

# [88] 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

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、地震時における柱のせん断破壊を防ぐとともに、曲げを受けるはり端部の強度とじん性を確保するようにしなければならない。

はりの曲げ実験は、2点集中荷重で行なわれるが、その場合純曲げ区間で、引張鉄筋の応力が降伏点に達し、その塑性ひずみが進み、圧縮側コンクリートの一部に圧縮破壊が生じると、はり終局モーメントに達し、その耐力を失う。このとき圧縮鉄筋が座屈していることがある。これは、純曲げ区間では理論的にせん断力がないため、横補強筋(あばら筋)は軸方向鉄筋の位置を確保するためのもので、間隔が密に入られていないからである。横補強筋の間隔を密にし、圧縮鉄筋が座屈しないようにすると、圧縮側コンクリートの一部に圧縮破壊が生じても圧縮鉄筋の座屈が抑制されるので、耐力はあまり低下せず、純曲げ区間全域に圧縮破壊が生ずるまで、大きな変形に耐えられることが著者らの研究でわかっている<sup>1)</sup>。

本研究は、純曲げ区間において、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、圧縮鉄筋の径と横補強筋間隔との関係と比較検討したものである。

## 2. 実験計画

横補強筋は、一般的に軸方向鉄筋を1または2本で

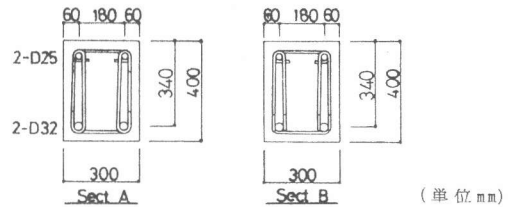
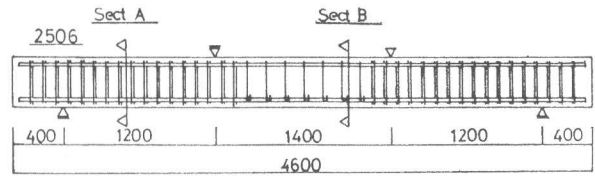


図-1

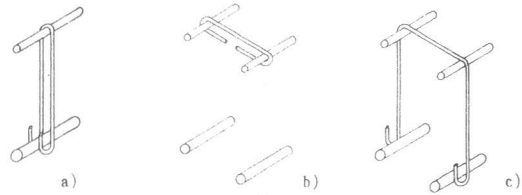


図-2

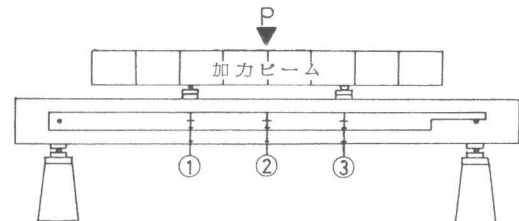
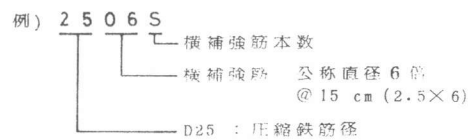


図-3 測定方法

表-1 試験体形状詳細

試験体名	試験体形状				主筋									横補強筋 (試験スパン内)					
	断面		せん断スパン	配筋	上端筋			下端筋			あばら筋			幅止め筋					
	b	D			筋径	断面積	鉄筋比	筋径	断面積	鉄筋比	筋径	間隔	筋径	断面積	鉄筋比				
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
1306	30	40	34	120	2-D13	3811	2.54	0.21	2-D32	3035	15.88	1.56	4-D10	7.5	3654	1-D10	7.5	3654	
1308	30	40	34	120	2-D13	3811	2.54	0.21	2-D32	3035	15.88	1.56	4-D10	10	3654	1-D10	10	3654	
1310	30	40	34	120	2-D13	3811	2.54	0.21	2-D32	3035	15.88	1.56	4-D10	12.5	3654	1-D10	12.5	3654	
1906	30	40	34	120	2-D19	3711	5.74	0.48	2-D32	3073	15.88	1.56	4-D10	10	3654	1-D10	10	3654	
1908	30	40	34	120	2-D19	3711	5.74	0.48	2-D32	3073	15.88	1.56	4-D10	15	3654	1-D10	15	3654	
1910	30	40	34	120	2-D19	3711	5.74	0.48	2-D32	3086	15.88	1.56	4-D10	20	3654	1-D10	20	3654	
2504	30	40	34	120	2-D25	3284	10.14	0.85	2-D32	3098	15.88	1.56	4-D10	10	3654	1-D10	10	3654	
2506	30	40	34	120	2-D25	3274	10.14	0.85	2-D32	3098	15.88	1.56	4-D10	15	3654	1-D10	15	3654	
2508	30	40	34	120	2-D25	3274	10.14	0.85	2-D32	3098	15.88	1.56	4-D10	20	3654	1-D10	20	3654	
2510	30	40	34	120	2-D25	3284	10.14	0.85	2-D32	3098	15.88	1.56	4-D10	25	3654	1-D10	25	3654	
2506S	30	40	34	120	2-D25	3284	10.14	0.85	2-D32	3098	15.88	1.56	2-D10	15	3654	1-D10	15	3654	
2506W	30	40	34	120	2-D25	3274	10.14	0.85	2-D32	3098	15.88	1.56	4-D10	15	3654	2-D10	15	3654	

囲むように配筋するが、本研究では圧縮鉄筋の座屈による影響を比較するために、図-2 a) に示すように引張鉄筋にはフックをかけずに添えるようにした横補強筋(以下あばら筋とする)と、b) に示すように圧縮鉄筋と圧縮鉄筋間にかけて横補強筋(以下幅止め筋とする)とに分け、さらに、図-2 c) に示すようなあばら筋と幅止め筋とを合わせた横補強筋とに分けることとした。

試験体は12体計画し、試験体の形状は、 $b \times D = 30 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}$ 、 $d = 34 \text{ cm}$ 、 $dc = dt = 6 \text{ cm}$ とし、純曲げ区間を140 cm、せん断スパンを120 cmとした。圧縮鉄筋にはD25、D19、D13(SD30)を、引張鉄筋にはD32(SD30)を、また横補強筋(あばら筋・幅止め筋)にはD10(SD30)を使用した。各々の試験体の純曲げ区間内の横補強筋間隔は、圧縮鉄筋の公称直径の6倍、8倍、10倍を基本とした。圧縮鉄筋にD13を用いて、あばら筋間隔を6倍(@7.5 cm)としたものを1306、8倍(@10 cm)としたものを1308、10倍(@12.5 cm)としたものを1310とした。圧縮鉄筋にD19を用いて、あばら筋間隔を6倍(@10 cm)としたものを1906、8倍(@15 cm)としたものを1908、10倍(@20 cm)としたものを1910とした。圧縮鉄筋にD25を用いて、あばら筋間隔を4倍(@10 cm)としたものを2504、6倍(@15 cm)としたものを2506、8倍(@20 cm)としたものを2508、10倍(@25 cm)としたものを2510とした。また、2506と同間隔であばら筋と幅止め筋と合わせた横補強筋(図-2 C)を1本用いたものを2506 S、2本用いたものを2506 Wとした。

### 3. 加力方法および測定方法

加力は2点集中正側繰返し加力とした。繰返しは加力点における変位により制御し、1/100 rad を基準に2/100 rad より9/100 rad まで、1/100 rad 増加するごとに3回行ない、最終的に10/100 rad まで行なった。

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式変位計により測定した。また、たわみの他に軸方向鉄筋・横補強筋・コンクリートのひずみ、ひび割れを測定した。

### 4. 実験結果

実験結果一覧を表-2に、最終破壊状態を写真-1に、荷重変形曲線(包絡線)を図-4、5、6に示す。なお表-2中のMuは略算式 $Mu = 0.9 \cdot at \cdot \sigma_y \cdot (D - dt)$ により求めた値で、Meはe関数法によって求めた値である。

図-4、5の荷重変形曲線についてみると、圧縮鉄筋にD13、D19を用いた場合、あばら筋間隔が6dの1306、1906は、部材の降伏した後、降伏たわみ( $\delta_y$ )の4倍くらいまで耐力が上昇するが、5 $\delta_y$ 付近で耐力は低下する。この耐力の低下は、圧縮破壊によるものと思われ、圧縮鉄筋が細い程大きいようである。その後、10 $\delta_y$ 付近まで耐力を保持している。また、あばら筋間隔が8d、10dの1308、1310、1908、1910は、部材の降伏した後、1306、1906と同様に4~5 $\delta_y$ くらいまで耐力は上昇し、圧縮破壊により5~6 $\delta_y$ くらいで耐力は低下する。その後8~9 $\delta_y$ まで耐力を保持し、10 $\delta_y$ 付近で耐力は1306、1906に比べ、大きく低下している。また図-6の圧縮鉄筋がD25の場合についてみると、全試験体ともに10 $\delta_y$ まで耐力の低下はみられなかった。これは小さな圧縮破

表-2 実験結果一覧

試験体名	コンクリート		実験値				計算値		My Me	Mmax Mu	Mmax Me
	材令	圧縮強度	降伏耐力	最大耐力		略算値	e関数法				
	日	kg/cm <sup>2</sup>	tm	t	tm	tm	tm				
1306	46	325	15.2	13.4	16.1	14.8	14.3	1.06	1.09	1.12	
1308	47	296	15.2	13.3	15.9	14.8	14.3	1.07	1.08	1.12	
1310	48	336	14.9	13.3	15.9	14.8	14.4	1.03	1.07	1.10	
1906	44	307	15.2	13.8	16.5	14.9	14.5	1.05	1.11	1.11	
1908	43	330	15.7	13.6	16.4	15.0	14.5	1.08	1.10	1.13	
1910	45	318	15.1	13.3	16.0	15.0	14.6	1.04	1.06	1.09	
2504	34	288	15.2	14.3	17.2	15.1	14.5	1.04	1.14	1.18	
2506	35	320	15.2	13.9	16.7	15.1	14.6	1.04	1.11	1.14	
2508	36	313	15.2	14.2	17.0	15.1	14.6	1.04	1.13	1.16	
2510	41	306	15.3	14.1	16.9	15.1	14.6	1.05	1.12	1.05	
2506S	38	304	15.2	13.9	16.7	15.1	14.6	1.04	1.11	1.15	
2506W	37	306	14.9	14.3	17.2	15.1	14.6	1.02	1.14	1.18	

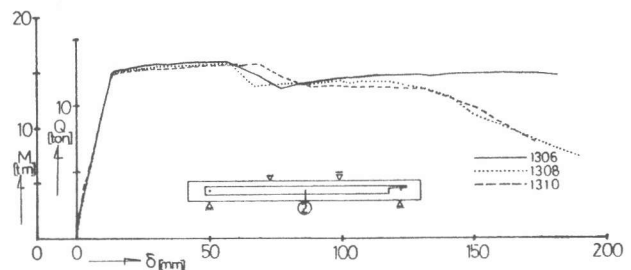


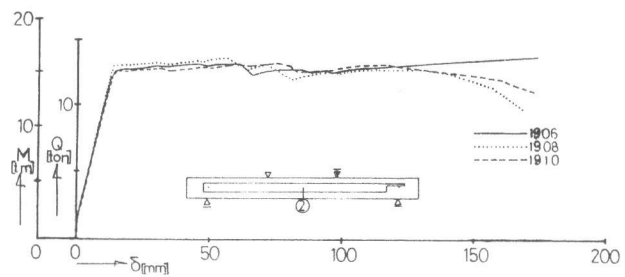
図-4

壊が生じてても、複筋比 $\rho$ が大きいために、その部分の圧縮破壊が大きくならなかったためと思われる。

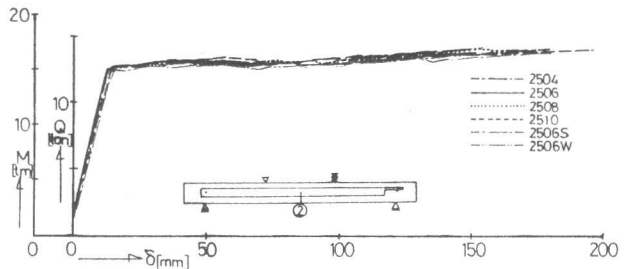
純曲げ区間における変形状態を比較するために、加力点における変位量を横軸に、純曲げ区間の変位量（中央の変位－両加力点の変位の平均値）を縦軸にとると、図－7のようになる。圧縮鉄筋にD13、D19を用いた場合、加力点における変位が50mmくらいまでは、各試験体の変位に差はあまりみられない。しかし、加力点における変位が増すにしたがって、各試験体に差が生じてくる。その変位量は圧縮鉄筋にD19を用いた試験体に比べ、D13を用いた試験体の方が大きいようである。

また、同じ圧縮鉄筋を用いた試験体について比較すると、加力点における変位が100mmを過ぎると、あばら筋の間隔を6dとした1306、1906に比べ、他の試験体の変位量は大きいようである。さらに純曲げ区間における変位が増加する割合は、あばら筋間隔が6dの1306、1906は余り変化しないが、他の1308、1310、1908、1910は徐々にその割合が大きくなっている。この増加する割合の変化は、コンクリートの圧縮破壊、圧縮鉄筋の座屈によるものと思われる。次に圧縮鉄筋にD25を用いた場合、加力点における変位が増すにつれ、横補強筋間隔が広い試験体ほど純曲げ区間の変位は大きいようである。しかし、圧縮鉄筋にD13、D19を用いた場合と異なり、各試験体における純曲げ区間の変位の増加する割合は、余り変化してないようである。これは、横補強筋の間隔により増加する割合が異なっているが、圧縮鉄筋に大きな座屈がみられなかったためと思われる。また2508の純曲げ区間の変位が少なく表わされているが、これは加力点付近から圧縮破壊が生じたためと思われる。

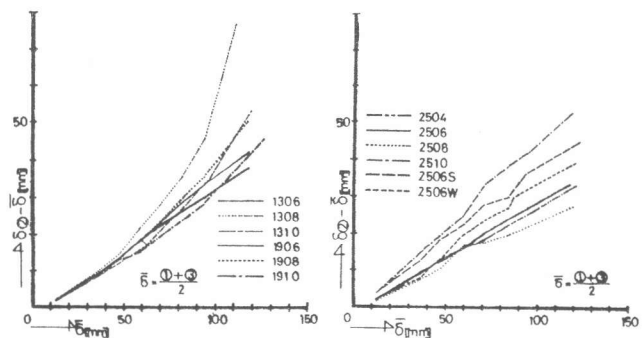
写真－1の最終破壊状態をみると、圧縮鉄筋にD13、D19を用い、あばら筋間隔が8d、10dの試験体は、はり中央部において座屈が生じており、その部分のコンクリートの圧縮破壊の範囲が大きくなっている。また、あばら筋間隔が6dの試験体および圧縮鉄筋にD25を用いた試験体は、大きな座屈はみられず、圧縮破壊も純曲げ区間で一



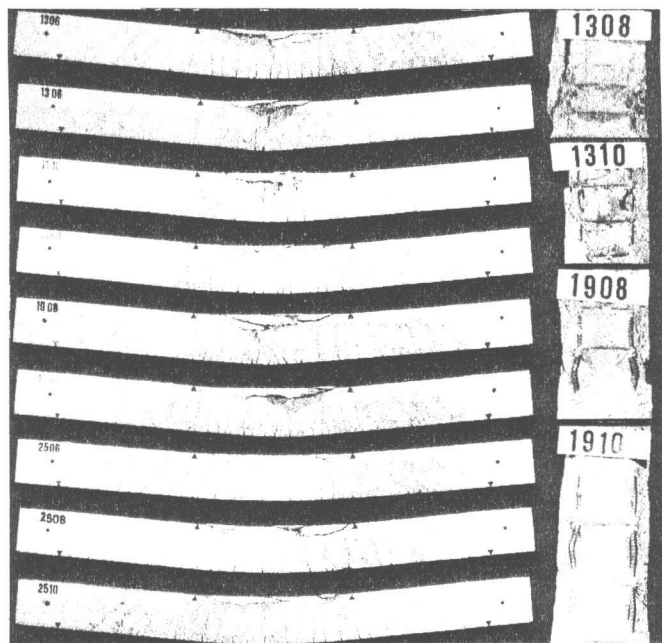
図－5



図－6



図－7



写真－1 最終破壊状態

様にみられ、その範囲は圧縮鉄筋の位置付近までみられ、1308、1310、1908、1910に比べ少ない。また、2508は圧縮破壊が加力点付近から生じ、純曲げ区間内に一様にみられる。

図-8の横補強筋(あばら筋)のひずみ状態についてみると、圧縮鉄筋がD19の場合、部材の降伏時、圧縮破壊時には、ひずみは余りみられない。しかし圧縮破壊により耐力が低下すると、ひずみが生じてくる。さらに最終ループにおける加力点のたわみが120mmでは、大きなひずみが生じてくるが横補強筋間隔が6dの1906は他の試験体のひずみに比べ小さい値になっている。そのとき横補強筋間隔が10dの1910のひずみは一部降伏ひずみに達しているが、1906のひずみは降伏ひずみの約1/2程度である。圧縮鉄筋がD25の場合、複筋比 $r$ が大きいために、加力点におけるたわみが120mmでは圧縮鉄筋の座屈は明らかではないが、そのときのひずみは横補強筋間隔が4dの2504、6dの2506では降伏ひずみの1/2より小さく、横補強筋間隔が広くなるにしたがって、ひずみは大きくなっている。

### 5. まとめ

鉄筋コンクリートばりの純曲げ区間において、横補強筋(あばら筋)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、横補強筋の間隔は圧縮鉄筋の径の倍数により配筋することが望ましく、圧縮鉄筋の径のおよそ6倍あれば、じん性の向上が得られることがわかった。

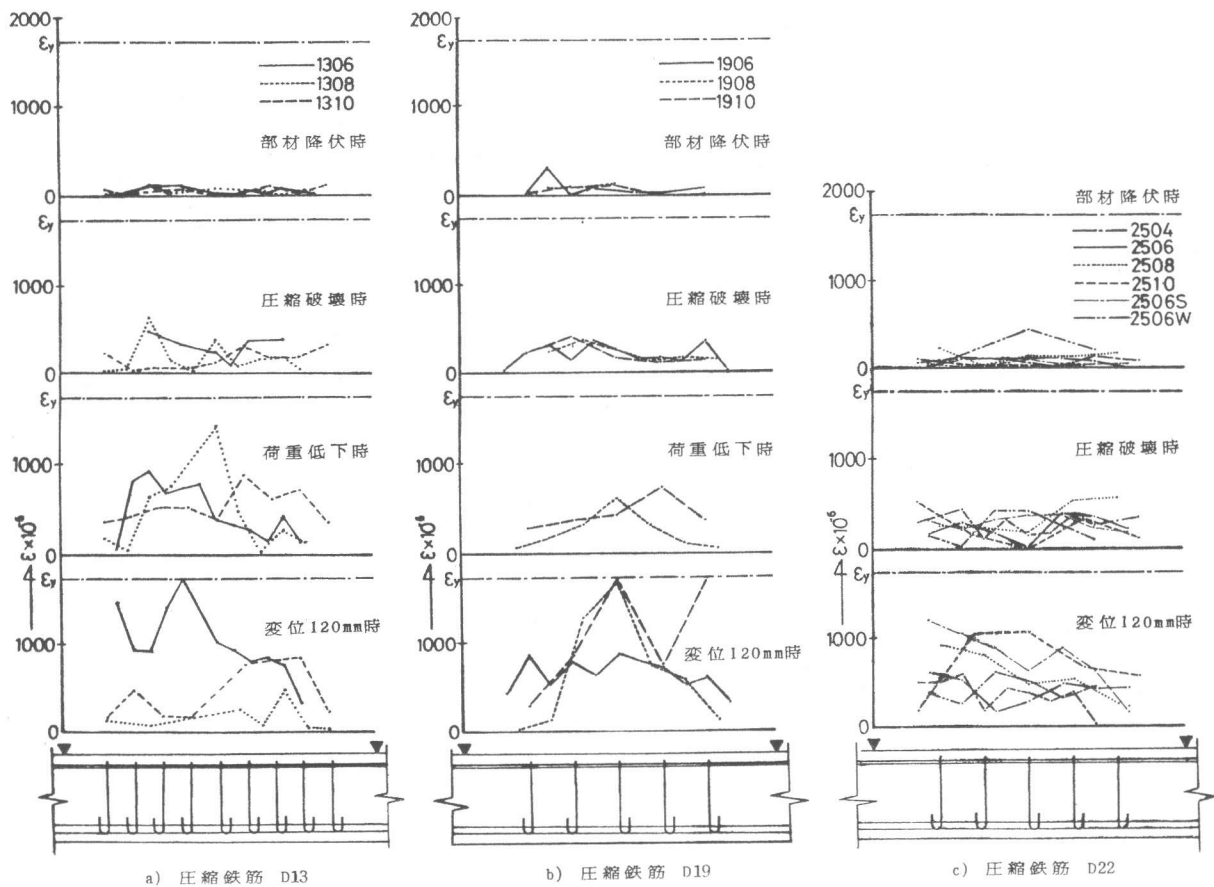


図-8 あばら筋ひずみ状態

### 参考文献

- 1) 矢代・清水, 鉄筋コンクリートば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, PP1475-1476
- 2) 矢代, 花井, 清水, 高松, 鉄筋コンクリートば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, PP1473-1474