

低温から高温までの温度履歴を受けた HPFRCC の引張性能の評価

破壊診断工学研究室 林 大智

1. 研究の背景と目的

複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料 (HPFRCC) は引張力下において、疑似ひずみ硬化挙動と複数微細ひび割れ挙動を示す高靱性な繊維補強モルタルである¹⁾。

HPFRCC は今日、水路施設の表面補修、トンネル内面の表面仕上げ、鉄道高架橋の防音壁の基礎部などへの利用が徐々に広がっている。コンクリート構造物の表面温度は、冬季の寒冷地では -20°C に、夏季の南向きの面では $40\sim 50^{\circ}\text{C}$ になる場合がある。火災により高い温度を受ける場合もありうる。

HPFRCC の引張試験は、 20°C 前後の常温で行われることが多く、 -20°C といった低温や 200°C 近い高温の履歴を受け、常温に戻った後の状態での引張強度や終局ひずみなどの引張性能については、十分には明らかにされていない。

そこで本研究では、低温から高温までの温度履歴を受けた HPFRCC の引張性能を明らかにするため、高強度ポリエチレン繊維を用いた HPFRCC を対象として、さまざまな水準で一軸引張試験を行った。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

一軸引張試験用にダンベル型供試体を作製した。初期養生を 20°C の恒温室で24時間、脱型後1週間の水中養生と1週間の気中養生とした。

温度水準は、岐阜大学において $-20^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$ までの 20°C 間隔で7水準、群馬大学において100, 140, 180°C の3水準とし、それぞれ繊維有無の2種類とした。また、加熱(冷却)直後、除熱(冷)後の供試体をそれぞれ作製した。この温度水準を表1に示す。

2.2 試験方法

一軸引張試験を行う。ダンベル供試体において検長区間は中央部(幅30mm, 長さ80mm)である。引張荷重はロードセルによって測定し、変形は検長

表1 温度水準

試験条件	種類	岐阜大学							群馬大学		
		-20°C	0°C	20°C	40°C	60°C	80°C	100°C	100°C	140°C	180°C
加熱(冷却)直後	繊維あり	○	○	○	○	○	○	○			
	繊維なし	○	○	○	○	○	○	○			
除熱(冷)後	繊維あり	○				○	○	○	○	○	○
	繊維なし	○				○	○	○	○	○	○

区間の上下に設置した高感度変位計(容量25mm(感度500))により測定を行った。一軸引張試験では、応力-ひずみ曲線の応力が初めに大きく低下した点である初期ひび割れ強度、応力が最大となった時の引張強度、引張強度時のひずみである終局ひずみを求めた。なお、これらの値は、1水準当たり5本の供試体の平均値で表す。

3. 実験結果および考察

一軸引張試験で求めた恒温 20°C 、 100°C の加熱直後の引張応力-ひずみ曲線を図1に示す。これより、試験時の供試体温度が高くなると終局ひずみが大きくなるのが分かる。

加熱(冷却)温度と終局ひずみの関係を、加熱(冷却)直後と除熱(冷)後に分けて図2に示す。これより、 60°C あるいは 100°C まで加熱した直後の供試体の終局ひずみは、除熱したものに比べ4倍程度大きく、 100°C までの範囲であれば、加熱温度が高いほど終局ひずみが大きいことが分かる。 40°C から 100°C まで4水準の加熱直後の終局ひずみは、加熱温度が 20°C 上がるに伴い、およそ1%ずつ大きくなっている。これらの原因を、高温を与えたことによ

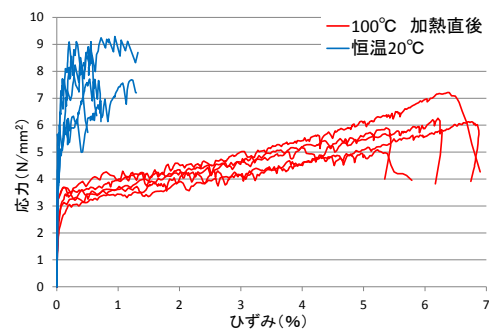


図1 応力-ひずみ曲線

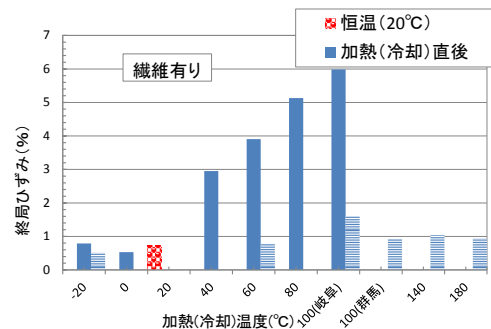


図2 加熱(冷却)直後と除熱(冷)後の終局ひずみ

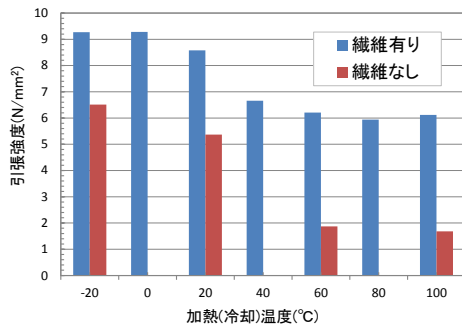


図3 加熱(冷却)直後の引張強度

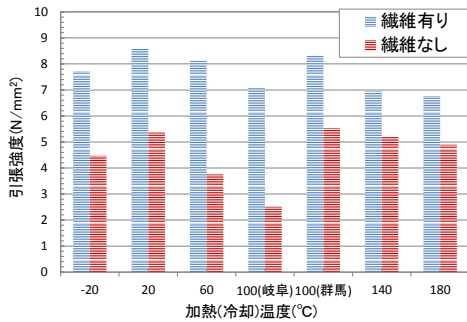


図4 除熱(冷)後の引張強度

り、モルタルから水分が蒸発し、引張強度が低下したり、乾燥ひび割れが発生したりして、繊維の効果が発現しやすい状況が生じたからだと考えた。しかし、これを調べたところ乾燥によるひび割れは見られなかった。繊維が熱により膨張したり伸びやすくなり、繊維が切れたりすることなく、HPFRCCの変形性能を大きくした可能性も考えられる。また、群馬大学で温度履歴を与え、1週間程度除熱した場合の3水準の終局ひずみは同程度であり、20°Cにおける終局ひずみよりわずかに大きい。

横軸に加熱(冷却)温度、縦軸に引張強度として、図3、図4に、加熱(冷却)直後と除熱(冷)後の引張強度の結果をそれぞれ、繊維有りと繊維なしに別けて示す。図4より、群馬大学において100°Cの温度履歴を与えた供試体は、岐阜大学において同様に温度を与えた供試体よりも、引張強度が高いことが分かる。また、140°C、180°Cの引張強度は、ほとんど等しい値となった。岐阜大学では、除熱(冷)後1日で引張試験を行ったが、群馬大学では、除熱後1週間程度で引張試験を行った。加熱により供試体中の水分が失われ、引張強度が低下するが、除熱後に徐々に水分が回復し、マトリックスの引張強度も回復した可能性が考えられるため、供試体の質量変化にも注目して実験を行う必要があると考える。供試体を加熱するのではなく、減圧により乾燥させ、引張強度の変化を調べるとよい。

横軸に加熱(冷却)温度、縦軸に初期ひび割れ強度として、加熱(冷却)直後と除熱(冷)後に別け

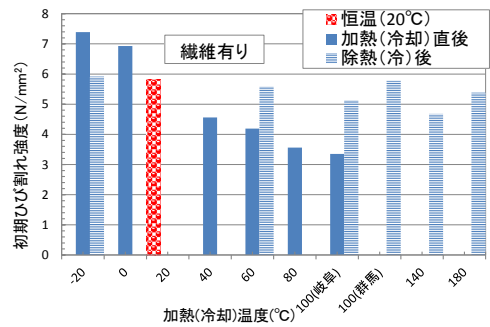


図5 加熱(冷却)直後と徐熱(冷)後の初期ひび割れ強度の比較

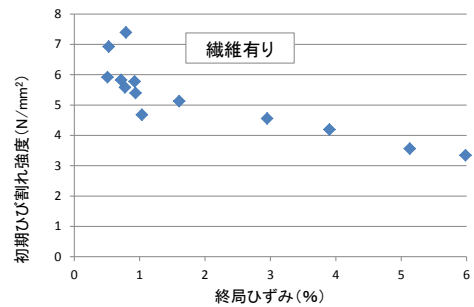


図6 終局ひずみと初期ひび割れ強度の関係

たものを図5に示す。図6は、各温度水準の終局ひずみを横軸に、初期ひび割れ強度を縦軸に示したものである。図5より、試験時の供試体温度が低くなると初期ひび割れ強度は高くなる。除熱後の初期ひび割れ強度は、恒温20°Cの値に近づく傾向にあるとも分かる。図6からは、初期ひび割れ強度が高くなると終局ひずみは小さくなる傾向が認められる。

4. まとめ

本研究で得られた知見は以下のとおりである。

- (1) 60°Cあるいは100°Cまで加熱した直後の供試体の終局ひずみは、除熱したものに比べ、4倍程度大きく、100°Cまでの範囲であれば、加熱温度が高いほど、終局ひずみが大きくなった。
- (2) 加熱直後と除熱後の供試体を比較すると、除熱すると加熱直後よりも引張強度が高くなった。
- (3) 本研究の範囲(-20°C~100°C)では、試験時の供試体温度が高くなると、引張強度と初期ひび割れ強度は低くなり、終局ひずみは大きくなる傾向が認められた。除熱(冷)後には、これらの値は恒温(20°C)の時の値に近づく傾向が見られた。

参考文献

- 1) 土木学会：複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料設計・施工指針(案)、コンクリートライブラリー127, 2007.3