

リターナブル容器のための緩衝材の防振性に関する研究

徳田宙瑛*¹、飯田恭平*¹、中川幸臣*¹

Study of Protection against Vibration Occurring from Cushions for Returnable Containers

Hiroaki TOKUDA*¹, Kyohei IIDA*¹ and Yukiomi NAKAGAWA*¹

Industrial Technology Division, AITEC*¹

リターナブル容器は繰り返し利用することを前提に作られた容器で、包装廃棄物の削減や環境負荷の低減で注目されており、今後、企業間での輸送を中心に幅広い分野で普及することが期待されている。これまでのリターナブル容器になかった耐衝撃性、防振性を同時に満たす新たな付加価値をつけることを目標に、外箱と内箱の二重箱を模擬した簡易モデルを作製し振動実験を行った。緩衝材として簡易モデルに底面に発泡ポリエチレンと金属ばねを、側面に発泡ポリエチレンをそれぞれ組み入れ、摩擦力を利用することにより高い防振性を得ることができた。また、耐衝撃性についても衝撃加速度が 500m/s^2 未満となり、目標を達成することができた。

1. はじめに

今日、環境問題の深刻化により段ボール箱に代表されるような一度利用したら廃棄、リサイクルされるワンウェイ容器から、企業間輸送を中心に包装廃棄物が少なく、繰り返し利用できるリターナブル容器に注目が集まっており、国内のみならず、海外でも利用されるケースが増えている。理由として欧州を中心に、輸送によって生じた包装廃棄物等の処理を規制するケースが増えるなど、対策が急務となっていることが挙げられる。加えて、製造業を中心に物流コストを抑える動きが進み、材料費や廃棄のコスト等は無視できないものとなっている。

現在、リターナブル容器は耐久性を高めるため、プラスチック製のものが中心に浸透しているが、あくまで「運ぶ」という機能に特化しており、容器自体に緩衝性はなく、緩衝材等を施して製品を保護するために緩衝設計が行われている。

そこで我々は緩衝設計で求められる防振性、耐衝撃性が両立し、また緩衝材が脱着可能で、かつ幅広い重量範囲で利用できる付加価値をもつリターナブル容器の開発を目標とした。今年度は、防振性、耐衝撃性で重要な役割を果たす緩衝材の材料、組み合わせについての研究を行ったので報告する。

2. 実験方法

2.1 簡易モデルの作成

防振性を持たせるには製品に加わる固有振動数、振幅

倍率を下げるのが重要である¹⁾。固有振動数は製品が固有に持つ振動数で、振動数が固有振動数に一致すると、製品の振動振幅が理論上無限大となり、その揺れが続くことで製品の損傷の原因となる。

リターナブル容器の開発において、防振性を上げるために以下のことを検討した。

①側面で摩擦を発生させて、振幅倍率を下げる

②底面の緩衝材を柔らかくし、固有振動数を下げる

③①、②を組み合わせ、より防振性を高める

そこで、我々は内箱と外箱の2つの箱からなり、内箱と外箱に緩衝材を組み込む構造を想定し、**図1**に示すような簡易モデルを作製した。

2枚の木板が内箱、外箱の役割を果たし、木板に挟まれるように緩衝材を設置した。緩衝材には発泡ポリエチレン（発泡倍率25倍、以下発泡PEと記す）を用いた。発泡PEは静的応力-最大加速度曲線により、衝撃吸収が十分な条件で寸法を $52\text{mm}\times 52\text{mm}\times 52\text{mm}$ とした²⁾。簡易モデルの寸法は $400\text{mm}\times 300\text{mm}\times 270\text{mm}$ で、木板の上には製品を想定した木製のダミー貨物を設置し、合計重量が 6.5kg となるようにした。加振実験は、振動試験機（エミック（株）社製）を用い、振動加速度は 4.9m/s^2 、振動数はJIS³⁾を参考に輸送振動帯域を想定し $5\sim 50\text{Hz}$ とした。また、データアナライザ（（株）共和電業社製）を用いて加速度センサーを簡易モデルおよび振動試験台に取り付け、振幅倍率で評価を行った。

*1 工業技術部 応用技術室（現環境材料室）

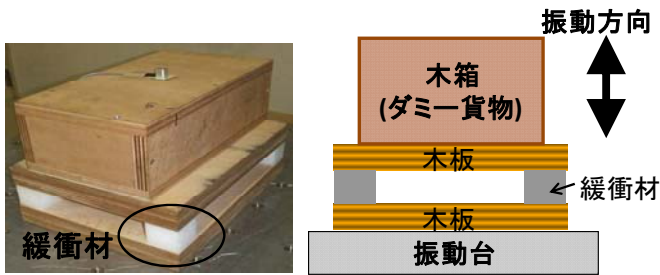


図1 簡易モデル

振幅倍率は振動試験台で生じている振動加速度に対するダミー貨物で生じる振動加速度の割合であり、振幅倍率を低く抑えるには、一般的に摩擦などの抵抗力を与えることが必要である。

2.2 発泡 PE 緩衝材を用いた側面摩擦による方法

振幅倍率を下げるのに摩擦などの抵抗力を与えることが必要であるため、簡易モデルの四方を図2に示した金属製の L字型の治具で固定し、簡易モデルと治具の間の側面に 24mm×24mm×24mm に加工した発泡 PE 緩衝材を組み入れ、上部の木板と接するようにした。側面に組み入れた発泡 PE は1つの側面に対し、均等に3個ずつ並べた。底面の緩衝材に発泡 PE を用い、寸法を 52mm×52mm×52mm とし、四隅に配置した。また側面の発泡 PE は事前に 10% 圧縮したものをを用いた。

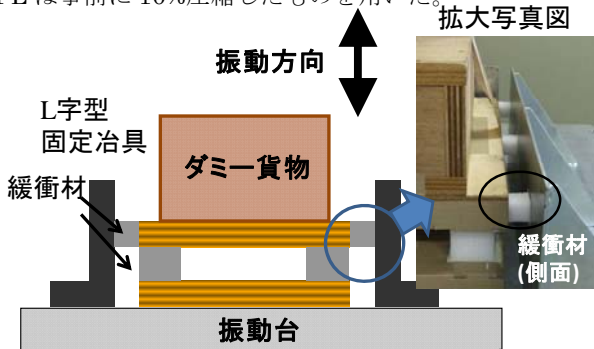


図2 側面摩擦によるモデル

2.3 底面に金属ばねと発泡 PE 緩衝材を利用する方法

固有振動数を下げるには、一般的に柔らかい緩衝材を利用する必要がある。金属ばねのような柔らかい緩衝材を利用することが望ましいが、金属ばね単独でリターンブル容器の緩衝材として利用するのは難しい。そこで金属ばねと発泡 PE 緩衝材を組み合わせることで各緩衝材が持つ欠点を補うこととした。検討したモデルを図3に示す。

固有振動数、振幅倍率は高いが、衝撃吸収性に優れ、緩衝材として広く使われている発泡 PE と固有振動数を下げることができる金属ばねを緩衝材として組み込むことによる相乗効果が期待できると考え、検討を行った。

発泡 PE の寸法は金属ばねの伸びにより発泡 PE どう

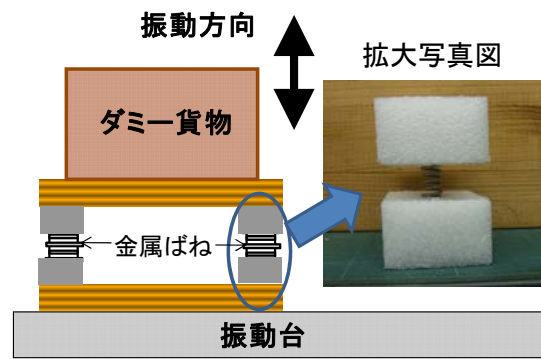


図3 金属ばねと発泡 PE の緩衝材のモデル

しが接触しないよう 52mm×52mm×26mm とした。金属ばねは直径 12mm、高さ 70mm、ばね定数 2.1N/mm のものを使用し、底面の四隅にそれぞれ組み入れた。

2.4 発泡 PE 緩衝材による側面摩擦と底面に金属ばね・発泡 PE 緩衝材を組み合わせる方法

側面摩擦および底面に複数の緩衝材を組み合わせることで、振動数を下げながらも、振幅倍率が減少できると考え、検討を行った。検討モデルを図4に示す。底面の緩衝材は図3で示した発泡 PE と金属ばねを組み合わせたものを用いた。側面には図2で示した L字型の治具で四方を固定した。発泡 PE を 24mm×24mm×24mm に加工し、1つの側面に対し組み入れる発泡 PE を等間隔に2個、3個、5個並べ振動実験を行い、振幅倍率、固有振動数の違いを考察した。

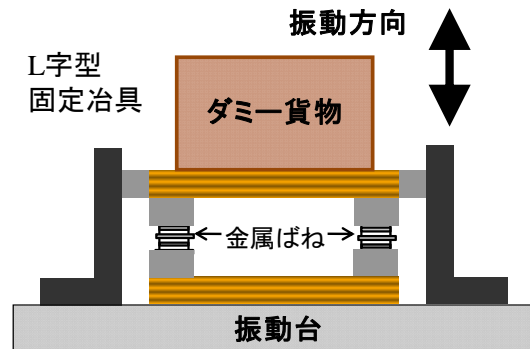


図4 側面摩擦と底面発泡 PE・金属ばねモデル

2.5 落下衝撃試験

振動試験の結果から防振効果の高い緩衝材の組み合わせで、落下衝撃の耐久性に関する検討を行った。簡易モデルに加わる衝撃加速度を、壊れやすい製品で求められる 500m/s² 以下に抑えることを目標とした。

耐衝撃性について評価するために、リターンブル容器を模擬した外箱と内箱からなる木製の箱(図5)を作製した。寸法は外箱が 580mm×480mm×270mm 内箱が 400mm×300mm×180mm で木板を用いて内箱と外箱の側面の間隔を等しくした。また、内箱と外箱の間に緩衝材を1つの面に対し3個等間隔に並べた。

JIS の規格⁴⁾をもとに落下試験機 (Lansmont 社製) を用いて 60cm の高さから落下させた。落下時の衝撃加速度は内箱に取り付けた加速度センサーを用いて、衝撃波形をもとに求めた。



図5 落下衝撃試験用木箱

3. 実験結果および考察

3.1 発泡 PE 緩衝材を用いた側面摩擦による方法

簡易モデルの周りに発泡 PE を組み入れたときの振幅倍率の結果を図6に示す。従来品 (図1に示した簡易モデル) と比べ固有振動数は 37Hz から 47Hz と高い振動数に移動し、振幅倍率も大きくなり、改善されなかった。固有振動数が高かったため、緩衝材を側面に置くだけでは側面での摩擦力の効果が十分に得られなかったものと思われる。

3.2 底面に金属ばねと発泡 PE 緩衝材を利用する方法

底面の緩衝材として、発泡 PE あるいは、発泡 PE ・金属ばねを組み合わせたときの振幅倍率の変化を図7に示す。発泡 PE と金属ばねを組み合わせたものは、従来品に比べ固有振動数が 40Hz から 7Hz と大きく低下した。また 10Hz 以上で振幅倍率が大きく減少した。発泡 PE は硬いのに対し、金属ばねは柔らかいため、固有振動数が下がったものと考えられる。また金属ばね自体に減衰の機構がないため、振幅倍率は 6 倍以上と従来品よりも大きくなってしまった。この結果から緩衝材を組み合わせることで固有振動数を下げられることを確認でき

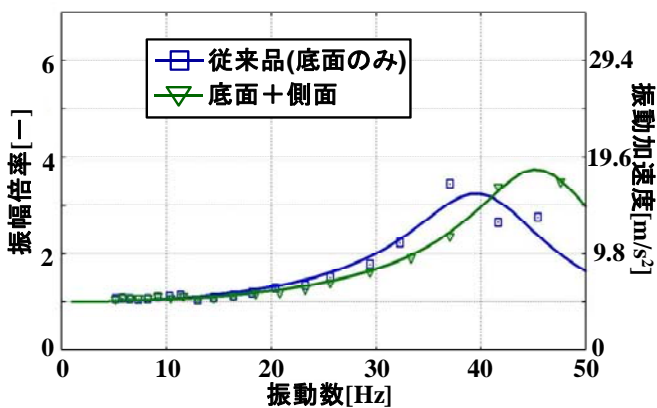


図6 側面緩衝材の有無による振幅倍率の違い

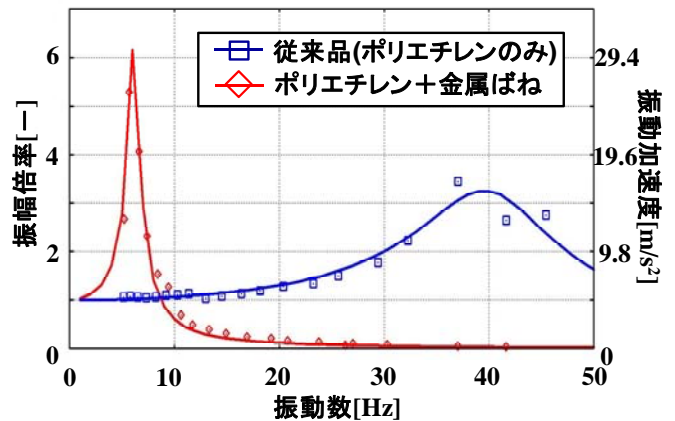


図7 底面緩衝材の違いによる振幅倍率の違い

たが、振幅倍率を下げる工夫が必要である。

3.3 側面摩擦と金属ばね・発泡 PE 緩衝材を組み合わせる方法

底面の緩衝材を発泡 PE ・金属ばねにし、側面の発泡 PE 緩衝材の数を変化させたときの振幅倍率の変化を図8に示す。

側面に設置した発泡 PE の数が多いほど固有振動数が高くなっている。これは、緩衝材の数が増えるほど、摩擦力が働くため、全体として硬い緩衝材となり、固有振動数も高くなる。側面が 5 個の場合は、摩擦力の効果が大きくなりすぎて、振幅倍率曲線は結果的に、緩衝材が硬いものと似た挙動を示したと思われる。

また振幅倍率に注目すると、1 つの側面あたりの発泡 PE の数が 3 個のものが振幅倍率は一番小さな値となっており、2 個や 5 個の場合はいずれも大きくなった。この結果から振幅倍率を小さくするために、緩衝材の数を把握する必要があることが明らかとなった。

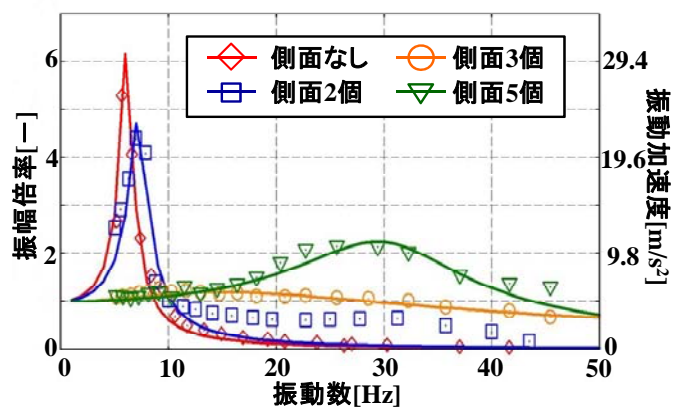


図8 側面と底面を複合させたときの振幅倍率

3.4 落下衝撃試験

側面の摩擦を利用し、さらに底面を金属ばね・発泡 PE 緩衝材を用いることで、高い防振性を得ることを確認できた。

そこで同時に耐衝撃性が得られるかを確認するため、底面が発泡 PE・金属ばねで外箱と内箱の間の側面に最も効果の高い条件であった発泡 PE3 個を組み入れ、落下試験機を用いて試験を行った。試験結果を図 9 に示す。

衝撃加速度は 378m/s^2 となり、目標の 500m/s^2 の値を下回ることができた。

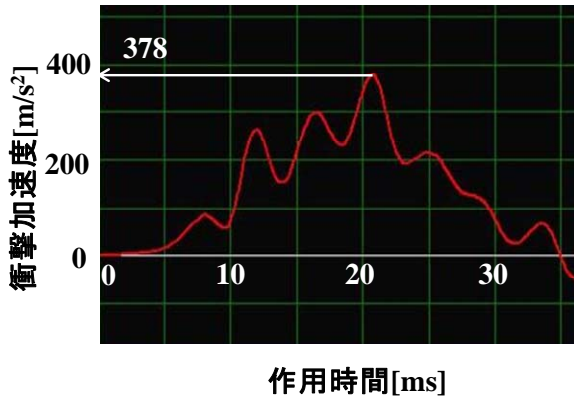


図 9 落下衝撃試験時の波形

4. 結び

防振性、耐衝撃性を有したリターナブル容器の開発のため、発泡 PE、金属ばねなど複数の緩衝材を用いてモデルを作製し、底面のみならず側面摩擦も利用して防振性、耐衝撃性について検討した。

その結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 側面に発泡 PE を組み入れても、底面が発泡 PE (硬い緩衝材) では振幅倍率の減少は確認できなかった。
- 2) 底面の緩衝材を柔らかくすること (発泡 PE・金属ばね) で、固有振動数を低い位置 (振動数) にずらすことができた。
- 3) 側面に発泡 PE、底面の緩衝材を発泡 PE・金属ばねにして振動実験を行った場合、各側面に 3 個並べたとき、本実験範囲で、振幅倍率は一番小さな値となった。また落下衝撃においても衝撃加速度が 500m/s^2 を下回り、目標値を達成することができた。

文献

- 1) 中川, 室津, 岩壺: 工業振動学, P43(1976), 森北出版
- 2) JIS Z 0235 (2009), 包装用緩衝材料—評価試験方法
- 3) JIS Z 0232 (2009), 包装貨物—振動試験方法
- 4) JIS Z 0202 (2009), 包装貨物—落下試験方法