

[54] モルタルの乾燥収縮に及ぼす鋼繊維混入効果

正会員 福地利夫 (日本大学工学部)
 正会員 大浜嘉彦 (日本大学工学部)
 正会員 西村正 (W. R. グレー ス)
 正会員 ○菅原鉄治 (日本大学工学部)

1. はじめに

セメントコンクリート及びモルタルは、乾燥収縮が大きく、更に、引張強度及び変形能力が小さいゆえ、ひびわれが発生しやすい。ひびわれの発生している構造物は、漏水、鉄筋の腐食などの欠陥をさらしている。乾燥収縮が大きいことは、コンクリート系材料の本質的欠点であり、これに起因するひびわれを防止することは困難である。既往の研究によれば、¹⁾鋼繊維を 1.0 ~ 2.0 vol. % 程度混入することにより、セメントコンクリートの乾燥収縮をある程度低減できると報告されている。そこで本研究では、セメントモルタルに鋼繊維を混入することによって、その乾燥収縮を低減させようと試みるものであり、フロー値 170 ± 5 とした鋼繊維補強モルタル (略称、SFRM) の乾燥収縮に及ぼす鋼繊維の種類 (形状)、鋼繊維混入率及び配合の影響について検討し、その結果を報告する。

2. 使用材料

セメントは普通ポルトランドセメントを用い、その化学成分及び物理的性質を表-1に示す。骨材は、豊浦標準砂及び川砂 (粒径: 2.5 mm 以下、粗粒率: 2.33) を用いた。又、鋼繊維は、図-1に示す形状の異なる4種類の市販品を用いた。

表-1 セメントの化学成分及び物理的性質

Chemical Compositions (%)								
Ig.loss	Insol.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Total
0.5	0.1	22.2	5.2	3.2	65.3	1.4	1.8	99.7

Physical Properties										
Specific Gravity	Fineness		Setting Time		Bending Strength of Mortar (kg/cm ²)			Compressive Strength of Mortar (kg/cm ²)		
	Residue on Sieve of 88 μ (%)	Blaine's Specific Surface Area (cm ² /g)	Initial Set (h-min)	Final Set (h-min)	3days	7days	28days	3days	7days	28days
3.17	1.0	3230	2-25	3-31	35	53	74	141	234	429

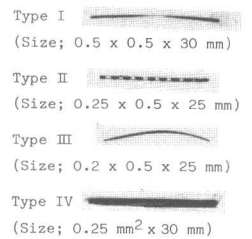


図-1 鋼繊維の形状

3. 試験方法

(1) 供試モルタルの調製

供試モルタルは、砂セメント比及び鋼繊維混入率を変化させ、フロー値を 170 ± 5 と一定にした表-2に示す配合を用い、JIS R 5201 (セメントの物理試験方法) に準じて練りませ、次いで、寸法 $40 \times 40 \times 160$ mm に成形した。

(2) 乾燥収縮試験

供試モルタルは成形後、2日の湿空養生 (20℃, 80% R.H.)、次いで、5日水中養生 (20℃) を行った後、JIS A 1129 (モルタル及びコンクリートの長さ変化試験方法) のコンパレータ法に従って、基長を測定し、以後乾燥養生 (20℃, 50% R.H.) を行い、各材令ごとに乾燥収縮を測定した。

4. 試験結果及び考察

試験結果は、図-2 から図-12 に示す通りである。

図-2 から図-4 には、骨材として標準砂を用い、砂セメント比及び鋼繊維混入率を変化させた鋼繊維補強モルタルの材令360日までの乾燥収縮と材令の関係を示す。これらの図より明らかなように、いずれの砂セメント比においても、鋼繊維混入率が1.0 vol. %以上の乾燥収縮は、鋼繊維無混入のものよりかなり小さく、鋼繊維による乾燥収縮低減効果が顕著に認められる。

図-5は、標準砂を用いた鋼繊維補強モルタルの材令360日における乾燥収縮とセメント量の関係を、又、図-6は、標準砂を用いた鋼繊維補強モルタルの材令360日における乾燥収縮と鋼繊維混入率の関係を示す。鋼繊維補強モルタルの乾燥収縮は、モル

表-2 鋼繊維補強モルタルの配合

Type of Sand	Cement:Sand (By weight)	Type of Steel Fiber	Steel Fiber Content (vol.%)	Water-Cement Ratio (%)	Flow		
Toyoura Standard Sand	1:2	I	0	55.0	170		
			0.5	55.5	168		
			1.0	56.0	173		
			2.0	56.0	172		
			0	82.0	167		
			0.5	85.0	173		
	1:3	I	1.0	86.0	171		
			2.0	88.0	175		
			1:4	I	0	110	168
					0.5	112	171
					1.0	114	170
					2.0	116	174
River Sand (<25mm)	1:3	-			0	59.0	172
		I			0.5	59.5	175
		II	0.5	59.5	175		
		III	0.5	59.5	170		
		IV	0.5	59.5	171		
		I	1.0	60.0	172		
	1:3	I	II	1.0	60.0	175	
			III	1.0	60.0	170	
			IV	1.0	60.0	171	
			I	1.5	61.0	173	
			II	1.5	61.0	175	
			III	1.5	61.0	173	
1:3	I	IV	1.5	61.0	174		
		I	2.0	62.0	173		
		II	2.0	62.0	175		
		III	2.0	62.0	170		
		IV	2.0	62.0	171		
		IV	2.0	62.0	171		

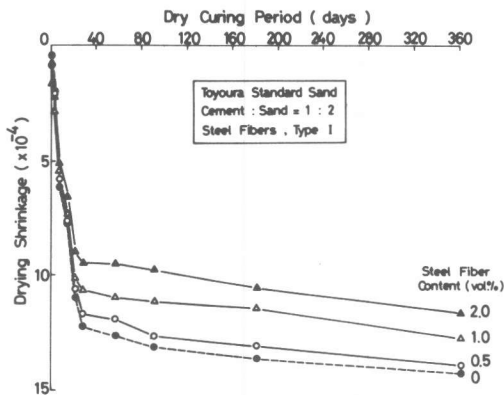


図-2 鋼繊維補強モルタルの乾燥収縮と材令の関係
(標準砂, セメント:砂=1:2, 鋼繊維; Type I)

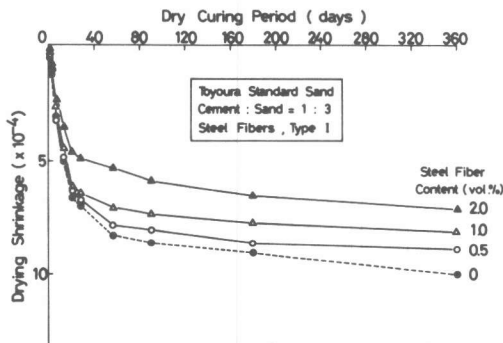


図-3 鋼繊維補強モルタルの乾燥収縮と材令の関係
(標準砂, セメント:砂=1:3, 鋼繊維; Type I)

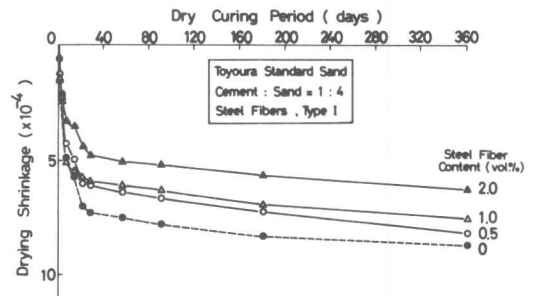


図-4 鋼繊維補強モルタルの乾燥収縮と材令の関係
(標準砂, セメント:砂=1:4, 鋼繊維; Type I)

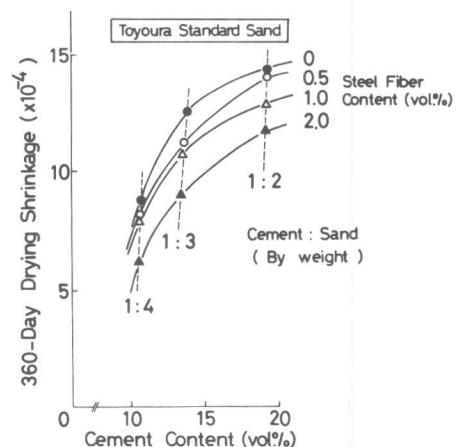


図-5 材令360日における鋼繊維補強モルタルの乾燥収縮と単位セメント量との関係
(標準砂, 鋼繊維; Type I)

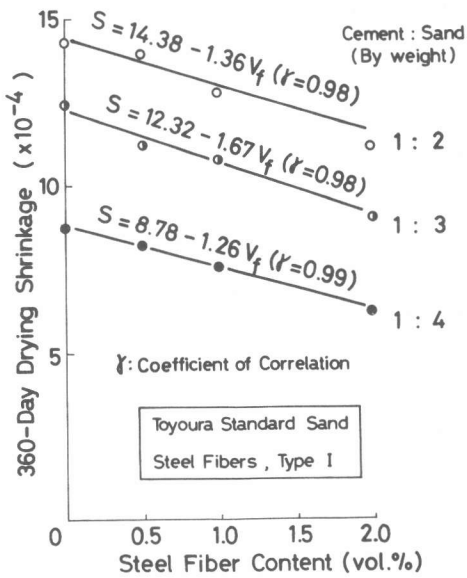


図-6 材令360日における鋼繊維補強モルタルの乾燥収縮と鋼繊維混入率の関係
(標準砂, 鋼繊維; Type I)

タルの配合に大きく影響を受け、セメント量の少ないものほど、すなわち、砂量が多いものほど小さいことが認められる。鋼繊維補強モルタルの材令360日における乾燥収縮は、いずれの砂セメント比においても、鋼繊維混入率と直線関係にあり、本研究の範囲では、次式のごとく一般式で表すことができる。

$$S = A - B V_f$$

ここに、S : 鋼繊維補強モルタルの乾燥収縮 ($\times 10^{-4}$)

V_f : 鋼繊維混入率 (vol.%)

A, B : 実験定数

実験定数Aは、各配合における鋼繊維無混入のセメントモルタルの乾燥収縮を、Bは、鋼繊維による乾燥収縮低減率を与える。

ちなみに、セメント:標準砂=1:2では、

$$S = 14.38 - 1.36 V_f$$

セメント:標準砂=1:3では、

$$S = 12.32 - 1.67 V_f$$

セメント:標準砂=1:4では、

$$S = 8.78 - 1.26 V_f$$

図-7から図-10には、骨材として川砂を用い、4種類の鋼繊維を混入した鋼繊維補強

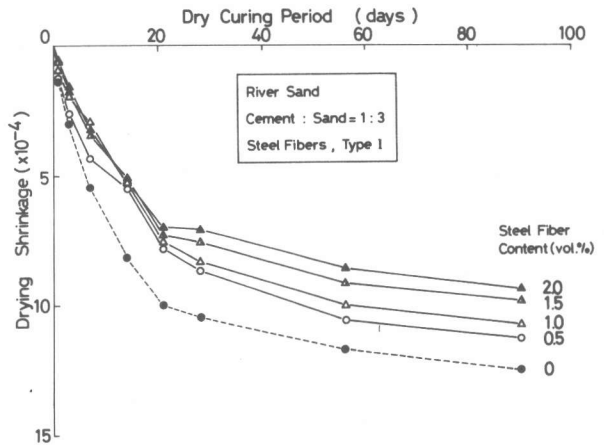


図-7 鋼繊維補強モルタルの乾燥収縮と材令の関係
(川砂, 鋼繊維; Type I)

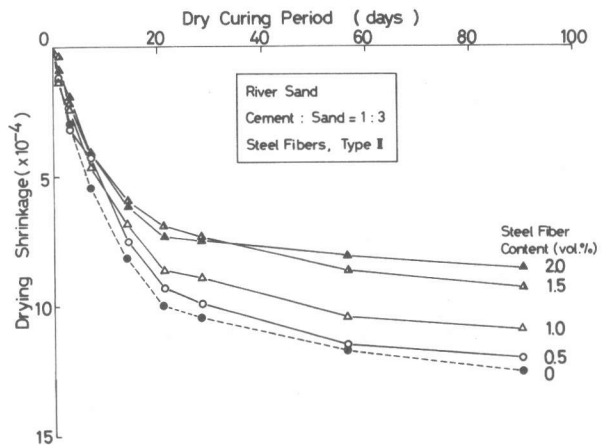


図-8 鋼繊維補強モルタルの乾燥収縮と材令の関係
(川砂, 鋼繊維; Type II)

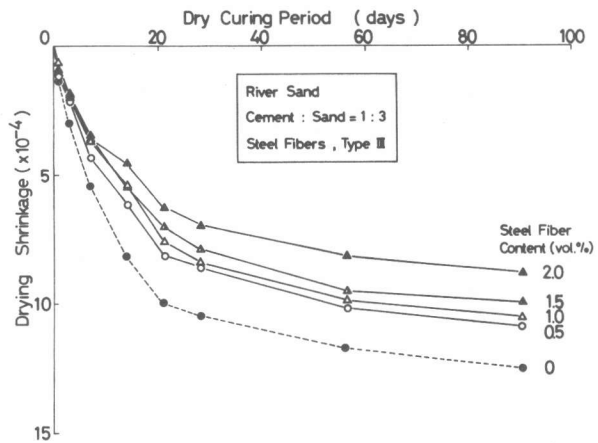


図-9 鋼繊維補強モルタルの乾燥収縮と材令の関係
(川砂, 鋼繊維; Type III)

モルタルの材令90日までの乾燥収縮と材令の関係を示す。鋼繊維による乾燥収縮低減効果は顕著であり、標準砂を用いた場合と同様の傾向を示す。

鋼繊維無混入のセメントモルタルの乾燥収縮から、鋼繊維補強モルタルのそれを減じた値は、鋼繊維による低減量を示す。そこで、鋼繊維による乾燥収縮低減率を、次式のごとく定義する。

$$\text{乾燥収縮低減率 } R_s (\%) = \frac{S_o - S_i}{S_o} \times 100$$

ここに、 R_s : 乾燥収縮低減率 (%)

S_o : 鋼繊維無混入のセメントモルタルの乾燥収縮 ($\times 10^{-4}$)

S_i : 鋼繊維補強モルタルの乾燥収縮 ($\times 10^{-4}$)

上式の乾燥収縮低減率と鋼繊維混入率の関係は、図-11に示す通りである。鋼繊維 Type II は、他の鋼繊維に比べて、その乾燥収縮低減効果が幾分優れている。セメントモルタルの乾燥収縮は、鋼繊維の種類にかかわらず、それを2.0 vol. %混入することにより、30%程度低減できる。

図-12は、川砂を用いた鋼繊維補強モルタルの材令90日における乾燥収縮(S)と鋼繊維混入率(V_f)の関係を示す。標準砂の場合と同様に、両者は直線関係にあり、本研究の範囲では、次式のごとく表すことができる。

$$S = 12.11 - 1.44 V_f$$

従って、鋼繊維補強モルタルの乾燥収縮は、鋼繊維の種類(形状)に、余り支配されないと考えられる。

5. 総括

(1) 普通セメントモルタルの乾燥収縮は、鋼繊維を2.0 vol. %混入することにより、最高30%程度低減することができる。

(2) 鋼繊維補強モルタルの乾燥収縮は、鋼繊維の種類(形状)に支配されず、セメント量及び鋼繊維混入率に大きく影響を受け、次式のごとく一般式で表すことができる。

$$S = A - B V_f$$

ここに、 S : 鋼繊維補強モルタルの乾燥収縮 ($\times 10^{-4}$)

V_f : 鋼繊維混入率 (vol. %)

A, B : 実験定数

最後に、本研究は、卒業研究生岡本健司君の協力を得たものであり、ここに、感謝の意を表す。

参考文献 1) 小林, 魚本ら: 生産研究, Vol. 30, No. 7, July 1978, pp. 274-277.

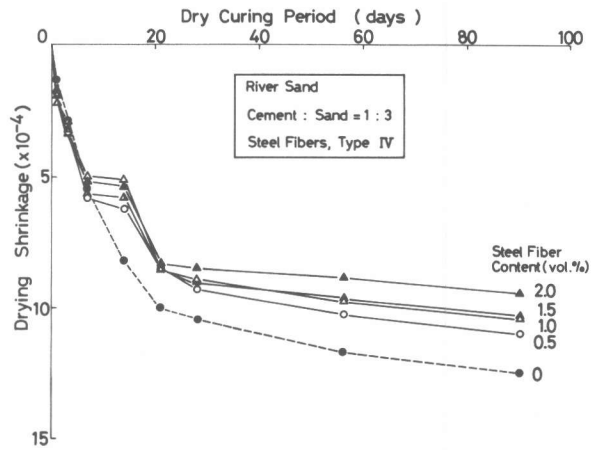


図-10 鋼繊維補強モルタルの乾燥収縮と材令の関係 (川砂, 鋼繊維; Type IV)

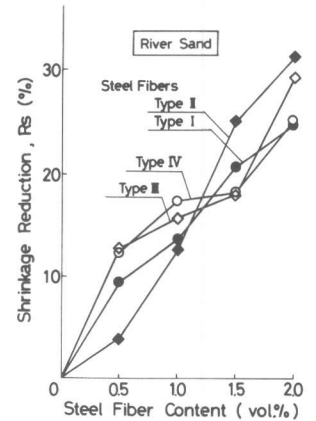


図-11 材令90日における鋼繊維補強モルタルの乾燥収縮低減率に及ぼす鋼繊維の形状及び鋼繊維混入率の影響 (川砂)

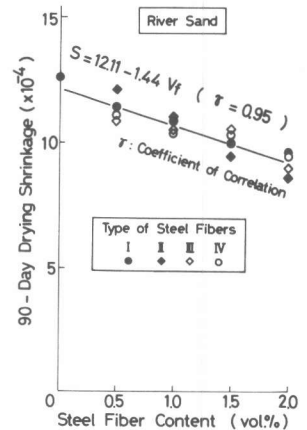


図-12 材令90日における鋼繊維補強モルタルの乾燥収縮と鋼繊維混入率の関係 (川砂)