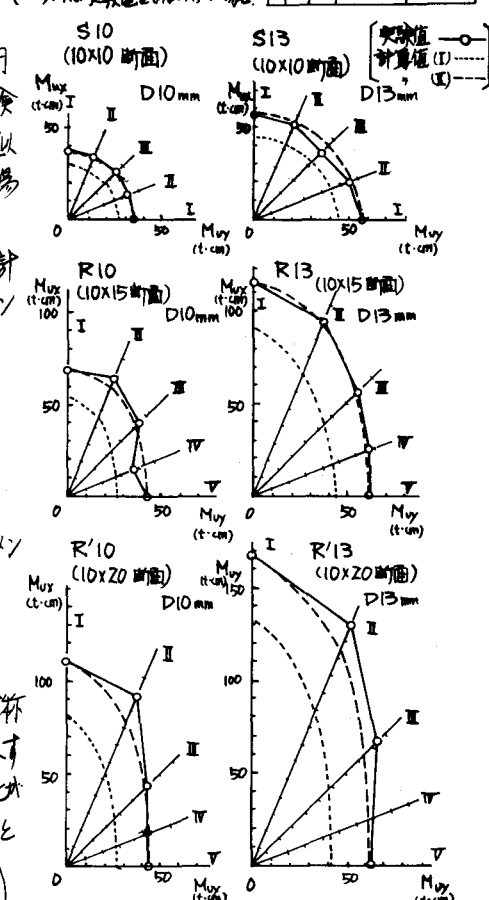


図3 終局モーメントの実験値と計算値の比較