

Department 機械工学専攻	Student ID Number 学籍番号	第 115111 号	Supervisors 指導教員	足立 忠晴 竹市 嘉紀
Applicant's name 氏名	竹尾 恭平			

Abstract

論文内容の要旨 (博士)

Title of Thesis 博士学位論文名	アクリル樹脂発泡フィルムによる衝撃荷重の緩和効果 (Reduction effect of acrylic foam film on impact load)
----------------------------	--

(Approx. 800 words)

(要旨 1,200 字程度)

現在、様々な分野において耐衝撃性の向上が必要とされている。そこで、緩衝材として発泡材料が多く用いられている。近年では、電子機器の小型化、軽量化に伴い、厚さ1 mm以下の発泡材料が必要となっている。このような背景から、新たにアクリルを材質としたアクリル樹脂発泡フィルムが注目されている。しかし、アクリル樹脂発泡フィルムの圧縮変形挙動や衝撃吸収メカニズムは正確に把握されていない。さらに、薄い発泡フィルムに対する衝撃試験は行われておらず、信頼性の高い、衝撃吸収特性の測定法を確立する必要がある。本研究では、アクリル樹脂発泡フィルムを試験片とし、発泡フィルムの衝撃低減効果を評価する簡便な試験方法を提案するとともに、それらの衝撃試験方法の妥当性について検討する。さらに、測定される結果に基づいて、アクリル樹脂発泡フィルムの動的変形特性について明らかにし、フィルムの厚さと衝撃荷重の低減効果およびエネルギー吸収特性との関係について明らかにする。

はじめにスプリット・ホプキンソン棒法試験を実施し、アクリル樹脂発泡フィルムの動的圧縮変形挙動について検討し、アクリル樹脂発泡フィルムの衝撃エネルギー吸収特性に与えるフィルム厚さと密度の影響について検討した。その結果、応力-変位線図はこれまでの発泡材料と同様の傾向を示した。また、単位体積当たりのエネルギー吸収量を密度の一次関数で表すことができることを明らかにした。

続いて、薄いフィルムの衝撃荷重の低減効果および衝撃エネルギー吸収量を測定するための試験方法を検討し、簡便に実施できる落球試験を採用し、アクリル樹脂発泡フィルムにステンレス球が衝突したときの衝撃荷重および衝撃エネルギー吸収量を測定した。その結果、フィルム厚さと荷重低減効果およびエネルギー吸収特性との関係について考察を行った。その結果、厚さ200 μm のアクリル樹脂発泡フィルムを使用することで最大荷重を60 %程度減少させ、球の初期エネルギーをほぼ吸収することができた。

さらに、大きな衝撃荷重が作用したときの衝撃荷重の変化やフィルム厚さの影響を検討するためにアクリル樹脂発泡フィルムに対して落錘試験を行い、フィルムが厚くなるほど、最大荷重を減少させ、荷重負荷時間が長くなることを明らかにした。

最後に、剛性の低い機器に衝突が作用する場合の衝撃荷重の低減効果を明らかにするために衝撃三点曲げ試験を行った。アクリル樹脂発泡フィルムが取り付けられたアルミニウム合金はりを試験片として使用した。その結果、アクリル樹脂発泡フィルムを用いることで、厚さ3 mmのはりの場合は10 %、厚さ6および10 mmのはりの場合は20 ~ 30 %程度、最大荷重を減少させることができた。したがって、剛性の低い機器においても、アクリル樹脂発泡フィルムは衝撃荷重を減少させることが可能であることを示した。

以上のように本研究では、様々な衝撃試験の薄い発泡フィルムに対する衝撃試験の妥当性を示すとともに、フィルムが厚くなるほど、衝撃荷重を低減させ、衝撃エネルギー吸収特性が高くなることから、アクリル樹脂発泡フィルムは、非常に高い衝撃緩和効果を有していることを明らかにした。

Department 機械工学専攻	Student ID Number 学籍番号	第 115111 号	Supervisors 指導教員	足立 忠晴 竹市 嘉紀
Applicant's name 氏名	竹尾 恭平			

Abstract

論文内容の要旨 (博士)

Title of Thesis 博士学位論文名	アクリル樹脂発泡フィルムによる衝撃荷重の緩和効果 (Reduction effect of acrylic foam film on impact load)
----------------------------	--

(Approx. 800 words)

(要旨 1,200 字程度)

Recently, high impact resistance is required in various fields. One of protection methods for impact damage is reduction of impact load namely, maximum impact load decreases due to cushioning material made of foam material. Resin foam material can absorb impact energy and also reduce impact force. Because of recent necessity of light weight and small size of mobile devices foam material with thickness less than 1 mm is needed to prevent impact damage by falling. Due to the background, acrylic foam film having high strength is now focused. Impact testing methods of the thin films have not been established to estimate effect of thin films on the reduction of the impact load yet. In this research, the simple impact tests having high reliability were purposed and their validities were confirmed. Dynamic behaviors of the acrylic foam film were clarified and relation between thickness of the film and the reduction of the impact load was identified by using the proposed testing methods. Impact load was measured by drop ball test for acrylic foam films to clarify the effects of the thickness and density of the foam films on the impact load and the energy absorption.

First, dynamic compressive behavior of the acrylic foam films were measured by using a split Hopkinson pressure bar test to consider the effects of film thickness and density on dynamic mechanical properties. The stress-displacement curves were similar to typical ones of general foams. The absorbed energy per unit volume of the film could be expressed simply as a linear equation of the density. The energy absorptions of the foam films under compression were thus found to be determined by the density regardless of thicknesses.

Second, the impact load was measured by a drop ball test for acrylic foam films to clarify the reduction effects of thickness and density of the foam films on the impact load and the energy absorption. The maximum impact force on the foam film of mere 200 μm thick was 60% smaller than the one without foam film with increasing the duration of the impact load. Therefore, the acrylic foam films were found to have enough strength and noticeable effect on the impact force reduction and the impact energy absorption. Finally, the acrylic foam film absorbed approximately whole potential energy of the ball. Therefore, the thin acrylic foam films were found to be effective in the reduction of the impact load and the absorption of the impact energy.

Impact reduction effect of the acrylic foam film was clarified by developing a falling weight testing machine having higher capacity of impact. Maximum value of the impact load decreased dominantly and the plateau region was longer as the thickness of the film increased. The duration of the load was longer for the thicker film.

Finally, impact reduction effect of the acrylic foam film was clarified by using a dynamic three-point bending test when impact was applied to a structure with low stiffness. The aluminum alloy beams attached with acrylic foam films were prepared as specimens. The acrylic foam film was found to reduce the maximum value of the impact load: the maximum value of the load applied to the specimens with 3 mm thick was 10% smaller without the foam film and the maximum value of the load applied to the specimen with 6 and 10 mm thick reduced to 20-30% smaller than the one at the case without film. Therefore, the acrylic foam films were clarified to be effective in the impact load reduction for the flexible structure.

In conclusion of the study, the validations of the proposed impact testing methods were confirmed in detail. By using the methods maximum of the impact load decreased dominantly as the thickness of the foam films increased. Therefore, the acrylic foam films were found to have enough strength and noticeable effect on the impact force reduction and the impact energy absorption.