京都工芸繊維大学

氏　　名	かじおか　のぶよし **梶　岡　信　由**
学位(専攻分野)	博　士（学術）
学位記番号	博甲第　515　号
学位授与の日付	平成 20 年 9 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 3 条第 3 項該当
研究科・専攻	工芸科学研究科　先端ファイブロ科学専攻
学位論文題目	**自動車構造部材に適用可能なテキスタイル複合材料の成形と物性に関する研究**
審査委員	(主査)教授　濱田泰以 教授　藤井善通 教授　木村照夫 准教授　仲井朝美

論文内容の要旨

地球環境保護が世界各地で大きく叫ばれている中、自動車は CO_2 の総排出量のうち約 20%を占めており環境規制の強化方針が打ち出されている。この規制をクリアするためには、エンジンの高効率化や走行抵抗の低減とともに、車両質量の大幅な軽減が必要である。このためには、車両質量の 20%を占めるホワイトボディ(車両の骨格部分)等の構造部材の軽量化を行なう必要がある。その有効的な手段は、複合材料の使用であると考えられる。たとえば、ホワイトボディの置換候補複合材料として一方向強化 CFRP(炭素繊維強化樹脂)の導入検討が始まりつつあるが、特にコスト面で一般的な乗用車で採用できるレベルにはない。本論文では、これら CFRP が抱える問題を克服する技術として、量産性や製品化を見据えた自動車構造部材に適用可能な複合材料としてテキスタイル複合材料をとりあげ、その成形と物性に関する研究を目的とした。

第 2 章では、テキスタイル複合材料の界面設計の検討を行なった。これまで二次元的な境界として取り扱われてきた界面(interface)を、厚さや体積を考慮する三次元的な界面相(interphase)として取り扱い、テキスタイル複合材料における微視的損傷の発生を抑制することを目的として、材料設計的な観点から複合材料全体の特性に及ぼす界面相の影響を検討した。界面相として、汎用樹脂と比較して高じん性、低弾性率を有する柔軟性樹脂を用いて、柔軟性界面相を付与したテキスタイル複合材料の静的引張試験を行なった。その結果、適切な厚さの柔軟性界面相により初期破壊応力が向上し、初期破壊を生じるために必要なひずみエネルギーも増大した。したがって、柔軟性界面相を適切な厚さに形成することにより、弾性率や強度といった力学的特性を低下させることなく、微視的損傷の発生・進展を抑制する効果が確認された。

第 3 章では、テキスタイルインサート射出複合材料の成形性と物性を検討した。射出成形で得られる現行の樹脂製バンパーレインフォースメントでは、ポール衝突試験により製品が分離破断し、要求される衝突性能を満足できていない。そこで、強化材としてテキスタイルの中でも高生産性を有し伸縮性に優れる編物を用い、射出成形法を利用して編物インサート同種異形態複合材料の成形を試みた。この材料は、強化材およびマトリックスとも同種の材料を用いることによって界面特性の改善、リサイクル性能の向上および高生産性を達成するものである。成形条件および編目構造がテキスタイルインサート射出複合材料の力学的特性に影響を及ぼすことを明らかに

し、分離破断しない高強度・高エネルギー吸収を有するバンパーレインフォースメントを提案した。

第 4 章では、テキスタイルインサート SMC について検討を行なった。通常 SMC は強化材としてガラス繊維が用いられているが、近年ではより高剛性・高強度が求められる場合も多いため、炭素繊維を用いた SMC の研究も進んでいる。しかしながら、自動車構造部材としての適用を考慮した場合、ガラス繊維 SMC では剛性が乏しく、また炭素繊維 SMC では破壊が脆性的に起こるために使用が困難であると判断されている。そこで、新しい SMC の製作方法としてテキスタイルインサート SMC の製造方法を提案した。強化材には炭素繊維連続織物とガラス繊維チョップドストランドを用いることで、両者の特長が活かされ、高剛性・高強度、および高じん性を有する自動車構造部材に適用可能な SMC が得られた。さらに連続織物が従来の SMC の欠点である成形時の流動による強度バラツキを抑制する効果を有することを示した。さらに量産性を考慮し、最適な含浸工程の条件や成形サイクルが明らかとなった。

第 5 章では、世界初の成形工法である SMC による中空構造体の成形を行なった。これにより高剛性で超軽量な自動車構造部材を目指した。1 ピース中空構造により接着フランジの廃止が可能となり断面係数の向上と接着工程の削減が図られた。中空成形のショートショットによる材料の充填性の検討や成形条件が製品寸法と力学的特性に及ぼす影響について検討した。さらに、構造解析による最適板厚の検討により自動車用構造部材に適用可能な中空成形技術および最適構造が明らかとなった。

以上のように本論文においては、テキスタイルを活用することにより量産性や製品化を見据えた自動車構造物へ応用可能な成形方法、材料の開発が可能となり、今後の自動車の軽量化に寄与するものと考えられる。

論文審査の結果の要旨

本論文では、テキスタイルを活用することにより自動車構造物へ応用可能な成形方法、材料の開発を提案しており、製品化や量産化を見据えて事業化に向けた開発されていることが大きな特長である。中でも SMC 工法の延長として中空構造形成の可能性が示されたと言うことで、初の工法として評価できる。また自動車関連であれば現在用いられる鋼管のハイドロフォーミング工法に代わって複雑・軽量メンバーを量産できる工法の一つとして、特に複合材料での軽量化技術をもって、軽量化・省エネルギー効果に大いに役立つと考えられ本論文において初めて実現された。

本論文の内容は次の 7 報に報告されており、また特許は 5 件出願している。

1. Nobuyoshi Kajioka, Hiroyuki Hamada, Yoshimichi Fujii, Mitsukazu Ochi, Kazuo Kitagawa, Kazuaki Nishiyabu, Tsuyoshi Nishiwaki, Yasutomo Uetsuji, Masaya Kotaki, Machiko Mizoguchi, Asami Nakai, Naouiki Oya, Toshiko Osada , Masahiro Yamanouchi, ”TEXTILE COMPOSITES WITH AFFORDABLE INTERPHASE", Proceedings of the Annual Technical conference Society of Plastics Engineers,2001,pp2157-2160
2. Nobuyoshi Kajioka, Masaharu Okamura, Hiroyuki Hamada, Asami Nakai and Yang

Xinyu, “Textile Inserted One Unity Composites-Application to Car Construction-”, Design and Manufacturing of Composites,2006,pp.369-375

3. Nobuyoshi Kajioka, Masaharu Okamura, Asami Nakai, Hiroyuki Hamada, ”Development of the Automotive Structural Member by New SMC”, Proceeding of 10th Japan International SAMPE Symposium & Exhibition (JISSE-10)2007, AUTOMOBILE,MARINE,　CIVIL-3-2,pp.1-5(CD-ROM)
4. N.Kajioka, K.Sungeon, M.Okamura, Y.Hidekuma, M.Deconinck, A.Nakai, H.Hamada, Development of Hollow Structural Member using New-SMC Molding Method, ”Proceedings of the 9th International Conference on Flow Processes in Composite Materials”, 2008,pp.1-6(CD-ROM)
5. Nobuyoshi Kajioka, Masaharu Okamura, Hiroyuki Hamada, Asami Nakai and Yang Xinyu, “Development of High Energy Absorption Bumper System for Automobile”, Journal of Materials :Design and Applications(投稿中)

6.梶岡　信由, 秀熊　佑哉, 仲井　朝美, 濱田　泰以,「新規 SMC による自動車構造部材の開発　第 1 報」,成形加工(審査中)

7.梶岡　信由, 秀熊　佑哉, 仲井　朝美, 濱田　泰以,「新規 SMC による自動車構造部材の開発　第 2 報　中空構造部材」,成形加工(審査中)

参考論文等

1.特開 2008-30288(H20.2.14)
「樹脂シート材」

2.特開 2007-276428(H19.10.25)
「樹脂中空成形体の成形装置」

3.特開 2007-307828(H19.11.29)
「樹脂中空成形体及びその成形方法」

4.特開 2008-73938(H20.4.3)
「複合樹脂成形体及びその成形方法」

5.特願 2007-133077(H19.5.18)
「SMC シート材及びその製造方法」

以上の結果より、本論文の内容は十分な新規性と独創性、さらに工業的な意義があり、博士論文として優秀であると審査員全員が認めた。