

G1-12.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

竹林 知樹

1. 目的

軽量コンクリートは特にPC橋梁への適用において、上部工の軽量化とそれに伴う耐震性の向上、下部工の工事費削減などの面で期待されている。一方、短繊維補強により、軽量コンクリートの短所であるせん断強度が改善できることは、既往の研究により明らかとなっている。しかし、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については、ほとんど報告されていない。

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考慮している既往のせん断耐力評価式を組み合わせ、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

短繊維は鋼繊維を使用し、混入率は体積比で普通コンクリートは0, 1.2%, 軽量コンクリートと超軽量コンクリートは0, 0.4, 0.8, 1.2%とした。試験体は、せん断スパンと有効高さの比 a/d が2.0, スパン980mm, 幅100mm, 高さ200mmの単純RCはりとし、各種類を2体ずつ計20体作製した。載荷方法は静的2点線載荷とした。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。

表-4に試験結果を示す。せん断耐力 V_c は、3.で後述する方法で算出した。曲げ耐力は、等価応力ブロック法によるRC曲げ耐力算定式を使用した。また、引張強度の定義は、割裂引張試験の初期ひび割れ発生時の荷重とし、脆度（圧縮強度/引張強度）を算定した。図-2にせん断耐力 V_{MAX} とそれぞれコンクリート種類別の短繊維無混入時の試験値 V_0 との比 V_{MAX}/V_0 と、短繊維混入率の関係を示す。 V_{MAX}/V_0 は短繊維混入率の増加とともに大きくなり、短繊維補強効果が確認された。

3. せん断耐力算定式

既往の研究において、鋼繊維補強コンクリート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、繊維補強効果と軽量化を個別に評価した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。すなわち、

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

ここで、

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

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

$$f_{ct} = 0.05(V_f)^{1/3} (L/D) (1 + 0.57L/b_w) \cdot f'_c \quad [kgf/cm^2]$$

η は、前田氏らによるもので、軽量化を考慮するための、脆度を用いた低減係数を意味する。 ξ , 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。 f_{ct} を用いた τ_c の式は、藤野氏らによるもので、 f_{ct} とは、引張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である。また、式中の記号はそれぞれ、 b_w :はりの幅 [mm], d :有効高さ [mm], L :鋼繊維長さ [mm],

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	軽量 (軽量1種)	0	1.79
L-0.4		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

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 ($\times 10^4$ N/mm ²)	形状
鋼	$\phi 0.6$	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 ($\times 10^5$ N/mm ²)
$\phi 6$	SR295	295	440	2.0
D13	SD345	365	560	

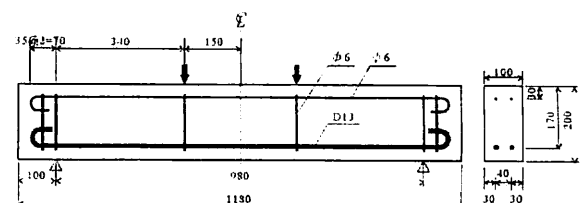


図-1 試験体一般図(単位: mm)

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)		V _{MAX} /V _{c'}	P _{MAX} /P _M	破壊形式
	最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大	せん断	せん断	せん断	曲げ				
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		

*V_{c'} = V_c × λ (λ = 3/(a/d))

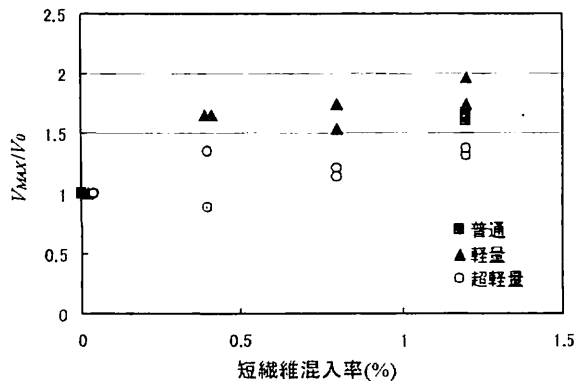


図-2 耐力比 V_{MAX}/V₀ と短繊維混入率

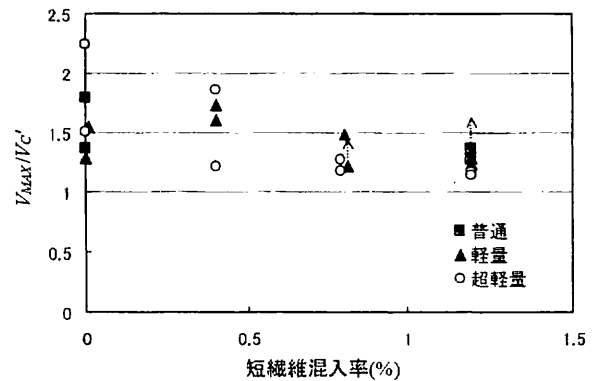


図-3 せん断耐力比 V_{MAX}/V_{c'} と短繊維混入率

D: 鋼繊維径 [mm], V_f: 鋼繊維混入率 [%], f'_c: 圧縮強度 [kgf/cm²] を表す。また、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 η を乗じて算出する。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、η = 1 として式(1)により算出する。なお、表-4 の V_{c'} は全て、a/d の効果を評価する係数³⁾ λ = 3/(a/d) を、式(1)の V_c に乗じた値を記載している。

4. 耐力評価についての考察

表-4に、上述したせん断耐力算定法による計算値を示す。また図-3に、せん断試験によるせん断耐力 V_{MAX} 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。これらの結果より、実験値にばらつきが見られるものの、コンクリート種類によらず、提案する本算定式は試験値に対して1.14~2.25の安全側の評価となることがわかった。特に短繊維混入効果の明確な、混入率0.8~1.2%の試験体においては、V_{MAX}/V_{c'} は1.1~1.5の安全側でせん断耐力評価が可能であると考察できる。しかし、本算定式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のさらなる集積が必要である。

5. 結論

- [1] 短繊維補強効果と軽量化を個別に評価した既往の算定式を組み合わせ、提案した本算定式は、実験値にばらつきが見られるものの、特に短繊維混入効果の明確な、混入率0.8~1.2%において、試験値に対し1.1~1.5の安全側の評価を与えることがわかった。
- [2] 本算定式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のさらなる集積が必要である。

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，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, 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），2004