

# 中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 生活與應用科學科

佳作

030817

天不搖，地不動

—非牛頓流體在建築結構抗震之應用

學校名稱：彰化縣立陽明國民中學

|                                   |                     |
|-----------------------------------|---------------------|
| 作者：<br>國二 劉冠澤<br>國二 柯維恆<br>國二 柯維恩 | 指導老師：<br>蔡名峯<br>江政諳 |
|-----------------------------------|---------------------|

關鍵詞：非牛頓流體、抗震

## 摘要

由於非牛頓流體可能可以降低地震災害，故本組著手探討它的抗震應用。實驗(二)中的自製黏滯力測定儀，以自製磁浮軸承來降低摩擦力，並用光電式計時器測出黏滯力。可發現流體的黏滯力最大的為麥芽糖，最小的是食用油。實驗(四)所用的自製撞擊製震器是用斜坡上的滑車撞擊承載流體的滑車，以高速攝影機拍攝流體中的柱子的搖晃頻率，再分格分析影片。在實驗(五)中自製地震模擬器的移動平台是用輪胎驅動，且加上抽屜滑軌使其能左右晃動，並用網路攝影機由上拍攝，觀測平台上紅點的路徑，判斷對建築的破壞程度。經由自製地震模擬器的實驗結果，得知麥芽糖的避震效果最佳，玉米粉液次之，可以做為未來在抗震設計時的參考與應用。

## 壹、研究動機

本組在報紙、電視上看到以前 921 大地震悲慘的情況，許多房屋外部滿是裂痕，更有許多高樓大廈被地震摧毀的不是搖搖欲墜，就是倒塌了。在這突如其來的大地震中，受到最嚴重的波及就是人民，看到自己的家人、財產、所有努力得來的成果全部付諸一炬，對這無法改變的事實既是憤怒、又是恐懼。最近，日本發生那麼大的地震，一副副慘不忍睹的景象，就如人間地獄般，最可怕的是，引來了全世紀最大的海嘯。本組看到眼前的這些災民發生這種災難，心生戚戚之感。故本組努力嘗試看是否能找到降低地震災害的方法，應用於建築物上，對社會有貢獻。在找題材的過程中，本組發現非牛頓流體可能可以降低地震災害，所以本組著手進行探討非牛頓流體抗震的應用。

## 貳、研究目的

- 一、探討玉米粉、太白粉、地瓜粉和水的質量比為 20%、40%、60%、80%時，其阻抗力的差別。
- 二、利用自製黏滯力測定儀，比較各種流體的黏滯力大小。
- 三、探討用單根熱熔膠置入膨性流體中測試其避震能力。
- 四、利用自製撞擊製震器，探討流體避震的能力。
- 五、用自製地震模擬器檢測非牛頓流體避震的加速度，找出較佳的非牛頓流體。

## 參、研究設備與器材

### 一、研究器材

| 項目                    | 數量   | 項目         | 數量  |
|-----------------------|------|------------|-----|
| (圖一) 1.5x1.5 粗木頭 25cm | 16 支 | (圖六)螺絲起子   | 1 支 |
| (圖二) 1.5x1.5 粗木頭 65cm | 4 支  | (圖七)電鑽     | 1 支 |
| (圖三)天秤                | 1 個  | (圖八)螺絲     | 數支  |
| (圖四)彈簧秤               | 數種   | (圖九)光電式計時器 | 1 個 |
| (圖五)電子天秤              | 1 個  |            |     |

|   |   |  |   |
|---|---|--|---|
|   |   |   |   |
| (圖一)1.5x1.5x25(cm)<br>粗木頭   | (圖二)1.5x1.5x65(cm)<br>粗木頭   | (圖三)天秤   | (圖四)彈簧秤   |
|  |  |  |  |
| (圖五)電子天秤  | (圖六)螺絲起子  | (圖七)電鑽   | (圖八)螺絲  |
|  |   |  |   |
| (圖九)光電式計時器  |   |  |   |

## 二、實驗材料

| 項目       | 數量 | 項目       | 數量  |
|----------|----|----------|-----|
| (圖十)蒸餾水  | 數罐 | (圖十五)食用油 | 1 罐 |
| (圖十一)玉米粉 | 數包 | (圖十六)甘油  | 2 瓶 |
| (圖十二)太白粉 | 數包 | (圖十七)機油  | 1 瓶 |
| (圖十三)地瓜粉 | 數包 | (圖十八)麥芽糖 | 2 罐 |
| (圖十四)糯米粉 | 數包 |          |     |



(圖十)蒸餾水



(圖十一)玉米粉



(圖十二)太白粉



(圖十三)地瓜粉



(圖十四)糯米粉



(圖十五)食用油



(圖十六)甘油



(圖十七)機油



(圖十八)麥芽糖

### 三、自製儀器

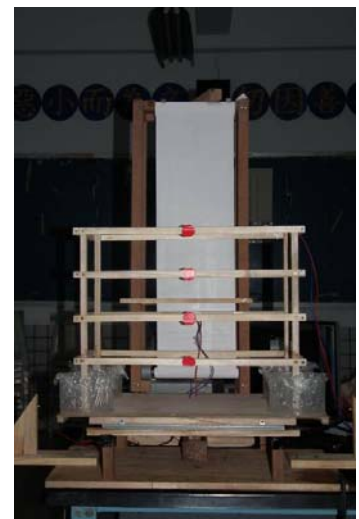
| 項目            | 數量  |
|---------------|-----|
| (圖十九)自製黏滯力制定儀 | 1 個 |
| (圖二十)自製撞擊製震器  | 1 個 |
| (圖二十一)自製地震模擬器 | 1 個 |



(圖十九)  
自製黏滯力測定儀



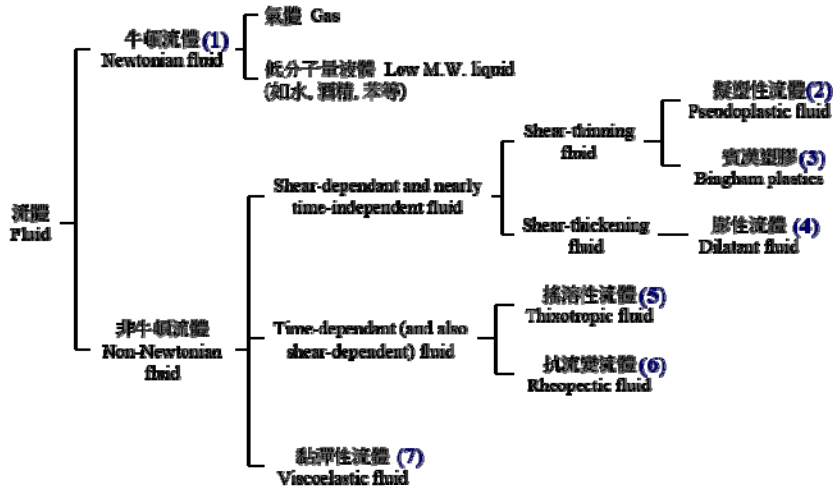
(圖二十)  
自製撞擊製震器



(圖二十一)  
自製地震模擬器

## 肆、應用理論

### 一、流體分類：



#### 分類(一)：牛頓流體 (Newtonian fluid)

流變行為符合牛頓黏度定律  $\tau = -\mu \frac{dv_x}{dy}$  之流體，所施加的力對速度梯度呈**正比關係**，例如所有的氣體，以及低分子量液體，如**水、酒精、甲醇、苯**等。而牛頓流體只佔所有流體中極小部份。

#### 分類(二)：非牛頓流體 (Non-Newtonian fluid)

非牛頓流體可以幫助我們了解物質世界裡存在的流體廣泛的變化。**可塑性固體、膨性流體、黏滯性流體、時間相關黏滯性流體**表現出在剪應力與黏滯力和摩擦力之間既複雜又違反直覺的關係。

一個**剪切稠化非牛頓流體**實際的應用，有可能在未來應用在身體的保護層。當未遭受攻擊時，這些流體通常有彈性，他們允許士兵能自由移動，但如果遇到槍擊，它們能非常的快速變成堅硬的盔甲，更多研究是必須看到非牛頓流體是否適宜的應用在軍事上，但是直到那時候，還有很多值得去探討。

## 伍、研究過程及方法

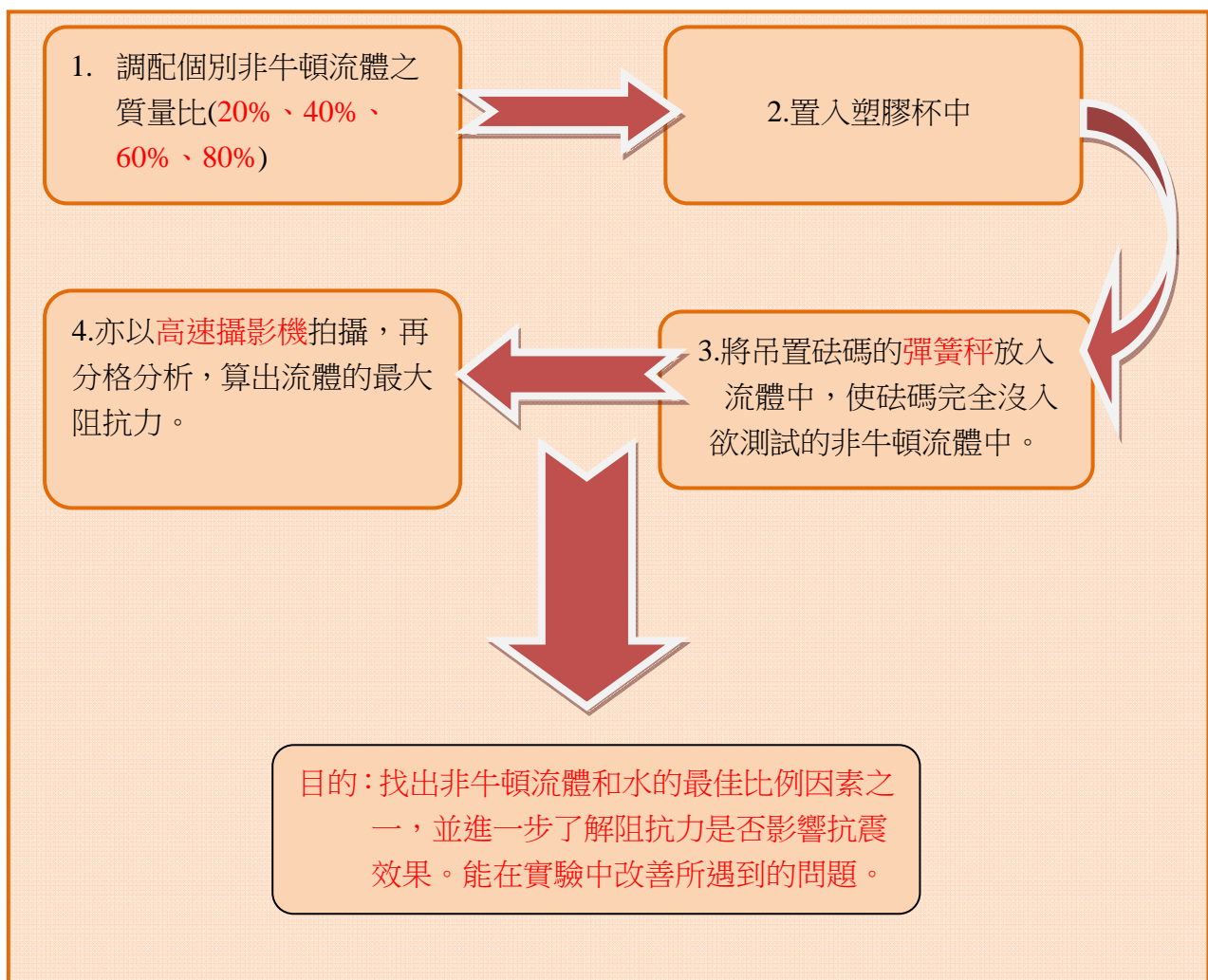
### 一、研究步驟

(一)、探討玉米粉、太白粉、地瓜粉與水混合液質量比為 20%、40%、60%、80% 的最大阻抗力效果。

上述的研究目的是為了印證網路上所寫的體積比 5:2 是否正確，作為本組實驗時膨性流體的標準。本組發現到膨性流體的比例到底是要依照體積比或質量比。為了解決這個問題，本組先調配體積比的溶液來測試，但後來發現粉之間有空隙，故捨棄體積比，改使用質量比來測試並進行實驗。而在各粉類與水質量比的測試上，本實驗分別以 20%、40%、60%、80% 的質量比來測試，比較其效果。

(註)：本組盡量在短時間完成整個實驗，以免環境溫度、濕度產生變化

### 本實驗之流程圖



## (二)利用自製黏滯力測定儀，探討各種流體的黏滯力大小

材料：不同的非牛頓流體、木板、木頭、螺絲、壓克力管、壓克力圓板、光碟片

設備：燒杯、量筒、電子天平、玻棒、盆子(裝液體用)

利用以上的材料來自製黏滯力測定儀，測試各種非牛頓流體。

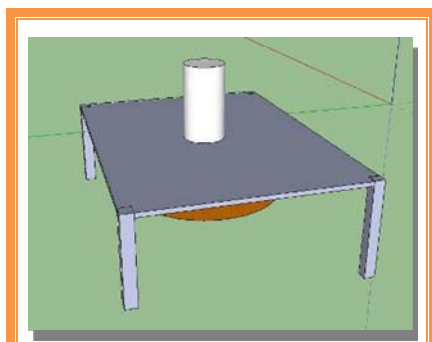
以下是測試非牛頓流體黏滯力的實驗步驟：

- 1.調配個別非牛頓流體之濃度(20%、40%、60%、80%)
- 2.將非牛頓流體分別依次置入盆子中，再把盆子放置在自製黏滯力測定儀的圓盤下。
- 3.調好預測準備測量各種非牛頓流體的步驟。
- 4.將不同的實驗結果記錄在紙張。
- 5.使利用光電式計時器測量出數據，並將其記錄於實驗日誌中。

(註)：溫度控制在 25°C，且濕度皆相等。

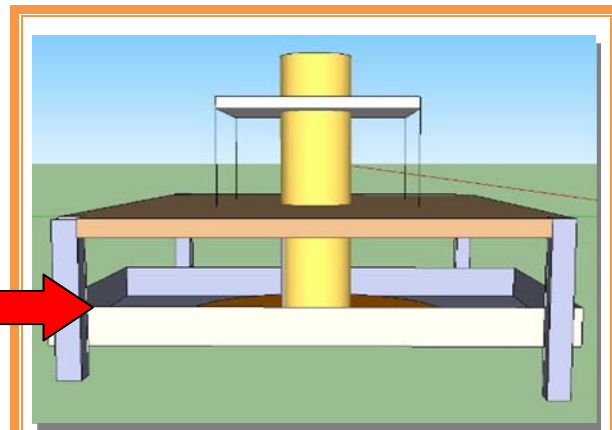
### 自製黏滯力儀器測定儀的組裝示意圖

#### 〈第一代〉



(圖二十二)

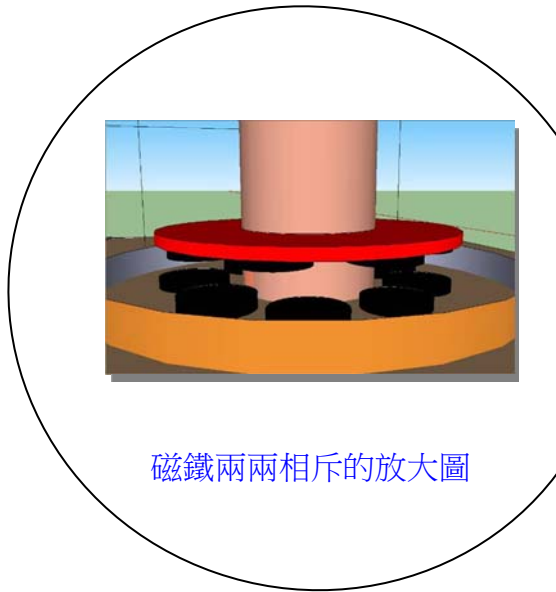
步驟一：先製作基本骨架，並在 0.5cm 厚的木板中央鑽一個半徑約 1.5cm 長的圓孔，在放入長約 50cm 的塑膠管，底部黏一片 CD。



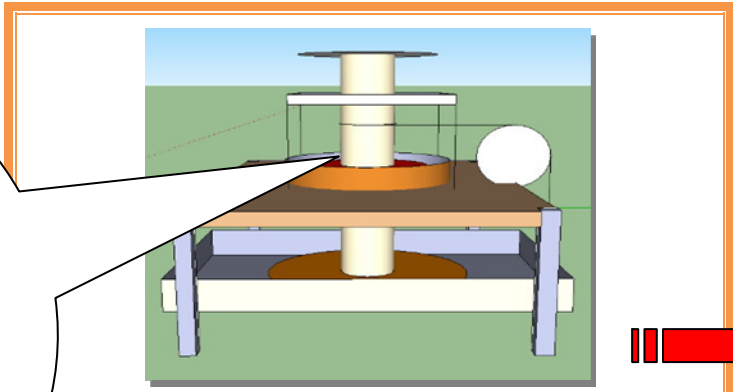
(圖二十三)

步驟二：裝上固定架和將要放置非牛頓流體的盛裝器皿。



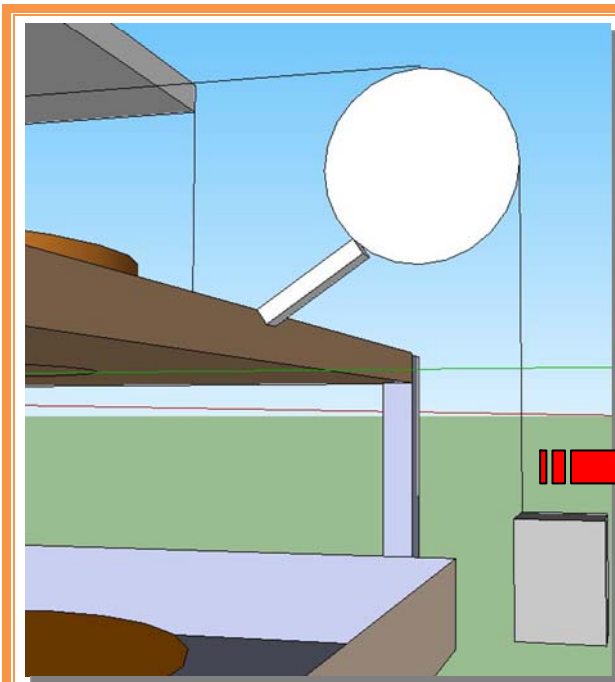


磁鐵兩兩相斥的放大圖



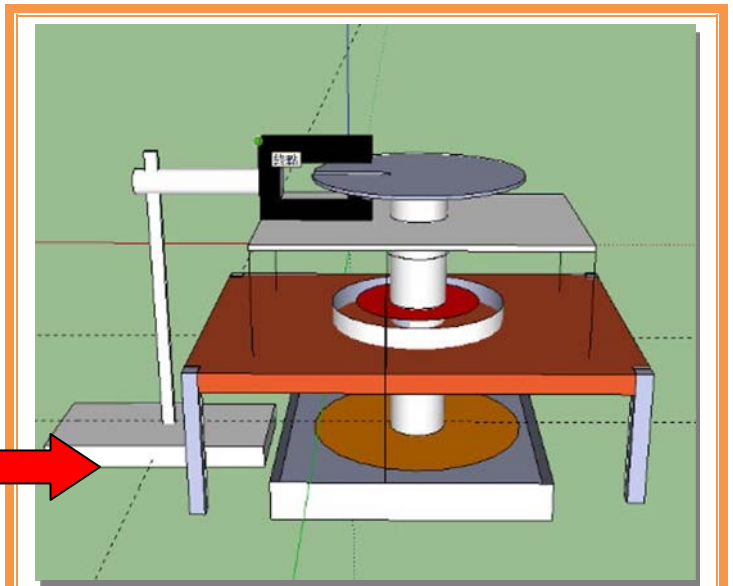
(圖二十四)

步驟三：把光碟片黏貼在塑膠管頂端，再把光碟盒黏貼在木板上，使塑膠管剛好穿過光碟盒和中間光碟片的中央，在中間光碟片和光碟盒之間黏貼兩兩相斥的磁鐵，使光碟片不至於與光碟盒碰觸。



(圖二十五)

步驟四：在定滑輪的地方掛上不同重量的砝碼數，分別以 100 克重、200 克重、300 克重、400 克重、500 克重的砝碼，來測試各種非牛頓流體。



(圖二十六)

步驟五：利用光電式計時器來測量各種非牛頓流體的黏滯力，因上方透明光碟片無法使光電式計時器反應，所以本組在上方的光碟片上貼了一張約半徑長、寬 1cm 的小紙條，以便光電式計時器偵測。



(圖二十七)自製黏滯力測定儀實圖

以下是測試非牛頓流體黏滯力的過程：

事先把光電計時器調到欲測的位置。



把測試的非牛頓流體倒入盛裝器皿中，使下方的光碟片接觸到高 1cm 的流體表面上。再把上方黏貼小紙條的光碟片，移動到光電式計時器光電閘之間。



用不同數量的 **100g 砝碼數**分別掛在定滑輪，本組所設計的**自製黏滯力測定儀**，能因為砝碼的重量而帶動塑膠管。一開始的實驗

過程中，本組設計以**滾動的彈珠加潤滑油**來幫助塑膠管移動，但是常常會因為彈珠未維持在固定的位置上，會造成木棍與光碟片**受力不平均**而傾斜，所以本組另想出不接觸但又能**幫助塑膠管轉動的磁浮軸承**，利用**磁鐵相斥**的性質來帶動塑膠管。



因**細繩**固定在塑膠管上，並且**逆時鐘**捲在塑膠管，以**順時鐘**拉動，上方黏貼紙條的光碟片跟著塑膠管一起轉動。紙條經過測量處所得來的數據，以紙張記錄之。

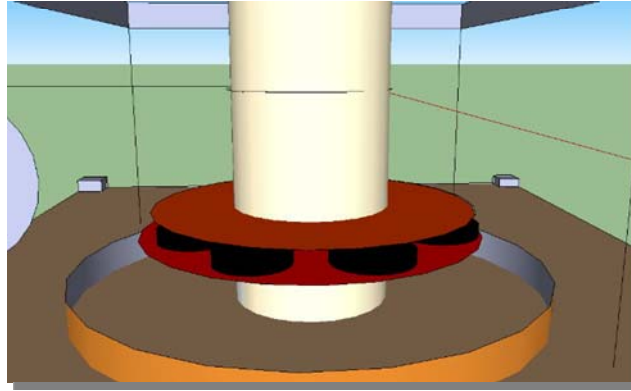
## 〈第二代〉

本組自製黏滯力測定儀失敗的原因：

- 1.本組在實驗過程中，磁鐵會隨著時間而**失去磁性**，導致光碟片和光碟盒之間的距離隨著磁性的失去而縮短，產生的摩擦力將會使得實驗誤差增加。
- 2.本組設計錯誤，應在上方光碟片黏貼約寬 1cm 長約**直徑長度**的紙條。
- 3.發現固定的木板所切割的圓孔會跟塑膠管有摩擦力。

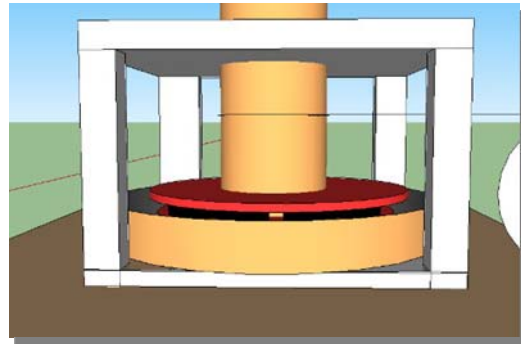
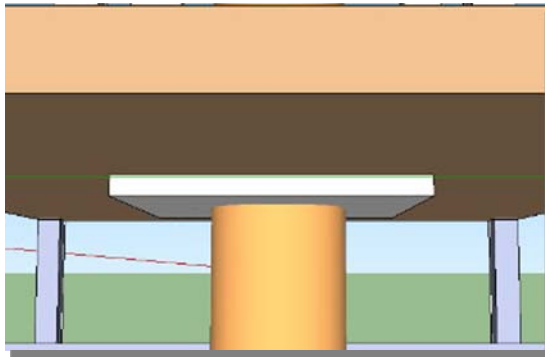
本組改良出以上的缺點：

- 1.找到磁性較強的**強力磁鐵**，維持磁性的時間較長，所得的實驗數據誤差較小。但是因為磁力太強，所固定的熱熔膠無法黏住，本組另想出用**兩片光碟片**夾住，使磁鐵能被光碟片固定住。見(圖二十八)
- 2.本組在木板上下方，加裝兩個**壓克力固定板**，並噴潤滑油，使**塑膠管跟壓克力固定板**的摩擦力能降至最小。見(圖二十九)



(圖二十八)

兩片光碟片夾緊強力磁鐵示意圖



(圖二十九)

木板上下方加裝兩個壓克力固定板之示意圖

(三)、探討用單根熱熔膠置入膨性流體中測試其減震能力。

材料：熱熔膠、高筒塑膠杯

設備：高速攝影機

控制的變因：同一材質、高度之塑膠杯

操縱的變因：有無置入非牛頓流體

應變的變因：熱熔膠之搖動頻率

實驗步驟：

- 1 將彈簧以膠帶和熱熔膠黏在塑膠杯底。
- 2 將熱熔膠條黏在塑膠杯中。
- 3 以手握住彈簧，並以等速來晃動塑膠杯。
- 4 再以高速攝影機拍攝實驗過程，並分格分析影片。

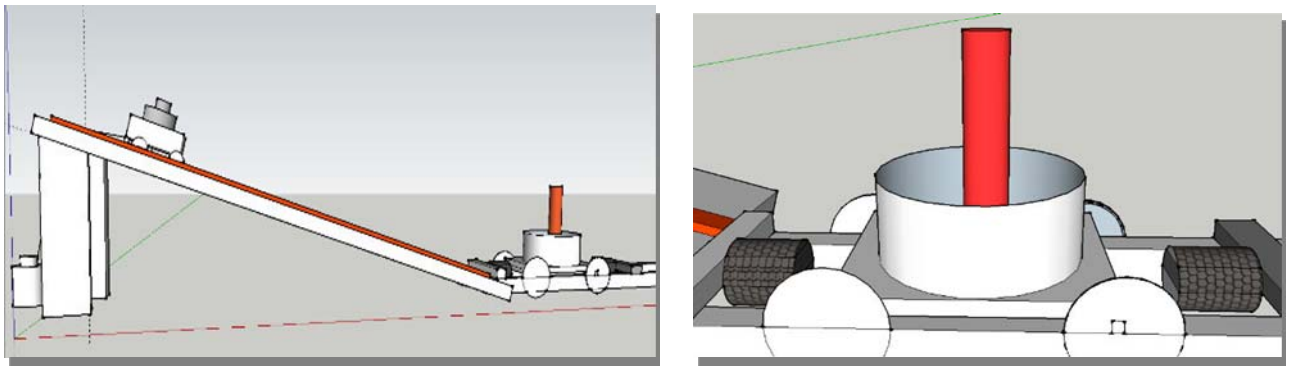


(圖三十)手搖減震測試裝置

(四)、利用自製撞擊製震器，探討單根柱子在利用流體避震措施後的效果。

## 自製撞擊製震器示意圖

為了測試建築物單一根柱子的晃動情形，也隨之了解到非牛頓流體是否能在建築物有抗震情形，本組設計了一套這樣的實驗。



(圖三十一)

本組設計以滑車(控制的變因)來撞擊裝放非牛頓流體的滑車(操縱的變因)，黏上預裝放非牛頓流體的光碟盒，再以 200 克砝碼放置滑車中(控制的變因)，以高速攝影機拍攝撞擊後熱熔膠條的震動幅度。

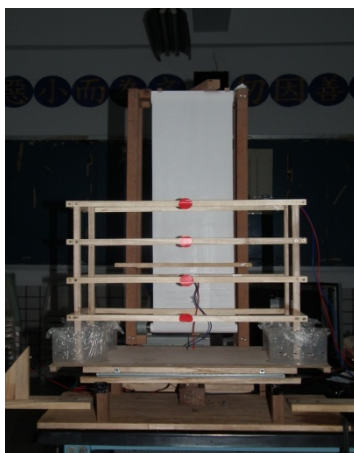
註：裝放非牛頓流體的滑車滑動的距離控制在 30 公分，並且在滑車的兩旁裝設彈簧以利左右搖動。(模仿地震時的搖動情形)

實驗步驟：

- 1 把欲裝放非牛頓流體的滑車調到最接近斜坡處。
- 2 再依次放入非牛頓流體至光碟盒裡。
- 3 測試各別非牛頓流體，以裝放 200 克滑車撞擊裝有流體的滑車。
- 4 並在自製儀器旁，以手握住高速攝影機來拍攝實驗過程。並分格分析影片。

(五)、用自製地震模擬器檢測非牛頓流體避震後的加速度，找出避震較佳的非牛頓流體。

## 地震模擬器的組裝示意圖



(圖三十二)

地震模擬器的完成圖



(圖三十三)

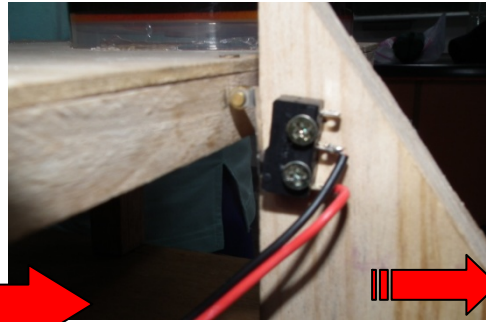
製作基本的底座，拆除日常生活的抽屜零件，並裝設至底座。





(圖三十四)

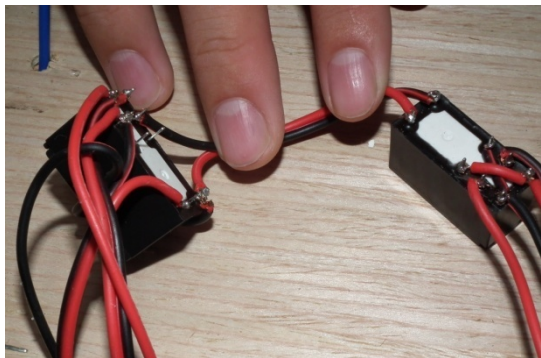
在馬達上裝設兩個小輪胎，使其剛好碰到木板下方，當馬達轉動時，能帶動上方的木板。



(圖三十五)

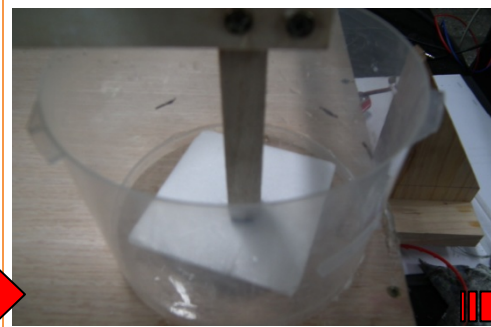
為了不必以人工的方式控制儀器，本組在初步的儀器底座，設置可移動式的微動開關。

使在儀器左右移動時，能自行碰觸控制器。增加實驗結果的準確性。



(圖三十六)

以繼電器、微動開關連接左右移動的控制器、裝設輪胎馬達，並以電線連上電源供應器。



(圖三十七)

本組設計把自行製作的建築物放在地震模擬器上(模擬地震時的移動情形)，並在四根柱子上各別裝設光碟盒。(光碟盒可填充進各種非牛頓流體)



(圖三十八)

在建築物上方裝設網路攝影機，追蹤貼在移動平台上的紅色圓點。



(圖三十九)

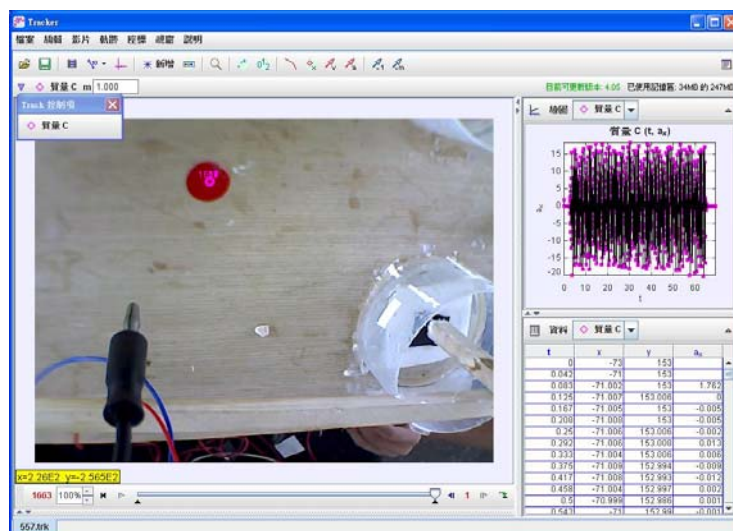
上方放置 1000 砝碼，作為建築物的載重，測試在負重下梁柱的變形量。

(一)抗震的實驗步驟：

1. 依次填入非牛頓流體〔空杯→水→玉米粉→麥芽糖〕至光碟盒中。
2. 各種流體分別以 9 伏特的馬達轉速來驅動平臺、3 公分的晃動振幅來測試。
3. 依據自製地震模擬器來測試，利用網路攝影機錄下平台上圓點在畫面上的相對位置。並用影像分析軟體，『Tracker』擷取出紅點在畫面的相對位置，並換算成位移量與加速度。此加速度即為頂樓對平台的加速度。

(二) 詳細說明：

1. 空杯為參考組
2. 木製房屋結構(建築物)以螺絲釘鎖住，確保結構承受力一致。
3. 木製房屋四支腳柱直接放入光碟盒內時，忽略腳柱與保麗龍板間的摩擦力
4. 玉米粉(體積：玉米粉：水比例 5:3)在撞擊實驗為晃動程度最小的。
5. 設定時間以 1 分鐘內用網路攝影機錄下平台上圓點在畫面上的相對位置，並用軟體做影像分析。





## 陸、研究結果

研究一：探討玉米粉、太白粉、地瓜粉和水的質量比為 20%、40%、60%、80%的抵抗力間的差別。

(表一)各類粉占溶液質量比 20%時最大抵抗力的差別

| 最大<br>抵抗力<br>(gw)<br>種類 | 次數<br>(次) | 一   | 二   | 三   | 四   | 五   | 平均  |
|-------------------------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 玉米粉                     |           | 75  | 85  | 90  | 85  | 95  | 86  |
| 太白粉                     |           | 85  | 100 | 100 | 105 | 105 | 99  |
| 地瓜粉                     |           | 100 | 120 | 80  | 120 | 130 | 110 |

(表二) 各類粉占溶液質量比 40%時最大抵抗力的差別

| 最大<br>抵抗力<br>(gw)<br>種類 | 次數<br>(次) | 一   | 二   | 三   | 四   | 五   | 平均  |
|-------------------------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 玉米粉                     |           | 100 | 100 | 100 | 95  | 85  | 96  |
| 太白粉                     |           | 75  | 100 | 120 | 100 | 130 | 105 |
| 地瓜粉                     |           | 130 | 140 | 110 | 130 | 130 | 128 |

(表三) 各類粉占溶液質量比 60%時最大抵抗力的差別

| 最大<br>抵抗力<br>(gw)<br>種類 | 次數<br>(次) | 一    | 二    | 三    | 四    | 五    | 平均   |
|-------------------------|-----------|------|------|------|------|------|------|
| 玉米粉液                    |           | 2250 | 2875 | 3000 | 3000 | 3000 | 2825 |
| 太白粉液                    |           | 2200 | 2300 | 2500 | 2450 | 2600 | 2410 |
| 地瓜粉液                    |           | 2175 | 2500 | 2750 | 3000 | 2750 | 2635 |

(表四) 各類粉占溶液質量比 80%時最大阻抗力的差別

| 最大阻抗力 (gw) / 種類 \ 次數 | 一  | 二  | 三  | 四  | 五  |
|----------------------|----|----|----|----|----|
| 玉米粉液                 | 粉狀 | 粉狀 | 粉狀 | 粉狀 | 粉狀 |
| 太白粉液                 | 粉狀 | 粉狀 | 粉狀 | 粉狀 | 粉狀 |
| 地瓜粉液                 | 粉狀 | 粉狀 | 粉狀 | 粉狀 | 粉狀 |

由(表一)到(表四)顯示：

其一：同一非牛頓流體的質量比高，其阻抗力越高，反之亦然。但是各類粉與水質量比是有限制的，因為實驗發現：當各類粉與水質量比到達 80%，水溶液呈現粉狀，失去非牛頓流體的特性。

其二：不同非牛頓流體，在質量比小於 50%時，阻抗力地瓜粉液>太白粉液>玉米粉液

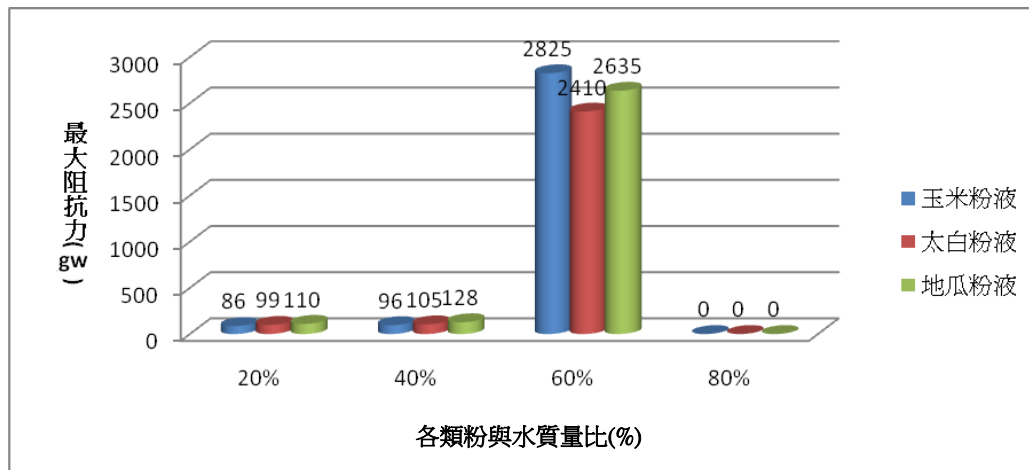
可是當各類粉與水質量比達 60%，三種非牛頓流體阻抗力的大小為

玉米粉液>地瓜粉>太白粉液

在三種膨性流體物質質量比的增加情況下，本組發現：三種非牛頓流體物質與水混合的阻抗力，會依流體物質所佔比例的提高而提高。尤其是質量比 60%時的達較佳的阻抗力。

(表五) 各類粉占溶液質量比不同時最大阻抗力的差別

| 最大阻抗力 (gw) / 種類 \ 次數 (次) | 質量比為 20% 平均 | 質量比為 40% 平均 | 質量比為 60% 平均 | 質量比為 80% 平均 |
|--------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 玉米粉液                     | 86          | 96          | 2825        | 無法量測        |
| 太白粉                      | 99          | 105         | 2410        | 無法量測        |
| 地瓜粉液                     | 110         | 128         | 2635        | 無法量測        |



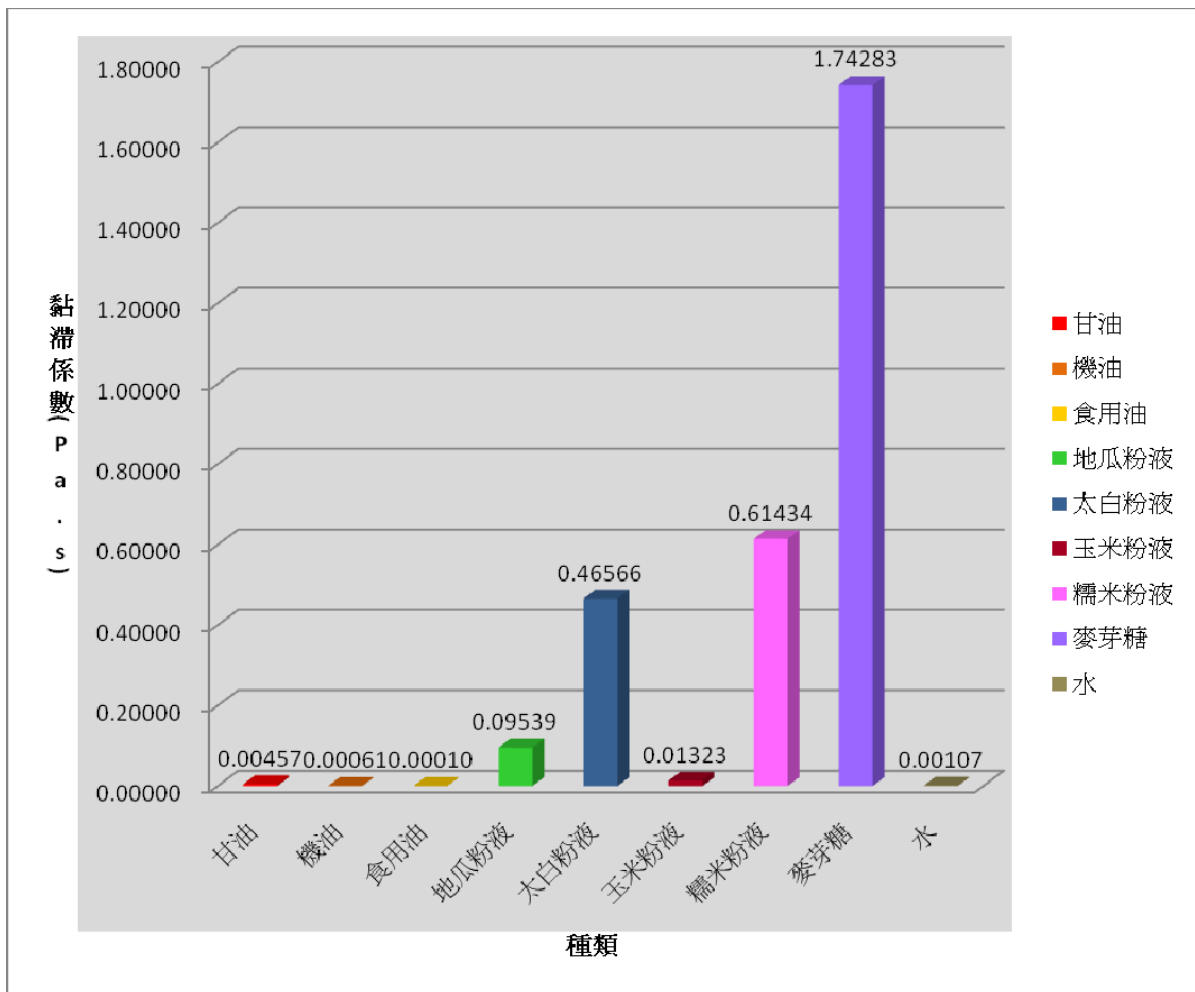
(圖四十)粉體佔液體的各類粉與水質量比與抗震力的關係圖

為考量精準的配比，以**質量比**當作非牛頓流體調配的變項，結果發現隨著**添加物質質量比**的增加，其**抵抗力也增加**，但當質量比到達**80%**時，混合物已呈**粉狀**，失去非牛頓流體流動的特性。

研究二：利用自製黏滯力測定儀，比較各種流體的黏滯力大小。

(表六)各種液體黏滯力大小比較表

| 種類次數 | 第一次     | 第二次     | 第三次     | 第四次     | 第五次     | 第六次     | 第七次     | 平均      | 黏滯力排名 |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| 麥芽糖  | 1.66148 | 1.82388 | 1.67172 | 1.70267 | 1.69902 | 1.85282 | 1.78822 | 1.74283 | 1     |
| 糯米粉液 | 0.78208 | 0.64704 | 0.53816 | 0.51218 | 0.50441 | 0.52145 | 0.79507 | 0.61434 | 2     |
| 太白粉液 | 0.50515 | 0.44903 | 0.47759 | 0.51856 | 0.49378 | 0.31792 | 0.49761 | 0.46566 | 3     |
| 地瓜粉液 | 0.11719 | 0.08626 | 0.08976 | 0.08590 | 0.07864 | 0.08758 | 0.12240 | 0.09539 | 4     |
| 玉米粉液 | 0.02840 | 0.01856 | 0.01167 | 0.00979 | 0.00708 | 0.00941 | 0.00769 | 0.01323 | 5     |
| 甘油   | 0.00446 | 0.00485 | 0.00513 | 0.00485 | 0.00434 | 0.00437 | 0.00398 | 0.00457 | 6     |
| 水    | 0.00143 | 0.00122 | 0.00108 | 0.00100 | 0.00098 | 0.00097 | 0.00083 | 0.00107 | 7     |
| 機油   | 0.00084 | 0.00060 | 0.00061 | 0.00061 | 0.00051 | 0.00048 | 0.00061 | 0.00061 | 8     |
| 食用油  | 0.00013 | 0.00011 | 0.00010 | 0.00010 | 0.00008 | 0.00008 | 0.00011 | 0.00010 | 9     |



(圖四十一)非牛頓流體的黏滯力比較圖

關於溫度是否會影響黏滯力的問題，本組再加溫至 60°C 時。流體會從懸浮液轉變為勾芡的狀態，故在室溫(約 20°C +/-2)下本組認為對於實驗結果影響不大。此外懸浮液皆現調現做實驗，所以濕度與溫度變化不大。

由(表六)與(圖四十一)可發現：9 種混合液中黏滯力強度由大到小排名為：

麥芽糖>糯米粉液>太白粉液>地瓜粉液>玉米粉液>甘油>水>機油>食用油

研究三、探討用單根熱熔膠置入膨性流體中測試其減震能力。

利用自製的搖動性塑膠杯，見(圖三十)，測試非牛頓流體是否真的能把地震所帶來的撞擊力吸收掉，故本組用手搖晃塑膠杯，接著用攝影機拍攝下來，並分格分析，結果如下：

(表七)有無添加非牛頓流體熱熔膠條搖晃頻率之比較

| 次數(次)<br>相對頻率             | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 第四次 | 第五次 | 平均(Hz) |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|--------|
| 添加非牛頓流體 350ml 熱熔膠條之頻率(Hz) | 2.8 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.6 | 2.7    |
| 不添加任何東西熱熔膠條之頻率(Hz)        | 3.0 | 3.1 | 2.9 | 3.0 | 3.0 | 3.0    |

在對空的塑膠杯與裝滿太白粉與水的混合液中，顯示出添加非牛頓流體的塑膠杯頻率有減緩的現象(2.7<3.0)，故依(圖三十五)，發現非牛頓流體真的可以有效減低建築物的搖擺程度。但討論發現這個實驗設計的不夠明確，故本組繼續設計自製撞擊製震器，使實驗能兼具客觀和正確。

研究四：利用自製撞擊製震器，探討單根柱子在利用流體避震措施後的效果。

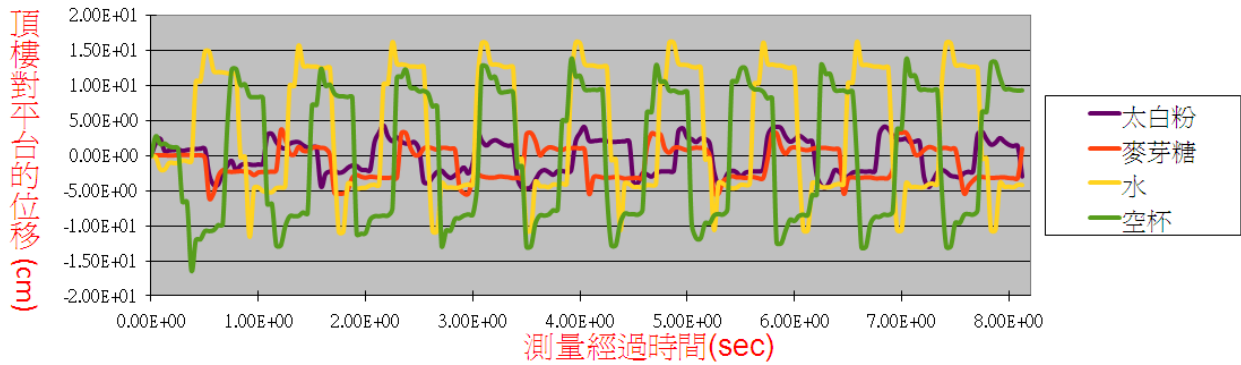
(表八)自製撞擊製震器撞擊熱熔膠條各類流體搖晃之頻率表

| 次數(次)<br>種類 | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 第四次 | 第五次 | 第六次 | 平均(Hz) |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|
| 太白粉液        | 2.0 | 1.8 | 2.0 | 2.0 | 1.5 | 2.0 | 1.9    |
| 玉米粉液        | 1.2 | 0.9 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0    |
| 糯米粉液        | 1.5 | 3.0 | 1.5 | 1.0 | 1.5 | 1.4 | 1.6    |
| 地瓜粉液        | 1.7 | 1.5 | 1.6 | 1.4 | 1.9 | 2.0 | 1.7    |
| 麥芽糖         | 1.5 | 2.0 | 1.8 | 1.5 | 1.8 | 1.8 | 1.7    |
| 機油          | 1.0 | 1.7 | 1.7 | 1.8 | 1.5 | 1.8 | 1.6    |
| 甘油          | 2.0 | 2.3 | 2.8 | 2.5 | 2.8 | 2.4 | 2.5    |

結果本組觀察到的振幅，沒有太大的改變，也就是說在相同的距離下，花更多時間完成一個周期，所以頻率降低，其晃動程度由大到小為：

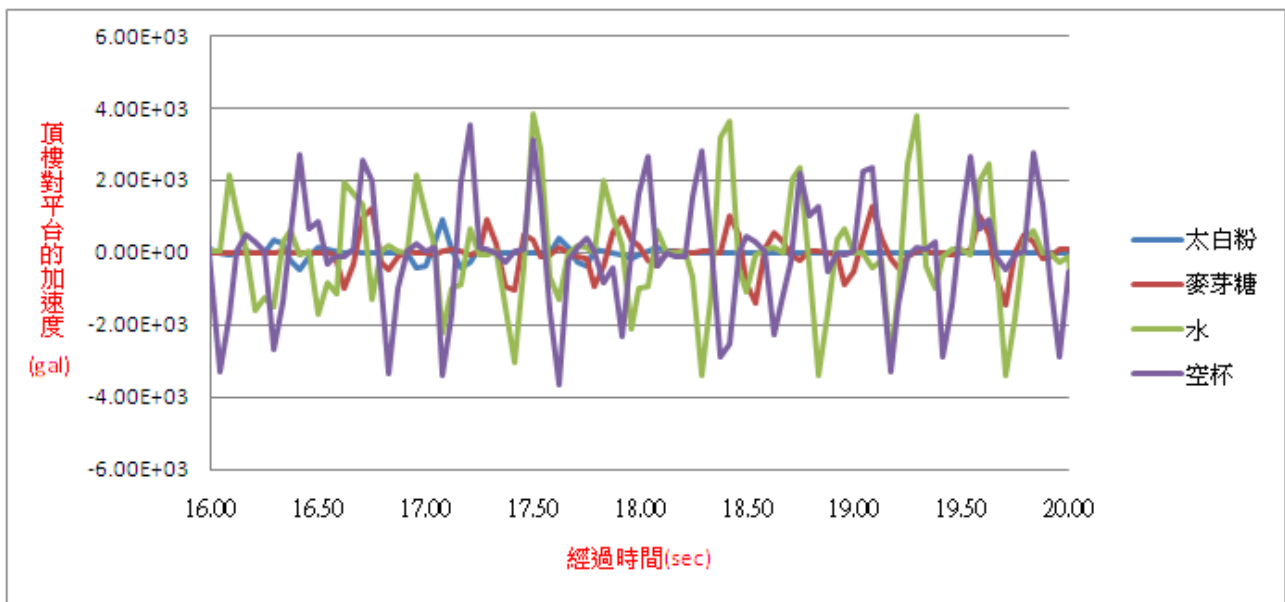
甘油>太白粉液>地瓜粉液、麥芽糖>糯米粉液、機油>玉米粉液

研究五、探討黏滯力與抗震能力之間的關係，並利用非牛頓流體特性，找出適合裝置在避震器的流體。



(圖四十二) 頂樓樓層位移對時間的波形

由(圖四十二)可知避震器有填充非牛頓流體時，其頂樓位移最大值明顯減小許多。從圖中可以發現到頂樓有阻尼震盪的情形。位移由大到小排列為空杯 >水>玉米粉液>麥芽糖，所以避震效果依序排列為麥芽糖>玉米粉液>水>空杯。



(圖四十三) 頂樓樓層加速度對時間的波形

由(圖四十二)可知頂樓的加速度和位移有對應關係。此外加速度代表著頂樓受力的大小。故加速度越小代表著頂樓受力越小，樑柱的負擔也就越小。其加速度與均方根值由小到大排列為麥芽糖( $194.03\text{cm/s}^2$ ) >玉米粉液( $419.61\text{cm/s}^2$ )>水( $1465.44\text{cm/s}^2$ )>空杯( $1497.39\text{cm/s}^2$ )。

由此可知制震效果最好的是麥芽糖>玉米粉液>水>空杯。

(表九)加速度對應的震度(gal=cm/s<sup>2</sup>)

|                         |                |         |        |                  |
|-------------------------|----------------|---------|--------|------------------|
| 水溶液種類                   | 空杯             | 水       | 玉米粉    | 麥芽糖              |
| 加速度(cm/s <sup>2</sup> ) | 1497.39        | 1465.44 | 419.61 | 194.03           |
| 相當震度                    | 7<br>(>400gal) | 7       | 7      | 5<br>(80~250gal) |

## 柒、討論

### 一、實驗儀器的改良

#### (一)、自製黏滯力測定儀

一開始設計時，本組各別尋找材料，並在實驗室製作黏滯力測定儀。本組在製作儀器時，遇到許多瓶頸。

1.本組設計如何使**塑膠管轉動時**，改良的步驟如下：

在光碟盒中放入**彈珠**，再注入**潤滑油**使其能**順利旋轉**。



但因為**光碟片的重量**，會使光碟片**上下搖晃**，影響實驗結果。

在塑膠管旁設立一支木頭，並以線固定之。



所轉動的線會因為**塑膠管左右搖晃**而不能控制**轉速與穩定性**。

故本組想出以**磁力**使塑膠管便利轉動，不僅能**減少彈珠跟光碟片的摩擦力**，也能**使光碟片平穩**，增加實驗結果的準確性。

#### (二)、自製撞擊製震器

- 1.撞擊過程中，本組採用一般攝影機來拍攝，並拍攝其中的**熱熔膠搖動程度**，但最後發現並不能清楚的了解整個完整的搖動程度，所以，向學校借得**高速攝影機**，並分格分析。放慢速度時，可分成**60格**，可清楚的**分析出熱熔膠搖動時最大的搖動程度**，對整個實驗過程有不可取代的重要性。
- 2.在**滑車滑動時**(被撞擊的滑車)，本組控制兩彈簧間長度為**30cm**，並加裝長度**適中的彈簧**，使之可以來回搖動。起初，因為買回來的彈簧伸長量不如預期的佳，因幾乎無法伸縮，故本組使用了伸長量較佳的彈簧，使被撞擊的滑車能在這**30cm**的距離內，經過改良過的彈簧反覆彈回，光碟盒內熱熔膠的搖動，經過**高速攝影機**，拍攝出**最佳的搖動程度**，讓分析結果顯得更明確。
- 3.在撞擊的滑車中，以**吸管**做為它的滑軌，因普通膠帶**無法固定滑軌(吸管)**，故本組做了一個可兼顧穩定、簡便的方法—利用**熱熔膠槍在膠帶上施加高熱**，使膠帶能被融化，進而緊貼木板表面，最終冷卻後，可**固定滑軌(吸管)**。



4.當撞擊的滑車撞向待測物時，必須使滑車能適時的停住，才能避免滑車撞擊待測物後，卡住木板和滑軌之間的縫隙。利用一條富有彈性的線，綁在撞擊的滑車掛鉤上，並在地面上放置一個重達 500g 砝碼，再把那條富有彈性的線鉤在砝碼上，故當滑車滑下來撞擊待測物時，並不會因此而卡住，實驗也可增強準確性和可觀性。

### (三)、自製地震模擬器

- 1.第一代:最初使用手動交換電流方向來使馬達正反轉，但如此不但要包含用手去更換電線正負極方向的動作時間，而且也無法準確去控制人造地震的振幅和週期。
- 2.第二代:改成使用簡易的電路板透過改變通路來調整正反向，並使用電阻來調整速度，但仍需使用手動的方式來切換開關，仍然會因人的反應時間而有誤差。
- 3.第三代:本組拆下按摩機的控制面板來當作控制的面板，但其切換正反轉的間隔時間雖可調整但間隔太長，而且它在切換的時候會有一段空白時間馬達沒有動作。
- 4.第四代:後來在指導老師的協助下，使用兩顆繼電器和微動開關來進行轉向，只要微動開關一碰到滑動板上鎖著的橫條，就會立即透過繼電器來進行轉向。而速度的調整則因使用的馬達，為可透過直流電供應器調整電壓來控制速度，故透過此裝置便可以極小的反應時間來進行控制。而原本要控制切換時間的部分，則只要設計可調整距離的木架即可控制振幅。

## 二、實驗過程

- (一)黏滯力測定儀當中，粉類的非牛頓流體和水的比例，網路上所用的比例體積比為 5:2，但本組在測試中發現：可能沒有把粉體空隙的體積列入考量，再經分液漏斗把沉澱物與多餘的水分離後，便可得到最佳質量比約為 5:3 的結果。
- (二)自製撞擊製震器，從高處衝撞下來的動量，藉由碰撞傳到光碟盒因柱子本身的慣性，產生震動相位，和光碟盒的震動的相位不同，如此會產生相消性干涉，所以振幅會減弱。根據阻尼震盪的公式得知，其頻率會因阻尼作用的時間增加而跟著減小，結果中本組發現到麥芽糖的頻率最小。
- (三)地震模擬器所繪製的波形，可以發現到麥芽糖的加速度反而比玉米粉液的加速度還大。但本組卻從波形發現：此種現象有可能因為地面觀察者和建築物本體的相對運動所導致。如果有避震功能的建築物應當與地面有相同的速度，故若能站在地震模擬器上的話，看到的建築物應是不動的。但是因為記錄器是屬於觀察者的角度，所以繪製出的波形其計算得到的加速度會比較大。
- (四)後來因為電熱絲會受紙捲的摩擦力拉扯而發生跳動，且還有觀察者角度的問題，故最後採用網路攝影機記錄頂樓對平台的相對位移。實驗發現到避震器填充麥芽糖可以將七級地震(>400Gal)降至五級 (80~250Gal)，效果非常顯著。

## 捌、結論

- 一、為考量精準的配比，以各類粉與水質量比當作非牛頓流體調配的變項，結果發現隨著添加物質量比的增加，其抵抗力也增加，但當各類粉與水質量比到達 80%時，混合物已呈粉狀，失去非牛頓流體流動的特性。
- 二、自製黏滯力測定儀可以有效測得非牛頓流體的黏滯力大小，本研究發現其黏滯力大小為：麥芽糖>糯米粉液>太白粉液>地瓜粉液>玉米粉液，因而將麥芽糖、玉米粉液作為避震材料。
- 三、在對空的塑膠杯與裝滿太白粉與水的混合液中，顯示出添加非牛頓流體的塑膠杯頻率有減緩的現象(原為 3.0 赫茲，經避震後減為 2.7 赫茲，因此代表其晃動程度也隨之減小)。故進而依此著手進行自製撞擊製震器的研究，並兼顧客觀與正確。
- 四、使用自製撞擊製震器測試發現：結果觀察到的振幅，沒有太大的改變，也就是說在相同的距離下，需花更多時間完成一個週期，所以頻率降低，其晃動程度由大到小為：甘油>太白粉液>地瓜粉液、麥芽糖>糯米粉液、機油>玉米粉液。
- 五、使用自製地震模擬器，將麥芽糖、玉米粉液、水及空杯產生的振幅作比較得知，避震效果以麥芽糖最佳，玉米粉液次之，水再次之。綜合上述，本研究所自製的地震模擬器，可以有效檢測非牛頓流體的抗震效果，進而推廣應用。

## 玖、未來的展望與應用

### 一、展望：

- (一)未來本組將近一步的繼續測試更多種流體，包括非牛頓流體不同的性質，觀察是否能找出避震力比麥芽糖、甚至是玉米粉液還更佳的流體。
- (二)把現今所自製地震模擬器做得更精準，測量的方法的改進，例如：使用加速度計，配合數據擷取卡來做自動化量測。或是利用高速攝影機配合 tracker 軟體進行分析。

### 二、應用：

- (一)將本研究的結果推廣到建築物的抗震系統，減少地震對建築物的損害。
- (二)作為機械減震平台的避震器以提高機械操作的精密度。

## 拾、參考資料

- 一、中華民國第四十七屆中小學科學展覽會國中組生物及地球科學科說明書(民 96)。十震九穩—建築物抗震之研究
- 二、中華民國第四十七屆中小學科學展覽會國小組自然科說明書(民 96)。誰是不倒翁~探究房屋耐震程度
- 三、王子銘、曹葉廷、陳琮皓(2009)。簡易黏滯係數測量儀器。臺北市 97 年度中等學校學生科學研究獎助計畫物理科報告。
- 四、中華民國第四十八屆中小學科學展覽會國小組生活與應用科學科明書(民 97)。黏度大考驗—應用具有黏性物質製作黏著劑之探討與研究。
- 五、隔震元件(無日期)。台北市：國家地震工程研究中心。2011 年 6 月 19 日，取自：  
<http://ws1.ncree.org/Idcers2008Edu/earthquakeeng/isolation.htm>
- 六、台北 101 阻尼介紹(無日期)。台北市：台北金融大樓股份有限公司。2011 年 6 月 19 日，取自：：  
<http://www.taipei-101.com.tw/ch/OB/about/damper.asp>
- 七、姚珩等(2011)。第七章營建科技概說。國中自然與生活科技第四冊(170-172,179-185 頁)。台北市:翰林。
- 八、林英智等(2009)。第六章板塊運動與地球歷史。國中自然與生活科技康軒版第五冊(134-152 頁)台北市:康軒。
- 九、產品介紹(無日期)。桃園縣：新康卓科技股份有限公司。2011 年 6 月 19 日，取自：：  
<http://www.taipei-101.com.tw/ch/OB/about/damper.asp>

十、撼天動地科學探索(無日期)。高雄市：國立科學工藝博物館。2011 年 6 月 19 日，取自：

<http://www3.nstm.gov.tw/earthquake/index.htm>

十一、 中華民國第四十屆中小學科學展覽會初小組地球科學科說明書(民 89)。不可思議的地震。

十二、 中華民國第四十屆中小學科學展覽會高中組地球科學科說明書(民 89)。天搖地動 … 談震度。

十三、 中華民國第三十一屆中小學科學展覽會初小組地球科學科說明書(民 80)。飛毛腿飛彈威力之聯想—探索地震模擬地震。

十四、 中華民國第三十二屆中小學科學展覽會國中組地球科學科說明書(民 81)。地牛翻身—簡易地震模擬器與感應器的製作及操作。

十五、 台灣 2003 年國際科學展覽會中小學科學展覽會國中組物理科說明書(民 92)。阻尼作用對搖擺系統的影響。

十六、 中華民國第四十四屆中小學科學展覽會國中組地球科學科說明書(民 93)。抗震大作戰—建築結構耐震研究。

感謝：

師長在器材上與人力資源上的幫忙

國立彰化師範大學物理學系提供自動控制迴路與軟體技術協助

## 【評語】 030817

1. 本研究採用非牛頓流體，自製地震模擬器及抗震設施，以期降低地震災害，乃屬應時而實用之計畫。
2. 書面及看板之撰寫均甚詳實，團隊之口頭報告亦甚活潑。若能在非牛頓流體之學理及避震器之製作技術上加深入，可讀性將更高。