

中華民國第 52 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 地球科學科

080508

搖一搖，天崩地裂

學校名稱：臺北市士林區天母國民小學

作者： 小四 白玫瑰 小四 吳庭亞 小四 陳宇芹 小四 蘇曉馨	指導老師： 張彩玉 郭芝欣
---	---------------------

關鍵詞：地震、結構、震度

中華民國第 52 屆中小學科學展覽會作品說明書內容

作品名稱：搖一搖，天崩地裂

摘要

台灣主要的天災是颱風和地震，對台灣造成嚴重的生命財產損失；低年級時，曾到內湖的防災教育館，體驗過地震模擬情境，令我們印象深刻所以，我們決定藉科展機會，探討地震對於房屋造成的損害情形。

因無法用實屋來進行實驗，所以利用陶土、珍珠板、巴爾莎木來建構簡易屋型。

先製作不同素材簡易屋的簡易屋，以增加接點及竹籤的數量，來比較經過加強結構後，簡易屋的耐震變化；再將簡易屋放置在不同地質上，探討簡易屋在不同地質的耐震性。

我們希望能藉由簡單的實驗，來了解結構加強對於房屋的耐震效果是否有實質的幫助？以及在不同地質的地方蓋房屋是否也影響到房屋的防震效果？

壹、研究動機

我們從新聞上看到了其他國家也會發生地震，原來『地震』這個可怕的天災不只有影響著我們台灣，例如：日本、大陸、土耳其、紐西蘭…，都在近期發生了非常嚴重的地震或是海嘯(也是由地震引起的)，導致他們的房屋倒塌、人民死傷慘重，經過討論，我們發現房屋的防震性在地震發生的同時，最為直接關係到人身安全，房屋的倒塌會導致屋內的居民身困瓦礫堆中無法逃脫，讓我們由感而發『房屋防震』的重要性。

因此，以下我們將對於『房屋的耐震性』作一系列的探討。

貳、研究目的

我們選擇了三種材料，分別是：陶土、珍珠板、巴爾莎木(飛機木)，當作接點，再利用竹籤仿作樑柱，建構出三種不同元素的簡易五樓屋型，藉由震動器的振動強弱來模擬地震情境，目的是：

- 一、 紀錄三種不同素材建構的簡易屋耐震性產生的變化
- 二、 比較三種不同素材建構的簡易屋經結構加強後耐震性產生的變化
- 三、 探討同一種素材的簡易屋在不同地面(陶土、珍珠板、巴爾莎木)的耐震性

參、研究設備及器材

一、器材



圖一：震動器



圖二：計時器

在整個實驗的架構上，最令我們費心思的就是『如何控制及製造地震的規律性？』我們請了水電師傅想辦法做了一個『地震震動器』，但因為強度及電力不足，而導致我們的第一次實驗無法成功，後來我們很幸運的找到了這款(圖一)可將震動強度分成 10 級的按摩器，來模擬地震的分級，才使我們的實驗得以順利進行。

二、材料



圖三：陶土



圖四：珍珠板



圖五：巴爾莎木片(飛機木)



圖六：竹籤

陶土、珍珠板、巴爾莎木片(飛機木)及竹籤，都是從美術社購得的，我們將利用這些簡單的材料來製作我們的『簡易屋』。

肆、研究過程或方法

一、事前準備工作：資料收集、閱讀及分析

(一)地震時房屋為何會倒塌?

地震時地表震動，房屋會跟著上下震動以及左右前後擺動，擺動幅度的大小視地震的強度、震波的性質與房屋本身的振動週期而定。

如果震波中某一波段的週期，恰好和房屋的振動週期相吻合，便會因共振現象造成很大的振動幅度。從加速度的觀點上來看，房屋的相對加速度，往往會比地面上的加速度大四到五倍之多。

一間設計不夠堅牢的房屋，本身不能承受因地震所產生的力量時，輕者開裂，重者倒塌，屋毀人亡，難免造成悲劇，地質對地震之影響甚大，亦影響建築物之安全。同樣結構之建築物，對同一強度的地震，建築於鬆軟土地上者遠較建築於堅硬岩石上者所受之損壞為大。

(二)台灣地震帶之分布情形如何?

台灣地震帶主要有三個：

- 1.西部地震帶，自台北南方經台中、嘉義而至台南。寬度約八十公里，大致與島軸平行。地震次數較少，但餘震較頻繁，持紅時間較短暫，範圍廣大，災情較重，震源淺（約十餘公里），地殼變動激烈。
- 2.東部地震帶，北起宜蘭東北海底向南南西延伸，經過花蓮、成功到台東，一直至呂宋島；此帶北端自宜蘭與環太平洋地震帶延伸至西太平洋海底者相連，南端幾與菲律賓地震帶相接。此帶成近似弧形朝向太平洋，亦和台灣本島相平行，寬一百三十公里，特徵為地震次數多。通常，震源較西部者為深。
- 3.東北部地震帶，此帶自琉球群島向西南延伸，經花蓮、宜蘭至蘭陽溪上游附近，屬淺層震源活動帶。

(三)台灣地震危害度的分區情形如何？

依據台灣地區過去的地震分布及震災損害情形，台灣地震危害度由輕至強烈分為四區(以行政區劃分)：

- 第一區，新竹市、台中市、高雄市、桃園縣、新竹縣、台中縣、南投縣、彰化縣、高雄縣、屏東縣、澎湖縣、金門，馬祖地區。
- 第二區，台北市、基隆市、新北市、宜蘭縣、苗栗縣、雲林縣。
- 第三區，台南市、台南縣、台東縣。
- 第四區，嘉義市、嘉義縣、花蓮縣。

(四)地震發生的原因為何？

地震可分為自然地震與人工地震（例如：核爆）。一般所稱之地震為自然地震，依其發生之原因又可分為，(1)構造性地震(2)火山地震(3)衝擊性地震（例如，隕石撞擊）。其中又以板塊運動所造成的地殼變動（構造性地震）為主。

由於地球內有一種推動岩層的應力，當應力大於岩層所能承受的強度時，岩層會發生錯動(dislocation)，而這種錯動會突然釋放巨大的能量，並產生一種彈性波 (elastic waves)，我們稱之為地震波 (seismic waves) ，當它到達地表時，引起大地的震盪，這就是地震。

(五)何謂震源與震央?

- 1.震源 (hypocenter)：地震錯動的起始點。
- 2.震央 (epicenter)：震源在地表的投影點。

(六)何謂淺層地震、深層地震?

地震震源深度在 0~30 公里者稱為極淺層地震(very shallow earthquake)。在 31~70 公里者稱為淺層地震(shallow earthquake)。在 71~300 公里者稱為中層地震(intermediate earthquake)。在 301~700 公里者稱為深層地震(deep earthquake)。

(七)何謂地震序列?

先後排列，即為地震序列。而所謂同一系列之地震，係指發生位置鄰近，時間上連結之所有地震，包括前震、主震及餘震；其定義又分別如下：

- 1.前震 (Fore-Shock)：同一系列之地震中，於主震之前發生的地震稱之。唯有時前震為時甚短，且不顯著。
- 2.主震 (Main-Shock)：同一系列之地震中規模最大者稱為主震；若最大者有兩個，則先發生者稱為主震。
- 3.餘震 (After-Shock)：同一系列之地震中，主震之後發生的地震稱之。

(八)地震是否可控制?

世界各國受到地震災害威脅的地區，凜於震災損失的嚴重，無不加強對地震的研究。首先希望能夠發展做到精確的地震預報，正如現在的天氣預報一樣，在地震未發生之前，通知將要發生地震地區的民眾，可以從容脫離震區趨吉避兇。

不過，無論地震預測是否百分之百的準確，但地震的發生卻是無可避免的。因此，更進一步地使一場將要發生的地震消弭於無形，或者是使將要發生的一場大地震減少威力變成一場中度地震或微小地震，這也並非絕不可能。

經多年研究，科學家們已建立一種稱為「板塊地殼結構」的新理論，那些地殼裏下同結構的板塊，經過了長時間的推擠，其壓力與日俱增，到了某一時刻無法負荷時，便迸發了一場驚天動地的震動。

所以科學家們便想，如何在地殼應力漸增至可能發生地震的地方，用某一種方法去消除其應力，或者以人為方式製造一些小地震，引導地殼的應力以發生小地震的方式發散掉。

(九)震度分級?

震度分級		地動加速度範圍	人的感受	屋內情形	屋外情形
0	無感	0.8gal 以下	人無感覺。		
1	微震	0.8~2.5gal	人靜止時可感覺微小搖晃。		
2	輕震	2.5~8.0gal	大多數的人可感到搖晃，睡眠中的人有部分會醒來。	電燈等懸掛物有小搖晃。	靜止的汽車輕輕搖晃，類似卡車經過，但歷時很短。
3	弱震	8~25gal	幾乎所有的人都感覺搖晃，有的人會有恐懼感。	房屋震動，碗盤門窗發出聲音，懸掛物搖擺。	靜止的汽車明顯搖動，電線略有搖晃。
4	中震	25~80gal	有相當程度的恐懼感，部分的人會尋求躲避的地方，睡眠中的人幾乎都會驚醒。	房屋搖動甚烈，底座不穩物品傾倒，較重傢俱移動，可能有輕微災害。	汽車駕駛人略微有感，電線明顯搖晃，步行中的人也感到搖晃。
5	強震	80~250gal	大多數人會感到驚嚇恐慌。	部分牆壁產生裂痕，重傢俱可能翻倒。	汽車駕駛人明顯感覺地震，有些牌坊煙囪傾倒。
6	烈震	250~400gal	搖晃劇烈以致站立困難。	部分建築物受損，重傢俱翻倒，門窗扭曲變形。	汽車駕駛人開車困難，出現噴沙噴泥現象。
7	劇震	400gal 以上	搖晃劇烈以致無法依意志行動。	部分建築物受損嚴重或倒塌，幾乎所有傢俱都大幅移位或摔落地面。	山崩地裂，鐵軌彎曲，地下管線破壞。

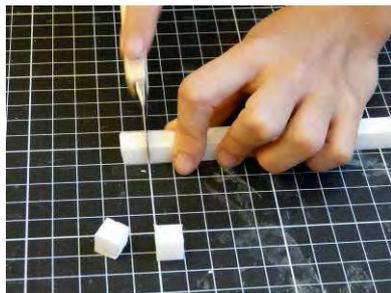
註：1gal = 1cm/sec²

二、實驗材料前置作業：

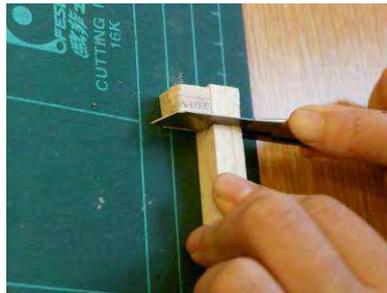
實驗操作步驟及過程，如下圖所示：

(一)切割結點：

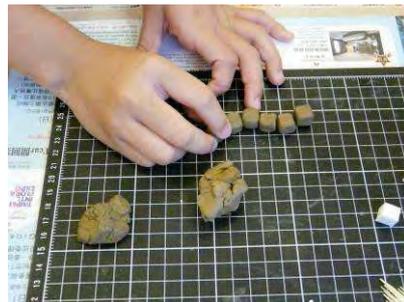
原先在我們構思中的節點應為直徑 1cm 的圓球體，但礙於無法購買到飛機木的圓球體素材，飛機木又無法像陶土一樣可以捏塑成型，故我們便將節點定義為邊長 1cm 的正方形立方體，以便掌控三種素材所製作出來的節點大小、形狀皆能一致。



圖七：切割珍珠板接點方塊



圖八：切割軟木接點方塊

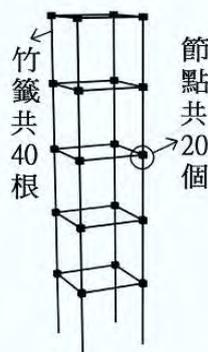


圖九：製作陶土接點方塊

(二)建構簡易屋(實驗組)：

我們利用 20 個節點，40 根 10cm 長的竹籤，分別建構出三棟總樓高 50cm，長寬各 10cm 的 5 層樓的簡易屋(如圖十~十二)。

****圖文解說****



圖十：建構飛機木簡易屋



圖十一：建構陶土簡易屋



圖十二：建構珍珠板簡易屋

(三)製作陶土地質、結合簡易屋：

我們利用珍珠板圍出長 30cm 寬 24cm 的凹槽，逐次放入適當的陶土填滿後，再用木棍將表面桿平，即可完成陶土地質；再將之前製作完成的簡易屋，利用陶土地質尚未風乾變硬之前，先固定在地質板上，接著就可以將完成的作品，靜置於牆角風乾成型了。



圖十三：製作陶土地質



圖十四：簡易屋建構完成

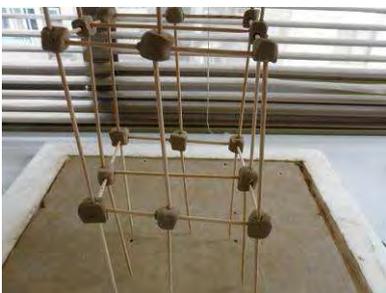
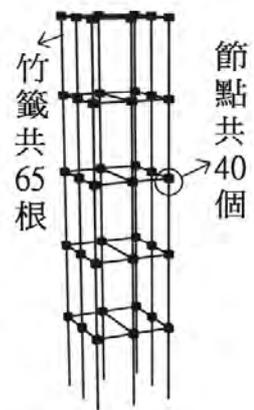


圖十五：靜置陶土風乾

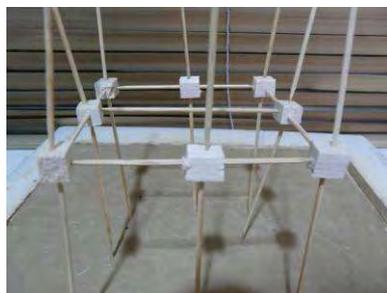
(四)製作「加強結構」簡易屋(對照組)：

接下來，我們也用與實驗組相同的三種節點(陶土、飛機木、珍珠板)跟竹籤，再做出對照組『加強版簡易屋』，不同的是，這次我們增加了節點及竹籤數，每棟皆用了 40 個節點以及 65 根竹籤製作而成。

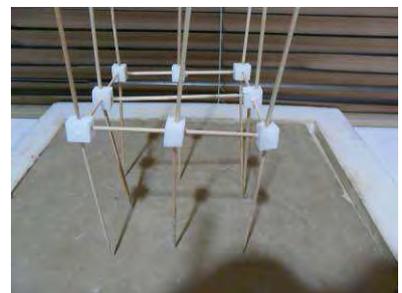
****圖文解說****



圖十六：
陶土簡易屋(加強結構)



圖十七：
珍珠板簡易屋(加強結構)



圖十八：
飛機木簡易屋(加強結構)

三、實驗過程：

(一) 紀錄三種不同素材建構的簡易屋的耐震性產生的變化

** 實驗條件控制 **	
不變變因	震動器、陶土地質、震動時間(每級/30 秒)
可變變因	簡易屋(飛機木簡易屋、珍珠板簡易屋、陶土簡易屋)
** 實驗記錄結果定義 **	
完好	結構完整，每個節點與竹籤皆無脫落現象
支解	意指結構中，開始有節點與竹籤間產生鬆脫現象
傾斜	結構開始有明顯的傾斜現象
倒塌	結構崩塌，散落倒地

1. 實驗飛機木簡易屋崩塌過程：

我們將飛機木簡易屋定置在陶土地質後，移至震動器上方，從震級 1 開始，每 30 秒增加 1 級來觀察紀錄飛機木簡易屋結構的變化；結果飛機木簡易屋在第 2 級時，節點與竹籤開始有部份鬆脫支解現象，但並未馬上倒塌，一直到第 5 級飛機木簡易屋有了明顯的傾斜，至第 6 級便完全崩塌。



圖十九：
飛機木簡易屋
開始搖晃



圖二十：
飛機木簡易屋
開始支解



圖二十一：
飛機木簡易屋
開始傾斜

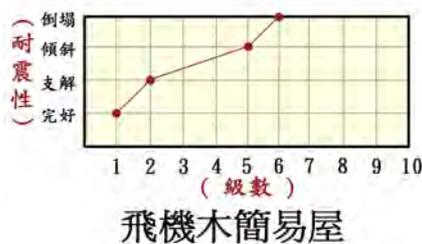


圖二十二：
飛機木簡易屋
崩塌圖

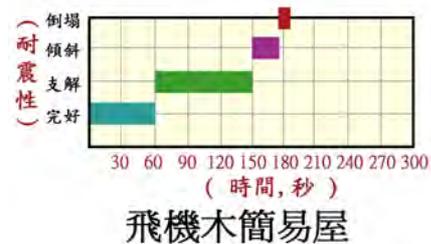
圖文解說



曲線圖



柱狀圖



2. 實驗珍珠板簡易屋崩塌過程：



圖二十三：
珍珠板簡易
屋開始搖晃



圖二十四：
珍珠板簡易屋
開始支解



圖二十五：
珍珠板簡易屋
開始傾斜

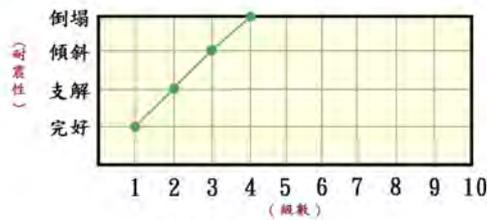


圖二十六：
珍珠板簡易屋
崩塌圖

圖文解說

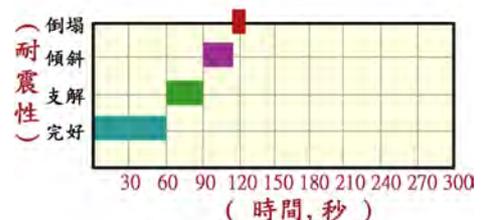


曲線圖



珍珠板簡易屋

柱狀圖



珍珠板簡易屋

3. 實驗陶土簡易屋崩塌過程：



圖二十七：
陶土簡易屋
開始搖晃



圖二十八：
陶土簡易屋
開始支解



圖二十九：
陶土簡易屋
開始傾斜

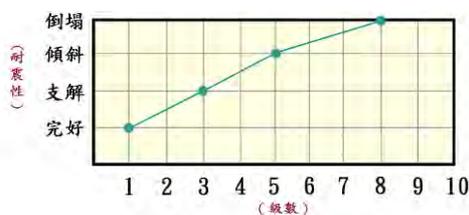


圖三十：
陶土簡易屋
崩塌圖

圖文解說

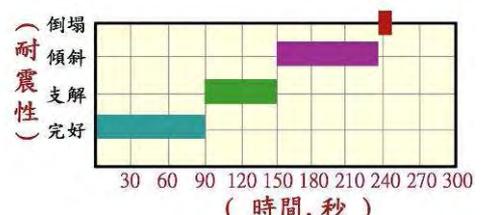


曲線圖



陶土簡易屋

柱狀圖



陶土簡易屋

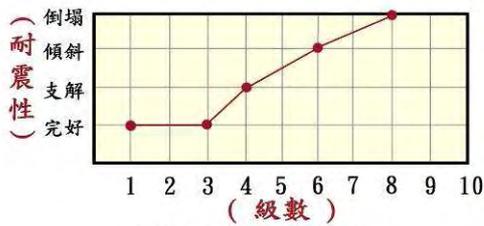
(二) 比較三種不同素材建構的簡易屋經結構加強後耐震性產生的變化

實驗條件控制	
不變變因	震動器、陶土地質、震動時間(每級/30 秒)
可變變因	加強版簡易屋(飛機木簡易屋、珍珠板簡易屋、陶土簡易屋)
實驗記錄結果定義	
完好	結構完整，每個節點與竹籤皆無脫落現象
支解	意指結構中，開始有節點與竹籤間產生鬆脫現象
傾斜	結構開始有明顯的傾斜現象
倒塌	結構崩塌，散落倒地

圖文解說

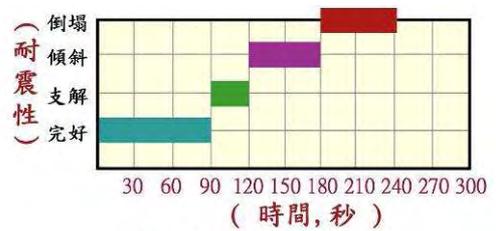


曲線圖



飛機木簡易屋

柱狀圖

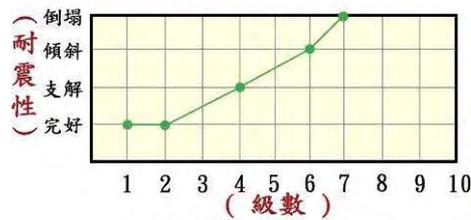


飛機木簡易屋

圖文解說

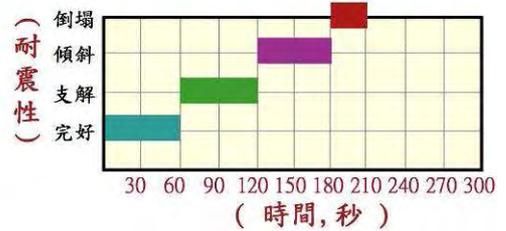


曲線圖



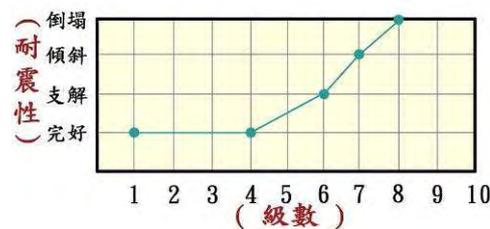
珍珠板簡易屋

柱狀圖



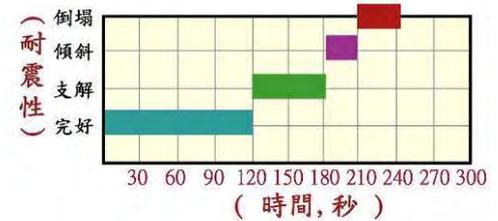
珍珠板簡易屋

曲線圖



陶土簡易屋

柱狀圖

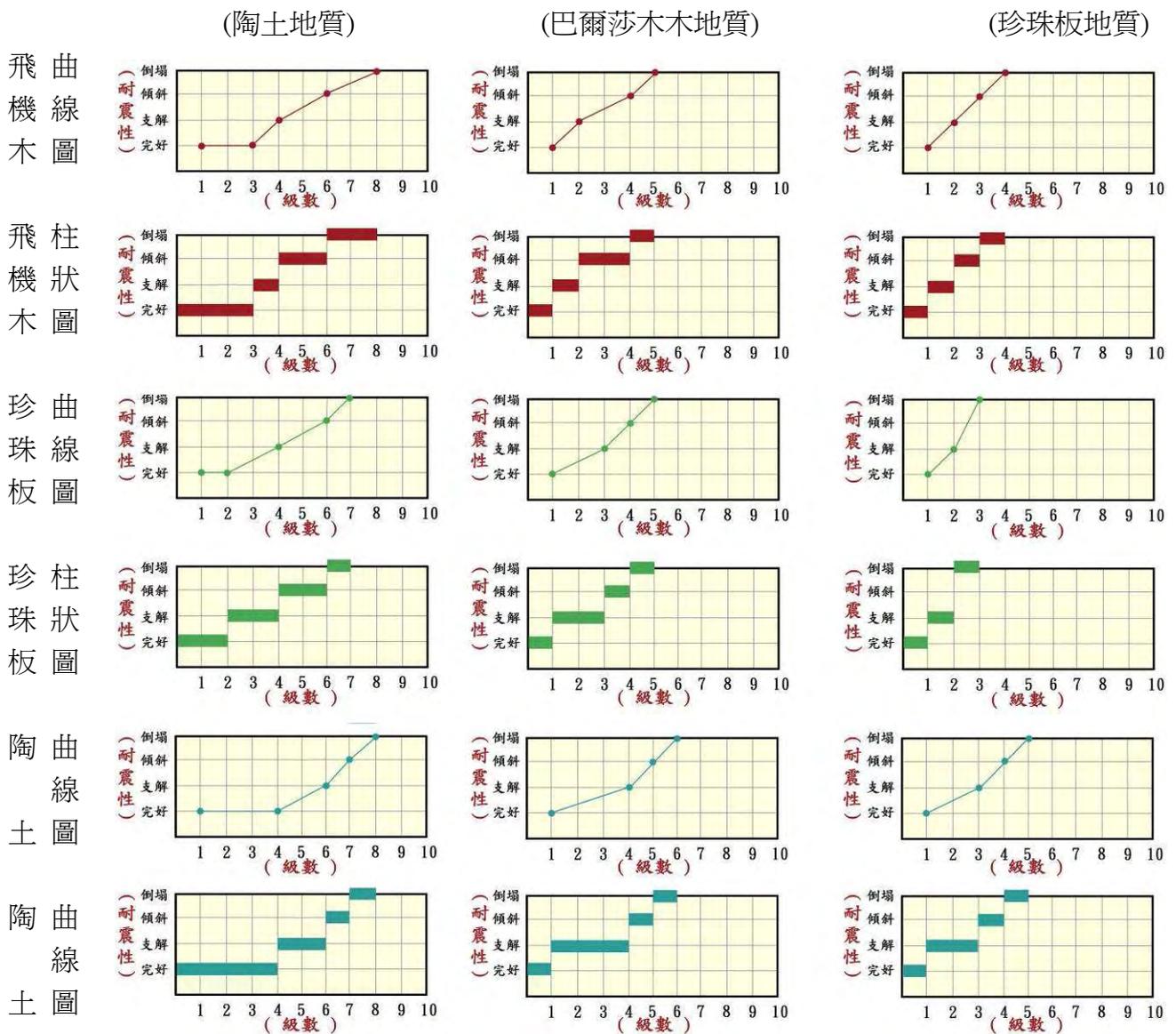


陶土簡易屋



(三) 探討同一種素材的簡易屋在不同地面(陶土、珍珠板、巴爾莎木)的耐震性

實驗條件控制	
不變變因	震動器、陶土地質、震動時間(每級/30 秒)
可變變因	加強版簡易屋(飛機木簡易屋、珍珠板簡易屋、陶土簡易屋) 不同地質板(飛機木地質板、珍珠板地質板、陶土地質板)
實驗記錄結果定義	
完好	結構完整，每個節點與竹籤皆無脫落現象
支解	意指結構中，開始有節點與竹籤間產生鬆脫現象
傾斜	結構開始有明顯的傾斜現象
倒塌	結構崩塌，散落倒地

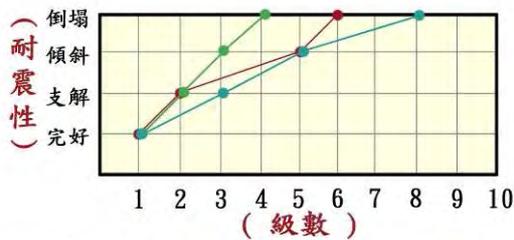


伍、研究結果：比較分析

一、紀錄三種不同素材建構的簡易屋的耐震性產生的變化：

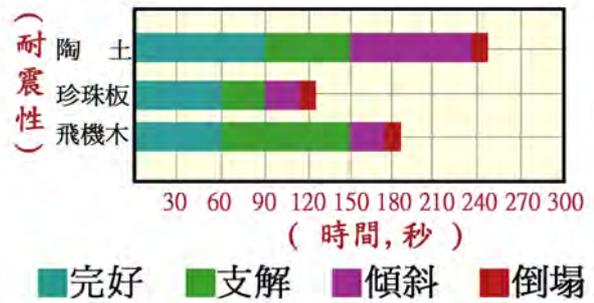
依據我們實驗紀錄的數據可以發現材質最軟的珍珠板，所呈現出來的曲線最為陡斜，耐震性最弱；相反的，風乾後的陶土硬度最強，固它所呈現出來的曲線圖相對的也較平滑且由完好到毀損所能承受的級數也最高。

*** 曲線比較圖 ***



■ 飛機木 ■ 珍珠板 ■ 陶土

*** 柱狀比較圖 ***

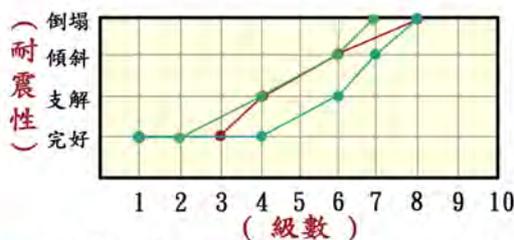


■ 完好 ■ 支解 ■ 傾斜 ■ 倒塌

二、比較三種不同素材建構的簡易屋經結構加強後耐震性產生的變化：

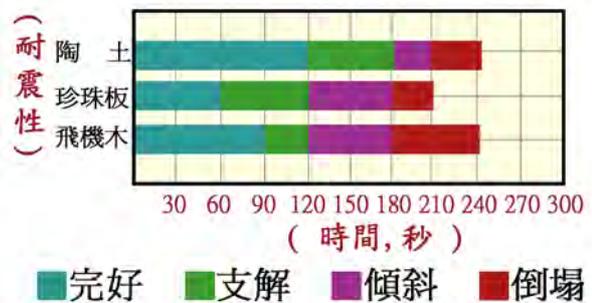
我們加強結構之後，由曲線圖可以明顯的看出，每一種材質建構的簡易屋，從完好到毀損所能承受的級數都顯著的提高了，意味著，結構加強將有效的提高房屋的耐震性。

*** 曲線比較圖 ***



■ 飛機木 ■ 珍珠板 ■ 陶土

*** 柱狀比較圖 ***



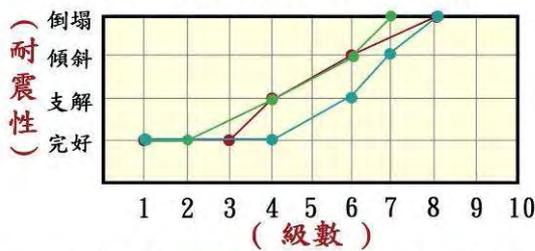
■ 完好 ■ 支解 ■ 傾斜 ■ 倒塌

三、探討同一種素材的簡易屋在不同地面(陶土、飛機木、珍珠板)的耐震性：

相同的房屋，在不同的地質結構上，卻有不同的數據呈現，顯示房屋蓋在地質較硬的土壤上(陶土)，房屋較不易崩塌；相反的，若蓋在地質較軟的土壤上(珍珠板)，當地震來臨時，房屋崩塌的機率是比較高的。

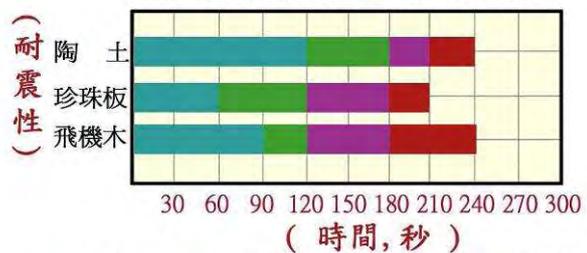
另外，我們也由柱狀比較圖的色塊發覺，加強結構後的簡易屋由傾斜(紫色圖塊)到倒塌(紅色圖塊)的時間，非常明顯的縮短了，尤其是在較為鬆軟的地質上，這個情形更是明顯，我們甚至可以由柱狀比較圖上看到，在珍珠板地質板上加強結構的飛機木簡易屋，在一瞬間(30~60 秒)由支解(綠色圖塊)直接倒塌(紅色圖塊)。

曲線比較圖(陶土地質板)



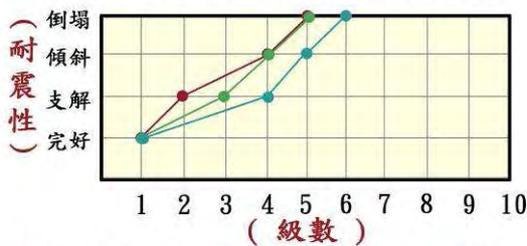
■ 飛機木 ■ 珍珠板 ■ 陶土

柱狀比較圖(陶土地質板)



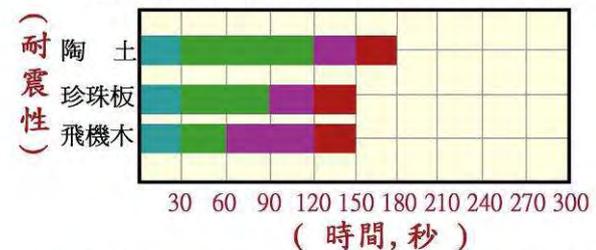
■ 完好 ■ 支解 ■ 傾斜 ■ 倒塌

曲線比較圖(飛機木地質板)



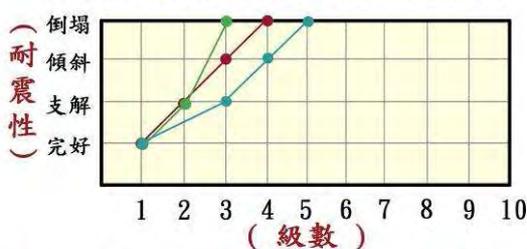
■ 飛機木 ■ 珍珠板 ■ 陶土

柱狀比較圖(飛機木地質板)



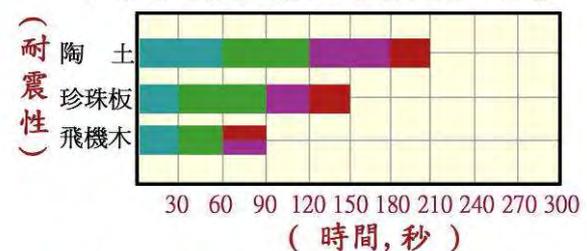
■ 完好 ■ 支解 ■ 傾斜 ■ 倒塌

曲線比較圖(珍珠板地質板)



■ 飛機木 ■ 珍珠板 ■ 陶土

柱狀比較圖(珍珠板地質板)



■ 完好 ■ 支解 ■ 傾斜 ■ 倒塌

陸、討論

一、建築工程防震設計遵守什麼原則?

一般的建築工程防震設計，除考慮安全之外，還要合乎經濟的原則。因為要設計一座絕對耐震的房屋或橋樑，並非絕不可能。但是如果所在的建築費過份龐大，就經濟學的立場觀之，那就則不來。比如說某座橋樑的造價只要二百萬，爲了要使它能夠承受地震規模等於八·五至九的最大級的地震，它的工程費要漲到五百萬甚至一千萬，那就不如等到橋毀後再重建一座。

從過去的地震紀錄資料去看，地震規模等於八，五至九者，全世界發生的次數大約爲十年一次，至於規模大於九的地震，自地震觀測以來，尙未發生過。

因此，一項合乎經濟原則的防震設計，應該根據該地區以往發生地震的最大強度，以及未來可能重現機率定出適度合理的耐震要求，以避免人力物力的過度浪費。

二、興建特種重大之工程應怎樣慎選地點?

在防震設計上，興建特種重大工程設施，撇開交通、地價等因素不計外，如有選擇餘地，應避免興建於地震斷層附近。因爲絕大多數的淺層地震，均因地殼斷層急速錯動而引起的。一般而言，距離地震斷層愈近的地方震力越大，受震損失的機會也愈高。

三、磚石造或鋼筋水泥造的是否易於倒塌?

房屋振動的真正情形相當複雜，但主要還是受牛頓的慣性定律所支配。地震時房屋所受的側向震力，等於這對應加速度與房屋質量的乘積。也就是說，兩種不同構造的房屋，受到了相同的加速度時，質量大者所受的接力也大。

因此，從動力學的觀點上來看，一棟不合防震設計的磚石造或鋼筋水泥造的房屋，反而會比一棟木造竹造的房屋，更易於開裂或倒塌。

如果迫不得已非建於斷層附近的時候，應該慎重加強耐震設計，詳細勘查可能發生地震的活動斷層位置，估計可能發生地震的大小並進一步推求震源的力學特性，作爲防震設計的參考。

柒、結論:大地震發生時應注意那些事項?

一、大地震發生時應注意

- (一)在室內者應立即熄滅火種，關閉電源以防火災，然後奔逃至室外空曠地方，但應防外物倒塌（如招牌、屋瓦、廣告燈等）而被擊傷。
- (二)如一時無法逃至室外，應找一堅固、高度較矮而重心穩定之家具下躲避，以免被室內落物擊傷。
- (三)不可躲在牆邊、河、海堤或山崖附近。
- (四)沿海居民應疏遷至高地以防海嘯。
- (五)水庫下游地區居民，應防水庫崩場所引起之山洪。
- (六)地震發生後，勿輕信謠言，並防餘震。
- (七)高樓之居民逃離時，切忌爭先恐後，否則易生跌倒而被踏斃，並使出口擁塞。
- (八)災害發生時，應發揚守望相助精神，互相救助，並速向警方請求救助。

二、何以特別調地震發生時首先熄滅火種關閉電源?

歷史上許多大地，接均顯示，火災所造成的災害遠比震動所造成者為慘烈。如一九〇六年四月十八日格林威治時間十三時十二分美國舊金山大地震，其規模為八·三，強度雖大，但由震動所導致的人員死亡大約僅三九〇人，而財物損失估計約四億美元（當時之幣值）。此種財物之損失係由地震開始時大火所致。

由於水管被震裂，水壓不足，以致無法救火。如此，經過三天的燃燒才將火勢控制，致使全市大部地區被焚毀。

三、地震前之準備事為何?

地震為不可避免的天災，為使人員的傷亡及財物的損失減至最少，平時必需有充分的準備：

- (一)準備乾電池、收音機、手電筒、滅火器及急救藥箱，並告知家人儲放的地方及使用方法。
- (二)知道瓦斯、自來水及電源安全閥如何開、關。
- (三)綁牢家中高懸的物品，鎖緊櫥櫃門門。
- (四)重物不要置於高架架上，栓牢笨重家具。
- (五)知道地震時家中最安全的地方。
- (六)教師（尤其中、小，學校）應經常於課堂宣導防災常識，教導學生避難事宜：學校應定期舉行防震演習。
- (七)教室的照明燈具、實驗室的櫥櫃及圖書館的書架應加以固定。
- (八)辦公室及公共場所應經常檢驗防火和消防設備。
- (九)機關、團體應規劃有關緊急計畫，並預先分配、告知緊急情況時各人的任務以及應採取的行動。

捌、參考資料及其他

參考資料 國家地震工程研究中心

【評語】 080508

1. 以不同素材製作簡易屋來觀察因地震產生傾斜、倒塌的清況，具實用性。
2. 觀察簡易屋傾倒現象，結合地震發生時的注意事項，這樣就可以將實驗結果加以結合。