

消しゴムを折らないためには

2531 原悠輔 2505 伊藤智保 2617 辻真乃介 2622 西田蒼太

研究の目的は、折れて捨てられしまう消しゴムの量を減らすことである。折れる原因を解明するにあたって、「消す際の消しゴムのゆがみが大きいと消しゴムが折れやすくなる」という仮説を立てた。カバーの長さが短いとゆがみが大きくなることを確かめてから、消しゴムをほぼ一定の力で往復させ、カバーの長さを変えることによってゆがみを変え、それぞれ何往復で消しゴムが折れるのかを調べた。その結果、カバーが短い、すなわち消しゴムのゆがみが大きいほど消しゴムが折れやすくなることが分かった。また、消しゴムの素材である PVC が熱可塑性樹脂であることに注目して、板バネのゆがみを求める公式を用いることによって、カバーの長さが短い方が消しゴムは折れやすいことを証明できた。

1. 目的

どうして消しゴムが折れてしまうのかを明らかにする。

普段、勉強している間に消しゴムを使っていると、折れてしまうことがあり、その時できた小さなかけらを多少は使うものの、途中で使いにくくなってしまい結局は捨ててしまう。このことから捨ててしまう消しゴムを少しでも減らしたいと考えた。

2. 仮説

- ①消しゴムはゆがみが大きくなると折れやすくなる。
- ②消しゴムの素材が可塑性樹脂であることが、消しゴムの折れやすさに関係している。

3. 使用した器具・装置など

実験 1…「MONO」PE01A (PVC), 電子ばかり
 実験 2…「MONO」PE01A (PVC), 電子ばかり, 紙, セロハンテープ

4. 実験 1

4-1. 方法

- ①消しゴムを消しゴムの先端から 0.2cm の場所に電子ばかりが約 300g 程度を示すように力を加えた。
- ②その時のゆがみの大きさを、カバーの長さを 1.8 cm, 3.6 cm にしてそれぞれ調べた。

4-2. 結果

以下の図のように、消しゴムが歪んだ。

①カバーの長さ 1.8 cm のとき



図 1 実験の様子

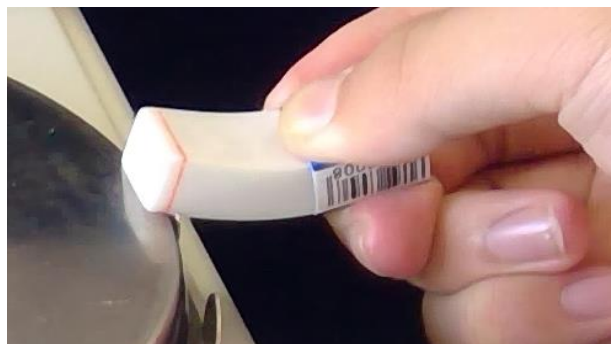


図 2 消しゴムがゆがんだ様子

②カバーの長さ 3.6 cm のとき



図 3 実験の様子



図 4 消しゴムがゆがむ様子

4-3. 考察

電子ばかりがほぼ同じ力を示しているが、カバーの長さが短いときの方がゆがみが大きくなったので、カバーが短いときのほうが消しゴムのゆがみが大きくなるといえる。

5. 実験 2

5-1. 方法

- ①カバーの長さを 2.4cm から 0.6cm 刻みでカバーの元の長さである 3.6cm まで変えた。
- ②消し幅 4cm を目安として、電子ばかりが 500g 程度を示す力に保ち、折れるまでにかかった往復回数を調べた。



図 5 実験に使用した器具



図 6 実験の様子

5-2. 結果

表 1 カバーの長さと消しゴムが折れるまでにかかった往復回数の関係

カバーの長さ (cm)	1人目	2人目	3人目	4人目
2.4	90	49	133	192
3.0	690	643	422	764
3.6		6422		

5-3. 考察

- ・ カバーが短いとゆがみが大きいのでカバーの長さがゆがみの大きさに関係している。
- ・ カバーの長さが短いほど消しゴムは折れやすくなる。

6. 仮説②についての考察

MONO 消しゴムは熱可塑性樹脂である PVC で出来ており、熱可塑性樹脂は、板バネというバネに使われている。

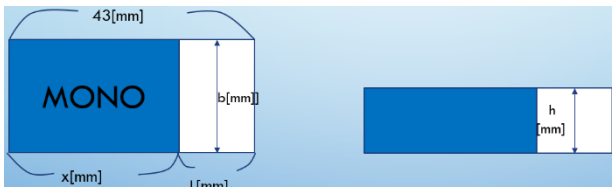


図7 上面から見た図 側面から見た図

板バネにはいくつかの公式が成り立つことが分かっており、ゆがみの大きさを計算する公式を利用してゆがみの大きさとカバーの長さとの関係を調べる。板バネのゆがみの大きさの公式は

$$\text{ゆがみ } \delta = \frac{PL^3}{3EI} \quad [\text{mm}]$$

P : 加えた力 (電子ばかりが示す値 \times 重力加速度)

※重力加速度は 9.8m/s^2

L : 消しゴムの先端からカバーまでの長さ

E : ヤング率

I : 断面二次モーメント

ただし断面が長方形の場合は以下の式で計算できる。

$$I = \frac{bh^3}{12} \quad B \text{ は幅, } H \text{ は厚さ}$$

以上の式に、 $P=500\text{g}=4900\text{N}$, $L=43-x$, $b=17$, $h=11$ を代入する。(x はカバーの長さ)

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{4900[\text{N}] \cdot (43-x[\text{mm}])^3}{3 \cdot E[\text{Mpa}] \cdot \frac{(11[\text{mm}])^3 \cdot 17[\text{mm}]}{12}} \\ &= \frac{19600 \cdot \{(43-x)[\text{mm}]\}^3}{22627 \cdot E[\text{MPa}]} \end{aligned}$$

以上から、カバーの長さが短いほどゆがみが大きくなる。(図8)

また、ヤング率 E でゆがみの大きさが変化することから素材によってもゆがみは変化する。

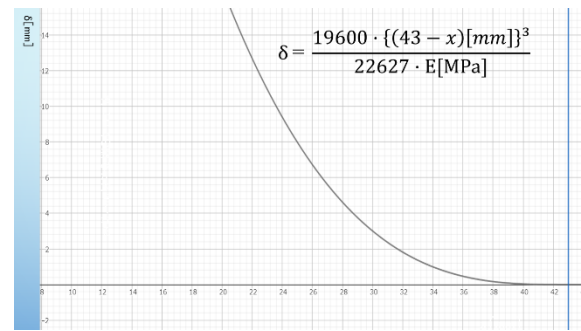


図8 カバーの長さゆがみの関係

7. 展望

- 気温と消しゴムのゆがみの大きさに関係があるのか調べる。
- 消しゴムの厚さと折れやすさの関係を調べる。
- 試行回数を増やす。

8. 謝辞

佐々木先生をはじめとした物理科の先生方、ご指導ありがとうございました。

9. 参考文献

- ばね技術研究会 (編), 1998, 「ばねの種類と用途例」初版, 日刊工業新聞社〈ばね技術シリーズ〉
- ばね技術研究会 (編), 2000, 「ばね用材料とその特性」初版, 日刊工業新聞社〈ばね技術シリーズ〉
- 消しゴム工場, トンボ KIDS, TOMBOW PENCIL