

立命館大学大学院理工学研究科 学生員○北村 周郎
立命館大学理工学部 正会員 尼崎 省二

1. はじめに

近年、構造物の大型化、長大化が進み自重の軽減の観点からコンクリート部材の軽量化が望まれている。本研究は、密度 0.6~0.9g/cm³ の人工超軽量骨材を構造コンクリート用骨材として適用することを目的とし、軽量 2 種コンクリートの RC はり供試体（超軽量 RC はり）を作製し、同程度の圧縮強度を有する普通骨材コンクリート RC はり供試体（普通 RC はり）との曲げ挙動の比較検討を行った。その結果、超軽量 RC はりは変形性状が普通 RC はりとは異なり、脆性的な曲げ破壊をするが、超軽量 RC はりに横拘束筋を配置することによって靱性は改善された。

2. 実験概要

超軽量 RC はりのコンクリートの使用材料を表 1 に示す。セメントは普通ポルトランドセメント、骨材は全て、人工超軽量骨材を使用した。細骨材（N1~N3）は膨張粘土を造粒、焼成したもので、粗骨材は真珠岩を主体とする原料を微砕粉、混合、造粒したものである。なお、骨材の密度は絶乾状態のものである。

超軽量 RC はりのコンクリートの配合を表 2 に示す。細骨材は、N1:N2:N3=0.15:0.17:0.68 で混合し使用した。締め固め可能で材料分離を抑制するため、表 1 に示す混和剤を使用し、スランプフロー50±5cm、空気量 5±1%に調整した。骨材は絶乾状態で使用し、24 時間吸水量に相当する水を補正水として単位水量に加えた。

超軽量 RC はりの配筋図を図 1 に示す。引張鉄筋は、D16 の異形鉄筋を 2 本、スターラップにはφ9 の丸鋼を 100mm 間隔で使用した。また、超軽量コンクリートは、応力ひずみ曲線の応力下降域の最大負勾配が大きく、急激な破壊を生じる¹⁾。超軽量 RC はりの靱性を改善するため、図 2 に示すように、φ6 の丸鋼で作製したスパイラル筋を図 3 に示すように加工した横拘束筋を配置した。また、同断面、同程度の圧縮強度を有するコンクリートの普通 RC はりを作製し、比較検討を行った。はりは材齢 48 時間で脱型し、2 週間散水養生の後、試験材齢まで室内保管とし、せん断スパン有効高さ比 3.2 で載荷した。

3. 結果および考察

各はり（普通 RC はり：NRC、超軽量 RC はり：LRC）のコンクリートの物性を表 3 に示す。超軽量 RC はりのコンクリートの引張・曲げ強度は圧縮強度の 1/29、1/18 程度と小さくなっている。軽量コンクリートは乾燥をうけた場合、骨材中に含まれる水分によりコンクリート表面よりも内部の乾燥が遅れ引張応力を生じる²⁾。これが、引張・曲げ強度の小さくなった原因と考えられる。

表 1 超軽量 RC はりのコンクリートの使用材料

使用材料	記号	物性または成分
セメント	C	普通ポルトランドセメント、密度3.16g/cm ³
超軽量骨材	細骨材	
	N1	粒径: 4.75~2.36mm、密度: 0.65g/cm ³ 、吸水率: 7.0%
	N2	粒径: 2.36~1.18mm、密度: 0.68g/cm ³ 、吸水率: 6.0%
	N3	粒径: 1.18~0.59mm、密度: 0.86g/cm ³ 、吸水率: 5.3%
混和剤	粗骨材	G 粒径: 15.0~5.00mm、密度: 0.88g/cm ³ 、吸水率: 4.0%
	高性能AE減水剤	SP ポリカルボン酸エーテル系の複合体
	AE助剤	AE アルキルアリルスルホン化合物系陰イオン界面活性剤
	分離低減剤	SFCA 水溶性セルロースエーテル

表 2 超軽量 RC はりのコンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)						SP (C×%)	AE (A)*	SFCA (g)
		W	C	S			G			
				N1	N2	N3				
30	44	175	583	32	36	143	285	1.1	2.5	300

*1%希釈液をセメント1kg当たり2ml使用したものを1Aとする

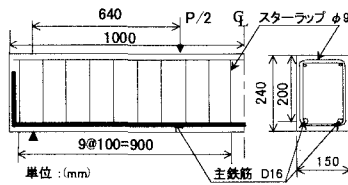


図 1 RC はりの配筋図

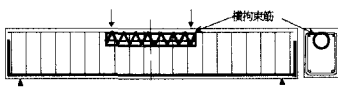


図 2 横拘束筋配筋図

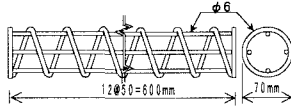


図 3 横拘束筋概要

表 3 各はりのコンクリートの物性

	単位	NRC	LRC
密度	g/cm ³	2.29	1.23
圧縮強度		30.5	32.7
引張強度	MPa	1.76	1.05
曲げ強度		4.85	2.33
静弾性係数	GPa	27.2	11.2

表4に各はりの曲げひび割れ発生モーメント (M_{cr})、降伏曲げモーメント (M_y)、および終局曲げモーメント (M_u) を示す。超軽量 RC はりの M_{cr} は、普通 RC はりよりも小さい。これは、コンクリートの曲げ強度が小さいためであると考えられる。超軽量 RC はりの M_u は、普通 RC はりのコンクリートと同程度の圧縮強度を有しているにもかかわらず小さくなっている。

各はりの曲げモーメントとたわみ ($M-\delta$) 関係を図4に示す。横拘束筋を配置していない超軽量 RC はりは、たわみが40mm 程度で急激に耐力を減少し、脆性的な曲げ破壊をするが、横拘束筋を配置した超軽量 RC はりは、急激に耐力を減少することなく変形が増加しており、靱性は改善している。しかしながら、超軽量 RC はりの M_u は、横拘束筋を配置しても普通 RC はりに比べ小さいため、横拘束筋の配筋位置、形状を検討する必要があると考えられる。

写真1に各はりの破壊状態を示す。超軽量 RC はりは、曲げスパンでのひび割れが低荷重の段階で圧縮縁近くまで進展し、普通 RC はりに比べせん断スパンに多くのひび割れがみられる。これは、超軽量コンクリートの曲げ、引張およびせん断強度が小さいためであると考えられる。また、超軽量 RC はりでは、圧縮、引張側のかぶりコンクリートが剥落している。これは、超軽量 RC はりは骨材自体にひび割れが発生し、それが付着・モルタルひび割れと連結したことが原因であると考えられる。

図5に各はりの主鉄筋降伏までの $M-\delta$ 関係を示す。超軽量 RC はりのたわみは、横拘束筋の有無による差異は無く、普通 RC はりよりも大きくなっている。これは、図6の曲げモーメントと曲げ剛性 ($M-EI$) 関係より、超軽量 RC はりの EI が普通 RC はりに比べ小さいためであると考えられる。また、超軽量 RC はりでは、ひび割れ発生による $M-\delta$ 曲線の勾配の変化は、普通 RC はりに比べ小さい。 $M=10\text{kN}\cdot\text{m}$ までは、 EI に大きな差があるが、主鉄筋降伏時にはほとんど差はなくなっている。これは、超軽量 RC はりでは、曲げひび割れ発生によるたわみ増分が、普通 RC はりの場合に比べて小さいことを示している。

4. まとめ

- (1) 超軽量 RC はりは、普通 RC はりと比較して、脆性的な曲げ破壊をするが、横拘束筋を使用することで、靱性は改善される。
- (2) 超軽量 RC はりの変形は、使用状態では普通 RC はりと比較して大きくなる。

謝辞

本研究の実施に当たりご協力頂いた(株)内外セラミックス、(株)太平洋セメントに厚くお礼申し上げます。

【参考文献】

- 1) 岡本享久・早野博幸・柴田辰正：超軽量コンクリート、コンクリート工学、Vol.36、No.1、pp.48~52、1998.1
- 2) 岡田 清：人工軽量骨材コンクリート、朝倉書店、p22、1969.8

表4 各はりの実測値

	単位	NRC	LRC	LRC-sp
M_{cr}		5.02	1.88	1.88
M_y	($\text{kN}\cdot\text{m}$)	29.8	27.6	28.2
M_u		34.5	28.9	30.1

LRC-sp：横拘束筋を配置した LRC

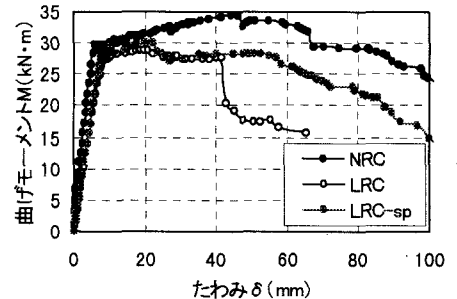


図4 曲げモーメント-たわみ関係

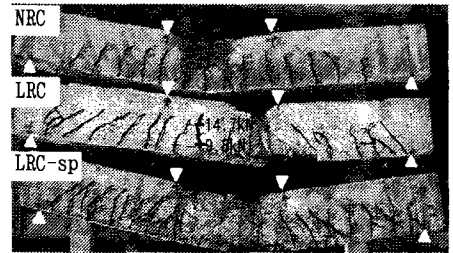


写真1 各はりの破壊状態

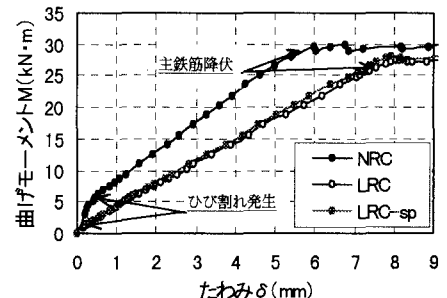


図5 曲げモーメント-たわみ関係

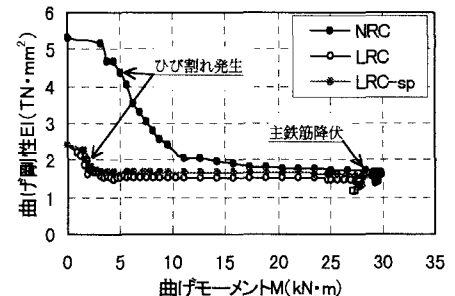


図6 曲げモーメント-曲げ剛性関係