

短繊維補強された超軽量コンクリートを用いたRCはりのせん断耐力評価

九州大学大学院 正会員 山口 浩平 日野 伸一
 九州大学大学院 学生会員 竹林 知樹 福井 圭太
 九州工業大学 正会員 合田 寛基

1. はじめに

短繊維補強された超軽量コンクリートは、比重1.5程度と極めて軽量でかつ従来の軽量コンクリートの短所であった引張強度、せん断強度の低下を短繊維補強により普通コンクリートと同等まで強化したコンクリートである。しかしながら、このコンクリート部材のせん断耐力評価については未だ十分に解明されているとは言えず、定量的な評価をするに至っていない。設計段階で高精度なせん断耐力評価が可能となれば、死荷重の減少に伴う構造部材の小断面化、耐震性の向上、基礎工事費の削減が達成でき、より少ない材料とスペースで効率的に構造物を建造することができる。

そこで本研究では、コンクリートの種類および短繊維混入率を変化させたRCはりのせん断試験を実施して、短繊維補強と軽量化の影響を個別に評価している既往のせん断耐力算定式を組み合わせ、短繊維補強された超軽量（軽量2種）RCはりのせん断耐力評価法について検討した。

2. 試験概要

表-1に試験体概要、表-2、表-3にそれぞれ使用した短繊維および鉄筋の力学的性質、図-1にはりの諸元を示す。始めに各種類2体ずつ計20体のはりを両端ヒンジ支条件で行ない、次にN-0.0、SL-0.0、SL-0.4の3種類を片側ローラー支条件に変更した条件で行なった。なお、片側ローラー支条件で実施したはりのみ試験体名に「R」を付記した。

表-1 試験体概要

試験体名	コンクリート種類	混入率(%)	密度(g/cm ³)
N-0.0	普通	0	2.36
N-1.2		1.2	2.32
L-0.0		0	1.79
L-0.4	軽量 (軽量1種)	0.4	1.85
L-0.8		0.8	1.89
L-1.2		1.2	1.94
SL-0.0	超軽量 (軽量2種)	0	1.54
SL-0.4		0.4	1.64
SL-0.8		0.8	1.67
SL-1.2		1.2	1.71
N-0.0R	普通	0	2.38
SL-0.0R	超軽量 (軽量2種)	0	1.69
SL-0.4R		0.4	1.73

表-2 短繊維

種類	直径 (mm)	繊維長 (mm)	比重	引張強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (×10 ⁵ N/mm ²)	形状
鋼	0.6	30	7.85	980	2.0	インデント

表-3 鉄筋

呼び名	規格	降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (×10 ⁵ N/mm ²)
6	SR295	295	440	2.0
D13	SD345	365	560	

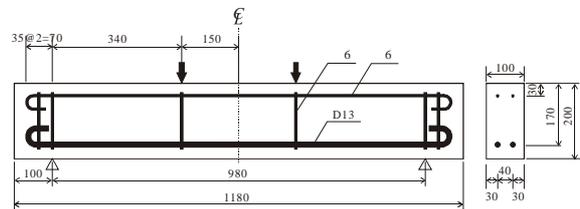


図-1 試験体一般図(単位: mm)

3. せん断耐力評価法

既往の研究において、鋼繊維補強RCはりのせん断強度を推定した藤野氏らの式¹⁾、脆度係数を用いて軽量RCはりのせん断耐力を評価した前田氏らの式²⁾などが提案されている。本研究では、短繊維補強効果と軽量化効果を個別に評価したこれら2つの算定式を組み合わせることによって、短繊維補強された超軽量コンクリート部材のせん断耐力評価を試みた。

$$V_c = \eta \cdot \tau_c \cdot b_w \cdot d \cdot \lambda \quad \dots (1)$$

ここで、

$$\eta = 0.84 \cdot (\xi / \xi_N) + 0.32$$

$$\tau_c = (1.1 + 1.4d/a) \cdot f_{ct}$$

$$f_{ct} = 0.05(V_f)^{1/3} (L/D) (1 + 0.57L/b_w) \cdot f'_c$$

$$\lambda = 3/(a/d)$$

は、前田氏らの式によるもので、脆度を用いて軽量化効果を評価した低減係数である。ξ_Nはそれぞれ軽量コンクリート、普通コンクリートの脆度の逆数である。

cは、藤野氏らの式によるもので、f_{ct}は引張りひび割れ発生後の擬似塑性領域において、鋼繊維補強コンクリートが抵抗しうる引張強度と定義されている。また、λはa/dの効果を評価する係数³⁾である。その他の式中記号はそれぞれ、b_w: はりの幅 [mm], d: 有効高さ [mm], L: 鋼繊維長さ [mm], D: 鋼繊維径 [mm], V_f: 鋼繊維混入率 [%],

キーワード: 軽量コンクリート, 短繊維補強, せん断耐力評価, RCはり

連絡先: 〒 812-8581 福岡市東区箱崎 6 丁目 10 番 1 号 TEL: 092-642-3309

表-4 試験結果

試験体名	圧縮強度 (N/mm ²)		引張強度 (N/mm ²)		ヤング係数 (kN/mm ²)		脆度		試験値(kN)				計算値(kN)		破壊形式
	最大荷重P _{MAX}	せん断耐力V _{MAX}	せん断耐力V _C	曲げ耐力(P _M /2)	V _{MAX} /V _C	P _{MAX} /P _M									
N-0.0	28.6	30.0	2.7	2.9	28.9	29.1	10.6	10.5	75.6	37.8	27.8	40.9	1.36	—	せん断
	31.3		3.0		29.3		10.4		102.1	51.1	28.6	41.4	1.79	—	せん断
N-1.2	33.9	32.7	4.3	4.0	28.4	27.7	7.9	8.3	142.7	71.4	56.0	41.8	(1.28)	1.71	曲げ
	31.4		3.6		27.0		8.7		147.9	74.0	54.0	41.4	(1.37)	1.79	曲げ
L-0.0	39.2	38.4	2.9	2.7	18.3	18.2	13.5	14.1	89.4	44.7	28.9	42.4	1.55	—	せん断
	37.6		2.6		18.0		14.7		69.4	34.7	27.1	42.2	1.28	—	せん断
L-0.4	37.0	40.4	2.5	2.7	18.3	18.4	14.8	15.0	130.7	65.4	37.7	42.2	1.73	—	せん断
	43.9		2.9		18.5		15.2		130.7	65.4	40.9	42.8	1.60	—	せん断
L-0.8	38.3	41.2	2.9	3.2	19.6	20.4	13.2	13.1	138.3	69.2	46.8	42.3	1.48	—	せん断
	44.1		3.4		21.2		13.0		122.3	61.2	50.4	42.8	(1.21)	1.43	曲げ
L-1.2	45.8	42.5	3.7	3.5	20.8	20.9	12.4	12.3	155.7	77.9	60.3	42.9	(1.29)	1.81	曲げ
	39.1		3.2		20.9		12.2		138.4	69.2	55.7	42.4	1.24	—	せん断
SL-0.0	32.7	34.8	2.3	2.4	13.5	13.7	14.2	14.4	80.3	40.2	26.6	41.6	1.51	—	せん断
	36.8		2.5		13.9		14.5		122.0	61.0	27.1	42.1	2.25	—	せん断
SL-0.4	37.0	37.1	2.7	2.8	14.7	14.9	13.7	13.3	89.9	45.0	37.0	42.2	1.22	—	せん断
	37.2		2.9		15.1		12.9		136.8	68.4	36.8	42.1	1.86	—	せん断
SL-0.8	38.9	39.9	2.8	3.1	15.9	15.8	13.9	13.0	121.8	60.9	47.7	42.4	1.28	—	せん断
	40.9		3.4		15.7		12.0		115.2	57.6	48.8	42.6	1.18	—	せん断
SL-1.2	42.0	45.0	3.8	3.9	15.6	16.8	11.1	11.7	132.5	66.3	56.7	42.7	(1.17)	1.55	曲げ
	48.0		3.9		18.0		12.3		138.7	69.4	60.6	43.1	1.14	—	せん断
N-0.0R	35.5		2.9		—		12.1		98.7	49.3	29.8	42.0	1.65	—	せん断
									128.7	64.3		(2.16)	1.53	曲げ	
SL-0.0R	35.1		2.2		—		16.0		132.9	66.4	25.1	41.9	2.65	—	せん断
									116.3	58.2		2.32	—	せん断	
SL-0.4R	33.9		2.9		—		11.7		91.9	46.0	33.2	41.8	1.39	—	せん断
									130.5	65.3		(1.97)	1.56	曲げ	

P_M:曲げ耐力(計算値)

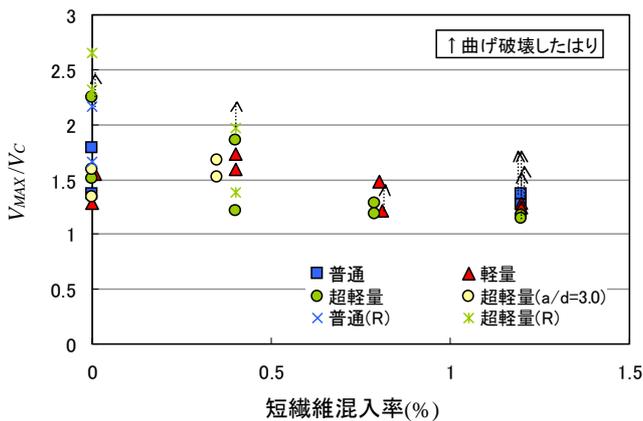


図-2 せん断耐力比 V_{MAX}/V_C と短繊維混入率

f'_c : 圧縮強度 [kgf/cm²] を表す. なお, 短繊維補強しない軽量コンクリートの試験体については, 土木学会コ標示のせん断耐力算定式で計算した後, 低減係数 を乗じて算出した. 逆に, 短繊維補強した普通コンクリートの試験体については, $\alpha = 1$ として式(1)により算出した.

4. せん断耐力評価と考察

表-4に, 試験値と前述したせん断耐力評価法による計算値を示す. 図-2に, せん断試験によるせん断耐力 V_{MAX} ($=P_{MAX}/2$) と計算値 V_C の比 V_{MAX}/V_C と, 短繊維混入率の関係を示す. a/d 以外の条件は全て同じであった昨年度のせん断試験のデータ(昨年度は $a/d=3.0$)も比較対象とした.

せん断破壊したはりのみを対象とすると, V_{MAX}/V_C は 1.1 ~ 2.7 の範囲で全て安全側の評価となった. 特に短繊維混入効果の明確な, 混入率 0.8 ~ 1.2% のはりにおいては, 1.1 ~ 1.5 とより狭い範囲で評価が可能であった. V_{MAX}/V_C が全体的に 1.0 より大きく出た要因として支点条件, a/d に

よる影響が考えられたが, 支点を片側ローラー支点としたはり, $a/d=3.0$ としたはりの試験値と比較しても明確な違いはみられなかった. この点からも本評価法の適用性については, せん断耐力に及ぼす多数の影響因子を考慮した実験データを集積していく必要がある. とはいえ, コンクリート種類に依らず $V_{MAX}/V_C=1.3 \sim 1.6$ の範囲にプロットが集中していることからわかるように, 既往の算定式を組み合わせた本評価法により一定の範囲内でせん断耐力評価ができたことは今後に向けた着実な成果である.

5. 結論

(1) 短繊維補強効果と軽量効果を個別に評価した既往の算定式を組み合わせ, 提案した本評価法は, 1.1 ~ 2.7 の範囲で全て安全側の評価となった. 特に短繊維混入効果の明確な, 混入率 0.8 ~ 1.2% のはりにおいては, 1.1 ~ 1.5 とより狭い範囲で評価が可能であった.

(2) コンクリート種類に依らず $V_{MAX}/V_C=1.3 \sim 1.6$ の範囲にプロットが集中していることから, 既往の算定式を組み合わせた本評価法により, 一定の範囲内でせん断耐力評価が可能であった.

参考文献

- 1) 藤野秀夫ほか: 鋼繊維補強コンクリートを用いた RC 梁のせん断特性に関する基礎的研究, 第 3 回コンクリート工学年次講演会講演論文集, pp.94, 1981
- 2) 前田拓郎ほか: 高品質軽量骨材を用いた RC はりのせん断特性, コンクリート工学年次論文集, Vol.23, No.3, pp.361-364, 2001
- 3) 土木学会: コンクリートライブラリー 90, 複合構造物設計・施工指針(案), pp.913-918, 2004