

6. ステンレス繊維補強モルタルに関する基礎的研究

石 原 誠一郎
崎 山 和 隆
立 松 和 彦
恩 村 定 幸

要 旨

近年、短繊維補強セメント系材料を建築分野へ利用するための研究・開発が盛んに行われているが、当社でも、いくつかの繊維を使った繊維補強コンクリートの研究をすすめてきた。

本報告は、これらの研究のうち、ステンレス繊維で補強したモルタルの基礎物性に関する実験結果について述べる。

キーワード

ステンレス／短繊維／繊維補強／曲げ強度

目 次

6. BASIC RESEARCH INTO STAINLESS STEEL FIBER REINFORCED MORTAR

Seiichiro Ishihara
Kazutaka Sakiyama
Kazuhiko Tatematsu
Sadayuki Onmura

Abstract

In recent years, much research and development has been carried out into the use of short fiber reinforced cement and related materials in construction, and in our company too, research into fiber reinforced concrete using many different kinds of fibers has advanced.

In this paper, the trial results from the use of stainless steel fiber reinforced mortar are detailed.

1. はじめに

近年、軽量で高い靱性をもち、しかも不燃性に優れた短繊維補強セメント系材料を、建築分野へ利用するための研究・開発が活発に行われている。特に、建物の外壁の軽量化を目的とした薄肉PCa カーテンウォールや、型枠工事の省力化を目的とした薄肉PCa型枠などに目立って使用されはじめた。

当社でも、これまでこれらの用途利用にむけて何種類かの繊維を使った繊維補強コンクリートの研究・開発をすすめてきた。¹⁾

本報告は、これらの研究のうち、耐食性がよく、さびないステンレス繊維を用いた薄肉軽量部材の開発の一環として行った、ステンレス繊維で補強したモルタルの基礎物性に関する実験の結果について述べる。

2. 実験概要

2.1 実験目的

本実験の目的を次の3点とした。

- ① マトリックスの比重を変化させることで繊維補強効果がどのように変わるか。
- ② 使用繊維の引張強度とアスペクト比を変えることで繊維補強効果がどう変わるか。
- ③ 乾燥収縮低減剤を添加することで、モルタルの乾燥収縮をどの程度低減できるか、また、繊維補強効果にどのような影響を与えるか。

2.2 使用材料

試験体に使った材料を表-1に、混練したステンレス使用繊維の形状寸法と機械的性質を表-2に示す。ステンレス繊維には、繊維の両端に“こぶ状”の膨らみのついたドッグボーンタイプと呼ばれる形状のものをを使った。

2.3 調査

各試験体の調査を表-3に示す。試験体W1,W2,W3は、繊維の種類が同じでマトリックスの比重を変化させたものである。また、W1,W2,W3の各試験体について、乾燥収縮低減剤を添加したものとししないものの2種類を作った。試験体S,Lはマトリックスの比重が試験体W1と同じで繊維の種類を変えたものである。試験体Sは、試験体W1に使用した繊維より引

表-1 使用材料一覧

材料名	種 類
セメント	普通ポルトランドセメント
骨 材	シラスバルーン 珪砂5号・粉末珪石
減水剤	高性能A E減水剤 (セメント重量×1.8%)
混和剤	増粘剤 乾燥収縮低減剤

表-2 使用繊維の形状寸法と機械的性質

繊維種類	繊維直径 (mm)	繊維長さ (mm)	アスペクト比	形 状	引張強度 (kgf/md)
SF-A	0.5	22	44	ドッグボーン	100
SF-B	0.5	22	44	ドッグボーン	60
SF-C	0.5	35	70	ドッグボーン	100

表-3 各試験体の調査

	試験体 記 号	繊維 種類	乾燥収縮 低 減 剤	水セメ ント比 (%)	骨材セメ ント比 (%)	単位セメ ント量 (kg/m ³)	繊維混 入率 (vol%)	気乾 比重
比重の異なる調査	W 1	SF-A	—	40	65	1000	2	2.13
			添加	40	65	1000	2	
	W 2	SF-A	—	40	51	1000	2	2.00
			添加	40	51	1000	2	
	W 3	SF-A	—	42.5	56	925	2	1.92
			添加	42.5	56	925	2	
繊維種類別の調査	S	SF-B	—	40	65	1000	2	2.13
	L	SF-C	—	40	65	1000	2	2.13

張強度の小さい繊維を用いた。試験体Lでは、繊維の引張強度は試験体W1と同じでアスペクト比が大きい繊維を用いた。

2.4 実験方法

試験項目および試験方法を表-4に示す。

試験体の練り混ぜにはオムニミキサーを用いた。セメント、骨材、混和剤を投入し30秒間空練りした後、水を加え30秒間練り、繊維を投入してから3分間練り混ぜた。

(1) 曲げ試験方法

載荷方法は、支点間距離 225mmの中央集中載荷とした。試験はデジタル計測制御方式精密万能試験機を用

い、載荷速度 2 mm/min で載荷し、荷重－変位曲線を自動計測した。²⁾

(2) 曲げタフネス

曲げタフネスは図－1 に示す点 A B C D E A で囲まれた部分の面積とした。³⁾

3. 実験結果および考察

3.1 フロー値

各試験体の無打撃時のフロー値（自然フロー値）と、15回打撃後のフロー値（振動フロー値）との比較を図－2 に示す。

試験体 W1, W2, W3 を比較すると、マトリックスの比重が小さいほど、フロー値が小さくなった。また、試験体 S の結果から使用繊維のアスペクト比が大きい方がフロー値が小さくなった。

収縮低減剤を添加した試験体は無添加のものに比べ、各試験体とも若干大きいフロー値を示した。

3.2 圧縮強度

各試験体の圧縮強度を図－3 に示す。

各試験体とも材令 28 日で 600 kgf/cm² 程度の圧縮強度を示した。試験体 W1, W2, W3 の結果から、試験体の気乾比重が小さいほど圧縮強度が低下している。

収縮低減剤を添加した試験体は無添加のものにくらべ、圧縮強度が若干小さくなった。

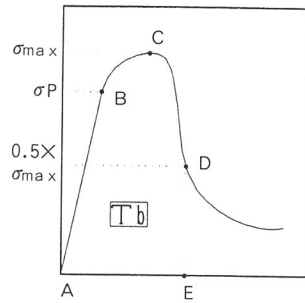
3.3 曲げ強度

(1) 曲げ比例限界強度、曲げ強度

試験体 W1, W2, W3 の曲げ比例限界強度（LOP）、曲げ強度（MOR）の比較を図－4、5 に、試験体 W1, S, L の LOP、MOR の比較を図－6 に示す。

表－4 試験項目および試験方法

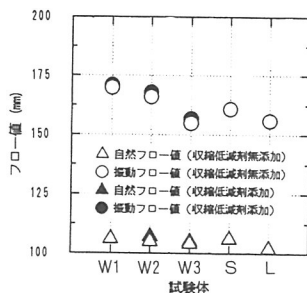
試験項目	試験方法	試験体形状	成形・養生方法および備考
フロー値 モレタシ 重量	フロー値 JIS R 5001	Φ50×100 (mm)	各試料のフローコン引き上げ後、無打撃時のフロー値（自然フロー値）と、15 回打撃後のフロー値を測定した。 練り上がり直後に測定
	単位容積重量 JIS A 1114		
硬化したモレタル	圧縮強度 JIS A 1118	Φ50×100 (mm)	20℃・60%RH の恒温恒湿室で封かん養生（試験材令 7 日、28 日）
	曲げ強度 本文参照	厚 幅 長さ 15×50×275 (mm)	練り混ぜ後試料を、500×500×厚さ 15mm の型枠に打込み成形し、打込み後は 20℃・60%RH の恒温恒湿室に静置した。 3 週間後に脱型し得られた 500×500mm の試験板からコンクリートカッターにて厚さ 15×幅 50×長さ 275mm の試験体を 6 体切り出した。その試験体は材令 4 週まで再び同じ恒温恒湿室にて静置した。
	曲げ タフネス 本文参照	15×50×275 (mm)	同 上
	長さ変化 JIS R 1119	40×40×160 (mm)	JIS 従い測定した。
	重量変化 —	40×40×160 (mm)	長さ変化計測時に長さ変化試験体の重量を計測



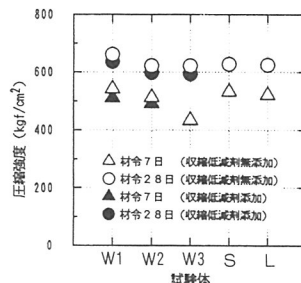
図－1 曲げタフネスの算定方法

試験体の気乾比重が大きいほど、LOP、MOR は増大している。

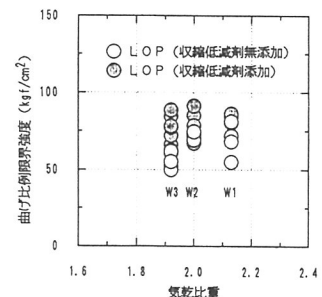
試験体 W1, S の結果を比較すると、使用繊維の引張強度の大きい方がより大きい MOR の値を示した。また、試験体 W1, L の結果より、使用繊維のアスペクト比の大きい方がより大きい MOR の値を示した。こ



図－2 各試験体フロー値



図－3 各試験体の圧縮強度



図－4 比重と曲げ比例限界強度

のことから、コンクリートの繊維補強には引張強度とアスペクト比が大きい繊維の方が、補強効果が優れている事が分かる。

収縮低減剤を添加した試験体は無添加の試験体にくらべ、試験体W1を除いて、LOP、MORとも比較的大きくなった。

(2) 圧縮強度と曲げ比例限界強度

各試験体の圧縮強度とLOPとの関係を図-7に示す。収縮低減剤を添加した試験体は無添加の試験体にくらべ、圧縮強度は低下したが、LOPは逆に大きくなった。

3.4 曲げヤング率

試験体の気乾比重と曲げヤング率との関係を図-8に示す。試験体の気乾比重が大きくなるほど曲げヤン

グ率が大きくなっている。収縮低減剤の添加の有無による曲げヤング率の明確な差は見られなかった。

3.5 曲げタフネス

試験体の気乾比重と曲げタフネスとの関係を図-9に示す。今回の実験では、試験体W1,W3の曲げタフネスは10~60kgf/cmと非常に大きいばらつきを示し、気乾比重と曲げタフネスとの明確な関係は認められなかった。曲げタフネスの大きなばらつきは、マトリックス中の繊維の分散の均一性が十分でなく偏りがあったためと思われる。

また、本実験では収縮低減剤の添加の有無による曲げタフネスの明確な相違は見られなかった。

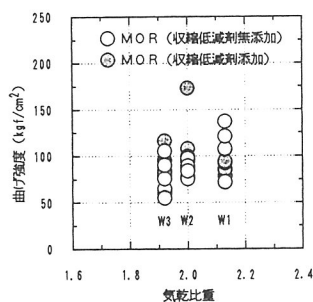


図-5 比重と曲げ強度の関係

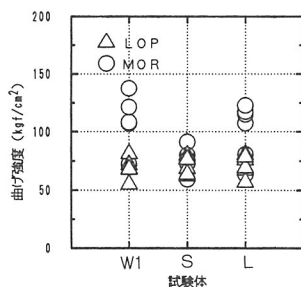


図-6 曲げ強度の比較

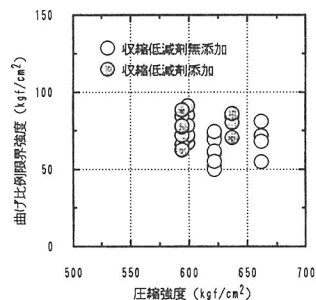


図-7 圧縮強度と曲げ比例限界強度

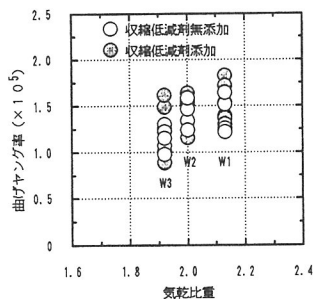


図-8 比重と曲げヤング率の関係

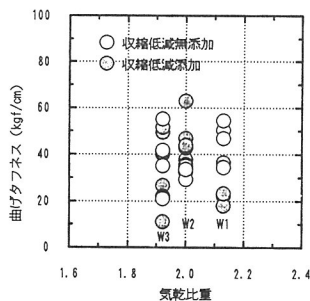


図-9 比重と曲げタフネスの関係

3.6 曲げ応力度～たわみ曲線

各試験体の曲げ応力度～たわみ曲線の代表例を比較して、図-10～12に示す。

図-10、11から、収縮低減剤を添加していない試験体では、気乾比重の大きいほどMORと曲げタフネスの増加する傾向が見られたが、収縮低減剤を添加した試験体ではその傾向がなくなり各試験体の差が小さくなった。

図-12からは、使用繊維の引張強度、アスペクト比の大きいほどMORと曲げタフネスの増加する傾向がみられた。

3.7 長さ変化率・重量変化率

各試験体の材令8週までの長さ・重量変化率を図-13、図-14に示す。マトリックス中のセメント量が多いため各試験体とも比較的大きな乾燥収縮を示した。また、気乾比重の小さい試験体ほど若干乾燥収縮が大きい傾向がみられた。

収縮低減剤を添加した試験体は添加していない試験体にくらべ、乾燥収縮が2/3程度に押さえられている。ただ、収縮低減剤の添加の有無による重量減少率の差は認められなかった。

4. まとめ

本研究から以下の結果が明らかになった。

- (1) マトリックスの比重を大きくするほど、ステンレス繊維補強モルタルの圧縮強度、LOP, MOR, 曲げヤング率は増大する。
- (2) 使用するステンレス繊維の引張強度、アスペクト比が大きいほどステンレス繊維補強モルタルのLOP, MORは大きくなる。
- (3) ステンレス繊維補強モルタルに収縮低減剤を添加することにより、乾燥収縮が無添加の場合とくらべ2/3程度に低減される。

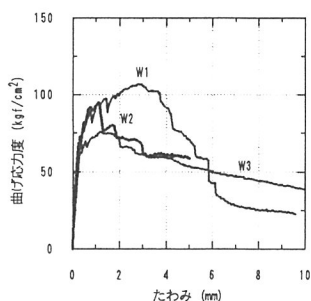


図-10 曲げ応力度～たわみ曲線
(収縮低減剤無添加)

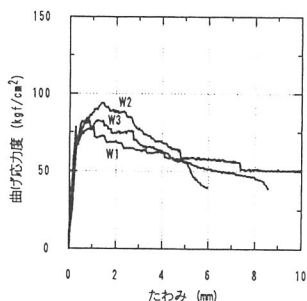


図-11 曲げ応力度～たわみ曲線
(収縮低減剤添加)

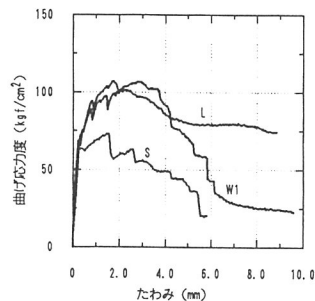


図-12 曲げ応力度～たわみ曲線

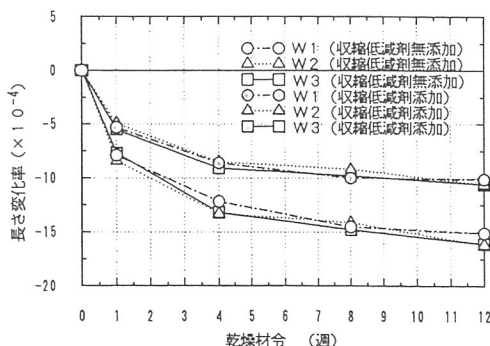


図-13 長さ変化率の経時変化

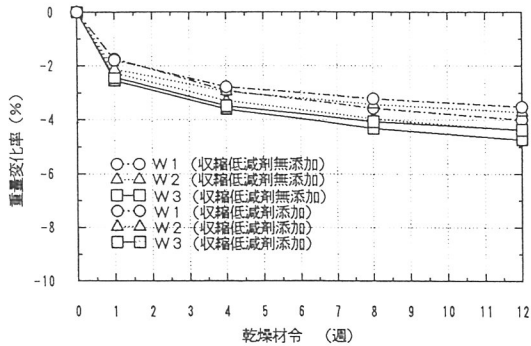


図-14 重量変化率の経時変化

- (4) ステンレス繊維補強モルタルに収縮低減剤を添加することにより、圧縮強度は低下するが、L O P, MORは若干大きくなる。

[参考文献]

- 1) 石原、立松 他：軽量モルタルマトリクスにおけるガラス繊維とビニロン繊維の混成補強効果に関する基礎的研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp851～854, 1993
- 2) 榊田、棚野 他：各種短繊維補強モルタル板の曲げ特性に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp675～676, 1991
- 3) 吉原、榊田、棚野 他：短繊維補強セメント系複合材料の耐久性評価方法に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp715～716, 1992