小学校 作・自 58

熊日ジュニア科学賞

タマゴは力持ち!? ―○△□の圧力実験―

錦町立一武小学校
6年 黒木 理帆

1 研究のきっかけ

熊本地震で丸いドーム型の宿泊施設がひなん所になったことを知り、丸い形って、強くてすごいと思った。ちょうど兄の自由研究で円柱形が強いかどうか調べたことがきっかけだった。そのときドーム型で目に浮かんだのは、卵(タマゴ)だった。茶わんのすみに当てると簡単に割ることができる卵。なんとなく弱いイメージだが、ドーム型の「卵(タマゴ)は力持ちなのか?」○△□の圧力実験を通して調べることにした。

ひなん所になったドーム型施設

簡単に割ることができる卵(タマゴ)

2 研究の方法と予想

[方法]

(1) ジュース缶の重さによる圧力実験をする。(角柱・円柱)
(2) 風による圧力実験をする。(角柱・円柱)
(3) くぎと水風船による圧力実験をする。(くぎ、剣山)
(4) ジュース缶の重さによる圧力実験をする。(卵のカラ 4点支え)
(5) ジュース缶の重さによる圧力実験をする。(卵のカラ 全面支え)

[予想]

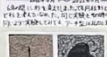
(1) トンネルの形のような円柱形のものが強い。
(2) 先のとがった三角柱が強い。
(3) くぎも剣山も水風船はいっきに割れる
(4) 卵のカラは、すぐに割れる。
(5) 卵のカラは石のしきつめにより重さに耐えられる。

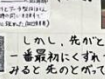
3 研究の結果

(1)ジュース缶の重さによる圧力実験(角柱円柱)

角が増え円柱に近づくにつれてジュース缶の重さに耐える力は強くなった。アーチの形になると72本ものジュース缶の重さに耐えた。

先がとがっている三角柱ほど弱く、円柱のように丸くなるほど強い。アーチモデルを作ってみると、アーチに重くのしかかるにつれて反発する力は強くなっていた。





しかし、先がとがっている三角柱が一番最初にくずれていたが、よく見てみると先のとがっている部分は、形をとどめている。このことは、上からの重さ圧力に勝っているのではないかと思った。

(2)風による圧力実験

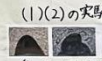
風による圧力実験の結果の平均を見てみると、角が増え円柱に近づくにつれて風の力に耐える力が強かった。円柱の平均が77cmであり動いていないことからもよくわかる。

風圧による実験

しかし、三角柱の角の部分(とがっている)を見てみると、風の力で動いた距りは69cmで一番動いていない。そうなると一番風に強いことになる。

風圧が強かった三角柱

(1)(2)の実験から分かること


重さに強かったアーチ型

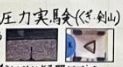
角の部分が強かった三角柱

アーチ型は固定して強いと言えるが、もし見方を変えると三角柱の角の部分も強いと言える。

これはその後の三角柱の姿である。角はくぎのようにとがったように見える。圧力の関係とくぎに例えてみると、くぎなどの細くとがったものを体に押し当てると痛い。でも平たい部分を押し当ててもさほど痛くはない。細いと圧力を感じ平たいとあまり圧力を感じないのはなぜなのかと思った。

(3)くぎと水風船による圧力実験(くぎ、剣山)

円柱形や丸い形のものほど耐える力があった。でも、見方を変えると角などの細くとがったものを圧力に耐えるのではないかと疑問が残った。



そこでくぎのようにとがったものと丸いものを組み合わせた実験をすることにした。用意したものは次の通り。

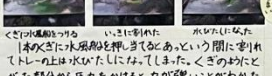
くぎ(1本)　剣山(355本)　水風船

① くぎに水風船を押し当てる

くぎに水風船をつける　いっきに割れた　水びたしになった

1本のくぎに水風船を押し当てるとあっという間に割れてトレーの上は水びたしになってしまった。くぎのようにとがった部分から圧力をかけると力が強いことがわかった。接する部分が点となる。せまい面積になることにより力が増すのかと思った。

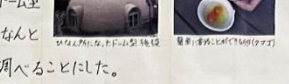
② 剣山に水風船を押し当てる


剣山に水風船をのせる　割れない。　力を入れても割れないよ

剣山に水風船を押し当ててみると、水風船は割れなかった。どんなに力を入れても割れずむしろ反発していた。くぎの数は355本、くぎ1本にはいとも簡単に割れてしまったのに、たくさんのくぎの集まった剣山は割れなかった。剣山では、小さい点が増えることになる。くぎが増えることで、支える面積が広くなり割れてないのかと思った。せまい点(面積)と広い点(面積)で圧力を受ける結果には大きなちがいがあった。

(4)ジュース缶の重さによる圧力実験 ― 卵のカラ 4点支え ―

円柱形や丸い形のものは強かった。でも一方でとがったもの(点)から圧力を受けるとなかなか耐えられないこともわかった。そこで、卵のカラのようにドーム型のものでも強い圧力に耐えられるのか調べることにした。用意したものは次の通り。


4つの卵のカラを用意　板と4点で支える　ジュース缶と2本ずつのせる

4つの卵のカラの上に板をのせ、4点で支える。その上に2本のジュース缶をのせていった。卵のカラは3分の2をカリ、中身は空洞にした。ジュース缶は350mL、375g。どこまでジュース缶がのせられるのか調べてみた。

すると、33本目のジュース缶をのせたところで、パキッと音がして1個の卵がつぶれた。板にのせたジュース缶は4点で支えていたが、限界だった。

卵のカラの大きさは少しずつちがう。高さを調節したが、少しだけ傾き右側の卵から先につぶれて最後は全部つぶれてしまった。

32本の重さに耐えた

33本目でつぶれた

それでも32本のジュース缶の重さに耐えたのはすごいと思った。375g×32本 12.0kgの重さに耐えたことになる。

4点で支えるとなると支える面積がかなりせまくなる。これまでの実験の結果から、点のように、せまい面積では上からの圧力が4つの点に集中して力が高まり、丸い形の卵でも耐えることができないのかもしれない。

(5)ジュース缶の重さによる圧力実験 ― 卵のカラ 全面支え ―

ドーム型の卵のカラに、上に見たてた石をしきつめ重さにどれだけ耐えられるのか調べてみた。条件は実験(1)と同じにした。用意したものは次の通り。

卵のカラと石を用意する　卵のカラの縦方向に石をしきつめる　ジュース缶を2本ずつのせる

ジュース缶をのせてみると、缶の棒が2階まで伸びていき、それでも卵はつぶれなかった。それは上にのせることができなかったのでここで断念した。缶の数を数えてみると、なんと72本のジュース缶の重さに耐えていた。1本のジュース缶の重さは375g、27kgの重さに耐えていたことになる。

72本もの重さに耐えた卵のカラ

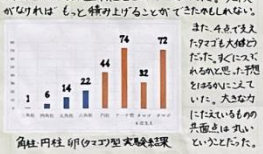
おそるおそる缶を積み上げ石を取りのぞいてみた。すると、上から見ても全くつぶれていなかった。横から見ても点と点一つついていなかった。ドーム型の卵のカラは本当に強かった。

上から見た卵のカラ　横から見た卵のカラ　裏から見た卵のカラ

点で支えた卵のカラの実験よりもべったりと支える面積が増えている。くさび水風船での実験でも書いたように面積が増えると圧力が分散するのかと思った。

(6)ジュース缶積み上げ実験の結果

角柱形と比べると、円柱形やアーチ型タマゴが強かった。特に72本、72本という記録を出したアーチ型とタマゴこれは上手くいくことができなかった。危険がなければもっと積み上げることができたかもしれない。



角柱・円柱・卵(タマゴ)型実験結果

また、4点で支えたタマゴも大健とうだった。すぐにつぶれるかと思った予想とはるかにこえていた。大きな力にたえているものの共通点は丸いということだった。

(7)ドーム型の卵のカラの強さをさぐる ― 追加実験 ―

① つぶれてしまったものの写真かい

4点で支えた卵のカラの場合、圧力の限界があった。卵が割れたのは、卵は上から下に線状にひびが入っていた。写真にあるように右の卵も左の卵と同じようにたてにひびが入っていた。圧力が上から下にきますぐに伝わることがわかった。

② 卵切り道具から発見したこと

おもりをセットする　おもりを上から下におとす　卵を上2つに切り分ける

卵切り道具では、おもりを落としてひびを作り、二つに切り分けることができていた。実際やってみると、円状にひびが入り、二つに切ることができた。

なぜドーム型の形が上からの圧力に強いのか考えてみると実験道具を作っている途中にヒントはあった。下の写真と図のように、卵の形では、上からの圧力が等しく分散し、卵のカラにまんべんなくひびが入った。一点だけからかけた圧力が円状に広がり、伝わるのかと思った。

円状にひびが入る　円状に分散される

③ 卵割りからの再発見 ― 横割りとたて割り ―

卵を割るときはふつう横割り(左写真)にする。でも実験の結果からはたて割りをあるのだと思った。そこで、卵の横割りとたて割りの実験をすることにした。

写真にあるように横割りもたて割りも圧力をかけた点の部分から円状にひびが入った。圧力が分散することがドーム型の特ちょうかもしれないと思った。

卵が良く割れるのは理由があり、それは球状のもの(ものの)の強さを表すものだと思った。

④ アーチ型と卵型(ドーム型)、くさび(とがった)水風船実験から考えたこと

ア 「アーチ型と卵型(ドーム型)を強い支えにしたいから アーチ型と卵型(ドーム型)を角ばった形にすることができた。卵型をドーム型にすることができた。」

イ 「アーチ型と卵型(ドーム型)を支える人にしたいから。アーチ型は全部の重さを耐えることができるから。アーチ型は全部の重さを耐えることができるから。」

ウ 「くさび(とがった)水風船実験から考えたこと。くさびの水風船は一番先の部分で圧力をかけていた。くさびの水風船の先が強くなるにつれ、面積が小さくなり圧力が強くなる。」

エ 「卵型(ドーム型)全面支えの実験から考えたこと。卵型(ドーム型)全面支えは、卵のカラ全面に重さをのせることで圧力が強くなり、耐えられるのだと思ったから。」

オ 「アーチ型と卵型(ドーム型)全面支えの実験から考えたこと。アーチ型と卵型(ドーム型)を、圧力に強いものとしたのは、圧力を分散するから。卵型(ドーム型)全面支えは、卵のカラ全面に重さをのせることで圧力が強くなり、耐えられるのだと思ったから。」

4 研究のまとめ

(1) 角柱円柱実験では、円柱とアーチ型が強かった。アーチモデルを作ってみると、より反発する力が強くなりもっとがんじょうだった。△ 丸い面が反発するようつくり、接する石や缶へ力を分分かつことでアーチ型の強さが増すのだと考えた。また三角柱は一見弱く見えるが、くぎのようにするどくなった三角の部分が石を押しのけていたことは、三角柱の強さを表した。

(2) 風による圧力実験では平均をとると円柱が一番動かず風圧に強かった。一方三角柱は、とがっている部分を風向きに合わせると一番風圧に強かった。細くなることで風をかわすことになる。風圧に耐える三角柱の強さだと思った。

(3) くぎ(剣山)と水風船による圧力実験では、くぎと水風船では、圧力が的にくぎが強かった。細くとがったものに力が集中するだと考えた。一方、剣山と水風船では、細くとがったものの数が増え、水風船を割ることはできなかった。細くとがり増えて接する面積が広くなることで圧力が集中しないだと考えた。剣山と面積がせまくなり圧力が増す。広い面積が広くなり圧力が分散するのだと考えた。

(4) ジュース缶の重さによる圧力実験(卵のカラ 4点支え)では32本のジュース缶の重さに耐え、大健とうだった。4点で重さを受けることで、圧力を集中したこの重さに耐えられなかった原因だと考えた。1本のくぎに耐えられなかった水風船の現象に似ているものだと言える。点で受けることと面で受けることの違いが大きかった。

(5) ジュース缶の重さによる圧力実験(卵のカラ全面支え)では、72本のジュース缶の重さに耐え、アーチ型とほぼ同じ強さだった。点ではなく丸い面で圧力を受け、丸い面の特ちょうである反発する力が加わり、三角柱よりもだと考えた。

(6) (4)(5)の実験から、卵型(ドーム型)の形は圧力に強いことがわかった。1点の圧力(上からの)が卵にたてにひびが入ったこと(7)の追加実験の結果にもあったように、卵割りから円状にきれいに割れたことは、圧力が集中することなく分散していることだと考えた。私たちの生活の中にある卵と割るという行動は、円柱形やアーチ型、ドーム型の強さが生かされているものである。