

気泡緩衝材の緩衝性能の測定と比較

班員 太田 皆美、関軒 康太郎、町岡 優真、室峰 充希
担当教諭 木下 和也

キーワード：気泡緩衝材、緩衝性能、力センサ、粒径、粒高

In this study, a basketball was dropped onto bubble wrap placed on a force sensor, and the reduction in force applied to the force sensor was measured. The results showed the greater the thickness of the bubble wrap between the drop point and the force sensor, the higher the cushioning performance.

1 はじめに

気泡緩衝材とは、表面に多数の気泡を持つ緩衝材である。気泡がクッションとなって外部からの衝撃を吸収し分散させることで、内容物を保護する。気泡緩衝材は粒の大きさ、形、色などで様々なタイプの製品があり、用途による使い分けが推奨されている。

気泡緩衝材の圧縮・引張に対する耐久性は調べられているが、衝撃に対する性能は明らかではない。本研究では、衝撃によってかかった力のうち、気泡緩衝材によってどれだけの力が吸収・分散されるかを「緩衝性能」と定義し、タイプの異なる気泡緩衝材の緩衝性能を定量的に測定し比較することで、より緩衝性能を高くする方法を見つけることを目的に実験を行った。

実験では、株式会社ナリカ製の「ワイヤレスフォースプレートセンサGDX-FP（以下力センサ）」と連携アプリケーションの「Vernier Graphical Analysis」を使用した。

2 予備実験

〈方法〉

図1に実験装置の構成を示す。平らな床に力センサを設置し、同じ種類の気泡緩衝材を0～10枚までその上に重ねた。1.5mの高さからバスケットボールを落下させ、かかった力の最大値を緩衝材の枚数別に10回ずつ測定した。測定間隔は0.2秒に設定した。測定値の近似直線から、

枚数と力の関係を求めた。

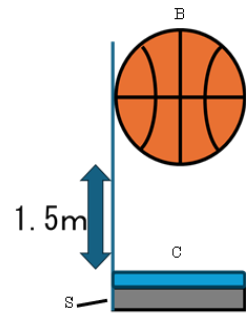
〈結果〉

気泡緩衝材の枚数 x と力センサに記録された力 F の関係は

$$F = -0.7585x + 219.21$$

で近似された(図2)。

これより、気泡緩衝材を1枚追加するごとにかかった力は約0.76N減少することがわかった。しかし、データのばらつきが大きかった。



B: バスケットボール
S: 力センサ
C: 気泡緩衝材

図1 予備実験の装置の概要

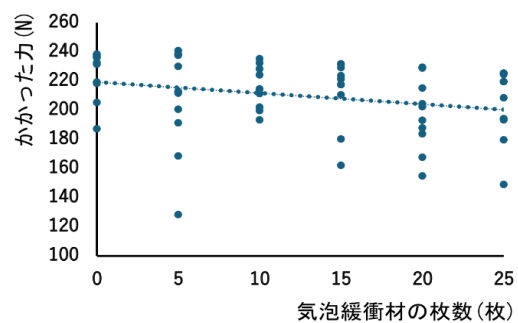


図2 予備実験の結果(n=10)。気泡緩衝材を1枚追加するごとにかかった力は約0.76N減少した。

〈考察〉

緩衝性能が枚数に比例するのは、面積当たりの気泡の個数が多くなるほど吸収できるエネルギーが大きくなるためであると考えた。

データのばらつきが大きかったことから、0.2秒では、データの測定間隔が長く、かかった力の最大値を正確に測定できていない可能性があると考えた。

3 実験1

〈実験方法〉

図3に示す粒径、粒高の異なる3種類のプチプチ(小粒、標準粒、特大粒)を用いて、予備実験と同様の方法で実験を行った。より正確に測定するために、測定間隔を0.005秒に、測定回数を20回に変更し、20回の平均値を記録した。また、かかった力の最大値に加えて、力積も測定した。

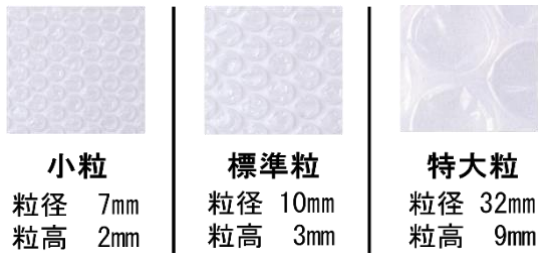


図3 実験1で使用したプチプチ。それぞれの粒の直径(粒径)と高さ(粒高)を表記した。

〈結果〉

かかった力の最大値は小さい順に特大粒、標準粒、小粒となった(図4)。また、小粒と標準粒の差の平均は3.5N、標準粒と特大粒の差の平均は7.0Nとなった。

力積も小さい順に特大粒、標準粒、小粒となった(図5)。また、小粒と標準粒の差の平均は0.091N・S、標準粒と特大粒の差の平均は0.081N・Sとなった。標準粒2枚の場合の力積は極端に低い数値となったので正確に測定できていないと考え除外した。

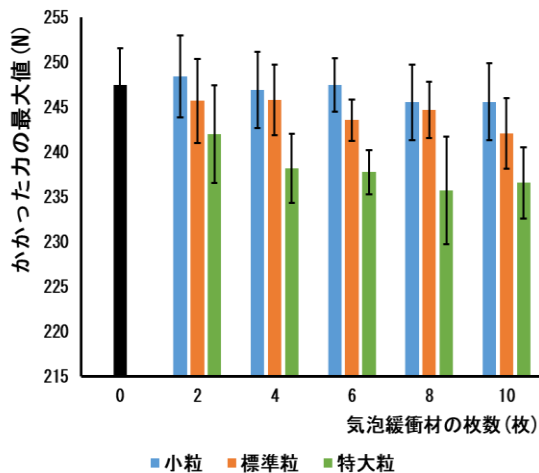


図4 3種類のプチプチのかかった力の最大値の平均値(n=20)。小さい順に特大粒、標準粒、小粒となった。

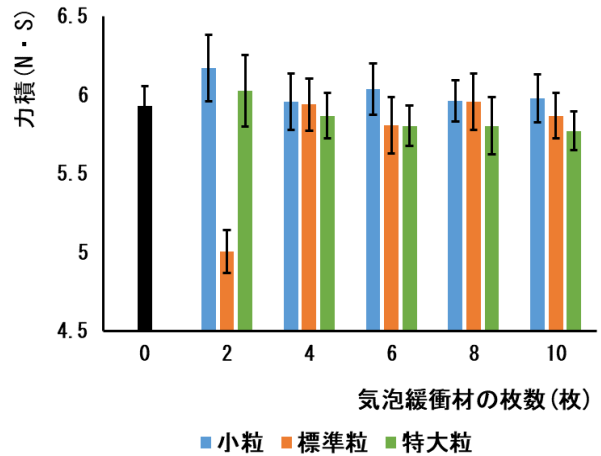


図5 3種類のプチプチの力積の平均値(n=20)。小さい順に特大粒、標準粒、小粒となった。標準粒2枚の力積は外れ値とした。

〈考察〉

2~10枚のそれぞれのときについて、プチプチの粒高とかかった力の最大値の相関係数を求めると平均して-0.98と強い負の相関があった。力積についても粒高との相関係数を調べると、-0.88と強い負の相関があった。これらのことから、粒高が大きいほど加わる力は小さくなる、つまり緩衝性能は高くなると考えた。

4 実験2

〈実験方法〉

緩衝性能と粒径の関係を明らかにするために、実験1で用いた3種類のプチプチを同じ厚さ(18mm)になるように重ね(図6)、実験1と同様に各種類20回測定した。

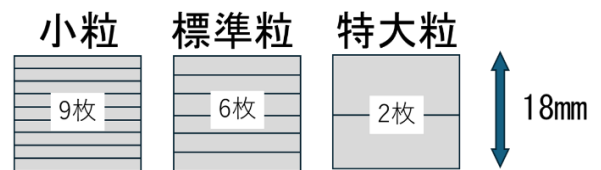


図6 3種類のプチプチの高さを18mmにそろえた図。小粒は9枚、標準粒は6枚、特大粒は2枚重ね

〈結果〉

かかった力の最大値は標準粒がほかの2種類よりも有意に大きくなった(p<0.05, HSD検定)(図7)。また小粒と標準粒の間では有意差がなかった。

力積も小さい順に特大粒、小粒、標準粒となった(図8)。また、標準粒と特大粒の間でのみ有意差があった(p<0.05, HSD検定)。

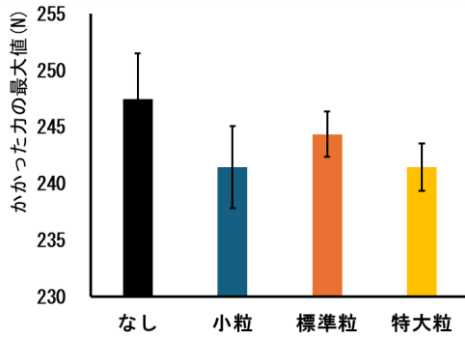


図7 厚さを18mmにそろえたときのかかった力の最大値の平均値(n=20)。標準粒が最も大きく、次いで小粒、標準粒となった。

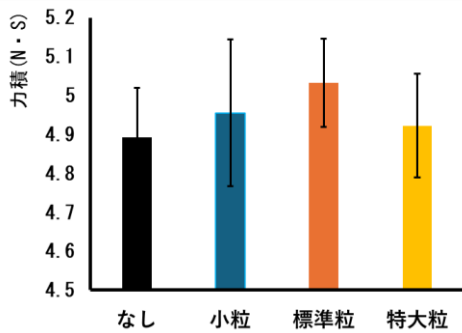


図8 厚さを18mmにそろえたときのカ積の平均値(n=20)。カ積は標準粒が最も大きく、次いで小粒、特大粒となった。

〈考察〉

厚さを揃えたとき、小粒と特大粒の緩衝性能には有意差が見られなかったことから、粒径と緩衝性能の間には関係はないと考えた。

標準粒の緩衝性能が低くなったのは粒高・粒径以外の要因によるものではないかと考えた。

5 実験3

〈実験方法〉

粒が四角形で、バイオプラスチック素材でできたスパスパと、静電気対策素材でできたピンクプチという2種類の気泡緩衝材(図9)を、同じ厚さ(18mm)になるように重ね(図10)、実験2と同様に測定した。

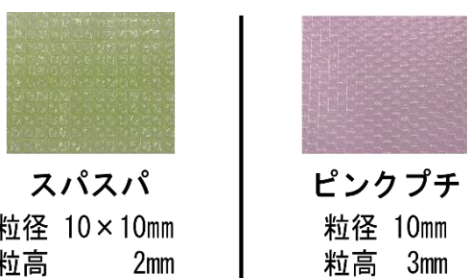


図9 実験3で使用したスパスパとピンクプチ。スパスパの粒は一辺が10mmの正方形。

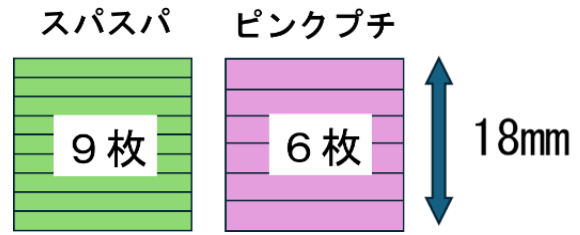


図10 実験3の模式図。実験3ではこのように各種のプチプチを重ね、高さを18mmにそろえた。

かかった力の最大値は、ピンクプチの方がスパスパよりも大きくなった(図11)が、有意差はなかった(p>0.05, HSD検定)。

カ積も、ピンクプチの方がスパスパよりも大きくなった(図12)が、有意差はなかった。(p>0.05, HSD検定)。

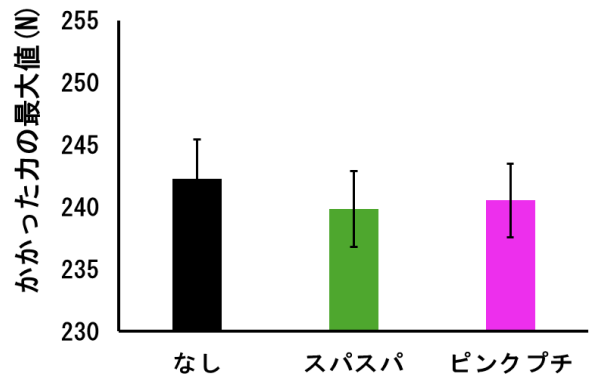


図11 実験3の結果(最大値)(n=20)。かかった力の最大値は、スパスパよりピンクプチの方が大きくなった。

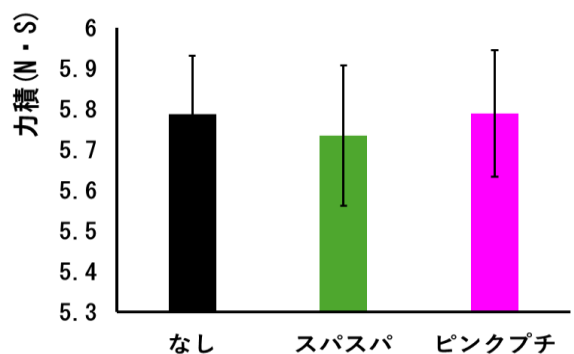


図12 実験3の結果(カ積)(n=20)。カ積はスパスパよりピンクプチの方が大きくなった。

〈考察〉

スパスパとピンクプチの間に有意差が見られなかったことから、素材や粒の形状は緩衝性能に影響しにくいと考えた。

6 実験4

緩衝材の厚さが緩衝材に強く影響するという結果から、厚さを揃えたとき、載せる順番を変えると緩衝性能は変化するのか調べた。

〈実験方法〉

実験1、2で使用した小粒と、新たに粒高7mm 粒径20mmの大粒を図13のように順番を変えて重ね、実験2と同様に実験を行った。

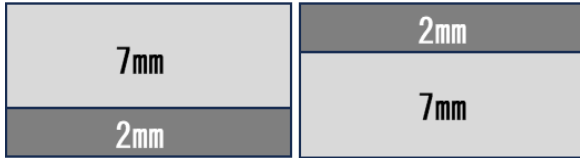


図13 実験4の模式図。示した(2mm+7mm)に加え、(3mm+7mm)、(2mm+3mm)についても実験を行った。左側が7mmを上、右側が2mmを上とした例。

〈結果〉

かかった力の最大値と力積どちらも、粒径の小さいプチプチを上にしたときのほうが小さくなった(図14から図19)が有意差はなかった($p > 0.05$, HSD検定)。

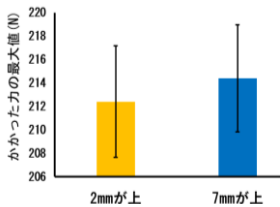


図14 2mm+7mmのかかった力の最大値の平均値(n=20)。

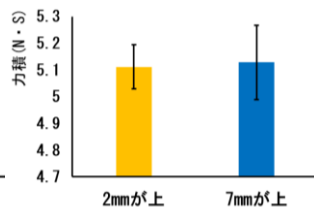


図15 2mm+7mmの力積の平均値(n=20)

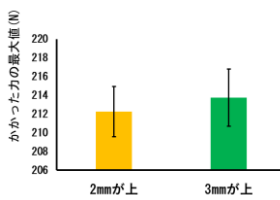


図16 2mm+3mmのかかった力の最大値の平均値(n=20)。

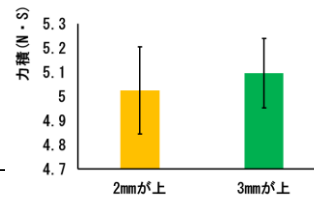


図17 2mm+3mmの力積の平均値(n=20)。

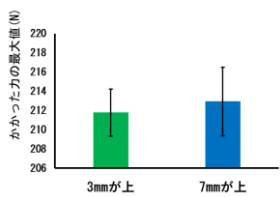


図18 3mm+7mmのかかった力の最大値の平均値(n=20)。

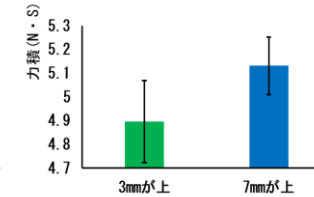


図19 3mm+7mmの力積の平均値(n=20)。

〈考察〉

粒径が小さいプチプチを上にしたときの方が高い緩衝性能を示した理由として、粒径が小さいプチプチを上にする事で、粒と粒の間にボールが落ちる可能性が低くなり、緩衝性能が高くなると考えた。

6 結論

ボールの衝突のような瞬間的な衝撃に対する気泡緩衝材の緩衝性能は、

- ・緩衝材の枚数(厚さ)に比例して高くなる。
- ・気泡緩衝材の素材や粒の形状によっても変化する。
- ・粒径の小さいタイプを外側にすると高くなる。

と考えられた。

7 謝辞

本研究を行うにあたり、プチプチの試料を提供してくださった川上産業株式会社様に厚く御礼申し上げます。また、金沢工業大学の坂本宗明先生に研究について助言をいただきました。厚く御礼申し上げます。

8 参考文献

1. 川上産業株式会社 “プチプチ総合カタログ” https://www.putiputi.co.jp/_assets/wp-content/uploads/2020/10/ptiputi-sogo.pdf 2025年11月10日参照。