

氏名	荒井 雅嗣		
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	博甲第 8814 号		
学位授与年月日	平成 30年 9月 25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	システム情報工学研究科		
学位論文題目	異種材料の界面を有する部材の破壊強度に関する研究		
主査	筑波大学 准教授	博士(工学)	松田 昭博
副査	筑波大学 教授	工学博士	河井 昌道
副査	筑波大学 名誉教授	工学博士	寺本 徳郎
副査	筑波大学 准教授	博士(工学)	松田 哲也
副査	産業技術総合研究所上級主任研究員	工学博士	松崎 邦男

## 論文の要旨

### 【論文の要旨】

本論文は構造部材や精密機器等の界面の信頼性を向上させるために、界面の強度設計プロセスを改善することで、破壊強度の高精度な予測を可能にすることを目的としている。

2章において、接着界面の破壊機構と破壊強度について評価することを目的として、強度試験法に準拠した引張せん断継手を用いて、AE(Acoustic Emission)法と破面・断面観察を組合せた手法により破壊機構を評価している。この結果によって、破断荷重の60~70%の荷重で接着界面端から界面はく離き裂が発生・進展し、接着層内に屈折して最終破壊に至ることを明らかにしている。公称の界面はく離開始応力を設計上の目安とすれば、より安全側の設計ができることを示唆している。

3章において、ポリイミド被覆した石英製の小径パイプの研究では、ポリイミド被覆は小径パイプ表面への傷生成を抑制するための保護膜としての効果が高く、ポリイミド被覆した石英製の小径パイプの強度に寄与していないことを明らかにしている。

4章において、アルミナ溶射膜の破壊強度と残留応力について評価した研究を行い、耐熱強度が残留応力の影響で高くなっており、溶射膜の形成温度や速度といったプロセスの管理が重要であることを示唆している。

5章において、腐食層を有するセラミックスの強度を評価する研究では、セラミックス溶射膜の破壊機構、セラミックス溶射膜の破壊強度と残留応力の関係について評価している。残留応力の評価では、溶射膜を除去した際のひずみ解放に伴った変形を実測し、実測の変形量を基に有限要素法を用いて残留応力を推定する手法を用いている。以上の検討によって、セラミックスの腐食試験後の曲げ強

度の低下量は粒界が溶出した腐食層の厚さとセラミックスの破壊靱性値，粒界から予測できることを示している．以上の研究から，本論文は，異種材料の界面を有する部材の破壊強度に着目し，炭素鋼の接着継手，ポリイミド被覆，アルミナ照射膜，セラミック腐食層に対する破壊強度を明らかにして，その設計方法を示している．

## 審 査 の 要 旨

### 【批評】

本論文は，セラミックスおよび金属材料を母材として，異種材料の界面を有する部材の破壊強度に関する研究を行ったものとなっている．

まず，一液加熱硬化型エポキシ接着剤を用いた継手の界面端での破壊機構や接着層の厚さの相違による残留応力の影響，強度評価指標との相関について評価を行い，引張せん断継手の破壊機構はラップ長さによらず一定で，破断荷重の 60%~70%で接着面端から界面剥離亀裂が発生・進展し，接着層内に屈曲して最終破壊に至ること，このときの界面剥離開始条件はモード I の応力特異場の強さあるいはエネルギー解放率と良い対応を示すことを明らかにしている．

また，DNA シーケンサー装置で用いられている石英製小径パイプ(キャピラリ)の折損低減を目的として，キャピラリ折損時の破壊機構の解明，ポリイミド被覆の残留応力とキャピラリの破壊強度の関係，さらにポリイミド被覆に未貫通のき裂が形成されている場合のき裂進展の特性について評価している．その結果，石英製小径パイプの強度設計において，石英のマイクロクラック形成の抑制に留意するべきであることを明らかにし，その折損率を大幅に低減している．

さらに，アルミニウムにセラミックス溶射膜を付与した異種材料界面の破壊機構と部材の強度を評価し，アルミナ溶射膜を加熱した際のクラック発生温度は 160℃であり，この時の熱応力は残留応力の影響で引張強度より 40MPa 高い 160MPa であることを示している．

最後に，セラミックスである窒化ケイ素を対象に，酸性水溶液及び水酸化ナトリウム水溶液の煮沸環境下に浸漬後の腐食劣化と曲げ強度の変化について評価し，これらの強度指標として破壊力学を用いた設計基準を活用できることを新たに示している．

以上の研究は，異種材料の界面を有する部材の破壊強度を評価したのもとして，高い学術性と実用性を有しており，本論文は博士(工学)の学位論文として十分な内容となっている．

### 【最終試験の結果】

平成 30 年 8 月 6 日，システム情報工学研究科において，学位論文審査委員の全員出席のもと，著者に論文について説明を求め，関連事項につき質疑応答を行った．その結果，学位論文審査委員全員によって，合格と判定された．

### 【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき，著者は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める．