

## 混和材の違いがモルタルのひび割れ閉塞に与える影響

東京都市大学 学生会員 ○百瀬 祐輔  
東京都市大学 正会員 栗原 哲彦

### 1. はじめに

近年、コンクリート構造物の劣化が進み更新・補修が必要なコンクリート構造物が増えている。ひずみ硬化型セメント系複合材料 (Strain Hardening Cementitious Composites, 以下 SHCC) は通常のコンクリートに比べ構造性能や耐久性の向上が期待されており、自己治癒が行われれば長期的に使用できる。混和材や繊維の種類を変えることで自己治癒性能に影響を与えられる可能性がある。自己治癒(Self Healing)とは人間の手に抛らないひび割れ閉塞現象の全体のことである。本研究ではひび割れが閉塞する過程を観測し、PVA 繊維の有無や混和材の違いでひび割れ閉塞状況がどのような差異が出るか実験的に検討した。

### 2. 試験概要

#### 2.1 供試体概要

供試体の寸法を図1に、配合を表1に、種類を表2に示す。それぞれ10本ずつ作製した。28日間養生後一軸引張試験を行った。

#### 2.2 一軸引張試験概要

一軸引張試験の載荷速度は0.003mm/secとした。繊維を混入させた供試体はくびれ部分に複数微細ひび割れを導入し(ひび割れについては後述する)、繊維を混入させない供試体はくびれ部分を全破断させた。

#### 2.3 ひび割れ幅の調整

供試体は10体のうち6体を全破断させ破断時変位を取り、残り4体に対して破断時の変位の2/3で試験機を停止させてひび割れを導入した。繊維有りの供試体は0.2mm程度のひび割れをひとつ選び、定点観測を行った。繊維無しの供試体はアクリル板をはさみ両端を固定してひび割れを再現して定点観測を行った。

#### 2.4 再養生

1つの水槽に1体の供試体を沈め、pHの測定を行った。pHの測定は供試体を沈める前と再養生開始後3, 7, 14, 21, 28日目に行い、水温も同時に測定した。

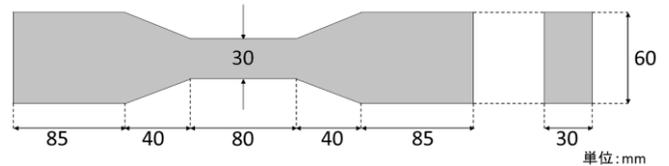


図1 供試体寸法

表1 示方配合

| 種類       | W/B | 単位量(kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |     |    |      |      | フロー値(mm) |
|----------|-----|-------------------------|-----|-----|-----|----|------|------|----------|
|          |     | W                       | C   | 混和材 | S   | F  | Ad   | 増粘剤  |          |
| 無置換      | 50  | 384                     | 768 | 0   | 924 | 26 | 3.84 | 0.38 | 154-153  |
| FA       | 50  | 384                     | 384 | 384 | 728 | 26 | 3.84 | 0.38 | 237-232  |
| BFS6000  | 50  | 384                     | 384 | 384 | 899 | 26 | 3.84 | 0.38 | 171-165  |
| BFS10000 | 50  | 384                     | 384 | 384 | 899 | 26 | 3.84 | 0.38 | 160-157  |
| FA 繊維無し  | 50  | 384                     | 384 | 384 | 781 | 0  | 3.84 | 0.38 | 349-325  |

W:水 C:早強ポルトランドセメント FA:フライアッシュ  
BFS:高炉スラグ微粉末 S:7号珪砂 F:PVA繊維 Ad:高性能AE減水剤

表2 供試体種類

|   |          |      |
|---|----------|------|
| 1 | 無置換      | 繊維有り |
| 2 | FA       |      |
| 3 | BFS6000  |      |
| 4 | BFS10000 |      |
| 5 | FA       | 繊維無し |

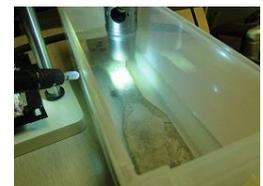


写真1 再養生中

#### 2.5 ひび割れ観察方法

再養生中のひび割れ観察は写真1のように水中に沈めた供試体に光を横から当てマイクロスコープにてひび割れを定点観測した。供試体5種類をそれぞれ4日間ずつ定点観測する。定点観測は1時間に1回撮影を行った。マイクロスコープの倍率は100倍とした。再養生28日後に再養生中に使用したのとは別のマイクロスコープでひび割れが閉塞したかを確認した。

### 3. 試験結果

#### 3.1 圧縮, 引張試験結果

圧縮, 試験結果から得られた圧縮, 引張強度を表3に示す。ここでSHCCの定義はひび割れ幅が0.1mm程度のもので複数発生・圧縮強度が30~60N/mm<sup>2</sup>程度・引張強度が5N/mm<sup>2</sup>程度のもとする<sup>1)</sup>。

ひび割れ導入後の供試体の写真を写真2に示す。ひび割れ部分を線でわかりやすくしている。無置換とBFS6000はひび割れが複数発生しなかったためSHCCとは判定できない。FAは少し圧縮強度が低いひび割

キーワード ひずみ硬化型セメント系複合材料 自己治癒 ひび割れ幅 定点観測

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 栗原研究室 TEL.03-5707-0104(代) E-mail: nkuri@tcu.ac.jp

れが複数発生し引張強度も  $5\text{N/mm}^2$  に近いので SHCC と判定した。 BFS10000 は圧縮、引張強度も問題なくひび割れも複数発生したので SHCC と判定した。

### 3.2 定点観測

定点観測を行い4日の定点観測を行った。結果を写真3~7に、pHの測定結果を図2に示す。写真2~6の左は観測開始時、右は観測終了時で左上の数字は4ヶ所のひび割れ幅の平均である。再養生28日後の定点観測した付近を写真8に示す。数字は最大のひび割れ幅である。FA(含繊維)のみ完全に閉塞した。無置換はほぼ閉塞したが隙間が一部残った。BFS6000, BFS10000, 繊維無しはひび割れが残った。

FAのみが自己治癒量大きいのは既往の研究<sup>2)</sup>にもあるようにポズラン反応によるものだと考えられる。無置換が BFS より良い結果になったのは、再養生中の水温が無置換は  $17^\circ\text{C}$  以上だったが BFS は  $16^\circ\text{C}$  以下だったため水温により差が出てしまったことや、未水和セメント量が多いからと考えられる。BFS6000 より BFS10000 のほうが若干良い結果になったが、大きな違いは無かったためブレン値による差は小さいと考えられる。繊維の有無で結果が変わったのは、既往の研究<sup>3)</sup>によると、繊維がある場合、自己治癒による析出物が析出しやすいとの結果から、今回のケースにおいても同様に繊維を含んでいる FA の自己治癒が促進されたためと考えられる。

図2を見ると、FAが7日目からほぼ変化がないのはひび割れが4日目にはほぼ塞がっており、ひび割れが完全に閉塞し自己治癒が行われていないからだと考えられる。無置換と BFS6000, BFS10000 は14日目までは pH が変化しており14日目までは自己治癒が行われていたと考えられる。繊維無しはあまり自己治癒していないため、3日目からあまり変化がないと考えられる。

### 4. まとめ

本研究を行った結果、無置換や BFS よりも FA のほうが自己治癒性能が高いという結果が得られた。pHを測定することである程度は自己治癒の進行状況を判断することができる。

表3 圧縮、引張試験結果

| 種類         | 圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> ) | 引張強度 (N/mm <sup>2</sup> ) | SHCCの性能 |
|------------|---------------------------|---------------------------|---------|
| 1 無置換      | 58.5                      | 2.62                      | ×       |
| 2 FA       | 21.8                      | 3.64                      | ○       |
| 3 BFS6000  | 55.2                      | 3.50                      | ×       |
| 4 BFS10000 | 67.4                      | 4.33                      | ○       |
| 5 FA 繊維無し  | 19.5                      | 1.94                      | ×       |

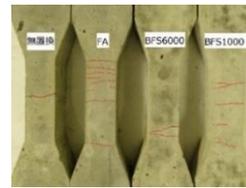


写真2 ひび割れ導入後

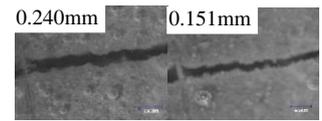


写真3 無置換定点観測

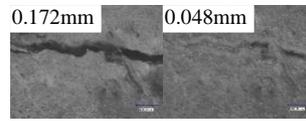


写真4 FA 定点観測

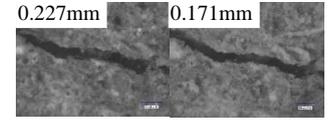


写真5 BFS6000 定点観測

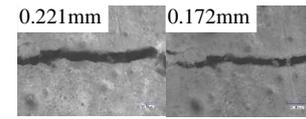


写真6 BFS10000 定点観測

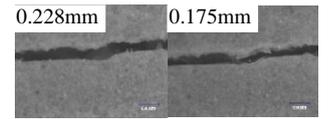


写真7 繊維無し定点観測

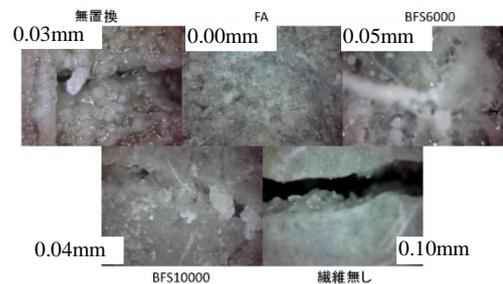


写真8 再養生28日後

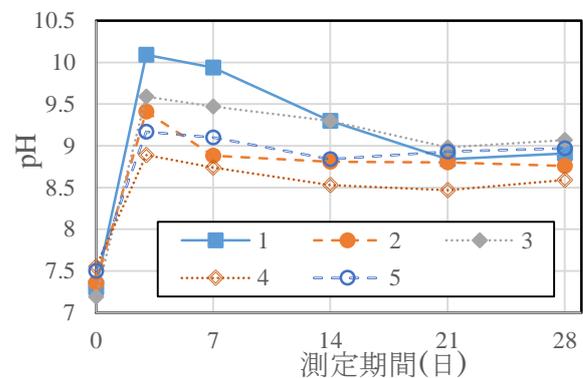


図2 pH測定結果

1: 無置換, 2: FA, 3: BFS6000, 4: BFS10000, 5: FA 繊維無し

### 参考文献

- 1) 渡邊和貴, 自己治癒におけるひずみ硬化型セメント複合材料のひび割れ閉塞, 平成26年度東京都市大学卒業論文
- 2) 五十嵐心一・国枝稔・西脇智哉, セメント系材料の自己修復性の評価とその利用法研究委員会, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No.1, 2009
- 3) 国府田まりな・三橋博三・西脇智哉・菊田貴恒, 合成繊維を用いた FRCC のひび割れ自己修復に関する実験的研究, 日本建築学会構造系論文集, Vol.76, No.667, P 1547-1552, 2011