

(667)

波型金属繊維強化セラミック基複合材料

(株) 神戸製鋼所 材料開発センター ○斎藤 誠

要素技術センター 溝口 孝遠

1 緒 言 セラミックスは極めて魅力的な特性を有しているが、脆いと言う一点のため、構造材料への適用は極めて限られている。改善策の一つに繊維などによる複合化がある。長い金属繊維で複合化すると見掛けの靱性は容易に向上するが、これは金属繊維自身の延性によるもので、大きな変形に際してのみ有効になる。しかしながら、セラミック基複合材では亀裂の発生は避けられないので現実的には小さな変形時にマトリクスに発生する亀裂の進展を阻止する機能が重要となる。本複合材は繊維形状の工夫により、亀裂進展阻止能を改善したものである。

2 実験方法 繊維は直径0.1mmのタングステン細線を三角波状に曲げ加工したもので、振幅1mm、屈曲部の開き角は 90° 、曲率半径は約0.5mmである。マトリクスは Al_2O_3 、成形法はホットプレス、 $V_f=0.2$ で繊維の配向は一方向である。試験片形状は 6×55 で、三点曲げ抗折試験、疲労試験を行った。

3 結 果 Fig. 1に抗折試験におけるたわみと荷重の関係を示す。荷重の上昇過程でポップインが発生しても、荷重は更に大きく上昇する点、最大荷重点を過ぎても荷重の低下は極めて小さい点の特徴である。この結果はマトリクス中に亀裂が発生しても一定の応力までは進展を阻止できること、また、進展しても距離は小さく、負荷に伴って進展と停止を繰り返しながら徐々に進行することを示している。Fig. 2は試験途中の亀裂の進展状態を示す。亀裂は繊維に沿って進展して屈曲部に至り、そこから再びマトリクス中に本来の方向に進展している。また、亀裂の先端は屈曲部で停止しており、波型繊維はマトリクスに発生した亀裂の進展を直線部で誘導し、屈曲部で停止させる機能を有することが分かる。Fig. 3には試験片の変形状況を示す。従来の直線繊維では亀裂が繊維の長手方向にも容易に進展するため、試験片全体がバラバラになるが、波型繊維では亀裂は屈曲点を越えてさらに長手方向に進展することはないので破壊は破断部分の近傍に限られる。曲げ強度はマトリクスのアルミナと同程度で強度の低下は少なく、破壊エネルギーは約1000倍になる。疲労特性は曲げ強度の80%の応力に対しては 10^7 cycles以上の繰り返し寿命があるが、予め永久変形(たわみ量で約0.06mm)を与えた後でも約50%の応力に対し 10^6 cycles程度の寿命を示す。これも波型繊維の亀裂進展阻止能に依るものと考えられる。本複合材ではある程度の永久変形が可能で、かつ変形後も特性はそれほど低下しないので、構造材料としての信頼性は飛躍的に向上すると考えられる。

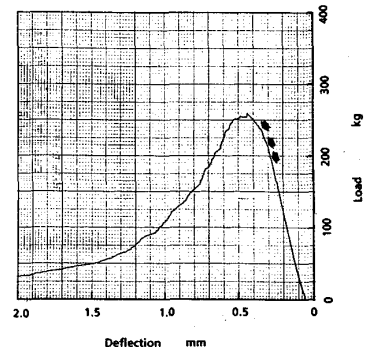


Fig. 1 Load-deflection curve for flexure test. Arrows indicate pop in.

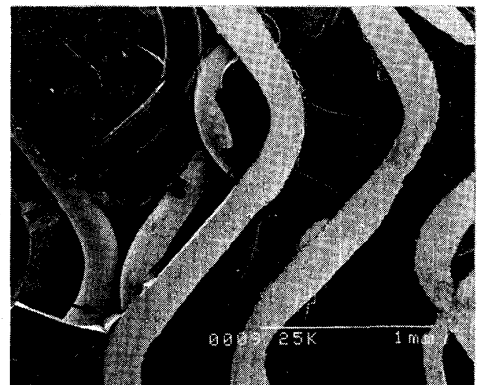


Fig. 2 SEM photograph showing matrix cracks on tensile surface of flexure.

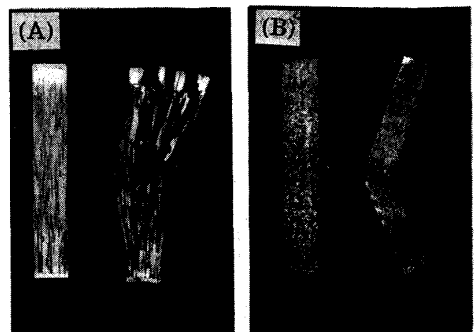


Fig. 3 Specimens of W/ Al_2O_3 composite after flexural test.

(A) Straight fiber FRC

(B) Triangular wave fiber FRC