

論文

[2075] RC柱のじん性向上に及ぼす横補強筋の効果に関する
実験的研究

正会員 矢代 秀雄 (日本大学生産工学部)

正会員 花井 重孝 (日本大学生産工学部)

正会員 ○師橋 憲貴 (日本大学生産工学部)

1. まえがき

鉄筋コンクリート柱において、横補強筋として帯筋に加え異形棒鋼をそのコア内に格子状に配筋すると横方向の変形が拘束され、強度とじん性に向上がみられる。また、短柱試験体に横補強筋のみを配筋し中心圧縮加力した場合、その横補強筋(帯筋+異形棒鋼)量と各ひずみ時における耐荷力の関係を実験式で表してきた¹⁾。

本研究は、同様の横補強筋を用いた試験体に偏心圧縮加力 ($e=10\text{cm}$) を行い、曲げが加わった際の耐荷力を比較するとともに、実験式より導いたコアコンクリートの応力-ひずみ関係を使用した計算値と実験値とを比較検討したものである。

2. 実験概要

試験体詳細一覧を表-2に、また試験体形状を図-1に示す。試験体はいずれも全長2m、その中央1mを試験区間とし、断面を40cm×40cm、コンクリートの表面から帯筋の芯までの距離5cmで計画した。横補強筋には、帯筋(芯々間30cm)と異形棒鋼(長さ31cm)の両方にD10(SD30)を、軸方向鉄筋にはD22, D25(SD30)を使用した。試験体計画は、表-1の断面計画一覧に示すように、軸方向鉄筋の本数を4-D22, 6-D22, 4-D25と変化させ、帯筋間隔を10cm、6d(d:軸方向鉄筋の公称直径)とし、帯筋のコア内に異形棒鋼を3本配筋したものと、帯筋をダブルに配筋

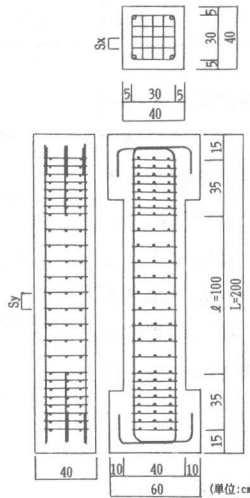


図-1 試験体形状

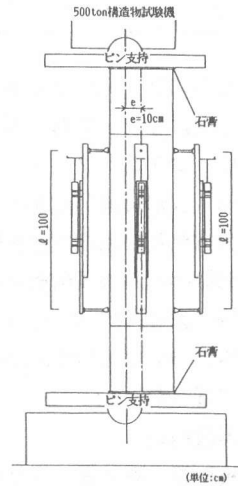


図-2 加力及び測定方法

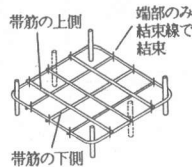


図-3 配筋形状

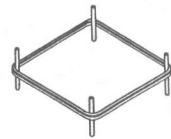


図-4 配筋形状 (W型)

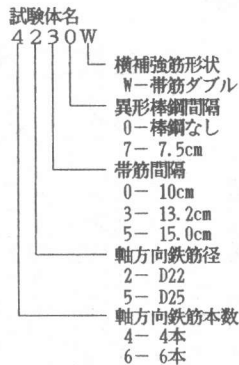


図-5 試験体名の説明

表-1 断面計画一覧

軸方向鉄筋	帯筋間隔 (Sy) cm	異形棒鋼間隔 (Sx)	
		間隔7.5cm	間隔1cm
		n=3	n=0
4-D22	10.0	4207	
	13.2	4237	4230W
6-D22	10.0	6207	
	13.2	6237	
4-D25	10.0	4507	
	15.0	4557	4550W

表-2 試験体詳細一覧

試験体名	試験体形状				横補強筋				軸方向鉄筋											
	全長	試験区間	断面形状	かぶり厚さ	径	帯筋間隔	異形棒鋼間隔	降伏応力度	横補強筋比	配筋		降伏応力度		鉄筋比						
	L	ℓ	b×D	tc	φ	Sy	Sx	n	σ _{wy}	ρ _w	ΣQsc	ΣQst	Sa	σ _{cy}	σ _{ty}	ρ _c	ρ _s			
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	本	kgf/cm ²	%	cm ²	cm ²	cm	kgf/cm ²	kgf/cm ²	%	%			
4207	200	100	40×40	4.5	D10	10.0	7.5	3	3790	1.19	4-D22	7.74	7.74	26.0	3626	3626	0.48	0.48		
4237						0.90														
4230W						13.2				—									0	0.72
6207						10.0				7.5									3	1.19
6237						13.2	0.90													
4507						10.0	1.19													
4557						15.0	—	—		—	0.79	4-D25	10.13	10.13	25.8	3520	3520	0.63	0.63	
4550W						15.0	—	0		0.63										

したもの計 8体により横補強筋による拘束効果を検討した。なお、表-2中の横補強筋比 ρ_w は、コアコンクリートに対する横補強筋（帯筋+異形棒鋼）比を表したものである。

加力方法及び測定方法を図-2に示す。加力は500ton構造物試験機を用い、上下端共ピン支持、偏心量10cmで行った。変位の測定は、試験体の4面において試験区間（中央1m）について行った。

3. 実験結果

実験結果一覧を表-3に示す。図-6~8

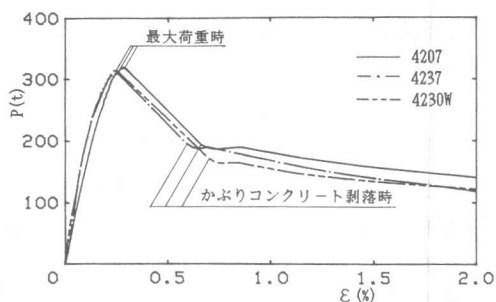


図-6 荷重-ひずみ曲線 (軸方向鉄筋4-D22)

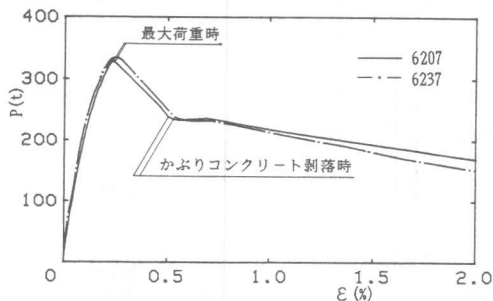


図-7 荷重-ひずみ曲線 (軸方向鉄筋6-D22)

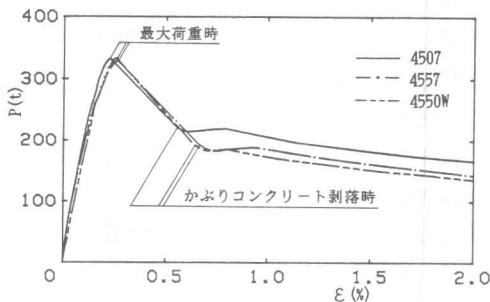


図-8 荷重-ひずみ曲線 (軸方向鉄筋4-D25)

表-3 実験結果一覧表

試験体名	コンクリート		荷重																	
	材令	シリング強度 σ_c kg/cm ²	最大荷重時		かぶり剥落時		0.8 1.0 1.2 1.4 1.6 1.8 2.0 % 時 % 時 % 時 % 時 % 時 % 時 % 時 % 時 % 時													
			Pu ton	ε _u %	Pc ton	ε _c %	P ton	P ton	P ton	P ton	P ton	P ton	P ton	P ton	P ton	P ton				
4207	49	326	319.9	0.286	193.7	0.664	188.5	181.2	170.1	161.4	154.2	147.5	141.2							
4237	47	321	309.9	0.250	197.9	0.585	182.7	168.8	155.2	144.4	135.8	127.6	118.7							
4230W	48	324	314.7	0.245	173.1	0.697	164.8	155.4	144.9	137.8	131.7	126.8	122.3							
6207	54	338	330.2	0.237	238.7	0.505	230.8	218.7	208.4	198.6	189.1	179.8	170.3							
6237	55	341	335.2	0.248	243.0	0.525	227.7	214.3	201.7	189.2	175.0	163.5	152.8							
4507	50	328	332.4	0.223	220.1	0.557	219.0	206.0	194.4	186.3	178.8	172.1	166.9							
4557	52	334	329.4	0.259	193.3	0.664	185.7	185.8	175.5	166.1	157.9	150.7	143.6							
4550W	52	334	333.3	0.251	194.3	0.635	185.5	173.7	164.6	156.4	148.9	143.4	136.5							

は、軸方向鉄筋の種類により分類した各試験体の圧縮側縁ひずみと耐荷力の関係を表す荷重-ひずみ曲線である。この曲線を見ると、最大荷重時のひずみ ϵ_u は0.25~0.3%付近、かぶりコンクリート剥落時のひずみ ϵ_c は0.6%前後となった。ひずみが ϵ_c 以降の耐荷力低減の勾配は、各試験体ともほぼ同様の傾向を示しており、帯筋間隔を10cmと6d (D22の場合13.2cm, D25の場合15.0cm)に変化させたことによる急激な軸方向鉄筋の座屈等の影響はあまり受けていないと思われる。

4. 耐荷力の算定

最大耐力後、かぶりコンクリートが剥落した時点以降 (0.6%~1.0%) の耐荷力を計算により求める方法の検討を行う。図-9は、本実験に使用した軸方向鉄筋 D22, D25を引張試験した際の応力-ひずみ関係である。この図より軸方向鉄筋のひずみ硬化は、およそ1.4%から開始していることがわかる。図-10は耐荷力を計算する際に使用したコアコンクリートの応力-ひずみ関係を示したものである。この応力-ひずみ関係は短柱試験体を中心圧縮加力した場合の横補強筋 (帯筋+異形棒鋼) 量とかぶり剥落後の各ひずみ時における耐荷力の関係を表した実験式¹⁾より導いた。ひずみ0.2%までは参考文献²⁾の放物線式より

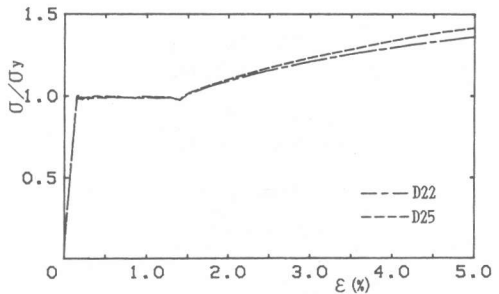


図-9 鉄筋の
応力-ひずみ関係

$$\sigma = 0.85\sigma_B \left[\frac{2\epsilon}{\epsilon_u} - \left(\frac{\epsilon}{\epsilon_u} \right)^2 \right] \quad (1)$$

を用い、ひずみ0.4%以後は実験式より

$$\sigma = 0.85\sigma_B \left(\alpha - \frac{\alpha\beta}{\epsilon_u + \beta} - \gamma \right) \quad (2)$$

0.2%ごとに2.0%まで仮定した。ただし、式(1)(2)は、いずれも最大荷重時応力を標準供試体の圧縮応力度 σ_B の0.85倍として表した。なお、係数 α 、 β 、 γ は各ひずみ時ごとに異なり、その曲線を図-11に、一覧表を表-4に示す。

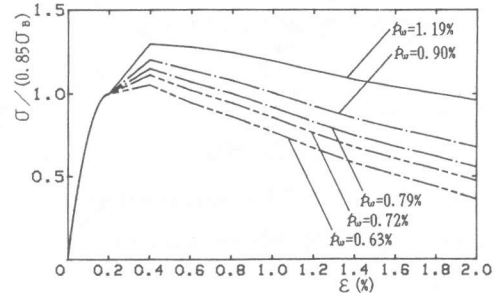


図-10 コアコンクリートの
応力-ひずみ関係

以上の鉄筋及びコアコンクリートの応力-ひずみ関係を当てはめて、試験体の縁ひずみが0.6%から1.0%まで計算により耐荷力を求め、実験より得られた荷重-ひずみ曲線と比較すると図-14~16のとおりとなる。図-12は試験体4557の縁ひずみが1.0%時の内部応力状態とその合力 (計算値) との関係を示したものである。また、計算の流れを図-13に示す。計算値と実験値の比を示した表-5

表-4 実験式における
係数一覧表

ϵ (%)	α	β	γ
0.4	2.67	0.18	1.02
0.6	2.43	0.40	0.54
0.8	2.48	0.65	0.36
1.0	2.74	1.05	0.26
1.2	3.17	1.45	0.29
1.4	3.70	1.90	0.34
1.6	4.20	2.28	0.40
1.8	4.51	2.36	0.51
2.0	4.80	2.38	0.64
2.2	5.07	2.45	0.74
2.4	5.32	2.60	0.80
2.6	5.55	2.80	0.84
2.8	5.75	3.00	0.87
3.0	5.90	3.20	0.87

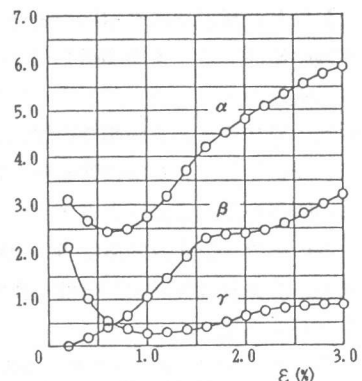


図-11 各ひずみの $\alpha\beta\gamma$

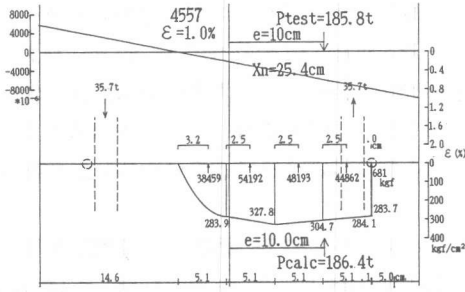


図-1 2 応力・ひずみ分布図

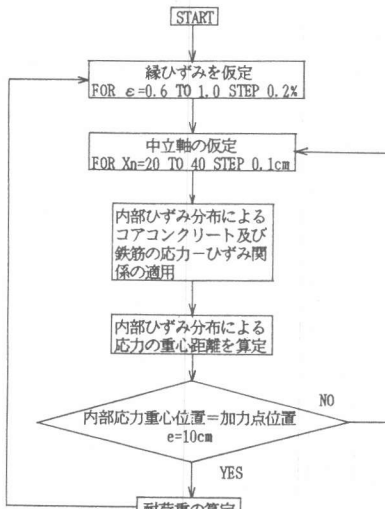


図-1 3 計算の流れ

及び図-14~16より、計算値と実験値はいずれもほぼ良い適合を示している。

5. まとめ

鉄筋コンクリート柱において、横補強筋として帯筋とそのコア内に格子状に配筋した異形棒鋼を用いた場合、本実験の範囲では、帯筋間隔を6d (d:軸方向鉄筋の公称直径) としても軸方向鉄筋の座屈等による極端な影響は受けていないこと、また横補強筋量と耐荷力の関係を表す実験式をコアコンクリートの応力-ひずみ関係に当てはめて求めた計算値は実験値とほぼ一致することが示された。

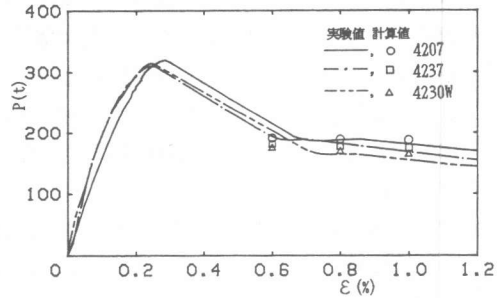


図-1 4 荷重-ひずみ曲線と計算値 (軸方向鉄筋4-D22)

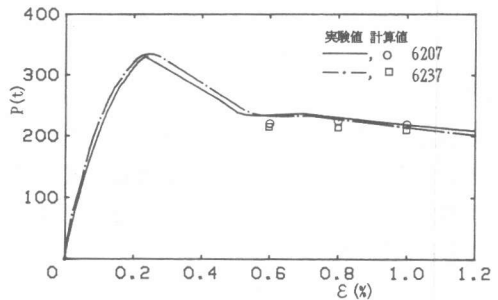


図-1 5 荷重-ひずみ曲線と計算値 (軸方向鉄筋6-D22)

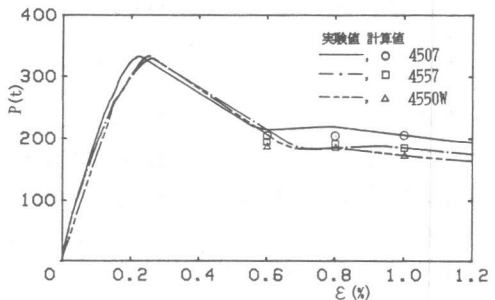


図-1 6 荷重-ひずみ曲線と計算値 (軸方向鉄筋4-D25)

表-5 計算値と実験値の比較

試験体名	ε=0.6%時			ε=0.8%時			ε=1.0%時		
	Ptest	Pcalc	Ptest	Ptest	Pcalc	Ptest	Ptest	Pcalc	Ptest
	ton	ton	Pcalc	ton	ton	Pcalc	ton	ton	Pcalc
4207	215.2	190.8	1.13	188.5	189.7	0.99	181.2	188.3	0.96
4237	194.3	182.3	1.07	182.7	178.1	1.03	168.8	175.1	0.96
4230W	203.9	177.1	1.15	164.8	170.8	0.96	155.4	165.6	0.94
6207	234.6	219.1	1.07	230.8	222.4	1.04	218.7	220.2	0.99
6237	233.2	213.5	1.09	227.7	212.5	1.07	214.3	208.1	1.03
4507	214.8	204.1	1.05	219.0	204.9	1.07	206.0	203.6	1.01
4557	214.9	195.4	1.10	185.7	191.1	0.97	185.8	186.4	1.00
4550W	207.1	188.1	1.10	185.5	181.2	1.02	173.7	174.1	1.00

参考文献 1) 矢代秀雄、花井重孝、高橋勝治：鉄筋コンクリート柱における横補強筋の効果に関する実験的研究(その7、横補強筋の効果)、日本建築学会学術講演梗概集、1987、pp.489~490
2) E.Hognestad: A Study of Combined Bending and Axial Load in Reinforced Concrete Members, University of Illinois Engineering Experimental Station, Bulletin Series No. 399, November 1951, p.128.