

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 物理科

030101

臺北縣立永和國民中學

指導老師姓名

郭潮堤

張意明

作者姓名

邱垂青

黃毓棠

楊智宇

江采蓮

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

科別：物理

組別：國中組

作品名稱：抗震大作戰—建築結構耐震研究

關鍵詞：耐震、結構、建築

編號：

目 錄

壹、摘要.....	1
貳、研究動機.....	1
參、研究目的.....	1
肆、研究設備及器材.....	1
伍、研究過程、方法及結果.....	2
第一部份：實際參觀、訪問、調查.....	2
第二部份：建築物抗震實驗.....	7
陸、研究心得與討論.....	21
柒、結論.....	21
捌、參考資料.....	23
附件.....	24

壹、摘要

我們的研究包括兩部份，第一部份是實地調查訪問。瞭解地震成因、傷害及現有防震方法，並調查坊間各種建築物類型，及常見私自改變建築物結構現象，做為研究的基礎。第二部份為建築物抗震實驗。研究發現：牆面挖空、頂樓加蓋、樓層挑高，建築物會在該處產生弱點，由此斷裂。柱子數量相同下，散開時支撐力較弱。不對稱建築物遇震時會不自然扭轉且易倒。隔震素材恰當，能有效提高耐震力，本實驗以滑軌、彈珠最好。樓頂加裝消能設施亦能減震，但設計極其不易。

貳、研究動機

我們從電視、報紙看到國家地震中心舉辦抗震盃大賽，覺得很有趣，引發我們研究的興趣。臺灣地震頻繁，建築物耐震，應十分重要，但我們環顧四週，發現私自把牆打掉，改變建築結構，及頂樓加蓋等現象繁多。伊朗、土耳其、921 地震教訓不遠，建築物若不耐震，將造成極大的傷害。我們從小學起，即學過很多地質結構及天然災害，國中自然與生活科技第一冊第三章地球環境，第四冊第六章力學在營建科技的應用，又再次提及，於是便促發我們著手研究建築物如何耐震。

參、研究目的

- 一、探訪地震災區，瞭解地震成因及傷害。
- 二、瞭解現有各種建築物的類型。
- 三、實地調查民間常見私自改變建築物結構的現象。
- 四、研究改變建築物結構所造成的影響。
- 五、研究較好的抗震結構。
- 六、尋找有效的隔震、減震方法。

肆、研究設備及器材

木條、棉繩、木板塊、角木、長彈簧、小彈簧、橡膠墊、大小滑軌、水管、高爾夫球、彈性鋼片、砝碼、保特瓶、水、海綿、橡皮筋、質量塊、螺絲、鋸子、熱熔槍、電鑽、螺絲起子、量尺、海報紙、攝影器材、電腦設備、小型單軸向震動台。



伍、研究過程、方法及結果

第一部份：實際參觀、訪問、調查

一、921 地震災區及研究機構探訪

(一)、 921 地震災區

921 地震教育園區(原為台中縣光復國中)及中興新村省政資料館目前保留 921 地震資料最完整，陳列有實際攏起的操場、毀壞的房舍、變形的鐵軌、資料照片……讓人實際體會 921 地震的威力。



921 地震倒塌的建築物



921 地震變形的鐵軌



省政資料館解說員講解地震成因



參觀 921 地震資料陳列室

(二)、地震研究機構

國家地震工程研究中心內有最精良的實驗設備，是國內最重要的地震研究機構，國立臺灣科技大學營建工程結構研究室則提供師生測試部份結構物的強度，我們在此請教專家，關於結構及耐震的相關知識。



國家地震中心人員為我們講解



國家地震中心的三軸地震模擬器



參訪臺灣科技大學耐震實驗室



請教臺灣科技大學研究人員

二、實際建築物研究

(一)、台北 101 大樓

為全球最高的大樓，該建築邀集國內外專業顧問，對風力及地震力做最嚴謹的審查，以確保結構安全。利用 660 噸諧調質量阻尼器(大鋼球)，遇風力或地震時可降低大樓搖晃程度。



參觀 101 大樓



101 大樓內抗風制震大鋼球(註：摘自網站)

(二)、慈濟醫院新店分院

為東南亞最大的隔震大樓，地底用隔震墊和阻尼器，使建築物與大地相距 80 公分，大地搖動時，有如騰空的大樓，震度大幅減少，可把七級震度減為四級。



參觀慈濟醫院新店分院



慈濟醫院的鉛心橡膠隔震墊

(三)、內湖順弼大廈

基底原是泥沼地，所以在地底設三個水池，建物有如一艘船，在水上滑動，只要風勢稍強，建物就會搖動，歷年來專家學者探勘研究，均認為結構正常，迄今已二十餘年，建築物仍然完好。



順弼大廈叔叔為我們解說
附近地形、地質



貼牆體驗順弼大廈的搖晃

(四)、內湖台新銀行大樓

因濱臨基隆河，地質較為軟弱，防震十分重要，整棟結構設計，採用專業的斜撐鋼樑加裝油壓避震系統，具有高標準的防震效果。



參觀台新銀行大樓斜撐鋼樑加裝油壓避震系統

三、常見建築物結構改變類型調查

- (一)、頂樓加蓋
- (二)、其中一層樓挖空
- (三)、打通陽台改成室內
- (四)、打通室內牆，改變隔間
- (五)、兩層樓之間，打室內樓梯



頂樓加蓋



打通陽台改成室內



兩層樓之間，打室內樓梯

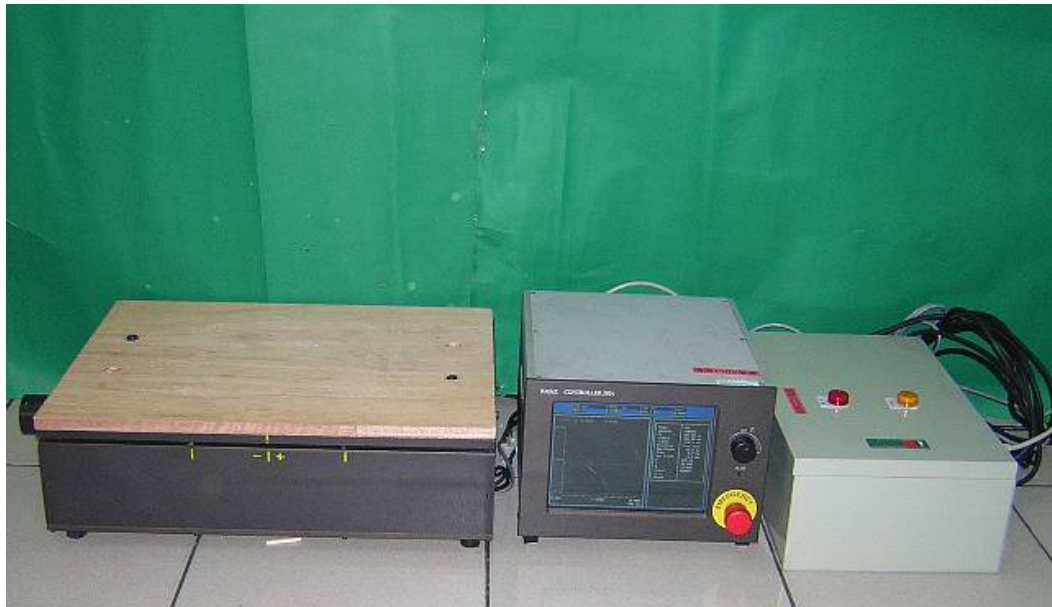


打通室內牆，改變隔間

第二部份：建築物抗震實驗

一、量測儀器

震動台是本實驗主要量測儀器，我們雖經多次改良，但要設計一部能模擬實際地震的震動台，須用高科技儀器，非我們所能為。最後經多方探詢，透過學校聯繫，向國家地震工程研究中心借小型單軸向震動台。此機由電腦控制，配備有電腦主機、發電箱及震動臺，主機內建有標準一到七級地震波，及各種不同的震動波、震動頻率及震動次數，每一種震波均能準確的模擬實際地震情形，我們的研究採用的是實驗者常用的 SIN 波。



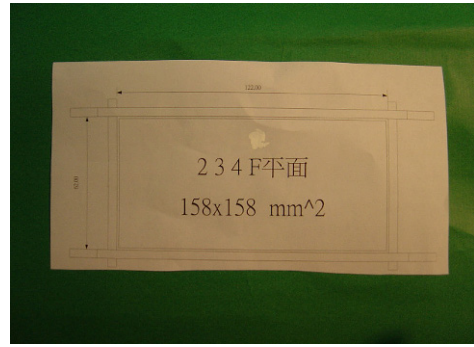
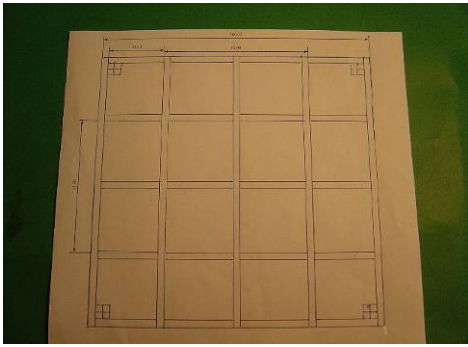
小型單軸向震動台

二、結構規則

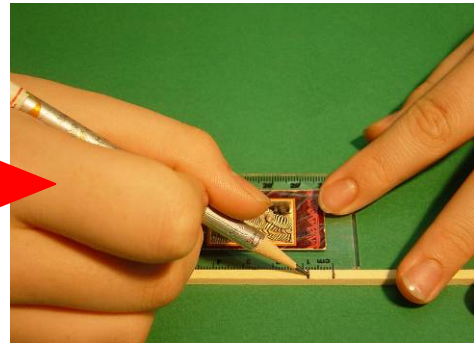
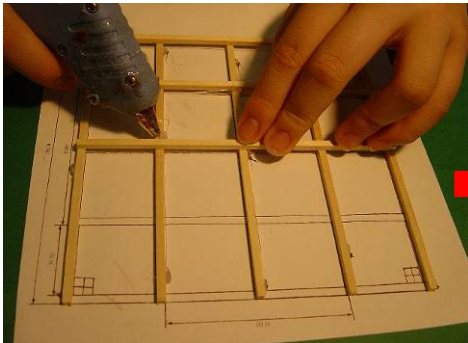
本研究主要參考”2003 抗震盃—地震工程模型製作校際競賽”的比賽規則。為求控制變因一致，每一模型均在此原則下設計結構。

- (一)、用橫斷面 4 mm X 4mm 木條製作，綑綁的棉繩直徑 1.5mm。
- (二)、四個平面樓層，木板底座當作一樓。
- (三)、為求柱子提供的基本支撐強度一致，每一模型均為 16 枝木條支撐。
- (四)、除一樓面積外，每層樓板面積，均設為 250 平方公分。
- (五)、為求能符合實際建築物重量，樓板每一平方公分，須承受約 10 公克重量。每一質量塊重 635 公克，故每層須置 4 個質量塊。
- (六)、每一樓層淨高 15 公分，質量塊盒不算是樓層的一部份。

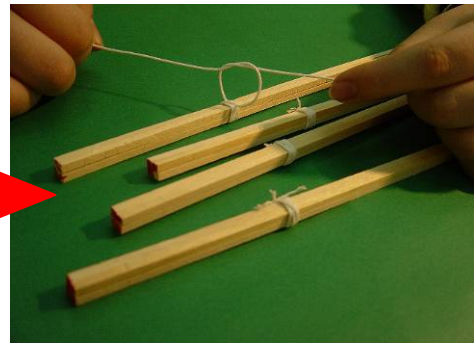
三、標準模型製作方法



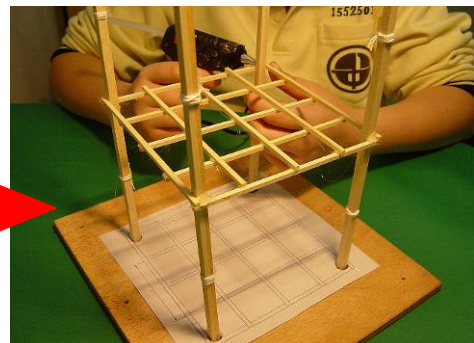
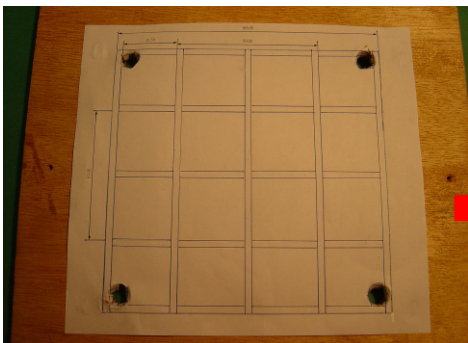
(一)畫樓板支架平面圖及質量塊固定盒圖



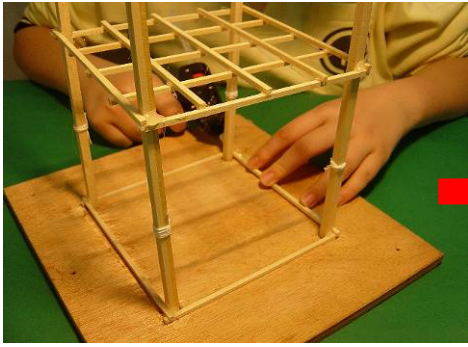
(二)以平面圖為底，鋸適當長度木條黏合成樓板及質量塊固定盒各 3 個。 (三)取木條一枝量出樓板固定位置為標尺。



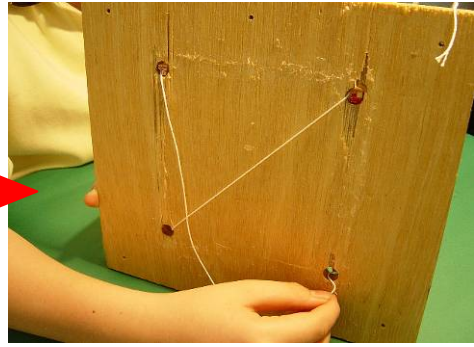
(四)取 16 枝木條用標尺，做出 16 枝一模一樣的柱子。 (五)每 4 枝柱子各在綁棉繩處以棉線繞 5 圈綁緊，共做出 4 枝大柱。



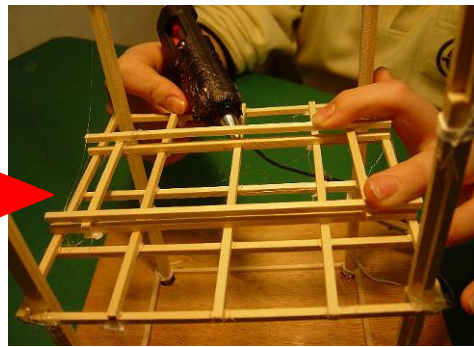
(六)把樓板平面圖貼於厚 1 cm 的木板上，用電鑽在柱位鑽 4 個孔洞。 (七)在底板上插入 4 枝柱子，再套入樓板，於樓板黏合處，將柱與樓板黏合，三層樓板依次黏好。



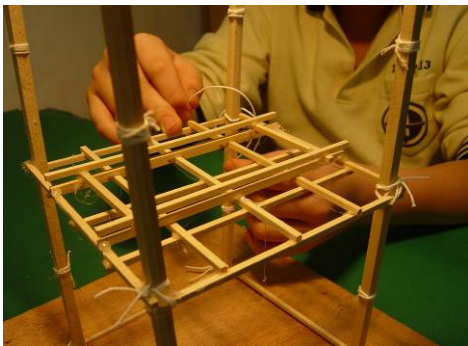
(八)將地樑黏上。



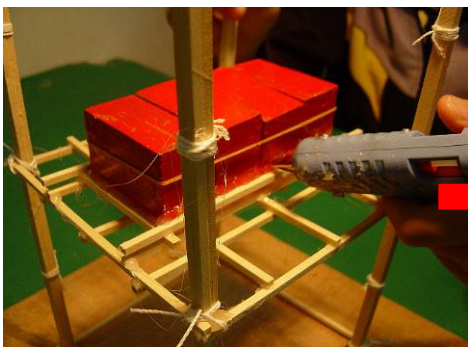
(九)用繩子綁住其中二柱，以對角線方式，穿入底板洞，再將繩子綁在對角的柱子上。



(十)將地樑與木板黏合，並將4洞灌滿熱熔膠固定。(十一)將質量塊盒固定在二、三、四樓板中央。



(十二)用棉繩將每一樑與柱以繞二圈方式綁緊。



(十三)每一質量塊盒放置4個質量塊，以橡皮筋圈住，再用熱熔膠固定在放置盒上。



(十四)完成後的標準模型。

四、研究過程

研究一：不同樓層挖空的影響

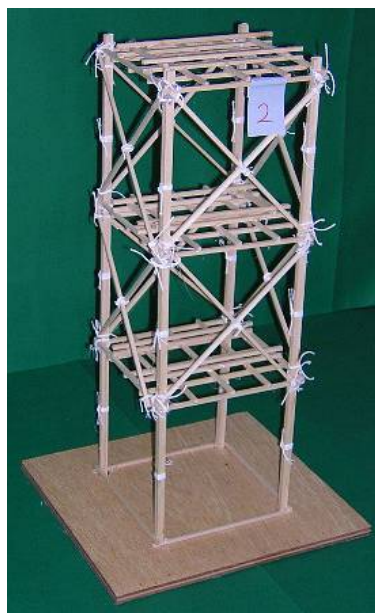
(一) 我們的想法：

坊間爲了擴大使用空間，常把某個樓層挖空，當成營業場所，或把陽台打通，以擴大室內空間。因此我們設計不同樓層挖空，來探討挖空對耐震力的影響。

(二) 模型照片：



實驗 1



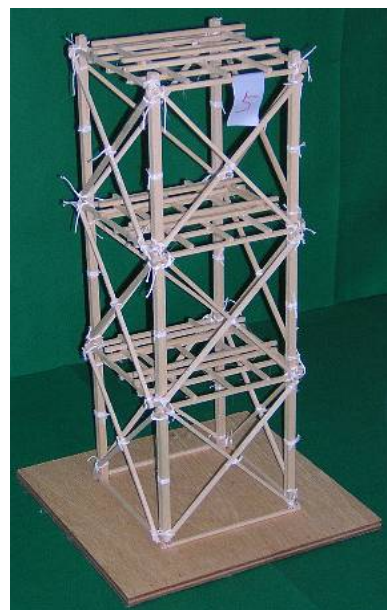
實驗 2



實驗 3



實驗 4



實驗 5

(三)實驗結果：

表一

震動狀態		實驗類型		實驗 1	實驗 2	實驗 3	實驗 4	實驗 5
		振幅	振頻					
50	0.5	O	O	O	O	O	O	
50	1	O	O	O	O	O	O	
50	1.5	O	X	O	O	O	O	
50	2	△		X	O	O	O	
50	2.5	△			X	O	O	
50	3	X					O	
60	0.5						O	
60	1						X	

“O” 表模型完好 “△” 表有傾斜或斷裂聲 “X” 表模型全倒

(四)發現討論：

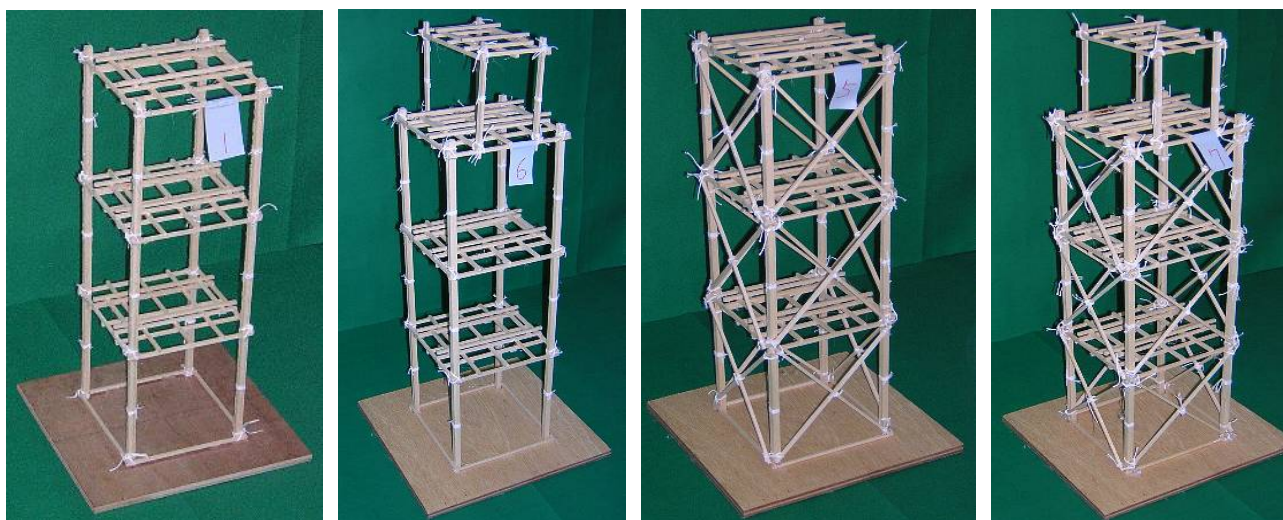
實驗 2、3、4 由於其中二層有斜撐，一層沒有斜撐，造成各樓層勁度不同，在沒有斜撐的樓層，形成軟弱層，容易由此倒塌，其中實驗 2 軟弱層在一樓，受力較大，實驗 3 軟弱層在二樓，受力次之，實驗 4 軟弱層在三樓，受力更次之，因此實驗 2 倒塌最快，實驗 4 倒塌較慢。實驗 1 和 5，由於各樓層勁度相同，耐震能力較好，實驗 5 又因有斜撐，勁度更強，因此耐震最好。由此確知：樓層挖空確會影響耐震能力，越低樓層挖空愈不耐震。

研究二：頂樓加蓋的影響

(一) 我們的想法：

街上常看到建築物頂樓加蓋，這會影響耐震力嗎？因此設計本實驗，頂樓面積為四樓一半。

(二)模型照片：



實驗 1

實驗 6

實驗 5

實驗 7

(三)實驗結果：

表二

震動狀態		實驗類型			
		實驗 1	實驗 6	實驗 5	實驗 7
振幅	振頻				
50	0.5	O	O	O	O
50	1	O	X	O	O
50	1.5	O		O	△
50	2	△		O	X
50	2.5	△		O	
50	3	X		O	
60	0.5			O	
60	1			X	

“O” 表模型完好 “△” 表有傾斜或斷裂聲 “X” 表模型全倒

(四)發現討論：

頂樓加蓋的柱子和原建築物柱體不相連，因此震動時，頂樓加蓋部份和其它樓層震動的方向不一樣，這會加速結構物的破壞。實驗 7 是因加蓋部份柱子斷裂而破壞，所以抗震力比實驗 5 差。由此可知：頂樓加蓋會減低建築物的耐震力。

研究三：挑高的影響

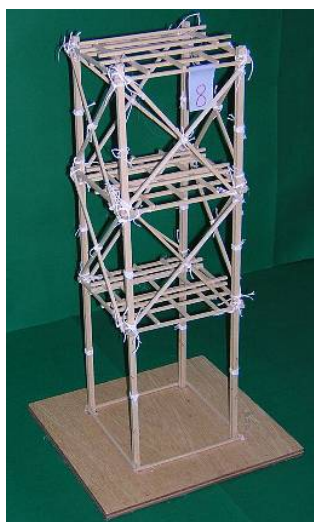
(一) 我們的想法：

商店或大樓入口，為了使用空間或美觀考量，一樓常挑高，甚且四面挖空只剩柱體，這會影響建築物嗎？實驗 8 一樓加高為 20 公分，實驗 10 每樓都挑高為 20 公分。

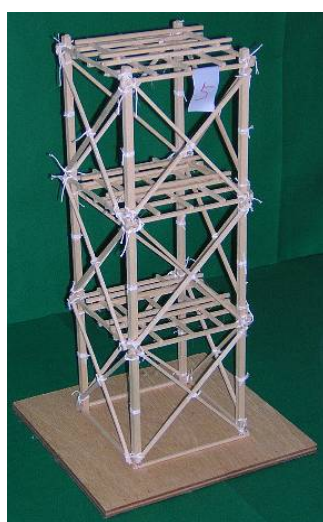
(二) 模型照片：



實驗 2



實驗 8



實驗 5



實驗 10

(三) 實驗結果：

表三

實驗類型 震動狀態		實驗類型			
		實驗 2	實驗 8	實驗 5	實驗 10
振幅	振頻				
50	0.5	O	O	O	O
50	1	O	X	O	O
50	1.5	X		O	O
50	2			O	△
50	2.5			O	X
50	3			O	
60	0.5			O	
60	1			X	

“O” 表模型完好 “△” 表有傾斜或斷裂聲 “X” 表模型全倒

(四)發現討論：

- 1、實驗 8 在一樓挑高的地方破壞，一根柱子斷裂後，便向斷裂的那一方傾倒，此時震動台還在繼續震動中，模型便受到兩方拉扯的力量，以旋轉的方式倒下。
- 2、實驗 10 在振頻為 2.0 時，一樓的斜撐斷掉一枝，在下一個振頻時模型就倒塌了，由此可知一旦結構物有所損傷後，強度就會降低，在下次更大的地震來時，很快就會破壞。
- 3、一樓挑高的實驗 8 較沒有挑高的實驗 2 早破壞。每層樓都挑高的實驗 10 比都沒有挑高的實驗 5 早破壞。所以挑高的模型耐震能力都較低。

研究四：柱子配置方式不同的影響

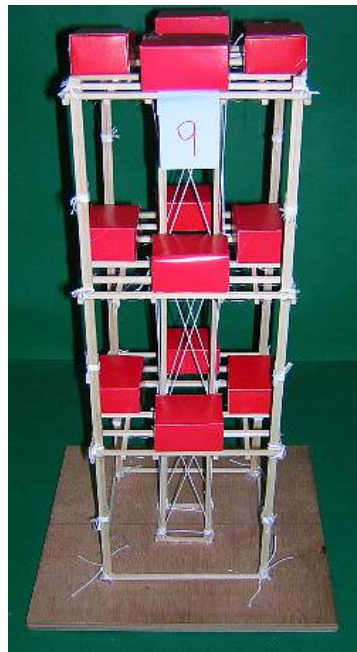
(一) 我們的想法：

柱子總數相同，面積亦相同時，柱子集中或分散，會影響耐震力嗎？實驗 9 外柱 3 根木條，內柱 1 根，實驗 11 木條全散開。

(二) 模型照片：



實驗 1



實驗 9



實驗 11

(三) 實驗結果：

表四

震動狀態 \ 實驗類型		實驗 1	實驗 9	實驗 11
振幅	振頻			
50	0.5	O	O	O
50	1	O	O	X
50	1.5	O	X	
50	2	△		
50	2.5	△		
50	3	X		

“O” 表模型完好 “△” 表有傾斜或斷裂聲 “X” 表模型全倒

(四) 發現討論

實驗 11 單根的木條承受不了太大的震動，很快就倒塌。實驗 9 內側的柱子和實驗 11 相同，很快就斷裂，外側柱子也因此需承受原本是內側柱子所承受的力，力量變化太大，使得模型倒塌。由此可知：柱子數量雖然一樣多，但各自獨立，使得柱子太細，發揮不了耐震能力，就像一根筷子很容易折斷，多根筷子綁在一起，就不容易折斷的原理是一樣的。

研究五：建築物外型的影響

(一) 我們的想法：

爲了適應當地街道的形狀或畸零地，建築物常不得不設計成特殊形狀，這會產生怎樣的影響呢？因此設計了實驗 12 正三角形，實驗 13 正八邊形，實驗 14 星形，來了瞭解建築物外型對耐震力的影響。

(二) 模型照片



實驗 1

實驗 12

實驗 13

實驗 14

(三) 實驗結果：

表五

實驗類型 震動狀態		實驗 1	實驗 12	實驗 13	實驗 14
50	0.5	O	O	O	O
50	1	O	X	Δ	Δ
50	1.5	O		X	X
50	2	Δ			
50	2.5	Δ			
50	3	X			

“O” 表模型完好

“Δ” 表有傾斜或斷裂聲

“X” 表模型全倒

(四)發現討論：

相較於實驗 1，實驗 12 因為結構不對稱，震動時會不自然搖擺且扭轉，很快就倒塌。實驗 13 實驗 14 外型雖不同，但結構仍是對稱，因此倒塌時間差不多，但因柱子都單根散開，勁度較弱，所以容易倒塌。建築物結構對稱與否，對耐震能力影響很大。

研究六：隔震設施的影響

(一) 我們的想法：

建築物結構確會影響抗震能力，但除本體結構外，是否還有良好的隔震方法？因此我們在一樓底板下加裝各種素材作為隔震設施，實驗 15 彈簧；實驗 16 橡膠墊；實驗 17 兩個滑軌，實驗 22 海棉，實驗 23 彈珠，實驗 24 沙子。

(二) 模型照片：



實驗 1



實驗 15



實驗 17



實驗 16



實驗 22



實驗 23



實驗 24

(三) 實驗結果：

表六

實驗 類型 震動狀態		實驗 1	實驗 15	實驗 16	實驗 17	實驗 22	實驗 23	實驗 24
振幅	振頻							
50	0.5	O	O	O	O	O	O	O
50	1	O	O	O	O	O	O	O
50	1.5	O	O	O	O	O	O	X
50	2	Δ	O	O	O	O	O	
50	2.5	Δ	O	O	O	X	O	
50	3	X	Δ	Δ	O		O	
60	0.5		X	Δ	O		O	
60	1			X	O		O	
60	1.5				O		O	
60	2				O		O	
60	2.5				O		O	
60	3				O		O	
70	0.5				O		O	
70	1				O		O	
70	1.5				O		O	
70	2				O		O	
70	2.5				O		O	
70	3				O		O	
80	0.5				O		Δ	
80	1				Δ		Δ	
80	1.5				Δ		Δ	
80	2				Δ		Δ	
80	2.5				Δ		Δ	
80	3				Δ		Δ	
90	0.5				X		Δ	
90	1						Δ	
90	1.5						Δ	
90	2						Δ	
90	2.5						Δ	
90	3						Δ	
100	0.5						X	

“O” 表模型完好 “Δ” 表有傾斜或斷裂聲 “X” 表模型全倒

(四) 發現討論：

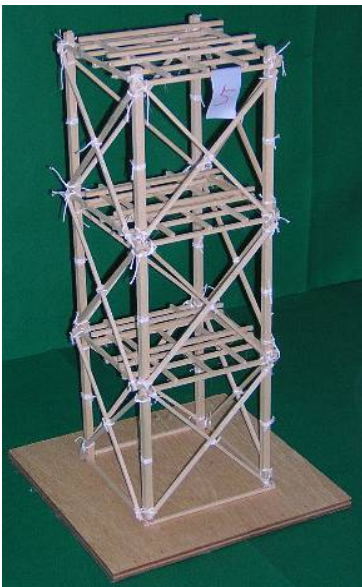
實驗 15 經 6 次改良才比實驗 1 好一點點，原因是找到能與運築物結構體及地震頻率搭配的彈簧，極其不易。實驗 16 原理同實驗 15。實驗 24 沙子在震動臺上整體隨著擺動，如同震動臺的一部份，因此沒有達到隔震效果。實驗 17 和實驗 23 的耐震能力遠遠超出其它實驗，建築物隨着軌道和彈珠滑移，可將震動台的震動與模型隔開，將傳遞到模型的力減到較小，使得耐震能力大幅提昇，達到極佳的隔震效果。

研究七：消能設施的影響

(一) 我們的想法：

震動若超過模型所能承受的範圍，結構就會損壞，若有能消散震動能量的裝置，使模型擺動的幅度變小，那模型便能承受更大的震動。依照這個概念，我們在實驗 5 的頂樓上加不同的消能裝置，希望能使模型撐得更久。實驗 18 滑軌上加裝滑移的質量塊，實驗 19 水管內加滑移的高爾夫球，實驗 20 彈性鋼片上加裝 100 克砝碼，實驗 21 寶特瓶內加水。

(二) 模型照片：



實驗 5



實驗 18



實驗 19



實驗 20



實驗 21

(三) 實驗結果：

表七

實驗類型 震動狀態		實驗 5	實驗 18	實驗 19	實驗 20	實驗 21
50	0.5	O	O	O	O	O
50	1	O	Δ	O	O	O
50	1.5	O	X	O	O	O
50	2	O		O	O	Δ
50	2.5	O		X	O	X
50	3	O			O	
60	0.5	O			O	
60	1	X			O	
60	1.5				Δ	
60	2				X	

“O” 表模型完好

“Δ” 表有傾斜或斷裂聲

“X” 表模型全倒

(四) 發現討論：

實驗 18 震動時，上面的質量塊滑移，並不能減少模型擺動幅度，經多次更換質量塊重量，也沒辦法提高耐震力。實驗 19 及實驗 21 高爾夫球和水撞擊到容器時，反而加大了模型的震動，多次改變重量，仍然無效。實驗 20 在開始時，是將 100 克砝碼固定在質量塊上 6 公分的地方，耐震力較實驗 5 差，後來每次將砝碼提高 3 公分，砝碼在高度 21 公分的地方，耐震能力超過實驗 5。證明利用消能裝置來提升模型的耐震力是有效的，但設計上很不容易，必須要找到適當的震動頻率。

陸、研究心得與討論

- 一、這次研究我們面臨了很多困難，其中參訪部份有些機構在很遠的地方，有些需要多次聯絡，再三懇託，才得參訪機會，甚至剛開始，還不知道要去哪裡才能取得資料呢！這些難題雖然有時讓我們很沮喪，可是也從中學到很多解決問題的方法，及不屈不撓，鍥而不捨的科學精神。
- 二、由於小型單軸向震動台，有其極限，因此我們在建築物材料的選擇上，格外費心，除了要選擇適當的木材、尺寸，更要控制每條木材都一樣的條件，以便控制變因，所以光在選材上，就實驗了很多次。
- 三、模型的製作非常的費時費工，爲了保持實驗的準確度，每一細節都要注意，使其控制變因一致，從熱熔膠的黏法、棉繩的綁法、底板的鑽洞、建築物的架法...，對我們來說，都是一大考驗，因此我們的研究，花費了無數的心血與時間。
- 四、我們一起討論，設計工作日誌，輪流主持，每次實驗前後，均先開會確定目標、流程，可使實驗節奏及思考、組織更好，並能掌握效率，清楚瞭解過程、遇到的困難、及解決的方法。

柒、結論

第一部份：實際參觀、訪問、調查

- 一、921 地震帶給我們極大震撼，臺灣處地震帶，研究如何防震，十分重要。
- 二、國內有名的防震建築物中，臺北 101 大樓用抗風制震重球來抗震及抗風，慈濟醫院新店

分院以地底的隔震墊及阻尼器來隔震，內湖順弼大廈用地底的水池，使建築物有如一艘船來減震，內湖台新銀行則用斜撐鋼樑加裝油壓避震系統以達到減震效果。

三、國內常見私自改變建築物結構的類型有：頂樓加蓋、其中一層樓挖空、打通陽臺改成室內、打通室內牆改變隔間、兩層樓之間打室內樓梯。

第二部份：建築物抗震實驗

一、不同樓層挖空影響：

建築物任何一層樓牆面挖空，建築物會在該處產生弱點，由此斷裂，挖空的樓層越低，越容易倒。

二、頂樓加蓋的影響：

頂樓加蓋的柱子和原建築物柱體不相連，震動時，頂樓加蓋部分和其它樓層震動的方向不一樣，會加速結構物的破壞，因此頂樓加蓋的建築較不耐震。

三、挑高的影響：

挑高的建築，在挑高的樓層易斷，一旦一根柱子折斷，地震如持續進行，建築物便會向該方向以旋轉方式倒下，因此挑高的建築耐震力較差。

四、柱子配置方式不同的影響：

柱子數量一樣多的條件下，如各自獨立，使得柱子太細，承載能力太弱則易斷，因此柱子集中的強柱，比散開的弱柱耐震力強。

五、建築物外型的影響：

結構不對稱的三角形建築，震動時會不自然搖擺且扭轉，很快就倒塌，對稱的四邊形則無此現象，建築物結構對稱耐震力較好。

六、隔震設施的影響：

建築物下加裝彈性隔震設施，可增加耐震能力，隔震的素材越恰當，耐震能力越好。建築物下裝滑軌、彈珠來隔震，是一種非常有效的方法，滑軌、彈珠將震動台的震動和模型隔開，可將傳遞到模型的力減到最小，使耐震能力大幅提昇。

七、消能設施的影響：

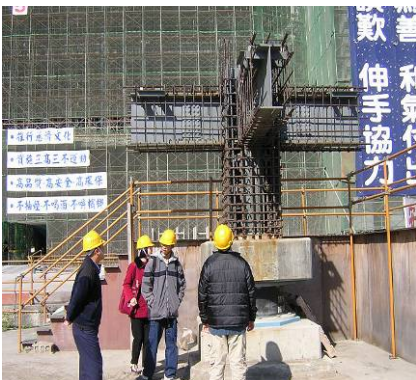
建築物上面加裝滑移的質量塊、管內滑動的高爾夫球及瓶內裝水，經過多次更換滑移重量，並不能加強耐震能力。建築物上面加裝彈性鋼片，砝碼在高度 21 公分的地方，耐震能力有提高。證明用消能裝置來提升模型的耐震能力是有效的，但在設計上很不容易，必須要找到適當的震動頻率。

捌、參考資料

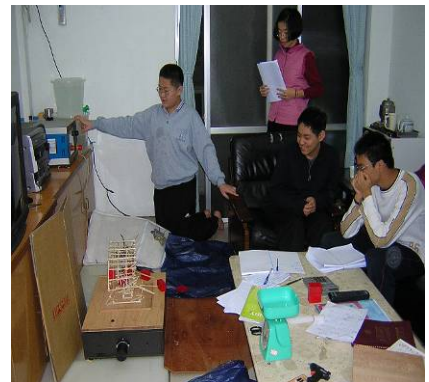
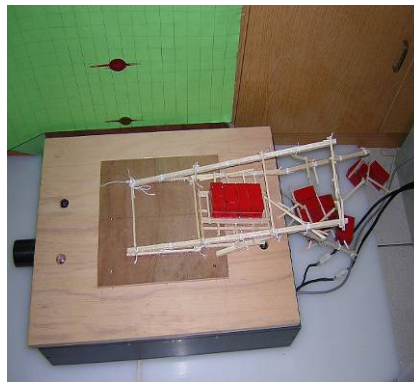
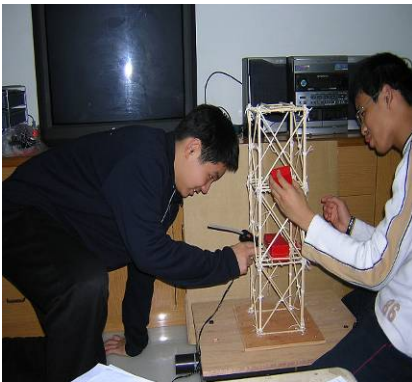
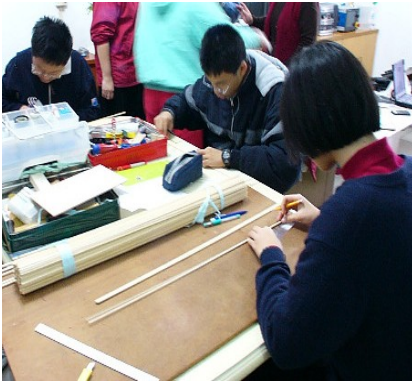
- 一、國中自然與生物科技課本第一冊第三章地球環境，康軒文教事業。
- 二、國中自然與生物科技課本第四冊第六章力學在營建科技的應用，南一出版社。
- 三、2003 年國際抗震盃競賽規章。
- 四、網站：
 - 國家地震工程研究中心 www.ncree.gov.tw
 - 國立台灣科技大學 www.ntust.edu.tw
 - 台北 101 大樓 www.tfc101.com.tw
 - board.isayhi.net
 - 內湖台新銀行大樓 www.taishinbank.com.tw
 - 國立科學博物館 gis.geo.ncu.edu.tw
- 五、吳惠潔，七十六年，地震，小牛頓雜誌，38 期，20~45 頁。
- 六、李文勳，土木工程概論，初版，台灣，科技圖書公司，85 年。

附件：

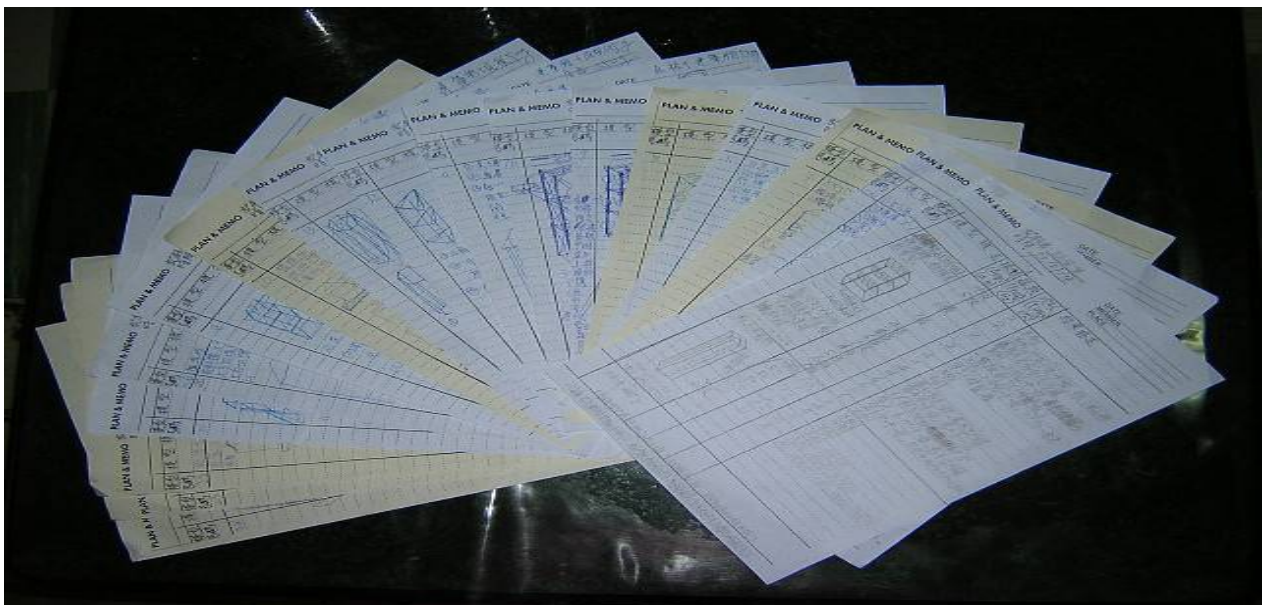
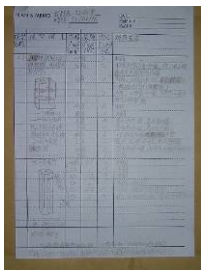
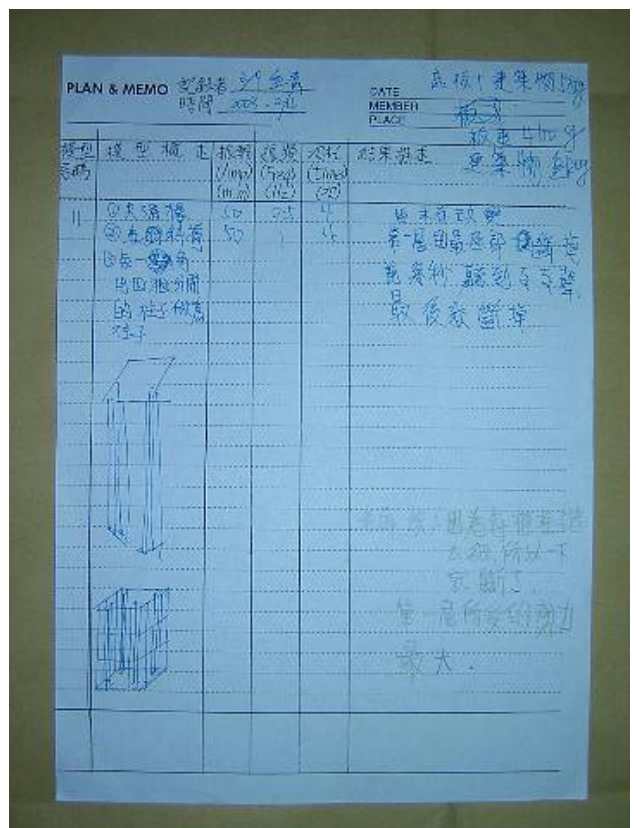
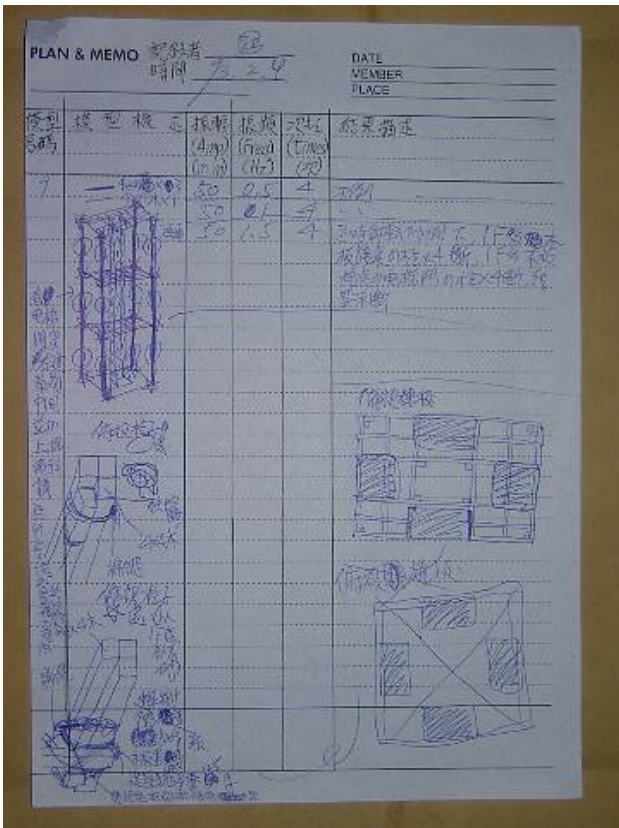
一、我們的參觀、訪問、調查



二、我們的模型製作及實驗



三、我們的實驗記錄：



四、我們的工作日誌：

抗震大作戰~
建築結構耐震研究 學生工作◎第

時間	1/14	地點	科學實驗室
主席	楊啟宇	記錄	王采蓮
出席	王采蓮 劉建青 黃毓棠 楊啟宇		
列席			
本次工作目標	探討柱子配置方式不同對建築物耐震度有何影響。(即3根柱在圈做外圍, 1根柱做內圈)		

工作過程	討論 or 遇到的問題
(一) 模型概述 (模型圖)	因為外國的柱子只有3根, 只靠棉繩會造成中斷而鬆掉, 所以必須找出一種方法。2. 底板背面要用什麼方式綁才能至最適合此配置方式。



工作過程	討論 or 遇到的問題																
*俯視2,3,4F樓板	(二) 討論: 因為柱子配置方式不同, 造成弱柱(強柱分散), 所以能承受的重量及其耐震度都較差。																
																	
○處放一塊質量塊 (直接用熱熔膠黏, 不必用質量塊放置)																	
此模型是有電梯間穿在建築物中間並加上棉繩斜撐。																	
(一) 實驗結果:																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>樓層 (mm)</th> <th>樓板 (mm)</th> <th>次數 (mm)</th> <th>結果描述</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>50</td> <td>0.5</td> <td>4</td> <td>不倒</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>1</td> <td>4</td> <td>不倒</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>1.5</td> <td>4</td> <td>逆時針轉動倒下 1F與木板接點的鉛絲斷, 1F與木板接點的電線同柱x4鉛絲皆未斷</td> </tr> </tbody> </table>	樓層 (mm)	樓板 (mm)	次數 (mm)	結果描述	50	0.5	4	不倒	50	1	4	不倒	50	1.5	4	逆時針轉動倒下 1F與木板接點的鉛絲斷, 1F與木板接點的電線同柱x4鉛絲皆未斷	
樓層 (mm)	樓板 (mm)	次數 (mm)	結果描述														
50	0.5	4	不倒														
50	1	4	不倒														
50	1.5	4	逆時針轉動倒下 1F與木板接點的鉛絲斷, 1F與木板接點的電線同柱x4鉛絲皆未斷														

解決的方法	
1. 我們討論之後的結果決定要在綁棉繩圈的地方用熱熔膠固定好一小條4x4白木再以棉繩綁好。	
2. 討論後決定將內圈柱子與其所對應之外圍柱子做連結。	
實驗發現 & 回家作業	1. 柱子配置方式不同, 的確會使耐震度改變。如此模型的強柱分散配置分成2部分的弱柱, 能載的力量及耐震度都會降低, 很容易倒。
下次開會時間	1/25
下次預定工作	1. 探討了層皆挑高加斜撐的建築耐震度之改變。
備註	

照片或圖片

工作小日記
今天為了設計好這個模型真的傷透了大家的腦筋, 包括質量塊到底是要怎麼放才能使樓板受到平均的力量、柱子要分散成什麼樣子(像是分成3與1, 2與2, 1與3...) 以及其分配的位置、樓板的木條排列配置、加不加斜撐... (甚至棉繩和木條做斜撐要選材質) 都對我們來說是一個又一個莫大的新挑戰, 也考驗我們的智慧與耐心。
老師的話
這個模型真的很複雜, 不過大家還是很棒, 柱子的位置可以多試不同的地方, 更可以比較出它的支撐力。

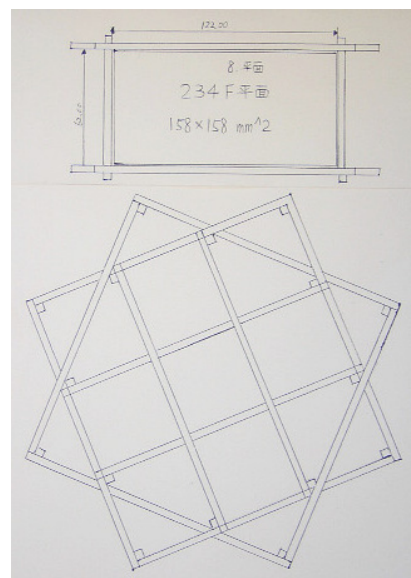
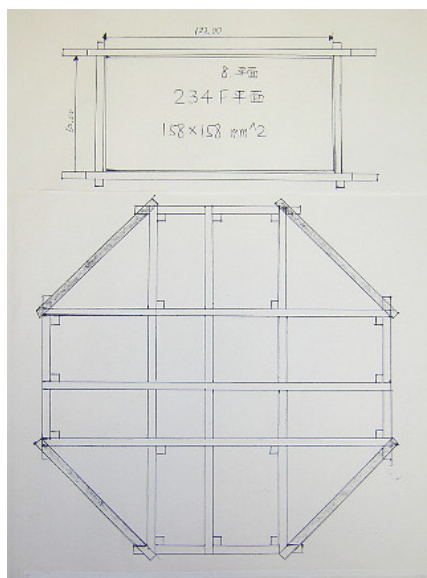
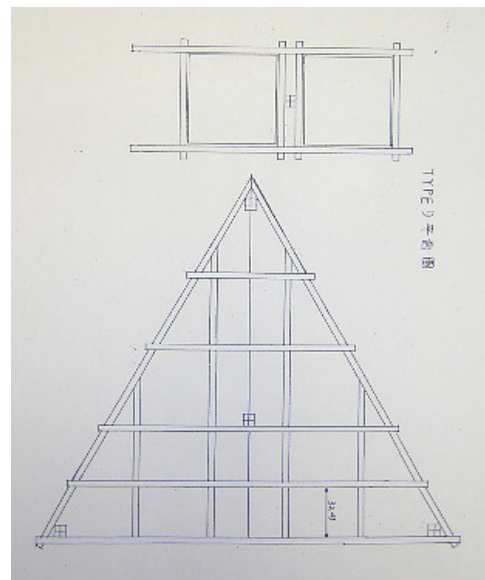
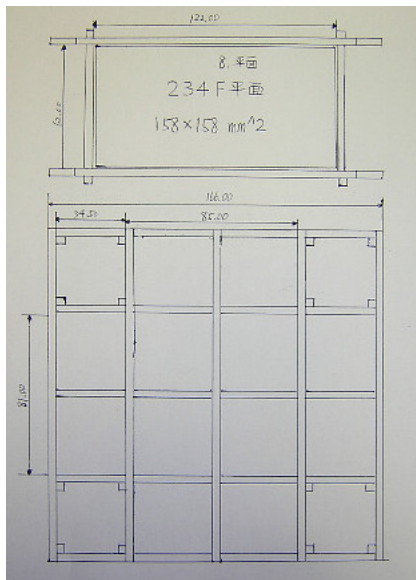
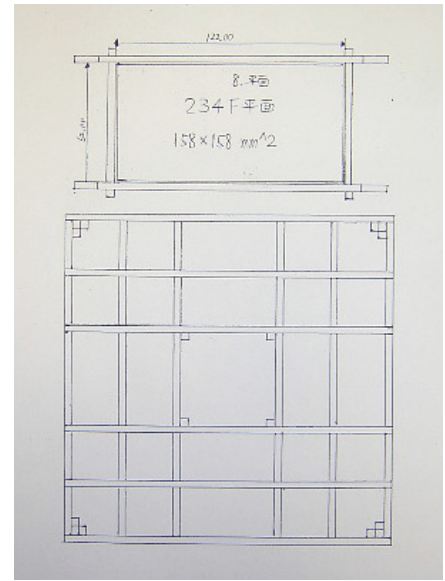
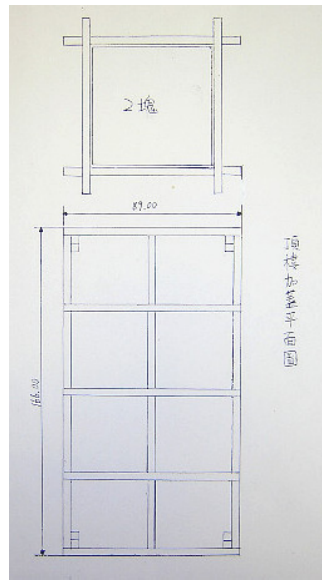
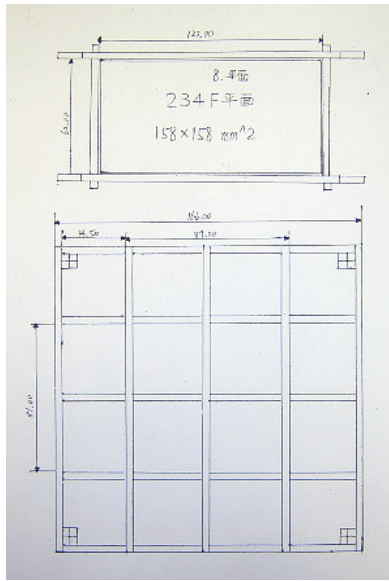
漫長的研究過程，我們寫了將近三百頁工作日誌，足足厚厚一大本。



五、我們嘗試自行設計的震動台：



六、樓板支架平面圖及質量塊固定盒圖：



七、我們製作的模型：



實驗 1



實驗 2



實驗 3



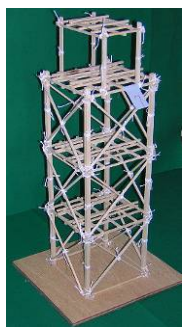
實驗 4



實驗 5



實驗 6



實驗 7



實驗 8



實驗 9



實驗 10



實驗 11



實驗 12



實驗 13



實驗 14



實驗 15



實驗 16



實驗 17



實驗 18



實驗 19



實驗 20



實驗 21



實驗 22



實驗 23



實驗 24

評語

030101 國中組物理科 第二名、最佳(鄉土)教材獎

抗震大作戰-建築結構耐震研究

本作品對地震之研究，以模型之製造及參觀鄉土之防震法為具創意之作法。如能對某些防震法作更深入定量的實驗，將更具前瞻性。

本作品詳實仔細，是一耐心實作的實驗，規劃亦頗具合作性。