



Title	破壊確率を考慮した疲労限度線図による信頼性評価手法の提案とスイッチ用金属ダイヤフラムへのその適用
Author(s)	中井, 啓晶
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/45911
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 大阪大学の博士論文について

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名	なか い ひろ あき
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 19500 号
学位授与年月日	平成 17 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科生産科学専攻
学位論文名	破壊確率を考慮した疲労限度線図による信頼性評価手法の提案とスイッチ用金属ダイヤフラムへのその適用
論文審査委員	(主査) 教授 座古 勝 (副査) 教授 豊田 政男 教授 南 二三吉 教授 小林紘二郎 教授 西本 和俊 教授 荒井 栄司 教授 藤本 公三 教授 平田 好則 助教授 倉敷 哲生

論文内容の要旨

機械・構造物の信頼性評価は強度試験や疲労試験データを基に実施されるが、製品開発サイクルが短い携帯電話や電子機器では、フィールドデータ収集や実働荷重試験が容易でないことから、その評価が困難となっている。また、そのことが製品開発期間の短縮化への大きな障害となっている。かかることから、開発期間短縮を可能とする実働荷重に対する疲労信頼性評価手法の提案とその適用性を示すことを本研究の目的とした。現在、開発期間短縮が重要な課題となっているものの一つとして携帯電話がある。また、携帯電話などには数多くのスイッチが用いられており、その使用頻度の高いスイッチの信頼性が機器全体の信頼性となる。そこで、提案手法をスイッチの信頼性評価に適用し、手法の有用性を示した。

本論文は全 5 章から構成されており、第 1 章は緒言として、機械・構造物の疲労に対する信頼性評価の課題および使用頻度の高まるスイッチ部品の現状と問題点について記述した。

第 2 章では、高信頼性が要求される機械・構造物に対し、破壊確率を考慮した疲労限度線図による新たな信頼性評価手法を提案した。また、提案手法を用いることにより、残留応力や実働荷重下にある機械・構造物の疲労寿命と構造体中の危険箇所を定量的に評価できることを示した。

第 3 章では、スイッチ用金属ダイヤフラムの信頼性評価を実施するために、その素材であるステンレス鋼薄板の力学的特性を試験により求めた。また、圧延により生じる異方性を調査するため、引張試験を行い、直交異方性理論を基に力学的特性値の同定を行った。また、通常の疲労試験機では実施が困難な薄板材に対し、疲労試験を可能とする薄板用曲げ疲労試験装置を製作し、疲労試験を実施した。さらに得られた試験結果を基に提案する疲労限度線図を作成した。

第 4 章では、金属ダイヤフラムの製造工程およびスイッチングを想定し、ダイヤフラムに発生する応力分布とその変動を有限要素法により解析した。一方、ダイヤフラムの打鍵試験を行い、スイッチング時の繰返し負荷による動作力変化とき裂発生箇所を調査した。さらに、数値解析結果と第 3 章で得られた強度データを基に、提案手法によるダイヤフラムの信頼性評価を行った。提案手法により得られた結果と打鍵試験結果が比較的良く一致し、本手法が有効であることを明らかにした。

第5章では、以上で得られた知見を総括し、本論文の結論とした。

論文審査の結果の要旨

構造物の疲労設計・寿命評価においては、部材強度と実荷重下での発生応力評価が重要となる。しかしながら、構造物に作用する応力変動は通常の疲労試験で行うように規則的ではなく不規則となるので、それらを考慮して寿命を評価する必要がある。

一方、電子部品や機器に多数組み込まれているスイッチ部品は、その一個の故障でも機器故障に繋がるため、高信頼性が要求される。スイッチは、繰り返し使用されるので疲労強度が重要となるが、信頼性の観点から材料毎のばらつきを考慮した寿命評価手法が必要となる。しかし、このようにばらつきと実働荷重下での構造物に対する疲労寿命評価の研究は、数少ないのが現状である。また、実働荷重に対して応力頻度解析を行った場合に得られる各繰返し応力の応力比は、一定ではなく、構造物の寿命推定も応力比の異なるデータを基に実施しなければならないが、これらについての研究も数少ないのが現状である。

かかる理由から、論文目的を実働荷重下の構造物の疲労寿命を評価することとし、その評価のために疲労限度線図による評価手法を提案している。また、ばらつきについては、破壊確率を考慮した疲労限度線図を用いる実用的疲労寿命評価手法を提案しているところに新規性がある。

提案手法の有用性を確認するために、スイッチ用金属ダイヤフラムに手法を適用し、検討している。スイッチ用金属ダイヤフラムに適用するには、素材の特性把握とプレス成型による残留応力評価が重要である。そのため、まず、素材であるステンレス鋼薄板の力学的異方性を引張試験結果から同定し、直交異方性として取り扱えることを示すと共に、製造・使用時を想定した有限要素解析を実施し、ダイヤフラムに発生する応力評価を行っている。さらに、薄板材の疲労試験データ採取のため、薄板用疲労試験装置を設計・製作している。これらの特性を採取した後、提案手法を金属ダイヤフラムに適用し、繰返し使用に対する疲労き裂の発生箇所とその寿命を評価している。さらにその結果が実製品のき裂観察結果と一致することを示し、提案手法の妥当性を検証している。

以上のように、本論文は実働荷重下にある構造物の疲労寿命評価手法を提案とその適用性についてまとめたものであり、生産科学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。