

自己修復機能発現のための新規マイクロカプセル開発と炭素繊維強化ポリマーへの応用

生産システム課

水野 渡*

富山県立大学 工学部 機械システム工学科

真田 和昭

株式会社ニッセイテクニカ

西村 公一

株式会社日立製作所 日立研究所

宝蔵寺 裕之

1. 緒言

近年、炭素繊維強化ポリマー(CFRP)の用途は、航空宇宙や自動車分野等に拡大し、CFRPの信頼性確保に対する社会的要求が高まったことから、優れた強度を長期間維持できるCFRPの開発が望まれている。このため、CFRP等に損傷が発生した場合、自己修復する機能を付与する研究が活発に行われ、様々な手法が提案されているが、高強度と高自己修復機能の両立が難しく、実用化には多くの課題が残されている。本研究では、損傷発生時にマイクロカプセルから修復剤を放出・硬化して自己修復するCFRPの開発に関する基礎研究を行い、優れた強度を長期間維持するCFRPの実用化を目指すことを目的とした。

2. 結果概要

開繊炭素繊維束とマイクロカプセルを用いて、高強度と高自己修復機能を両立した新規CFRPを開発するため、層間にマイクロカプセルを配合した薄層炭素繊維(TCF)/エポキシ樹脂(EP)積層材料を作製し、層間せん断試験、衝撃試験を行った。

TCF/EP積層材料の層間せん断試験は、JIS K7078規格に準拠した3点曲げによるショートビーム法で行った。初期試験では、材料が完全に破壊する前に負荷を中断し除荷した後、試験片を取り外し室温下で万力を用いクランプした状態で24h放置した。その後、万力から取り外し80℃で24h修復させた。修復後、初期試験と同様の損傷後試験を行った。自己修復機能を持たないTCF/EP積層材料の場合、初期試験では最大荷重後徐々に荷重が低下した。損傷後試験では、初期試験に比べて、初期勾配が低下し物性の低下を示した。自己修復機能TCF/EP積層材料の場合、自己修復機能を持たないTCF/EP積層材料と同様に初期試験では最大荷重後徐々に荷重低下したが、修

*現 企画管理部

復後試験では、初期試験とほぼ同様な挙動を示し損傷から物性が回復することが確認され、高い自己修復効果を示した。

自己修復機能TCF/EP積層材料の損傷状態を断面観察したところ、試験片中央と端部の間でき裂が進展している様子が見られた。さらに、その付近ではマイクロカプセルが破壊してカプセル内から修復剤が放出されており、修復剤の硬化によりき裂が修復されることが確認された。

衝撃後圧縮試験は、幅55mm、長さ88mm、厚さ約2mmの平板状試験片に単位厚さ当たりの衝撃エネルギーが0.5J/mmになるように、重さ0.58kgのストライカーの高さを調整して、試験片中央に落下させた。

超音波探傷機により観察した内部損傷の状況から、自己修復機能を持たない試験片では、試験片中央部付近に衝撃負荷前では存在しなかった内部損傷が衝撃負荷後に形成されていることを確認できた。

3. まとめ

マイクロカプセルと開繊炭素繊維を用いて自己修復CFRPを作製し、層間せん断試験、衝撃試験、および超音波探傷法による内部損傷観察を行った。層間せん断試験の結果、自己修復機能TCF/EP積層材料の場合修復率がほぼ100%となる結果が得られた。

今後、炭素繊維強化ポリマー(CFRP)の成形加工プロセスに適応可能な新規シリカ膜マイクロカプセルの試作を行う予定である。また、CFRPの初期強度を低下させずに、高い修復効果を付与するための微視構造設計とカーボンナノチューブ等のナノ材料を活用した高強度化についても検討し、優れた強度を長期間維持するCFRPの実用化を目指すこととしている。