

# [71] 束ね鉄筋の配筋形状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 ○桜田 智之 (日本大学生産工学部)

## 1. まえがき

筆者らは先に束ね鉄筋に関する実験を行ない、太径鉄筋(D32)を用いた2本束ねおよび3本束ね配筋が従来通りの配筋と比較して変形状、ひび割れ状態などの点で著しい差異が認められなかったことを報告し、また重ね継手を有する束ね鉄筋の継手方法とその必要重ね継手長さを実験的に確認し設計資料を得ている。しかし近年構造部材にはより高いじん性レベルが要求され、通常配筋部材ではじん性を高めるために横補強筋を用いると有効であることが確められている。<sup>6)</sup>そこでまず、種々の束ね配筋形状と従来通りの配筋方法との比較を大変形時におけるじん性を対象として検討した上で、束ね鉄筋における継手の問題を更に検討することとした。

本報告は前回までの報告を基とし、束ね鉄筋継手部分に十分なじん性をもたせるための継手方法を検討する上で基礎となる束ね配筋の形状による差異、すなわち、1段配筋、2段配筋、水平および垂直2本束ね、3本束ね配筋と配筋形状を変化させた場合、および束ね鉄筋と等価の断面積をもつ太径鉄筋の場合について曲げ実験を行ない、変形状、破壊状態、ひび割れ幅などの検討をしたものである。

## 2. 実験の概要

実験は純曲げスパンを有する単純ばり形式とし、図1に試験体の概要および断面形状を示す。配筋は各試験体共断面の有効せいを同一とした上で種々の束ね形状を考慮した。2本束ね鉄筋では水平配置と垂直配置の場合を、また3本束ねでは三角形配置とL型配置の場合を計画し、束ね鉄筋と等価の断面積を有する試験体では3-1HEのD32が2本束ね2-D22の断面積に、2-1HEに使用したD38は3本束ね3-D22の断面積に概ね相当している。

せん断スパンのあばら筋補強は2-D10@5cm ( $P_w = 0.95\%$ )とし十分に補強し、純曲げスパンにおける横補強筋は2-D10@20cm ( $P_w = 0.24\%$ )とした。

加力は2点集中加力とし、降伏変位の倍数で5倍まで1方向の繰返しを行ない、その後大変形時における挙動を観察するため6-2VB, 6-3TB, 3-1HEは正負の繰返しをし、その他の試験体についても、実験上加力可能な限り(降伏変位の約10倍)加力した。

変位の測定には電気式変位計を使用し、試験体中央および加力点の計3点で測定し、鉄筋ひずみの測定はひずみゲージを鉄筋表面に約30cm間隔で貼付して行ない、長期およびはり降伏時のひび割れ幅はマイクロスコープにより引張側主筋重心線上で測定した。

使用鉄筋の性質は表1に示すとおりであり、各鉄筋

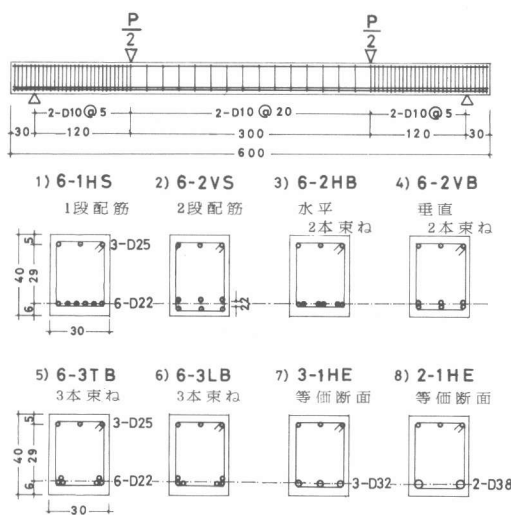


図1 試験体形状および種類 (単位 cm)

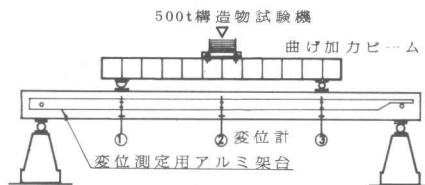


図2 加力および測定装置

共横ふし型である。

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表2に、実験時の強度は表4に示す。

### 3. 実験結果

#### 3.1 配筋形状とひび割れの関係

ひび割れに関する測定は純曲げ区間における引張鉄筋重心位置にて行なった。図3ははり降伏時までのひび割れ本数の推移である。長期荷重時からはり降伏時の間に新たなひび割れが発生する割合はわずかであり、水平2本束ね配置とした6-2HBを除く他の試験体では降伏時におけるひび割れ本数の85%以上が長期時にすでに発生している。配筋形状とひび割れ本数の関係で明瞭な特徴はみられないが、水平配置によるものは垂直配置に比べると長期時のひび割れ本数が少なくなる傾向を示している。図4に示す平均ひび割れ幅曲線は純曲げ区間に発生したひび割れ幅の合計をひび割れ本数で除したものである。長期時において1段配筋の6-1HSと比較すると、水平2本束ねとした6-2VBおよび等価鉄筋断面とした3-1HE、2-1HEが若干小さな値を示しているが、各試験体共その差は僅かであり、

A. C. I. ark式による引張側平均ひび割れ幅の算定値(0.097mm)にほぼ対応している。

長期時における最大ひび割れ幅では6-2HBおよび6-3LBが0.225mmとなっているが0.25mmを超えるひび割れは生じておらず耐久上差しつかえない程度と思われる。また、長期時における最大残留ひび割れ幅は各試験体共0.05mm、平均残留ひび割れ幅は0.03mm前後であった。降伏時におけるひび割

6-3IB	
①	②③④
①	引張鉄筋の数
②	1束の鉄筋数
③	H: 水平配置 V: 垂直配置 T: 三角形配置 L: L形配置
④	S: 通常配筋 B: 束ね配筋 E: 等価断面

表1 使用鉄筋の性質

使用鉄筋	使用箇所	$\sigma_y$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{max}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
D10	あばら筋	3780	5160
D25	上端筋	3420	5400
D22	下端筋	3620	5560
D32	下端筋	3430	5800
D38	下端筋	3590	6190

表2 使用コンクリートの調合

粗骨材の最大寸法(mm)	スランブ(cm)	W/C (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )			
			水	セメント	砂	砂利
10.0	19.7	53	172	326	796	1011

表3 鉄筋断面積と周長の比較

引張鉄筋	公称断面積(cm <sup>2</sup> )	公称周長φ(cm)	束ね鉄筋の有効周長			周長の比較φe1/φ
			φe1	φe2	φe3	
2-D22	7.74	14.0	1.00φ	0.82φ	0.70φ	1.00
3 D22	11.61	21.0	0.83φ	0.65φ	0.58φ	0.83
1-D32	7.94	10.0	—	—	—	0.71
1 D38	11.40	12.0	—	—	—	0.57

φe1: コンクリートに接する外周  
φe2: 束ね鉄筋の包絡線  
φe3: 等価断面鉄筋の周長

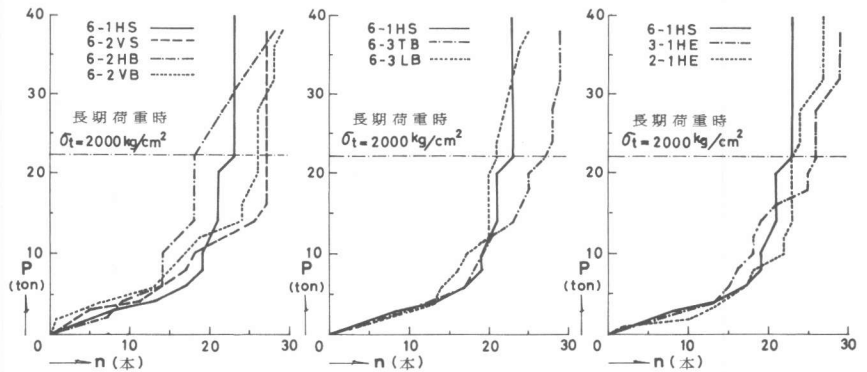


図3 ひび割れ本数の推移

表4 実験結果一覧

試験体名	コンクリート Fc (kg/cm <sup>2</sup> )	実験時 Pmax (ton)	長期時のひび割れ					降伏時のひび割れ					破壊種別
			Wo (mm)	Wmax (mm)	Wro (mm)	Wrmax (mm)	n (本)	Wo (mm)	Wmax (mm)	Wro (mm)	Wrmax (mm)	n (本)	
6-1HS	299	39.8	0.093	0.150	0.033	0.050	23	0.180	0.750	0.047	0.200	23	C
6-2VS	294	39.1	0.101	0.175	0.032	0.050	27	0.205	0.300	0.085	0.250	28	C
6-2HB	294	39.2	0.109	0.225	0.033	0.050	18	0.153	0.550	0.055	0.400	27	C
6-2VB	314	39.2	0.079	0.150	0.027	0.050	26	0.149	0.350	0.032	0.250	29	C
6-3TB	314	39.5	0.091	0.175	0.031	0.050	27	0.178	0.475	0.054	0.300	29	C
6-3LB	312	39.1	0.112	0.225	0.035	0.050	21	0.226	0.995	0.050	0.600	25	C
3-1HE	292	38.7	0.072	0.125	0.033	0.050	26	0.153	0.850	0.053	0.550	29	C
2-1HE	292	40.0	0.087	0.150	0.027	0.050	23	0.167	0.350	0.039	0.150	27	C

Wo: 平均ひび割れ幅 Wmax: 最大ひび割れ幅 Wro: 平均残留ひび割れ幅  
Wrmax: 最大残留ひび割れ幅 n: 純曲げ区間ひび割れ本数 C: 曲げ圧縮破壊

れ幅ではL型3本束ねとした6-3LBが平均、最大ひび割れ幅とも他の試験体と比較し大きめの値となっている。また、最大ひび割れ幅を示すひび割れが長期時および降伏時共、同一個所であったのは3本束ね配筋の2体だけであり、他の試験体では全く異なる個所で最大ひび割れが発生している。

図5に純曲げ区間におけるひび割れ間隔の分布を示す。等間隔にひび割れが分散することが望ましいと考えれば、2段配筋である6-2VSが最も良い分散性を示しており、1段配筋の6-1HSは長期時、降伏時とも良好な分布形状とはいえない。また束ね配筋とした場合のひび割れ分散性は今回の実験では比較的良好的な結果が得られている。

以上ひび割れの面から配筋形状による差異をみた場合、2本束ね、3本束ね、等価断面鉄筋の場合共、1段配筋と比較し使用上問題となるような点はみられないが、2本束ねにおける水平配置と垂直配置、3本束ねにおける三角形配置とL形配置との比較では平均および最大ひび割れ幅、ひび割れ本数、分散性などの点で2本束ねでは垂直配置が、3本束ねでは三角形配置が若干良好な結果を示している。

### 3.2 配筋形状と変位の関係

図6は純曲げスパンにおける変位量を示しており、試験体中央の変位から加力点位置の変位の平均を減じて求めた。図6㉑は1段配筋と2本束ね配筋の比較を、㉒は1段配筋と3本束ね配筋の比較を、㉓および㉔は束ね配筋と等価断面鉄筋の場合の比較を示している。各試験体の初期剛性、降伏変位の比較では配筋形状による差はほとんどみられない。また目視による初期ひび割れ荷重は各試験体共ほぼ2.0 tonであった。(試験体のタイプにより鉄筋の降伏応力は若干異なるが鉄筋断面積と

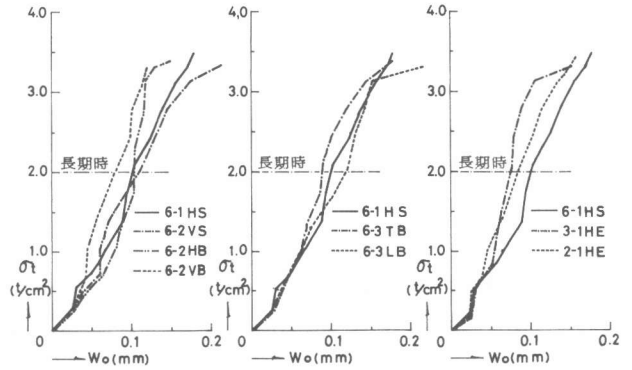


図4 鉄筋応力度-平均ひび割れ幅曲線

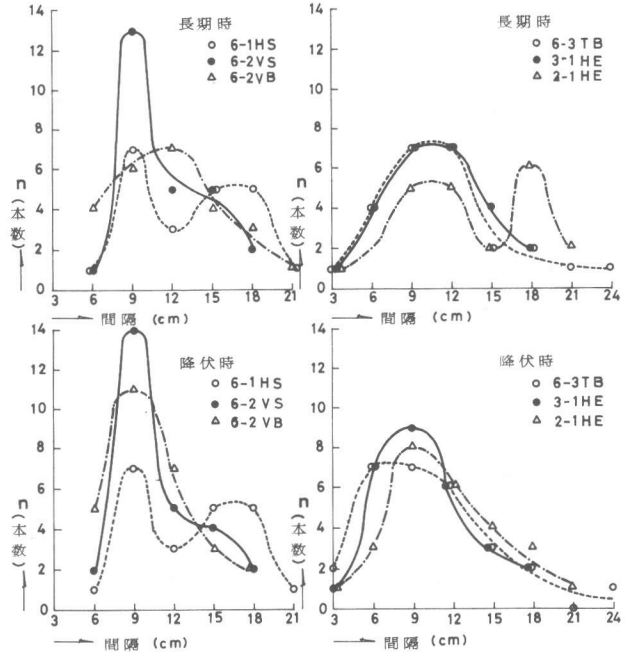


図5 ひび割れ間隔の分布

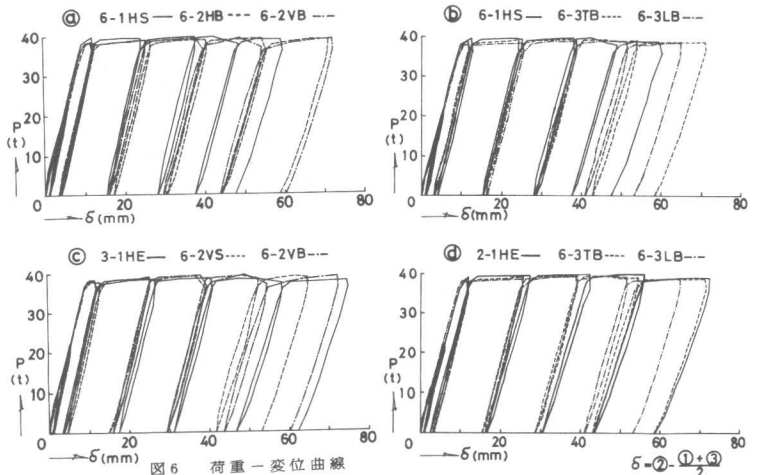


図6 荷重-変位曲線

対応させた場合、算定上の降伏耐力はほぼ同様になっている)は降伏後の変形状においても配筋形状あるいは有効周長の相異なる影響は全くみられず、各試験体共、圧縮側コンクリートが圧壊した後も耐力低下を生ぜずかなり良好なじん性を示している。

### 3.3 破壊形状

図8は実験最終時の破壊形状で、降伏変位( $\delta y$ )の約10倍時の状態を示してある。ひび割れ形状からみた破壊の過程は各試験体、同様に $3\delta y \sim 4\delta y$ 時に圧縮側の1~2個所でコンクリートの圧縮ひび割れを生じ、その後変形の増大に伴い各所で新たな圧壊を生ずる。次いでそれらが連続しながら純曲げスパン全体に圧縮破壊ゾーンが拡大していくが、この時点でも耐力の低下はみられなかった。図9はこの過程を変位曲線と共に図示したものである。また、水平2本束ねの6-2HB、L形3本束ねの6-3LBおよび太径鉄筋を使用した3-1HE、2-1HEでは最初の圧縮ひび割れを生じた時点より試験体側面において引張主筋に沿う縦ひび割れが発生しており、この点に関しては配筋形状あるいは有効周長に対する検討が必要になろう。なお各試験体共、底面における縦ひび割れは実験終了時においても発生していない。

### 4. まとめ

束ね鉄筋を種々の配筋形状により検討した結果、1段配筋による場合と比較して、鉄筋を束ねたことによる明らかな差異は認められず、かなりの変形に対し耐力を維持出来ることが確認された。なお束ね鉄筋の問題点はその継手にあると考えられるので、今後十分なじん性を維持出来る重ね継手方法およびその場合の有効周長の算定法などについて検討する予定である。

#### 参考文献

- 1) 矢代「たばね配筋」建築技術 1970年3月号 No.223
- 2) 矢代・他「たばね配筋を用いたはりの曲げ実験」コンクリートジャーナル 1968年 10月号
- 3) 矢代・他「たばね鉄筋の継手に関する実験的研究」建築学会大会要覧集 1971年 近畿 P 729
- 4) 矢代・他「2本束ね鉄筋の継手に関する実験的研究」建築学会大会要覧集 1980年 近畿 P 1805
- 5) 矢代・他「束ね鉄筋の継手方法に関する実験的研究」第2回コンクリート工学年次講演会論文集 1980年
- 6) 矢代・他「鉄筋コンクリートばりにかける横補強筋の効果に関する実験的研究」建築学会大会要覧集 1980年 近畿 P 1473

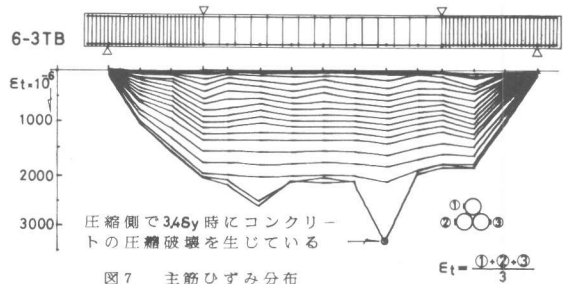


図7 主筋ひずみ分布

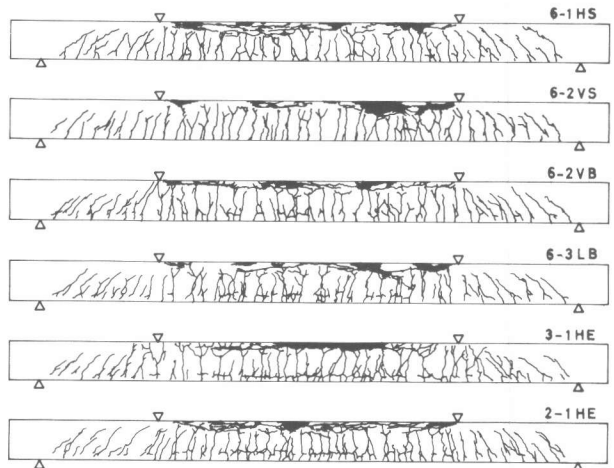


図8 最終破壊形状

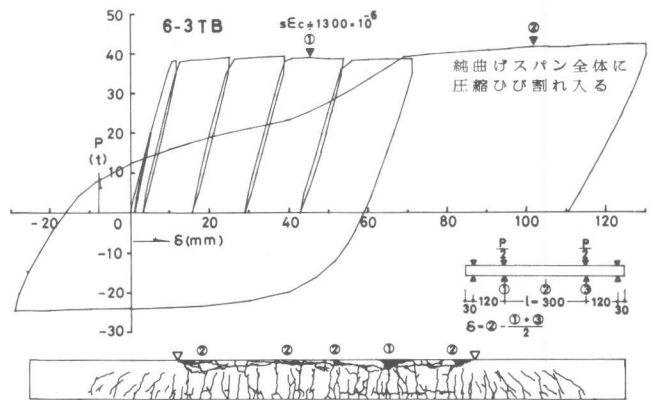
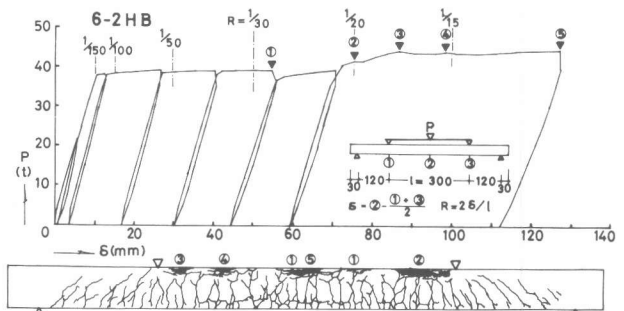


図9 変形状と崩壊過程