

丈夫な石垣の作り方 松山城の天守閣

松山市立椿小学校 第6学年 大久保 佐和
指導者 竹本 太祐

1 研究の動機

私は、古墳や奈良の大仏について社会科で学習した。全部手作業で作り上げるのは大変だろうな、と思った。松山城を見学すると、城山の上に高い石垣がそびえている。丈夫な石垣を作り上げるには、何か工夫があるだろうと考えた。

2 松山城の見学

松山城には、「うめこみはぎ」と「切り込みはぎ」の2種類の石垣がある。約40日しかない夏休み、研究のテーマを「天守閣の切り込みはぎ」と「算木積み」にしぼった。「切り込みはぎ」の石垣では、石の形は四角形に近く、すきまがない。石垣の角は、直方体の「算木石」を互い違いに組み合わせさせている。これを「算木積み」という。また、石垣最下部の基礎部分を地面に埋めて固定し、石垣を安定させている。**資料1**

3 実験方法

(1) 準備

紙粘土で立方体や直方体の「石」をたくさん作る。(一辺が1cmの立方体の石、それが2つ分、3つ分、4つ分の直方体の4種) **資料2**

これらの「石」を実験装置の「壁」や「角」に積み上げて石垣を作り、マッサージ機で1秒間だけ振動させてくずれ方を調べる。「壁」の角度は分度器で調節可能、3種類の「角」のモデルのかたむきはそれぞれ異なる。これらの「壁」や「角」のモデルを実験装置に取り付けたり、交換できるようにした。**資料3・4・5・6**

4種類の「石」の組みあわせや並べ方によってくずれ方はどのように変化するだろうか？ 同じ条件で3回ずつ実験し、平均を求めてグラフ化した。なお、「壁」や「角」のどちらも石垣の最下部の「石」は、実物の石垣の基礎と同じように、底板の段ボールに接着剤で固定した。**資料5・6**

(2) 実験1

「横5cm高さ1cmの基礎」の上に、立方体の石20個で石垣を積んだ。壁を地面に対して90°から10°の範囲で傾けたり、マッサージ機の強弱を変えたりしてくずれ方を調べた。

(例)かたむき60°・振動「弱」でくずれた時のようす。立方体の「石」が8個くずれて12個残っている。**資料5**

(3) 実験2

かたむき90°～60°の範囲で「石」の種類を変えた。**資料2**

(4) 実験3 直方体の「石」をたて置きにした。**資料9**

(5) 実験4・5・6

「算木石」の効果を確かめるために、3種類の「角」のモデルを使い、「石」の種類も変えた。**資料2・4・6**

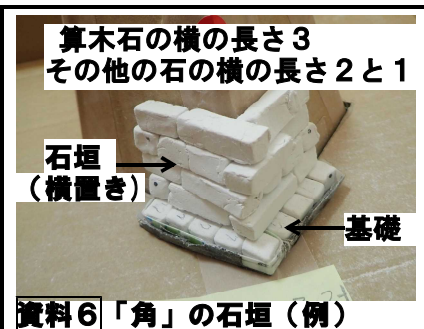
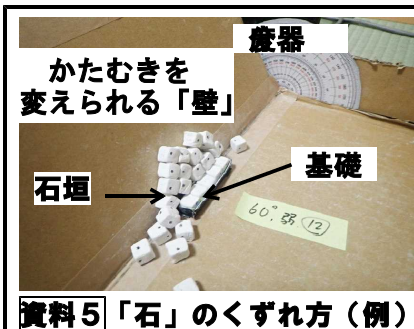
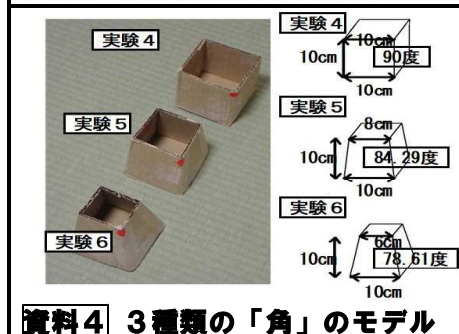
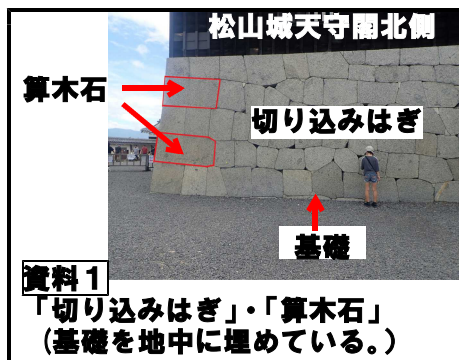
4 結果と考察

(1) 実験1

振動が強・弱どちらでも、壁のかたむきがゆるやかな方がくずれにくい。「強弱の平均」の結果では、90°で19個くずれたのに、80°にただけで14個に抑えられた。このように、かたむきを80°にするだけでくずれにくくなる効果があることが分かった。**資料7**

(2) 実験2

どの組み方でもかたむきがゆるやかになるとくずれにくくなる。立方体の石だけだと



くずれやすいが、横の長さが3と2の石を組み合わせるとくずれにくい。特に、かたむきが80°の時のくずれにくさには驚いた。長さが4になると、かえって一気にくずれることもある。資料8

(3) 実験3

長さ2・3・4の石を「たて置き」にし、立方体の石と組み合わせた。たて置きでは、かたむきが80°であってもくずれやすい。資料9

(4) 実験4・5・6

「壁」のかたむきを、90°から約80°(=78.69°)にすると「角」の部分もくずれにくくなる効果が大きい。特に、「算木石」の横の長さを3、それ以外の「一般の石」の横の長さを「1と2」にするとかずれにくい。資料10

5 松山城天守閣(実物)との比較と考察

再度、松山城を見に行き、天守閣の東西南北の各石垣から10歩離れて撮影した。その画像をプリントアウトし、算木石(12個)と一般の石(100個)に通し番号をつけ、横の長さを定規で計った。資料11

(1) 算木石に対し、一般の石の「横はば」は短い。

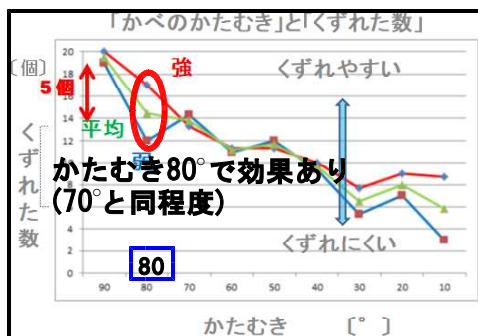
(2) プリントアウト上で、算木石の横の長さの平均37mmを3とすると、一般の石は0.7~1.8の比の範囲に収まる。

これは、実験4・5・6の、算木石の横の長さを3、それ以外の一般の石の横の長さを1から2の比にするとかずれにくい、という考察とほぼ同じ!

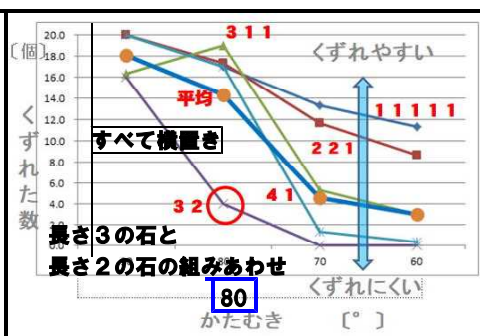
(3) 石垣のかたむきを90°から80°にするだけでくずれにくくなる、と考察したが、実物の石垣も約80°だった。

6 研究の結論

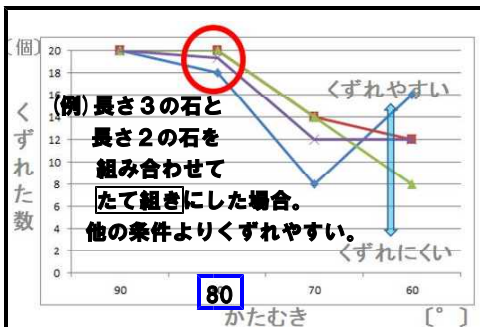
松山城の石垣のかたむきは約80°であること、石垣の角は直方体の算木石を組み合わせること、算木石と他の一般の石の横の比が3:(0.7~1.8)であること等は、紙粘土の「石」で行った「丈夫な石垣」の条件とほぼ同じだった。



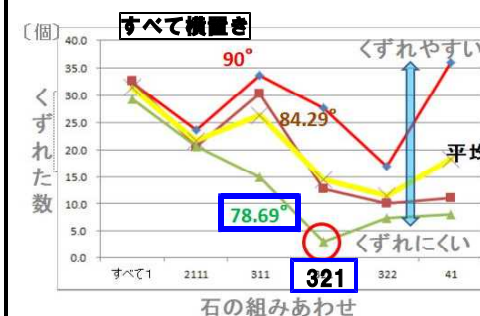
資料7 実験1の結果



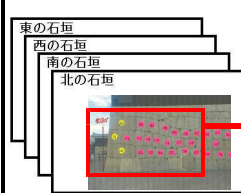
資料8 実験2の結果



資料9 実験3の結果



資料10 実験4・5・6の結果

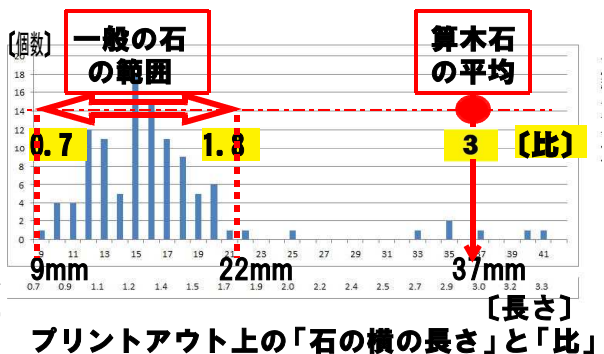


拡大



資料11

天守閣の東西南北の石垣の「算木石」と「一般の石」の横の長さを計り、「比」を求める。「算木石が3」なら、「一般の石は0.7~1.8」



プリントアウト上の「石の横の長さ」と「比」

7 感想

ディズニーのシンデレラ城のように、西洋のお城の城壁は、地面に対してほぼ垂直なイメージだ。日本のお城の石垣が少しかたむいているのは、日本に地震が多いことへの対策なのかもしれない。かたむきをもっとゆるやかにすればくずれにくいのだろうが、敵に登られないようにするために80°よりゆるやかにしないのだろう。それにしても、あんな大きな石を山の上まで運び上げ、形をきれいにし、丈夫な石垣に積み上げる、昔の人は本当にいろいろな知恵をもっていて、たくさんの努力をしていた、ということを感じた。

8 謝辞

見学の際、たまたま出会った松山城ガイドのUさんに、石垣についての基本的な知識を教えていただいた。この機会にお礼を申し上げたい。