

墨田区役所 正会員○江波戸 史恭 東海大学工学部 正会員 安本 修一
東海大学工学部 正会員 佐久間 雅孝 (株)川田建設 春原 秀樹
(株)福田組 関根 倫行

1. はじめに

現在の土木学会コンクリート標準示方書¹⁾では、ディープビームの設計においてせん断補強鉄筋を考慮しない式が示されている。せん断鉄筋の効果については、石橋、角田らが主鉄筋量の多い場合について検討^{2) 3)}を行っている。そこで、著者ら⁴⁾は主として主鉄筋量の少ない場合について、(1)示方書に規定されている最小鉄筋量を有する場合(2)水平・鉛直方向の鉄筋を補強した場合のせん断補強効果について実験的に検討した。(1)については、既に関東支部大会で報告済みである。その結果 a/d が0.39~0.94の範囲で示方書に規定されている最小鉄筋量で補強してもせん断耐力が23~37%増加することが明らかになっている。本実験は、(2)の水平及び鉛直鉄筋のせん断耐力に及ぼす影響について報告する。

2. 実験概要

表-1、図-1に本実験によるはりの諸元と形状

寸法を示す。本実験は、 $a/d=0.39, 0.94$ のはり

(主鉄筋比 $P_w=1.72\%$)で、(1)水平鉄筋を10cm

間隔(5シリーズ)(2)鉛直鉄筋を10cm間隔(6シリーズ)

(3)水平・鉛直鉄筋10cm間隔(7シリーズ)でせん断補強した各はりについて2点集中載荷(載荷幅5cm)を行った。また、各荷重段階における鉄筋とコンクリートのひずみは図-1に示す位置で測定した。同時にひびわれ進展も目視により観察した。

3. 実験結果と考察

(1) せん断補強効果

表-2に実験結果をまた、表-3に補強しないはりのせん断耐力 $V_{u3}/\sqrt{f_c'}$ を基準にせん断補強したはりのせん断耐力 $V_{u5}/\sqrt{f_c'}$, $V_{u6}/\sqrt{f_c'}$, $V_{u7}/\sqrt{f_c'}$ との比較を示す。表-2より、 $a/d=0.39$ のはり(6-1)では、本実験の通常の破壊性状である支点と裁荷点を結ぶ線に沿う斜めひびわれとは相違するものであったため考察から外すこととする。表-3より以下のことがわかる。(a) $a/d=0.39\sim0.94$ の範囲で、水平鉄筋で補強したはりのせん断耐力は、

補強しないはりのせん断耐力と比べ、 a/d の変化に関係なく約29%の増加となっている。(b)鉛直鉄筋で補強したはりのせん断耐力は、スパンが比較的長い $a/d=0.94$ のはりでは鉛直鉄筋がせん断に対し効果的に働き補強しないはりのせん断耐力を48%上回っている。(c)水平・鉛直鉄筋両方で補強

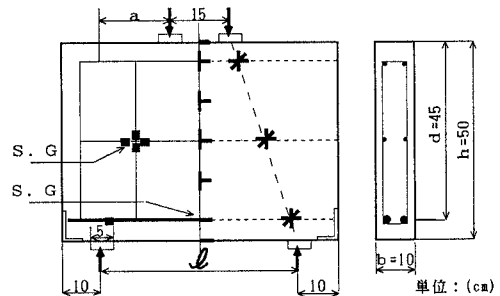


図-1 はりの諸元と形状寸法

表-1 はりの諸元

		a (cm)	ℓ (cm)	a/d	f _{c'} (kgf/cm ²)	せん断 補強
3	3-1	17.5	50	0.39	290	無
	3-3	42.5	100	0.94	290	無
5	5-1	17.5	50	0.39	273	水平
	5-3	42.5	100	0.94	273	水平
6	6-1	17.5	50	0.39	307	鉛直
	6-3	42.5	100	0.94	307	鉛直
7	7-1	17.5	50	0.39	274	水平・鉛直
	7-3	42.5	100	0.94	274	水平・鉛直

表-2 実験結果

	せん断 補強	斜めひびわれ せん断力 V_{dc} (tf)	せん断耐力 V_u (tf)	$\frac{V_u}{\sqrt{f_c'}} \cdot 10^3$
3	3-1	無	12.5	23.0
	3-3	無	8.0	14.7
5	5-1	水平	13.0	29.1
	5-3	水平	9.5	18.4
6	6-1	鉛直	11.5	20.9
	6-3	鉛直	8.0	22.3
7	7-1	水平・鉛直	11.5	30.8
	7-3	水平・鉛直	8.5	22.6

表-3 3シリーズと各シリーズの比較

a/d	0.39	0.94	せん断補強
$\frac{V_{u5}/\sqrt{f_c'}}{V_{u3}/\sqrt{f_c'}}$	1.30	1.29	水平
$\frac{V_{u6}/\sqrt{f_c'}}{V_{u3}/\sqrt{f_c'}}$	0.88	1.49	鉛直
$\frac{V_{u7}/\sqrt{f_c'}}{V_{u3}/\sqrt{f_c'}}$	1.38	1.59	水平・鉛直

したはりのせん断耐力の増加量は、水平鉄筋や、鉛直鉄筋単独で補強したはりのせん断耐力の増加量をそれぞれ上回っている。このことから、水平鉄筋、鉛直鉄筋単独で補強をするよりも水平・鉛直鉄筋両方で補強することが、せん断に対しより効果的に働きせん断耐力を増加させていると考えられる。

(2) 斜めひびわれ発生後のせん断耐力の増加

表-4よりa/dが同一の場合には、せん断補強の有無、せん断補強の仕方に関係なく斜めひびわれせん断力は、あまり大きな差がないようである。水平・鉛直鉄筋両方で補強したはりの斜めひびわれ発生後のせん断耐力は、補強しないはりと比べ、約45%増加している。一方、水平鉄筋で補強した場合、鉛直鉄筋で補強した場合も同様に比べると、水平鉄筋で補強したはりの斜めひびわれ発生後のせん断耐力は5~22%増加し、鉛直鉄筋で補強したはりの斜めひびわれ発生後のせん断耐力は、a/d=0.94のはりの場合52%増加している。以上より、a/d=0.39のはりでは水平鉄筋が、a/d=0.94のはりでは鉛直鉄筋が、効果的に働きせん断耐力を増加させている。水平・鉛直鉄筋両方で補強したはりのせん断耐力の増加量が、a/dの変化に関係なく45、46%と安定している。

表-4 斜めひびわれせん断力とせん断耐力の関係

a/d	せん断補強鉄筋	はりNo.	斜めひびわれせん断力 $V_{dc}(tf)$	せん断耐力 $V_u(tf)$	V_u/V_{dc}	
0.39	無	3-1	12.5	23.0	1.84	1.00
	水平のみ	5-1	13.0	29.1	2.24	1.22
	鉛直のみ	6-1	11.5	20.1	1.75	0.95
	水平・鉛直	7-1	11.5	30.8	2.68	1.46
0.94	無	3-3	8.0	14.7	1.84	1.00
	水平のみ	5-3	9.5	18.4	1.94	1.05
	鉛直のみ	6-3	8.0	22.3	2.79	1.52
	水平・鉛直	7-3	8.5	22.6	2.66	1.45

水平・鉛直鉄筋両方で補強したはりのせん断耐力の増加量が、a/dの変化に関係なく45、46%と安定している。

表-5 せん断補強の有無による

主鉄筋の最大ひずみ

(3) 主鉄筋の最大ひずみ

表-5に各はりの中央部及び端部における主鉄筋の最大ひずみを示す。(a) a/d=0.39のはりの場合、水平鉄筋で補強したはりの最大ひずみが、また、a/d=0.94のはりの場合、鉛直鉄筋で補強したはりの最大ひずみが、補強しないはりの最大ひずみと比べ大きいようである。このことは、a/d=0.39の場合は水平鉄筋が、a/d=0.94の場合は鉛直鉄筋が、せん断に対し効果的に働くと考えられる。このことにより、せん断耐力を増加させ補強しないはりの最大ひずみと比べ大きくなったと考えられる。

a/d	せん断補強鉄筋	はりNo.	主鉄筋の最大ひずみ(10^{-6})		
			端部	中央部	端部
0.39	無	3-1	641	743	860
	水平のみ	5-1	1640	1134	1226
	鉛直のみ	6-1	1000	900	992
	水平・鉛直	7-1	888	1136	744
0.94	無	3-3	747	920	993
	水平のみ	5-3	1068	1007	951
	鉛直のみ	6-3	1301	1533	1515
	水平・鉛直	7-3	844	1382	902

(b) 水平・鉛直鉄筋両方で補強したはりの主鉄筋の最大ひずみは、他の補強したはりの場合よりも、中央部で1136~1382($\times 10^{-6}$)、端部では744~902($\times 10^{-6}$)と端部が中央部の63~72%の値となっている。このことから、水平・鉛直鉄筋の作用により、他のディープビームと比べ多少タイドアーチ的な機構から曲げの耐荷機構に移行したのではないかと考えられる。

3. まとめ

(1) 水平鉄筋を10cm間隔でせん断補強したはりのせん断耐力は、a/dの変化に関係なく補強しないはりのせん断耐力より約29%増加した。

(2) 鉛直鉄筋を10cm間隔でせん断補強したはりは、a/d=0.94程度のはりでは鉛直鉄筋がせん断に対し効果的に働くようになり、補強しないはりのせん断耐力よりも49%増加した。

(3) 水平・鉛直鉄筋10cm間隔でせん断補強したはりは、せん断補強しないはりのせん断耐力をa/d=0.39の場合38%、a/d=0.94の場合59%増加した。

(4) 以上のことからa/d=0.39~0.94の範囲でディープビームのせん断補強には、水平・鉛直鉄筋両方を用いることがよりせん断に対し効果的に働くことがわかった。

参考文献：1) 土木学会コンクリート標準示方書 平成3年制定2) 石橋忠良、斉藤啓一、寺田年男：せん断スパン比の小さいRCはりのせん断補強効果について、コンクリート工学年次論文報告集、1987、第3巻2号、pp.311-316 3) 林川俊郎、斉藤文彦、角田与史雄：せん断補強鉄筋を有するRCディープビームの強度について、コンクリート工学年次論文報告集、1990、第12巻2号、pp.319-324 4) 江波戸史泰、佐久間雅孝、安本修一：RCディープビームのウェブ鉄筋の効果に関する実験的研究第22回関東支部技術研究発表会概要集、1995、pp.528-529 5) 二羽淳一郎：ディープビーム的鉄筋コンクリート部材のせん断耐荷機構（東京大学学位論文）