

屏東縣第 62 屆中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：物理科

組 別：國中組

作品名稱：一顆泡，抑點震

~探討流體的阻尼作用



關鍵詞：阻尼、流體、避震

編號：B2005

目錄

摘要.....	第1頁
壹、研究動機及文獻探討	第2頁
貳、研究目的.....	第3頁
參、研究器材及設備.....	第4頁
肆、研究過程及方法.....	第5頁
一、研究架構.....	第5頁
二、研究過程及方法.....	第6頁
伍、研究結果與討論.....	第13頁
一、探討常見流體的液面震盪現象.....	第13頁
二、探討泡泡對流體的液面震盪現象的影響.....	第14頁
三、探討泡泡的性質對液面震盪現象的影響.....	第16頁
四、探討利用流體液面震盪現象作為一般大樓地震阻尼的效果.....	第20頁
五、找出一般大樓利用流體液面震盪現象作為地震阻尼時，最佳放置樓層.....	第21頁
六、探討常見流體的黏滯性對阻尼的影響.....	第23頁
陸、結論.....	第24頁
柒、參考資料.....	第25頁

作品名稱：一顆泡，抑點震

~探討流體的阻尼作用

摘要

我們發現流體有許多特性，例如黏稠性、泡泡的多少、泡泡的特性…等都會影響液體表面是否容易受到震盪而搖晃及是否能減低建築物在受到震動時的搖晃程度等，本實驗將針對流體的減少物體的搖晃程度的性質作探討。

在減少液面震盪的情形，濃度較高、有泡泡的溶液、液體液面的高度越高，減少液面震盪的情形較佳。有泡泡的溶液減震效果甚至超過50%，這種趨勢在濃度高的流體中越明顯，液面的高度也是影響液面振幅重要的因子。

在抑制大樓震動的阻尼效果，實驗中的流體都具有大樓的阻尼作用，但是減少液面震盪佳流體，阻尼效果不一定是好的，例如抑制液面震動效果最好的洗碗精並不是最好的阻尼，玉米粉在各樓層都有較佳的阻尼效果。同一種溶液在不同濃度時，其黏滯性和抑制液面震動幅度有高度的相關，但是和抑制大樓震動則無相關。

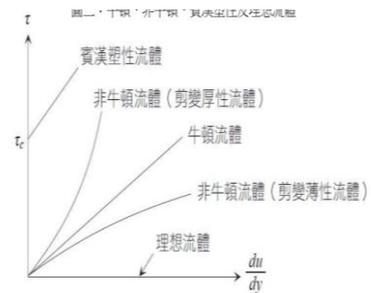
壹、 研究動機及文獻探討

我們在網路上看到了之前有人做過非牛頓流體的實驗，我們非常好奇，所以查了有關非牛頓流體的相關資料，發現非牛頓流體的黏度會受到的壓力或速度而變化，壓力越大，黏度會增加，甚至成為暫時性的固體，我們就想要利用它的特性來測試看看地震的力道會不會讓它變硬，進而達到阻尼的效果。而臺灣位於兩個板塊之間，地震頻繁，不時就會有大大小小的地震，而懸掛式阻尼器可以有效減緩建築物的搖晃，且阻尼器越重時，效果似乎更明顯。建築物質量越大，若要再減少建築物搖晃程度，阻尼器可能也要再增加質量。阻尼是指任何振動系統在振動中，由於外界作用（如流體阻力、摩擦力等）或系統本身固有的原因引起的振動幅度逐漸下降的特性，以及此一特性的量化表徵。所以我們就想說利用生活中常見的流體或泡泡來做實驗，看看有那些液體可以達到避震的效果。

名詞解釋：

非牛頓流體：

在層流條件下，牛頓流體單位上的剪切力和速度梯度成正比關係，符合這種關係的流體都被稱為牛頓流體，比如純液體（如水、甘油等）、小分子的稀溶液或分散相含量很少的分散體係等。而不符合牛頓公式的流體則被稱為非牛頓流體，這些流體的特性如圖(參考一)。



黏滯性：

用來描述黏滯力強弱的特性量。黏滯力是流體受到剪應力變形或拉伸應力時所產生的阻力，主要來自分子間相互的吸引力。黏滯力越低（黏滯係數低）的流體，流動性越佳。

手機 APP: phyphox

一款由物理學家設計、專為物理教學而生的軟件，它可以將手機變為強大的物理實驗儀器，令手機“回歸正途”，成為一個輔助物理學教學的重要工具。手機中有許多傳感器，如加速度傳感器、距離傳感器、陀螺儀、GPS、氣壓傳感器等等(如右圖)，我們利用物體加速度的變化來測量抑制震動的效果，其原理和 Arduino 偵測震動的晶片類似，他有輸出功能，更方便初學者使用。



貳、研究目的

一、探討常見流體的液面震盪現象

二、探討泡泡對流體的液面震盪現象的影響

三、探討泡泡的性質對液面震盪現象的影響

實驗三~1: 溶液重量相同、泡泡的高度不同對液面震盪現象的探討

實驗三~2: 溶液重量、泡泡的高度相同，但溶液高度不相同對液面震盪現象的探討

實驗三~3: 泡泡的成分對液面震盪現象的探討

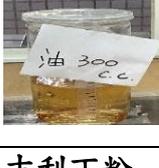
四、探討利用流體液面震盪現象作為一般大樓地震阻尼的效果。

五、找出一般大樓利用流體液面震盪現象作為地震阻尼時，最佳放

置樓層。

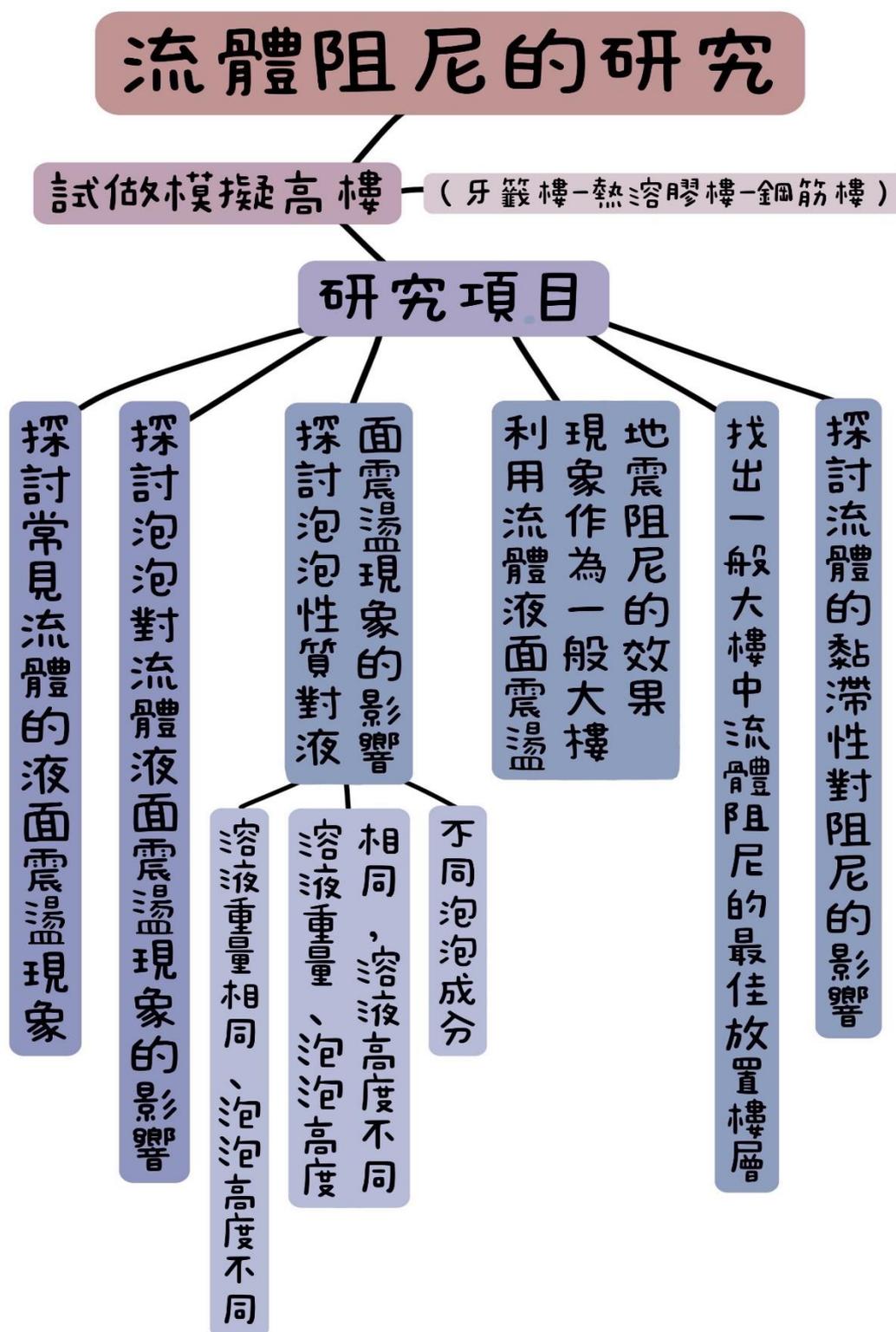
六、探討常見流體的黏滯性對阻尼的影響

參、研究器材及設備

清水 	氣泡水 	洗碗精 	玉米粉 	熱熔膠大樓 	觀察振幅容器 	Arduino 晶片 
牛奶 	番茄汁 	香蕉汁 	刮鬍泡 	清潔劑 	震動器 	竹籤 
沙拉油 	紅墨水 	滴定管 	果汁機 	量筒針筒 	打泡泡器 	鐵條 
吉利丁粉 	燒杯滴管 	電子秤 	平板 	加熱器 	吹風機 	螺絲 

肆、研究過程及方法

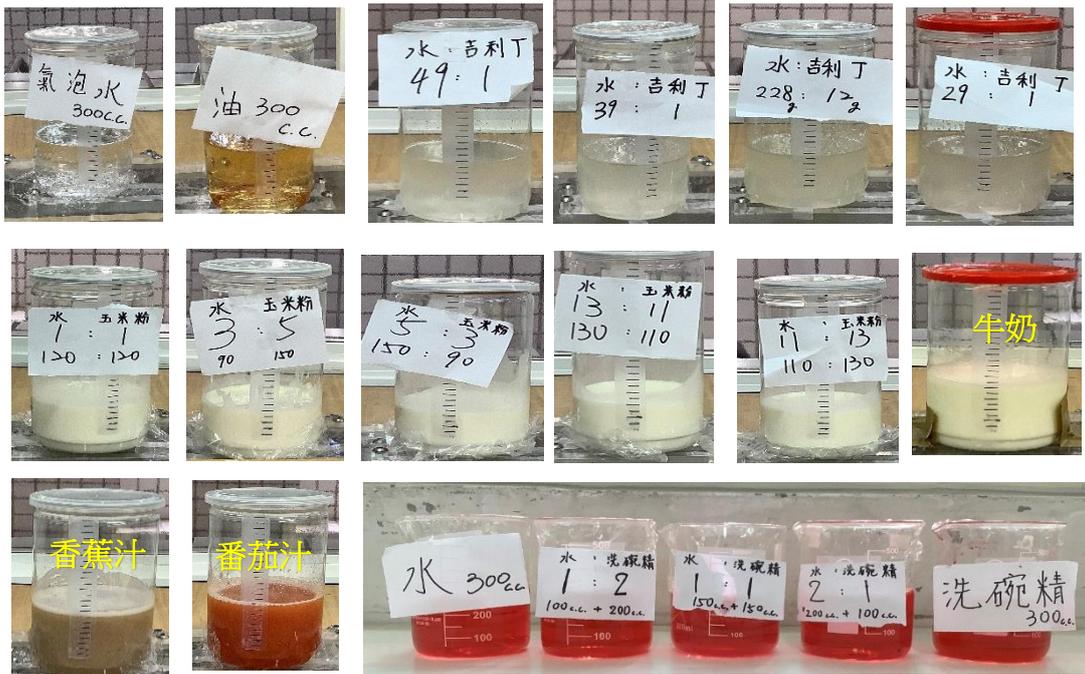
一、研究架構：



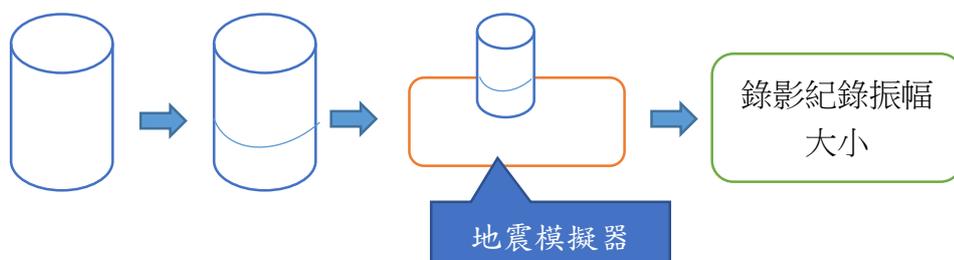
二、研究方法：

(一)、探討常見流體的液面震盪現象

1. 先取相同體積(300ml)的各種流體清水、洗碗精(原液、2:1、1:1、1:2)、吉利丁(19:1、29:1、39:1、49:1)、玉米粉(5:3、13:11、1:1、11:13)、氣泡水、沙拉油、牛奶、香蕉汁、番茄汁(如下圖)

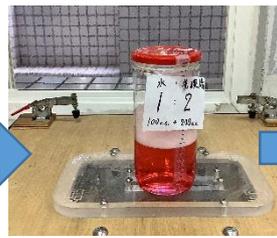


2. 放到貼有刻度的容器內，將此待測流體放到地震模擬器上固定。
3. 將地震模擬器轉速調到600(rpm/hr)(如右圖)
4. 將平板調到適當的位置錄製流體震盪的影片20秒(如右下圖)
5. 放慢影片速度，記錄其最大振幅





地震模擬器



待測溶液放在機器上



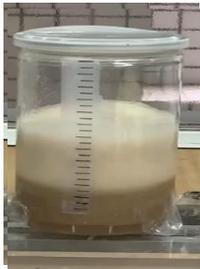
啟動機器使溶液搖晃，錄影並記錄最大振幅

二、探討泡泡對流體的液面震盪現象的影響

1. 以香蕉、番茄、牛奶、廁所清潔劑、洗碗精(原液、2:1、1:1、1:2)為材料，各300ml分別打出3cm的泡泡(如下圖)。
2. 方法如實驗(一)~2-(一)~5，比較有泡泡和無泡泡振幅的差異。



洗碗精



香蕉汁



番茄汁



牛奶



浴廁清潔劑

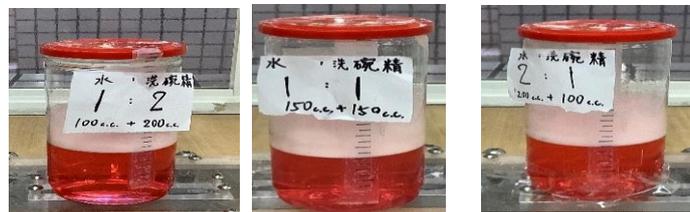


各種比例的洗碗精

三、探討泡泡的性質對液面震盪現象的影響

實驗三~1: 溶液質量相同、泡泡的高度不同的流體對液面震盪現象的探討

1. 將濃度2:1(水:洗碗精-稀)的稀釋洗碗精溶液，打出2cm、3cm、4cm、6cm的泡泡。
2. 將溶液分別放在震盪器上固定。
3. 方法如實驗(一)
4. 由影片分析各溶液的振幅，比較不同泡泡高度的液面震盪效果。
5. 再配置濃度1:1、(1:2-濃)(水:洗碗精)的洗碗精(如下圖)，重複實驗1~4，比較不同濃度下，實驗效果的差異。



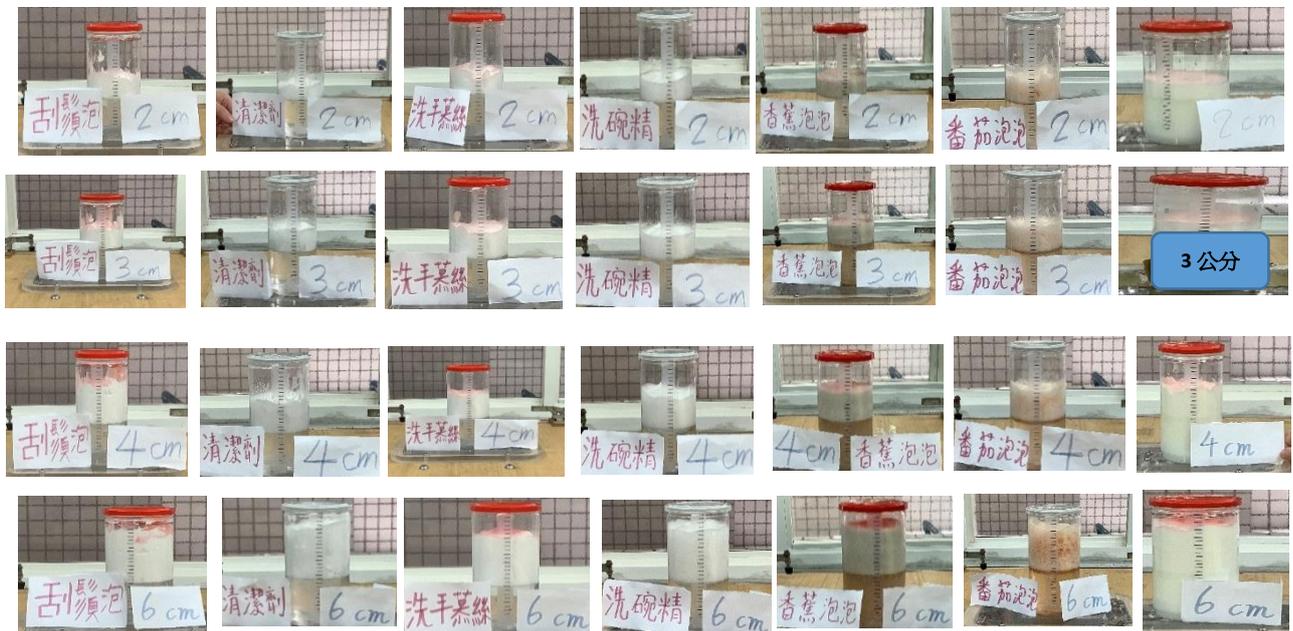
實驗三~2: 溶液重量、泡泡的高度相同，但溶液高度不相同對液面震盪現象的探討

1. 準備200ml的清水，放入不同底面積的容器內(如下圖)。
2. 在溶液上放入2 cm的泡泡。
3. 將溶液分別放在震盪器上固定。
4. 方法如實驗(一)。
5. 由影片分析各溶液的振幅，比較不同液面高度的液面震盪效果。
6. 改變泡泡的高度為3、4、6cm，重複實驗2~5，比較不同的高度下，實驗結果是否相同。



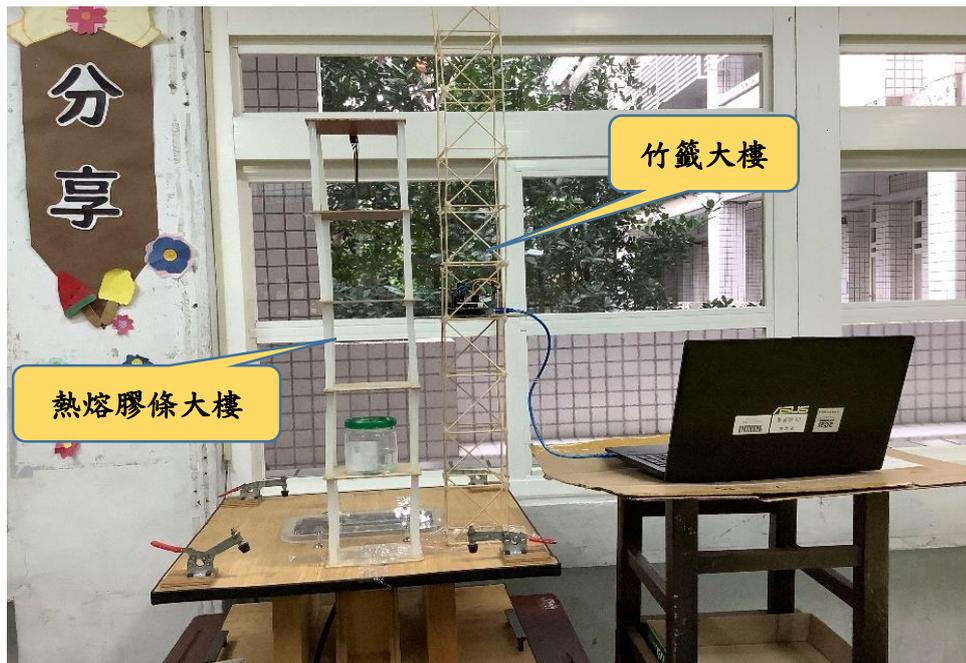
實驗三~3：泡泡的成分對液面震盪現象的探討

1. 將各種不同的泡泡（牛奶、香蕉、刮鬍泡、清潔劑、洗碗精、番茄、洗手慕絲）2cm放在300ml水面上(如下圖)。
2. 將溶液分別放在震盪器上固定。
3. 方法如實驗(一)
4. 由影片分析各溶液的振幅，比較不同泡泡高度的液面震盪效果。
5. 改變泡泡的高度為3、4、6cm，重複實驗2~4，比較不同的高度下，實驗結果是否相同。



四、探討利用流體液面震盪現象作為一般大樓地震阻尼的效果。

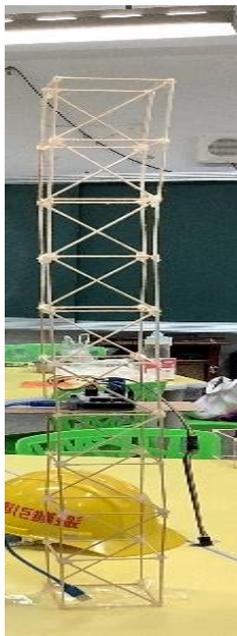
1. 用熱溶膠條黏一棟模擬6層樓的建築，如下圖。
(第一次用竹籤黏的9層大樓，因過輕及震動時搖晃不明顯-如右圖而放棄)
2. 選出上述實驗中液面震盪效果佳、中、差的溶液200ml，放入玻璃瓶內
3. 將玻璃瓶固定到樓層85%高的位置(5樓)，把大樓固定在震動器的平台上
4. 將測試振動加速度的Arduino安裝在6樓頂，裝置如下圖
5. 打開振動器(轉速600rpm/hr)，將Arduino測到的結果輸入筆電
6. 以Excel繪圖，算出平均振幅(如下圖)，振幅越小代表其阻尼效果越好。



7. 因熱熔膠條大樓在裝上阻尼溶液後，非常容易倒塌(可能是阻尼重量和大樓的比例太大及大樓結構不穩所致)，Arduino晶片容易脫落導致實驗停擺，於是我們決定再度改良大樓，在多間五金行文具店尋尋覓覓後，終於找到細鐵條及螺絲，請教科技老師製作方法，最後蓋了可擺動又超穩固的鐵條大樓。

大樓演變史:

牙籤大樓



熱熔膠大樓

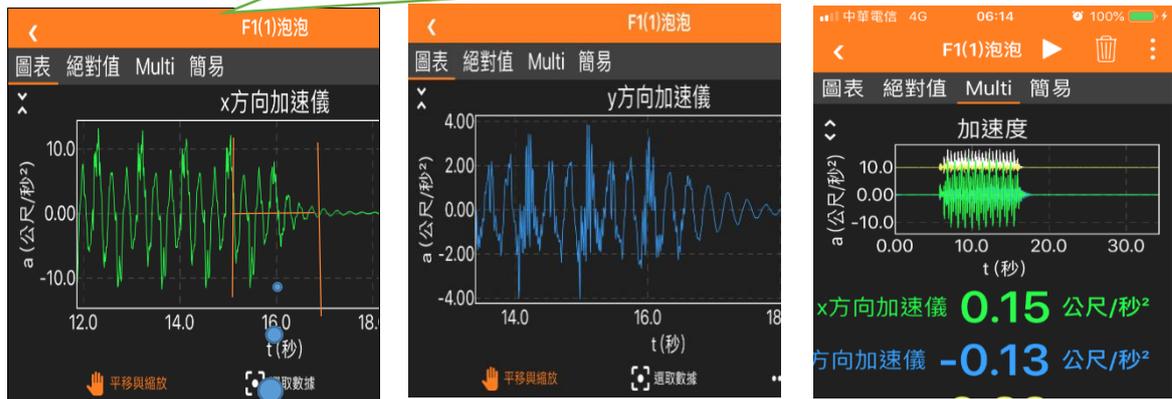


鐵條大樓



8. 新大樓測量震動大小我們改用手機APP:phyphox 中的程式來測量，方法同上，只是把Arduino晶片換成手機(老師心愛的)，仔細固定好手機，開始進行測量並記錄分析實驗結果。
9. 三種流體皆在2、3、4、5、6F測其減震程度，比較各樓層哪種流體是較佳的阻尼。樓層位置如下圖所示。

手機上截圖分析 X 軸及 Y 軸加速度的變化及停止震動後餘震的秒數



餘震的秒數:加速度開始變小到接近 0 的時間



手機下載此 APP

要小心固定手機，別讓老師裂開的手機無法運作喔！



樓層位置圖

五、找出一般大樓利用流體液面震盪現象作為地震阻尼時，最佳放置

樓層。

1. 準備上一個實驗的流體200ml，放在測試瓶內。
2. 將測試瓶放在2、3、4、5、6樓的位置(如實驗四)。
3. 方法如實驗(四)。
4. 記錄分析實驗結果，比較流體放在哪一樓的流體阻尼效果最好。

六、探討常見流體的黏滯性對阻尼的影響

1. 取各種流體0.5ml，滴入滴定管中，在固定的距離內(S)，紀錄溶液到達終點時的時間(t)。
2. 重複3次，計算平均速率(S/t)，速率越小代表黏滯性越大。

滴定
裝置



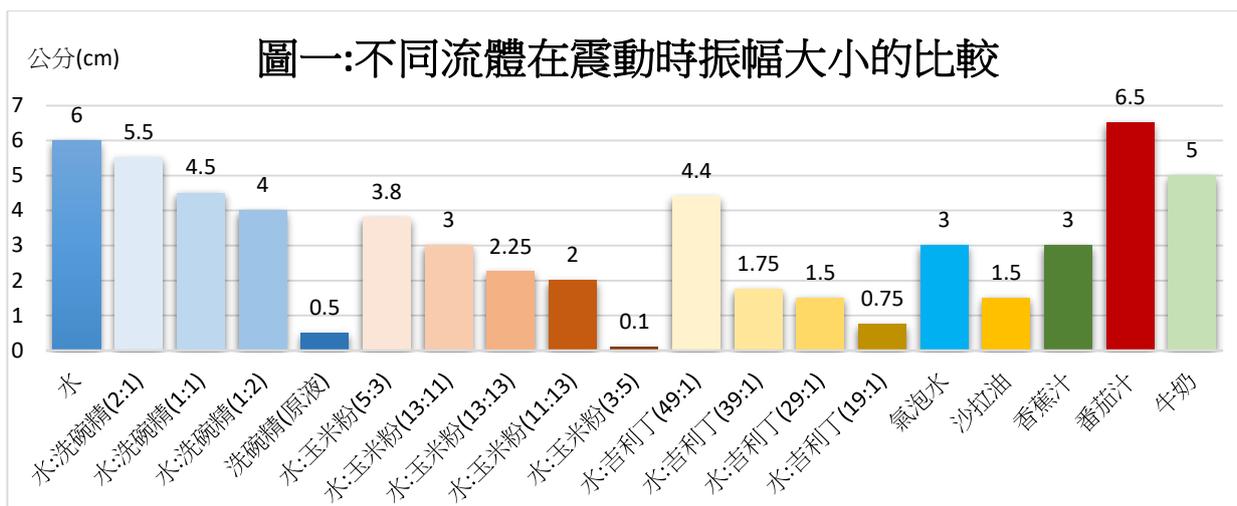
伍、研究結果與討論

一、探討常見流體的液面震盪現象

我們知道流體受到震動(外力作用)時，因其內部分子排列的改變，加上其分子本身的內聚力、與容器的附著力…等等性質的不同而產生液面不同的震盪幅度，這振幅的大小也可能影響流體在結構物中的阻尼效果，進而產生避震的作用，例如雞蛋的蛋白、包裹胎兒的羊水…等，因此我們想探討日常生活中常見的流體，受到震盪後，其液面的波動情形，結果如下表：

表一：各種流體在相同的震動大小時，液面搖晃振幅(公分)的大小

流體種類	振幅大小(公分)	備註
水	6	搖晃劇烈、幾乎噴出
水:洗碗精(2:1)	5.5	形似水，搖晃劇烈
水:洗碗精(1:1)	4.5	形似水，搖晃劇烈
水:洗碗精(1:2)	4	些微黏稠，些微搖晃
洗碗精(原液)	0.5	黏稠，形似布丁
水:玉米粉(5:3)	3.8	形似水，些微搖晃
水:玉米粉(13:11)	3	形似水，些微搖晃
水:玉米粉(13:13)	2.25	不容易沉澱不易搖晃
水:玉米粉(11:13)	2	濃稠易沉澱些微搖晃
水:玉米粉(3:5)	0.1	形似固體不搖晃
水:吉利丁(49:1)	4.4	形似水，些微搖晃
水:吉利丁(39:1)	1.75	些微濃稠，不易搖晃
水:吉利丁(29:1)	1.5	濃稠不易搖晃
水:吉利丁(19:1)	0.75	形似固體不搖晃
氣泡水	3	形似水，些微搖晃
沙拉油	1.5	微稠，不易搖晃
香蕉汁	3	微濃稠，些微搖晃
番茄汁	6.5	搖晃劇烈，幾乎噴出
牛奶	5	搖晃劇烈，幾乎噴出



【結果與討論】

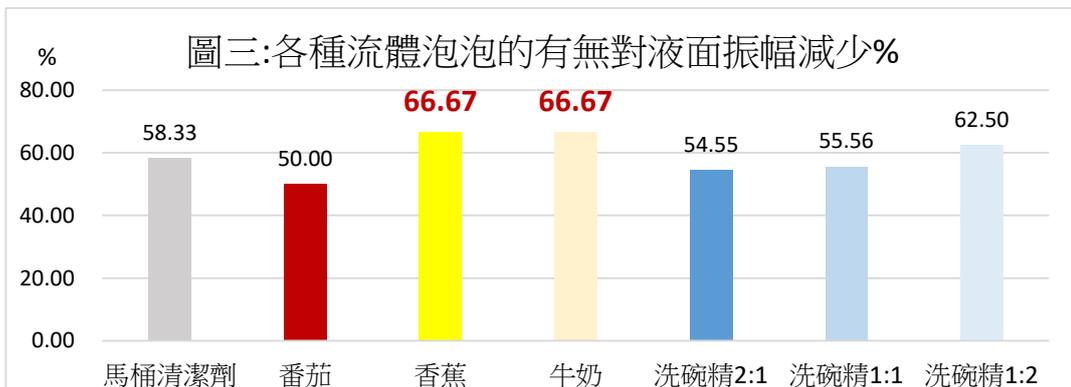
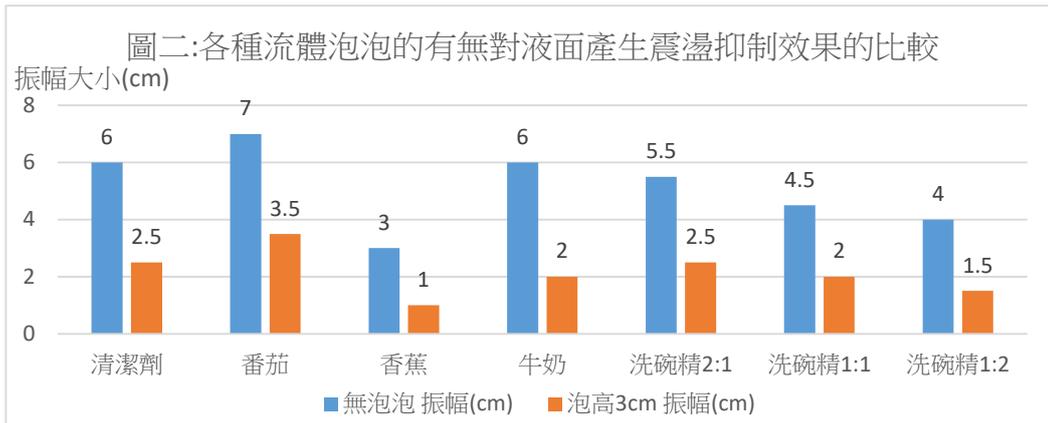
- (一)性質相同的溶液，如洗碗精系列、玉米粉系列、吉利丁系列等，我們發現只要是使用濃度高的液體，液面震盪的情形都最小，均可以達到避震的效果。
- (二)不同性質的溶液，濃的洗碗精、玉米粉、吉利丁、沙拉油氣泡水和香蕉汁有不錯的避免液面震盪的效果。
- (三)實驗過程中我們發現有些溶液有泡泡，有些不易流動(黏滯性高)、溶液密度都可能會影響其避免液面震盪的效果，這些變因都將在後面的實驗探討。

二、探討泡泡對流體的液面震盪現象的影響

實驗過程中我們發現有些流體會產生泡泡，這些泡泡通常很黏稠，他們對流體的液面震盪現象會產生甚麼影響呢?結果如表二。

表二:各種流體在有泡泡和無泡泡，液面搖晃振幅(cm)的大小

流體	無泡泡振幅(cm)	泡高3cm振幅(cm)	振幅減少%
馬桶清潔劑	6	2.5	58.33
番茄	7	3.5	50.00
香蕉	3	1	66.67
牛奶	6	2	66.67
洗碗精2:1(稀)	5.5	2.5	54.55
洗碗精1:1(中)	4.5	2	55.56
洗碗精1:2(濃)	4	1.5	62.50



【結果與討論】

- (一)我們發現各種溶液有泡泡的減震效果都較無泡泡的好(圖二)，而且減少震盪幅度都超過50%，特別是牛奶泡泡和香蕉泡泡最高(66.7%)。
- (二)我們推測泡泡的性質可以減少液面震盪幅度，因此也可能增加建築的阻尼的效果，這項推論將在後面的實驗探討。

三、探討泡泡的性質對液面震盪現象的影響

實驗三~1：溶液重量相同、泡泡的高度不同(2、3、4、6cm)對液面震盪現象的探討

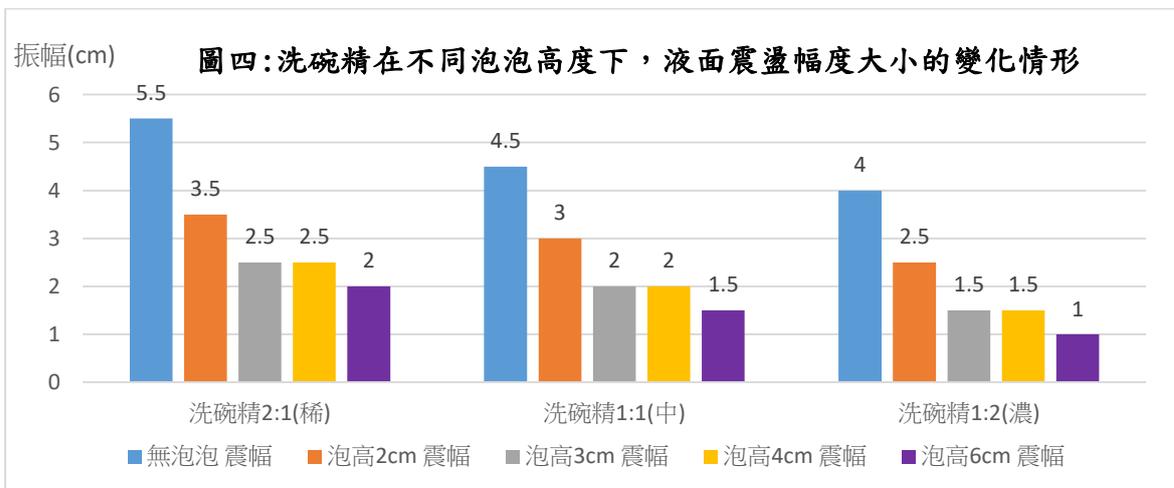
我們發現泡泡會減緩液面震盪的幅度，泡泡越高，是否對減緩液面震盪幅度也越大呢？

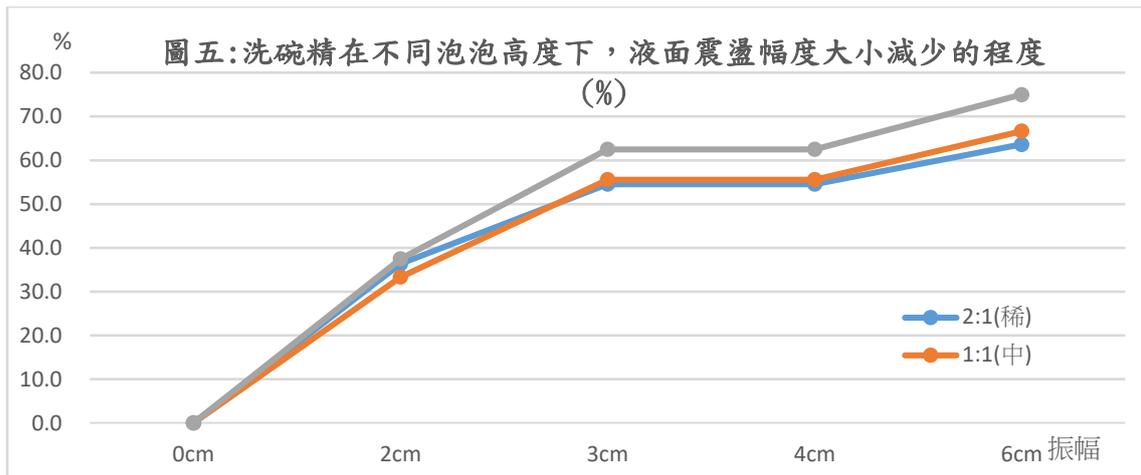
表三：洗碗精在不同泡泡高度下，液面震盪幅度(振幅-cm)的大小

泡泡高度(cm)	0	2	3	4	6
洗碗精2:1(稀)	5.5	3.5	2.5	2.5	2
洗碗精1:1(中)	4.5	3	2	2	1.5
洗碗精1:2(濃)	4	2.5	1.5	1.5	1

表四：洗碗精在不同泡泡高度下，液面震盪幅度大小減少的程度(%)

	2cm	3cm	4cm	6cm
2:1(稀)	36.36	54.55	54.55	63.64
1:1(中)	33.33	55.56	55.56	66.67
1:2(濃)	37.50	62.50	62.50	75.00





【結果與討論】

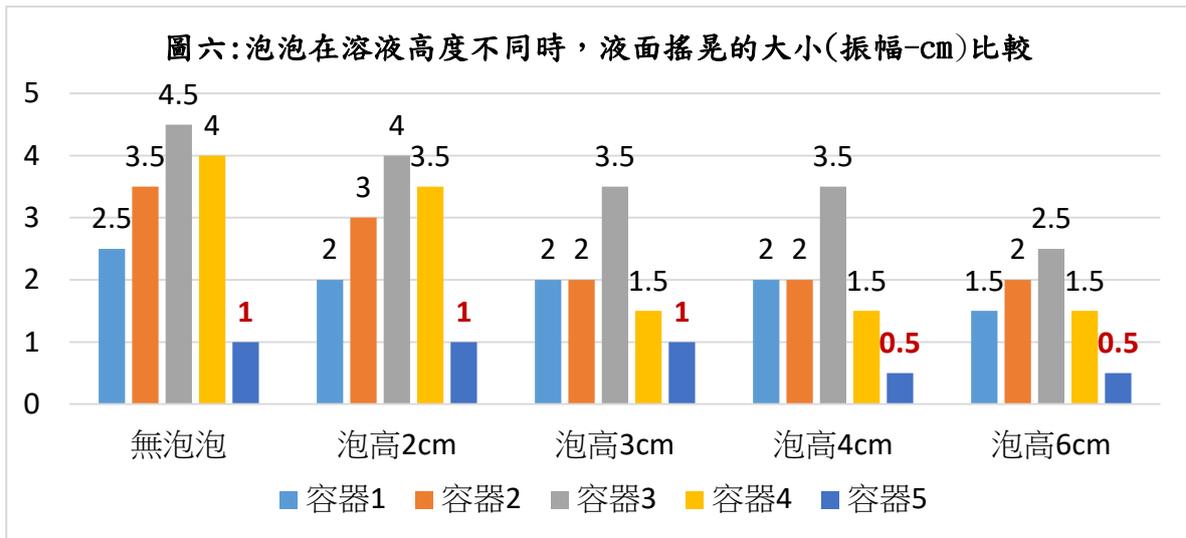
- (一) 洗碗精無論濃度高低，都是泡泡越高，液面振幅越小(表三、圖四)。
- (二) 隨著泡泡的高度，減少液面震盪幅度的情形，在濃度高的流體中較明顯(圖五)
- (三) 由表四發現泡泡2cm就可減少液面振幅達33%以上，3公分更可達50%以上，6公分則可達60%以上，變化的趨勢都是前2公分減少最多，漸漸趨緩，到6公分又變多(圖五)。

實驗三~2: 溶液重量、泡泡的高度相同，但溶液高度不相同對液面震盪現象的探討

由實驗三~1發現泡泡高度可以有效抑制液面震盪的程度，而這種抑制效果和溶液高度是否有差異呢?我們以相同高度的泡泡來進行實驗，結果如下圖表:

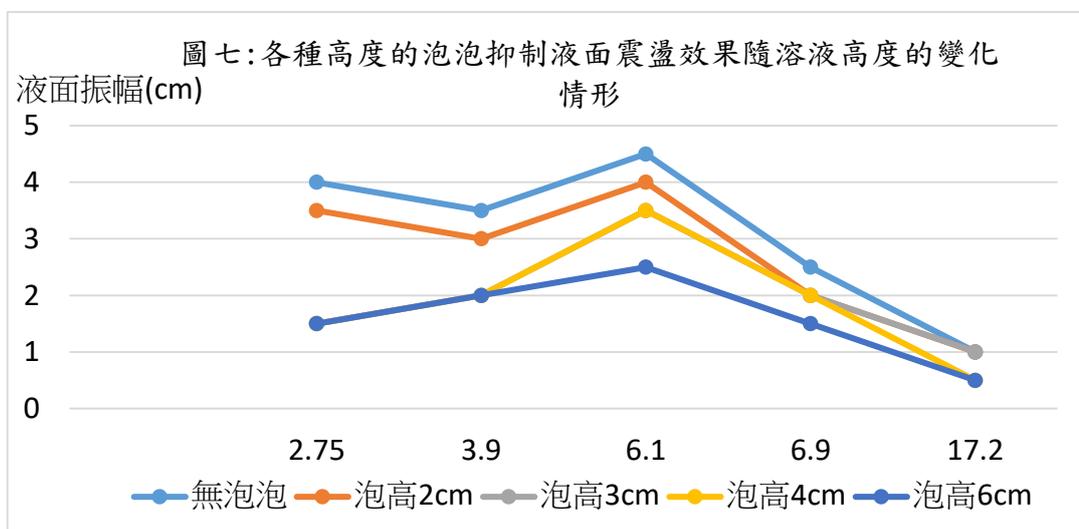
表五: 泡泡在溶液高度不同時，液面震盪幅度(振幅-cm)的大小

容器種類	容器內液體高度	容器底面積	液體液面面積	無泡泡	泡高2cm	泡高3cm	泡高4cm	泡高6cm
容器1	6.9	36.30	35.11	2.5	2	2	2	1.5
容器2	3.9	56.05	71.66	3.5	3	2	2	2
容器3	6.1	30.18	45.86	4.5	4	3.5	3.5	2.5
容器4	2.75	124.63	124.63	4	3.5	1.5	1.5	1.5
容器5	17.2	11.34	11.34	1	1	1	0.5	0.5



【結果與討論】

- (一) 無論哪一種泡泡的高度都是容器1(溶液最高的)的振幅最小(液面震動幅度最小)，因此影響液面震盪效果的，除了泡泡外，溶液的高度也是重要的因子。
- (二) 液面高度受底面積的影響，也受到液面面積的影響，到底哪一個因子影響更大，需要更多實驗來確認。
- (三) 容器3是普通的飲料罐，質量較輕站不穩，在每個泡泡高度都是都是減少液面震動效果最差的，如果不考慮容器3，**其他四個容器，在每種高度的泡泡都有溶液越高，抑制液面震盪的效果越好的趨勢(如下圖)**，至於容器底面積和溶液的表面積抑制液面震盪的效果就比較不規則了。
- (四) 從圖七也可印證相同的容器，泡泡越高，抑制液面震盪的效果越好的現象。
- (五) 如果容器夠重，或許溶液高度達到6公分以上時，會快速降低液面的震盪，當然這個有趣的現象需要更多的實驗來證實。



實驗三~3: 泡泡的成分對液面震盪現象的探討

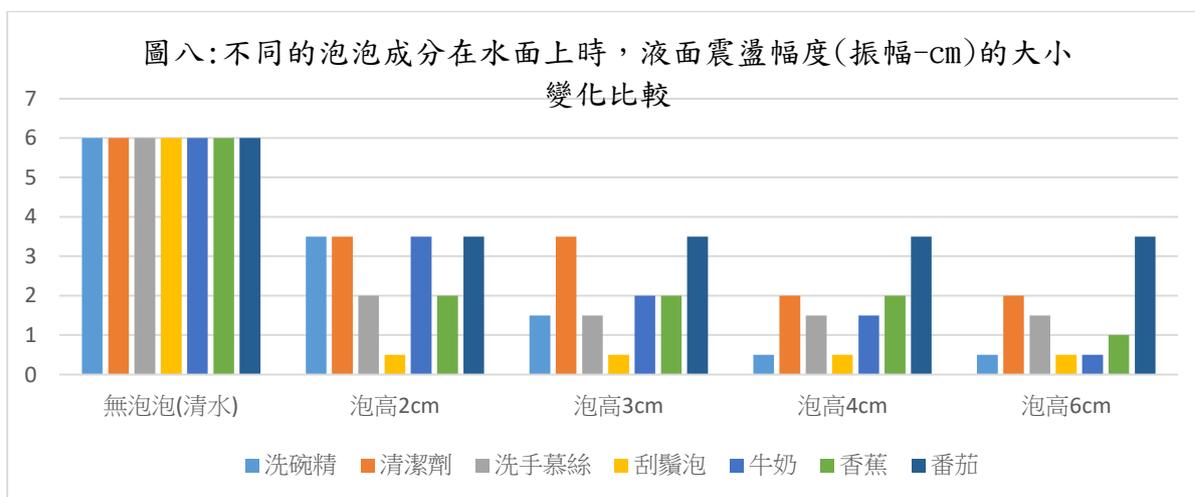
藉由之前的實驗，我們知道泡泡能夠有效地減緩液面震盪的幅度，所以我們想要進一步了解何種的泡泡能夠達到最佳的效果，我們就以水為基底，將不同物質的泡泡相同的高度放在水面上，來測試其對液面震盪減緩的程度，結果發

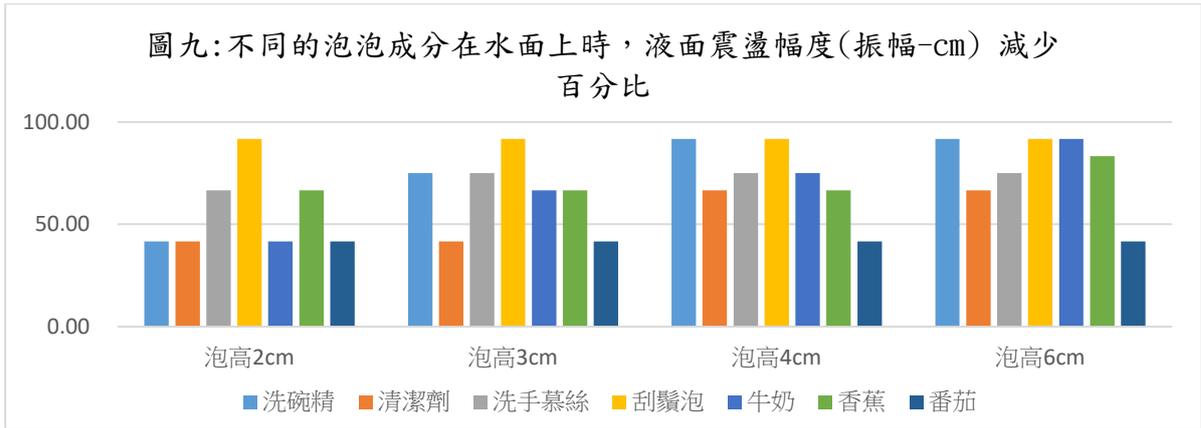
表六:不同的泡泡成分在水面上時，液面震盪幅度(振幅-cm)的大小變化

泡泡種類	泡高 2cm	泡高 3cm	泡高 4cm	泡高 6cm
洗碗精	41.67	75.00	91.67	91.67
清潔劑	41.67	41.67	66.67	66.67
洗手慕絲	66.67	75.00	75.00	75.00
刮鬚泡	91.67	91.67	91.67	91.67
牛奶	41.67	66.67	75.00	91.67
香蕉汁	66.67	66.67	66.67	83.33
番茄汁	41.67	41.67	41.67	41.67

表七:不同的泡泡成分在水面上時，液面液面震盪幅度(振幅-cm)減少百分比

泡泡種類	無泡泡	泡高2cm	泡高3cm	泡高4cm	泡高6cm	泡泡的特性
洗碗精	6	3.5	1.5	0.5	0.5	泡泡顆粒大
清潔劑	6	3.5	3.5	2	2	泡泡顆粒小，易消失
洗手慕絲	6	2	1.5	1.5	1.5	泡泡顆粒小，黏稠
刮鬚泡	6	0.5	0.5	0.5	0.5	泡泡綿密、有彈性
牛奶	6	3.5	2	1.5	0.5	泡泡綿密，易消失
香蕉	6	2	2	2	1	泡泡顆粒大，有黏性
番茄	6	3.5	3.5	3.5	3.5	泡泡顆粒大、易消失





【結果與討論】

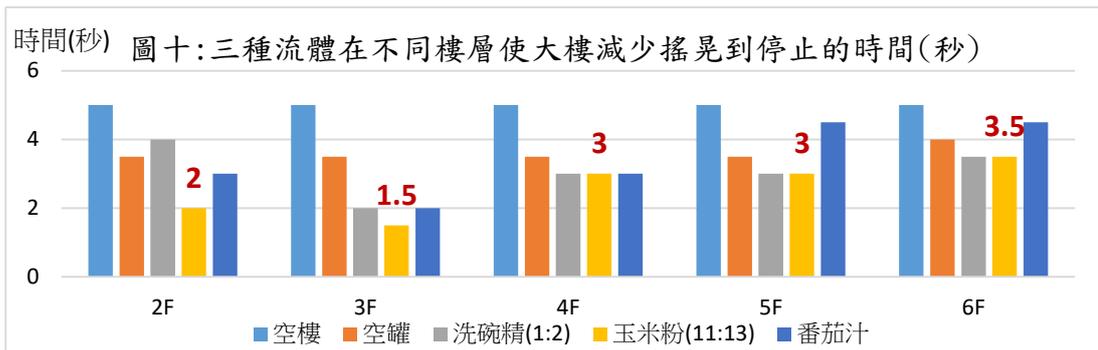
- (一) 泡泡2公分、3公分，都是刮鬚泡的抑制液面震動效果最好，可達91.67%。
- (二) 泡泡4公分時，洗碗精可達到91.67%，泡泡6公分時，牛奶也可達到91.67%。
- (三) 番茄汁泡泡效果最差，即使泡泡達6公分時也只有41.67%的抑制震動效果。
- (四) 泡泡的成分和抑制液面震動效果有關，最好的前三名是刮鬚泡、洗碗精和牛奶，番茄汁最差。

四、探討利用流體液面震盪現象作為一般大樓地震阻尼的效果。

以上實驗證實流體的種類不同，抑制液面震動的效果也不同，那抑制液面震動效果好的，是否在大樓中也具有抑制大樓震動的阻尼效果呢?我們由實驗一中挑選抑制液面震動效果較佳的(洗碗精1:2)、中等的(玉米粉11:13)及最差的(番茄汁)三種溶液來作測試，主要測試震動停止大樓後，大樓減少搖晃到停止的時間(秒)，時間越短代表阻尼效果越好，實驗結果如表八。

表八:三種流體在不同樓層使大樓減少搖晃到停止的時間(秒)變化的情形

	2F	3F	4F	5F	6F
空樓	5	5	5	5	5
空罐	3.5	3.5	3.5	3.5	4
洗碗精(1:2)	4	2	3	3	3.5
玉米粉(11:13)	2	1.5	3	3	3.5
番茄汁	3	2	3	4.5	4.5



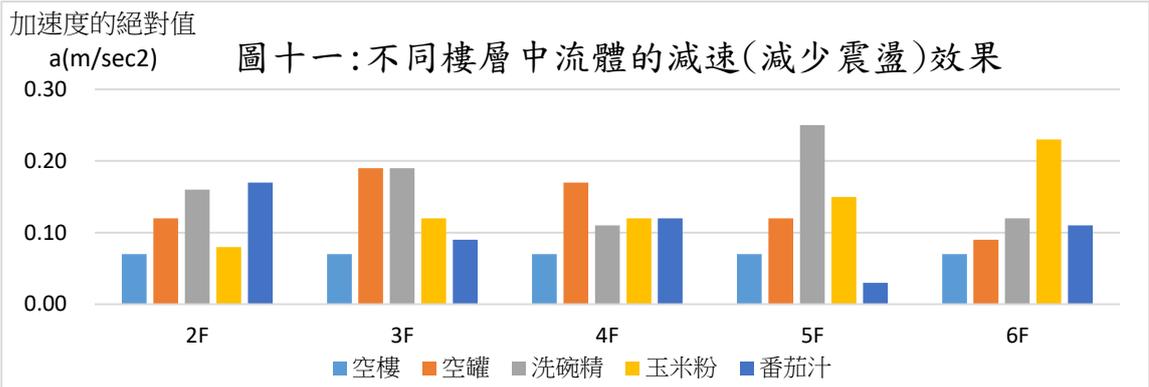
【結果與討論】

- (一) 這三種流體在各樓層大都有抑制大樓震動的阻尼效果，抑制液面震動效果最好的洗碗精並不是阻尼效果最好的，而且在2F的表現還比空罐差。
- (二) 抑制液面震動效果居中的玉米粉在各樓層都有較佳的抑制大樓震動的阻尼效果，不知是否是玉米粉的非牛頓流體性質導致，還是有其他物理因子的影響，將有待進一步釐清。
- (三) 番茄汁阻尼效果很差，在高樓層甚至比空罐差，可能是它容易搖晃，與大樓共振，而減低其阻尼效果。
- (四) 我們發現用大樓減少搖晃到停止的時間(秒)來判斷流體阻尼的大小誤差可能比較大(人為判斷)，所以我們用手機APP自動計算的加速度來做另一種分析，實驗結果也發現建築物內放物體都有阻尼效果(表九和圖十)(因a的絕對值都比空樓時大)。
- (五) 加速度APP自動分析的結果：

每層樓阻尼效果最好的流體都不同，1F是番茄汁最好，洗碗精其次；2F是空罐和洗碗精最好；3F是空罐最好，其餘三種差不多；4F則是洗碗精最好，玉米粉其次；5F玉米粉最好，洗碗精其次。

表九:各種流體在不同樓層的阻尼效果(數值是加速度- $a(\text{m}/\text{sec}^2)$)
(a的絕對值越大，表示阻尼效果越好—減速效果越好)

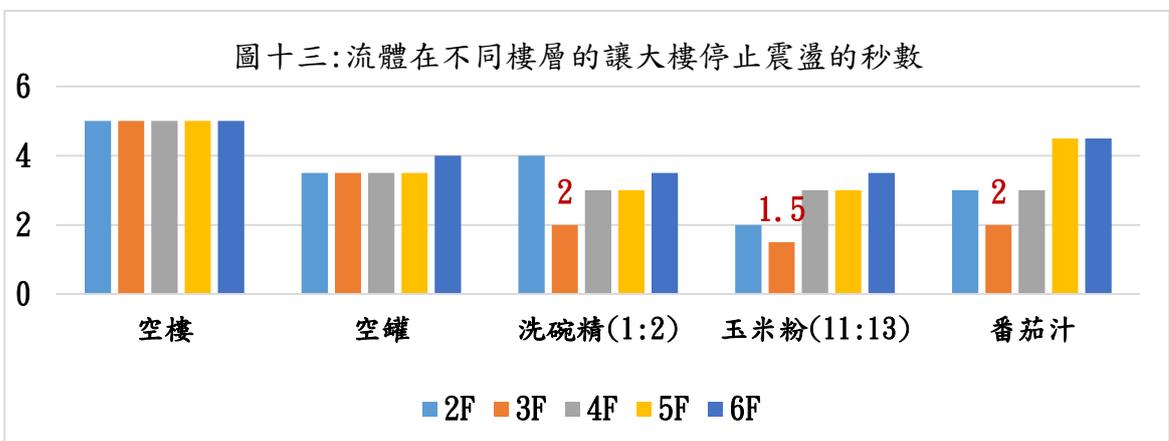
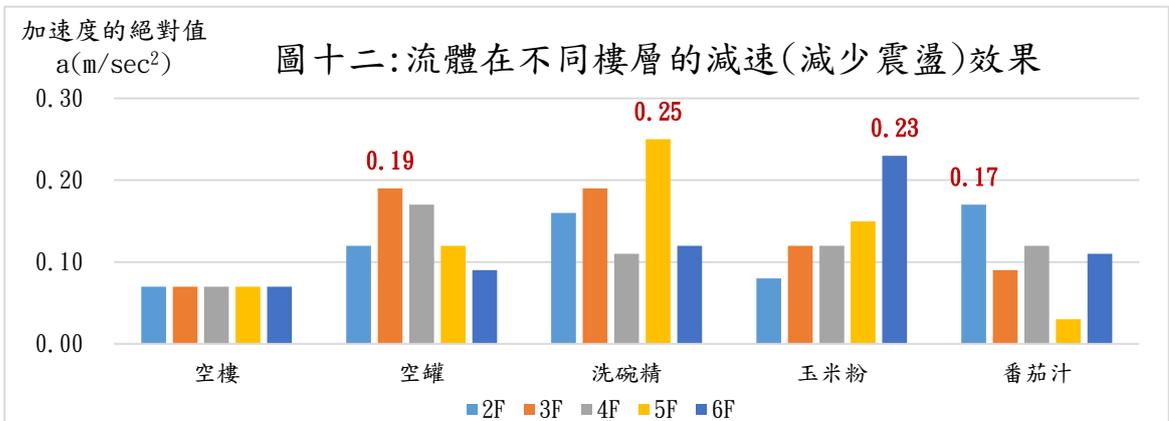
	2F	3F	4F	5F	6F
空樓	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07
空罐	-0.12	-0.19	-0.17	-0.12	-0.09
洗碗精	-0.16	-0.19	-0.11	-0.25	-0.12
玉米粉	-0.08	-0.12	-0.12	-0.15	-0.23
番茄汁	-0.17	-0.09	-0.12	-0.03	-0.11



五、找出一般大樓利用流體液面震盪現象作為地震阻尼時，最佳放置

樓層。

因為每一種流體性質不同，所以阻尼效果最好的樓層應該會因種類而有差別，圖十二是我們用加速度APP自動分析的結果，而圖十三則是人工判斷停止擺動的秒數：



【結果與討論】

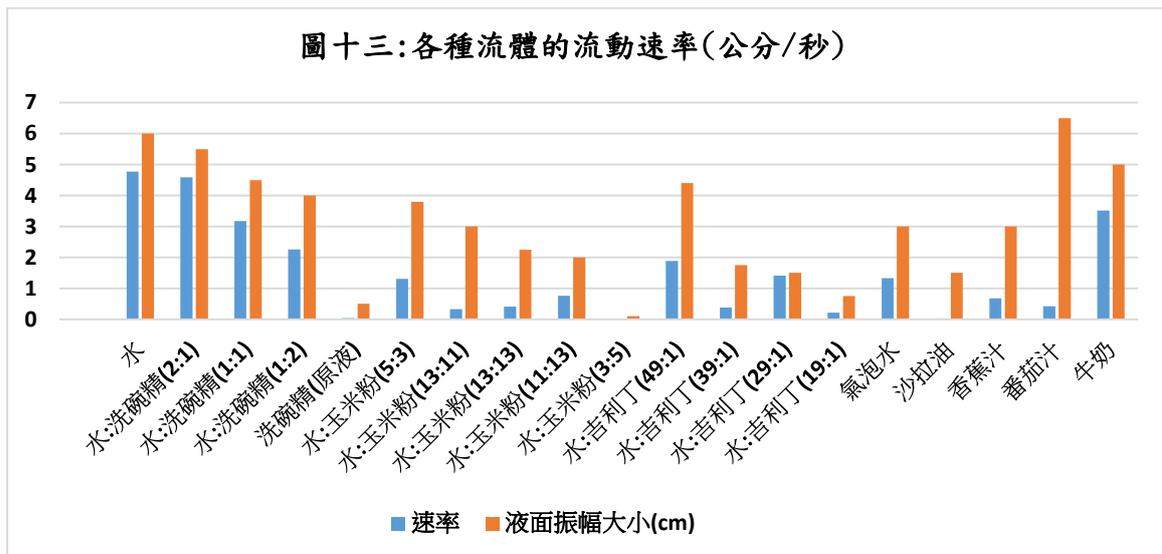
- (一) 每種流體在不同的樓層阻尼效果亦不同，以手機APP加速度分析發現空罐阻尼效果最好的在3樓；洗碗精在5F最好，3F其次；**玉米粉則是越高樓層越好，以5樓最好**；番茄汁則是1樓最好(圖十二)。
- (二) 以人工計算秒數的結果如圖十三，發現空罐在6F最差，其餘樓層差不多，洗碗精、**玉米粉**、番茄汁都是3F減振效果最好。

六、探討常見流體的黏滯性對阻尼的影響

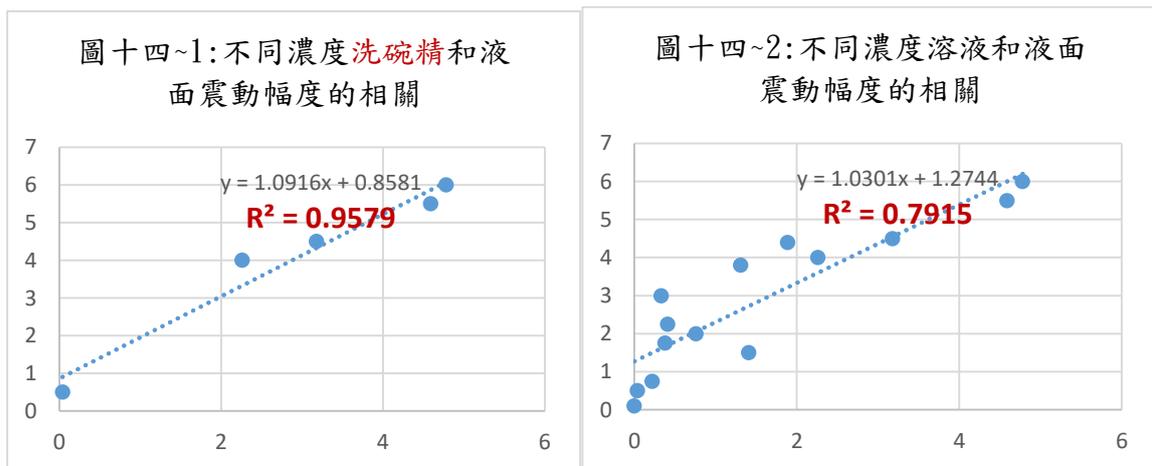
實驗過程中我們發現流體的黏滯性越高，好像抑制液面振幅及建築物搖晃的能力越強，是不是如此呢?我們分析結果如下:

表十:各種流體的流速測定值(流速越大，代表黏滯性越差)和液面振幅大小

流體種類	速率 (公分/秒)	液面振幅 大小(cm)	備註
水	4.78	6	流動很快，黏滯性超差
水:洗碗精(2:1)	4.59	5.5	形似水，黏滯性超差， 流動很快
水:洗碗精(1:1)	3.18	4.5	形似水，黏滯性差，流動稍快
水:洗碗精(1:2)	2.26	4	黏滯性差，流動稍快
洗碗精(原液)	0.04	0.5	黏滯性佳，不太流動
水:玉米粉(5:3)	1.31	3.8	形似水，黏滯性佳，流動稍慢
水:玉米粉(13:11)	0.33	3	形似水，黏滯性佳，流動較慢
水:玉米粉(13:13)	0.41	2.25	黏滯性佳，流動較慢
水:玉米粉(11:13)	0.76	2	濃稠，黏滯性佳，流動較慢
水:玉米粉(3:5)	0.00	0.1	因為不易流動，故法測出其黏滯性
水:吉利丁(49:1)	1.89	4.4	黏滯性佳，流動稍慢
水:吉利丁(39:1)	0.38	1.75	形似布丁，黏滯性佳，流動較慢
水:吉利丁(29:1)	1.41	1.5	濃稠，黏滯性佳，流動稍慢
水:吉利丁(19:1)	0.22	0.75	形似固體，黏滯性佳，流動超慢
氣泡水	1.33	3	形似水，流動很快，黏滯性超差
沙拉油	0.03	1.5	黏稠，黏滯性佳，不太流動
香蕉汁	0.68	3	濃稠，黏滯性佳，流動較慢
番茄汁	0.42	6.5	形似水，黏滯性佳，流動較慢
牛奶	3.52	5	形似水，黏滯性差，流動稍快



我們發現濃度大的溶液，一般流速慢，黏滯度大，與液面振幅的相關性，分析如下：



【結果與討論】

- (一)圖十四~1發現洗碗精不同濃度時，其黏滯性和抑制液面震動幅度有高度的相關($R^2=0.95$, $R=0.97$)。
- (二)圖十四~2是以不同濃度的洗碗精、玉米粉和吉利丁來作黏滯性和抑制液面震動幅度的相關分析，發現其相關性仍很高($R=0.89$)，可能是這些溶液的流體性質有些差異而導致相關性的減弱。
- (三)香蕉、番茄汁、牛奶因含水量及成分無法估計，其黏滯性和液面震盪相關性不高。可以將其稀釋，作同一種溶液不同濃度的分析或許會好一些。
- (四)由以上分析流體的黏滯性越高，和抑制液面振幅有些相關的，那和抑制建築物搖晃的阻尼能力有相關嗎?由表十一發現其相關程度很低。

表十一：各種流體的流速測定值(流速越大，代表黏滯性越差)和減慢大樓搖晃速度的關係(效果①> ②>③)

流體種類	流動速率 (cm/sec)	2F加速度 a(m/sec ²)	3F加速度 a(m/sec ²)	4F加速度 a(m/sec ²)	5F加速度 a(m/sec ²)	6F加速度 a(m/sec ²)
洗碗精	2.26③	-0.16②	-0.19 ①	-0.11②	-0.25 ①	-0.12②
玉米粉	0.33①	-0.08③	-0.12②	-0.12①	-0.15②	-0.23 ①
番茄汁	0.42②	-0.17 ①	-0.09③	-0.12①	-0.03③	-0.11③

陸、結論

- (一)性質相同的溶液，如洗碗精系列、玉米粉系列、吉利丁系列等，我們發現只要是使用濃度高的液體，液面震盪的情形都最小，均可以達到避震的效果。
- (二)不同性質的溶液，濃的洗碗精、玉米粉、吉利丁、沙拉油氣泡水和香蕉汁有不錯的避免液面震盪的效果。
- (四)我們發現有泡泡的減震效果較無泡泡的好，而且減少震盪幅度的超過50%，特別是牛奶泡泡和香蕉泡泡最高(66.7%)。洗碗精無論濃度高低，都是泡泡越高，液面震盪幅度越小。
- (五)泡泡2cm就可減少液面震盪幅度達33%以上，3公分更可達50%以上，6公分則可達60%以上，泡泡高度越高，減少震盪幅度有增加的趨勢，而這種趨勢在濃度高的流體中越明顯。
- (六)無論哪一種高度的泡泡都是溶液最高的振幅最小(液面震動幅度最小)，因此影響液面震盪效果的，除了泡泡外，液面的高度也是重要的因子。
- (七)泡泡的成分和抑制液面震動效果有關，最好的前三名是刮鬍泡、洗碗精和牛奶，番茄汁最差。
- (八)實驗的流體都有抑制大樓震動的阻尼效果，抑制液面震動效果最好的洗碗精並不是最好的阻尼，只有高樓層有比較好(5F和6F)。
- (九)抑制液面震動效果居中的玉米粉在各樓層都有較佳的抑制大樓震動的阻尼效果。
- (十)每層樓阻尼效果最好的流體都不同，每種流體在不同的樓層阻尼效果亦不同。
- (十一)同一種溶液在不同濃度時，其黏滯性和抑制液面震動幅度有高度的相關例如洗碗精($R^2=0.95$ ， $R=0.97$)，和抑制大樓震動則無相關。

柒、參考資料

(一) 吃軟不吃硬(非牛頓流體) 私立辭修高中，楊宗達、劉怡妏、沈郁慧

<https://www.shs.edu.tw/works/essay/2017/11/20171111115225323.pdf>

(二)非牛頓流體相關名詞解釋：

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%9D%9E%E7%89%9B%E9%A0%93%E6%B5%81%E9%AB%94>

(三) 黏滯性相關名詞解釋：

<https://www.ting-wen.com/file/courseview/14-5D%E6%B5%81%E9%AB%94%E5%8A%9B%E5%AD%B8.pdf>

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%BB%8F%E5%BA%A6>

(四)Phyphox 用手機做物理實驗 文·圖|王恒 教育與互聯網+

<https://mirror1.dsedj.gov.mo/ebook/tmag/57/p34-37.pdf>

(五) 中華民國第57屆全國中小學科展 奶泡阻尼效應之研究：

<https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=13724>