

正負交番荷重を受けるRCはりのせん断抵抗に関する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

地震のような正負交番荷重に対して、RC部材は通常の一方方向載荷重の場合とは異なった破壊挙動を示す。すなわち、一方方向荷重に対してはじん性の高い曲げ破壊を示す部材も正負交番荷重に対しては多くの場合、じん性の低いせん断破壊を生ずる。一般にRCはりが正負交番荷重を受けると、はり腹部にx字形のひびわれが生じこれが繰り返により、かぶりコンクリートの剝離を引き起こす。そのために、多くの場合スターラップのフックが外れる等、急激な耐力低下を引き起こす。本研究では従来の135°フックを有するスターラップに代えて、溶接により閉合したスターラップを使用し、RCはりのじん性の向上性を2・3の項目について測定したものである。

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載荷試験を実施した。供試体に使用した鉄筋はスターラップがφ-6、主鉄筋がD-13およびD-16で、その機械的性質は表1の通りである。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。試験はまず正方向に引張鉄筋が降伏するまで載荷し、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 まで載荷し除荷する。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回ずつの繰り返し載荷を実施した。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3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（最大荷重時の変位/降伏変位）と、耐力指数（ $\sum \frac{P_n}{P_y} \frac{\Delta y}{\Delta y}$ ）をまとめたものが表4である。この表より、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倍に増加していることが

表1 鉄筋の機械的性質

鉄筋径	降伏応力	引張強度
D-6	2850	4230
D-13	4000	5700
D-16	3800	5600

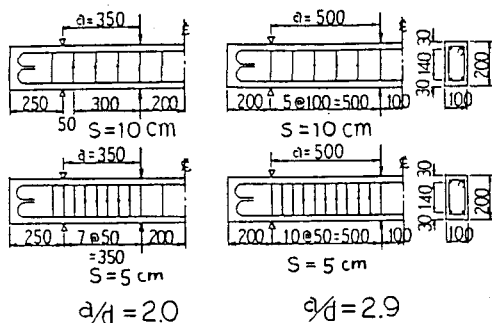
(kg/cm²)

図1 供試体寸法図 (mm)

表2 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)	スラブ (cm)	W/C (%)	S/A (%)	単位重 (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	5.0	194	310	883	921	34.1	7.0	3.4	3.3×10^5

Masaaki YAMADA, Kazuo KOBAYASHI, Susumu INOUE, Hirofumi KUMOTO

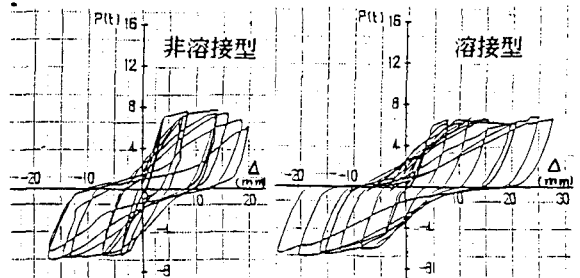
表3 実験結果一覧表

	a/d	ス タ ー ラ ッ プ	鉄 筋 径	曲げひびわれ 荷重 (t)		斜めひびわれ 荷重 (t)		許容曲げ 荷重 (t)		許 容 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					0.8 Δ_y	1 Δ_y	2 Δ_y	3 Δ_y	4 Δ_y	5 Δ_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 γ	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 Δ_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 -8.3	14.4	±5 Δ_y	35	SW	+86 -78	+93 -81	+78 -63	+76 -57	+100 -58	+100 -100	3.0					
			D16	2.7	+4.0 -3.0	4.3	+6.0 -6.0	12.4	+14.7 -13.5	15.0	±4 Δ_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 Δ_y	22	ST	+23 -29	+43 -46	+62 -68	+93 -100	+100 -100	-	2.2					
			D16	1.9	+2.0 -1.0	4.3	+4.5 -4.0	8.7	+9.4 -8.0	9.6	±4 Δ_y	26	・	+62 -35	+75 -43	+86 -72	+95 -83	+100 -100	-	2.0					
		5	D13	1.6	+2.0 -1.0	3.7	+4.5 -4.0	6.2	+6.7 -6.1	14.4	±5 Δ_y	45	DS	+43 -17	+68 -35	+59 -90	+73 -95	+92 -100	+100 -100	5.0					
			D16	1.9	+2.0 -1.5	4.3	+4.5 -5.5	8.7	+10.0 -8.9	15.0	±4 Δ_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 -3.0	3.7	+6.0 -5.5	8.8	+10.0 -8.6	8.4	±5 Δ_y	40	ST	+0 -46	+5 -48	+3 -46	+7 -52	+56 -52	-	3.2					
			D16	2.7	+3.5 -2.5	4.3	+6.0 -5.0	12.4	+13.5 -12.0	9.0	±4 Δ_y	26	・	+34 -58	+40 -57	+43 -54	+33 -59	+33 -54	-	2.2					
		5	D13	2.2	+3.5 -2.2	3.7	+6.0 -6.0	8.8	+10.2 -8.3	13.2	±6 Δ_y	57	SW	+52 -21	+53 -24	+47 -7	+51 -9	+58 -9	+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 Δ_y	33	・	+18 -54	+30 -49	+30 -49	+42 -50	+49 -52	+82 -73	3.2					
	2.9	10	D13	1.6	+2.0 -1.0	3.7	+4.0 -3.0	6.2	+6.5 -5.5	8.4	±7 Δ_y	84	ST	+46 -94	+48 -91	+62 -90	+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 -8.5	9.0	±5 Δ_y	40	・	+19 -41	+53 -57	+30 -76	+75 -76	+21 -62	-	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 Δ_y	77	DS	+34 -14	+46 -15	+45 -33	+63 -50	+76 -50	+86 -75	6.0					
			D16	1.9	+2.5 -1.5	4.3	+4.5 -5.5	8.7	+9.8 -8.0	13.8	±6 Δ_y	63	・	+65 -93	+72 -98	+58 -80	+57 -100	+100 -100	-	5.5					

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)

表4 耐力指数 (じん性率) 比較表

S (mm)		a/d = 2.0			a/d = 2.9		
		D-13	D-16	平均	D-13	D-16	平均
非 溶 接 型	10	30(3.0)	11(2.0)	21(2.5)	22(2.2)	26(2.0)	24(2.1)
	5	35(3.0)	22(3.0)	29(3.0)	45(5.0)	30(3.5)	38(4.3)
	平均	33(3.0)	17(2.5)	25(2.7)	34(3.6)	28(3.0)	31(3.2)
溶 接 型	10	40(3.2)	26(2.2)	33(2.7)	84(6.2)	40(3.5)	62(4.9)
	5	57(5.2)	33(3.2)	45(4.2)	77(6.0)	63(5.5)	70(5.8)
	平均	49(4.2)	30(2.7)	39(3.5)	81(6.1)	52(4.5)	66(5.3)



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

図2 荷重-変位履歴曲線

わかる。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。

参考文献 1) 山田, 小林, 井上, 九本: 大変形を伴う正負変荷荷重下でのRCはりでのせん断破壊挙動, 第42回土木学会年講概要集, Vol. 5, pp. 230-231