

令和 2 年 6 月 19 日現在

機関番号：15301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K14556

研究課題名(和文)六軸ランダム振動を受ける材料の疲労損傷メカニズムの解明と評価試験法の構築

研究課題名(英文) Mechanism of fatigue damage of materials under six-axis random vibration and evaluation testing method

研究代表者

坂本 惇司 (Sakamoto, Junji)

岡山大学・自然科学研究科・助教

研究者番号：50752052

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：大きさや方向が複雑に変化する多軸ランダム振動を受ける材料の疲労破壊について、実験による検討を行った。その結果、比較的シンプルな形状の材料の場合は、一つの共振モードで振動するため、一番負荷が大きい方向の応力を用いて疲労強度の評価を行える可能性があり、複雑な形状の材料の場合は、複数の共振モードで振動するため、一番負荷が大きい方向の応力のみでは実際の疲労強度よりも長寿命側に評価してしまう可能性があることが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

自動車や航空機をはじめとする輸送機器等の機械・電子機器は、使用時に大きさや方向が複雑に変化する多軸ランダム振動を受ける場合が多い。そこで本研究では、多軸ランダム振動を受ける材料の疲労損傷メカニズム解明および評価試験法の構築を目的として、実験による検討を行った。その結果、多軸ランダム振動時の材料の疲労損傷に関して、知見を得た。本成果は、機械・電子機器等の長期信頼性の確保かつ無駄のない最適な強度設計に貢献できると期待される。

研究成果の概要(英文)：We investigated a fatigue fracture of a material subjected to multi-axis random vibration which complicatedly changes the amplitude and direction. In the case of a material with a simple shape, the material could vibrate in a resonance mode. Therefore, there is a possibility that the fatigue strength can be evaluated using the stress in the direction with the largest load. In the case of a material with a complicated shape, the material could vibrate in a few resonance modes. Therefore, there is a possibility that the fatigue strength cannot be evaluated using only the stress in the direction of the largest load. The evaluated fatigue strength might be higher than the actual fatigue strength.

研究分野：材料力学

キーワード：疲労損傷 多軸ランダム振動 非比例負荷 共振

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

自動車や航空機をはじめとする輸送機器等の機械・電子機器は、使用時に大きさや方向が複雑に変化する多軸ランダム振動を受ける場合が多い。負荷方向が変化する多軸疲労の疲労強度は、一方向に負荷が加わる単軸疲労の疲労強度よりも低下することが知られている。多軸疲労に関する研究は多くなされている。しかし、多軸ランダム振動を受ける材料の疲労損傷に関する研究は少なく、多軸ランダム振動を受ける材料の疲労損傷のメカニズムは明らかになっていない。特に、多軸ランダム振動による疲労損傷に関する先行研究では、疲労損傷過程の分析や破壊力学的考察はほとんど行われていない。

2. 研究の目的

本研究では、多軸ランダム振動を受ける機械、構造物を安全かつ有効に使用することを目指し、多軸ランダム振動を受ける材料の疲労損傷メカニズム解明および評価試験法の構築を目的として、アルミニウム合金 A5056 を用いて実験による検討を行った。

3. 研究の方法

(1) 単純な形状の試験片を用いた多軸ランダム振動試験

材料は、市販のアルミニウム合金 A5056 を用いた。本材料を選定した理由は、疲労強度特性に関するデータが豊富であることと、加工が容易であることの2点である。

単純な形状の試験片としてボタンヘッド型試験片を用いて、多軸ランダム振動試験を行った。本試験片は、削り出しで作製しており、試験片を直接振動台に固定している。図1に、試験片を振動台に設置した様子を示す。多軸ランダム振動試験は、Qualmark社製 Typhoon2.5を用いて、試験片を設置した振動台を空気ハンマーにより6軸方向(3つの並進方向と3つの回転方向)に振動を与えることにより行った。振動の周波数は10~5000 Hzであり、振動の大きさは10~70 Grmsであり、振動台中央部の加速度計を用いて振動の大きさを制御している。試験環境は、25°Cの窒素ガス 0.1 MPa の環境下である。

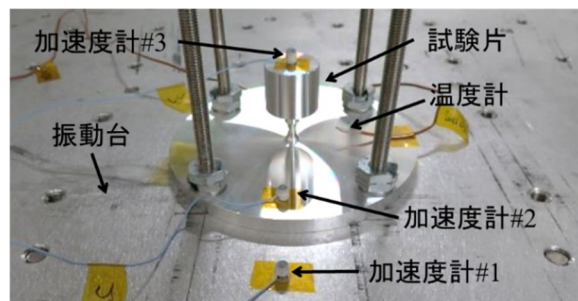


図1 ボタンヘッド型試験片の振動台への設置状態

(2) 複雑な形状の試験片を用いた多軸ランダム振動試験

材料は、上記の実験と同様の理由で、市販のアルミニウム合金 A5056 を用いた。

複雑な形状の試験片として Y 字型試験片を用いて、多軸ランダム振動試験を行った。本試験片は、ジグを用いて振動台に固定している。図2に、Y字型試験片を振動台に設置した様子を示す。多軸ランダム振動試験は、上記試験と同様の条件で行った。また、3軸ひずみゲージ、1軸ひずみゲージを用いて、破壊起点近傍のひずみを測定し、主応力方向の時間変化を測定した。さらに、加速度計を用いて、試験片の加速度を測定した。

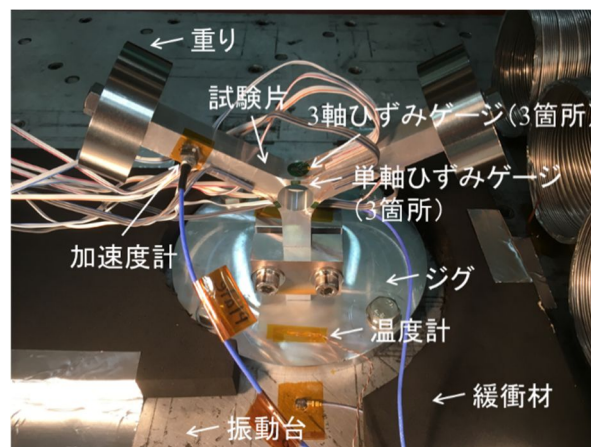


図2 Y字型試験片の振動台への設置状態

4. 研究成果

(1) 研究の主な成果

単純な形状であるボタンヘッド型試験片に対して多軸ランダム振動を与え、疲労破壊挙動を分析した。その結果、多軸ランダム振動を受ける材料であっても、一つの振動モードが現れるため、主応力方向の負荷を修正マイナー則で考慮することで疲労寿命を評価できる可能性を示した。

複雑な形状であるY字型試験片に対して多軸ランダム振動を与え、疲労破壊挙動を分析した。振動試験中には、破壊起点近傍のひずみを3軸ひずみゲージおよび1軸ひずみゲージを用いて測定した。その結果、複雑な形状であるY字型試験片においては、一つの振動モードだけではなく複数の振動モードが現れる場合があり、その場合においては主応力方向が変化することが分かった。また、主応力方向は変化するが、その変化する主応力方向の中で最大の主応力をとる方向の負荷を修正マイナー則で考慮し疲労寿命を算出すると、図3に示すように、実際の疲労寿命よりも約10倍大きく評価することが分かった。これは、主応力方向が変化することによる非比例負荷の影響等の影響が大きいためと考えられる。つまり、対象の材料形状が複雑になると、複数の振動モードが現れるため、一番負荷が大きい方向の応力のみを考慮した場合は実際の疲労強度よりも長寿命側に評価してしまう可能性があることが分かった。

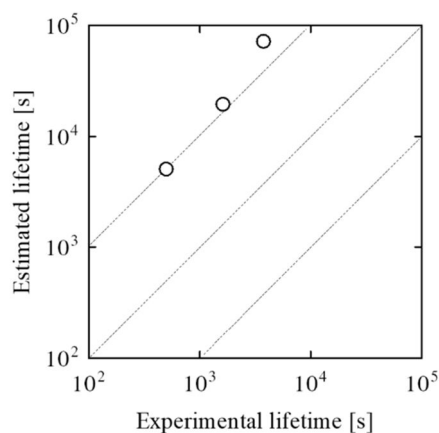


図3 破断時間の実験値と一方向の負荷を修正マイナー則で考慮した予測値の関係

(2) 得られた成果の国内外における位置づけとインパクト

得られた成果は、多軸ランダム振動を受ける機械・電子機器等の長期信頼性の確保かつ無駄のない最適な強度設計に貢献できると期待される。

(3) 今後の展望

振動疲労損傷のカギとなる振動疲労き裂進展について更なる調査を行い、精度の良い振動疲労強度の評価を目指す予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Junji Sakamoto, Tadahiro Shibutani	4. 巻 13
2. 論文標題 Analysis of fatigue damage of aluminium alloy under multiaxial random vibration	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Procedia Structural Integrity	6. 最初と最後の頁 529-534
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.prostr.2018.12.087	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 坂本 惇司
2. 発表標題 六軸ランダム振動による疲労破壊
3. 学会等名 機能限界加速試験による高品質設計技術コンソーシアム公開シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 坂本惇司、山田朋佳、多田直哉、上森武、澁谷忠弘
2. 発表標題 多軸ランダム振動下のアルミニウム合金の疲労強度評価
3. 学会等名 日本機械学会M&M2019材料力学カンファレンス
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 坂本 惇司
2. 発表標題 多軸ランダム振動を受ける材料の疲労損傷とは？
3. 学会等名 日本機械学会「中国四国機素潤滑設計技術研究会」第72回「中国四国支部MD&T研究会」第70回（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山田朋佳、坂本惇司、多田直哉、上森武
2. 発表標題 多軸ランダム振動によるA5056アルミニウム合金の疲労破壊挙動
3. 学会等名 日本塑性加工学会中国四国支部第20回学生研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山田朋佳、坂本惇司、多田直哉、上森武
2. 発表標題 多軸ランダム振動下のA5056アルミニウム合金の疲労寿命予測
3. 学会等名 日本金属学会・日本鉄鋼協会中国四国支部第47回若手フォーラム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 坂本惇司
2. 発表標題 多軸ランダム振動を受ける材料の疲労寿命
3. 学会等名 日本金属学会・日本鉄鋼協会中国四国支部第47回若手フォーラム（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Junji Sakamoto, Tadahiro Shibutani
2. 発表標題 Analysis of fatigue damage of aluminium alloy under multiaxial random vibration
3. 学会等名 22nd European Conference on Fracture (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 坂本 惇司
2. 発表標題 多軸ランダム振動下のアルミニウム合金の応力場とそれに及ぼすショットピーニングの影響
3. 学会等名 日本材料学会第68期学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 坂本 惇司、澁谷 忠弘
2. 発表標題 多軸ランダム振動下の材料の応力場の算出方法の検討
3. 学会等名 2017年度春季ばね及び復元力応用講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 坂本 惇司、澁谷 忠弘
2. 発表標題 多軸ランダム振動を受けるアルミニウム合金の疲労破壊挙動
3. 学会等名 日本材料学会第67期学術講演会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------	---------------------------	-----------------------	----