

# マトリックスフローを基本とした DFRCC の製造

学生氏名 神田 晋

指導教員 栗原 哲彦 吉川 弘道

## 1.はじめに

無数の微細なひび割れが発生し、従来のコンクリートでは考えられない変形をみせる高靱性セメント複合材料(Ductile Fiber Reinforced Cementitious Composites:以下 DFRCC)は新たな技術革新を起こす可能性を十分に秘めている構造材料である<sup>1)</sup>。そこで本研究では配合及び繊維の種類を変化させ、フロー試験・曲げ試験を行うことによりワーカビリティ、繊維の分散性を確認し、最適な配合を解明することを目的とする。

## 2.実験概要

### 2.1 使用材料

セメントは早強ポルトランドセメント、細骨材は 7 号硅砂,またはコンクリート用普通砂を使用し、混和材はフライアッシュ,高炉スラグ微粉末,シリカヒュームを用いた。混和剤は AE 減水剤 (Ad1),高性能 AE 減水剤 (Ad2)及び非イオン系水溶性セルロース系増粘剤を使用した。また、繊維はビニロン繊維 (VF:繊維長 13mm,径 20 μm,密度 1.30g/cm<sup>3</sup>)を容積比 1.1%で混入し、ポリエチレン繊維 (PF:繊維長 13mm,径 12 μm,密度 1.04g/cm<sup>3</sup>)を容積比 1.5%で混入した。シリーズ名は図 1 に示す。また、文献<sup>2)</sup>を参考にした配合を Z-9 とする。

### 2.2 フレッシュ性状

繊維未混入のモルタルマトリックスを作製し、JIS A 1150-2001 に準じフロー試験を行った。繊維の分散性を確認するために、練混ぜ後、DFRCC を無作為に 10ヶ所から 100g づつ採取し、モルタル分を洗い流した。そして繊維を空气中で完全に乾燥させ、繊維の質量を計測し、繊維の分散性を確認した。

### 2.3 硬化性状

7 日,28 日の水中養生後,100×100×400mm の角柱供試体(スパン中央に切り欠き)を用いて曲げ試験を行い,荷重 - 変位曲線を測定した。変形性能を目視化するために,100×100×400mm の 3 点曲げ試験結果より,6×100×700mm の供試体を作製し曲げ破壊特性を観察した。また,有限要素法による逆解析法を用いて引張軟化曲線を推定した<sup>3)</sup>。

## 3.実験結果及び考察

### 3.1 フレッシュ性状

図 2 にフロー分布図を示す。7 号硅砂を使用したものはコンクリート用普通砂を使用したものに比べ、粒度が小さいためにフロー値が小さくなった。細骨材量を増やすことによってフロー値が小さくなっていることもわかる。流動性を向上させるためには W/C を大きくすることや高性能 AE 減水剤を使用する方法があるが、粘性が小さくなるため材料分離を生じやすくなる。そこで増粘剤を使用し、粘性をもたせることで材料分離を防ぐこととした。繊維をモルタルマトリックスに混入する際に実際の施工経験より,15~20cm 程度で適度な流動性及び粘性を確保できると考えられた。表 1

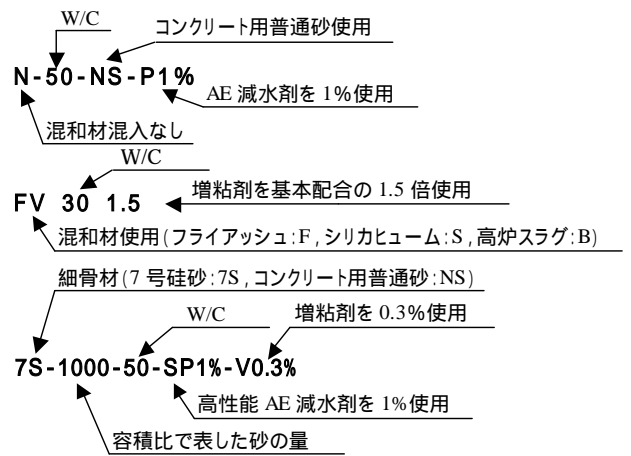


図 1 シリーズ名

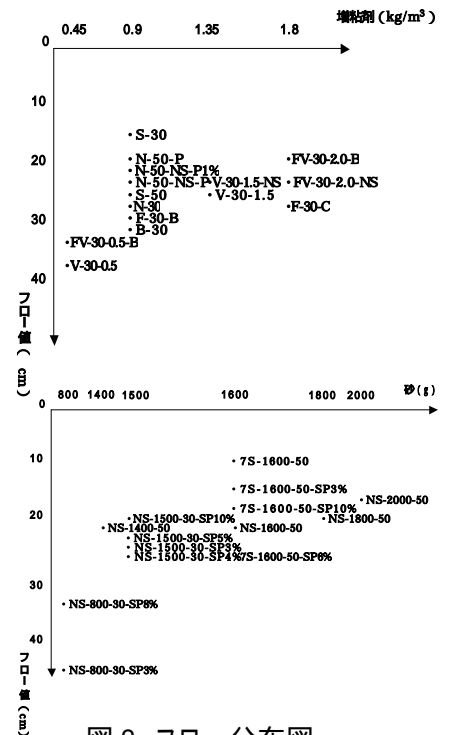


図 2 フロー分布図

表 1 フロー値

シリーズ名	マトリックスフロー値(cm)	VF混入フロー値(cm)	PF混入フロー値(cm)
N-30	29.7	23.5	14.9
S-50	24.5	15.3	
N-50-NS-P1%	25.4	23.0	
BV-40-2.0	35.4		22.7
7S-1000-50-SP1%-V0.1%	33.4		17.1
7S-1000-50-SP1%-V0.15%	34.9		14.9
Z-9	30.7		15.1

に繊維混入に適していると考えられた配合のフロー値を示す。ビニロン繊維を混入した場合は、マトリックスフローより6～10cm程度フロー値が減少し、ポリエチレン繊維を混入した場合には15cm程度減少することが分かる。このことから、ビニロン繊維を混入するにはマトリックスフロー25cm程度が適し、ポリエチレン繊維を混入するにはマトリックスフローは30～35cm程度が適していると考えられる。また、表2より、繊維の分散性はビニロン繊維混入時において、変動係数から全て良好な分散が確認された。ポリエチレン繊維では相対的に重く、変動係数にも偏りが確認された。これはポリエチレン繊維を採取する際にモルタル分を十分に洗い流せていなかったためだと考えられる。

### 3.2 硬化性状

フレッシュ性状において最適を判断した配合(表3参照)がDFRCCの特徴を有しているかを確認するために硬化後の破壊試験を実施した。S-50, N-50-NS-P1%, 7S-1000-50-SP1%-V0.1%, Z-9の平均した荷重-変位曲線を図3に、引張軟化曲線を図4に示す。全ての荷重-変位曲線において、ひび割れ発生後に一旦は荷重低下を見せるが、最大荷重に至るまで荷重増加を示し、最大荷重以降緩やかに荷重低下している。薄板の曲げ試験においては全ての供試体で写真1のように十分な変形性能及びマルチプルクラックを確認できた。引張軟化曲線においては、全てのシリーズを通して軟化開始後、急激に引張応力が減少している。その原因はW/Cが大きいため繊維とモルタルの付着力が小さくなり、供試体にひび割れが発生すると、繊維が抜け出すためだと考えられる。しかし、引張応力低下後、応力が回復し、その後は緩やかに低下するため延性的な破壊となっている。これは繊維の架橋則によるものだと考えられ、これらのことから、DFRCCの性能は十分に発揮されているといえる。

### 4.まとめ

繊維混入フローが15～20cm程度であるならば、十分な施工性能及びDFRCCの特性を発揮することができる。モルタルマトリックスにビニロン繊維を混入する場合には6～10cm程度フロー値が減少し、ポリエチレン繊維を混入した場合には15cm程度減少することから、モルタルマトリックスフローはビニロン繊維で25cm程度が適し、ポリエチレン繊維では30～35cm程度が適している。

[参考文献]

- 1)河村友希:DFRCCの最適混練方法と最適配合について、武蔵工業大学平成14年度卒業論文
- 2)日本コンクリート工学協会:高靱性セメント複合材料に関するシンポジウム, pp9-14,2003.12
- 3)日本コンクリート工学協会:コンクリートの破壊特性の試験方法に関する調査研究委員会報告書, pp418-426,2001.5

表2 採取した繊維量

シリーズ名	VF混入			PF混入			
	N-30	N-50-NS-P1%	S-50	N-30	BV-40-20	7S-1000-50-SP1%-V-0.1%	Z-9
採取量 (g)	1.85	1.01	0.90	16.0	3.12	1.54	1.53
	1.76	0.83	0.80	25.0	4.98	1.13	3.26
	1.69	0.58	0.76	24.0	3.67	1.04	2.61
	1.65	0.58	0.77	14.0	5.35	1.31	3.03
	2.08	0.63	0.64	16.0	4.17	1.82	1.65
	1.73	0.65	0.41	20.0	8.08	0.89	2.21
	1.48	0.62	0.60	13.0	2.96	1.29	4.07
	1.98	0.73	0.92	12.0	4.96	0.64	3.42
	1.94	0.64	0.70	9.0	5.41	0.77	3.85
	2.13	0.80	0.89	21.0	4.56	1.31	1.40
変動係数	0.112	0.194	0.214	0.313	0.310	0.345	0.361

表3 配合表

シリーズ名	W/C %	単位水量(kg/m <sup>3</sup> )							
		水	セメント	海砂材	細骨材	増粘剤	繊維	Ad1	Ad2
S-50(VF)	50	594	1011	253	395	0.90	14.6		37.92
N-50-NS-P1%(VF)	50	619	1264		395	0.90	14.6		12.64
7S-1000-50-SP1%-V0.1%(PF)	50	291.647	595.3		744.1	0.595	11.7	5.953	
Z-9(PF)	50	459	936		618	2.81	15.6		9.37

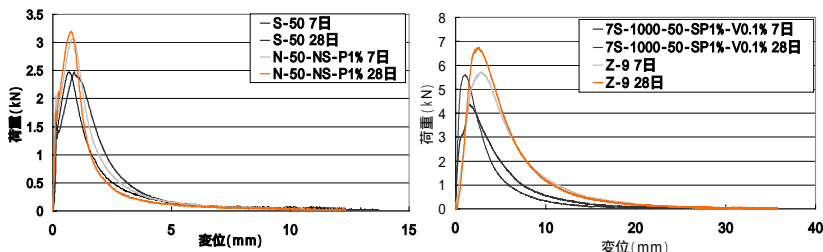


図3 荷重-変位曲線



写真1 変形性能及びマルチプルクラック

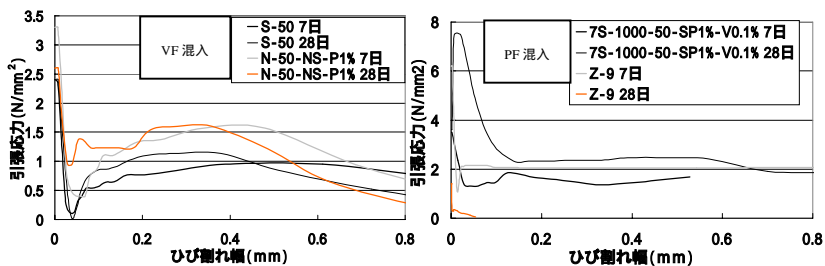


図4 引張軟化曲線