

# 高強度型高靱性セメント複合材料の開発と引張性能評価

学生氏名 桐生有朋  
指導教員 栗原哲彦

一般的な高靱性セメント複合材料(以下、DFRCCとする)の引張強度が $5(\text{N}/\text{mm}^2)$ 、引張終局ひずみが5%ということから、引張終局ひずみを5%以上とし、引張強度が、一般的なDFRCCの引張強度の約1.5倍にあたる $7.5(\text{N}/\text{mm}^2)$ 前後の高強度型DFRCCを作製する。その高強度型DFRCCを適応したRC部材に損傷が生じたとき、DFRCCの持つ引張性能によるせん断補強効果およびDFRCCが熱を受けた場合、DFRCCそのものの引張性能の低下について検討する。

**Key Words :** High strength type, Shearing reinforcement, Heating, The maximum tension stress, Tension ultimate strain

## 1. はじめに

作用する引張力の増加に伴い、微細ひび割れが次々に発生し、大きく引張変形する複数微細ひび割れ型繊維補強セメント材料が開発されている(写真-1 参照)<sup>1)</sup>。

この材料は、高靱性セメント複合材料(DFRCC : Ductile Fiber Reinforced Cementitious Composite)とも呼ばれており、海外では HPFRCC(High Performance Fiber Reinforced Cementitious Composite)と呼ばれることが多い。DFRCC と他の繊維補強セメント材料の体系を図-1 に整理する。HPFRCC は、ポリビニルアルコール(略称 : PVA)やポリエチレン(略称 : PE)などの有機系の短繊維をモルタルのマトリックスに体積比で最大 2%程混入した複合材料である<sup>1)</sup>。他に代表的な材料として、ミシガン大学の Victor C.Li により開発された ECC(Engineered Cementitious Composites)がある。この ECC の最大の特徴は、一軸引張応力下においてひずみ硬化を示し、微細で高密度の複数微細ひび割れを形成することにより引張

終局ひずみが 8%にも達することである<sup>2)</sup>。

DFRCC は、引張抵抗、複数の微細ひび割れの発生、大変形といった特性を示すことから、引張抵抗部材、防

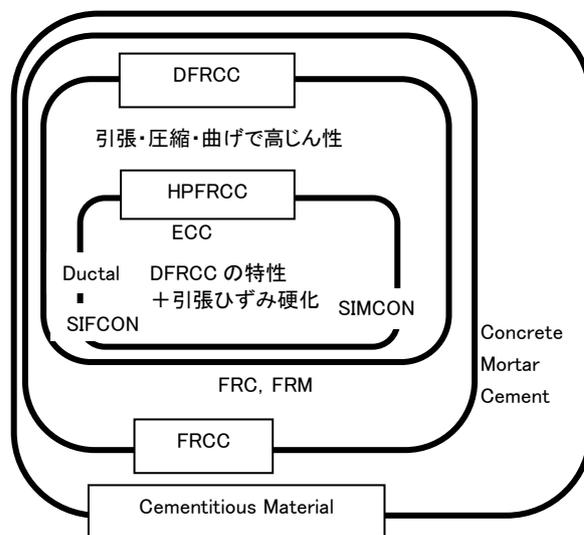


図-1 DFRCC の体系<sup>2),7)</sup>



写真-1 DFRCC の曲げ試験<sup>1)</sup>



写真-2 DFRCC による補修

食材、鋼材被覆材への利用が期待されている。実際には、橋梁の床版、高層 RC の耐震部材、ダム、水路、擁壁、高架橋の表面補修などに適用されている<sup>3)</sup>。

最近では、2003年4月に、アルカリ骨材反応によるひび割れが生じた岐阜県東濃用水道事務所内の重力式コンクリート擁壁に対して ECC の吹付けによる表面補修の試験施工が実施された(写真-2 参照)。この構造物は、1970年に施工され、その後、アルカリ骨材反応による亀甲状のひび割れが生じたため、1994年にひび割れ注入工法と表面補修工法による補修が行われた。しかし、2002年に再び擁壁表面にひび割れが生じていた。そのため、コンクリートの残存膨張率が小さく、施設全体の安全上に果たす役割が比較的小さいことから、力学的な補強は行わず、補修を主目的とした ECC の吹付けによる表面補修が実施された<sup>4)</sup>。

本研究では、一般的な DFRCC の引張強度が  $5(\text{N}/\text{mm}^2)$ 、引張終局ひずみが  $5\%$ <sup>5),6)</sup>ということから、引張終局ひずみを  $5\%$ 以上とし、引張強度が、一般的な DFRCC の引張強度の約 1.5 倍にあたるが  $7.5(\text{N}/\text{mm}^2)$ 前後の DFRCC を作製する。その DFRCC を適応したコンクリート部材に損傷が生じたとき、DFRCC の持つ引張性能による補強効果、DFRCC そのものの引張性能の低下について検討する。

## 2. 高強度型DFRCCの開発

### (1) 供試体

高強度型 DFRCC の開発に使用した配合およびフロー値を表-1 に示す。セメントには普通ポルトランドセメント(密度  $3.14\text{g}/\text{cm}^3$ )を、セメントの置換材にはシリカヒューム(密度  $2.2\text{g}/\text{cm}^3$ )、またはフライアッシュ(密度  $1.97\text{g}/\text{cm}^3$ )を、細骨材には大石田鉱山産天然乾燥 7 号珪砂(平均粒度  $135\mu\text{m}$ 、密度  $2.6\text{g}/\text{cm}^3$ )を、繊維には PVA 繊維(長さ  $12\text{mm}$ 、密度  $15\text{dtex} : 10000\text{m}$  の糸の質量を  $\text{g}$  単位で表したものを)、混和剤には高性能 AE 減水剤を使用した。繊維混入率は、容積比に対して  $2\%$ とした。供試体名は、W/B、セメントに対する置換材(シリカヒュームは SF、フライアッシュは FA)、W/B と置換材が被った場合はアルファベットの記号をアルファベット順に組み合わせた(30SFA の場合、W/B=30%で、セメントの置換材にシリカヒュームを用いたパターンの 3 種類目ということになる)。供試体は、14 シリーズでシリーズごとに 5 本ずつ作製した。

作製した供試体の形状および寸法を図-2 に示す。供試体形状はひび割れ発生区間を変位測定区間(中心のくびれ区間  $80\text{mm}$ )に集中させるため、ダンベル型とした。養生期間は、30SFC(一ヶ月)は 4 週間の水中養生、それ以外は 2 週間の水中養生とした。

### (2) 引張試験

本研究で使用した引張試験装置のチャック部分に直接供試体を設置した場合、ねじれや斜め方向への

表-1 配合一覧(高強度型 DFRCC の開発)

供試体名	VF (%)	W/B (%)							単位量( $\text{kg}/\text{m}^3$ )					フロ一値 mm	備考				
		W	C	FA	SF	S	V	Ad	F	W	C	FA	SF			S	V	Ad	F
30SFA <sup>8)</sup>	30	320	1065	-	266	533	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	156・149	-
40SFA <sup>9)</sup>	40	384	961	-	240	480	1	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	181・189	-
30FAA <sup>10)</sup>	30	277	923	462	-	462	-	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	210・198	減水剤追加
30SFB <sup>11)</sup>	2	30	340	823	-	224	274	607	0.5	24	-	-	-	-	-	-	-	124・126	-
30SFC									0	18	-	-	-	-	167・171				
30FAB									0.3	15	-	-	-	-	232・210				
30FAC									12	-	-	-	-	-	170・174				
40SFB	2	40	410	796	-	199	540	-	6	-	-	-	-	-	-	-	154・154	-	
40SFC									2	-	-	-	-	124・116					
50SFA									-	-	-	-	-	-	122・112				
50SFB									-	-	-	-	-	-	113・121				
30SFC(無施工)	2	30	340	823	-	274	607	-	18	-	-	-	-	-	-	-	141・142	無施工	
30SFC(一ヶ月)									-	-	-	-	-	-	153・157	一ヶ月養生			

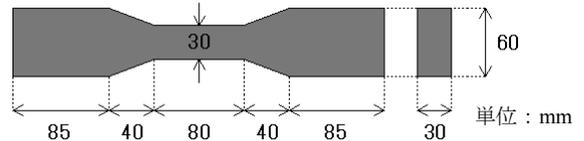


図-2 供試体概要(高強度型 DFRCC の開発)

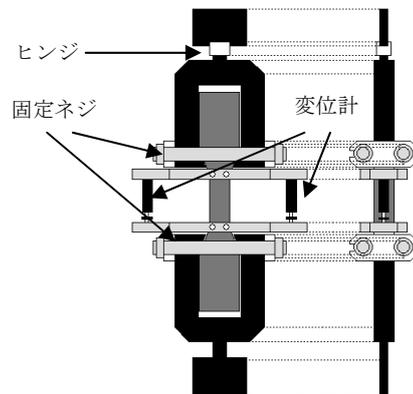


図-3 引張試験概要

力が加わってしまうため、林らの研究<sup>3)</sup>を参考に試験体くびれ肩部に引っかけて引っ張り上げる治具(つかみ治具)を製作した(図-3 参照)。この上に設置するつかみ治具にヒンジを付けることによって、試験開始時に供試体が破断することがなくなり、また、ねじれや斜め方向に力が加わることを防ぐことができる。さらに変位計(ストローク  $5\text{mm}$  あるいは  $10\text{mm}$ )を、閑田らの研究<sup>3)</sup>を参考に、試験体の変位測定区間の両端に設置した。載荷速度は、 $0.01\text{mm}/\text{sec}$ とした。

### (3) 実験結果

引張応力-ひずみ曲線を図-4 に、ひび割れ図の一例を図-5 に、シリーズごとの引張強度、初期ひび割れ発生強度、引張終局ひずみの平均をまとめたものを表-2 に示す。また、初期ひび割れ発生から引張強度までの増加率を初期ひび割れ発生強度と引張強度の間の傾きから求めたものの一例を図-6 に示す。なお、応力は荷重を試験体くびれ部( $30 \times 80\text{mm}$ )の面積で除した値であり、ひずみは変位計で計測した変位量を検長  $80\text{mm}$ (くびれ部の長さ)で除した値である。変位計の検長区間で破断した供試体については実験結果から除外した。

セメントの置換材にシリカヒュームを用いたシリーズでは、40SFB、30SFC(無施工)および 30SFC(一

ヶ月)を除いて引張終局ひずみの平均が 3~5%を示した。引張強度では、30SFC(無施工)を除いて平均で 5~7.4(N/mm<sup>2</sup>)を示している。このことから、施

工時に、繊維の方向が同一にならないと、引張強度、引張終局ひずみが小さくなることがわかった。また、30SFCは、養生期間が2週間から4週間に延びた場

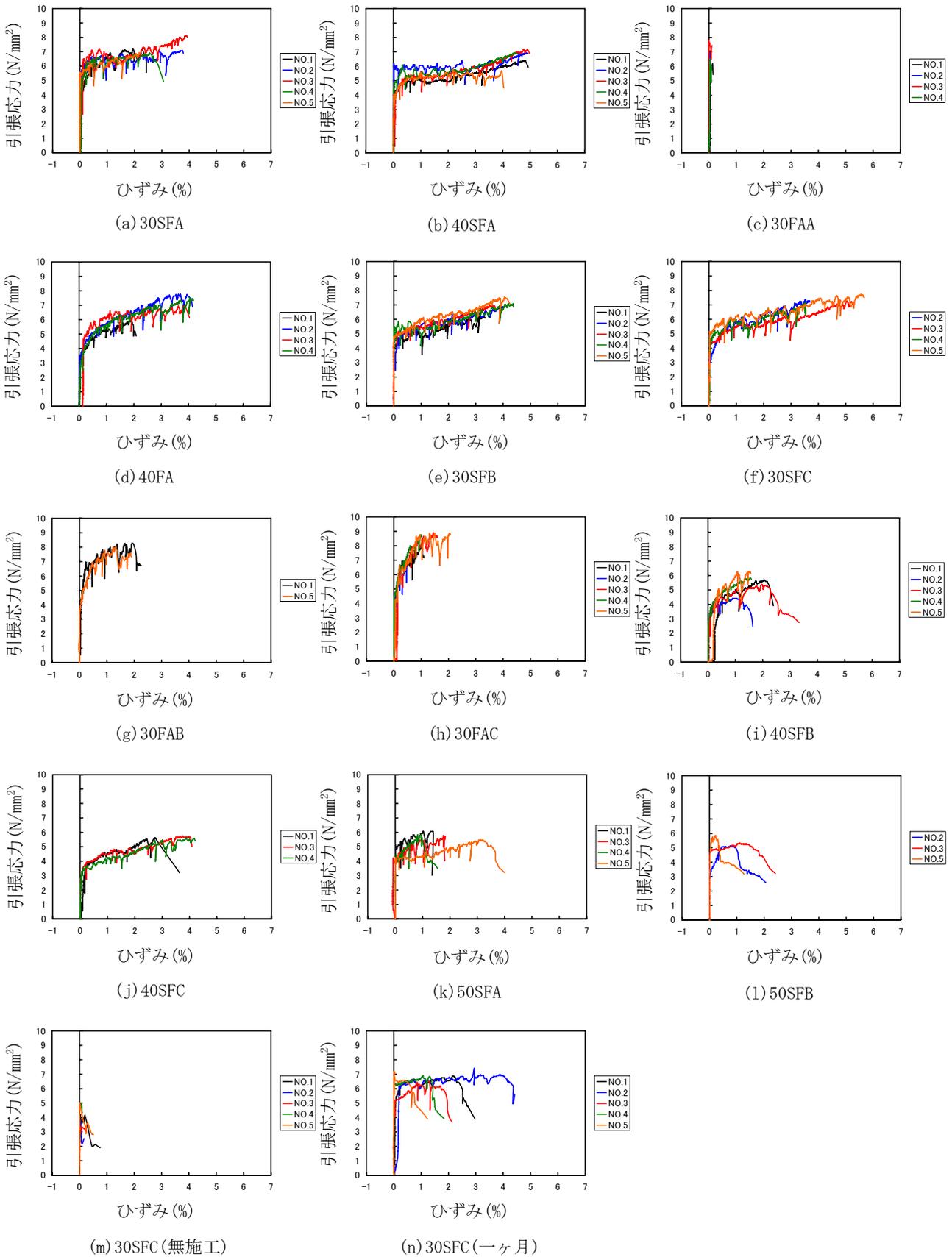


図4 応力-ひずみ曲線(高強度型高じん性セメント複合材料に開発)

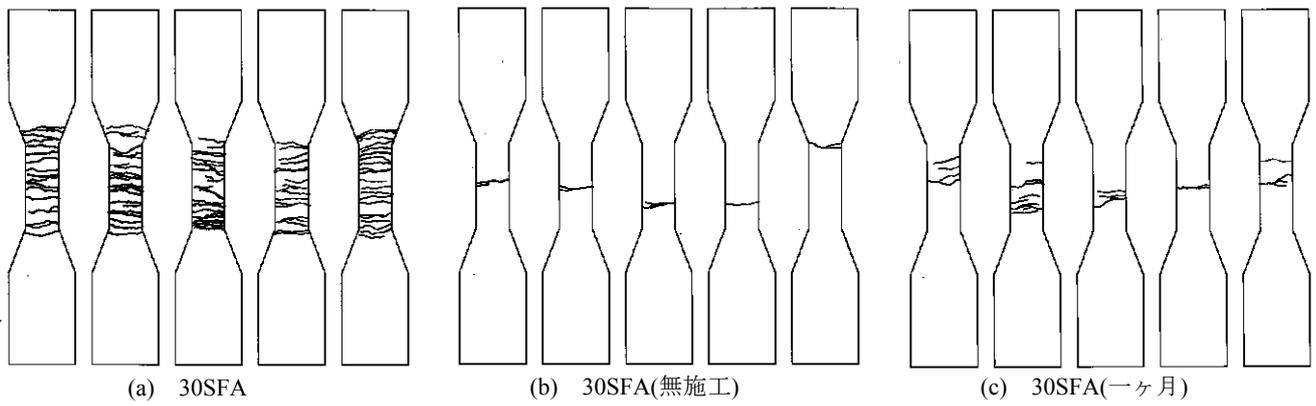


図-5 ひび割れ図

表-2 引張試験結果一覧

供試体名	$\sigma_{cr}$	$\sigma_{max}$	$\sigma_{max}/\sigma_{cr}$	$\epsilon_u$	$E_c$	$\gamma E_o$
	N/mm <sup>2</sup>			%		
30SFA	5.5	7.2	1.3	3.1	5.5	3.5
40SFA	4.7	6.7	1.4	4.7	4.7	5.1
30FAA	6.5	6.8	1.1	0.1	6.5	0.4
40FA	3.4	7.1	2.1	3.6	3.4	5.1
30SFB	4.5	6.9	1.5	3.9	4.5	4.6
30SFC	4.4	7.4	1.7	4.6	4.4	5.4
30FAB	4.0	8.2	2.0	2.1	4.0	4.6
30FAC	4.2	8.3	2.0	1.3	4.2	4.3
40SFB	2.6	5.5	2.1	2.1	2.6	3.6
40SFC	2.3	5.6	2.5	3.7	2.3	5.0
50SFA	4.2	5.8	1.4	2.2	4.2	2.7
50SFB	3.5	5.4	1.6	1.9	3.5	2.7
30SFC(無施工)	3.0	4.4	1.5	0.4	3.0	1.4
30SFC(一ヶ月)	5.7	7.0	1.2	2.5	5.7	2.7

合、ひずみ硬化特性を失った。図-5 のとおり、30SFC は、2 週間養生の供試体に比べて、無施工と4 週間養生のひび割れ本数が少ない。これは、養生期間が延びたことによって、シリカヒュームがセメントと反応し、内部の組織が密になったため、ひび割れが発生しにくくなったためと考える。しかし、養生期間が延びても引張強度が上がっていないことから、施工時に繊維が同方向に混入されなかったとも考えられる。また、初期ひび割れ発生後からの引張応力の増加率は養生期間が延びたほうが小さいことが図-6 よりわかる。このことから、養生期間が延びた場合、初期ひび割れ発生強度が上がり、微細ひび割れが発生しづらくなるのではないかと考えられる。

セメントの置換材にフライアッシュを用いたシリーズでは、シリカヒュームを置換材に用いた供試体と比べて引張強度が大きい、引張終局ひずみが小さい。引張強度の平均が 8(N/mm<sup>2</sup>)以上を示した供試体 30FAB、30FAC は、引張終局ひずみが一般的な DFRCC の半分程度しか示さなかった。このことから、高強度にのみ着目した DFRCC を作製するのであれば、シリカヒュームよりもフライアッシュがセメントの置換材に適していることがわかった。

W/B を 30%より大きい値に設定すると、引張強度が一般的な DFRCC に近い値を示す。供試体 40FA のみ、W/B が 40%であるが引張強度が 7(N/mm<sup>2</sup>)以上を記録した。しかし、引張終局ひずみが 3.6%と小さいため、本研究で設定した高強度型 DFRCC とは見なされない。また、引張終局ひずみ

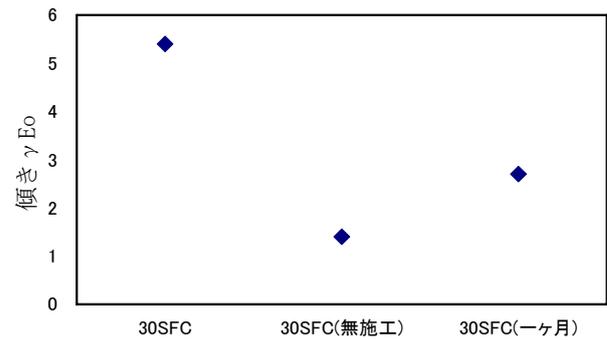


図-6 増加率

に関して、W/B が 40%以上の供試体は、一般的な DFRCC と比べて小さい。W/B が 50%の供試体については、引張強度は、W/B が 40%の供試体と近い値を示しているが、引張終局ひずみが小さくなっている。W/B を 30%より低い配合に設定しない場合、一般的な DFRCC の引張性能よりも低い引張性能の供試体ができることがわかった。W/B を 30%と定めた供試体でセメントの置換材にシリカヒュームを用いた供試体は、引張強度、引張終局ひずみとも本研究で設定した高強度型 DFRCC の性能に近い値を示した。W/B が 40%より大きい場合、引張強度は一般的な DFRCC と同等の値であるが、引張終局ひずみは、一般的な DFRCC よりも劣った値を示し、W/B が 50%の場合、W/B が 40%の供試体と引張強度は変わらないが、引張終局ひずみが小さくなることがわかった。この結果、W/B を 30%以下に設定することが高強度化につながると考えられる。

### 3. DFRCCの増厚による補強効果の確認

#### (1)供試体

供試体を作製するにあたり、土木学会の耐力式<sup>12)</sup>を用いて事前に耐力計算を行った。

母材の RC はりおよび側面に増厚する DFRCC の配合を表-3 に示す。母材のコンクリートの強度試験の結果を表-4 に示す。

DFRCCを増厚したRCはりの配筋図、寸法および形状を図-7に示す。また、せん断ひび割れの発生箇

所を調整するため、供試体の片側にスターラップを設置した。

DFRCCを増厚するにあたり、母材の普通コンクリートを脱型後、鉄ブラシで表面を粗く削り、普通コンクリートの表面に残っている油を除去するためにアセトンを使用して洗浄した。その普通コンクリートのRC部材の側面に木材で型枠を形成し、DFRCCを増厚した。

### (2) 載荷試験

本研究では、せん断スパンにDFRCCを増厚補強したRC梁の載荷試験を実施した。スパン600mm、モーメントスパン200mmの2点載荷試験を実施した。

最大荷重、載荷点変位、支点沈下をそれぞれ、ロードセルおよび変位計により計測した。

### (3) 実験結果

2点載荷試験で得られた荷重-変位曲線の一例を図-8に示す。変位は、載荷点変位の平均値から支点反力の平均値を引いた値とする。また、実験値と耐力計算値をまとめたものを表-6に示す。

実験値と耐力計算の計算結果が一致しない。DFRCCの増厚幅が3mm以下の供試体では、実験値と耐力計算の値が約15kN離れている。増厚幅0mmの供試体は2本とも、増厚幅3mmの供試体は片方が、せん断破壊に至った。増厚幅3mmの供試体の片方、および増厚幅6mm、9mmの供試体4本は、曲げ破壊に移行した。この増厚幅が違う供試体では、増厚をした供試体で大きな荷重の増加はない。また、増厚幅が大きくなることによって、荷重の増加が大きくなることもない。よって、DFRCCを増厚することによる荷重の増加は確認できない。しかし、増厚幅が6mm以上の場合では、せん断補強効果が確認できた。ただし、この供試体よりも寸法の大きい供試体で6mmの増厚でせん断補強効果を得られるかは確認できていない。これは、DFRCCを増厚したRCはりが増厚したDFRCCの断面積の比率によって補強効果が得られるという可能性も考えられる。また、耐力計算の値では、荷重が49.5kN以下ではせん断破壊する予定であった。しかし、実験値では、37~49kNで曲げ破壊に移行した。また、増厚3mm1と増厚6mm2では、ほぼ同じ最大荷重を示している。しかし、破壊形式が異なった。このことから、せん断破壊から曲げ破壊への分岐点が最大荷重40kNであると推測できる。

## 4. 熱を受けたDFRCCの引張性能低下

### (1) 供試体

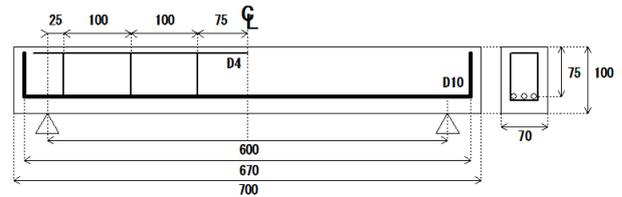
配合およびフロー値を表-7に示す。セメントC：普通ポルトランドセメント（密度3.14g/cm<sup>3</sup>）、シリカフェームSF：（密度2.20g/cm<sup>3</sup>）、フライアッシュFA：（密度1.97g/cm<sup>3</sup>）、細骨材S：大石田鉦山産天然乾燥7号珪砂（平均粒度135μm、密度2.6g/cm<sup>3</sup>）、

表-3 配合一覧

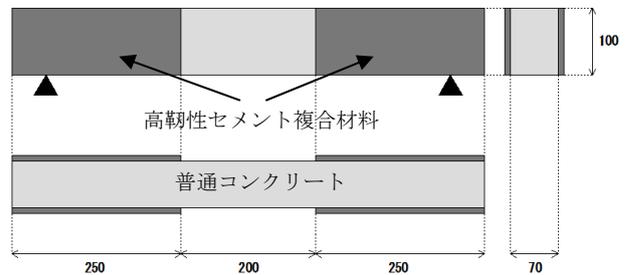
Vf (%)	W/B (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )								フロー値 mm	スランブ値 cm	空気量 %
		W	C	SF	S	G中	G小	Ad	F			
-	60	174	290	-	829	633	317	0.2 0.6	-	19.1	3	
2	30	340	823	274	607	-	-	18	26	155・155 161・168	-	

表-4 母材コンクリートの諸強度

W/C	圧縮強度	引張強度	曲げ強度
	(N/mm <sup>2</sup> )		
60	30.5	2.7	3.9



(a) 配筋図



(b) 寸法および形状

図-7 DFRCCを増厚したRCはりの概要

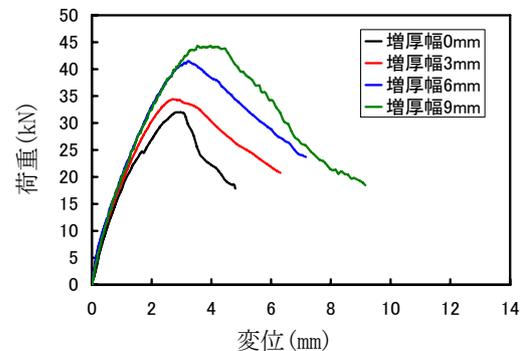


図-8 荷重-変位曲線(一例)

表-6 計算値および実験値

供試体名	計算値				実験値				破壊形式
	Pcr	Py	Ps	Pu	Pcr	Py	Ps	Pu	
	(kN)								
増厚0mm	4.94	47.2	13.3	37.2	6.80	-	39.8	-	せん断
A					6.42		32.0		
増厚3mm	4.94	47.2	23.7	37.2	6.25	-	40.2	34.4	曲げ
A					7.44		48.5		
増厚6mm	4.94	47.2	34.1	37.2	7.34	-	41.5		
A					5.33		37.3		
増厚9mm	4.94	47.2	44.5	37.2	5.90	-	37.3		
A					6.05		44.3		

増粘剤 V：水中コンクリート用分離低減剤，繊維 F：PVA 繊維（長さ12mm，15dtex：10000mの糸の質量をg単位で表したもの），混和剤 Ad：高性能AE減水剤を使用した。

表-7 配合一覧

加熱温度	Vf (%)	W/B (%)	単体量(kg/m <sup>3</sup> )						フロー値 mm
			W	C	SF	S	Ad	F	
50°C	2	30	340	823	274	607	18	26	149・157
100°C									149・158
150°C									124・138
0°C									134・136

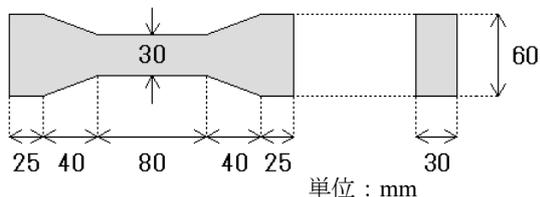


図-9 供試体概要

供試体の形状は、ひび割れの発生を変位計測区間に調整するため、ダンベル型とした。しかし、今まで使用していたダンベル型では、供試体を電気炉で熱する際に、寸法が大きく、炉に入らないため、両端を60mmずつカットした(図-9参照)。供試体の本数は、配合ごとに5本ずつ作製した。

加熱試験には、本研究で高強度型 DFRCC と定めた供試体：30SFC(W/B が 30%，セメントにシリカヒューム置換，繊維混入率 2%の高強度型 DFRCC)を使用した。加熱温度は、DFRCC に混入する PVA 繊維の融点が約 245°Cということに着目し、50°C，100°C，150°Cとした。加熱曲線を図-10 に示す。これに比較用として作製した非加熱の供試体を合わせて計 4 シリーズで熱を受けた DFRCC の引張性能低下を検討した。養生は、2 週間の水中養生を行った。

## (2) 載荷試験

載荷試験としては、高強度型DFRCCの作製と同様に、つかみ治具を用いた引張試験を行った。測定項目は、荷重と変位である。応力は、変位計測区間のくびれ部分である検長80mm内で破断した供試体の断面積で荷重を割って算出した。ひずみは、変位を変位計測区間80mmで割って算出する。検長区間で破断したものは結果から除外した。載荷速度は、0.01mm/secとした。

## (3) 実験結果

実験結果の一覧を表-8に、応力-ひずみ曲線を図-11に、ひび割れ図を図-12に示す。DFRCCは、50°C以上の熱を受けたとき、ひずみ硬化特性が失われた。また、引張強度は、150°C以上の熱を受けるまで下がらない。このことから、150°C以下の熱を受けた場合では、強度に影響がないことがわかった。しかし、変位は50°C以上の熱を受けた段階で徐々に小さくなる。DFRCCは、熱を受けることによって、ひずみ硬化特性から失われはじめる。さらに、50°Cという低い温度でひずみ硬化特性が失われはじめたことから、現場に施工した段階で既にひずみ硬化が失われはじめている可能性が考えられる。しかし、強度に影響はないため、構造物に損害を与えるとは

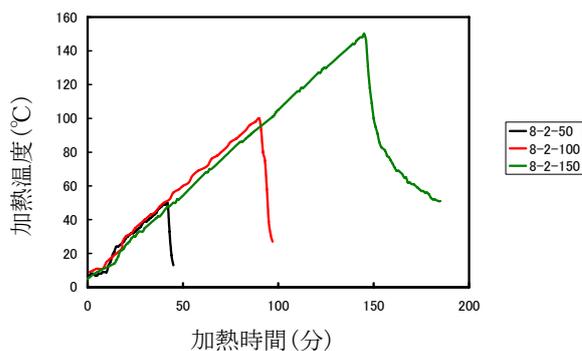


図-10 加熱曲線

表-8 試験結果一覧

供試体名	引張強度 N/mm <sup>2</sup>	引張終局ひずみ %
8-2-0	5.55	1.90
8-2-50	6.10	0.93
8-2-100	6.25	0.33
8-2-150	4.40	0.20

考えられない。150°C以上の熱が与えられた時点で、強度が低下をはじめめるため、火事、またはDFRCCに触れる空気の温度が高い場所では、つねに強度が低下する危険性があると考えられる。DFRCCは、モルタルやセメントに混入した繊維の働きによって高い引張性能を発揮する材料であるため、その繊維に影響の出る温度の場所に用いることは、強度低下の危険性がある。

## 5. 結論

高強度型DFRCCの開発から、その高強度型DFRCCのせん断補強効果、および熱を受けた際の引張性能の低下について具体的な結論を以下に挙げる。

### 1) 高強度型のDFRCCの開発について

セメントの置換材にフライアッシュを用いた場合、ひずみ硬化特性は、シリカヒュームを置換材として用いた供試体と比べて劣るが、荷重では上回った。

W/Bを40%以上に上げた場合、一般的な高靱性複合材料の引張強度、引張終局ひずみと変わらない。

施工時に、繊維が同方向を向くように施工しないと、引張強度、引張終局ひずみともに低い値を示す。

### 2) DFRCCを増厚したRCはりのせん断補強効果

今回実施した寸法の供試体では、増厚幅6mmでせん断補強効果が得られた。

増厚幅を増やしても、荷重の増加は見られなかった。耐力計算の値と実験値に大きなずれが生じていた。

### 3) 熱を受けたDFRCCの引張性能評価

50°Cの熱を受けたときから、ひずみ硬化特性を失い始めた。

100°C以下の加熱では、強度の低下はなかった。

150°Cの熱を受けてから強度が低下した。

50°Cの熱を受けた段階で、ひび割れ本数が減少した。

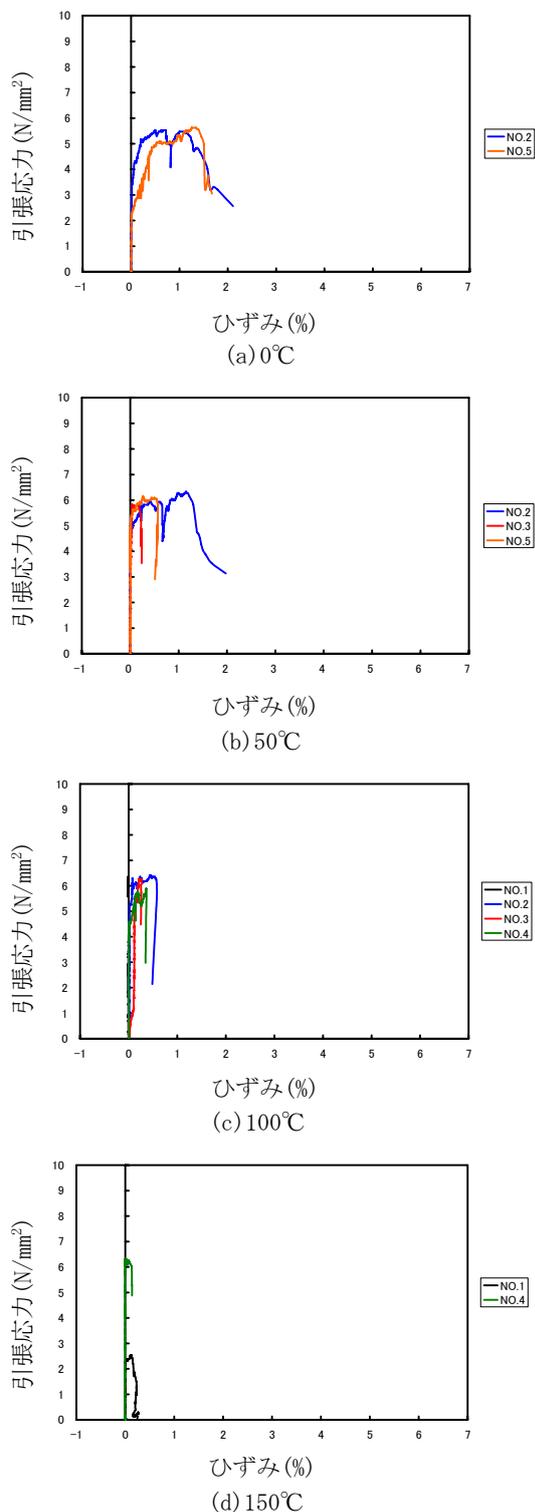
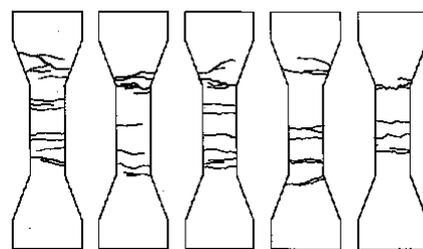


図-12 応力-ひずみ曲線(加熱)

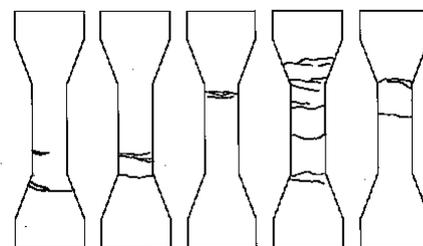
謝辞：本研究を行うにあたり，指導教員の栗原準教授には大変お世話になりました．1からDFRCCについてご指導いただきありがとうございます．同研究室の吉川教授，齋藤技士，青戸客員研究員からも暖かいご指導いただきありがとうございました．

参考文献

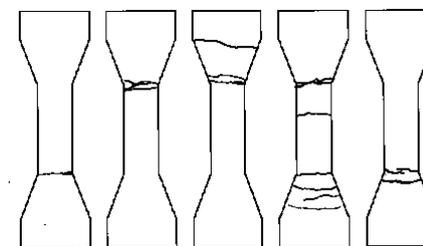
1) 六郷恵哲・横田弘・坂田昇・関田徹志：土木学会



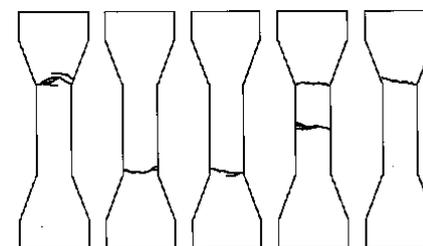
(a) 0°C



(b) 50°C



(c) 100°C



(d) 150°C

図 11 ひび割れ図

「複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料 (HPFRCC)設計・施工指針(案)」の概要，コンクリート工学，Vol.45，No.3，pp.3-9，2007

2) 日本コンクリート工学協会，DFRCCを知る・作る・使う，pp.1-6，2002/1

3) 稲熊唯史・関田徹志・林承燦・内田裕市：複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料の引張性状の評価，コンクリート工学，Vol.44，No.7，pp.3-8，2006

4) 六郷恵哲：複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料(HPFRCC)による重力式コンクリート擁壁の表面補修試験施工報告書，2008/9

5) (社) 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)，コンクリートライブラリー，CL127，pp.10-12，2007/5

6) Victor C Li：REFLECTIONS ON THE RESEARCH

AND DEVELOPMENT OF ENGINEERED CEMENTITIOUS COMPOSITES(ECC), Proceedings of the JCI International Workshop on Ductile Fiber Reinforced Cementitious Composites(DFRCC), pp.1-21, 2002

7)日本コンクリート工学協会, DFRCC の性能評価と構造利用研究委員会 報告書(Ⅱ), pp.4-7, 2004/5

8)Shouji MATSUO ・ Tetsushi KANDA : JCI COMMITTEE REPORT ON THE ROUND ROBIN TEST FOR THE DFRCC, Proceedings of the JCI International Workshop on Ductile Fiber Reinforced Cementitious Composites(DFRCC), pp.67-74, 2002

9)Atsushi Kawamata ・ Hirozo Mihashi ・ Hiroshi Fukuyama : MATERIAL DESIGN OF HYBRID FIBER REINFORCED CEMENTITIOUS COMPOSITES , Proceedings of the JCI International Workshop on Ductile Fiber Reinforced Cementitious Composites(DFRCC), pp.85-94, 2002

10)日本コンクリート工学協会 : DFRCC を知る・作る・使う, 2002/1/25

11)稲熊唯史・柳沢啓悟・国枝稔・六郷恵哲・村田茂 : DFRCC におけるアンカーボルトの引抜き性状, DFRCC に関するシンポジウム, pp.15-22, 2003

12) (社) 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), コンクリートライブラリー, CL127, pp.30-31, 2007/5

## Development of High Strength Type DFRCC and Tension Performance Evaluation

Aritomo KIRYU

It is  $5(\text{N}/\text{mm}^2)$  that the tension strength of general DFRCC. It is 5% that the tension ultimate strain of general DFRCC. The tension ultimate strain is assumed to be 5% or more, and the tension strength develops the high strength type DFRCC before and behind hit  $7.5(\text{N}/\text{mm}^2)$  for about 1.5 times the tension strength. When effect of shear reinforcement and DFRCC by the tension performance of DFRCC exposed to heat, the DFRCC is examined about the decrease in the tension performance of DFRCC in the place where damage is caused in the adjusting RC material.