

高靱性セメント複合材料の加熱後の引張性能評価

0417035 儀保善昭
指導教員 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高靱性セメント複合材料が開発されている¹⁾。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。この 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引張性能の低下を、与えた温度との関係から実験的に検討した。

2.実験概要

2.1 試験体概要

試験体の配合及びフロー値を表 1、寸法及び形状を図 1 に示す。一軸引張試験を行う際に変位測定箇所(くびれ部)にひび割れを集中させるため、ダンベル型試験体を用いた。各パターン 5 本ずつ、計 40 本作製した。養生方法は打設後 24 時間～48 時間後に脱型し、28 日間の水中養生を行った。また、後述の掴み治具に精度良く掴ませるために試験体肩部をサンダーで削り整えた。

2.2 一軸引張試験概要

マルチプルクラック特性やひずみ硬化特性を確認するため、構造実験棟所有の一軸引張試験機を用いて試験を行った。上下の掴み治具によりダンベル形状の試験体肩部分を掴み、それを油圧ジャッキで掴み引張試験を行った。なお、下側の掴み治具は固定とし、上側の掴み治具にはヒンジを設けた。また、試験機全体の変位ではなく変位測定箇所の変位を測定するために図 2 のようにダンベル型試験体中央の検長 80mm に変位計取付具を設置し、その両側に変位計を設置し、変位を測定した。また、加熱した試験体については加熱後 24 時間一日自然冷却し、その後、非加熱同様一軸引張試験を行った。

2.3 加熱試験概要

水中養生 28 日間後、自然乾燥させ、表面の水分を十分に乾かした後に加熱試験を行った。また、炉内設置時に試験体と試験体が密着して熱が伝わりにくならないように間にスペーサを配置した。目標温度-加熱曲線は図 3 に示すとおりとし、目標温度を 200℃、300℃、400℃に設定した。昇温勾配は 1℃/min に設定し、目標温度達成後は維持せず自然冷却とした。

表 1 配合及びフロー値

試験体名	繊維混入率(%)	W/C (%)	単体量(kg/m ³)						フロー(mm)
			W	C	S	V	Ad	F	
PVA1-非加熱	1	32	360	1125	506	0.5	5	13	183・178
PVA1-200℃	1	32	360	1125	506	0.5	5	13	173・175
PVA1-300℃	1	32	360	1125	506	0.5	5	13	169・164
PVA1-400℃	1	32	360	1125	506	0.5	5	13	159・162
PVA2-非加熱	2	32	360	1125	506	0.5	7.5	26	170・165
PVA2-200℃	2	32	360	1125	506	0.5	7.5	26	153・150
PVA2-300℃	2	32	360	1125	506	0.5	7.5	26	145・146
PVA2-400℃	2	32	360	1125	506	0.5	7.5	26	157・160

セメントC: 早強ポルトランドセメント(密度3.14g/cm³)
細骨材S: 7号珪砂(密度2.65 g/cm³)
増粘剤V: USGA-クリーンD
混和剤Ad: 高性能AE減水剤 SP8HU
繊維F: PVA繊維(密度1.3 g/cm³, 長さ12mm, 径15dtex)

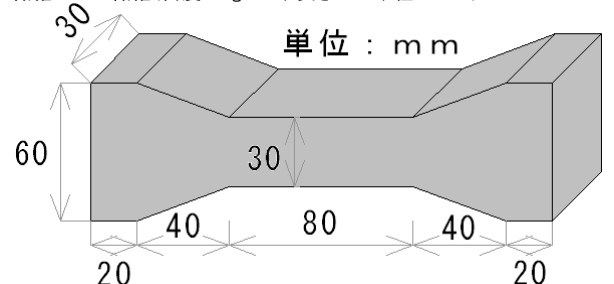


図 1 試験体寸法及び形状

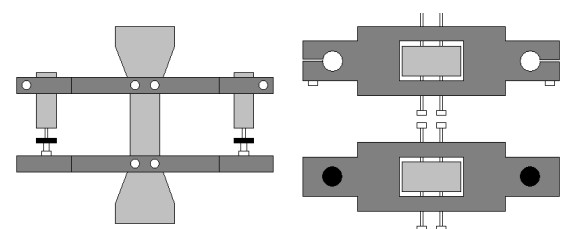


図 2 変位計取付具

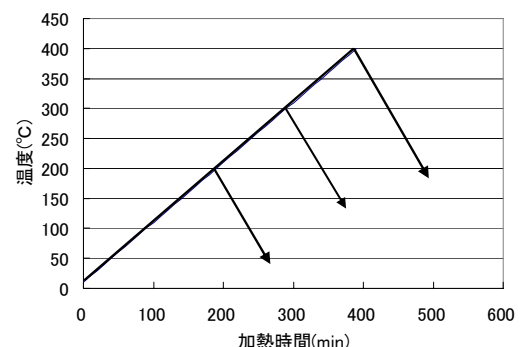


図 3 温度-加熱時間曲線

キーワード：加熱，引張性能，最大ひずみ，高靱性，PVA 繊維

3.実験結果及び考察

一軸引張試験より得られた結果から引張応力-ひずみ曲線を図4に示す。なお、図中に示すひずみは計測された左右2つの変位量の変位値を検長80mmで除したものである。さらに、応力は荷重を破断面の面積で除したものである。また、最大ひずみとはひずみの増加に伴って引張応力が増加し、最後に引張応力が降下する直前の頂点時のひずみを最大ひずみと定義した。

図4より各シリーズの平均最大引張応力、平均最大ひずみと加熱温度との関係を図5及び図6に示す。

図5より、PVA1-200°Cの最大引張応力の残存率は96.5%となり、強度低下は確認できず、ほぼ同程度となった。PVA1-300°Cでは、残存率は123%となり、強度が上昇している。PVA1-400°Cでは、強度は低下し、残存率は68.0%になった。PVA2に関しては、PVA2-200°Cの最大引張応力の残存率は72.5%になり、PVA2-300°CではPVA1同様、78.4%と強度が上昇し、PVA2-400°Cでは46.2%となり、半分程度となった。PVA1とPVA2を比べると、どれも繊維量の多いPVA2の方が最大引張応力は大きくなった。これは繊維量が多い方が擬似ひずみ硬化特性が顕著に現れるということが言える。また、PVA2の方が非加熱時の最大引張応力が大きい分、加熱時の融解繊維量も多く、変化が顕著となった。

図6より、PVA1においては最大ひずみの残存率はPVA1-200°Cが4.69%、PVA1-300°Cが4.46%、PVA1-400°Cが3.60%となり、靱性がほぼ失われてしまったと言える。繊維混入率1%になると200°Cの時点でほとんどの繊維が融解してしまっていることが言える。PVA2においてはPVA2-非加熱では最大ひずみの平均は1.23%となり、マルチプルクラック特性を顕著に示し、ひび割れが20本近く確認できた。PVA2-200°Cでは残存率42.0%となり、融解しきれなく残存した量に差が生じたと言える。しかし、300°C以上になると、残存率はPVA2-300°Cが2.32%、PVA2-400°Cが1.15%と、繊維がほぼ融解し、脆性的な破壊を示した。

4.まとめ

PVA1とPVA2を比較すると、PVA繊維の融点を超える前まではPVA2の方が引張性能は高いが、融点を超えると繊維は融解し、引張性能の低下は顕著に表れ、PVA1、PVA2は同程度となった。

【参考文献】

1) 稲熊唯史・関田徹志・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

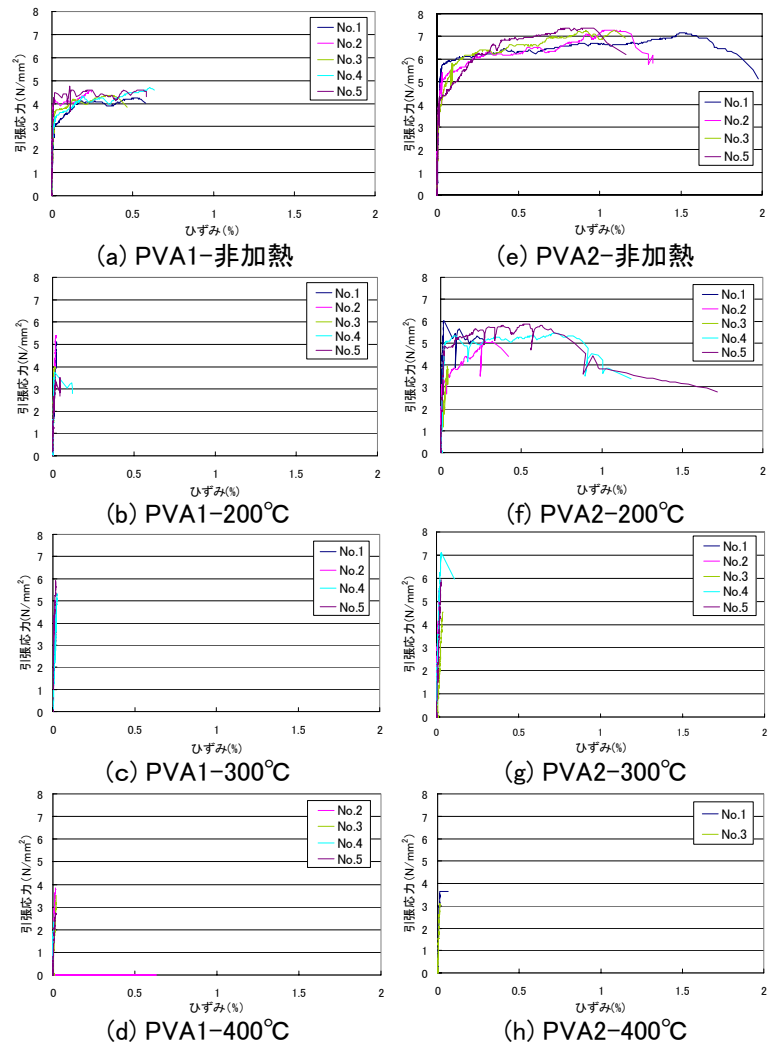


図4 引張応力-ひずみ曲

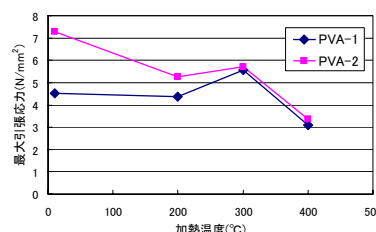


図5 応力-加熱温度関係

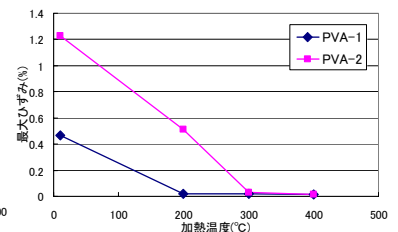


図6 ひずみ-加熱温度関係