

[72] 2本束ね鉄筋の重ね継手長さに関する研究

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

束ね鉄筋における重ね継手では、数本の鉄筋が接しあうため、鉄筋をとりまくコンクリートの表面積が減少するので、通常の場合に比べ継手長さはより長い値を必要とすることになる。また束ね鉄筋とした場合の継手長さを長くする程度、あるいは継手部の補強方法など設計に対する規定については、その基礎となる必要定着長さに関する考え方の相異により、各規定に差がみられるのが現状である。

筆者らは先に束ね鉄筋および重ね継手に関する実験を行ない、太径(D32)を用いた、継手を有する束ね鉄筋の場合でも従来通りの配筋と比較して著しい差異が認められなかったことを確認し、¹⁾ 割裂破壊を防止し部材のじん性を高めるために重ね継手部分の横補強筋が効果的であることを報告しているが、²⁾ 近年、より高いじん性レベルでの継手部の安全性が要求されており、この点に関する確認をする必要がある。そこで前回の束ね鉄筋の配筋形状に関する報告では、³⁾ 大変形時におけるじん性を対象に検討し、継手がない場合であるが、種々の配筋形状による束ね鉄筋が、かなりの変形に対し耐力を維持出来ることを確認している。

今回の報告は添え筋を用いた2本束ね鉄筋の重ね継手について、大変形時までを対象とした曲げ実験を行ない通常の場合の実験結果と対応させることにより、束ね鉄筋の有効周長を実験的に確認し、必要重ね継手長さの算定に関する資料を得ることを目的としたものである。

2. 実験の概要

実験は図1に示すよう2つのシリーズに分けられる。Iシリーズは30d~45dの継手長さを有する2本束ね鉄筋の試験体であり、IIシリーズは通常の場合の重ね継手による試験体である。I、IIシリーズ共は断面は同一で、純曲げスパンを有する単純ばり形式とし、純曲げスパン内に継手部分をおさめてある。純曲げスパン内の横補強筋は2-D10@20cmを基準としたが、必要重ね継手長さの判定に影響を与える要素を少なくするため、重ね継手部分には横補強筋を2-D10@10cmで配置し、また圧縮筋の座屈を防止するために、純曲げスパン内の圧縮筋は2-D10@10cmで補強した。なお圧縮筋に対する座屈補強筋(D10)は、はりせいの中央部分でフックをつけ定着させた。

Iシリーズの2本束ね鉄筋の形状は水平配置とし、添

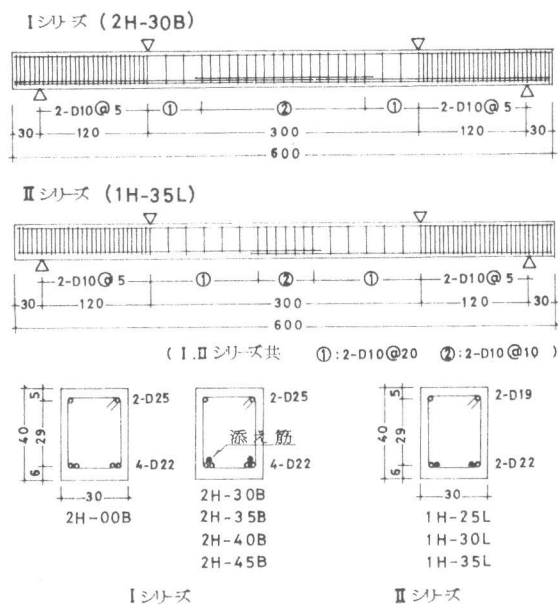


図1 試験体形状および種類 (単位 cm)

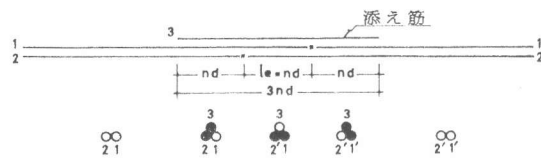


図2 2本束ね鉄筋の継手 (Iシリーズ)

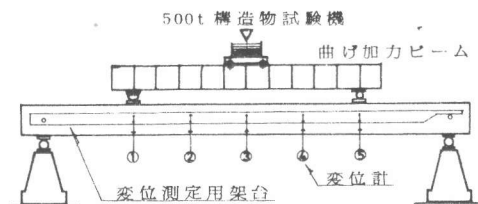


図3 加力および測定装置

え筋は束ね鉄筋の上部に配置した。図2は重ね継手部分における応力伝達の基本仮定を示したもので、黒丸はその部分で応力を伝達しあう鉄筋を示している。なおⅡシリーズの場合も鉄筋は水平配置としてある。

加力は2点集中とし、降伏変位の倍数で1方向の繰返しを行ない、実験上可能な限り(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図3に示す5点で測定し、鉄筋のひずみはひずみゲージを鉄筋表面に約30cm間隔で貼付して行なった。またひび割れ幅はマイクロスコブにより試験体測面の引張側重心線上にて測定した。

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3に示す。

3. 実験結果

3.1 継手長さとおひび割れの関係

ひび割れに関する測定は重ね継手を配置した純曲げ区間にて行なった。図4はひび割れ発生本数の推移を示すものであるが、長期時よりは降伏時までの間に新たなひび割れが発生する割合はⅠ、Ⅱシリーズ共僅かである。継手長さの相違によるひび割れ本数の差はみられないが、2本束ね鉄筋としたⅠシリーズのひび割れは鉄筋突付け部および添え筋端部では短間隔に発生し、重ね継手の中間部では縦ひび割れを伴うようなひび割れは発生せず、比較的長間隔の曲げひび割れとなっている。

長期荷重時における最大ひび割れ幅は束ね鉄筋としたⅠシリーズでは40Bの0.175mmを除くと、0.25mmとなっており使用上の許容限界に近い値となっている。前報³⁾の継手のない2本束ね鉄筋で水平配置

試験体記号の説明

2H-35B
①②③④

① 配筋方法
1:通常の重ね継手
2:2本束ね鉄筋

② 水平配置

③ 継手長さ
35:35d (dは公称径)

④ B:束ね鉄筋
L:重ね継手

表1 使用鉄筋の性質

使用鉄筋	使用箇所	σ_y (kg/cm ²)	σ_{max} (kg/cm ²)
D10	あばら筋	3780	5160
D19	上端筋	4130	5990
D22	下端筋	3620	5560
D25	上端筋	3290	5230

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 ³)		
			水	セメント	砂
10.0	21.0	47	172	366	764

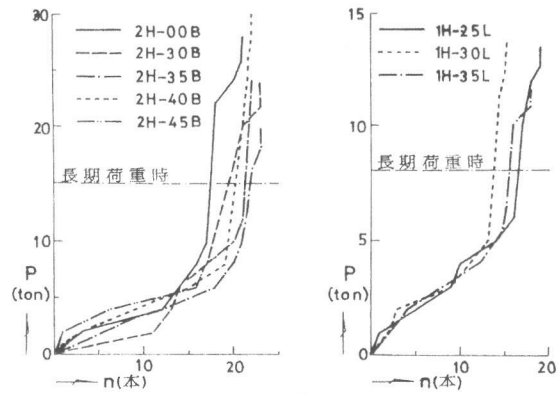


図4 ひび割れ本数の推移

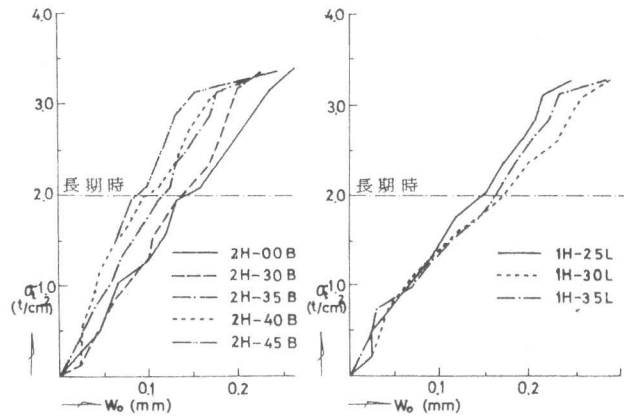


図5 鉄筋応力度—平均ひび割れ幅曲線

表3 実験結果一覽

シリーズ	試験体名	継手長さ le, l (cm)	コンクリート Fc (kg/cm ²)	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
					W0 (mm)	Wmax (mm)	LWro (mm)	Wro (mm)	Wrmax (mm)	n (本)	W0 (mm)	Wmax (mm)	Wro (mm)	Wrmax (mm)	n (本)		
Ⅰ	2H-00B	—	314	30.3	0.134	0.225	0.180	0.700	0.044	0.100	17	0.274	0.775	0.075	0.600	21	C
	2H-30B	66	316	29.1	0.134	0.250	0.142	0.750	0.036	0.100	19	0.223	1.000	0.065	0.500	23	S
	2H-35B	77	316	30.2	0.111	0.250	0.157	1.100	0.027	0.050	21	0.218	1.200	0.074	0.800	23	C
	2H-40B	88	322	30.9	0.093	0.175	0.154	1.000	0.023	0.050	20	0.224	1.325	0.085	0.850	21	C
	2H-45B	99	318	31.3	0.083	0.250	0.182	1.300	0.020	0.050	21	0.249	1.450	0.099	1.075	22	C
Ⅱ	1H-25L	55	328	15.0	0.152	0.250	0.199	0.700	0.050	0.075	16	0.246	0.725	0.067	0.400	19	C
	1H-30L	66	319	15.2	0.162	0.250	0.211	0.700	0.055	0.100	15	0.285	0.850	0.101	0.600	18	C
	1H-35L	77	319	15.3	0.173	0.275	0.257	0.500	0.063	0.100	13	0.298	0.550	0.095	0.275	15	C

le: Ⅰシリーズの重ね継手長さ nd W0: 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
 l: Ⅱシリーズの重ね継手長さ nd 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
 LWro: はり降伏経過後の長期荷重相当時における平均残留ひび割れ幅 LWro: LWro時における最大ひび割れ幅
 S: 付着割裂破壊

の場合、最大ひび割れ幅は0.225mmであり、今回の同様の試験体O O Bもまた0.225mmであったことと比較すると、継手を設けることにより最大ひび割れ幅は若干増加する程度であり、その割合は顕著ではない。しかし各試験体共、はり降伏時では応力伝達が急勾配となる継手端部に発生するひび割れが顕著であり、継手のない場合に比べ約2倍に近いひび割れ幅となっているものもある。表3の最大ひび割れ幅はすべて鉄筋突付け部(図6 E点)に発生している。添え筋端部に比べ突付け部のひび割れ幅が増大する原因は、添え筋ではスリップが片方向であるのに対し、突付け部では両方向のスリップが生ずるためであると思われる。またはり降伏を経験した後の長期荷重相当時におけるひび割れ幅は長期荷重時の3倍以上となっておりかなりの量が残留することを示している。IIシリーズもほぼIシリーズ同様の傾向を示すが、長期時における最大ひび割れ幅が重ね継手端部に生ずるだけでなく、継手端部と加力点の間部にも同程度の幅のひび割れが発生することが特徴的である。

3.2 継手部における主筋ひずみ分布

図7はI, IIシリーズにおける継手部各鉄筋のひずみ分布例を示したものである。両シリーズ共(図)より重ね継手部各鉄筋のひずみ分担率は異なっても、各部におけるひずみのトータルはほぼ一定の状態にあり、継手部全体としての応力伝達は良好であるといえる。通常重ねであるIIシリーズの1H-35Lでは重ね継手のひずみは三角形分布となっており、ほぼ仮定通りのひずみ分布である。重ね鉄筋継手の2H-35Bは基本的には添え筋を介する両側の継手(図(b)+(c))と中央部の通常継手(図(a))との計3か所の重ね継手により成立していると考えられるが、図(c)にみられるひずみ分布の組合せとはなっておらず、応力伝達の様子は複雑である。添え筋のひずみ分布(図(c))は必要かつ十分な長さの場合、台形に近い分布になるはずであるが、中央部では降伏ひずみに達しておらず添え筋長さに余裕のあることを示しており、また添え筋の端部がその部分のトータルひずみの20%近くを負担していることが目立つ。これはIシリーズの各試験体にみられる傾向である。添え筋端部にかなりのひずみが発生する原因は添え筋を重ね鉄筋の上部に配置したことによる鉄筋間の噛み合いとも考えられるが、結果的には添え筋端部で同一個所にある他筋の応力負担を軽減していることになる。

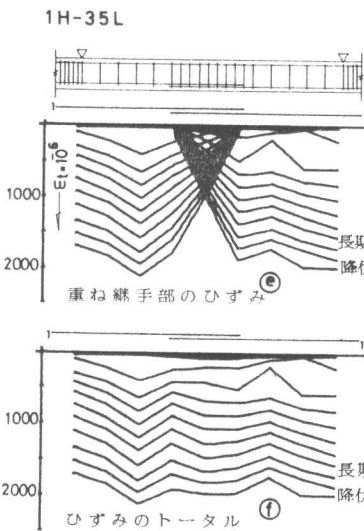


図7 継手部における主筋ひずみグラフ

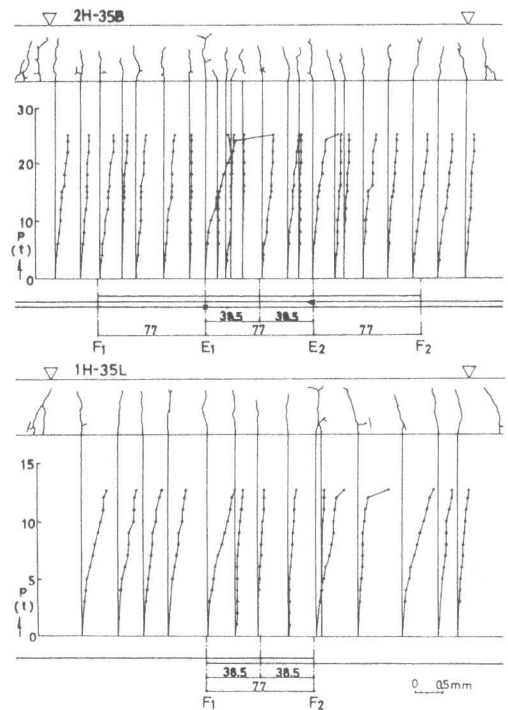
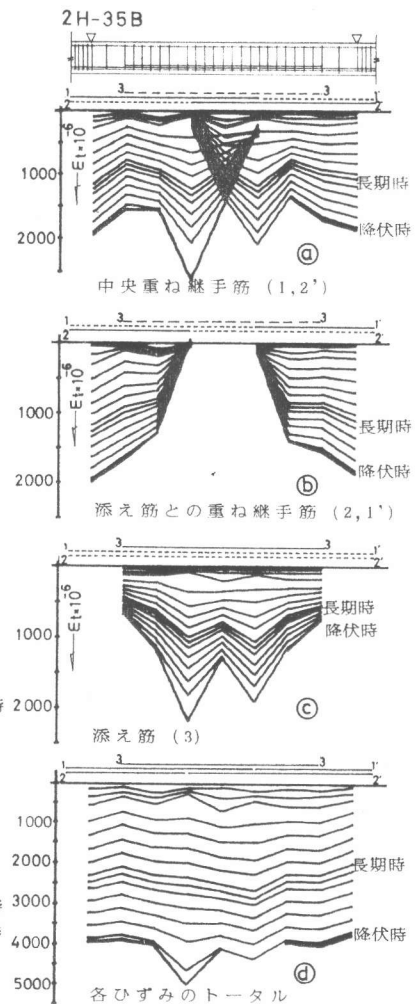


図6 降伏時ひび割れ形状およびひび割れ幅の推移



3.3 継手長さとの関係

図8は純曲げ区間における変位量を示したものであるが、束ね鉄筋としたIシリーズでは各試験体共かなりの大変形に対しじん性を有し、継手のないO O Bと同等の変形性状を示しているが、30 dの継手長さである30 Bは8 δ_y 時に耐力低下を生じている。IIシリーズでは継手長さ25 dの25 Lが予想外ともいえるじん性を示した。

3.4 破壊形状

図9は実験終了時の破壊形状で降伏変位の約1.0倍の状態である。Iシリーズでは30 Bが8 δ_y 時に鉄筋突付け部(E₂)で付着割裂破壊を生じ、35 Bは1.0 δ_y 時に耐力低下を生じたが、コンクリートの剝落は生じていない。各試験体共応力伝達勾配の大きいE、F部、特にE部が縦ひび割れ発生のポイントになっており、鉄筋突付け部において3 δ_y 時附近から発生しはじめることが共通している。

またIIシリーズのひび割れ形状からは重ね継手中央部が応力分担の上で余裕のある部分であることが分る。

4. まとめ

通常の重ね継手の実験結果と比較することにより2本束ね鉄筋の必要重ね継手長さの検討を行なった。その基礎となる束ね鉄筋の有効周長について明確な結論は得られなかったが、概ね次の範囲にあると考えられる。

- 1) 通常の重ね継手長さ ℓ に対する2本束ね鉄筋の必要重ね継手長さ ℓ_e はIIシリーズの25 Lを基準とし、Iシリーズの30 Bより35 Bの範囲であると考えれば $\ell_e = 1.2 \sim 1.4 \ell$ となる。
- 2) 束ね鉄筋の有効周長 φ_e をコンクリートに接する外周と考えると $\varphi_e = \frac{5}{6} \varphi$ ($\varphi/\varphi_e = 1.2$) となり実験結果の下限値を示す。



φ : 公称周長
 φ_e : コンクリートに接する外周
 $\varphi_e = \frac{5}{6} \varphi = 0.83 \varphi$

参考文献

- 1) 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
- 2) 矢代, 他「重ね継手部分のあばら筋の効果に関する実験的研究」
 日本建築学会年報集 1974年 北陸 P1397
- 3) 矢代, 松田「束ね鉄筋の配筋形状に関する実験的研究」
 第3回コンクリート工学年次講演会論文集 1981年

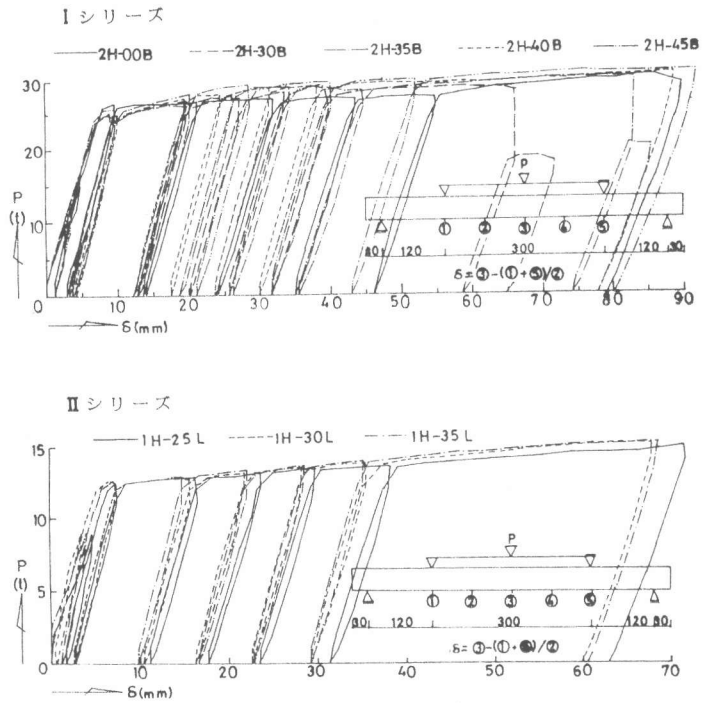


図8 荷重—変位曲線

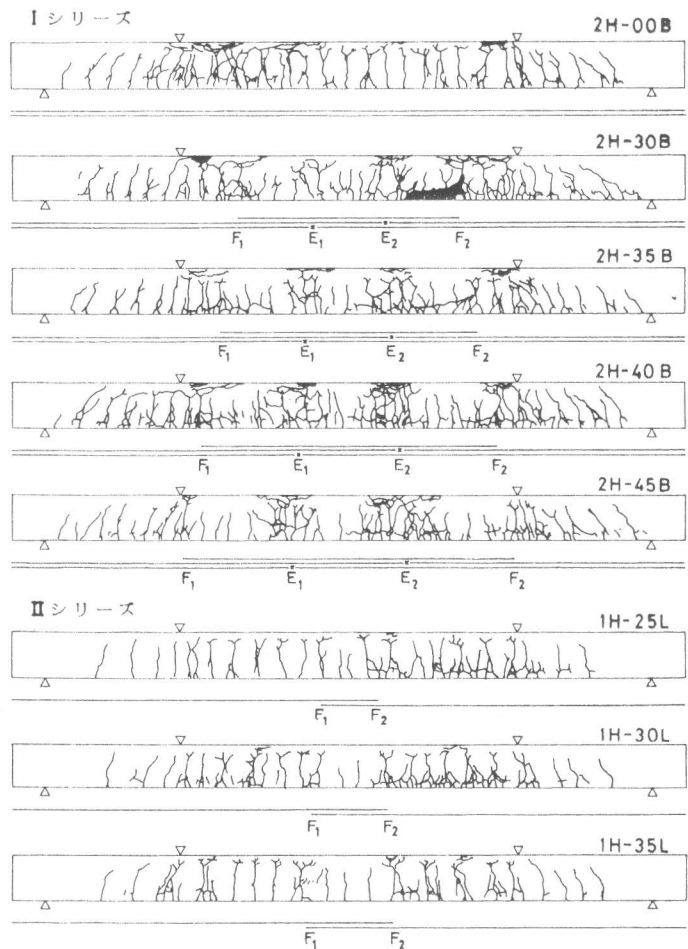


図9 最終破壊形状