

V-289

正負交番荷重を受けるRCはりのせん断補強効果に関する2・3の考察

大阪府立工業高等専門学校 正員 山田昌昭

京都大学工学部 正員 小林和夫・井上晋

京都大学工学部 学生員 九本博文

1. まえがき

RCはりに正負交番荷重が作用すると、通常の一方荷重の場合と異なり一般にはり性はじん性の低いせん断破壊を示すことが多い。著者らは135°フックを有するスターラップでせん断補強されたRCはりの正負交番荷重試験を行うことにより、曲げ破壊がせん断破壊に先行するように設計されたはりも、せん断により破壊することを確認した。そして、その原因がコンクリートで負担されるせん断抵抗力が低減するためであることを示した。¹⁾ 本実験では、コンクリートのせん断抵抗力を増加させるためスターラップを溶接することによりフープ化し、内部コンクリートを拘束することによって、せん断抵抗力を増加させた場合と、はり中央部にせん断補強のための軸方向鉄筋を配置した場合のRCはりのせん断耐力に与える影響を実験的に考察したものである。

2. 実験方法

実験はせん断破壊を生じやすい荷重状態としてせん断スパン有効高さ比、 $a/d=2.0$ および2.9の場合を選定し、図1に示す供試体を用いて正負交番荷重試験を実施した。供試体に使用した鉄筋はスターラップが $\phi-6$ ($f_y=2850\text{ kgf/cm}^2$, $f_s=4230\text{ kgf/cm}^2$)、主鉄筋がD-13 ($f_y=4000\text{ kgf/cm}^2$, $f_s=5700\text{ kgf/cm}^2$) およびD-16 ($f_y=3800\text{ kgf/cm}^2$, $f_s=5600\text{ kgf/cm}^2$) である。はりは、図1に示すように、せん断スパン内に配置したスターラップの間隔を $s=10\text{ cm}$ と $s=5\text{ cm}$ の2種類とした。また、せん断ずれ破壊を防止するために図-1(c)のようにはり断面中央部に軸方向鉄筋(D-16)を配置したはり2本を作成した。試験はまず正方向に引張鉄筋が降伏するまで荷重し、降伏時のスパン中央部のたわみ Δy を測定したのち除荷し、さらに負方向に Δy まで荷重し除荷する。これを2回繰り返したのち、以後破壊まで Δy の整数倍の変位振幅レベルで各3回ずつの繰り返し荷重を実施した。この際、はり中央部のたわみと主鉄筋およびスターラップのひずみを測定した。

3. 実験結果とその考察

実験結果を表2に示す。表中の135°フックの非溶接形スターラップは過去の実験結果¹⁾であるが、比較のためにここに表示した。このうちRCはりのじん性を示す指標であるじん性率は（最大荷重時の変位／降伏変位）により、耐力指数は $\Sigma(P_n/P_y) \cdot (\Delta_n/\Delta_y)$ により求めたものである。この結果、スターラップを溶接することにより、じん性率は約1.5倍に耐力指数は約1.9倍に増加した。じん性の増大は図2の荷重-変位履歴曲線の一例からも判るところである。このようなじん性の向上はスターラップを溶接したことによりコンクリートが拘束され、その結果腹部コンクリートでせん断に抵抗したことが大きな理由と思われる。それを示したものがスターラップ

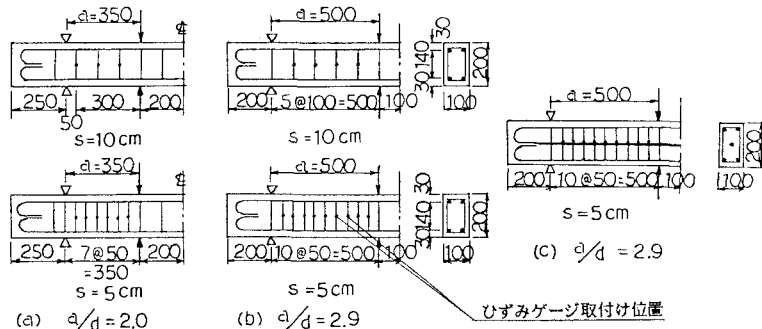


図1 供試体寸法図 (mm)

表1 コンクリート示方配合および強度試験結果

骨材の 最大寸法 (mm)	スランパ (cm)	W/C (%)	S/A (%)	単位量 (kg/m ³)				コンクリート強度 (kg/cm ²) ・ 平均値			
				W	C	S	G	圧縮	曲げ	引張	弾性係数
10	3	62.5	50	194	310	883	921	34.1	7.0	3.4	3.3×10^5

表2 実験結果一覧表

	a/d	ス タ ー ラ ッ プ 間 隔	鉄 筋 径	曲げびわれ 荷重 (t)		斜めびわれ 荷重 (t)		終局曲げ 荷重 (t)		終 局 せん 断	荷 重 計算値	最 大 変 位	耐 力 指 数	破 壊 形 状	スターラップのせん断分担率 (%)						じん 性 率
				計算	実験	計算	実験	計算	実験						0.8Δ _y	1Δ _y	2Δ _y	3Δ _y	4Δ _y	5Δ _y	
非 溶 接 型 ス タ ー ラ ッ プ	2.0	10	D13	2.2	+3.0 -3.0	3.7	+6.0 -6.0	8.8	+10.7 -9.3	9.0	±44 _y	30	ST	+	+68 -45	+72 -54	+74 -54	+75 -56	+82 -80	-	3.0
			D16	2.7	+4.0 -4.0	4.3	+7.0 -6.0	12.4	+14.0 -13.0	9.6	±25.4 _y	11	*	+	+56 -25	+54 -42	+63 -61	-	-	-	2.0
		5	D13	2.2	+4.0 -3.0	3.7	+5.0 -5.0	8.8	+9.6 -9.3	14.4	±5.4 _y	35	SW	+	+86 -78	+93 -81	+78 -63	+76 -57	+100 -58	+100 -80	3.0
			D16	2.7	+4.0 -3.0	4.3	+6.0 -6.0	12.4	+14.7 -13.5	15.0	±4.4 _y	22	*	+	+61 -36	+61 -48	+62 -43	+68 -72	+100 -100	-	3.0
	2.9	10	D13	1.6	+2.0 -1.5	3.7	+6.0 -5.0	6.2	+7.1 -6.5	9.0	±4.4 _y	22	ST	+	+23 -29	+43 -46	+62 -68	+93 -100	+100 -100	-	2.2
			D16	1.9	+2.0 -2.0	4.3	+4.5 -4.0	8.7	+9.4 -8.0	9.6	±4.4 _y	26	*	+	+62 -35	+75 -43	+86 -72	+95 -93	+100 -100	-	2.0
		5	D13	1.6	+2.0 -2.0	3.7	+4.5 -4.5	6.2	+6.7 -6.1	14.4	±5.4 _y	45	DS	+	+43 -17	+68 -35	+59 -90	+73 -95	+92 -100	+100 -100	5.0
			D16	1.9	+2.0 -2.0	4.3	+4.5 -4.5	8.7	+10.0 -8.9	15.0	±4.4 _y	30	*	+	+69 -34	+77 -58	+82 -77	+94 -100	+100 -100	-	3.5
溶 接 型 ス タ ー ラ ッ プ	2.0	10	D13	2.2	+3.5 -2.0	3.7	+5.5 -5.5	8.8	+10.0 -8.6	8.4	±5.4 _y	40	ST	+	+0 -46	+5 -48	+3 -46	+7 -52	+56 -58	-	3.2
			D16	2.7	+3.5 -2.5	4.3	+6.0 -6.0	12.4	+13.5 -12.0	9.0	±4.4 _y	26	*	+	+34 -58	+39 -57	+33 -54	+33 -59	+33 -54	-	2.2
		5	D13	2.2	+3.5 -2.2	3.7	+6.0 -6.5	8.8	+10.2 -8.3	13.2	±6.4 _y	57	SW	+	+52 -21	+53 -24	+47 -7	+51 -9	+58 -58	+59 -21	5.2
			D16	2.7	+3.5 -3.5	4.3	+6.0 -5.0	12.4	+14.7 -11.6	13.8	±5.4 _y	33	*	+	+18 -54	+30 -56	+30 -49	+42 -50	+49 -52	+82 -73	3.2
	2.9	10	D13	1.6	+2.0 -1.5	3.7	+4.0 -3.0	6.2	+6.5 -5.5	8.4	±7.4 _y	84	ST	+	+46 -94	+48 -91	+62 -80	+75 -92	+80 -99	+87 -93	6.2
			D16	1.9	+2.0 -1.0	4.3	+5.0 -4.5	8.7	+10.0 -8.6	9.0	±5.4 _y	40	*	+	+19 -41	+53 -67	+30 -59	+75 -76	+21 -50	-	3.5
		5	D13	1.6	+2.0 -1.0	3.7	+4.5 -4.0	6.2	+6.8 -5.8	13.2	±7.4 _y	77	DS	+	+34 -14	+46 -15	+45 -19	+65 -32	+76 -50	+86 -75	6.0
			D16	1.9	+2.5 -1.5	4.3	+4.5 -5.5	8.7	+9.8 -9.0	13.8	±6.4 _y	63	*	+	+65 -93	+72 -98	+58 -90	+57 -100	+100 -100	+100 -100	5.5
中 央 補 強	2.9	5	D13	1.6	+1.5 -1.0	3.7	+5.5 -3.0	6.2	+7.0 -7.0	13.2	±5.4 _y	45	B	+	+40 -32	+48 -28	+49 -35	+55 -43	+64 -46	-	3.0
			D16	1.9	+1.5 -1.5	4.3	+3.5 -4.5	8.7	+10.0 -10.0	13.8	±4.4 _y	24	SW	+	+79 -73	+100 -76	+100 -98	-	-	-	3.0

ST: Shear Tension Failure (せん断引張破壊)

SW: Shear Web-crushing Failure (せん断圧縮破壊)

DS: Direct Shear Failure (直接せん断破壊)

B: Bending Failure (曲げ破壊)

アのせん断分担率で、非溶接型のものは $n\Delta_y$ の増加と共にせん断分担率も増大しているが、溶接型のものは $a/d=2.0$ の場合平均で約50%であり、スターラップ以外の部分（コンクリート腹部）でせん断に抵抗していることをしめしている。 $a/d=2.9$ の場合はトラス的耐荷機構を示すので、アーチ的耐荷機構を示す $a/d=2.0$ の場合ほど腹部コンクリートの影響は大きくないがそれでも分担率は70-80%と非溶接型と比べると少し低くなっている。一方中央補強鉄筋を配置したはりのせん断に対するじん性の向上はあまり見られなかった。

参考文献

1) 山田、小林、井上、九本：大変形を伴う正負交番荷重下でのRCはりのせん断破壊挙動，第42回土木学会年講概要集，Vol. 5，pp. 230-231

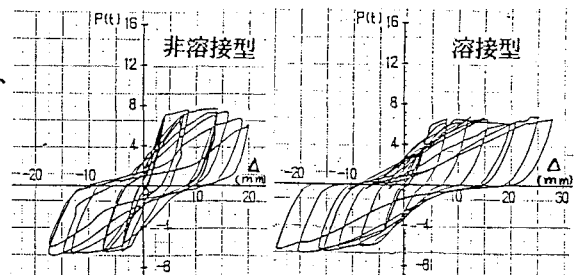
 $a/d=2.9$, D-13, $s=10$ cm

図2 荷重-変位履歴曲線