

G-10. 短繊維補強した超軽量コンクリートの合成構造部材への適用に関する実験的研究

田北 亮平

1.目的

鋼・コンクリート合成構造物は、鋼材とコンクリート材料が単独では発揮することのできない、優れた性能を作り出すことができるという利点を持ち、近年、鋼構造物、コンクリート構造物に継ぐ第三の構造として重要な位置を占めるようになってきた。しかし、合成構造物は鋼構造物に比べて高重量であるため、耐震性、施工性に劣る場合がある。そこで、合成構造物の軽量化が試みられ、その一手法として超軽量コンクリートへの関心が高まってきているが、超軽量コンクリートは同一圧縮強度を有する普通コンクリートと比較して引張、せん断強度が50%~70%と低く、脆性的に破壊することからせん断破壊が懸念されるという課題が指摘されてきた。以上を踏まえて、本研究では、超軽量コンクリートの力学特性の改善が期待される短繊維補強に着目し、短繊維補強した超軽量コンクリートの材料特性、ならびに同コンクリートを合成はりに適用した場合の力学特性について実験的に検証した。

2.内容

(1) 短繊維補強した超軽量コンクリートの力学特性

本節は、コンクリート（超軽量SL、軽量L、普通N）、短繊維（鋼s、ビニロンv）ならびに短繊維混入率（0、0.5、1.0、1.5%）をパラメータとする計17種類についてフレッシュ性状、圧縮、引張、せん断強度試験を実施し、材料特性の検証を行った。表-1に短繊維特性を、表-2に使用材料を示す。供試体は、スランプが12±1cm、28日水中養生時の圧縮強度が約40N/mm<sup>2</sup>となるように設計した。

フレッシュ性状は、短繊維混入により通常は所要のスランプを得るには大幅な単位水量の増加が必要であるが、両短繊維とも混入率1.0%までは細骨材率、AE減水剤の調整ならびに増粘剤の混入によって単位水量一定のままで所要のワーカビリティを得ることができた。

次に、材料試験結果を表-3に示す。同表より、圧縮強度に関しては、短繊維混入による顕著な相違は見られず、いずれも約40N/mm<sup>2</sup>であった。一方、引張、曲げ、せん断強度に関しては、鋼、ビニロン両短繊維の混入率の増加に比例して強度が増加していく傾向がみられ、SL、Lともに混入率1.0%でNと同等以上の強度を有し、特に鋼短繊維の補強効果が大きいことが確認された。混入率1.5%の一部の供試体では強度の低下が見られたが、これは短繊維過多によるコンクリートの充填不良が原因と考えられ、短繊維補強には適用目的に応じて適切に短繊維種ならびに混入量を選定する必要があることが分かった。

(2) 短繊維補強した鋼・超軽量コンクリート合成はりの力学特性

本節では、前節の材料試験結果に基づき短繊維補強した超軽量コンクリートを合成はりに適用した場合の力学特性について実験的検証を行った。供試体

表-1 短繊維概要

短繊維の種類	直径 (mm)	繊維長 (mm)	比重	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	繊維研削状
鋼	φ0.60	30.00	7.85	9.8×10 <sup>2</sup>	2.10×10 <sup>5</sup>	インデント
ビニロン	φ0.66	30.00	1.30	9.0×10 <sup>2</sup>	3.00×10 <sup>4</sup>	ストレート

表-2 使用材料

セメント	粗骨材		細骨材	
	種別	絶対比重	種別	絶対比重
SL 高炉セメントB種	人工軽量骨材	0.91	軽量骨材	1.00
L 高炉セメントB種	人工軽量骨材	1.32	海砂	2.54
N 高炉セメントB種	砕石	2.89	海砂	2.54

表-3 材料試験結果

コンクリート	繊維	混入率	圧縮強度	引張強度	曲げ強度	せん断強度	
		体積 %	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	
N	無混入	0.0	39.9	3.28	4.93	5.19	
	s	1.0	38.1	3.71	6.25	8.66	
	v	1.0	40.3	3.59	6.09	5.23	
L	無混入	0.0	42.6	3.13	3.87	3.08	
		0.5	47.1	3.83	5.07	4.63	
		1.0	44.1	4.52	6.50	5.24	
	s	1.5	47.3	5.50	9.64	7.78	
		0.5	45.5	3.13	4.05	4.31	
		1.0	45.6	4.02	5.99	4.52	
v	1.5	38.4	4.41	7.82	5.16		
	SL	無混入	0.0	39.1	2.74	4.06	2.91
			0.5	42.8	4.40	4.08	4.37
1.0			45.3	4.47	5.50	5.14	
s		1.5	41.8	5.09	7.52	6.11	
		0.5	41.9	3.49	4.17	3.68	
		1.0	42.5	3.94	5.64	4.81	
v	1.5	43.7	4.80	7.18	4.37		

は図-1 に示すように、長尺スタッドと 2 本の軸方向鉄筋を配置した鋼板に、コンクリートを打設した単純合成はりで、表-4 に示すようにパラメータをスタッド間隔、短繊維種別、荷重方向種別とした計 10 体である。なお、供試体寸法は全長 1750mm、全幅 200mm、高さ 256mm、荷重方法は支間中央から 150mm 支点側での 2 点線荷重とした。

表-4 に各供試体の終局耐力と破壊形式を示す。同表より、正曲げ、負曲げとも短繊維混入により、スタッド間隔の大きな供試体でもせん断破壊が回避されたことから、短繊維が引張力を負担することで斜めひび割れを抑制し、せん断補強筋としてスタッドと同等の役割を果たしていることが確認された。また、正曲げケースでは、短繊維補強により理論値に対して 1.25 以上の安全率を有したことから既往の耐力算定式の適用が可能であるといえる。一方、負曲げのケースでは、試験値が計算値に比べ 0.85~0.90 とやや危険側の結果となった。これは、はりの曲げ剛性が小さく、高荷重域で、鋼板の局部座屈が生じ、耐力が低下したためと考えられる。

図-1、図-2 に荷重・たわみ曲線を示す。正曲げ、負曲げともに短繊維混入により最大荷重の増大が確認された。また、最大荷重に達した後も、安定したひずみが増加が見られたことから、靱性に富んだ挙動を示していることが分かる。短繊維補強した供試体は、ひび割れ発生後の曲げ剛性の低下量が小さく、ひび割れ近傍の短繊維が引張力を負担していることが裏付けられた。

図-1、図-2 に荷重・たわみ曲線を示す。正曲げ、負曲げともに短繊維混入により最大荷重の増大が確認された。また、最大荷重に達した後も、安定したひずみが増加が見られたことから、靱性に富んだ挙動を示していることが分かる。短繊維補強した供試体は、ひび割れ発生後の曲げ剛性の低下量が小さく、ひび割れ近傍の短繊維が引張力を負担していることが裏付けられた。

3. 結論

超軽量コンクリートは、一部の力学性状で普通コンクリートに比べ劣っているが、鋼、ビニロン短繊維混入率 1.0%程度で普通コンクリートと同等以上の力学性状を有するようになった。これを、合成はりに適用した場合には、正曲げ、負曲げともに、材料試験結果が反映され、最大荷重、靱性の向上、せん断破壊の回避が期待できる。また、正曲げケースでは普通コンクリートと同様の耐力算定式の適用が可能であったが、負曲げケースでは、鋼板の局部座屈によって耐力が低下したことから、試験値が計算値の 0.8~0.9 とやや危険側の結果となった。短繊維補強超軽量コンクリートは、軽量というメリットを損なうことなく材料特性を普通コンクリートと同等以上に改善でき、鋼・コンクリート合成はりとして優れた力学特性を有していたことから合成構造物への適用が十分可能であることが確認された。

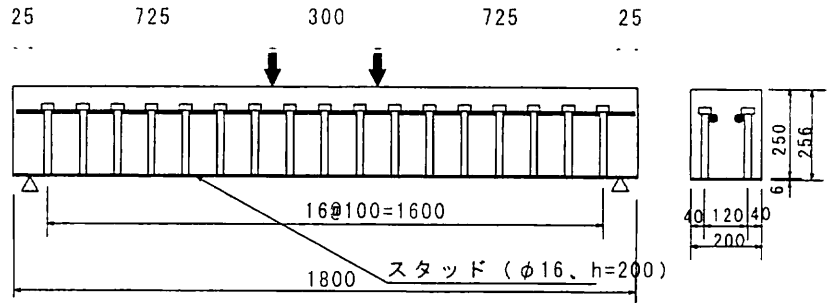


図-1 供試体図

表-4 終局耐力と破壊形状

種類	スタッド間隔 (mm)	荷重方向	短繊維種別	試験値 $P_E$ (kN)	曲げ耐力 $P_B$ (kN)	せん断耐力 $P_S$ (kN)	破壊形式	$P_E/P_B$ or $P_S$
10t	100	正	無補強	247	202	699	曲げ	1.22
20t	200	正	無補強	215	201	523	せん断	0.41
20t-s	200	正	s	273	199	520	曲げ	1.37
20t-v	200	正	v	255	203	524	曲げ	1.26
10c	100	負	無補強	151	239	547	せん断	0.28
10c-s	100	負	s	216	239	555	曲げ	0.90
10c-v	100	負	v	212	239	558	曲げ	0.89
20c	200	負	無補強	103	239	416	せん断	0.25
20c-s	200	負	s	209	239	411	曲げ	0.87
20c-v	200	負	v	203	239	407	曲げ	0.85

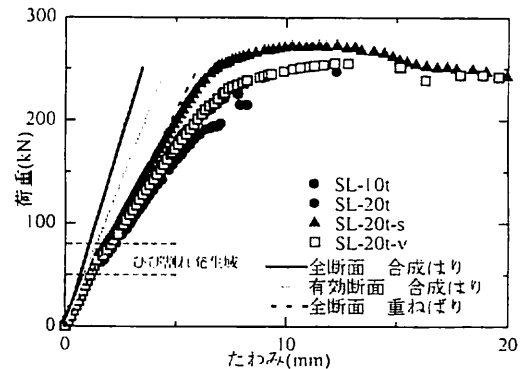


図-1 荷重・たわみ曲線 (正曲げ)

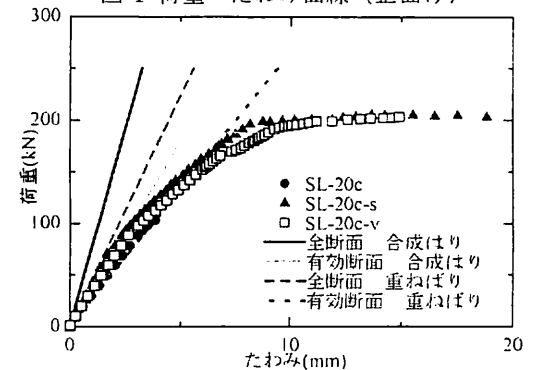


図-2 荷重・たわみ曲線 (負曲げ)