

(様式第5-2)

2010年 8 月 10 日

琉球大学大学院  
理工学研究科長 殿

論文審査委員

主査 氏 名 真壁 朝敏  
副査 氏 名 才本 明秀  
副査 氏 名 宮崎 達二郎  
副査 氏 名 富山 潤



### 学位（博士）論文審査及び最終試験の終了報告書

学位（博士）の申請に対し、学位論文の審査及び最終試験を終了したので、下記のとおり報告します。

記

申請者	専攻名 生産エネルギー工学	氏名 Sohel Muhammed Rana	学籍番号 [REDACTED]
指導教員	真壁 朝敏		
成績評価	学位論文 <u>合格</u> 不合格		最終試験 <u>合格</u> 不合格
論文題目	Improvement of Fatigue Life of Aluminum Alloy Specimen with Notch and Behavior of Fatigue Cracks (切欠きを有するアルミニウム合金試験片の疲労寿命改善とき裂の挙動)		
審査要旨 (2000字以内)			
<p>軽量であるアルミニウム合金は古くから航空機の機体等に用いられてきている。また近年の地球環境の問題から機器の軽量化が進められ、航空機以外の輸送用機器等においてもアルミニウム合金が使用されるようになってきた。</p> <p>しかし、強度が低いと破壊が生じる危険性があるので、軽量であっても安全面からは好ましくない場合もある。そして、多くの機器においては切欠きが加工されているが、その切欠きによる応力集中のための強度低下は避けられない問題である。そこで、本研究においては、切欠きを加工しても強度低下があまり生じないような加工手法と締結用の要素形状について検討している。また、本研究では疲労の問題を検討している。</p>			

(次頁へ続く)

## 審査要旨

本論文は5章からなり、2章から4章において実験結果に基づいたアルミニウム合金を用いた板材の疲労強度の評価と改善に関する内容が展開されている。

第2章と3章においては、切欠きとして穴をアルミニウム合金板材の中央に加工した場合の疲労強度の改善について記述している。本研究では切欠きによる強度低下を軽減する手法を提案したものであり、特にアルミニウム合金において本研究で提案した手法を適応している。部材に切欠きを加工した場合、応力集中によって強度が低下する。本手法では切欠きとして選んだ穴に楕円ピンを挿入することによって、穴を加工した場合よりも顕著に穴材の疲労強度が改善されることを示している。つまり、穴にピンを挿入し、その後にピンを抜き取ると穴が膨らみ穴の周りが強化されることを利用したものである。穴に円形の断面のピンを挿入した場合、塑性変形に起因する加工硬化によって穴材の疲労強度が改善されることは知られていた。本研究では、このような手法を応用し、アルミニウム合金において、穴に楕円ピンを挿入した場合（長軸が荷重方向に一致する方向に挿入）には円形のピンを挿入した場合よりも効果的に疲労強度が改善され、さらに寿命が延命することを示している。また、その効果は、炭素鋼の場合には現れず、本実験範囲ではアルミニウム合金で生じた現象であった。炭素鋼においては穴にピンを挿入し抜き取った場合に時間が経過すると硬度が増していくという時効硬化が生じない。しかし、アルミニウム合金においては、時効硬化が生じ、それが強度に影響する。また、応力一ひずみ関係の性質から変形が大きい楕円の長軸側で塑性変形が大きくなる。その結果、アルミニウム合金においては、上述のように楕円状のピンを挿入すると塑性加工の効果と圧縮の残留応力の発生によって、穴材の疲労強度が改善される機構が明らかとなった。したがって、本研究によってアルミニウム合金切欠き材の強度を高める一手法が提案されたことになる。

第4章においては、機器を締結する要素の改善によって疲労強度を改善する手法を示している。航空機等では胴体で使用されるアルミニウム合金の板を締結するため、リベットが多用されている。そのリベット形状は航空機のまわりの流れ場における抵抗を軽減するため機体表面に突起物が生じない皿型が選ばれている。しかし、皿型リベットのリベット穴においては皿頭部の形状に起因して他の形状のリベットよりも応力が集中し易くなっている（特に、皿型リベットの頭部と平行軸部分の境界では急な断面積の変化のため、高い応力集中が生じる）。本研究においては、皿頭部の形状を変え、頭部と平行部の境界部分に湾曲部を設けたフレットにして応力集中を緩和する手法を提案している。そして、疲労試験によって、その形状の改良が部材の強度と疲労寿命を改善する手法として効果的であることを示している。さらに、有限要素解析によってリベット穴形状の改善によって期待通りに応力集中が軽減されることを確かめている。

したがって、本研究成果は工学的に有用であり、提出された学位論文は博士の学位論文に相当するものと判断し、学位論文の審査を合格とする。また、論文発表会における発表ならびに質疑応答において、申請者は専門分野および関連分野の十分な知識ならびに琉球大学大学院理工学研究科博士後期課程修了者として十分な研究能力を有していることが確認できたので最終試験を合格とする。

論文要旨  
Abstract

論文題目

Title: Improvement of Fatigue Life of Aluminum Alloy Specimen with Notch and Behavior of Fatigue Cracks

Japanese Title: 切欠きを有するアルミニウム合金試験片の疲労寿命改善とき裂の挙動

This dissertation is concerned with the fatigue life improvement of Aluminum-alloy and 0.45% Carbon steel related to local plastic deformation by inserting removing pin throughout the center-holed specimen. Also, the fatigue life improvement of riveted specimen is investigated.

In the first study, the effect of local plastic deformation on the fatigue life in a holed specimen was investigated. The local plastic deformation was applied around the hole by inserting a pin into the hole, and the pin was removed before the testing. The material used was aluminum alloy 2024-T3. The cold expansion of circular holes is known to improve resistance to fatigue. After removing the pin, there was a circular hole or elliptical hole in the center of the flat section of the specimen. The effect of the cold expansion of a circular hole on fatigue life by means of a quasi-elliptical pin was investigated. Due to the application of local deformation, the fatigue life of holed specimens became longer. In particular, in specimens where the hole shape was made elliptical, the fatigue life was clearly improved. The results indicate that significant life improvements can be obtained through cold expansion applied with a quasi-elliptical pin. The optimum result was obtained when the pin diameter was 4% larger than the diameter of the specimen hole. Additional evaluations were conducted, including determinations of the effects of crack propagation from the hole. The major life extension was obtained through slower crack growth in the short-crack stage. Fatigue life improvement of the cold-worked hole specimen was explained by determining the hardness results around the cold-worked hole. Consequently, it is concluded that the local plastic hardening and compression residual stress in the vicinity of the hole are the cause of the strengthening of the holed specimen.

In the second study, the enhancement method of fatigue life and the crack initiation and growth behavior of a holed specimen was investigated by using the 2024 Aluminum alloy and 0.45% Carbon steel. I propose a simple technical method for enhancement of fatigue life in a center-holed specimen. Also, the effect of local plastic deformation by cold work on fatigue crack initiation behavior was examined. In this chapter I present a basic experimental kinematic cold expansion method by inserting and removing a pin through the specimen hole. The shape of cross-section of pin was a circle or an ellipse. It was shown that the fatigue life of the specimen with the cold-worked hole was longer than that of the specimen with non-cold-worked hole for the case of same stress level in aluminum alloy and carbon steel. Also, the improvement conditions of fatigue life were significantly affected by shape of pin, local hardening and residual stress conditions.

In the third study, the shapes of the countersunk and countersunk head rivet were improved to lengthen the fatigue life of a riveted plate which uses countersunk head rivets. Failure of riveted plates in service occurred due to crack initiation from rivet holes. The stress concentration at a hole edge is one of main causes of the shortening of crack initiation life of a riveted plate when cyclic stress was applied. The corner of the root of the countersink was rounded, and stress concentration at that point was reduced. Also, a brief examination of the effect of the rivet shape on the fatigue life of a riveted specimen was carried out. The experimental results showed that the fatigue life of the riveted plate was improved where the improved rivet was used. The crack initiation site observed on the fracture surface of the holed specimen in which the improved rivet hole was drilled was different from that in which a normal rivet hole was drilled. From an analysis by the finite element method, the value of stress concentration at the improved rivet hole is lower than that of a normal rivet hole.

Name: Soheli Muhammed Rana