

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組地球科學科

080509

臺中縣后里鄉內埔國民小學

指導老師姓名

林清福

張櫻玉

作者姓名

張凱翔

彭偉誠

張怡馨

陳豐益

吳嘉訓

## 921 地震，房子倒不倒有關係

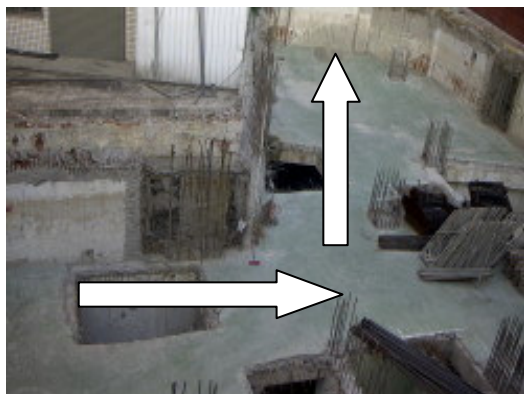
### 壹、摘要：

本作品主要是探討「建築物的底面形狀和耐震程度的關係」及「建築物輔助支撐和耐震程度的關係」，最後進而由學生自發性的提出問題來討論，最難得的是小組的成員主動提出 88 年 729 大停電、921 地震，都是因為高壓電塔倒塌，造成全台大停電，而要求要拿出小組經過討論後，認為最耐震的建築及支撐和高壓電塔的支撐一決雌雄，在實驗的過程中，我們發現建築物的底面形狀確實和耐震的程度有關，我們推論豐田大樓(底面 L 形)倒塌的原因，發現 921 大地震的搖動方向為東西向，而豐田大樓在這個方向卻沒有對稱軸，而產生較大的扭力(由附件 4、5 頁線形圖)可看出除左右的振幅，其前後的晃動也很嚴重，而文化廣場底面長方形但接近於正方形)在 921 大地震的搖動方向為東西向時，它的南北方向有一條對稱軸，這是否就是同為 12 樓公寓建築，豐田大樓樑柱嚴重受損，被判定全倒，而隔壁的文化廣場卻掉幾塊磁磚的原因。

實驗過程我們也發現，在建築物加上輔助支撐，可以大幅度改善建築物的耐震性，其中不同的輔助支撐，改善的程度也不相同，其中又以 X 形輔助支撐，在大地震來臨時，最能改善建築物本身的耐震性，甚至最後我們小組把它和高壓電塔支撐做個震動幅度比較，我們也發現，X 形支撐優於高壓電塔支撐，這是本小組引以為傲的事，更重的是 X 形支撐，所使用的材料比高壓電塔支撐，幾乎節省一半。

### 貳、研究動機

發生在民國 88 年 9 月 21 日凌晨 1 點 47 分的 921 大地震，為台灣帶來有史以來最大的災害，尤其以本縣(台中縣)及南投縣因車籠埔斷層經過，及震央所在受創最為嚴重，死傷也最慘重，造成這麼多人死傷的原因，無非是建築物的倒塌，其中還包括許多學校，老師告訴我們，其實后里鄉在五十幾年前也發生過敦仔腳大地震，當時的死傷也非常慘重，原因又是建築物的倒塌，本校又在敦仔腳斷層一百公尺以內，難道沒有比較耐震的建築嗎?於是老師帶我們幾個小毛頭到台中縣文化中心對面，實地觀察、測量我們發現兩棟建築的底面形狀不同，**就推想建築物底面形狀跟耐震程度應該有所關連**，老師就帶領我們從建築結構的變化和耐震程度做一連串的實驗、探討和比較，**為了拍攝豐田大樓的底面形狀，我們和老師還本著科學家「不達目標，絕不放棄」的精神。**





## 貳、研究前傳

老師說研究科學不應只有少數優秀學生，應該推廣到全校學生，「自然科學創意比賽」，第一屆是建築結構錦標賽(和本次科展較有關係)，我們小組可是表現優異才被老師選上當科展小組，第二屆是氣體動力車設計錦標賽，。



像鳥籠的建築有夠耐震嗎?(第一屆)



科展好好玩，看我們合作無間(第一屆)



評審正在傷腦筋(第二屆氣動車)



我的車夠酷吧!(第二屆氣動車)

## 參、研究目的

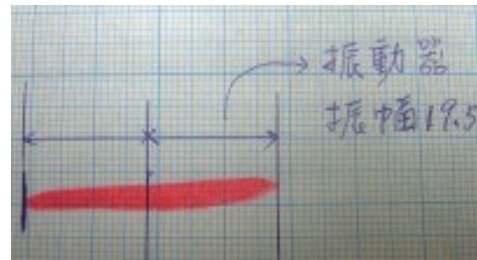
- 一、用哪種筆來畫震幅會比較好呢?
- 二、改變樓房底面形狀(不加輔助支撐)，探討一樓、二樓、三樓震動情形
- 三、探討在相同樓層，相同震動級數，不同輔助支撐，各種底面形狀耐震動比較
- 四、探討縮小模型，底面形狀正方形，不同輔助支撐在左右振動方向抗地震水平力比較
- 五、探討縮小模型，底面形狀正方形，不同輔助支撐在上下振動方向抗垂直重力比較
- 六、探討在相同樓層，相同輔助支撐，不同震動級數，各種底面形狀耐震動比較
- 七、探討在相同震動級數，相同輔助支撐，不同樓層，各種底面形狀耐震動比較
- 八、科展成員自製最佳耐震支撐結構和高壓電塔支撐結構做耐震比較

## 肆、研究器材

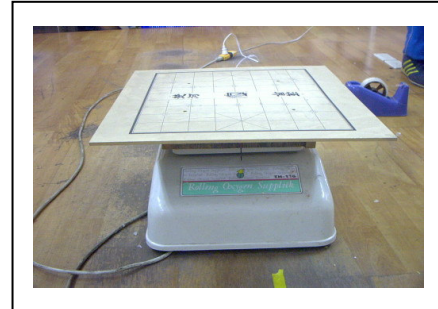
振動計數器一個

自製改裝震動器一組(下圖一) 自製改裝震動器的震幅 19.5mm(上面不放建築物)

自製振幅測量儀器一個(下圖二)  
 自製電動方格紙捲動器一組(圖三、圖四)  
 方格紙 500 張  
 鐵塊若干個  
 熱熔槍 4 支  
 熱熔膠若干支  
 螢光筆 10 支  
 馬達齒輪組一組  
 竹筷子五包  
 350 克重彈簧秤 2 個



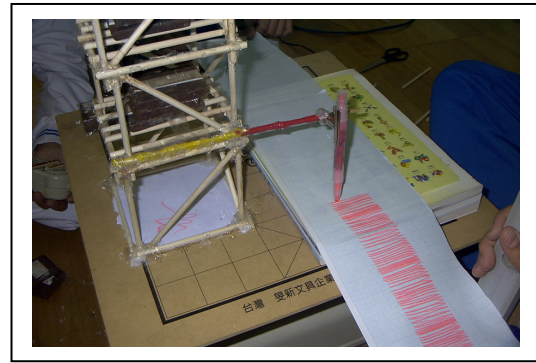
自製改裝震動器的震幅 19.5mm



(圖一)



(圖三)



(圖二)



(圖四)

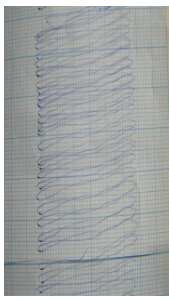
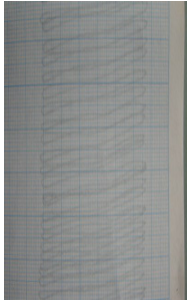
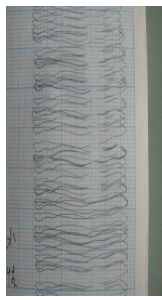
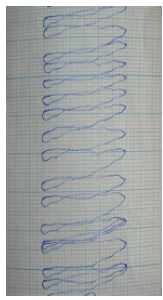

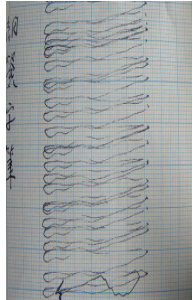


實驗器材組合圖

## 伍、研究過程

研究活動(一)：  
 用哪種筆來畫震幅會比較好呢？



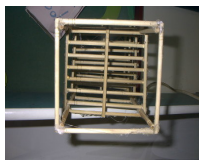




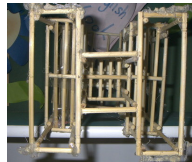






	原子筆	鉛筆	水性筆	細字奇異筆	螢光筆	細字簽字筆
圖片						
結果	筆出水量不平均，有些地方線條太細，看不清楚。	筆顏色太淡，愈畫筆蕊愈短，愈不清楚。	筆有跳動的情形，造成有些地方畫不到線。	筆會抖動，出水量也不太平均。	筆出水量很平均、穩定，畫出的線穩定，但容易沒水。	筆抖動太厲害，可能是筆和方眼紙摩擦太大，出水量也有不均的現象。

討論：

經過小組討論，每一種筆都有優缺點，但如果以要求平順、出水量穩定的考量，我們決定採用**螢光筆**來畫振幅。

研究活動(二)：

改變樓房底面形狀(不加輔助支撐)探討一樓、二樓、三樓震動情形

正方形	長方形	正五邊形	正六邊形	L 形	H 形
					
					

面積:( 平方公分)

正方形	長方形	正五邊形	正六邊形	L 形	H 形
$13 \times 13 = 169$	$10 \times 17 = 170$	半徑=7.5 $7.5 \times 7.5 \times 3.14 = 176.625$	半徑=7.5 $7.5 \times 7.5 \times 3.14 = 176.625$	$15 \times 15 - 7 \times 7 = 176$	$15 \times 15 - 5 \times 5 \times 2 = 175$

控制變因：

樓層底面積 169~175 平方公分(因為底面形狀不同),熱熔膠每個接點約用 4cc

樓層 4 樓,每層高度 10 公分,主柱接合處 2 公分，

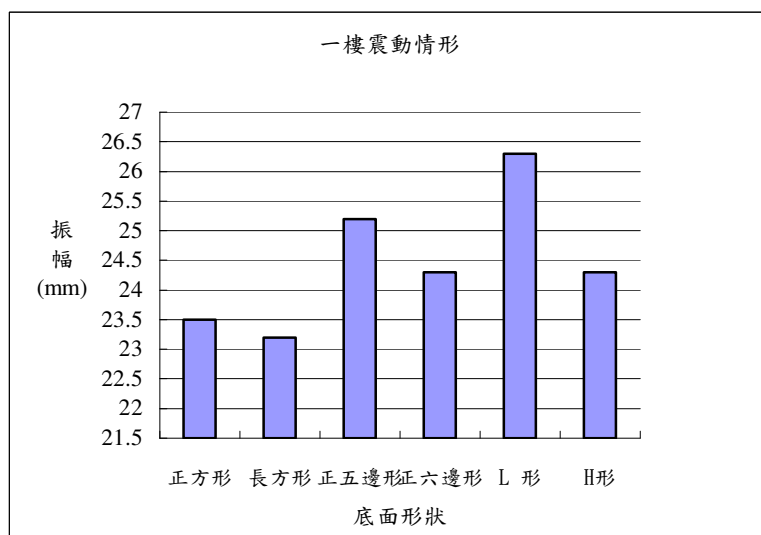
負重 2.3 公斤，模擬房屋的重量，一樓放 0.8 公斤，二樓放 0.8 公斤，三樓放 0.7 公斤，  
用雙面膠及膠帶固定在各樓層。

震動次數 95 次/分,震動時間 60 秒

一樓震動情形：

振幅 mm 底面 形狀	第一 次	第二 次	第三 次	平均 振幅
正方形	23	24	23.5	23.5
長方形	23	23	23.5	23.2
正五邊 形	25	25.5	25	25.2
正六邊 形	24	24.5	24.5	24.3
L 形	26	26	27	26.3
H 形	24.5	24	24.5	24.3

表格一

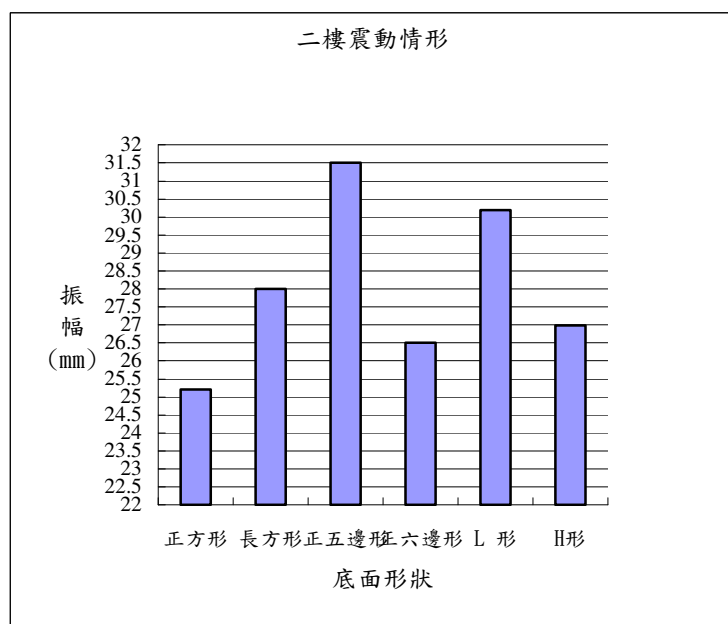


圖一

二樓震動情形：

振幅 mm 底面 形狀	第一 次	第二 次	第三 次	平均 振幅
正方形	25	25.5	25	25.2
長方形	27	28	28	28
正五邊 形	31.5	31	32	31.5
正六邊 形	26.5	26	27	26.5
L 形	30	31	30	30.2
H 形	26.5	27	27.5	27

表格二(線形請參考附件表二)



圖二

討論：

在一級震動，建築物二樓的振幅就有比較明顯的差異，我們發現正方形、正六邊形、H形振幅較小，而正五邊形、L形振幅較大，而且從附件表二的線形圖，我們發現除正方形、H形之外，其他底面形狀的建築都有前後晃動的現象，和老師討論後，我們認為這是扭力造成的。

三樓震動情形：

振幅 cm 底面 形狀	第一次	第二次	第三次	平均 振幅
正方形	29	30	29.5	29.5
長方形	34.5	35	34	34.5
正五邊形	42	41	40	41
正六邊形	29	30	29	29.3
L形	42	43	41	42
H形	32	33	32	32.3

表格三(線形請參考附件表三)

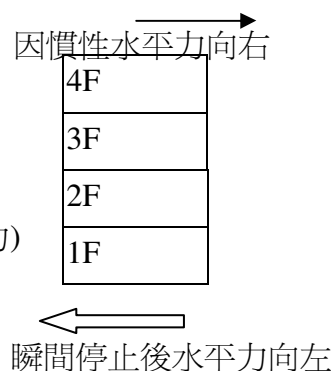
討論：

在一級震動下，建築物三樓的振幅有更明顯的差異，其中振幅較小的依然是正方形、正六邊形、H形，其中又以正方形表現最佳，而正五邊形、L形振幅明顯偏大，而且從附件表三的線形，我們驚訝的發現，長方形、正五邊形、L形前後晃動很厲害，尤其L形更是嚴重，我們推敲可能原因，L形在左右振動的方向並沒有對稱軸，而正五邊形雖有對稱軸，但對稱邊都較短，而且沒有平行，無法有效分散因震動產生的扭力。

這個研究活動我們發現幾個有趣的事，第一、不同的底面形狀果然和振幅有相關，而且以正方形最耐震，L形、五邊形最不耐震。第二、L形、五邊形除左右振幅很大之外，它們前後晃動也很嚴重，推想可能在左右震動方向，沒有對稱軸，以至於震動帶來的扭力無法有效分散到其他樑柱。

為什麼會產生扭力?我們和老師討論原因，當振動來到**振幅的波峰和波谷時，會有瞬間停止的現象**，但是建築物因慣性的作用，再加上建物的重量，無法馬上停止，於是就在力的方向產生左右、前後的晃動。

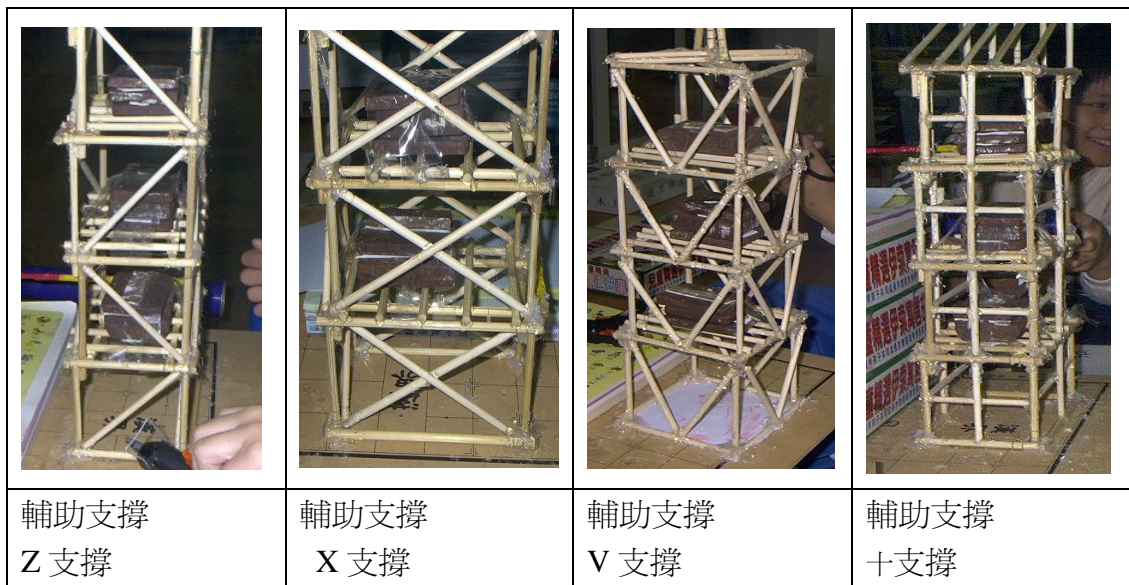
(同一棟建築物上下水平力相反方向產生扭力)



研究活動(三)：

探討在相同樓層，相同震動級數，不同輔助支撐，各種底面形狀耐震動比較





震動級數	一級	二級	三級
每分鐘 震動次數	95 次	115 次	165 次

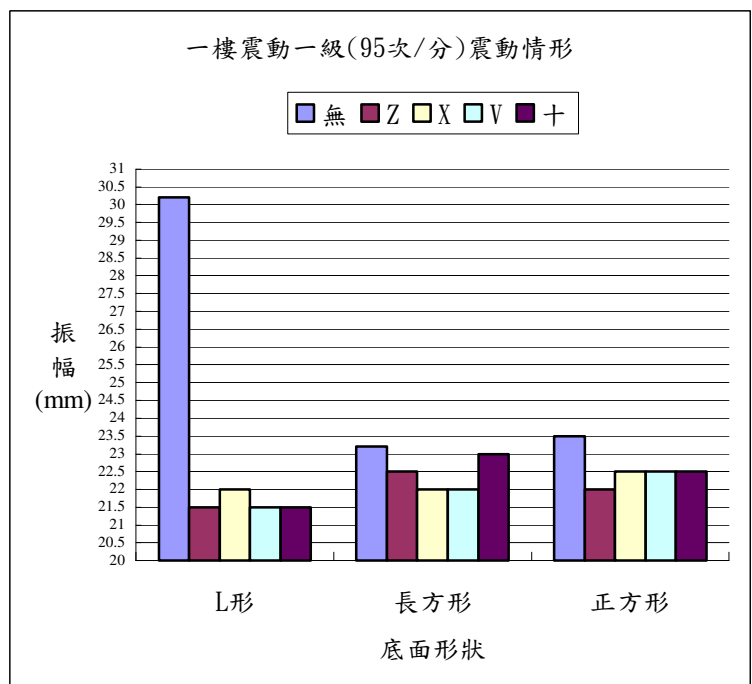
#### 實驗 1.



#### 一樓震動 1 級(95 次/分)震動情形：

振幅 mm	正 方 形	長 方 形	L 形
輔助 支撐			
無輔助 支撐	23.5	23.2	30.2
Z 支撐	22	22.5	21.5
X 支撐	22.5	22	22
V 支撐	22.5	22	21.5
十支撐	22.5	23	21.5

表格四



圖四

#### 討論：

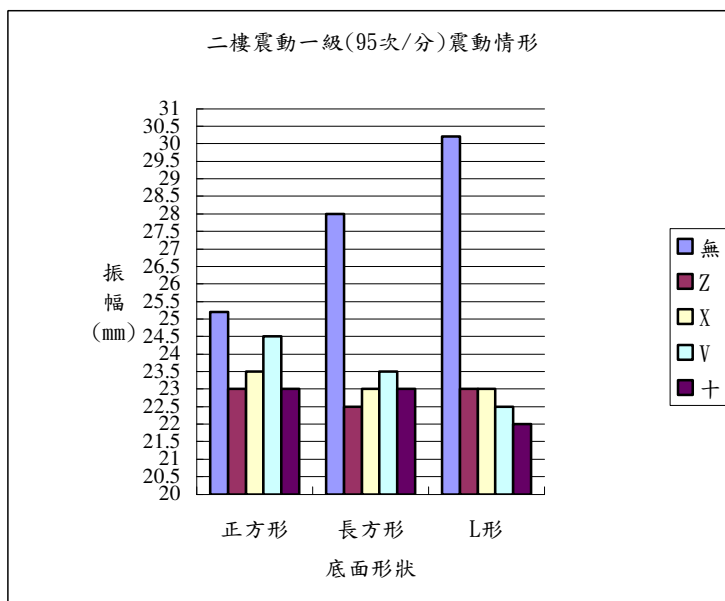
因為 921 大地震之後，一些鋼筋混凝土的建築倒塌，有些專家認為鋼骨建築會比較耐震，於是鋼骨建築一時興起，但是我們發現它們大都沒有輔助支撐，小組突發奇想，如果它們加上輔助支撐會如何？

#### 實驗 2.

二樓震動 1 級(95 次/分)震動情形：

振幅 mm 輔助 支撐	正 方 形	長 方 形	L 形
無輔助 支撐	25.2	28	30.2
Z 支撐	23	22.5	23
X 支撐	23.5	23	23
V 支撐	24.5	23.5	22.5
十支撐	23	23	22

表格五



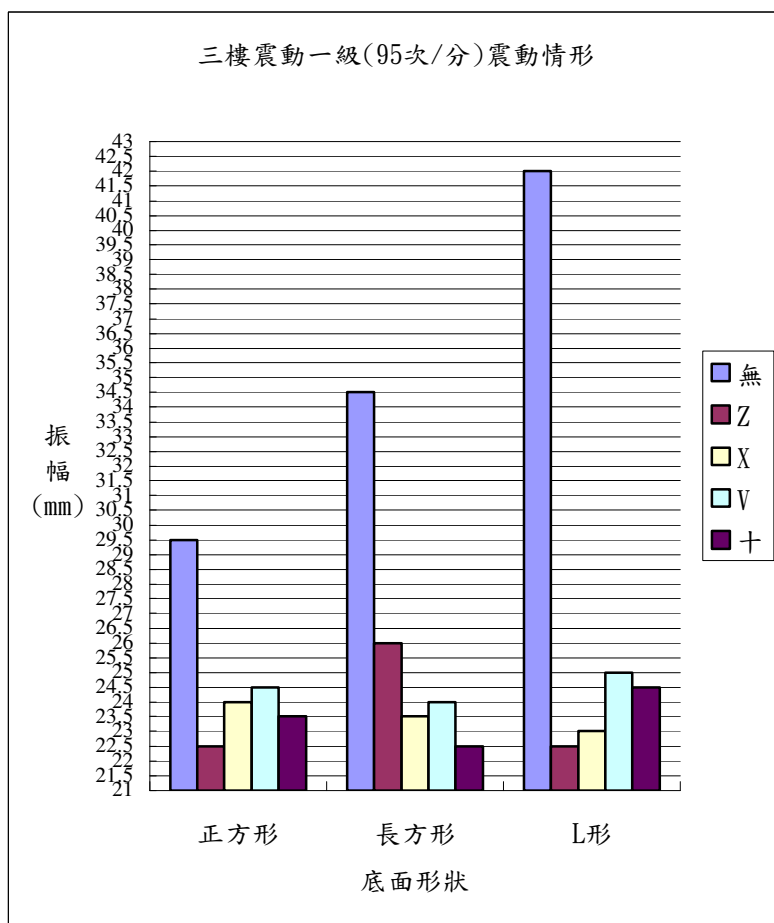
圖五

實驗 3.

三樓震動 1 級(95 次/分)震動情形：

振幅 mm 輔助 支撐	正 方 形	長 方 形	L 形
無輔助 支撐	29.5	34.5	42
Z 支撐	22.5	26	22.5
X 支撐	24	23.5	23
V 支撐	24.5	24	25
十支撐	23.5	22.5	24.5

表格六



圖六

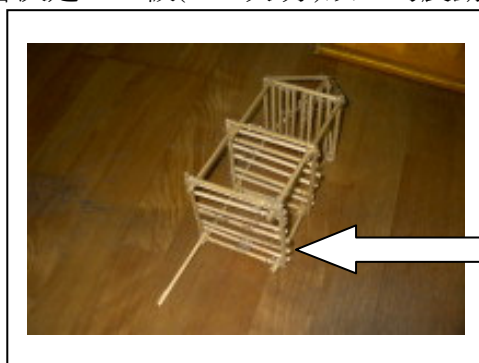
討論：

隨著樓層增高，輔助支撐確實大大的減低建築的振動幅度，如果鋼骨結構再加上輔助支撐，我們想再大的地震，也能有效降低建築的振幅，一級三樓的振幅由數據比較都比二樓來得大一些。

輔助支撐方面，正方形和 Z 支撐的搭配似乎不錯，不過這必須經更大級數的振動考驗再下定論。

實驗 4.

因為負種 2.3 公斤，在無輔助支撐下，**面對 115 次/分的震動**，正方形建築居然從二樓斷成兩半，所以小組開會決定，二級(115 次/分)以上的震動都要加輔助支撐，以免又斷裂

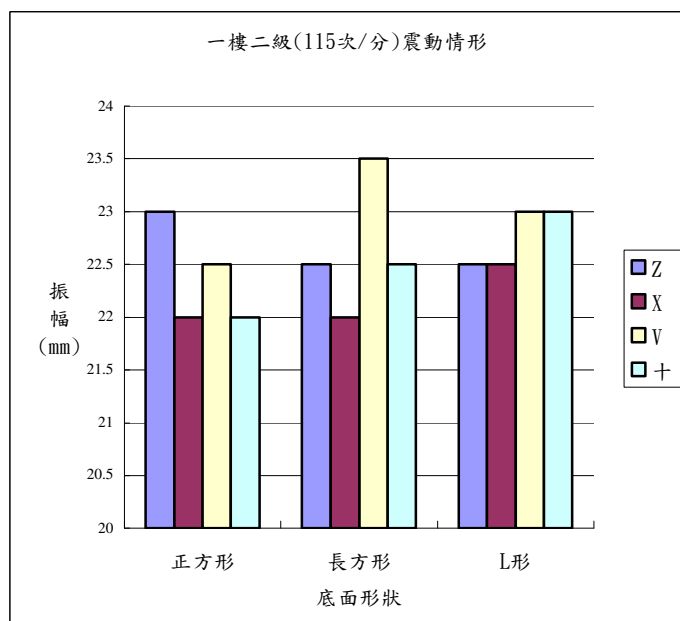


斷裂都在樑柱交接處

一樓震動 2 級(115 次/分)震動情形：

振幅 mm	正 方 形	長 方 形	L 形
支撐			
Z 支撐	23	22.5	22.5
X 支撐	22	22	22.5
V 支撐	22.5	23.5	23
十支撐	22	22.5	23

表格(七)



圖七

討論：

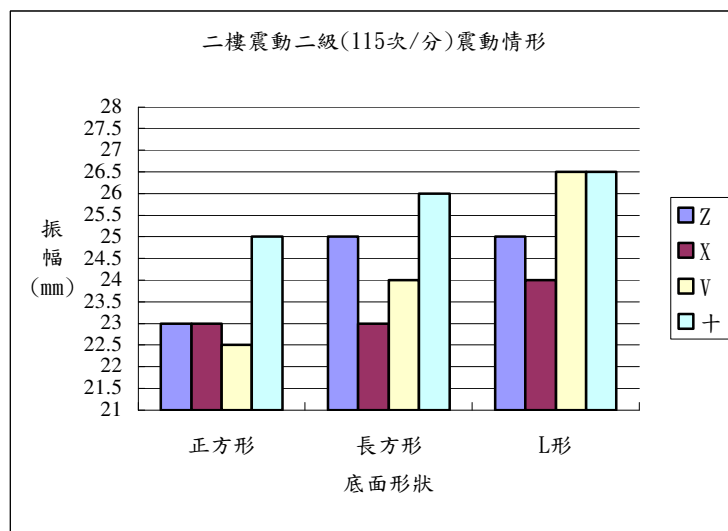
隨著級數增加，底面正方形建築居然從樑柱接合處斷裂，所以我們推論，當大地震發生時，**樑柱接合的轉折點應該就是扭力、應力集中處**。

實驗 5.

二樓震動 2 級(115 次/分)震動情形：

振幅 mm	正 方 形	長 方 形	L 形
輔助 支撐			
Z 支撐	23	25	25
X 支撐	23	23	24
V 支撐	22.5	24	26.5
十支撐	25	26	26.5

表格八(線形請參考附件表八)



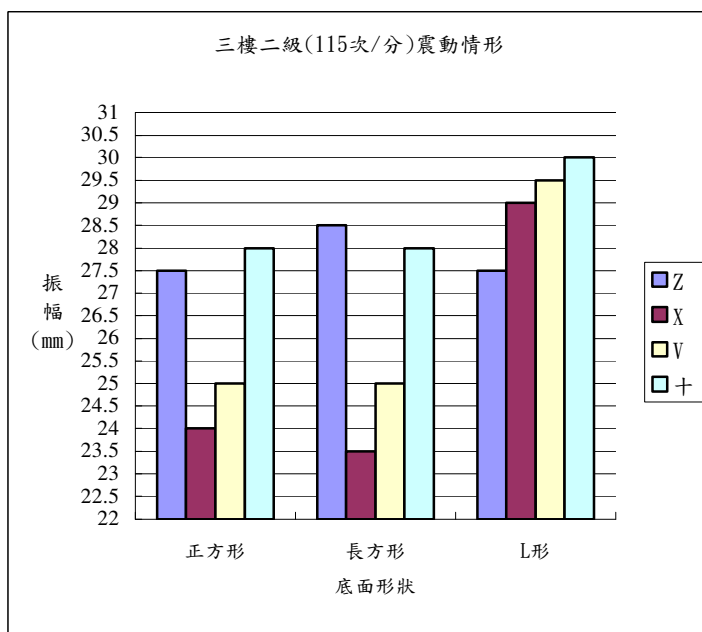
圖八



## 實驗 6.

三樓震動 2 級(115 次/分)震動情形：

振幅 mm 輔助 支撐	正 方 形	長 方 形	L 形
Z 支撐	27.5	28.5	27.5
X 支撐	24	23.5	29
V 支撐	25	25	29.5
十支撐	28	28	30



表格九(線形請參考附件表九)

討論:

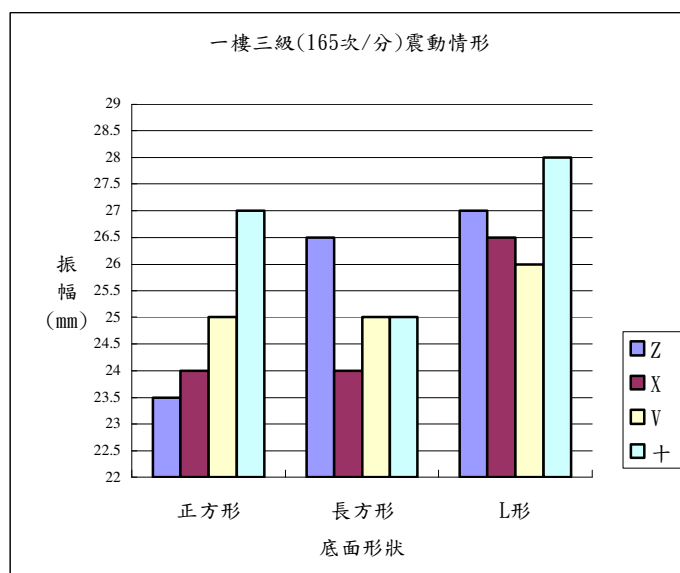
圖九

樓層增加，我們發現 X 支撐較其他支撐明顯穩定，而 L 形在各種支撐的振幅相對都比正方形、長方形大，由此我們推想，建築物的樑柱結構、底面的對稱性是非常重要的，否則有在好的支撐都難以補救，唯一的補救方法，應該從樑柱的配置著手。

## 實驗 7.

一樓震動 3 級(165 次/分)震動情形：

振幅 mm 輔助 支撐	正 方 形	長 方 形	L 形
Z 支撐	23.5	26.5	27
X 支撐	24	24	26.5
V 支撐	25	25	26
十支撐	27	25	28



表格十(線形請參考附件表十)

討論:

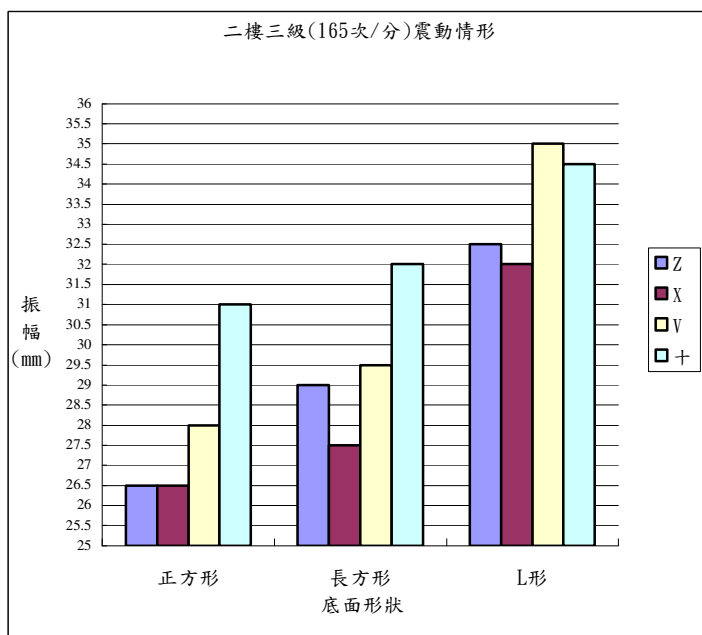
圖十

三級振動已是模擬大地震來臨，振幅比一級、二級都來得大，L 形在各種支撐中振幅依然是較大，尤其由附件表十中，可見 L 形加十字支撐的結構，左右振幅及前後晃動都是最大，我們和老師討論的結果，認為大地震帶來的能量往往是輕度、中度的幾十倍以上，所以產生的水平扭力也特別大，如果建築物本身對稱性不好，再加上輔助支撐無法有效分擔樑柱上的水平力，就容易造成左右、前後的振動較大。

## 實驗 8.

二樓震動 3 級(165 次/分)震動情形：

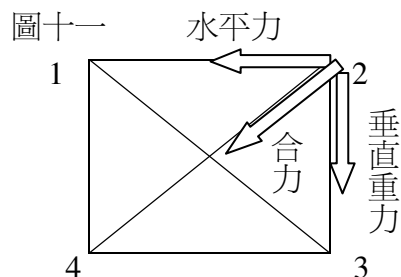
振幅 mm 輔助 支撐	正 方 形	長 方 形	L 形
Z 支撐	26.5	29	32.5
X 支撐	26.5	27.5	32
V 支撐	28	29.5	35
十支撐	31	32	34.5



表格十一(線形請參考附件表十一)

討論:

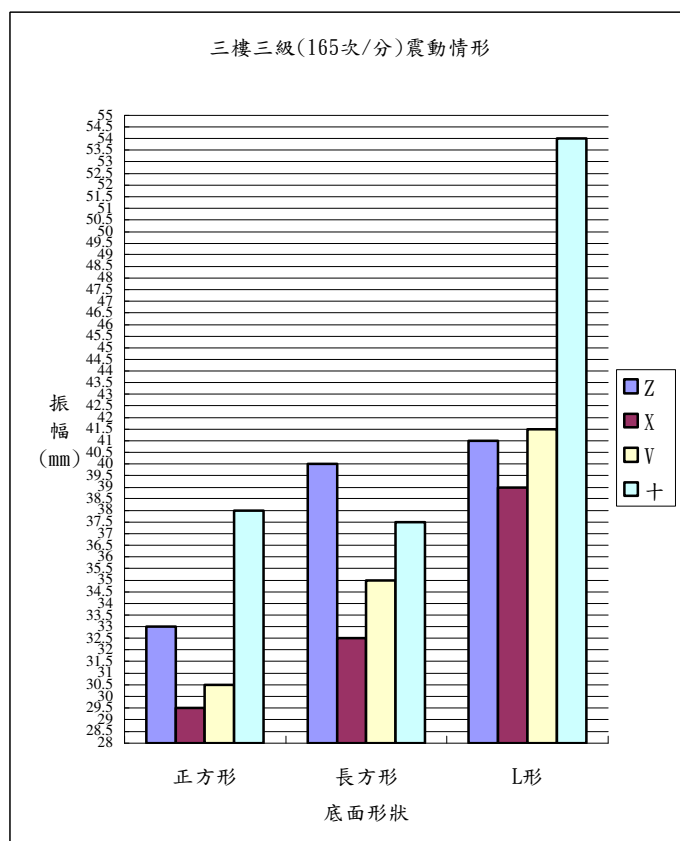
大地震時，X 支撐最穩定，我們和老師討論結果 X 支撐的**支撐點剛好都在樑柱的交點上**，可以有效的分擔樑柱因水平振動產生的水平力及房子重量的垂直力，**尤其它在一個平面居然有 4 個支撐點**。



## 實驗 9.

三樓震動 3 級(165 次/分)震動情形：

振幅 mm 輔助 支撐	正 方 形	長 方 形	L 形
Z 支撐	33	40	41
X 支撐	29.5	32.5	39
V 支撐	30.5	35	41.5
十支撐	38	37.5	54



表格十二(線形請參考附件表十二)

討論:

面對震動級數最大、樓層最高，更可以考驗不同底面形狀、不同支撐的耐震程度，整體看來以正方形最耐震，而 L 形在大地震來臨時整棟建築左右、前後搖晃的很厲害，尤其如果搭配十字支撐，則情形更加嚴重，至於原因我們想多做幾個實驗驗證後，在**結論**。

至於輔助支撐方面，以 X 支撐最能降低建築物的振幅，我們推想，應該是 X 支撐能有效分散建物因為大地震左右振動產生的水平扭力及建築物重量產生的向下垂直力，而十字支撐，雖然在一個平面上也有四個支撐點，但它的穩定性較差，可能就是支撐點不在樑柱的接合處，無法有效分擔樑柱承受的力量，原因如何呢?和老師討論的結果，我們畫了一些簡單的力學圖來討論:

<p><b>X 支撐:</b> 會在 X 支撐的方向產生合力，這時 X 支撐就有效的分擔樑柱承受的力，而且<b>左右雙方向震動都可以</b>。</p>	<p><b>十字支撐:</b> 在它們的合力方向並沒有支撐，但十字支撐有較多的直柱，對支撐建物重量有較大優點，對地震水平力卻無法有效分擔。</p>	<p><b>Z 支撐:</b> 會在 Z 支撐的方向產生合力，這時 Z 支撐就有效的分擔樑柱承受的力，但它只有<b>在水平力單方向有用</b>，來自另一方向的水平力，它也會少了支撐。</p>	<p><b>V 支撐:</b> 由支撐的合力線，可以看出 V 支撐所能分擔的地震水平力比 X 支撐來得小，但在房屋的垂直重力則大致相同。</p>

#### 研究活動(四)

探討縮小模型，底面形狀正方形，不同輔助支撐在振動方向抗地震水平力比較

我們決定再設計一個實驗來證明，於是我們用牙籤做了 5 個縮小支撐的模形，測量他們在振動方向抗水平力比較。

控制變因: 正立方體，邊長 4.5cm

測水平拉力:




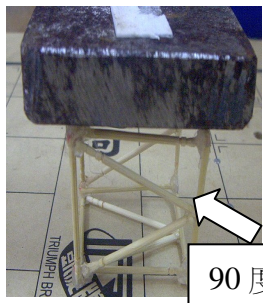

無輔助支撐	Z 支撐	X 支撐	V 支撐	十字支撐



無輔助支撐 下，彈簧秤水平拉 到 250 克重時，模 型就嚴重變形，而 且一支支柱斷裂。	Z 支撐下，水平 拉力 350 克重(彈 性限度)，正方形 面，受拉力作用已 變成菱形。	X 支撐下，水 平拉力 350 克 重，正方形面， 受拉力作用，幾 乎沒什麼變形。	V 支撐下，水平 拉力 350 克重， 正方形面，受拉 力作用，已經變 形，兩邊有往上 翹起的情形。	十支撐，水平 拉力 350 克重， 正方形面，受拉 力作用已稍為變 成菱形。
--	--	---	---	--

爲了量化，所以我們決定把縮小模型 90 度放倒，使原來左右方向水平力變成了上下的方向，然後在上面放鐵塊，直到模型垮掉，然後測量鐵塊重量，就可知道原來的縮小模型在左右方向承受的最大水平力有多大了。

加鐵塊：

無輔助支撐	Z 支撐	X 支撐	V 支撐	十字支撐
				
承受水平力 550 克重	承受水平力 1890 克重	承受水平力 3000 克重	承受水平力 1050 克重	承受水平力 1500 克重

討論：






加上輔助支撐確實能使建築物抵抗因大地震快速左右晃動所產生的水平力，進而也使建築物扭力降低，而無支撐因爲力量都集中在樑柱交接處，所以樑柱很快就斷裂，這和我們由簡單力學圖分析的結果很相近，所以我們更可以確定我們的推論，X 支撐是最好的支撐。

研究活動(五)：

探討縮小模型，底面形狀正方形，不同輔助支撐在上下震動方向抗房屋垂直重力比較

老師告訴我們 921 地震除了左右搖動之外，因爲它還有超劇烈的上下震動，也因如此，造成很多建物柱子鋼筋迸開、外露，然後倒塌，這又引起我們追求真相的興趣，如果當初建物都有加輔助支撐，情形又會如何呢？於是我們又用牙籤重新再做五個縮小模型，準備再測。

測抗垂直力：

無輔助支撐	Z 支撐	X 支撐	V 支撐	十字支撐
				
垂直重力 750 克 重	垂直重力 8450 克 重	垂直重力 17580 克 重	垂直重力 11890 克 重	垂直重力 9350 克重

討論：

這個實驗真的讓我們小組非常訝異，沒想到幾根小小的牙籤，居然能承受這麼大的垂直重力，要不是親自做實驗，還真是不相信。結果依然是 **X** 支撐勇奪冠軍，而我們也發現建築如果加上輔助支撐，其抗垂直方向重力提升非常多，組員提出一個問題，既然我們測出樑柱抗垂直力如此強，為何 921 地震還會有那麼多建築因為柱子鋼筋迸開、外露，然後倒塌呢？老師告訴我們，921 地震除了左右震動，它還有上下震動，當房屋上下震動時，會產生**重力加速度**，這時樑柱承受的重量會是房屋靜止時的好幾倍，況且，目前很多房子或公寓建築都沒有輔助支撐。**重力加速度？**這是什麼碗糕？唉！可憐的老師還為我們舉很多例子。

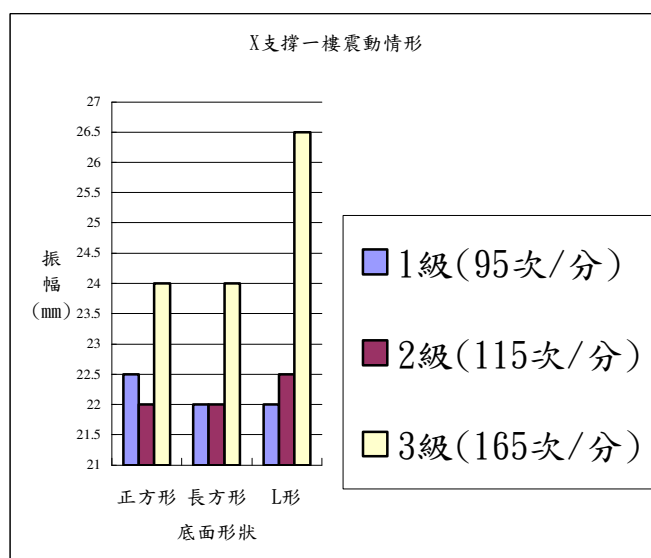
研究活動(六)：

探討在相同樓層，相同輔助支撐，不同震動級數，各種底面形狀耐震動比較

### 實驗 1.

**X** 支撐 一樓震動情形：

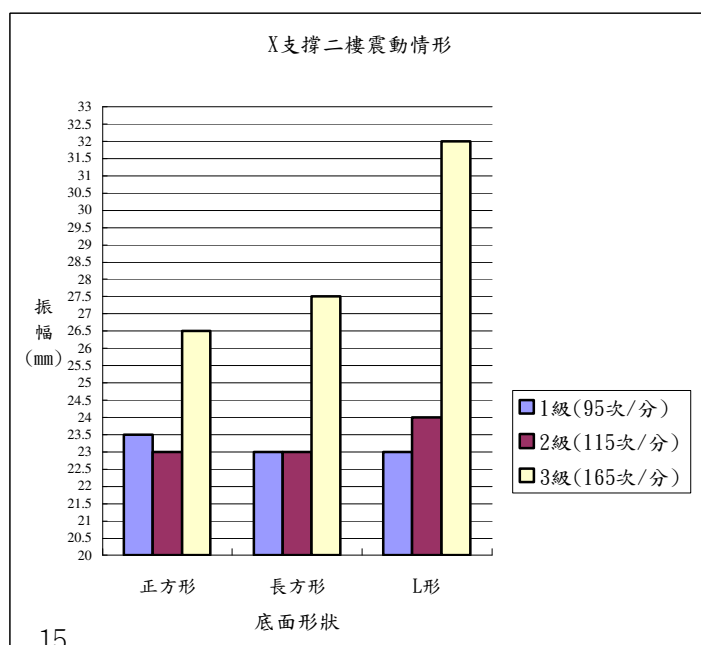
振幅 mm 級數	正 方 形	長 方 形	L 形
1 級 95 次/分	22.5	22	22
2 級 115 次/分	22	22	22.5
3 級 165 次/分	24	24	26.5



### 實驗 2.

**X** 支撐 二樓震動情形：

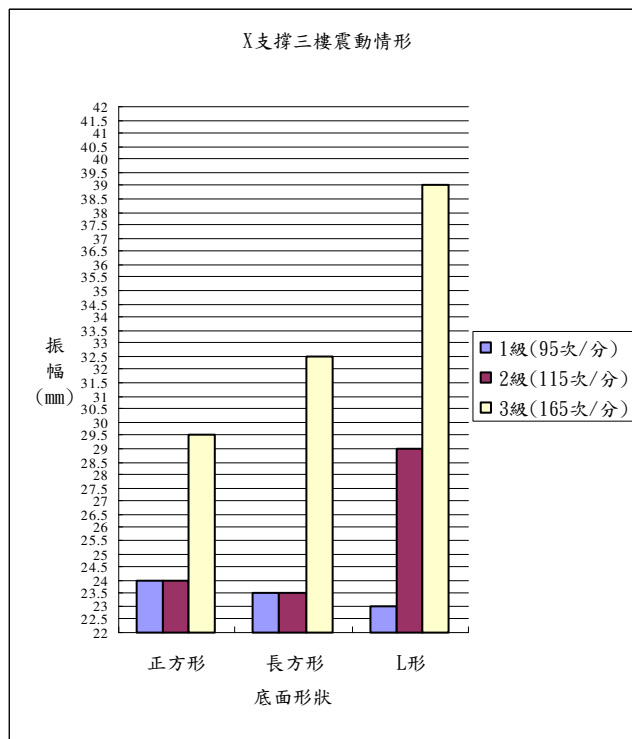
振幅 mm 級數	正 方 形	長 方 形	L 形
1 級 95 次/分	23.5	23	23
2 級 115 次/分	23	23	24
3 級 165 次/分	26.5	27.5	32



### 實驗 3.

#### X 支撐 三樓震動情形：

振幅 mm 級數	正 方 形	長 方 形	L 形
1 級 95 次/分	24	23.5	23
2 級 115 次/分	24	23.5	29
3 級 165 次/分	29.5	32.5	39



#### 討論:

由以上三個實驗，我們得知當一級、二級振動，各種底面形狀的振幅相差不大，但是到了三級不同的底面形狀就有明顯的差異，這和我們實際生活很像，平常輕度、中度地震來臨時，妳不會看到房屋倒塌，也不會感覺搖的很厲害，一旦大地震來臨時，唯有耐震的建築結構才經得起考驗。

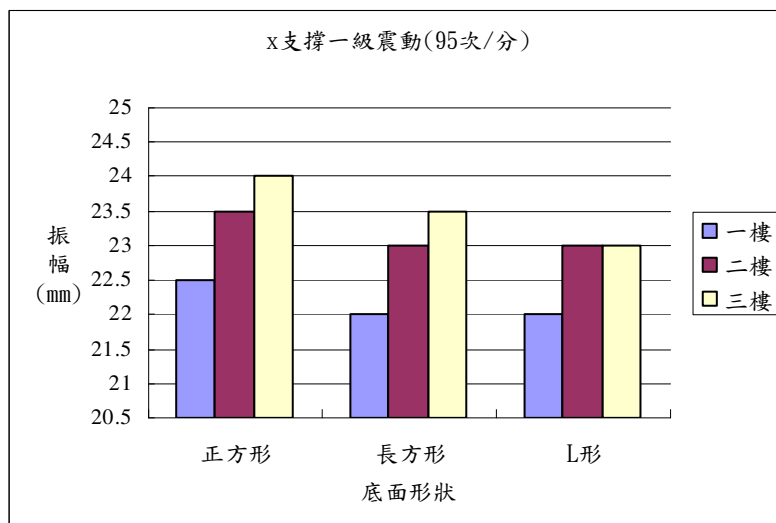
#### 研究活動(七)：

探討在相同震動級數，相同輔助支撐，不同樓層，各種底面形狀耐震動比較

### 實驗 1.

#### X 支撐 一級震動(95 次/分)

振幅 mm 級數	正 方 形	長 方 形	L 形
一樓	22.5	22	22
二樓	23.5	23	23
三樓	24	23.5	23

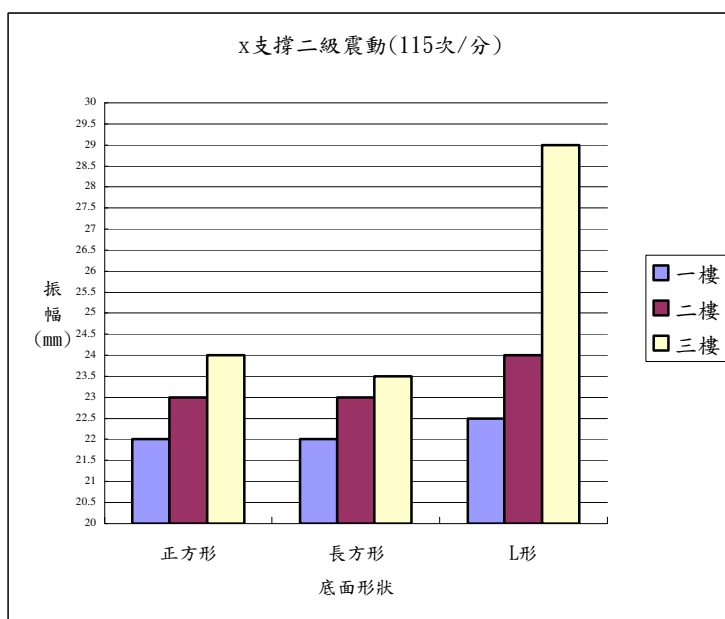




## 實驗 2.

### X 支撐 二級震動(115 次/分)

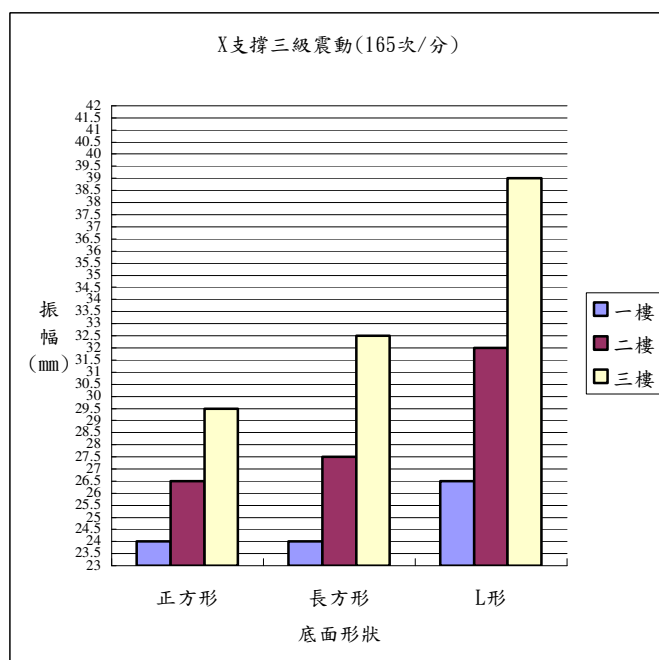
振幅 mm 級數	正 方 形	長 方 形	L 形
一樓	22	22	22.5
二樓	23	23	24
三樓	24	23.5	29



## 實驗 3.

### X 支撐 三級震動(165 次/分)

振幅 mm 級數	正 方 形	長 方 形	L 形
一樓	24	24	26.5
二樓	26.5	27.5	32
三樓	29.5	32.5	39



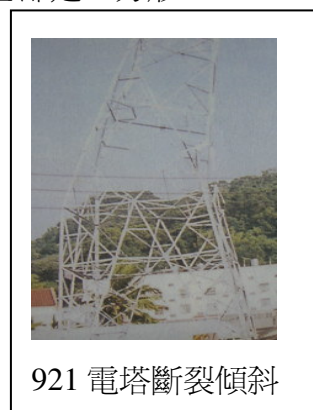
討論：

以上三個實驗我們得知，在相同振動級數下，越往高的樓層振幅就越大，在一級、二級，相差並不明顯，但三級，一樓、二樓、三樓的振幅呈現階狀的上升，整體來看，以底面正方形表現最。

研究活動(八)：

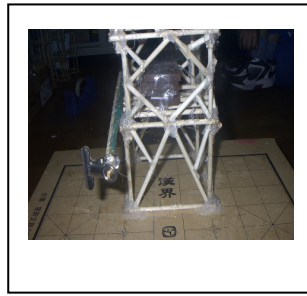
科展小組自製最佳耐震支撐結構和高壓電塔支撐結構做耐震比較

高壓電塔的支撐是否也要考慮到耐震的因素，測量後發現電塔底部是正方形

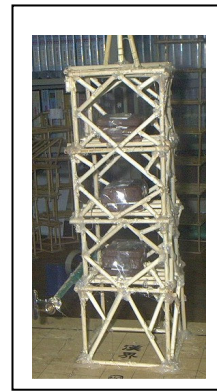




長方形電塔支撐



電塔基部

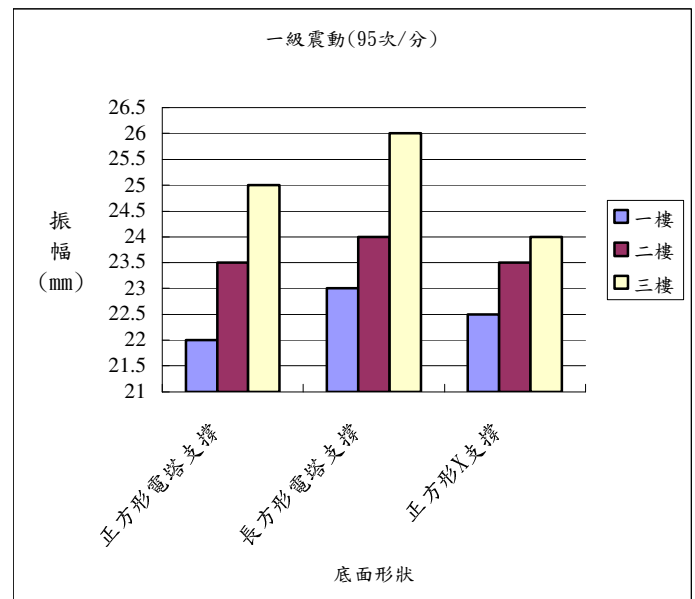


底面正方形電塔支撐

一級震動(95 次/分)

振幅 mm 級數	高壓電 塔支撐 (底面正 方形)	高壓電 塔支撐 (底面長 方形)	正方形 X 支撐
一樓	22	23	22.5
二樓	23.5	24	23.5
三樓	25	26	24

表格十三(線形請參考附件表十三)



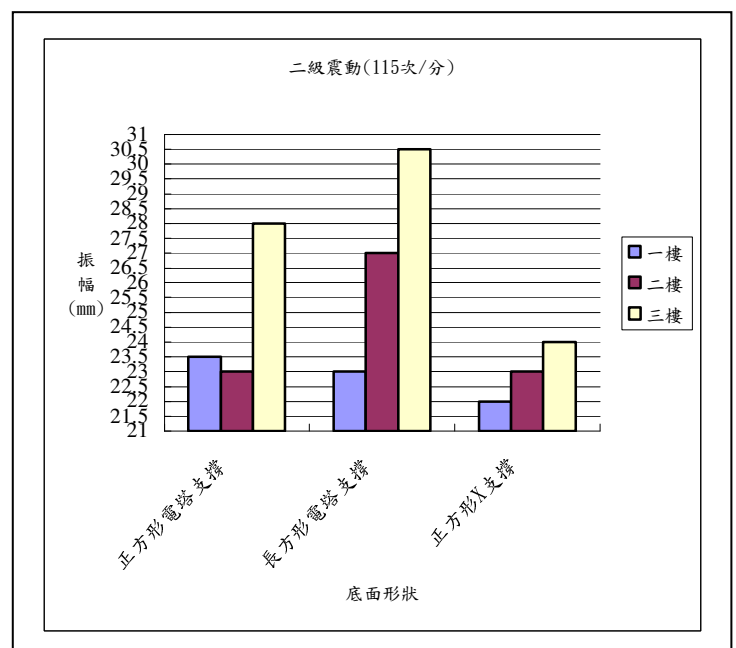
二級震動(115 次/分)

振幅 mm 級數	高壓電 塔 (底面正 方形)	高壓電 塔 (底面長 方形)	正方形 X 支撐
一樓	23.5	23	22
二樓	23	27	23
三樓	28	30.5	24

表格十四(線形請參考附件表十四)

討論:

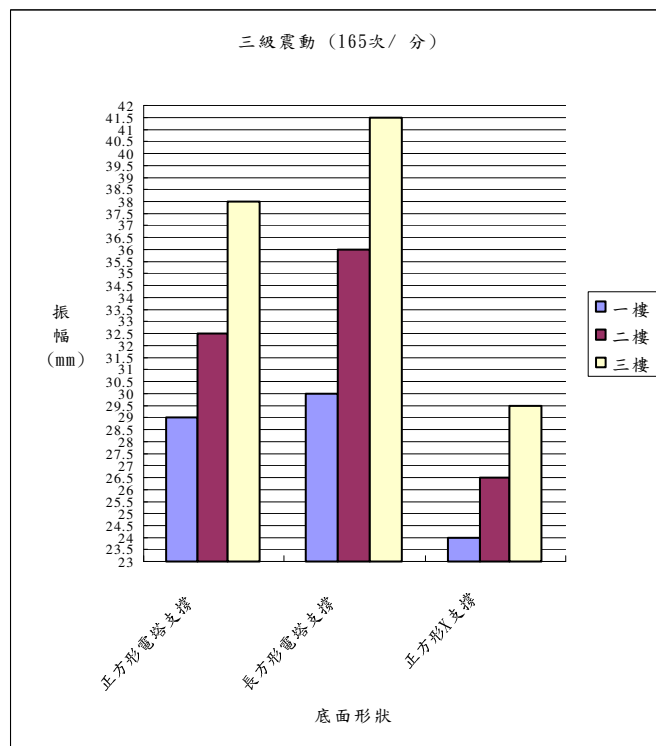
二級震動，已經有較明顯的差異，振幅會隨樓層的升高而增加，但同樓層間，振幅較小的都是正方形+X 支撐，尤其三樓最明顯。



三級震動(165 次/分)

振幅 mm 級數	高壓電 塔支撐 (底面正 方形)	高壓電 塔支撐 (底面長 方形)	正方形 X 支撐
一樓	29	30	24
二樓	32.5	36	26.5
三樓	38	41.5	29.5

表格十五(線形請參考附件表十五)



討論:

三級震動，從線形圖可發現，電塔支撐、X 支撐的前後晃動都比先前的十字支撐、Z 支撐、V 支撐小，也就是它們都可以有效的化解，因地震時水平震動所產生的扭力，但在左右振動方面，隨著震度越大，我們的正方形+X 支撐，則相對的穩定多了。

以下是小組對兩種支撐做個比較:(底面都是正方形)

項目 \ 支撐類	高壓電塔支撐	X 支撐
側面和樑柱接合支撐點	一樓 5 個，二樓以上 8 個	各樓都 4 個
每一側面輔助支撐長度	4 支 35mm 4 支 65mm	2 支 140mm
輔助支撐配置	複雜，很難施工	簡單，容易施工
建築物抗扭力	優良	優良
建築物抗振表現	良好	優良

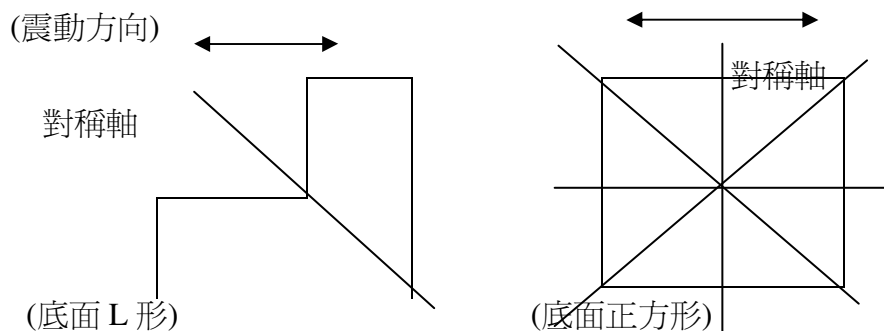
從以上比較發現，**並不是支撐點越多就越好**，應該是支撐在適當的位置，適當的長度，才能更有效減低建築物的震動。

#### 陸、研究結果與結論

- 當岩層受壓力斷裂發生地震，部分能量轉變成熱能，其餘能量會以波的形式傳播是為地震波，地震波的橫波會帶來地表的左右振動，而縱波則會帶來地表上下的振動，所以建築物應該不能只有考慮左右振動的因素，也要考慮上下振動的因素。
- 底面形狀以正方形建築最耐震，而 L 形建築耐震性較差，這和我們之前推測 921 地震時，為什麼**文化廣場(底面正方形)只掉幾塊外磚，而豐田大樓(底面L形)卻因樑柱嚴重變形、建築物傾斜，被判定全倒**，不謀而合，探討其原因，因為 921 地震的方向是東西方向，而**文化廣場(底面正方形)**在南北方向有一條對稱軸，正方形本身有四條對稱軸，數學老師曾經告訴我們，線對稱圖形在幾何上是相對穩定的圖形，這和我們所學相互印證，所以我們推想底面正方形建築在大地震時應該比較不會產生扭力，建築物也較穩定，**豐田大樓(底面L形)**面對 921 地震的方向是東西方向，它在南北方向並沒有對稱軸，而且本身也只有一條 45 度的對稱軸，所以我們推想在大地震帶來這麼大的能量下，很容易使建築物產生扭力，這可能是導致**豐田大樓，樑柱嚴重變形、**



## 建築物傾斜，被判定全倒的原因。



- 我們實驗發現建築物如果加上輔助支撐，將可以大大的提高它的耐震性，其中又以 X 支撐效果最佳，討論原因，X 支撐四個支撐點剛好都在樑柱的接合處，而大地震的水平震動產生的水平分力及建築物重量的垂直分力**其合力**，由力學圖分析，剛好就在 X 支撐上，可以有效分擔樑柱所承受的力量。
- 輔助支撐確實能使建築物抵抗因大地震快速左右晃動所產生的水平力，進而也使建築物扭力降低，穩定建物，爲了量化輔助支撐所能承受最大水平力，我們嘗試很多方法，因爲彈簧秤最大彈性限度都不夠，最後決定把**縮小模型 90 度放倒，使原來左右方向水平力變成了上下的方向**，然後在上面放鐵塊，就可測原來能承受的水平力，其中以 X 支撐表現最佳，其次 Z 支撐，再來是十字支撐、V 支撐，而無支撐因爲力量都集中在樑柱交接處，所以樑柱很快就斷裂，最重要的是老師教我們畫了一些簡單的力學圖，使我們了解力量是會傳遞，什麼是分力、什麼是合力。
- X 形輔助支撐對建築物抗垂直力也有很大幫助，老師說這次 921 地震就是有上下垂直的震動，才會使很多建物尤其是公寓，因爲建物本身重量再加上重力加速度，才會使柱子承受不住而斷裂倒塌，造成多人傷亡，既然實驗做出來 X 形輔助支撐對建築物抗垂直力也有很大幫助，**我們應該建議政府，以後高樓建築或是在斷層帶附近新建的房子、學校(例如我們學校)**都要加 X 形輔助支撐，因爲台灣位於環太平洋地震帶，誰也不敢保證，類似 921 的大地震不會再發生，而且這也讓我們學到，樑柱牆是建物的主結構，不可因爲裝潢隨意破壞。
- 沒想到我們的最佳組合(正方形+X 支撐)居然可以打敗台電公司的高壓電塔支撐，真是令我們興奮不已，而且材料也省了三分之一。

## 柒、參考資料

- 大地震錄影帶共 8 卷(公視)
- 撼天動地，地震科學探索(國立科學工藝博物館)
- 科學教授之地球科學(故鄉出版)
- 驚魂 27 秒，豐原市 921 地震紀實(豐原市公所)

## 科展花絮:

小組成員開會	模形搭建 20	測量橫桿到方眼紙 4cm

## 評 語

080509 國小組地球科學科 佳作

921 地震，房子倒不倒有關係

研究主題及實驗過程深具多元化與實用性，科學研究精神  
佳。