

# [129] 鉄筋コンクリート柱の横補強筋による靱性向上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 高橋勝治 (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は、帯筋に囲まれたコアコンクリートの横方向の拘束を増すとじん性は向上する。このコアコンクリートの横方向の拘束を増加する帯筋の配筋形状にはさまざまなタイプのもが考えられる。帯筋の中にぶつ切りの異形棒鋼を溶接しないで格子状に配筋して(図-3)、その付着によってコアコンクリートの横拘束の効果が筆者らの実験<sup>1)</sup>によって得られている。本実験では、正方形断面のコンクリート短柱を横補強筋(帯筋と棒鋼)で補強し、中心圧縮荷重を加えていくと、圧縮ひずみが0.15~0.2%で最大耐力に達し、圧縮ひずみが0.3~0.5%でかぶりコンクリートが圧壊する。本研究は、その時の横補強筋量と耐力の関係と、その後、圧縮ひずみが2.0%までの各ひずみ時における横補強筋量と耐力との関係を調べたものである。

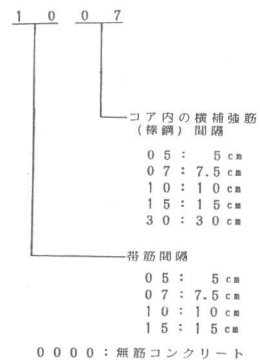
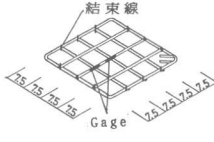
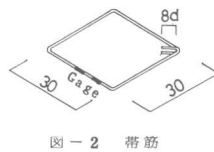
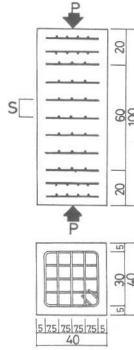


図-1 試験体の形状および寸法

図-3 帯筋と棒鋼

図-4 試験体名の説名

表-1 横補強筋の断面形状

帯筋間隔	横補強筋の断面形状					
5.0 cm	0507	0510	0515	0530		
7.5 cm	0705	0707	0710	0715	0730	0000
10.0 cm	1005	1007	1010	1015	1030	
15.0 cm	1505	1507	1510	1515	1530	

## 2. 実験概要

### 1) 試験体の形状および寸法

試験体の形状および寸法を図-1に示す。全試験体共に高さ1m, 中央60cmを試験区間とし、断面は40cm×40cmの正方形断面として、かぶり厚さは4.45cm, 軸方向鉄筋を用いずに横補強筋のみとした。横補強筋に用いた鉄筋は全てSD30のD10を使用し、帯筋は1辺が30cmの正方形でフックは135°, 余長は8dとした。帯筋の中に格子状に用いた棒鋼は同じもので長さ31cmとし(図-3)、溶接をしないで両端のみを帯筋に結束線とどめた。試験体名の説明を図-4に示す。

横補強筋の断面形状を表-1に示す。試験体の断面形状の種類は、帯筋だけのもので帯筋間隔Sが5cm, 7.5cm, 10cm, 15cmの4体、これを基準として帯筋の中に格子状に中央に棒鋼をそれぞれ1本入れたもの4体、格子状に間隔10cmに棒鋼をそれぞれ2本入れたもの4体、格子状に間隔7.5cmに棒鋼をそれぞれ3本入れたもの4体、

表-2 試験体詳細一覧

試験体名	鉄筋径	横補強筋			
		帯筋間隔	コア内棒鋼の間隔	棒鋼本数	横補強筋比
		S	bx	n	Pw
		cm	cm	本	%
0507	D10	5.0	7.5	3	2.29
0510	D10	5.0	10.0	2	1.84
0515	D10	5.0	15.0	1	1.38
0530	D10	5.0	30.0	0	0.92
0705	D10	7.5	5.0	5	2.14
0707	D10	7.5	7.5	3	1.53
0710	D10	7.5	10.0	2	1.22
0715	D10	7.5	15.0	1	0.92
0730	D10	7.5	30.0	0	0.61
1005	D10	10.0	5.0	5	1.61
1007	D10	10.0	7.5	3	1.15
1010	D10	10.0	10.0	2	0.92
1015	D10	10.0	15.0	1	0.69
1030	D10	10.0	30.0	0	0.46
1505	D10	15.0	5.0	5	1.07
1507	D10	15.0	7.5	3	0.77
1510	D10	15.0	10.0	2	0.61
1515	D10	15.0	15.0	1	0.46
1530	D10	15.0	30.0	0	0.31
0000	—	—	—	—	0.00

格子状に間隔5cmに棒鋼をそれぞれ5本入れたもの3体と無筋のもの合計20体を計画した。表-2は実験で用いた試験体詳細一覧である。表中の横補強筋比 $p_w$ は、帯筋間隔 $S$ と帯筋の外端によって囲まれたコアコンクリートの面積に対する帯筋と棒筋の断面積の比を表わす(図-5)。コア内の間隔 $b_x$ は、帯筋の中に配筋した棒鋼間の中心距離を示す。

### 2) コンクリート

コンクリートは、レディミクストコンクリートを使用し、普通ポルトランドセメント、重量比1:3.5:3.2、水セメント比69%とした。型枠はメタルフォームを使用し、材令5日で脱型し、水中養生をして29日後に実験を行なった。各試験体の実験時におけるコンクリート強度は、同時に打設された $\phi 10\text{cm} \times 20\text{cm}$ の円柱試験体3体で圧縮試験より得た。(圧縮強度は表-3に示す。)

### 3) 加力、ひずみ測定

加力は、中心圧縮加力とし、連続して加力をした。変位の測定は図-6に示す。試験区間60cmの上下端に、ホールインアンカーを3か所埋め込み、測定器具を取り付け、変位計(精度1/1000mm, 検長30mm)2か所、変位計(精度1/100mm, 検長20mm)1か所で測定した。鉄筋のひずみ測定位置は図-2, 図-3に示す。

### 3. 実験結果

図-7は、全試験体の荷重-ひずみ曲線で、(a)に帯筋間隔5cm, 7.5cmのものを、(b)に帯筋間隔10cm, 15cmのものと無筋のものをそれぞれ示す。これらの結果によると、帯筋間隔5cm, 7.5cm, 10cm, 15cmの帯筋だけの試験体に対して、帯筋の中の棒鋼本数が増加するにしたがって、すなわち、横補強筋比 $p_w$ が増加するごとに、じん性の向上することがわかる。図-8は、最大耐力 $P_{max}$ 後にかぶりコンクリートが圧壊し、ひずみが0.3~0.5%で荷重-ひずみ曲線が変化する点を( $P_c$ ,  $\epsilon_c$ )とする。最大耐力 $P_{max}$ 後の $P_c$ は、横補強筋比 $p_w$ が大きいほど耐力低下が少ない。横補強筋比 $p_w$ が1.84%以上の試験体0507, 0510, 0705の耐力は、ひずみ2.0%までは $P_c$ 以上を維持している。

図-9は最大耐力 $P_{max}$ と横補強筋比 $p_w$ の関係を示したもので、最大耐力までは、コンクリートの全断面積 $A_g$ が有効として、最大耐力 $P_{max}$ を $A_g$ で割り、それをシリンダ強度 $F_c$

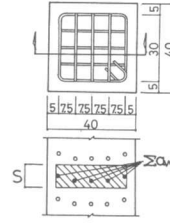


図-5 横補強筋比の説明

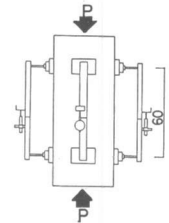
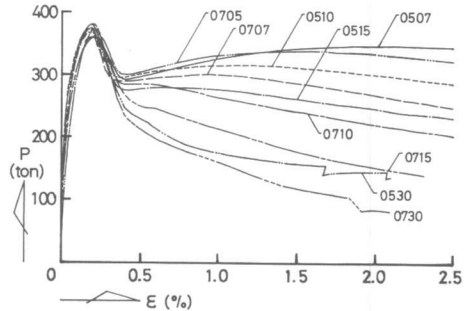
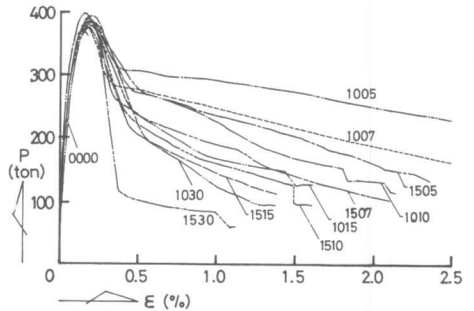


図-6 測定方法



(a) 帯筋間隔が5cm又は7.5cmの場合



(b) 帯筋間隔が10cm, 15cm又は無筋の場合

図-7 荷重-ひずみ曲線

表-3 実験結果一覧

試験体名	実験結果						
	シリンダ強度	最大耐力時	かぶりはく落時	1.0%時耐力	2.0%時耐力		
	$F_c$ kg/cm <sup>2</sup>	$P_{max}$ ton	$\epsilon_u$ %	$P_c$ ton	$\epsilon_c$ %	P ton	P ton
0507	279	378.9	0.19	292.5	0.39	324.6	345.5
0510	280	371.3	0.18	295.0	0.34	313.7	299.8
0515	283	373.2	0.18	275.0	0.40	274.6	244.7
0530	284	366.8	0.18	242.5	0.41	174.7	144.2
0705	285	372.0	0.21	301.3	0.37	329.8	332.3
0707	285	373.9	0.19	287.5	0.36	299.6	267.5
0710	286	379.8	0.20	285.0	0.37	263.3	219.1
0715	287	359.2	0.21	250.0	0.48	212.3	151.1
0730	290	358.5	0.20	227.5	0.42	160.2	84.6
1005	291	385.1	0.19	305.0	0.43	290.9	249.4
1007	292	375.5	0.16	280.0	0.37	246.8	188.7
1010	293	383.2	0.21	271.3	0.49	225.6	133.0
1015	293	396.0	0.16	258.8	0.36	169.3	—
1030	295	375.2	0.17	215.0	0.45	125.7	—
1505	297	384.1	0.19	278.5	0.50	236.0	161.1
1507	298	378.2	0.19	237.5	0.47	190.2	109.6
1510	296	388.8	0.18	233.8	0.45	160.9	—
1515	299	393.9	0.20	218.8	0.50	146.1	—
1530	300	380.3	0.19	120.0	0.37	83.0	—
0000	301	372.9	0.14	—	—	—	—

で割り無次元化したものを縦軸にとり、横軸に、横補強筋比  $P_w$  をとって、各試験体の実験値をプロットすると、最大耐力  $P_{max}$  は、横補強筋比  $P_w$  が増加しても耐力の増加はみられない。

図-10は、帯筋のひずみを示したもので、縦軸に鉄筋のひずみを、横軸に縦ひずみをとり、帯筋間隔  $S$  が 5 cm の 0530,  $S$  が 7.5 cm の 0730,  $S$  が 10 cm の 1030,  $S$  が 15 cm の 1530 の帯筋中央外側のひずみと、それぞれの帯筋の中央に 1 本棒鋼を格子状に入れた 0515, 0715, 1015, 1515 の帯筋中央外側のひずみを示したものである。これらの結果から、帯筋だけのひずみと帯筋の中に格子状に 1 本棒鋼を入れた帯筋のひずみを比較すると、棒鋼を 1 本入れた方の帯筋のひずみが少ないことがわかる。すなわち、横補強筋比  $P_w$  が多いほどひずみが少なく棒鋼がコアコンクリートの拘束効果に役立っていることがわかる。

図-11は、帯筋の中に入れた棒鋼のひずみを示したもので、縦軸、横軸は図-10と同じにとり、帯筋間隔  $S$  が 5 cm の 0507, 0510, 0515 と帯筋間隔  $S$  が 10 cm の 1005, 1007, 1010, 1015 のひずみを示したものである。この結果から、同じ帯筋間隔で棒鋼の本数が増えると、棒鋼のひずみが少なく、同じ棒鋼の本数でも、帯筋間隔が大きくなると棒鋼のひずみは大きくなっている。このことより棒鋼が多いほどコアコンクリートを拘束していることがわかる。

図-12は、 $P_c$  以後の耐力と横補強筋比  $P_w$  との関係を示したものである。(a) はひずみ  $\epsilon_c$  が 0.3~0.5% の間にあったものについて、(b)~(i) は、ひずみ 0.6%, 0.8%, 1.0%, 1.2%, 1.4%, 1.6%, 1.8%, 2.0% についてそれぞれ表わす。(a)~(i) のいずれにおいても、コンクリート断面積は、かぶりコンクリートが圧壊しているのでコアコンクリート  $A_c$  (帯筋の中心線で囲まれた面積) のみ有効と仮定して、縦軸に  $P_{max}/A_g$  に対する  $P/A_c$  の比をとって無次元化し、横軸に横補強筋比  $P_w$  をとって各試験体の実験値をプロットして実験式を求めた。

図-13は、図-12の(a)~(i)で求めた、それぞれの実験式の曲線を1つにまとめて示したものである。ひずみが  $\epsilon_c$  (0.3~0.5%) では、横補強筋比  $P_w$  が 1.2% 付近を境にして、横補強筋比  $P_w$  が増加しても耐力の増加はあまりみられず、逆に横補強筋比  $P_w$  が減少すると激しく耐力が低下する。そして、ひずみが 0.6% から 2.0% と進むにしたがって、横補強筋比  $P_w$  に境がみられなくなり、横補強筋比  $P_w$  が増加すれば耐力も増加し、横補強筋比  $P_w$  が減少すれば耐力も減少するようになる。ひずみが 2.0% では、横補強筋比  $P_w$  が増加すると、かなり直線的に耐力が増加している。また、横補強筋比  $P_w$  が 1.8% 付近を境にして横補強筋比  $P_w$  がこれ以上ではひずみ 2.0% まで低下しない。

図-14は、帯筋間隔  $S$  が 7.5 cm の試験体 0705, 0707,

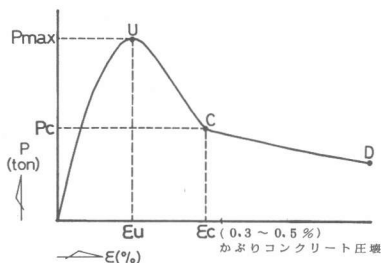


図-8  $E_c$ ,  $P_c$  の定義

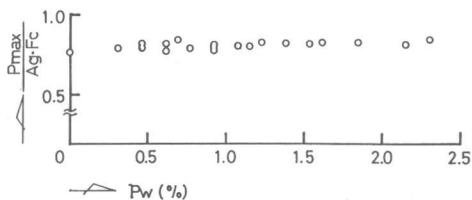


図-9 横補強筋比と最大耐力の関係

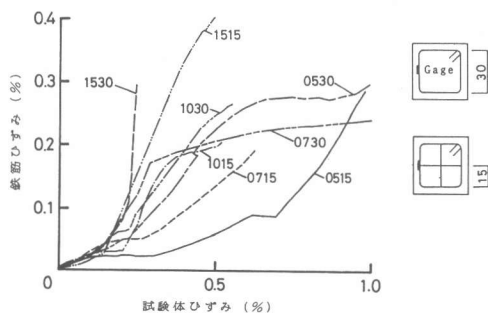


図-10 縦ひずみと帯筋ひずみ

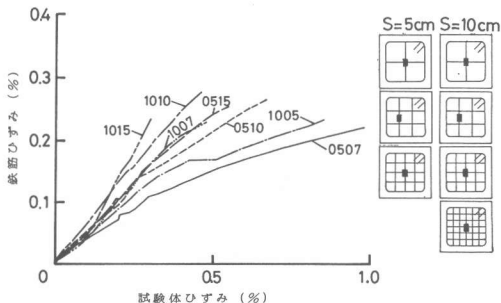


図-11 縦ひずみと棒鋼ひずみ

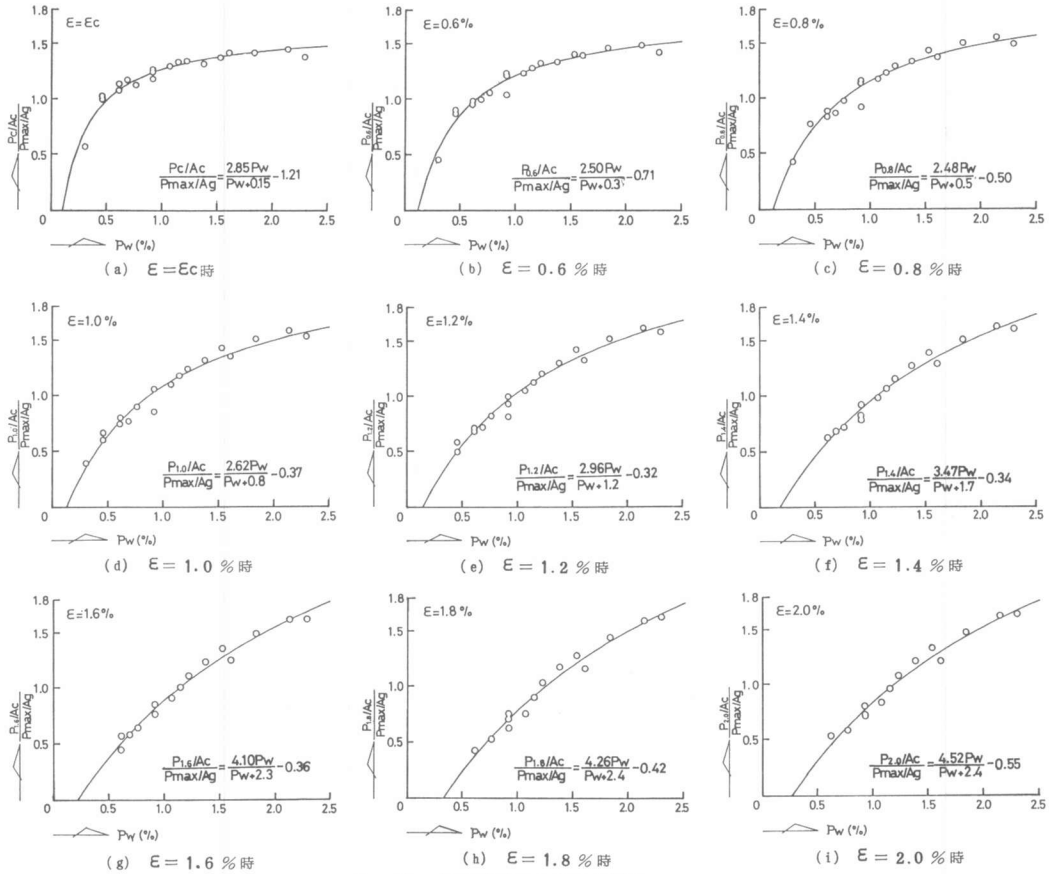


図-12 横補強筋比と耐力の関係

0710, 0715, 0730 の荷重-ひずみ曲線を一例にとり、各ひずみ 0.3 ~ 2.0 対するそれぞれの実験式により計算したものをプロットして示したものである。これをみると、比較的荷重-ひずみ曲線と一致している。

#### 4. まとめ

正方形断面のコンクリート短柱で、帯筋の他に棒鋼を格子状に配筋すると、次のようなことがわかった。

- 1) 最大耐力は、ひずみ  $\epsilon = 0.15 \sim 0.2\%$  で、横補強筋量による影響はあまりみられない。
- 2) 最大耐力以後かぶりコンクリートが剥落し、各ひずみ時の耐力は、横補強筋量によって違いがみられた。
- 3) ひずみが 2.0 までの各ひずみ時の  $(P/Ac)/(Pmax/Ag)$  と  $Pw$  の関係を実験式より求めた。なお、このときのコンクリートのシリンダ強度  $280 \sim 300 \text{ kg/cm}^2$ 、横補強筋の降伏応力度  $3900 \text{ kg/cm}^2$  で行なった。

参考文献 1) 矢代・花井・高橋「鉄筋コンクリート柱の強度とじん性に及ぼす横補強筋の効果」

第6回コンクリート工学年次講演論文集 p573. 1984年7月

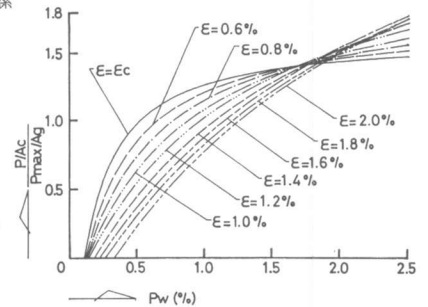


図-13 各ひずみ時の横補強筋比と耐力の関係

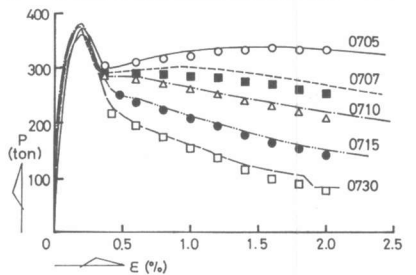


図-14 荷重-ひずみ曲線と実験式