

# 段ボールの内部構造の形と強度の関係

3516 田口虎之介 3522 西尾斗希 3604 大竹賢人 3609 桂川修

## 要旨

東京オリンピックの選手村では宿泊所に段ボールベッドが使用されることを知り、段ボールの内部構造と強度の関係について研究することにした。市販の段ボールの内部構造は波型構造であるが、これよりも強度が高い構造があると考え、波形（波長大小）、円、ハニカム構造の4つの構造について、それぞれ構造体を縦向きと横向きに配置した際の段ボールモデルの強度を測定した。その結果、強度のみに注目すると市販の段ボールの波型構造よりも強度が高い構造があることが分かった。

## 背景

東京オリンピックの選手村で、宿泊施設に使用されるベッドが段ボール製であることに興味を持った。このベッドは段ボールの強度と通気性に注目して作られた。したがって通気性を考慮せず強度のみに注目した場合、素材自体の強度がより高くなる内部構造があるはずだと考えた。

### 1. 目的

段ボールの内部構造と資材強度の関係を明らかにし、最も強い内部構造を見つける。



図1 段ボールの内部構造

### 2. 仮説

波型構造よりも強度がある。

市販の段ボールは、通気性と強度を両立する内部構造を採用しているため。

### 3. 実験道具

- ・ 接着剤
- ・ 重り
- ・ 画用紙
- ・ カッター

### <模型について>

- ・ 高さ 2 cm
- ・ 円柱構造の半径 1 cm
- ・ ハニカム構造の一辺 2 cm



図2 円柱横向き



図3 円柱縦向き

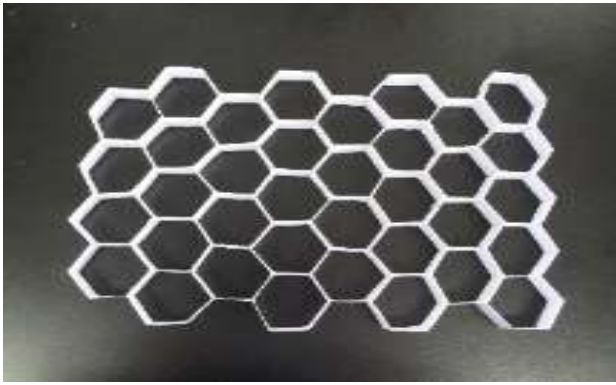


図4 ハニカム構造 縦向き

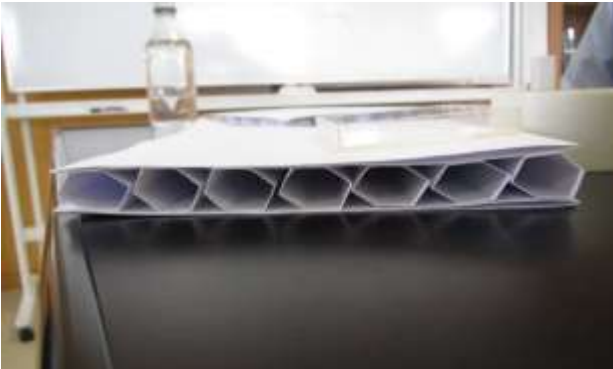


図5 ハニカム構造 横向き

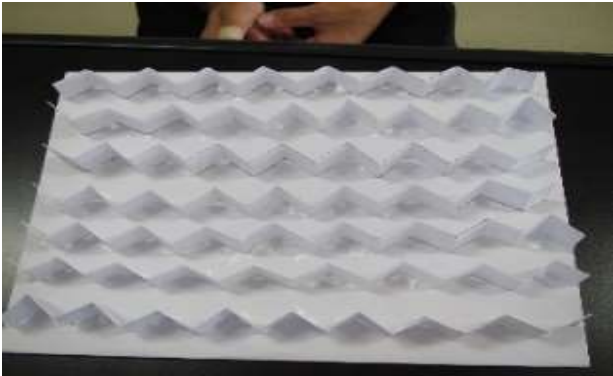


図6 波型構造 縦向き



図7 波型構造 横向き

#### 4. 実験 1

- (1) 画用紙で段ボールの内部構造の模型を作る。(波型振幅大, 波型振幅小, ハニカム, 円柱)
- (2) (1)の型を縦, 横の2種類つくる。
- (3) 模型に同じ重り (60 kg) を鉛直方向に乗せる。
- (4) 圧力を加え, 潰れるかどうかを調べる。



図8 実験 1

#### 5. 実験 2

- (1) 模型の両端 2 cm を椅子に載せる。
- (2) 模型の中央に重りを 100 g ずつ載せる。
- (3) 中央部の沈み込みの大きさを計測する。



図9 実験 2

## 6. 結果 1

表 1 実験 1 結果

	円柱	ハニカム	波型 振幅大	波型 振幅小
縦向き	○	○	○	○
横向き	×	×	×	×

## 7. 結果 2

表 2 実験 2 波型縦向き結果

波型構造	1300 g
縦向き	つぶれなかった

表 3 実験 2 波型横向き結果

波型構造	500 g	900 g
横向き	1.0cm	つぶれた

表 4 実験 2 円柱横向き結果

円柱構造	1300 g
横向き	つぶれなかった

表 5 実験 2 円柱縦向き結果

円柱構造	1300 g
縦向き	つぶれなかった

表 6 実験 2 ハニカム構造縦向き結果

ハニカム 構造	500 g	1000 g	1300 g
縦向き	0.3cm	0.7cm	0.9cm

表 7 実験 2 ハニカム構造横向き結果

ハニカム構造	1300 g
横向き	つぶれなかった

## 8. 考察

物体が模型に加える力の方向に対する、内部構造の向きによって、強度が変化する(図 10)。

波型は上下の紙に接する位置が異なり、物体が加える重力と垂直抗力が同一作用線上にならず 2 力の力がつりあわないため、潰れやすいのではないかと考えた(図 11)。

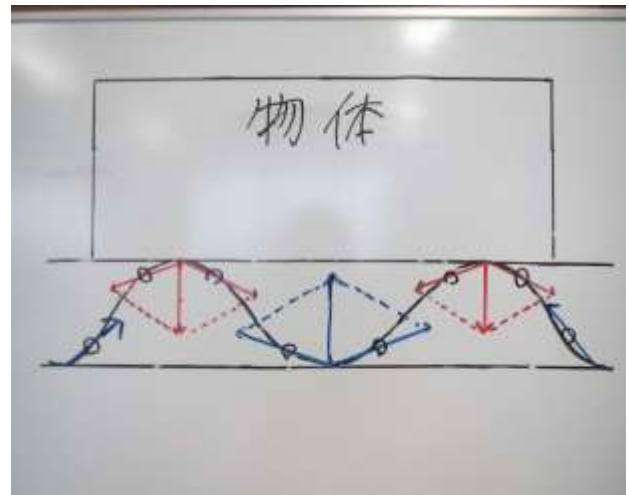


図 10 波型構造横向きの力の加わり方

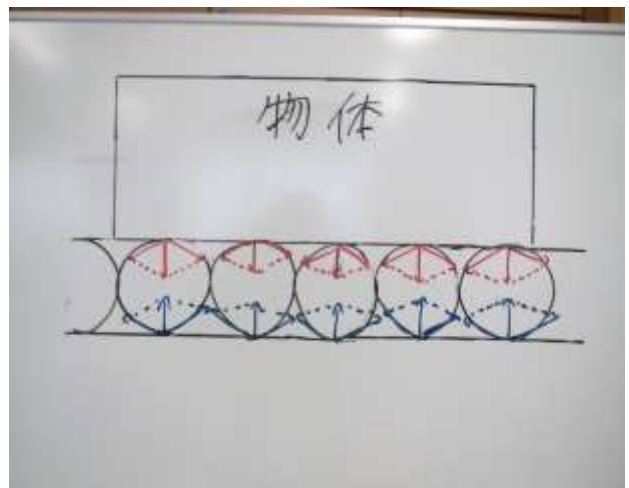


図 11 円柱構造横向きの力の加わり方

## 9. 実験1, 2までの結論

鉛直下向きの力に対しては、内部構造が縦向きの段ボールが最も強度をもつ。

折り曲げる力に対しては、内部構造が横向きの段ボールが最も強度をもつ。

縦向きの内部構造の中では、ハニカム構造と円柱構造が強い。

横向きの中では、波型構造が強い。

しかしこれらの実験で、各構造の製作において接着剤の使用量に違いがあるということが強度に影響を与えるのではないかと疑問が生じた。よって次に、これを検証する実験3を行った。

## 10. 実験3

### 目的

接着剤が強度に影響するか調べる。

### 仮説

接着剤は構造間の強度を強めるだけで鉛直方向の強度には影響しない。

### 方法

- (1) 内部に接着剤を付けた模型と付けなかった模型を作る。
- (2) 模型は、円柱構造と、ハニカム構造を用意する。
- (3) 模型に同じ重りを鉛直方向に乗せる。

圧力を加え、潰れるか調べる。



図12 実験3 円柱



図13 実験3 ハニカム構造



図14 実験3の様子



図 15 実験 3 の様子



図 17 実験 3 の結果

11. 実験 3 の結果

表 8 実験結果

	円柱 有り	円柱 無し	ハニカ ム有り	ハニカ ム無し
35 kg	○	○	○	○
30 kg	×	×	○	○

○→潰れた    ×→潰れなかった

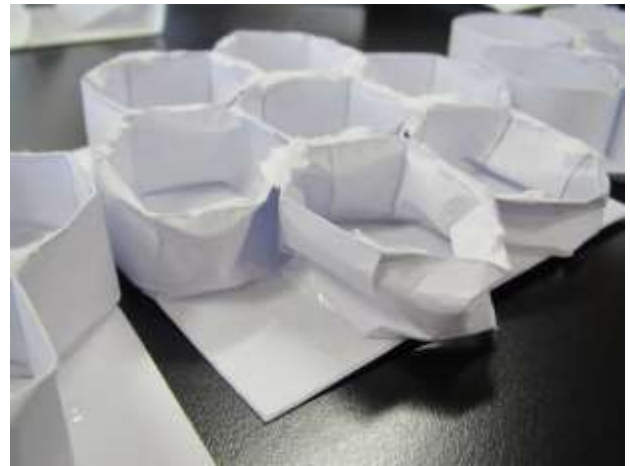


図 18 実験 3 の結果



図 16 実験 3 の結果



図 19 実験 3 の結果

## 12. 実験3の考察

- ・構造間の接着剤は強度に大きく関係しない。

## 13. 展望

- ・模型の材料をプラスチックや、別の材質の画用紙を用いて同様の実験をする。
- ・内部構造

## 14. 謝辞

実験するにあたり、佐々木俊哉先生には助言指導において、成瀬彩夏先生、体育科の先生方には実験器具の準備でお世話になりました。

この場を借りてお礼申し上げます。