

家具に使用できる免震ゴムの作製

愛媛県立松山南高等学校 免震ゴム班

柳沢蒼汰 尾崎友香 渡部智紀 越智俊哉 指導教諭 松下吉之

1. はじめに

東京消防庁によると、地震発生時、負傷者の約半数が家具類の転倒・落下・移動により負傷している（図1）。この問題を解決するため、我々は本来地震対策として建物の下に設置することで建物自体に揺れを伝えないようにする免震ゴムの、家具に用いることができないかと考えた。そこで、室内実験用の免震ゴム作製方法を考え、その方法で作った免震ゴムを用いて実験を行い、最も揺れを伝えない免震ゴムとはどんな条件を備えるものかということ調べることにした。

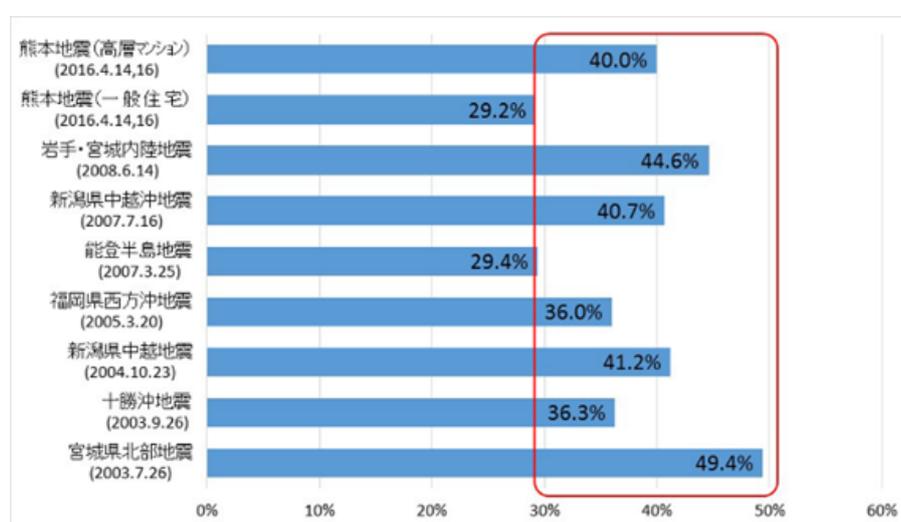


図1 負傷者のうち家具類の転倒・落下・移動により負傷した人の割合

(出典 東京消防庁ホームページ)

2. 方法

免震ゴムの①潤滑油の有無、②形、③高さ、④大きさ、⑤置くところの5つの観点について調べた（表1）。なお、実験する際は免震ゴムの構造物の下に4つ設置した。

(1) 使用する免震ゴム

- (あ) 潤滑油なし、直径4cmの円、高さ3cm、四隅
- (い) 潤滑油あり、直径4cmの円、高さ3cm、四隅
- (う) 潤滑油あり、一辺4cmの正方形、高さ3cm、四隅
- (え) 潤滑油あり、直径4cmの円、高さ4cm、四隅
- (お) 潤滑油あり、直径4cmの円、高さ5cm、四隅
- (か) 潤滑油あり、直径6cmの円、高さ3cm、四隅
- (き) 潤滑油あり、直径8cmの円、高さ3cm、四隅
- (く) 潤滑油あり、直径4cmの円、高さ3cm、箱の辺の中点

(2) 準備物

表1 本研究の観点

調べる観点	比較する条件
①	(あ)(い)
②	(い)(う)
③	(い)(え)(お)
④	(い)(か)(き)
⑤	(い)(く)

① 免震ゴム作製

ゴム板、鉄板、金切りばさみ、カッター、プレス機、やすり、風船、潤滑油、セロハンテープ、マジックペン

② 実験およびグラフ化

自作の振動装置(鉄板、段ボール、ビー玉、造波装置と接続するための鉄の棒、ナット、ボルト)、造波装置、電源装置、ハイスピードカメラ、質量約 12.5kg の箱(段ボールに石を入れたもの、家具の代わりに使用)、接着剤、セロハンテープ、ものさし、白い紙、パソコン

③ 免震ゴムの作製

1. ゴム板と鉄板にマジックペンで切り取る形を描き、それに沿って金切りばさみとカッターで切った。(表 2・図 1)
2. 切った鉄板をプレス機で平らにし、鉄板、ゴム板の表面をやすりで削って滑らかにした。
3. 切った鉄板、ゴム板を「ゴム板、鉄板、ゴム板、鉄板、…、ゴム板」となるように積み重ね、それを 4 つずつ作った。(高さ 3cm のものはゴム板 7 枚と鉄板 6 枚、高さ 4cm のものはゴム板 9 枚と鉄板 8 枚、高さ 5cm のものはゴム板 11 枚と鉄板 10 枚で積み重ねた。)
4. 風船の口から 2.5cm の部分を口と平行になるようにはさみで切った。
5. 4 で切った風船の口を一人が大きく広げ、もう一人がゴム板と鉄板が水平に積み重なっている状態で、風船の中に押し込んで包み込んだ。
6. (あ)以外で使う免震ゴムには 1 枚 1 枚の板の間に潤滑油を吹き込む。そして、風船の口をセロハンテープで塞いだ。(図 2)

ただし、実験で使用する際は本来の免震ゴムと同様にするため、一方の底面に接着剤を用いて鉄板を接着し、その鉄板をセロハンテープで振動装置に固定する。

(3) 実験の方法

1. 振動装置(図 3)の上に免震ゴムを 4 つ載せ、その上に箱を置いた。
2. 振動装置の前に、白い紙をセロハンテープで貼って目盛りを見やすくしたものさしを置き、箱の端が映る位置にハイスピードカメラを置いた。
3. 振動装置を揺らし(免震ゴムなしの時の揺れ幅は 1.5cm である)、箱が揺れる様子をハイスピードカメラで 10 秒間撮影した。(これを 2 (1) (あ)～(く)で 10 回ずつ行った。)

(4) グラフ化の方法

1. 実験で撮影した映像をパソコンに転送し、その映像を見て、揺れる箱が端に着いた瞬間にもものさしが示す値を記録した。(図 4 の場合、23.5cm を示す。)
2. 揺れ始め 1 回と揺れ終わり 1 回を除き、箱が端から端まで移動した幅を記録した。
3. 箱が端から端まで移動した幅のうち、揺れ始めは正確な値が出ていないことを考慮するため、最後から 35 回分の平均値をとり、そのとった値を項目ごとに箱ひげ図で表した。

表 2 免震ゴムの形状データ

	直径 4cm の円	直径 6cm の円	直径 8cm の円	一辺 4cm の正方形
ゴム板(枚)	44	36	36	36
鉄板(枚)	40	32	32	32



図1 免震ゴムの断面

(左から 4cm 円、4cm 正方形、6cm 円、8cm 円で高さは全て 3cm)



図2 免震ゴム
(4cm、高さ 3cm)



図3 振動装置

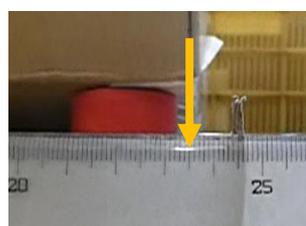


図4 記録の様子 (23.5cm)

3. 結果

以下の①～⑤の実験について結果を図5～図9にまとめた。全体的に見て(い)の揺れ幅の平均値が 1.204cm と特に小さく、値のばらつきは 0.32cm ととても大きかった。(ほかの条件では、揺れ幅の平均値は 1.4cm～1.6cm 付近であり、値のばらつきは 0.1～0.2cm 程度である。)

- ① 潤滑油の有無は、潤滑油ありの方が揺れ幅が小さかった (図5)。
- ② 形は、円の方が揺れ幅が小さかった (図6)。
- ③ 高さは 3cm の揺れ幅が特に小さく、4cm、5cm はほぼ同じ揺れ幅だった (図7)。
- ④ 大きさは 4cm の揺れ幅が特に小さく、6cm、8cm はほぼ同じ揺れ幅だった (図8)。
- ⑤ 置き場所は、四隅の方が揺れ幅が小さかった (図9)。

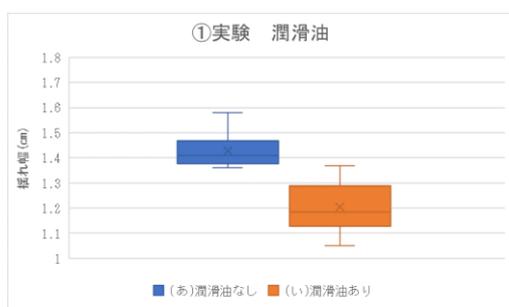


図5 ①のグラフ

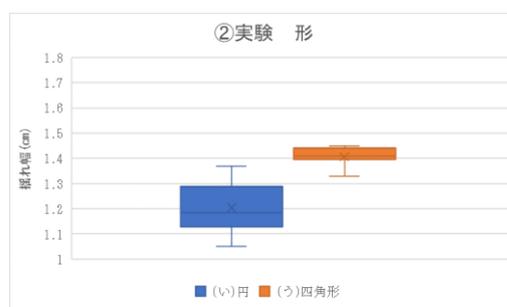


図6 ②のグラフ

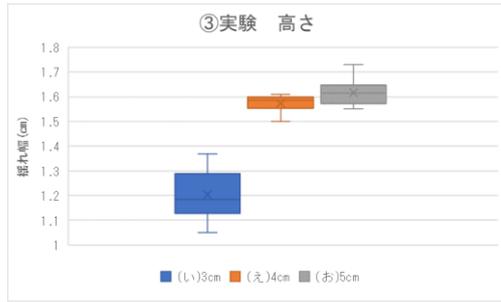


図7 ③のグラフ

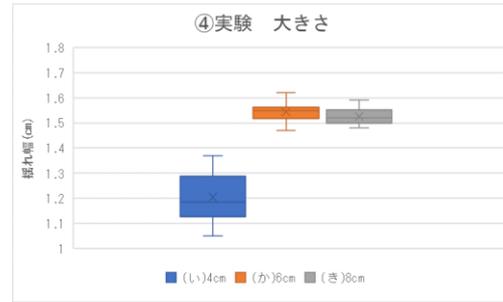


図8 ④のグラフ

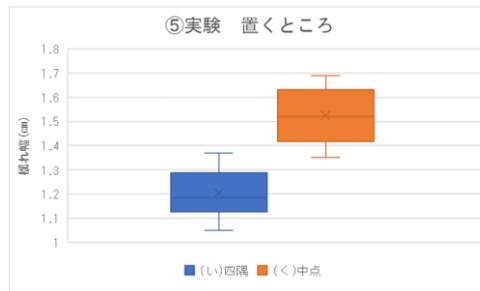


図9 ⑤のグラフ

4. 考察・今後の展望

今回の実験から、潤滑油あり、直径4cmの円、高さ3cmの免震ゴムを四隅に置いたとき、最も揺れを抑えることができると分かった。今後の展望を(1)～(3)にまとめた。

- (1) 高さと大きさは、条件の変化による細かな差が分かりにくかったので、パターンを増やして幅広く調べたい。
- (2) 「一般に免震ゴムによる免震構造は水平地震力(加速度)を1/3～1/5に低減する効果を持っている」(深堀, 1987)となっている。しかし、振動装置の揺れ幅が1.5cmなのに対し、箱の揺れ幅は一番抑えた条件(い)でさえ1.204cmなので、もっと揺れを抑える免震ゴムを作りたい。
- (3) 今回の実験で免震ゴムの上に載せたものは1種類しかなかったので、様々な大きさ、重さ、形のものを載せて、免震の効果を発揮するかどうか調べたい。

5. 参考文献および参照したサイト

- ・ 室田伸夫(2013). 「免震用積層ゴムの技術概要と今後の動向」. 『日本機械学会誌』, 116(1139), 711-714
- ・ 深堀美英(1987). 「免震用積層ゴムの耐久性予測と安全設計」. 『日本機械学会誌』, 90(826), 1162-1166
- ・ 深堀美英(1987). 「免震構造の効果と免震ゴムの耐久安全設計」. 『日本ゴム協会誌』, 60(7), 397-408.
- ・ 東京消防庁ホームページ
<https://www.tfd.metro.tokyo.lg.jp/hp-bousaika/kaguten/index.html>
- ・ ブリヂストンホームページ
https://www.bridgestone.co.jp/products/dp/antiseismic_rubber/question/process.html