

V-116

連壁剛体基礎鉛直継手の構造性能に関する実験的研究

(その1) 重ね継手部耐力の基本的検討

JR東日本 東京工事事務所 ○正会員 海野隆哉
 (財)鉄道総合技術研究所 正会員 棚村史郎
 (株)大林組 技術研究所 正会員 小島克朗

1. まえがき

連壁剛体基礎鉛直継手の構造性能を検討するために一連の実験を行なった。本報告は、従来型重ね継手（有効な帯鉄筋が配置されていない水平鉄筋の重ね継手を介して応力伝達を図る形式）の性能を明らかにするために行なった梁型模型による曲げせん断実験の概要と、その結果について述べる。

2. 実験概要

2.1 試験体と製作 試験体一覧を表-1に、代表的な試験体の形状寸法・配筋状況を図-1に示す。試験体は、① $p_j (=A_s/b \cdot l)$ (A_s :主鉄筋量, b :梁幅, l :重ね継手長), ②応力状態(加力位置から内側鉄筋カットオフ点までの距離 t , または曲げせん断と純曲げ), ③ l , ④継手筋の離れ s , ⑤鉄筋比 p , ⑥鉄筋径 ϕ , ⑦せん断スパン比 a/d , ⑧はりせい h , ⑨コンクリート圧縮強度 σ_c , などをパラメータとする計23体である。各試験体はせん断破壊しないように補強している。試験体は、鉄筋籠を型枠ごと泥水（現場で使用したポリマー安定液）中に一日以上浸漬した後、コンクリートを大気中でバイブレータを用いて締め固めながら打設した。材令4週間程度で実験を行なった。

2.2 使用材料 コンクリートは試験時強度が240 (No.10は350) kgf/cm^2 となるように配合した生コンクリートを使用した。実験時の圧縮強度を表-1に示す。鉄筋は異形棒鋼SD30 ($\sigma_{sy} \approx 3500 \text{ kgf/cm}^2$)を使用した。

2.3 実験方法と測定項目 載荷は、単純梁形式で1点中央または2点对称（純曲げのみ）集中荷重とし、一方向漸増加力とした。測定項目は、載荷重、梁中央の変位、鉄筋ひずみである。

3. 実験結果と考察

3.1 実験経過

表-1 試験体の概要と実験結果

試験体No.	試験体の概要								実験結果				記事
	主鉄筋径 ϕ	$p_j (=A_s/b \cdot l)$	重ね継手長さ l	継手筋の離れ s	加力位置 t	せん断スパン比 a/d	はりせい h	圧縮強度 σ_c	P_{max}	P_u^{*1}	$\bar{\sigma}_s^{*2}$	破壊モード	
	本数	(%)	($\times \phi$)	(cm)	(cm)		(cm)	(kgf/cm^2)	(tf)		b $\cdot$ l		
1 D19-2	0.19	41	10	+5	3	60	248	16.8	12.8	7.6	Y-L		
2 " -3	0.31	"	"	"	"	"	"	21.5	1.11	9.7	Y-L		
3 " -5	0.51	"	"	"	"	"	"	24.7	0.79	11.2	L		
4 " -7	0.72	"	"	"	"	"	"	25.2	0.59	11.4	L		
5 " -3	0.45	28	"	"	"	"	"	15.8	0.82	12.0	L		
6 " -7	1.05	"	"	"	"	"	"	18.0	0.42	13.6	L		
7 " -5	0.51	41	3.2	"	"	"	265	32.8	1.04	14.1	Y-L		
8 " -3	0.31	"	15	"	"	"	"	23.8	1.21	11.4	Y-L		
9 " -5	0.51	"	"	"	"	"	"	23.8	0.76	11.4	L		
10 " -5	"	"	10	"	"	"	378	26.0	0.81	11.9	L		
11 " -5	"	"	"	"	"	"	254	28.5	0.90	12.9	L	仕切板あり	
12 D25-4	0.73	31	"	"	"	"	265	29.0	0.67	13.3	L		
13 " -4	0.55	41	"	"	"	"	"	36.0	0.83	10.8	L		
14 D19-7	0.72	"	"	-40	"	"	"	25.0	0.58	14.4	L		
15 " -3	0.31	"	"	-85	"	"	248	19.3	1.26	9.6	Y-L		
16 " -7	1.05	"	"	"	"	"	"	33.0	0.99	16.5	L		
17 " -5	0.51	"	"	+5	90	265	"	26.5	0.82	13.5	L		
18 " -3	0.45	28	"	"	2	60	"	29.8	1.02	12.7	L		
19 " -5	0.51	41	"	"	1.1	90	269	81.9	0.94	9.6	Y-S-L		
20 " -5	"	"	"	"	"	"	"	101.0	1.16	"	Y-S-C	継手なし	
21 " -5	0.51	41	10	"	3	60	"	28.0	0.88	12.6	Y-L		
22 " -5	"	"	"	"	"	"	"	18.1	0.72	12.1	L	2点載荷	
23 " -7	0.72	"	"	"	"	"	"	18.1	0.53	12.1	L		

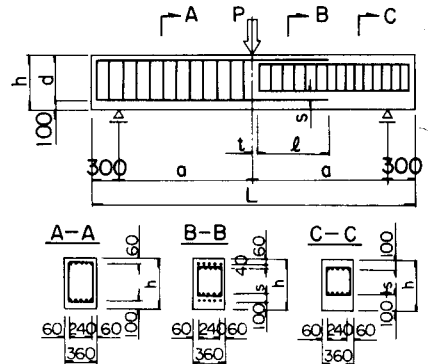


図-1 試験体の形状寸法・配筋図

*1 P_u : 最大荷重計算値 $P_u = 2 \cdot M_u / a$ M_u : 破壊時曲げモーメントでACI規準による。*2 $\bar{\sigma}_s$: 重ね継手区間の鉄筋引張力の平均値 $\bar{\sigma}_s = M / (0.9 \cdot d_i)$ M : 重ね継手区間での破壊時平均曲げモーメント。 d_i : 内、外側鉄筋の平均有効高さ。

*3 破壊モード L: Y, L, Y-L: 図-3参照。

Y: 鉄筋降伏

S: せん断ひび割れ発生。

C: コンクリート圧壊。

ひび割れ発生と破壊状況 ひび割れ発生状況の模式図を図-2に示す。重ね継手部で破壊した試験体のひび割れ発生状況は次のようである。曲げ初ひび割れ(1)、次いで曲げひび割れ(2)が発生し、荷重が増大するに従って曲げひび割れが曲げせん断ひび割れ(3)に移行した。さらに加力すると、内部鉄筋カットオフ付近から外側鉄筋にそった付着ひび割れ(4)が発生した後、外側鉄筋カットオフ付近に付着ひび割れ(5)が発生する。このひび割れが発生すると間もなく、(2)から内側鉄筋にそって大きなひび割れが生じて重ね継手部が破壊した。

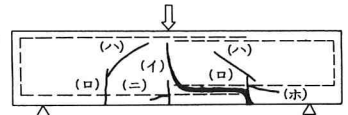


図-2 ひび割れ模式図

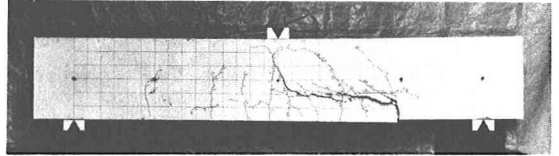


写真-1 ひび割れ発生状況

荷重～変位関係 試験体の荷重～変位関係を図-3に示す。

3.2 各種パラメータが継手強度に与える影響

$p_j (=A_s/b\ell)$ (図-4) $s=10\text{cm}\sim 15\text{cm}$, $t=5\text{cm}$ の場合, $p_j \leq 0.31\%$ 以下では、鉄筋が降伏してから継手破壊が生じている。従って、鉄筋量を増すことによって破壊耐力が増加する。一方, $p_j \geq 0.45\%$ になると鉄筋降伏前に重ね継手破壊を生じる。図-4に示すように, $p_j > 0.34\%$ の範囲では、いくら鉄筋量を増しても継手部の耐力はおおむね $\bar{T}/b\ell = 12\text{kgf/cm}^2$ 以上にならない。この原因は、内側鉄筋と外側鉄筋の間のコンクリート（以後、「継手部コンクリート」と呼ぶ）が主鉄筋に生じる引張力のためせん断応力を受け、主鉄筋を含む面ではく離し、キレツを生じて破壊するためと考えられる。従って、本来はコンクリートの付着強度、引張強度などにも影響される値と思われる。

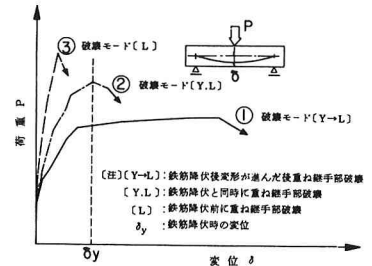


図-3 荷重～変位関係

応力状態 加力位置が $t=-85\text{cm}$ のもの (No.16) は, $t=5\text{cm}$ のものに比べ, $\bar{T}/b\ell$ の値が大きくなっている。この大きな原因は、はりとしてかかるせん断力による斜め引張応力と、主鉄筋の引張力伝達のため継手部コンクリートにかかるそれとが、前者は打消す方向であるのに対して、後者は累加される方向であると考えられる。 $t=-40\text{cm}$ のもの、および純曲げを受けているものは、両者の中間と考えられる

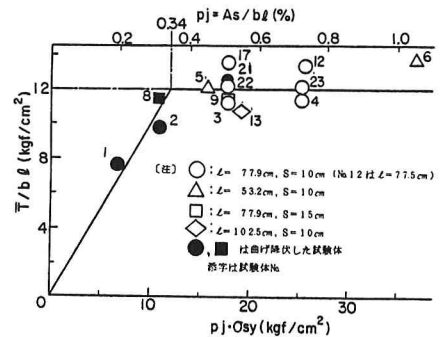


図-4 $\bar{T}/b\ell \sim p_j$ 関係

が、今回の実験では、No.14はやや大きな値を示したが、No.22,23は、 $t=5\text{cm}$ のものと同じ値しか示さなかった。

重ね継手長さ (ℓ), 付着面積 ($A_f = n \cdot \pi \cdot \phi \cdot \ell$) ℓ が小さいものが大きいものより耐力が小さいのは当然であるが, $\bar{T}/b\ell$ の値は前者の方が大きくなる。これは過去の実験例と同じ傾向である。一方、主鉄筋量、重ね継手長さがほぼ同一 ($A_s \approx 20\text{cm}^2$, $\ell \approx 78\text{cm}$) で、付着面積 A_f が異なる No.4 ($A_f = 3272\text{cm}^2$) と、No.12 ($A_f = 2480\text{cm}^2$) を比べると、No.12の方が大きな耐力を示している。このことは、付着面積そのものが、この継手の耐力を支配するものではないことを示している。むしろ、主鉄筋を含む平面において、残存するコンクリートの面積 A_c (No.4: $A_c = 1768\text{cm}^2$, No.12: $A_c = 2015\text{cm}^2$) が大きい方の継手耐力が大きくなると考えられる。

4. まとめ

通常、重ね継手の耐力は、重ね継手区間の鉄筋の表面積と付着強度の積と考えられている。しかし、連壁剛体基礎の従来型継手は、ある一定条件下では、継手長さを延ばさずに引張鉄筋量（または、鉄筋の付着面積）をいくら増加させても、継手耐力の増加が見られない限界値のあることがわかった。その大きさは、重ね継手部のコンクリート面積（幅 $b \times$ 継手長さ ℓ ）に大きく支配されている。今回の実験結果において、その限界値は、主鉄筋の平均引張力を $\bar{T}$ として、おおむね、 $\bar{T}/b\ell = 12\text{kgf/cm}^2$ である。