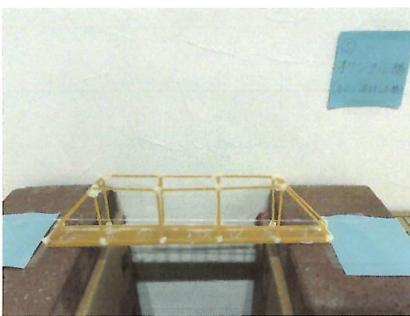
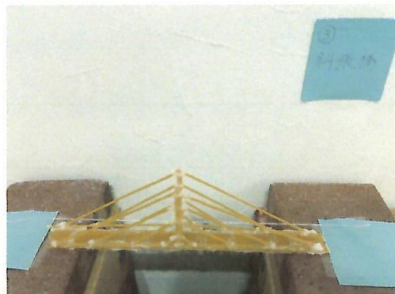
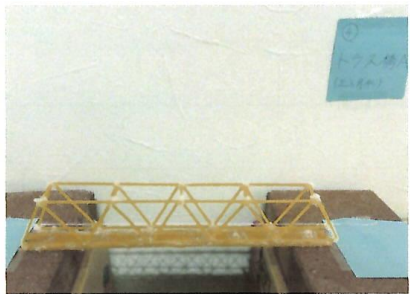
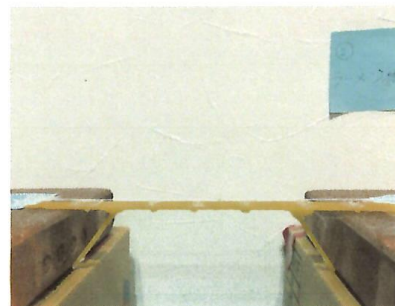
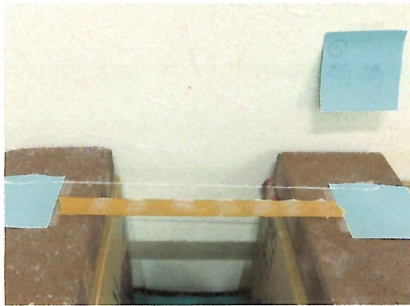


橋の種類と強度等の違い



南松尾はつが野学園

7年2組6番 北浦凜

1. 要旨、概要

橋の種類による、強度や変位(たわんだ長さ)の違いを調べた。そのため、まずはパスタを使って実際にある橋や自分で考えた橋の模型をつくった。次に、それぞれの橋の真ん中に容器を吊るし、おもり(乾電池)を順番に入れて、荷重をかけた。そして、橋が壊れた時の重さや様子、変位を記録し、橋ごとに比較した。(実験は2回ずつ行う)

その結果、斜張橋が最も強く変位が小さく、部材のない桁橋が最も弱く変位が大きかった。

強度:斜張橋>トラス橋(正三角形)>オリジナル橋
>トラス橋B(二等辺三角形)>ラーメン橋>桁橋

変位:斜張橋<トラス橋B(二等辺三角形)・オリジナル橋
<トラス橋A(正三角形)<ラーメン橋<桁橋

桁橋以外の橋についている部材は、桁に集中してかかる曲げようとする力を、引っ張ったり、押し縮めたりする力に変えて分散させることで、大きな荷重に耐えることができる。つまり、部材を設置し、力を分散させることで変位を小さくし、強い橋をつくることができるのである。

実際の橋をつくるには、材料が多いほど、膨大な費用がかかるし、工事を行うために必要な労力も増える。費用と強度のバランスの良い橋を調べたい。実際の橋の建設費用(材料、労力など)が、使用したパスタの本数やボンドの量に置き換えられると思うので、それも合わせて考えていく必要がある。

目次

1. 要旨、概要	…p.2
2. 研究目的	…p.3
3. 研究方法	…p.4~8
4. 結果	…p.9~11
5. 考察	…p.12
6. 結論(課題)	…p.13
7. 参考文献	…p.14

3.研究方法

3-1 研究材料

- パスタ(太さ2.2mm)
 - 方眼紙
 - 鉛筆
 - 定規
 - コンパス
 - 工作マット
 - はさみ
 - マスキングテープ
 - ピンセット
 - ダンボール
(台、ペットボトル入り)
- クッキングシート
 - グルーガン
 - セロハンテープ
 - 乾電池(おもり)
 - レンガブロック
 - 風糸
 - 保存容器など
(おもりの入れ物)
 - 割り箸
 - 油性ペン
 - カッターナイフ
 - レンガ(付箋付き)

2.研究目的

外出するときに、海や川に架かっている様々な種類の橋を見
て、特徴や強度の違いを調べてみたいなと思ったりからです。ま
た、構造力学という分野があると父から教わり、橋の構造に興
味を持ったからです。今年の夏にストローを使った橋の実験教
室に参加したことがきっかけで、パスタでも橋が作れると思っ
たので、自分もパスタを使って色々な橋をつくりたいと思いま
した。

外出時に見つけた橋の写真



桁橋



トラス橋



ラーメン橋



トラス橋



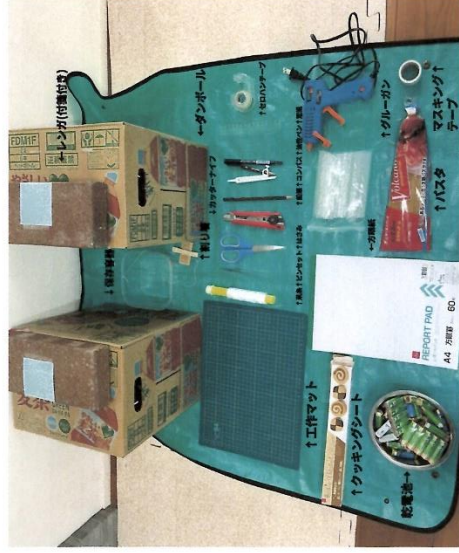
ラーメン橋



アーチ橋

4

写真1:研究材料



3

3-2 材料の作成方法

④②の、マスキングテープで仮止めしたパスタの節点をグルーガンで接着する。
これを2つ(橋の左右両側)作成し、さらにグルーガンで接着する。



写真7:トラス橋の節点を接着する様子



写真8:トラス橋の左右両側、接着後

⑤③で作った橋の桁と、④で作った部材を組み合わせてグルーガンで接着し、橋を完成させる。



写真9:③で作った橋の桁と④で作った部材



写真10:トラス橋の接着の様子

①様々な橋の設計図を作成する。
(設計図は、インターネットで調べた橋の図面や自分で設計したもの)
※橋の長さはパスタ1本の長さである25cmに統一

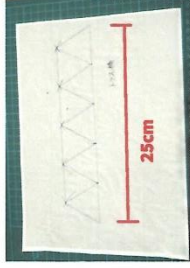


写真2:トラス橋の設計図

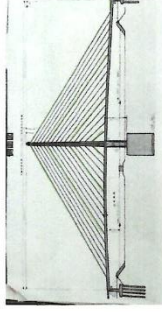


写真3:斜張橋の図面
(実際の田尻スカイブリッジの図面)

②設計図の上にクッキングシートを敷き、設計図の橋の長さに合わせて切ったパスタをその上にのせる。
パスタが動かないように、マスキングテープで固定する。

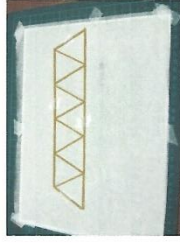


写真4:写真2のパスタ貼付後

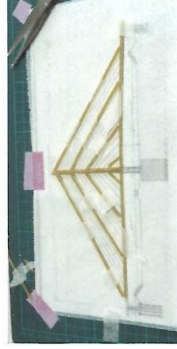


写真5:写真3のパスタ貼付後

③パスタを10本横一列に並び、グルーガンで接着し、橋の桁を作る。
※桁の強度の条件を揃えるために、接着する箇所を7箇所にした。



写真6:桁を接着する様子

3-4 実験方法

- ①ダンボールを土台として使用し、その上にレンガをのせる。これを2つ用意し、その間の長さを測り、長さを18cmに統一する。
- ②①の上にパスタの橋を置き、レンガに架かる橋の長さは、左右で等しくなるように、3.5cmで統一する。
(橋の設置位置の目安として付箋をはった。)



写真17:橋を架けた状態

- ③割り箸を橋の中心にのせ、糸を引っ掛けて電池を入れてるための容器を吊るす。
- ④橋が破壊するまで容器の中に電池を順番に入れ、橋の中心部の変位や破壊の様子、壊れたときの電池の数を記録する。
- ⑤電池、容器の重さを測定し、橋が壊れたときの重さを算出する。



写真18:橋に吊るした容器におもりをのせて計測した状態

※実験は、それぞれ2回行う

〈電池をおもりとして使用した理由〉
電池は質量の割に体積が小さい(密度が大きい)ため、容器に少ししか入れられなくても多くの荷重をかけることができるから。また、おもりが一定なので、計測が容易にできるから。

〈定規をダンボールに設置した理由〉
橋がどのくらいしなったかを数値として測定し、橋の種類ごとで比較するため。また、後から写真などで、変位を確認することができるから。

8

3-3 実際の橋の種類と完成したパスタの橋

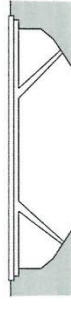
①桁橋

写真11:桁橋



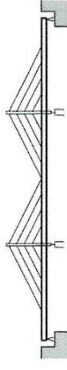
②ラーメン橋

写真12:ラーメン橋



③斜張橋

写真13:斜張橋



④トラス橋

写真14:トラス橋A

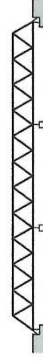
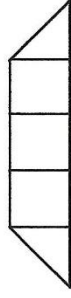


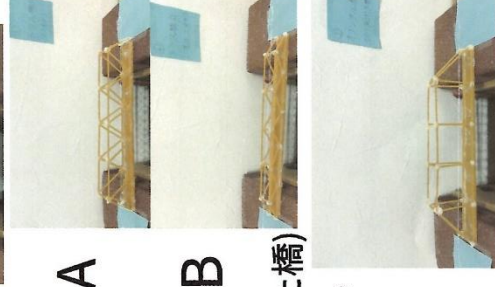
写真15:トラス橋B

⑤オリジナル橋(自分で設計した橋)

写真16:オリジナル橋



7



①桁橋

実験中		壊れた瞬間		壊れた状態	
	桁がたわんでいない。真ん中が一番反っていた。	一瞬止まって、真ん中の荷重をかけた瞬間に、真ん中の部分が折れて、いきなり落ちた。		真ん中の部分が全て折れていた。	

②ラーメン橋

実験中		壊れた瞬間		壊れた状態	
	真ん中の部分がたわんだ。真ん中の部分がハの字に反った。	左側の支えの部分が折れて、全体が壊れた。		支えの部分が折れていた。桁の部分も完全に折れた。	

③斜張橋

実験中		壊れた瞬間		壊れた状態	
	ほとんどたわんでいない。荷の位置も小さかった。斜めの部分がとてもしなっていた。	外側の三角形から折れた。		左側の斜めの部分の真ん中から折れていた。桁の部分は、ほとんど折れていなかった。	

④トラス橋A

実験中		壊れた瞬間		壊れた状態	
	三角形の部分が一瞬折れているが、桁は壊れていない。桁がたわんでいた。	三角形の部分が折られて、形が平行四辺形のようになっていた。桁の真ん中が折れていた。		三角形の部分の節点から折れていた。桁は完全に折れていなかった。	

⑤オリジナル橋

実験中		壊れた瞬間		壊れた状態	
	桁と正方形の上の辺がたわんでいない。正方形が変形した。	最初に、正方形の節点の外れた。桁の真ん中が折れた。		正方形の節点が折れていた。桁の部分が完全に折れていた。	

4.結果

〈実験1〉

①桁橋、②ラーメン橋、③斜張橋、④トラス橋A、⑤オリジナル橋の、5種類の橋を使って荷重や強度、変位の結果を表にまとめた。

予想(乾電池の本数)

- ①桁橋:40本 ②ラーメン橋:45本 ③斜張橋:51本 ④トラス橋A:50本
- ⑤オリジナル橋:46本

斜張橋を1番多くした理由

四角形よりも、三角形の方が1点に力を加えたときにあまり変形しないし、斜張橋は力が分散しそうだと考えたから。

桁橋を1番少なくした理由

桁橋は、他の橋と違って部材がなく、力が分散しないと思ったから。

結果

表1:実験1の結果

橋の種類	電池の数(本)	電池の重さ(g)	容器の重さ(g)	容器の重さ(g)	壊れた時の重さ(g)	変位(mm)
		A	B	A+B		
①桁橋	38	912	35	947		30
②ラーメン橋	34	816	35	851		24
③斜張橋	38	912	35	947		24
④トラス橋A	53	1,272	35	1,307		16
⑤オリジナル橋	130	3,120	130	3,250		3
	109	2,616	130	2,746		7
	72	1,728	130	1,858		15
	100	2,400	130	2,530		10
	74	1,776	35	1,811		15
	63	1,512	35	1,547		9

橋の種類	壊れた時の重さ(g)	変位(mm)
①桁橋	899	27
②ラーメン橋	1,127	20
③斜張橋	2,998	5
④トラス橋A	2,194	13
⑤オリジナル橋	1,679	12

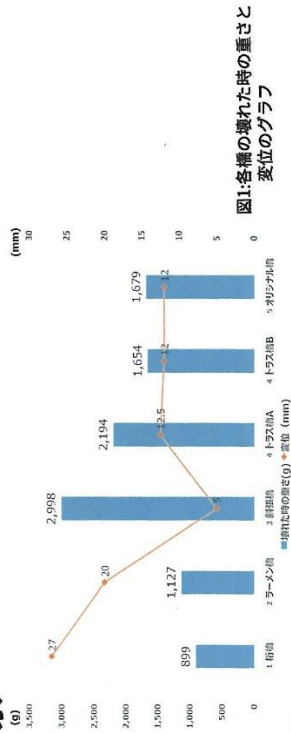
表2:実験1の2回の平均値→

課題

トラス橋の部材について
底辺が等しい三角形のうち、
正三角形と横長の二等辺三角
形のどちらの方が強いのだろ
うか。

→実験2を行う

5.考察



〈実験1〉

部材のない桁橋は力がかかると、最も電池(おもりの)数が少なく、強度が低かった。一方で、斜張橋は、真ん中の頑丈な柱がたくさんの部材を支えているため、最も強度が高かった。また、桁橋とラーメン橋を比較すると、左右2箇所を支えているラーメン橋の方が少し強かった。このことから、部材を工夫して設置し、橋にかかる力を分散することで、強い橋をつくることができると考えられる。トラス橋Aとオリジナル橋では、部材が三角形であるトラス橋Aの方が強かった。四角形と三角形のそれぞれの1点に力を加えたとき、四角形は変形して平行四辺形のようになるが、三角形はあまり変形しない。これと同じ原理だと考えられる。

部材が少なく、強度の最も低い桁橋と部材が多く、強度の最も高い斜張橋を比較すると、斜張橋の方が変位が小さく、あまり変形していない橋は、変位も小さいと考えられる。

〈実験2〉

トラス橋Aは、トラス橋Bよりも変位が小さく、強度が高かった。このことから、三角形の斜めの辺の長さが長く、正三角形である方がより多くの力を分散させることができると、強度も高いと考えられる。

〈実験2〉

④トラス橋A(正三角形)と④トラス橋B(二等辺三角形)の強度を比較した。

予想

④トラス橋A:50本 ④トラス橋B:52本

トラス橋Bの方が強いと考えた理由
トラス橋Bの方が、部材の三角形の等辺の長さが短く、高さも低くなるので、部材の変形が小さく、壊れにくい構造だと考えたから。

結果 表3:実験2の結果

橋の種類	電池の数(本)	電池の重さ(g)	容器の重さ(g)	壊れた時の重さ(g) A+B	変位(mm)
④トラス橋A	72	1,728	130	1,858	15
	100	2,400	130	2,530	10
④トラス橋B	67	1,608	130	1,738	11
	60	1,440	130	1,570	13

表4:実験2の2回の平均値→

橋の種類	壊れた時の重さ(g)	変位(mm)
④トラス橋A	2,194	13
④トラス橋B	1,654	12

④トラス橋A

実験中	壊れた瞬間	壊れた状態
三角形の部分が一部折れているが、桁は壊れていないか	三角形の部分が折れて、形が平行四辺形のようになっていた。	三角形の部材の節点から折れている。桁は完全に折れていなかった。

④トラス橋B

実験中	壊れた瞬間	壊れた状態
桁の部分はあまりたわんでいなかった。(あまり変形していない。)	節点が外れ、桁が折れて落ちた。	節点だけでなく、三角形の辺の真ん中の部分も折れていた。桁が完全に折れていた。

7. 参考文献

出典

- ・株式会社ピーエス三菱HP (田尻スカイブリッジ図面を引用)
<https://www.psmic.co.jp/works/pdf/2010.pdf>
- ・国土交通省 九州地方整備局HP (橋の種類を引用)
<http://www.qsr.mlit.go.jp/miyazaki/html/kasen/iware2/pdf/mame.pdf>
- ・一般社団法人日本橋梁建設協会HP
<https://www.jasbc.or.jp/>
- ・東京大学大学院 工学系研究科 機械工学 泉・波田野研究室HP (パスタブリッジコンテンツ)
<https://www.fml.t.u-tokyo.ac.jp/pasta/>
- ・泉・波田野研究室 (YouTube・パスタブリッジの作成)
<https://youtu.be/o5wLbj9oYJM>

14

6. 結論(課題)

〈結論〉

強い橋をつくるために必要なこと
荷重をかけたときに、桁橋のように部材のない橋は、一点に力が集中し、曲げようとする力が働くため、変位も大きく、その部分がすぐに折れてしまっただから、力を分散させるために部材をつけた方が強い橋ができる。パスタは、引っ張ったり、押し縮めたりしても、なかなか壊れなかったが、曲げようとするとは簡単に折ることができた。
桁橋以外の橋についている部材は、桁に集中してかかる曲げようとする力を、引っ張ったり、押し縮めたりする力に変えて分散させることで、大きな荷重に耐えることができると分かった。
ラーメン橋は、桁にかかる曲げようとする力を、支えの部分が引っ張りの力に変えて受けることで、強くなっている。
トラス橋は、三角形の部材が、引っ張ったり押し縮めたりする力を受けることで、桁にかかる曲げの力を軽減し、強い構造となっている。
斜張橋は、桁橋の3倍以上の荷重に耐えた、最も壊れにくい橋だった。斜めの部材と、それらを支える中心の柱が、桁にかかる力を分散させていると分かった。
実際の橋も、このような工夫が施されて、建設されているのだと学んだ。(斜張橋は、実際の橋の図面を縮小コピーしたものを設計図にして、パスタの橋をつくった。)

二等辺三角形のトラス橋より、正三角形のトラス橋の方が強かったので、部材の形や長さも強度や変位に影響すると考えられる。

〈今後の研究課題〉

桁橋は、曲げようとする力が直接かかるので、橋の長さを変えたときの強度や変位の違いを調べたい。
実際の橋をつくるには、材料が多いほど、膨大な費用がかかるし、工事を行うために必要な労力も増える。費用と強度のバランスの良い橋を調べたい。そのためには、実際の橋の建設費用(材料、労力など)が、使用したパスタの本数やボンドの量に置き換えられると思うので、それも合わせて考えれば良い。
トラス橋で、縦長の二等辺三角形や直角三角形など、様々なパターンを試してみたい。
今回の自由研究ではできなかった、アーチ橋という橋の強度も研究したい。

13