「牆」不倒了

初小組物理科第二名

宜蘭縣光復國民小學　　作　　者：吳昕享、高聖愷、王年綺、劉浩瑋

指導教師：林妙、吳千惠

一、引起動機

學校西側圍牆年歲太大，到處看見坑洞。校長看了，趕緊請工人把這道破損的圍牆打掉，重新修造新牆。下課時，我們在圍牆旁玩耍嬉戲，看著師傅們在一大堆磚塊中賣力的工作。好動的男生，把造牆拉起的基準線當做跳高架，跳過來、跨過去，惹得正在工作中的師傅大聲斥責說：「囝仔！走開！別把我辛辛苦苦砌的牆跳倒了。」這時班上的小博士出現了，要大家靜下來仔細去觀察師傅是怎麼修造這座新圍牆。我們發現師傅砌牆時，磚塊不是一塊塊整整齊齊的排列砌上去，而是把磚塊交叉排列堆砌上去，難道這樣的砌法會更堅固嗎？我們有了這個疑問，於是去請教老師來研究這道難題。

二、研究目的

（一）哪一種排法的圍牆最堅固？

（二）同形狀排法，長度、厚度相同，高度不同的圍牆，它的堅固情形。

（三）同形狀排法，長度、高度相同，厚度不同的圍牆，它的堅固情形。

（四）同形狀排法，高度、厚度相同，長度不同的圍牆，它的堅固情形。

（五）比較同體積（等長、高、厚）的圍牆，中間加上柱子的個數，它的堅固情形。

（六）比較二種厚度的圍牆，哪一種最堅固？

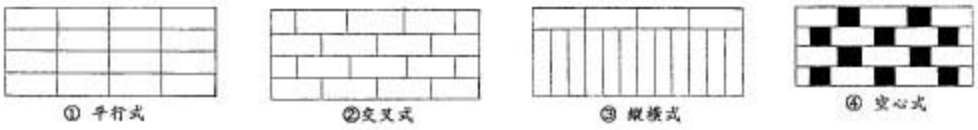
三、研究設備

層疊樂積木、彈簧、塑膠玻璃板、小鐵球、螺絲釘、木板、固定用的鐵片、筆心、小塑膠環、砂紙、彈簧秤、長尺、鋸子、保麗龍。

四、研究過程

問題一：比較相同材質，長、高、厚也相同而砌法不同的圍牆，哪一種最堅固？

（一）觀察：我們所觀察到校園花圃圍籬、紅樓牆壁磁磚、三清宮廟宇圍牆、孔子廟前後矮牆、酒廠圍牆，可歸納四種排法：①平行式②交叉式③縱橫式④空心式。



（二）方法：

1.準備一塊長35公分、寬30公分的塑膠玻璃板和一塊長45公分，寬40公分的木板，塑膠玻璃板和木板之間，四個角各釘上一個直徑1.2公分、高4公分的彈簧，製作出一個簡易彈簧墊，作爲本實驗的器具。

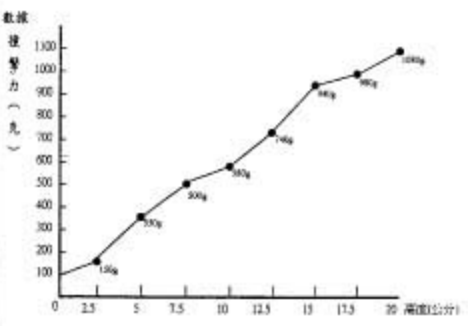


2.將同材質，長、高、厚相同四種不同排法的積木，分別放在彈簧墊上，用上下震動和左右震動這二種施力方法，算出它的撞擊力。

3.在彈簧秤的指針上綁一個筆心，用70克的小鐵球，從不同高度落到秤面的中心位置，看筆心在彈簧秤的刻度上，畫出多少長的弧線，就可測出多少的瞬間撞擊力。做5次算出平均值。

次數 / 撞擊力 / 高度	1	2	3	4	5	平均 克
2.5 公分	150 克	140 克	170 克	150 克	150 克	150 克
5 公分	350 克	330 克	350 克	350 克	350 克	350 克
7.5 公分	510 克	480 克	500 克	490 克	500 克	500 克
10 公分	610 克	570 克	600 克	570 克	550 克	580 克
12.5 公分	800 克	800 克	700 克	700 克	700 克	740 克
15 公分	1000 克	900 克	1000 克	900 克	900 克	940 克
17.5 公分	1000 克	900 克	1000 克	900 克	1100 克	980 克
20 公分	1000 克	1100 克	1100 克	1000 克	1200 克	1080 克

表(一)



結果：鐵球在不同高度落到同一個位置上，高度越高撞擊力越大，但只是呈遞增狀態而不是成比例上升。

4.上下震動實驗：

將四種不同排法的積木堆疊到長30公分，高10公分的高度，分別放在彈簧墊上。用重70克的鐵球，從高度2.5公分（一個積木的高）開始，逐漸增加高度，落到彈簧墊的中心位置，測出不同排法的積木它的撞擊力。再將表（一）所測出的瞬間撞擊力代入。如圖示。



做10次算出平均值：

次數 / 受力 / 形狀	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
平行式	580克	580克	500克	500克	500克	350克	500克	350克	350克	350克	456克
交叉式	580克	580克	500克	740克	580克	740克	500克	580克	940克	740克	648克
縱橫式	500克	350克	580克	500克	500克	580克	500克	500克	500克	580克	509克
空心式	350克	150克	350克	150克	350克	350克	500克	500克	350克	500克	355克

結果：

⑴積木四種不同排法，承受力的大小依照順序是交叉式＞縱橫式＞平行式＞空心式。

⑵我們發現排在兩端的積木倒的次數最多。

⑶積木傾倒的方向以施力的那一邊最多。

5.左右震動實驗：

將直立式彈簧秤掛在彈簧墊右側邊緣正中間部位，然後從刻度100克起拉動彈簧秤，直到積木倒塌，測出它的承受力。

做10次算出平均值：

次數 / 受力 / 形狀	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
平行式	500克	300克	400克	400克	400克	500克	600克	500克	400克	300克	430克
交叉式	400克	500克	500克	400克	400克	400克	500克	600克	500克	400克	460克
縱橫式	400克	300克	400克	400克	300克	300克	400克	400克	400克	300克	380克
空心式	300克	400克	300克	300克	300克	300克	300克	300克	300克	500克	330克

結果：

⑴積木四種不同排法，承受力的大小依照順序是交叉式＞平行式＞縱橫式＞空心式。

⑵我們發現排在兩端的積木是最先倒塌的。

⑶施力越多次，整排積木會往施力的方向移動。

討論：由上面的實驗，我們知道積木交叉式的排法承受力最大，平行式、縱橫式次之，空心式的排法承受力最小。因此就以「交叉式」的排法再繼續研究。

問題二：積木長、寬相同，高不同，交叉式的排法測出有多少的承受力？

方法—在彈簧墊上排出長30公分、厚1.5公分、高分別5公分、7.5公分、10公分、12.5公分的積木，重複問題一的方法，測出它的承受力，做10次算出平均值。

上下震動實驗：

次數 / 承受力 / 高度分	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
5 公分	500 克	300 克	350 克	500 克	500 克	350 克	500 克	500 克	350 克	500 克	455 克
7.5 公分	300 克	350 克	350 克	350 克	350 克	500 克	500 克	300 克	500 克	500 克	448 克
10 公分	500 克	350 克	500 克	350 克	500 克	350 克	350 克	350 克	500 克	350 克	418 克
12.5 公分	500 克	350 克	350 克	150 克	500 克	350 克	350 克	500 克	500 克	500 克	400 克

左右震動實驗：

次數 / 承受力 / 高度分	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
5 公分	400 克	400 克	400 克	500 克	500 克	500 克	500 克	300 克	500 克	400 克	460 克
7.5 公分	400 克	400 克	400 克	400 克	600 克	400 克	500 克	300 克	500 克	400 克	450 克
10 公分	300 克	300 克	400 克	500 克	400 克	400 克	500 克	300 克	500 克	400 克	400 克
12.5 公分	200 克	200 克	200 克	200 克	300 克	200 克	200 克	200 克	100 克	400 克	220 克

結果：同形狀積木堆得越低承受力越大，堆得越高承受力越小。

問題三：積木長、高相同、厚不同，交叉式的排法測出有多少的承受力？

方法—在彈簧墊上排出長30公分、高10公分、厚分別1.5公分（一層）、3公分（二層）、4.5公分（三層）、6公分（四層）的積木，重複問題一的方法，測出它的承受力，做10次算出平均值。

上下震動實驗：

次數 / 承受力 / 厚度分	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
1.5 公分	350 克	500 克	350 克	350 克	350 克	500 克	350 克	500 克	500 克	500 克	425 克
3 公分	580 克	580 克	580 克	580 克	500 克	500 克	580 克	580 克	580 克	740 克	572 克
4.5 公分	980 克	500 克	500 克	580 克	940 克	740 克	740 克	940 克	580 克	740 克	724 克
6 公分	740 克	940 克	740 克	740 克	980 克	980 克	980 克	740 克	740 克	740 克	838 克

左右震動實驗：

次數 / 承受力 / 厚度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
1.5公分	300克	400克	400克	400克	300克	400克	400克	500克	500克	400克	400克
3 公分	500克	400克	400克	400克	700克	600克	700克	600克	500克	400克	530克
4.5公分	600克	600克	600克	500克	500克	500克	600克	700克	500克	500克	570克
6 公分	700克	500克	700克	700克	700克	800克	600克	500克	500克	600克	630克

結果：同形狀積木堆得越厚承受力越大，堆得越薄承受力越小。

討論：由上項實驗我們發現積木堆得越厚，佔去的空間多，使用的積木也多。如果一道牆砌得太厚，不是也佔用很多的土地和浪費很多的材料嗎？因此我們再繼續研究多少厚度最恰當？

問題四：積木厚度、高度相同、長度不同，交叉式的排法測出有多少的承受力？

方法：在彈簧墊上排出厚1.5公分、高10公分、長分別7.5公分、15公分、22.5公分、30公分、37.5公分的積木，重複問題一的方法，測出它的承受力，做10次算出平均值。

上下震動：

次數 / 承受力 / 長度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
7.5公分	500克	500克	500克	350克	150克	350克	150克	350克	350克	750克	395克
15 公分	500克	350克	350克	350克	150克	350克	500克	500克	350克	750克	423克
225公分	500克	500克	350克	500克	500克	500克	500克	500克	500克	500克	501克
30 公分	500克	350克	500克	350克	500克	350克	350克	350克	500克	350克	418克
375公分	500克	500克	500克	350克	350克	150克	350克	350克	350克	350克	375克

左右震動實驗：

次數 / 承受力 / 長度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
7.5公分	300克	300克	200克	300克	300克	200克	300克	300克	300克	300克	280克
15 公分	500克	400克	400克	400克	400克	500克	500克	500克	400克	400克	440克
225公分	300克	500克	700克	400克	400克	500克	400克	400克	300克	600克	450克
30 公分	400克	400克	500克	500克	400克	300克	500克	400克	500克	400克	430克
375公分	500克	300克	300克	400克	300克	200克	400克	500克	400克	300克	360克

結果：同體積的積木堆得越長或越高，承受力越小，堆到長是高的1倍到3倍之間承受力最大。

討論：我們發現積木堆得越長或越高，都容易倒塌下來，再看看周遭環境裡的圍牆，是不是也每隔一段距離就加一根柱子。因此我們再繼續做加柱子的研究。

問題五：比較同體積的積木，交叉式的排法，中間加上柱子的個數，測出各有多少的承受力？

方法：準備長1.5公分、厚1.5公分、高10公分小木條當做柱子。將16塊層疊樂積木鋸成每塊長5公分和2.5公分各二塊。把小木條黏在彈簧墊上，再把積木堆疊成長30公分、高10公分，重複問題一的方法，測出它的承受力，做10次算出平均值。

上下震動實驗：

次數 / 承受力	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
中間加柱子	350克	350克	350克	350克	350克	350克	150克	150克	350克	150克	305克
兩端加柱子	500克	580克	350克	740克	350克	500克	740克	740克	740克	500克	574克
兩端和中間加都柱子	580克	580克	980克	740克	740克	580克	740克	740克	500克	740克	692克

左右震動實驗：

次數 / 承受力	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
中間加柱子	400克	400克	300克	400克	400克	300克	300克	400克	400克	300克	360克
兩端加柱子	400克	500克	400克	400克	400克	500克	500克	500克	500克	400克	450克
兩端和中間加都柱子	800克	900克	700克	700克	600克	700克	700克	700克	800克	700克	730克

結果：同體積的積木承受力，依照順序是兩端和中間都有柱子＞兩端有柱子＞中間加柱子。

討論：由上面實驗，我們發現積木兩端和中間都有柱子的承受力原比兩端有柱子和只在中間加柱子的承受力來得大。因此我們觀察到建築物的外牆或圍牆，在一定的距離就會加一根柱子，它的目的就是增加牆對外力的承受力。

問題六：同體積的積木、交叉式的排法加上個數相同的柱子，比較單層和雙層，各有多少的承受力？

方法：我們將問題五兩端及中間都加柱子的排法，再多加一層排法做上下和左右震動各10次求平均值。

上下震動實驗：

次數 / 承受層次力	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
單層	580克	580克	980克	740克	740克	580克	740克	740克	500克	740克	692克
雙層	740克	940克	740克	740克	740克	580克	980克	940克	980克	980克	836克

左右震動實驗：

次數 / 承受層次力	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
單層	800克	900克	700克	700克	600克	700克	700克	700克	800克	700克	730克
雙層	1200克	900克	900克	800克	800克	900克	900克	800克	1200克	1300克	980克

結果：同體積的積木，雙層的排法比單層的排法承受力大。

討論：由上面實驗，我們發現積木雙層的排法比單層的排法承受力來得要大，因此在造牆時，也都用雙層的原因。

五、結論

（一）鐵球從不同高度落下，高度越高撞擊力越大，高度越低撞擊力越小。所畫出來的關係圖不是直線上升。

（二）同材質的積木，堆疊出四種不同的非法，以交叉式的排法承受力最大，空心式的排法承受力最小。

（三）同形狀的積木，長度、厚度相同，高度不同，堆疊的越低承受力越大，堆疊的越高承力越小。

（四）同形狀的積木，長度、高度相同，厚度不同，堆疊的越厚承受力越大，堆疊的越薄承受力越小。

（五）同形狀的積木，厚度、高度相同，長度不同，堆疊的越長或高度大於長度承受力越小，長度是高度的1倍到3倍之間承受力最大。

（六）同形狀的積木堆疊，中間和兩端都加柱子的承受力最大，兩端加柱子的承受力次之，只在中間加柱子的承受力最小，與不加柱子的排法，承受力相差微小 。

（七）同形狀的積木堆疊，中間和兩端都加柱子的承受力，以雙層的厚度排法承受力最大。

六、研究心得

（一）積木在彈簧墊上做上下震動的實驗，所測出的承受力，是先將鐵球從不同的高度，落在彈簧秤上測出的瞬間撞擊力換算出來的。雖然做得很辛苦，但是總算有了結果。不過這不是最好的方法，我們會繼續去研究，希望有一天會把最好的方法想出來。

（二）彈簧施力越多次，彈性會有改變，也就造成實驗上的誤差。同時也告訴我們，彈簧秤是不可以隨便拿來當玩具玩。

（三）想要砌一道經濟又耐用的牆，在長度、高度、厚度三方面都得好好計算，『牆』才不會倒下來。

七、參考資料

漢聲小百科第一冊。
中華兒童百科全書。

評語

1.能量化的設計橫向及垂直方向之「震動度」，以測量對牆之「影響度」頗有創意。

2.對實驗結果的歸納，分析有具體的結果。若能對牆之「初始條件」的變因加以控制，結果會更好。

回上一層