

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	異なる接着剤の混合比可変塗布による傾斜機能接着継手の実現とその機械的特性に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	川崎翔大
Author(English)	Shota Kawasaki
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10598号, 授与年月日:2017年6月30日, 学位の種別:課程博士, 審査員:佐藤 千明,堀江 三喜男,初澤 毅,松村 茂樹,只野 耕太郎
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10598号, Conferred date:2017/6/30, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	要約
Type(English)	Outline

(博士課程)
Doctoral Program

論文要約

THESIS OUTLINE

専攻 : Department of	メカノマイクロ工学 専攻	指導教員 (主) : Academic Advisor(main)	佐藤 千明 准教授
学生氏名 : Student's Name	川崎 翔大	指導教員 (副) : Academic Advisor(sub)	堀江 三喜男 教授

論文題目

異なる接着剤の混合比可変塗布による傾斜機能接着継手の実現とその機械的特性に関する研究

第1章：緒論

接着接合は他の接合方法にない多くの利点、例えば軽量化、異種材料間接合が可能、応力集中の緩和が可能などの特徴を持ち、自動車や航空機などの大荷重が加わる機械にも頻繁に適用されつつある。そのため、接合強度の向上が求められている。接着継手の強度向上には、大面積で接合することが重要である。接着接合の単位面積あたりの強度は機械的締結手法や溶接と比べると低いが、大面積の接合することにより、それらの接合手法と同等の強度を実現できる。しかし、接着層の端部には応力集中が生じやすく、継手強度を相対的に低減している。すなわち、この応力集中の緩和が重要であり、これができなければ、接着層中央部が荷重をほとんど負担せずに継手が破壊し、広い接合面積を有効に活かすことはできない。したがって、接着層の端部の応力集中を回避するような継手の製作手法が求められている。

従来からある応力緩和手法としては、継手の幾何学的形状の変形による手法が有り、この手法は強度の向上に有効であるが、自動化や低コスト化が難しい。また、継手の形状の変更を伴わない手法として、接着層に弾性率の異なる接着剤を複数用いる手法が提案されているが、異なる接着剤の境界で応力集中が存在し、これが継手の破壊の原因になりやすい。このような接着層の応力集中を低減させるためには、接着層の物性を連続的に変化させる傾斜機能接着継手が有望である。接着層を傾斜機能化することで、接着層の不連続性がなくなり、応力分布の平滑化による継手強度の向上が期待できる。しかし、傾斜機能接着継手に関しては、解析的研究と比べ、実験的な研究の報告が少ないのが現状である。この理由としては、接着層を傾斜機能化させること自体が難しいことが挙げられる。

本論文では、接着接合部の強度の低下の原因となる応力集中を低減するために、2種類の異なる接着剤の混合比可変塗布を行うことで傾斜機能接着継手を実現し、その機械的特性を調べることを目的とする。

第 2 章：接着層傾斜機能化へ向けた第二世代アクリル系接着剤の混合比に対する物性評価

本章では、混合比可変塗布用の接着剤の混合比に対する物性評価を目的とし、混合比可変塗布に適した接着剤を取り上げ、混合比に対する接着剤の材料物性試験を行う。

本研究では、混合比を変えても硬化不良が生じにくい第二世代アクリル系接着剤（SGA）を用い、軟質および硬質の 2 種の SGA について材料試験を行った。まず、2 種類の SGA の混合比を変えて接着剤硬化物を製作し、それらの接着剤硬化物に対して引張試験および動的粘弾性試験を行なった。この結果、ヤング率、引張強度、最大ひずみ、およびガラス転移温度が混合比に対して連続的に変化しており、接着剤の物性が混合比により調整できることを示した。

第 3 章：第二世代アクリル系接着剤を用いた接着層傾斜機能化手法の提案と傾斜機能化接着層の物性分布の評価

本章では、混合比可変塗布による接着層の傾斜機能化の実現を目的とし、2 種類の接着剤を用いたハネムーン接着法による混合比可変塗布法を提案すると共に、その妥当性の実験的検証を行う。

具体的には、軟質および硬質の 2 種の SGA を用い、それぞれの A 剤および B 剤同士を、混合比を変えつつ 2 枚の被着体に塗布し、その後被着体同士を重ね合わせ接着剤を硬化させる手法を用い、接着接合部の製作が可能であることを実証した。提案した手法を実施するための塗布装置は、3 軸ロボット、2 つの吐出量制御装置、およびスタティックミキサーで構成されており、接着剤の塗布位置と接着剤混合比を同時制御することで、混合比可変塗布を実現した。本手法により塗布および硬化を行った接着層に対して、ナノインデンテーション法を用いてそのマルテンス硬度およびヤング率の算定を行ったところ、マルテンス硬度が継手長さ方向に連続的に変化しており、ヤング率の分布に関しても予想値と実験値に大きな差の無いことを確認した。すなわち、本提案手法により接着継手の物性値を連続的に調整できることを実証した。

第 4 章：塗り分け接着継手の機械的特性と応力分布の評価

本章では、接着層の端部と中央部を異なる接着剤で塗り分けた試験片の機械的特性および応力分布の評価を目的としており、その試験片の製作および引張試験を行う。

引張試験時にデジタル画像相関法を用いることで、接着層および被着体のひずみ分布を測定し、さらにこの応力分布を計算した。この結果、接着層両端部の軟質接着剤層が長くなるほど応力集中が緩和すること、並びに本試験片の破断強度は、全長 50 mm の継手中央部に 20~30 mm 程度の硬質接着剤を有するものが最も高いことを確認した。加えて、軟質接着剤層の割合が増加するごとに、被着体のひずみ集中領域が接着層端部から接着層中央部に広がっており、被着体のひずみ分布からも接着層の応力分布の平滑化が達成

できていることが推測できた。すなわち、接着層端部に軟質接着層を配置することは、継手強度の向上および接着層の応力分布の平滑化に有効であることが明らかになった。

第5章：傾斜機能接着継手の強度評価

本章では、接着層の応力集中の低減と継手の高強度化を目的とし、部分的に傾斜機能接合部を有する塗り分け接着継手を製作し、その引張試験を行う。

具体的には、中央部に硬質接着剤層を配置し、その両側に混合比可変塗布による傾斜機能接着層を挿入し、さらにその外側に軟質接着剤層を配置した試験片を作製し、その引張強度を実験的に求めた。

傾斜機能接着継手の引張試験の結果、接着層中央部の硬質接着剤層を長くし、接着層端部に低弾性率の混合比の接着剤を用いることで、硬質接着層のみの継手と比較して接着接合部の強度が約15%向上した。また、デジタル画像相関法を用いた引張試験時の接着層のひずみ計測の結果、傾斜機能接着継手の硬質接着層にも比較的大きなひずみが生じており、効率的な荷重分担ができていることが確認できた。さらに、強度試験後の接着層破断面観察の結果、硬質接着層と軟質接着層がともに白色に変化した場合、強度が高いことがわかった。このような実験的検証により、混合比可変塗布手法により製作された傾斜機能接着継手は、応力分布の平滑化および強度の向上に有効であることが明らかとなった。

第6章：結論

本研究において提案した、異なる種類の接着剤の混合比可変塗布による新しい傾斜機能接着継手の製作方法は、新規の接着継手の高強度化・応力緩和手法として利用可能である。また、塗り分け接着継手と傾斜機能化接着継手の応力場と強度に関する研究は、継手の安全設計のための設計指針となる。

本研究で提案した手法を実際の生産ラインに活用するためには、さらなる傾斜機能接着継手の強度の向上が望まれる。強度の向上を実現するためには、接着層中の混合比分布の最適化が必要である。また、本研究で提案した手法を自動車などの生産ラインで利用するためには、大容量の接着剤を正確かつ高速に塗布する必要がある。そのためには、塗布・混合装置の開発が必要であると考えられる。