

ダイラタンシーの緩衝材としての応用例の発見

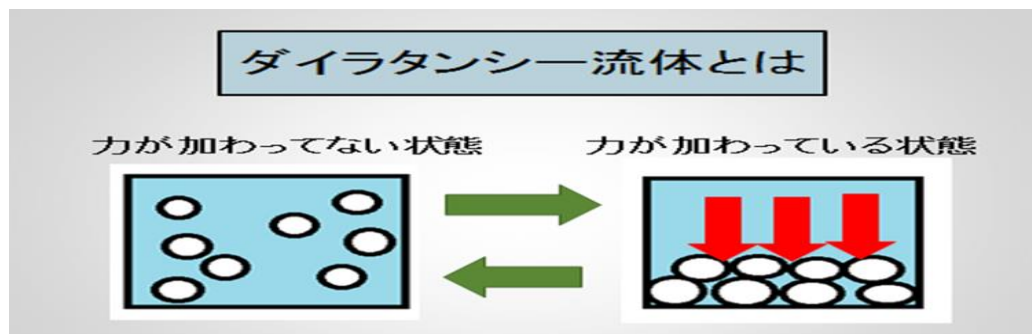
物理班：浅地春輝 岡部光汰 阪本真侑 朱佑埃

1. はじめに

ある日ネット注文にて、割れ物を注文したが、その割れ物はヒビが入っており、私たちはそういう事態を解決すべく試行錯誤を繰り返した。そして、私たちは面白いものを見つけた。それはダイラタンシーだ。

ダイラタンシーの応用例の一つとして防弾チョッキがあることから、ダイラタンシーには衝撃吸収能力があるのではないかと考え、緩衝材として応用できるのではないかと考えた。

2. ダイラタンシーについて



上図のようにダイラタンシーは力を加えると固体のように振る舞う不思議な性質を持つ流体である。この流体は水と片栗粉（商品名「小麦ソムリエの底力 北海道産片栗粉 1 kg」）を質量比 1 : 1.2 で混ぜ合わせることによって作ることができる。

3. 仮説

ダイラタンシーには衝撃吸収能力があり、配送時の緩衝材などに応用できる。

4. 実験 1

私たちは衝撃吸収能力がある代表的なものとして、配送などに用いられているプチプチを思い浮かべ、次のように衝撃吸収能力の対照実験を行った。

「プチプチで包んだ皿」と「ダイラタンシーとともに袋に同封した同じ質量の皿」をそれぞれ用意する。同じ高さから平らな面を下にして自由落下させる。落下させる高さを上げていき、どちらのお皿が先に割れるかを観察する。

5. 実験1の結果・考察

2 mの高さから落下させたとき、「プチプチに包んだ皿」は割れたが、「ダイラタンシーを同封した皿」は割れなかった。このことから、ダイラタンシーにはプチプチより高い衝撃吸収能力があることがわかった。

6. 実験2

ではダイラタンシーはどのくらいまでの衝撃を吸収するのかと疑問に思い、「ダイラタンシーとともに袋に同封した皿」を、高さを徐々に大きくしながら自由落下させた。ダイラタンシーの質量を 1.5kg、皿の質量を 0.24kg、重力加速度の大きさを 9.8m/s^2 とする。力学的エネルギー保存の法則より、これらの値と地面（基準面）からの高さを用いて衝突寸前時の皿の速さを求め、その値から衝撃時の力の大きさを求める。

7. 実験2の結果と全体の考察

最終的に 16m から落とした時でも皿は割れなかった。

16m の高さで皿がもつ重力による位置エネルギーは

$$(\text{落下物の質量}) \times g \times (\text{基準面からの高さ}) = 1.74 \times 9.8 \times 16 \doteq 2.7 \times 10^2 [\text{J}]$$

空気抵抗は無視するとし、力学的エネルギー保存の法則から、

基準面での落下物の速さ $v [\text{m/s}]$ は、 $v \doteq 18 [\text{m/s}]$

衝突吸収後、皿の速さは $0 [\text{m/s}]$ となることから、

$$(\text{衝突による力積の変化の大きさ}) = mv - mv' = 1.74 \times 18 - 0 \doteq 31 [\text{N} \cdot \text{s}]$$

例えば、地面との接触時間を $1.0 \times 10^{-2} [\text{s}]$ と仮定したとき、

$$(\text{衝撃力の大きさ}) = (\text{力積の大きさ}) \div (\text{接触時間})$$

$$= 31 \div 1.0 \times 10^{-2} \doteq 3.1 \times 10^3 [\text{N}]$$

$3.1 \times 10^3 \div 9.8 = 314.42 [\text{kg}]$ なので、およそ $314 [\text{kg}]$ の質量に相当する力に耐えられたことになる。

8. 今後の展望

今回は実験をする高さに限界があったので、次の機会にはどこまで高くすると割れるかを調べ、式を用いて具体的な数値などを求めてグラフを作成し、耐えられた力の大きさを表したい。

またダイラタンシーの具体的な実用例を発見したい。

9. 参考文献ならびに参考Webページ

ウィキペディア（ダイラタンシー、ボディーアーマー）

<https://ja.wikipedia.org/wiki/ダイラタンシー>