

[81] 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

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 榎 本 義 秀 (日本大学大学院)

1、まえがき

中心圧縮を受ける鉄筋コンクリート柱の軸方向鉄筋に十分横補強筋を配筋してコアコンクリートを拘束すると強度とじん性が增加することが報告されている¹⁾²⁾。

そこで本研究は、コアコンクリートの強度とじん性に対して、コアコンクリート内部に横補強筋を配筋する方法による効果と、軸方向鉄筋の座屈による急激な耐力低下に対する帯筋の効果について比較検討したものである。

2、実験の概要

試験体形状を図-1に、断面形状を表-1に示す。試験体の高さを2.4 mとし、試験区間を中央の1 mとした。また、試験区間に用いる帯筋は、充分に定着させ図-3(a)に示すような型とした。

軸方向鉄筋の座屈に対する軸方向鉄筋の間隔による影響をみるため、軸方向鉄筋にD22(SD35)を6本用い、帯筋の間隔を一定(9 cm)とし、軸方向鉄筋の間隔を10 cm(断面は20 cm×30 cm)、15 cm(断面は20 cm×40 cm)、20 cm(断面は20 cm×50 cm)の3体を計画した。また帯筋の間隔が、軸方向鉄筋の座屈とコアコンクリートに対する拘束力への影響をみるため、断面を20 cm×30 cmとし、軸方向鉄筋にD22(SD35)を4本用い、帯筋の間隔を軸方向鉄筋のn倍として、4d(9 cm)、6d(13 cm)、8d(18 cm)の3体と、軸方向鉄筋にD16(SD30)を4本用い、帯筋の間隔を4d(6.5 cm)、6d(10 cm)、8d(13 cm)の3体、計6体を計画した。

コアコンクリートの横方向への変形に対する横補強筋の効果を見るために図-3(b)に示すように、付着によって抵抗させる横補強筋をコア内に入れたN型と、さらに図-3(c)に示すように、横補強筋にフックを付け帯筋にかけたH型を計画した。

横補強筋の効果を見るため、軸方向鉄筋のない試験体は、高さを1.2 mとし、試験区間を中央の0.8 mと

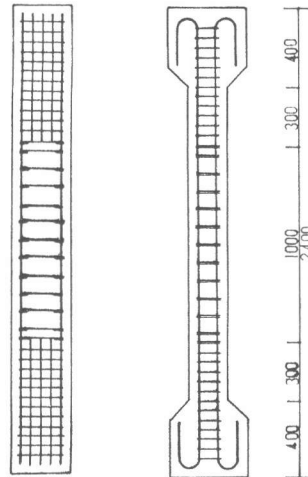


図-1 試験体形状

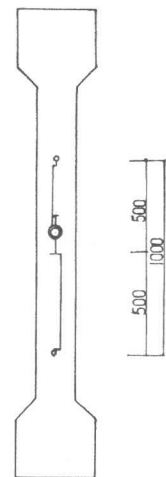


図-2 測定方法

表-1 断面形状

試験体断面	試験体名
	6254
	6244
	6234
	4234
	4634
	4236
	4636
	4238
	4638
	4234N
	4234H
	31N

試験体名の説明

4234N
 補強筋の型
 帯筋の間隔
 4:4d, 6:6d, 8:8d
 試験体の幅
 3:30cm, 4:40cm, 5:50cm
 軸方向鉄筋の径
 2:D22, 6:D16
 軸方向鉄筋の本数
 4:4本, 6:6本

31N
 補強筋の型
 帯筋の間隔
 1:10cm
 試験体の幅
 3:30cm

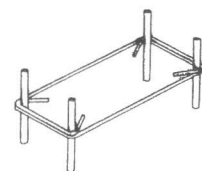


図-3(a) 帯筋の型

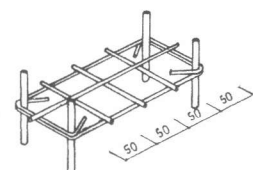


図-3(b) N型

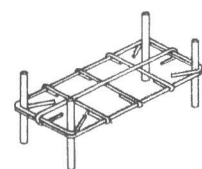


図-3(c) H型

表-2 試験体詳細一覧

試験体名	試験体形状					軸方向鉄筋					横補強筋											
	高さ	幅	全せい	有効せい	試験区間	配筋	間隔	断面積	鉄筋比	降伏応力度	鉄筋径	間隔	降伏応力度	コア内の間隔								
	L	b	D	d	l										P	Σa _{sc}	P _c	σ _y	nd	cm	kg/㎠	cm
	cm	cm	cm	cm	mm										cm	cm ²	%	kg/㎠				
6254	240	50	20	15	1000	6-D22	20	23.22	2.32	3901	D10	4d	9	3654	—							
6244	240	40	20	15	1000	6-D22	15	23.22	2.90	3935	D10	4d	9	3654	—							
6234	240	30	20	15	1000	6-D22	10	23.22	3.87	3905	D10	4d	9	3654	—							
4234H	240	30	20	15	1000	4-D22	20	15.48	2.58	3875	D10	4d	9	3654	5							
4234N	240	30	20	15	1000	4-D22	20	15.48	2.58	3875	D10	4d	9	3654	5							
4234	240	30	20	15	1000	4-D22	20	15.48	2.58	3888	D10	4d	9	3654	—							
4236	240	30	20	15	1000	4-D22	20	15.48	2.58	3888	D10	6d	13	3654	—							
4238	240	30	20	15	1000	4-D22	20	15.48	2.58	3920	D10	8d	18	3654	—							
4634	240	30	20	15	1000	4-D16	20	7.96	1.33	3437	D10	4d	6.5	3654	—							
4636	240	30	20	15	1000	4-D16	20	7.96	1.33	3437	D10	6d	10	3654	—							
4638	240	30	20	15	1000	4-D16	20	7.96	1.33	3437	D10	8d	13	3654	—							
31N	120	30	20	—	800	—	—	—	—	—	D10	—	10	3654	5							

した。断面は $20\text{cm} \times 30\text{cm}$ として、帯筋はN型と同様の横補強筋を入れ、間隔を 10cm とした。なお試験体詳細一覧を表-2に示す。

コンクリートは、普通ポルトランドセメントを使用したレディミクストコンクリートで、調合は、重量比で、セメント：細骨材：粗骨材＝ $1.0:3.1:3.7$ 、水セメント比 63% とし、目標スランブを 18cm とした。コンクリートの打込みは、断面の短辺方向からの横打ちとして、水中養生とした。

加力方法は、柱を垂直にセットし、加力面に均一な加力を行なうため石膏の薄い層を上下の加力面に付けた。試験機は、 500t 構造物試験機を用い、単調中心圧縮加力として、試験区間 (1000mm または 800mm) の縦ひずみ 1.5% 以上まで加力した。

変位の測定にあたっては、図-2に示すように、試験区間 (1000mm または 800mm) を電気式変位測定器 (ダイヤルゲージ式、精度 $1/100\text{mm}$ 、検長 20mm) を断面の長辺に2個配置し、デジタル表示式万能測定器および目視により測定し、断面の短辺には、ダイヤルゲージ (精度 $1/100\text{mm}$ 、検長 30mm) を1個配置して目視により測定した。

ひずみの測定については、電気抵抗線ひずみゲージ (鉄筋：標点間距離 5mm 、コンクリート：標点間距離 67mm) を使用し、デジタル表示式万能測定器により測定した。

3、実験結果

実験結果一覧を表-3に、荷重ひずみ曲線を図-4に、最終破壊状態を写真-1に示す。

3.1 荷重ひずみ関係

軸方向鉄筋の座屈に対する帯筋の効果と比較した試験体についてみると、軸方向鉄筋がD22で、帯筋の間隔が 9cm の4234と、 13cm の4236、 18cm の4238の試験体は、図-4(a)に示すようにいずれもひずみ 0.23% 前後で最大耐力に達しているが、その後かぶりコンクリートが圧縮破壊し剥落するため耐力は低下する。 1.0% までは、 9cm の4234よりも帯筋間隔が広い 13cm の4236、さらに広い 18cm の4238の方が維持できる耐力は低く、最大耐力直後の耐力の低下は、 18cm の4238が最も急激である。ま

表-3 実験結果一覧

試験体名	コンクリート	ひび割れ発生荷重	最大荷重	最大荷重時の変位	※計算値	Nmax/No
	Fc	Nc	Nmax	δ	No	
	kg/cm ²	ton	ton	$\times 10^{-3}\text{mm}$	ton	
6254	259	252.0	289.0	234	305.6	0.95
6244	259	225.5	257.0	256	262.4	0.98
6234	264	227.0	230.0	235	220.1	1.05
4234H	273	190.0	192.5	300	194.8	1.05
4234N	270	195.0	201.5	235	198.3	0.98
4234	274	197.0	197.5	205	195.6	0.98
4236	278	190.5	193.5	225	194.1	1.04
4238	270	180.0	204.0	245	196.3	1.01
4634	278	164.0	165.0	240	167.2	0.99
4636	273	177.5	178.0	270	164.7	1.08
4638	265	170.5	170.5	258	160.7	1.06
31N	259	123.5	125.5	209	132.1	1.05

※計算値 $No = 0.85 \cdot b \cdot D \cdot Fc + \Sigma ac \cdot \sigma_y$

た 4238 の軸方向鉄筋は、写真-1 に示すように帯筋の間で大きく座屈している。4236 は、1.0% 以後コア内のコンクリートがなくなり急激に耐力を失っている。

図-4 (b) より、軸方向鉄筋に D16 を用い、帯筋間隔が 6.5 cm の 4634、1.0 cm の 4636、1.3 cm の 4638 を比較すると 0.24~0.27% で最大耐力に達し、最大耐力後の耐力の低下は軸方向鉄筋が D22 の試験体と同じような低下のしかたをしている。4634 に比べ帯筋の間隔が広い 4636 と 4638 は、維持できる耐力は低く、最大耐力直後の耐力の低下は急激である。また 4636 と 4638 は、軸方向鉄筋が帯筋の間で大きく座屈している。

コアコンクリートの横方向への変形に対する横補強筋の効果をみるため、試験体 4234H、4234N と、コア内に横補強筋のない試験体 4234 を比較すると、図-4 (c) に示すように、4234 に対して 4234H、4234N は共に最大耐力後、維持できる耐力は大きい。4234N においては、最大耐力後 0.36% まで耐力の低下はみられない。その後、かぶりコンクリートの圧縮破壊で耐力は低下するが、0.4% から 0.8% まで再び耐力を維持した。4234H は、最大耐力後、耐力は一時低下するが、0.5% 以後 2.0% を越えるまで耐力の低下はみられない。また、図-4 (c) の軸方向鉄筋の無い 31N についても、4234N と同様に 0.4% から 0.6% にかけて耐力の低下する割合が小さくなっている。これは、かぶりコンクリートの剥落後の耐力維持には、コア内の横補強筋の影響が大きいと思われる。

軸方向鉄筋の座屈に対する軸方向鉄筋の間隔による影響をみるため、帯筋間隔が 9 cm の試験体 6234、6244、6254 は図-1 体 6234、6244、6254 は図-1 間隔が 2.0 cm の 6254、1.5 cm の 6244 は、1.0 cm の 6234 と比較して、最大耐力直後の耐力低下は急激で、6254 は 0.5% 以後の耐力の低下する割合が、6244 と比較して大きい。写真-1 に示す 6254 は、中央の軸方向鉄筋が 2 本の帯筋を押し広

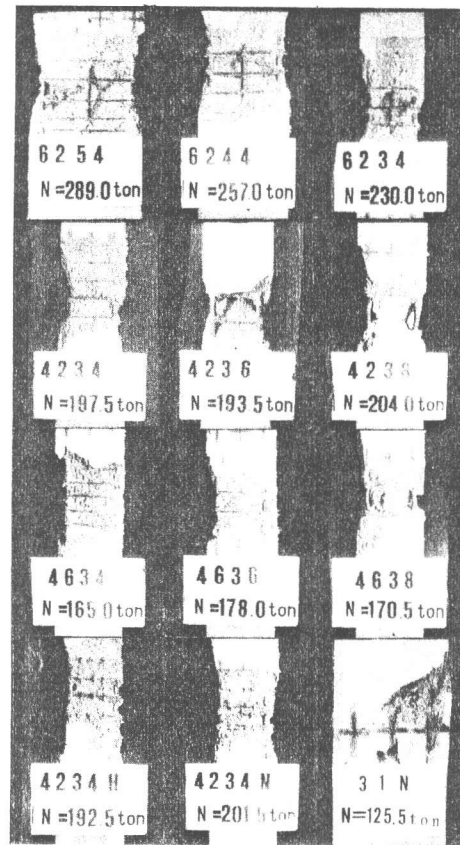
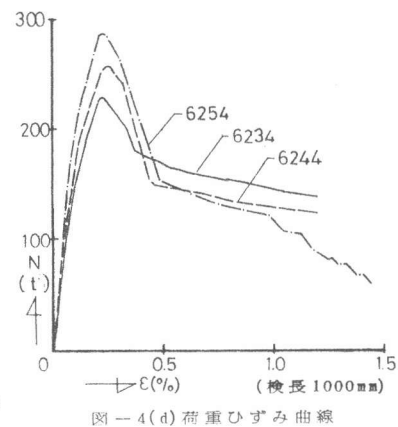
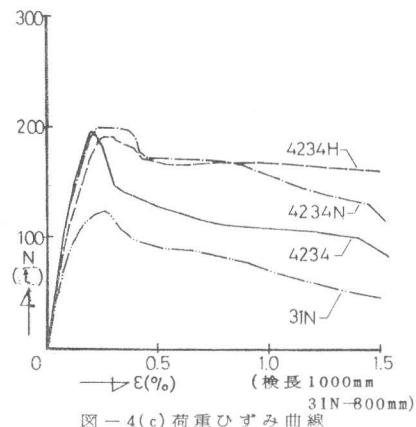
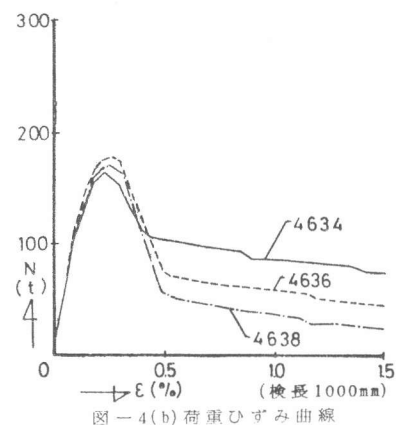
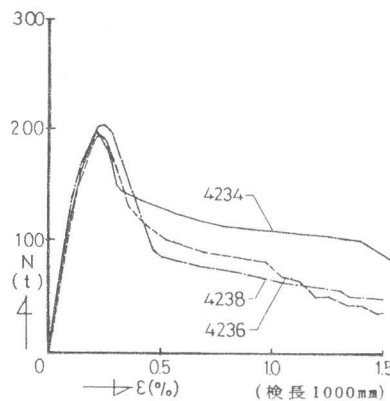


写真-1 最終破壊状態



げて27cmの間で座屈している。また6244, 6234は、中央の軸方向鉄筋が1本の帯筋を押し広げて18cmの間で座屈している。

3.2 横補強筋とコアコンクリートの関係

表-3より最大耐力と計算値($N_o = 0.85 \cdot b \cdot D \cdot F_c + \Sigma a_{sc} \cdot \sigma_y$)との差は±10%以内となっている。

帯筋間隔が4dの試験体のかぶりコンクリートが剥落した後について、縦軸に保持されている軸力から鉄筋の負担力を引いた値を、コアコンクリートの断面積とシリンダー強度で割った値を、横軸にひずみをとったグラフを図-5に示した。

図-5より、コア内に横補強筋を入れた試験体4234Nとコア内の横補強筋の両端にフックを付け、帯筋にかけた4234Hを帯筋だけの試験体4234と比較すると、ひずみが0.5%のとき、4234Hと4234Nは、4234のおよそ1.5倍の値となり、さらにひずみが増してもコアコンクリートの強度の低下はみられない。また、フックのない4234Nは、ひずみが増すにつれて付着力の低下が考えられるが、フックのある4234Hでは、横補強筋のフックが帯筋の外側への広がりを防ぐため、ひずみが増してもコアコンクリートの強度の低下はみられない。

断面が20cm×30cmと同じで軸方向鉄筋がD16の4634は、帯筋間隔が6.5cmと狭いため軸方向鉄筋がD22で帯筋間隔が9cmの4234と比較すると、高い値となっている。

軸方向鉄筋がD22, 4本の4234と6本の6234を比較すると、4234に比べ6234の方がひずみが増しても一定の値を保って高くなっている。これは、軸方向鉄筋の本数が増えたことにより、軸方向鉄筋の間隔が2分の1に狭くなり、コアコンクリートに対する拘束力が増したためと思われる。しかし帯筋の間隔が9cmで軸方向鉄筋の間隔が10cmの6234, 15cmの6244, 20cmの6254を比較すると、軸方向鉄筋の間隔が15cm以上の6244と6254のコアコンクリートに対する拘束力は、6234に比べて低下していると思われる。これは矩形の帯筋では、一辺の長さが長くなると、コアコンクリートに対する拘束力が低下し、さらに、中央の軸方向鉄筋に対する座屈抑制も減少するためと思われる。

4. まとめ

中心圧縮を受ける長方形断面の鉄筋コンクリート柱の場合、コアコンクリートの横方向への変形を拘束するために入れられた横補強筋(図-3N型, H型)は、鉄筋コンクリート柱の強度とじん性の向上に効果があることが解かった。なお、軸方向鉄筋は、コアコンクリートの拘束に効果があると思われるが、軸方向鉄筋の間隔が広くなると、その効果は失なわれる。また、軸方向鉄筋に4-D22および4-D16を帯筋で囲った試験体は共に帯筋間隔が軸方向鉄筋径の4倍では軸方向鉄筋に座屈を生じないが、軸方向鉄筋径の6倍を越えると座屈が生じやすくなるようである。

参考文献

- 1) 矢代・花井・清水: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1 圧縮鉄筋の座屈とじん性について), 昭和56年9月, 日本建築学会大会学術講演梗概集
- 2) S.A. Sheikh・S.M. Uzumeri: Strength and Ductility of Tied Concrete Columns, Journal of the Structural Division, Proceeding of ASCE, Vol. 106, No. ST5, May 1980.

N : 軸力
 Σa_{sc} : 軸方向鉄筋の断面積
 σ_y : 軸方向鉄筋の降伏応力度
 A' : コアコンクリートの断面積
 F_c : シリンダー強度

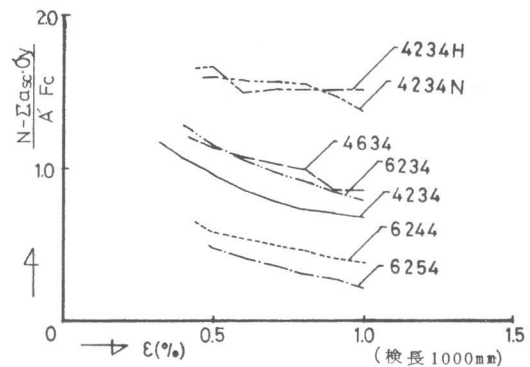


図-5