

MATERIALS and PROCESSING



Materials and Processing
Division Newsletter November 2008

NO.36



日本機械学会
機械材料・材料加工部門ニュースレター

巻頭言



複合材料研究の新展開

早稲田大学
機械科学・航空学科
川田 宏之

4年に一度のスポーツの祭典であるオリンピックが閉幕した。オリンピックの舞台は北京からロンドンに移ることになり、13億人の中国が7年間かけて準備してきた北京五輪から、今度は4年後の開催となるロンドン五輪の準備が始まった。今回のオリンピックは、世界を驚愕させた開会式のスケールと内容だった。口パク少女の演出に簡単に騙されてしまった自分の愚かさはさておき、開会式そのものは近代中国の歴史的な国威発揚の場とも感じられ、スケールの壮大さを感じさせる立派な式典だった。中国は今回の北京オリンピックを「環境五輪」と位置付けていた。水泳競技会場の国家水泳センターなどに太陽エネルギーを導入し、北京の地下鉄路線や汚水処理・再生施設の整備などを行った。圧倒的な人口の多さを誇る中国だけに、これを契機に環境にやさしい施策を検討・実施することは、対外的にアピールする重要な取り組みだと思っている。オリンピックを開催することの別の意義として、中国経済の活性化と「国際都市」としてのプレゼンスは十分に達成されたのではないだろうか。

さて、競技としてのオリンピックでは、ジャマイカのウサイン・ボルトが100m走で9.69秒の驚異的な世界新記録を打ち出したことが記憶に新しい。ボルトは超人的な走力を見せつけ、200m走、400m走りレーでも優勝し、ジャマイカの青年が世界をアッとさせた大会でもあった。この業績は世界陸上競技の中でも際だっていて、「一体どこ

まで人類は速く走れるのか」まで取りざたされたのだから記録の偉大さが伺える。一方で、オリンピックの興奮も冷めない内に開催された「パラリンピック」では、陸上男子400m走にて、「ブレードランナー」として知られている義足のランナーのオスカー・ピストリウス（南アフリカ）が47.49秒の世界新記録で優勝した。ピストリウスは100m走と200m走を制しており、大会3個目の金メダルを手にした。短距離と中距離の両方を制したことが驚きであって、また中距離の400m走の勝ち方がこれまた普通ではなかった。ピストリウスはインタビューで「3個の金メダルと世界新記録で夢はかなった。人生の中で最も記憶に残る大会となった」と喜んでいる。次のロンドン大会で五輪とパラリンピックの両大会出場を目指すそうである。

何故、複合材料製の義足を装着したランナーが健常者と記録を争えるかを疑問に思い、知り合いに尋ねたところ以下のような回答が返ってきた。「確かに筋繊維の太い大腿筋群、大殿筋は400mを走り切れますが、細い脛脛のヒラメ筋群とすねの前の前けい骨筋は高強度の運動では120～150mで乳酸がいっぱいになります。人間の足部を含む下腿は何も無い状態（足関節90度）から力を発揮して飛ぶ事ができますが、義足はできません。予め加えられた力（衝撃力）を吸収し、蓄え、解放するだけです。義足はその場での垂直跳びはまったく跳べませんが、ピョン・ピョン跳ねて入力・出力をすればトランポリンのように高く跳べます。スタートダッシュや50m走や100m走では下腿で推進力を出せない義足の選手は健常者には勝てません。しかし、健常者の細くて上限値が低い脛脛（ヒラメ筋群）は乳酸が早く貯まり、150mあたりから下腿で蹴り出す力が無くなってきます。そればかりか大腿筋群と大殿筋と腹筋・背筋により十分に400m以上走りきれぬ余力を持って得られる推進力に脛脛は負けて足関節が背屈する方向に伸びてしまいます。ところが下腿義足は加えられる力に相当した力を反発（90%以上）しますから100mでも250mでも速度は落ちません。ピストリウスのヨーロッパ選手権の

400 mを良く見ると、200 mあたりから加速しているように見えますが、実は他の7名が失速している事が分かります。つまり、健全者が200 m手前から速度が落ちるのに対し、ピストリウスは落ちないから『負けない』のです！」

なるほど「複合材料強し」である。複合材料の研究者なら誰しものがピストリウスの快挙に対して「良くやった」と思ったに違いない。さて本題に戻りたいが、本特集号では「複合材料研究の新展開」と題して、第一線で活躍している若手研究者に執筆して頂くことになった。本部門では「材料と加工」を研究対象として、幅広い産業や学問領域をカバーしているところに特徴がある。複合材料の中でも、興味のあるテーマを中心に最近のトピックスや研究展望を紹介する。「ブレードランナー」のように、これまでの常識

では想像できない性能を発揮する複合材料に、熱い情熱を感じ取って頂ければ幸いである。



■特集 複合材料研究の新展開

□ 特集1 先進複合材の極低温タンク構造への適用に関する研究 □

東京大学大学院 工学系研究科
横関 智弘

1. はじめに

宇宙輸送機の軽量化は、機体性能向上や打ち上げコスト低減に劇的なインパクトを与えるものであり、炭素繊維複合材料(CFRP)などの先進複合材の機体構造への適用が期待されている。その中でも、構造重量の大半を占める液体推進剤のタンク構造のCFRP化は宇宙輸送機の高性能化にとって最も重要である。推進剤としては液体水素(沸点: -253℃) / 液体酸素(沸点: -183℃)をはじめとする極低温推進剤が使用されることが多いため、先進複合材の極低温燃料貯蔵性能に関する研究が必要である¹⁾。特に、軽量化が重要な宇宙輸送機にとっては構造材である複合材が推進剤のバリア材として機能することが望ましいとの立場から、ライナ材を用いず、CFRPのみでのタンク構造に関する研究について、ここでは述べる。

複合材化が進んでいる高圧ガス容器と比較して、一般に内圧は低いものの、複合材の成形温度は高温(180℃程度)であり、タンク構造は推進剤温度にさらされることから、樹脂と炭素繊維の熱膨張率の違いから、極低温タンク構造は厳しい熱応力を受けることになり、マイクロクラックなどの微視的損傷が発生・累積しやすい状況にある。タンク構造は内圧や振動荷重等の荷重条件に対する剛性・強度保持の観点から、繊維方向を多方向に積層するため、図1のような層レベルのマイクロクラック(トランスバースクラック)が積層板の破断よりも低い荷重レベルで各層に発生・蓄積する。そのため、図2に示すようなマイクロクラックを経路とする推進剤漏洩が構造の最終破壊よりも大幅に先行して起こる可能性が高く、CFRP積層板の常温や極低温環境下でのマイクロクラック蓄積挙動やマイクロク

ラックが蓄積した積層板のガス漏洩特性評価が実施されてきた^{2), 3)}。ここでは、耐燃料漏洩特性の向上にむけた研究事例の紹介を行うと共に、燃料タンク構造に関連する技術課題と関連する研究課題について概説する。

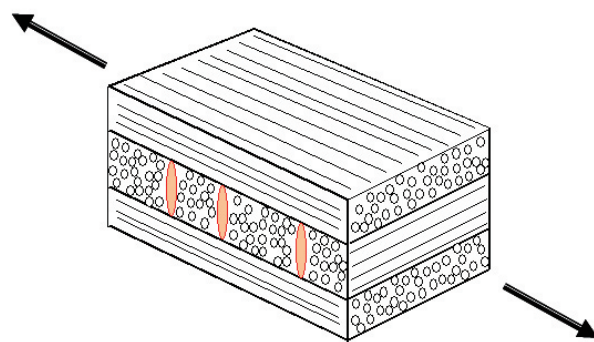


図1 積層板中のマイクロクラック発生・累積

2. 耐燃料漏洩特性の向上にむけて

複合材料積層板の1層あたりの厚さが薄くなるほど、マイクロクラックに対する耐損傷性が高くなることが実験的に、また、破壊力学的に示されている⁴⁾。例えば、積層板全体の厚みが等しく、0°、±45°、90°層の割合が同じである通常のプリプレグから積層した擬似等方性板と、同材だが厚みが半分の薄層のプリプレグ(開織処理などを施し製作するもの)から積層した擬似等方性板(積層数は通常の場合の2倍)は、同じ面内剛性を有するものの、耐損傷性は後者が優れることが期待される。したがって、1層あたりの薄いプリプレグ材等により複合材タンクを製造することにより、マイクロクラックに対する耐損傷性の高いタ

ンク構造となり、結果的に耐漏洩特性の向上に繋がると考えられる。

そこで、極低温環境下でも適用可能な高靱性樹脂を用いたCFRPについて、薄層のプリプレグを使用することによるマイクロクラックに関する耐損傷性と耐ガス漏洩特性の優位性について検証を行った⁵⁾。常温及び極低温環境下において、通常のプリプレグ（厚み約0.14mm）と薄層のプリプレグ（厚み約0.07mm）から製作した擬似等方性板を用い、90°層内マイクロクラック累積挙動を比較した結果を図3に示す。常温、液体ヘリウム温度（-269℃）において、薄層のプリプレグ材の方が高いひずみレベルまでマイクロクラックが発生しないことがわかる。したがって、常温から極低温環境下において、薄層化による耐損傷性の優位性を確認することができた。

また、実際にヘリウムガス漏洩試験により、耐漏洩特性の向上に関する検証試験も実施した。円筒試験片を用い、円筒外部にヘリウムガスを供給し、内部はヘリウム漏洩検知器（真空引き）に接続することにより、円筒外部から内部へのガス漏洩を測定する漏洩試験を、常温及び液体窒素温度（図4参照）にて実施した。通常及び薄層のプリプレグから製造した試験片を用いて、ガス漏洩計測を行いながら円筒試験片に引張荷重を与え、マイクロクラックが各層に累積し、漏洩が発生し始める荷重レベルの比較を行った。図5に液体窒素温度における漏洩量と与えたひずみの関係

を示すが、標準品は液体窒素温度において0.5%ひずみ程度で大きなヘリウム漏洩を示すのに対し、薄層品は大きなひずみ量でもヘリウム漏洩を示していないことがわかる。したがって、薄層のプリプレグを使用することで、高いひずみレベルまでガス漏洩を防ぐことが可能であり、最終破断よりも大幅に先行して漏洩が起こる問題を回避できる可能性が高いことが示された。

以上より、耐燃料特性向上の1手法として、薄層のプリプレグ等の1層あたりが薄い材料を利用することが挙げられる。1層あたりの薄層化により、極低温複合材タンクの高信頼性が期待でき、ライナレストンクの実現性も高まると考えている。

3. 更なる研究課題

上記の検証試験では、準静的な1回の引張荷重に対する耐損傷性や耐漏洩特性を扱った。実際に極低温タンクに適用する場合は、使い捨て型であっても確認試験等で数回の荷重がかかり、再使用型であれば数100回以上の荷重が想定される。そのため、低サイクル疲労による耐損傷性や耐漏洩特性の観点からも検討が必要であり、健全性を評価するための検査技術も必要と考えられる。また、製造・組立て中や確認試験・点検中等に部品や工具、あるいは氷の落下により、不測の衝撃付与が極低温タンク壁面に生じる可能性もある。特に複合材は面外衝撃損傷に対して損傷が生

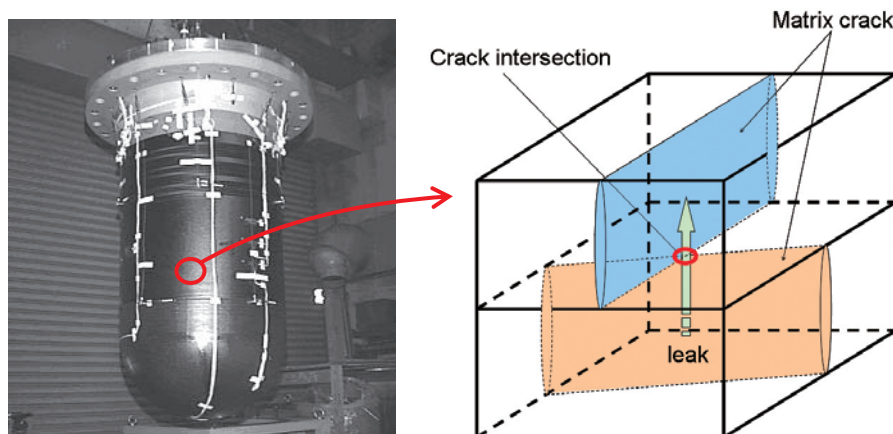


図2 マイクロクラックを経路とする推進剤漏洩

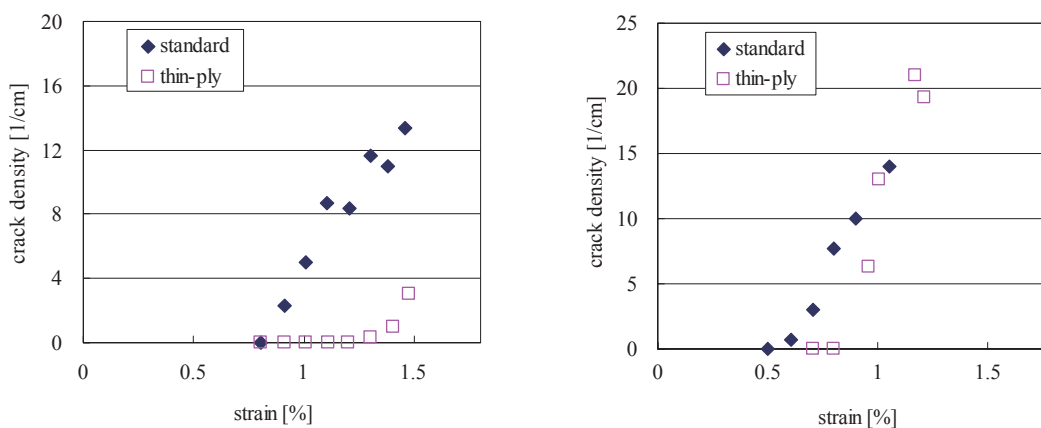


図3 90°層マイクロクラック累積と与えたひずみの関係：(左) 常温、(右) 液体ヘリウム温度

じやすいことが知られているため、面外衝撃に対するタンク構造の安全性検討も必要である⁶⁾。そのため、引張、面外衝撃、熱衝撃等のサイクル試験後の漏洩特性について、研究を継続していく必要があると考えられる。

一方で、ライナのないCFRPのみでのタンク構造であっても、製造上の都合から、タンク構造にはボスとの接合などの接合部は避けられない。そのような接合部には漏洩上の観点から、接着構造の採用の可能性が高く、極低温環境下での接着構造の信頼性の確保及びその評価方法の確立が必要である。接着構造の破壊力学特性評価法の確立や極低温環境下における試験法確立及びデータ取得が急務の課題と考えている⁷⁾。

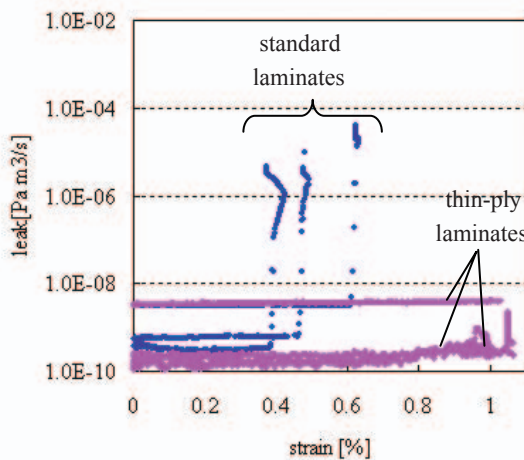


図5 液体窒素温度におけるヘリウム漏洩量とひずみの関係

4. おわりに

CFRPのみの極低温燃料タンク構造に関する耐燃料漏洩特性の向上にむけた研究事例と共に関連研究課題の紹介を行った。極低温燃料用のCFRPタンク構造については、上述した研究課題以外にも、コンセプト段階から実機レベル

まで、未だ多くの技術課題を抱えたままである。著者の主観による例を以下に挙げると、

- タンク構造様式 (インテグラル構造、断熱構造…)
- ライナの有無
 - 無し：CFRP材の耐損傷性向上…
 - 有り：ライナ材の検討⁸⁾、ライナ層あるいは損傷抑止層 (金属箔など) の導入⁹⁾…
- 許容値 (目標値) 設定 (構造・材料許容値、漏洩量の許容値…)
- 評価法の統一化 (試験項目の決定、漏洩評価法・破壊力学特性評価法の確立…)
- 製造法、接合法、検査法、他部材の検討…

などである。現状では、ケースバイケースであり個々の実績やノウハウに強く依存する段階といえる。極低温タンクの複合材化は宇宙輸送機の高性能化に資する重要なキー技術であり、意識・データの共有化及び研究開発の加速を期待しつつ本記事のまとめとしたい。

参考文献

- 1) 青木隆平, 石川隆司, 森野美樹, 極低温燃料タンクの基礎的研究課題, 日本航空宇宙学会誌, 49 (2001), pp.133-137.
- 2) H. Kumazawa, T. Aoki and I. Susuki, Analysis and Experiment of Gas Leakage through Cross-Ply Laminates for Propellant Tanks, AIAA J., 41 (2003), pp.2037-2044.
- 3) V. T. Bechel and R. Y. Kim, Damage Trends in Cryogenically Cycled Carbon/Polymer Composites, Compos. Sci. Technol., 64 (2004), pp.1773-1784.
- 4) J. A. Nairn, Matrix Microcracking in Composites, Polymer Matrix Composites, Talreja, R. and Manson, J. A. E. eds., Elsevier, Amsterdam (2000), pp.403-432.
- 5) 横関智弘, 高木智宏, 吉村彰記, 小笠原俊夫, 荻原慎二,

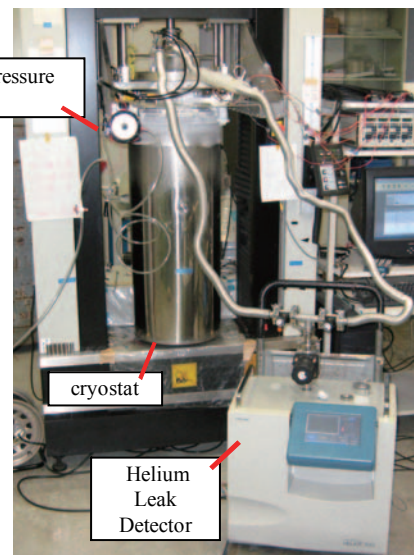
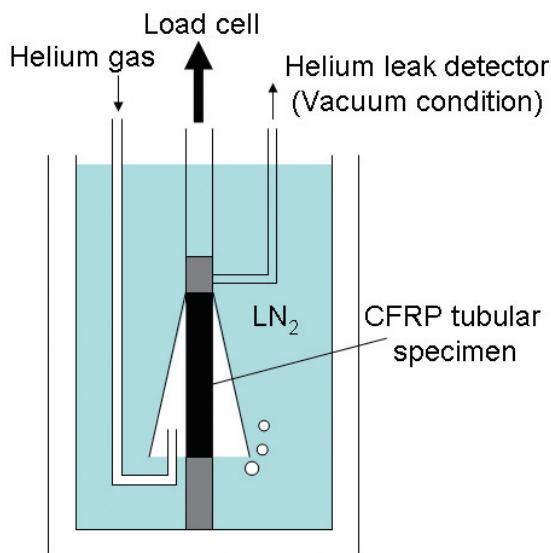


図4 液体窒素温度におけるヘリウムガス漏洩試験 (荷重付与)

- 薄層化による CFRP 積層板の耐漏洩特性の向上, 日本航空宇宙学会論文集, 56 (2008), 印刷中.
- 6) T. Yokozeki, A. Kuroda, A. Yoshimura, T. Ogasawara, T. Aoki, Permeation-after-impact Properties of CFRP Laminates for Use on Propellant Tank, Proceedings of the 26th International Symposium on Space technology and Science, Hamamatsu, Japan (2008), 2008-c-20.
- 7) T. Yokozeki, T. Ogasawara, T. Aoki, Correction Method for Evaluation of Interfacial Fracture Toughness of DCB, ENF and MMB Specimens with Residual Thermal Stresses, Compos. Sci. Technol., 68 (2008), pp.760-767.
- 8) 横関智弘, 山形尚司, 小笠原俊夫, 極低温タンク構造への適用に向けた樹脂フィルム付き CFRP 積層板の損傷挙動に関する研究, 日本複合材料学会誌, 34 (2008), pp.3-13.
- 9) 小笠原俊夫, 吉村彰記, 荒井紀男, 横関智弘, チタン合金箔挿入 CFRP 積層板の微視的損傷および He ガス漏洩挙動, 第 50 回構造強度に関する講演会, 北九州, (2008), 1B15.

□ 特集 2 複合材料のリサイクルについて □

愛媛大学理工学研究科

黄木 景二

1. はじめに

複合材料は軽量, 高強度, 耐久性などの優れた性質を有するため, 構造材料や各種機構部品などに用いられている。他方, 長所である化学的安定性がかえってあだとなり自然界で分解されないことや再利用時に構成素材を分離する必要があることなどから, 環境適合性やリサイクル性の面で難しい材料といわれている。多くの繊維強化プラスチック (FRP) では熱硬化性樹脂が使用されているため, リサイクルが難しく, 大部分は再利用, 再資源化されることなく焼却あるいは埋め立て処分されているのが現状と思われる。

すでに産業用途や輸送機器, エネルギー関連に多く使用されている複合材料であるが, リサイクル性は必ずしも重要視されてこなかったきらいがある。しかし近年, 輸送機器分野をはじめとして各産業分野での複合材料の適用拡大が期待されていることから, リサイクルが重要な課題としてクローズアップされてきている。リサイクルは国, 自治体, 業界団体, 企業, 工場とそれぞれのレベルで実施されていると思われるが, すべてが表面には出てこないため現状が分かりにくいように感じる。

一般に, リサイクルはマテリアルリサイクル, ケミカルリサイクル, サーマルリサイクルに分類される。ケミカルリサイクルでは複合素材を分離し, 再生処理をするが, 処理工程によっては処女材と同等のコストがかかる。サーマルリサイクルでは燃料として使用するが, 繰り返しリサイクルが効かないため, 本当の意味でのリサイクルとはいえない。したがって, 素材を粉碎などして再利用するマテリアルリサイクルこそがもっとも環境適合性の高いリサイクル技術であると筆者は考える。

FRP のリサイクル技術は個人研究レベルだけでは実効があがらないため, やはり国主導のプロジェクトベースで業界全体が取り組まなければならない課題である。本稿では筆者の知る限りにおいて, 国内の現状について業界団体や

国プロジェクトとしての取り組みに加えて, 筆者の研究を含めたりサイクル技術の事例を報告する。ただしここでは生産量の多いガラス繊維強化プラスチック (GFRP) および炭素繊維強化プラスチック (CFRP) のリサイクルを中心に述べる。

2. FRP のリサイクルプロジェクト

GFRP は生産量が約 40 万トンであり, 建設資材, 自動車, 船舶などに最も多用されている複合材料であるため, リサイクルの必要性も高い。国プロジェクトの一つとして 1990 年代初めに通産省工業技術院四国工業試験所が GFRP 製船舶についてリサイクル技術の開発を行なっている¹⁾。船舶などの GFRP 構造物を切断する大型カッターの開発からマテリアルリサイクル, ケミカルリサイクル, サーマルリサイクル技術について検討している。マテリアルリサイクルでは粉碎した廃 GFRP をセメントやプラスチックなどに混ぜたりサイクル材を試作しているが, 強度部材としての再利用は必ずしも容易ではないようである。剛性向上やき裂架橋効果などの強化フィラーとしての特性を廃 GFRP に発現させるためには母材との界面の接着強度が重要であり, 接着強度が低いと廃品 GFRP が欠陥として作用するため機械的特性は低下してしまう。しかしコストを考えると前処理などは最小限にすることが望ましいことは言うまでもない。

一方, NEDO のプロジェクト「廃強化プラスチック製品再資源化実証システム研究」として強化プラスチック協会などが平成 12 年より FRP リサイクル実証研究を実施しており, 廃 FRP をセメント原燃料として再資源化するシステムを構築している。さらに国土交通省によっても FRP 廃船問題に対処するために, 平成 12 年度から「FRP 廃船高度リサイクルシステム構築プロジェクト」としてセメント焼成リサイクルシステムの構築がなされている。これは FRP 廃船を解体, GFRP を破砕して, 樹脂はセメント焼成用燃

料にし、ガラス繊維はセメント原料にするものである。

一方、CRRPにおいても同様の取り組みがなされている。世界のPAN系炭素繊維の生産量は28,000トン(2006年)であり、旅客機構造材をはじめとした用途拡大に伴い、CFRPの生産量のさらなる増加が見込まれることから、リサイクルは喫緊の問題である。特にCFは付加価値が高いため、リサイクル後もその付加価値を活かすことができる。CFRPのリサイクル法の一つとして、回収して粉碎・分級したCFRP片を熱分解して再生CFを取り出す方法が提案されている。再生CFは細かくミルド化した後、熱可塑性樹脂などとともにペレットにされ、射出成形などによって再利用される。再生CFの取り出し方には熱分解法以外にも常圧溶解法、超臨界流体法などが研究されている。このようなCFRPの粉碎技術および粉碎片の利用技術についての研究はNEDO「新規産業支援型国際標準開発事業」における「リサイクルCFRP粉碎片の標準化」の中で行われている。

さらに平成15年度から19年度にかけて行われたNEDOの省エネルギー技術開発プログラム「自動車軽量化炭素繊維強化複合材料の研究開発」においてCFRPの再加工技術の開発がなされている。この中でCFRP粉碎片と樹脂を溶融一体化し、3回以上リサイクル可能な樹脂製自動車部品を創出することに成功している²⁾。

また業界団体である炭素繊維協会ではリサイクル委員会を設けてリサイクルに積極的に取り組んでいる。詳細は文献³⁾や各団体、企業のホームページなどを参照されたい。

3. FRPのリサイクル研究例

繊維を取り出して再生する方法はエネルギー、コストの面では必ずしも実用的でなく、一方、再生のできない原燃料としての利用は環境適合性の高い方法とはいえない。そこで、ここでは比較的低コストで環境適合性の高いマテリアルリサイクルの研究例に限って述べる。

先に述べたNEDOプログラムにおけるCFRP再加工性技

術の開発²⁾では、自動車用途を考慮して、CFRP粉碎片を利用したCF/PP、CF/ABSを射出成形により作製しており、強度、衝撃吸収エネルギーなどの機械的特性を調べている。リサイクルを繰り返すと繊維長の減少に伴い、特性は徐々に低下するものの、自動車用二次部材としてはほぼ満足できる特性が得られている。

図1は筆者らがCRRP粉碎片を使用して射出成形により作製したCF/ABS試験片の応力ひずみ曲線である。図中のパーセンテージはCFRPの重量含有率を表す。CFRPすなわちCFの含有率の増加とともに剛性・強度ともに増加するが、50%以上では逆に強度が減少する。また伸びは含有率にほぼ反比例して低下するが、シャルピー衝撃試験の結果によれば樹脂単体より衝撃吸収エネルギーは低下する⁴⁾。ただし、粉碎片量を増加させると一般に特性は向上するが、成形性が低下することは注意を要する。図2はCF/ABS試験片の電気抵抗率を測定した結果である⁵⁾。CFRP含有率の増加とともに抵抗率は低下し、導電性が向上している。一般に、繊維長がながいほど導電パスが多く、導電性が大きいので、リサイクルを繰り返すたびに導電性が低下することが予想される。

図3はCFRP粉碎片をそのままコンクリートの骨材として利用したグレーチングであり、商品化した例である。CFRP粉碎片のき裂架橋効果によりコンクリートの靱性が向上することが確認されている⁶⁾。ただし、コンクリートなどに混入させると2回以上のリサイクルは難しい。

GFRPについても盛んに研究がなされており、一例としてポリプレンと廃FRPの複合材の開発例⁷⁾では粉碎片のサイズや相溶化剤添加の効果について研究がされている。またCF、GF以外の合成繊維のリサイクルの例としてポリウレタン繊維とナイロン繊維からなる繊維屑を利用した多孔質吸音素材を開発した例⁸⁾などがある。その他、個々の研究例は国内外でいくつか見られるが、商品化まで到達するには信頼性やコストの兼ね合いも考慮して開発する必要がある。

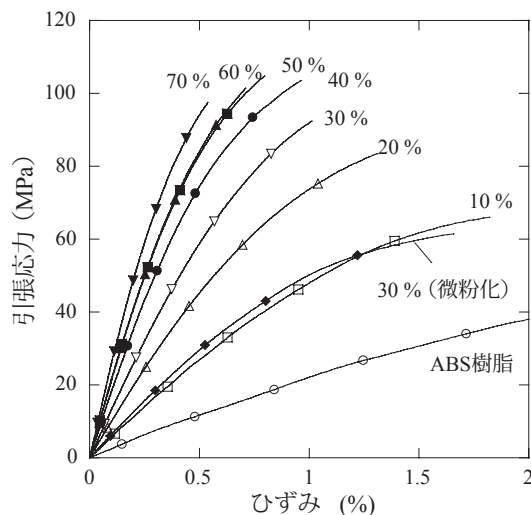


図1 リサイクルCF/ABSの応力-ひずみ曲線

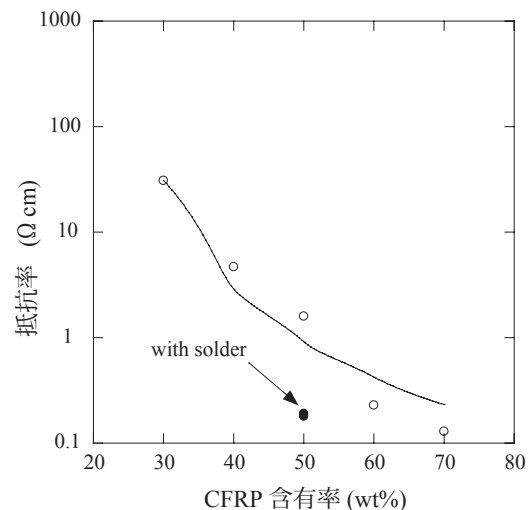


図2 リサイクルCF/ABSの抵抗率



図3 リサイクルCFRP強化コンクリート製グレーチング
(右側)

4. 終わりに

本稿では主にGFRPとCFRPのリサイクルの現状と研究例を紹介した。今後、実用化に向けた研究および技術開発がますます進展することを期待したい。またリサイクルも含めたLCA (Life Cycle Assessment) について考慮し、総合的にFRPの省エネルギー効果を評価することが大切であることを付言する。CFRPのLCAについては文献⁹⁾を参照されたい。

5. 参考文献

- 1) 通産省工業技術院四国工業試験所, 「複合材料の再利用システム技術」研究成果報告書, 1993年.
- 2) 高橋淳, 鶴沢潔, 大澤勇, 北野彰彦, 山口晃司, 白井勝宏, 自動車用CFRPリサイクル技術の開発, 日本複合材料学会誌, 第33巻第3号, 82-86, 2007年.
- 3) 山口晃司, 北野彰彦, CFRPのリサイクル手法, 材料, 第57巻第7号, 747-752, 2008年.
- 4) K. Ogi, T. Nishikawa, Y. Okano and I. Taketa, Mechanical properties of ABS resin reinforced with recycled CFRP, Advanced Composite Materials, Vol. 16, No. 2, 181-194, 2007年.
- 5) T. Nishikawa, K. Ogi, T. Tanaka, Y. Okano and I. Taketa, Electrical properties of ABS resin reinforced with recycled CFRP, Advanced Composite Materials, Vol. 16, No. 1, 1-10, 2007年.
- 6) K. Ogi, T. Shinoda and M. Mizui, Strength in concrete reinforced with recycled CFRP pieces, Composites Part A, Vol.36, 893-902, 2005年.
- 7) 粗粉碎FRPの複合化マテリアルリサイクル, 広島県西部工業技術センター研究報告No.45, 2002年
- 8) 倉橋直也, 木村照夫, ポリウレタン繊維混入繊維層を複合化した多孔質板の吸音特性, JCOM-37 講演論文集, 103-106, 2008年.
- 9) 高橋淳, CFRPのLCAと省エネルギー効果, 材料, 第57巻第8号, 852-855, 2008年.

□ 特集3 複合系バイオマテリアルの材料力学的研究 □

九州大学応用力学研究所

東藤 貢, 高山哲生

1. はじめに

医療用材料として人体内で使用される材料は、生体安全性や生体適合性を有することが最も重要であるが、荷重が作用する箇所を使用される場合には、強度や弾性率などの力学的特性も重要となる。たとえば、骨折した際に使用する骨固定材は骨折した箇所を正しく接合し、分離した骨が癒着するまで荷重を支えることになる。骨接合材としてはチタン合金が多く使用されているが、抜去のための再手術が必要であるとともに、剛性が骨より高くなるために、骨が痩せてしまうストレスシールド現象も報告されている。最近では、体内で吸収されるため再手術が不要な吸収性骨固定材が登場し臨床応用が進んでおり、特に口腔外科で広く利用されている(図1参照)。しかし、熱可塑性高分子であるポリL乳酸(PLLA)を中心とする吸収性材料は金属に比べると低強度、低弾性率であるため、その使用範囲が限られているのが現状である。また、体内での破損も度々報告されている。さらに、使用する場所によ

ては吸収速度が遅く体内での残留の問題もある。最近では、吸収速度、骨親和性および剛性を向上させるためにポリ乳酸に骨の主成分であるハイドロキシアパタイト(HA)の微粒子を分散させた複合系骨固定材も実用化され、臨床応用が進んでいる。しかし、我々のグループのこれまでの研究より、単純にHA粒子を分散させることで破壊エネルギーが大きく低下することが明らかになっている¹⁾。このように、PLLA系骨固定材の使用範囲を拡大するためには、力学特性の向上が必要不可欠である。

一方、高分子系生体材料の中でも、力学的に最も厳しい環境に置かれているのは、人工関節に使用されている超高分子量ポリエチレン(UHMWPE)であろう。たとえば、人工膝関節は金属製の大腿骨・頸骨コンポーネントとUHMWPE製の頸骨インサートから成る複合構造体であり、摺動面は大腿骨コンポーネント顆部と頸骨インサート顆部から形成されている。したがって、膝関節の動作時にはUHMWPEインサートは常に金属製コンポーネント

と動的接触状態にあり、摩耗の発生が問題となっている。UHMWPEの摩耗粉は骨溶解を生じ、人工関節のゆるみの原因となる。さらに、深屈曲時にはUHMWPEインサートの破損の原因となるような過度の負荷が作用することも知られている。近年、高齢化が進む日本社会において変形性関節症の患者は急激な増加を示しており、人工関節の役割はますます重要となってきているが、UHMWPEの摩耗や破損の問題が人工関節の耐久性の向上を妨げる要因となっている。

本稿では、まずHA/PLLA複合材料の破壊特性の向上について、化学反応を用いた分子構造制御やプレス加工を用いた分子鎖配向などの方法による最新の研究成果について紹介する。次いで、動作状態における人工膝関節の応力状態を解明することを目的として行った有限要素法を用いたシミュレーションの試みについて紹介する。



図1 PLLA骨固定材（グンゼ提供）

2. HA/PLLA 複合材料の破壊特性の向上

ポリ乳酸（PLA）とポリカプロラクトン（PCL）の吸収性ポリマーブレンドにリジントリイソシアナート（LTI）を微量ブレンドすることで破壊特性が格段に向上することが我々の研究より明らかになっている²⁻⁵。そのメカニズムは、LTIのイソシアナート基とPLAあるいはPCLの持つ水酸基が反応し、いわゆるウレタン結合を生成することによる高分子量化や橋かけの形成であると考えられる。LTIの効果はPLLA単体にも有効であることも明らかになっており、図2に示すようにLTIの添加量の増加とともにPLLAの分子量は増加する⁶。以上の結果より、LTIは吸収性HA/PLLA複合材料に対しても効果的であると考えられ、実際、破壊エネルギー（臨界エネルギー解放率）はLTIを添加すると大きく増加することが確認された（図3）。HA粒子とPLLAマトリックスの界面の状態を図4に示す。凹凸のあるHA粒子表面にPLLA分子束がしっかりと結合しているが、これはHAの水酸基とPLLAの水酸基がLTIを介して化学的に結合したことを示している。なお、LTIを加えないHA/PLLAではこのような結合は観察されない。

HA/PLLAの高靱性化の方法として、上述の化学結合を利用する方法の他に、物理的に分子鎖を配向させる方法がある。HA/PLLAをプレス加工し、1方向および2方向に

分子鎖を配向させた場合の破壊エネルギーを未配向のものとともに図5に示す^{7,8}。2方向配向（biaxial）で4倍、1方向で8倍程度向上する。ただし、1方向のみの配向では異方性が生じるため、分子鎖の配向の方向にはクラックは進展しやすくなり、破壊エネルギーは大きく低下する。図中の実線は臨床応用されているPLLA骨固定材の破壊エネルギーであるが、プレス加工を施すことで市販の材料の破壊エネルギーを超えることがわかる。モードI破壊面でのHA/PLLA界面の状態を図6に示すが、HA粒子は配向したPLLAにしっかりと挟まれており、界面の結合状態が良好であることを示している。

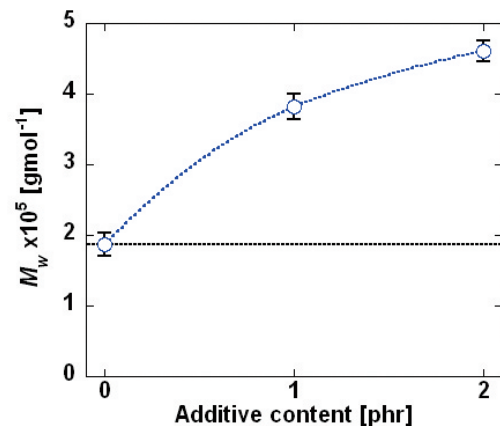


図2 PLLAの分子量に及ぼすLTI添加の影響

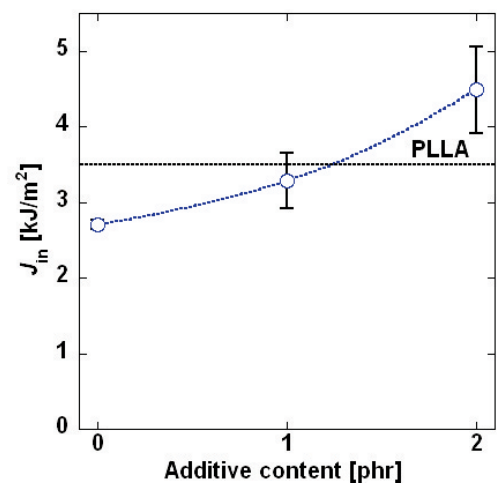


図3 HA/PLLAの破壊エネルギー

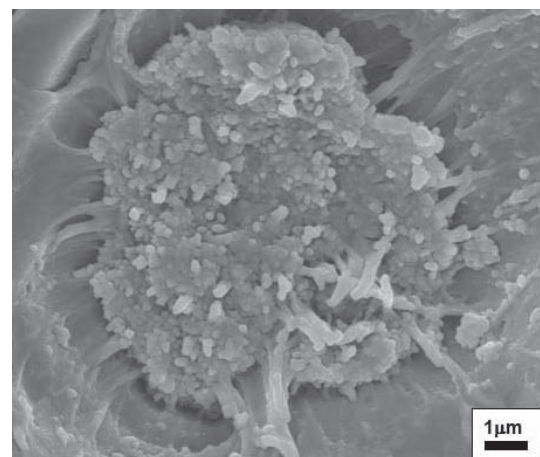


図4 HA/PLLA界面の結合状態

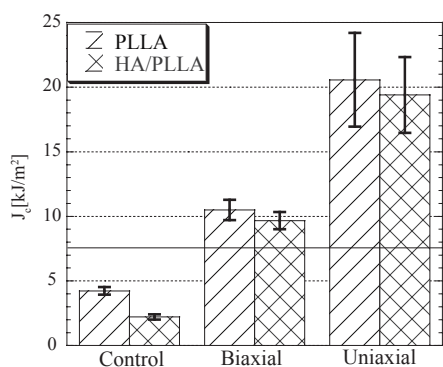


図5 HA/PLLAの破壊エネルギーに及ぼすプレス加工の影響
(図中の実線は市販の PLLA 骨固定材の破壊エネルギー)

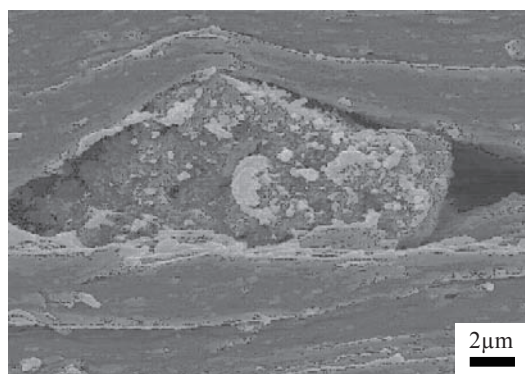


図6 配向した PLLA に挟まれた HA 粒子

3. 人工膝関節の深屈曲解析

高齢化社会の到来とともに変形性膝関節症の患者数も増加傾向にあり、最終的には人工膝関節置換術 (TKA) が必要となる患者も多い。TKA 後には膝の運動機能は回復し、患者の QOL は大幅に向上するが、正常膝に比べると屈曲角度が制限されるために、特に正座やしゃがみ込みを必要とする和式生活には対応しづらいのが現状である。そこで我々の研究グループは、深屈曲 FEA モデルを考案し、次世代人工膝関節の開発に应用することを目的として研究を進めている⁹⁻¹²⁾。図7に深屈曲解析用の簡易モデルを示す。屈曲角度は最大135度であり、回旋を考慮することも可能である。図8に世界最大級の人工関節メーカーである Stryker 社の代表的人工膝関節 Scorpio NRG の解析結果を示す (屈曲角度135度での相当応力分布状態)。図(a)は単純屈曲のみ、図(b)は屈曲プラス内旋10度であり、ともに Post (突起) 部と顆部表面での応力集中が示されており、また、内旋が加わると応力値は増加する。Post の存在が象徴的な PS 型人工膝関節では、Post の破損やあるいは Post や顆部表面の摩耗が度々報告されているが、図8に示した結果は、深屈曲動作による過度の応力集中がこれらの損傷の原因であることを示唆している。

3. おわりに

本稿では、吸収性骨固定材として実用化が始まっている HA/PLLA 複合材料の破壊特性の改善法と、変形性膝関節症の急増とともに臨床応用が増加している人工膝関節のシ

ミュレーション法について紹介した。吸収性材料は再手術の必要がない固定材としてその地位を確立しており、最近では、再生医療用スキャホールドへの応用も盛んに進んでおり、今後、材料力学的研究の重要性も増していくものと思われる。また、超高齢化社会を迎えつつある我が国では、今後「日本人のための人工関節」が必要になることが予想され、再生医療技術による「膝の再生」の実現がまだ先のことを考えると、人工関節研究の重要性は今後益々高まるものと思われる。

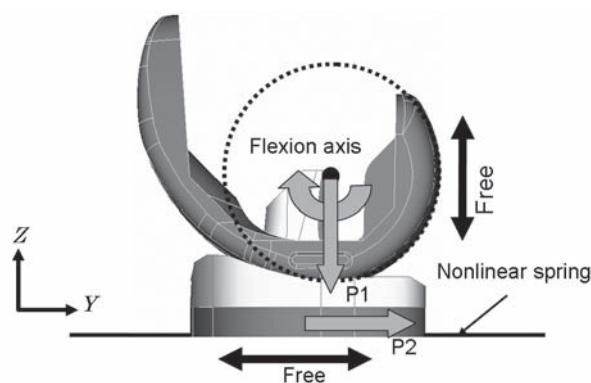
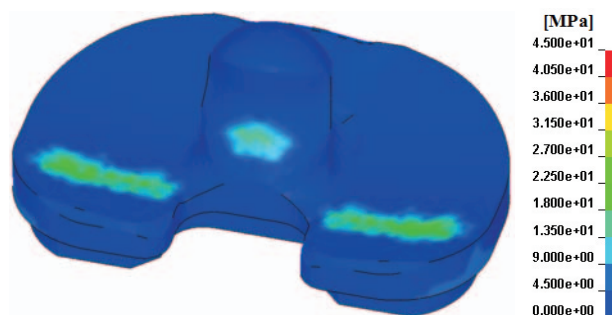
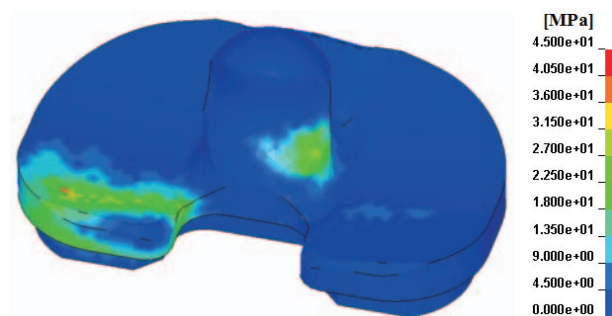


図7 深屈曲対応型簡易 FEA モデル



(a) 屈曲角度 135 度



(b) 屈曲角度 135 度 + 内旋 10 度

図8 頸骨インサート表面での相当応力分布

参考文献

- 1) M. Todo, S.D. Park, K. Arakawa and Y. Takenoshita, "Relationship between microstructure and fracture behavior of bioabsorbable HA/PLLA composites," Composite Part A, Vol. 37, 2006, 2221-2225.
- 2) T. Takayama and M. Todo, "Improvement of impact fracture properties of PLA/PCL polymer blend due

- to LTI addition,” Journal of Materials Science, Vol.41, No.15, 2006, 4989-4992.
- 3) T. Takayama, M. Todo, H. Tsuji and K. Arakawa, “Effect of LTI content on impact fracture property of PLA/PCL/LTI polymer blends,” Journal of Materials Science, Vol.41, No.19, 2006, 6501-6504.
 - 4) 高山哲生, 東藤 貢, 新川和夫, 辻 秀人, PLA/PCL系ポリマーブレンドの破壊特性に及ぼす添加剤の影響, 日本機械学会論文集 (A 編), Vol.71, No.714, 2006, pp.173-178
 - 5) 高山哲生, 東藤 貢, 辻 秀人, 新川和夫, PLA/PCLポリマーブレンドの相構造制御による破壊特性の向上に関する研究, 高分子論文集, Vol.63, No.9, 2006, pp.626-632.
 - 6) M. Todo and T. Takayama, Improvement of mechanical properties of poly (L-lactic acid) by blending of lysine triisocyanate, Journal of Materials Science, 42, 2007, 4721-4724.
 - 7) M. Todo, T. Kagawa, Y. Takenoshita and A. Myoui, Effect of Press Processing on Fracture Behavior of HA/PLLA Biocomposite Material, Journal of Solid Mechanics and Materials Engineering, Vol.2, No.1, 2008, 1-7.
 - 8) M. Todo and T. Kagawa, Improvement of Fracture Energy of HA/PLLA Biocomposite Material due to Press Processing, Journal of Materials Science, 43, 2007, 799-801.
 - 9) 東藤 貢, 長嶺隆二, 桑野 領, 萩原世也, 新川和夫, 人工膝関節の UHMWPE インサートの応力状態に及ぼす屈曲と回旋の影響, 日本臨床バイオメカニクス学会誌, Vol.27, 231-238, 2006.
 - 10) M. Todo, R. Nagamine and S. Yamaguchi, Stress Analysis of PS Type Knee Prostheses under Deep Flexion, Journal of Biomechanical Science and Engineering, Vol.2, No.4, 2007, 237-245.
 - 11) Mitsugu Todo, Yuji Takahashi and Ryuji Nagamine, Stress analysis of artificial knee joints under flexion and rotation, Tribology Online, 3, 3, 2008, 211-215.
 - 12) 東藤 貢, 長嶺隆二, 山口勝太, PS 型人工膝関節の動作状態における応力状態の解析, 日本臨床バイオメカニクス学会誌, Vo.28, 2007, 233-239.

□ 特集 4 十字型試験片法を用いた複合材料界面強度評価 □

東京理科大学

萩原慎二

1 はじめに

繊維強化複合材料において、繊維とマトリックス間の界面は複合材料としての力学的特性に大きな影響を及ぼすことが知られている。よって、より優れた力学的特性を有する繊維強化複合材料を開発するためには、より高精度な界面の評価が必要である。界面特性を評価する手法として、1本の繊維をマトリックスに埋め込んだ単繊維強化モデル複合材料試験片を用いて評価する方法が用いられている。このような手法の代表的なものとして、フラグメンテーション試験、プルアウト試験、プッシュイン試験、マイクロボンド試験があげられる¹⁾。これらの試験は、界面せん断強度あるいは界面を通じた繊維—マトリックス間の応力伝達効率の評価手法である。このような、界面せん断特性を評価することは、繊維強化複合材料の繊維方向強度予測に用いられることからその重要性は高く、現在もより高精度な界面のせん断特性評価法の確立の努力が続けられている。

一方、界面の引張強度評価については、その評価手法の確立が遅れているのが実状である。界面の引張強度は、一方向強化複合材料の繊維直角方向引張強度からの定性的理解が一般的で、単繊維強化モデル複合材料を用いた手法は古くは Broutman 法が提案された程度である²⁾。この方法は試験片作製に手間がかかることにより、あまり普及しな

かったものと考えられる。しかしながら、積層板の初期損傷であるトランスバースクラックの発生は、微視的には界面の引張応力によるはく離を起点とすると考えることから、界面の引張強度評価も重要である。単繊維強化モデル複合材料を用いて界面の引張強度を評価しようとする場合に考えられる最も単純な方法は、短冊形の試験片の引張方向に直角に繊維を埋め込むものである。しかしながら、この方法は、繊維が試験片端面（自由端）に現れている場合には、異材界面が表面に現れていることから応力の特異性が現れる。また、繊維が樹脂に埋め込まれている場合でも繊維端で角部が存在するためそこでも応力特異性が現れる。したがって、はく離発生が応力の特異性に影響され、界面の引張強度を正確に評価することが困難であると考えられる。

このような観点から、近年、負荷方向に直角な方向に繊維を埋め込み、繊維部近傍の幅を大きくし、十字型とした cruciform 試験片を用いた界面の引張強度を求める方法が提案されている³⁾。この方法では、十字型の突起部端面での界面での応力特異性の影響を避けられ、試験片中央部の界面ではく離を起こすことができるという特徴がある。この方法は、Gundel らにより提案され、セラミクス繊維強化金属の界面引張強度評価に適用された。2種類のセラミクス繊維強化金属複合材料試験片について、試験片端面では

なく、中央部ではく離を起こさせることができることが確認された。はく離の検出にはAE法が用いられており、また、フーリエ解析を用いた近似応力解析により、試験片中央部に応力一定領域ができることを確認し、その解析を用いて界面強度を決定している。この方法はいくつかの材料系への適用がなされ、界面引張強度評価手法として有力であると考えられるものの、いまだ手法として確立、多用されるにはいたっていない。

本稿では、(1) cruciform 試験片を用いた界面引張強度評価の有用性を実験的及び解析的に検討し、(2) 引張方向に対し直角な方向に繊維を持つ従来の cruciform 試験片に加えて、繊維の引張方向に対しての角度を変えた試験片による、引張応力とせん断応力が作用する際の界面強度の評価法としての検討を行った著者らの研究を紹介する。

2 実験び解析方法

実験に用いた試験片形状を図1に示す。試験片中央部に繊維1本を埋め込んだ形のものである。短冊状の試験片で中央の繊維部を幅広にしない試験片 (straight 試験片と呼ぶ)、繊維を負荷方向に直角な方向にもつ cruciform 試験片 (cruciform-90 試験片と呼ぶ)、繊維と荷重方向が 75° の角度をなす cruciform 試験片 (cruciform-75 試験片と呼ぶ) の3種類を用意した。

本研究では繊維に SUS304 ワイヤ (直径 $100 \mu\text{m}$, Nilaco 社製) を用いた。これは、実際に複合材料として使用される繊維よりも直径の大きいものを使うことで、はく離発生検出を容易にするためである。マトリックス (エポキシ) にはエポコート 828 (Japan Epoxy Resin 製) を主剤に TETA (Triethylenetetramine, 昭和化学社製) を硬化剤にしたものを用いた。

それぞれの試験片について、引張試験を光学顕微鏡のステージに取り付けた小型荷重装置を用いて行った。荷重過

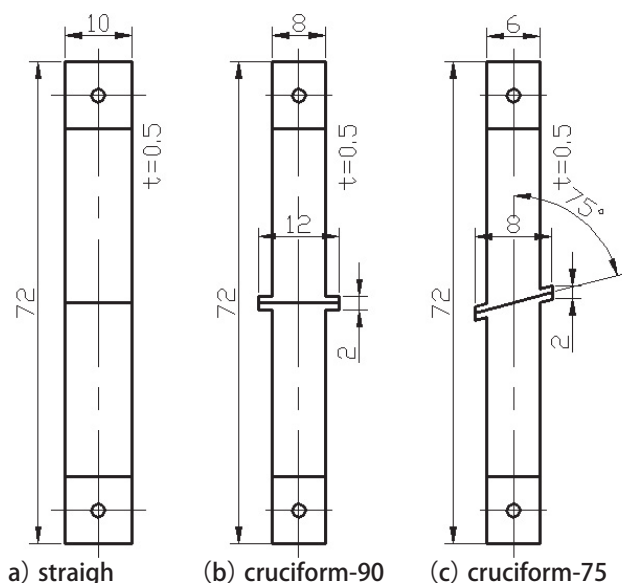


図1 試験片形状

(a) straight (b) cruciform-90 (c) cruciform-75.

程における界面はく離発生、進展のプロセスを光学顕微鏡により観察した。

実験で用いた試験片形状での試験片内部の応力状態を調べるため FEM による応力解析をおこなった。応力勾配の大きい領域である端面と界面の周辺は要素を細かく設定した。要素は 8 節点立体要素を使用し、線形弾性問題として解析した。

3 結果とまとめ

図2には各試験片において、観察されたはく離長さ試験片平均応力との関係を示す。straight 試験片においては、cruciform 試験片よりも小さい応力ではく離が発生し始めていることがわかる。straight 試験片ははく離発生後ははく離の進展速度は小さい。はく離進展は試験片平均応力が 25MPa から 30MPa となったときに急激になるが、この応力は cruciform-90 試験片においてははく離が発生し急激に進展する応力レベルと近いことがわかる。

図3に straight 試験片及び cruciform-90 試験片における垂直応力の繊維 (試験片幅) 方向における分布を示す。ここで界面垂直応力を試験片平均応力で正規化した値を用いている。straight 試験片では、試験片端面での応力特異性の影響を受け、試験片端面付近では応力が非常に大きくなっていることが分かる。また cruciform-90 試験片では、試験片端面での応力がゼロに近く、straight 試験片のように端面での応力特異性の影響を受けないことが示唆される。Cruciform-90 試験片で最も高い応力比を示した 90° 位置での垂直応力の比は中央部分で 1.44 となった。よって、はく離発生時の試験片平均応力にこの値をかけることによって界面引張強度が求められるものと考えられる。同様に、cruciform-75 試験片での界面垂直応力の比は中央部分で 1.33、せん断応力の比は 0.45 となった。よって、はく離発生時の試験片平均応力にこれらの値をかけることで、はく離発生時の界面垂直応力と界面せん断応力を求めることができると考えられる。

この系での界面引張強度は cruciform-90 試験片の結果から 56.5MPa と見積もられた。また、cruciform-75 におけるはく離発生時の界面垂直応力とせん断応力の値はそれぞれ 57.1MPa, 19.0MPa であった。このことはこの程度のせん断応力の作用ははく離発生時の引張応力の大きさにはあまり影響を及ぼさないことを示唆している。今後、荷重角度を変化させた実験を行うことにより、引張応力とせん断応力両方が作用する場合はく離発生条件を明らかにできるものと考えられる。

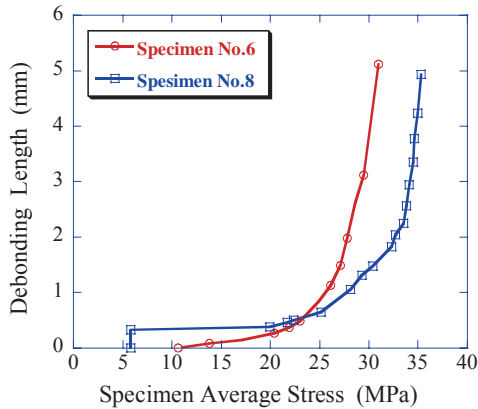
実際のはく離発生には、繊維表面の状態の違い、製造時に生じた界面の状態の違いが影響するものと考えられ、見かけ上得られる界面強度は大きなばらつきを示すものと考えられる。よって、今後は統計的手法も必要になると考えられる。その場合、繊維引張強度を統計的評価する際に、繊維長さが重要なパラメータとなることと同じように、この場合の観察部の長さも重要なパラメータとなっていく

るものと思われる。本研究では、モデル複合材料として SUS304/エポキシ複合材料を用いているが、現在、実際に複合材料として使用される、炭素繊維/エポキシ系やガラス繊維/エポキシ系への適用を試みている。

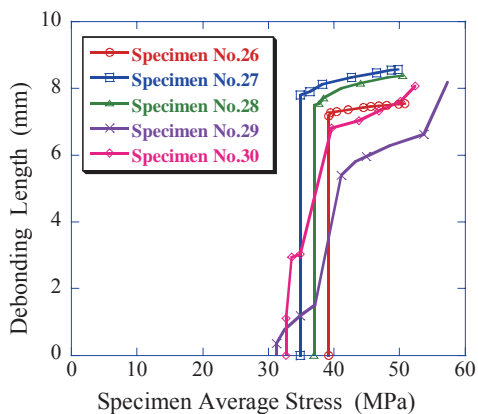
参考文献

1) J.-K.Kim and Y.-W.Mai, Engineered Interfaces in Fiber Reinforced Composites, Elsevier, 1998

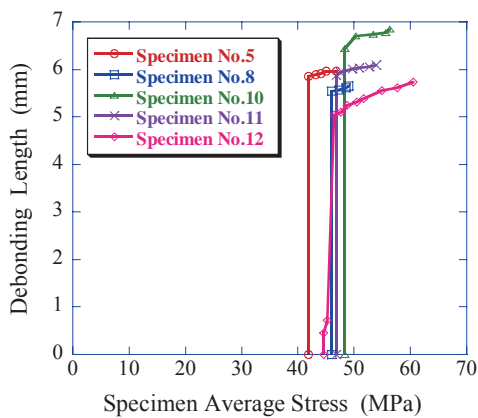
2) L.J.Broutman. Measurement of the Fiber-Polymer Matrix Interfacial Strength, ASTM STP 452, 27-41, 1969
 3) D.B. Gundel, B.S. Majumdar and D.B. Miracle, Evaluation of the Transverse Response of Fiber-Reinforced Composite Using a Cross-Shaped Sample Geometry, Scripta Metallurgica et Materialia, Vol.33, No.12, 2057-2065, 1995



(a) straight

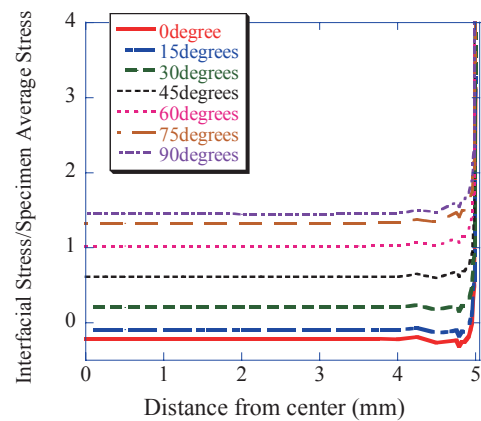


(b) cruciform-90

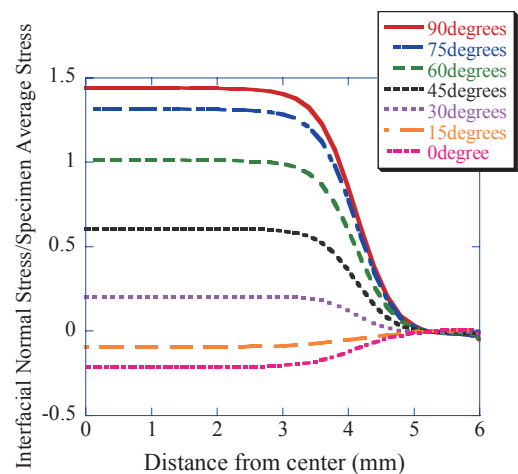


(c) cruciform-75

図2 試験片平均応力とはく離長さの関係 (a) straight (b) cruciform-90 (c) cruciform-75



(a) straight



(b) cruciform-90

図3 界面垂直応力の分布 (a) straight (b) cruciform-90

機械機械材料・材料加工部門「部門賞・一般表彰」公募のお知らせ

機械材料・材料加工部門では、第86期部門賞および部門一般表彰候補を下記の要領で公募します。自薦他薦を問わず奮ってご応募ください。

- * 公募締切 : 平成20年12月5日(金) 厳守
- * 推薦書類 : 日本機械学会・各賞推薦書に準じます。
(推薦・申請用紙を部門ホームページよりダウンロードしてお使い下さい。)
- * 被推薦者資格 : 各賞とも日本機械学会会員であることが受賞資格となります。
- * 書類提出先 : 日本機械学会 機械材料・材料加工部門
(担当者 増田一夫)
〒160-0016 東京都新宿区信濃町35 信濃町煉瓦館5階
Fax : 03-5390-3508, Email : masuda@jsme.or.jp

推薦された候補者は第3技術委員会で審査され、部門運営委員会で受賞者を決定します。結果は、今年度中に本人に連絡し、次期(平成21年度)のニュースレターに掲載します。また、受賞者は、2009年度年次大会開催時に表彰する予定です。なお、本件に関するご質問・お問合せ等は、第3技術委員会委員長(鈴木暁男, Tel : 03-5734-2534, Email : suzumura@mep.titech.ac.jp)までお願いします。

各賞の概要

- (1) 功績賞 : 機械材料・材料加工分野に関する学術、教育、出版など諸般の活動において、本部門の発展と進歩に積極的な貢献または顕著な業績のあった者に授与する。
- (2) 業績賞 : 機械材料・材料加工分野に関する研究または技術開発において、顕著な業績のあった者に授与する。
- (3) 国際賞 : 機械材料・材料加工分野における学術、教育、出版などに関する国際的な活動を通し、本部門の発展と進歩に積極的な貢献または顕著な業績のあった者に授与する。
- (4) 部門表彰(優秀講演論文部門) : 当該年度に開催された本部門企画、担当、主催または共催の講演会において発表された機械材料・材料加工分野の講演論文中、学術・技術の進歩発展に寄与し、特に優秀と認められる論文の著者を対象とする。
- (5) 部門表彰(新技術開発部門) : 機械材料・材料加工分野において本部門企画、担当、主催または共催の集会、出版物等において発表された新技術、新製品の開発者中、工業技術の進歩発展に特に貢献した者を対象とする。
- (6) 部門表彰(優秀ポスター発表部門) : 当該年度に開催された本部門企画、担当、主催または共催の講演会において発表された機械材料・材料加工分野のポスター発表中、学術・技術の進歩発展に寄与し、特に優秀と認められるポスター発表の著者を対象とする。
- (7) 部門表彰(国際貢献部門) : 本部門の国際会議や国際交流に関し、特に優れた貢献のあった者を対象とする。

ASMP2009 開催と論文募集のご案内

第2回の Asian Symposium on Material and Processing (ASMP) を2009年にペナン島で開催します。アジアにおける機械材料・材料加工技術の協調と発展を目的として2006年にバンコックで開催された第1回ASMPは、参加者約200名と想定を大幅に上回る好評を博しました。そして今回のASMPは、第4回の International Conference on Recent Advances in Materials, Minerals and Environment (RAMM) と共催とし、さらに材料力学部門ともアジアにおける機械学会のアクティビティーを共に高めることを意図し共催します。日本機械学会の英文論文誌 JSMME の特集号も企画いたします。是非ご参加下さい。

日 時：2009年6月1日(月)～3日(水)

場 所：マレーシア ペナン島

Bayview Resort Batu Feringghi

新婚旅行の名所でもあるペナン島のビーチリゾートホテルでの開催となります。

ペナン島へはクアラルンプールまたはシンガポール経由の航空便が便利です。

内 容：

Materials :Advanced materials, Ceramics, Metals & Metal alloys, Polymers, Semiconductors, Surface engineering, Mechanical properties, Fracture, Fatigue, Non-destructive evaluation, Automotive materials and technology, etc.

Materials Processing ; Joining, Powder metallurgy, Casting, Forming/Machining, etc.

Minerals & Environment : Mineral related studies, Environment, Recycling, Reduce, and Reuse, etc.

共 催：

School of Materials and Mineral Resources Engineering, USM

Japan Society of Mechanical Engineers, Division of Materials and Processing

Japan Society of Mechanical Engineers, Division of Materials and Mechanics

Institute of Materials Malaysia Northern Region

ホームページ：

<http://plasma.numse.nagoya-u.ac.jp/~ohtaken/ASMP2009/Welcome.htm>

参加費：機械学会会員 RM*800 (30,000 円),

非会員 RM*900 (40,000 円),

学生 RM*300 (10,000 円)

日 程：

アブストラクト締切 : 2008年11月14日
(申し込み方法はホームページを御覧下さい。)

アブストラクト採否連絡 : 2008年12月15日頃

プロシーディング原稿締切 : 2009年3月16日

早期レジストレーション : 2009年3月31日まで

JSMME 特集号希望者原稿締切 : JSME の WEB で
2009年3月31日の予定。

(実行委員長：大竹尚登(名大)、国際組織委員：武藤睦治(長岡技科大)、中曽根祐司(東京理科大、材料力学部門)、編集幹事：大津雅亮(熊本大))

2008 年度年次大会 in ヨコハマのご報告

第 1 技術委員会 (年次大会)

小豆島 明, 川井 謙一 (横浜国立大学)

2008 年度の年次大会は 2008 年 8 月 3 日(日)~7 日(木)に横浜国立大学(横浜市)で開催されました。猛暑の中でしたが、機械材料・材料加工(M&P)部門では、3 室を利用して以下のような講演セッションと特別企画行事を開催し、皆様のご協力により無事に終了したことをご報告いたします。

- [G04] 機械材料・材料加工(一般セッション, 8 件)
- [S06] 複合材料の動向とその加工技術(6 件)
- [S07] セラミックスおよびセラミックス系複合材料(13 件)
- [S08] マグネシウム合金の創製と加工技術(4 件)
- [S09] 粉末成形とその評価(9 件)
- [S10] 非破壊評価とモニタリング(17 件)
- [S11] バイオマス由来材料の成形加工と特性評価(14 件)
- [S12] 塑性加工の動向とその展開(8 件)
- [S13] 新機能多孔質材料の創製と評価(7 件)
- [S14] 溶接・接合の動向とその展開(6 件)

- [S15] 高エネルギー加工(5 件)
- [J07] 締結・接合部の力学・プロセスと信頼性評価(材料力学部門, 計算力学部門との共同企画, 9 件)
- [J14] 知的材料・構造システム(材料力学部門, 機械力学・計測制御部門, 宇宙工学部門との共同企画, 45 件)
- [K03] (基調講演)「粉末加工と塑性加工の融合による新しい形状付与技術」三浦秀志(九大)
- [K04] (基調講演)「界面強度評価の現状と今後の展開」中佐啓治郎(広島国際学院大)
- [F01] (先端技術フォーラム)「知的材料・構造システムの展開」(材料力学部門, 機械力学・計測制御部門, 宇宙工学部門との共同企画, 6 件)
- [W02] (ワークショップ)「知的材料・構造システムの実用展開」(材料力学部門, 機械力学・計測制御部門, 宇宙工学部門との共同企画, 5 件)
- [W03] (ワークショップ)「環境と共生する軽金属(Al, Mg, Ti)材料の有効利用」(7 件)
- [W04] (ワークショップ)「接合部の強度評価と CAE への展開」(6 件)

このほかに、大会テーマセッション [T03]「マイクロナノ理工学：nm から mm までのテクスチャリングの創成と機能」にも本部門が協力し、22 件の講演発表がありました。

2009 年次大会開催のご案内と特別企画のご提案のお願い

第 1 技術委員会委員長

秋田大学 村岡幹夫

2009 年度の年次大会は、2009 年 9 月 13 日(日)から 16 日(水)までの 4 日間〔ただし 13 日(日)は市民開放行事を予定〕にわたり岩手大学(盛岡市)を主会場として開催されます。北東北で初めての年次大会ということもあり、大会実行委員会も気合が入っております。大会テーマとして「マイクロ・ナノ」「エネルギーと環境」「人材と教育」を検討中です。私が思いつく岩手県・盛岡市のキーワードは、「宮沢賢治」「石川啄木」「吉村貫一郎」「わんこそば」「盛岡じゃじゃ麺」「盛岡冷麺」「南部煎餅」「岩手山」「どんど晴れ」「金型」などです。部門の皆様の多くのご参加をお待ちしております。

現在、第 1 技術委員会では、年次大会での企画を検討中です。すでに、研究発表セッションに関しましては、本部門が幹事のセッションを 14 件(内 8 件が他部門との共同企画)企画しております。一方、特別企画(特別講演、ワークショップ、先端技術フォーラム、新技術開発リポートな

ど)につきましては、現在、企画案を募集中です。締切は 2008 年 12 月 19 日(金)です。奮ってご提案頂きたいと存じます。特別企画のご提案やお問合せがありましたら、村岡(muraoka@ipc.akita-u.ac.jp)までご連絡頂ければ幸いです。



編集後記

M&P 部門ニュースレター No.36 をお届けいたします。本号を発行するにあたり、短い時間にもかかわらず協力いただいた方々に厚く御礼申し上げます。特集記事「複合材料研究の新展開」では、川田先生の巻頭言にもありますように複合材料への情熱を感じていただければ幸いです。本ニュースレターに関するご意見、お問い合わせ等は広報委員会幹事(荻原:ogihara@rs.noda.tus.ac.jp)までお願いいたします。(S.O)

発行

発行日 2008 年 11 月 1 日

〒160-0016 東京都新宿区信濃町 35 信濃町煉瓦館

(社)日本機械学会 機械材料・材料加工部門

第 86 期部門長 藤本 浩司

広報委員会委員長 秦 誠一

Tel. 03-5360-3500 Fax. 03-5360-3508