

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

1. 目的

超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。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,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コンクリートのせん断耐力評価法について,その適用性を検討した。

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0.0,1.2%,軽量コンクリートと超軽量コンクリートは0.0,0.4,0.8,1.2%とした。試験体は,せん断スパン a と有効高さ d 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に終局耐力および破壊形式の試験結果を示す。なお最大荷重 P_{MAX} を土木学会コ標示に基づき,せん断スパン比 a/d の効果を評価する係数 $\lambda=3/(a/d)$ を考慮した荷重値¹⁾を用いて算出したせん断耐力 V_{MAX} と表記する。曲げ耐力の算出には,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。せん断耐力の算定法は次節で詳細を記す。また引張強度の定義は,繊維補強した場合,初期ひび割れ発生時に荷重が低下し再び荷重が上昇する特徴を踏まえた上で,割裂試験の初期ひび割れ発生時の荷重とし,脆度を計算した。図-2にせん断耐力 V_{MAX} をそれぞれコンクリート種類別の繊維無混入時の試験値 V_0 で割った値と,繊維混入率の関係を示す。耐力比 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らの式²⁾,軽量RCはりのせん断耐力を脆度係数を用いて評価した前田らの式³⁾などが提案されている。本研究では,これらの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。以下にその手順を示す。

まず部材寸法,鋼繊維長さ L ,鋼繊維径 D ,鋼繊維混入率 V_f ,圧縮強度 f'_c の諸値から繊維補強効果を評価した藤野らの式(1)によりせん断耐力 V_{CN} を算出した。

表-1 試験体概要

供試体名	コンクリート種類	繊維種類	混入率(%)	密度(g/cm ³)
N-0.0	普通コンクリート	鋼	0.0	2.34
N-1.2			1.2	2.31
L-0.0	軽量コンクリート (軽量 ₁ 種)		0.0	1.80
L-0.4			0.4	1.82
L-0.8			0.8	1.85
L-1.2			1.2	1.96
SL-0.0	超軽量コンクリート (軽量 ₂ 種)		0.0	1.49
SL-0.4			0.4	1.60
SL-0.8			0.8	1.65
SL-1.2			1.2	1.68

表-2 短繊維

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 ($\times 10^5$ N/mm ²)	形状
鋼	Φ0.6	30	7.85	980	2.0	インデント

表-3 鉄筋

呼び名	規格	降伏点強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	ヤング係数 ($\times 10^5$ N/mm ²)
Φ6	SR295	295	440	2.0
D13	SD345	440	490	

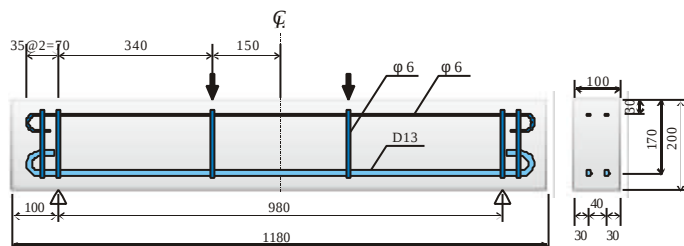
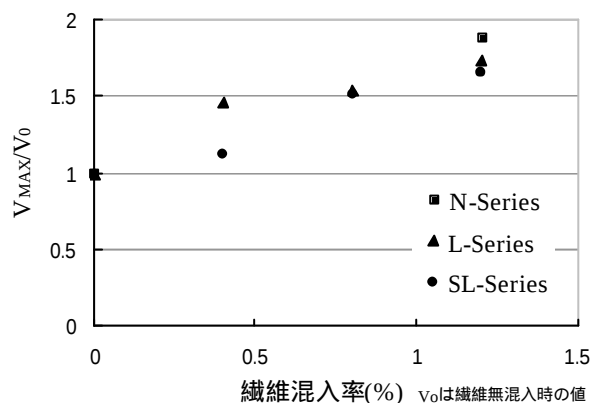
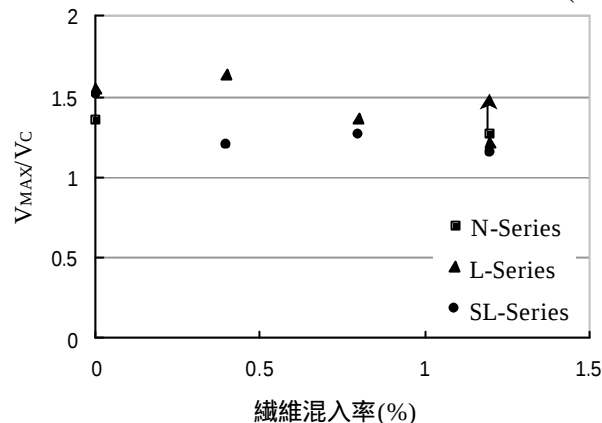


図-1 試験体一般図(単位:mm)

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)			
N-0.0	28.6	2.7	28.9	10.6	75.6	25.2	18.5	48.0	1.36	-	せん断
N-1.2	33.9	4.3	28.4	7.9	142.7	47.6	37.3	49.3	-	1.45	曲げ
L-0.0	39.2	2.9	18.3	13.5	89.4	29.8	19.3	49.0	1.55	-	せん断
L-0.4	37.0	2.5	18.3	14.8	130.7	43.6	26.5	49.8	1.65	-	せん断
L-0.8	38.3	2.9	19.6	13.2	138.3	46.1	33.8	50.1	1.36	-	せん断
L-1.2	45.8	3.7	20.8	12.4	155.7	51.9	42.4	50.5	-	1.54	曲げ
SL-0.0	32.7	2.3	13.5	14.2	80.3	26.8	17.7	50.1	1.52	-	せん断
SL-0.4	37.0	2.7	14.7	13.7	89.9	30.0	24.9	49.8	1.21	-	せん断
SL-0.8	38.9	2.8	15.9	13.9	121.8	40.6	32.0	50.0	1.27	-	せん断
SL-1.2	42.0	3.8	15.6	11.1	132.5	44.2	38.2	50.9	-	1.30	曲げ

$$V_{MAX}=P_{MAX}/2 \cdot \lambda \quad (\lambda=3/(a/d))$$

図-2 耐力比 V_{MAX}/V_0 と繊維混入率図-3 せん断耐力比 V_{MAX}/V_C と繊維混入率

$$V_{CN} = \tau_{CN} \cdot b_w d, \quad \tau_{CN} = (1.1 + 1.4d/a) \cdot f_{ct}, \quad f_{ct} = 0.05(V_f)^{1/3} (L/D) (1 + 0.57L/b_w) \cdot f_c'^{1/2} \quad (\text{kgf/cm}^2) \cdots (1)$$

ここで 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。式(1)は普通コンクリートを対象としたせん断耐力算定式であるため、繊維無混入の軽量コンクリート試験体の脆度（引張強度/圧縮強度）を用いた前田らの低減係数式(2)を V_{CN} に乗じることで軽量化を考慮し、最終的なせん断耐力 V_C とする。

$$V_C = \eta \cdot V_{CN}, \quad \eta = 0.84 \cdot (\xi / \xi_N) + 0.32 \cdots (2)$$

ここで 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。また短繊維補強しない試験体については、土木学会コ標示のせん断耐力算定式を用いて計算した後、前述と同様に低減係数を乗じて算出する。

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式による計算値を示す。また図-3に試験によるせん断耐力 V_{MAX} と計算値 V_C との比と、繊維混入率の関係を示す。これより多少のばらつきがあるが、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、一律に1.2～1.65の安全側の評価を与えることがわかった。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] 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た提案算定式は、多少のばらつきがあるが、試験値に対して1.2～1.65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) 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.94, 2004
- 2) 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.361-364, 1981
- 3) 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.913-918, 2001