

第Ⅴ部門 鉄筋コンクリートはりのせん断抵抗挙動に関する一考察

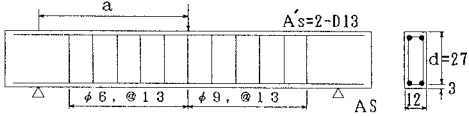
大阪府立工業高等専門学校 正 員 ○山田 昌昭
" 正 員 吉田 義隆
京阪電気鉄道株式会社 正 員 石阪 良治
長岡技術科学大学 学生員 井崎 美行

1. はじめに 鉄筋コンクリート（ＲＣ）はりのせん断耐力を算定するための研究は近年かなり進歩したといえる．これまでの実験式を主体にした算定式に代わって，塑性理論等を用いた算定式が提案されるようになった．しかし，終局時のせん断抵抗挙動はまだ十分解明されているとはいえない．本研究は現行の土木学会示方書のせん断耐力算定式の妥当性を終局時のＲＣはりの挙動を実験的に考察することにより検証したものである．

2. 実験概要 斜めひびわれ発生後のＲＣはりのせん断抵抗挙動は一般に， $a/d \approx 2.5$ を境にして変化することが指摘されている． $a/d < 2.5$ の荷重状態ではコンクリートの圧縮応力束帯と引張主鉄筋とが形成するタイドアーチ的挙動によりせん断に抵抗する．一方これに対し $a/d > 2.5$ の場合はスターラップ等のせん断補強筋とコンクリート斜圧縮応力束帯から成るトラスの挙動によりせん断に抵抗する．本研究は $a/d > 2.5$ の範囲におけるＲＣはりの終局時のせん断抵抗挙動を検討しようとしたものである．実験は図－１，および表－１に示す13本の供試体を用いて行われた．

はりの曲げ設計荷重を $Pd=12\text{ t}$ （奇数番号①③…の供試体）および 14 t （偶数番号）の２種類とし， a/d を $2.5 \sim 4.0$ の7水準に変化させ，それぞれの設計荷重になるように主鉄筋量を決定した． $Pd=12\text{ t}$ のはりについてはスターラップを $\phi 6$ と $\phi 9$ の２種類のを両側のせん断スパン内（ a 区間）に配置した． $Pd=14\text{ t}$ のはりは $\phi 9$ のみを使用した．実験はＲＣはりの中央に集中荷重を載荷し，単調増加荷重をはりが破壊するまで作用させた．実際の破壊荷重は表－３の実験一覧表に示すように $Pd=12\text{ t}$ のはりは約 14 t で $Pd=14\text{ t}$ のはりは約 19 t で曲げ破壊した．

3. 実験結果 実験結果をまとめたものが表－３の実験結果一覧表である．表中の斜めひびわれ荷重の計算値は示方書式の V_{cd} （コンクリートによるせん断耐力， $\gamma_b=1.0$ ）によって計算された値である．一方，終局荷重の計算値のうち，曲げ耐力の値は示方書に



図－１ 実験供試体寸法図（単位 c m）

表－１ 実験供試体寸法諸元

供試体の 番号 No.	主鉄筋 A s	a (cm)	a / d	スターラップ の径 (mm)	スターラップ 比 (%)	設計終 局荷重 (計算) (t)
①	2D-16 +D-10	67.5	2.5	$\phi 6$	0.365	11.6
②	2D-19 +D-10			$\phi 9$	0.814	
③	2D-16 +D-10	74.3	2.75	$\phi 6$	0.363	10.8
④	2D-16 +D-13			$\phi 9$	0.815	
⑤	2D-19	81.0	3.0	$\phi 6$	0.365	12.2
⑥	2D-22			$\phi 9$	0.814	
⑦	2D-19 + $\phi 6$	87.8	3.25	$\phi 6$	0.363	12.1
⑧	2D-22 +D-10			$\phi 9$	0.815	
⑨	2D-19 +D-10	94.5	3.5	$\phi 6$	0.363	12.0
⑩	2D-22 +D-13			$\phi 9$	0.815	
⑪	2D-19 +D-13	101.0	3.75	$\phi 6$	0.363	12.1
⑫	2D-25			$\phi 9$	0.814	
⑬	2D-22	108.0	4.0	$\phi 6$	0.365	11.7
				$\phi 9$	0.814	

表－２ 鉄筋の実強度

	規格	鉄筋径	降伏点応力	引張強度
主鉄筋	S D 3 0	D - 1 0	3 5 5 6	5 2 1 8
		D - 1 3	3 7 1 0	5 4 4 6
		D - 1 6	3 3 8 6	5 0 7 3
		D - 1 9	3 5 9 5	5 1 4 8
		D - 2 2	3 3 3 9	5 1 5 4
		ϕ - 6	3 2 3 7	4 5 7 2
スターラップ	S R 3 0	$\phi 6$	3 2 3 7	4 5 7 2
		$\phi 9$	3 4 2 7	4 9 7 0

（応力単位 = kgf / cm²）

表-3 実験結果一覧表

供試 体の 番号 No.	主鉄筋 (As)	a / d	コンクリート 強度 f'cu (kgf/cm ²)	スターラップ の径 (mm)	スターラップ 比 (%)	斜めひび割れ 荷重 (tf)		終 局 荷 重 計算値 (tf)		実験 破壊 荷重 (tf)	スターラップ張力／全せん断力 (%)		
						計算値	実験値	曲 げ	せん断		実験値	FEM	示方書値
①	2D-16 +D-10	2.5	410	φ 6	0.365	6.8	10.9	11.6	12.6	16.5	62(Y2/3)	86	58
				φ 9	0.814	6.8	10.3	11.6	21.3		79 (70%)	92	
②	2D-19 +D-10			φ 9	0.814	7.5	10.8	16.3	21.9	19.9	91(Y1/3)	92	62
③	2D-16 +D-10	2.75	450	φ 6	0.363	7.0	7.9	10.8	13.7	14.0	68(Y1/3)	96	50
				φ 9	0.815	7.0	7.9	10.8	22.7		87 (60%)	88	
④	2D-16 +D-13			φ 9	0.815	7.3	8.4	12.2	23.0	18.1	82(Y1/2)	95	60
⑤	2D-19	3.0	410	φ 6	0.365	7.3	10.9	12.2	13.1	14.7	61(Y2/3)	100	50
				φ 9	0.814	7.3	7.7	12.2	21.8		92 (59%)	100	
⑥	2D-22			φ 9	0.814	8.0	7.0	15.7	22.4	19.3	94 (84%)	100	58
⑦	2D-19 +φ 6	3.25	450	φ 6	0.363	7.6	9.6	12.1	14.3	14.3	74(Y3/3)	99	46
				φ 9	0.814	7.6	9.7	12.1	23.3		71 (62%)	61	
⑧	2D-22 +D-10			φ 9	0.815	8.5	8.2	15.4	24.3	18.1	87 (73%)	100	53
⑨	2D-19 +D-10	3.5	450	φ 6	0.363	7.8	7.9	12.0	14.5	14.0	61(Y1/3)	78	44
				φ 9	0.815	7.8	7.2	12.0	23.5		100(76%)	99	
⑩	2D-22 +D-13			φ 9	0.815	8.7	7.6	15.1	24.4	17.4	100 (Y1/3)	98	50
⑪	2D-19 +D-13	3.75	410	φ 6	0.363	8.0	8.0	12.1	14.7	14.5	99(Y3/5)	95	45
				φ 9	0.815	8.0	10.9	12.1	23.7		99(Y1/3)	81	
⑫	2D-25			φ 9	0.814	8.8	12.0	15.0	22.9	20.3	81 (88%)	100	56
⑬	2D-22	4.0	410	φ 6	0.365	8.0	12.5	11.7	13.9	16.5	65(Y1/3)	100	51
		φ 9	0.814	8.0	10.7	11.7	22.4	64 (64%)	100				

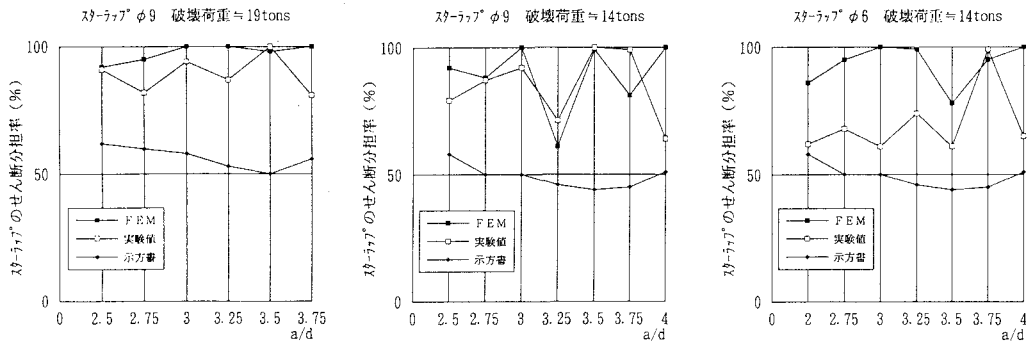


図-2 スターラップのせん断分担率

おける図6・2・1の応力状態を用いて求めたものでありせん断の値は V_{cd} にスターラップの耐力 V_{sd} を加算して計算したものである。スターラップのせん断分担率の実験値の()に示した値のうちY2/3等の意味は斜めひびわれが横切るスターラップの3本のうち2本が降伏(Yield)していることを表す。また、(60%)等はスターラップの最大応力が降伏応力の60%であることを表すものである。また、FEMとは実験と同様の斜めひびわれを有するFEMモデルにより計算したスターラップのせん断分担率を表す。また、示方書の値は実験の破壊荷重から斜めひびわれ荷重を差し引いた残りの値をスターラップによる抵抗力と考えて、せん断分担率を求めた値である。これらの実験結果のうち、とくにスターラップのせん断分担率を図に示したものが図-2である。Pd=12tの供試体のうち $\phi 6$ のスターラップの分担率は60~70% (実験値)である。スターラップはほとんど降伏し、せん断破壊に近い状態である。FEMによる値は90~100%で、この差は斜めひびわれに沿う骨材の摩擦力によるものと思われる。一方、 $\phi 9$ のスターラップではPd=12t, 14tのいずれの場合も分担率は80~100%となっている。いずれの場合も示方書で計算された結果と比べて、スターラップの分担率が大きくなっており、示方書式の値は V_{cd} の値を過大に評価していることがわかる。また、FEM値と実験値は比較的近い値を示しており、このことより、スターラップが降伏するまでは、せん断力の大部分(80~100%)はスターラップで受け持たれ、スターラップが降伏し始めると骨材の摩擦力等が働き始めると考えられる。