

カテナリー曲線構造の利用

茨城県立日立第一高等学校 佐々木 武斗、西野 圭祐、小川 洋平、清野 瑛大

1. 研究背景・目的

橋やサグラダファミリアなどの大型建築物には曲線構造が用いられることが多く、その強度の決定条件に興味を持った。そこで、簡易的な5個のブロックでできた橋を用意し、条件を変えて強度の違いを調べることとした。

2. 実験方法

5個のブロックで形成された簡易的な橋を用意し、まず、構造による強度の違いを調べた。次に、カテナリー曲線構造（以降曲線構造と表記）の曲がり具合による強度の違いを調べた。

※本実験において崩壊とは、重さに耐えきれず橋が完全に崩れることである。

※本実験において強度とは、崩壊に耐える度合いを指す。

実験 1

直線構造の実験を曲線構造の地面との接触面にはたらく垂直抗力よりも大きな力を直線構造を水平方向から加えた。直線構造、曲線構造ともに橋の中心におもりを置き、計30回強度を調べた。

実験 2

①スタイロフォームを用意し、曲がり具合を変えた橋A、B、C、Dの4個の曲線構造の橋を用意する。（曲がり具合を変えるために図1から図4のように、橋A、B、Cは一定の高さの比（1：2：3）で異なり、橋Dは大幅に高くした。）

②両端に200gのおもりを置き両端を支える。

③橋の上に10g単位のおもりを置き、橋が崩れて完全に崩壊した時のおもりの質量を計30回調べる。

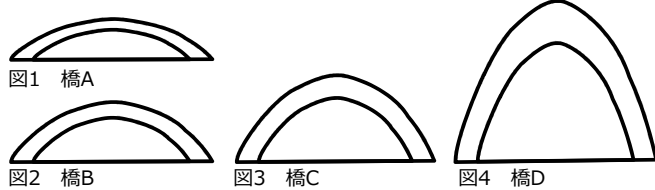


表 1

	名称	仕様
1	ス タ イ ロ フォーム	1820mm×910mm×50mm
2	ペットボトル	2Lペットボトルに200gの水をいれた
3	おもり	10g単位の砂と50g単位の分銅
4	木材	38mm×89mm×1820mm
5	やすり	120号

3. 実験結果 実験 1

図5の通り実験1では、曲線構造のほうが直線構造に比べて崩壊までに加えた重力が大きかった。

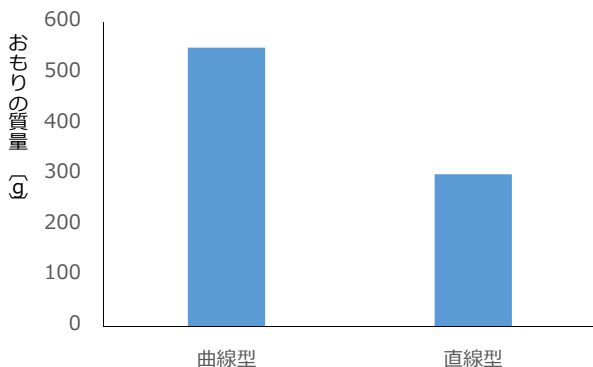


図 5 構造による強度の違い

3. 実験結果 実験 2

図6より、実験2では、曲線構造の曲がり具合が大きいほうが崩壊までに加えた重力が大きかった。

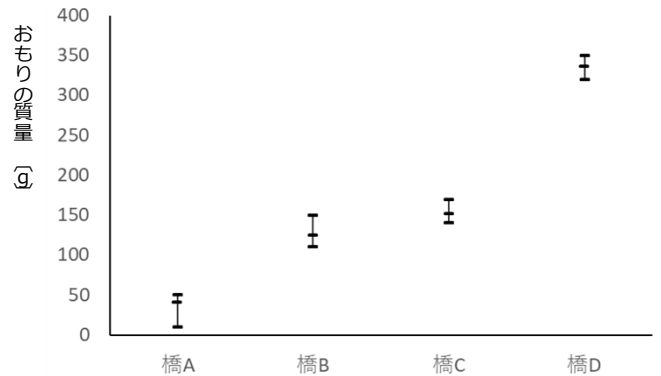


図 6 橋の曲がり具合と強度の関係

4. 考察

実験2の結果から、曲がり具合が大きいほど構造の強度が増加していること、また、その変位を比較的大幅に増やした橋Dの強度がほかの構造と比べ大きく増加していることから曲がり具合が大きいほど強度が上がるのではないかと考えた。つまり、図7にあるようにアーチ型の橋を構成しているブロックは、橋の両脇のブロックを押すことによって受ける反作用で自重を支えている。最終的に橋の総重量を支えているのは橋の両端の地面であるためアーチ両端が横向きの力に耐えることができれば橋は崩れない。よって、鉛直方向への分力が大きく、水平方向への分力が小さい曲がり具合の大きい橋のほうが大きな力に耐えることができると考えられる。

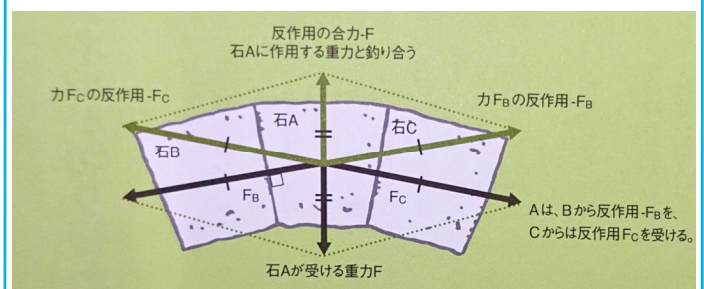


図 7 橋に加わる力の分解

※鉛直方向への合力が大きいくほど橋は崩れにくい。

5. まとめ

実験1、2のカテナリー曲線構造に関する実験で、カテナリー曲線構造の橋の強度の優位性は立証することができた。これからの研究では橋の構造における曲線構造の組み込み方による橋全体の強度の変化について実験を行い、カテナリー曲線構造を最大限に生かすことのできるような橋の形を研究していきたい。また、これまでのカテナリー曲線構造は二次元的な範囲で研究を行ってきたため、三次元の立体的な構造としてどのような形が理想的かなど実際に活用できるようにしていきたい。

6. 参考文献

長澤光晴「眠れなくなるほど面白い 物理の話」 日本文芸社