積層型繊維強化構造を有する NITE-SiC/SiC 複合材料の層間強度特性評価

Evaluation of Interlaminar Strength of NITE-SiC/SiC composites
with Laminated Fiber Reinforced Structure

朴　峻秀 [1]，金　鍾壹 [2]，中里　直史 [1]，岸本　弘立 [1]，野沢　貴史 [3]
[1] 室蘭工大 OASIS，[2] 室蘭工大（院），[3] 量子科学技術研究開発機構

DNS・WC 法による層間引張・せん断強度評価を試みると共に、繊維強化構造との相関を明らかにした。

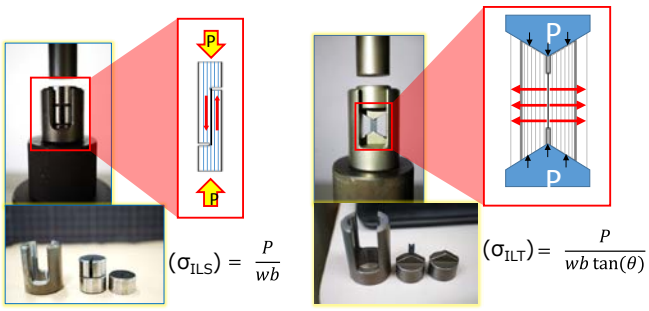
キーワード：NITE-SiC/SiC **複合材料**，強度異方性，層間せん断強度、層間引張強度

1. 緒言

炭化ケイ素の非常に微力的な特長（優れた熱・機械特性、低放射化特性等）により、核融合炉の内壁構造物、原子炉の炉心構造物への適用に向けた研究開発が行われている。SiC/SiC 複合材料の製造手法の中で、NITE プロセスは既存プロセスと異なり、非常に緻密で結晶性の高い SiC マトリックスを形成させる事が可能で、高温強度特性のみならず、高いガス気密性を提供する。近年、工業化に向け改良された NITE プロセス（DEMO-NITE プロセスと称す。）の根幹は製造性に優れた乾式中間素材（プリプレグシート）である。NITE-SiC/SiC 複合材料は主に SiC マトリックス原料を繊維バンドル内部に含浸させ、一方向に繊維を並ばせた一方向（Uni-directional, UD）プリプレグシートを積層する手法により製作している。よって、材料設計・使用において、繊維強化構造を考慮した強度特性評価手法を用い、三次元強度異方性データを構築する必要がある。本研究では両端ノッチせん断試験（Double Notch Shear, DNS）およびくさび圧縮試験（Wedge compression, WC）を用いる NITE-SiC/SiC 複合材料の積層方向での強度特性評価への適用性に関する検討を行うと共に、繊維強化構造の影響を解析する事を目標とする。

2. 実験方法

500nm 程度の炭素被覆を施した Hi-Nicalon Type-S を強化材とする UD プリプレグシートを中間素材として用いた。繊維強化構造との相関を調べる為に、プリプレグシートを 0 度/90 度で交互に積層した①クロスプライ材（XP）と短冊プリプレグシートを織物にした②織物材（WP）、短冊プリプレグシートを 3~5mm 程度にしランダムに配置した③短繊維（SF）の三種類のプリフォームを製作した後、ホットプレスで加熱・加圧を行い、焼結体を得た。層間せん断及び層間引張試験における試験片及び試験ジグの写真を図 1 に示す。試験速度は 0.5mm/min である。試験後は FE-SEM を用いた破断面観察を行った。

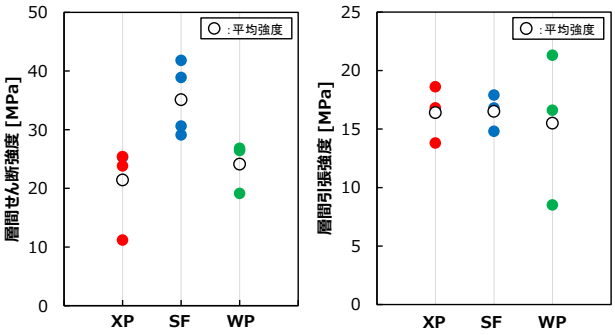


(a) DNS試験片及びジグ　(b) WC試験片及びジグ

図1　層間強度評価試験用の試験片及びジグ

3. 実験結果

DNS 試験および WC 試験ともに、ノッチが導入されており、応力集中による強度の過小評価可能性があるものの、既存データと類似な結果が得られた。層間引張強度は繊維強化構造に関係なく、約 15MPa 前後であった。層間せん断強度に関しては、平らな積層構造を有する XP 材及び WP 材が約 20～25MPa 程度であった事に比べて、ランダムな構造で厚さ方向においても複雑な構造となっている SF 材がより高いせん断強度 35MPa で高い。



(a) 層間せん断強度　(b) 層間引張強度

図2 層間せん断/引張強度と繊維強化構造との相関

4. 結論

プリプレグ積層型の NITE-SiC/SiC 複合材料の積層方向での強度特性を DNS 及び WC により評価した。厚さ方向で複雑な繊維強化構造を導入する事により層間せん断強度向上が期待出来る。組織観察・FEM による応力分布予測を含めた詳細を報告する。

*Joon-Soo Park[1], Jong-Il Kim[2], Naofumi Nakazato, Hirotatsu Kishimoto[1] and Takashi Nozawa[3]
[1]OASIS, Muroran Institute of Technology, [2]Graduate School of Engineering, Muroran Institute of Technology.
[3]National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology (QST)