収縮低減剤を用いた鋼繊維補強モルタルの 乾燥収縮および強さ†

大 濱 嘉 彦* 宮 良 政 克** 遠 藤 光 弘**

Drying Shrinkage and Strength of Steel Fiber Reinforced Mortars Containing Shrinkage-Reducing Agent

by

Yoshihiko OHAMA*, Masakatsu MIYARA** and Mitsuhiro ENDO**

Ordinary cement concrete and mortar have such weakness as significant drying shrinkage, low strength and inferior extensibility, and thus they easily cause shrinkage cracks. It has already been known well that the steel fiber reinforcement of the concrete and mortar is very effective to the reduction of their drying shrinkage. Recently, surfactant-type shrinkage-reducing agents for the concrete and mortar have been developed in Japan. However, the composite effects of steel fiber reinforcement and shrinkage-reducing agent modification on the concrete and mortar have not yet been reported. The purpose of this study is to make clear the drying shrinkage reduction of steel fiber reinforced mortar containing a shrinkage-reducing agent. Steel fiber reinforced mortars with a shrinkage-reducing agent are prepared with variations of shrinkage-reducing agent and steel fiber contents, and tested for drying shrinkage and strength. The conclusions obtained from the test results are summarized as follows: (1) The drying shrinkage of the mortars is greatly reduced with increasing shrinkage-reducing agent and steel fiber contents, and becomes approximately one-half of that of ordinary mortar (without the steel fibers and shrinkage-reducing agent), (2) The drying shrinkage can be predicted as a function of the shrinkage-reducing agent and steel fiber contents and water-cement ratio, and (3) The addition of the shrinkage-reducing agent to the mortars does not deteriorate their strength.

キー・ワード：鋼繊維補強モルタル，鋼繊維，収縮低減剤，乾燥収縮，強さ

1 緒 言

セメントコンクリートおよびモルタルは、施工後の乾燥に伴い、その伸び能力を越える収縮を生じ、ひび割れを発生する。コンクリート構造物、モルタル壁などに見られるこのような乾燥ひび割れは、漏水や鉄筋の腐食を引き起し、また、美観を損なうことにもなる。

コンクリート系材料の本質的欠点である乾燥ひび割れを抑制するため、古くから、その原因となる乾燥収縮を低減する努力が続けられてきた。コンクリート中に鋼繊維を分散した鋼繊維補強コンクリートは、鋼繊維によってその変形が拘束されることから、鋼繊維無補強のコンクリートに比較して、乾燥収縮が小さいという特徴を有する。そのため、コンクリート中への鋼繊維の分散は、その乾燥収縮の低減に有効な手段として知られている。一方、最近では、コンクリート系材料の乾燥収縮の主な要因となる包含される水分の毛細管張力を低下させて乾燥収縮の低減を図る収縮低減剤の使用が注目されている。したがって、鋼繊維補強並びに収縮低減剤の混入を併用した場合、これらの相

乗効果によって、セメントコンクリートおよびモルタルの乾燥収縮は更に低減されるものと期待される。

本研究では、収縮低減剤混入率および鋼繊維混入率を変化させた収縮低減剤混入鋼繊維補強モルタルについて、乾燥収縮および強さ試験を行い、その乾燥収縮に及ぼす収縮低減剤混入および鋼繊維補強の効果を検討する。

2 使用材料

2.1 セメントおよび骨材

セメントには、普通ポルトランドセメントを使用した。その化学成分および物理的性質は Table I に示す通りである。細骨材には、豊浦標準砂を使用した。

2.2 鋼繊維

鋼繊維には、寸法 $0.25 \times 0.55 \times 25$ mm, 引張強度 72.7 kg/mm^2 および弾性係数 $2.1 \times 10^4 \text{ kg/mm}^2$ の市販品を使用した。

2.3 収縮低減剤

収縮低減剤には、低級アルコールアルキレンオキッド付加物系の市販品を用いた。

† 原稿受理 昭和59年3月26日 Received Mar. 26, 1984

* 正会員 日本大学工学部 郡山市田村町, College of Engineering, Nihon University, Tamura-cho, Koriyama

** 学生会員 日本大学工学部 郡山市田村町, College of Engineering, Nihon University, Tamura-cho, Koriyama

Table I. Chemical compositions and physical properties of cement.

Chemical compositions, %								
ig. loss	insol.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Total
0.5	0.1	22.0	5.2	3.3	65.2	1.3	1.7	99.3

Physical properties										
Specific gravity	Fineness		Setting time		Flexural strength of mortar, kg/cm ²			Compressive strength of mortar, kg/cm ²		
	Blaine's specific surface area, cm ² /g	Residue on sieve of 88μm, %	Initial set, h-min	Final set, h-min	3 days	7 days	28 days	3 days	7 days	28 days
3.17	3280	1.3	2-21	3-26	34	51	73	137	233	423

3 試験方法

3・1 供試モルタルの調製

セメント：豊浦標準砂＝1：3（重量比），収縮低減剤混入率を0，2，4および6％（セメントに対する重量百分率），鋼繊維混入率を0，1および2 vol％とした調合の供試モルタルを，そのフロー値が170±5一定となるように，JIS R 5201（セメントの物理試験方法）に準じて練り混ぜ，調製した．供試モルタルの調合は Table II に示す通りである．

Table II. Mix proportions of steel fiber reinforced mortars containing shrinkage-reducing agent.

Cement : sand (by weight)	Shrinkage-reducing agent content, %	Steel fiber content, vol %	Water-cement ratio, %	Flow
1 : 3	0	0	75.5	172
		1	76.2	168
		2	78.2	174
	2	0	72.5	172
		1	74.2	174
		2	75.0	167
	4	0	71.5	167
		1	72.2	174
		2	73.0	166
	6	0	69.5	174
		1	70.2	171
		2	71.0	168

3・2 乾燥収縮試験

供試モルタルを寸法40×40×160 mmに成形後，1日湿空（20℃，80％R.H.），6日水中（20℃）養生を行い，材令7日目を基長として，以後20℃，50％R.H.の乾燥条件下に静置し，JIS A 1129（モルタルおよ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，3日，7日，14日，21日，28日および56日の各乾燥材令において，その乾燥収縮を測定した．

3・3 強さ試験

供試モルタルを寸法40×40×160 mmに成形後，1日湿空（20℃，80％R.H.），27日水中（20℃）養生を

行って，供試体を作製した．作製した各供試体について，JIS R 5201（セメントの物理試験方法）に従って，曲げおよび圧縮強さ試験を行った．

4 試験結果および考察

収縮低減剤混入鋼繊維補強モルタルの乾燥収縮と乾燥材令の関係を図1から図3に，乾燥材令56日の乾燥収縮に及ぼす収縮低減剤混入率および鋼繊維混入率の影響を図4に示す．一般に，普通セメントモルタルの場合と同様に，乾燥材令の経過に伴い，収縮低減剤混入鋼繊維補強モルタルの乾燥収縮は増加し，乾燥材令28日ではほぼ一定になる傾向にある．しかしな

Fig. 1. Dry curing period vs. drying shrinkage of steel fiber reinforced mortars with steel fiber content 0 vol%, containing shrinkage-reducing agent.

Fig. 2. Dry curing period vs. drying shrinkage of steel fiber reinforced mortars with steel fiber content 1 vol%, containing shrinkage-reducing agent.

Fig. 3. Dry curing period vs. drying shrinkage of steel fiber reinforced mortars with steel fiber content 2 vol%, containing shrinkage-reducing agent.

Fig. 4. Shrinkage-reducing agent content and steel fiber content vs. 56-day drying shrinkage of steel fiber reinforced mortars containing shrinkage-reducing agent.

がら, 収縮低減剤混入率および鋼繊維混入率の増大に伴い, その乾燥収縮は著しく減少し, 鋼繊維補強並びに収縮低減剤の混入による乾燥収縮低減効果が十分認められる. 収縮低減剤混入鋼繊維補強モルタルのこのような乾燥収縮低減は, 収縮低減剤によるモルタル中の水分の表面張力の低下ならびに鋼繊維補強によるモルタルマトリックスの変形拘束効果によるものと考えられる.

また, 乾燥収縮低減の程度を表す指標として, 乾燥収縮低減率を次式のように定義した.

$$R_s = \frac{S_0 - S_t}{S_0} \times 100 \quad (1)$$

ここに, R_s : 乾燥収縮低減率 (%)

S_0 : 収縮低減剤および鋼繊維無混入のモルタルの乾燥収縮 ($\times 10^{-4}$)

S_t : 収縮低減剤混入鋼繊維補強モルタルの乾燥収縮 ($\times 10^{-4}$)

Fig. 5 および Fig. 6 には, それぞれ, 収縮低減剤混入率および鋼繊維混入率と乾燥材令56日における収縮低減剤混入鋼繊維補強モルタルの乾燥収縮低減率の関係を示す.

Fig. 5. Shrinkage-reducing agent content vs. 56-day shrinkage reduction of steel fiber reinforced mortars containing shrinkage-reducing agent.

Fig. 6. Steel fiber content vs. 56-day shrinkage reduction of steel fiber reinforced mortars containing shrinkage-reducing agent.

収縮低減剤および鋼繊維の混入率の増大に伴い, 収縮低減剤混入鋼繊維補強モルタルの乾燥収縮低減率は増大するが, 鋼繊維混入率の小さいものほど, 収縮低減剤の混入効果が顕著に現れるようである. 鋼繊維混入率 2 vol %の収縮低減剤混入鋼繊維補強モルタルの乾燥収縮低減率は40~50%の範囲にあり, 収縮低減剤による収縮低減効果が余り認められなくなる.

一方, 収縮低減剤混入率の増加に伴って, 鋼繊維混入率 1 vol %の収縮低減剤混入鋼繊維補強モルタルの収縮低減率は相当に増大することから, 収縮低減剤の混入と鋼繊維補強による相乗効果が認められる. このように, 収縮低減剤の混入および鋼繊維補強の併用によって, モルタルの乾燥収縮を低減しようとする場合