

ポリエチレン繊維補強高じん性モルタルの引張特性

高松工業高等専門学校専攻科 学生会員 ○細川 恭平
高松工業高等専門学校 正会員 水越 睦視
近畿大学 正会員 東山 浩士
高松工業高等専門学校 松原 三郎

1. はじめに

建設材料の主材料の一つであるコンクリートは、ひび割れが発生しやすく、破壊時の挙動が脆性的になる宿命的な欠陥を有している。従来からこれらを解決する手段の一つとして短繊維をセメントマトリックスに混入し引張強度・じん性を向上させた短繊維補強モルタルが実用化されている¹⁾。

本研究では、汎用的に入手可能な細骨材とポリエチレン繊維を用いた繊維補強モルタルの基本的特性を把握するために、ビニロン繊維を用いた場合との比較で、圧縮強度試験、引張性能試験を実施した。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

使用材料は、早強ポルトランドセメント(密度 3.13g/cm³)、細骨材(海砂、表乾密度 2.56g/cm³、吸水率 2.00%、FM1.90)、水、ポリエチレン(PE)繊維、ビニロン(PVA)繊維、高性能減水剤である。試験に用いた繊維の物性を表-1に、繊維補強モルタルの示方配合を表-2に示す。また、ポリエチレン繊維補強モルタルの配合条件は、15打テーブルフロー：140±10mm、空気量：3±1.5%である。練混ぜは、セメント、砂、繊維をポリ袋でプレミックスした後ホバートミキサーに移し15秒間空練りし、その後、水および高性能減水剤を投入し2分間の本練りを行った。

2.2 実験および評価の方法

フレッシュ時における試験は、練混ぜ終了直後にテーブルフロー値(JIS R 5201)とスランプ(JIS A 1171)、空気量の測定を行った。供試体は打設翌日に脱型し、20℃の恒温室で7日間の水中養生を行った後、各種試験に供した。

引張性能実験は JSCE 試験方法 2 に準じて、ダンベル形状(試験区間：80mm、厚さ：13mm、幅：30mm)の供試体を用いた直接引張試験により行った。載荷速度はクロスヘッドの変位量が 0.5 mm/分となる変位制御に

より実施し、同時に引張ひずみも測定した。なお、評価は5体の供試体の平均値で行った。

圧縮試験は、JIS A 1108 に準じてφ50×100 mmの円柱供試体を用いて行った。

表-1 実験に用いた繊維の緒元と物性値

繊維	長さ (mm)	直径 (μm)	密度 (g/cm ³)	引張強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)
ポリエチレン	12	12	0.97	2600	88
ビニロン	12	40	1.30	1600	40

表-2 モルタルの示方配合

繊維の種類	配合 記号	W/C (%)	S/C	Vf (%) (vol. %)	単位量 (kg/m ³)					
					C	W	S	繊維	SP	
なし (N)	N30	30	0.48	—	1200	360	580	—	—	
	E30-1.5	30	0.32	1.5	1280	384	415	14.6	12.8	
	E30-2.0	30	0.32	2.0	1273	382	413	19.4	19.1	
ポリエチレン (PE)	E45-1.5	45	0.32	1.5	1067	480	344	14.6	—	
	V30-1.5	30	0.32	1.5	1280	384	415	19.5	12.8	
	V30-2.0	30	0.32	2.0	1273	382	413	26	19.1	
	V35-1.5	35	0.32	1.5	1200	420	388	19.5	6	
	V45-1.5	45	0.32	1.5	1067	480	344	19.5	—	
ビニロン (PVA)										

注) Vf：繊維の体積混入率、SP：高性能減水剤

3. 実験結果および考察

3.1 フレッシュ性状および圧縮強度

普通モルタルおよび各種繊維補強モルタルのフレッシュ時における試験結果と材齢7日における圧縮強度の一覧を表-3に示す。PE 繊維補強モルタルのフレッシュ性状は、配合条件を満たしており、目視と触診からは、いずれの配合においても繊維の分散は良好で、大きな繊維ダマは認められなかった。ただし、繊維混入率が 1.5%から 2.0%に増加すると圧縮強度は低下する傾向にあった。圧縮強度も W/C に応じて良好に発現していることがわかる。

表-3 フレッシュ性状および圧縮強度一覧

配合 記号	テーブル フロー (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	圧縮強度 (N/mm ²)
N30	144	3.1	1.8	79.4
E30-1.5	145	6.3	3.0	86.7
E30-2.0	131	5.4	2.0	82.0
E35-1.5	142	5.8	2.0	67.6
E45-1.5	146	4.0	3.5	38.1
V30-1.5	180	9.4	3.0	86.6
V30-2.0	147	7.3	2.0	73.6
V35-1.5	187	8.9	2.6	60.0
V45-1.5	187	4.2	1.5	43.4

3.2 引張特性に及ぼす水セメント比の影響

引張特性と W/C の関係を図-1 に示す。図より、W/C=45%では、モルタル自体の強度が低く繊維との付着力も弱いため、PE 繊維は高強度繊維としての効果を発揮する前に引き抜けてしまい、引張性能はさほど高くなかった。一方、PVA 繊維は、親水性を有しているため PE 繊維よりもモルタルとの付着がよいため、PE 繊維より高い引張性能を示した。

高強度領域の W/C=30%では、モルタルの強度が高く繊維との付着力が強くなるため、引張強度の大きい PE 繊維の方が引張強度は大きくなった。しかし、PVA 繊維は、繊維自体の引張強度が弱いため W/C が小さくなくても引張強度に変化はみられなかった。また、引張終局ひずみ（軟化回開始点のひずみ）¹⁾ は両者ともに 1.0%を超えており高いじん性を有しているといえる。

W/C=35%で引張終局ひずみが小さくなったのは、5 体の試験結果のばらつきが大きかったことから供試体作成に問題があったものと思われる。

3.3 引張特性に及ぼす繊維混入率の影響

直接引張試験より得られた W/C=30%の各種繊維補強モルタルの代表的な引張応力-ひずみ曲線を図-2 に示す。W/C=30%の場合、モルタル自体の強度が高く、繊維との付着力も大きい。そのため、引張強度が大きい PE 繊維では、作用応力が増加しても急激な繊維の破断は認められず、初期ひび割れ発生後も応力は低下せず、ひずみ硬化現象が現われ、図-3 のような複数の微細なひび割れ（マルチプルクラッキング現象）を確認することができた。特に PE 繊維の繊維混入率 Vf=1.5%では、引張ひずみで 1.0%を超えるところまでひずみ硬化現象が現れ、かつ最大引張応力も約 5N/mm² と大きく高強度・高じん性を有しているといえる。しかし、繊維混入率を 2.0%に増やしても PE 繊維では引張性能の向上はみられなかった。

一方、比較用の PVA 繊維は PE 繊維よりも引張強度が低いため、マトリックス強度が大きくなると、繊維の破断が生じ、最大応力以降は耐荷力の低下が大きく、PE 繊維ほど高じん性を確保することができなかった。しかしながら、繊維混入率を増やすと、引張性能が向上することがわかった。

4. まとめ

今回の実験で得られた結果を以下に示す。

- (1) 繊維混入により圧縮強度は向上するが、繊維混入率 2.0%では 1.5%より圧縮強度は低下する。

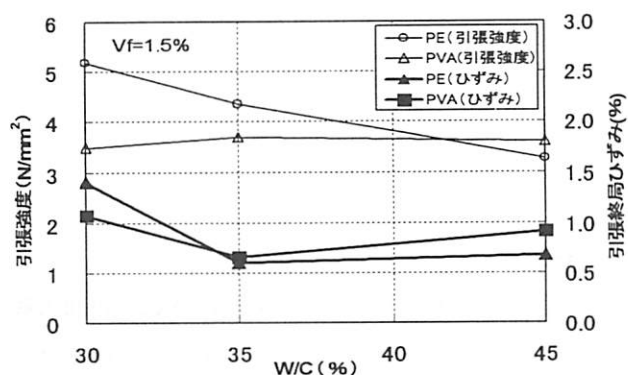


図-1 W/C と引張強度、引張終局ひずみの関係

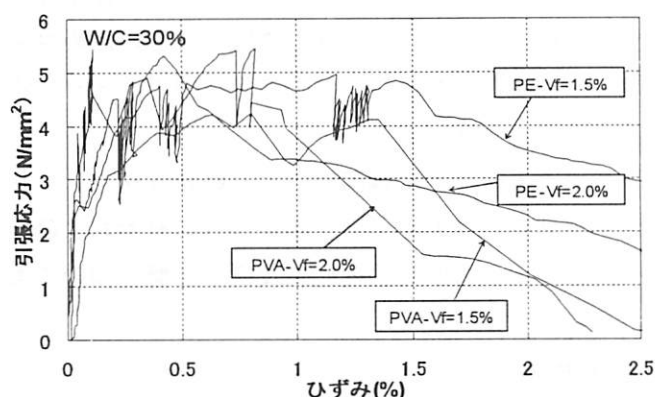


図-2 引張応力-ひずみ曲線

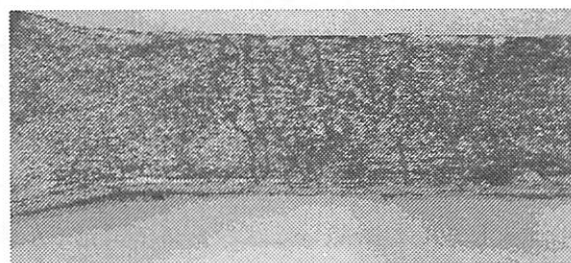


図-3 マルチプルクラッキング現象

- (2) PE 繊維で補強した繊維補強モルタルは、PVA 繊維で補強したものに比べ、高強度領域において優れた引張性能を発揮した。しかし、低強度領域になると PVA 繊維の方が引張性能は優れている。
- (3) 水セメント比が 30%の PE 繊維補強モルタルは、繊維混入率が 1.5%、2.0%ともにひずみ硬化とマルチプルクラッキング現象が確認され、PVA 繊維を用いた場合よりも大きなじん性能を示す。ただし、繊維混入率が 2.0%の場合には、1.5%の場合よりじん性能は低下する。

本研究は科研費 19860085 の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) 土木学会：複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料設計・施工指針(案)，2007