

中学生の構造力学 ～構造物の破壊強度の実験～

宝仙学園中学高等学校 共学部教務部長 柴田 純

1. 総合探究プロジェクト

本校では「総合探究プロジェクト」と呼ばれる、1年間かけた研究活動を必修として全生徒に課し、その成果は年度末の「研究発表会」にて、オーラル・ポスター・論文のいずれかで全員が発表をする。テーマは自然科学系から文学系まで、非常に多岐に渡っている。本稿では、そのなかのひとつ「構造物の破壊強度」の研究を行ったA君が中学3年間にに行った研究の成果を報告したい。



研究発表会で成果を発表するA君

2. 研究概要と結果

(1) 素材および方法

強度をはかる構造物の素材は均一な厚紙である。生徒募集用に作成された前年度のポスターをリユースした。荷重をかけるおもりは、同様に学校のパンフレットと微調整用にA4のコピー用紙を用いた。



(2) 中学1年次の研究内容

高さが一定の柱状体に限定したとき、どのような形状が最も強度が高いかを調べる。厚紙で高さの等しい三角柱、四角柱、五角柱（いずれも断面は正多面体）をそれぞれ作成しておもりとなるコピー用紙を1枚ずつ静かにのせていき、各柱状体が崩壊したときのおもりの総重量（荷重）を調べる。結果は下の表のようになり、三角柱が最も強度が高いことがわかった。（誤差はS E）

柱状体	耐荷重
三角柱	$6.11 \pm 0.02 \text{ N}$
四角柱	$7.32 \pm 0.05 \text{ N}$
五角柱	$8.45 \pm 0.09 \text{ N}$



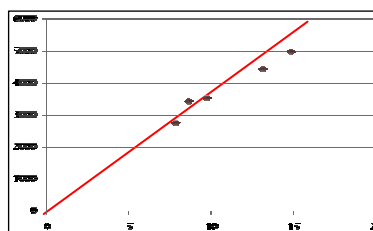
N角柱を想定したとき、Nの値が大きいほど耐荷重は大きくなっていることから、 ∞ 角柱ともいえる円柱はこれらよりも、さらに強度が高いことが期待される。実際に同条件において円柱を作成して実験を行うと、

円柱の耐荷重（強度）=20.88N

となり、一般的な形状においては円柱が飛びぬけて強いことがわかった。

(3) 中学2年次の研究内容

形状を四角柱に限定し、①高さを固定して断面積を変化させたとき、②断面積を固定して高さを変化させたときのそれぞれの耐荷重を調べると、以下のような結果となった。

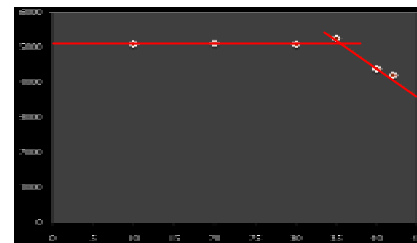


①耐荷重と断面積の関係

縦：耐荷重の最大値
横：断面積のスケール

②耐荷重と高さの関係

縦：耐荷重の最大値
横：高さのスケール



①より耐荷重は断面積に明らかに依存している。このことから建築素材についても太い（断面積が大きい）ほど強いことが直感的に理解できる。しかし、②より高さについては様子が異なる。高さが低いうちは耐荷重は一定値となっているが、ある高さを超えたところからは耐荷重は高さに依存するようになった。これは柱状体の崩壊の仕方が変わったからではないかと考察される。

(4) 中学3年次の研究内容

これまで行った実験を再度すべて行い、実験の再現性を確認した。そして、昨年度行った「高さと耐荷重の関係を調べる実験」においては崩壊した被検査物体の形状を確認すると、明確に状態は異なっていた。



荷重に耐えられずに崩壊した柱状体
(左：高さが低い、右：高さが高い)

物体は高さが大きい場合は途中で折れるようにして変形していたのに対し、高さが小さい場合は蛇腹のようにつぶれている、いわゆる「座屈」とよばれる現象が起っていたのである。この実験を通して、座屈がおこる高さの臨界点を見出すことに成功した。そしてこの臨界点は物体の材質、断面積に依存するであろうことは予想できる。

3. 最後に

筆者は構造力学等に関しては素人であるため、適切なアドバイスをA君に与えられたかはわからない。また、この研究も学術的に堪えられるものかは大いに疑問である。しかし、彼は構造力学に興味を深め、日々勉強に励んでいることは事実である。彼も高校1年生になった。進路選択は間近である。