

# ダイラタント流体の衝撃吸収性

1年3組 藤田 晶      1年3組 飛田己太郎      1年3組 長田 敏忠  
 1年3組 岩城 佳佑      1年3組 白江 颯太      1組3組 牧野 唯篤  
 1年3組 酒井 寛吉  
 指導者 田中 善久

## 1 課題設定の理由

科学番組でダイラタント流体を使った実験を見て驚いた。水に片栗粉を加えたダイラタント流体は、ゆっくり力を加えると液体のように、急激に力を加えると固体のように振る舞うことを確認した。そのダイラタント流体が持つ衝撃吸収性をプロテクターのようなものに利用したいと考えてクッションを作ったが、その途中で片栗粉が腐敗する結果となった。その代用に「酸化アルミニウム」を用意し、その衝撃吸収性を調べることにした。

## 2 仮説

水に酸化アルミニウムを加えたダイラタント流体は、物体がゆっくり衝突すると衝撃を吸収し、物体が速く衝突すると衝撃を吸収しない。

## 3 実験・研究の方法

### (1) 予備実験

ア 図1のように、高さ  $h = 70, 80, 90, 100$  [cm] から、ゴルフボールを床に向けて自由落下させ、跳ね上がった高さ  $h'$  [cm] を測る。そして、次の【式1】を用いて反発係数  $e$  を求める。

$$e = \sqrt{\frac{h'}{h}} \quad \dots \text{【式1】}$$

イ 水に片栗粉を加えたダイラタント流体をビニル袋に入れて平たくし、床に敷く。ゴルフボールがその上で弾ませ、アと同じようにして反発係数  $e$  を求める。

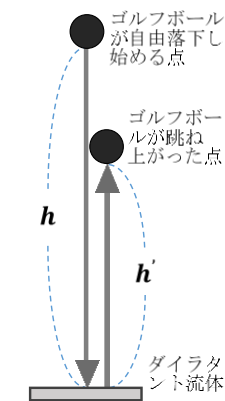


図1 実験の様子

### (2) 本実験

ア 図1のように、高さ  $h = 1.00, 3.20, 6.65, 11.10$  [m] から、ゴルフボールをコンクリートの地面に向けて自由落下させ、跳ね上がった高さ  $h'$  [m] を測る。そして、予備実験の【式1】を用いて反発係数  $e$  を求める。

イ 水に酸化アルミニウムを加えたダイラタント流体をビニル袋に入れて平たくし、コンクリートの地面に敷く。ゴルフボールがその上で弾ませ、アと同じようにして反発係数  $e$  を求める。

表1 予備実験の結果 ( $h = 100\text{cm}$  のとき)

## 4 結果と考察

### (1) 予備実験

表1に、ダイラタント流体の有無によるゴルフボールと床の反発係数を、 $h = 100$  [cm] についてまとめ、 $h = 70, 80, 90$  [cm] についても同様にまとめて、図2のグラフにまとめた。

- ダイラタント流体には衝撃吸収性がある。  
 $h = 100$  [cm] の自由落下での衝突直前の速度はそう速くないので、ダイラタント流体は液体のように振る舞っていると考察する。

h= 100 cm				
測定回数	高さ[cm]	反発係数 ダイラタント 流体なし	高さ[cm]	反発係数 ダイラタント 流体あり
1	75	0.87	0.00	0.00
2	78	0.88	0.00	0.00
3	77	0.88	0.00	0.00
4	78	0.88	0.00	0.00
5	78	0.88	0.00	0.00
6	78	0.88	0.00	0.00
7	76	0.87	0.00	0.00
8	77	0.88	0.00	0.00
9	77	0.88	0.00	0.00
10	78	0.88	0.00	0.00
合計	772	8.78	0	0.00
測定回数	10	10	10	10.00
平均値	77.2	0.878	0	0.00
最大値	78	0.88	0	0.00
最小値	75	0.87	0	0.00
標準偏差	1.0	0.004	0.000	0.000
標準誤差	0.3	0.001	0.000	0.000

○  $70 \leq h \leq 100$  [cm] の自由落下での衝突直前の速さでは、ゴルフボールと床の反発係数は、ほぼ一定である。

## (2) 本実験

表 2 に、ダイラタント流体の有無によるゴルフボールとコンクリートの地面の反発係数を、 $h = 11.10$  [m] についてまとめ、 $h = 1.00, 3.20, 6.65$  [m] についても同様にまとめて、図 3 のグラフにまとめた。

表 2 本実験の結果 ( $h = 11.10\text{m}$  のとき)

h = 11.10 m		m		
測定回数	高さ[m]	反発係数 ダイラタント 流体なし	高さ[m]	反発係数 ダイラタント 流体あり
1	6.10	0.74	2.000	0.42
2	6.10	0.74	2.700	0.49
3	6.10	0.74	2.000	0.42
4	6.20	0.75	2.300	0.46
5	6.05	0.74	2.300	0.46
6	6.20	0.75	2.400	0.46
7	6.25	0.75	2.200	0.45
8	6.22	0.75	2.300	0.46
9	6.20	0.75	1.900	0.41
10	6.40	0.76	2.100	0.43
合計	61.82	7.47	22.2	4.46
測定回数	10	10	10	10.00
平均値	6.182	0.747	2.22	0.45
最大値	6.4	0.76	2.7	0.49
最小値	6.05	0.74	1.9	0.41
標準偏差	0.1	0.007	0.235	0.025
標準誤差	0.0	0.002	0.074	0.008

ダイラタント流体の有無による  
ゴルフボールと床の反発係数

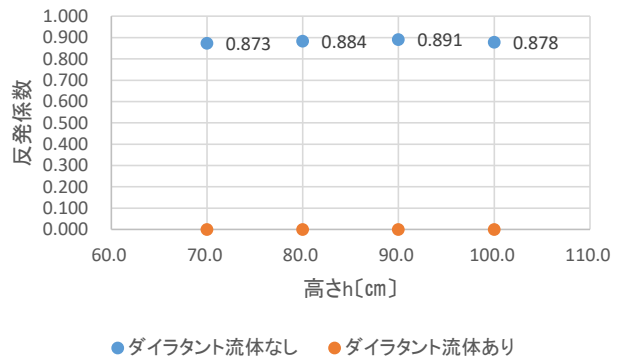


図 2 予備実験の結果

ダイラタント流体の有無による  
ゴルフボールとコンクリートの反発係数

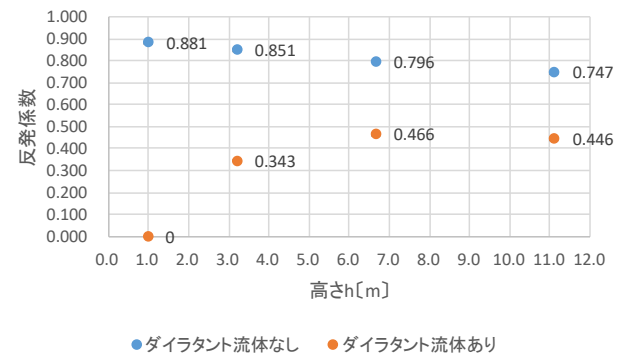


図 3 本実験の結果

- ダイラタント流体には、高さ 1.00m 程度から自由落下させて衝突させたゴルフボールのように、衝突直前の速さが小さいと、反発係数が 0 になり、その衝突直前の速さを大きくすると、反発係数は大きくなるが、衝突直前の速さがある値以上になると、反発係数の大きさがほぼ一定になるという特徴的な衝撃吸収性がある。
- ゴルフボールの衝突直前の速さを  $v$ 、衝突直後の速さを  $v'$  とすると、反発係数  $e$  は【式 2】のとおり示される。また、速さ  $v$  [m/s] で運動する質量  $m$  [kg] のゴルフボールについて、運動エネルギー  $K$  [J] は【式 3】のとおり示される。

$$e = \frac{v'}{v} \quad \dots \text{【式 2】} \qquad K = \frac{1}{2}mv^2 \quad \dots \text{【式 3】}$$

ゴルフボールを大きな速さで衝突させる場合、ダイラタント流体がないと、 $v'$  は  $v$  の約 0.8 倍になり、衝突直前の運動エネルギーの  $100 - 64 = 36\%$  が吸収されるが、ダイラタント流体があると、 $v'$  は  $v$  の約 0.5 倍になり、 $100 - 25 = 75\%$  まで吸収できる。

○ ゴルフボールを大きな速さで衝突させるほど、反発係数はわずかに減少する。

## 5 まとめと今後の課題

水に酸化アルミニウムを加えたダイラタント流体は、物体がゆっくり衝突すると衝撃を 100% 吸収し、物体が速く衝突すると衝撃を約 75% 吸収し、物体が衝突する速さによって衝撃を吸収する割合に差があることを確認した。課題は、ダイラタント流体を入れる素材として、耐久性とともに、水分が逃げないものを探したい。