

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組生活與應用科學科

080818

臺中市西區忠明國民小學

指導老師姓名

江雪娥

張惠

作者姓名

許博雅

陳奕敏

黃彥傑

莊萌恩

宋欣霈

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：生活與應用科學科

組 別：國小組

作品名稱：四兩撥千斤

關 鍵 詞：空心柱、承受荷重能力、加強肋

編號：

目錄

壹.摘要.....	1
貳.研究動機.....	2
參.研究目的.....	2
肆.研究設備及器材.....	3
伍.研究過程或方法.....	4
陸.研究結果.....	5
一、底面積、高度相同的空心柱的“承受荷重能力”	5
二、底面周長、高度相同的空心柱的“承受荷重能力”	8
三、底面積相同、高度不同的空心柱的“承受荷重能力”	11
四、底面積、高度相同，底面個數與底面位置不同的空心柱的“承受荷重能力”	13
五、柱形內部層數不同、放置位置不同的“承受荷重能力” 比較.....	14
六、各種增加“加強肋”圓柱的“承受荷重能力”	24
柒.討論.....	27
捌.結論.....	27
玖.參考資料及其他.....	28

四兩撥千斤

壹. 摘要

在鄉土教學課時，利用各種空罐所做的高蹺，與數學課所學各種空心柱很類似，因而引起大家研究各種不同形狀空心柱的興趣，期能深入探討：

- 一、不同形狀的空心柱與其“承受荷重能力”的關係？
- 二、如何增強空心柱的“承受荷重能力”？

經以粉彩紙製作正三邊形、正方形、正六邊形及圓形的中空柱體，並比較其在各種不同條件下的“承受荷重能力”，發現：

- 一、在相同條件下，以圓柱的“承受荷重能力”最大。
- 二、使用“加強肋”可以增加“承受荷重能力”。

根據實驗結果，中空圓柱體具有“以最少材料承受最大負荷及容易製造的特性”，此外，利用“加強肋”亦可以增加結構強度及較實心柱體大幅節省材料，故常被應用在日常用品及工業產品的製作。

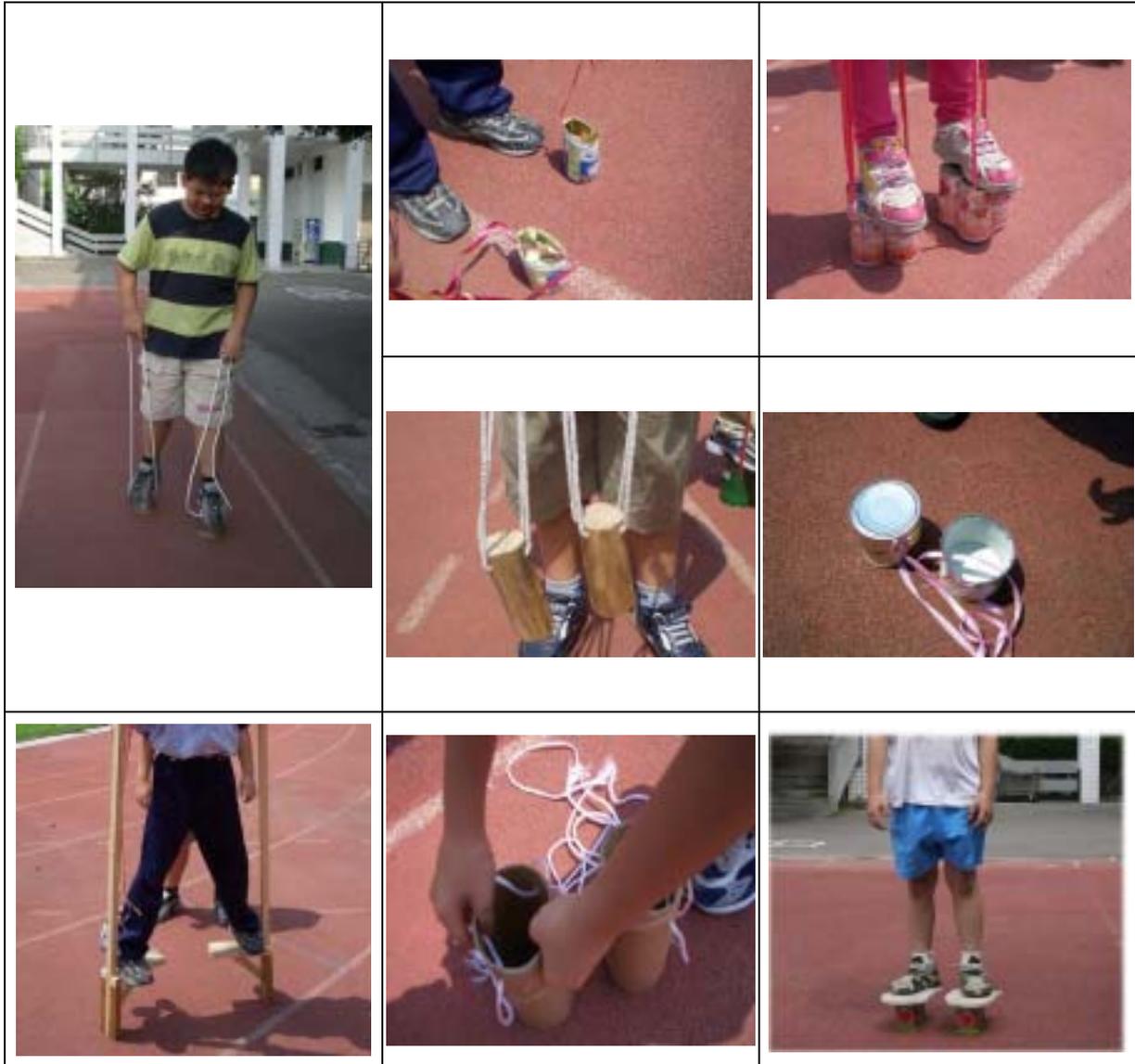


綠色圓圈處即是“加強肋”

用鋁擠型製作的測試台

貳. 研究動機

鄉土教學課時，老師讓我們玩踩高蹺遊戲，每個人製作的高蹺各有不同。用奶粉罐、汽水罐、保鮮盒....等各式各樣材料所做的高蹺，有的一踩就壞了，有的卻永不變形，讓我們感到奇妙的是一個小小的空心罐，竟然連本班的胖哥(73 公斤重)都踩不壞，到底原因在哪裡？經觀察發現小朋友製作的“罐子高蹺”跟數學課本上的“空心柱”非常類似，故希望能經由對空心柱的研究，探討出製作堅固耐用高蹺的方法。



參. 研究目的

- 一、找出各種空心柱的“承受荷重能力”和空心柱形狀的關連性。
- 二、如何增加空心柱的“承受荷重能力”。

肆. 研究設備及器材

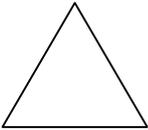
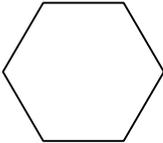
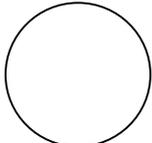
各種同材質但不同形狀的空心柱、秤、水桶，及有水龍頭裝置可控制出水量大小的水箱。



伍. 研究過程或方法

- 一、先對四年級同學作調查，看看在大家的直覺中，哪種空心柱的“承受荷重能力”最大。（調查結果，大部分同學覺得底面為正六邊形的空心柱“承受荷重能力”最大）

預測哪種空心柱（底面積、高度皆相同）的“承受荷重能力”最大

班級	人數	底面形狀			
					
4-1	4	2	8	16	
4-2	1	3	30	0	
4-3	0	0	7	26	
4-4	3	11	14	6	
4-5	0	5	23	4	
4-6	0	17	8	6	
4-7	1	3	23	5	
4-8	7	15	4	6	
4-9	0	14	2	16	
4-10	4	4	6	3	
合計	20	74	125	88	

二、以同材質不同顏色的粉彩紙製作各種不同的空心柱。

三、測量空心柱的“承受荷重能力”。

(一) 將空水桶放在空心柱上。

(二) 打開水龍頭(每次控制出水量皆一樣)將水慢慢注入水桶內。

(三) 水桶將空心柱壓壞時停止加水。

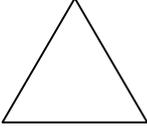
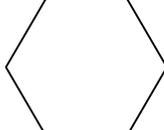
(四) 秤出水桶的重量。

(五) 紀錄數據。

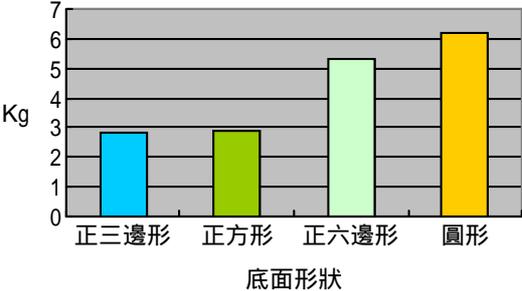
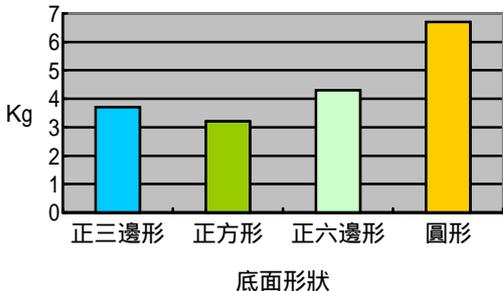
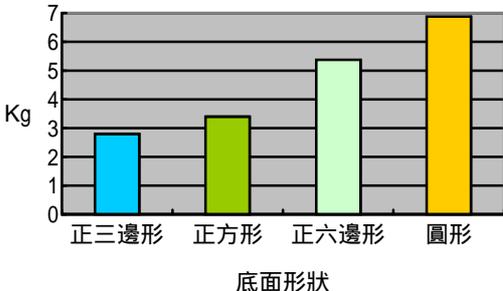
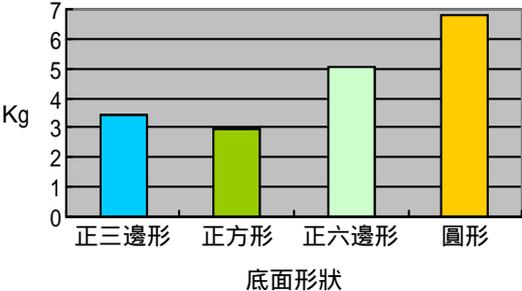
陸.研究結果

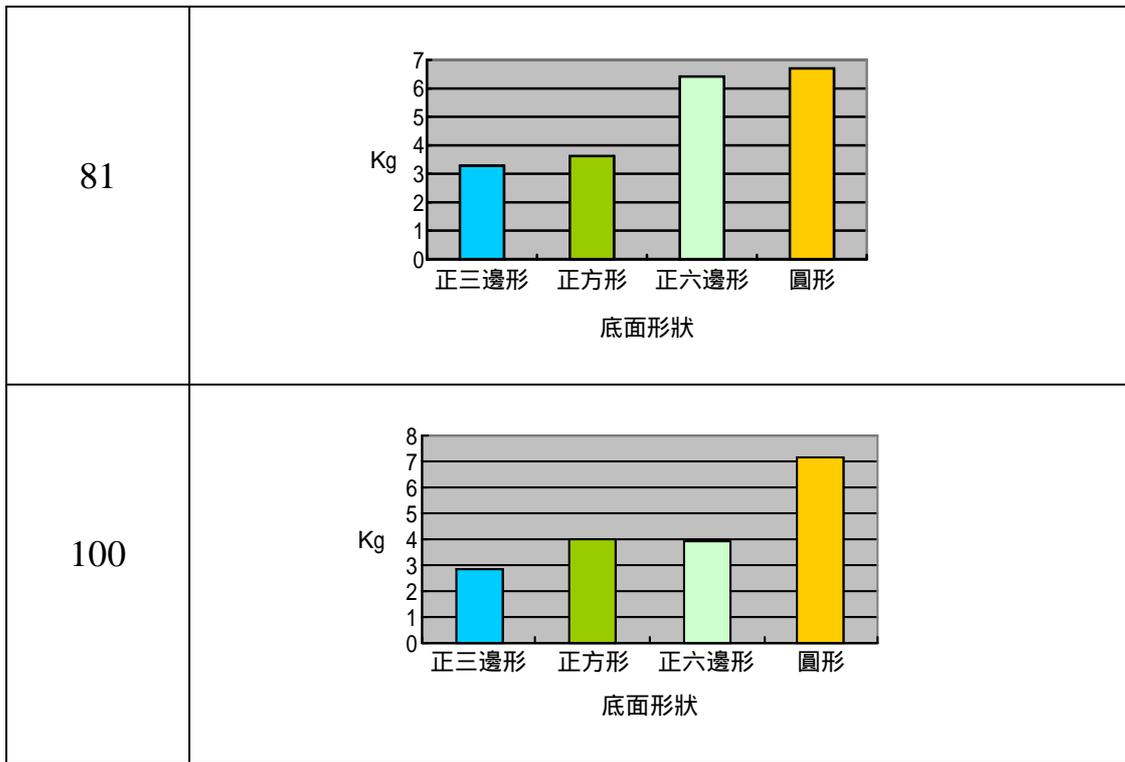
一、底面積、高度相同的空心柱的“承受荷重能力”

(一) 實驗結果統計表

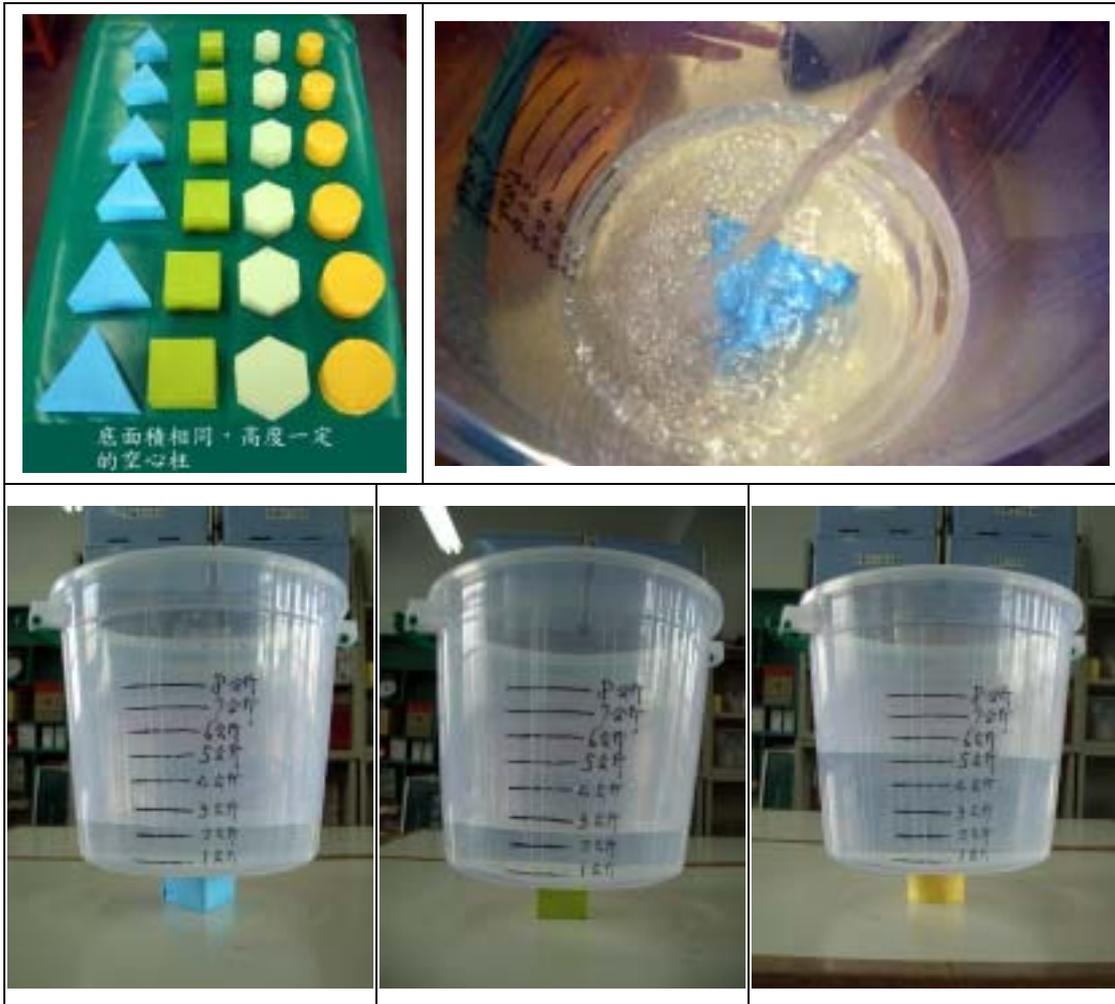
底面積 (cm ²)	實驗 次數	底面形狀			
		承受 荷重 能力 (kg)			
25	1	3	3.3	5.3	6.3
	2	2.9	2.7	5.4	6.4
	3	2.4	3.2	5.6	5.8
	4	2.6	2.6	5.2	6.2
	5	3.1	2.9	4.8	6.5
	平均	2.8	2.9	5.3	6.2
36	1	4	3.3	4.2	7
	2	4.2	3	3.5	7
	3	3.5	3.3	5	5.8
	4	3.5	3.4	4.6	6.3
	5	3.3	3.2	4.3	7.2
	平均	3.7	3.2	4.3	6.7
49	1	2.3	3.3	6.4	7
	2	2.3	3.5	4.5	6.7
	3	2.8	3.6	4.7	7
	4	3.4	3.4	6.1	6.5
	5	3.1	3.2	5.2	7.2
	平均	2.8	3.4	5.38	6.88
64	1	3.5	3.8	4.1	6.9
	2	3.5	2.8	4.9	7.9
	3	3.4	3.1	5.3	5.6
	4	3.4	2.5	5.9	6.5
	5	3.2	2.7	4.9	7.2
	平均	3.4	2.98	5.02	6.82
81	1	3.9	3.4	7.4	6.9
	2	3.8	4.8	6.1	6.2
	3	2.6	3.2	6.3	7.1
	4	2.9	3.6	5.9	6
	5	3.2	3.1	6.4	7.3
	平均	3.28	3.62	6.42	6.7
100	1	3.1	4.8	4	7.1
	2	3.1	3.8	4	7.1
	3	2.3	4.5	3.7	7.1
	4	2.7	3.3	3.8	7
	5	3.1	3.7	4.1	7.4
	平均	2.86	4.02	3.92	7.14

(二) 實驗結果統計圖

底面面積 (cm ²)	“承受荷重能力”的統計圖										
25	 <p>Kg</p> <p>底面形狀</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>底面形狀</th> <th>承受荷重能力 (Kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>正三邊形</td> <td>~2.8</td> </tr> <tr> <td>正方形</td> <td>~2.9</td> </tr> <tr> <td>正六邊形</td> <td>~5.3</td> </tr> <tr> <td>圓形</td> <td>~6.2</td> </tr> </tbody> </table>	底面形狀	承受荷重能力 (Kg)	正三邊形	~2.8	正方形	~2.9	正六邊形	~5.3	圓形	~6.2
底面形狀	承受荷重能力 (Kg)										
正三邊形	~2.8										
正方形	~2.9										
正六邊形	~5.3										
圓形	~6.2										
36	 <p>Kg</p> <p>底面形狀</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>底面形狀</th> <th>承受荷重能力 (Kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>正三邊形</td> <td>~3.7</td> </tr> <tr> <td>正方形</td> <td>~3.3</td> </tr> <tr> <td>正六邊形</td> <td>~4.2</td> </tr> <tr> <td>圓形</td> <td>~6.6</td> </tr> </tbody> </table>	底面形狀	承受荷重能力 (Kg)	正三邊形	~3.7	正方形	~3.3	正六邊形	~4.2	圓形	~6.6
底面形狀	承受荷重能力 (Kg)										
正三邊形	~3.7										
正方形	~3.3										
正六邊形	~4.2										
圓形	~6.6										
49	 <p>Kg</p> <p>底面形狀</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>底面形狀</th> <th>承受荷重能力 (Kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>正三邊形</td> <td>~2.8</td> </tr> <tr> <td>正方形</td> <td>~3.4</td> </tr> <tr> <td>正六邊形</td> <td>~5.3</td> </tr> <tr> <td>圓形</td> <td>~6.8</td> </tr> </tbody> </table>	底面形狀	承受荷重能力 (Kg)	正三邊形	~2.8	正方形	~3.4	正六邊形	~5.3	圓形	~6.8
底面形狀	承受荷重能力 (Kg)										
正三邊形	~2.8										
正方形	~3.4										
正六邊形	~5.3										
圓形	~6.8										
64	 <p>Kg</p> <p>底面形狀</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>底面形狀</th> <th>承受荷重能力 (Kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>正三邊形</td> <td>~3.5</td> </tr> <tr> <td>正方形</td> <td>~3.0</td> </tr> <tr> <td>正六邊形</td> <td>~5.0</td> </tr> <tr> <td>圓形</td> <td>~6.8</td> </tr> </tbody> </table>	底面形狀	承受荷重能力 (Kg)	正三邊形	~3.5	正方形	~3.0	正六邊形	~5.0	圓形	~6.8
底面形狀	承受荷重能力 (Kg)										
正三邊形	~3.5										
正方形	~3.0										
正六邊形	~5.0										
圓形	~6.8										

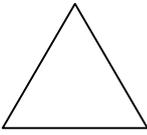
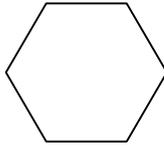


(三) 結論：底面積、高度相同的空心柱，以圓柱的“承受荷重能力”最大。

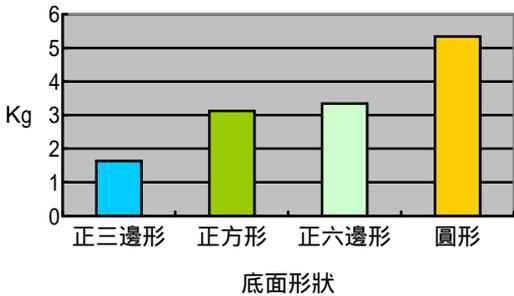
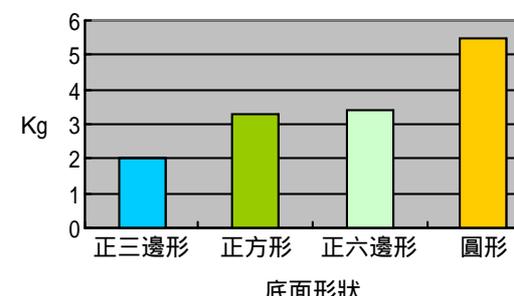
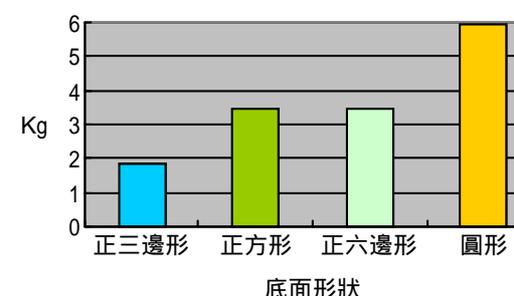
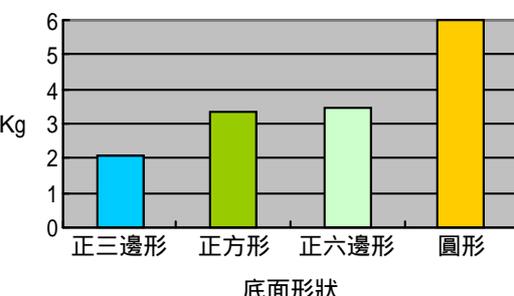


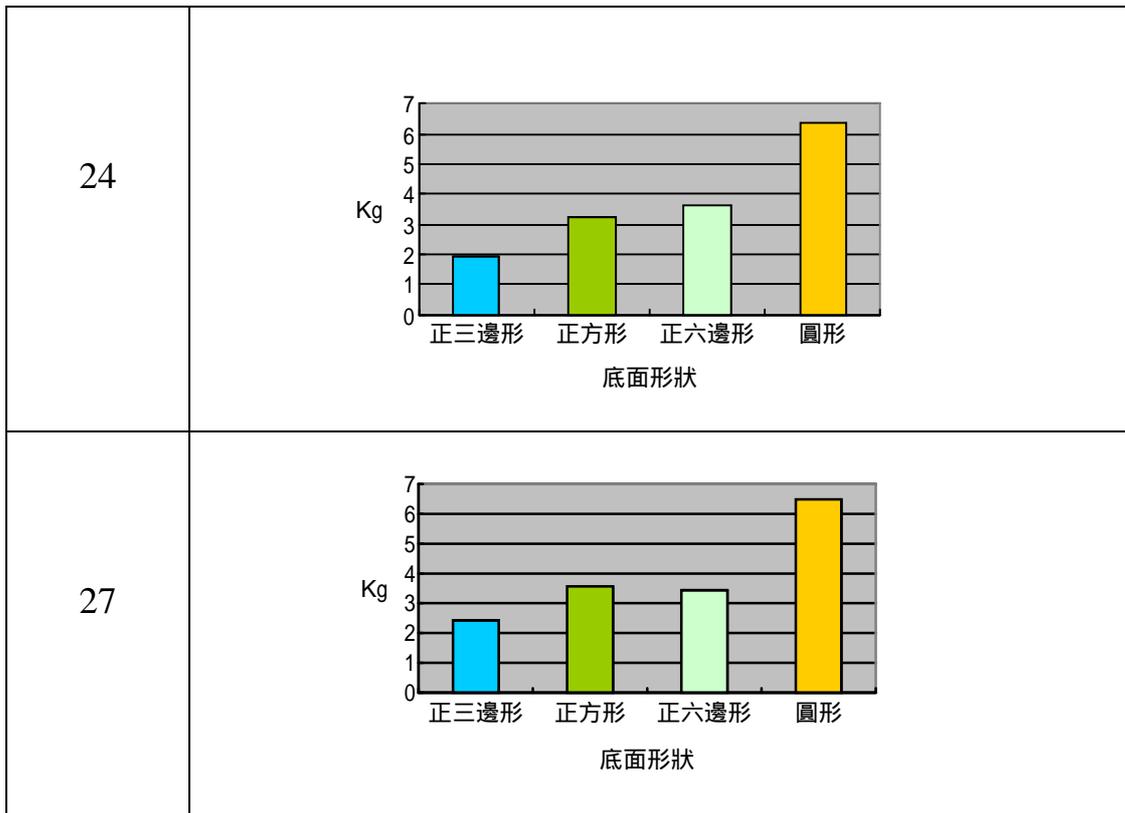
二、底面周長、高度相同的空心柱的“承受荷重能力”

(一) 實驗結果統計表

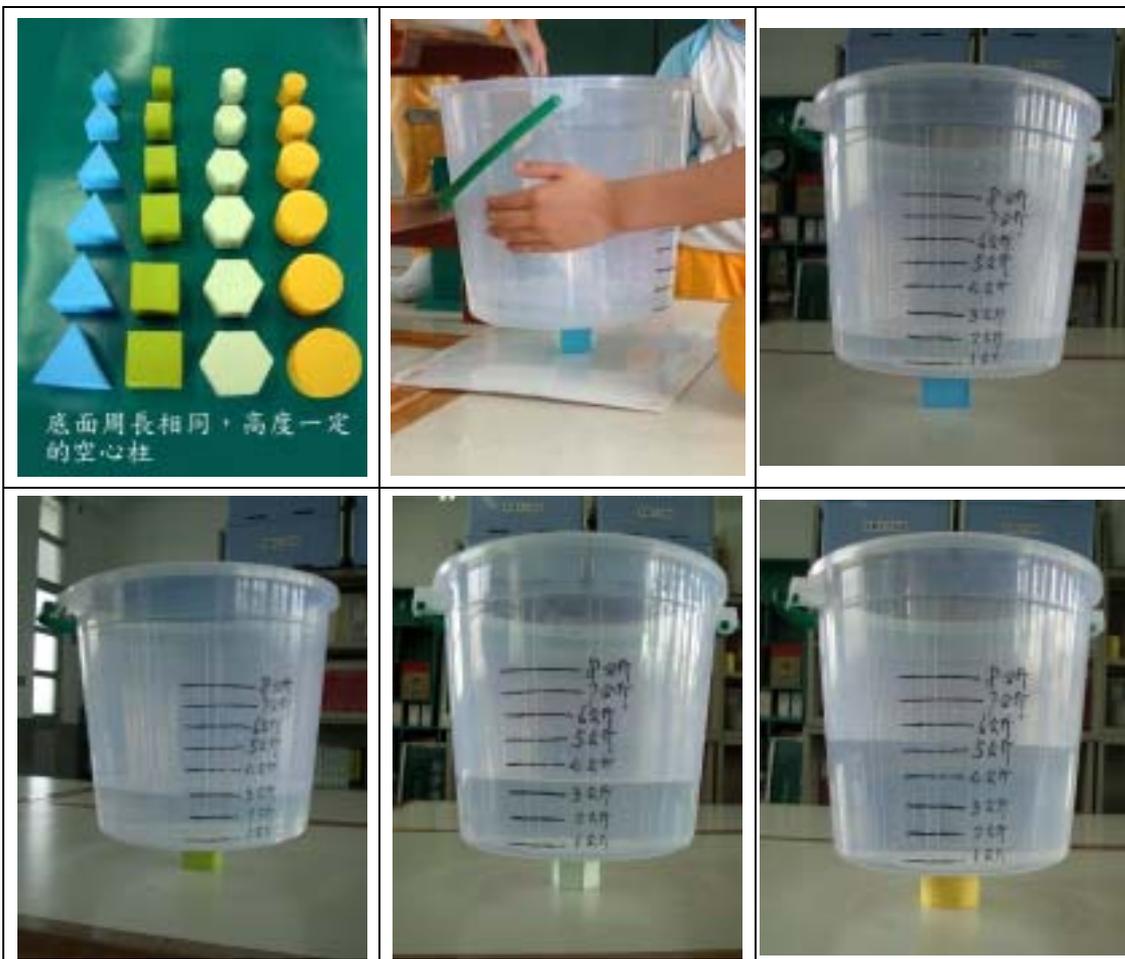
底面周長 (cm)	實驗次數	底面形狀			
		承受荷重能力 (kg)			
12	1	1.8	3.1	3.3	5.4
	2	1.5	3.2	3.5	5.8
	3	1.0	3.0	3.4	5.6
	4	2.3	3.2	3.2	4.7
	5	1.6	3.1	3.3	5.2
	平均	1.64	3.12	3.34	5.34
15	1	2.1	3.3	3.5	5.6
	2	1.7	3.2	3.4	5.8
	3	2.3	3.3	3.9	5.5
	4	1.8	3.4	3.0	5.3
	5	2.2	3.3	3.2	5.3
	平均	2.02	3.3	3.4	5.5
18	1	2.2	3.4	3.4	5.9
	2	2.0	3.3	3.5	6.3
	3	1.8	3.7	3.2	5.7
	4	1.7	3.3	3.6	5.8
	5	1.5	3.5	3.5	6.0
	平均	1.84	3.44	3.44	5.96
21	1	2.1	3.5	3.3	6.5
	2	2.2	3.2	3.2	5.2
	3	1.9	3.4	3.6	5.9
	4	2.1	3.2	3.5	6.1
	5	2.2	3.4	3.7	6.3
	平均	2.1	3.34	3.46	6
24	1	2.0	3.3	3.9	6.2
	2	1.9	3.2	3.3	5.7
	3	1.8	3.3	3.6	6.0
	4	1.9	3.1	3.5	6.8
	5	2.2	3.4	3.8	7.1
	平均	1.96	3.26	3.63	6.36
27	1	2.4	3.5	3.4	6.4
	2	2.2	3.6	4.1	6.9
	3	2.5	3.5	3.5	6.0
	4	2.6	3.5	3.0	6.8
	5	2.4	3.7	3.2	6.3
	平均	2.42	3.56	3.44	6.48

(二) 實驗結果統計圖

底面周長 (cm)	“承受荷重能力”的統計圖										
12	 <p>A bar chart showing the load capacity in Kg for four different base shapes: 正三邊形 (blue), 正方形 (green), 正六邊形 (light green), and 圓形 (yellow). The y-axis ranges from 0 to 6 Kg. The approximate values are: 正三邊形 (1.7 Kg), 正方形 (3.1 Kg), 正六邊形 (3.3 Kg), and 圓形 (5.3 Kg).</p> <table border="1"><thead><tr><th>底面形狀</th><th>承受荷重能力 (Kg)</th></tr></thead><tbody><tr><td>正三邊形</td><td>1.7</td></tr><tr><td>正方形</td><td>3.1</td></tr><tr><td>正六邊形</td><td>3.3</td></tr><tr><td>圓形</td><td>5.3</td></tr></tbody></table>	底面形狀	承受荷重能力 (Kg)	正三邊形	1.7	正方形	3.1	正六邊形	3.3	圓形	5.3
底面形狀	承受荷重能力 (Kg)										
正三邊形	1.7										
正方形	3.1										
正六邊形	3.3										
圓形	5.3										
15	 <p>A bar chart showing the load capacity in Kg for four different base shapes: 正三邊形 (blue), 正方形 (green), 正六邊形 (light green), and 圓形 (yellow). The y-axis ranges from 0 to 6 Kg. The approximate values are: 正三邊形 (2.0 Kg), 正方形 (3.3 Kg), 正六邊形 (3.4 Kg), and 圓形 (5.4 Kg).</p> <table border="1"><thead><tr><th>底面形狀</th><th>承受荷重能力 (Kg)</th></tr></thead><tbody><tr><td>正三邊形</td><td>2.0</td></tr><tr><td>正方形</td><td>3.3</td></tr><tr><td>正六邊形</td><td>3.4</td></tr><tr><td>圓形</td><td>5.4</td></tr></tbody></table>	底面形狀	承受荷重能力 (Kg)	正三邊形	2.0	正方形	3.3	正六邊形	3.4	圓形	5.4
底面形狀	承受荷重能力 (Kg)										
正三邊形	2.0										
正方形	3.3										
正六邊形	3.4										
圓形	5.4										
18	 <p>A bar chart showing the load capacity in Kg for four different base shapes: 正三邊形 (blue), 正方形 (green), 正六邊形 (light green), and 圓形 (yellow). The y-axis ranges from 0 to 6 Kg. The approximate values are: 正三邊形 (1.9 Kg), 正方形 (3.4 Kg), 正六邊形 (3.4 Kg), and 圓形 (5.9 Kg).</p> <table border="1"><thead><tr><th>底面形狀</th><th>承受荷重能力 (Kg)</th></tr></thead><tbody><tr><td>正三邊形</td><td>1.9</td></tr><tr><td>正方形</td><td>3.4</td></tr><tr><td>正六邊形</td><td>3.4</td></tr><tr><td>圓形</td><td>5.9</td></tr></tbody></table>	底面形狀	承受荷重能力 (Kg)	正三邊形	1.9	正方形	3.4	正六邊形	3.4	圓形	5.9
底面形狀	承受荷重能力 (Kg)										
正三邊形	1.9										
正方形	3.4										
正六邊形	3.4										
圓形	5.9										
21	 <p>A bar chart showing the load capacity in Kg for four different base shapes: 正三邊形 (blue), 正方形 (green), 正六邊形 (light green), and 圓形 (yellow). The y-axis ranges from 0 to 6 Kg. The approximate values are: 正三邊形 (2.1 Kg), 正方形 (3.3 Kg), 正六邊形 (3.4 Kg), and 圓形 (6.0 Kg).</p> <table border="1"><thead><tr><th>底面形狀</th><th>承受荷重能力 (Kg)</th></tr></thead><tbody><tr><td>正三邊形</td><td>2.1</td></tr><tr><td>正方形</td><td>3.3</td></tr><tr><td>正六邊形</td><td>3.4</td></tr><tr><td>圓形</td><td>6.0</td></tr></tbody></table>	底面形狀	承受荷重能力 (Kg)	正三邊形	2.1	正方形	3.3	正六邊形	3.4	圓形	6.0
底面形狀	承受荷重能力 (Kg)										
正三邊形	2.1										
正方形	3.3										
正六邊形	3.4										
圓形	6.0										

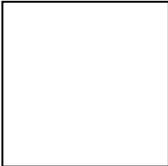


(三) 結論：底面周長、高度相同的空心柱，以圓柱的“承受荷重能力”最大。



三、底面積相同、高度不同的空心柱的“承受荷重能力”

(一) 實驗結果統計表

高度 (cm)	實驗 次 數	底面形狀	
		承受荷重 能力 (kg)	
2.5	1	7.2	6.9
	2	5.7	7.1
	3	5.7	5.5
	4	6.2	5.7
	5	5.9	6.3
	平均	6.14	6.3
5	1	5.2	6.7
	2	2.8	5
	3	4.2	5.2
	4	4.3	4.8
	5	4.7	5.3
	平均	4.24	5.4
7.5	1	3.7	5.9
	2	3.7	4.9
	3	4.6	4.8
	4	4.2	4.3
	5	4.1	4.6
	平均	4.06	4.9
10	1	4.1	5.6
	2	4	5.4
	3	3.8	3.2
	4	3.9	4.8
	5	4.2	4.5
	平均	4	4.7

(二) 實驗結果統計圖

底面形狀	“承受荷重能力”的統計圖										
正方形	<table border="1"> <caption>正方形底面承受荷重能力統計表</caption> <thead> <tr> <th>高度 (cm)</th> <th>承受荷重能力 (kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.5</td> <td>~6.2</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>~4.2</td> </tr> <tr> <td>7.5</td> <td>~4.1</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>~4.0</td> </tr> </tbody> </table>	高度 (cm)	承受荷重能力 (kg)	2.5	~6.2	5	~4.2	7.5	~4.1	10	~4.0
高度 (cm)	承受荷重能力 (kg)										
2.5	~6.2										
5	~4.2										
7.5	~4.1										
10	~4.0										
圓形	<table border="1"> <caption>圓形底面承受荷重能力統計表</caption> <thead> <tr> <th>高度 (cm)</th> <th>承受荷重能力 (kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.5</td> <td>~6.3</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>~5.4</td> </tr> <tr> <td>7.5</td> <td>~4.9</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>~4.7</td> </tr> </tbody> </table>	高度 (cm)	承受荷重能力 (kg)	2.5	~6.3	5	~5.4	7.5	~4.9	10	~4.7
高度 (cm)	承受荷重能力 (kg)										
2.5	~6.3										
5	~5.4										
7.5	~4.9										
10	~4.7										

(三) 結論：底面積相同之柱體，高度愈高，則“承受荷重能力”愈小。

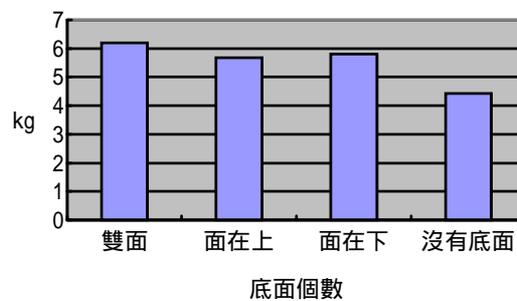


四、底面積、高度相同，底面個數與底面位置不同的空心柱的“承受荷重能力”

(一) 實驗結果統計表

底面個數 承受荷重能力 (kg) 實驗次數	雙面	一個底面 (面在上)	一個底面 (面在下)	沒有底面
1	6.4	5.8	6.2	4.4
2	5.8	5.3	5.9	5.4
3	6.6	6.1	5.6	3.7
4	6.5	5.5	5.8	4.2
5	5.7	5.7	5.5	4.5
平均	6.2	5.68	5.8	4.44

(二) 實驗結果統計圖

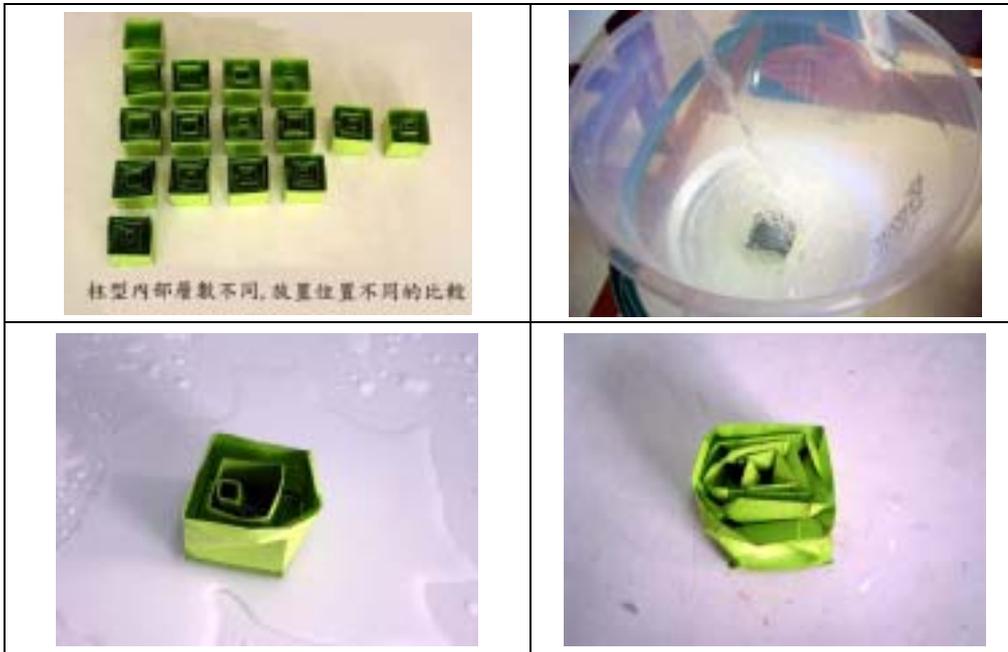


(三) 結論：兩個底面的柱形的“承受荷重能力”最大。



五、柱形內部層數不同、放置位置不同的“承受荷重能力”比較 (將柱形由外至內分成等距 5 層次，以 5.4.3.2.1 表示)

(一) 正方形底面



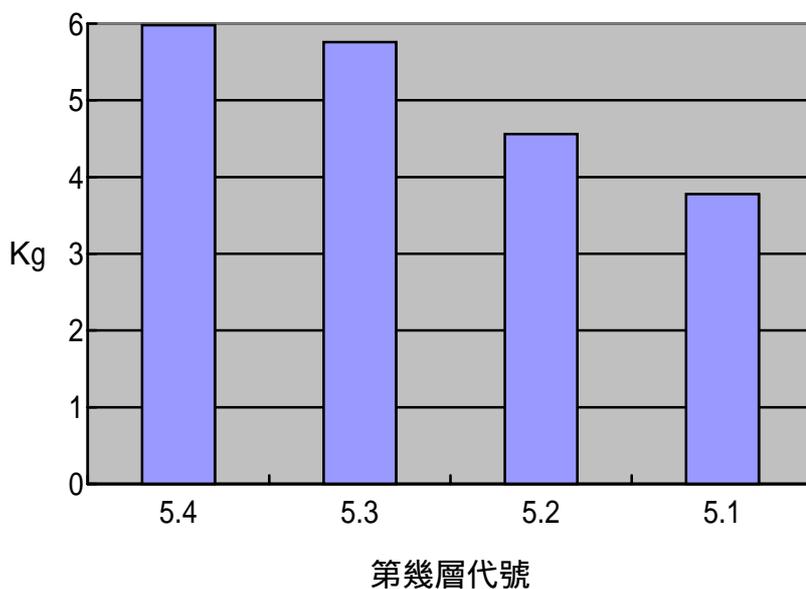
1. 柱形層數一層

實驗次數	第幾層代號	承受荷重能力 (kg)
		(5)
1		3.1
2		3.4
3		3.7
4		3.3
5		3.2
平均		3.34

2.柱形層數二層

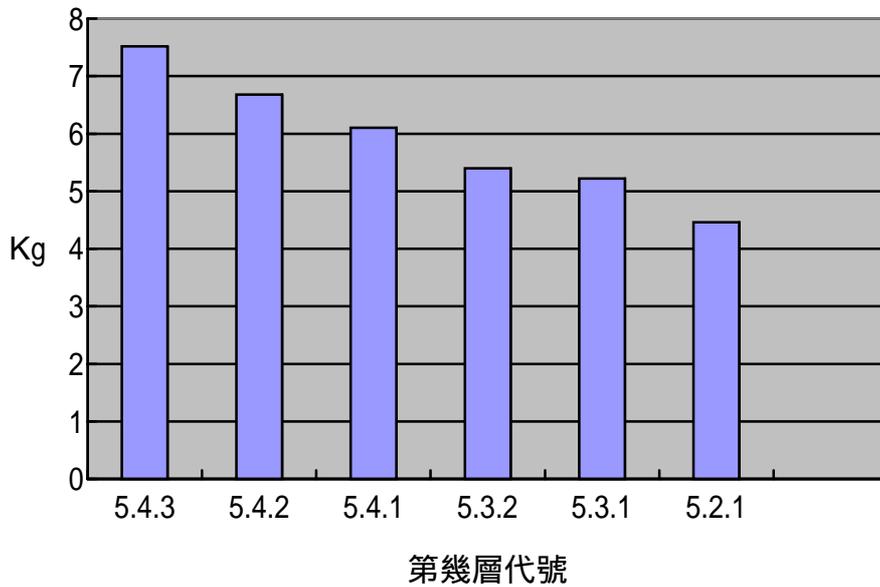
第幾層代號	承受荷重能力 (kg)		
	(5.4)	(5.3)	(5.2)
實驗次數			
1	7	5.9	4.5
2	5.6	5.8	4.8
3	5.4	5.7	4.4
4	6.1	5.6	4.5
5	5.8	5.8	4.6
			4.56

第幾層代號	承受荷重能力 (kg)
	(5.1)
實驗次數	
1	4.2
2	3.5
3	3.9
4	3.6
5	3.7
平均	3.78



3.柱形層數三層

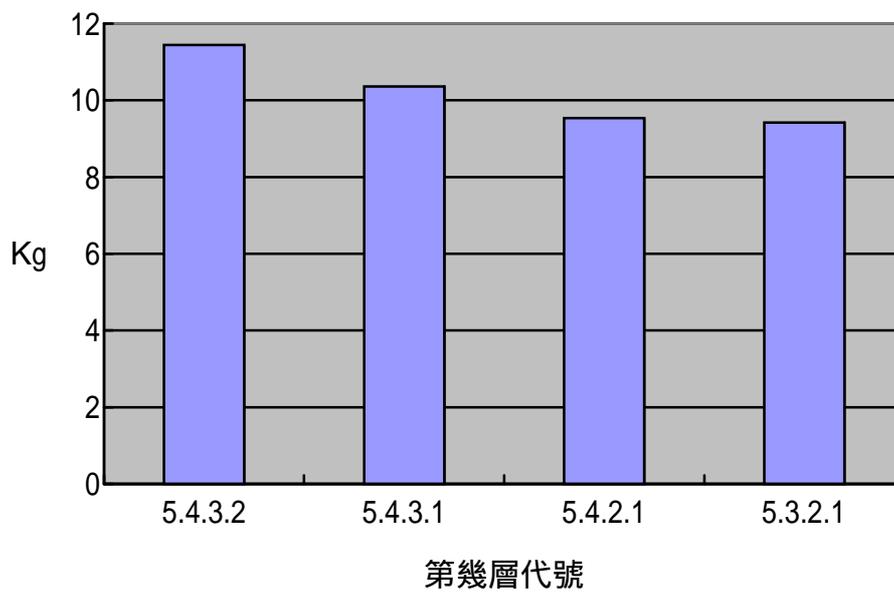
第幾層代號 承受荷重 能力 實驗次數 (kg)	第幾層代號		
	(5.4.3)	(5.4.2)	(5.4.1)
1	7.2	7	6.6
2	7.5	6.4	6.2
3	7.8	6.5	5.8
4	7.6	6.7	5.9
5	7.5	6.8	6.0
			6.1
第幾層代號 承受荷重 能力 實驗次數 (kg)	第幾層代號		
	(5.3.2)	(5.3.1)	(5.2.1)
1	5.1	5.2	4.7
2	5.2	5.7	4.6
3	5.9	4.9	4.1
4	5.3	5.3	4.5
5	5.5	5.0	4.4
平均	5.4	5.22	4.46



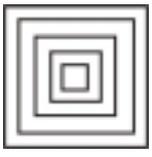
4.柱形層數四層

第幾層代號	承受荷重能力 (kg)		
	(5.4.3.2)	(5.4.3.1)	(5.4.2.1)
實驗次數 1	11.9	10.7	9.5
2	11.8	10.5	9.2
3	10.8	9.7	10
4	11.2	10.4	9.3
5	11.5	10.5	9.7
			9.54

第幾層代號	承受荷重能力 (kg)
	(5.3.2.1)
實驗次數 1	10.7
2	9.8
3	9.4
4	8.7
5	8.5
平均	9.42

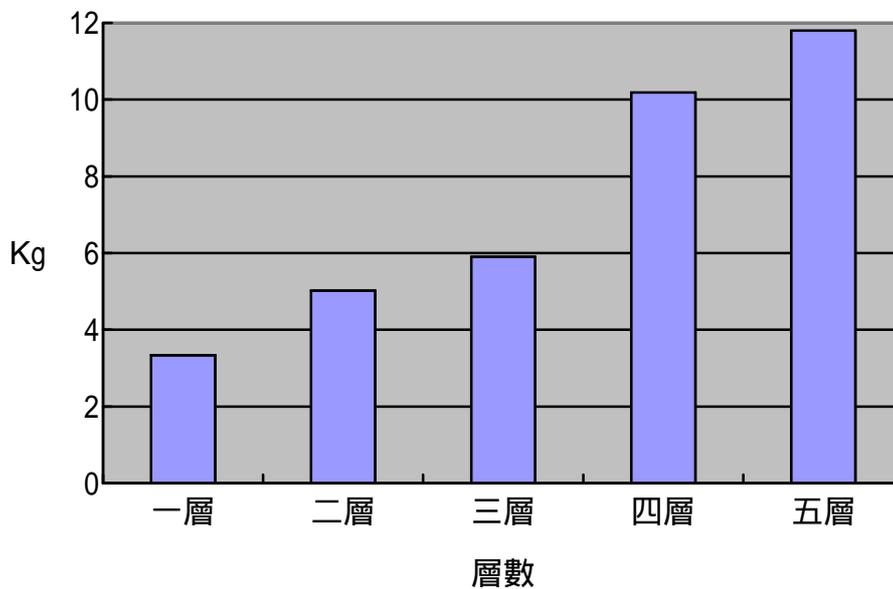


5.柱形層數五層

第幾層代號	承受荷重能力 (kg)	 (5.4.3.2.1)
1	11.9	
2	11.9	
3	12.1	
4	11.7	
5	11.8	
平均	11.88	

6.各層平均的“承受荷重能力”

層數	一層	二層	三層	四層	五層
平均承受荷重能力 (kg)	3.34	5.02	5.9	10.19	11.88



7.結論

- (1) 層數相同時，則放置位置若集中且靠外層，“承受荷重能力”愈大。
- (2) 內部愈多層，“承受荷重能力”愈大。

(二) 圓形底面



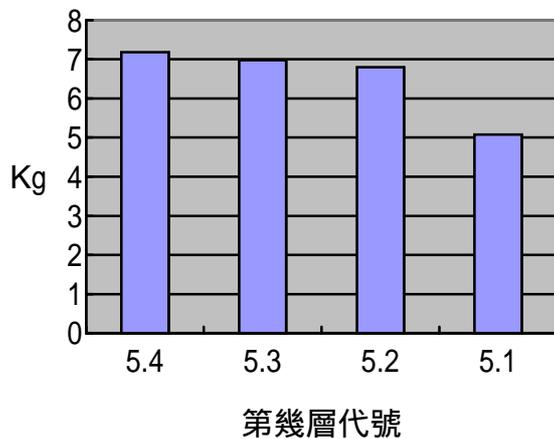
1. 柱形層數一層

第幾層代號	承受荷重能力 (kg)	實驗次數
(5)		
1	6.3	
2	6.1	
3	5.8	
4	5.5	
5	6.0	
平均	5.94	

2.柱形層數二層

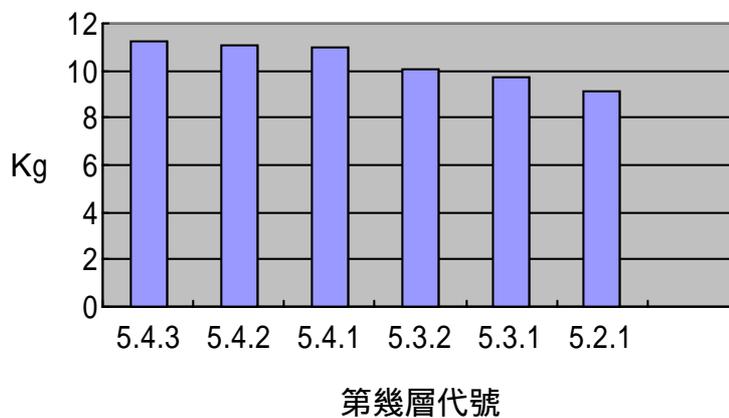
第幾層代號	承受荷重能力 (kg)		
	(5.4)	(5.3)	(5.2)
實驗次數 1	7.3	7.5	7.3
2	6.8	6.5	6.7
3	7.4	6.8	6.4
4	7.5	7.2	7.1
5	6.9	6.9	6.5
			6.8

第幾層代號	承受荷重能力 (kg)
	(5.1)
實驗次數 1	4.8
2	5.2
3	5.3
4	4.7
5	5.4
平均	5.08

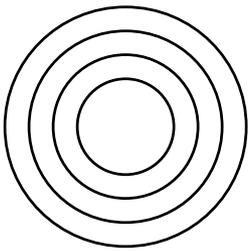
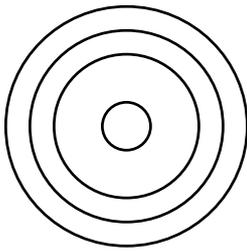
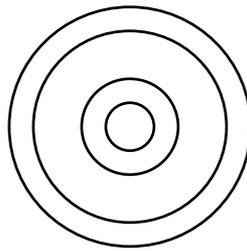


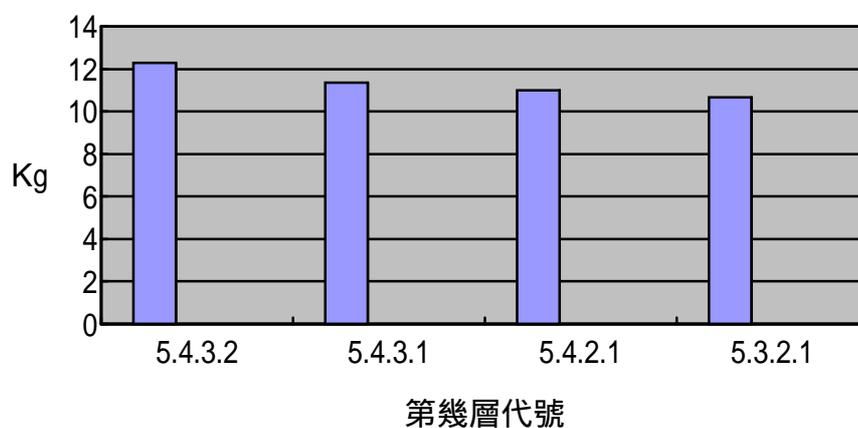
3.柱形層數三層

第幾層代號 承受荷重能力 實驗次數 (kg)			
	(5.4.3)	(5.4.2)	(5.4.1)
1	11.6	11.3	11.4
2	11.4	11.2	10.9
3	11.4	10.9	10.7
4	10.9	10.8	10.7
5	10.7	11.2	11.3
			11
第幾層代號 承受荷重能力 實驗次數 (kg)			
	(5.3.2)	(5.3.1)	(5.2.1)
1	9.3	9.1	9.5
2	10.8	10.4	9.2
3	10.2	8.9	8.5
4	9.9	10.2	8.9
5	10.1	9.9	9.5

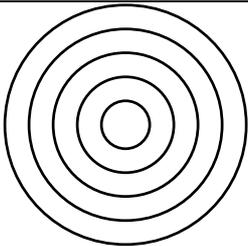


4.柱形層數四層

第幾層代號									
	承受荷重能力 (kg)	(5.4.3.2)	(5.4.3.1)	(5.4.2.1)	實驗次數	承受荷重能力 (kg)	(5.3.2.1)		
1	12.1	11.8	10.8	1	10.5				
2	12.5	10.5	10.9	2	11.2				
3	11.9	11.2	11.4	3	10.1				
4	12.7	11.9	11.2	4	10.7				
5	12.3	11.5	10.7	5	10.8				
			11						
				平均		10.66			

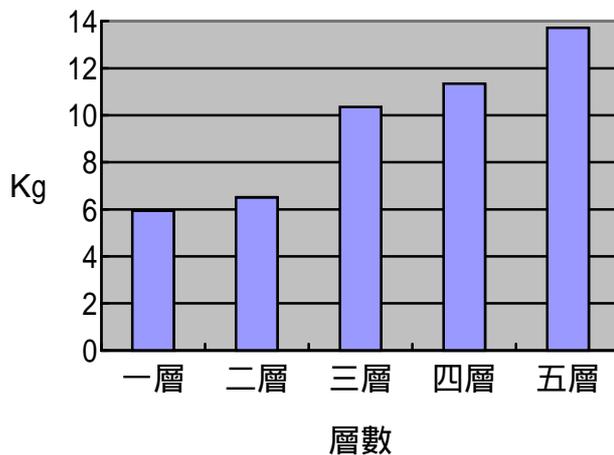


5.柱形層數五層

第幾層代號	
承受荷重能力 (kg)	
實驗次數	(5.4.3.2.1)
1	14.6
2	13.3
3	12.9
4	14.3
5	13.5
平均	13.72

6.各層平均的“承受荷重能力”

層數	一層	二層	三層	四層	五層
平均承受荷重能力 (kg)	5.94	6.51	10.36	11.34	13.72



7.結論

- (1) 層數相同時，則放置位置若集中且靠外層，“承受荷重能力”愈大。
- (2) 內部愈多層，“承受荷重能力”愈大。

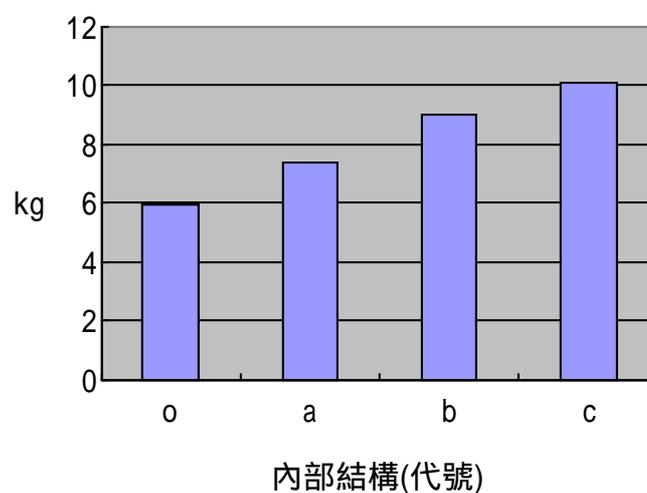
六、各種增加“加強肋”圓柱的“承受荷重能力”



(一) 實驗結果統計表

內部結構(代號)	(o)	(a)	(b)	(c)
承受荷重能力 實驗次數 (kg)				
1	6.3	7.4	8.7	10.2
2	6.1	6.8	9.4	9.6
3	5.8	7.9	8.8	10.5
4	5.5	7.5	9.2	10.4
5	6.0	7.1	8.7	9.8
平均	5.94	7.34	8.96	10.1

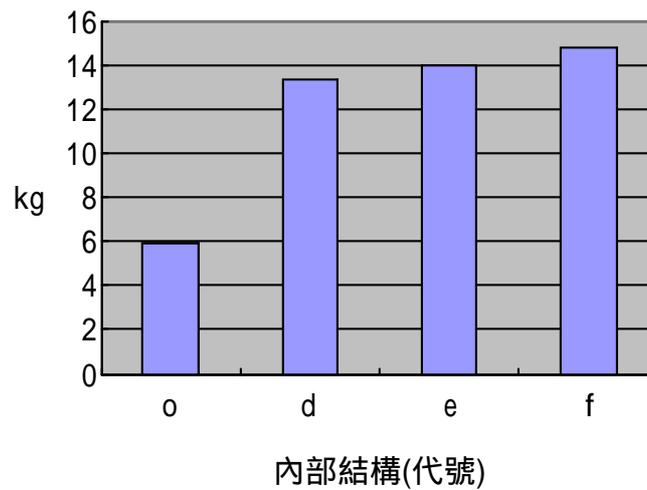
(二) 實驗結果統計圖



(三) 實驗結果統計表

內部結構(代號) 承受荷重能力 實驗次數 (kg)	(o)	(d)	(e)	(f)
1	6.3	13.4	13.5	14.7
2	6.1	14.3	14.2	15.2
3	5.8	12.7	13.2	13.8
4	5.5	13.5	14.5	15.6
5	6.0	12.9	14.6	14.4
平均	5.94	13.36	14	14.74

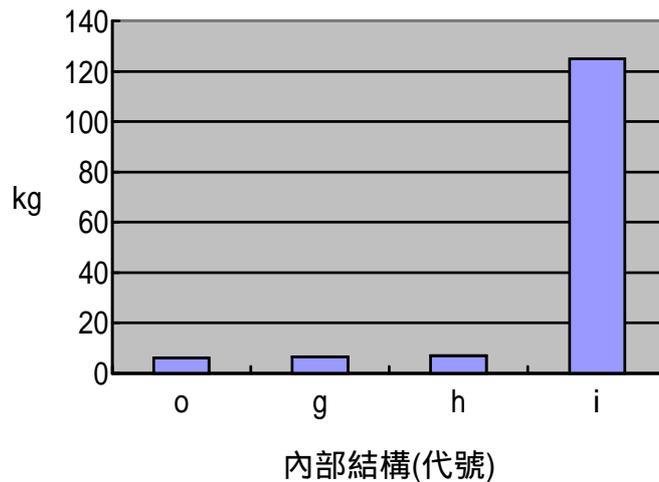
(四) 實驗結果統計圖



(五) 實驗結果統計表

內部結構(代號) 承受荷重能力 實驗次數 (kg)	(o)	(g)	(h)	(i)
1	6.3	6.8	5.7	> 125
2	6.1	7.2	6.9	> 125
3	5.8	5.9	6.9	> 125
4	5.5	6.4	7.4	> 125
5	6.0	6.5	7.5	> 125
平均	5.94	6.56	6.88	> 125

(六) 實驗結果統計圖



(七) 結論：在空心柱內部中增加些“加強肋”，都可以增加其“承受荷重能力”。當空心柱變成實心時，其“承受荷重能力”最大。（由於水桶的裝置不夠重，所以請本校最重的人站在實心柱上，結果實心柱也沒壞，因沒有更適合的重量可放，故只以 > 125 公斤表示）



柒.討論

- 一、在比較各種空心柱“承受荷重能力”時，我們用粉彩紙做了許多空心柱，但在製作過程中，做得是否精細、黏貼處使用白膠量的多寡、是否黏貼牢固，也是影響實驗結果的重要因素。
- 二、因倒水的速度與角度，是影響實驗結果的重要因素，故採用水龍頭控制出水量，以求水流速度與角度的一致性，來降低實驗誤差。
- 三、實驗時觀察到內部角度愈小的中空柱體，其“承受荷重能力”也愈差，例如正三邊形的角度為 60 度、正方形為 90 度、正六邊形為 120 度，而實驗結果，各種中空柱體的荷重能力依序為：正三邊形 < 正方形 < 正六邊形 < 圓形；實驗數據與傳統力學的理論 - 「在形狀急劇改變的物體，因為“應力集中”的現象，會使其承受負荷的能力也變差」的預測完全吻合。
- 四、實驗時也觀察到，在其他條件完全相同，只有高度不同的情況下，高度愈高則“承受荷重能力”也愈差，這實驗結果也和傳統力學的歐拉公式完全吻合。（歐拉公式： 假設 P 為臨界挫曲負載 (kg)， L 為柱的長度 (cm)， E 為縱向彈性係數 (kg/cm^2)， n 為關於柱兩端支承狀態之係數， 則

$$P = n\pi^2 \frac{EI}{L^2}$$

- 五、實驗時以中空圓柱內部增加“加強肋”確實可以增加許多“承受荷重能力”，但在實際工業應用上，中空圓柱很少使用“加強肋”來增加其強度，其原因如下：
 - 1.在一般負荷下的強度已足以滿足實際需求。
 - 2.在中空圓柱內增加“加強肋”不但較不容易製造，且會增加流體流動的阻力。
 - 3.考慮機台造型和接合的方便性，及接合面的平整度等因素，在工業界廣泛使用的鋁擠型，大都使用正方形或長方形的剖面，配合特殊造型的“加強肋”來增加結構強度及節省材料。

捌.結論

- 一、底面積、高度相同的空心柱，以圓柱的“承受荷重能力”最大。
- 二、底面周長、高度相同的空心柱，以圓柱的“承受荷重能力”最大。
- 三、底面積相同之柱體，高度愈高，則“承受荷重能力”愈小。
- 四、空心柱有無底面的“承受荷重能力”以有兩個底面的柱形“承受荷重能力”最大。
- 五、內部層數相同時，則放置位置若集中且靠外層，其“承受荷重能力”愈大。
- 六、空心柱內部愈多層，其“承受荷重能力”愈大。
- 七、在空心柱內部中增加“加強肋”，都可以增加其“承受荷重能力”。當空心柱變成實心時，所能“承受荷重能力”最大。

玖. 參考資料及其他

一、參考資料

1. 小栗富士雄、小栗達男，張兆豐 主編，『機械設計圖表便覽』，臺隆書店
2. 鍾皎光 主編，『機械工程師手冊』，中國機械工程學會編行
3. 東培公司鋁擠型產品型錄
4. 模冠公司鋁擠型產品型錄
5. T. C. Huang，『Engineering Mechanics』，淡江書局
6. Stephen P. Timoshenko & James M. Gere，『Mechanics of Materials』，歐亞書局

二、詢問專業人員

金屬工業研究發展中心 專案經理 許登朝

三、在生活中之應用

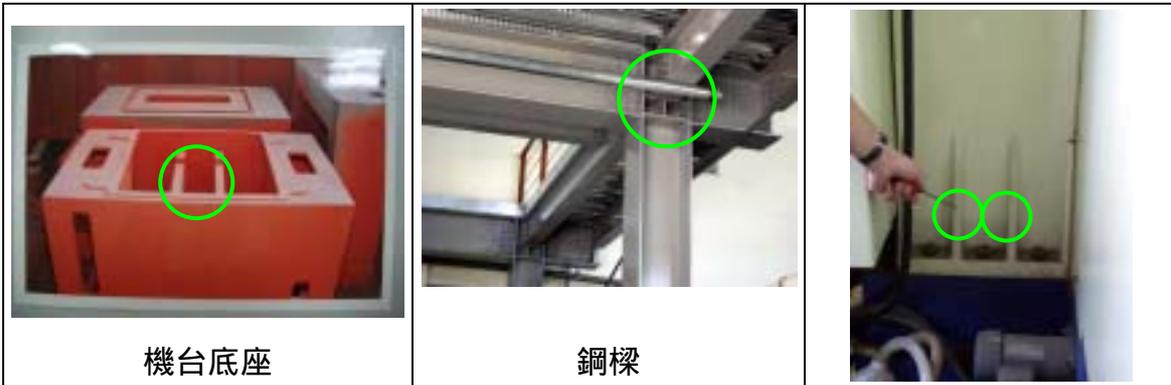
1. 日常生活中的牛奶罐、汽油桶、腳踏車的車架、水管、瓦斯管線及各種應用中空圓管生產的產品，都是應用中空圓柱體的好例子。



2.在工業應用上，輸送各種高低壓流體的管線，幾乎全是以中空圓管來製造，便是利用其能以最少材料承受最大負荷，及容易製造的特性。



3.參觀工廠後發現利用“加強肋”來增加結構強度的實例非常多，綠色圓圈處即為“加強肋”的應用。



機台底座

鋼樑

4.而在工業上應用極廣的鋁擠型（註）產品，便是利用特殊造型的“加強肋”來增加結構強度及節省材料。

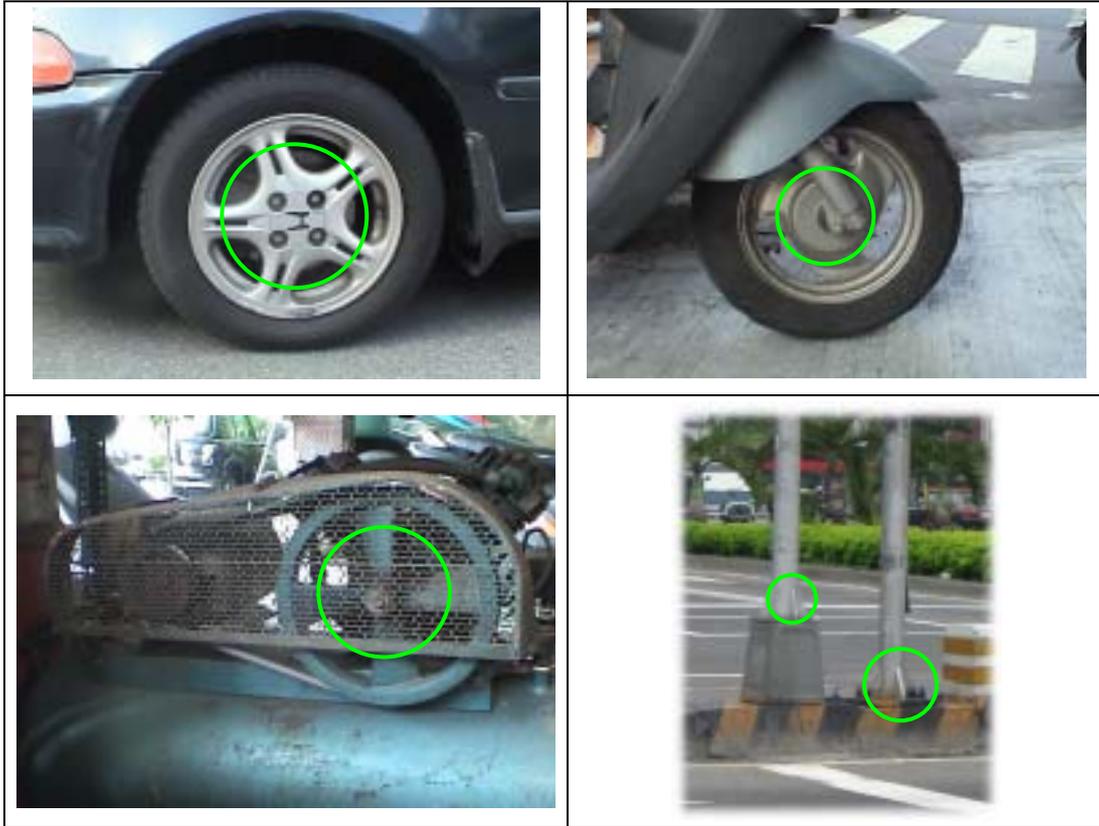


各種鋁擠型元件

鋁擠型元件剖面

用鋁擠型製作的測試台

5.此外“加強肋”也被廣泛應用在汽、機車輪圈、飛輪和工業產品的製造等。(綠色圓圈處即為“加強肋”的應用)



註：鋁擠型係一種用鋁合金製造的中空柱體，因其重量輕、外表美觀、組裝迅速、使用方便，故被廣泛使用在工業上機台骨架的製作。

評語

080818 國小組生活與應用科學科

四兩撥千斤

對主題觀察入微，動手實做細心，但若能增加不同參數的探討，將能成為一更佳的作品。