

[85] 鉄筋コンクリートばかりのじん性に及ぼす圧縮鉄筋と横補強筋の効果

正会員 ○矢代秀雄(日本大学生産工学部)

正会員 清水庸介(日本大学生産工学部)

1. まえがき

鉄筋コンクリート構造物では、地震時の柱のせん断破壊を防ぐとともに、はり端部が曲げモーメントに対して十分な強度とじん性を確保しているようにしなければならない。

はりの曲げ実験を普通行なうと、荷重・たわみ曲線は引張鉄筋が降伏すると急に折れ曲がり、ほとんど水平に近くなるが、その後も耐力はわずかではあるが上がり、コンクリートの圧壊がみられて最大点に達し、被りコンクリートの剥落や圧縮鉄筋の座屈が起り耐力は低下する。しかし、コンクリートの圧壊がみられ、被りコンクリートの剥落が生じても、圧縮鉄筋が座屈しないように横補強筋(あら筋・スターラップ)を密に入れる^{3) 4)}と耐力はあまり低下せず、大きな変形に耐える。この場合、横補強筋の間隔は圧縮鉄筋の公称直径^{3) 4)}の6倍でよい結果が得られている。しかし、複筋比 γ (a_c/a_t)が大きければ圧縮鉄筋の座屈は起きないようである。

本研究は、はりの純曲げ区間において、圧縮鉄筋は2-D22と一定にし、複筋比 γ が0.4と0.6の場合で、圧縮鉄筋の座屈に対する横補強筋の間隔を圧縮鉄筋の径の倍数に変化させ、この横補強筋間隔と複筋比が強度とじん性に及ぼす影響を比

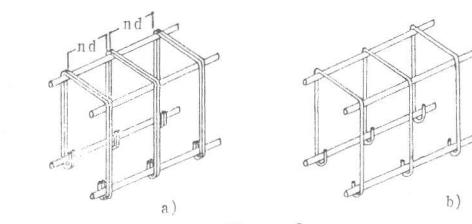
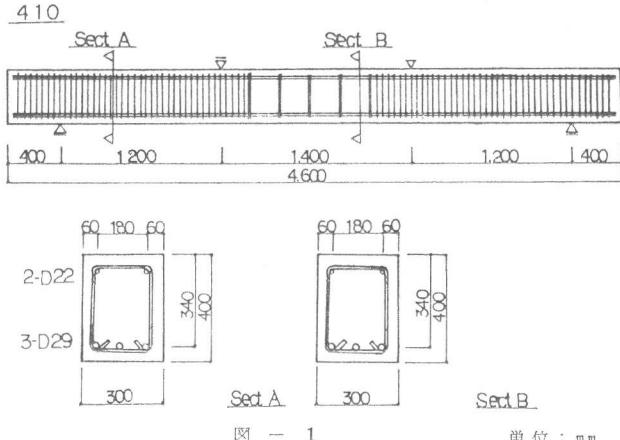


図 - 2

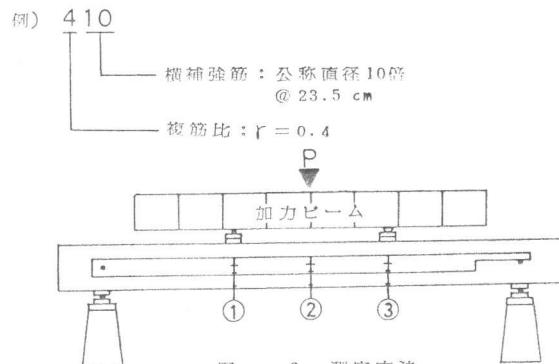


表 - 1 試験体形状詳細

試験体名	主筋										あら筋 (試験スパン内)			
	上端筋			下端筋			配筋				間隔		引張力筋	
	引張力筋断面積	横補強筋比	Pc	引張力筋断面積	横補強筋比	Pt	配筋	S	6y	mm	kg/cm ²	kg/cm ²	mm	kg/cm ²
kg/cm ²	cm ²	%	kg/cm ²	cm ²	%	kg/cm ²	%	γ						
4 0 6	2-D22	3640	7.74	0.65	3-D29	3769	19.26	1.89	0.4	4-D10	14.5	4030		
4 0 8	2-D22	3640	7.74	0.65	3-D29	3769	19.26	1.89	0.4	4-D10	19.0	4030		
4 1 0	2-D22	3670	7.74	0.65	3-D29	3769	19.26	1.89	0.4	4-D10	23.5	4030		
6 0 8	2-D22	3640	7.74	0.65	2-D29	3769	12.84	1.26	0.6	4-D10	19.0	4030		
6 1 0	2-D22	3640	7.74	0.65	2-D29	3769	12.84	1.26	0.6	4-D10	23.5	4030		
6 2 0	2-D22	3640	7.74	0.65	2-D29	3769	12.84	1.26	0.6	4-D10	46.0	4030		

較検討したものである。

2. 実験計画

試験体は6体計画し、試験体形状および寸法は、 $b \times D = 30\text{cm} \times 40\text{cm}$ 、 $d = t = 6\text{cm}$ とし、純曲げ区間を 140cm せん断スパンを 120cm 、全長 460cm とした。圧縮鉄筋には2-D22(SD30)を、引張鉄筋には、3-D29と2-D29(SD30)を、また、横補強筋(あばら筋)にはD10(SD30)を使用した。引張鉄筋にD29を3本としたもの、すなわち、複筋比率を0.4としたもので、横補強筋間隔を圧縮鉄筋(D22)の公称直徑の6倍($\varnothing 14.5\text{cm}$)としたものを406、8倍($\varnothing 19\text{cm}$)としたものを408、10倍($\varnothing 23.5\text{cm}$)としたものを410とした。また、引張鉄筋にD29を2本としたもの、すなわち、複筋比率を0.6としたもので、横補強筋間隔を圧縮鉄筋(D22)の公称直徑の8倍($\varnothing 19\text{cm}$)としたものを608、10倍($\varnothing 23.5\text{cm}$)としたものを610、20倍($\varnothing 46\text{cm}$)としたものを620とした。

横補強筋は、全試験体共、軸方向鉄筋を2本で囲むように配筋した。(図-1a)参照)

3. 加力方法および測定方法

加力は2点集中正側繰り返し加力とし、繰り返しは加力点における変位により制御し、 $1/100\text{rad}$ を基準に $2/100\text{rad}$ より $8/100\text{rad}$ まで、 $1/100\text{rad}$ 増加するごとに3回行ない、最終的に $8/100\text{rad}$ まで行なった。(図-4)たわみの測定は、両支点と測定位置(中央および両加力点)間の相対変位を電気変位計により測定した。鉄筋のひずみ、また、コンクリートのひずみの測定は、電気抵抗線型ひずみゲージを使用した。ひび割れの測定は、変位の増加する毎に、目視により書き加えた。

4. 実験結果

実験結果一覧を表-2に、荷重変形曲線(包絡線)を図-5, 6に、最終破壊状態を写真-1, 2に示す。なお、表-2中の M_{u1} は略算式 $M_u = 0.9 \cdot a \cdot t \cdot \sigma_y (D - d_t)$ により求めた値で、 M_e はe関数法によって求めた値である。

表-3は、荷重低下のみられる $5/100\text{rad}$ 時以降の各繰り返し点における圧縮鉄筋位置・引張鉄筋位置の純曲げ区間の平均ひずみを、スケールにより測定したものであり、表中の X_{n1} は、平均ひずみより求めた中立軸比であり、矢印は荷重の増減状態を示す。

図-5の複筋比率が0.4の試験体における荷重変形曲線についてみると、各試験体共に中央のたわみが約 19mm で部材の降伏状態がみられる。あばら筋間隔が6dの406は、部材の降伏した後、降伏たわみ(δ_y)の2.3倍位まで耐力は上昇し、 $3\delta_y$ にかけて耐力の低下がみられる。この耐力低下は、コンクリートの圧縮破壊の拡大によるものと思われる。その後 $6.5\delta_y$

表-2 実験結果一覧

試験 体名 日	コンクリート		実験値			計算値		M_y M_e	M_{max} M_u	M_{max} M_e
	種類	強度 強度	降伏筋 強度	最大耐力 M_{max}	計算耐力 M_{u1}	公称直徑 d	表記			
	F_c	M_y kg/cm^2	t	t	t	t	t			
304	36	280	21.6	18.4	22.1	22.8	21.0	1.02	0.97	1.05
306	37	255	22.0	18.7	22.4	22.8	21.0	1.04	0.98	1.07
308	38	272	21.7	18.9	22.7	22.8	21.0	1.03	1.00	1.08
310	39	302	21.3	18.6	22.4	22.8	21.0	1.01	0.98	1.07
406	40	283	21.2	18.7	22.4	22.2	20.1	1.05	1.01	1.11
408	42	266	21.3	18.9	22.7	22.2	20.1	1.06	1.02	1.13
410	43	285	20.4	18.8	22.5	22.2	20.1	1.01	1.01	1.12
608	44	303	14.4	13.5	16.2	14.8	12.0	1.20	1.09	1.35
610	45	293	14.2	13.8	16.5	14.8	12.0	1.18	1.11	1.38
620	46	297	14.4	13.6	16.4	14.8	12.0	1.20	1.11	1.37

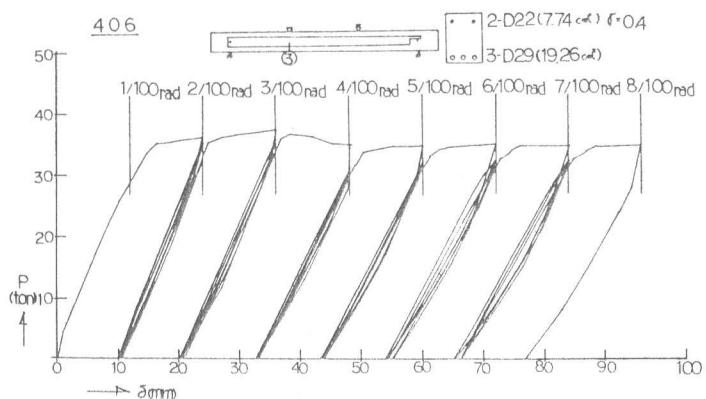


図-4

付近まで、耐力を保持している。また、あら筋間隔が8 d の408は、部材の降伏した後、406と同様に2.3 δy から3 δy にかけてコンクリートの圧縮破壊による耐力の低下がみられ、その後5 δy 付近から耐力の著しい低下がみられる。さらに、あら筋間隔が10 d の410は部材の降伏した後、406、408と同様に、2.3 δy から3 δy にかけて耐力の低下がみられ、その後4 δy 付近から耐力の著しい低下がみられる。

これら、耐力の著しい低下がみられる試験体408、410は、圧縮鉄筋のあらかな座屈がみられる。

次に図-6の複筋比γが0.6の試験体における荷重変形曲線についてみると、各試験体共に中央のたわみが約15mmで部材の降伏状態がみられる。その後、各試験体共に7 δy まで徐々に耐力が増加し耐力を保持しており、圧縮鉄筋の明らかな座屈はみられないようである。

また、複筋比による影響についてみると、複筋比が0.4の試験体における圧縮鉄筋のひずみは、コンクリートの圧縮破壊時に降伏ひずみに達し、その後、耐力が6%程度低下している。これは、圧縮破壊の拡大によりコンクリートの圧縮面積が減少し、中立軸が引張鉄筋へと近づき応力中心間距離が小さくなつたためと思われ、さらに、圧縮鉄筋のひずみが大きくなり、あら筋間隔が8 d、10 dの試験体は座屈が生じたものと思われる。複筋比が0.6の試験体は、コンクリートの圧縮破壊において圧縮鉄筋のひずみが降伏ひずみの約1/2で、降伏ひずみに達していないため、圧縮破壊によるコンクリートの負担する圧縮力の減少を、圧縮鉄筋が補っているために耐力の低下がみられず、その後、圧縮鉄筋のひずみが大きく増加しなかつたために、あら筋間隔が10 d、20 dの試験体において座屈が

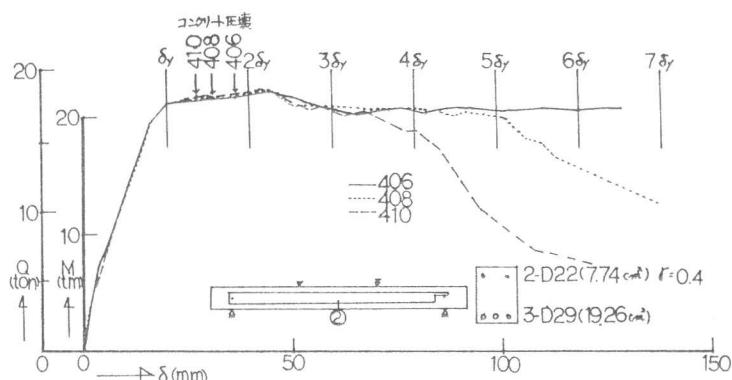


図 - 5

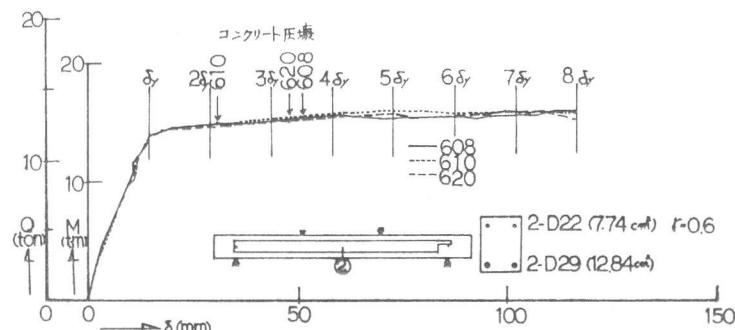


図 - 6

表 - 3

	δ₀ or δ₀ 5/100 rad時 60 mm		δ₀ or δ₀ 6/100 rad時 72 mm		δ₀ or δ₀ 7/100 rad時 84 mm		δ₀ or δ₀ 8/100 rad時 96 mm	
	ε	z₀	ε	z₀	ε	z₀	ε	z₀
406	0.86		0.96		1.07		1.42	
	1.14	0.53	1.57	0.49	1.82	0.48	1.86	0.53
408	—		0.57		1.32		2.11	
	—		1.43		1.64	0.54	1.54	0.65
410	0.43		1.14		1.62		2.15	
	0.96	0.43	1.14	0.58	1.14	0.66	1.14	0.71
608	—		0.36		0.43		0.61	
	—		1.96		2.14	0.31	2.29	0.35
610	—		0.25		0.46		0.54	
	—		1.57		1.96	0.33	2.14	0.34
620	0.14		0.25		0.39		0.79	
	1.64	0.24	1.86	0.27	1.61	0.34	2.36	0.38

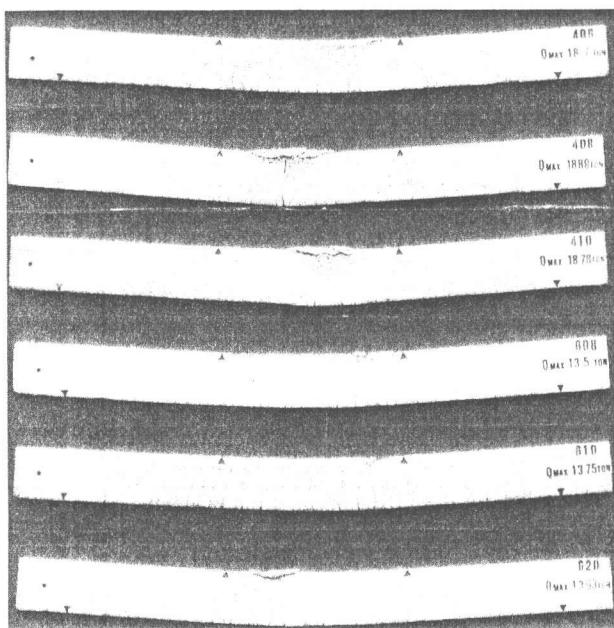
ε : 平均ひずみ (%)
z₀ : 中立軸比

生じなかったものと思われる。

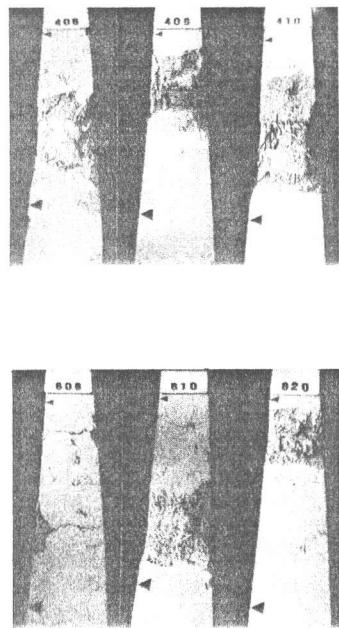
写真一 1 の最終破壊状態についてみると、複筋比が 0.4 で、あら筋間隔が 8 d、10 d の試験体は、はり中央付近において圧縮鉄筋の座屈がみられ、その部分のコンクリートの圧縮破壊の範囲が大きくなっている。圧縮鉄筋位置における平均のひずみが、最終破壊状態において、2 %を超えており、中立軸比 X_{n1} も大きくなっている。また、あら筋間隔が 6 d の試験体は、圧縮鉄筋の大きな座屈はみられず、圧縮破壊が一様にみられる。複筋比が 0.6 の試験体は、共に大きなコンクリートの圧縮破壊はみられず、圧縮鉄筋位置における平均のひずみは 1 %を超えて、中立軸比 X_{n1} も小さいようである。

5.まとめ

鉄筋コンクリートばかりの純曲げ区間ににおいて、あら筋を密に配筋することにより、圧縮鉄筋の座屈による耐力の低下を抑制することができる。この場合、あら筋の配筋間隔は圧縮鉄筋の径の倍数により配筋する方が望ましく、既応の研究⁴⁾では、 $r = 0.16, 0.36$ および 6 倍とわかっている。本研究においては、 $r = 0.4$ の場合、あら筋間隔が 8 倍では、 $5 \delta_y$ (δ_y : 降伏時のたわみ)において、圧縮鉄筋に座屈がみられるが、あら筋間隔が 6 倍では、 $6 \delta_y$ において耐力の著しい低下はみられないようである。また、 $r = 0.6$ の場合、あら筋間隔が 20 倍で、 $8 \delta_y$ においても耐力の著しい低下がみられず、これは複筋比による影響と思われる。



写真一 1 最終破壊状態



写真一 2

参考文献

- 1) 矢代、花井、清水、高松：鉄筋コンクリートばかりにおける横補強筋の効果に関する実験的研究（圧縮側主筋に対する効果）、日本建築学会大会学術講演梗概集（近畿）、1980年9月、pp 1473～1474
- 2) 矢代、清水：鉄筋コンクリートばかりの強度とじん性に関する実験的研究（その1、圧縮鉄筋に対する横補強筋の効果）、日本建築学会大会学術講演梗概集（九州）、1981年9月、pp 1475～1476
- 3) 矢代、清水：曲げを受けるはりの圧縮鉄筋の補強効果に関する実験的研究、第4回コンクリート工学年次講演会講演論文集、1982年4月、pp 349～352
- 4) 矢代、清水：鉄筋コンクリートばかりの強度とじん性に関する実験的研究（その3、圧縮鉄筋径に対する横補強筋の間隔）、日本建築学会大会学術講演梗概集（東北）、1982年10月、pp 1317～1318