

## コンクリートひび割れ対策の効果検証－膨張材・収縮低減剤・微細繊維－

グレースケミカルズ 正会員 ○岩城 圭介  
 グレースケミカルズ 宮川 美穂  
 グレースケミカルズ 中村 雅宏  
 電気化学工業 正会員 入内島 克明

## 1. はじめに

コンクリートの耐久性を向上するために、ひび割れ対策が種々検討されている。本研究では、コンクリート材料による代表的なひび割れ対策として、膨張材、収縮低減剤、微細繊維を挙げ、それらの効果確認を目的に、異なるひび割れ発生状況を想定した3種類の試験、すなわち、乾燥収縮を想定した長さ変化試験、凝結から硬化過程における表面乾燥を想定したプラスチック収縮ひび割れ試験、高い拘束条件での自己収縮・乾燥収縮を想定した拘束収縮ひび割れ材齢試験の3試験を行った。

## 2. 使用材料および試験配合

コンクリートの使用材料および試験配合を表-1、表-2に示す。試験配合は、ひび割れ対策として膨張材、収縮低減剤、微細繊維をそれぞれ用いた配合(CSA, SRA, Fiber)と比較用のPlan配合である。なお、各配合とも、目標スランプ 12.0 cm、目標空気量  $3.0 \pm 1.5\%$ とした。各配合の材齢 28 日における圧縮強度は、 $46.7 \sim 48.9 \text{ N/mm}^2$ の範囲であり、配合間での差異が認められない結果であった。

表-1 コンクリートの使用材料

| 区分・記号      | 種類・物性                                                          |
|------------|----------------------------------------------------------------|
| 水 W        | 上水道水                                                           |
| セメント C     | 普通ポルトランドセメント、密度 $3.16 \text{ g/cm}^3$                          |
| 膨張材 CSA    | エトリンガイト系、密度 $2.85 \text{ g/cm}^3$                              |
| 細骨材 S      | 旧河川砂、表乾密度 $2.61 \text{ g/cm}^3$                                |
| 粗骨材 G      | 砕石 2005、表乾密度 $2.70 \text{ g/cm}^3$                             |
| 混和剤 Ad     | ポリカルボン酸系 高性能減水剤                                                |
| 混和剤 SRA    | 特殊プロピレングリコール系収縮低減剤                                             |
| 微細繊維 Fiber | ポリプロピレン、 $\phi 18\mu\text{m}$ , 12mm, 密度 $0.91 \text{ g/cm}^3$ |

表-2 コンクリートの試験配合

| 配合    | W/B (%) | s/a (%) | 単位量 ( $\text{kg/m}^3$ ) |     |     |     |      |                               |                              |       |
|-------|---------|---------|-------------------------|-----|-----|-----|------|-------------------------------|------------------------------|-------|
|       |         |         | W                       | B   |     | S   | G    | Ad                            | SRA                          | Fiber |
|       |         |         |                         | C   | CSA |     |      |                               |                              |       |
| Plain | 44.4    | 41.0    | 175                     | 360 | —   | 760 | 1129 | $2.16 \text{ B} \times 0.6\%$ | —                            | —     |
| CSA   | 44.4    | 41.0    | 175                     | 330 | 30  | 760 | 1129 | $2.16 \text{ B} \times 0.6\%$ | —                            | —     |
| SRA   | 44.4    | 41.0    | 175                     | 360 | —   | 760 | 1129 | $2.16 \text{ B} \times 0.6\%$ | $7.2 \text{ B} \times 2.0\%$ | —     |
| Fiber | 44.4    | 41.0    | 175                     | 360 | —   | 760 | 1129 | $2.52 \text{ B} \times 0.7\%$ | —                            | 0.6   |

## 3. 試験方法

**3.1 長さ変化試験** JIS A 1129-2 により行った。供試体は  $10 \times 10 \times 40 \text{ cm}$  を各配合 3 本作製し、材齢 1 日で脱型後、材齢 7 日まで標準養生し、基長の測定後、 $20^\circ\text{C}$ , 60%RH で 6 か月間長さ変化および質量変化を測定した。

**3.2 プラスチック収縮ひび割れ試験** ASTM C 1579-06 に準拠した。供試体は、表-2 に示す試験配合の

粗骨材を除いたモルタル配合を用いて、底部に 1 cm の突起を 3 箇所設けた寸法  $50 \times 50 \times 2 \text{ cm}$  の型枠を用いて平板を作製した。打込み後、送風による乾燥を行い、材齢 1 日で表面ひび割れの幅および長さを測定し、ひび割れ面積を算出した。

**3.3 拘束収縮ひび割れ材齢試験** ASTM C 1581-04 により行った。上記 3.2 と同様にモルタル配合を用いて、内径 33 cm、外径 40.6 cm (厚さ 3.8 cm)、高さ 15 cm のリング状供試体を作

製した。なお、内枠は、厚さ 1.3 cm の鋼製リングであり、リング状供試体の収縮を拘束する。材齢 1 日で、上面をパラフィンでシーリングし、外枠を脱型して乾燥面をリングの外側のみに限定した。以降、 $20^\circ\text{C}$ , 60%RH で養生し、ひび割れ発生時または 2 か月間、内枠(鋼製リング)のひずみを計測した。この計測結果から、ひび割れ発生材齢  $T_{cr}$  (日) および平均応力速度  $S$  (MPa/日) を求めた。これらの指標の ASTM による評価基準を表-3 に示す。また、材齢 28 日においてひび割れ幅を測定した。

表-3 ASTM 評価基準(日本語訳)

| ひび割れ発生材齢 $T_{cr}$ (日) | 平均応力速度 $S$ (MPa/日) | ひび割れ発生可能性 |
|-----------------------|--------------------|-----------|
| $0 < T_{cr} < 7$      | $0.34 < S$         | 高い        |
| $7 < T_{cr} < 14$     | $0.17 < S < 0.34$  | やや高い      |
| $14 < T_{cr} < 28$    | $0.10 < S < 0.17$  | やや低い      |
| $28 < T_{cr}$         | $S < 0.10$         | 低い        |

キーワード：膨張材、収縮低減剤、微細繊維、拘束収縮ひび割れ材齢、プラスチック収縮ひび割れ

連絡先：グレースケミカルズ 技術部 〒243-0807 神奈川県 厚木市 金田 100 Tel. 046-225-8877 Fax. 046-221-7214

#### 4. 試験結果

**4.1 長さ変化試験** 長さ変化率の経時変化を図-1 に示す。長さ変化率は、SRA 配合が他に比べて 200  $\mu\text{m}$  程度低い結果であり、収縮低減剤による収縮低減効果が確認された。一方、CSA、Fiber 配合は、Plain 配合と同等の長さ変化率であった。本試験で規定された養生条件では、CSA の膨張による長さ変化への効果が適正に評価できなかったと考えられる。

**4.2 プラスチック収縮ひび割れ試験** 各配合の材齢 1 日におけるひび割れ面積を図-2 に示す。ひび割れ面積は、Fiber、CSA 配合で Plain 配合の 40%以下に低減された。一般的にプラスチック収縮ひび割れに対しては微細繊維が効果的である<sup>1)</sup>が、膨張材も有効であることが示された。一方、SRA 配合に関しては、ひび割れ面積が Plain 配合と大差ない結果であり、凝結から硬化過程のひび割れ対策に適さないと考えられる。

**4.3 拘束収縮ひび割れ材齢試験** 鋼製リングのひずみの経時変化を図-3 に示す。鋼製リングは材齢にともない収縮し、ある時点で回復する。このようなひずみ挙動は、リング状供試体の収縮とひび割れ発生を反映するものである。各配合のひび割れ発生材齢、平均応力速度および ASTM 基準(表-3)により判定される「ひび割れ発生可能性」を表-4 に示す。ひび割れ発生の可能性は、CSA が最も低く、SRA、Fiber、Plain の順で高くなる結果であった。

また、ひび割れ発生状況を写真-1 に示す。材齢 28 日におけるひび割れ幅は、Plain 配合で 1.3 mm であったのに対し、SRA 配合で 1.2 mm、Fiber 配合で 0.4 mm であった。Fiber 配合では、ひび割れ発生材齢が Plain 配合と大差ないものの、繊維の架橋効果によりひび割れ幅が低減されたと考えられる。

#### 5. まとめ

本研究の範囲で得られた知見を以下に示す。

- 1) 乾燥収縮による長さ変化を低減するには、収縮低減剤の適用が最も効果的であった。ただし、材齢 7 日以降の乾燥条件では、膨張材の効果が適正に評価されない可能性がある。
- 2) 凝結から硬化過程における表面乾燥によるプラスチック収縮ひび割れを低減するには、微細繊維または膨張材の適用が効果的であった。
- 3) 高い拘束条件における自己収縮・乾燥収縮によるひび割れに対しては、膨張材の適用が最も効果的であった。また、微細繊維によるひび割れ幅の低減効果も示された。
- 4) 以上より、対象とする構造物の施工条件や環境条件から想定されるひび割れ発生原因に応じた適切なひび割れ対策の選定が重要であると考えられる。また、ひび割れ発生原因を適切に模擬できるとともに、材料特性に応じた適切な試験方法の選定が重要であると考えられる。

【参考文献】1) NETIS 新技術情報システム, KT-110030-A, グレースマイクロファイバー

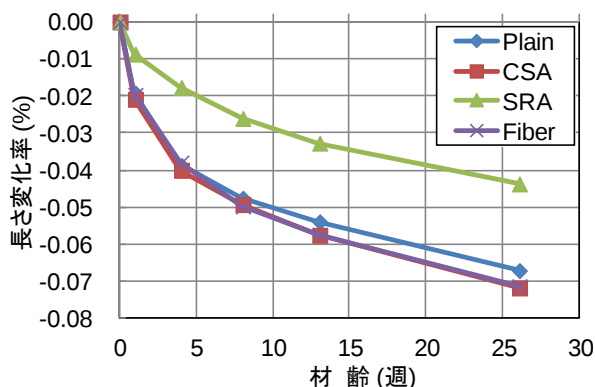


図-1 長さ変化試験結果

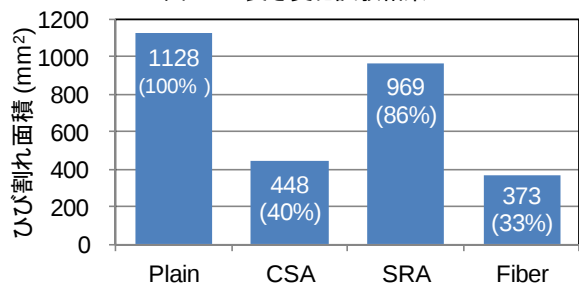


図-2 プラスチック収縮ひび割れ試験結果

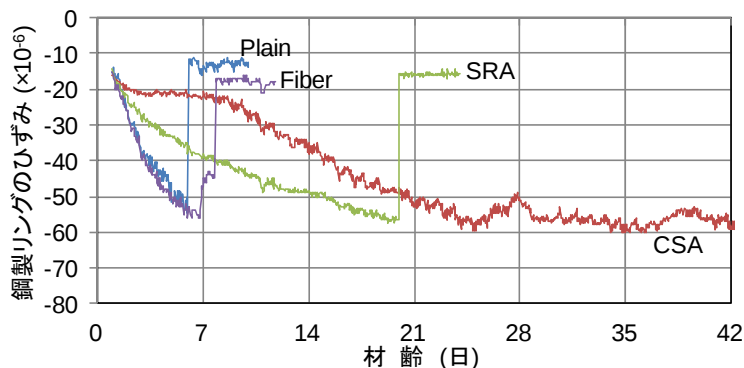


図-3 拘束収縮ひび割れ材齢試験結果

表-4 拘束ひび割れ材齢試験結果

| 配合    | ひび割れ発生材齢(日) | 平均応力速度(MPa/日) | ASTM ひび割れ発生可能性 |
|-------|-------------|---------------|----------------|
| Plain | 6           | 0.41          | 高い             |
| CSA   | (終了 63)     | 0.04          | 低い             |
| SRA   | 20          | 0.09          | やや低い           |
| Fiber | 8           | 0.33          | やや高い           |



写真-1 ひび割れ発生状況