

## 深淺層地震及建築物結構差異 對建築物損害程度之探討 參加紐西蘭2000年科技展覽



會 作者簡介 作者:鄭翔文 就讀學校:靜心國中 指導老師:許光溫 我是鄭翔文，一個樂觀開朗充滿自信的少年，目前即將升上高中，在學校我對物理、化學及地球科學相關的知識具有強烈的興趣，因為對我而言它們很合邏輯。在國中三年級上學期時，由於在我居住的地方—台灣，發生了巨大的震災—921集集大地震，那段期間報章媒體不斷的報導建築物受損的災情，引起我對建築物結構的差異與地震所帶來的損害嚴重程度的關聯性，產生了探索其究竟的強烈欲望。在規劃模擬實驗器材以及進行研究過程中，遭遇了不少困難與瓶頸，也曾感受到挫折與突破困境的喜悅。非常幸運地我的作品獲選為國際科展正選代表，辛苦的付出終於得到肯定，這真是畢生難忘的經驗，同時也令我永遠難以忘懷那段埋首於實驗器材堆裡的時光。一路走來除了要感謝學校與老師的指導和協助，更要感謝我的雙親對我的支持與鼓勵。

**一、研究動機** 由於921集集大地震造成巨大的損害，據媒體報導指出各次地震發生震源深淺不同，帶來的損害各有其差別，所以應有進一步探討的價值。其次對於各災區不同建築物受損倒塌，據媒體所述：有的可能是因為底層挑高建築的影響，有的可能是因為底層建築樑柱被破壞的關係，還有底面積窄小獨立高樓也特別容易毀損。種種說法眾說紛紜，這部分應更有進

一步探討的價值。所以決定以深淺層地震及建築物結構差異對建築物損害程度作為研究實驗方向。

**二、研究目的** (一)、各種不同結構組合及差異條件之建築物，其抗震能力是否具有某種程度上之相關性。(二)、不同深淺層所發生地震對建築物造成破壞程度之差異性。(三)、不同震波方向所發生地震對建築物造成破壞程度之差異性。

**三、研究設備器材** 模擬岩層-以2000磅硬紙板及彈簧自行設計製作。說明：依地震儀慣性運動之原理，以四張八開2000磅硬紙板，每張硬紙板間平均以二十四根彈簧支撐，作成模擬岩層；再用螺絲釘釘在全開硬紙板上。而後在全開硬紙板各邊角以小鐵柱作為支柱，與模擬岩層以長彈簧連結，如此則可在上下不同層次的模擬岩層，以及不同方向來拉、放彈簧不同長度，作為模擬深、淺層與不同強度及不同震波來源方向之地震。模擬建築物-以2000磅硬紙板及彈簧自行設計製作。說明：以2000磅硬紙板模擬建築物各樓層的樓板，再以彈簧模擬建築物各樓層間支撐樓板的柱。如此則可依切割硬紙板面積與形狀的不同，以及彈簧的數目與長短差異，作成各種不同結構條件的建築。測量器材-以2000磅硬紙板、三角架、雷射指示器及球面鏡自行設計製作。說明：運用光的入射角等於出射角的原理，以及球面鏡各點平面角度差異的特性，將球面鏡鎖定於架在攝影用三角架上硬紙板之固定位置。如此則可將雷射指示器固定在模擬建築物的頂層，藉由雷射光投射在球面鏡中心點，反射在測量牆面(畫有方格以供記錄測試位移量)；則模擬建築物頂層震動時，雷射光會由原投射球面鏡中心點產生反覆晃動；即可在測量牆面的方格紙上記錄到明顯的X軸與Y軸位移情形。

**四、研究過程或方法** (一)、分別以拉長與模擬岩層連結彈簧5mm、10mm、15mm、20mm，模擬不同大小的震度。(二)、分別以拉長模擬岩層上、下層所連結彈簧，模擬深層與淺層來源的地震。(三)、分別以拉長模擬岩層90°、180°與45°角方向所連結彈簧，模擬不同震波來源方向的地震。

以上所模擬各種不同震度大小、不同震波來源方向與深層、淺層來源的地震，對以下不同結構條件的模擬建築物進行實驗，每組實驗測試五次，記錄雷射光反射點在測量牆面的方格紙上的X軸與Y軸位移情形後，計算其平均值；再進行比較與討論。(一)、底面積200平方公分之模擬建築物(10cmX20cm)—高度不

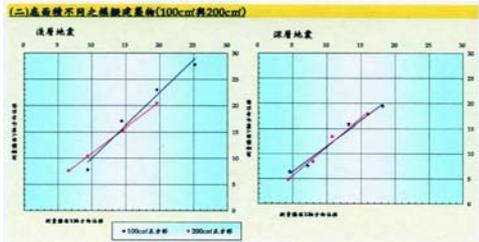
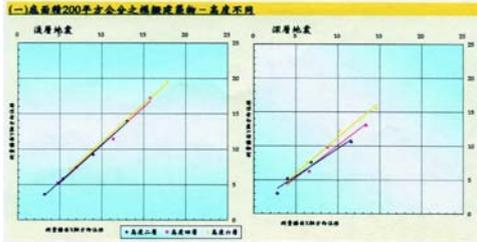
同(二、四、六層)(二)、底面積不同之模擬建築物(100cm<sup>2</sup>與200cm<sup>2</sup>) (三)、底面積200平方公分之模擬建築物 – 樓板形狀不同(正方形、長方形與L字形) (四)、底面積100cm<sup>2</sup>獨棟與兩棟並排及 200cm<sup>2</sup>長方形之模擬建築物 (五)、底面積100cm<sup>2</sup>獨棟與間隔相當距離兩棟頂層連結及頂層底層均連結之模擬建築物 (六)、底面積200平方公分長方形之模擬建築物 – 震波方向不同(90°、180°與45°角方向) (七)、底面積200平方公分長方形之模擬建築物 – 樑柱平均分佈與底層(兩層)不平均分佈 (八)、底面積200平方公分長方形之模擬建築物 – 底層樑柱減少 (九)、底面積200平方公分長方形之模擬建築物 – 高度四層 – 底層或頂層加高

### 五、研究結果

樓層	樓內一單位	樓內二單位	樓內三單位	樓內四單位
第一層	10.0/10.0	10.0/10.0	10.0/10.0	10.0/10.0
第二層	5.0	5.0	5.0	5.0
第三層	4.0	4.0	4.0	4.0
第四層	6.0	6.0	6.0	6.0

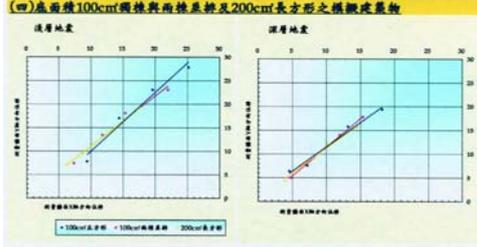
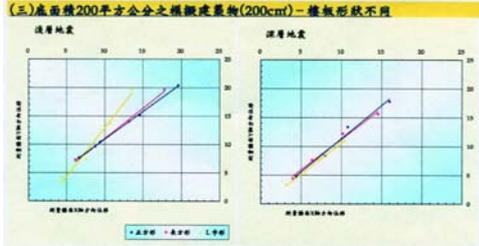
樓層	樓內一單位	樓內二單位	樓內三單位	樓內四單位
第一層	10.0/10.0	10.0/10.0	10.0/10.0	10.0/10.0
第二層	5.0	5.0	5.0	5.0
第三層	4.0	4.0	4.0	4.0
第四層	6.0	6.0	6.0	6.0



樓層	樓內一單位	樓內二單位	樓內三單位	樓內四單位
第一層	10.0/10.0	10.0/10.0	10.0/10.0	10.0/10.0
第二層	5.0	5.0	5.0	5.0
第三層	4.0	4.0	4.0	4.0
第四層	6.0	6.0	6.0	6.0

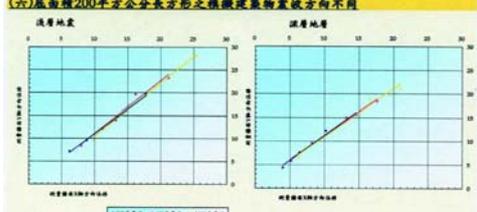
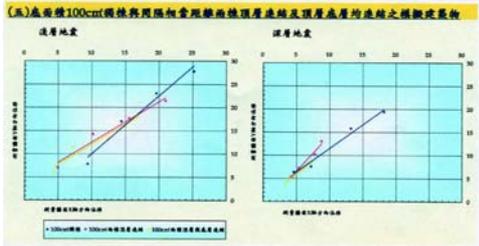
樓層	樓內一單位	樓內二單位	樓內三單位	樓內四單位
第一層	10.0/10.0	10.0/10.0	10.0/10.0	10.0/10.0
第二層	5.0	5.0	5.0	5.0
第三層	4.0	4.0	4.0	4.0
第四層	6.0	6.0	6.0	6.0



樓層	樓內一單位	樓內二單位	樓內三單位	樓內四單位
第一層	10.0/10.0	10.0/10.0	10.0/10.0	10.0/10.0
第二層	5.0	5.0	5.0	5.0
第三層	4.0	4.0	4.0	4.0
第四層	6.0	6.0	6.0	6.0

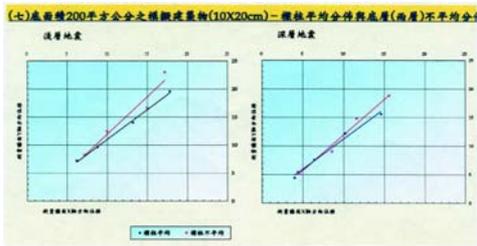
樓層	樓內一單位	樓內二單位	樓內三單位	樓內四單位
第一層	10.0/10.0	10.0/10.0	10.0/10.0	10.0/10.0
第二層	5.0	5.0	5.0	5.0
第三層	4.0	4.0	4.0	4.0
第四層	6.0	6.0	6.0	6.0



樓層	樓內一單位	樓內二單位	樓內三單位	樓內四單位
第一層	10.0/10.0	10.0/10.0	10.0/10.0	10.0/10.0
第二層	5.0	5.0	5.0	5.0
第三層	4.0	4.0	4.0	4.0
第四層	6.0	6.0	6.0	6.0

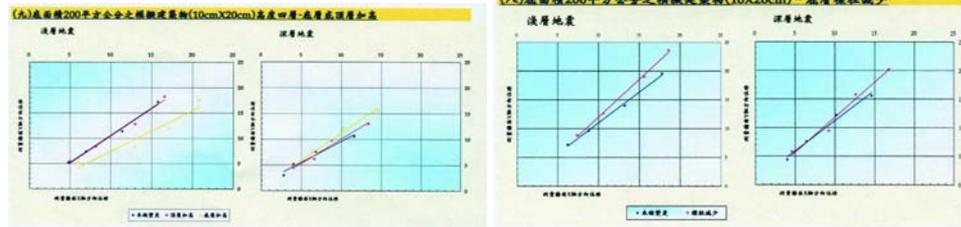
樓層	樓內一單位	樓內二單位	樓內三單位	樓內四單位
第一層	10.0/10.0	10.0/10.0	10.0/10.0	10.0/10.0
第二層	5.0	5.0	5.0	5.0
第三層	4.0	4.0	4.0	4.0
第四層	6.0	6.0	6.0	6.0



六、討論 依據實驗所測得之每次X軸與Y軸位移數據，我們做成如五、研究結果所列示各種情況 平均值之比較表，同時為便於觀察其差異，並分別作成折線圖與直條圖；由於模擬岩層以及 模擬建築物不可能達到精確程度，且自行設計的測量器材亦嫌粗糙，難以掌握的變因仍多， 所以我們只能就實驗所觀察結果加以討論。 對於所有的實驗對照組發現如下共同現象： 1、當模擬地震施力程度越強時，差異更 為明

顯。 2、同一施力程度模擬地震，淺層地震所

(A)底面積200平方公分之模擬建築物(10cmX20cm) 高度不同、施力程度與深度												
施力層	施力一單位			施力二單位			施力三單位			施力四單位		
	100cm <sup>2</sup>	100cm <sup>2</sup>	200cm <sup>2</sup>	100cm <sup>2</sup>	100cm <sup>2</sup>	200cm <sup>2</sup>	100cm <sup>2</sup>	100cm <sup>2</sup>	200cm <sup>2</sup>	100cm <sup>2</sup>	100cm <sup>2</sup>	200cm <sup>2</sup>
淺層地震	4.0	6.0	7.5	7.8	11.8	11.8	15.8	15.8	19.8	19.8	23.8	23.8
深層地震	5.0	8.0	10.0	8.5	12.5	12.5	16.5	16.5	20.5	20.5	24.5	24.5
最高層	6.0	9.0	12.0	9.5	13.5	13.5	17.5	17.5	21.5	21.5	25.5	25.5



造成的X軸與Y軸位移程度明顯的大於 深層地震。至於其他各別實驗對照組則產生如下現象：(一)底面積200平方公分之模擬建築物(10cmX20cm)－高度不同(二、四、六層)：模擬建築物樓層數越高時，模擬地震造成X軸與Y軸位移程度越大。(二)底面積不同之模擬建築物(100cm<sup>2</sup>與 200cm<sup>2</sup>)：由於底面積100cm<sup>2</sup>係正方形，為避免因底面形狀差異產生影響，所以同時將底面積200cm<sup>2</sup>正方形與長方形一起列入比較。樓板底面積不同時，底面積較小者，模擬地震所造成的X軸與Y軸位移程度較大。(三)底面積200平方公分之模擬建築物－樓板形狀不同(正方形、長方形與L字形)：模擬建築物樓板底面積相同形狀不同時，模擬地震所造成的X軸與Y軸位移程度之由大至小排列－正方形→長方形→L字形。由於本項實驗係180°角震波方向，所以對正方形與長方形之差異，推論應該是與震波方向垂直面愈大者，位移程度愈大；正方形、長方形與震波方向垂直面之長度分別為 14. cm、10 cm，所以正方形的位移程度大於長方形。至於L字形的位移程度最小，推論應係 L字形的X軸與Y軸長度相乘後之積為 270 cm<sup>2</sup>(15cm×18cm)大於正方形與長方形的200 cm<sup>2</sup>；或係L字形的X軸與 Y軸長度相加後之和為 33cm(15cm + 18 cm)大於正方形的28.2 cm(14.1cm + 14.1cm)與長方形的30 cm(10 cm + 20 cm)(四)底面積100cm<sup>2</sup>獨棟與兩棟並排及200cm<sup>2</sup>長方形之模擬建築物：底面積100cm<sup>2</sup>獨棟與兩棟並排及200cm<sup>2</sup>長方形之模擬建築物，模擬地震所造成的X軸與Y軸位移程度之由大至小排列順序為－100cm<sup>2</sup>獨棟→兩棟並排→200cm<sup>2</sup>長方形。觀察推論底面積100cm<sup>2</sup>兩棟並排之模擬建築物，由於相鄰並排建築在受震反覆震動時有相互倚靠支撐的效果，所以位移程度小於獨立模擬建築，但位移程度仍大於完全連結在一起的200cm<sup>2</sup>長方形模擬建築。(五)底面積100cm<sup>2</sup>獨棟與間隔相當距離兩棟頂層連結及頂層底層均連結之模擬建築物：底面積100cm<sup>2</sup>獨棟與間隔相當距離兩棟頂層連結及頂層底層均連結之模擬建築物，模擬地震所造成的X軸與Y軸位移程度之由大至小排列順序為－100 cm<sup>2</sup>獨棟→頂層連結→頂層底層均連結。觀察推論底面積100cm<sup>2</sup>兩棟間隔相當距離兩棟頂層連結之模擬建築物，由於頂層連結建築在受震反覆震動時除了有相互倚靠支撐的效果，而且頂層平均增加重量有強化穩定的效果，所以位移程度小於獨立模擬建築，而頂層底層均連結之模擬建築物，因底層連結其穩定效果更佳，所以位移程度最小。(六)底面積200平方公分長方形之模擬建築物－震波方向不同(90°、180°與 45°角方向)：底面積200平方公分長方形之模擬建築物，當震波來源方向不同時，模擬地震所造成的X軸與Y軸位移程度之由大至小排列順序為－90°角方向震波→45°角方向震波→180°角方向震波。

觀察推論與震波方向垂直面愈大者，其位移程度愈大；180°角方向震波、90°角方向震波與震波方向垂直面之長度分別為 10 cm、20 cm，所以90°角方向震波的位移程度大於180°角方向震波。至於45°角方向震波的位移程度介於兩者之中，推論應係從斜角方向而來的震波，模擬建築X軸與Y軸相互垂直兩面同時受力，受力互成犄角，所以有部份力相互抵銷的原故。(七)底面積200平方公分長方形之模擬建築物－樑柱平均分佈與底層(兩層)不平均分佈：本項實驗之設計係源於當前建築業為使價值較高的一、二樓的裝潢設計更能充分運用有限的空間；所

以往往往將原本平均分配的樑柱盡量的往邊角集中，所以模擬建築將等量的模擬樑柱集中在四角與平均分佈的模擬建築比較。底面積200平方公分長方形之模擬建築物，當樑柱平均分佈與底層(兩層)不平均分佈比較時，模擬地震所造成的X軸與Y軸位移程度確實存在明顯差異，顯然樑柱不平均分佈者受震影響較大。(八)底面積200平方公分長方形之模擬建築物—底層樑柱減少：本項實驗之設計係源於當前建築業主為使價值較高的一樓的裝潢設計更能充分運用有限的空間；所以往往將原本已有的樑柱予以破壞，所以模擬建築將底層模擬樑柱數量減少與正常樑柱數量的模擬建築比較。底面積200平方公分長方形之模擬建築物，當底層樑柱數量減少與正常樑柱數量的模擬建築比較時，模擬地震所造成的X軸與Y軸位移程度確實存在明顯差異，顯然樑柱數量減少者受震影響較大。(九)底面積200平方公分長方形之模擬建築物—高度四層—底層或頂層加高：本項實驗之設計係源於當前建築業為使價值較高的一樓的更顯得富麗堂皇且能充分運用有限的空間；所以往往將一樓樑柱予以挑高，所以模擬建築分別將底層及頂層模擬樑柱予以挑高與正常樑柱的模擬建築比較。底面積200平方公分長方形之模擬建築物，當底層及頂層模擬樑柱予以挑高與正常樑柱的模擬建築時，模擬地震所造成的X軸與Y軸位移程度確實存在明顯差異，顯然底層樑柱加高者受震影響程度最大，而底層樑柱加高者受震影響程度較小，但仍然大於正常樑柱的模擬建築。**七、結論**(一)經實驗觀察比較結果顯示地震源於深層或淺層、震波方向差異以及建築結構組合的不同對建築物所蒙受地震所帶來的破壞力的確有明顯差異存在；然而各項模擬設計尚屬粗糙，難以掌握的變因仍多，所以我們只能就實驗所觀察結果加以探討。(二)同一強度地震，淺層地震所造成的影響程度明顯的大於深層地震。(三)當地震強度增強至一定程度以上時，

---

地震所造成的影響程度會明顯的增加。(四)整體建築物樓層數越高者，地震所造成影響程度越大。(五)建築物樓板面積較小者，地震所造成影響程度較大。(六)建築物樓板面積(即建蔽率或容積率)相同時，L字形(即中空或建築體圍著空心)的建築物，地震所造成影響程度較小。(七)數棟相鄰並排建築物較獨棟建築物能夠承受地震所帶來的損害。(八)頂層相連中間樓層留空中庭建築物較個別獨立建築物能夠承受地震所帶來的損害。(九)震波來源方向與建築物的結構正面(即長形建築的較長的面)成不同方向時，震波來源方向與建築物的結構正面較垂直者，地震所造成影響程度較大。(十)建築物的樑柱若分佈不平均且極度偏向邊角，則地震發生時，所蒙受地震所帶來的損害較大。(十一)建築物的樑柱若隨意予以減少，則地震發生時，所蒙受地震所帶來的損害較大。(十二)建築物的樑柱若予以挑高，則較難以承受地震所帶來的損害，而底層挑高尤較頂層挑高嚴重。**八、評語**1999年9月21日台灣發生影極大地震，作者探討深層及淺層地震對建築物之影響並按不同之面積，建築物不同高度及不同形狀判斷受地震之影響情形(由雷射光之反射位移判斷)本作品是有創意且具實用功能，推薦赴紐西蘭參展。

---