

V-13 鉄筋のループ状重ね継手について

北海道大学 正員 藤田嘉夫
同 工 正員 西塚忠信
同 工 正員 〇西尾友規

1. まえがき

鉄筋コンクリート構造物のプレハブ方式施工が近年大きくのびてきている。プレハブ構造の問題点の一つとしてプレキャスト部材の接合方法をあげることができる。本実験は、プレハブ方式の多主げた構造のスラブのような比較的厚さの小さいスラブの接合を目的とした種々の継手工法のうち、特にループ状に折り曲げた鉄筋の重ね継手について、ループの内側曲げ直径と重ね合わせ長さのいくつかの組合せについてけたによる曲げ試験を行い、継手強度、ループの効果、ひびわれの進行状況および破壊の状態などについて検討したものである。

2. 実験の概要

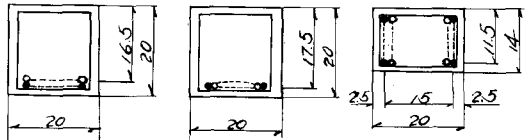
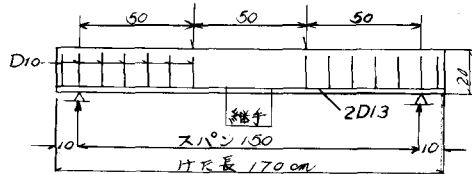
1) 使用材料および供試体 セメント

は、アサヒセメント（比重3.14、比表面積4440 $\frac{cm^2}{g}$ ）、骨材は錦国海岸産の砂と静内川産の最大寸法25mmの砂利（それぞれ比重2.71、2.76、吸水量0.87、1.02%、単位重量1904、1726 $\frac{kg}{m^3}$ 、粗粒率3.0/6.99）を使用した。コンクリートの配合を1表に示す。鉄筋は、主鉄筋として直径13mmの異形鉄筋フジコン35を、スターラップおよび組立鉄筋として直径10mmのフジコン35を使用した。

試験げたは1図に示すように、けた長170cm、断面20×20cm（H₁、H₂タイプ）および20×14cm（Vタイプ）、有効高さ16.5cm（H₁タイプ）、17.5cm（H₂タイプ）および11.5cm（Vタイプ）で、いずれも直径13mmの主鉄筋2本を配置してある。継手の種類は2表に示すように水平のループ状鉄筋を上下に重ね合わせたH₁タイプ、有効高さと同じになるように一方の鉄筋の内側曲げ直径を2d（d：鉄筋直径）だけ大きくし水平に重ね合わせたH₂タイプおよび鉛直方向のループ状鉄筋を重ね合わせたVタイプの3種

1表

粗骨材 最大寸法 (mm)	スランポ (cm)	w/c (%)	s/a (%)	単 位 量 (kg/m^3)			
				W	C	S	G
25	7±2	55	46	156	284	940	1128



H₁ H₂ V
1 図

2 表

Type	H ₁	H ₂	V
側面			
平面			
D/d	6, 7, 8	6-8	6
l/d	0, 5, 10, 15	0, 5, 10	0, 5, 10, 15

である。それぞれの内側曲げ直径 D/d および重ね合わせ長さ l は表に示すとおりである。

試験けたの本数は、 H_1 タイプでは D/d が 6 のもの 7 本、7 のもの 8 本、8 のもの 7 本、 H_2 タイプでは 6 本、 V タイプでは 7 本および H_1 、 H_2 、 V の標準けたが 1 本ずつで 3 本、合計 38 本である。試験けたはコンクリート打設後 3 日間電熱養生を行い、材令 3 日で脱型、その後は実験室内で養生して材令 14 日で試験に供した。

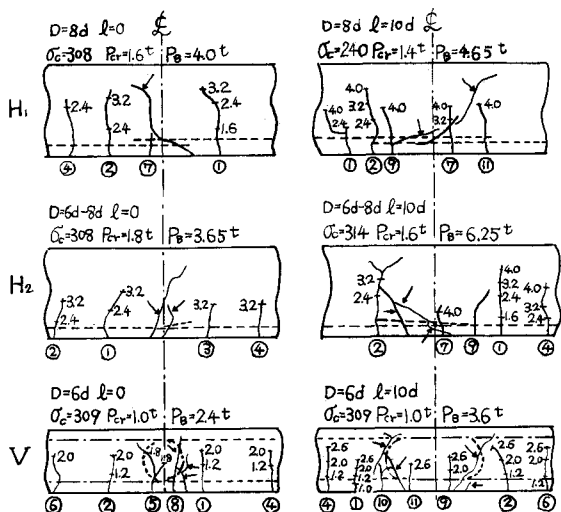
2) 試験方法 試験はアムスラー型 200 も圧縮曲げ試験機を使用し、スパン 150 cm 3 等分 2 点荷重として行った。荷重段階は 200 kg とした。

観測項目はスパン中央断面のコンクリートひずみ、ループ状鉄筋の曲線部開始箇所、曲線部先端およびループ状鉄筋を重ね合わせた時一方の曲線部先端から 5 cm 離れた直線部箇所の鉄筋ひずみ、スパン中央および荷重点のたわみおよびひびわれの発生進行状況などである。ループ部分の鉄筋ひずみおよび V タイプの圧縮鉄筋ひずみの測定には、コンクリート打設前にあらかじめ貼ってコーティングセメントス N-4 で絶縁したストレインゲージ K P-6 を、直線部分の引張鉄筋ひずみ測定には、コンクリート硬化後露出させた鉄筋に直接 K P-6 を、コンクリートひずみ測定には K P-70 を用いた。また、たわみおよびひびわれ幅は $1/100$ 目盛のダイヤルゲージおよび $1/40$ mm 目盛の測微計を用いて測定した。

3. 試験結果

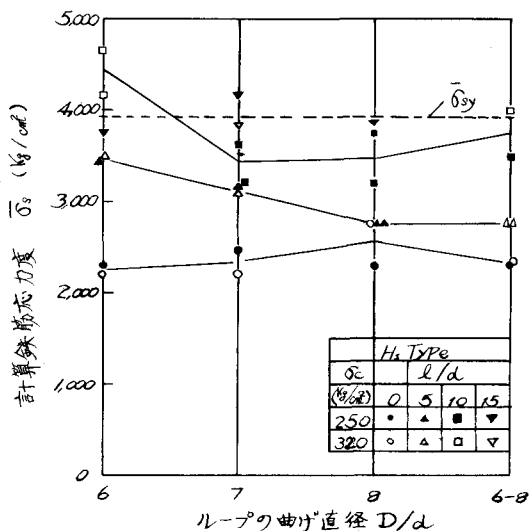
3-表に試験結果の全体を示す。コンクリートの強度は養生の時期によって 2 種となったので、それぞれについて平均値をとれば 246 kg/cm^2 ($226 \sim 260$) と 317 kg/cm^2 ($308 \sim 325$) となる。また鉄筋の降伏点は平均 3746 kg/cm^2 ($3790 \sim 4170$) であった。

1) ひびわれおよび破壊状況 2-図は H_1 、 H_2 および V タイプ継手のけた側面のひびわれ成長状況と破壊時のひびわれ状況の一例を示したもので、荷

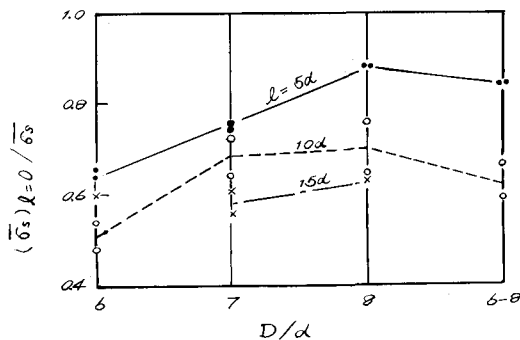


→矢印 破壊時に断面上に発生したひびわれ。 σ_c [kg/cm^2]

2 図



3 図



4 図

重の小さい範囲のひびわれ成長状況はいずれのタイプの継手も従来から一般に用いられている重ね継手の場合と大差は認められない。荷重が増大して破壊荷重近くなると、Hタイプの継手は上側の鉄筋ループ部から下側鉄筋のループ部へ向う傾斜したひびわれが発生し、継手部に鉄筋がずれたと思われる新たな曲げひびわれを生ずるかあるいはすでに生じている曲げひびわれにそのひびわれが連絡して成長し破壊に至ることが観察された。このような破壊状況から、Hタイプの継手強度は鉄筋の直角方向に生ずる引張力の拘束の程度によって支配されることがわかる。一方Vタイプの継手は最終的にループに沿ったひびわれが発達して破壊に至ることが観察された。

2) 継手の強度 3-図はHタイプの継手について、慣用法によるけた破壊時における計算鉄筋応力度とループの内側曲げ直径 D/d との関係を示したもので、図の σ_{sy} 線は標準けたの降伏荷重より算出した計算鉄筋応力度である。図において、継手の強度は重ね合わせ長さ $l=0$ の場合は D が大きくなるにつれて多少増加の傾向がみられるが、 $l=5d$ 以上では逆に D が大きくなるとむしろ減少の傾向が認められる。

しかし、4-図のようにそれぞれの D ごとに $l=0$ の場合と $l=5d, 10d$ および $15d$ の場合の継手強度の比を比較してみると、ループの効果は D の大きいほど大となるという当然の結果が得られる。これは側面のかぶりコンクリートが大きく影響するためと思われる。本実験に用いたHタイプの継手では $D=6, 7, 8$ に対し側面から鉄筋中心までの距離は $d/2$ ずつ小さくなる。以上のように本実験では D の大きさによる効果を明らかにすることはできなかったが、Hタイプの継手は5-図に示すように $l=0, 5, 10, 15d$ の重ね合わせ長さで、それぞれけたの降伏荷重のほぼ60, 70, 85, 100%を負担できること、また、HタイプとH₂タイプではほぼ同程度の継手効果が期待できることがわかる。

6-図はけたの降伏強度に対するVタイプの継手強度の比を示したもので、コンクリート強度 $G_c=230 \text{ kg/cm}^2$ のとき、 $l=0, 5, 10, 15d$ の重ね合わせ長さでそれぞれ51, 65, 80, 94%, $G_c=310 \text{ kg/cm}^2$

3 表

タイプ	曲げ 直径 D/d	重ね 長さ l/d	コンクリート 強度 σ_c (kg/cm^2)	鉄筋 降伏点 σ_{sy} (kg/cm^2)	ひびわれ 荷重 P_y (t)	破壊 荷重 P_b (t)	計算鉄筋 応力 σ_s (kg/cm^2)	備考	
H ₁	標準けた		311	3746	1.2	6.85	4680	$P_y=5.75t$	
	6	0	254	3740	1.0	3.35	2290	P_y :降伏点荷重	
		0	311	3770	0.6	3.2	2190		
		5	267	4170	2.0	5.0	3420		
		5	308	3836	2.0	5.1	3490		
		10	325	3860	1.6	6.8	4650		
		10	314	3836	1.8	6.05	4140		
	7	15	240	3790	1.6	5.45	3730		
		0	254	3790	1.4	3.6	2460		
		0	311	4017	2.0	3.2	2190		
		5	267	3800	1.2	4.6	3140		
		5	325	3950	2.0	4.5	3080		
		10	240	3930	1.4	4.65	3180		
	8	10	255	3730	1.6	5.3	3620		
		15	325	4020	2.0	5.6	3830		
		15	255	3750	1.8	6.1	4170		
		0	254	3750	2.0	3.35	2290		
		0	308	4073	1.4	4.0	2730		
		5	260	3760	1.6	4.0	2730		
	5	255	4090	1.6	4.0	2730			
10	240	3980	1.4	4.65	3180				
10	260	4070	1.8	5.45	3730				
H ₂	6-8	15	260	3870	1.8	5.6	3830		
		標準けた		241	3740	1.8	6.8	4370	$P_y=6.1t$
		0	226	4020	2.0	3.6	2320		
			0	308	3836	1.8	3.65		2350
			5	241	3710	1.4	4.3		2770
			5	314	3804	2.0	4.3		2770
	10		241	3730	1.2	5.45	3510		
	10	314	3754	1.6	6.2	3780			
	V	標準けた		226	4010	1.0	4.55	4550	$P_y=3.95t$
		6	0	226	3840	0.6	2.1	2100	$P_y=4.15t$
0			307	3770	1.0	2.85	2850		
5			233	4060	0.8	2.45	2450		
5			307	3871	1.0	3.6	3600		
10			233	3770	1.0	3.3	3300		
10			307	3852	1.0	4.35	4350		
15			233	4000	1.0	3.55	3550		
平均		246	3746						
		317							

のとき、 $l=0, 5d$ で70, 80%, $l=9d$ で100%の結果が得られたが、コンクリート強度によって著しい差が出た原因については解明できなかった。

3) ループの効果 7-図は継手から離れた位置の鉄筋ひずみ ϵ_A とループの始点のひずみ ϵ_B およびループ中央のひずみ ϵ_C の測定結果の1例を示したものである。同様の図をそれぞれの寸法について作り、破壊時の鉄筋ひずみを推定してまとめたのが8-図である。図より ϵ_C/ϵ_A すなわちループの効率は重ね合わせ長さ $l/d=0\sim 15$ で約57~35%となり、 l が大きいほど減少することがわかる。 ϵ_C/ϵ_A も同様の傾向がみられるが、 ϵ_C/ϵ_B の値は約0.5の一定値となるといふ結果が得られた。Vタイプのループ鉄筋のひずみについては、ここでは省略する。

