

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	CFRP継手接着層の吸湿率評価のための電磁誘導試験法の開発
Title(English)	
著者(和文)	松永航
Author(English)	Wataru Matunaga
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12182号, 授与年月日:2022年9月22日, 学位の種別:課程博士, 審査員:水谷 義弘,轟 章,井上 裕嗣,因幡 和晃,阪口 基己
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12182号, Conferred date:2022/9/22, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第		号	学位申請者氏名		松永 航	
		氏名	職名		氏名	職名	
論文審査 審査員	主査	水谷 義弘	准教授	審査員	阪口 基己	准教授	
	審査員	轟 章	教授				
		井上 裕嗣	教授				
		因幡 和晃	准教授				

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「CFRP 継手接着層の吸湿率評価に対する電磁誘導試験法の開発」と題し、以下の5章から構成されている。

第1章「緒論」では、本研究の背景と研究目的を述べている。まず、旅客機の炭素繊維強化プラスチック (CFRP) 製一次構造材の新たな接合法として接着接合が注目されているものの、Weak bond と呼ばれる強度低下部が生じる可能性があり、現状ではこれを検出する有効な手段がないことから、リベット接合等との併用に留まっているという背景を述べている。Weak bond が発生する原因の1つとして接着層の吸湿が知られていることから、本論文では、導電体のき裂検出に広く用いられている電磁誘導試験 (EIT) を、誘電体である接着層の吸湿評価に適用するためのシステムと方法を開発することを目的として定めている。

第2章「接着層単体の吸湿率測定法の開発」では、吸湿による接着層厚さの変化を考慮しながら、EIT で接着層単体の吸湿率を測定する方法を開発している。まず、EIT で測定可能な誘電率と測定目標である吸湿率を関連づけることが可能な4種の吸湿モデルを示し、本論文で評価対象とする材料の比誘電率、導電率、吸湿範囲、試験条件では、いずれのモデルを適用した場合でも吸湿率と誘電率の関係を直線近似できることを明らかにしている。次に、EIT の出力は誘電率だけではなく、誘電体の厚さによっても変化するため、誘電率及び厚さが既知の校正用誘電体を用いて、EIT の出力と誘電率及び厚さの関係を校正し、その後、前述した吸湿率と誘電率の直線関係を利用して EIT の出力から吸湿率を推定する方法を提案している。最後に、ガラス繊維織物とエポキシからなる GFRP に対する吸湿試験を行い、提案した方法により吸湿率の測定が可能であることを実証している。

第3章「導電体に挟まれた接着層の誘電率測定法の検討」では、CFRP 継手接着層の誘電率を EIT で測定する際の、CFRP の電気的性質と EIT 励磁周波数の条件、測定に適したコイルの配置および形状を検討している。まず、接着層の誘電率測定の際に、導電体である CFRP が電磁シールドになる可能性を指摘し、この電磁シールド効果を解析的に調査している。その結果、一般的な CFRP の導電率であれば、EIT の励磁周波数を 100 MHz 程度まで高くしたとしても、CFRP の電磁シールド効果はほぼ無視できることを明らかにしている。次に、誘電率測定に適したコイルの形状・配置・仕様を実験計画法により検討し、コイル形状は矩形平面スパイラルに、配置は試験体を上下から挟み込むように、さらに、励磁コイルの導体幅を大きくして励磁周波数を高くすると、CFRP に挟まれた誘電体の最大変位電流密度が大きくなり、誘電率を測定し易くできることを見出している。最後に、上述の検討結果を反映した EIT 用コイルを作製し、誘電率が既知の誘電体を2枚の CFRP 板間に挟んだ継手模擬試験体の誘電率を定性的に測定可能であることを示すことで、本章での検討結果の妥当性と、作製した EIT 用コイルの有用性を実証している。

第4章「CFRP 継手接着層の吸湿率測定」では、EIT を用いて CFRP 継手接着層の吸湿率を測定する際に影響を及ぼす因子を明らかにするとともに、EIT の適用範囲と測定精度について議論している。まず、EIT を用いた CFRP 継手接着層の吸湿率測定において、吸湿による接着層の厚さ変化、CFRP の厚さ・誘電率・導電率変化が計測に与える影響を解析的に評価し、本研究で対象とする接着継手では接着層の厚さ変化以外は無視できないことを明らかにしている。次に、CFRP 接着継手の吸湿試験を行い、第3章で開発した EIT 用コイルの出力が継手の吸湿とともに増加することを確認するとともに、継手と同じ条件で吸湿させた CFRP 単体の EIT 出力を用いることで、吸湿の初期を除いて接着層の吸湿率評価が可能になることを明らかにしている。最後に、第2章で提案した校正法と第3章で得た結果を用いて EIT の出力から接着層の吸湿率を算出し、その結果を Fick の拡散法則を用いて推定した吸湿率と比較した結果、測定精度は 60%程度であることを示している。

第5章「結論」では、本論文の結果を総括して示すとともに、本研究の今後の展望について述べている。

以上を要するに、本論文は CFRP 継手接着層の吸湿率評価を実現可能とする電磁誘導試験法を開発したものであり、工学上および工業上貢献するところが大きい。よって本論文は博士(工学)の学位論文として十分に価値があるものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。