

V-388

端部拘束されたRCディープビームのせん断・曲げ耐力に関する実験的研究

九州大学 学生員○福永義行

九州大学 学生員 元 大淵 殿内秀希

九州大学 正 員 日野伸一 太田俊昭

1. まえがき

RCディープビームは、高層ビル・海洋構造物・基礎構造物などの設計の際に必要なとされる構造部材であり、近年の経済発展に伴うこの種の構造物の増加によって新たに注目されている課題の一つである。しかし、この分野に関する研究は他の構造部材に比べて遅れているようである。また、単純支持されたディープビームに関する研究はこれまで比較的多く行われているのに対して、部材端部が拘束されたディープビームに関する研究は少なく、その力学特性についても十分に解明されていないのが実状である。ところが、実構造物では端部の支持条件として単純支持の場合よりも拘束されたディープビームとなる場合の方が多い。そこで、本研究は、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¹⁾を行ない、その破壊挙動に及ぼすせん断スパンと有効高さの比(a_v/d)や主鉄筋比の影響、さらに、水平補強鉄筋の影響について検討したものである。

2. 実験概要

供試体の形状・寸法、鉄筋の配置、ひずみ計測位置および材料特性を図-1、表-1に示す。供試体は、はり高さ(h)を600mmで一定とし、スパン(l)の変化、上・下部鉄筋の組合せ、水平補強鉄筋の有無により、計15体製作した。また、端部拘束条件を満足させるために供試体スパンに比べ剛性の高いコンクリートブロックを一体打ちして配置した。載荷試験は、油圧ジャッキ（最大能力980kN）を用いて供試体中央上面に載荷板を介して静的載荷し、破壊に至るまで荷重を単調増加させた。各荷重時における鉄筋およびコンクリート側面のひずみ、中央部のたわみ、端部の変位、ひび割れ進展状況の観測を行った。

3. 実験結果および考察

(1) 破壊挙動

表-2に本実験値を示す。 l/h の値が2.0以下の供試体はすべてせん断破壊しており、これは、荷重載荷板から端部拘束面に直接的に伝達される荷重経路が卓越することを意味している。以上より、 l/h の値が比較的小さい場合の荷重伝達メカニズムが図-2のように仮定できる。すなわち、外力 P_u はすべてコンクリートストラッ

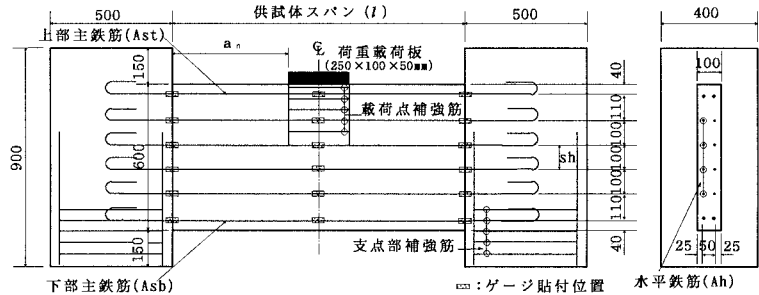


図-1 供試体の形状・寸法

数値単位:mm

表-1 供試体の諸元および材料特性

供試体 番 号	l (mm)	a_s (mm)	a_v d	コンクリートの材料特性			鉄筋の種類			鉄筋の材料特性		
				f_{cs}	f_t	E_c	上部	下部	水平	種類	f_{sy}	E_s
EN11	600	175	0.31	33.2	2.31	31.7	2D6	2D13	-	D6	279	167
EN12				25.7	2.09	28.2	2D13	2D6	-	D13	350	178
EN13				20.5	1.96	24.4	2D13	2D13	-	l : はりの長さ a_s : 純せん断スパン f_{cs} : コンクリートの 圧縮強度(N/mm ²) f_t : コンクリートの 引張強度(N/mm ²) E_c : コンクリートの ヤング係数(kN/mm ²) f_{sy} : 鉄筋の降伏点 応力度(N/mm ²) E_s : 鉄筋のヤング 係数(kN/mm ²)		
EH14				34.7	2.98	32.7	2D6	2D13	8D6			
EH15				36.1	2.37	27.1	2D13	2D6	8D6			
EN21	1200	475	0.85	30.4	2.15	31.9	2D6	2D13	-			
EN22				25.7	2.09	28.2	2D13	2D6	-			
EN23				20.5	1.96	24.4	2D13	2D13	-			
EH24				38.5	2.89	31.4	2D6	2D13	8D6			
EH25				36.7	2.82	30.1	2D13	2D6	8D6			
EN31	1800	775	1.38	34.4	3.03	28.9	2D6	2D13	-			
EN32				25.7	2.09	28.2	2D13	2D6	-			
EH33				20.5	1.96	24.4	2D13	2D13	-			
EH34				37.3	3.19	28.4	2D6	2D13	8D6			
EH35				38.9	3.01	32.1	2D13	2D6	8D6			

トによって伝達され、コンクリートのストラットはコーベル作用に抵抗するストラット(Cs2)とアーチ作用に抵抗するストラット(Cs1)にそれぞれ区分される。これは、外力 P_u の伝達が l/h の値が極端に小さい場合には大部分がコーベル作用により、また、 l/h の値が増加すればアーチ作用による荷重伝達形態を効果的に表現するためである。つまり、コーベル作用による引張抵抗は上部の引張タイ(T2)が、また、アーチ作用による引張抵抗は下部の引張タイ(T1)のように仮定したものである。

$l/h=3.0$ の供試体では、EN31とEN32の2供試体が曲げ破壊したが、この破壊荷重は通常のはり理論による端部及び中央部の曲げ耐力算定値をそれぞれ加えた値とほぼ一致している。このことより、端部拘束されたディープビームの曲げ設計に対しては最大正・負曲げモーメント断面での塑性ヒンジの発生による荷重再分配を考慮して設計するのが妥当であると考えられる(図-3)。

(2) a_n/d によるせん断強度の変化

図-4にせん断破壊した供試体に対して、 a_n/d によるせん断耐力の変化を示す。図から、せん断破壊した供試体のせん断耐力は a_n/d の増加に伴い低下していくことがわかる。また、表-2より、破壊荷重(P_u)と斜めひび割れ発生荷重(P_d)の比は、 $a_n/d=0.31$ で約2.0、 $a_n/d=0.85$ で約1.43、 $a_n/d=1.35$ で約1.0となった。これらの結果より、端部拘束されたディープビームのせん断耐力は、 a_n/d の影響が顕著であること、 a_n/d の増加に伴いより脆性的な破壊を示すことが明らかとなった。

(3) 水平鉄筋の補強効果

せん断耐力に及ぼす腹部の水平鉄筋の効果は、はりの幾何学的条件すなわち a_n/d によって大きく変わる様相を示す。 $a_n/d=0.31$ ($l/h=1.0$)の場合には、水平鉄筋によるせん断耐力の増加は顕著に認められるが、 $a_n/d=0.85$ ($l/h=2.0$)の場合にはほとんど見られない。しかし、水平鉄筋の補強効果によりひび割れの分散性が向上するとともに、たわみも減少する傾向を示した。 $a_n/d=1.38$ ($l/h=3.0$)の場合、水平鉄筋が配置されていないEN31とEN32が曲げ破壊したのに対して、水平鉄筋が配置されたEH34とEH35はせん断破壊した。(さらに、これによって上・下部引張主鉄筋に沿って発生する付着ひび割れも大きく減少された。)また、ほとんどの水平鉄筋が破壊時すでに降伏しており、このことは、等間隔に配置された水平鉄筋がはりの曲げ耐力の増加に寄与することを示すものである。以上の結果から、等間隔に配置された水平鉄筋は、 a_n/d の値が小さい場合ははりのせん断耐力を増加させる効果があり、また a_n/d の値が大きくなり曲げ変形が顕著になるにしたがいせん断耐力の増加には直接影響せず、曲げ耐力とひび割れの分散性を大きく向上させることが明らかにされた。

【参考文献】

1) 福永・元・殿内：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、平成7年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集、pp. 890-891, 1996

表-2 実験値

供試体番号	実験値			
	斜めひび割れ発生荷重 P_d (kN)	破壊荷重 P_u (kN)	$\frac{P_u}{P_d}$	破壊モード
EN11	431.20	606.62	1.41	せん断
EN12	205.80	433.16	2.10	せん断
EN13	235.80	547.82	2.32	せん断
EH14	392.00	760.48	1.94	せん断
EH15	333.20	705.60	2.12	せん断
EN21	225.20	372.40	1.65	せん断
EN22	323.40	343.00	1.06	斜めせん断
EN23	274.40	354.76	1.29	せん断
EH24	294.00	445.90	1.52	せん断
EH25	254.80	335.16	1.32	せん断
EN31	-	284.20	-	曲げ
EN32	-	279.30	-	曲げ
EN33	264.60	266.56	1.01	せん断
EH34	284.20	285.18	1.00	せん断
EH35	323.40	323.40	1.00	せん断

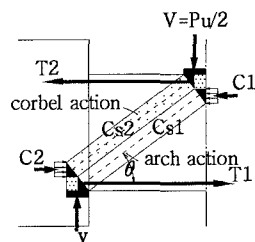


図-2 荷重伝達メカニズム

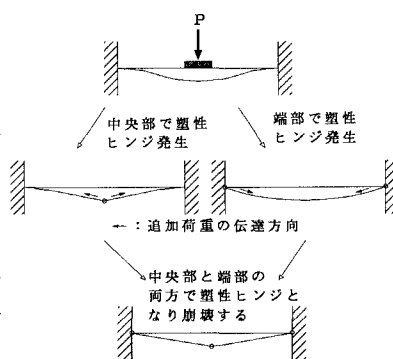


図-3 曲げ破壊メカニズム

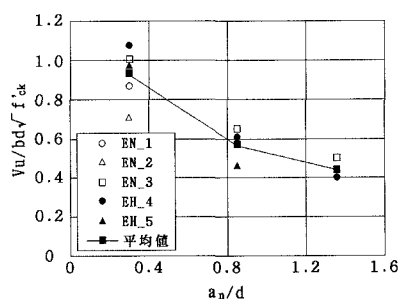


図-4 a_n/d によるせん断耐力の変化