

短繊維プレミックス SHCC の製造と品質安定性の評価

トーヨーマテラン(株) 正会員 ○新家 一秀  
トーヨーマテラン(株) 非会員 林 鋭治, 昭和コンクリート工業(株) 非会員 岩山 健治  
(株)レックス 非会員 小林 徹, (株)デーロス・ジャパン 正会員 林 承燦

1. 目的

繊維補強コンクリートの一種である引張りひずみ硬化型セメント複合材料 (Strain Hardening Cement-based Composite 以下 SHCC) は、一般的な補修材料であるポリマーセメントモルタルに比べ、混入短繊維の架橋効果に伴うひずみ硬化特性や微細ひび割れ特性等より断面修復工や表面被覆工の補修材料としての適用が多くなっている。しかし、SHCC の場合、製造工場において短繊維をプレミックス化することが困難であったため、施工現場では、別々に梱包された SHCC 用粉体と短繊維を現場練り混ぜにより施工を行っている。これより、現場施工での練り混ぜ管理の効率化や生産性等の理由より短繊維のプレミックス化が望まれている。

本試験では、工場製造された短繊維プレミックス SHCC の品質安定性をフレッシュ性状および力学的特性より評価した。

2. 試験概要

(1) プレミックス SHCC の製造

使用した SHCC の配合を表-1 に示す。短繊維は PVA 繊維 (直径 0.04mm, 長さ 8mm, 混入率 1.7vol%) を使用した。工場でのプレミックス SHCC 用粉体 (以下プレミックス SHCC) の製造は、1 バッチ 1.5t とし、計 2 バッチ (計 3t) 製造した。プレミックス用ミキサは強制パドル型水平ミキサ (容量約 3m<sup>3</sup>, 回転数 30rpm) を使用し、攪拌時間は短繊維を含めた全材料 (1.5t) 投入後、8 分間とした。攪拌終了後のプレミックス SHCC は、ミキサ下部に設置されたホッパーに排出し、ホッパー下部の自動給袋包装機にて袋 (20 kg/袋) 単位の梱包を行った。製造したプレミックス SHCC の外観を図-1 に示す。

(2) サンプルの採取

製造したプレミックス SHCC のサンプル採取箇所を図-2 に示す。採取サンプルは 1 袋 20kg とし、排出 (製造) の初期から終期まで連続して数えて 1, 15, 30, 45, 60, 75, 100, 125, 148 袋目の計 9 箇所にて採取した。また、最終排出の約 40kg は製造工程内清掃時に排出したことから、サンプルとしなかった。

(3) 品質評価試験方法

プレミックス SHCC の品質は、フレッシュ性状の流動性評価としてモルタルフロー試験を、力学的性能については圧縮および曲げ試験 (JIS A 1171 に準拠し、材齢 28 日) で行った。また、短繊維の分散性に伴う引張特性については、土木学会の「複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料設計・指針 (案)」に準拠し、ダンベル型供試体 (中央部の検長区間長さ 80mm, 幅 30mm, 厚さ 15mm) を用いた一軸引張試験から求めた引張応力-ひずみ関係より評価を行った。なお、プレミックス SHCC の練り混ぜには、強制パン型ミキサ (電圧 100V, 回転数 30rpm) を使用し、1 袋 20kg の採取サンプルに水を 4kg 投入後、3 分間攪拌したものを試料として試験を行った。

表-1 SHCC の配合

| W<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | W/B<br>(%) | P/C<br>(%) | Ad<br>(wt%) | PVA短繊維<br>混入率 |
|---------------------------|------------|------------|-------------|---------------|
| 335                       | 41         | 6          | 0.26        | 1.7vol%       |

W:水, B:セメント+フライアッシュ+シリカフューム, C:セメント,  
P:粉末ポリマー, Ad:粉末減水剤(wt%=Ad/B)



図-1 製造したプレミックス SHCC

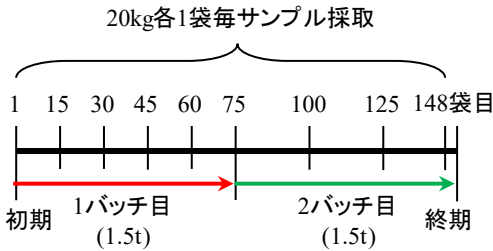


図-2 プレミックス SHCC のサンプル採取箇所

キーワード SHCC, 短繊維, プレミックス, 粉体, 工場製造, 品質安定性

連絡先 〒480-0303 愛知県春日井市明知町 1512 番地 トーヨーマテラン(株)開発技術グループ TEL 0568-88-3322

### 3. 試験結果および考察

各試験の目標値と平均値および標準偏差を併記した採取サンプルの試験結果を表-2に示す。目標値は採取サンプルすべてにおいてクリアした。また、練り混ぜ直後の目視や手触り等により短繊維の固まり等が無いことも確認された。

#### (1) モルタルフロー値と圧縮および曲げ強度

モルタルフロー値は平均値が 154mm と、標準偏差が 2mm となり、排出初期から終期にかけて大きなバラツキや変動はみられなかった。モルタルフロー値は、減水剤混入量の増減によって変動しやすいことから、粉末減水剤等も均一に混合されていることが推定できる。

圧縮および曲げ強度は、標準偏差が圧縮強度で  $1.1\text{N/mm}^2$ 、曲げ強度で  $0.5\text{N/mm}^2$  となり、大きなバラツキはみられなかった。また、普通コンクリートの曲げ強度は、圧縮強度の  $1/5 \sim 1/7$  程度であるが、SHCC は  $1/3$  程度と非常に高い曲げ強度が得られた。これは、短繊維の架橋効果による影響であり、セメントを含む粉体部と短繊維の均一混合による結果であると推定できる。

#### (2) 一軸引張試験

一軸引張試験は、ダンベル型供試体の肩の部分をつまみ具で挟み込み、手動の加圧装置にて引張試験を行った。使用した一軸引張試験装置を図-3に示す。ダンベル型供試体の試験本数は各採取サンプルにつき 5 本とし、試験結果は 5 本の平均値とした。表-2に示す結果から、引張強度の標準偏差は  $0.06\text{N/mm}^2$  となり、大きなバラツキはみられなかったが、引張終局ひずみにおいて、最大値（30 袋目、1.72%）と最小値（125 袋目、1.21%）に約 1.4 倍の差がみられた。採取サンプル 30 袋目および 125 袋目の引張応力-ひずみ関係を一軸引張試験結果の一例として図-4に示す。図-4の 30 袋目の引張終局ひずみに着目すると、0.8~2.4%と他のサンプルに比べバラツキが若干大きい。これは、同サンプルのフロー値、圧縮・曲げ強度の結果とバラツキが小さいことから、ダンベル型供試体作製時の繊維の配向による影響であると考えられる。図-5に本試験で行った全てのダンベル型供試体（45 本）の一軸引張試験結果を示す。全ての引張終局ひずみのバラツキは 0.8~2.4%の間であり、目標値である 0.5%を下回ることにはなかった。このことから、SHCC としての性能をおよそ満たしていると考えられる。

### 4. まとめ

短繊維プレミックス SHCC を 3t 工場製造し、排出初期から終期にかけてサンプルを採取した。採取したサンプルについてモルタルフロー値、圧縮および曲げ試験、一軸引張試験を行った結果、短繊維プレミックス SHCC の製造が可能であり、バラツキが小さく、安定した品質を確保できることを確認した。

表-2 プレミックス SHCC 採取サンプルの試験結果

| 採取<br>サンプル | モルタル<br>フロー値<br>(mm) | 材齢28日<br>圧縮強度<br>( $\text{N/mm}^2$ ) | 材齢28日<br>曲げ強度<br>( $\text{N/mm}^2$ ) | 材齢28日ダンベル型<br>一軸引張試験        |                |
|------------|----------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|----------------|
|            |                      |                                      |                                      | 引張強度<br>( $\text{N/mm}^2$ ) | 引張終局<br>ひずみ(%) |
| 目標値        | 150±20               | 30以上                                 | 8以上                                  | 3以上                         | 0.5以上          |
| 1袋目        | 155                  | 43.5                                 | 16.2                                 | 4.64                        | 1.54           |
| 15袋目       | 154                  | 42.1                                 | 15.5                                 | 4.63                        | 1.36           |
| 30袋目       | 152                  | 43.0                                 | 16.3                                 | 4.52                        | 1.72           |
| 45袋目       | 155                  | 41.1                                 | 16.6                                 | 4.61                        | 1.48           |
| 60袋目       | 152                  | 44.7                                 | 17.4                                 | 4.55                        | 1.51           |
| 75袋目       | 157                  | 42.1                                 | 16.4                                 | 4.48                        | 1.30           |
| 100袋目      | 151                  | 41.6                                 | 15.9                                 | 4.62                        | 1.23           |
| 125袋目      | 157                  | 41.6                                 | 16.1                                 | 4.50                        | 1.21           |
| 148袋目      | 152                  | 43.1                                 | 16.0                                 | 4.61                        | 1.52           |
| 平均値        | 154                  | 42.5                                 | 16.3                                 | 4.57                        | 1.43           |
| 標準偏差       | 2                    | 1.1                                  | 0.5                                  | 0.06                        | 0.16           |

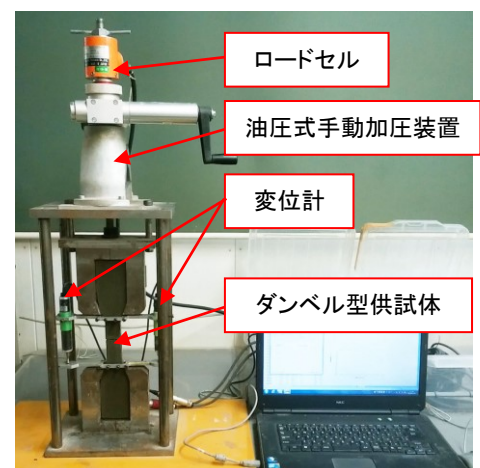


図-3 一軸引張試験装置

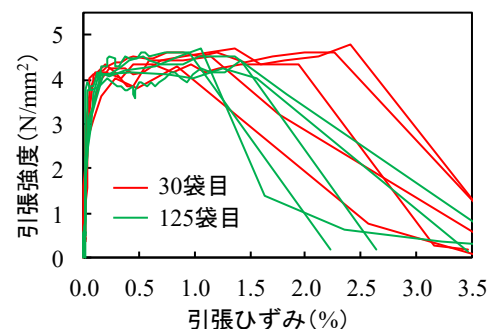


図-4 一軸引張試験結果の一例

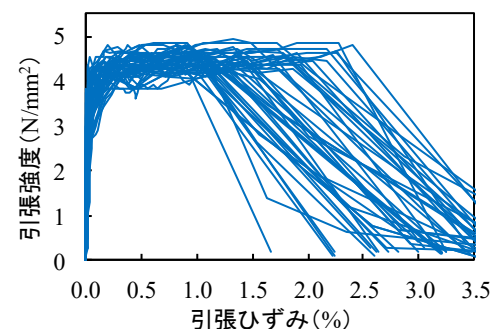


図-5 全ての供試体の一軸引張試験結果