

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

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 太田俊昭 日野伸一

1. はじめに

端部拘束されたRCディープビームに対する実験例は少なく、その力学特性については未だ十分に解明されていない。しかし、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。現行のコンクリート標準示方書¹⁾では、多径間連続はりりはスパンとはり高さの比(l/h)が3.0まではディープビームとしてせん断に対して設計し、曲げに対しては通常のはり理論によって設計するように規定されている。しかし、同示方書に提案されているディープビームのせん断耐力算定式は単純支持されたディープビームによる実験およびFEM解析結果に基づいた設計式である。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破壊実験を行ない、その破壊挙動を究明するとともに現行の土木学会コンクリート標準示方書の適用性について検討したものである。

2. 実験概要

供試体の形状・寸法および鉄筋の配置、ひずみ計測位置を図-1、表-1に示す。また、材料の特性を表-2に示す。

供試体は、はり高さ(h)を600mmで一定としてスパン(l)を変化させることにより、 $l/h=1.0, 2.0, 3.0$ の3種類の形状とし、上・下部鉄筋をD6およびD13で組合せることによって、計9種類作製した。載荷手順は、端部に、 $l/h=1.0$ のとき588kN(60tf)、 $l/h=2.0$ のとき294kN(40tf)、 $l/h=3.0$ のとき294kN(30tf)の拘束荷重をかけた後、油圧ジャッキにより中央部分に載荷し、破壊に至るまで単調増加させた。ま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。

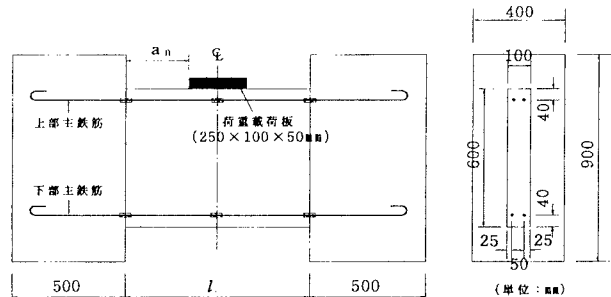


図-1 供試体の諸元 □:ゲージ貼付位置

表-1 供試体の寸法

供試体 番 号	l (mm)	h (mm)	l/h	d (mm)	b (mm)	a_n (mm)	a_n/d
EN11~ EN13	600	600	1.0	560	100	175	0.313
EN21~ EN23	1200	600	2.0	560	100	475	0.848
EN31~ EN33	1800	600	3.0	560	100	775	1.384

表-2 材料の特性

供試体 番 号	コンクリート			上部鉄筋			下部鉄筋		
	f_c'	f_t	E_c	種類	f_t	E_t	種類	f_b	E_b
EN11	33.2	2.31	31.7	2D 6	279	167	2D13	350	178
EN12	25.7	2.09	28.2	2D13	350	178	2D 6	279	167
EN13	20.5	1.96	24.4	2D13	350	178	2D13	350	178
EN21	30.4	2.15	31.9	2D 6	279	167	2D13	350	178
EN22	25.7	2.09	28.2	2D13	350	178	2D 6	279	167
EN23	20.5	1.96	24.4	2D13	350	178	2D13	350	178
EN31	34.4	3.03	28.9	2D 6	279	167	2D13	350	178
EN32	25.7	2.09	28.2	2D13	350	178	2D 6	279	167
EN33	20.5	1.96	24.4	2D13	350	178	2D13	350	178

ここに、 f_c' : 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_t, f_b : 鉄筋の引張強度 (N/mm^2)

E_t, E_b : 鉄筋のヤング係数 (kN/mm^2)

3. 実験結果および考察

1) 曲げ挙動

本実験の目的の一つは端部拘束されたディープビームの曲げ挙動を把握することであり、実験に用いた供試体のうちEN13、EN23、EN33を除く6供試体は、表-3に示すように現行の示方書に基づき曲げ先行型の破壊になるように設計した。しかし、実験で曲げ破壊した供試体はEN31とEN32の二つであり、他の供試体はすべてせん断破壊した(図-2参照)。このことは供試体寸法(表-1)からもわかるように、 l/h の値が2.0以下の場合、端部拘束されたディープビームの破壊挙動は単純支持に基づく現行示方書の推定結果と大きく異なることを示す。一方、曲げ破壊した供試体においても構造全体の挙動を考慮せず最大正・負曲げモーメントに対してそれぞれ設計

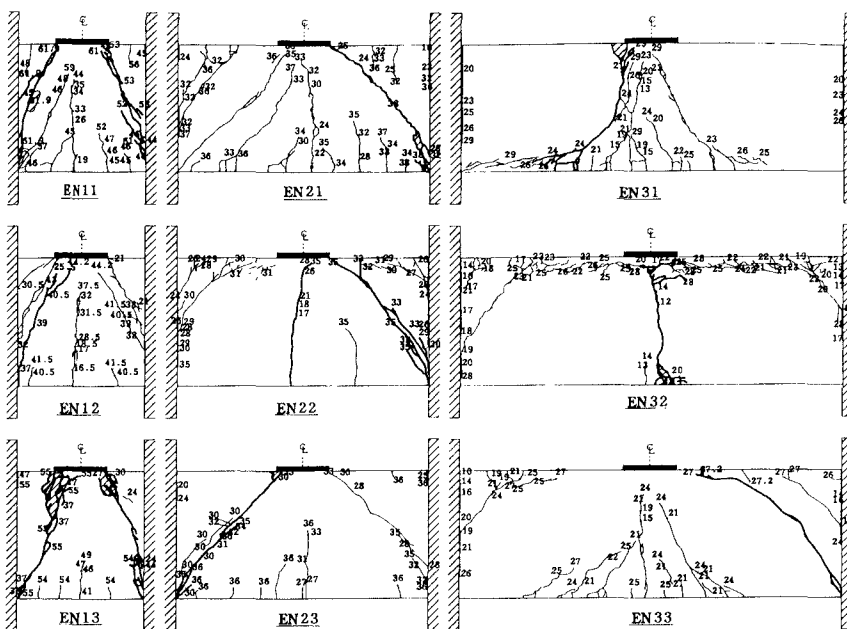


図-2 ひび割れ分布図

する場合、過大な設計となることが実験結果からわかる。供試体 EN31の場合、端部拘束面において上部に配置した引張鉄筋は2D6で、示方書によるこの断面の曲げ耐力は $P_u=46\text{kN}$ であるが、実験では約6倍となる $P_u=284\text{kN}$ 、EN32では予想破壊荷重の約5倍となる結果を得た。また、実破壊荷重が最大正・負曲げモーメント断面でのそれぞれの予想破壊荷重値を加えた値とほぼ一致していることがわかる。したがって、 l/h が3.0以下の端部拘束されたディープビームの曲げ設計は、最大正・負曲げモーメント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。

2) a_n/d によるせん断強度の変化

表-3に示すように、せん断破壊した供試体のせん断強度は a_n/d の増加に伴い低下していくことがわかる。また、破壊荷重と斜めひび割れ発生荷重との比は $a_n/d=0.313$ で約2.0、 $a_n/d=0.848$ で約1.43、 $a_n/d=1.348$ で約1.0となった。これらの結果によって、端部拘束されたディープビームのせん断強度は a_n/d の影響が大きいことと a_n/d の増加に伴い脆性的な破壊を示すことがわかった。

表-3 実験値とコンクリート標準示方書の算定値との比較

供試体 番 号	実 験 値				コンクリート標準示方書算定値						P _u P _{sb}	P _u P _{ss}
	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				
					曲げ(-) P _{sbh}	曲げ(+) P _{sbp}	せん断 P _{ss}					
EN 1 1	431.20	606.62	1.41	せん断	144.75	1043.55	408.37	曲げ(-)	4.19	1.49		
EN 1 2	205.80	433.16	2.10	せん断	703.99	212.32	226.33	曲げ(+)	2.04	1.91		
EN 1 3	235.80	547.82	2.32	せん断	670.70	985.46	320.89	せん断	—	1.71		
EN 2 1	225.20	372.40	1.65	せん断	69.15	413.87	234.13	曲げ(-)	5.39	1.59		
EN 2 2	323.40	343.00	1.06	曲げ-せん断	336.49	84.44	135.61	曲げ(+)	4.06	2.53		
EN 2 3	274.40	354.76	1.29	せん断	320.58	391.92	192.27	せん断	—	1.85		
EN 3 1	—	284.20	—	曲 げ	145.76	257.37	149.31	曲げ(-)	6.21	—		
EN 3 2	—	279.30	—	曲 げ	222.51	52.31	81.30	曲げ(+)	5.34	—		
EN 3 3	264.60	266.56	1.01	せん断	221.99	242.79	115.26	せん断	—	2.31		

【参考文献】

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書（設計編）、平成3年版、pp.160-162