

温度履歴に対する DFRCC の耐久性

学生氏名 新名 正英

指導教員 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,高い靱性を保有しており,今後のコンクリート構造物の性能向上が期待される材料であるが,その耐久性は未解明な部分が多い.そこで,本研究は温度履歴を受けた DFRCC の耐久性を実験的に明らかにすることを目的とする.

2. 実験概要

表 1 配合表

2.1 DFRCC の作製¹⁾

表 1 に配合を示す. 供試体はモルタルマトリックス(以下 B-M)にピニロン繊維・ポリエチレン繊維・鋼繊維をそれぞれ混入したもの(以下 B-VF・B-PF・B-SF),ピニロン繊維を提供してくれたメーカーの推奨配合(以下 M-VF)の計 5 種類を作製した.

シリーズ名	水セメント比 (%) W/C	単位量 (kg/m ³)							
		水 W	セメント C	混和材		細骨材 S	増粘剤 V	繊維 F	混和剤 Ad
				FA	SF				
B-M	30	342	1264	-	-	395	0.9	-	37.92
B-VF	30	342	1264	-	-	395	0.9	14.6	37.92
B-PF	30	342	1264	-	-	395	0.9	14.6	37.92
B-SF	30	342	1011	-	253	395	0.9	60	37.92
M-VF	39	380	682	292	-	487	1.91	26	4.52

FA:フライアッシュ, SF:シリカヒューム

2.2 実験方法

1)耐熱性実験

40×40×160(mm)の,28日間の気中養生を行った B-M, B-VF, M-VF, B-PF の 4 種類の供試体に,乾燥炉(常温~300)・高温釜(500 ~1000)を用いて高温履歴を与えた.耐熱性実験に用いた温度勾配を図 1 に示す.最高温度に到達した時点で 10 分間の温度保持を行い,自然冷却後,3 等分点曲げ荷重により荷重 - 変位曲線を測定し,高温履歴が DFRCC の曲げ性状に与える影響を確認した.

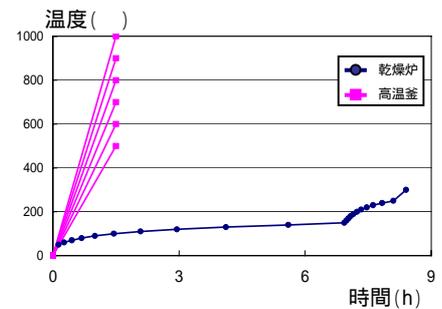


図 1 温度勾配

2)凍結融解試験

100×100×400(mm)の28日間の水中養生を行った B-M, B-VF, M-VF, B-SF の 4 種類の供試体を用いて, JIS A 1148-2001A 法に準拠して凍結融解試験を行った. 相対動弾性係数, 質量百分率 ($\frac{n\text{サイクル時の質量}}{0\text{サイクル時の質量}} \times 100(\%)$)²⁾を測定することにより DFRCC の凍結融解作用に対する抵抗性を評価し, 随時目視による観察を行うことによって, 表面の劣化状況を把握した.

3. 耐熱性実験結果及び考察

a) 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 2 に示す. B-M は最高温度 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・M-VF・B-PF 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, 500 以上になると急激に低下した. 300 まで強度低下が生じなかったのは, 繊維の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³⁾と考えられる. 500 以上では, 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.

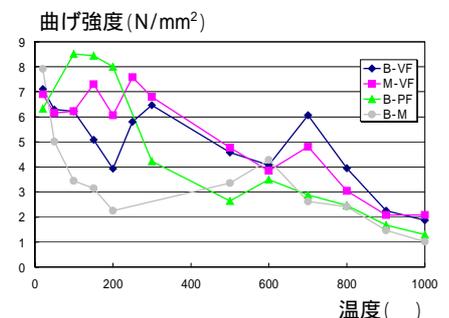


図 2 曲げ強度と温度の関係

b) 荷重 - 変位曲線

荷重 - 変位曲線の結果を図 3 に示す. なお, 荷重 - 変位曲線には測定した 3 つのデータの中で最も平均的なものを示した. B-M は繊維無混入のため最大荷重到達後に脆性破壊を起こし, 温度の上昇に伴い最大荷重が低下し

た。B-VF・M-VF・B-PF は、常温～200 までの温度下において、DFRCC の特徴であるひび割れ発生後の荷重増加が確認され、最大荷重到達後も延性的な破壊となった。しかし、250 になると破壊形態は延性的であったが、DFRCC において定義される荷重増加は確認されず、軟化域における勾配も 150・200 と比較すると急勾配となった。また、300 以上では全ての供試体が脆性破壊を起こした。通常、ピニロン繊維・ポリエチレン繊維は 200 前後で繊維自体が溶解してしまう。そのため内部温度が 200 に達すると考えられる 250 付近において繊維が溶け始め、300 においては内部の繊維は完全には溶解しないが、十分な靱性を保持するだけの繊維が残っていないため、DFRCC はその性能を失ってしまうと推測できる。500 以上の温度下においては、全ての供試体が温度上昇に伴い最大荷重が低下した。500 以上では、繊維が完全に溶解しているため、全ての供試体の最大荷重、最大荷重点における変位は B-M とほぼ同等となり脆性破壊に至った。

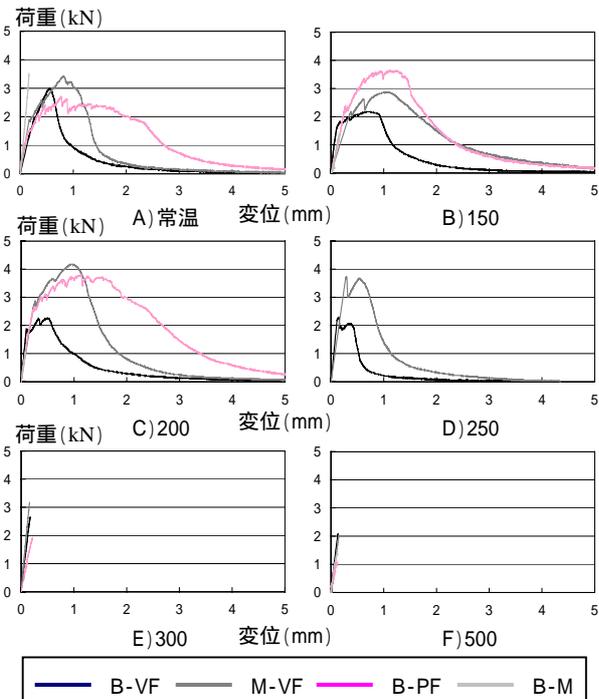


図3 荷重 - 変位曲線

4. 凍結融解試験結果及び考察

図4に凍結融解試験より得られたサイクル数と相対動弾性係数、質量百分率の関係を示す。B-VF・M-VF・B-SF 全ての供試体がどのサイクル時においても相対動弾性係数が 90%～105%の間にあり、ほとんど低下が確認されず、質量百分率においても大きな低下は確認されなかった。B-VF・M-VF の質量が 30 サイクル以後、わずかに増加しているのは、供試体が凍結融解試験槽内の水分を吸収したためであると考えられる。また、M-VF・B-SF の 300 サイクル終了時の質量百分率の低下は、写真1に示した表面の剥離や、くぼみができた分の質量減少だと考えられる。

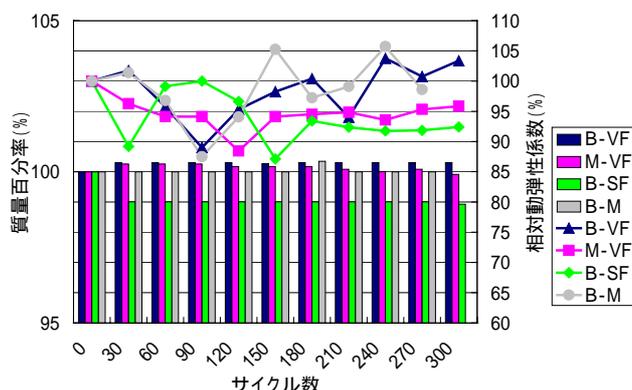


図4 サイクル数と動弾性係数及び質量百分率の関係

相対動弾性係数、質量百分率の結果より、DFRCC の凍結融解作用に対する抵抗性は非常に高いといえる。凍結融解作用に対する抵抗性に優れていた要因としては、DFRCC は従来、高強度として用いられるため、一般のコンクリートに比べ水セメント比が小さい配合となっていることが考えられる。また、本実験においては、B-M が 270 サイクル目までの結果ではあるが内部劣化が確認されなかったため、繊維を混入することが凍結融解作用に対する抵抗性の向上に繋がるのかどうか明確にすることはできなかった。

5. まとめ

DFRCC は、温度履歴を受けると 300 までは強度を保持できるが、500 以上の温度下になると繊維の溶解に伴って急激な強度低下を生じる。曲げ性状においては、300 以上の温度下において脆性破壊を起こしてしまうため、DFRCC の変形性能を維持できるのは 250 付近までであると考えられる。また、凍結融解作用に対する抵抗性は非常に高く、実用上問題ないと考えられるが、表面の劣化による美観的な面で若干の問題を残した。

【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) 塚谷宣武・池田健司: 混和剤を用いたコンクリートの耐凍害性に関する研究, 平成 14 年度武蔵工業大学卒業論文
- 3) 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, pp157～158, 2002.6



写真1 表面劣化状況
左:M-VF, 右:B-SF