

## 自己評価報告書

平成 23 年 4 月 19 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008～2011

課題番号：20360050

研究課題名（和文） 非相似形等寿命線図に基づく疲労寿命予測法の検証と影響因子に関する基礎研究

研究課題名（英文） Study on verification of the anisomorphic CFL diagram approach to fatigue life prediction and identification of controlling factors

## 研究代表者

河井 昌道 (KAWAI MASAMICHI)

筑波大学・大学院システム情報工学研究科・教授

研究者番号：90169673

研究分野： 材料力学

科研費の分科・細目： 機械工学・機械材料・材料力学

キーワード： 複合材料、疲労、寿命予測法、等寿命線図、非相似形等寿命線図、影響因子

## 1. 研究計画の概要

本研究においては、研究代表者が提案した「非相似形等寿命線図法」の一般的な有効性を検証することを主目的とし、それを工学的な疲労設計手法へ発展させる上で考慮すべき事柄の抽出も併せて行う。

具体的には、次の4つの因子〔(I) 試験温度、(II) 吸湿量、(III) 積層板の厚さ方向の面外疲労荷重、(IV) 切欠等の損傷発生源〕が応力比の異なる定常疲労強度に及ぼす影響を詳細に調査する。これらの異なる疲労条件に対して取得した疲労データに基づいて等寿命線図を作成し、研究代表者の提案する非相似形等寿命線図法を用いた予測と比較することによって、予測精度と適用範囲を明らかにする。適用限界が認められる場合は、可能な一般化についても研究する。

## 2. 研究の進捗状況

(1) 試験温度がドライ材／ウェット材の等寿命線図に及ぼす影響の解明：

擬似等方 CFRP 積層板のドライ試験片およびウェット試験片を用いて異なる応力比の疲労試験を室温と高温で行い、試験温度の違いが等寿命線図に及ぼす影響を明らかにした。また、得られた試験結果に基づいて、研究代表者が提案する非相似形等寿命曲線の異なる湿熱条件での適用性を評価した。この結果、以下の成果が導かれた。

① 試験温度が高くなるに伴い、臨界応力比（＝圧縮強度／引張強度）の値が大きくなる。これに呼応して、(実験) 等寿命線図は右側に傾きながら、入れ子状の形状に遷移する。

② 試験温度に拘わらず、予測した非相似形等寿命線図は実験から求めた等寿命線図と良好に一致する。

④ 温度に拘わらず、吸湿によって圧縮強度が約 5%低下する。疲労強度は 5～10%低下する。

⑤ 提案した非相似形等寿命線図法は、吸湿の有無、温度の違いに拘わらず、有効に利用できる。

(2) 積層方向の室温／高温疲労荷重がドライ材の等寿命線図に及ぼす影響の解明：

厚さ（プライ枚数）の異なる一方向積層板 [90]<sub>n</sub> の疲労挙動と等寿命線図を調べた。この結果、以下の成果が導かれた。

① 引張-引張疲労は応力比の影響を強く受けるが、圧縮-圧縮疲労に及ぼす応力比の影響は小さい。

② 板厚の違いが疲労挙動に及ぼす影響は、引張疲労については顕著であるが、圧縮疲労については小さい。

③ 非相似形等寿命線図をトランスバース疲労に応用した場合、圧縮疲労について記述精度が低くなる。

④ 上記③の問題を克服するため、修正された非相似形等寿命線図を開発した。これらの成果は非相似形等寿命線図が有効となるメカニズムのヒントを与えている。

⑤ 室温の積層方向疲労挙動に基づいて提案された修正非相似形等寿命線図（4領域形の非相似形等寿命線図）は高温における積層方向疲労挙動に適用できる。

(3) 切欠きがドライ材の等寿命線図に及ぼす影響の解明：

平織 CFRP 積層板のドライ条件下における主軸疲労強度の切欠き（円孔）寸法効果と応力比依存性を実験によって調べた。得られた S-N 関係に基づいて切欠き材の等寿命線図を

同定し、試験条温度の違いによる影響を評価した。また、応力比依存性を考慮した切欠きモデルを開発し、その適用性を検討した。この結果、以下の成果が導かれた。

① 引張荷重の影響が大きい応力比の場合、切欠き材のS-N関係は平滑材のそれに急速に近づく傾向を示す。

② 圧縮荷重の影響が大きい応力比の場合、切欠き材のS-N関係は平滑材のそれから低強度側に一定量のずれを呈する。

③ 室温および高温のいずれの条件においても、上記(1)、(2)の特徴が認められる。

④ 観察された切欠き材の疲労挙動の応力比依存性に基づいて定式化した切欠き疲労モデルは精度の高い予測を与える。

### 3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

(理由)

研究は当初の計画にほぼ沿って進められている。すでに、評価因子のすべてについて重要な知見を得るとともに、提案する手法の有効性と発展性を示すことに成功している。

### 4. 今後の研究の推進方策

当初の計画に沿って研究を推進する。3年度目後半に予定した試験が条件の調整で最終年度(4年度目)にまたがることになったが、遅れは想定範囲に留まっており、計画したすべての研究は期間内に完了できる見込みである。

### 5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 18 件)

① Kawai, M. and Murata, T., Modified Anisomorphic Constant Fatigue Life Diagram for Symmetric Angle-Ply Carbon/Epoxy Laminates at Room Temperature, Composites Part A, 査読有, Vol. 41, 2010, pp. 1498-1510.

② Yoshimura, R., Kawai, M. and Matsuda, Y., Anisomorphic Constant Life Diagram Approach Taking Account of the Temperature Dependence of Fatigue of CFRP Laminates, Proc. of The Seventh Asian-Australasian Conference on Composite Materials (ACCM-7), 査読有, 2010, CDROM.

③ Yagihashi, Y., Kawai, M., Hoshi, H. and Iwahori, Y., Effect of Water Uptake on the Fatigue Behavior of a Quasi-Isotropic Woven Fabric Carbon/Epoxy Laminate at Different Stress Ratios, Proc. of Asian Pacific Conference for Materials and Mechanics and Mechanics (APCMM2009), 査読有, 2009, USB.

④ Kawai, M. and Saito, S., Off-Axis Strength

Differential Effects in Unidirectional Carbon/Epoxy Laminates at Different Strain Rates and Predictions of Associated Failure Envelopes, Composites Part A, 査読有, Vol. 40, 2009, pp. 1632-1649.

⑤ Kawai, M. and Arai, Y., Off-axis notched strength of fiber metal laminates and a formula for predicting anisotropic size effect, Composites Part A, 査読有, Vol. 40, 2009, pp. 1900-1910.

[学会発表] (計 43 件)

① Kawai, M., Matsuda, Y., Yoshimura, R., Hoshi, H. and Iwahori, Y., Constant fatigue life diagrams for a woven CFRP laminate at room and high temperatures, The Fifth International Conference on Fatigue of Composites (ICFC-5), October 16-19, 2010, Nanjing, China.

② Kawai, M., Yagihashi, Y., Hoshi, H. and Iwahori, Y., Effect of Water Uptake on the Fatigue Behavior of a Quasi-Isotropic Woven Fabric Carbon/Epoxy Laminate at Different Stress Ratios, The Fifth International Conference on Fatigue of Composites (ICFC-5), October 16-19, 2010, Nanjing, China.

③ Teranuma, T. and Kawai, M., Principal Master Diagrams for Fatigue of a Unidirectional CFRP Laminate at Room Temperature, The Seventh Asian-Australasian Conference on Composite Materials (ACCM-7), November 15-18, 2010, Taipei, Taiwan.

④ Kawai, M., Matsuda, Y., Hoshi, H. and Iwahori, Y., Anisomorphic Constant Fatigue Life Diagram for a Woven CFRP Laminate at Room and High Temperatures, International Conference on Composite Materials (ICCM-17), July 27-31, 2009, Edinburgh, UK.

⑤ Kawai, M., Multiaxial Modeling of Notch Sensitivity of Orthotropic Composites in the Ductile-to-Brittle Transition Region, The 2nd ECCOMAS Thematic Conference on the Mechanical Response of Composites (Composites2009), April 1-3, 2009, London, UK.

[図書] (計 1 件)

① Kawai, M. (第 6 章執筆、単著), Woodhead Publishing Limited, Fatigue life prediction of composite materials under constant amplitude loading (編者 Vassilopoulos, A.P.), 2010, pp. 177-219.