

端部拘束されたRCディープビームのせん断耐力に及ぼす腹部補強鉄筋の影響

九州大学大学院 学生員○殿内秀希

九州大学大学院 学生員 元 大淵 福永義行

九州大学工学部 正 員 日野伸一 太田俊昭

1. はじめに

鉄筋コンクリート部材の耐力を増加させるために補強鉄筋を用いるが、RCディープビームのせん断耐力を算出する場合、破壊や抵抗メカニズムが複雑であるという理由から、安全のために補強鉄筋の影響が無視されている。しかし、実際は腹部に配置される鉄筋が十分主鉄筋を補うことができ、せん断耐力の増加に寄与するものと考えられる。また、実構造物中のRCディープビームの多くは端部拘束状態にあるのにも関わらず、現行の土木学会のコンクリート標準示方書¹⁾ではいかなる場合も単純支持として設計する。本研究は、この2つの疑問点を明らかにするため、端部拘束されたRCディープビーム供試体に対する一連の載荷実験を行ない、その破壊挙動に及ぼす腹部補強鉄筋の影響やせん断スパンと有効高さの比(a/d)について検討するとともに、現行の土木学会の示方書の適用性について考察したものである。

2. 実験概要

載荷実験に使用した供試体の形状・寸法・鉄筋の配置・ゲージ位置を図-1、表-1に示す。供試体は、はりの高さhを600mmで一定としてスパンLを変化させるとともに、上・下部の主鉄筋量や腹部内の水平鉄筋・鉛直鉄筋の鉄筋量を変化させることによって、計12体製作した。載荷手順は、まず、供試体両端部に初期拘束荷重(a/d=0.31で588kN、a/d=0.85で392kN、a/d=1.38で294kN)をかけた後、油圧ジャッキで供試体の中央上面に静的載荷し、破壊に至るまで9.8kNずつ荷重を単調増加させた。各荷重段階において、鉄筋ひずみの測定とひび割れの進展状況の観測を行った。

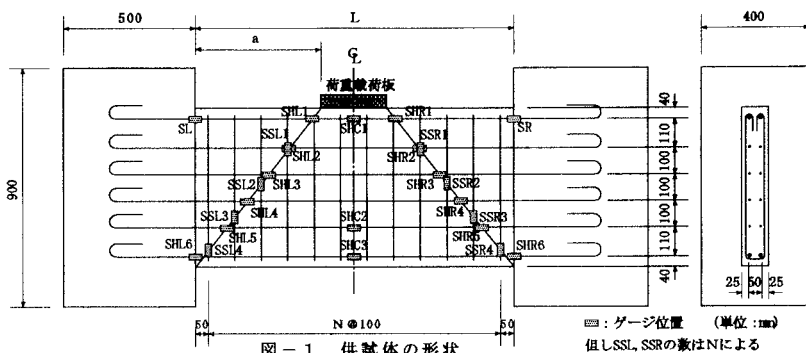


図-1 供試体の形状

表-1 供試体の諸元

番号	L (mm)	a (mm)	a d	コンクリート 特性		鉄筋の種類			鉄筋の特性		
				f'ck	ft	上・下部	水平	鉛直	種類	f _{sy}	E _s
ES16	600	175	0.31	35.2	2.83	2D13	8D6	12D6	D6	279	167
ES17				30.5	2.46	2D13	8D10	12D6	D10	330	170
ES18				31.2	2.38	2D16	8D6	12D10	D13	350	178
ES19				30.9	2.40	2D16	8D10	12D10	D16	345	177
ES26	1200	475	0.85	35.2	2.83	2D13	8D6	12D6	L: はりの長さ		
ES27				30.5	2.46	2D13	8D10	12D6	a: 純せん断スパン		
ES28				31.2	2.38	2D16	8D6	12D10	f'ck: コンクリート圧縮強度		
ES29				30.9	2.40	2D16	8D10	12D10	ft: コンクリート引張強度		
ES36	1800	775	1.38	35.2	2.83	2D13	8D6	12D6	f _{sy} : 鉄筋降伏点応力度		
ES37				30.5	2.46	2D13	8D10	12D6	(N/mm ²)		
ES38				31.2	2.38	2D16	8D6	12D10	E _s : 鉄筋ヤング係数		
ES39				30.9	2.40	2D16	8D10	12D10	(N/mm ²)		

3. 実験結果および考察

3.1 a/dによるせん断耐力の変化

図-2にa/dによるせん断耐力の変化を示す。図中縦軸は各供試体の圧縮強度が異なることを考慮し、せん断耐力 $V_u (=P_u/2)$ を $bd\sqrt{f'_{ck}}$ で除した値を使用した。図から供試体のせん断耐力はa/dの増加に伴い低下していることがわかる。破壊荷重 P_u と斜めひび割れ発生荷重 P_d の比を表-2に示したが、 P_u/P_d の値はa/d=0.31で約2.7、a/d=0.85で約3.1、a/d=1.38で約3.1となった。

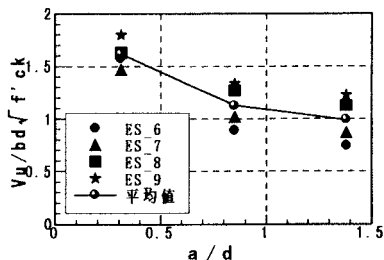


図-2 a/dによるせん断強度の変化

先に行った著者らの実験²⁾に

よれば、主鉄筋のみ、または、水平補強した場合の端部拘束されたディープビームでは、 a/d の増加に伴い、より脆性的な破壊を示すことが確認されている。この場合、 P_u/P_d の値は $a/d=0.31$ で約2.0、 $a/d=0.85$ で約1.4、 $a/d=1.38$ で約1.0となっている。両者の結果を比較して考えると、ディープビームのせん断耐力は a/d の影響を受けるが、腹部に配置された補強鉄筋により脆性的な破壊を抑制できることが明らかである。

3. 2 水平鉄筋の補強効果

せん断耐力に及ぼす水平鉄筋の効果は、はりの幾何学的条件によって大きく変わる。図-3に示すように、 $a/d=0.31$ の場合には、斜めひび割れが発生するごとに水平鉄筋ひずみが大きくなり、また、破壊時における水平鉄筋ひずみは、 $a/d=0.85$ 、 $a/d=1.38$ に比べ大きく卓越し、 $a/d=0.85$ 、 $a/d=1.38$ の順に小さくなっていることから、水平鉄筋によるせん断耐力の増加が顕著に認められる。同じ a/d のES16とES17、ES26とES27、ES36とES37では、水平鉄筋量の多いES17、ES27、ES37の水平鉄筋ひずみは相対的に小さくなっており、水平鉄筋量の増加による効果がみられた。

3. 3 鉛直鉄筋の補強効果

せん断耐力に及ぼす鉛直鉄筋の効果は、水平鉄筋と同様にはりの幾何学的条件によって大きく変わる。水平鉄筋では、 a/d の値が小さい場合にせん断耐力を向上させたのに対し、鉛直鉄筋では、対称的に a/d の値が大きい場合にせん断耐力を向上させている。図-4に示すように $a/d=1.38$ の場合には斜めひび割れが発生すると水平鉄筋よりも先に鉛直鉄筋が伸び、せん断力の多くを受け持つことがわかる。また、破壊時における鉛直鉄筋ひずみの値は、 $a/d=1.38$ 、 $a/d=0.85$ 、 $a/d=0.31$ の順に小さくなっており、 $a/d=1.38$ の場合にはほとんどが降伏ひずみを越えている。また、鉛直鉄筋量の異なるES16とES18、ES26とES28、ES36とES38を比べると鉛直鉄筋の量の多いES18、ES28、ES38の鉛直鉄筋ひずみは相対的に小さくなっており、鉛直鉄筋量の増加による効果がみられた。つまり、 a/d の値が小さい場合にはせん断耐力に直接影響せず、 a/d の値が大きい場合にせん断耐力の増加に寄与し、その効果は鉛直鉄筋量に影響を受けることが明らかにされた。このことは前述の論文の中で水平鉄筋のみで補強されたディープビームは a/d の値が大きくなるにつれ脆性的な破壊をしたのに対し、鉛直鉄筋で補強されたものは脆性的な破壊が抑制されていることからうかがえる。

参考文献 1)土木学会 : コンクリート標準示方書【平成3年版】設計編 pp160～162 1991.7

2)元 大淵ほか: 端部拘束されたRCディープビームの破壊挙動に関する実験的研究
コンクリート工学年次報告集 Vol.18 No.2 pp671～676 1996

表-2 実験値とコンクリート標準示方書による算定値

番号	実験値				コンクリート標準示方書算定値							
	斜めひび割れ発生荷重 Pd(kN)	破壊荷重 Pu(kN)	Pu Pd	破壊 モード	破壊荷重(kN)			破壊 モード	Pu Psb	Pu Pss		
					引ひ(-)Psdm	引ひ(+) P_{sdp}	せん断 P_{ss}					
ES16	352.80	1044.97	2.96	せん断-圧縮	692.45	1017.43	411.70	せん断	1.51	2.54		
ES17	352.80	911.69	2.58	せん断	689.59	1013.22	383.23	せん断	1.32	2.38		
ES18	411.60	1019.20	2.48	せん断	1051.42	1544.86	450.25	せん断	0.97	2.26		
ES19	411.60	1118.57	2.72	せん断-圧縮	1050.93	1544.14	448.08	せん断	1.06	2.50		
ES26	215.60	588.10	2.73	せん断	330.98	404.63	252.83	せん断	1.78	2.33		
ES27	254.80	627.69	2.46	せん断	329.61	402.96	235.34	せん断	1.90	2.67		
ES28	235.20	793.90	3.38	せん断	502.56	614.40	276.50	せん断	1.58	2.87		
ES29	215.60	833.39	3.87	せん断	502.32	614.11	275.17	せん断	1.66	3.03		
ES36	205.80	488.24	2.37	せん断	218.87	250.66	150.08	せん断	2.23	3.25		
ES37	176.40	538.51	3.05	せん断	217.96	249.62	139.70	せん断	2.47	3.85		
ES38	215.60	705.80	3.27	せん断	332.33	380.60	164.13	せん断	2.12	4.30		
ES39	215.60	763.81	3.54	せん断	332.17	380.43	163.34	せん断	2.30	4.68		

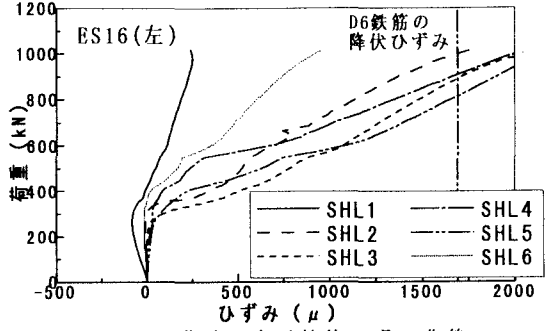


図-3 荷重-水平鉄筋ひずみ曲線

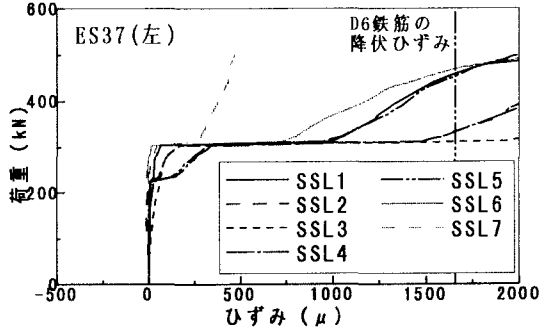


図-4 荷重-鉛直鉄筋ひずみ曲線