

薄型高じん性パネルの開発

宇都宮大学大学院 学生会員 〇定山 真輝
宇都宮大学大学院教授 正会員 藤原 浩巳
宇都宮大学大学院准教授 正会員 丸岡 正知
日本コンクリート技術(株)代表取締役 正会員 篠田 佳男

1. はじめに

近年、建設部門においても、循環型社会の形成に向けて環境負荷低減が求められている。このような背景から、点検から補修・更新に至る管理の高度化により、既設構造物の延命化や新設構造物の長寿命化が重要な課題となっている。そこで構造物表面に型枠を存置する埋設型枠工法により、様々な劣化因子の侵入を防ぐ技術が開発されている¹⁾。

またセメント系部材は高い圧縮強度を示すものの引張強度が低いため、曲げやせん断、ねじりに対して弱く、脆性的な挙動を示す。このために、セメントモルタル中に短繊維を混入し、繊維補強セメント(FRC)とすることによって、引張強度、曲げ強度、衝撃強度、伸び特性などを改善する技術が開発されている。

本研究は、薄型埋設型枠の開発に向け、繊維補強モルタルの基礎性状および耐久性能を把握することを目的としている。

2. 短繊維補強されたモルタルの基本性状

2.1 実験概要

本章では細骨材粉体比(S/P)、繊維種類、繊維混入率(水+結合材+細骨材の体積に対し、外割で混入: V_F)を要因にとり、それぞれがどのようにモルタルの基本性状に影響を及ぼすのか検討した。なお、繊維にはじん性向上に効果的であるビニロン繊維を選定し、繊維径、繊維長が異なる3種類を用いた。

2.1.1 使用材料

本研究で用いる使用材料及び使用繊維の物性値を表-1、表-2に示す。結合材には普通ポルトランドセメントを主材料とした無機混和粉体を用い、補強材の繊維には表-2に示す3種類のビニロン繊維を用いた。また本研究の目的は薄型の埋設型枠を開発することであるので、細骨材最大寸法を2.5mmとした。

2.1.2 配合条件

表-1 使用材料

材料	記号	材料名	密度 (g/cm ³)
結合材	P	無機混合粉体	2.99
細骨材	S	鬼怒川産川砂	2.60
水	W	上水道水	1.00
減水剤	SP	ポリカルボン酸エーテル系 高性能減水剤	1.05
消泡剤	DF	ポリアルキレン誘導体	1.00
補強材	F	ビニロン繊維	1.30

表-2 使用繊維の物性値

種類	直径d(μ)	標準長l(mm)	引張強度(Gpa)	切断伸度(%)	ヤング率(Gpa)
VF100-12	100	12	1200	12.5	28
VF40-12	40	12	1560	6.5	41
VF27-6	27	6	1800	5.8	45

表-3 配合条件

水 結合材比 W/P (%)	細骨材 結合材比 S/P (%)	空 気 量 (%)	単 位 量 (kg/m ³)			
			W	P	S	F
30	0.3	1.5±1.5	394	1313	394	0 (0%) *
						25.6 (2%)
						38.4 (3%)
	0.5		357	1191	596	0 (0%)
						25.6 (2%)
						38.4 (3%)
	0.7		327	1090	763	0 (0%)
						25.6 (2%)
						38.4 (3%)

*()内は混入率

配合条件を表-3に示す。水結合材比は30%で一定とし、細骨材粉体比を0.3、0.5および0.7とした。また、繊維混入率を0%、2%および3%とした。高性能減水剤および消泡剤の添加率は、それぞれの細骨材粉体比におけるBASE配合(繊維無混和)時の15打フローが150±10mm、空気量が1.5±1.5%となるように適宜調整した。

2.1.3 実験項目及び方法

(1) 15打フロー試験

15打フロー試験は「JIS R 5201 セメントの物理試験方法」に準拠した。

キーワード 埋設型枠, 短繊維補強, 高じん性, 耐久性

連絡先 〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学工学部 TEL 028-689-6211

(2) 空気量試験

空気量試験は「JIS A 1116 フレッシュコンクリートの空気量の質量による試験方法(質量法)」に準拠した。

(3) 曲げ強度及び曲げタフネス試験

曲げ強度及び曲げタフネスは、10×10×40 cmの各供試体を用い「JCI-SF4 繊維補強コンクリートの曲げ強度及び曲げタフネス試験方法」に準拠して行った。養生条件は、標準養生、材齢 28 日とした。

(4) 薄板部材曲げ試験

じん性および曲げ変形性能を比較するために、図-1 に示すような幅 150 mm、長さ 900mm、高さ 12 mmの供試体を用いて、薄板部材曲げ試験を行った。スパンは 600mm とし、等曲げモーメント区間は 100mm とした。

繊維を混入することにより流動性が低下した。これはフレッシュマトリックス中の自由水が繊維表面に吸着され、フレッシュモルタルの見かけの水比が低下したためだと考えられる。²⁾

2.2.2 曲げ強度及び曲げタフネス試験結果

各細骨材粉体比における曲げ強度、曲げタフネスを図-2 から図-7 にそれぞれ示す。この結果より、ビニロン繊維をモルタル中に混和することによって、じん性能力が大幅に向上した。これは繊維をモルタル中に混和することにより、ひび割れ発生面において繊維が架橋となり、引張力を分担する為だと考えられる。

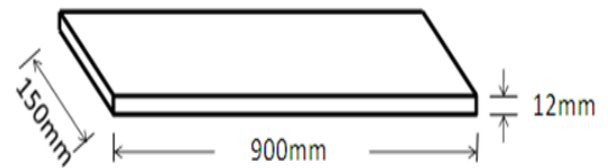


図-1 薄板部材

2.2 実験結果及び考察

2.2.1 フレッシュ性状試験結果

フレッシュ性状試験結果を表-4 に示す。結果より、繊維種類に関わらず、フレッシュモルタル中にビニロン

表-4 フレッシュ性状試験結果

配合NO.	繊維種類	細骨材 粉体比	繊維 混入率 (%)	SP (%)	消泡剤 (T)	15打スラン プフロー (mm)	空気量 (%)	温度 (℃)
1	BASE	0.3	0	0.3	6.5	157	0.8	16.0
2	VF100-12		2			126	2.1	20.0
3			3			126	2.1	20.0
4			VF40-12			2	135	2.7
5	3					136	2.9	17.2
6	2					123	2.0	21.0
7	VF27-6		3			119	2.7	21.0
8	BASE	0.5	0	155		0.0	21.0	
9	VF100-12		2	130		3.0	22.0	
10			3	124		2.8	22.8	
11			VF40-12	2		139	2.9	20.2
12	3			117		2.7	21.0	
13	VF27-6			2		114	2.9	21.9
14			3	111		2.8	20.0	
15		BASE	0.4	0		155	0.7	16.0
16	VF100-12	2		130		1.4	16.2	
17		3		124		2.0	16.2	
18		VF40-12		2		139	1.9	17.4
19	3			117		1.8	17.8	
20	VF27-6			2		114	2.0	20.0
21		3		111		1.9	20.0	

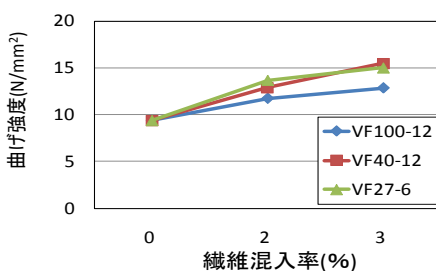


図-2 S/P=0.3 における
曲げ強度

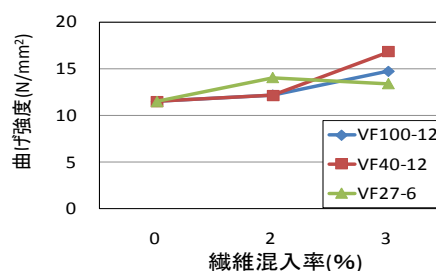


図-3 S/P=0.5 における
曲げ強度

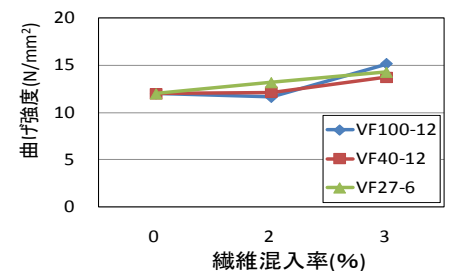


図-4 S/P=0.7 における
曲げ強度

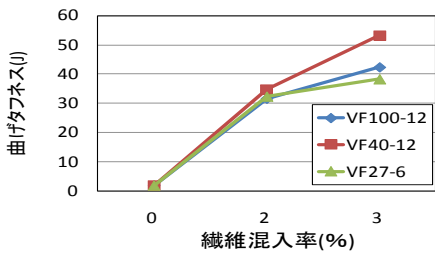


図-5 S/P=0.3における
曲げタフネス

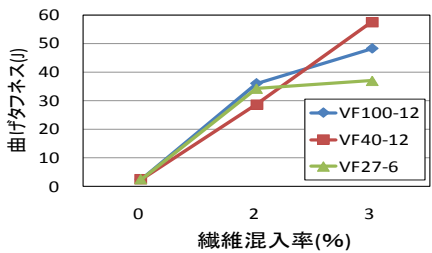


図-6 S/P=0.5における
曲げタフネス

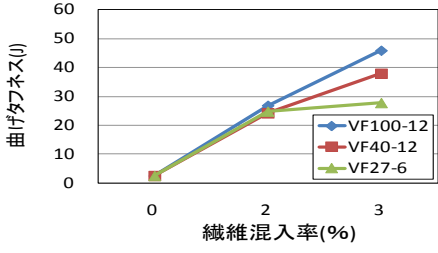


図-7 S/P=0.7における
曲げタフネス

2.2.2 薄板部材曲げ試験結果

薄板部材曲げ試験を行った中で配合 No.2 を用いた薄板部材が最も優れた変形性能を示した。これは、配合 No.2 で用いた繊維(VF100-12)が他の繊維と比較してアスペクト比が小さいためだと考えられる。一般的にアスペクト比の大きい繊維では、繊維の曲げ剛性が小さいなどの理由から、練り混ぜ及び施工性が低下すると言われている。
3) VF40-12 及び VF27-6 を用いた配合では薄板部材に繊維を均一に分散させることが困難になり局所的に集中することが多い為、ひび割れ面に存在する繊維量が均一でなくなり優れた変形性能を示さなかったものと考えられる。図-8 は最も優れた変形性能を示した配合 No.2 の試験模様と試験後の供試体のひび割れを示したものである。

今後は、この配合を用いて実験を行った。以降、高じん性モルタルと称す。

4. 短繊維補強されたモルタルの耐久性

4.1 実験概要

内部コンクリートへの劣化因子の侵入を防ぐことは埋設型枠材料の重要な機能の一つである。そこで、本章では前章においてフレッシュ性状及び硬化性状において良好な結果を示した、高じん性モルタルについて各種耐久性の検討を行い埋設型枠としての性能を評価した。また表-5 に示す配合の普通モルタルを比較用とした。

4.1.1 実験項目および方法

(1) 圧縮強度試験

圧縮強度は、φ10×20cm 円柱供試体を用い、JIS A 1108 に準拠して測定した。養生条件は、標準養生で材齢 7、28 日とした。

(2) 乾燥収縮試験

乾燥収縮試験は JIS A 1129 に準拠した。脱型後、供試体を水中養生し材齢 7 日に達した時点で水中から引き上げ、第一回目の測定を行い基長とした。供試体は 20℃、60%Rh の恒温恒湿室に静置し、乾燥開始から 1、3、7、

14、28 日及び以降は 2 週毎に 14 週までそれぞれ測定を行った。

(3) 凍結融解抵抗試験

凍結融解試験は、JIS A 1148 に準拠した。

(4) 塩分浸透試験

塩分浸透試験用複合供試体を図-9 に示す。供試体は、底面に厚さ 12 mm の高じん性モルタルボードを敷き、外形寸法が 10×10×40 cm となるように普通モルタルを打設し作成した。脱型後、材齢 28 日まで水中養生し、その後、温度 20±2℃、濃度 10% の塩化ナトリウム溶液に浸漬した。指定の浸漬日数後、所定の大きさにカットし 0.1mol/l の硝酸銀溶液を噴霧し、塩分浸透深さを測定した。



図-8 曲げ試験結果

表-5 普通モルタル配合

W/C (%)	S/C	単位量 (kg/m ³)			
		W	C	S	SP
50	3	243	485	1456	4.85

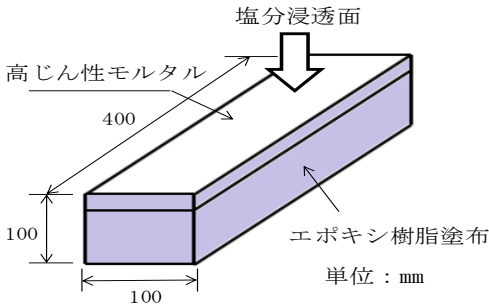


図-9 塩分浸透試験複合供試体

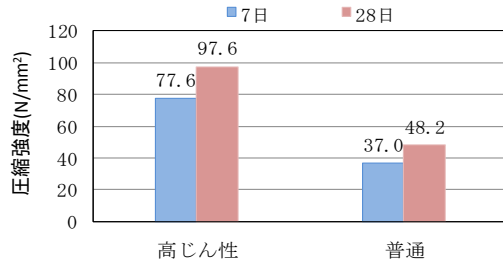


図-10 圧縮強度試験結果

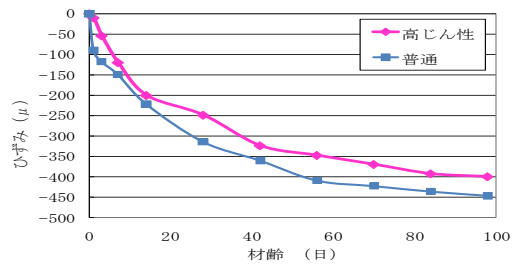


図-11 乾燥収縮試験結果

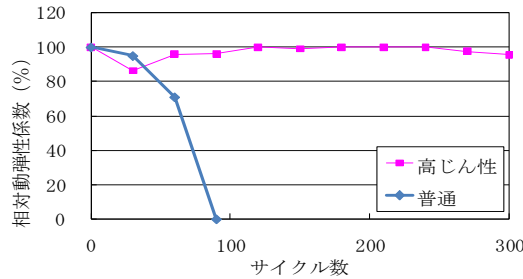


図-12 凍結融解抵抗性試験結果

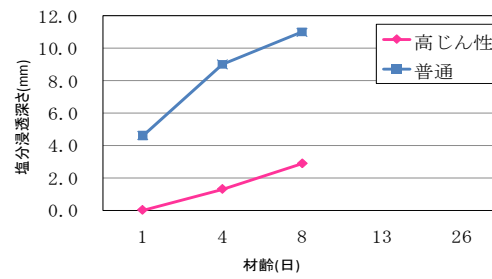


図-13 塩分浸透試験結果

4.2 実験結果及び考察

4.2.1 圧縮強度試験結果

圧縮強度試験結果を図-10に示す。結果より、高じん性モルタルは、普通モルタルと比較して非常に高い強度発現性を示していると言える。これは、水粉体比および混和材料によるものだと考えられる。

4.2.2 乾燥収縮試験結果

乾燥収縮試験結果を図-11に示す。この結果より、高じん性モルタルは普通モルタルと比較して同等もしくはそれ以上の乾燥収縮抵抗性を有していると言える。これは、ビニロン繊維がモルタルマトリックスの変形を拘束しているためだと考えられるが、詳細なメカニズムについては今後の課題である。

4.2.3 凍結融解試験結果

凍結融解試験結果を図-12に示す。一般的に、凍結融解抵抗性向上のためには、AE剤あるいはAE減水剤を使用し、3～6%程度のエントレインドエアを連行することが有効であるとされている。しかし本研究では、繊維を混入することによりエントラップドエアが増大することが考えられたため、消泡剤を使用し、密実な硬化組織を有するモルタルとすることで耐凍害性の向上を目指した。高じん性モルタルは、圧縮強度が28日標準養生

で100N/mm²程度の高強度モルタルである為、自由水の凍結による膨張圧よりも内部コンクリートの強度が上回り、耐凍害性が向上したと考えられる。

4.2.4 塩分浸透試験

塩分浸透試験結果を図-13に示す。この結果より、高じん性モルタルが普通モルタルと比較して塩化物イオン浸透に対する抵抗性が高いことが確認された、これは、高じん性モルタルが低水粉体比であり、組織が緻密になっているためだと考えられる。

5. まとめ

本研究で開発した高じん性モルタルは、フレッシュ性状及び硬化性状において優秀な結果を示し、各種耐久性においても良好な結果を示した。

参考文献

- (1) 篠田佳男ほか：プレキャスト工法の新たな領域への適用・壁体構造物
- (2) 小川敦久・末森寿志・斎藤忠・Victor C.Li：ビニロン繊維を用いた高靱性FRCの流動性に関する実験的研究
- (3) 川又篤・三橋博三・金子佳生・福山洋：ハイブリッド型繊維補強セメント系複合材料の靱性能に関する研究