

ビニロンファイバー混入コンクリート製 SEEDフォームの構造性能に関する検討

坂 口 伸 也 山 田 尚 義
原 夏 生 三 島 徹 也

要 旨

低水セメント比のモルタルをステンレスファイバーで補強した埋設型枠 SEED フォーム（以下、SF）は、型枠支保工の合理化、耐久性や美観の向上、部材表面のひび割れ幅の抑制効果が得られることから、現在、様々な構造物に適用されている。しかし、近年のコンクリート二次製品の低価格化競争の中で、SFは高価なステンレスファイバーを使用していること、製造効率が低いことなどにより、十分なコスト低減が成されていないのが現状である。そこで、本研究では構成材料面からの検討としてステンレスファイバーに比べて低価なビニロンファイバーを補強材とした SEED フォーム（以下、VF）および VF に特殊混和材を用いて自己充填性を確保し、更に耐塩害性を高めることを目的とした SEED フォーム（以下、VFS）を開発し、パネル単体による曲げ強度および破壊エネルギー試験、パネルを引張縁に配置した梁部材を用いた静的曲げ載荷試験を行い、VF および VFS の構造性能および設計用値について検討を行った。

その結果、VF および VFS においても SF と同等の耐荷性能およびひび割れ性状を有しており、従来の設計手法が適用できることが確認された。

キーワード 埋設型枠 / ビニロンファイバー / 低コスト / 曲げ性能

目 次

- | | |
|--------------|----------------------|
| 1．はじめに | 3．各種パネルを適用した梁部材の構造性能 |
| 2．パネル単体の曲げ性能 | 4．まとめ |

DEVELOPMENT OF HIGHLY DURABLE PERMANENT FORMWORK USING CONCRETE MIXED WITH VINYLON FIBER

Shinya SAKAGUCHI Takayoshi YAMADA
Natsuo HARA Tetsuya MISHIMA

Synopsis:

The permanent formwork called "SEED FORM" (following, SF) using low water content mortar reinforced by stainless steel fibers is used to various structures recently, aiming at the rationalization of concrete construction and durability improvement. However, it is the present conditions that it is not achieved enough cost reduction for SF by using expensive stainless steel fibers and the low production efficiency of it. So this study developed the SEED FORM reinforced by vinylon fibers which is a low cost than stainless steel fibers (following, VF) and the SEED FORM which is added the characteristic of self filling up nature and durability improvement to VF (following, VFS), and carried out Bending tests and Destruction energy tests of panels simple substance, Static loading tests with beam members with their panels on pulling relationships in order to obtain the structural characteristic and design values of them.

By the experimental result, we obtained that VF and VFS had about the same structure performance as SF, and we could apply the same design technique as SF to them.

1. はじめに

SEED フォームは、低水セメント比のモルタルをステンレスファイバーで補強した埋設型枠である。SEED フォームは、その裏面が目荒し処理されていることから、部材の終局に至るまでの一体性が確保されるため、SEED フォームの部材厚を耐久性上の鉄筋のかぶりおよび構造計算上の有効断面として評価できることが既往の研究で確認されてきた。¹⁾したがって、SEED フォームを用いて構造物を構築することにより、型枠支保工の合理化を図ることができることのみならず、耐久性や美観が向上し、さらにステンレスファイバーの効果により部材表面のひび割れ幅を抑制する効果が得られる。

SEED フォームが上記に列挙した諸性能を有することは、(財)土木研究センターの技術審査証明において認定されており、現在橋梁下部工²⁾³⁾やダム構造物のリニューアル⁴⁾、ケーソン等の海洋構造物⁵⁾など施工の合理化や耐久性の向上が要求される様々な構造物に適用されている。

一方、近年のコンクリート二次製品の低価格化競争の中で、SEED フォームはコンクリート用補強材としては高価なステンレスファイバーを体積混入率で2.5%使用していること、また物件毎の注文生産であることから、規格化された量産品と比較して製造効率が低いことなどにより、十分なコスト低減が成されているとは言えないのが現状である。

そこで、本研究では構成材料面からの検討としてステンレスファイバーと比較して低コストであるビニロンファイバーに着目し、ビニロンファイバーを補強材としたSEED フォームの構造性能について検討する。また、複雑な形状の構造物においても適用できることを想定し、任意形状のSEED フォームの製造を可能とすることを目的とした自己充填繊維補強コンクリートの適用についても検討する。さらに、既存のSEED フォームに対してもステンレスファイバーの混入率を低減することを検討する。

以下に、本研究の対象となった3種類のパネルについて概要を示す。表-1に各パネルの材料構成を示す。

従来SEEDフォーム（以下、SFパネルと呼ぶ）

SFパネルは、低水セメント比（30%）の高強度モルタルを基材とし、両端にフックが付いた「ドックボーンタイプ L=35mm」のステンレスファイバーを混入したものである。ステンレスファイバーの混入量は、体積混入率で2.5%である。写真-1にステンレスファイバーを示す。



写真- 1 ステンレスファイバー

ビニロンファイバー混入高強度コンクリート製埋設型枠（以下、VFパネルと呼ぶ）

VFパネルは、低水セメント比（30%）の高強度コンクリートを基材とし、補強繊維としてはステンレスファイバーと比較してコスト上有利なビニロンファイバー（φ0.66×30mm）を混入したものである。ビニロンファイバーの体積混入率はSFパネル同様、2.5%である。写真-2にビニロンファイバーを示す。

ビニロンファイバー混入自己充填性高強度コンクリート製埋設型枠（以下、VFSパネルと呼ぶ）

VFSパネルは、VFパネルに特殊混和材を用いて自己充填性を確保し、更に耐塩害性を高めることを目的に開発をしたものである。現在当社と住友大阪セメント株式会社で研究を進めている段階であり、耐久性および詳細な物性については、別途報告を行うものとする。



写真- 2 ビニロンファイバー

表- 1 パネルの材料構成

パネル名称	ファイバー		W/C %	W kg/m ³	C kg/cm ³	特殊 混和材 kg/m ³	S kg/m ³	G (5-13) kg/m ³	高性能AE 減水剤 SP8N kg/m ³	厚さ mm
	種 類	混入率 %								
SF	ステンレス (NF430D)	2.5	30	206	685 (普通)	-	1370	-	適宜 C×1%	50
VF	ビニロン RF4000 (φ0.66×30mm)	2.5	30	206	685 (普通)	-	1046	330	適宜 C×1%	55
VFS	ビニロン RF4000 (φ0.66×30mm)	2	37	185	500 (普通)	175	1046	330	適宜	55

2. パネル単体の曲げ性能

2.1 試験概要

VF パネルおよび VFS パネルの曲げ性能を評価し、その設計用値を明確にすることを目的に、パネルの種類を比較パラメータとした曲げ強度試験および破壊エネルギー試験を行う。以下に各試験の概要を示す。

曲げ強度試験

曲げ強度試験は、曲げ強度およびそのばらつきの統計的データを得ることを目的とする。得られた曲げ強度の平均値と標準偏差を用いて 95%信頼強度を算定し、それを曲げ強度の特性値とする。

破壊エネルギー試験

破壊エネルギーは寸法効果を定量化する上で重要であり、破壊エネルギーを用いて曲げ強度やせん断強度における寸法効果が説明されている。破壊エネルギーは、繊維補強コンクリートの強度 - 変形特性を表す上で重要なデータであり、今後の検討の基礎資料となる。

2.2 曲げ強度試験

(1) 試験体

試験体は、図- 1 に示す実製品規模のパネル（2000 × 600mm）から 30 枚の試験体（100 × 400mm）を切断製作することで、1 枚のパネル内における品質のばらつきについても評価できるようにした。

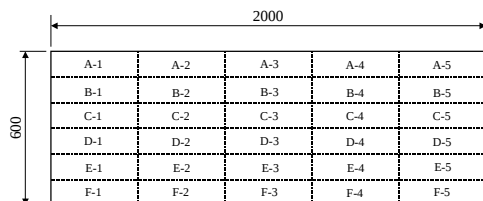


図- 1 曲げ強度試験 試験体図

(2) 試験方法

試験は、基本的に土木学会基準「鋼繊維補強コンクリートの曲げおよびタフネス試験方法（JSCE-G 522-1999）」に準拠し、図- 2 に示すように 2 点集中荷重で実施した。ただし、各試験体とも打設面を上部（荷重点側）に統一した。なお、図中のパネル厚さは、表- 1 に示したように、SF パネルは 50mm、VF パネルおよび VFS パネルは 55mm を示している。

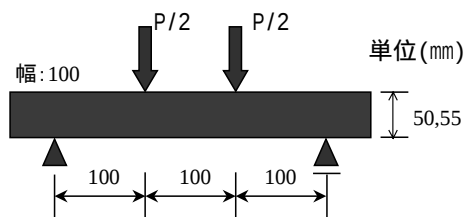


図- 2 曲げ試験方法

(3) 試験結果

代表的な試験体（C-3）の応力 - たわみ関係を図- 3、各パネルの曲げ強度試験結果一覧を表- 2 に示す。

図- 3 より、VF パネルおよび VFS パネルの最大曲げ応力は、SF パネルと比較して 3 割程度小さくなった。これはビニロンファイバーとステンレスファイバーの強度差に起因するものと考えられる。しかしながら、SF パネルは最大曲げ応力に達した後、垂直変位が 2mm を越える付近から曲げ応力が低下するのに対して、VF パネルおよび VFS パネルでは最大曲げ応力に達した後も荷重を保持し続けており、じん性的な挙動を示しているといえる。

また表- 2 より、各パネルの曲げ強度の平均値は VF パネルおよび VFS パネルが 8 (N/mm²) 程度でほぼ同値であり、SF パネルの 11 (N/mm²) と比較して 70%程度小さい結果となった。曲げ強度の変動係数は、SF パネルおよび VF パネルが 17%、15%程度であるのに対して、VFS パネルは 22%程度とばらつきが大きいことが認められた。これらの結果より求めた 95% 信頼強度 ($f_k = \bar{f} - 1.64\sigma$) を表- 2 に示す。SF パネルは 95% 信頼強度が 8.14 (N/mm²)、VF パネルは 6.04 (N/mm²)、VFS パネルは 5.04 (N/mm²) であった。前述したように、VF パネルと VFS パネルは曲げ強度の平均値は 8 (N/mm²) 程度と同程度であったが、VFS パネルはばらつきが大きく変動係数が大きい分、95% 信頼強度は VF パネルより 2 割程度小さくなった。

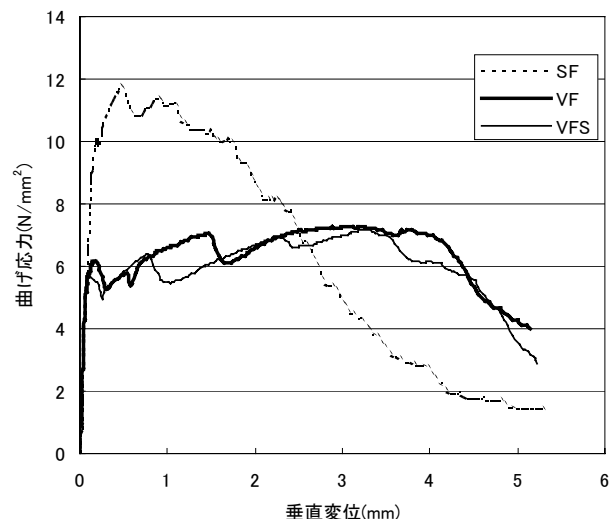


図- 3 代表的な試験体の応力 - たわみ関係(C-3)

2.3 破壊エネルギー試験

(1) 試験体

試験体は、矩形断面を有する角柱（100 × 100 × 400mm）とし、長手方向中央部に断面高さの 1/2（=50mm）まで幅 5mm の切欠きを入れたものとする。試験体数は、各パネル種類について 4 体とする。図- 4 に破壊エネルギー試験に使用する試験体図を示す。

表- 2 曲げ強度試験結果一覧

パネル名称			SF	VF	VFS
曲げ強度 (N/mm ²)	実測値	A-1	12.44	9.79	6.78
		A-2	11.51	8.41	6.58
		A-3	8.18	8.25	9.25
		A-4	11.05	6.48	11.23
		A-5	15.93	9.49	5.71
		B-1	13.68	6.37	5.76
		B-2	11.55	6.59	7.74
		B-3	10.91	8.03	7.15
		B-4	13.25	6.42	8.74
		B-5	13.15	7.90	4.89
		C-1	12.24	6.75	5.97
		C-2	9.39	8.19	8.34
		C-3	11.76	7.28	7.18
		C-4	12.97	7.61	7.70
		C-5	13.08	6.89	5.26
		D-1	8.44	7.57	6.48
		D-2	10.83	8.76	6.88
		D-3	9.94	9.61	11.13
		D-4	10.21	7.50	6.68
		D-5	8.78	7.29	6.27
		E-1	8.46	6.67	7.44
		E-2	10.16	8.54	8.80
		E-3	11.45	8.77	9.35
		E-4	11.24	7.68	9.01
		E-5	10.56	8.24	9.20
	F-1	11.23	11.38	8.66	
	F-2	9.04	8.06	9.12	
	F-3	8.71	7.67	10.18	
	F-4	12.99	6.98	10.49	
	F-5	11.80	8.99	10.53	
	平均値	11.16	7.94	7.95	
変動係数			16.51%	14.61%	22.35%
95%期待 曲げ強度(N/mm ²)			8.14	6.04	5.04

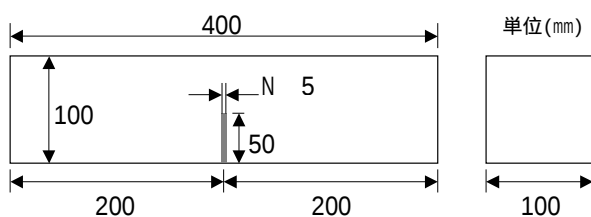


図- 4 破壊エネルギー試験 試験体図

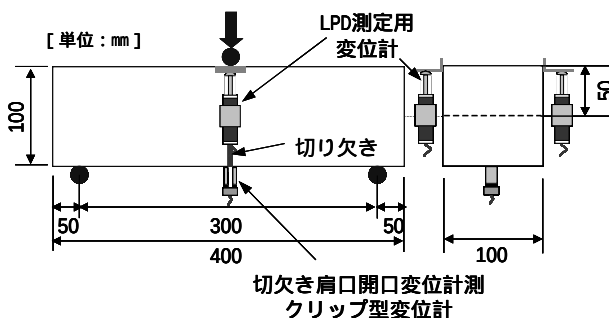


図- 5 載荷および計測方法

(2) 試験方法

試験方法、破壊エネルギーおよびタフネスの算出方法は、「繊維補強コンクリートの切欠きはり試験体の荷重-変位曲線の計測方法およびタフネスの評価方法（案）」に従い実施した。載荷はCMOD（切欠き開口変位）を制御することにより行い、載荷速度はCMOD<5mmにおいては0.003mm/sec、CMOD 5mmにおいては0.03mm/secとした。図-5に破壊エネルギー試験における載荷および計測方法を示す。

(3) 試験結果

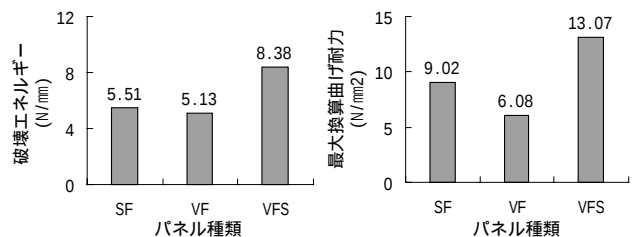
破壊エネルギー試験結果の一覧を表-3、図-6に示す。

試験結果より、破壊エネルギーはSFパネルおよびVFパネルともに5.5(N/mm²)程度であり、VFSパネルは8.4(N/mm²)程度であった。タフネスLPD2(=0.015×試験体断面高さ)およびLPD4(=0.03×試験体断面高さ)は、SFパネルが1.2、2.5(N/mm)程度、VFパネルが0.8、1.7(N/mm)程度、VFSパネルが1.6、3.4(N/mm)程度であった。

また、計測荷重の最大値とリガメント部の断面係数より算定した最大換算曲げ耐力は、SFパネルが9.02(N/mm²)、VFパネルが6.08(N/mm²)、VFSパネルが13.07(N/mm²)であった。

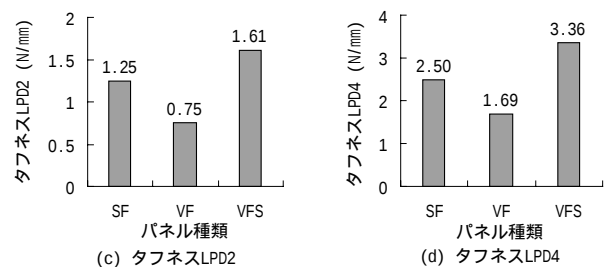
表- 3 破壊エネルギー試験結果一覧

パネル種類	破壊エネルギー (N/mm)	タフネスLPD2 (N/mm)	タフネスLPD4 (N/mm)	最大荷重 (N/mm ²)	最大換算 曲げ耐力 (N/mm ²)
SF	1 4.972	1.211	2.382	4.542	5.014
	2 5.533	1.405	2.790	5.250	
	3 6.245	1.444	2.815	6.066	
	4 5.305	0.919	2.014	4.197	
VF	1 4.016	0.696	1.498	3.134	3.379
	2 7.768	0.967	2.167	4.102	
	3 4.344	0.669	1.611	3.371	
	4 4.377	0.665	1.492	2.908	
VFS	1 7.145	1.299	2.833	5.333	7.263
	2 9.262	1.549	3.644	7.778	
	3 9.222	2.141	3.562	9.322	
	4 7.876	1.450	3.382	6.618	



(a) 破壊エネルギー

(b) 最大換算曲げ耐力



(c) タフネスLPD2

(d) タフネスLPD4

図- 6 破壊エネルギー試験結果（平均値）

2.4 VF パネルの設計曲げ強度の評価

埋設型枠の設計用値 f_{bd} は、曲げ強度の特性値 f_{bk} （曲げ強度試験より得られた曲げ強度の平均値と標準偏差を用いて算定した 95%信頼強度）と材料係数 γ_m を用いて〔1〕式より算出する。

$$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_m \quad [1]$$

従来の SEED フォームパネルの設計では、十分なデータが得られていなかったことから、 γ_m は通常のコンクリートの材料係数 1.3 よりも大きい 1.5 を設定していた。しかしながら、今回の検討結果から、十分なデータ数による曲げ強度の特性値を得ることができたため、 γ_m は通常のコンクリートの材料係数である 1.3 を適用できるものとした。

〔1〕式に基づいて算出した各パネルの f_{bd} の値を表- 4 に示す。算出の結果、SF パネルの f_{bk} の実測値 8.14 (N/mm²) は、従来の SEED フォームパネルの設計用値 8.00 (N/mm²) と同等であり、従来の設計用値が妥当であったことが確認された。また、 f_{bd} を用いて従来の SEED フォームと同等以上の曲げ耐力を得るために必要なパネル厚さを算出した結果も同表に示す。VF パネルにおいては、パネル厚さを 55mm と大きくすることで、従来の SEED フォームパネルと同等の曲げ耐力を得ることが分かった。また VFS パネルにおいては、パネル厚さ 60mm が必要であることが分かった。

表- 4 各 SEED フォームパネルの曲げ特性の比較

	設計用値			
	従来SEED フォームパネル	SFパネル	VFパネル	VFSパネル
最大曲げ強度 f_{bmax} (N/mm ²)	12.00	11.16	7.94	7.95
95%信頼強度 f_{bk} (N/mm ²)	8.00	8.14	6.04	5.04
材料係数 γ_m	1.5	1.3	1.3	1.3
設計曲げ強度 f_{bd} (N/mm ²)	5.33	6.26	4.65	3.88
必要パネル厚さ (mm)	50	47	55	60
単位幅当たりの 曲げ耐力 (N・mm/mm)	2222	2305	2342	2326

3. 各種パネルを適用した梁部材の構造性能

3.1 試験概要

SF および VF, VFS パネルを適用した梁部材の曲げ耐力性能および曲げひび割れ性状を検討するため、引張縁にパネルを配置した梁試験体を用いた静的曲げ載荷試験を行った。

3.2 試験体

パネルの有無、パネルの種類およびステンレスファイバー混入率を比較検討パラメータとし、試験体は表- 5に

示す計 5 体とする。試験体の概要を図- 7に示す。NF はパネルを有しない比較用の基準試験体である。SF, VF および VFS には「2. パネル単体の曲げ性能」において検討したパネルを梁の引張縁にそれぞれ配置した。SF1.5 はステンレスファイバーの混入率を 1.5%としたものである。試験体の断面は 500×300mm とし、せん断スパンは 1000mm (a/d=2.4) とした。有効高さは 415mm とし、主鉄筋に D22 (SD345) を 3 本配置した。主鉄筋比は 0.93%である。

表- 5 梁試験体断面諸元

埋設型枠				断面諸元				
試験体	仕様	ファイバー		幅	高さ	有効高さ	せん断スパン	a/d
	種類	混入率 %	パネル厚さ mm	B mm	H mm	d mm	a mm	
NF	なし	—	—	300	500	415	1000	2.41
SF	ステンレス	2.5	50					
SF1.5	ステンレス	1.5	50					
VF	ビニロン	2.5	55					
VFS	ビニロン	2.0	55					

表- 6 梁試験体使用材料

埋設型枠	コンクリート	主鉄筋			せん断補強筋		
試験体	材料 強度 f_c N/mm ²	材質	径	pt %	材質	径	ピッチ mm
NF	30	SD345	D22	0.93	SD345	D10	100
SF							
SF1.5							
VF							
VFS							

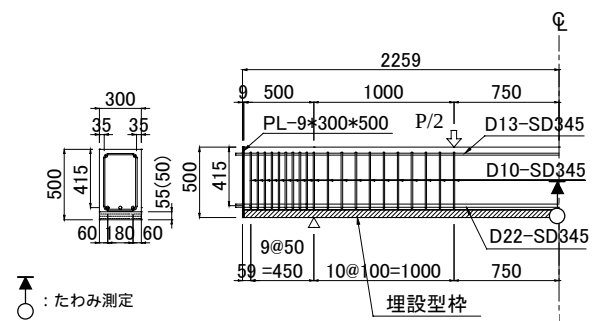


図- 7 試験体図

3.3 試験方法

試験は、図- 7に示すように 2 点集中載荷により行った。試験体のたわみ量は梁高さ中央位置の支点間中央位置において変位計により測定した。また、等モーメント区間全延長における断面引張縁において標点間隔 100mm 間の開き変位を変位計により計測し、ひび割れ幅とした。

3.4 試験結果

(1) 破壊性状

すべての試験体において、鉄筋が引張降伏した後に圧縮側のコンクリートが圧壊し終局を迎えた。ひび割れ性状は、すべての試験体において曲げによるひび割れが支

配的であった。パネルを配置した 4 ケースの試験体においては圧縮縁コンクリートの圧壊で終局を迎えた後、コンクリートとパネルの境目付近に水平方向のひび割れが発生し、その開口幅が大きくなるとともにパネルが剥離する現象が見られた。しかしながら、パネル剥離後もパネル剥離による荷重の低下は見られなかったことから耐荷性能上の問題はないと考えられる。写真- 3に各試験体の終局時の破壊状況を示す。

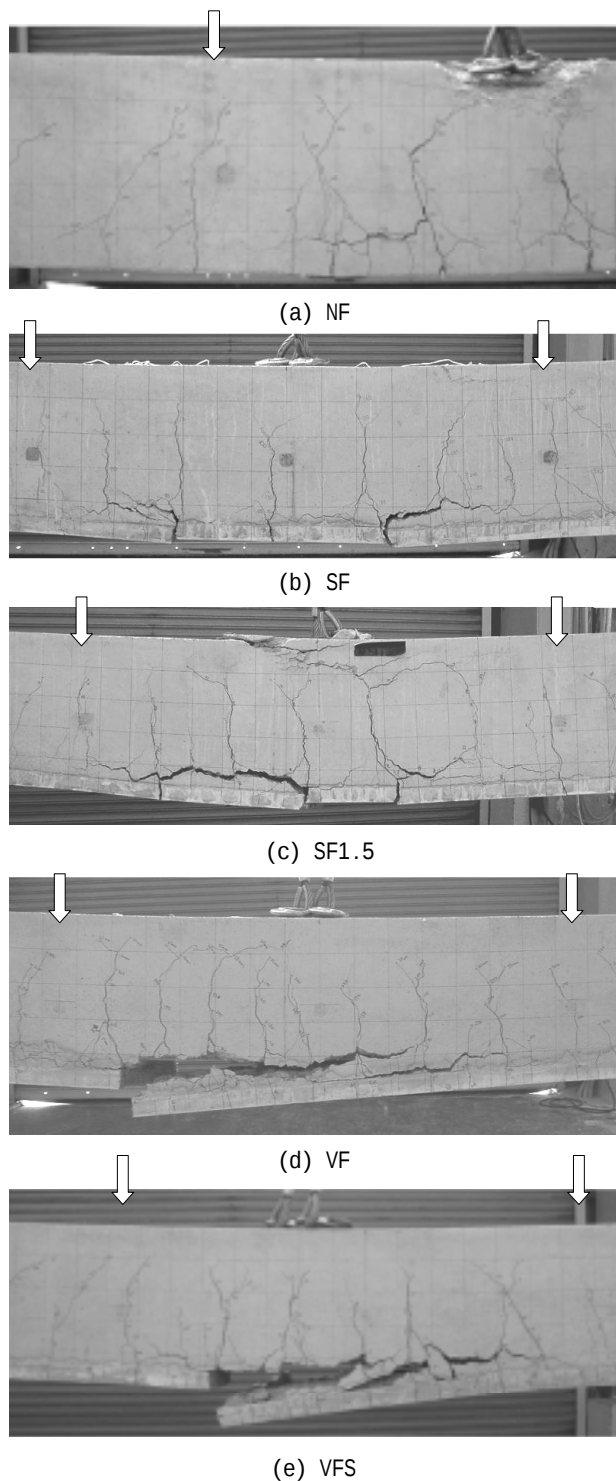


写真- 3 各試験体の破壊状況（終局）

(2) 荷重 - たわみ関係

各試験体の荷重 - たわみ関係を図- 8に示す。同図には計算により得られた荷重 - たわみ関係も併せて示した。

実験結果と計算値の比較一覧を表- 7に示す。終局変位は最大荷重に達した後、急激な軟化を示した時点のたわみとした。ここで、計算値とは、土木学会コンクリート標準示方書⁶⁾の方法に準じた計算結果であり、パネルの材料特性には後打ちコンクリートの材料特性を用いた。終局変位は断面計算により得られた曲率を断面軸方向に 2 回積分して得られた値とした。

図- 8、表- 7より、ピニロンファイバーを混入した VF および VFS においても SF とほぼ同等の耐荷能力を有していることが確認できる。また最大荷重および終局変位ともに実験結果は計算値よりも 1~2 割程度大きくなることが確認された。したがって、パネル部分を普通コンクリート（後打ちコンクリート）の梁で置き換える従来の設計手法を VF および VFS においても適用できるものと考えられる。

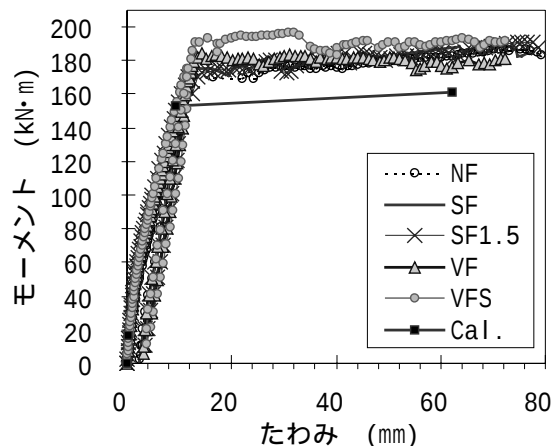


図- 8 モーメント - たわみ関係

表- 7 実験結果と計算値比較一覧

パネル種類	パネル厚さ (mm)	実験結果		計算結果	
		最大荷重 (kN)	終局変位 (mm)	最大荷重 (kN)	終局変位 (mm)
NF	-	186.8 (1.13)	76 (1.18)	165.0	65
SF	50	188.5 (1.14)	78 (1.11)	165.9	70
SF1.5	50	191.1 (1.15)	78 (1.08)	166.3	72
VF	55	184.2 (1.12)	72 (1.16)	164.4	62
VFS	55	196.6 (1.19)	72 (1.07)	165.5	67

() 内は実験値 / 計算値

(3) 荷重 - ひび割れ幅関係

図- 9に各試験体の荷重 - ひび割れ幅の関係を示す。同図には、土木学会コンクリート標準示方書⁶⁾の方法に準

じた計算結果も併せて示した．引張鉄筋が許容応力度（ $\sigma_{sa}=180\text{N/mm}^2$ ）に達する計算荷重時（ $P_d/2=75.9\text{kN}$ ）においてパネルを配置した 4 ケースの試験体（SF，SF1.5，VF，VFS）と基準試験体 NF の最大ひび割れ幅を比較すると，パネルを配置したすべての試験体において NF より 1～2 割程度ひび割れ幅は小さくなっており，パネルによるひび割れ幅低減効果が確認された．ビニロンファイバーを混入した VF および VFS については，SF と同等のひび割れ幅抑制効果が発揮されていることが図-9より確認できる．また，SF と SF1.5 の比較よりステンレスファイバーの混入率を 1.5%とした場合においても混入率 2.5%の場合とほぼ同程度のひび割れ幅抑制効果が発揮されていることが分かる．

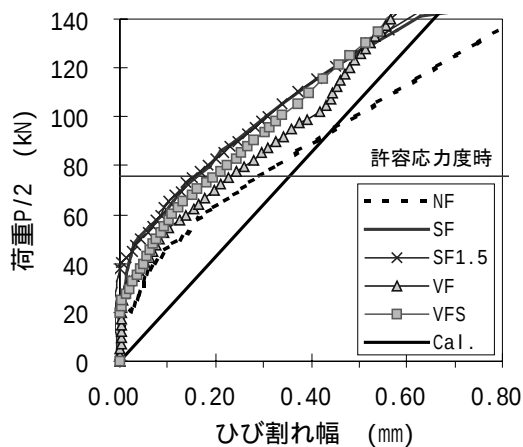


図- 9 荷重 - ひび割れ幅関係

(4) 最大ひび割れ間隔

各試験体の終局時におけるひび割れ図を図- 10，図- 11 に示す．同図より，パネルを配置した SF，SF1.5，VF，VFS では，パネルとコンクリートの境目付近に水平方向のひび割れが発生していることが確認できる．

また，土木学会コンクリート標準示方書⁶⁾に準じた最大ひび割れ間隔 L_{max} の算定方法による評価を試みる．

L_{max} の計算値と引張鉄筋が降伏に達した時点における実験値の比較を表- 8に示す．同表より，すべての試験体において L_{max} の実験値は計算値より小さくなっていることが確認される．またパネルを配置した 4 ケースの試験体は実験値と計算値の比が NF より 1～2 割程度小さくなっていることから，パネル配置することによるひび割れ分散性状が良くなっており，VF において最もその効果が現れている．

表- 8 最大ひび割れ間隔の検討

試験体	ひび割れ間隔 L_{max} (mm)		実験値/計算値
	実験値	計算値	
NF	300	379	0.79
SF	250	372	0.67
SF1.5	250	370	0.68
VF	200	383	0.52
VFS	250	376	0.66

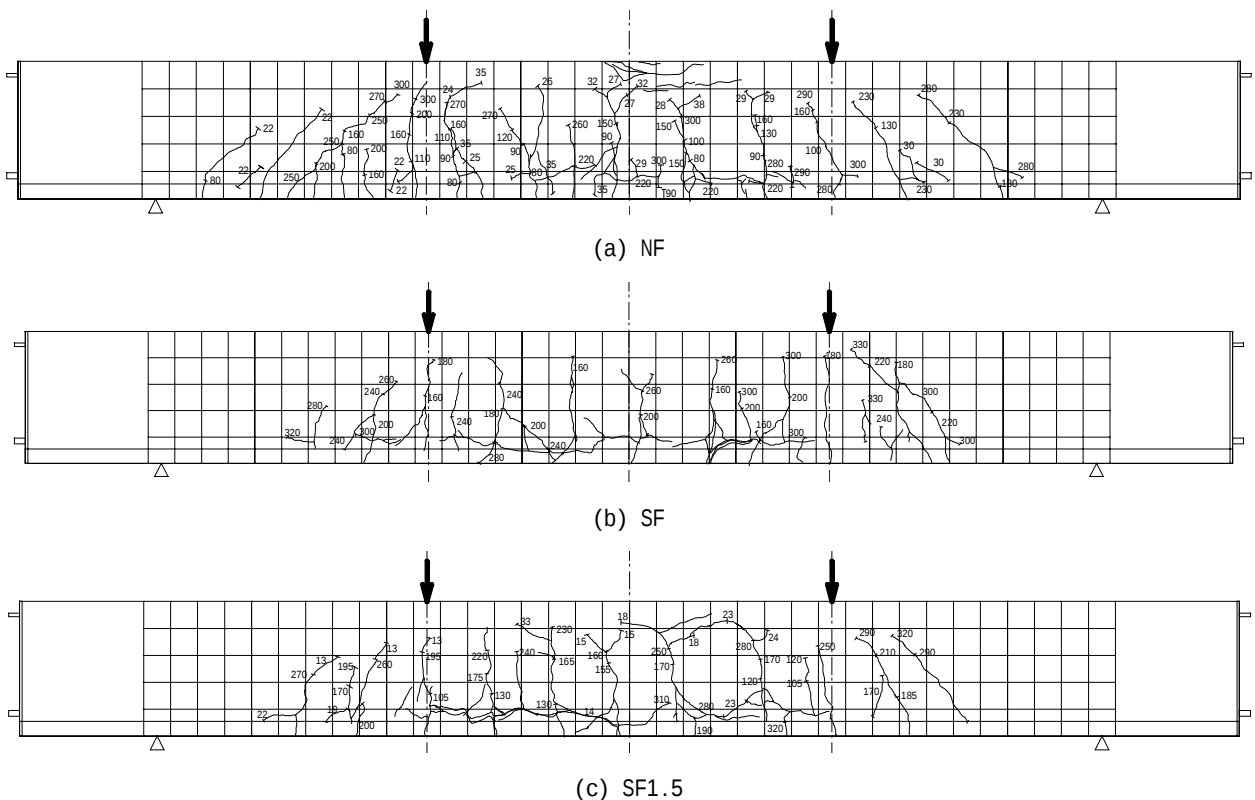


図- 10 ひび割れ図 - 終局時 (NF，SF，SF1.5)

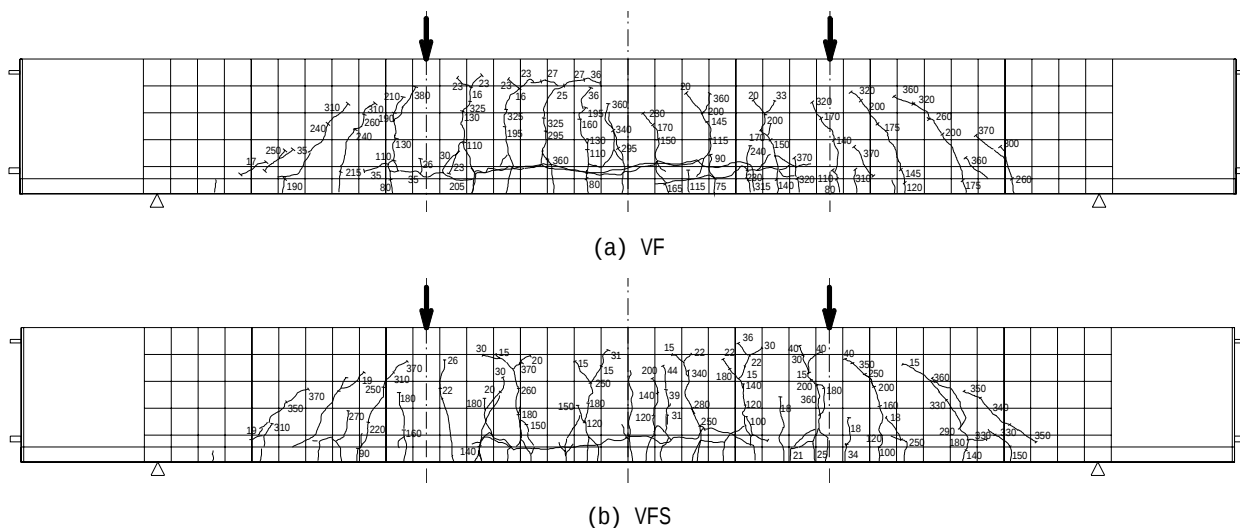


図- 11 ひび割れ図 - 終局時 (VF, VFS)

4. まとめ

(1) パネル単体の曲げ性能

VF パネルおよび VFS パネルの曲げ性能を評価し、その設計用値を明らかにすることを目的として曲げ強度試験および破壊エネルギー試験を行った。検討の結果、以下の知見が得られた。

SF パネルの f_{bk} の実測値より、従来の SEED フォームパネルの設計用値の妥当性が確認された。

従来の SEED フォームパネル（パネル厚さ 50mm）と同等の曲げ耐力を得るためには、VF パネルおよび VFS パネルにおいて、それぞれ 55mm、60mm のパネル厚さが必要であることが分かった。

破壊エネルギーは、SF パネル、VF パネルともに $5.5 \text{ (N/mm}^2\text{)}$ 程度であり、VFS パネルは $8.4 \text{ (N/mm}^2\text{)}$ 程度であった。タフネス LPD2, LPD4 は、SF パネル 1.2, 2.5 (N/mm), VF パネル 0.8, 1.7 (N/mm), VFS パネル 1.6, 3.4 (N/mm) 程度となった。また、最大換算曲げ耐力は、SF パネル $9.02 \text{ (N/mm}^2\text{)}$, VF パネル $6.08 \text{ (N/mm}^2\text{)}$, VFS パネル $13.07 \text{ (N/mm}^2\text{)}$ であった。本試験結果については今後の検討の基礎資料とする。

(2) VF パネルを適用した梁部材の構造性能

VF および VFS パネルを配置した梁の耐力性能およびひび割れ性状を検討し、設計手法を確立するため、引張縁にパネルを配置した梁試験体による静的曲げ荷重試験を行った。検討の結果、以下の知見が得られた。

VF および VFS においても SF とほぼ同等の耐力性能を有しており、最大荷重、終局変位ともに計算値よりも 1~2 割程度大きくなることが確認された。したがって、パネル部分を普通コンクリート（後打ちコンクリート）の梁で置き換える従来の設計手法を VF および VFS においても適用できるものと考えられる。

VF および VFS についても、SF と同等のひび割れ幅抑制効果が発揮される。

ステンレスファイバーの混入率が 1.5% の場合においても 2.5% の場合と同等の耐力性能およびひび割れ幅抑制効果を有していることが確認された。

パネルの配置により、ひび割れ分散性状が良くなる。

謝辞：本研究を実施するにあたり、ご協力頂いた住友大阪セメント（株）鈴木康範氏、東栄コンクリート工業（株）新田裕之氏、長岡技術科学大学 小野秀晃氏に対し、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) N.Hara, Y.Shinoda, H.Hirota, K.Ichinose : Development of Highly Durable Permanent Formwork Using Mortar Mixed with Stainless Fiber, Proceedings of the International Conference on Fiber Reinforced Concrete, pp.360-365, 1997
- 2) 田端稔, 横沢和夫, 笹部和房, 松本和久, 今西秀公: REED 工法による高架橋の合理化施工〔報告〕, 前田建設技術研究所報 vol.39, pp.9-16, 1998
- 3) 中島良光, 三島徹也, 田畑稔, 秦宗之, 戸塚信弥, 佐藤勉: 鉄道高架構造物へのプレキャスト型枠の適用に関する研究, 前田建設技術研究所報 vol.39, pp.25-32, 1998
- 4) 河野一徳, 宗末良雄, 岩田誠, 山門隆雄, 久保田隆治, 藤井準: SEED フォームを用いた朝日ダム選択取水設備の急速施工〔報告〕, 前田建設技術研究所報 vol.42, pp.25-32, 2001
- 5) 舟橋政司, 佐藤文則, 横沢和夫, 上田達哉, 三輪俊彦, 関口信一郎: プレキャストフォームケーソン製作工法 (PFC 工法) の開発 - 防波堤ケーソン製作工事への適用 - 〔報告〕, 前田建設技術研究所報 vol.41, pp.25-32, 2000
- 6) 土木学会: コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕2002 年