

日本大学工学部 大浜嘉彦 ○遠藤光弘  
三井石油化学工業(株) 宮良政克

### 1. はじめに

現在、普通セメントコンクリート及びモルタルは、最も重要な位置を占める建築材料であるが、乾燥ひび割れを発生しやすいという本質的欠点を有する。乾燥ひび割れ発生的主要原因の一つとして施工後の乾燥収縮が挙げられる。このため、長い間、多くの研究者により、乾燥収縮の低減化の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では、そのマトリックスの変形が鋼繊維によって拘束されるため、その乾燥収縮が低減する<sup>1)</sup>。従って、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<sup>2)</sup>。従って、鋼繊維補強並びに収縮低減剤の混和を併用した場合、これらの相乗効果によって、セメントコンクリート及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、収縮低減剤混入率及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、その乾燥収縮に及ぼす収縮低減剤混和及び鋼繊維補強の効果を検討する。

### 2. 使用材料

#### (1) セメント及び骨材

セメントには普通ポルトランドセメント、骨材には豊満標準砂を使用した。

#### (2) 鋼繊維

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

#### (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。

### 3. 試験方法

#### (1) 供試モルタルの調製

セメント：砂＝1：3（重量比）、収縮低減剤混入率を0、2、4及び6%（セメントに対する重量百分率）、鋼繊維混入率を0、1及び2 vol%とした調合の供試モルタルを、その

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

| Cement:sand<br>by weight | Shrinkage-<br>reducing<br>agent<br>content,<br>% | Steel fiber<br>content,<br>vol% | Water-cement<br>ratio,<br>% | 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  |

フロー値が $170 \pm 5$ 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 1 に示す通りである。

## (2) 乾燥収縮試験

供試モルタルを寸法 $40 \times 40 \times 160 \text{ mm}$ に成形後1日湿空( $20^\circ\text{C}$ , 80% R.H.)、6日水中( $20^\circ\text{C}$ )養生を行い、材令7日目を基長として、以後、 $20^\circ\text{C}$ 、50% R.H.の乾燥条件下に静置し、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、3日、7日、14日、21日、28日及び56日の各乾燥材令において、その乾燥収縮を測定した。

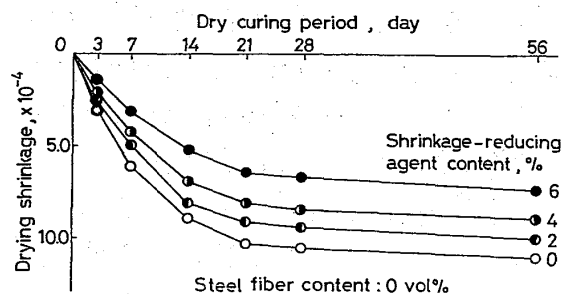


Fig. 1. Dry curing period vs. drying shrinkage of steel fiber reinforced mortars with steel fiber content 0 vol%, containing shrinkage-reducing agent.

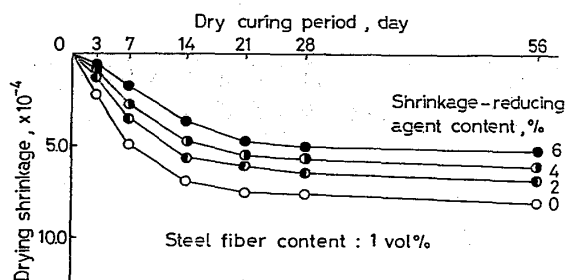


Fig. 2. Dry curing period vs. drying shrinkage of steel fiber reinforced mortars with steel fiber content 1 vol%, containing shrinkage-reducing agent.

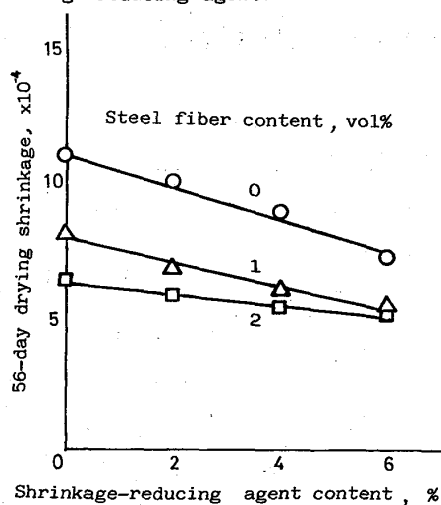


Fig. 4. 56-day drying shrinkage vs. Shrinkage-reducing agent content of steel fiber reinforced mortars containing shrinkage-reducing agent.

## 4. 試験結果及び考察

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 Fig. 1 から Fig. 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の影響を Fig. 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日でほぼ一定になる傾向にある。しかしながら、収縮低減剤混

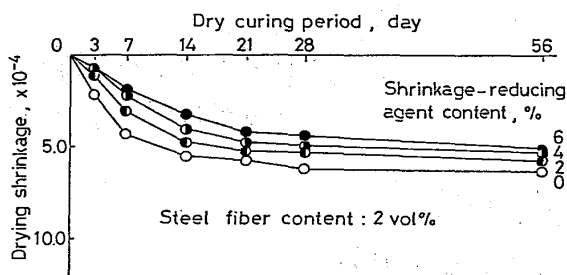


Fig. 3. Dry curing period vs. drying shrinkage of steel fiber reinforced mortars with steel fiber content 2 vol%, containing shrinkage-reducing agent.

入率及び鋼繊維混入率の増加に伴い、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。本研究の限りでは、収縮低減剤混入鋼繊維補強モルタルの最適の収縮低減剤混入率及び鋼繊維混入率は、それぞれ、6%及び1 vol%である。更に、収縮低減剤混入率の増加に伴う水セメント比の減少も又、モルタルの乾燥収縮低減に寄与するものと考えられる。従って、モルタルの乾燥収縮を検討する場合、水セメント比もその要因の一つとして考慮する必要がある。そこで、収縮低減剤混入率、鋼繊維混入及び水セメント比を主要因として、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を検討すると、Fig.5に示すように、その乾燥収縮は次のような実験式で表される。

$$\epsilon_s = 1.24(10.8 - 231V_f)(1 - \frac{SRA}{C})(1 - V_f)(\frac{W}{C}) - 0.248 \quad (1)$$

ここに、 $\epsilon_s$ : 収縮低減剤混入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

$SRA/C$ : 収縮低減剤混入率

$W/C$ : 水セメント比

この式を用いることによって、収縮低減剤混入鋼繊維補強モルタルの乾燥収縮を算定することができる。

## 5. 結論

以上の試験結果を総括すれば、次の通りである。

(1) 収縮低減剤混入率及び鋼繊維混入率の増加に伴って、収縮低減剤混入鋼繊維補強モルタルの乾燥収縮は大幅に低減し、その最小値は収縮低減剤及び鋼繊維無混入のモルタルのその約1/2となる。

(2) 収縮低減剤及び鋼繊維の併用によって、モルタルの乾燥収縮を低減させる場合には、それらの最適混入率が存在し、本研究の限りでは、鋼繊維混入率1vol%、収縮低減剤混入率6%である。

(3) 収縮低減剤混入鋼繊維補強モルタルの乾燥収縮は、収縮低減剤混入率、鋼繊維混入率及び水セメント比によって大きく支配されることから、これらをパラメーターとした乾燥収縮算定式を次のように導くことができる。

$$\epsilon_s = 1.24(10.8 - 231V_f)(1 - \frac{SRA}{C})(1 - V_f)(\frac{W}{C}) - 0.248$$

ここに、 $\epsilon_s$ : 収縮低減剤混入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

$SRA/C$ : 収縮低減剤混入率

$W/C$ : 水セメント比

この算定式を適用すれば、その乾燥収縮を算定することができる。

## 参考文献

- 1) 小林一輔、魚本健人、峰松敏和、“鋼繊維補強コンクリートの乾燥収縮に関する研究”，第2回コンクリート工学年次講演会講演論文集，日本コンクリート工学会，Apr.1980，pp.209-212.
- 2) 富田六郎、竹田邦夫、城所卓明、“収縮低減剤を用いたコンクリートの乾燥収縮性状”，セメント技術年報37，セメント協会，Dec.1983，pp.386-389.

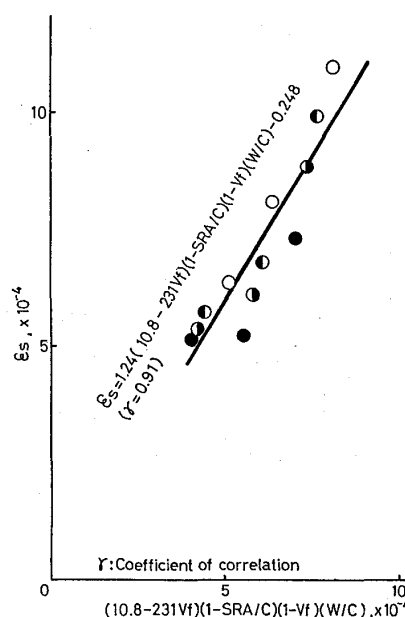


Fig. 5. Prediction of 56-day drying shrinkage of steel fiber reinforced mortars containing shrinkage-reducing agent.