

# 那一種形狀的紙載重力大？

## 初小組物理科第二名

台北市雙蓮國民小學

作者：朱世春、李健豪

指導教師：曾梅菊、王玉美

### 一、研究動機

星期天兩位同學到我家來，一起做科學遊戲。他們拿兩個同樣的玻璃杯做橋座，上面鋪上一張紙，把錢幣擺在中間時，紙張承載不了，馬上塌了下去。又把紙摺成波浪型，擺在兩個杯口上，這時候把錢幣一個一個往上加，却能承載很多個錢幣而不塌。

我想，紙張既然能載重，那麼利用紙張做成各種形狀來做實驗，了解它的特徵一定是有趣的事，於是我們就做了這個有趣的實驗。

### 二、研究問題

- (一)平面紙和縐折紙，比一比那一種載重力大？
- (二)紙面長度大小相同，改變厚度時，載重力會有什麼變化？
- (三)不同長度和厚度的紙，載重力會有什麼變化？
- (四)使用大小相同紙張，組合成各種不同形狀的橋，那一種橋承載量最大？

### 三、實驗過程與方法

#### 實驗(一)

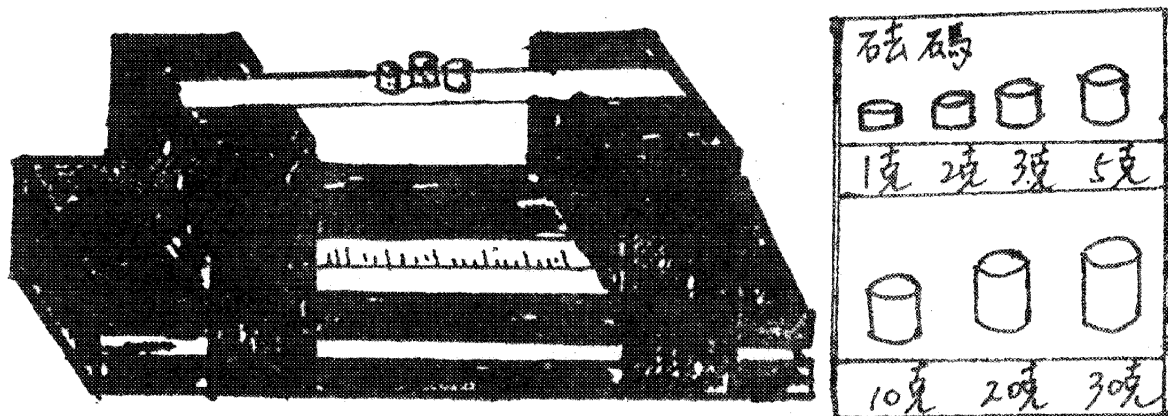
平面紙和縐折紙，比一比那一種載重力大？

#### 1. 實驗材料：

- (1)圖畫紙剪成長 30 公分，寬 6.5 公分，一張。
- (2)同樣圖畫紙，長 30 公分，寬 6.5 公分，各一張，摺成波浪型。

#### 2. 使用器具：

使用木材製作橋座如下圖：



圖(一) 重量與距離測定器

3. 實驗方法：

- (1) 紙張 30 公分作為橋（橋座與橋座之距離固定 30 公分）將紙放置在橋座兩端上面。
- (2) 紙面上的中心點放置砝碼，到紙面彎曲下落前的載重量加以測定並記錄。
- (3) 每一種紙各測定其載重量三次，加以記錄，並求出平均值。

4. 測量結果：

如下表(一)

平面紙和縐折紙載重量記錄表

(距離 30 公分)

(單位公克)

| 重量<br>次別 | 類別<br>號碼 | (距離 30 公分) |         |         |     |     |
|----------|----------|------------|---------|---------|-----|-----|
|          |          | 平面紙<br>1號  | 縐<br>2號 | 折<br>3號 | 4號  | 5號  |
| 1次       |          | 3          | 230     | 200     | 201 | 191 |
| 2次       |          | 3          | 300     | 350     | 200 | 191 |
| 3次       |          | 3          | 400     | 241     | 200 | 116 |
| 合計       |          | 9          | 930     | 791     | 601 | 498 |
| 平均值      |          | 3          | 310     | 263     | 200 | 166 |

由上表結果顯示：可知道兩橋座間的距離30公分，紙的長度大小相同時：

- (1)沒有改變形狀的平面紙（1號）載重力最差。較薄的平面，對外力的承載力小而產生彎曲形變。
- (2)縐折紙（波浪形狀，摺成二折）載重力量最強，（2號的最強）。

由此，我們了解，要防止材料的形變，就是在物體表面製造些縐折，能使其載重強度增加。

### 實驗(二)

紙面長度大小相同，變化厚度時，載重力會有什麼變化？

#### 1.實驗材料：

- (1)相同圖畫紙長30公分，寬6.8公分的紙條。
- (2)每張紙條，分別塗上漿糊相疊二張或三張、四張、五張、六張等改變不同厚度。

#### 2.使用器具：

重量與距離測定器、砝碼、金屬板（重100公克）。

#### 3.實驗方法：




- (1)橋長距離固定20公分。
- (2)紙張放置在橋座兩端上面，將金屬板（重100公克）壓在上方。
- (3)每一種不同厚度的紙條，各測定其載重量三次，加以記錄並求平均值。

#### 4.測量結果：如下表(二)

紙面長度大小相同，變化厚度時，載重量記錄表

(距離 20 公分)

(單位克)

| 重量<br>次數 | 張數<br>厚度  | 1   | 2   | 3   | 4   | 5    | 6    |
|----------|---|-----|-----|-----|-----|------|------|
| 1 次      |  | 75  | 130 | 165 | 225 | 400  | 550  |
| 2 次      |  | 76  | 129 | 141 | 268 | 400  | 570  |
| 3 次      |  | 65  | 114 | 160 | 275 | 350  | 560  |
| 合計       |   | 216 | 373 | 466 | 768 | 1150 | 1680 |
| 平均值      |   | 72  | 124 | 155 | 256 | 383  | 560  |

由上表(二)測量結果：可知道

- (1)橋座兩端上方，使用金屬板壓住時，載重量顯著增加。
- (2)只用一張紙條，兩端使用金屬板壓住時，載重力竟有72公克，其承载力比想像的還要強。
- (3)相疊六張的厚度（紙重22公克），距離20公分時，能承載560公克的重量。
- (4)由此可知，橋座兩端重物壓住時的力量和紙的載重量，關係極為密切。

### 實驗(三)

不同長度和厚度的紙，載重力會有什麼變化？

#### 1. 實驗材料：

- (1)圖畫紙剪成長30公分，寬6.5公分的紙條。
- (2)將紙條，分別塗上漿糊相疊成二張或三張、四張、五張、六張等不同厚度。

#### 2. 使用器具：

重量與距離測定器、砝碼。

#### 3. 實驗方法：

- (1)兩橋座間的距離，分別為30公分、25公分、20公分、15公分

等四種。

(2)依紙條的厚度，分爲 2 張、3 張、4 張、5 張、6 張，（長寬相同）

(3)測定方法：如上實驗(一)

各種不同長度及厚度紙條測量三次，加以記錄，並求平均值。

#### 4.測量結果：略

由實驗結果顯示可知道：

(1)長度一定時，紙條越厚載重力越強。承載重量超過厚度倍率以上。

(2)厚度一定時，橋座距離越長，承載重量越弱。減少承載重量在長度的倍率以上。

(3)厚度、長度的承載重量不成比例。

(4)由結果可了解，跨距（長度）不宜太長，否則垂直重力將易產生彎曲形變。

#### 實驗(四)

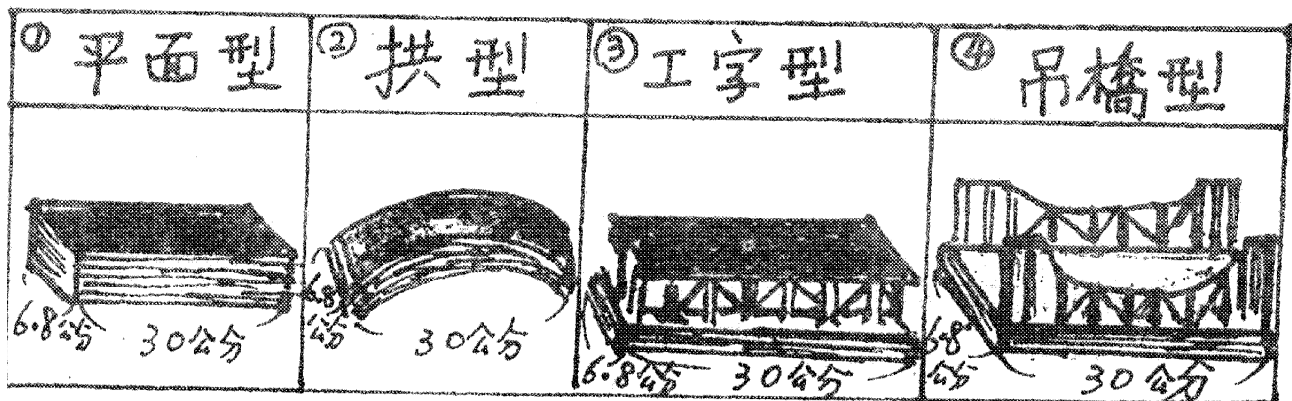
使用大小相同紙張，組合成各種不同形狀的橋，那一種橋承載量最大？

##### 1.實驗材料：

(1)使用圖畫紙一張（長 55 公分，寬 30 公分）截成長 30 公分，寬 6.8 公分的紙條 8 張。

(2)組合成下列四種不同形狀的橋，如下圖：

（橋長各 30 公分，寬 6.8 公分）



## 2. 使用器具：

重量與距離測定器、砝碼。

## 3. 實驗方法：

(1)將四種不同形狀的橋，分別放置在橋座上端，距離相同，中心點放置砝碼，各測量三次並加以記錄。

(2)觀察其形狀的變化情形。

## 4. 實驗結果：略

由結果顯示：

(1)使用相同大小紙張，做成「工字型」橋承載量最大。「拱型」次之。

(2)承載量最弱的是「吊橋型」。

(3)由此可知「工字型」能載重約 5.4 公斤。例如使用六張紙組合時，等於我站在橋上的重量，承載力多麼驚人。

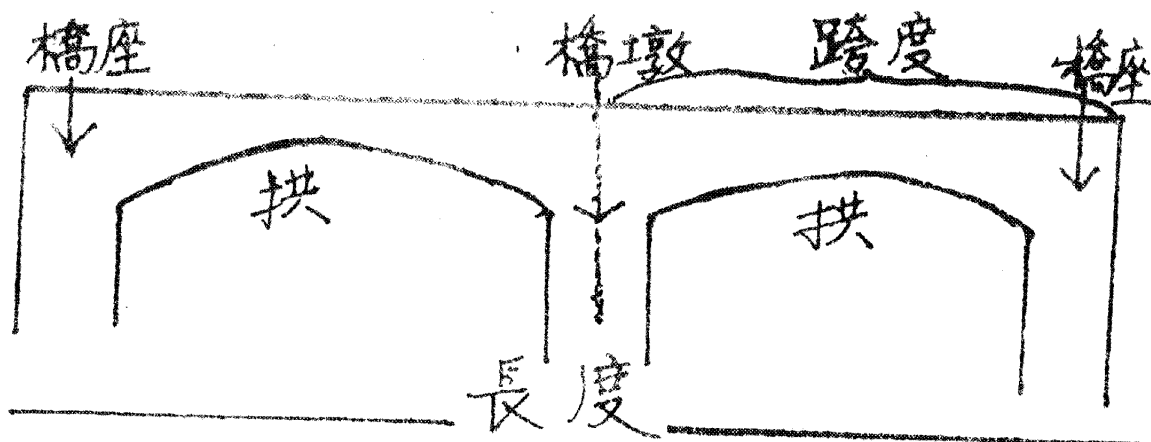
## 四、觀察本地近郊(台北)橋的觀察

### (一)觀察方法：

實際到本地近郊觀察橋的形狀、結構、特徵等並拍照作為研究之用。

### (二)觀察結果：歸納如下照片(略)

#### 1. 橋樑的結構如下：



- (1) 跨度——介於兩個橋墩或橋座間的部份。
  - (2) 橋座——在橋的兩端用以支撐或大樑的建造物。
  - (3) 拱——橋的主要結構，其跨度之處可通過障礙物。
  - (4) 橋墩——介於兩個拱或大樑之間的中間支撐。
  - (5) 長度——橋樑的總長，亦包括橋座。
2. 無論選擇何種型式的橋樑，其在水中或是地面的基礎一定要堅固。
  3. 選擇橋樑的型式，須根據許多因素，如：地形、跨距、寬度、水的深度、兩岸河底的土壤性質，是否有船隻需要在橋下行駛，交通工具的流量以及颱風、地震、洪水的侵襲等都能承受得起，其次是要美觀。
  4. 每種型式的橋樑都有其特定的功能。
  5. 橋樑的建築依場所、大小、長度、地形等因素而選擇適當的形狀。
  6. 高地形或河裏太深，水流太急，不易做橋墩的地方，使用「吊橋」。
  7. 低地形容易做橋墩的地方，使用樑橋比較多。

## 五、綜合討論

- (一) 實驗(一) 平面紙載重力小；縐折紙載重力強。由此了解要防止材料的形變在物體表面製造些縐折，能使其載重強度增加。
- (二) 實驗(二) 橋座兩端加重物壓住時，載重力更大。
- (三) 實驗(三) 跨距越短，紙張越厚，承載量越大。
- (四) 實驗(四) 「工字型」橋承載量最大。平均值 5.426 公斤。
- (五) 觀察橋樑的建築依場所、大小、長度、地形、土壤、氣候、地震、洪水等因素而選擇適當的型式，而每種型式的橋樑都有其特定的功能。  
一張圖畫紙的承載力，料想不到會有這麼大，尤其改變形狀組合的載重力更是驚人。

評語：本研究對平面紙張，折紙在長度、厚度變化下之載重，闡明甚詳；且對不同幣張，加裝不同拱架加固的情況，有所分析。基於對拱架之分析，頗具見地亦尚屬新穎，本項研究，值得獎勵。