

高性能人工軽量骨材コンクリートを用いた RC はりのせん断耐力

長岡技術科学大学大学院
港湾空港技術研究所
港湾空港技術研究所
港湾空港技術研究所

学生員
正会員
正会員
フェロー会員

佐伯奈都美
岩波 光保
伊藤 始
横田 弘

1 はじめに

従来の軽量コンクリートは引張強度やせん断強度が小さく，土木学会コンクリート標準示方書においても，軽量コンクリートの受け持つせん断力を普通コンクリートの 70%としている．しかしながら，最近開発された独立空隙型高性能人工軽量骨材は，従来の人工軽量骨材と比較して超軽量，低吸水性，高強度であり，粒形が砕石状であるといった特徴を持つ¹⁾．そのため，本骨材を使用したコンクリート部材では，より高いせん断耐力が期待される．本研究では，この骨材を用いて軽量 1 種(LC1)および 2 種（LC2）の RC はりを作製し，曲げせん断試験を行うことにより，そのせん断耐力について検討した．

2 試験概要

試験体は，有効高さ(d)，せん断スパン有効高さ比(a/d)，コンクリート種類 (LC1,LC2) をパラメータとして，これらがせん断耐力に及ぼす影響を検討した．図 1 に試験体概要を，また表 1 に試験体ケースを示す．主鉄筋は， $d=200\text{mm}$ で $\text{D}19\times 4$ ， $d=500\text{mm}$ で $\text{D}29\times 3$ ， $d=690\text{mm}$ で $\text{D}35\times 3(\text{SD}490)$ を配置した．配合は LC1, LC2 で同程度の圧縮強度が得られるように表 2 のように決定した．骨材には S1 に山砂(表乾密度 2590kg/m^3 ，吸水率 2.43%),S2 に砕砂(表乾密度 2670kg/m^3 ，吸水率 1.60%)，S3 に人工軽量細骨材(粒径 $3\sim 5\text{mm}$ ，絶乾密度 1220kg/m^3 ，60 分吸水率 0.34%)，および G に人工軽量粗骨材(絶乾密度 1180kg/m^3 ，60 分吸水率 0.08%)を用いた．試験体は，各ケース 2 体ずつ計 20 体作製した．試験体と同一の条件で養生した円柱供試体の，RC はり曲げせん断試験時における圧縮強度は LC1 で 33.2N/mm^2 ，LC2 で 34.1N/mm^2 であった．

3 試験結果

3.1 破壊形態

図 2 に荷重-変位関係を示す．LC1, LC2 および同一ケース間における荷重-変位曲線には大きな差異は無かったため，ここでは LC2 の 1 ケースの結果のみを示す． $a/d=2.5$ の試験体では，約 100kN で斜めひび割れが発生したが，その後もタイドアーチ的耐荷機構に移行して耐力を保持したため，最大荷重は最も大きくなった．それ以外の試験体では，斜めひび割れ発生とほぼ同時に耐力を失い，脆性的に破壊に至った．

3.2 せん断耐力

表 3 に終局せん断耐力の実験値($V_{u,exp}$)，計算値($V_{u,cal}$)， $V_{u,exp}/V_{u,cal}$ を示す． $a/d=2.5$ のケースのみ斜めひび割れ発生時とより破壊時の荷重が異なるため，斜めひび割れ発生荷重($V_{c,exp}$)も示し，他試験体は

キーワード：独立空隙型高性能人工軽量骨材，軽量コンクリート，せん断耐力

連絡先：〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1 港湾空港技術研究所 構造強度研究室 TEL 046-844-5059

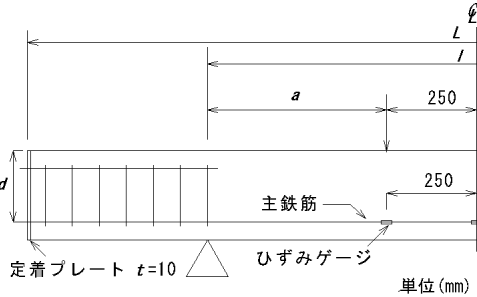


図 1 試験体概要

表 1 試験体ケース

試験体名	寸法(mm)				
	L	l	d	a	a/d
末尾1,2)=LC1,2					
VL2.5-200-1 (2)	2500	1500	200	500	2.5
VL4.0-200-1 (2)	3100	2100		800	4.0
VL5.0-200-1 (2)	3500	2500		1000	5.0
VL4.0-500-1 (2)	5700	4500	500	2000	4.0
VL4.0-690-1 (2)	7500	6020	690	2760	4.0

表 2 示方配合

	目標単位 容積質量 (kg/m ³)	W/C (%)	s/a (%)	Air (%)	単位量(kg/m ³)						
					W	C	S1	S2	S3	G	Ad
LC1	1760	45	47	5.5	157	349	496	341	-	425	4.5
LC2	1650	45	49	5.5	157	349	604	-	122	409	3.8

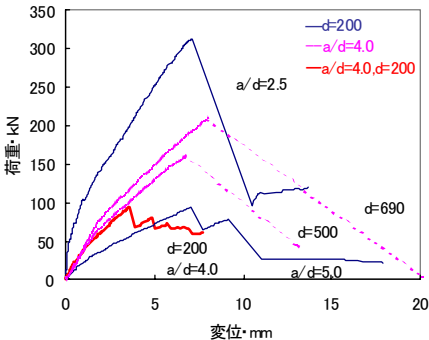


図 2 荷重-変位関係

$V_{c,exp}=V_{u,exp}$ として扱った．なお， $V_{c,exp}$ は目視により斜めひび割れの発生を確認した荷重とした．せん断耐力の計算には，二羽らによる RC はりのせん断耐力算定式（二羽式）²⁾を用いた．VL2.5-200-2(下段)では $V_{c,exp}/V_{c,cal}$ が 0.44 とかなり小さくなったため，載荷が適切に行われなかったと考え，考察から除外した．表 3 より， $d=690\text{mm}$ ， $a/d=2.5$ 試験体以外の実験値は，計算値の 70～90% となった．これにより，本人工軽量骨材を用いたコンクリートは，従来の軽量コンクリートと比較してせん断耐力が向上したことが確認できた．LC1 と LC2 の実験結果はほぼ同程度となっている．これは LC2 では 3mm 以上の細骨材にしか人工軽量骨材を用いておらず，LC1 との単位容積質量に大きな差が無かったことによると考えられる． $a/d=2.5$ における $V_{c,exp}/V_{c,cal}$ は他試験体のものと比べ若干小さい値となった．しかし，3.1で示したようにディープビーム(DB)的耐荷機構となったため，終局せん断耐力の実験値は計算値を上回った． $d=690\text{mm}$ とした試験体は，終局時のせん断耐力が計算値の 60%～70%と，同一の a/d を有する試験体と比較し若干低くなった．そのため，これらは有効高さの増大に起因するものと考え，各要素の変化がせん断耐力の低減に及ぼす影響度を把握するために，以下で a/d および d についての考察を行う．

3.3 a/d , d の影響

図 3 および図 4 に a/d , d とせん断強度の関係を示す．せん断強度は実験より得られたせん断耐力を試験体腹部断面積で除した値とした．同図には，二羽式および DB のせん断耐力算定式³⁾による計算値も示した．図 3 より a/d の影響を見ると，LC1,LC2 とともに $a/d=2.5$ で実験値と DB 式による計算値はほぼ一致した． $a/d>2.5$ においては，従来の示方書式に基づき，二羽式を 70%に低減した計算値とほぼ同様のせん断強度を示した．これより， $d=200\text{mm}$ ， $a/d=5.0$ までののはりの終局せん断耐力低減への a/d の影響は少ないことが確認された．図 4 では主鉄筋比の違いを考慮して求めた， $d=200\text{mm}$ および $d=500\text{mm}$ の場合の計算値を示した． d を増大することによりせん断強度の低下がみられ若干計算値を下回ったが，その減少程度は計算値とほぼ同様であった．したがって，部材寸法が大きくなることにより寸法効果が生じてせん断強度が低下するが，その減少程度は従来の算定式で算定可能な程度であると言える．

4 まとめ

本検討において，対象とした高性能人工軽量骨材を軽量コンクリートに使用した場合，LC1,LC2 とともに従来の軽量コンクリートより優れたせん断耐力を有することが確認された．また， a/d および d を増大させることによりせん断耐力の低下が見られるが，従来の算定式を用いて算定可能であることが分かった．

参考文献：1)九々正武ほか：中国産人工軽量骨材を使用したコンクリートの物性，コンクリート工学年次論文集，Vol.23，No.2，pp43-48，2001.6，2)二羽淳一郎ほか：せん断補強筋を用いない RC はりのせん断強度式の再評価，土木学会論文集，No.372/V-5，pp.167-176，1986.8，3)二羽淳一郎ほか：FEM 解析に基づくディープビームのせん断耐力算定式，第 2 回 RC 構造のせん断問題に関する解析的研究に関するコロキウム，pp.119-126，1983.10

表 3 せん断耐力の実験値と計算値比較

	LC1			LC2		
	$V_{u,exp}$ ($V_{c,exp}$)	$V_{u,cal}$	$V_{u,exp}/V_{u,cal}$ ($V_{c,exp}/V_{c,cal}$)	$V_{u,exp}$ ($V_{c,exp}$)	$V_{u,cal}$	$V_{u,exp}/V_{u,cal}$ ($V_{c,exp}/V_{c,cal}$)
	kN	kN		kN	kN	
VL2.5-200	104.5 (56.0)	81.7	1.28 (0.69)	156.1 (52.5)	83.4	1.87 (0.63)
	111.1 (53.9)	84.3	1.32 (0.64)	123.9 (36.8)	84.1	1.47 (0.44)
	58.2	68.6	0.85	47.2	70.1	0.67
VL4.0-200	53.6	70.8	0.76	45.0	70.6	0.64
	57.4	64.3	0.89	46.9	65.6	0.71
VL5.0-200	45.2	66.3	0.68	58.6	66.1	0.89
	88.1	119.6	0.74	80.2	122.0	0.66
VL4.0-500	88.2	123.3	0.72	92.2	123.0	0.75
	81.9	156.1	0.52	104.8	159.4	0.66
VL4.0-690	100.8	161.1	0.63	109.3	160.6	0.68

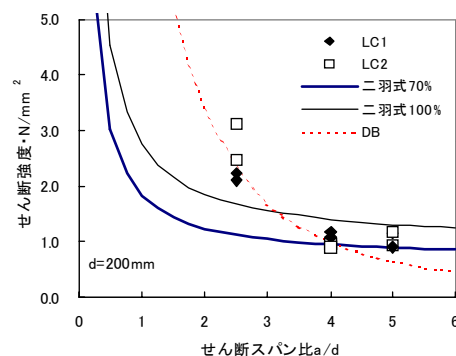


図 3 a/d の影響

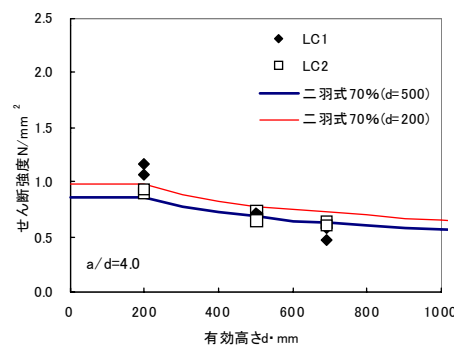


図 4 有効高さの影響