

鋼およびビニロン短繊維補強された超軽量コンクリートの強度特性

九州大学大学院 学生会員 合田寛基 , 九州大学大学院 正会員 日野伸一
三菱重工業(株) 正会員 田村一美 , 九州大学大学院 フェロー 太田俊昭

1. まえがき

近年、鋼・コンクリート合成部材を用いた浮桟橋の重量低減を目的として、超軽量、軽量コンクリートを用いる構造が検討されている。しかし超軽量コンクリートは、普通コンクリートと比較して引張、せん断強度が小さいことから、現行の設計ではせん断破壊を生じる危険性が懸念されている。一方、既往の研究から、短繊維で補強されたコンクリートは曲げ、せん断強度の増加に対して有効であることが報告されており、損傷、劣化したトンネルの壁面や道路橋床版の補強工事などに短繊維を混入した普通コンクリートの使用実績もある。

本研究は、鋼およびビニロン短繊維を用いて超軽量コンクリートの引張、せん断強度を改善し、それらの鋼・コンクリート合成構造物への適用性についての検討を目的とする。本報では、超軽量、軽量、普通コンクリートについて、短繊維混入率をパラメータとした各種の強度試験を行い、それらの力学特性および実構造への適用性について比較、検討を行った結果について報告する。

2. 試験概要

本試験で使用したコンクリートは、超軽量コンクリート(以下、SLと呼ぶ)、軽量コンクリート(以下、L)および普通コンクリート(以下、N)である。種類は、表-1に示す鋼またはビニロン短繊維をそれぞれ0, 0.5, 1.0, 1.5%(体積比)混入したSL, L試験体、および0, 1.0%混入したN試験体の計17種類である。表-2に、試験体の骨材種別を、表-3に、短繊維無混入試験体の示方配合例を示す。なお、全試験体に高炉セメントB種(比重3.04)および増粘剤を用いている。また、施工性に配慮した統一条件として、スランプを11~12cm、28日圧縮強度を約40N/mm²になるように配合設計した。SLは絶乾配合で、L, Nは表乾配合とした。

コンクリートの混練は、容量50lの平型強制混練ミキサを使用し、まず骨材およびセメントの空練りを行い、水を投入して混練した後、短繊維を2度に分けて添加し混練を行った。試験体は、水中養生(水温20℃)を行った100×H200mmの円柱試験体およびB100×H100×L400mmの角柱試験体を用いた。試験は、圧縮強度、割裂引張強度、曲げ強度およびせん断強度の4項目であり、各試験体とも28日養生時の3体の平均値を用いた。

3. 試験結果

表-4は、各強度試験結果を示す。これより、曲げ強度、せん断強度は、全試験体とも、0.5%では強度増加がほとんど見られなかったが、1.0, 1.5%では、短繊維無混入のNと同等以上と高い強度増加が確認され、1.0%程度の混入により材料特性が大幅に改善されることがわかった。

図-1, 2は、それぞれSLに鋼、ビニロン短繊維を混入した場合の圧縮強度(左)および引張強度(右)の短繊維無混入のNに対する比を表す。これらより、圧縮強度は、短繊維混入率による大きな変化は見られず、いずれの試験体も40N/mm²前後であった。一方、引張強度は、短繊維無混入時は2.73N/mm²であったのが、1.0%でビニロン短繊維ではNの短繊維無混入の1.20倍、鋼繊維では1.36倍という顕著な強度増加が確認され、短繊維補強が有効であることが示された。この傾向はLでも同様であった。また、1.5%

表-1: 短繊維種別

繊維種別		断面径 mm	繊維長 mm	比重	ヤング率 N/mm ²	引張強度 N/mm ²
鋼繊維	インデント	φ0.60	30	7.85	2.10×10 ³	1.00×10 ³
ビニロン繊維	直線	φ0.66	30	1.30	3.00×10 ⁴	0.90×10 ³

表-2: 骨材種別

種別	比重	粗骨材		細骨材	
		種別	絶乾比重	種別	絶乾比重
SL	1.53	人工軽量	0.91	人工軽量	1.60
L	1.94	人工軽量	1.32	海砂	2.54
N	2.41	碎石	2.89	海砂	2.54

表-3: 示方配合

	G _{MAX} [mm]	Slump [cm]	Air [%]	W/C [%]	s/a [%]	Weight [kg/m ³]			
						W	C	S	G
SL	15	12±1.5	5.0	48.0	43.0	195	406	427	322
L	15	12±1.5	5.0	48.0	43.0	175	365	727	631
N	20	12±1.5	5.0	53.0	52.0	175	330	894	931

Key Words: 超軽量コンクリート, 合成構造, 短繊維

〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1 • Tel: 092-641-3131(内線 8651) • Fax: 092-642-3309

の一部の試験体では、ワーカビリチー不良によるコンクリート充填不良のため、圧縮強度の低下傾向が見られた。

図 - 3, 4 は、それぞれ L に鋼、ピニロン短繊維を混入した場合の曲げ強度試験時の荷重 - 支間中央たわみ曲線を示す。これらより、短繊維無混入はひび割れが発生すると同時にスパン中央断面で折曲がり、最大曲げ強度 3.87N/mm²、たわみ量 0.13mm であったのに対し、短繊維を混入した試験体はひび割れ発生後に一旦荷重が低下するが、その後荷重が再び増加し、大きな変形能を呈して最大荷重に達する現象が見られた。いずれの短繊維も十分な補強効果を有することが確認されたが、鋼短繊維がピニロン短繊維よりも補強効果が大いことがわかった。

以上から鋼、ピニロン短繊維の 1.0~1.5%混入により、十分な曲げ、引張、せん断強度の増加が見込め、曲げ部材の靱性向上に対し有効であることがわかった。

4. まとめ

鋼、ピニロン短繊維を 1.0%程度混入することで、超軽量コンクリートおよび軽量コンクリートの引張、せん断強度の大幅な改善が可能であることがわかった。また、1.5%以上の混入は材料分離やワーカビリチーの不良などをきたす可能性から、施工時に十分な配慮が必要であるとともに実用上の上限に近いものと思われる。

以上から、鋼、ピニロン短繊維補強した超軽量コンクリートの鋼・コンクリート合成構造物への適用は十分可能であると考えられる。

現在、比重 1.2 の超軽量コンクリートに対して短繊維混入による引張、せん断補強効果の検証を行うとともに、本報の結果を基に、鋼、ピニロン短繊維補強した鋼・超軽量コンクリート合成はりの曲げ試験を実施し、コンクリートの靱性向上にともなう主筋筋への影響も含め、その力学特性について検証を行っている。

【謝辞】 本試験に際し、太平洋セメント(株)、神鋼建材工業(株)および(株)クラレに多大のご協力を戴いた。ここに記して謝意を表します。

表 - 4: 各種強度試験結果

コンクリート	繊維	混入率 体積比 (%)	圧縮強度		割裂引張強度		曲げ強度		せん断強度	
			N/mm ²	比						
N	なし	0.0	39.9	(1.00)	3.28	(1.00)	4.93	(1.00)	5.19	(1.00)
		1.0	45.3	(1.14)	4.47	(1.36)	5.50	(1.12)	5.14	(0.99)
	鋼	0.5	42.8	(1.07)	4.40	(1.34)	4.08	(0.83)	4.37	(0.85)
		1.0	45.3	(1.14)	4.47	(1.36)	5.50	(1.12)	5.14	(0.99)
		1.5	41.8	(1.05)	5.09	(1.55)	7.52	(1.53)	6.11	(1.18)
		1.5	41.9	(1.05)	3.49	(1.06)	4.17	(0.85)	3.68	(0.71)
ピニロン	1.0	42.5	(1.07)	3.94	(1.20)	5.64	(1.14)	4.34	(0.85)	
	1.5	43.7	(1.10)	4.80	(1.46)	7.18	(1.46)	4.81	(0.93)	
	1.5	42.6	(1.06)	3.13	(0.90)	3.87	(0.78)	3.08	(0.59)	
L	なし	0.0	42.6	(1.06)	3.13	(0.90)	3.87	(0.78)	3.08	(0.59)
		0.5	47.1	(1.18)	3.83	(1.17)	5.07	(1.03)	4.63	(0.90)
	鋼	1.0	44.1	(1.11)	4.52	(1.38)	6.50	(1.32)	5.24	(1.01)
		1.5	47.3	(1.19)	5.50	(1.68)	9.64	(1.96)	7.78	(1.50)
		0.5	45.5	(1.14)	3.13	(0.95)	4.05	(0.82)	4.31	(0.83)
		1.0	45.6	(1.14)	4.02	(1.23)	5.99	(1.22)	4.52	(0.88)
ピニロン	1.0	45.6	(1.14)	4.02	(1.23)	5.99	(1.22)	4.52	(0.88)	
	1.5	38.4	(0.96)	4.41	(1.34)	7.82	(1.59)	5.16	(0.99)	

※ ()内は N-短繊維無混入に対する比

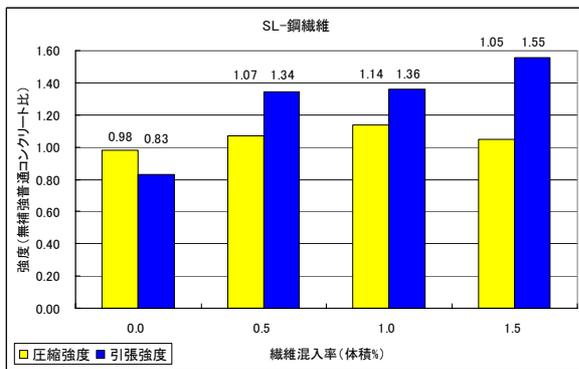


図 - 1: SL - 鋼短繊維の圧縮, 引張強度



図 - 2: SL - ピニロン短繊維の圧縮, 引張強度

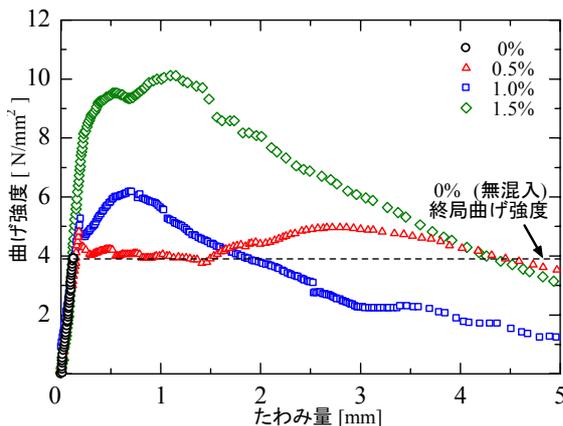


図 - 3: L - 鋼短繊維の曲げ試験結果

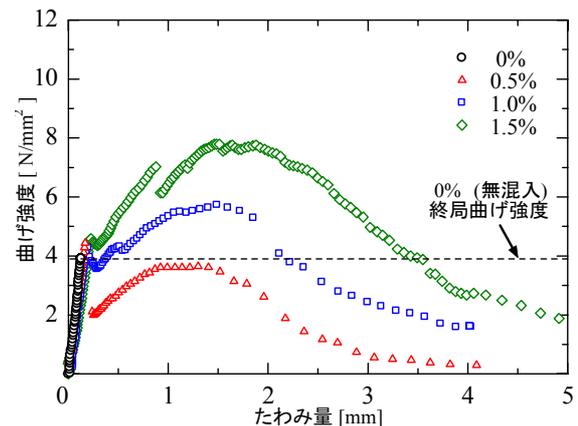


図 - 4: L - ピニロン短繊維の曲げ試験結果