

中華民國第四十七屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國小組 自然科

081518

恆春百年大地震卻只有一家倒-地震波動對建築物震盪的探討

學校名稱：屏東縣恆春鎮恆春國民小學

作者： 小五 許智鈞 小五 王郁寧 小五 許雅晴 小五 王漢芃 小五 陳尚武 小五 蕭皓文	指導老師： 陳開平 陳誼璟
---	---------------------

關鍵詞：地震 共振 振幅

# 作品名稱：恆春百年大地震卻只有一家倒-地震波動對建築物震盪之探討

## 摘要

2006年12月26日晚上8點25分，恆春發生百年來的大地震，為什麼只有一家倒塌？除了房子超過高度、房子結構不穩的原因之外，我們找出還需要考慮地震搖動的頻率和房子高矮胖瘦的配合。此外，我們也比較實心、空心、長度、塑膠、木頭、金屬、振動頻率、重量、彈力等因素，這些對於擺動幅度都有影響，尤其是高度、粗細與重量這三個因素，是造成百年大地震卻只有一家倒塌的主要原因。

## 壹、研究動機

2006年12月26日晚上20時25分，恆春發生百年來的大地震，芮氏規模6.7，氣象局的資料中，在主震震央50公里範圍內，從來無如此大的地震！這使我們驚慌失措，因為好久沒有這麼大的地震在我們這裡了，而且有人還因此喪生，全校都感到傷心。當天晚上看到房子都在上下左右的搖動，整個地面好像漂浮在海面的船一樣發瘋的搖擺！晚上20:26第一次地震發生（附註1），20:35第二次地震發生（附註2），「正興傢俱行」就倒塌了。

恆春鎮上搖的這麼厲害，為什麼只有一家倒塌？所有媒體報導都是因為「正興傢俱行」加蓋違建以致房子超過高度引起的，要不然就是他們的房子結構不穩固引起的。

但是全恆春是那一家最高嗎？當然不是！因為隔壁就有更高的房子，當然周圍房屋還有更矮的、有更胖的、有更瘦的、卻沒有倒。全恆春只有那一家最脆弱嗎？也當然不是，因未還有許多屋齡超過20年的老房子，雖然有些龜裂的地方，也沒有倒。而「正興傢俱行」屋齡才約十幾年，卻倒了。這麼大的地震只有一家倒塌的疑問，還有什麼其他的可能解答呢？

五上自然課在上『山河大地』時，老師講到地殼變動產生造山運動，板塊擠壓也會產生「震波」，傳到地面就是地震；下學期在上到『聲音的探討』時，講到波動會有「共振現象」，就是會將相同頻率的聲波同步傳到別的物質上。這使我們想到何不來模擬地震的狀況，看看恆春百年大地震卻只有一家倒的疑問可不可以找到解答。



## 貳、研究目的

- 一、觀察實心塑膠條搖擺的情形，找出影響塑膠條搖擺幅度的原因。
- 二、固定搖動頻率，改變實心塑膠條長短，是否會影響塑膠條搖擺幅度的大小。
- 三、固定搖動頻率，換成空心塑膠條，改變塑膠條長短，是否會影響塑膠條搖擺幅度的大小。
- 四、實心塑膠條達到最大搖擺幅度時，不同的塑膠條長度與震盪頻率的關係。

- 五、改爲空心塑膠條達到最大搖擺幅度時，找出不同的塑膠條長度與震盪頻率的關係。
- 六、實心塑膠條與空心塑膠條搖擺幅度的比較
- 七、找出不同材質搖動頻率與搖擺幅度的關係
- 八、上下振動時，是否也有共振現象
- 九、上下振動時，鐵片重量對搖擺幅度的影響
- 十、上下振動時，彈簧粗細（彈力）對搖擺幅度的影響

### 參、研究設備及器材

粗實心塑膠條（直徑 0.37 公分），中實心塑膠條（直徑 0.30 公分），細實心塑膠條（直徑 0.20 公分），粗空心塑膠條（直徑 0.50 公分），中空塑膠條（直徑 0.35 公分），細空心塑膠條（直徑 0.30 公分），粗銅條（直徑 0.29 公分），細鋼條（直徑 0.10 公分），圓木條（直徑 0.32 公分），方木條（直徑 0.30 公分），水管，長尺（60 公分），搖步按摩機（每 30 秒固定來回擺動 75 回），節拍器，數學教具量角器。

### 肆、研究過程與結果

我們剛開始先用不同形狀的立體模型實驗，發現並無特別的會倒或是不會倒的現象。於是用從美術社買來的軟實心塑膠條並排作實驗，模仿建築物的鋼筋搖晃，發現有線索了。



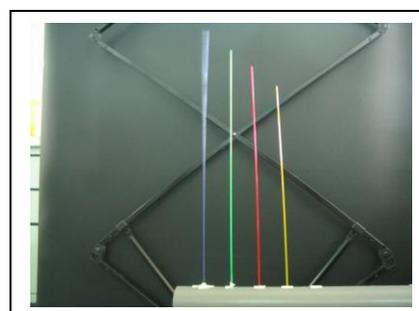
#### 實驗一、觀察各種實心塑膠條搖擺的情形

##### （一）實驗目的

找出影響塑膠條搖擺幅度的原因-長度。

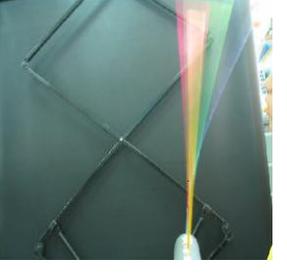
##### （二）實驗方法

- 1、先將實心塑膠條固定在鑽好圓孔的水管上。
- 2、測量好實心塑膠條的伸出長度，依序爲：  
60cm（藍色）、55 cm（綠色）、50 cm（紅色）、  
45 cm（黃色）。
- 3、轉動水管，觀察不同轉動頻率對實心塑膠條擺動的影響。



##### （三）實驗結果

搖動頻率逐漸加快的時發現下面的結果。

實心塑膠條				
結果	(藍色) 60 公分的擺動最大	(綠色) 55 公分的擺動最大	(紅色) 50 公分的擺動最大	(黃色) 45 公分的擺動最大
搖晃頻率	最小	第三快	第二快	最快

#### (四) 實驗分析與討論

- 1、原本以為搖動頻率越快，四根實心塑膠條會一起搖動得更厲害，最長的最脆弱，應該會搖的更厲害！結果發現並不是這樣。
- 3、搖動頻率逐漸加快的過程中，發現到達某一個搖動頻率會影響到某一支塑膠條加大震盪幅度，超過那一個頻率後那一支塑膠條就回覆到原來的震盪情形。
- 4、隨著搖動頻率逐漸加快，加大震盪幅度的塑膠條也從 60cm 的轉移到 55 cm，再轉移到 50 cm 的，再轉移到 45 cm 的塑膠條。
- 5、這個實驗我們發現影響塑膠條搖擺幅度的原因有：搖動頻率，塑膠條的長短。

#### 實驗二、觀察各種空心塑膠條不同粗細搖擺的情形

##### (一) 實驗目的

找出粗細是否是影響塑膠條搖擺幅度的原因。

##### (二) 實驗方法

- 1、先將空心塑膠條固定在鑽好圓孔的水管上。
- 2、測量好空心塑膠條的伸出長度為 60cm。
- 3、轉動水管，觀察不同轉動頻率對空心塑膠條擺動的影響。

##### (三) 實驗結果

搖動頻率逐漸加快的過程發現下面圖所顯示的結果。

空心塑膠條			
	粗的 60 公分的擺動最大	中的 60 公分的擺動最大	細 60 公分的擺動最大
搖晃頻率	最小	第二快	最快

#### (四) 實驗分析與討論

- 1、原本以為搖動頻率越快，3 根空心塑膠條會一起搖動得更厲害，最長的最脆弱，應該會搖的更厲害！結果發現並不是這樣。
- 2、搖動頻率逐漸加快的過程中，發現到達某一個搖動頻率會影響到某一支塑膠條加大震盪幅度，超過那一個頻率後那一支塑膠條就回覆到原來的震盪情形。
- 3、隨著搖動頻率逐漸加快，加大震盪幅度的塑膠條也從細的轉移到中的，再轉移到粗的塑膠條。
- 4、實驗一和實驗二的現象，跟這次恆春地震房子倒塌的情形很像，不是最高的房子搖得最厲害，而是房子的高度剛好在特定的頻率時會產生搖擺幅度特別加大的現象。很可能是當地震搖擺的頻率剛好使「正興傢俱行」那個高度的房子產生加強擺動幅度的影響，所以它搖的會最厲害，所以就倒了！！
- 5、觀察發現當塑膠條的搖擺與水管的搖動同步時，就會產生擺動加大的現象；意思就是『共振現象』會加倍塑膠條的震盪幅度。
- 6、這個實驗我們發現影響塑膠條搖擺幅度的原因有：搖動頻率，塑膠條的長短和粗細。接下來的實驗就探討他們對塑膠條搖擺的影響。

#### 實驗三、固定搖動頻率，改變實心塑膠條長短

##### (一) 實驗目的

- 1、改變塑膠條長短，是否會影響塑膠條搖擺幅度的大小。
- 2、塑膠條長短，會怎麼影響塑膠條搖擺幅度的大小。

##### (二) 實驗方法

- 1、我們分三組器材，一組是粗實心塑膠條，一組是中實心塑膠條，一組是細實心塑膠條。

- 2、將塑膠條固定在水管上，伸出長度依序為：60cm、58 cm、56 cm、、、、到 40cm。
- 3、將水管用泡棉膠固定在搖步按摩機上，搖步機的頻率是每 30 秒固定擺動 75 回。
- 4、啟動搖步機，觀察不同塑膠管長度對實心塑膠條擺動的影響。

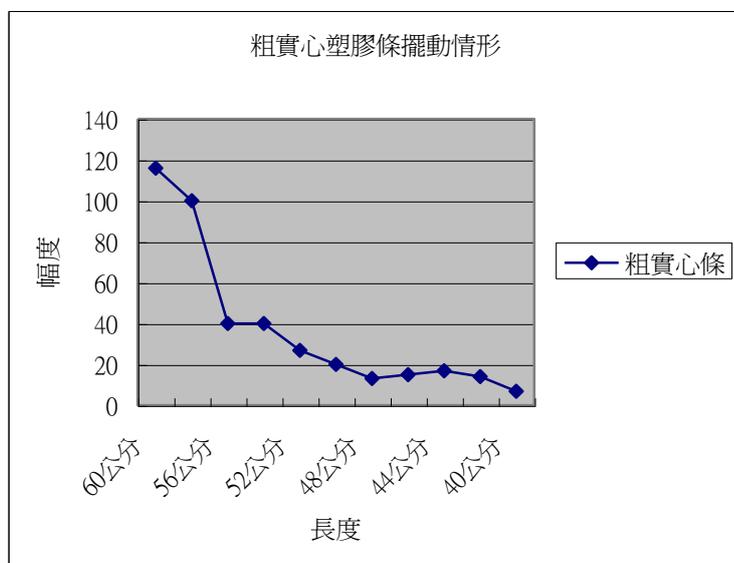
### (三) 實驗結果與分析

#### 1、粗實心塑膠條的振幅：

##### (1) 實驗結果：

	60 公分	58 公分	56 公分	54 公分	52 公分	50 公分	48 公分	46 公分	44 公分	42 公分	40 公分
左刻度	40	30	70	80	80	85	84	80	78	80	88
右刻度	156	130	110	120	107	105	97	95	95	94	95
幅度	116	100	40	40	27	20	13	15	17	14	7

我們將塑膠條的長度與擺動的幅度的關係畫出圖來：



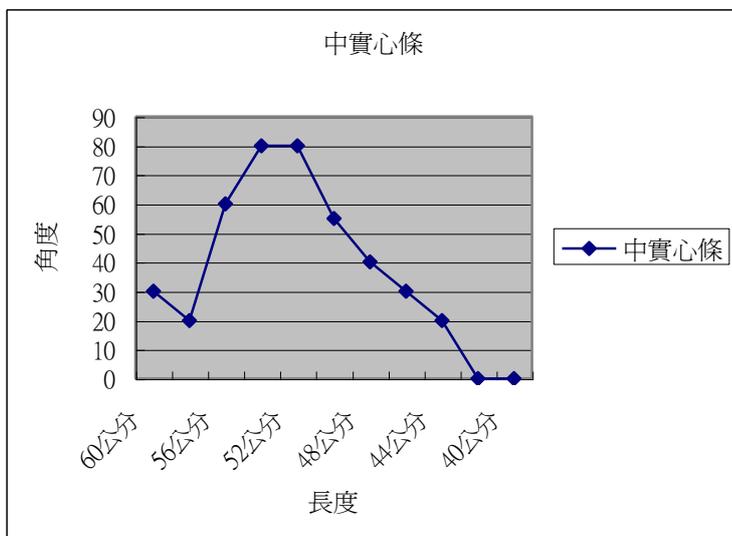
##### (2) 討論與分析：

- 1、我們發現，在固定的搖擺頻率下，長度越短，擺動的幅度越窄。長度越長，擺動的幅度越寬、越激烈。
- 2、在超過 56 公分時，擺動的幅度有突然劇烈暴增的現象。
- 3、在 60 公分時，是擺幅最大的時候，塑膠條彎彎彎彎彎得很厲害，像是要斷掉的樣子，而且震波的週期，恰好和塑膠條的振動週期相吻合，幾乎同步！推論是共振現象造成這麼大的振動幅度。

## 2、中實心塑膠條的振幅：

### (1) 實驗結果：

	60公分	58公分	56公分	54公分	52公分	50公分	48公分	46公分	44公分
左刻度	70	75	55	50	50	60	70	75	80
右刻度	100	95	115	130	130	115	110	105	100
幅度	30	20	60	80	80	55	40	30	20



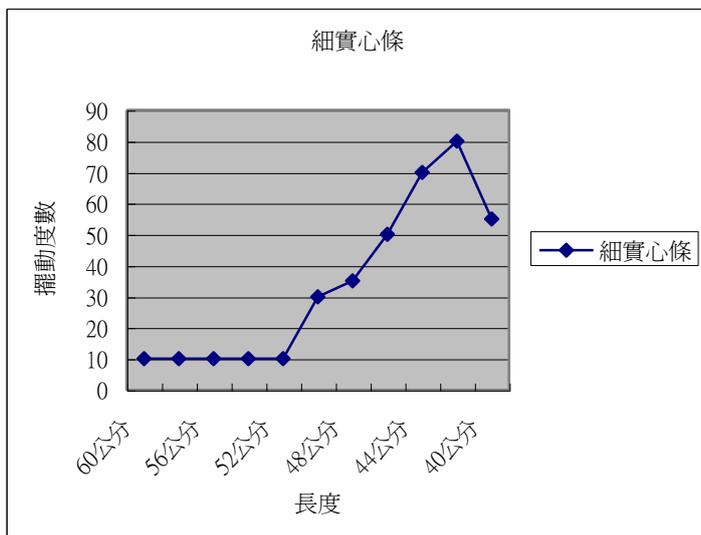
### (2) 討論與分析：

- 1、我們發現，在固定的搖擺頻率下，擺動幅度的圖形像一座山，兩邊低，中間高。
- 2、在 52-54 公分時，擺動的幅度最大，但是更高於 54 公分時，擺動的幅度變小，低於 52 公分時，擺動的幅度也變小。
- 3、在 52-54 公分時，是擺幅最大的時候，塑膠條彎得很厲害，像是要斷掉的樣子，而且震波的週期，恰好和塑膠條的振動週期相吻合，幾乎同步！推論也是共振現象造成這麼大的振動幅度。

## 3、細實心塑膠條的振幅：

### (1) 實驗結果：

	60公分	58公分	56公分	54公分	52公分	50公分	48公分	46公分	44公分	42公分	40公分
左刻度	85	85	85	85	85	85	75	65	55	50	65
右刻度	95	95	95	95	95	115	110	115	125	130	120
幅度	10	10	10	10	10	30	35	50	70	80	55

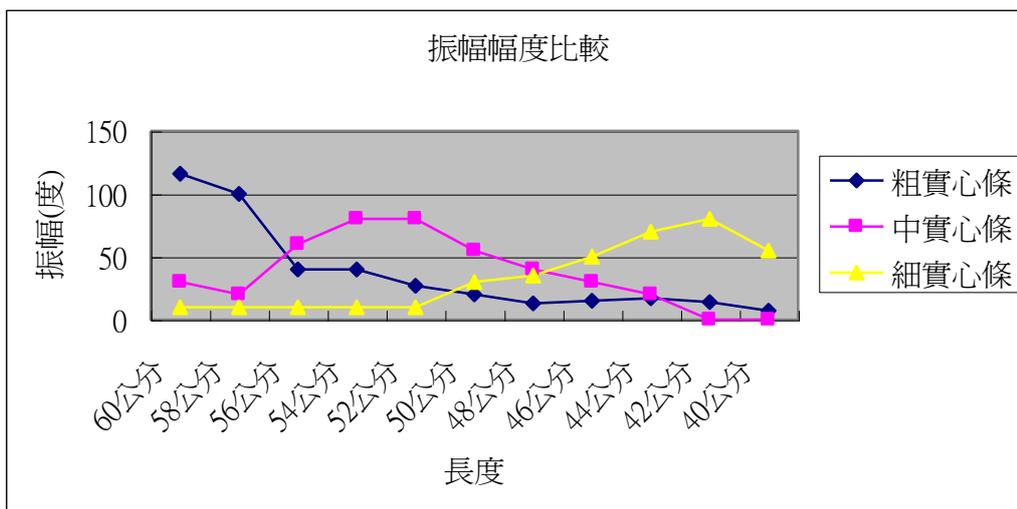


## (2) 討論與分析：

- 1、我們發現，在固定的搖擺頻率下，擺動幅度的圖形也像一座山，兩邊低，中間高。
- 2、在 42 公分時，擺動的幅度最大，但是更高於 42 公分時，擺動的幅度變小，低於 42 公分時，擺動的幅度也變小。
- 3、在 42 公分時，是擺幅最大的時候，塑膠條彎得很厲害，像是要斷掉的樣子，而且震波的週期，恰好和塑膠條的振動週期相吻合，幾乎同步！推論也是共振現象造成這麼大的振動幅度。

## (四) 實驗分析與討論

- 1、將以上三個實驗作比較，畫圖如下：



- 2、發現振動頻率相同時，振幅最大的地方不同，細塑膠條約在長度 42 公分的地方，中塑膠條約在長度 54 公分的地方，粗塑膠條約在長度 60 公分以上的地方。
- 3、我們又發現，固定搖擺的頻率時，要達到振幅最大的高峰，粗實心條比較短，中實心條在中間，細實心條最長。

- 4、達到振幅最大的高峰時，粗實心條最大，中實心條在中間，細實心條最小。
- 5、如果地震發生，同樣 44 公分的實心條，細的會比粗的容易斷；(因為擺幅：細>粗)
- 6、但是同樣 52 公分的，中的會比粗的容易斷，也比細的容易斷。(因為擺幅：中>粗>細)
- 7、是同樣 60 公分的，粗的反而會比細的容易斷，也比中的容易斷。(因為擺幅：粗>中>細)
- 8、因此，不是最細就最容易斷，也不是最粗就最容易斷，因為長度也有很大關係。
- 9、越接近高峰擺動增加的越快，圖形很陡。

### 實驗四、固定搖動頻率，改變空心塑膠條長短

#### (一) 實驗目的

- 3、改變塑膠條長短，是否會影響塑膠條搖擺幅度的大小。
- 4、塑膠條長短，會怎麼影響塑膠條搖擺幅度的大小。

#### (二) 實驗方法

- 1、我們分三組器材，一組是粗空心塑膠條，一組是中空心塑膠條，一組是細空心塑膠條。
- 2、將塑膠條固定在水管上，伸出長度依序為：60cm、58 cm、56 cm、、、40cm。
- 3、將水管用泡棉膠固定在搖步機上，搖步機的頻率是每 30 秒固定擺動 75 回。
- 4、啟動搖步機，觀察不同塑膠管長度對空心塑膠條擺動的影響。

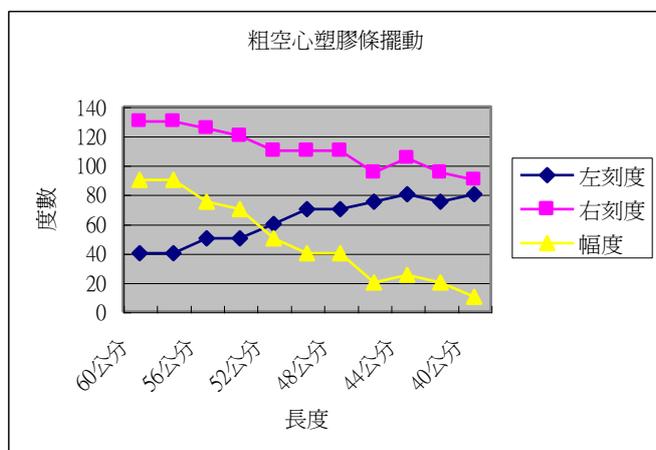
#### (三) 實驗結果與分析

- 1、粗的空心塑膠條的振幅：

##### (1) 實驗結果：

	60 公分	58 公分	56 公分	54 公分	52 公分	50 公分	48 公分	46 公分	44 公分	42 公分	40 公分
左刻度	40	40	50	50	60	70	70	75	80	75	80
右刻度	130	130	125	120	110	110	110	95	105	95	90
幅度	90	90	75	70	50	40	40	20	25	20	10

我們將塑膠條的長度與擺動的幅度的關係畫出圖來：



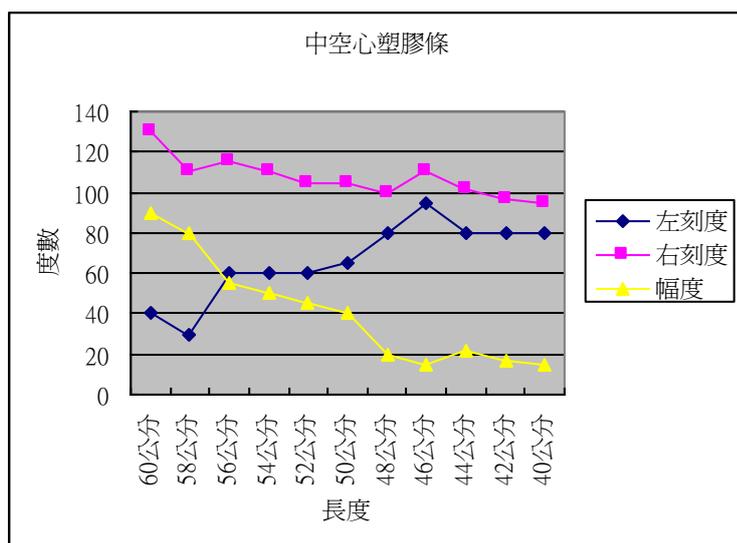
- (2) 討論與分析：

我們發現，在固定的搖擺頻率下，長度越短，擺動的幅度越窄。長度越長，擺動的幅度越寬、越激烈。

## 2、中的空心塑膠條的振幅：

### (1) 實驗結果：

	60公分	58公分	56公分	54公分	52公分	50公分	48公分	46公分	44公分	42公分	40公分
左刻度	40	30	60	60	60	65	80	95	80	80	80
右刻度	130	110	115	110	105	105	100	110	102	97	95
幅度	90	80	55	50	45	40	20	15	22	17	15



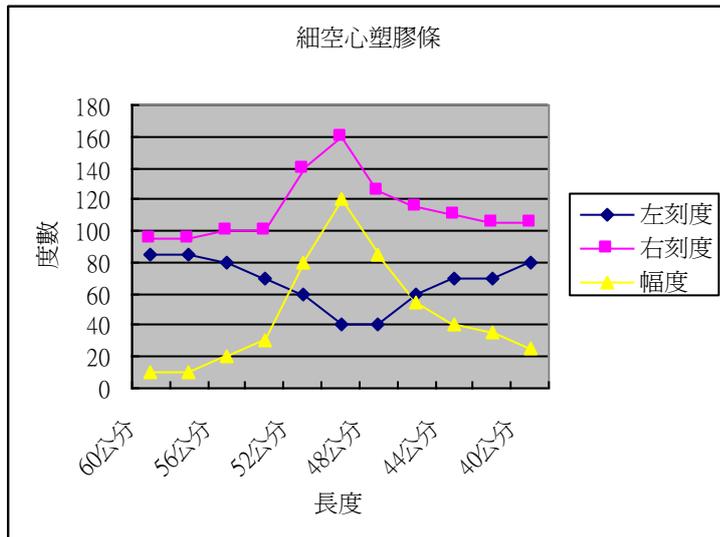
### (2) 討論與分析：

我們發現，在固定的搖擺頻率下，長度越短，擺動的幅度越窄。長度越長，擺動的幅度越寬、越激烈。

## 3、細的空心塑膠條的振幅：

### (1) 實驗結果：

	60公分	58公分	56公分	54公分	52公分	50公分	48公分	46公分	44公分	42公分	40公分
左刻度	85	85	80	70	60	40	40	60	70	70	80
右刻度	95	95	100	100	140	160	125	115	110	105	105
幅度	10	10	20	30	80	120	85	55	40	35	25



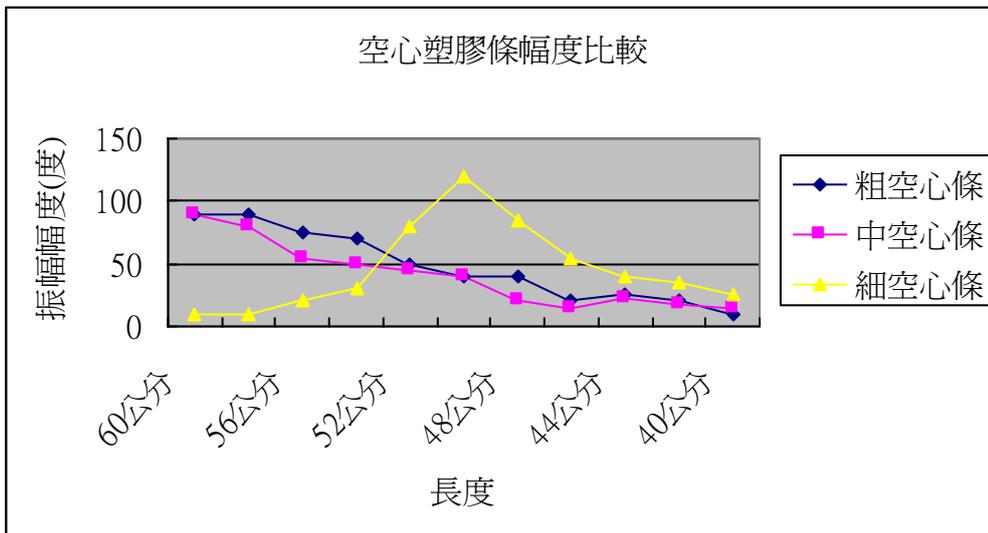
(2) 討論與分析：

- 1、我們發現，在固定的搖擺頻率下，擺動幅度的圖形像一座山，兩邊低，中間高。
- 2、在 50 公分時，擺動的幅度最大，但是更高於 50 公分時，擺動的幅度變小，低於 50 公分時，擺動的幅度也變小。
- 3、在 50 公分時，是擺幅最大的時候，塑膠條彎得很厲害，像是要斷掉的樣子，而且震波的週期，恰好和塑膠條的振動週期相吻合，幾乎同步！推論也是共振現象造成這麼大的振動幅度。

(四) 實驗分析與討論

1、將以上三個實驗作比較，畫圖如下：

	60 公分	58 公分	56 公分	54 公分	52 公分	50 公分	48 公分	46 公分	44 公分	42 公分	40 公分
粗空心條	90	90	75	70	50	40	40	20	25	20	10
中空心條	90	80	55	50	45	40	20	15	22	17	15
細空心條	10	10	20	30	80	120	85	55	40	35	25



- 2、發現振動頻率相同時，振幅最大的地方不同，細塑膠條約在長度 50 公分的地方，中塑膠條約在長度約在長度 60 公分以上的地方，粗塑膠條約在長度 60 公分以上的地方。
- 3、我們可以發現，固定搖擺的頻率時，要達到振幅最大的高峰，粗空心條需要的長度比較短，中空心條和細空心條比較長。
- 4、達到振幅最大的高峰時，粗空心條最大，中空心條和細空心條最小。
- 5、如果地震發生，同樣 50 公分的空心條，細的會比粗的容易倒；
- 6、但是同樣 56 公分的，粗的會比中的容易倒，也比細的容易倒。
- 7、是同樣 60 公分的，粗的和中的會比細的容易倒。
- 8、因此，不是最細就最容易倒，也不是最粗就最容易倒，因為還需注意長短的因素。
- 9、這個結果和實心塑膠條的實驗有相同的結果。

## 實驗五、實心塑膠條達到最大搖擺幅度時，不同的塑膠條長度與震盪頻率的關係。

### (一) 實驗目的

達到最大搖擺幅度時，找出不同的實心塑膠條長度與震盪頻率的關係。

### (二) 實驗方法

- 1、將塑膠條固定在水管上，伸展的長度由 60cm、55cm、50cm、45cm。
- 2、擺動水管，讓塑膠條達到最大的擺動幅度。
- 3、紀錄擺動的頻率，以每 30 秒計算一共搖擺了幾回，每一個實驗作三次，然後平均。
- 4、畫出圖形觀察結果。

### (三) 實驗結果

我們用四種不同顏色的塑膠條作實驗：

綠色中型實心塑膠條

	60 公分	55 公分	50 公分	45 公分
第 1 次	47	50	67	70
第 2 次	50	54	65	69
第 3 次	48	56	62	74
平均次數	49	54	65	71



紅色中型實心塑膠條

	60 公分	55 公分	50 公分	45 公分
第 1 次	54	60	67	74
第 2 次	58	61	65	74
第 3 次	54	60	64	70
平均次數	55	60	66	72



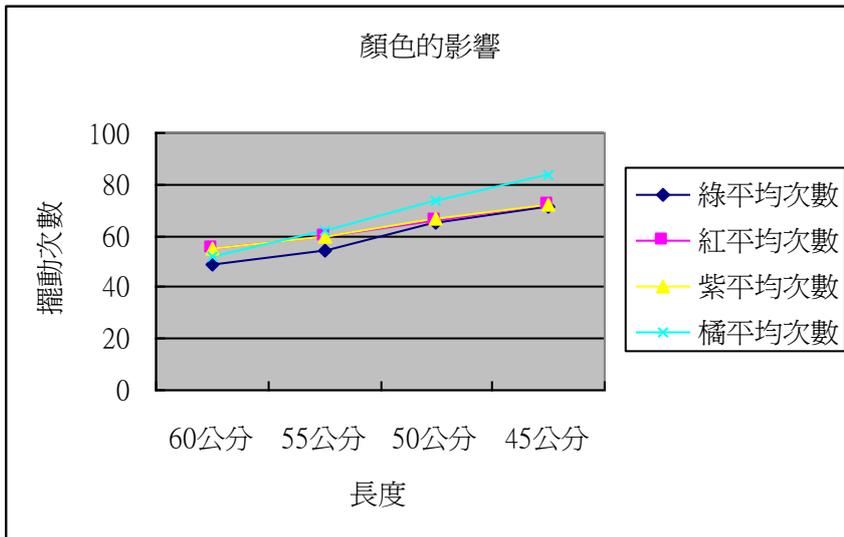
紫色中型實心塑膠條

	60 公分	55 公分	50 公分	45 公分
第 1 次	56	61	66	71
第 2 次	54	59	67	74
第 3 次	53	61	69	74
平均次數	55	60	67	72



橘色中型實心塑膠條

	60 公分	55 公分	50 公分	45 公分
第 1 次	53	63	72	80
第 2 次	52	61	75	84
第 3 次	53	61	74	87
平均次數	52	62	74	84



#### (四) 實驗分析與討論

- 1、塑膠條的顏色並不會明顯改變加強震盪（共振）的擺動次數。
- 2、長度不同都會改變震盪的擺動次數，長度越長則產生共振需要的擺動次數越少。

實驗六、改為空心塑膠條達到最大搖擺幅度時，找出不同的塑膠條長度與震盪頻率的關係。

#### (一) 實驗目的

達到最大搖擺幅度時，找出不同的實心塑膠條長度與震盪頻率的關係

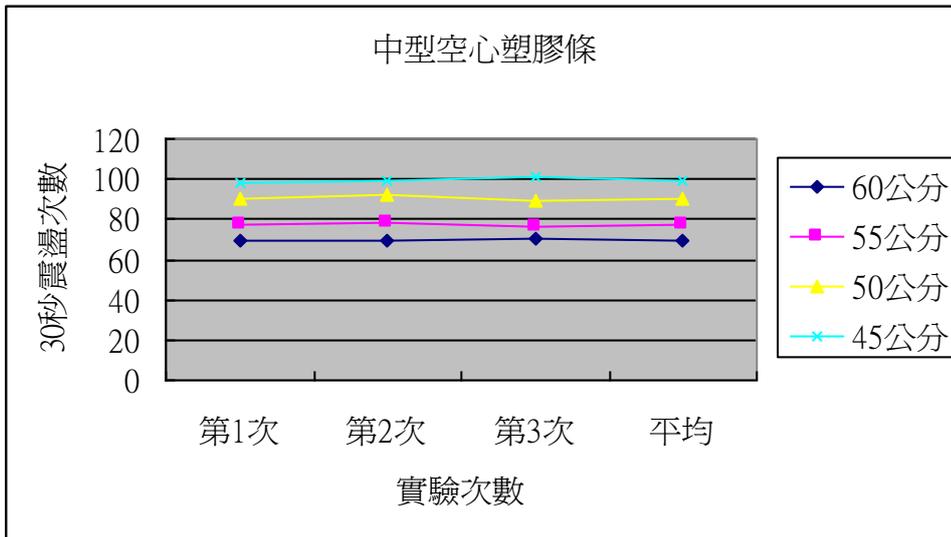
#### (二) 實驗方法

- 1、將塑膠條固定在水管上，伸展的長度由 60cm、55cm、50cm、45cm。
- 2、擺動水管，讓塑膠條達到最大的擺動幅度。
- 3、紀錄擺動的頻率，以每 30 秒計算一共搖擺了幾回，每一個實驗作三次，然後平均。
- 4、畫出圖形觀察結果。

#### (三) 實驗結果

中型空心塑膠條

	60 公分	55 公分	50 公分	45 公分
第 1 次	69	77	90	98
第 2 次	69	78	92	99
第 3 次	70	76	89	101
平均	69	77	90	99



#### (四) 實驗分析與討論

- 1、顏色並不會明顯改變加強震盪的擺動次數。
- 2、長度會改變震盪的擺動次數，長度越長則產生共振需要的擺動次數越少。

#### 實驗七、實心塑膠條與空心塑膠條搖擺幅度的比較

##### (一) 實驗目的

找出同樣粗細的實心塑膠條與空心塑膠條搖擺幅度的差別

##### (二) 實驗方法

- 1、分實心和空心兩組，將塑膠條固定在水管上，伸展的長度由 60cm、55cm、50cm、45cm。
- 2、擺動水管，讓塑膠條達到最大的擺動幅度。
- 3、紀錄擺動的頻率，以每 30 秒計算一共搖擺了幾回，每一個實驗作三次，然後平均。
- 4、畫出圖形觀察結果。

##### (三) 實驗結果

###### 粗型空心塑膠條

	60 公分	55 公分	50 公分	45 公分
第 1 次	81	91	98	112
第 2 次	78	88	100	110
第 3 次	79	90	101	111
平均	79	90	100	111

將一實心塑膠條插入粗型空心塑膠條中，變成粗型實心塑膠條，再測量震盪次數：

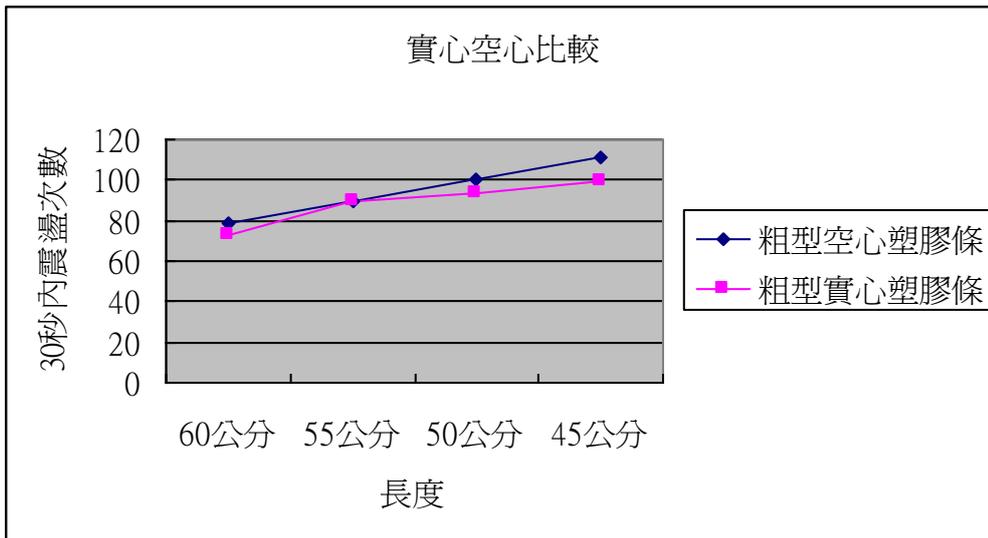
###### 粗型實心塑膠條

	60 公分	55 公分	50 公分	45 公分
第 1 次	73	90	88	99
第 2 次	70	90	99	99

第 3 次	76	90	92	99
平均	73	90	93	99

	60 公分	55 公分	50 公分	45 公分
粗型空心塑膠條	79	90	100	111
粗型實心塑膠條	73	90	93	99

畫圖比較如下：



#### (四) 實驗分析與討論

- 1、發現相同的粗細，實心塑膠條震盪的比空心塑膠條慢。
- 2、發生每 30 秒搖 79 回的地震時，60 公分的塑膠條，搖動的幅度實心比較會斷；
- 3、發生每 30 秒搖 73 回的地震時，60 公分的塑膠條，搖動的幅度空心比較會斷；
- 4、所以，要達到加倍震盪的共振現象，除了地震頻率、建築物高度、建築物粗細外，還有空心實心需要考慮。

#### 實驗八、找出不同粗細的實心塑膠條搖動頻率與搖擺幅度的關係

##### (一) 實驗目的

找出不同粗細搖動頻率與搖擺幅度的關係

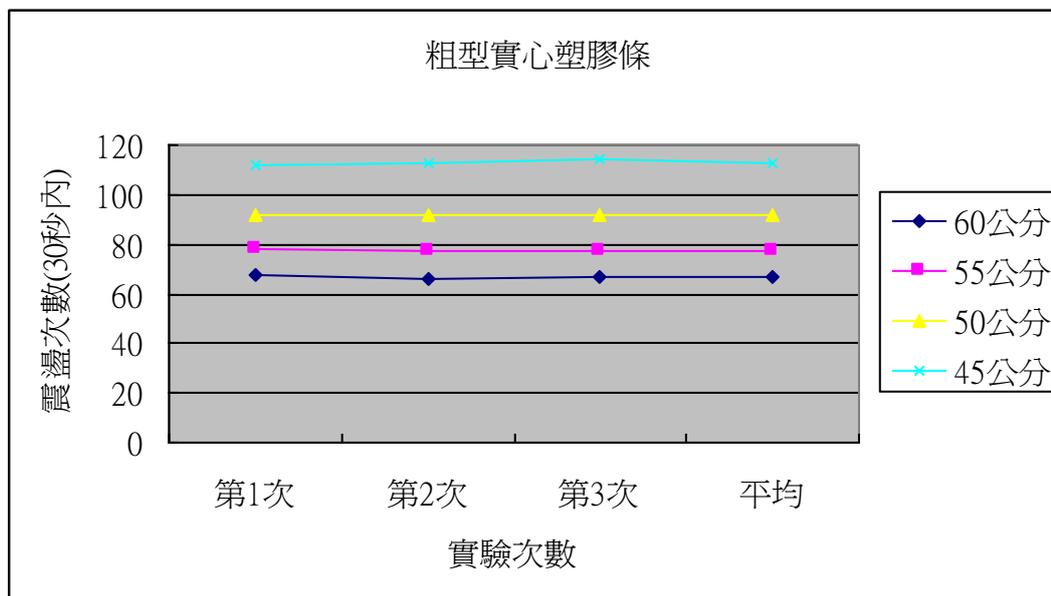
##### (二) 實驗方法

- 1、選擇三種不同粗細的實心塑膠條，伸展的長度由 60cm、55cm、50cm、45cm。
- 2、擺動水管，讓塑膠條達到最大的擺動幅度。
- 3、紀錄擺動的頻率，以每 30 秒計算一共搖擺了幾回，每一個實驗作三次，然後平均。
- 4、畫出圖形觀察結果。

### (三) 實驗結果

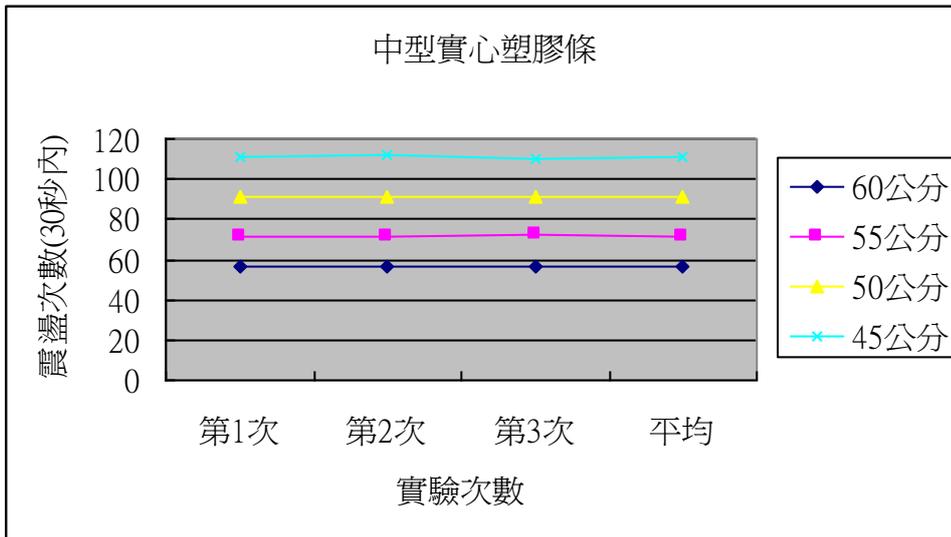
#### 粗型實心塑膠條

	60 公分	55 公分	50 公分	45 公分
第 1 次	68	78	92	112
第 2 次	66	77	92	113
第 3 次	67	77	92	114
平均次數	67	77	92	113



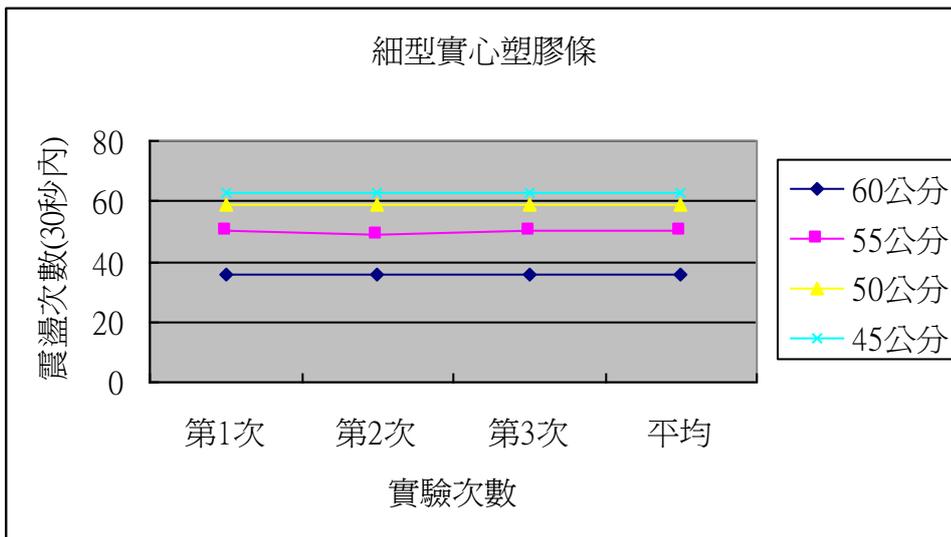
#### 中型實心塑膠條

	60 公分	55 公分	50 公分	45 公分
第 1 次	57	71	91	111
第 2 次	57	71	91	112
第 3 次	57	72	91	110
平均次數	57	71	91	111

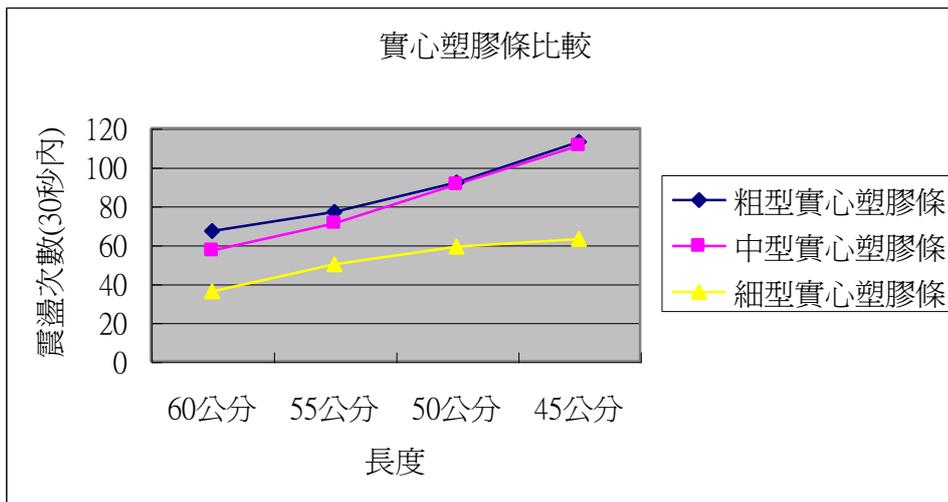


### 細型實心塑膠條

	60 公分	55 公分	50 公分	45 公分
第 1 次	36	50	59	63
第 2 次	36	49	59	63
第 3 次	36	50	59	63
平均次數	36	50	59	63



### 粗細塑膠條的比較



#### (四) 實驗分析與討論

- 1、實心塑膠條越細，產生的加強震盪次數越少，實心塑膠條越粗，產生的加強震盪次數越大；也就是說，快速搖晃的地震，對於越粗的建築物產生的破壞力越大。
- 2、搖晃頻率如果是每 30 秒 60 下，會發現細的共振頻率在長度 48 公分附近，中的共振頻率在長度 58 公分附近，粗的共振頻率在長度 60 公分以上。在那樣的震盪次數下，粗的越高越危險，細的反而越矮越危險。

#### 實驗九、找出不同粗細的空心塑膠條搖動頻率與搖擺幅度的關係

##### (一) 實驗目的

找出不同粗細搖動頻率與搖擺幅度的關係

##### (二) 實驗方法

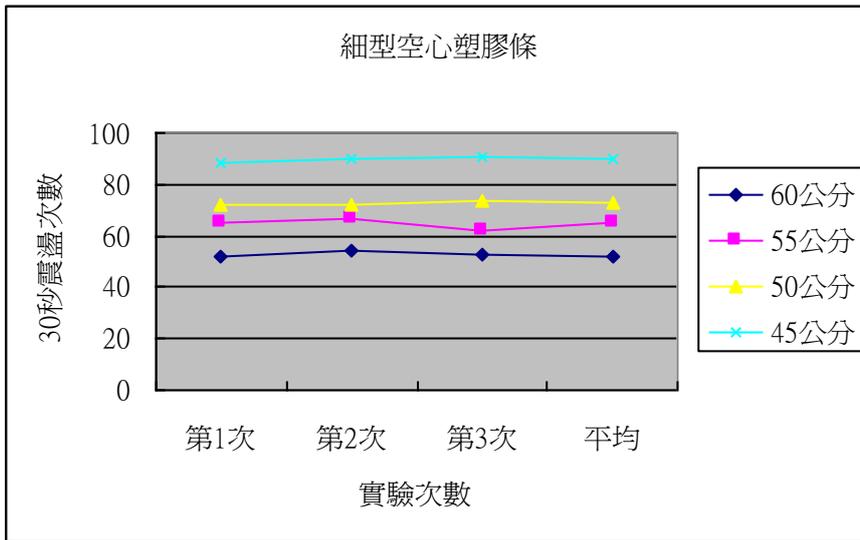
- 1、選擇三種不同粗細的空心塑膠條，伸展的長度由 60cm、55cm、50cm、45cm。
- 2、擺動水管，讓塑膠條達到最大的擺動幅度。
- 3、紀錄擺動的頻率，以每 30 秒計算一共搖擺了幾回，每一個實驗作三次，然後平均。
- 4、畫出圖形觀察結果。

##### (三) 實驗結果

空心塑膠管

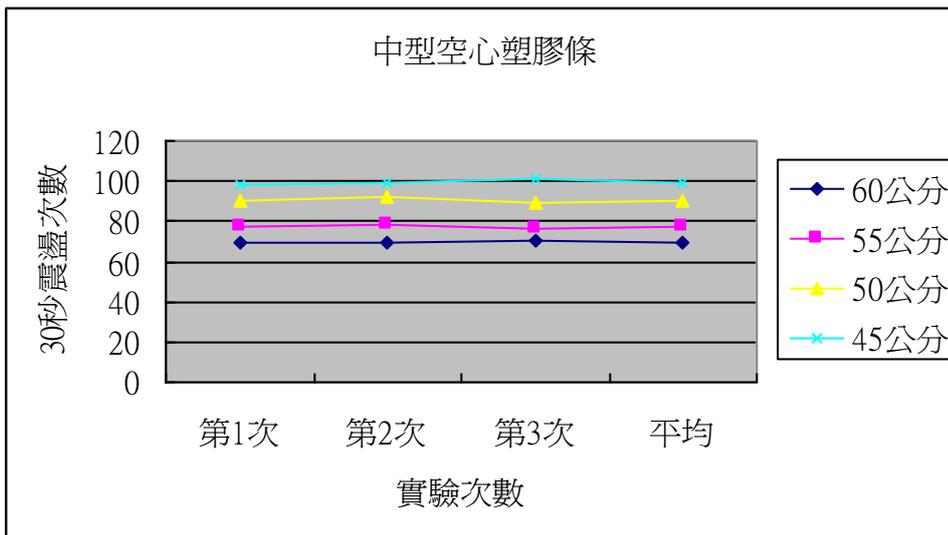
細型空心塑膠條

	60 公分	55 公分	50 公分	45 公分
第 1 次	52	65	72	88
第 2 次	54	67	72	90
第 3 次	53	62	74	91
平均	52	65	73	90



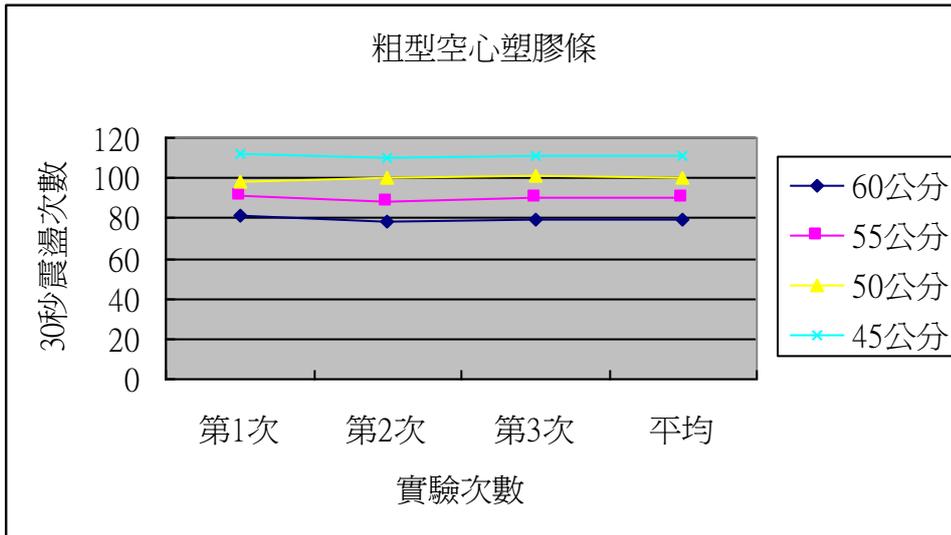
### 中型空心塑膠條

	60 公分	55 公分	50 公分	45 公分
第 1 次	69	77	90	98
第 2 次	69	78	92	99
第 3 次	70	76	89	101
平均	69	77	90	99

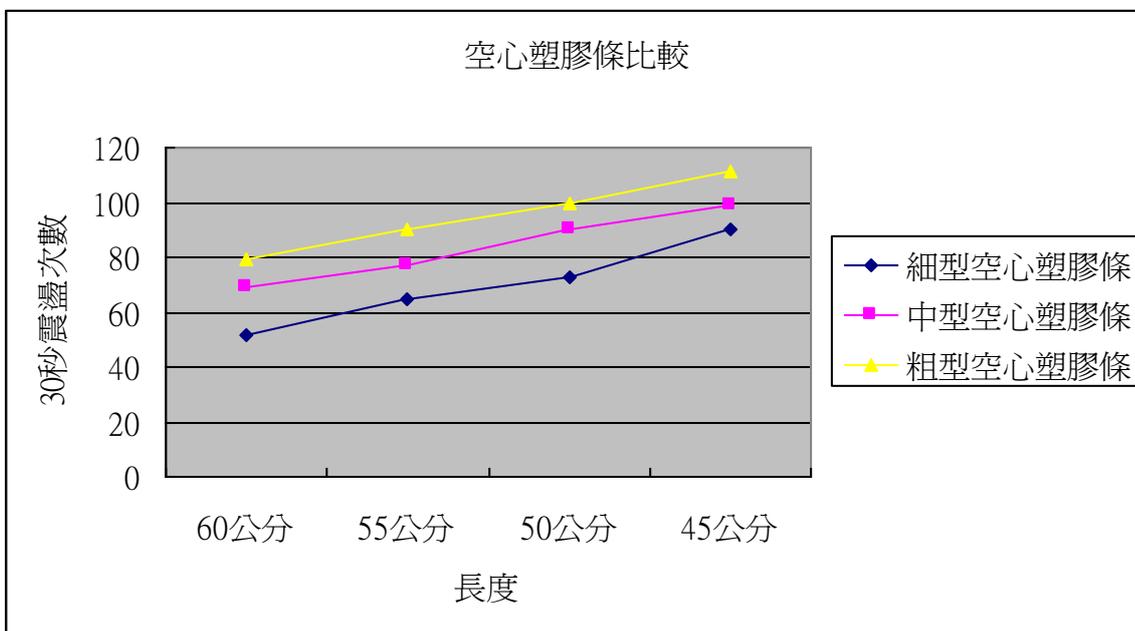


### 粗型空心塑膠條

	60 公分	55 公分	50 公分	45 公分
第 1 次	81	91	98	112
第 2 次	78	88	100	110
第 3 次	79	90	101	111
平均	79	90	100	111



空心塑膠條粗細不同的比較



小結論：空心的塑膠管也是，越粗則震盪次數越多，也就是說，快速搖晃的地震，對於越粗的空心建築物產生的破壞力越大。

#### (四) 實驗分析與討論

空心塑膠條越細，產生的加強震盪次數越少，實心塑膠條越粗，產生的加強震盪次數越大；也就是說，快速搖晃的地震，對於越粗的建築物產生的破壞力越大。

搖晃頻率如果是每 30 秒 80 次，會發現細的共振頻率在長度 48 公分附近，中的共振頻率在長度 54 公分附近，粗的共振頻率在長度 59 公分附近，都是發生劇烈晃動的危險長度。在特定的震盪次數下，粗的越高越危險，細的反而越矮越危險。

### 實驗十、共振次數相同時，長短的比較：

我們調整粗：中：細的長度，讓他們都出現最大振幅的共振。

編號	內容	長度（公分）
1	粗：中：細（實心塑膠條）	58：50.5：41.8
2	粗：中：細（空心塑膠條）	59.5：54.5：47
3	實心塑膠條：空心塑膠條	60：43

分析討論：相同的搖晃頻率，要達到相同的震盪幅度，可以看出不論是實心塑膠條還是空心塑膠條，粗的比較長，來後是中的，細的比較短。



### 實驗十一、其他材質的震動情形

#### （一）實驗目的

改變各種材質的長短，是否會影響搖擺幅度的大小。

#### （二）實驗方法

- 1、我們分四組器材，一組是圓木條，一組是方木條，一組是粗銅條，一組是細鐵條。
- 2、將各種材質固定在水管上，伸出長度依序為：60cm、58 cm、56 cm、、、到 40cm。
- 3、將水管用泡棉膠固定在搖步按摩機上，搖步機的頻率是每 30 秒固定擺動 75 回。
- 4、啟動搖步機，觀察不同長度的擺動情形。

#### （三）實驗結果與分析

##### 1、圓木條振幅：

##### （1）實驗結果：

	60 公分	58 公分	56 公分	54 公分	52 公分	50 公分	48 公分	46 公分	44 公分	42 公分	40 公分
左刻度	85	85	85	85	85	85	83	85	87	85	85
右刻度	95	95	95	95	94	95	95	95	95	95	95
幅度	10	10	10	10	9	10	12	10	8	10	10

##### （2）討論與分析：

我們發現，在固定的搖擺頻率下，長度變化，圓木條擺動的幅度並沒有明顯變化。

## 2、方木條振幅：

### (1) 實驗結果：

	60公分	58公分	56公分	54公分	52公分	50公分	48公分	46公分	44公分	42公分	40公分
左刻度	83	85	85	85	85	85	84	85	87	85	85
右刻度	92	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
幅度	9	10	10	10	10	10	11	10	8	10	10

### (2) 討論與分析：

我們發現，在固定的搖擺頻率下，長度變化，方木條擺動的幅度並沒有明顯變化。



## 3、粗銅條

### (1) 實驗結果：

	60公分	58公分	56公分	54公分	52公分	50公分	48公分	46公分	44公分	42公分	40公分
左刻度	84	85	85	85	85	85	87	85	87	85	83
右刻度	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	92
幅度	11	10	10	10	10	10	8	10	8	10	9

### (2) 討論與分析：

我們發現，在固定的搖擺頻率下，長度變化，粗銅條擺動的幅度並沒有明顯變化。

## 4、細鐵條

### (1) 實驗結果：

	60公分	58公分	56公分	54公分	52公分	50公分	48公分	46公分	44公分	42公分	40公分	38公分
左刻度	85	85	87	85	80	80	80	70	70	70	70	78
右刻度	90	90	95	94	92	95	100	100	100	105	95	97
幅度	5	5	8	9	12	15	20	30	30	35	25	19



### (2) 討論與分析：

我們發現，在固定的搖擺頻率下，細鐵條長度變化，有一個擺幅最大的特定長度，超過或是不足都會減弱擺動幅度，和塑膠條的結果相似。

當天兩次地震，除了都有左右搖晃（附錄一與附錄二圖的 NS 和 EW）之外，也都有上下振動（附錄一與附錄二圖的 Z），因此接下來我們也研究上下振動的影響。爲了讓實驗更精確，我們去專門的五金行買不容易變形的彈簧，老闆還說越粗的彈簧彈力越好。

## 實驗十二、找出上下振動時，是否也有共振現象

### （一）實驗目的

上下振動的不同頻率對彈簧搖擺幅度的影響。

### （二）實驗方法

6、將中形彈簧固定在粗銅條上。

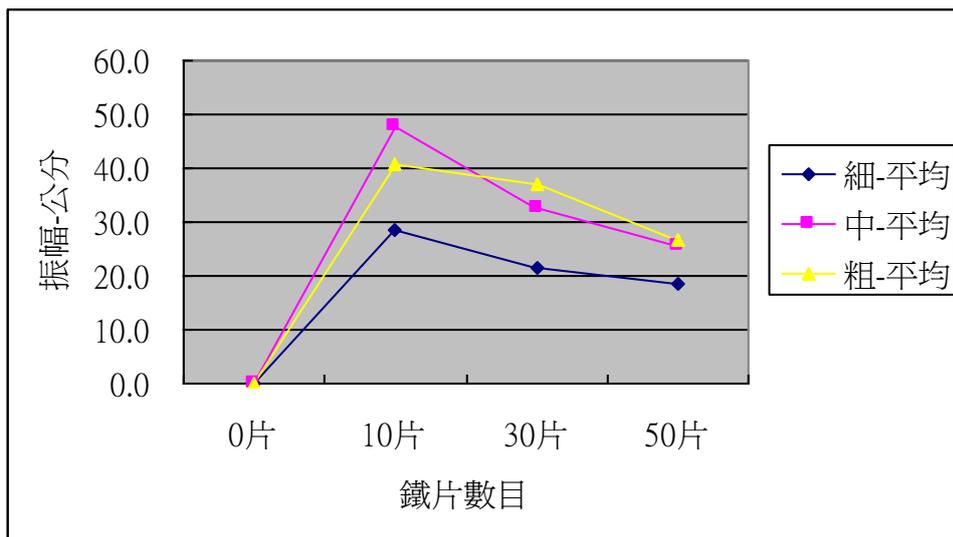
7、加入鐵片，鐵片數量爲 0、10、30、50 片。

3、用手上下晃動粗銅條，觀察 10 秒內，彈簧以及鐵片上下搖擺的次數。

### （三）實驗結果

鐵片上下擺動達到最大幅度時，10 秒內的擺動次數。

彈簧	細彈簧				中彈簧				粗彈簧			
鐵片數目	0片	10片	30片	50片	0片	10片	30片	50片	0片	10片	30片	50片
1次	0	28	21	19	0	32	22	20	0	39	31	28
2次	0	29	22	18	0	32	23	20	0	39	33	29
3次	0	29	21	19	0	31	23	19	0	38	32	27
平均	0.0	28.7	21.3	18.7	0.0	31.7	22.7	19.7	0.0	38.7	32.0	28.0



### （四）實驗分析與討論

1、彈簧上面若是沒有鐵片，就無法有振動現象，粗彈簧、中彈簧、細彈簧都一樣。

2、細彈簧上有鐵片時，改變振動頻率發現，當振動頻率與彈簧搖擺的頻率達到同步時，鐵片就會產生加大上下擺動的現象。粗彈簧、中彈簧也是一樣，特定的振動頻率下彈簧以及鐵片會出現共振的現象。



- 8、用細彈簧時，鐵片數目增加時，達到共振的頻率減少，粗彈簧、中彈簧也是一樣。
- 9、同樣重量時，粗彈簧、中彈簧、細彈簧振幅大小並不一定，細彈簧振幅最小。
- 10、當上下震動時，在特定的振動頻率下，粗彈簧、中彈簧、細彈簧都有『共振現象』。  
由實驗觀察發現，影響共振的因素有：彈簧粗細（彈力大小）、鐵片數目。接下來就討論這兩個因素的影響。

### 實驗十三、固定振動頻率，找出上下振動時，鐵片重量對搖擺幅度的影響

#### （一）實驗目的

不同重量對中彈簧上下搖擺幅度的影響。

#### （二）實驗方法

- 11、先將中形彈簧固定在粗銅條上，粗銅條放在立起來的按摩搖步機
- 12、加入鐵片，數量從 1 片到 61 片加上去。
- 3、啟動搖步機，紀錄不同鐵片數量時彈簧上下搖擺的幅度。



#### （三）實驗結果

中彈簧鐵片數逐漸增加時發現下面的結果。

鐵片數	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33
振幅	0.0	0.0	1.0	2.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0	11.0	13.0	15.0	17.0	9.0	10.0	6.0	5.0
上刻度	11	13	11	11	10	10	10	7	7.0	7	6.0	5.0	3.0	8.0	7.0	10.0	10.0
下刻度	11	13	12	13	14	15	16	15	17.0	18	19.0	20.0	20.0	17.0	17.0	16.0	15.0

鐵片數	35	37	39	41	43	45	47	49	51	53	55	57	59	61
振幅	5.0	6.0	5.0	7.0	6.0	7.0	5.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
上刻度	9.0	8.0	7.0	7.0	8.0	7.0	8.0	8.0	8.0	9.0	8.0	9.0	11.0	11.0
下刻度	14.0	14.0	12.0	14.0	14.0	14.0	13.0	13.0	13.0	13.0	12.0	13.0	15.0	15.0

#### （四）實驗分析與討論

- 1、原本以為鐵片數目越少時，振動的幅度越大，鐵片數目越多時，因為太重，應該會更穩定！結果發現並不是這樣。
- 2、鐵片數逐漸增加時，上下震盪的幅度會先增加，然後減少。擺動幅度的圖形像一座山，兩邊低，中間高。超過高峰後震盪的幅度就會下降。太輕或太重時，共振的現象就不大。
- 3、鐵片 47 片時，振動得最厲害！共振的振幅是 14 公分。鐵片晃得很厲害，像是要解散的樣子，而且震波的週期，恰好和鐵片的振動週期相吻合，幾乎同步！推論也是共振現象造成這麼大的振動幅度。
- 4、這個實驗我們發現，建築物越重，上下震盪的幅度會越來越厲害，但是超過高峰後震盪的幅度又會下降，因此，特定的重量會有最大的共振幅度，而不是最輕或最重的建築物搖得最厲害。

## 實驗十四、固定振動頻率，上下振動時，彈簧粗細（彈力）對搖擺幅度的影響

### （一）實驗目的

比較粗細彈簧的振動幅度。

### （二）實驗方法

- 13、將粗彈簧、細彈簧固定在粗銅條上，粗銅條放在立起來的按摩搖步機上。
- 14、加入鐵片，數量從 1 片到 61 片加上去。
- 3、啟動搖步機，紀錄不同鐵片數量時粗彈簧、細彈簧上下搖擺的幅度。



### （三）實驗結果

細彈簧：鐵片數逐漸增加時發現下面的結果。

鐵片數	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33
振幅	0.0	0.0	0.0	0.8	1.0	2.0	3.0	4.0	4.0	6.0	10.0	8.0	7.0	6.0	7.0	6.0	4.0
上刻度	9.7	10	10	9.2	9	9	8	8	9	8.0	6.0	6.0	6.0	6.0	7.0	6.0	6.0
下刻度	9.7	10	10	10	10	11	11	12	13	14.0	16.0	14.0	13.0	12.0	14.0	12.0	10.0

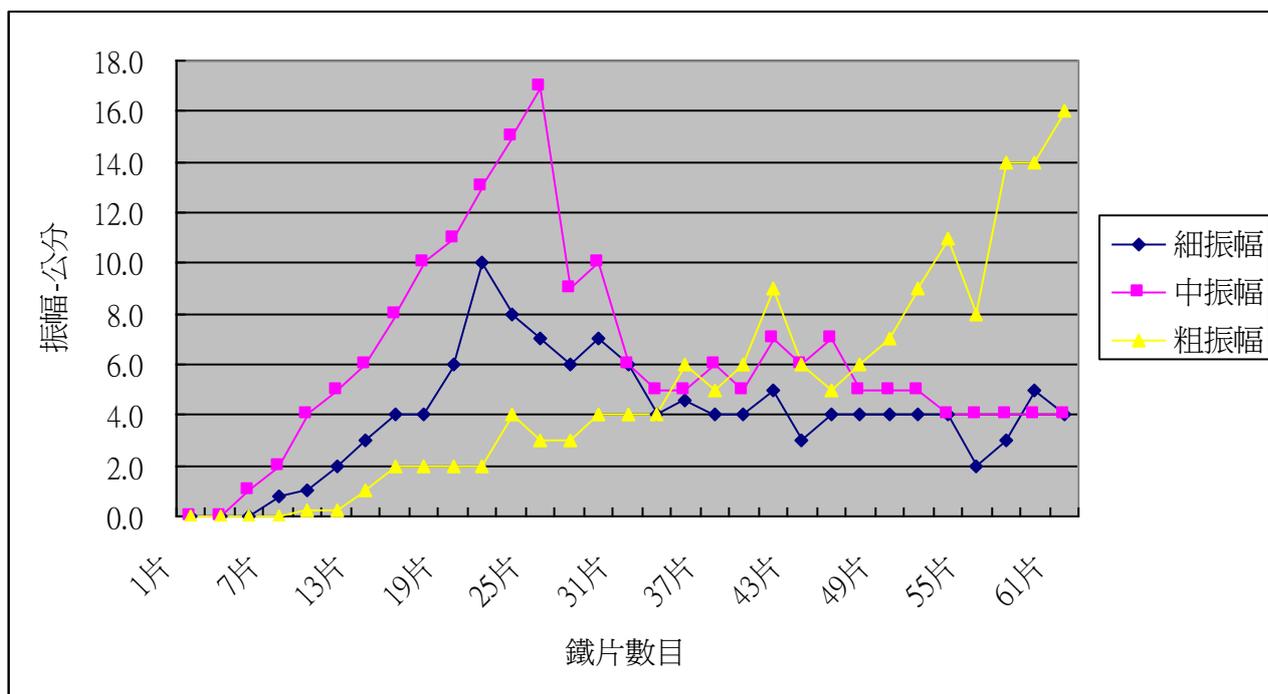
鐵片數	35	37	39	41	43	45	47	49	51	53	55	57	59	61
振幅	4.6	4.0	4.0	5.0	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	2.0	3.0	5.0	4.0
上刻度	6.4	7.0	6.0	6.0	8.0	7.0	7.0	6.0	8.0	7.0	8.0	8.0	7.0	7.0
下刻度	11.0	11.0	10.0	11.0	11.0	11.0	11.0	10	12.0	11.0	10.0	11.0	12.0	11.0

粗彈簧：鐵片數逐漸增加時發現下面的結果。

鐵片數	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33
振幅	0	0	0	0	0.2	0.2	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0	4.0	3.0	3.0	4.0	4.0	4.0
上刻度	12	13	14	14	14	14	14.0	13.0	13.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	13.0	14.0	14.0
下刻度	12	13	14	14	14	14	15.0	15.0	15.0	16.0	16.0	18.0	17.0	17.0	17.0	18.0	18.0

鐵片數	35	37	39	41	43	45	47	49	51	53	55	57	59	61
振幅	6.0	5.0	6.0	9.0	6.0	5.0	6.0	7.0	9.0	11.0	8.0	14.0	14.0	16.0
上刻度	13.0	15.0	15.0	15.0	9.0	10.0	9.0	10.0	10.0	9.0	11.0	9.0	9.0	8.0
下刻度	19.0	20.0	21.0	24.0	15.0	15.0	15.0	17.0	19.0	20.0	19.0	23.0	23.0	24.0

將粗彈簧、中彈簧、細彈簧的三個實驗作比較，畫圖如下：



#### (四) 實驗分析與討論

- 1、我們發現不論是粗彈簧、中彈簧還是細彈簧，他們的震盪圖形都是像山坡一樣，中間高，兩邊低。
- 2、發現振動頻率相同時，振幅最大的地方不同，細彈簧在鐵片 21 片的地方，中彈簧在鐵片 25 片的地方，粗彈簧在鐵片 61 片以上的地方。要達到振幅最大的高峰，細彈簧需比較輕的重量，中彈簧在中間，粗彈簧需比較重的重量才達到振幅最大的高峰，。
- 3、如果地震發生，同樣重鐵片 21 片的彈簧，細的會比粗的容易垮；(因為擺幅：細 > 粗)
- 4、但是同樣重鐵片 25 片的，中的會比粗的容易垮，也比細的容易垮。(擺幅：中 > 粗 > 細)
- 5、是同樣重鐵片 61 片的，粗的反而會比細的容易垮，也比中的容易垮。(擺幅：粗 > 中 > 細)
- 6、因此，不是最細(彈力最弱)的就最容易垮，也不是最粗(彈力最強)的就最不容易垮，因為建築物的重量也有很大關係。
- 7、觀察發現，當彈簧搖擺與按摩機的搖動達到同步時，就會產生擺動加大的現象；意思就是『共振現象』會加倍彈簧的震盪幅度。
- 8、從「正興傢俱行」倒塌的照片可以看出，房子的高度在垮下來的時候有壓縮，可能是地震上下的震動時造成的。除了左右搖晃造成房屋倒塌外，還要考慮上下振動的共振影響！不是最重的房子震得最厲害，而是房子的重量剛好在特定的震動頻率時，會產生跳動幅度特別加大的現象。很可能是當天地震震動的頻率剛好使「正興傢俱行」那個重量的房子產生加大幅度的跳動，所以它的會震最厲害，所以就倒了！！

## 伍、綜合討論

當地震左右搖擺時，塑膠條的搖擺與水管的搖動同步時，就會產生擺動加大的現象；當地震上下震盪時，鐵片和彈簧的搖擺與上下震盪振波同步時，也會產生擺動加大的現象。這種『共振現象』會加倍建築物的震盪幅度。

從實驗一，我們發現特定長度在特定頻率下會有加強震盪的共振現象；

實驗二知道相同的塑膠管有一個擺幅最大的特定長度，超過或是不足都會減弱擺動幅度；而且同樣長度、不同粗細的塑膠條會有不同的共振頻率。

實驗三知道不同粗細的實心塑膠條，達到共振需要的搖動頻率不同。地震頻率越快反而是粗的搖晃得比細的厲害。

實驗四知道不同粗細的空心塑膠條，達到共振需要的搖動頻率不同。地震頻率越快反而是粗的搖晃得比細的厲害。

實驗五知道實心塑膠條長度越長，產生共振的頻率越小，就是越高的建築物慢慢的搖晃就會有共振的現象。

實驗六知道空心塑膠條長度越長，產生共振的頻率越小，就是越高的建築物慢慢的搖晃就會有共振的現象，但比起實心的差異就沒那麼明顯。

實驗七知道同樣粗細的塑膠管，空心的共振頻率比實心的共振頻率快。

實驗八知道實心塑膠條的共振頻率，粗的比細的大，地震頻率越快反而是粗的搖晃得比細的厲害，而且在特定的震盪次數下，粗的越高越危險，細的反而越矮越危險。

實驗九空心塑膠條也是一樣，在特定的震盪次數下，粗的越高越危險，細的反而越矮越危險。

實驗十：發生同步共振的長度也證明：在特定的震盪次數下，粗的越高越危險，細的反而越矮越危險。

實驗十二~十四：發生同步共振的鐵片重量證明：在特定的上下震盪次數下，高峰前越重越危險，高峰後反而越輕越危險。

所以，以下打◎的說法都不是完全正確的：

- ◎地震震倒的房子一定是最脆弱的？
- ◎房子越高越會倒？
- ◎房子粗的比細的更不會倒？
- ◎地震震的速度越慢，倒的房子越少？
- ◎地震震的速度越快，房子越高越危險，越矮越安全？
- ◎同樣的地震，85層的大樓一定比101層的大樓更不會倒？



- ◎ 地震震的越快，房子越細越危險，房子越胖越安全？
- ◎ 房屋越重越安全？屋內越多東西越安全？
- ◎ 房屋越輕越安全？屋內越少東西越安全？

實驗後我們發現：

- ◎ 地震震倒的房子一定是最脆弱的？

—> 如果沒有共振現象可能對，但是遇到共振現象就不對了。從實驗一我們知道：特定長度在特定頻率下會有加強震盪的共振現象。如果震波的搖晃週期，恰好和房屋的振動週期同步，便會因共振現象造成劇烈的振動幅度。這時房屋的擺幅，往往會比地表面上的擺幅大四·五倍之多，這時會倒的是那個特定高度的房子，而不是最脆弱的房子。

- ◎ 房子越高越會倒

—> 實驗二知道：相同的塑膠條會有一個擺幅最大的特定長度，超過或是不足時擺動幅度都會減弱。所以不是越高越會倒。

- ◎ 房子粗的比細的更不會倒

—> 實驗三：地震頻率越快反而是粗的搖晃得比細的更厲害。實驗十：發生同步共振的長度證明：在特定的震盪次數下，粗的越高越危險，細的反而越矮越危險。

- ◎ 地震震的速度越慢，倒的房子越少

—> 實驗三知道不同粗細的實心塑膠條，達到共振需要的搖動頻率不同。地震頻率越快反而是粗的搖晃得比細的厲害。實驗五也知道實心塑膠條長度越長，產生共振的頻率越小，就是越高的建築物慢慢的搖晃就會有共振的現象。

- ◎ 地震震的越快，房子越高越危險，越矮越安全

—> 實驗五知道實心塑膠條長度越長，產生共振的頻率越小，就是越高的建築物慢慢的搖晃就會有共振的現象。這時反而房子越矮越危險，越高越安全。

- ◎ 地震震的越快，房子越細越危險，房子越胖越安全

—> 實驗八知道實心塑膠條的共振頻率，粗的比細的大，地震頻率越快反而是粗的搖晃得比細的厲害，而且在特定的震盪次數下，粗的越高越危險，細的反而越矮越危險。

- ◎ 房屋越重越安全？屋內越多東西越安全？房屋越輕越



安全？屋內越少東西越安全？

—>不一定！由實驗十二~十四：發生同步共振的鐵片重量證明：在特定的上下震盪次數下，高峰前越重越危險，高峰後反而越輕越危險。

◎ 同樣的地震，85 層的大樓一定比 101 層的大樓更不會倒？

—>實驗一：特定長度特定頻率會有加倍震盪。實驗二知道相同的塑膠管有一個擺幅最大的特定長度，超過或是不足擺動幅度都會減弱。因此 101 層的大樓雖然高但是搖晃卻不一定比 85 層的大樓還大，倒塌的機會就不一定比 85 層的大樓容易啦。

#### 陸、結論

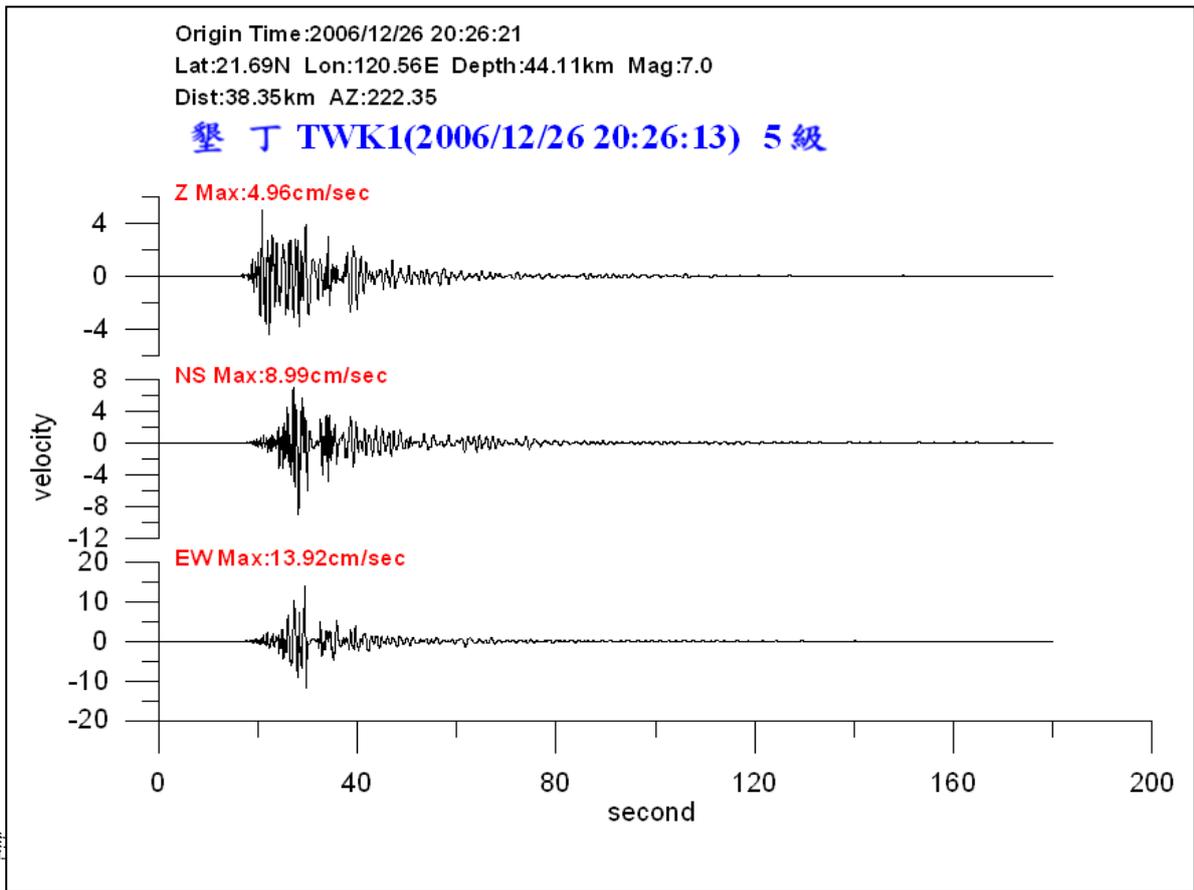
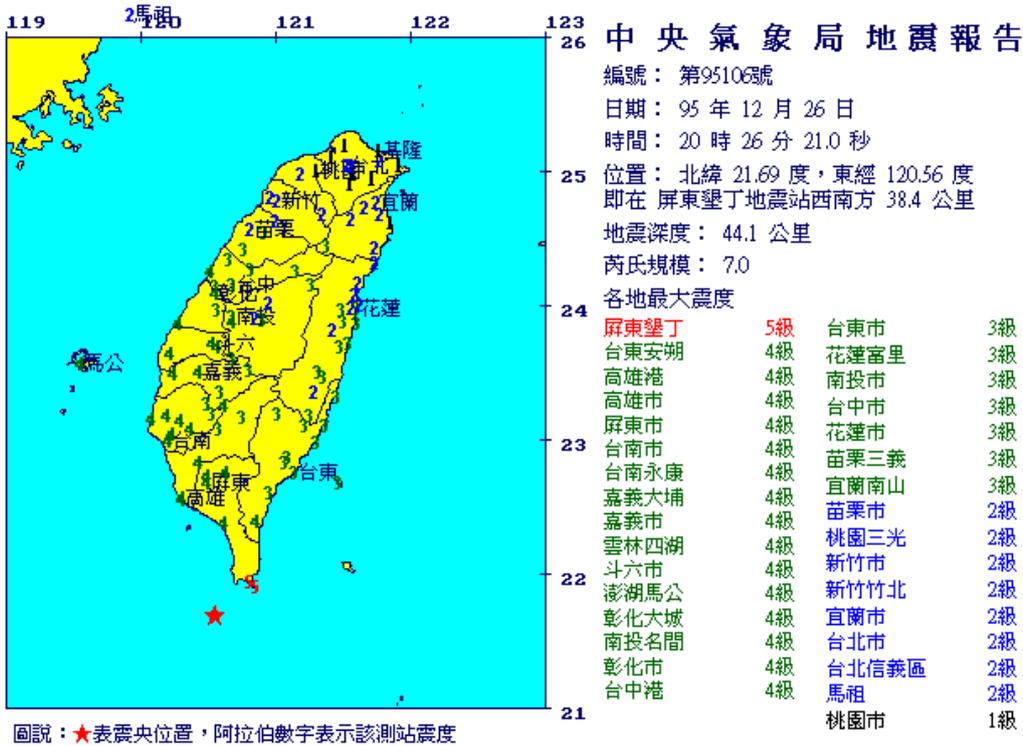
- 一、恆春鎮上搖的這麼厲害，為什麼只有一家倒塌？除了房子超過高度、房子結構不穩的原因之外，還需要考慮地震搖動的頻率和房子高矮胖瘦的配合。
- 二、當塑膠條的搖擺與水管的搖動同步時，就會產生擺動加大的現象；這種『共振現象』會加倍塑膠條的震盪幅度。
- 三、影響塑膠條搖擺幅度的原因有：搖擺頻率、長短、粗細、空心、實心。
- 四、固定搖動頻率，實心塑膠條長短會影響塑膠條搖擺幅度的大小，產生最大擺幅時有其最適長度。
- 五、固定搖動頻率，換成空心塑膠條，改變塑膠條長短，也會影響塑膠條搖擺幅度的大小。
- 六、實心塑膠條達到最大搖擺幅度時，不同的塑膠條長度與震盪頻率的關係，越長擺動次數越少。
- 七、改為空心塑膠條達到最大搖擺幅度時，找出不同的塑膠條長度與震盪頻率的關係，越長擺動次數越少。
- 八、實心塑膠條與空心塑膠條搖擺幅度的比較，發現空心的比實心的震盪次數較多。
- 九、圓木條與方木條搖動頻率與搖擺幅度的關係看不出來，因為沒有共振加強震盪的現象。
- 十、細鐵條長度變化，會有一個擺幅最大的特定長度，超過或是不足都會減弱擺動幅度，和塑膠條的結果相似。
- 十一、發生同步共振的鐵片重量證明：在特定的上下震盪次數下，高峰前越重越危險，高峰後反而越輕越危險。

#### 柒、參考資料

- 一、五上自然與生活科技（民 95）。台南市，南一。
- 二、五下自然與生活科技（民 96）。台南市，南一。
- 三、中央氣象局全球資訊網。網址：<http://www.cwb.gov.tw/>。
- 四、台灣的斷層與地震（2004 年 03 月 29 日）。蔡衡、楊建夫/著，遠足文化。
- 五、95 年恆春地震初步評估報告（民 95.12.28）。行政院災害防救委員會國家災害防救中心，國家地震工程研究中心。

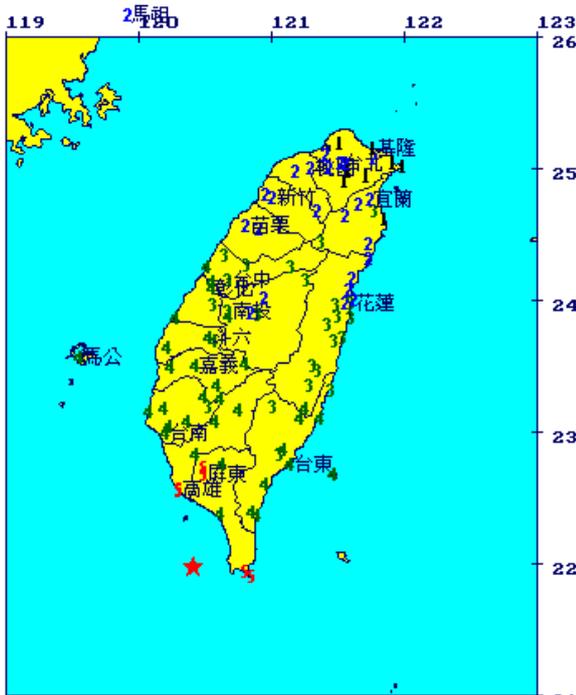
附註 1：

2006/12/26 1226 恆春地震（晚上 20：26）：



附註

2006/12/26 1226 恆春地震 (晚上 20 : 34) :



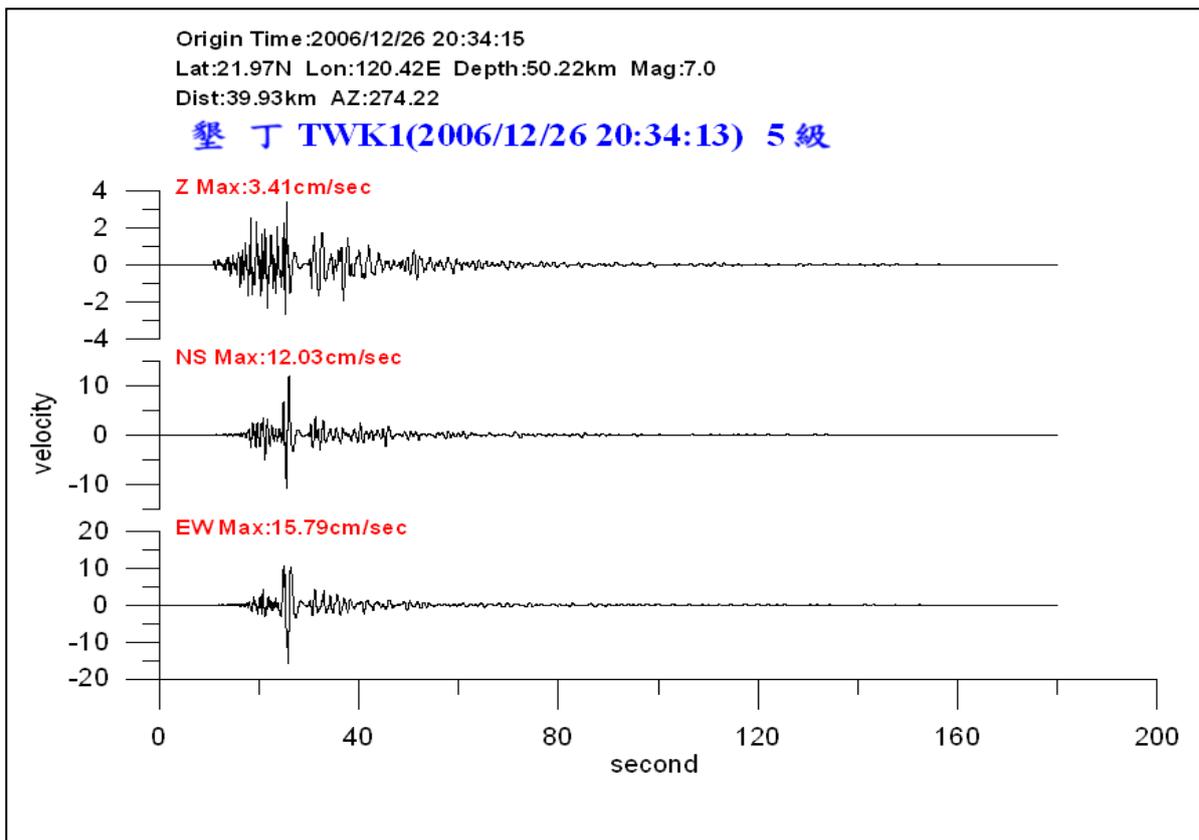
圖說：★表震央位置，阿拉伯數字表示該測站震度

中央氣象局地震報告

編號：第95107號  
 日期：95年12月26日  
 時間：20時34分15.1秒  
 位置：北緯21.97度，東經120.42度  
 即在屏東恆春地震站西方33.1公里  
 地震深度：50.2公里  
 芮氏規模：7.0

各地最大震度

屏東墾丁	5級	彰化市	4級
高雄港	5級	台中大肚	4級
高雄市	5級	南投市	3級
屏東市	5級	台中市	3級
台東安朔	4級	花蓮市	3級
台南市	4級	宜蘭南山	3級
台東市	4級	苗栗獅潭	2級
台南永康	4級	苗栗市	2級
嘉義大埔	4級	桃園三光	2級
花蓮富里	4級	新竹市	2級
嘉義市	4級	新竹竹北	2級
雲林四湖	4級	宜蘭市	2級
斗六市	4級	金門	2級
澎湖馬公	4級	桃園市	2級
彰化大城	4級	台北板橋	2級
南投名間	4級	台北市	2級



恆春百年大地震卻只有一家倒-地震波動對建築物震盪的探討

【評語】 081518

優：

1. 觀察內容多，資料蒐集完整。
2. 研究內容很有趣，吸引兒童的關注。

缺：

1. 對於重量及重心未談。
2. 實驗過程說明不清。
3. 海報製作太隨便。