

早稲田大学 関 博
早稲田大学 ○伊 東 昂

1. まえがき 鉄筋コンクリート部材において、ひびわれ部分に生じた鉄筋の腐食が鉄筋に沿って進行すると、鉄筋とコンクリートの間にはく離が生じ、部材の耐久性や耐力の低下をもたらすことが考えられる。しかし、はく離が生じた場合の部材の挙動の変化に関する研究は少ない。本研究では、はく離による鉄筋定着部の挙動の変化に注目して、主鉄筋の支点近傍に人工はく離を設定したはりの載荷試験を実施し、実験的な検討を行なった。

2. 実験方法 コンクリートの目標強度を 350 kg/cm^2 として、主鉄筋にはSD30 D-14、スタースリップにはSD30 D-10をそれぞれ用いた。試験体の設計荷重は 3 t/m としてRC示方書(昭和52年度版)に従って設計した。図1は決定されたはり試験体(T型断面)を示している。なお、端部の定着長についてはRC示方書に明確な規定がなかったため、A C I 318-77に従った。はく離長さは 20 cm または 40 cm であり、主鉄筋の支点からせん断スパン側にガムテープを接着しグリースを塗ることによって人工的に設けた。また、部材端部の主鉄筋のすべり量を測定するために、主鉄筋を試験体端面の外側に突出させた。載荷試験におけるスパンは 160 cm 、せん断スパンは 60 cm の2点載荷とした。

3. はく離がせん断ひびわれ幅におよぼす影響 スパン中央部の曲げひびわれには、はく離の有無やはく離長さによる相違は見られなかったが、せん断スパンでは、はく離によって挙動に相違が認められた。人工はく離の区間ではひびわれが発達せず、人工はく離のせん断スパン端でのひびわれの伸びが顕著であり、ひびわれ幅も大きかった。図2に示すように、ひびわれ幅は人工はく離が長いほど大きくなる傾向を示した。人工はく離設定区間では引張側コンクリートに応力が伝達されないためにひびわれが発生せず、またそのために鉄筋に過大な応力がたらくため、主鉄筋の伸びが大きくなりひびわれ幅が増大すると考えられる。

4. タイドラメンのモデルによる解析
スパン中央の主鉄筋のひずみは、どの部材でもほぼ同一のひずみを示したが、せん断スパンでは人工はく離が長いほどひずみが大きく、はく離 40 cm で中央の $80\sim 90\%$ であった。従って、人工はく離が長いときには主鉄筋はUNBOND部材に近い状態と

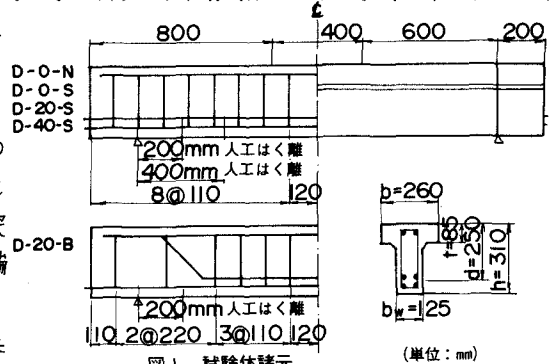


図1 試験体諸元

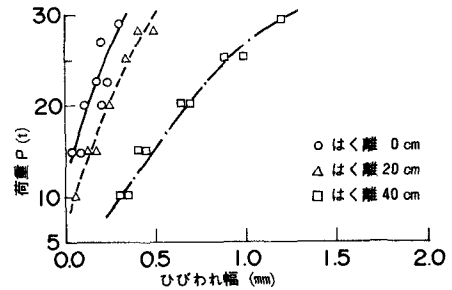


図2 せん断スパンのひびわれのひびわれ幅

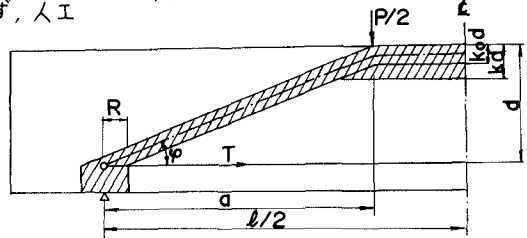
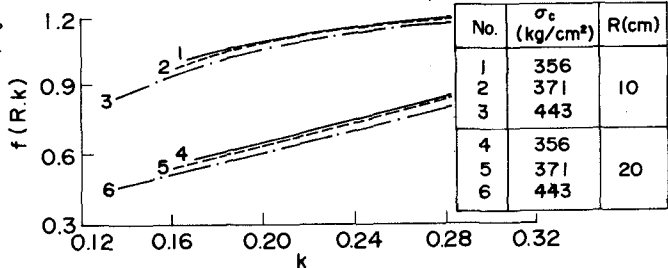


図3 台形タイドラメンのモデルの形状

図4 k と $f(R, k)$ の関係

なり、ほぼ一様な応力を示すことが予想される。はく離が長い場合のモデルとして本解析では図3に示すようなタイドラーメンを考えた。タイドラーメンのタイバーの引張力を T とすると、

$$T = \int \frac{M}{I} y ds / \left(\int \frac{y^2}{I} ds + \int \frac{\cos^2 \varphi}{A} ds \right) = f(R, R) P \quad (1)$$

となる。 $R=10, 20\text{cm}$ のときの $f(R, R)$ の値を図4に示す。 $R=20\text{cm}$ として、 T から主鉄筋のひずみを求めると、表1に示すようにはく離40cmの実験値と比較的よく一致している。

また、上記の考え方を応用すると、モデル化したタイドラーメンとしてのスパン中央のたわみ δ' と補正係数 α を用いる方法で計算したたわみ δ_{cal} の比は

$$\delta' / \delta_{cal} = \sqrt{f(R, R) I_{cr} / A_s \alpha y} / \alpha \quad (2)$$

で表わせる。計算結果は表2に示す通りであり、計算値は実験結果と比較的一致している。

5. 定着部の耐力 本実験においては、端部の主鉄筋の引抜け破壊は起きなかった。使用した鉄筋とコンクリートから付着強度を推定し、鉄筋の引抜強度を求めた。計算結果を表3に示したが、この表から端部定着が15cm程度あれば鉄筋引抜けは起きないと考えられる。

なお、部材はすべて曲げ破壊とし、表4に示すように人工はく離による耐力の低下は見られなかった。

6. 結論

以上、結果を要約すれば、
(1) 人工はく離の長い部材では、せん断スパンのひびわれ幅が増大した。

(2) 人工はく離の長い部材では、せん断スパンの主鉄筋のひずみやスパン中央のたわみは増大する。この挙動はラーメンでモデル化することが可能と思われる。

(3) 破壊直前のスパン中央部の挙動は、はく離長さによって影響を受けず、曲げ耐力にも変化は見られなかった。

(4) 人工はく離40cm程度では、定着部鉄筋の引抜け破壊やせん断破壊は起こらなかった。

以上から、本実験の範囲では、主鉄筋とコンクリートにはく離が長期間にわたって生じた場合、たわみやせん断ひびわれ幅は大きくなることが予想される。

また、かぶりコンクリートのはく離による耐久力の低下や外観上の悪影響が考えられる。しかしながら、端部定着が十分であり、せん断補強鉄筋が十分に配筋されているときには、はく離区間が長くても、主鉄筋の引抜破壊やせん断破壊は発生しないと予想される。

謝辞：本実験の実施に当り、野瀬宏志君の多大な御協力を頂いた。記して感謝の意を表する。

参考文献

- ① 神山 一：コンクリート中の鉄筋のすべり，セメントコンクリート，No.308 1972-10，pp.50-57
② 神山 一：鉄筋コンクリート，コロナ社
③ A C I : Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-77), 1977

表1. 支点から10cmの主鉄筋のひずみの測定値と計算値

荷重 P (t)	はく離長さ (cm)	ひずみ測定値 E (x10 ⁻⁴)	測定値/計算値			
			鉄筋ひずみ 測定値/計算値	R=10cmとき	R=20cmとき	
5	0	30	0.70	0.38	0.07	0.01
	20	30	0.70	0.38	0.07	0.10
	40	220	5.12	2.78	1.16	0.76
10	0	50	0.59	0.35	0.06	0.08
	20	135	1.84	0.85	0.16	0.22
	40	535	6.30	3.36	0.64	0.92
15	0	235	1.84	0.98	0.18	0.26
	20	645	5.04	2.71	0.50	0.70
	40	895	6.99	3.76	0.70	1.02
20	0	590		1.86	0.34	0.48
	20	905		2.86	0.52	0.74
	40	1290		4.06	0.76	1.10
25	0	835		2.11	0.38	0.54
	20	1150		2.90	0.53	0.75
	40	1705		4.30	0.78	1.17

表2. はく離40cm部材のスパン中央のたわみ

荷重 P (t)	α	δ' / δ_{cal}	D-40-S-1		D-40-S-2	
			δ / δ_{cal}	δ / δ'	δ / δ_{cal}	δ / δ'
5	0.254	4.35	5.09	1.17	3.62	0.83
10	0.627	1.76	2.06	1.17	1.73	0.98
15	0.751	1.47	1.47	1.18	1.59	1.08
20	0.814	1.36	1.36	1.21	1.53	1.13
25	0.851	1.30	1.30	1.24	1.53	1.18

δ : 実験値

δ_{cal} : 補正係数を用いる方法で求めた計算値

δ' : タイドラーメンとしたときのたわみの計算値

表3. 最大付着応力度 τ_{max} と鉄筋の引抜強度 T_{max}

試験体 No.	コンクリート の強度 f _c (kg/cm ²)	$\tau = 6.64 \sqrt{f_c}$		$\tau = 2.53 \sqrt{f_c}$	
		τ_{max} (kg/cm ²)	T_{max} (kg/cm ²)	τ_{max} (kg/cm ²)	T_{max} (kg/cm ²)
D-0-N-1 D-0-N-2 D-20-B-1 D-20-B-2	371	128	4908	131	5023
D-0-S-1 D-0-S-2 D-20-S-1 D-20-S-2	356	125	4793	127	4870
D-40-S-1 D-40-S-2	443	140	5368	147	5637

表4. 部材の曲げ耐力

試験体No.	実験値(t)	実験値/ACI 計算値
D-0-N-1	31.2	1.48
D-0-N-2	32.5	1.56
D-20-B-1	29.6	1.42
D-20-B-2	30.7	1.47
D-0-S-1	29.9	1.42
D-0-S-2	29.8	1.43
D-20-S-1	29.2	1.40
D-20-S-2	30.7	1.47
D-40-S-1	30.0	1.42
D-40-S-2	31.5	1.48