

### 【論文審査の要旨】

本学位申請論文に関して、公聴会および2回の審査会を開催し、論文の内容に関する慎重な審査を行った。審査結果について以下のように報告する。

摩擦攪拌接合 (FSW: Friction Stir Welding) は、融点以下の接合技術であり、欠陥を生じないこと、接合後の変形が抑えられることなど、既存の溶融接合と比較して利点が多い。2000系および7000系のアルミ合金の接合が可能であることから、FSWの航空機構造への適用が期待されている。FSW後の金属組織、接合方法、条件および静強度については多くの研究がなされている。一方、FSWの航空機への適用には、接合部近傍の材料特性、静強度、疲労特性に加え、航空機の設計に重要である損傷許容設計の観点から、FSWがき裂進展挙動に与える影響の把握とこれを予測する技術が必要である。また、腐食等に対する耐環境性を把握することも不可欠である。しかし、航空機に使用される薄板アルミ合金に関するFSWの研究事例は極めて少ない。

本論文の目的は、2024-T3アルミ合金の2mm厚の平板に対するFSWに関して、静強度、疲労強度、破壊起点、疲労き裂進展挙動、耐腐食性およびリベット継手との疲労特性の違いを把握することにある。また、FSWの疲労き裂進展速度を予測するために、残留応力を考慮した応力拡大係数と修正き裂開口比を用いた解析解に基づく手法、並びに弾塑性有限要素法解析によるき裂開口応力評価に基づく手法について、実験結果と比較し、有効性を示している。

本論文によって得られた成果を以下にまとめる。

(1) 厚板の場合と異なり、薄板アルミ合金のFSWの場合、接合部での急激な硬さ低下は見られないこと、接合条件により疲労寿命及び破壊起点が異なること、破壊起点により疲労限が異なることを実験により示した。さらに、FSWはリベット継手と比較して疲労寿命が長くかつ疲労限が高いこと、その違いは、疲労破壊の起点の違いに起因することを実験結果及び破面観察から解明した。

(2) FSWのき裂進展速度は、引張残留応力が最大となる接合中央部でなく接合端近傍で、母材に対するき裂進展速度の加速率が最も高いことを実験及び解析解により示した。実験と解析解で最大加速率の値には差がみられるが、本研究の条件において、接合線的位置、応力比が加速率に与える影響を解析解により定性的に評価することが可能であることを明らかにした。また、実験値との比較により、弾塑性FEM解析によるき裂進展速度の予測法の妥当性を確認した。

(3) 母材と比較して、FSWは腐食ピットが深いこと、接合中央及び端部に腐食ピットが集中することを腐食試験から確認した。また、FSW、母材とも最も深い腐食ピットが必ずしも疲労破壊の起点とならないことを疲労試験と破面観察から明らかにした。

以上のように、本論文は、薄板アルミ合金のFSWの接合条件が静強度、疲労強度および

これらの破壊起点に与える影響、FSWの疲労き裂進展特性、耐腐食性を実験により明らかにするとともに、FSWのき裂進展速度を解析により予測可能であることを示した。本研究  
成果及び手法は、FSWの航空機構造への適用を検討するうえで有益であり、その工学的価値は極めて高い。よって本論文は、博士(工学)の学位を授与するに値するものと認められる。

(最終試験又は試験の結果)

本学の学位規則に従い、最終試験を行った。公開の席上で論文発表を行い、質疑応答を行った。また、論文審査委員により本論文及び関連分野に関する試問を行った。これらの結果を総合的に審査した結果、専門科目についても十分な学力があるものと認め、合格と判定した。