

短繊維補強軽量2種コンクリートの材料力学特性に関する研究

九州大学大学院 学生会員 ○梶原秀夫 崔智宣

九州大学大学院 フェロー会員 日野伸一 正会員 山口浩平 山本大介

1. 目的

普通コンクリート（以下，N）と比較して引張およびせん断強度が劣る軽量コンクリートは短繊維の補強により，力学特性の改善や靱性能の向上が期待される．著者らは，粗骨材および細骨材ともに人工軽量骨材を用いた軽量2種コンクリート（以下，SL）に強度特性に優れる鋼繊維（以下，ST）を用いることで力学特性の改善を図るとともに，鋼繊維補強軽量2種コンクリートの力学特性の定量的な評価方法を検討してきた¹⁾．本研究では，軽量化および耐腐食性の観点から鋼繊維以外の短繊維に着目し，力学特性の改善が可能と考えられるビニロン繊維（以下，V）およびポリエチレン繊維（以下，PE）を対象として各強度試験を行い，その補強効果を検討した．また，過去に著者らが行った鋼繊維の補強効果との比較を行った．

2. 試験概要

使用材料を表-1に示す．コンクリートはNおよびSLを対象とし，短繊維はVおよびPEを各0.5，1.0，1.5%（体積比）の3タイプ混入し，計14タイプを作製した．短繊維種類および材料特性を図-1および表-2に示し，過去に著者らが用いたSTの材料特性も示す．表-3に示方配合一例を示す．施工性を考慮して単位水量は190kg/m³で統一し，スランブはN，SL各々10cm，18cm，空気量は4.5%，5.0%に設定し，適宜，混和剤を使用した．また，28日圧縮強度が40N/mm²程度となるように配合設計を行った．養生は気中養生を行い，28日後，圧縮強度，割裂引張強度，曲げ強度，せん断強度および静弾性係数試験を行った．各試験の試験体数は，圧縮および割裂引張試験は各5体曲げおよびせん断試験は各3体以上とした．

3. 試験結果

表-4に各強度試験結果を示す．同表より，Vを混入した場合，N，SL

表-1 使用材料

コンクリート	種別	N	SL
セメント	種別	普通ポルトランドセメント	
細骨材	種別	海砂	人工軽量
	表乾密度(g/cm ³)	2.56	1.81
粗骨材	種別	砕石	人工軽量
	表乾密度(g/cm ³)	2.86	1.56
	G _{max} (mm)	20	15
混和剤	種別	AE助剤	増粘剤
		高性能AE減水剤	



(a)ビニロン (b)ポリエチレン (c)鋼繊維

図-1 使用短繊維

表-2 短繊維材料特性

繊維種別	密度 (g/cm ³)	繊維長 (mm)	繊維径 (μm)	引張強度 (N/mm ²)	ヤング率 (kN/mm ²)
ビニロン(V)	1.30	30	660	900	23
ポリエチレン(PE)	0.97	30	68	1870	43
鋼(ST)	7.85	30	620	1000	200

表-3 示方配合一例 (N-00 および SL-00)

タイプ	スランブ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)			
					W	C	S	G
N	10.0	4.5	50.0	47.0	190	380	776	977
SL	18.0	5.0	45.0	58.0	190	422	658	410

表-4 試験結果

タイプ	コンクリート	繊維	混入率 (%)	単位容積質量 (g/cm ³)	圧縮強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	曲げ強度 (N/mm ²)	せん断強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (kN/mm ²)	スランブ (cm)	空気量 (%)
N-00	N	なし	0.0	2.42	35.9	3.05	4.78	5.36	33.1	14.4	0.9
N-V-05		V	0.5	2.38	41.2(1.15)	3.75(1.23)	5.06(1.06)	4.71(0.88)	30.0	12.0	2.2
N-V-10		V	1.0	2.39	41.9(1.17)	3.76(1.23)	7.33(1.53)	5.63(1.05)	29.5	14.7	2.0
N-V-15		V	1.5	2.40	42.8(1.19)	4.65(1.52)	8.22(1.72)	6.97(1.30)	30.6	10.0	0.9
N-PE-05		PE	0.5	2.36	37.8(1.05)	3.40(1.11)	4.28(0.90)	4.03(0.75)	30.7	10.7	3.1
N-PE-10		PE	1.0	2.30	37.7(1.05)	3.58(1.17)	5.43(1.14)	5.26(0.98)	26.9	7.1	4.1
N-PE-15		PE	1.5	2.28	29.9(0.83)	3.87(1.27)	6.99(1.46)	5.07(0.95)	24.1	4.6	5.3
SL-00	SL	なし	0.0	1.64	46.5	2.46	2.90	3.83	13.9	19.3	2.5
SL-V-05		V	0.5	1.64	44.4(0.95)	3.00(1.22)	2.91(1.00)	3.84(1.00)	14.8	18.5	2.4
SL-V-10		V	1.0	1.64	45.5(0.98)	4.07(1.65)	6.31(2.18)	4.65(1.21)	15.2	18.6	5.3
SL-V-15		V	1.5	1.67	49.9(1.07)	4.49(1.83)	9.53(3.29)	4.99(1.30)	16.5	17.4	5.8
SL-PE-05		PE	0.5	1.55	34.4(0.74)	2.60(1.06)	3.08(1.06)	3.47(0.91)	14.1	20.8	9.2
SL-PE-10		PE	1.0	1.54	31.6(0.68)	2.99(1.22)	6.27(2.16)	3.50(0.91)	12.7	18.7	8.3
SL-PE-15		PE	1.5	1.51	29.0(0.62)	3.10(1.26)	6.66(2.30)	3.51(0.92)	12.6	14.2	10.0

※各強度の数値は5体ないし3体以上の結果の平均値 ※ () 内はN-00 および SL-00 に対する比

キーワード 人工軽量骨材，軽量2種コンクリート，短繊維，ビニロン繊維，ポリエチレン繊維

連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡 744 Tel : 092-802-3392

ともに圧縮強度の低下は見られなかった。一方、PE を混入した場合、N は 1.5%，SL は 0.5，1.0，1.5%混入時において圧縮強度の低下が見られた。その要因は、スランプの低下および短繊維混入に伴う空気連行による空気量の増加が考えられる。引張および曲げ強度に関しては、N、SL とともに各繊維の混入率の増加に従い高くなる傾向が見られた。特に曲げ強度は N よりも SL が短繊維の補強効果は大きく、1.5%混入時で V は 3.3 倍、PE は 2.3 倍の補強効果が得られた。一方、せん断強度は、V は N、SL とともに強度の改善は見られたが、PE は N、SL とともに短繊維混入により強度の低下傾向が見られた。しかし、これは圧縮強度が一定の下での補強効果ではないため、圧縮強度を考慮した評価が必要と考えられる。ヤング係数は SL は N の 0.5 倍程度となり、また、PE 混入時は N、SL とともに混入率の増加に従い低下傾向が見られた。

4. 強度評価式

コンクリート標準示方書では引張および曲げ強度と圧縮強度の関係式を $f = \alpha f'_c{}^{2/3}$ (α :係数) の関係で表しており、本研究においても、鋼繊維を対象として、同様の形で各強度を求めることが可能な強度評価式の提案を行っている¹⁾。そ

こで、今回対象とした V および PE についても同様に各強度を求める強度評価式を算出した。図-2 に算出結果を示す。同図には V および PE に加え、ST (引張 : N-29 (数字はデータ数)、SL-40、曲げ : N-15、SL-26、せん断 : N-12、SL-18) についても示している。また、同図に示す係数 α の傾きを、ST を基準として V および PE を比較したものを図-3 に示す。なお、数値は ST に対する比である。その結果、引張強度は PE 混入時は N、SL とともに ST 混入時と同等の補強効果を有していた。一方、V 混入時は N は ST 混入時よりも 3 割程度補強効果が大きく、SL は 1 割程度小さい結果となった。曲げ強度は V、PE とともに ST 混入時よりも補強効果が大きく、N よりも SL がその補強効果が顕著に表れており、7 割程度強度が改善された。せん断強度は ST 混入時が補強効果は大きく、V は N、SL とともに ST 混入時の 5 割程度、PE は N の場合、ST 混入時の 2 割程度の補強効果に留まる結果となった。

5. まとめ

本研究では、ビニロンおよびポリエチレン繊維を対象として各強度試験を行い、その補強効果について鋼繊維を含めた検討を行った。その結果、圧縮強度を考慮した引張強度は、各繊維で大幅な補強効果の違いは見られなかったが、曲げおよびせん断強度は、使用する繊維により補強効果の違いが明確に表れていることがわかった。今後は、補強効果の違いとなる要因の検討を行うとともに、各繊維混入による靱性能向上効果について検討する予定である。

参考文献: 1) 崔智宣他: 鋼繊維補強された軽量 2 種コンクリートの強度評価式および引張軟化特性, 土木学会西部支部研究発表会要集, pp.789-790, 2009 謝辞: 太平洋セメント (株), (株) クラレ, 東洋紡績 (株) に材料を提供して頂きました。ここに記して謝意を表します。

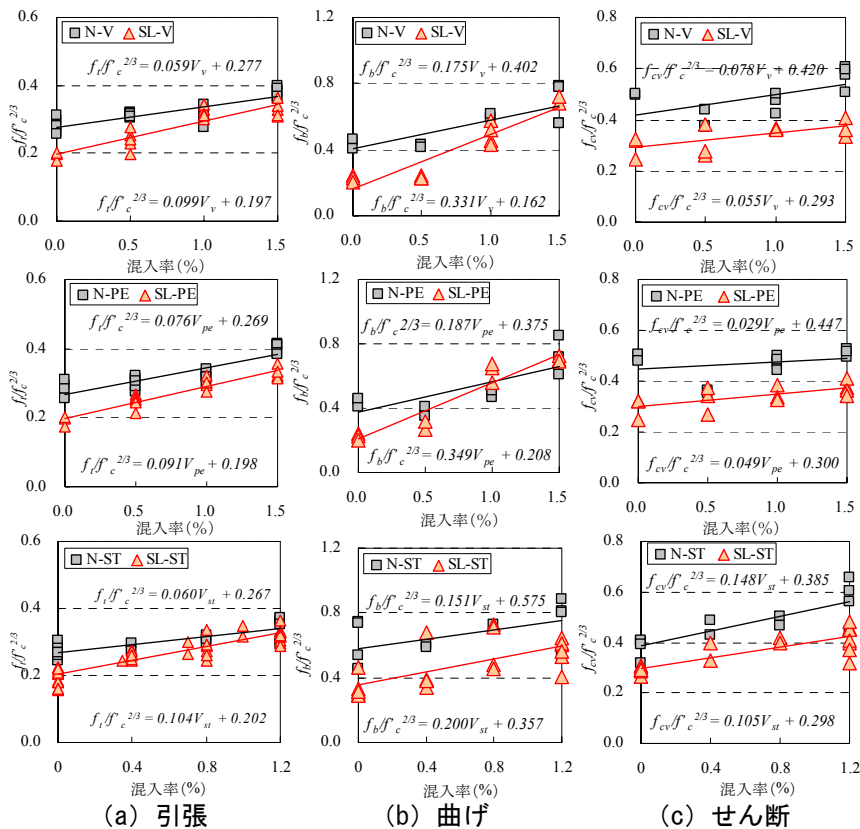


図-2 強度評価式の算出

f'_c : 圧縮強度(N/mm²) f_t : 引張強度(N/mm²) f_b : 曲げ強度(N/mm²) f_{cv} : せん断強度(N/mm²)
 V_v : ビニロン繊維混入率(%) V_{pe} : ポリエチレン繊維混入率(%) V_{st} : 鋼繊維混入率(%)

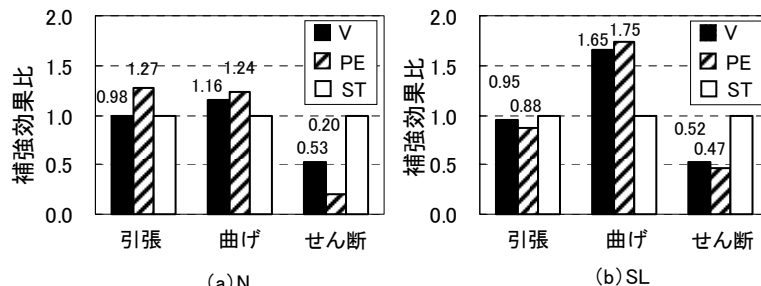


図-3 補強効果の比較