

学 位 論 文 概 要

題 目 摩擦攪拌点接合による熱溶着技術を用いた Al 合金/CFRP 異種材料継手の
疲労特性および疲労寿命評価手法の確立

(Establishment of evaluation method for fatigue life and fatigue characteristics for aluminum alloy/CFRP dissimilar heat welding joints by friction stir spot welding)

氏 名 小 川 裕 樹

本研究は、CFRP の異種材料接合の知見拡充を目的に、アルミニウム合金と CFRP の異種材料間を摩擦攪拌点接合による熱溶着技術を施工した継手を対象として、基礎的な継手の疲労特性の取得ならびに、その破壊機構について検討した。また、それらの検討とともに解析的検討から、疲労特性との関連性ならびに、疲労寿命評価を実施した。以下に結論を示す。

第 2 章はアルミニウム合金/CFRP の摩擦攪拌点接合による熱溶着継手にて、継手の基礎的な疲労特性の取得ならびに、アルミニウム合金に表面処理を施工した継手との比較検討を実施した。その結果、表面処理が継手強度向上に大変有効であり、疲労破壊機構として、両材界面を疲労き裂進展する界面破壊と CFRP の母材破壊を呈する 2 種類の様相を示すことが確認された。また、これらの破壊機構は表面処理との関連性が認められ、表面処理施工により両材間の界面強度が向上し、両材間の疲労き裂進展抵抗が増加したことで、CFRP の母材破壊が生じる割合が増加し継手強度向上に繋がったと示唆された。

第 3 章では、アルミニウム合金/CFRP の摩擦攪拌点接合による熱溶着継手の接合時間の短縮を目的に、種々の接合時間で継手の疲労特性に与える影響を比較検討した。その結果、接合時間の増加に伴って CFRP の基材樹脂溶融の時間が増加し、接合面積の増大につながることで継手強度が向上する傾向を示した。併せて、疲労破壊機構の詳細な解明を目的として、疲労き裂の三次元的観察による疲労き裂進展の可視化を行った結果、複数の疲労き裂が発生・進展し、そのうちアルミニウム合金の治具固定側に存在するスリット先端から生じる疲労き裂が最も優先的に進展する様相を示した。またそれらの挙動については FEM 解析結果と合致することが明らかになった。

第 4 章はアルミニウム合金/CFRP 間の摩擦攪拌点接合による熱溶着技術の適用範囲拡大を目的に、エンブラを基材樹脂とする CFRP を採用し、材料変化に伴う影響について検討を行った。結果として、継手の接合特性および強度特性は CFRP の基材樹脂に依存する傾向がみられ、エンブラを基材樹脂とした継手の疲労強度は、低強度樹脂のそれと比べ低下し、疲労信頼性も低くなることが示された。また、エンブラを基材樹脂とした継手の疲労破壊機構と解析結果との整合性については明らかにできず、接合条件の最適化など、前章で実施した同様の試験の必要性が認められた。

第 5 章では、上記の疲労試験結果の総合的評価を目的として、各種パラメータによる評価を実施した。そのうち、異材界面の特異応力場を考慮した疲労き裂進展に寄与する応力拡大係数による評価指標が、接合時間の影響を含めポリプロピレンを基材樹脂とする CFRP 接合体の統一的評価を可能とした。そのため、CFRP の基材樹脂がポリプロピレンの接合体については、実験結果および解析結果全てにおいて合致し、本研究の総合的な成果は価値のあるものといえる。しかしながら、CFRP の基材樹脂の差異による疲労寿命評価に対しては材料依存性が強くみられ、評価指標に関しさらなる考察の必要性が示唆された。