



## 摘要

『工欲善其事、並先利其器』，在研究地震災害對建築物影響的過程中，發現無法模擬地震級數是我們的困擾，因此歷經兩年的研究時間，我們根據中央氣象局公佈的地震分級數，改良地震板。並以此改良設計過的地震板，探討「柱子強弱對房屋耐震程度之影響」、「地基深度對房屋耐震程度之影響」與「底面積形狀對房屋耐震程度之影響」，同時藉由地震板的設計模擬地震強度分級，進行相關耐震的實驗。從實驗結果中發現柱子越粗可使房屋耐震程度增加、高樓的底面積大、重力低、重量重且掌握對稱原則較不容易倒塌、建築的形式要方正簡單，連棟因為可互相的扶持，所以較一般的單棟建築物更為耐震。

## 壹、 研究動機

民國 95 年 12 月 26 日 8 點 26 分屏東縣恆春鎮外海發生了一個 6.7 級的大地震，恆春震度達到 5 級，全台都感覺到強烈搖晃，有一家「正興傢俱行」就是在此地震中倒塌。有鄰居指出，是因為一樓被折了一半，之後沒有補強才會造成倒塌，而屋主卻擁有另外的講法，他認為是道路拓寬時，施工單位正在水溝施工，挖到了房子的地基，一直沒有修復。經過網路搜尋到的相關報導整理推估後認為，正興家具行倒塌的兩項主要原因：(一) 那一帶的建築物中，只有他是獨棟建築，其他都是連成一排，結構較堅固。(二) 房子本身地基受到破壞不穩固。因此推測，如果在地震發生之前加裝一些設備，或許就不會發生這個悲劇了，因此試了一些防震的方法希望能減少災害所造成的悲劇再度發生。

## 貳、 研究目的

由於平時地震模擬不容易，因此本研究首先設計改良地震模擬板，並模擬地震強度分級，以考驗建築物補強效果。再以改良過的地震模擬板，分析探討『柱子強弱對房屋耐震程度之影響』、『地基深度對房屋耐震程度之影響』、『底面積形狀對房屋耐震程度之影響』。從實驗結果尋找降低地震災害的方法，避免因為地震災害造成房屋結構受損而使人們的生命財產受到威脅。

## 參、 研究設備及器材

### 一、研究設備：

編號	名稱	數量	功能
1	電熱器	1 台	洋菜加熱用
2	鐵鍋	1 個	煮洋菜時的容器
3	攪拌匙	1 隻	攪拌用
4	電子天平	1 台	秤洋菜粉的重量
5	腳底按摩機	1 台	模擬左右搖動的地震板
6	長形塑膠盆	1 個	裝模擬地基之用
7	裁刀	1 台	切割用

### 二、研究器材：

編號	項目	數量	功能
1	洋菜粉	1 包	模擬真實土地的地基
2	珍珠板	2 大塊	模擬建築物的樓層地板
3	棋板	1 大塊	做為地震模擬器的地面
4	保麗龍板	5 大塊	模擬房子模型的牆壁
5	吸管	3 包	模擬建築物的支柱
6	鐵絲	1 條	模擬支柱裡的填充物
7	竹筷	3 包	模擬支柱裡的填充物
8	竹籤	3 包	模擬支柱裡的填充物
9	沙	少許	模擬真實土地的地基

## 肆、 研究過程

### 一、地震板設計：

#### A：木製地震板 50cm×50cm

(一) 製作材料：0.2mm 鐵絲一大條、50cm×50cm 木板二塊、寶特瓶一個、透明膠帶、地毯一塊、熱熔槍及熱熔膠

(二) 製作步驟：

- 1.用鐵絲等距離纏繞寶特瓶九圈，即成一個小彈簧，再依此類推重覆八次做成八個彈簧。
- 2.將一塊地毯裁剪成與木板相同大小，使用熱熔膠固定於木板上。
- 3.將八個彈簧分別黏在木板的四個角落及中央處。
- 4.再次確定彈簧是否黏牢，並用膠帶補強。



木製地震板 50cm×50cm

#### B：小地震板 (30×30cm)

(一) 製作材料：0.2mm 鐵絲一大條、30cm×30cm 珍珠板二塊、寶特瓶一個、透明膠帶

(二) 製作步驟：

- 1.用鐵絲等距離纏繞寶特瓶六圈，即成一個小彈簧，再依此類推重覆四次做成四個彈簧。
- 2.將四個彈簧分別黏在珍珠板的四個角落。
- 3.再次確定彈簧是否黏牢，並用膠帶補強。



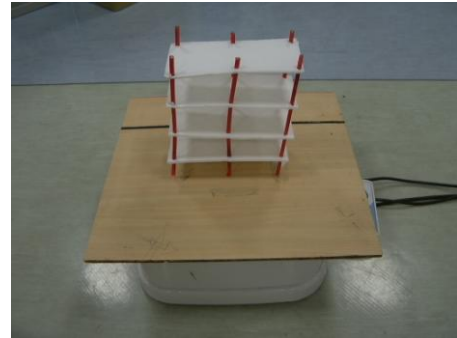
小地震板 (30×30cm)

### C：電動震動器

利用電動按摩機，上頭固定一塊木板模擬地震左右晃動的情形。



電動震動器



利用電動震動器進行試驗

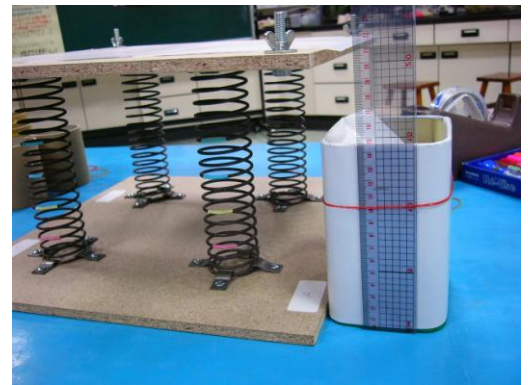
### D：震動測試臺(康軒教具) (40cm×40cm)

(一)組合零件：40cm×40cm×0.9cm 塑合板二塊、壓縮彈簧(線徑 0.3cm；圈徑 5cm；長度 20cm；圈數 20 圈)、六角螺栓(長度 3cm；直徑 0.7cm；蝶帽及墊片)四組。

(二)安裝步驟：

利用鎖片將四個彈簧兩端分別固定在基板與底板上。

※ 結果：因為珍珠板的材質較軟，而且面積不夠大，底下的彈簧太短再加上彈力不夠，做為地震模擬實驗時比較不準確；因此選用木製地震板來進行上下左右的地震模擬實驗，而電動震動器則做為模擬左右晃動的地震情形。



### 二、地震分級表轉換：

A、「交通部中央氣象局地震震度分級表」(八十九年八月一日公告) 註：1gal = 1cm/sec\*sec

震度(級)	名稱	震動程度	震度階
0	無感	地震儀上有紀錄，人體無感覺。	0.8gal 以下
1	微震	人靜止時，或對地震敏感者可感覺到。	0.8~2.5gal
2	輕震	門窗搖晃，一般人均可感覺到。	2.5~8.0gal
3	弱震	房屋搖動，門窗格格有聲，懸物搖擺，盛水動盪，靜止汽車明顯搖動。	8.0~25gal
4	中震	房屋搖動甚烈，不穩物傾倒，較重傢俱移動，可能有輕微災害。	25~80gal
5	強震	牆壁龜裂，牌坊、煙囪傾倒，駕駛汽車者可感震動，重傢俱可能翻倒，設計不良之建築物有相當損害，大多數人因驚嚇而感不安。	80~250gal
6	烈震	重傢俱翻倒，房屋倒塌，駕駛汽車者嚴重受擾，井水發生變化，鐵軌扭曲。	250~400gal
7	劇震	山崩地裂，地層斷陷，地面顯著裂開，房屋與大樓倒塌，建築基礎破壞。	400gal 以上

B、地震震度指標模擬：依照地震震度的情形，利用徒手下壓的方式來模擬地震的震度：

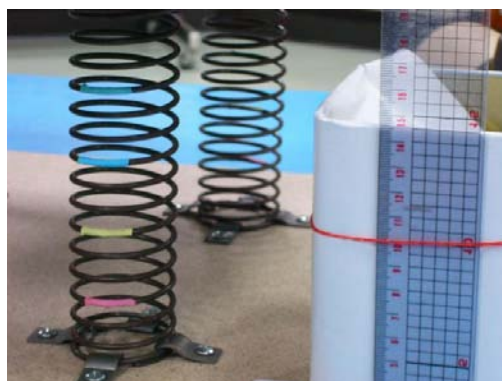
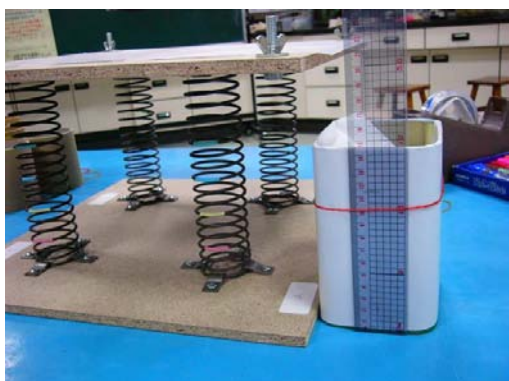
A：木製地震板 50cm×50cm（地震強度模擬表）

震度(級)	名稱	震度階	下壓深度
1	微震	0.8~2.5gal	下壓 0.5cm
2	輕震	2.5~8.0gal	下壓 1.5cm
3	弱震	8.0~25gal	下壓 2.5cm
4	中震	25~80gal	下壓 3.5 cm
5	強震	80~250gal	下壓 4.5 cm
6	烈震	250~400gal	雙手壓到底
7	劇震	400gal 以上	四隻手壓到底



D：震動測試臺(康軒教具)（40cm×40cm）（地震強度模擬表）

震度(級)	名稱	震度階	操作方式
1	微震	0.8~2.5gal	A 彈簧第 1 格下壓 0.5cm
2	輕震	2.5~8.0gal	A 彈簧第 1 格下壓 1cm
3	弱震	8.0~25gal	A 彈簧第 3 格 下壓 3cm
4	中震	25~80gal	A 彈簧第 6 格下壓 3cm
5	強震	80~250gal	A 彈簧第 9 格下壓 3cm
6	烈震	250~400gal	A 彈簧第 12 格下壓 3cm
7	劇震	400gal 以上	A 彈簧第 17 格下壓 5cm



### 三、柱子強弱對房屋耐震程度之影響

(一) 柱子材料和耐震度的關係比較：

1. 步驟：

- (1) 將塑膠瓦楞板切成 9×9cm 的規格。
- (2) 在距離四個角落 1 公分的地方打洞。
- (3) 將長 22cm 的吸管當成柱子，穿過洞口。
- (4) 將上述的方法連續做四次便成一棟三層樓房的模型。
- (5) 做出三個模型，柱子分別以中空、竹籤、和竹筷。
- (6) 將三個模型分別放在地震板上比較試驗。



樓 A：吸管中空



樓 B：竹籤



樓 C：吸管中插入竹筷

※結果：

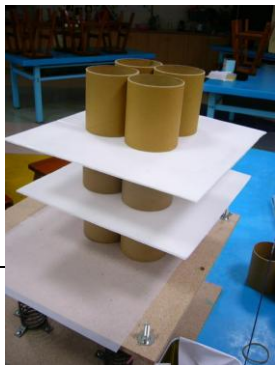



	測試級數	倒塌程度
樓 A (中空)	3	容易
樓 B (竹籤)	4	普通
樓 C (竹筷)	6	難

依實驗得知柱子中空的模型容易倒塌，加入竹籤的效果次之，以竹筷的效果最好。

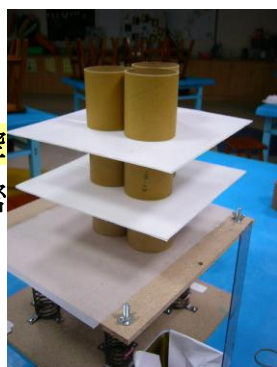
(二) 紙捲筒底部有無和耐震度的關係比較：

1.材料：30x30cm 的紙板x2、紙捲筒（外徑 8.3、內徑 7.6cm、高 9.4cm）10 個、地震板、塑膠瓦楞板 2 個。

- 2.步驟：（1）利用紙捲筒以疊積木一樣的方式來模擬。  
 （2）分別用 3 個及 4 個紙捲筒疊成 3 層進行比較。  
 （3）記錄實驗結果。

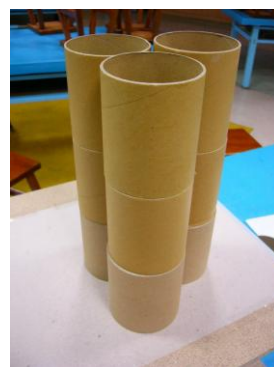
底部有無 層數與紙筒數	有	無
圖示 四個紙筒 三層		
三個紙筒 三層		

結果：利用空  
多愈密



有倒，✓代表有倒。

比較不會倒塌；若『基底隔震』的效果



愈





#### 四、地基深度對房屋耐震程度之影響：

##### (一) 不同地基的試驗

###### 1、保麗龍

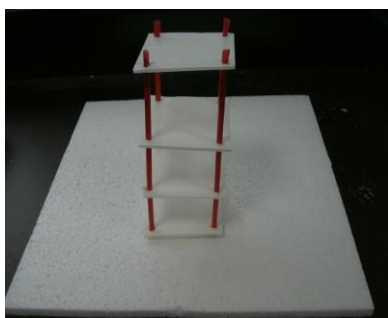
- (1) 將保麗龍裁減成適當大小,置於地震板上。
- (2) 把牙籤黏在建築物底點，,然後插入地震板上的保麗龍中進行實驗.

###### 2、沙

- (1) 直接把沙裝入長型容器內 (L36.85xW28.5xH8cm)
- (2) 再將模型置入進行測試

###### 3、洋菜凍

- (1) 先把 2000c.c.的水倒入鐵鍋中並加入洋菜粉 25 克。
- (2) 以加熱器加熱至 60 度，過程中需一直攪拌直到糊狀。
- (3) 趁熱倒入容器中，然後放置常溫下冷卻。
- (4) 製成的洋菜凍規格：長 21cm 寬 29cm 高 3cm 重 90g。
- (5) 將模型置入進行測試。



保麗龍地基



沙地基



洋菜凍地基

※ 結果：因為保麗龍的材質關係，再加上厚度不夠，做為試驗用的地基時容易讓模擬的建築物倒塌，效果並不理想；沙的穩定性不夠，效果也不佳；洋菜凍模擬的地基具備固體的硬度及土壤的彈性，在實驗過程中效果都比前二者佳，其可重覆使用的特性可減少資源的浪費，惟獨在室溫之下會有發霉的缺點，是其美中不足之處。

## 五、底面積形狀對房屋耐震程度之影響：

(一) 不同底面積形狀的比較 (以三層樓方型建築排列)：

1. 做 11 個三層樓高的房子模型 (9x9x22)
2. 排出不同形式的底面積。
3. 再放在地震板上依照不同地震級數測試。
4. 記錄搖晃後剩下的房子數作為實驗結果。

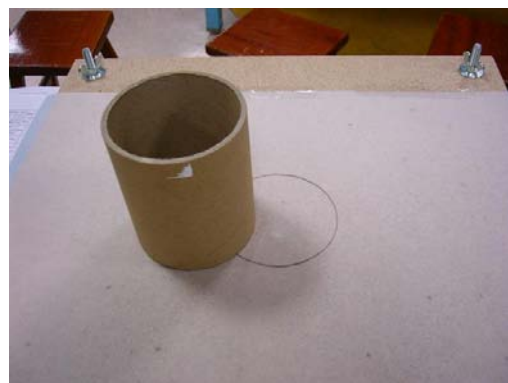
底面積排法 地震級數	E 字	I 字	T 字	N 字	V 字	O 字	Q 字	Z 字	C 字	L 字	∩字
0 級	11	8	8	11	7	10	10	10	9	9	10
1 級	11	8	8	11	7	10	10	10	9	9	10
2 級	11	8	8	11	7	10	10	10	9	8	10
3 級	11	8	7	10	7	10	9	8	9	8	10
4 級	10	8	7	8	7	8	6	8	8	7	10
5 級	9	6	5	3	4	7	5	8	5	6	10
6 級	1	1	0	1	0	2	1	1	1	1	6
結果	○	○	×	○	×	○	○	○	○	○	○
名次 (最穩固結構)	6	3	8	6	7	2	5	5	4	4	1




備註：○表示沒全倒，×表示全部倒塌。

結果：本實驗結果∩字型最佳，其次為 O 字型；最差的為 T 字型及 V 字形。因此可推知建築物底面積如果設計成規則、簡單、對稱時具有較高的防震安全性，因為建物長度過長時，容易造成建築物端部的破壞。建築物平面轉折的部分在地震時也可能因為應力集中現象而導致破壞。

(二) 不同底面積形狀的比較 (以圓形紙捲筒排列)：

1. 以紙捲筒 (外徑 8.3、內徑 7.6cm、高 9.4cm) 排出不同形式的底面積。
2. 再放在地震板上依照不同地震級數測試。
3. 先在建築物正中央畫一個標準參考點。
4. 再記錄紙捲筒位移情形作為實驗結果。



底面積排法 地震級數	 V 字形	 三角形	 正方形	 五角形	 六角形	 奧運梯形
使用紙筒數	5	3	4	5	6	5
1 級	0cm	0cm	0cm	0cm	0cm	0cm
2 級	0cm	0cm	0cm	0cm	0cm	0cm
3 級	0cm	0cm	0cm	0cm	0cm	0cm
4 級	0cm	0.2cm	0.1cm	0cm	0.1cm	0.1cm
5 級	0.3cm	0.3cm	0.1cm	0.1cm	2cm	2cm
6 級	1cm	3cm	5cm	2cm	3cm	3cm
7 級	5cm	4cm	5cm	5cm	3cm	5cm

結果：本實驗結果以六級地震而言，V 字形結構位移情形最小，其次為五角形、三角形和六角形和奧運梯形；最差的為正方形。推測原因應該是正方形四點受力不均所導致的。V 字形結構位移情形最小，應該是受力分散的緣故。

## 伍、 研究結果

### 一、 柱子強弱對房屋耐震程度是否有影響？

依實驗得知柱子中空的模型容易倒塌，加入竹籤的效果次之，以竹筷的效果最好。因此推估，建築物本身的柱子如果粗壯，結構就會更穩固，當地震發生時，其耐震程度也會較好。

### 二、地基深度對房屋耐震程度之影響如何？

由實驗得知，保麗龍的材質及厚度不夠，沙的穩定性不夠，因此防震效果也不佳；洋菜凍模擬的地基具備固體的硬度及土壤的彈性，在實驗過程中效果都比前二者佳，由此可知，地基穩固而且有一定的深度可增加房屋的耐震程度，樓層越高地基就要越深。

### 三、底面積形狀對房屋耐震程度之影響？

建築物底面積如果設計成規則、簡單、對稱時具有較高的防震安全性，因為建築物長度過長時，除了熱脹冷縮會導致額外應力造成裂縫外，在地震時也很容易造成建築物端部的破壞。建築物平面轉折的部分在地震時經常因為應力集中現象而導致破壞。

從實驗結果中發現柱子越粗可使房屋耐震程度增加、高樓的底面積大、重力低、重量重且掌握對稱原則較不容易倒塌、建築的形式要方正簡單，連棟因為可互相的扶持，所以較一般的單棟建築物更為耐震；建築的高低需相等，無謂的藝術建築只會使建築物更容易倒塌。

## 陸、 討論

這兩年斷斷續續的研究中，我們做了很多和地震及房屋結構有關的實驗，一開始便遇到許多挫折及困難，尤其在木製地震板時就花了將近一年的時間，尋找材料與改良，用鐵絲捲製而成的彈簧容易變形。最後以康軒版提供的教具-震動測試臺，方能解決上述問題，實驗才能一一進行。另一方面，在房屋結構設計上，以紙黏土做成的房子不易改裝，利用竹筷或吸管以熱熔膠黏製而成的房子，做的歪七扭八，相當沮喪。最後選用了紙捲筒來代替房屋模型，才算克服此一問題。最後，根據中央氣象局公佈的地震分級數，改良地震板。並以此改良設計過的地震板，探討「柱子強弱對房屋耐震程度之影響」、「地基深度對房屋耐震程度之影響」與「底面積形狀對房屋耐震程度之影響」，同時藉由地震板的設計模擬地震強度分級，進行相關耐震的實驗。

## 柒、 結論

我們無法預測發生地震的時間，但是可以妥善做好防震措施，根據實驗結果，歸納下列幾點房屋結構增強方法：

- 一、柱子越粗越好；地基越深越好，這都可使房屋耐震程度增加。
- 二、底面積越大、重心越低、越穩；底面積形狀掌握對稱原則較不容易倒塌；尤其是越接近圓形防震效果越好。
- 三、建築的形式要方正簡單，連棟因為可互相的扶持，所以較一般的單棟建築物更為耐震。
- 四、基底隔震確實能妥善發揮功能。

有人預言，未來的建築物在地震中可以像漂在水中的船一樣搖擺而不倒塌（筏式建築）。現在，一種防震減災的基礎隔震新技術應用於建築中，可以使房屋建築在大地震中保持完好無損、安全可靠。因為時間之故，未來希望也能繼續模擬出能夠自由滑動以減少地震力的高樓，並且進行相關的實驗。

## 捌、 參考資料

1. 陳志瑋（民 91）。彈簧鋼珠與地震。中華民國第四十二屆中小學科展作品說明書（國小組報告編號：080804）
2. 張凱翔、彭偉誠…等（民 93）。921 地震，房子倒不倒有關係。中華民國第四十四屆中小學科展作品說明書（國小組報告編號：080509）
3. 張慈瑩…等 4 名。磚牆的結構、座向能減輕地震損害嗎。中華民國第二十一屆中小學科展作品說明書
4. 房屋為何會倒 <http://home.kimo.com.tw/godredric/index2.htm>
5. 撼天動地地震科學探索 [http://www3.nstm.gov.tw/earthquake/C\\_1\\_1\\_a.htm](http://www3.nstm.gov.tw/earthquake/C_1_1_a.htm)
6. 地震防護 [http://www.cwb.gov.tw/V5/seismic/quake\\_protect.htm](http://www.cwb.gov.tw/V5/seismic/quake_protect.htm)

【評語】 081563 誰是不倒翁~探究房屋耐震程度

- 1.實驗模擬構造耐震作用。有概念但有許多細節未注意到。例如組成物質結構物特性。
- 2.宜加強改進組成物質材料等實驗設計。