

高温履歴を受けた DFRCC の曲げ靱性評価

武蔵工業大学 学生会員○新名 正英 西元 守人

武蔵工業大学 正会員 栗原 哲彦 吉川 弘道

1. はじめに

高靱性セメント複合材料 (Ductile Fiber Reinforced Cementitious Composites: 以下 DFRCC) は、セメント系材料を繊維で補強した複合材料であり、材料の破壊靱性のみならず構造物に適用された際の靱性・延性向上が期待されている。しかし、その耐久性については未解明な部分が多い。そこで本研究は DFRCC の耐熱性に着目し、高温履歴が曲げ靱性に及ぼす影響を実験的に明らかにすることを目的とする。

2. 実験概要

2.1 DFRCC の作製¹⁾

配合を表 1 に示す。セメントには早強ポルトランドセメント、細骨材には 7 号珪砂、混和剤には高性能 AE 減水剤・非イオン系水溶性セルロースの増粘剤を用いた。供試体は、モルタルマトリックス (以下 B-M) にビニロン繊維 (径 20 μm , 長さ 13mm, 密度 1.3g/cm³: 以下 B-VF) ・ポリエチレン繊維 (径 12 μm , 長さ 13mm, 密度 1.04g/cm³: 以下 B-PF) をそれぞれ混入したものの計 3 種類を各試験において 3 本ずつ作製した。供試体寸法は 40×40×160(mm)とし、供試体作製後 28 日間の気中養生を行った。なお、繊維混入率は、容積に対して B-VF が 1.1%, B-PF が 1.5%とした。

表 1 配合表

シリーズ名	水セメント 比 (%) W/C	単位量 (kg/m ³)					混和剤 Ad
		水 W	セメント C	細骨材 S	増粘剤 V	繊維 F	
B-VF	30	342	1264	395	0.9	14.6	37.92
B-PF						—	
B-M						—	

2.2 実験方法

図 1 示す温度履歴を用いて供試体の加熱を行った。その際、常温～300℃ (乾燥炉) においては 50℃ごと、500℃～1000℃ (高温釜) においては 100℃ごとに最高温度設定を行った。最高温度に到達後で 10 分間の温度保持を行い、その後自然冷却した。加熱・冷却後の供試体を 3 等分点曲げ载荷によって荷重—変位曲線を測定した。得られた荷重—変位関係より、曲げ強度・曲げタフネスを算出することによって高温履歴が DFRCC の曲げ靱性に及ぼす影響を評価した。

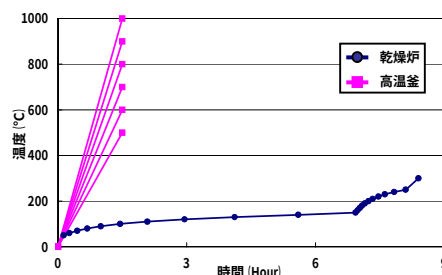


図 1 温度履歴

3. 実験結果及び考察

3.1 荷重—変位曲線

荷重—変位曲線の測定結果の一例を図 2 に示す。B-M は、常温時において、最大荷重に到達すると同時に脆性破壊を起こし、それ以上の温度下においては温度上昇に伴い最大荷重が低下した。B-VF・B-PF は、常温～250℃までの間においては DFRCC の特徴であるひび割れ発生後の荷重増加を確認することができ、最大荷重到達後も延性的に破壊となった。300℃以上の温度になると B-M とほぼ同様の挙動となった。

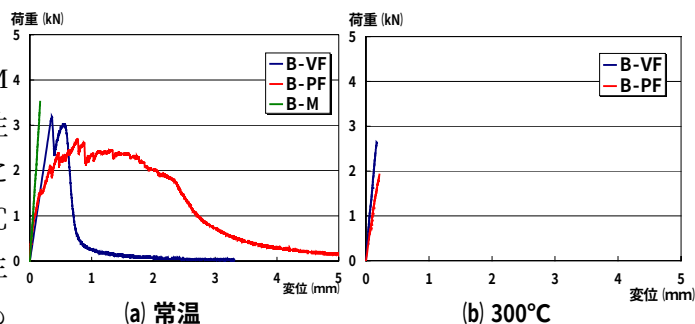


図 2 荷重—変位曲線

3.2 曲げ強度

曲げ強度と高温履歴を与えた際の最高温度との関係を図 3 に示す。ここで、3 本の供試体のばらつきを各測定点の縦線で示し、それらの平均値を折線で結んだ。B-PF においてやや大きめのばらつきがみられるが、練混ぜ時における

Key Words: 高靱性セメント複合材料, 高温履歴, 曲げ強度, 曲げタフネス

連絡先: 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 TEL:03-3703-3111 (内線) 3243 FAX:03-5707-1165

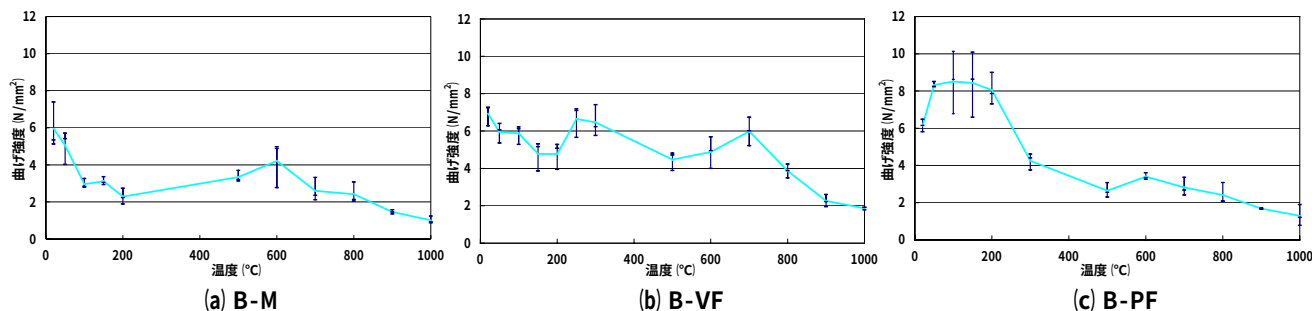


図3 曲げ強度と温度の関係

繊維の分散が良好でなかったためであるとえられる。

B-Mは、200℃までの間に強度が急激に低下し、それ以後はゆるやかに低下した。B-VFは300℃までは大きな強度低下は確認されなかったが、300℃以上になると強度低下が生じ始め、700℃以上になると急激に低下した。

B-PFは200℃までは強度低下を生じず、300℃において大きく低下し、それ以後ゆるやかに低下した。B-VF・B-PFともに常温～200℃までの間に強度低下が生じなかったのは、繊維が混入されている部分や溶解した部分に供試体内部の自由水が移動し膨張圧を緩和したためである²⁾と考えられる。500℃以上においては、常温～300℃と比べ、内部組織の緩みが激しかったため、膨張圧を緩和しきれず、B-Mと同様に急激な強度低下に繋がったと推測できる。

3.3 曲げタフネス

曲げタフネスと高温履歴を与えた際の最高温度との関係を図4に示す。なお、曲げタフネスは荷重が増加し、再び0kNに戻った時点までの荷重－変位曲線下の面積とした。ここで、図3同様3本の供試体のばらつきを縦線で示し、それらの平均値を折線で結んでいる。

B-VFの曲げタフネスは100℃においてピークとなり、常温時に比べ100℃～200℃の間ほうが大きな値となった。これは、混入されているビニロン繊維が熱を受けたことにより伸びやすくなり、曲げ靱性が向上したためであると考えられる。また、供試体内部の繊維が溶解し始めると考えられる250℃において急激に曲げタフネスが低下し、300℃において完全に曲げタフネスが失われることが確認できた。B-PFの曲げタフネスにおいてもB-VFとほぼ同様の挙動となった。100℃・150℃において大きなばらつきが確認できるが、これらの供試体は曲げ強度においてもばらつきが大きく、練混ぜ時における繊維の分散が良好でなかったことが原因であると考えられる。曲げタフネスが大きければ靱性も大きいと評価できるため、B-VF・B-PF共に200℃程度までの加熱を受けるとによって曲げ靱性が向上するが、300℃以上の加熱を受けると完全に曲げ靱性を失ってしまうといえる。また、B-VFは50℃～250℃の間において若干曲げ強度が低下する傾向にあるものの、曲げタフネスは向上したことより、DFRCCの曲げ靱性は内部の繊維の状態に依存していると考えられ、内部に繊維が存在してさえいれば所要の靱性を確保できると推測される。

4. まとめ

DFRCCは常温～300℃の間においては強度を維持することができ、500℃以上の加熱を受けると温度上昇に伴い強度が低下する。また、DFRCCは、常温～200℃の間において曲げタフネスの低下はなく、300℃以上になると低下することより曲げ靱性を維持できるのは200℃付近までであるといえる。

5. 謝辞

本研究を進めるにあたり、貴重な繊維を提供して頂いた株式会社クラレ、東洋紡績株式会社の両社に深く感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 藤田鉄兵:高靱性セメント複合材料の耐火性及び外部物質浸透性,平成14年度武蔵工業大学卒業論文
- 2) 日本コンクリート工学協会:コンクリート構造物の火災安全性研究委員会報告書,2002.6