

「集集地震」觀察與「地震破壞現象」 之簡易模擬

高小組：第三名

縣 市：台北縣

校 名：永和國中

作 者：余天峻、李珮芳、傅采慶、劉易鑫

指導教師：莊惠年、洪榮輝



作者一：余天峻

大家好！我叫余天峻，目前就讀台北縣永和國小六年級，平常喜歡看課外書，尤其是有關科學方面的書，另外畫畫和打電腦也是我的興趣。

偶然的機會裡，在莊惠年老師的指導下，作了兩年地震相關的研究。研究過程中，吸收了許多有關地震的知識，也對地震的特性有更多的了解。

作者二：李珮芳

我的名字叫李珮芳，家中排行老大，就讀台北縣永和國小六年六班，專長彈奏電子琴，平常喜歡看書。

這次參加科展對我是一項很大的收穫，讓我們了解從圖書館去找資料，在實驗和討論中，也增加我們同學之間彼此的友誼，還要謝謝指導我們的莊惠年老師。

作者三：劉易鑫

我叫劉易鑫，台北縣永和國小六年六班。平常喜歡動手作小玩具，這次的科展，我們設計並製作了一些地震警示器，雖然不是做的很精確完美，但過程中學到不少的知識和經驗，也讓我對科學產生更大的興趣，相信未來我們一定會做的更好。

作者四：傅采慶

我叫傅采慶，現就讀台北縣永和國小六年六班，這是我連續第二年參加科學展覽比賽。平常喜歡拆裝組合東西，我們這次從設計、討論到製作震動台，還作出十多種的地震警示器，科學實驗裡也充滿有趣，雖然有些辛苦，花的時間也不少，但還是很高興的。

關鍵詞：斷層、頻率、土壤液化、平均倒塌百分比

一、研究動機

去年（民國八十八年）九月二十一日凌晨一時四十七分發生的集集大地震，為台灣帶來了重大的災難，亦是台灣百年來最大的地震，從各類型的災情報導中，地震造成的破壞包括建築物的倒塌、山崩、地殼變形、公共設施的破壞（如橋樑、水壩、電力設備等）及土壤液化等，另人觸目驚心。

這次的地震的確帶給我們很大的衝擊，於是更激勵了我們繼續前年和去年的地震相關特性研究，前年（民國八十七年）由嘉義瑞里地震後，我們便開始蒐集地震有關資料，不管透過電腦網路、書籍和刊物，甚至設計震動台進行簡易模擬，均讓我們對地震的破壞特性有進一步科學上的了解和實驗，在科學展覽比賽上也獲得不錯的成績。因此，藉由老師的指導，繼續蒐集資料進行研究，並至中央大學參觀地震設備和地震相關介紹；從改善震動台運動快慢開始，重新規劃模擬試驗，期望對地震破壞現象進行更多的模擬和試驗，和這次集集地震所看到的破壞現象比對，並對過去研究作更為詳盡的比較和探討，才能對地震特性有更多的了解。

二、研究目的

(一)教育上

學習利用網路蒐集資料。

- 1.學習研究資料蒐集的方法和資料分類、整理。
- 2.學習進行科學的討論。

(二)研究上

- 1.了解地震發生原因、台灣地震和斷層分布及地震造成的破壞現象有那些？
- 2.利用改進的震動台，模擬土壤液化和觀察真實現象作比較，並作討論和探究。
- 3.使用可改變快慢（頻率）的震動台，繼續探討建築物破壞現象之模擬，並探討其特性。

三、研究設備器材

(一)自製簡易振動台(如圖一)電腦（可上網路）、列表機。

(二)震源(改裝搖擺有氧機)及電壓調節器。

(三)積木數塊。

(四)沙、泥土、小石頭、水等實驗耗材。



圖一、改良後震動台之真實照片；震源連桿帶動震動台進行運動，並由電壓調節器控制其震動快慢程度。

圖一、改良後震動台之真實照片；震源連桿帶動震動台進行運動，並由電壓調節器控制其震動快慢程度。

四、研究過程或方式

(一)藉由書籍刊物和網路蒐集集集地震等相關資料。

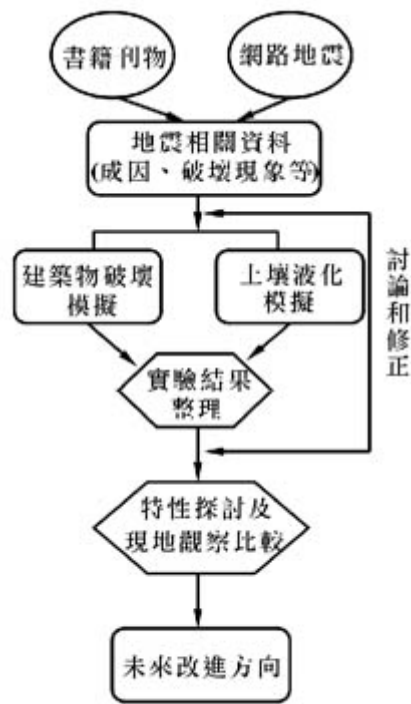
(二)分組討論和資料分類整理。

(三)使用改良震動台模擬土壤液化，和蒐集的資料作比較，綜合探討其成因及特性。

(四)由震動台模擬地震之震動，逐步多階段變動震動台的快慢（即頻率），觀察積木倒塌情形。

(五)與過去進行比較及討論。

研究流程詳見下圖



圖二、研究流程圖

圖二、研究流程圖

五、研究結果

(一)蒐集之集集地震相關資料：

去年參加科學展覽的研究過程中，我們已報導了台灣地震分布、地震發生原因—彈性回跳學說、地震消息發布、地震的震度和規模以及嘉義瑞里地震造成的破壞等。集集地震後，更引起大家對地震的重視，相關的報導和書籍更多，我們也進入災區拍下不少珍貴的照片。茲就斷層、地震基本概念，以及集集地震破壞現象（如地表破裂變形、建築物和橋樑的破壞、山崩和土壤液化等）兩部分中，最主要的部分概略整理說明，其餘請詳見展覽會場照片、書籍等參考資料。

1.斷層、地震資訊

(1)斷層種類

斷層依其位移主要分為正斷層、逆斷層及橫移斷層；這次集集地震主要是車籠埔斷層向西逆衝的逆斷層形態。

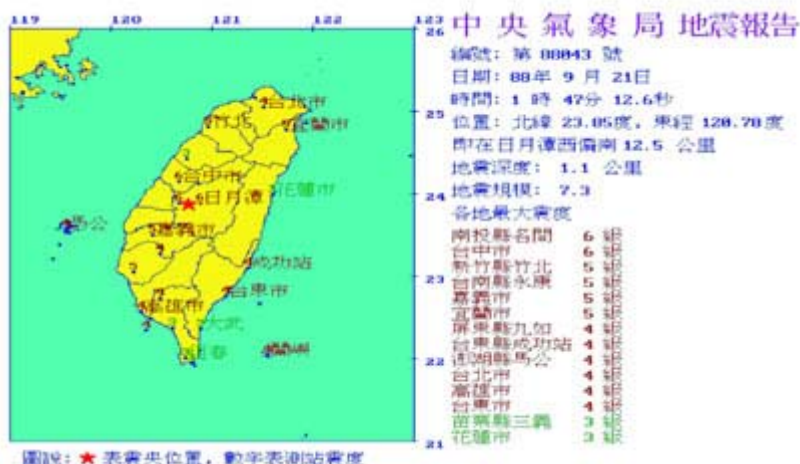
(2)台灣地區活斷層分佈圖(中央地質調查所網站)

經濟部中央地質調查所已經出版台灣活斷層圖幅，全省目前有51條活斷層，並將其分為一級、二級和存疑性三類，但有不少地球科學家認為台灣受菲律賓海板塊碰撞，或許還有更多的斷層待調查。

(3)車籠埔斷層示意圖(國立中央大學地球科學系網站)

車籠埔斷層示意圖；可以瞭解震央地理位置，及斷層沿線災情嚴重的地區。

(4)集集地震消息發布(中央氣象局網站)



圖三、921集集地震中央氣象局發布的地震報告，其中發生重大災情的南投、台中都已達到中央氣象局的最大震度6級。

2.集集地震破壞現象

這次地震規模達到7.3級，使我們看到許多過去均無法親眼目睹的災情；如土壤液化、山崩、水庫和橋樑破壞、重大地表變形和建築物倒塌等，以下為我們親自現場拍照或書籍報導中所整理的地震破壞現象(篇幅所限，僅以土壤液化為代表)。下一章節的震動台模擬試驗結果，與書籍上所說明的原因，再作一印證、比較與討論。



圖四、地震後產生土壤液化之噴砂現象

透過此次的資料蒐集和親臨現場看到地震的破壞現象，另人印象深刻，老師亦帶領我們參觀了地震儀，下一步即展開我們的震動台模擬研究，希望能獲得一些結果。

(二)震動台模擬地震破壞實驗：

從所蒐集的集集地震破壞現象中，我們嘗試使用經過改良後的震動台，模擬土壤液化和建築物破壞情形，可以了解其破壞產生的過程，並透過現象的觀察、記錄和科學上的統計，可以窺見其中的一些特性。

◎第一部分－土壤液化模擬

實驗一

含水沙層經過震動後之現象。

方法：

1.震動台內倒入水約1000c.c.。

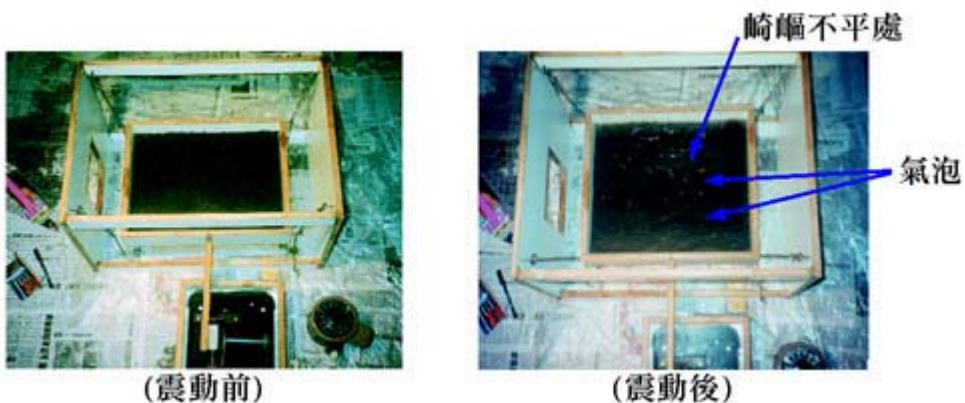
2.將細沙置於震動台內，約5公分厚，並輕壓鋪平。

3.分別將調整電壓40、60、80伏特，震動1分鐘。

4.觀察並記錄現象。

結果：

電壓	震動速度	現象說明
40V	慢	1.沙層稍微濕潤，但沒有明顯變化。 2.沙層表面仍平整。
60V	中	1.部份區域，水份明顯自表面滲出和微小氣泡產生。 2.停止後表層有一層水。 3.沙層表面出現崎嶇不平
80V	快	1.震動太大，沙層在震動台邊緣擾動最大，水份明顯自 表面滲出但無氣泡產生。 2.停止後表層有一層水。 3.沙層表面崎嶇不平，邊緣沙層嚴重擾動。



圖五、含水沙層震動前後實景(電壓60伏特；即速度中等)。

實驗二

含水細沙、泥土和小石子層經震動後之比較。

方法：

- 1.震動台分爲三區，分別置入細沙、泥土和小石子約5公分厚，並輕壓鋪平。
- 2.各區均倒入水約300c.c.後，將表面壓平。
- 3.調整電壓於60伏特，震動1分鐘。
- 4.重覆乙次，電壓改爲80伏特。
- 5.觀察並記錄現象。

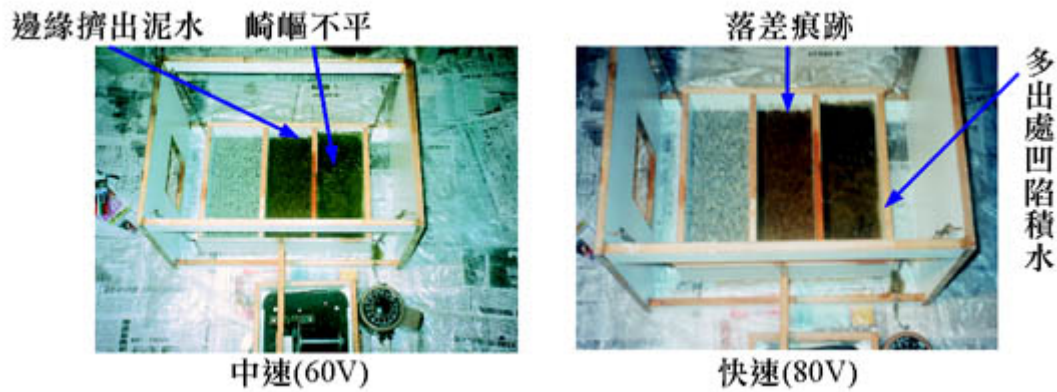
註：因電壓40伏特，無明顯變化(如實驗一)，故不再實驗。

結果：

電壓	基地材料	現象說明
60V (中速)	細沙	1.部份區域水份明顯自表面滲出和微小氣泡產生，停止 後表層有一層水。 2.沙層表面出現崎嶇不平。
	泥土	1.泥土表層微微滲水，停止後表層有一薄薄的水層，但 前方邊緣明顯擠出泥水。 2.沙層表面仍平整。
	小石頭	1.表面無水分滲出，僅表面濕潤。 2.表面平整。
80V (快速)	細沙	1.同中速情況，但停止後表層的水層比中速多。 2.沙層表面凹陷處明顯積水。
	泥土	1.同中速震動情形；前方邊緣明顯與震動前有落落差痕 跡，但擾動過大，擠出泥水已消失。
	小石頭	1.同中速震動情形。

綜合結果：

含水沙層在震動後，擠壓出的水份最明顯，其次泥土層，而石頭層最不明顯。



圖六、含水沙層、泥土和石頭分別以中速、高速震動後實景。

◎第二部分－震動台模擬建築物(以積木代替)破壞特性。

過去曾有學生以手搖或橡皮筋彈射紙片來震動，去年我們已改用有氣搖擺機。此部分即以去年的研究為基礎，再經改良震動台的震源，變成震動快慢(頻率)可進行多階段控制，希望能仔細探討震動快慢對建築物破壞的影響，並與去年的結果進行討論。

實驗三

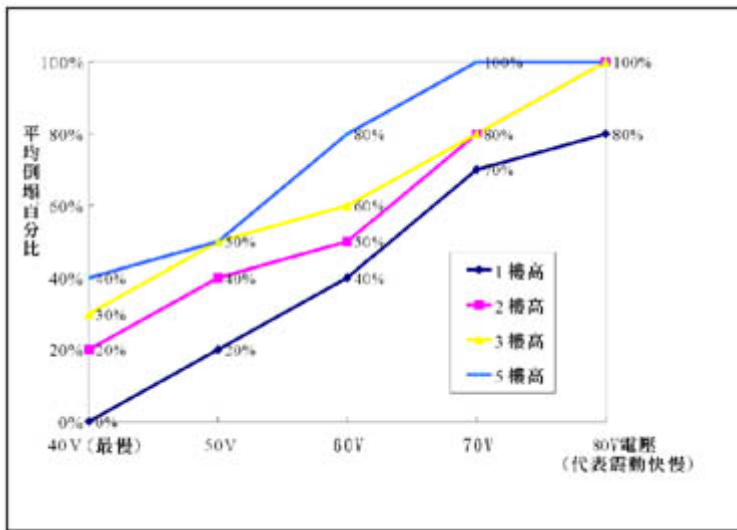
建築物(積木)高低受地震波之影響。

方法：

- 1.將積木依高度1、2、3和5個排列於震動台內。
- 2.以40（最慢）、50、60、70及80（最快）伏特震動三秒。
- 3.重覆5次，記錄積木倒塌情形(全倒1、移動或半倒0.5，未倒0)，計算平均倒塌百分比。
- 4.震動台內以泥土作為基地，並埋入一個積木使表面平整。

平均倒塌百分比=5次結果加總(全倒1、移動或半倒0.5，未倒0)/5

樓層高度	40V	50V	60V	70V	80V
1	0%	20%	40%	70%	80%
2	20%	40%	50%	80%	100%
3	30%	50%	60%	80%	100%
5	40%	50%	80%	100%	100%



圖七、樓高、震動快慢與平均倒塌百分比的關係

結果：

- 1.樓層越高平均倒塌百分比越高，故高樓應有更強的結構支稱，才能防範地震的破壞。
- 2.震動越快，平均倒塌百分比也越高，但在80伏特(震動最快)時，能量太大（對本實驗而言），所以幾乎全倒，一樓也高達80%。

實驗四

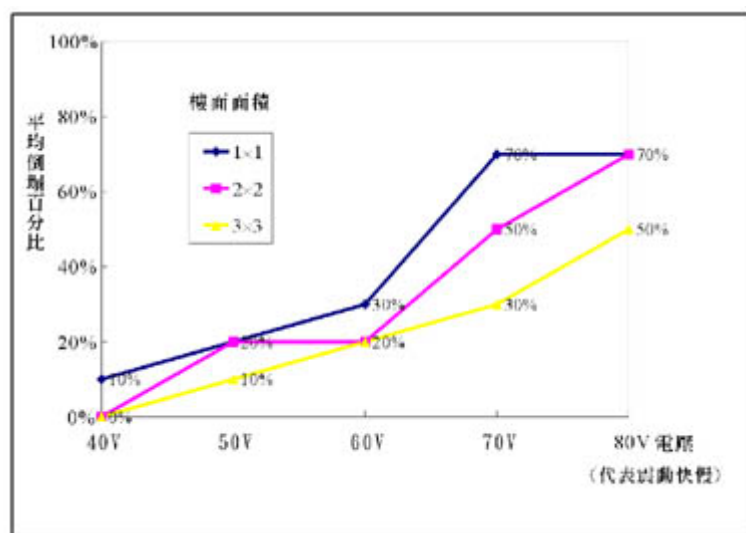
建築物(積木)樓面面積受地震波之影響。

方法：

- 1.將積木依樓面面積堆疊為1□、2□和3□於震動台內。
- 2.以40（最慢）、50、60、70及80（最快）伏特震動三秒。
- 3.重覆5次，記錄積木倒塌情形(全倒1、移動或半倒0.5，未倒0)，計算平均倒塌百分比。
- 4.震動台內以泥土作為基地，並埋入一個積木高使表面平整。

平均倒塌百分比=5次結果加總(全倒1、移動或半倒0.5，未倒0)/5

樓層面積	40V	50V	60V	70V	80V
1 1	10%	20%	30%	70%	70%
2 2	0%	20%	20%	50%	70%
3 3	0%	10%	20%	30%	50%



圖八、樓面面積、震動快慢與平均倒塌百分比的關係

結果：

- 1.樓面面積若均為正方形，且面積越大概略平均倒塌百分比越低，即可承受震動越高；在70伏特時（特定頻率時），差別最為明顯。
- 2.同樣地震動越快，平均倒塌百分比也越高；在60伏特以下和80伏特以上均較不明顯。

實驗五

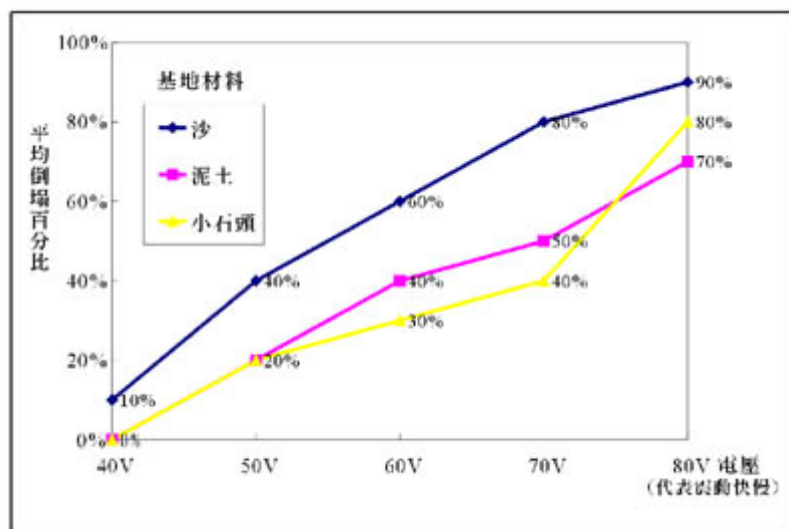
建築物(積木)基地環境受地震波震動之影響。

方法：

- 1.將震動台分為三區，分別置入沙、泥土和小石頭。
- 2.將積木均堆疊成1□□置於震動台內。
- 3.以40（最慢）、50、60、70及80（最快）伏特震動三秒。
- 4.重覆5次，記錄積木倒塌情形(全倒1、移動或半倒0.5，未倒0)，計算平均倒塌百分比。

平均倒塌百分比=5次結果加總(全倒1、移動或半倒0.5，未倒0)/5

基地物質	40V	50V	60V	70V	80V
沙	10%	40%	60%	80%	90%
泥土	0%	20%	40%	50%	70%
小石頭	0%	20%	30%	40%	80%



圖九、基地物質、震動快慢與平均倒塌百分比的關係

結果：

- 1.震動快慢（頻率不同），此三種基地物質均隨著頻率增高，平均倒塌百分比也越高，而且約略成正比關係。
- 2.其中以沙的材料，平均倒塌百分比均明顯高於泥土和小石頭，可能因為沙子較易使積木滑動而倒塌。
- 3.在泥土和小石頭的物質中，平均倒塌百分比則很接近，本實驗無法區別，但也都隨震動變快而平均倒塌百分比增高的趨勢。

六、討論

(一).集集地震相關資料蒐集

1.集集地震後，我們經過調查和蒐集過程所獲得的資料，著實令我們印象深刻，也獲益良多，瞭解大自然力量的偉大，加強防災教育、更高標準的建築規範和科學上的研究突破，才能將災害減至最小。

2.土壤液化的原因

為進行土壤液化簡易模擬試驗，我們從報導中獲得其發生的原因及容易發生土壤液化的情形，作為我們實驗的規劃。

容易發生土壤液化的情形是土層為疏鬆的砂土或粉砂，較高的地下水水位以及動態反覆荷重。發生的原因是土壤顆粒受力呈浮游狀態，無法承受地表荷重，液化後土壤顆粒變密實並下沉。

(二).震動台模擬實驗

1.經過去年及今年科展的嘗試，進行持續性較長期的研究，並改良震動快慢方式為可依電壓調整，震動台的懸吊亦改用狗鍊代替，減少震動後突然斷掉的危險。這次的實驗均顯示震動快慢（頻率）的確有重要影響，地震波雖然很複雜，包括的頻率範圍亦比實驗中來得寬，至少我們瞭解頻率的部分特性，這是過去科展研究中較沒有探討的問題。

2.土壤液化模擬中，雖然我們的實驗規模和地質材料均經過得簡化，但整個震動的過程，均可以目睹並記錄，有些現象和員林地區土壤液化噴沙後的地表景像（如研究結果中噴沙的照片），相當類似。

3.建築物破壞模擬方面，這次快慢（頻率）變化範圍從0.7~2.3赫茲，明顯看出隨著頻率變高，平均倒塌百分比則增加；但有些特性的差異本實驗仍無法區分，如基地物質中泥土和小石頭造成破壞、在本實驗頻率範圍的兩端分辨性也較差。

4.加強震源的改善，使頻率範圍加大，基地環境的真實性、建物形狀應可再改進，以期獲得更好的結果。

七、結論

1.台灣位在板塊的碰撞帶上，所以地震相當多，而台灣西部人口稠密，地震深度淺，活斷層分布也多，從這次車籠埔地震，造成的建築物破壞、橋樑斷裂、地表變形、山崩及土壤液化等都相當嚴重，我們更應注意和瞭解活斷層的問題。

2.土壤液化簡易模擬中，顯示含水砂層比泥土層和小石頭層都易產生土壤液化，擠壓出的水分較明顯，其次為泥土層，基地為石頭則最不明顯，特別是砂層震動後與實際地震造成噴砂後的景象相當類似。

3.以積木代替建築物模擬震動後的特性，使用改良後震源，以電壓(40伏特~80伏特)作震動快慢(0.7~2.3赫茲)之分段調整，各項模擬均顯示在此頻率範圍內，平均倒塌百分比隨震動加快而增加。

4.樓高、樓面面積大小、基地物質和平均倒塌百分比的關係如下：

(1)樓高愈高平均倒塌百分比愈高。

(2)樓面面積愈大(正方形)平均倒塌百分比愈小。

(3)基地物質為細砂者，比泥土和石頭之平均倒塌百分比都高。

(4)在最慢(40伏特)和最快(80伏特)各特性差異較不明顯；中間頻率則各特性差異較明顯。故就實驗系統選擇適當震動快慢，才能較清楚獲得其特性。

5.更多震動特性和差異的瞭解，有賴進一步改善研究設施和更接近實際的模型；如震源的改善，基地環境的多元化、建物形狀的改善等，才會有更好的研究結果。

八、參考資料

1.地震大怪獸，Newton少年叢書1，牛頓出版公司。

2.變臉的大地-921集集大地震，劉聰桂、陳文山編著，龍騰文化事業公司。

3.地震-難忘的921大地震，牛頓多媒體股份有限公司。

4.地震大解剖，Newton別冊，牛頓出版公司。

5.地震百問，中央氣象局編印。

6.飛毛腿非彈威力之聯想，第31屆科學展覽作品，第257-267頁。

7.嘉義瑞里震驚後之地震系列探索，台北縣第39屆科學展覽作品說明書。

評語

配合921大地震時事，廣泛利用網路蒐集資料，顯現具有電腦資訊科技之技巧，此外也設計與地震相關之試驗，探討地震災害之防治之道。

[回到目錄頁../Index.htm](#)