

熱を受けた高靱性セメント複合材料の引張性能

武蔵工業大学 学生会員 ○桐生 有朋  
武蔵工業大学 非会員 儀保 善昭  
武蔵工業大学 正会員 栗原 哲彦

1. はじめに

作用する引張力の増加によって微細ひび割れが発生し、大きく引張変形する繊維補強セメント複合材料が開発されている<sup>1)</sup>。この材料は橋梁の床版、高層 RC の耐震部材、ダム、トンネルなどにも用いられている。高靱性セメント複合材料に混入される繊維には、PVA 繊維のような有機繊維がよく利用される。例えば、PVA 繊維は 200℃程度で熱融解するため、高靱性セメント複合材料が熱に曝された際に、その特徴である靱性に富んだ引張性能を著しく失うことが容易に推測できる。そこで、本研究では、熱の影響を受けた高靱性セメント複合材料の力学特性の低下を、与えた温度との関係から実験的に検討した。

2. 実験概要

高靱性セメント複合材料の示方配合を表 1 に示す。表中には、フロー値も示す。セメントには普通ポルトランドセメント（密度 3.14g/cm<sup>3</sup>）を、細骨材には大石田鉱山産天然乾燥 7 号珪砂（平均粒度 135 μm、密度 2.6g/cm<sup>3</sup>）を、繊維には PVA 繊維（長さ 12mm）を、混和剤には高性能 AE 減水剤を使用した。繊維混入率は、1%と 2%とした。養生期間は、28 日間の水中養生とした。作製した試験体の形状および寸法を図 1 に示す。試験体形状はダンベル型とした。試験体に与える最高加熱温度を、200℃、300℃、400℃の 3 ケースとし、比較対象として、非加熱のケースも設定した。各ケースとも、繊維混入率 1%と 2%の 2 パターン作製し、全 8 シリーズの試験体を各シリーズ 5 本ずつ（計 40 体）作製した。高靱性セメント複合材料の加熱には、電気炉を用いた。1℃/分の昇温勾配で温度を上げていき、目標温度（それぞれ 200、300、400℃以下、加熱温度）に達し次第、電気炉を停止させ、炉中に約 10 時間放置して試験体を常温まで冷却した。引張試験の概要を図 2 に示す。掴み治具を変位制御型の引張試験装置に取り付け、引張試験を行った。試験体の変位測定区間の両端にストローク 5mm の変位計を設置し測定した。載荷速度は、0.01mm/sec とした。

3. 加熱試験体の引張試験結果

引張応力-ひずみ関係の一例を図 3 に示す。なお、引張応力は最大荷重を試験体くびれ部（30×80mm）の面積で除いた値であり、ひずみは変位計で計測した変位量を検長 80mm（くびれ部の長さ）で除いた値である。図 3 から非加熱試験体はひび割れ後も応力の低下がなく、大きなひずみ硬化を示した。これに対して、最高温度 200℃を与えた試験体 1-200 および 2-200 では、ひび割れ後にわずかにひずみの伸びが認められるが、非加熱の試験体ほどの

表 1 高靱性セメント複合材料の示方配合およびフロー値

| 試験体名  | 温度   | PVA纖維<br>混入率(%) | W/C<br>(%) | 單位量(kg/m <sup>3</sup> ) |      |     |     |    |    | フロー<br>(mm) |  |  |  |     |    |         |
|-------|------|-----------------|------------|-------------------------|------|-----|-----|----|----|-------------|--|--|--|-----|----|---------|
|       |      |                 |            | W                       | C    | S   | V   | Ad | F  |             |  |  |  |     |    |         |
| 1-200 | 200℃ | 1               | 32         | 360                     | 1125 | 506 | 0.5 | 5  | 13 | 173・175     |  |  |  |     |    |         |
| 1-300 | 300℃ |                 |            |                         |      |     |     |    |    | 169・164     |  |  |  |     |    |         |
| 1-400 | 400℃ |                 |            |                         |      |     |     |    |    | 159・162     |  |  |  |     |    |         |
| 1-非加熱 | 非加熱  |                 |            |                         |      |     |     |    |    | 164・168     |  |  |  |     |    |         |
| 2-200 | 200℃ | 2               |            |                         |      |     |     | 2  |    |             |  |  |  | 7.5 | 26 | 153・150 |
| 2-300 | 300℃ |                 |            |                         |      |     |     |    |    |             |  |  |  |     |    | 145・146 |
| 2-400 | 400℃ |                 |            |                         |      |     |     |    |    |             |  |  |  |     |    | 157・160 |
| 2-非加熱 | 非加熱  |                 |            |                         |      |     |     |    |    |             |  |  |  |     |    | 161・160 |

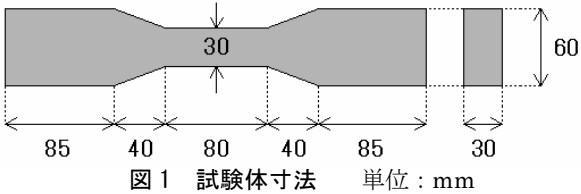


図 1 試験体寸法 単位：mm

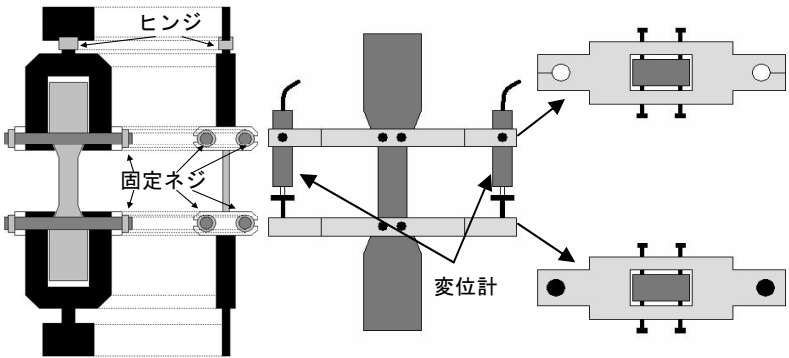


図 2 引張試験概要

ひずみ硬化は認められなかった。ひび割れ後のわずかなひずみの伸びは、熱による融解しなかった PVA 繊維が若干存在しているためと考えられる。その他の試験体では、引張応力-ひずみ関係にひずみ硬化特性を確認することはできなかった。

これは、熱により PVA 繊維がす

べて完全に融解してしまったためであると考えられる。表 2 に引張試験により得られた試験結果を示す。また、図 4 に最大引張応力と加熱温度との関係を示す。さらに、図 5 に非加熱試験体の最大引張応力を 100% した際の各試験体の最大引張応力の残存率を示す。図 4 からいずれの繊維混入率においても加熱温度が高くなるほど、試験体の最大引張応力が低下することが分かる。また、図 5 から最大引張応力の低下率は、繊維混入率 1% より 2% の方が大きいことが分かる。これは、PVA 繊維の混入率の違いから、加熱後に PVA 繊維が融解してできる空隙量が混入率 1% より 2% の方が多いためと考えられる。

図 6 に一例として、繊維混入率 2% の引張試験後のひび割れ図を示す。図 6 の写真から熱を加えることにより試験体の表面の色が淡黄色に変化しているのが分かる。非加熱試験体では高靱性セメント複合材料の特徴のひとつである微細な複数ひび割れを確認することができる。しかし、試験体に熱を与えることで PVA 繊維が融解するため、ひび割れの広がりや減少し、300℃以上の熱を与えた試験体では、全くひび割れの分散は認められなかった。

## 5. まとめ

以上、熱の影響を受けた高靱性セメント複合材料の力学特性の低下について実験的に検討した結果、以下のことが分かった。

(1) 高靱性セメント複合材料は、200℃程度の温度を受けるとひずみ硬化が急激に消失する。

(2) 繊維混入率 1% に比較して 2% の方が、最大引張応力の残存率が小さくなった。

(3) 加熱温度が 300℃以上で、加熱後、試験体の表面が淡黄色に変色した。

## 参考文献

- 1) 稲熊唯史・閑田徹志・林承燦・内田裕市：複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料の引張性状の評価，コンクリート工学，Vol. 44， No. 7， pp3～8， 2006

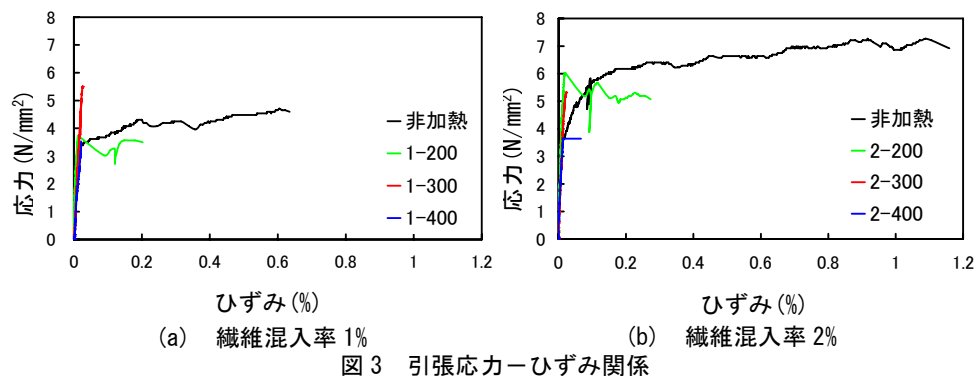


図 3 引張応力-ひずみ関係

表 2 引張試験結果一覧

| 試験体名  | 最大引張応力(N/mm <sup>2</sup> ) |      |      | 応力残存率 (%) |
|-------|----------------------------|------|------|-----------|
|       | 平均値                        | 最大値  | 最小値  |           |
| 1-200 | 4.36                       | 5.39 | 3.57 | 96.5      |
| 1-300 | 5.44                       | 6.44 | 4.09 | 120.3     |
| 1-400 | 3.00                       | 3.84 | 2.37 | 80.7      |
| 1-非加熱 | 4.52                       | 4.76 | 4.24 | 100       |
| 2-200 | 5.27                       | 6.03 | 3.93 | 71.2      |
| 2-300 | 5.70                       | 7.11 | 4.54 | 77.0      |
| 2-400 | 3.27                       | 3.64 | 2.71 | 45.8      |
| 2-非加熱 | 7.41                       | 7.94 | 7.17 | 100       |

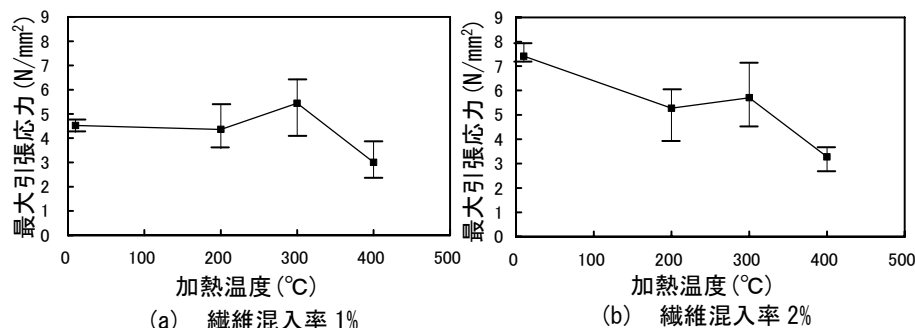


図 4 引張応力-加熱温度関係

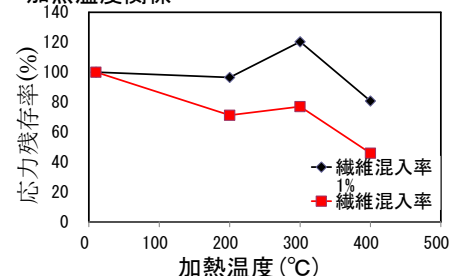


図 5 応力残存率-加熱温度関係

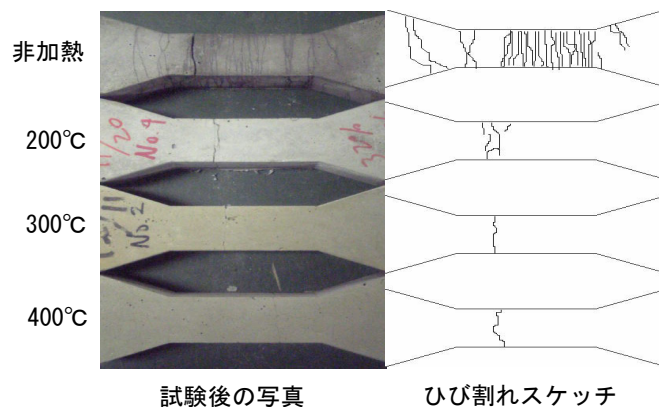


図 6 ひび割れ図