

氏 名	ろ おんけつ 呂 恩 杰
学位(専攻分野)	博 士 ( 工 学 )
学 位 記 番 号	博 甲 第 4 7 0 号
学位授与の日付	平成 19 年 3 月 26 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 先端ファイブ科学専攻
学 位 論 文 題 目	<b>軟質シート材料の開発と防音材への応用</b> (主査)
審 査 委 員	教授 木村照夫 教授 藤井善通 教授 曾根 彰 信州大学教授 倪 慶清 名誉教授 岩本正治

## 論文内容の要旨

本論文は、環境問題の一つである騒音問題に注目し、騒音対策のための防音材料の主力である遮音材料の開発とその特性についてまとめられている。通常の遮音材料における重くて、硬いという弱点を克服するため、ガラス織物強化シリカナノハイブリッドポリウレタン樹脂の軟質シート材料を考案し、軽量性、高比剛性・高比強度などの繊維強化複合材料の特徴を生かしつつ、コーティング材へのシリカ粒子の充填効果を生かし、軽量かつ柔軟であっても優れた遮音性能を有するシート材料を開発した。また、開発した材料の吸音材としての応用や、開発した材料を芯材とする減衰特性に優れた構造材への応用展開についても検討を行った。

本論文は、5 章ならびに緒論と結論から構成されるものであり、以下に各章の概要を記す。

第 1 章の緒論では、防音材料の現状を整理し、従来の研究の状況と問題点を明確にした。また、本論文の目的を明示し、各章の概要を述べた。

第 2 章では、ガラス織物 (GF) にシリカ含有率の異なるポリウレタン(PU)-シリカナノハイブリッド樹脂を含浸または塗布することにより、比強度に優れた GFRP の特性に加え、耐候性、耐熱性を兼ね備えた新規膜材料 GF/PU 軟質シート材料の創製方法を述べている。また、創製した材料の力学特性を評価するため、静的引張試験や曲げ反発試験を行い、創製した材料の引張特性および柔軟性特性を評価している。また、供試材に対して、熱劣化試験と UV 劣化試験を行い、耐熱性、耐 UV 性に優れたコーティング材のソフトセグメント成分およびシリカ含有率について考察している。

第 3 章では、様々な組み合わせ構造を持つシリカハイブリッド PU 樹脂コーティング織物強化軟質シート材料を提案し、作製した材料を構成する基布の種類や織り方、コーティング材への粒子の充填方法および粒子サイズや含有率など諸因子の遮音性能に対する影響について検討している。その結果、本研究で考案した試料は優れた遮音特性を有することが明らかとなった。

第 4 章では、新しい防音材料開発に対する試みとして、界面における音波の透過理論および超音波解析コード(PZFlex)を用い、創製した GF/PU 軟質シート材料の遮音効果の予測手法について考察している。その結果、実験結果との比較を通じ、遮音効果の予測が十分可能であることを明らかにした。

第5章では、GF/PU 軟質シート材料単体や GF/PU 軟質シート材料と背後支持材からなる複合構造体の吸音率を調べ、GF/PU 軟質シート材料の吸音材としての応用について検討した。同時に吸音率の理論予測を試み、吸音率の理論予測は十分可能であることを示した。

第6章では、真空バッグ法を用い、芯材に GF/PU 軟質シート、表面材にエポキシ樹脂含浸ガラス繊維物プリプレグを配置した振動減衰特性に優れる GFRP/GF/PU サンドイッチ積層板を提案している。さらに作製した積層板に対し、静的曲げ試験、貫通衝撃試験および振動試験、動的粘弾性試験を行い、作製した材料の基本的力学特性および減衰特性について検討を行っている。さらに、固有振動数の理論予測も行った。

最後に第7章では本研究の成果について総括を行っている。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、軟質シート材料の開発とその防音材料としての応用に関する研究で、ガラス繊維織物とシリカナノハイブリッドポリウレタン樹脂からなる複合材料シートを開発し、防音特性をはじめとする種々の特性について詳細に議論している。

まず、シリカ粒子を位置選択によりハードセグメントのみに配置させたシリカナノハイブリッドポリウレタン樹脂をガラス繊維織物のコーティング材として用いることによって、柔軟性を維持したまま、力学特性や耐候性に優れた複合材料シートが得られることを明らかにした。また、コーティング材のシリカ含有率およびソフトセグメント成分が力学特性に大きく影響を与えることを見出した。

とくに得られたシート材料は粒子の充填効果により優れた遮音特性を示し、本研究で創製した軟質シート材料のような軽量材においても、従来の重量遮音材に匹敵する優れた遮音特性を得られることを明らかにした。

さらに、基布の織構造、粒子の充填方法および粒子サイズが遮音特性に及ぼす影響も明らかにした。

一方、本論文では軟質シート材料の吸音材としての可能性についても検討し、その結果、軟質シート材料を他の板材に張るだけで、吸音特性を大きく向上させることができ、建築産業を中心にその応用発展性が示唆された。

また、軟質シート材料の応用展開の一つとして、軟質シートを複合材料の芯材とすることで振動減衰特性が大きく改善されることを明らかにした。

以上のように本論文で得られた知見は、今後の防音材料開発の新しい方向性を示したものであると高く評価できる。

本論文の内容の一部は以下に示す3報の論文にまとめられ、そのうち1)、2)は申請者が筆頭作者であり、既に審査制度の確立された学会誌に掲載されている。3)に関しては投稿中のものである。

- 1) 呂 恩杰, 倉橋 直也, 倪 慶清, 小津俊之, 岩本正治, “GF/PU 軟質遮音材料の創製”, 「材料」(日本材料学会誌) 55, 6, PP. 583-588 (2006).
- 2) 呂 恩杰, 倉橋直也, 倪 慶清, 小津俊之, 倉鋪 憲, 木村照夫, “ガラス織物/PU-シリカナノハイブリッド膜材料の創製とその耐候特性評価”, 日本複合材料学会誌, 33, 1, PP.6-13 (2007).

- 3) Qing-Qing Ni, Enjie Lu , Naoya Kurahashi , Ken Kurashiki and Teruo Kimura,  
“Development of Insulation Sheet Materials and Their Sound Characterization”,  
Advanced Composite Material

投稿中