

中華民國第 65 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 地球科學科

探究精神獎

080510

麥芽糖遇到愛-黏滯性阻尼器應用建築物減震效果

學校名稱： 新北市淡水區竹圍國民小學

作者：	指導老師：
小六 紀捷鎧	廖科照
小六 張可謙	陳建興
小六 林裕恩	
小六 楊馥齊	
小五 林采葳	

關鍵詞： 加速度、彈簧阻尼器、鋼骨結構

麥芽糖遇到愛-黏滯性阻尼器應用建築物減震效果

摘要

本研究利用自製地震模擬器，自製彈簧阻尼器、麥芽糖黏性阻尼器，自製模型屋，手機震動 APP 檢測 X、Y、Z 軸最大加速度，作為阻尼器減震效果的優劣，實驗結果：彈簧阻尼器彈性較高，無法完全吸收震動能量，因此減震效果有限。黏滯性阻尼器對模型屋減震效果：1 支黏滯性阻尼器震動大時減震效果較佳，最大加速度減震 36.20%，黏度低優於黏度高。2 支黏滯性阻尼器配置 X 型，在 X、Y、Z 軸與最大加速度 4 項，最高可減震 56.29%，27.55 %、57.80 %、53.06 %。對鋼骨結構模型減震效果：配重 220 克最大加速度減震 23.83-33.38 %，不同配重差異性不大。不同樓層最大加速度五樓的減震最佳 28.79-35.52 %。裝設 1、2 支阻尼器減震效果 19.88-29.99 %，並非裝設越多阻尼器減震效果越佳。

壹、研究動機

在四年級上學期，我們上自然課時有一個單元名為地表的靜與動，老師曾告訴我們世界各地較有名的地震，比如日本的 311 大地震、臺灣的 921 大地震和中國的汶川大地震。我們學校距離台北山腳斷層不到 1 公里，中央地質調查所調查後歸類第二類活動斷層，如果發生規模 6 以上的地震，會造成嚴重的地震災損，因此我們想透過研究，當地震來時降低地震對於低樓層建物的影響。臺灣是個有很多地震的國家，學校為了我們的安全，在教室也有做一些防震措施，學校用鋼構斜撐與水泥闊柱補強房屋結構，遇到比較大的地震時可以撐住房屋、爭取時間，不讓它馬上倒下，讓我們有足夠時間逃脫。教室結構補強後教室不僅安全，還能使用更久不容易損壞。地震和我們的生活息息相關，我們認識了什麼是地震，地震是怎麼形成原因，還有如何在地震的情況下，確保自己的生命財產。所以我們利用以前學到關於地震的知識，作為思考研究的出發點，我們想利用彈簧彈性、黏性物質黏性，吸收地震的能量，作為地震的減震阻尼器，作為研究的主軸。

貳、研究目的

- 一、研究黏滯性阻尼器的減震效果
 - (一) 黏滯性阻尼器設計與製作想法
 - (二) 研究黏滯性阻尼器黏性強度對減震效果的影響
 - (三) 研究不同數量黏滯性阻尼器的減震效果
 - (四) 研究不同配置方式黏滯性阻尼器的減震效果
 - (五) 研究黏滯性阻尼器對不同結構強度模型屋的減震效果
 - (六) 研究模型屋與震動角度的減震效果
- 二、研究黏滯性阻尼器對鋼架結構模型屋的減震效果（鋼骨結構）
 - (一) 研究黏滯性阻尼器對不同配重型屋的減震效果。
 - (二) 研究黏滯性阻尼器對不同樓層樓的減震效果。
 - (三) 研究不同數量黏滯性阻尼器數量減震效果。

參、文獻探討

一、阻尼器：提供運動的阻力，耗減運動能量裝置，使振動衰減的各種摩擦和其他阻礙作用，稱為阻尼。利用阻尼特性來吸收或抑制衝量，藉以減緩力學振動及消耗動能的機械或液壓裝置（維基百科）。

二、依照類型則可分成

- (一) 位移型阻尼器：位移型阻尼器主要是透過摩擦消能或材料塑性變形來達到消散地震能量之目的，液流黏滯阻尼器為速度型消能設備，其構造為油缸封閉的不完全活塞，藉活塞運動將外力轉為熱能，達到消能目的。
- (二) 速度型阻尼器：速度型阻尼器主要特殊填充材之流動產生抵抗阻力或透過粘彈性材料之剪力變形來消散能量，2010(許軒璋)。

		
3-1黏滯性阻尼器 (本圖指導老師拍攝)	3-2黏滯性阻尼器 (本圖指導老師拍攝)	3-3速度型阻尼器 (本圖指導老師拍攝)

(三) **流體黏滯阻尼器：**其構造是在一個附有活塞的圓筒中，填入黏滯性的流體。當活塞前後運動時，黏滯性流體會快速通過活塞的隙孔，流體因摩擦而增溫。在活塞前後運動的過程中，結構的動能會轉換成流體的熱能，因而減少結構振動量。(國家地震工程研究中心)。

三、地震強度分級：地震強度的強度：地震強度的強度，是依據地震儀三方向所測得的加速度中最大者。「gal」是重力加速度的單位 $1\text{gal}=1\text{m/sec}^2$ 、 $100\text{gal}=1\text{m/sec}^2$ 。

表3-1 地震強度分級表（中央氣象局科普網）（本表由學生製表）

震度階級	0級	1級	2級	3級	4級	5弱	5強	6弱	6強	7級
gal(cm/sec^2)	<0.8	0.8~2.5	2.5~8.0	8.0~25	25~80	80~140	140~250	250~440	440~800	>800

四、地震振動週期

地區不同，其地質條件亦不同，因此由於地震所造成的振動頻率也會有所不同；像臺北信義區的地震頻率一般介於0.8~3Hz，換算成周期則介於0.33~1.25秒（台大氣候變遷與永續研究發展中心）。盆地效應所造成的地表震動週期為 1.2~1.6 秒。

表3-2地震震動週期表（本表由學生製表）

區域	週期（秒）	區域	週期（秒）
嘉義縣市區	0.7-1.9	台南市平原區	0.6-0.8
嘉義縣沿海地區	0.6-0.8	台南市沿海區域	1.4- 2.2
嘉義市區	0.8 -1.1	台南市山區	1.1-1.2
嘉義縣山區	1.0- 2.0	高雄市區域	0.6-1.5
台南市東部山區	1.0-1.5	屏東地區	0.6- 2.0

五、建築物裝設阻尼器補強要件

斜撐最佳配置五要件：

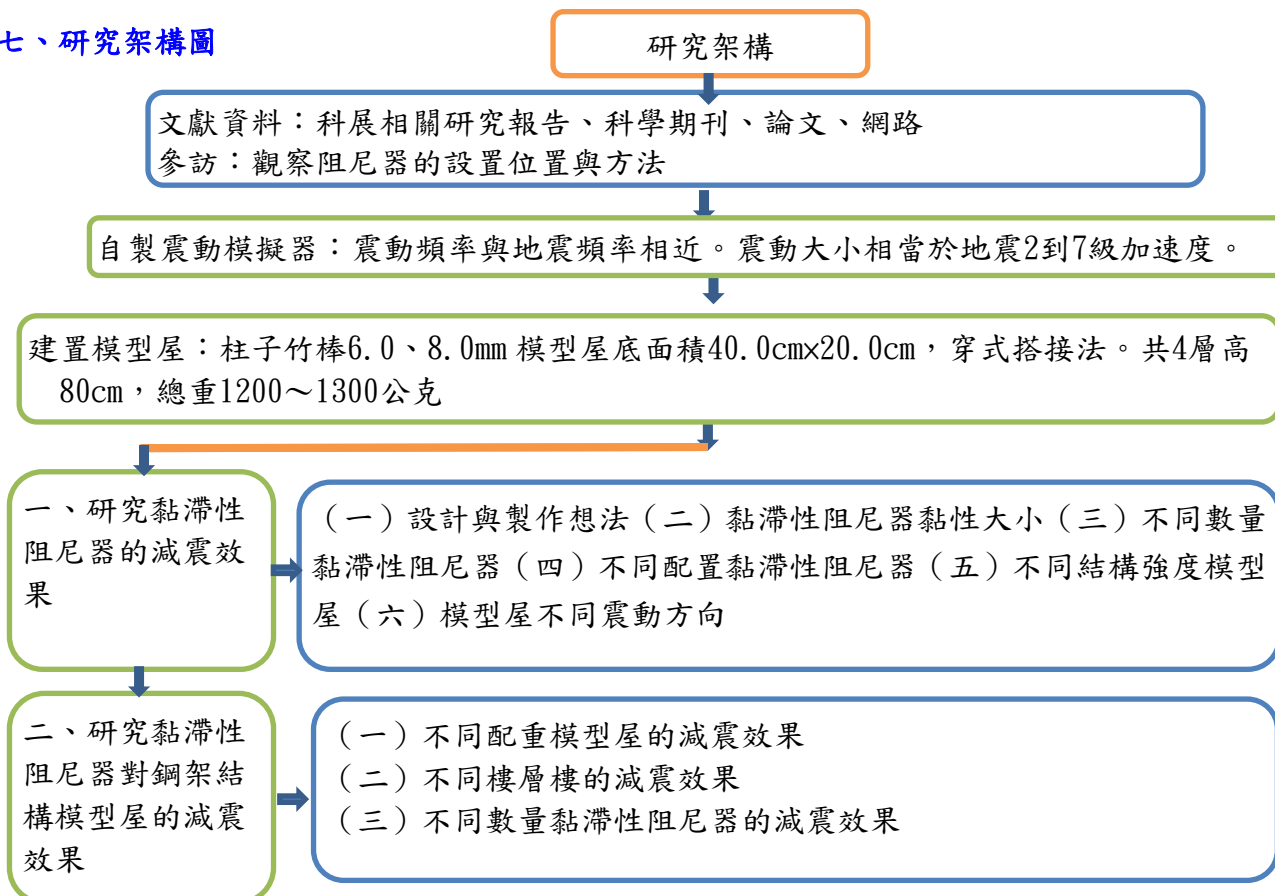
- (一) **一樓優先**：依序往上補強，一樓受到建物的重力與地震力最大，優先補強。
- (二) **平面對稱**：才不會兩側受力不均，造成房屋扭曲震動。
- (三) **立面連續**：使斜撐力量可以串聯，中間不可跳空樓層或配置不同斜撐方向。
- (四) **斜撐面數**：要超過樓層二分之一。
- (五) **與主震動方向平行**：發揮斜撐最大的抗震效果（柳語彤、許祐倫、蔡沂伶、胡瑋宸、李逸鈺、2019）。

六、科展相關研究報告

表3-3 歷屆科展阻尼器相關研究表（本表由學生製表）

作者	相關研究	給我們的啟示
戴立嘉等（2006）	X 型的斜承受的撞擊力抗震能力最好。	X 型的斜桿抗震力最佳。
徐筱珊等（2010）	房屋的建築方向不同，產生破壞和傾倒的情況也有可能不同。	建物方向與地震方向有關。
許官平等（2012）	「交叉型」與「梯型」具有較佳的抗震效應。	交叉型較佳的抗震效應。
王紫楹等（2015）	彈簧阻尼器在 X 軸的避震效果較好 槓桿阻尼器在 X 軸及 Z 軸的避震效果較好 磁磁力阻尼器則是在 X 軸 Y 軸效果較佳	不同的阻尼器對於不同的軸向避震效果會有差異。
劉芊妤、歐東霖、吳奕廷（2021）	單層隔震裝置擺動方向與地震力方向相同有較佳隔震效果，角度加大隔震效果變差。	角度與隔震負相關

七、研究架構圖



肆、研究器材設備與前置研究

一、材料分析與自製設備

- (一) **材料分析與修正**：模型屋樓層木板重量調整：我們使用重量差異較小的4.0mm 夾板，長度為40公分、寬度為20公分，在夾板上4的邊角，釘上長4.0公分寬4.0公分厚度2公分的舊桌板，利用螺絲釘調整木板重量320公克，誤差在5克以下。
- (二) **模型屋製作**：製作模型屋：柱子(竹棒6.0、8.0mm)，模型屋底面積(40.0cm×20.0cm)，貫穿式搭接法，每1層20cm，利用3秒膠固定柱與樓板，共4層，總重1200-1300公克。
- (三) **分析測量工具**：利用手機 APP 軟體記錄震動加速度，每秒記錄100次。
- (四) **自製地震模擬器振動強度模擬分析**

1. 自製地震模擬器利用電壓調整作為加速度震度強度檢測工具，將電壓調整為5V、6V、7V、8V、9V。
2. 將手機平放在自製地震模擬器，手機的X軸方向與地震模擬器的震動方向平行。
3. 電壓分為5V、6V、7V、8V、9V，每一種電壓做5次震動實驗，每一次實驗1分鐘。
4. 自製地震模擬器（圖4-1）震動強度分析（圖4-2）。



圖4-1 自製地震模擬器（模型大才好玩）
（本圖由學生拍攝）

(五) 地震模擬器震動強度分析

1. 震動頻率(0.68-1.37/sec)與地震震動頻率相近(0.6-1.5/sec)，
2. 加速度設計2.71-10.32m/sec³與地震2級-7級相近(2.5-8.0m/sec³)，模擬地震真實的情況。(圖4-2)

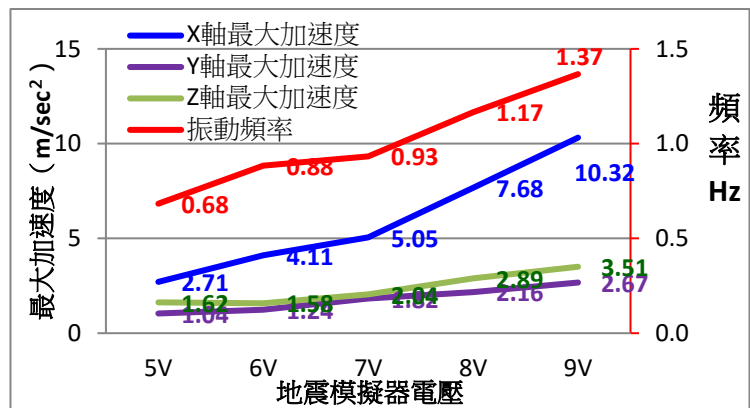


圖4-2 地震模擬器電壓與震動強度、頻率比對圖
（本圖由指導老師製作）

(六) 自製地震模擬器操作過程

1. 將模型屋利用5.0公分螺絲固定在震動台上。
2. 第二、三、四層左右配重220公克油土，第五層放置相同廠牌型號手機重約220公克，作為第五層配重，1支手機檢測搖動的X、Y、Z軸最大加速度，1支手機監測最大加速度，平均加速度。
3. 為了增加模型屋的重量在第五層，左兩側利用C型夾作為配重。

4. 將2支手機同時開啟，開啟震動模擬搖動60秒後，紀錄 X、Y、Z 軸最大加速度、最大加速度。
5. 利用電壓的強度控制自製地震模擬器的震動強度（圖4-2），
6. 相同的實驗進行5次，5次求平均。

（七）分析測量工具：利用手機 APP 軟體(Vibsensor)記錄震動加速度，每秒記錄100次。分別是左右 X 軸、前後 Y 軸、上下垂直 Z 軸、最大加速度與平均加速度，加速度監測最大記錄值：X 軸2000gal、Y 軸2000gal、Z 軸1000gal。

二、前置研究

首先我們要先了解，自製地震模擬器對於模型屋的震動影響，剛開始我們用直徑 1.0cm 的竹棒做模型屋的柱子，因模型屋結構強度太強，在進行實驗時發現，模型屋的震動太小，我們改 0.8cm 竹棒再進行實驗，實驗結果模型屋結構強度還是太強，最後用 0.6cm 0.8cm 竹棒做柱子，進行實驗。

（一）研究地震模擬器震動強度對模型屋震動的影響

1. 實驗方法：詳見，肆、研究器材與設備（五）自製地震模擬器操作過程。
2. 實驗設計

（1）操作變因：震動強度對模型屋震動的影響，利用電壓的小控制自製地震模擬器的震動強度為 5V、6V、7V、8V、9V 相對應震動強度（詳見 4-2）。

（2）控制變因：震動時間 60 秒、相同模型屋（1 號柱子 0.6cm）、模型屋每一層配重 440 克、配重樓層 2 側位置、手機位置 5 樓。

（3）應變變因：X、Y、Z 軸最大加速度，並觀察模型屋搖動的情況。

3. 研究結果

- （1）由圖4-3對比發現，X 軸最大加速度模型屋略有增加，整體的線性變化差異不大，顯示地震模擬器的震動強度可以反映在，模型屋的 X 軸震動強度。Y 軸最大加速度模型屋略有減少，整體的線性變化差異不大，顯示地震模擬器的震動強度可以反映在，模型屋的 Y 軸震動強度
- （2）Z 軸最大加速度模型屋略有減少，整體的線性變化差異不大，顯示地震模擬器的震動強度可以反映在模型屋的 Z 軸震動大小（圖4-3）。

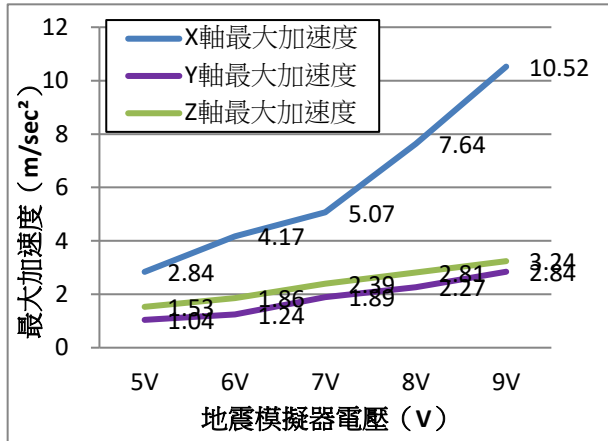


圖 4-3 模型屋震動加速度（本圖由老師製圖）

（二）研究彈簧阻尼器減震效果

1. 實驗方法：詳見，肆、研究器材與設備（五）自製地震模擬器操作過程。

2. 實驗設計與研究（一）相同

不同的彈性的彈簧阻尼器，線徑 1.5mm 彈力常數 420 公克/cm、線徑 1.8mm 彈力常數 530 公克/cm。



圖 4-4 彈簧阻尼器
(本圖由作者拍攝)



圖 4-5 實驗過程
(本圖由作者拍攝)

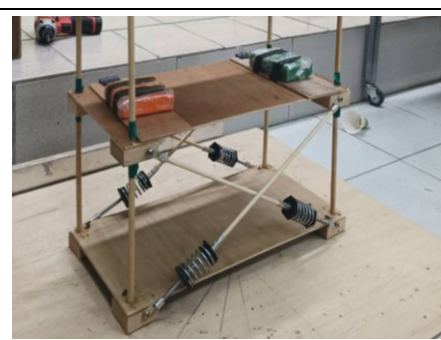


圖 4-6 配置 2 支彈簧阻尼器
(本圖由作者拍攝)

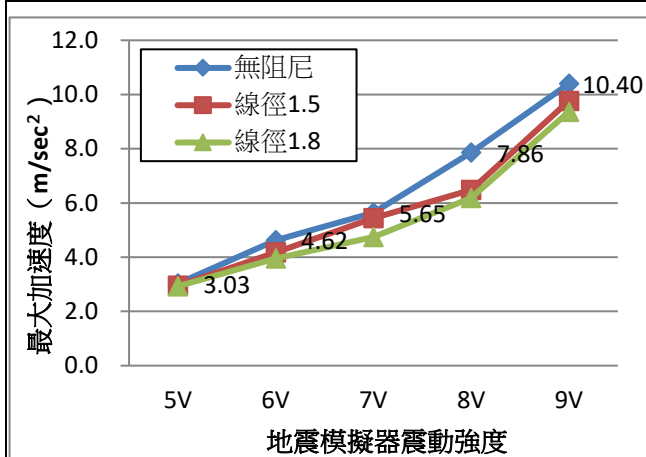


圖 4-7 不同強度阻尼器最大加速度
(本圖由指導老師製圖)

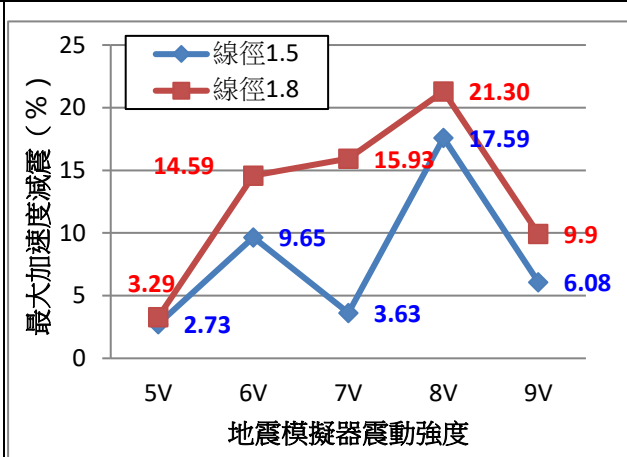


圖 4-8 不同強度阻尼器最大加速度減震
(本圖由指導老師製圖)

3. 討論最大加速度變化與減震效果

- (1) 由圖 4-7 發現，彈簧阻尼器，最大加速度在震動大時低於無阻尼，顯示有減震的效果，當震動越大時，最大加速度差異越大。
- (2) 由圖 4-8 發現，彈簧阻尼器線徑 1.8mm，最大加速度減震效果較佳，地震模擬器震動大時，減震效果越佳，最高 21.30%，減震效果有限。
- (3) 彈簧阻尼器線徑 1.8mm 減震效果優於線徑 1.5mm，當震動增加時減震效果有提升的趨勢，但到震動 9V 時，減震效果下降，推測可能，彈簧阻尼器將震動力量轉換成彈簧的位能，震動減少時，又將位能釋出，因此減震效果不佳。

(三) 研究地震模擬器震動方向對模型屋的影響

地震發生的地點與地震震央、震源會有差異，且建築物興建時也會因地形、街道方向會有差異，地震來時並不一定都同一方向，所以我們想模擬地震來自不同的方向時，地震動於模型屋震動的影響。

1. 實驗方法

調整模型屋與震動台搖擺方向的夾角，0 度 (圖 4-9)、30 度、45 度 (圖 4-10)、60 度、90 度 (圖 4-11) 其他與研究一-(一)相同



圖 4-9 模型屋夾角 0 度
(本圖由作者拍攝)



圖 4-10 模型屋夾角 45 度
(本圖由作者拍攝)



圖 4-11 模型屋夾角 90 度
(本圖由作者拍攝)

2. 實驗設計

- (1) 操作變因：震動方向對模型屋震動的影響，調整模型屋與震動台搖擺方向的夾角，0 度(圖 4-9)、30 度、45 度(圖 4-10)、60 度、90 度(圖 4-11)。
- (2) 控制變因：震動時間 60 秒、相同模型屋(1 號柱子 0.6cm)、模型屋配重、配重位置、手機位置，地震模擬器震動大小 7V。
- (3) 應變變因：X、Y、Z 軸最大加速度，共項 3 數據，並觀察模型屋搖動的情況。

3. 研究結果(圖 4-12)

4. 討論

- (1) X、Y 軸震動方向與模型屋夾角加速度變化，當夾角越大時，模型屋 X 軸加速度越大，由於模型屋設計為長方形，當夾角越大時，X 軸支撐的長度減少，且柱子不平行，形成支撐的不對稱。
- (2) Z 軸震動方向，當夾角越大時，模型屋 Z 軸加速度越小，由於模型屋設計為長方形，當夾角越大時，Z 軸上下支撐的長度減少，力距較短，所以角度越大時震動越小。

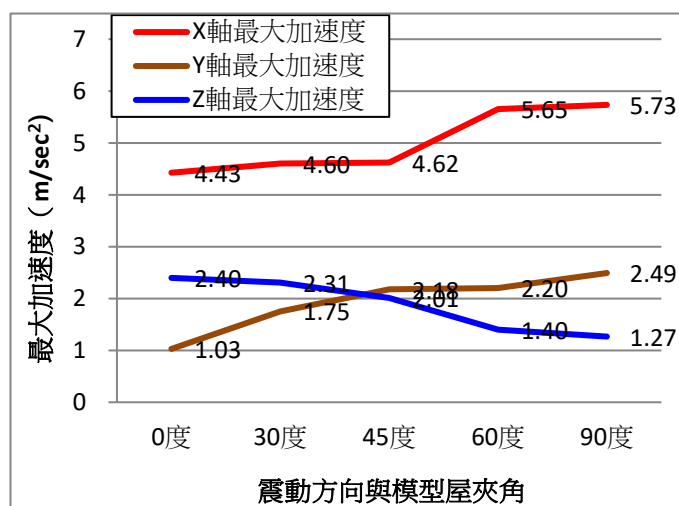
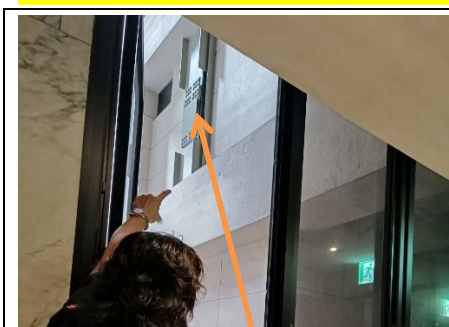


圖 4-12 震動方向與模型屋夾角加速度變化本
(表由指導老師製圖)

(四) 參觀建築物阻尼器的種類與配置



圖圖 4-13 黏彈性制震壁
(本圖由老師拍攝)



圖圖 4-14 軟鋼阻尼器
(本圖由老師拍攝)

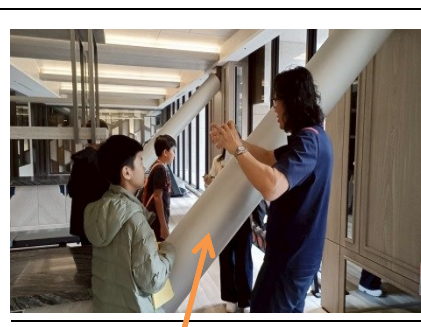


圖 4-15 油壓阻尼器
(本圖由老師拍攝)

這次為了科展實驗，我們去了一棟住宅。在現場，我們仔細觀察了他們利用的三種阻尼器，我們也訪問了住宅經理，了解他們在制震減震方面使用的各種方法和技術。經理詳細介紹了阻尼器的運作原理，並分享了許多關於制震減震的經驗，比如類似三明治結構的橡膠阻

尼器以及與我們實驗中類似的油壓阻尼器。這些說明讓我們對減震技術有更清楚的認識。這棟大樓的阻尼器，總共有三個阻尼器，第一個是斜撐，大樓總共有 23 層，而他的阻尼器是從 1 樓不間斷的放到第 21 樓，聽說是用機器計算的第二個阻尼器也是黏滯性的阻尼器跟我們講解的人說這個阻尼器的結構就是像三明治一樣把兩種材質交叉疊放，最後再加上第三種阻尼器就變成了堅不可摧大樓，連之前的 0403 大地震，這棟大樓也是沒有因地震造成任何影響，而且總經理也有帶我們去參觀，整個大樓的內部構造，沒想到他連房子的內部都設有阻尼器，且為了不讓住戶因撞到阻尼器而受傷他們還貼心的在主遊戲上裝上了緩衝墊。在參訪過程中，我們還觀察了住宅的結構設計和其他減震設備，並記錄了相關資料。這些資料對我們的實驗非常重要，能夠提供更實際的參考依據，幫助我們完成後續的研究分析。整體參訪過程十分順利，經理也非常配合我們的參觀和提問，讓我們得以順利完成所有參觀的工作。這次參訪讓我們收穫了很多寶貴的資料，為科展實驗打下了良好的理論與實務基礎。

伍、研究過程與方法

一、研究黏滯性阻尼器的減震效果

由前置研究發現彈簧阻尼器減震效果並不理想，最高減震效果大約 21%，也發現彈簧的彈力，就像一個儲存力量的單元，當受地震的力量時利用壓縮或延長儲存力量；當震力量減小時，又將力量釋放，並沒有將震動力量吸收，因此減震效果不佳。我們想利用黏滯性流體來達到消散地震能量，黏滯阻尼器為速度型消能設備，構造為黏滯封閉完全活塞，藉活塞運動將外力轉為熱能，達到消能目的。

(一) 黏滯性阻尼器設計與製作想法

1. 依據國家地震研究中心的流體黏滯阻尼器的圖片，請家長協助製作流體黏滯阻尼器，經過多次的實驗結果，放入不同的流體蜂蜜、洗髮精、洗碗精、液態麵粉等，都無法製作成功的阻尼器，原因是我們製作技術與能力不佳，阻尼器的上端活動塞，活動幾下就液體漏液。
2. 我們想到是否有液體溶液，黏性很大且不易流動的東西嗎？想到的有家裡吃剩下半罐的麥芽糖，另外就是黏老鼠黏板，老鼠黏板不容易取出，就只剩下半罐的麥芽糖可用。
3. 因為製作流體黏性阻尼器做不出來，就做黏性阻尼器試試看，利用麥芽糖的黏性作為地震震動能量的消能物質應該可以吧。
4. 自製黏滯性阻尼器在家中找到有關黏滯性的物質，發現可以用的是用的過期蜂蜜、麵粉、還有剩下半罐的麥芽糖，經過測試結果，蜂蜜黏滯性不足，麵粉加水（非牛頓流體）也沒有效果，最後使用麥芽糖，好像可以用，麥芽糖阻尼器設計（圖 5-1）。

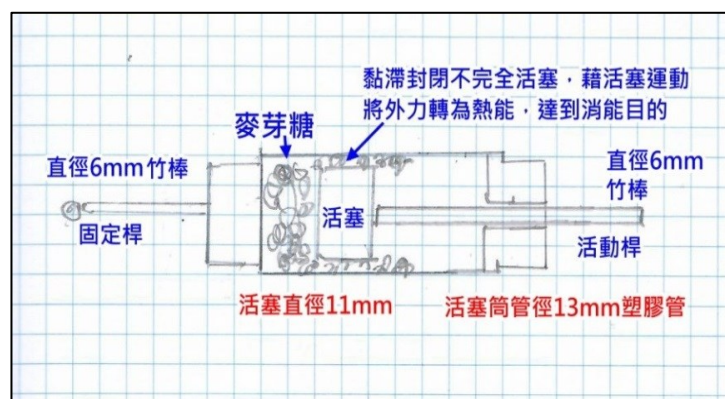


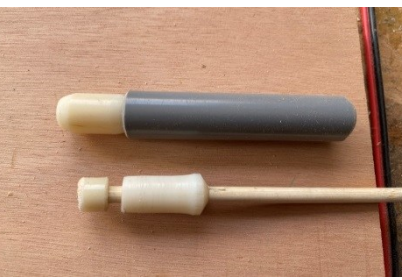





圖 5-1 黏滯性阻尼器設計圖（本圖由學生繪製）

5. 製作黏滯性阻尼器過程

		
<p>圖 5-2 製作所需材料 (本圖由學生拍攝、後製)</p>	<p>圖 5-3 做成主要元件 (本圖由學生拍攝、後製)</p>	<p>圖 5-4 黏滯性阻尼器半成品 (本圖由學生拍攝)</p>
		
<p>圖 5-5 加入 3 公克麥芽糖 (本圖由學生拍攝)</p>	<p>圖 5-6 組裝黏滯性阻尼器 (本圖由學生拍攝)</p>	<p>圖 5-7 完成黏滯性阻尼器 (本圖由學生拍攝)</p>

(二) 研究黏滯性阻尼器黏性強度對減震效果的影響

黏滯性阻尼器，可以吸收模型屋震動時的震動能量，因此減震效果佳，如果將黏滯性阻尼器作為阻尼器，真會有減震效果嗎？

1. 實驗方法

- (1) 製作黏性較強黏滯性強（黏性約 400 公克）與黏性較弱（黏性約 300 公克）的阻尼器，比較不同的黏性對於減震效果的差異。
- (2) 將自製黏滯性阻尼器裝設在模型屋 1 樓 1 支配置方式，配置方向與 X 軸主震動方向平行。其他研究方法與研究二相同。

2. 實驗設計

- (1) 操作變因：不同強度黏滯性阻尼器減震差異，比對組無阻尼。
- (2) 控制變因：震動時間 60 秒、相同模型屋 1 號（柱子 0.6cm）、模型屋配重每一層 440 公克、配重位置兩側、手機位置 5 樓，2 支手機，阻尼器配置 1 樓共 2 支，震動模擬器震動強度 5V、6V、7V、8V、9V 相對應震動強度（4-2）。整個實驗過程不能移動搖擺機位置，不能移動模型屋位置，不移動配重位置，以減少實驗誤差。
- (3) 應變變因：X、Y、Z 軸最大加速度，3 項數據，並觀察模型屋搖動的情況。最大加速度 = $\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$ 軸最大加速度。

(三) 研究不同數量黏滯性阻尼器的減震效果

由研究一-(二)結果發現，只配置 1 支黏滯性阻尼器，因為配置不平衡，部分力量轉向 Y 軸方向，造成 Y 軸最大增加的現象，如果配置對稱 2 支，成 X 型配置減震效果會更佳嗎？

1. 實驗方法：將自製黏滯性阻尼器裝設在模型屋 1 樓 1 支配置（圖 5-8），與配置 2 支 X 型，（圖 5-9）配置方向 與主震動方向平行。其他研究方法與研究二相同。

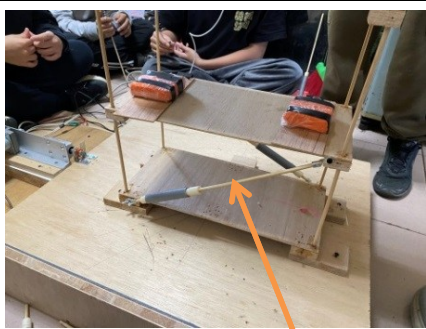


圖 5-8 配置 1 支黏滯性阻尼器
(本圖由學生拍攝)



圖 5-9 配置 2 支黏滯性阻尼器
(本圖由學生拍攝)

2. 實驗設計

- (1) 操作變因：不同的數量的阻尼器，1 支黏滯性阻尼器與 2 支黏滯性阻尼器差異。
- (2) 控制變因：震動時間 60 秒、相同模型屋（柱子 0.6cm）、模型屋配重每一層 440 公克、配重位置兩側、手機位置 5 樓，2 支手機，阻尼器配置 1 樓共 2 支，震動模擬器震動強度 5V、6V、7V、8V、9V 相對應震動強度（圖 4-2）。整個實驗過程不能移動搖擺機位置，不能移動模型屋位置，不移動配重位置，以減少實驗誤差。
- (3) 應變變因：X、Y、Z 軸最大加速度，共 3 項數據，並觀察模型屋搖動的情況。最大加速度 = $\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$ 軸最大加速度

(四) 研究不同配置方式黏滯性阻尼器的減震效果

由研究一-(二)發現，黏滯性阻尼器，可以吸收模型屋震動時的震動能量，因此減震效果佳，如果將黏滯性阻尼器，不同配置時，減震效果會比較好嗎？

1. 實驗方法

- (1) 將自製黏滯性阻尼器裝設在模型屋一樓 2 支 X 型配置(圖 5-10)，1 樓 1 支 2 樓 1 支上下配置(圖 5-11)，配置方想與主震動方向平行。其他研究方法與研究二相同。

2. 實驗設計

- (1) 操作變因：黏滯性阻尼器，在模型屋一樓 2 支 X 型左右交叉配置(圖 5-10)，1 樓 1 支 2 樓 1 支上下交叉配置。(圖 5-11)



圖 5-10 阻尼器配置 X 型左右 1 樓共 4 支
(本圖由學生拍攝)



圖 5-11 1 樓 1 支 2 樓 1 支上下交叉配置
(本圖由學生拍攝)

- (2) 控制變因：震動時間 60 秒、相同模型屋（1 號柱子 0.6cm）、模型屋配重每一層 440 公克、配重位置兩側、手機位置 5 樓，2 支手機，阻尼器配置 X 型 1 樓共 4 支，震動

模擬器震動強度 5V、6V、7V、8V、9V 相對應震動強度（圖 4-2）。整個實驗過程不能移動搖擺機位置，不能移動模型屋位置，不移動配重位置，以減少實驗誤差。

- (3) 應變變因：X、Y、Z 軸最大加速度，3 項數據，並觀察模型屋搖動的情況。最大加速度 = $\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$ 軸最大加速度

(五) 研究黏滯性阻尼器對不同結構強度模型屋的減震效果

1. 實驗方法 (1) 製作柱子的直徑 6mm（圖 5-17）與 8mm（圖 5-18）1 模型屋各一座。
(2) 將自製黏滯性阻尼器裝設在模型屋一樓 2 支 X 型配置配置方想與主震動方向平行。
(3) 其他研究方法與研究二相同。

2. 實驗設計

- (1) 操作變因：柱子 6mm 模型屋（圖 5-17）、柱子 8mm 模型屋（圖 5-18）。
(2) 控制變因：1 樓 1 支 2 樓 1 支上下交叉配置（圖 5-18）。其他與研一-(四) 相同。
(3) 應變變因：與研一-(四) 相同。X、Y、Z 軸最大加速度，最大加速度。
最大加速度 = $\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$ 軸最大加速度。



圖 5-17 柱子 6mm 模型屋
(本圖由學生拍攝)



圖 5-18 柱子 8mm 模型屋
(本圖由學生拍攝)

(六) 研究黏滯性阻尼器對模型屋不同震動方向的減震效果

地震來自不同的方向，不同方向的震動對於黏滯性阻尼器的減震效果會有差異嗎？

1. 實驗方法

- (1) 將自製黏滯性阻尼器裝設在模型屋一樓 2 支 X 型配置（圖 5-19），配置方想與主震動方向平行，調整模型屋與震動方向的夾角。其他研究方法與研究二相同。



圖 5-19 角度 0 度
(本圖由學生拍攝)



圖 5-20 角度 30 度
(本圖由學生拍攝)

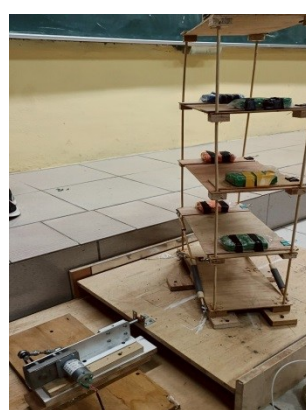


圖 5-21 角度 45 度
(本圖由學生拍攝)



圖 5-22 角度 90 度
(本圖由學生拍攝)

2. 實驗設計

- (1) 操作變因：黏滯性阻尼器有調整模型屋與震動方向的角度為 0 度(圖 5-19)、30 度(圖 5-20)、45 度(圖 5-21)、60 度、90 度(圖 5-22)。比對組無黏滯性阻尼器，調整模型屋與震動方向的角度為 0 度、30 度、45 度、60 度、90 度
- (2) 控制變因：黏滯性阻尼器裝設在模型屋一樓 2 支 X 型配置、其他與研一-(二) 相同。
- (3) 應變變因：X、Y、Z 軸最大加速度，最大加速度= $\sqrt{X^2+Y^2+Z^2}$ 軸最大加速度。

二、研究黏滯性阻尼器對鋼架結構模型屋的減震效果

我們研究發現建物結構型態不同，有些建物屬於鋼骨結構，鋼骨結構與水泥結構在強度與耐震性有差異，黏滯性阻尼器對於鋼骨結構的建物的減震效果有差異嗎？

模型建置利用寬度 1.0 公分，厚度 0.7 公分木條製作，鋼骨結構模型，共計 4 層，總高度 80 公分、寬度 20 公分、長度 40 公分，進行實驗。

(一) 黏滯性阻尼器對不同配重型屋的減震效果(鋼骨結構)

當模型屋的配置重量不同時，黏滯性阻尼器的減震效果會有差異嗎？

1. 實驗方法

- (1) 將自製黏滯性阻尼器裝設在模型屋一樓 1 支黏滯性阻尼器。
- (2) 分別在每一樓層配重 220 克、440 公克重黏土，660 公克重黏土、3 種不同的配重方法。



圖 5-23 配重 220 克無阻尼
(本圖由學生拍攝)



圖 5-24 配重 220 克有阻尼
(本圖由學生拍攝)



圖 5-25 配重 660 克有阻尼
(本圖由學生拍攝)

2. 實驗設計

- (1) 操作變因：有黏滯性阻尼器配重為 220 公克重(圖 5-23)、440 公克重(圖 5-24)，配重 660 克(圖 5-25)，比對組無黏滯性阻尼器配重為 220 公克重、440 公克重、配重 660 克
- (2) 控制變因：自製黏滯性阻尼器裝設在模型屋一樓 1 支黏滯性阻尼器。其他與研一-(四) 相同。
- (3) 應變變因：X、Y、Z 軸最大加速度，最大加速度= $\sqrt{X^2+Y^2+Z^2}$ 軸最大加速度。

(二) 研究黏滯性阻尼器對不同樓層樓的減震效果

當模型屋設置黏滯性阻尼器後，不同的樓層減震效果會有差異嗎？

1. 實驗設計

- (1) 將自製黏滯性阻尼器裝設在模型屋一樓 1 支 1。
- (2) 分別在每一樓層檢測震動加速的強度，有阻尼器與無阻尼器的加速度大小。

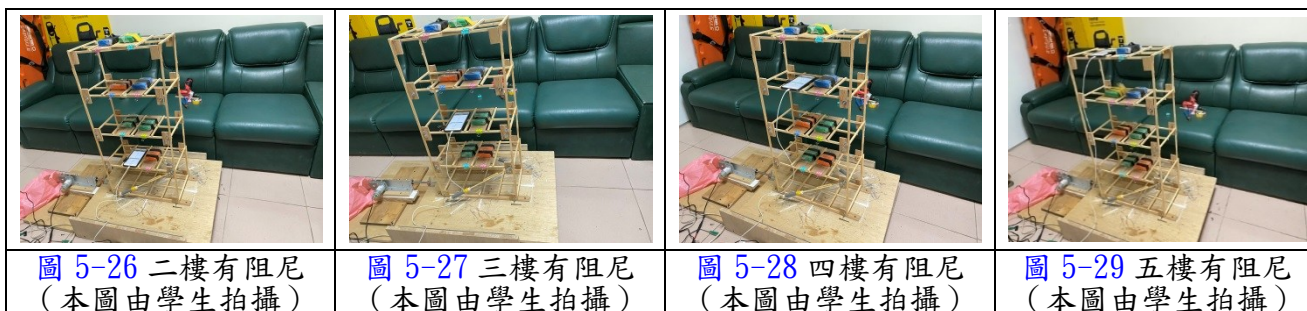


圖 5-26 二樓有阻尼
(本圖由學生拍攝)

圖 5-27 三樓有阻尼
(本圖由學生拍攝)

圖 5-28 四樓有阻尼
(本圖由學生拍攝)

圖 5-29 五樓有阻尼
(本圖由學生拍攝)

2. 實驗設計

- (1) 操作變因：有阻尼不同樓層的震動加速強度，比對組無阻尼不同樓層加速度強度。
- (2) 控制變因：自製黏滯性阻尼器裝設在模型屋一樓 1 支 1。其他與研一-(四) 相同。
- (3) 應變變因：X、Y、Z 軸最大加速度，最大加速度 = $\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$ 軸最大加速度。

(三) 研究不同數量黏滯性阻尼器的減震效果

當阻尼器的數量越多，減震效果會有明顯的增加嗎？

1. 實驗方法：將自製黏滯性阻尼器裝設在模型屋設置 1 支 (圖 5-30)、2 支圖 (5-31)、3 支圖 5-32)，Z 字形向上排列。每一層配重 440 公克重黏土。



圖 5-30 阻尼器 1 支
(本圖由學生拍攝)

圖 5-31 阻尼器 2 支
(本圖由學生拍攝)

圖 5-32 阻尼器 3 支
(本圖由學生拍攝)

2. 實驗設計

- (1) 操作變因：設置 1 支 (圖 5-30)、2 支 (圖 5-31)、3 支 (圖 5-32) 黏滯性阻尼器，比對組為無阻尼。
- (2) 控制變因：每一層配重 440 公克重黏土，其他與研一-(四) 相同。
- (3) 應變變因：與研一-(四) 相同。

陸、實驗結果與討論

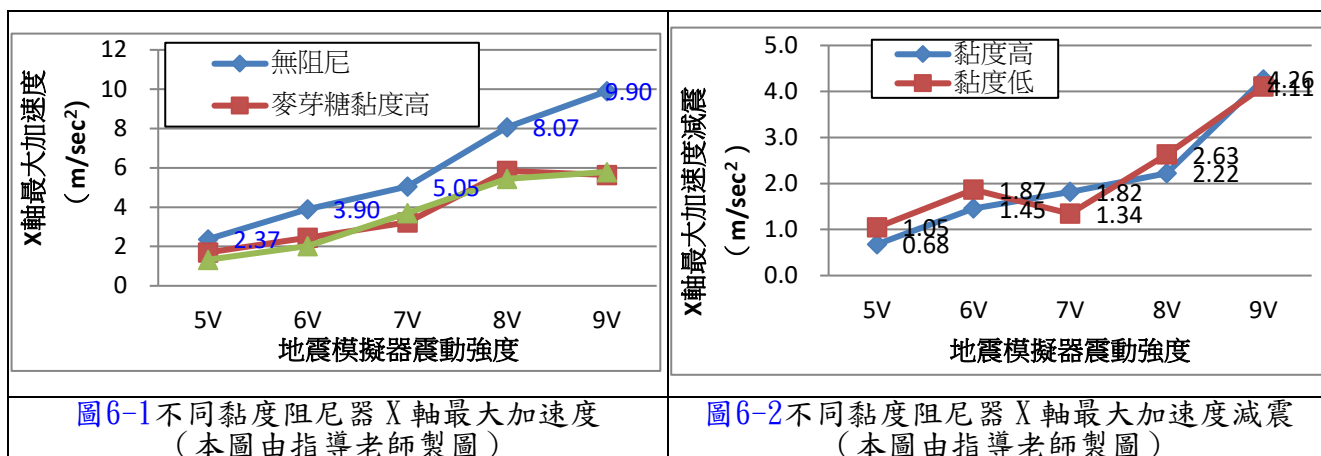
一、黏滯性阻尼器的減震效果

(一) 設計與製作想法

1. 彈簧阻尼器：就像一個儲存能量的單元，當受地震的應力時利用壓縮或延長儲存能量，當地震應力減小時，又將能量釋放，並沒有將震動應力吸收，因此減震效果不佳。
2. 因為做不出密封度高的流體黏滯性阻尼器，改做非密封型黏滯性阻尼器，藉著黏性物質的黏性來吸收，地震的震動能量。

(二) 研究黏滯性阻尼器黏性強度對減震效果的影響

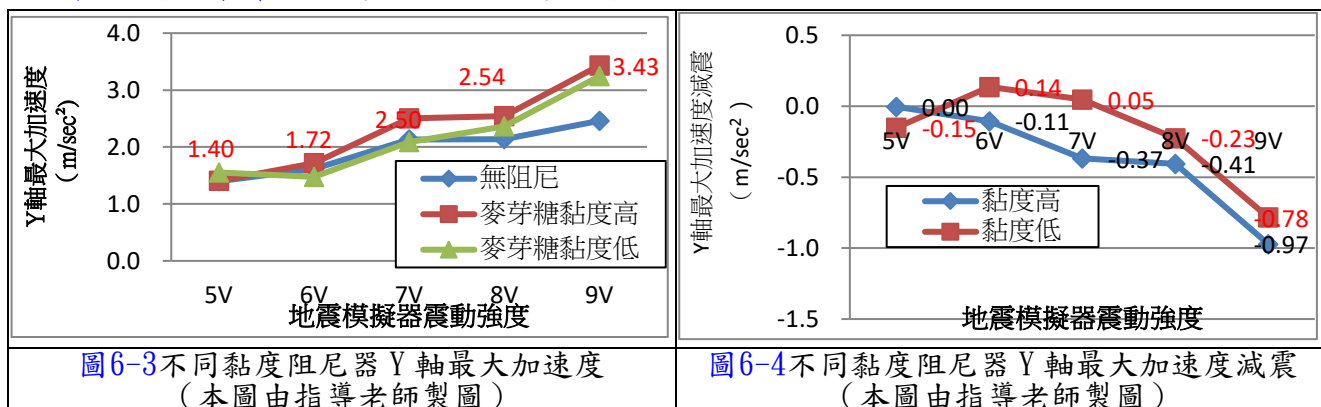
1. 研究結果 X 軸最大加速度變化與減震效果



2. 討論 X 軸最大加速度變化與減震效果

由圖 6-1 發現，X 軸最大加速度低於無阻尼，顯示有減震的效果，當震動越大時 X 軸最大加速度差異越大。圖 6-2 發現，黏度強與黏度弱 X 軸最大加速度減震效果，在震動小時黏度高優於黏度低，黏度強在低震動時減震效果最佳達 1.05m/sec^2 ，黏度強在高震動時減震效果最佳達 4.26m/sec^2 減震效果非常好。

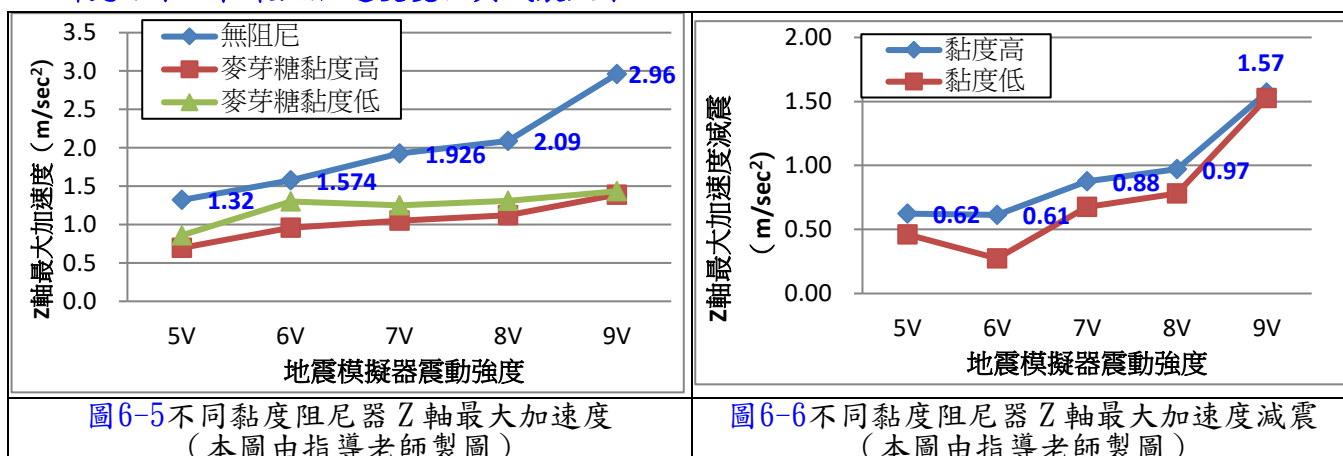
3. 研究結果 Y 軸最大加速度變化與減震效果



4. 討論 Y 軸最大加速度變化與減震效果

- (1) 由圖 6-3 發現，Y 軸最大加速度與無阻尼差異不大，顯示減震不佳。
- (2) 由圖 6-4 發現，震動越大減震效果越差，沒有減震效果，還使 Y 軸加速震動增加。
- (3) 在 Y 軸加速度增加，推測是因為配置 1 支阻尼器，震動時左右力量無法平衡，因此震動力量，由 X 軸轉向 Y 軸，使 Y 軸的最大加速度增加。

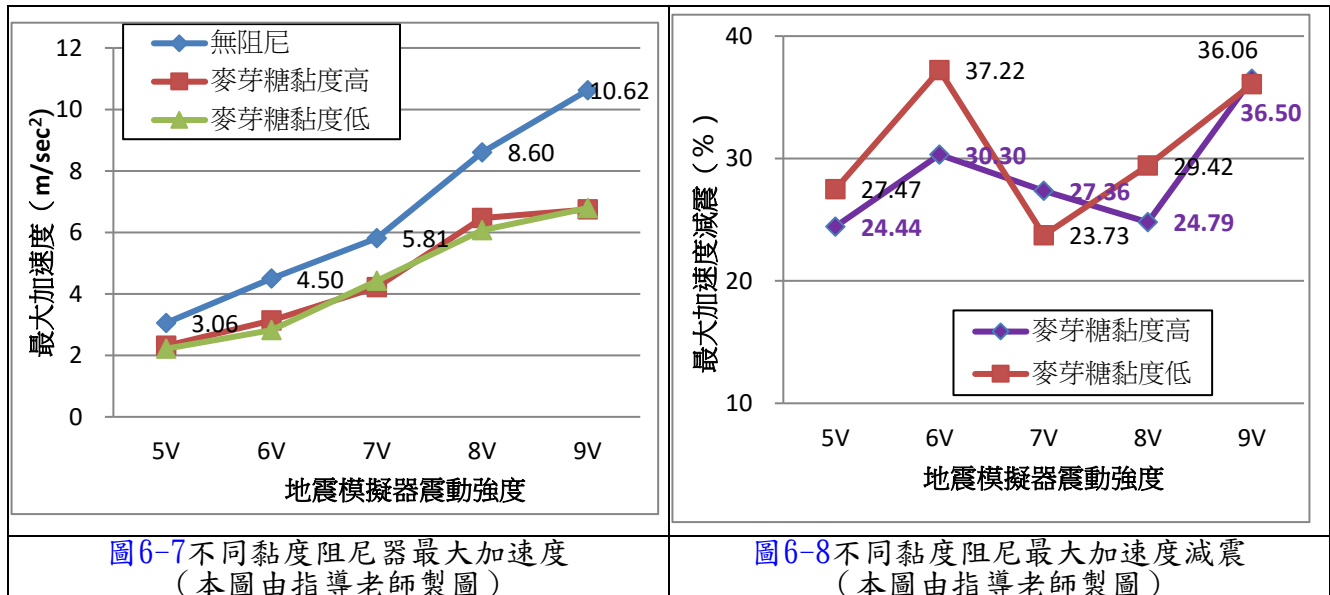
5. 研究結果 Z 軸最大加速度變化與減震效果



6. 討論 Z 軸最大加速度變化與減震效果

- (1) 由圖 6-5 發現，Z 軸最大加速度與無阻尼差比較小很多，顯示有減震效果，當震動越大時 Z 軸最大加速度差異越大。
- (2) 由圖 6-6 發現，震動越大減震效果越佳，最高 1.57 m/sec^2 ，黏度高優於黏度低。

7. 研究結果最大加速度變化與減震效果

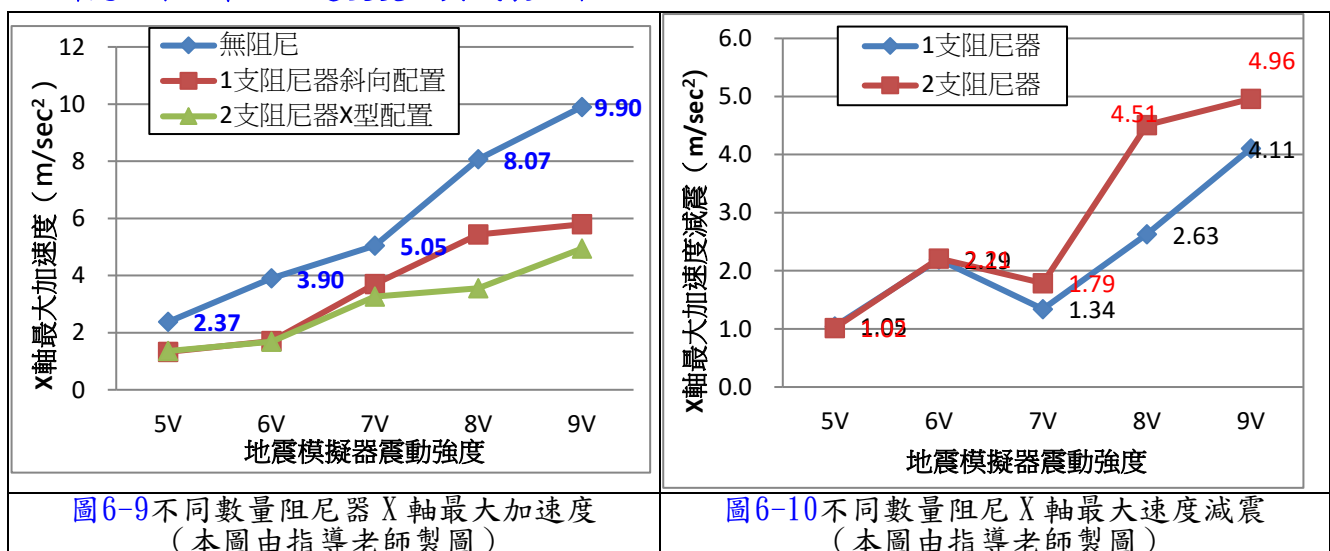


8. 討論最大加速度變化與減震效果

- (1) 由圖 6-7 發現，黏滯性高低差異不大，當震動越大時減震效果越佳。
- (2) 由圖 6-8 發現，黏滯性高低差異不大，黏度低略優於黏度高，當震動越大減震效果越佳，最高 36.50%。

(三) 研究不同數量黏滯性阻尼器數量減震效果

1. 研究結果 X 最大加速度變化與減震效果



2. 討論 X 最大加速度變化與減震效果

- (1) 由圖6-9發現，X 軸最大加速度低於無阻尼，顯示有減震的效果，當震動越大時，X 軸最大加速度差異越大，2支阻尼器優於1支阻尼器。

(2) 由圖6-10現，在震動強度6V時，X軸最大加速度減震效果最大，以2支阻尼器減震效果較佳，減震效果 4.96 m/sec^2 。

(3) 在震動強度7V時，減震效果突然變差，我推測是模型屋與震動的震動產生共振的現象，因此減震效果較差。

3. 研究結果 Y 最大加速度變化與減震效果

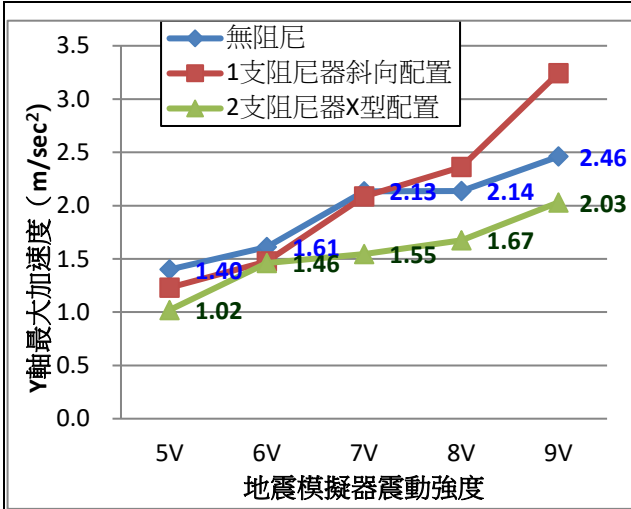


圖6-11不同數量阻尼器 Y 軸最大加速度
(本圖由指導老師製圖)

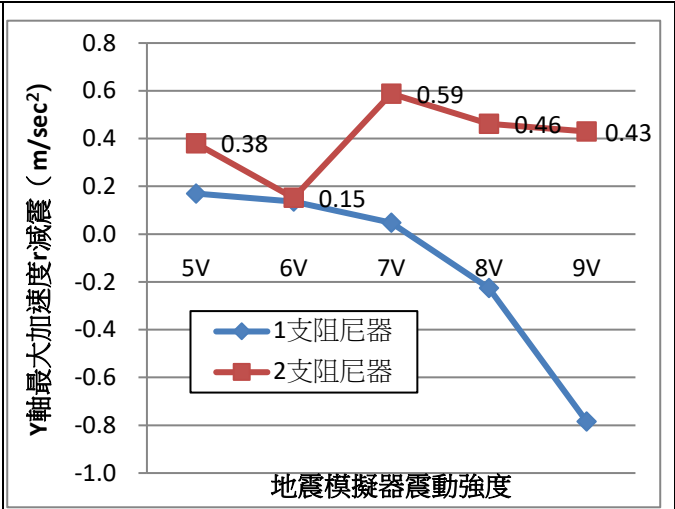


圖6-12不同數量阻尼 Y 軸最大速度減震
(本圖由指導老師製圖)

4. 討論 Y 軸最大加速度變化與減震效果

(1) 由圖 6-11 發現，2 支黏滯性阻尼器，Y 軸最大加速度低於無阻尼，顯示有減震的效果，當震動越大時，Y 軸最大加速度差異越大，2 支阻尼器有明顯的減震效果。

(2) 由圖 6-12 發現，2 支黏滯性阻尼器，在震動強度 6V 直時，Y 軸最大加速度減震效果最大，減震效果 0.56 m/sec^2 。(3) 在震動強度 7V 時，減震效果突然變差，推測是模型屋震動產生共振的現象，因此減震效果較差。

5. 研究結果 Z 最大加速度變化與減震效果

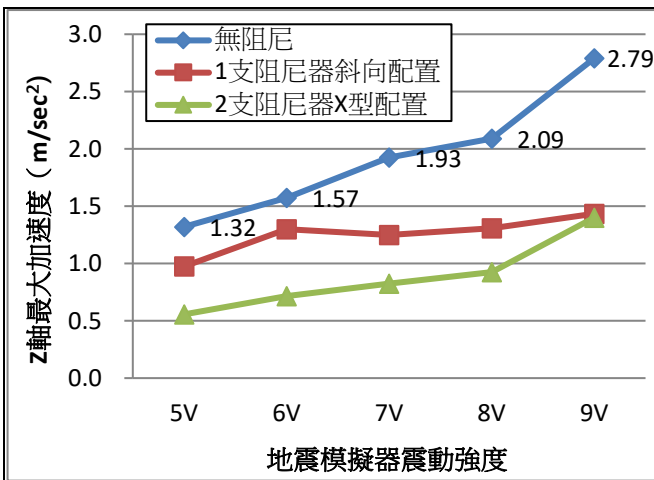


圖6-13不同數量阻尼器 Z 軸最大加速度
(本圖由指導老師製圖)

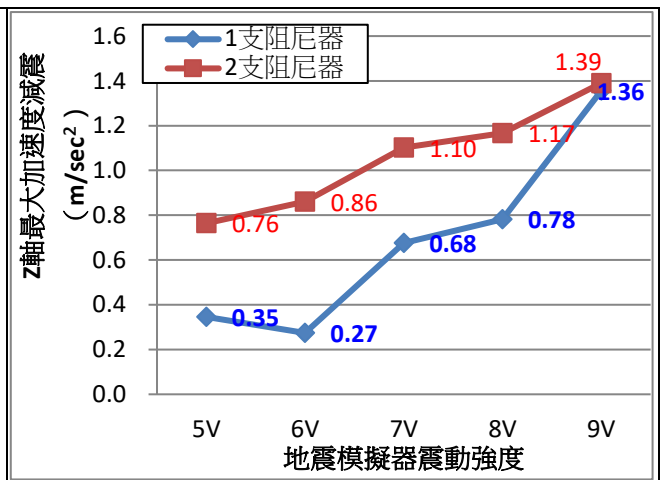


圖6-14不同數量阻尼 Z 軸最大速度減震
(本圖由指導老師製圖)

6. 討論 Z 軸最大加速度變化與減震效果

(1) 由圖 6-13 發現，Z 軸最大加速度低於無阻尼，顯示有減震的效果，當震動越大時，Z 軸最大加速度差異越大。

- (2) 由圖 6-14 發現，2 支黏滯性阻尼器，減震效果幾乎都超過 0.76 m/sec^2 。1 支黏滯性阻尼器在震動強度越大時，Z 軸最大加速度減震效果越大，最大為 1.39 m/sec^2 。
- (3) 由實驗發現左右對稱 X 型配置，對於震動力量吸收最佳，戴立嘉等 (2006) X 型的斜稱受的撞擊力抗震能力最好。

7. 研究結果最大加速度變化與減震效果

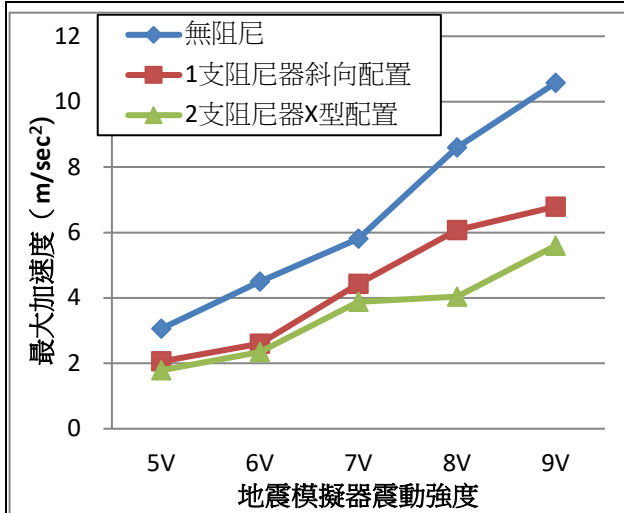


圖6-14 不同數量阻尼器最大加速度
(本圖由指導老師製圖)

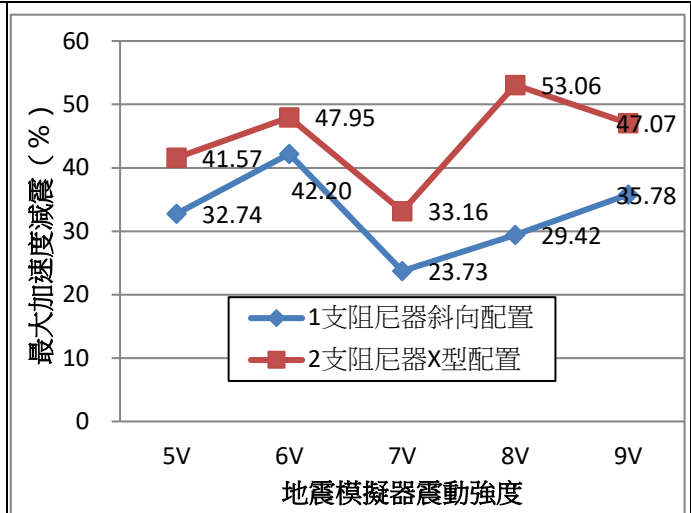


圖6-15 不同數量阻尼最大速度減震
(本圖由指導老師製圖)

8. 討論最大加速度變化與減震效果

- (1) 由圖 6-14 發現，最大加速度低於無阻尼，顯示有減震的效果，當震動越大時，最大加速度差異越大，減少最大加速度，2 支阻尼器優於 1 支阻尼器。
- (2) 由圖 6-15 發現，黏滯性阻尼器，最大加速度減震效果，震動越大，減震效果越佳的現象，其中以 2 支阻尼器減震效果較佳，減震效果 53.06%。2 支阻尼減震百分比優於 1 支阻尼器。在震動強度 7V 時，減震效果突然變差，推測是模型屋與震動的震動產生共振的現象，因此減震效果較差。

(四) 研究黏滯性阻尼器不同配置的減震效果

1. 研究結果 X 軸最大加速度變化與減震效果

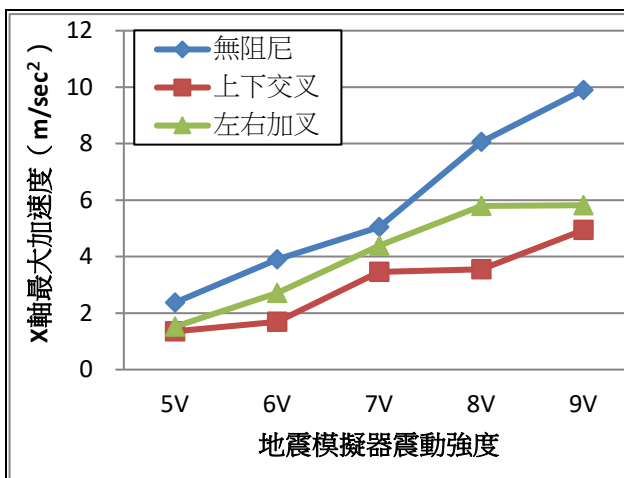


圖6-16 不同配置阻尼器 X 軸最大加速度
(本圖由指導老師製圖)

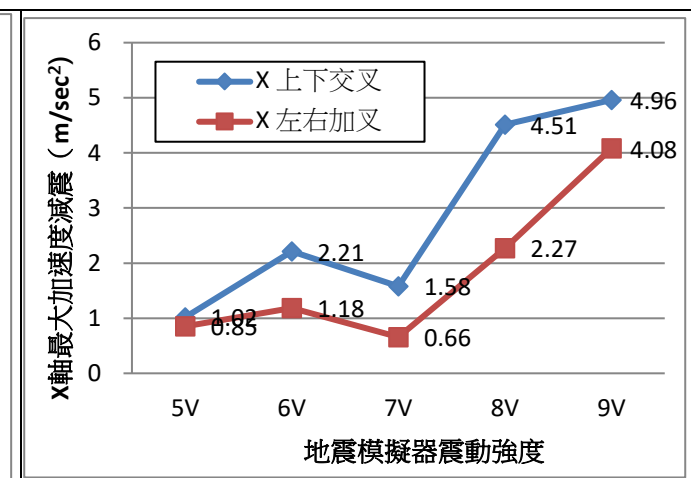


圖6-17 不同配置阻尼 X 軸最大加速度減震
(本圖由指導老師製圖)

2. 討論 X 軸最大加速度變化與減震效果

- (1) 由圖 6-16 發現，X 軸最大加速度低於無阻尼，顯示有減震的效果，當震動越大時，X 軸最大加速度差異越大，上下交叉配置優於左右交叉配置。
- (2) 由圖 6-17 發現，上下配置減震效果最佳在震動強度 6V，減震 2.21 m/sec^2 ，除了震動強度 7V 減震 1.55 m/sec^2 較低外，其他震動強度減震效果佳。X 左右交叉配置在震動強度 9V 減震 4.08 m/sec^2 ，除了震動強度 7V 減震效果較低 0.66 m/sec^2 外，其他震動強度減震效果佳。
- (3) 在震動強度 7V 時，減震效果突然變差，推測是模型屋與震動的震動產生共振的現象，因此減震效果較差。

3. 研究結果 Y 軸最大加速度變化與減震效果

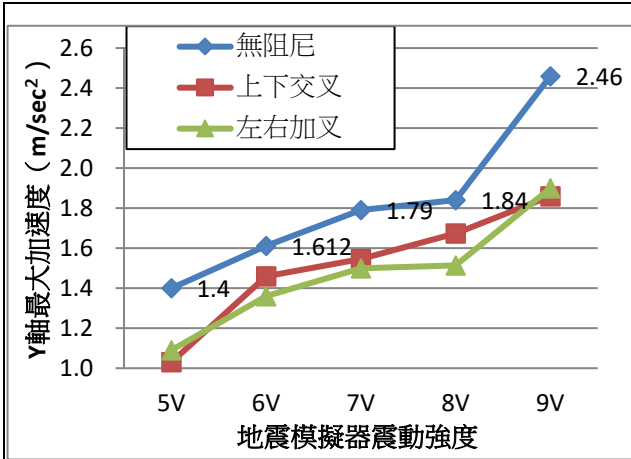


圖6-18 不同配置阻尼器 Y 軸最大加速度
(本圖由指導老師製圖)

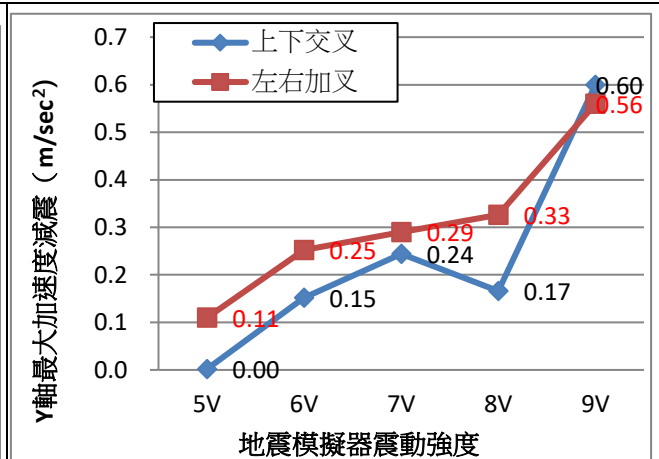


圖6-19 不同配置阻尼器 Y 軸最大加速度減震
(本圖由指導老師製圖)

4. 討論 Y 軸最大加速度變化與減震效果

- (1) 由圖 6-18 發現，有阻尼 Y 軸最大加速度低於無阻尼，顯示有減震的效果，當震動越大時，Y 軸最大加速度差異越大，左右交叉配置優於上下交叉配置。
- (2) 由圖 6-19 發現，當震動強度越大時，Y 軸最大加速度，減震效果越佳。

5. 研究結果 Z 軸最大加速度變化與減震效果

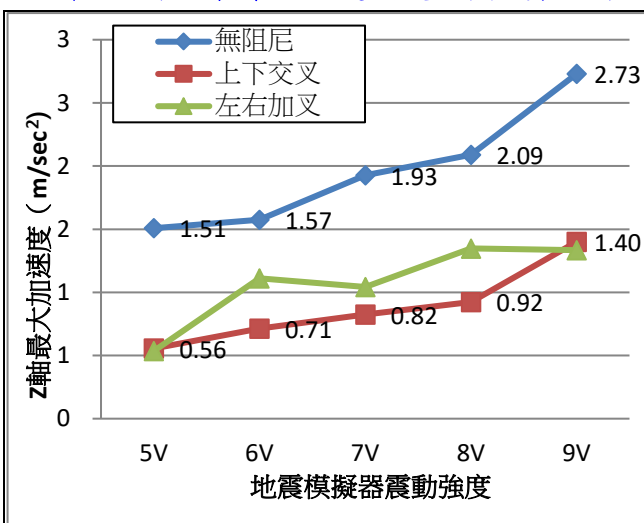


圖6-20 不同配置阻尼器 Z 軸最大加速度
(本圖由指導老師製圖)

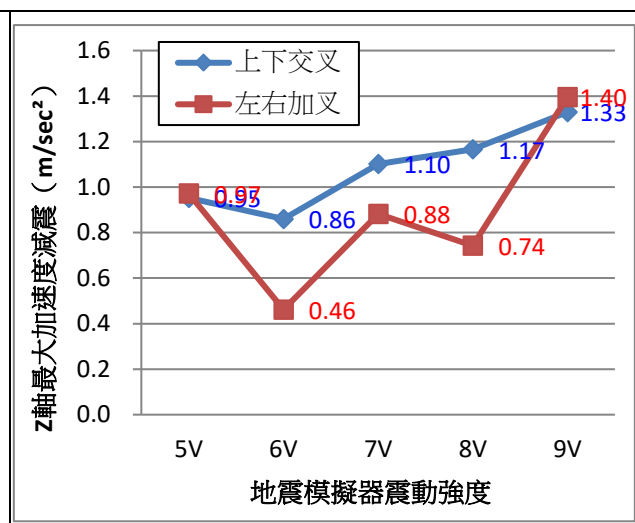


圖6-21 不同配置阻尼器 Z 軸最大加速度減震
(本圖由指導老師製圖)

6. 討論 Z 軸最大加速度變化與減震效果

- (1) 由圖 6-20 發現，有阻尼 Z 軸最大加速度低於無阻尼，顯示有減震的效果，當震動越大時，Y 軸最大加速度差異越大，上下交叉配置優於左右交叉配置。
- (2) 由圖 6-21 發現，當震動強度越大時，Y 軸最大加速度，減震效果越大的現象，上下配置穩定性優於左右配置。

7. 研究結果最大加速度變化與減震效果

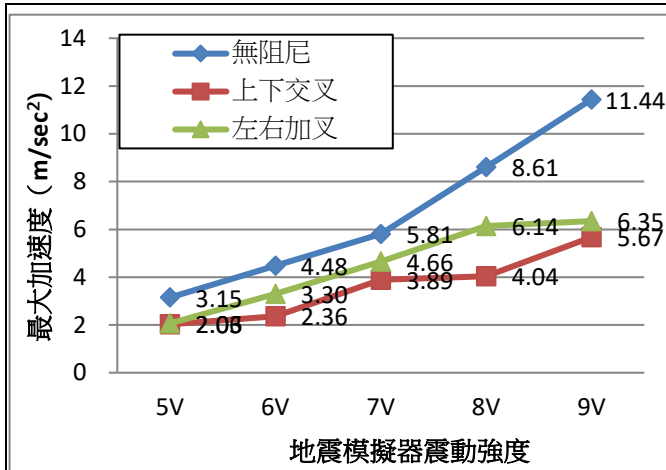


圖6-22 不同配置阻尼器最大加速度
(本圖由指導老師製圖)

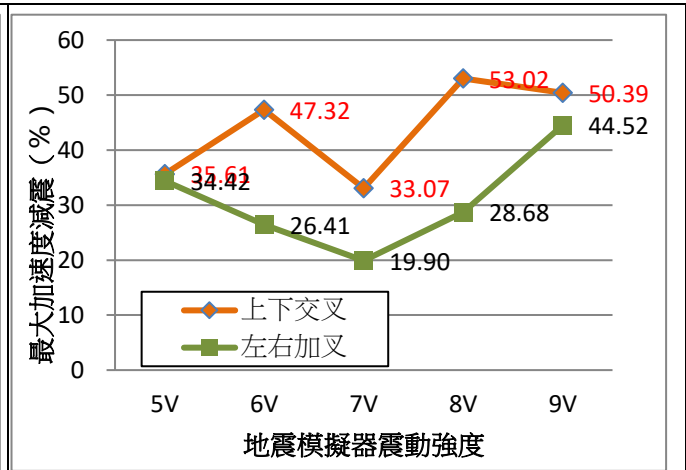


圖6-23 不同配置阻尼最大加速度減震
(本圖由指導老師製圖)

8. 研究結果最大加速度變化與減震效果

- (1) 由圖 6-22 發現，阻尼最大加速度低於無阻尼，顯示有減震的效果，當震動越大時，X 軸最大加速度差異越大，上下交叉配置優於左右交叉配置。
- (2) 由圖 6-23 發現，上下交叉配置減震效果最佳在震動強度 8V，減震 53.02%，除了震動強度 7V，減 33.07% 較低外，其他震動強度減震效果佳。X 左右交叉配置在震動強度 9V 減震 44.52%，除了震動強度 7V 較低 19.90% 外，其他震動強度減震效果佳。
- (3) 在震動強度 7V 時，減震效果突然變差，推測是模型屋與震動的震動產生共振的現象，因此減震效果較差，

(五) 研究黏滯性阻尼器對不同結構強度模型屋的減震效果

1. 研究結果 X 軸最大加速度變化與減震效果

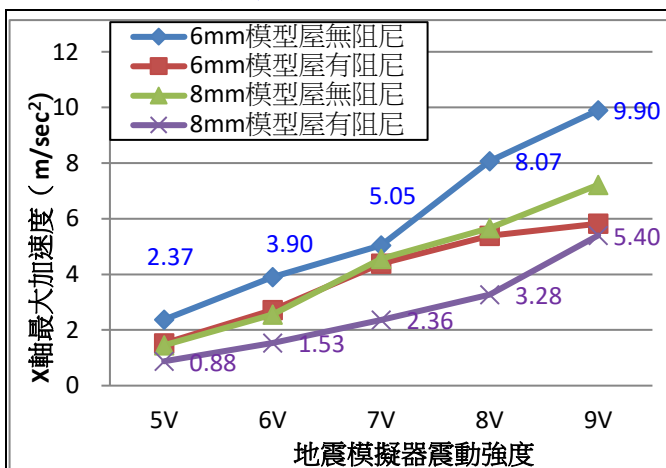


圖6-24 不同模型屋強度 X 軸最大加速度
(本圖由指導老師製圖)

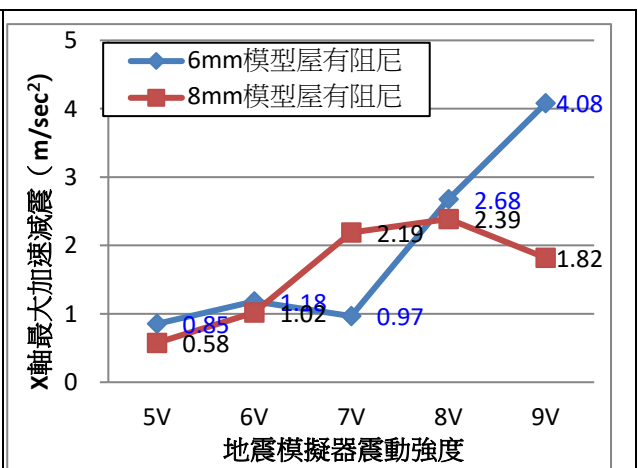


圖6-25 不同模型屋強度 X 軸最大加速度減震
(本圖由指導老師製圖)

2. 討論 X 軸最大加速度變化與減震效果

- (1) 由圖 6-24 發現，X 軸最大加速度低於無阻尼，顯示有減震的效果，當震動越大時，X 軸最大加速度差異越大，8mm 模型屋優於 6mm 模型屋。
- (2) 由圖 6-25 發現，8mm 模型屋減震效果最佳在震動強度 8V，減震 2.39 m/sec^2 ，當震動強度越大時，減震效果有越佳的現象。6mm 模型屋減震效果除了震動強度 7V 較低 0.97 m/sec^2 外，震動強度越大減震效果越佳的現象。

3. 研究結果 Y 軸最大加速度變化與減震效果

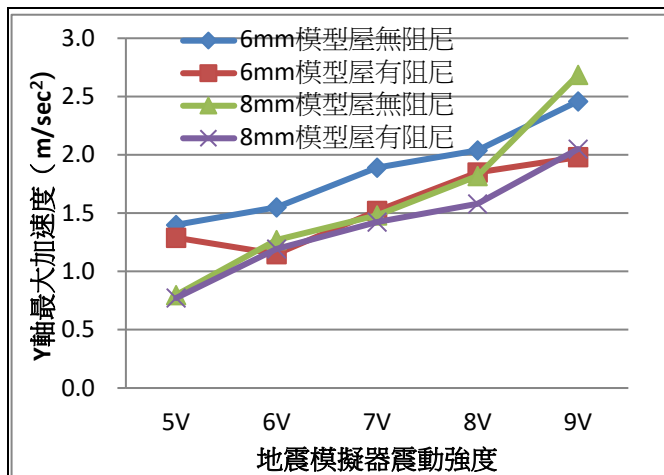


圖6-26 不同模型屋強度 Y 軸最大加速度
(本圖由指導老師製圖)

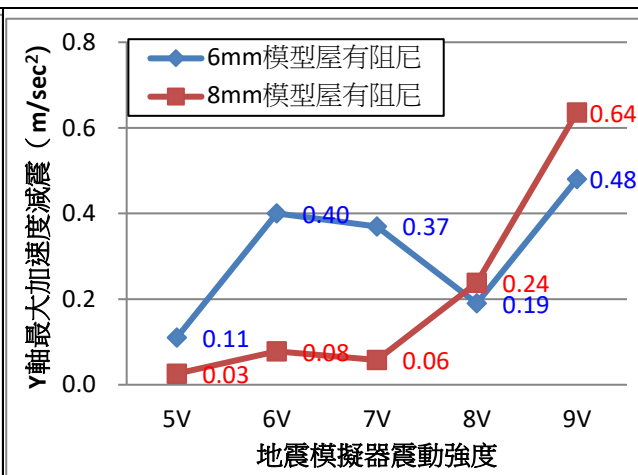


圖6-27 不同模型屋強度 Y 軸最大加速度減震
(本圖由指導老師製圖)

4. 討論 Y 軸最大加速度變化與減震效果

- (1) 由圖 6-26 發現，Y 軸最大加速度低於無阻尼，顯示有減震的效果，當震動越大時，X 軸最大加速度差異越大，8mm 模型屋與 6mm 模型屋差異不大。
- (2) 由圖 6-27 發現，6mm 模型屋減震效果最佳在震動強度 9V 減震 0.48 m/sec^2 ，當震動越大時，減震效果有越佳的現象。8mm 模型屋減震效果，震動強度越大時，Y 軸最大加速減震效果越佳，最高 0.64 m/sec^2 。

5. 研究結果 Z 軸最大加速度變化與減震效果

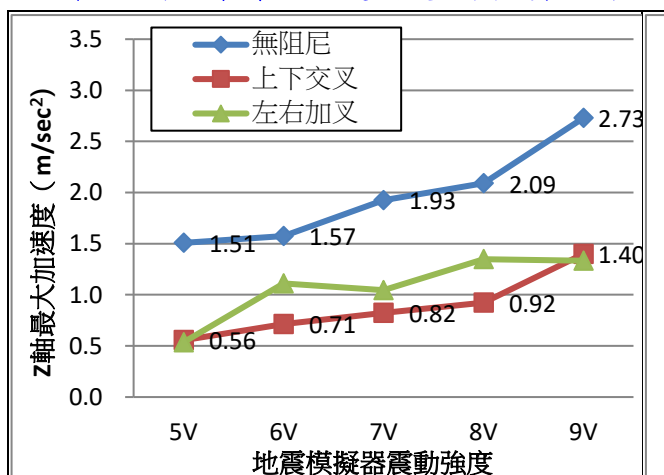


圖6-28 不同模型屋強度 Z 軸最大加速度
(本圖由指導老師製圖)

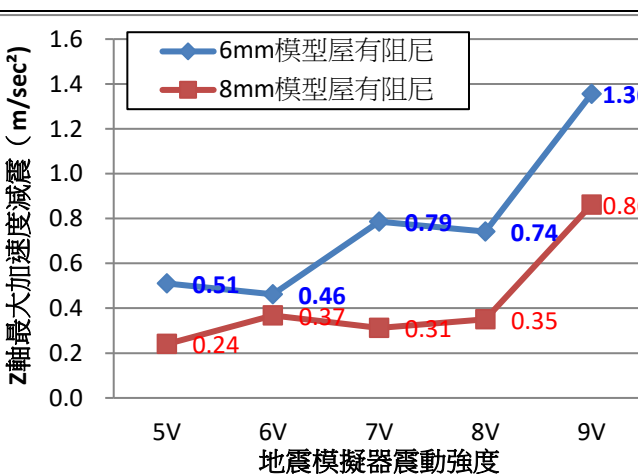


圖6-29 不同模型屋強度 Z 軸最大加速度減震
(本圖由指導老師製圖)

6. 討論 Z 軸最大加速度變化與減震效果

- (1) 由圖 6-69 發現，有阻尼 Z 軸最大加速度低於無阻尼，顯示有減震的效果，當震動越大

時，Z 軸最大加速度差異越大，6mm 模型屋優於 8mm 模型屋。

- (2) 由圖 6-70 發現，當震動強度越大時，Z 軸最大加速減震效果越佳，最高 6mm 模型屋減震效果 1.36 m/sec^2 ，8mm 模型屋減震效果 0.86 m/sec^2 。

7. 研究結果最大加速度變化與減震效果

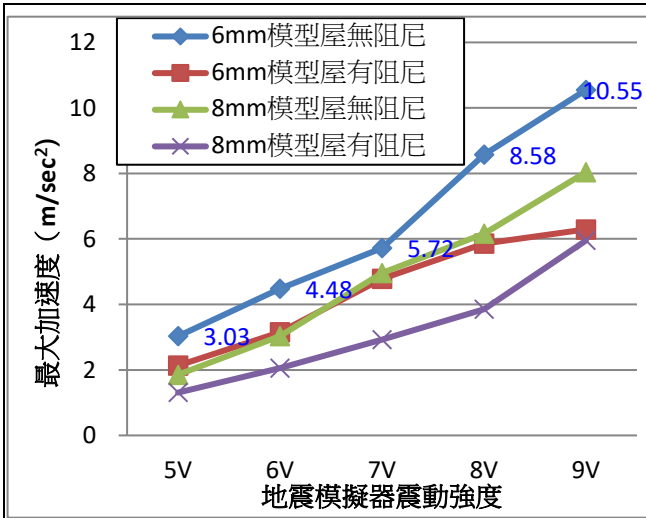


圖 6-30 不同模型屋強度最大加速度
(本圖由指導老師製圖)

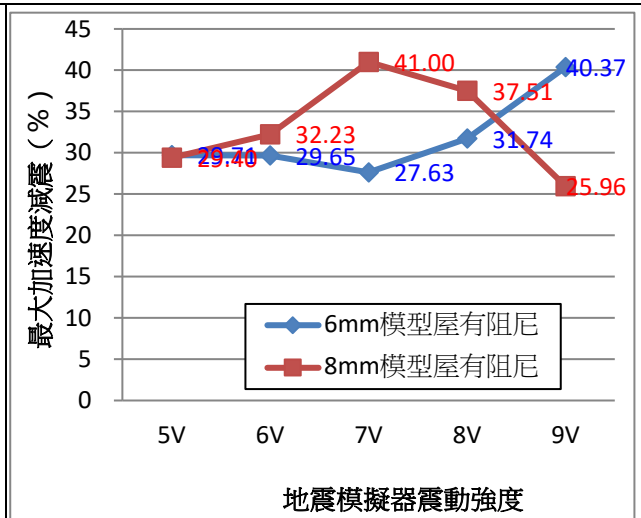


圖 6-31 不同模型屋強度最大加速度減震
(本圖由指導老師製圖)

8. 討論最大加速度變化與減震效果

- (1) 由圖 6-30 發現，最大加速度低於無阻尼，顯示有減震的效果，當震動越大時，最大加速度差異越大，8mm 模型屋優於 6mm 模型屋。
- (2) 由圖 6-31 發現，8mm 模型屋減震效果最佳在震動強度 7V 減震 41.00%，當震動強度越大時，減震效果有越差的現象。6mm 模型屋減震效果除了震動強度 7V 較低 16.44% 外，其他震動強度減震效果都超過 30 %。
- (3) 6mm 模型屋在震動強度 7V 時，減震效果突然變差，推測是模型屋與震動的震動產生共振的現象，因此減震效果較差。8mm 模型屋震動強度在 7V 時，反而是減震效果最佳，顯示模型屋的結構強度，與震動強度有相關性。

(六) 研究模型屋與震動角度的減震效果

1. 研究結果不同震動角度 X、Y 軸最大加速度變化

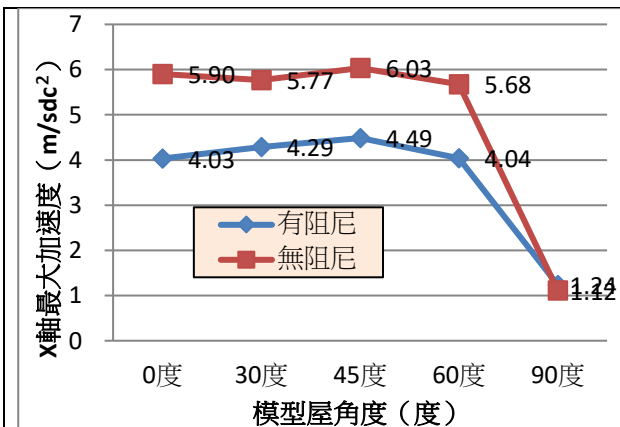


圖 6-32 不同震動角度 X 軸最大加速度
(本圖由指導老師製圖)

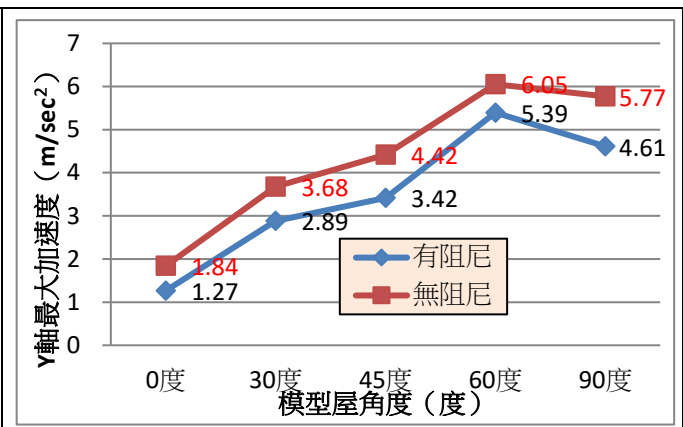


圖 6-33 不同震動角度 Y 最大加速度
(本圖由指導老師製圖)

2. 討論不同震動角度 X、Y 軸最大加速度變化

- (1) 由圖 6-32，當震動的角度越大時，有阻尼與無阻尼的差異越小，減震效果越差，角度到達 90 度沒有減震的效果。
- (2) 由圖 6-33，當震動的角度越大時 Y 軸最大加速度，有阻尼與無阻尼的差異越大，減震效果越佳。
- (3) 因阻尼器裝設在 X 軸方向，當角度越大時，震動的力量與 X 軸呈現 90 度，阻尼器無法吸收震動的力量 X 軸方向的力量，因此在 X 軸方向角度越大減震效果越差。

3. 研究結果不同震動角度 Z 軸、最大加速度變化

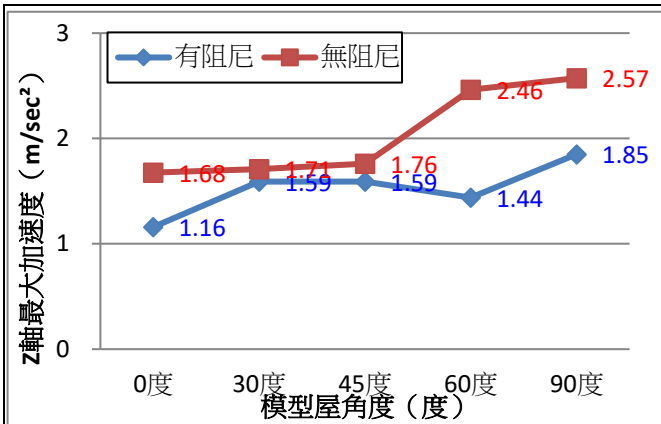


圖 6-34 不同震動角度 Z 軸最大加速度
(本圖由指導老師製圖)

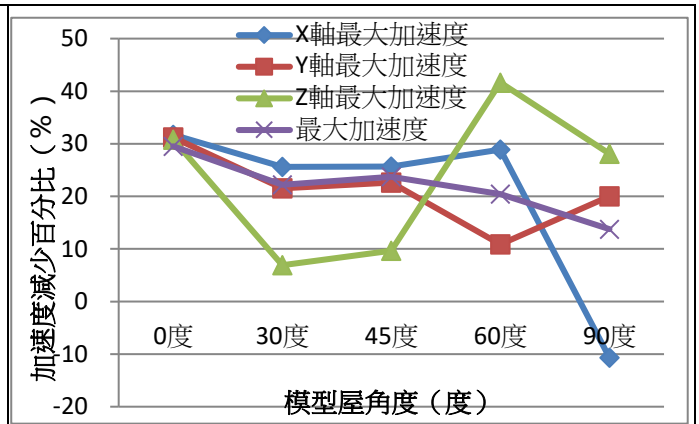


圖 6-35 不同震動角度最大加速度減震
(本圖由指導老師製圖)

4. 討論不同震動角度 Z 軸、最大加速度變化

- (1) 由圖 6-34，當 Z 軸最大加速度，震動的角度越大時，有阻尼與無阻尼的差異越大，減震效果越佳，角度到達 90 度減震最佳。
- (2) 由圖 6-35，當震動的角度越大時 X 軸、最大加速度、Y 軸最大加速度、最大加速度減震百分比有下降的趨勢，角度越大減震百分比越小。
- (3) 因阻尼器裝設在 X 軸方向，當角度越大時，震動的力量與 X 軸呈現 90 度，阻尼器無法吸收震動的力量，因此角度越大減震效果越差。

二、研究黏滯性阻尼器對鋼架結構模型屋的減震效果

(一) 黏滯性阻尼器對不同配重型屋的減震效果 (鋼骨結構)

1 研究結果：黏滯性阻尼器對不同配重型屋 X 軸最大加速減震效果

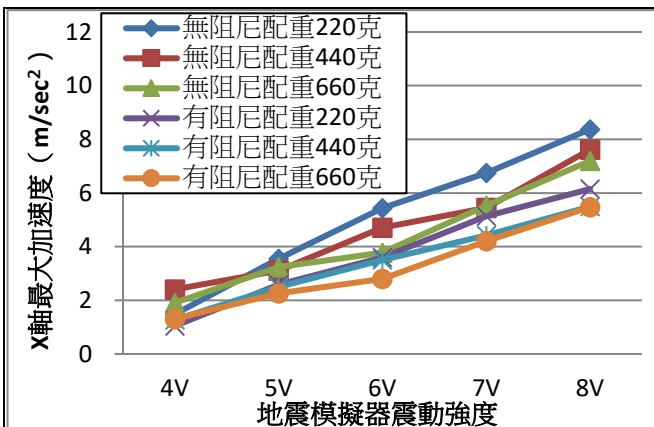


圖 6-36 不同配重 X 最大加速度 (本圖由指導老師製圖)

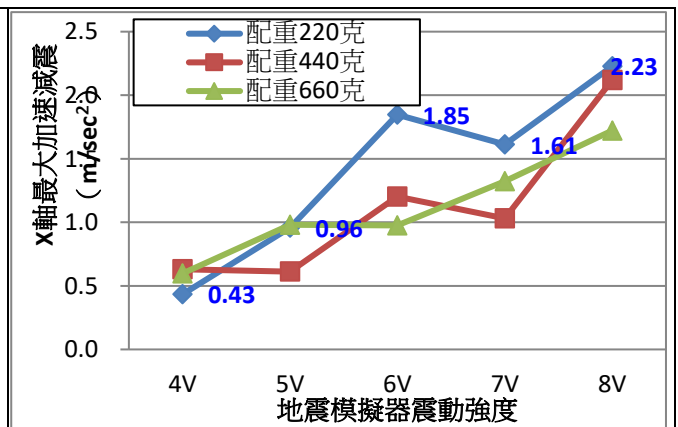
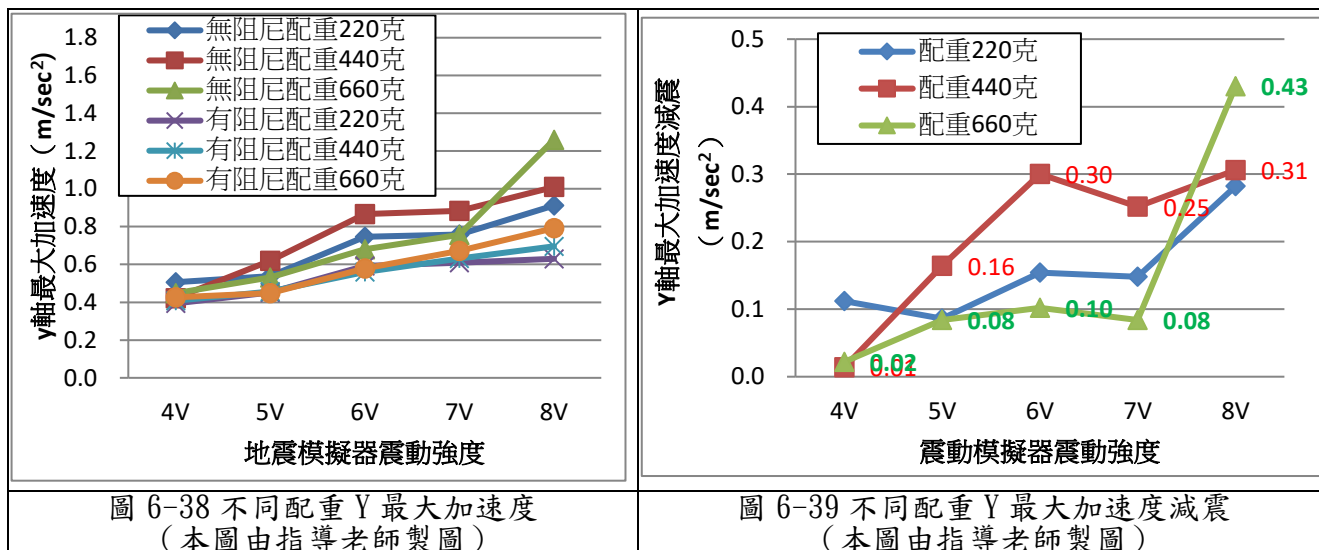


圖 6-37 不同配重 X 最大加速度減震 (本圖由指導老師製圖)

2. 討論黏滯性阻尼器對不同配重型屋 X 軸最大加速減震效果

- (1) 由圖 6-36，當配重越大時，X 軸的加速有越小的現象。
- (2) 由圖 6-37，發現配重 220 克減震的效果略優於配重 440 克與 660 克。
- (3) 由研究發現配重越小，模型屋的 X 軸震動加速度有越大的現象，模型屋的重量越小，比較容易搖動，因此 X 軸震動加速度越大。

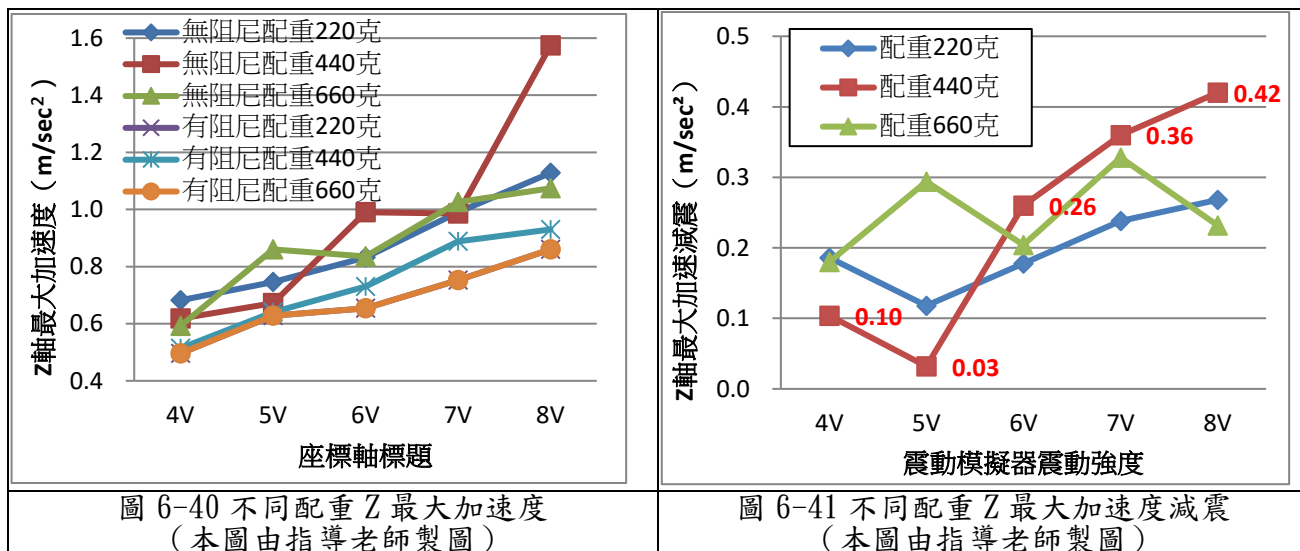
3 研究結果：黏滯性阻尼器對不同配重型屋 Y 軸最大加速減震效果



4. 討論黏滯性阻尼器對不同配重型屋 Y 軸最大加速減震效果

- (1) 由圖 6-38，當配重越大時，配重 440 克模型屋，Y 軸震動加速度最大。
- (2) 由圖 6-39，發現配重 440 克，Y 軸最大加速度減震的效果略優於配重 220 克與 660 克。當震動越大，減震效果有越佳的趨勢。

5 研究結果：黏滯性阻尼器對不同配重型屋 Z 軸最大加速減震效果



6. 討論黏滯性阻尼器對不同配重型屋 Z 軸最大加速減震效果

- (1) 由圖 6-40，當配重越大時，配重 440 克模型屋，Z 軸震動加速度最大，但與配重 220 克與 660 克差異不大。
- (2) 由圖 6-41，發現配重 440 克 Z 軸最大加速度減震的效果略優於配重 220 克與 660 克，當震動越大，減震效果有越佳的趨勢。

7 研究結果：黏滯性阻尼器對不同配重型屋軸最大加速減震效果

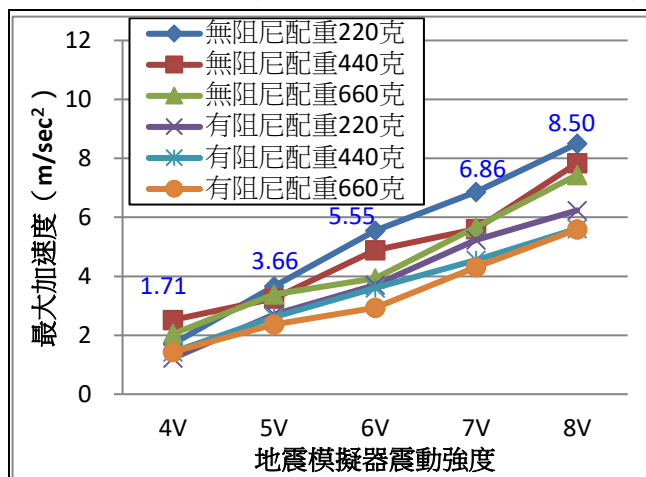


圖 6-42 不同配重最大加速度
(本圖由指導老師製圖)

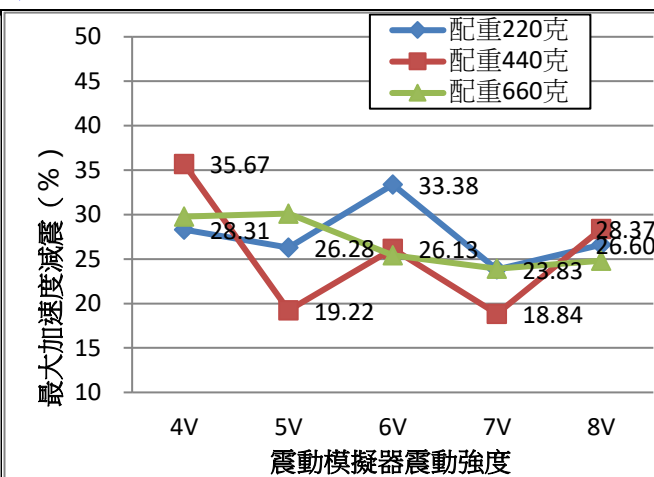


圖 6-43 不同配重最大加速度減震
(本圖由指導老師製圖)

8. 討論黏滯性阻尼器對不同配重型屋軸最大加速減震效果

- (1) 由圖 6-42，當配重越大時，配重 440 克模型屋，最大速度最大，但與配重 220 克與 660 克差異不大。
- (2) 由圖 6-43，發現配重 220 最大加速度減震的效果較佳 23.83-33.38%，略優於配重 220 克與 660 克，減震效果差異不大。當震動越大時減震百分比有越小的趨勢。

(二) 研究黏滯性阻尼器對不同樓層樓的減震效果

1. 研究結果：無阻尼比對組實驗結果 (本表由學生製表)

二樓比對組無阻尼 (單位 m/sec ²)					三樓比對組無阻尼 (單位 m/sec ²)				
震動強度 \ 加速度	X 最大速度	Y 最大速度	Z 最大速度	最大速度	震動強度 \ 加速度	X 最大速度	Y 最大速度	Z 最大速度	最大速度
4V	1.54	0.64	0.69	1.80	4V	1.75	0.44	0.70	1.93
5V	2.69	0.76	0.75	2.89	5V	2.64	0.52	0.76	2.80
6V	3.60	0.80	0.75	3.76	6V	4.11	0.56	0.99	4.26
7V	5.14	0.93	0.95	5.31	7V	4.72	0.63	1.10	4.88
8V	6.74	1.33	1.22	6.98	8V	6.33	0.71	1.17	6.48

四樓比對組無阻尼 (單位 m/sec ²)					五樓比對組無阻尼 (單位 m/sec ²)				
震動強度 \ 加速度	X 最大速度	Y 最大速度	Z 最大速度	最大速度	震動強度 \ 加速度	X 最大速度	Y 最大速度	Z 最大速度	最大速度
4V	1.87	0.44	0.63	2.02	4V	1.97	0.42	0.59	2.10
5V	2.74	0.60	0.75	2.90	5V	3.50	0.51	0.72	3.61
6V	4.06	0.64	0.99	4.23	6V	4.33	0.62	0.99	4.49
7V	4.95	0.71	1.21	5.14	7V	5.43	0.67	1.01	5.57
8V	6.76	0.92	1.24	6.93	8V	7.74	0.76	1.43	7.91

2. 研究結果：不同樓層樓 X、Y 軸最大加速度減震效果

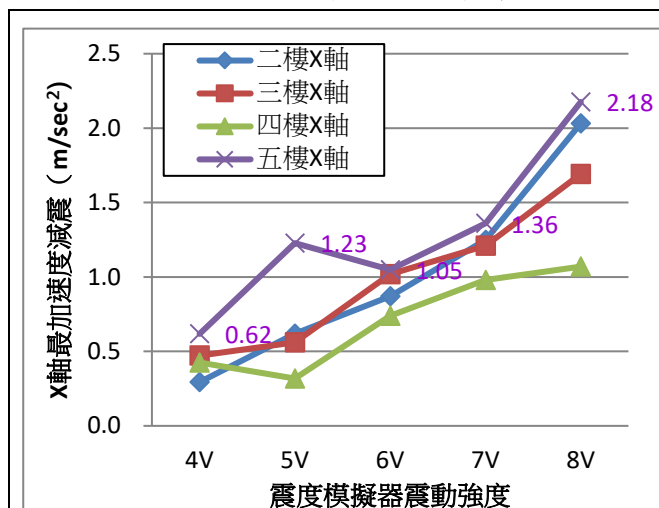


圖 6-44 不同樓層 X 最大加速度
(本圖由指導老師製圖)

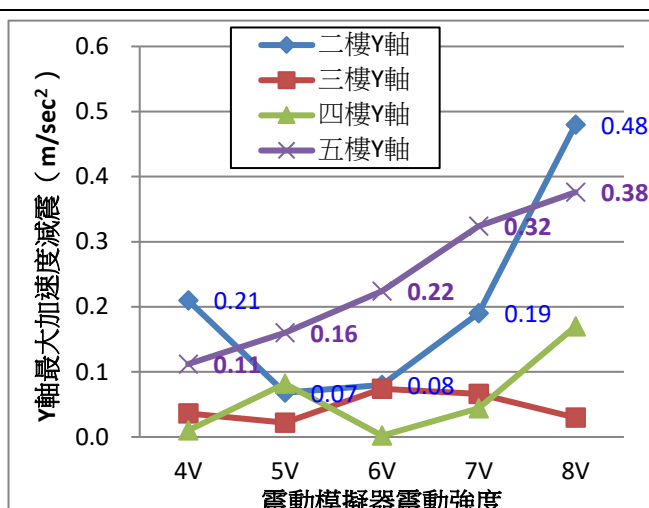


圖 6-45 不同樓層 Y 最大加速度
(本圖由指導老師製圖)

3. 討論不同樓層樓 X、Y 軸最大加速度減震效果

- (1) 由圖 6-44，五樓 X 軸最大速度減震效果最大，四樓的最大加速度 X 軸減震效果越最小。當震動強度越強時，減震效果有越佳的現象。
- (2) 由圖 6-45，二、五樓 Y 軸最大加速減震效果較大，三、四樓減震效果略小。

4. 研究結果：不同樓層樓 Z 軸最大加速度、最大加速度減震效果

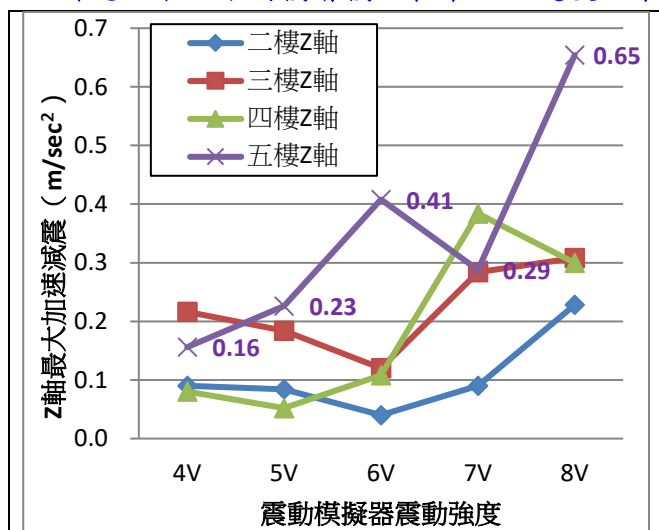


圖 6-46 不同樓層 Z 軸最大加速度
(本圖由指導老師製圖)

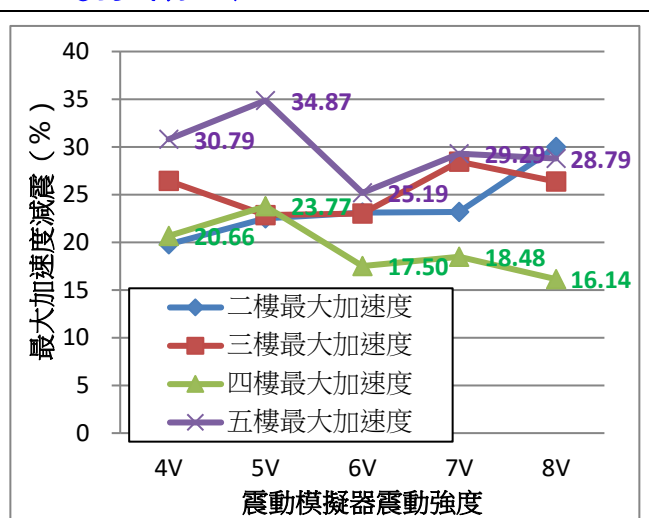


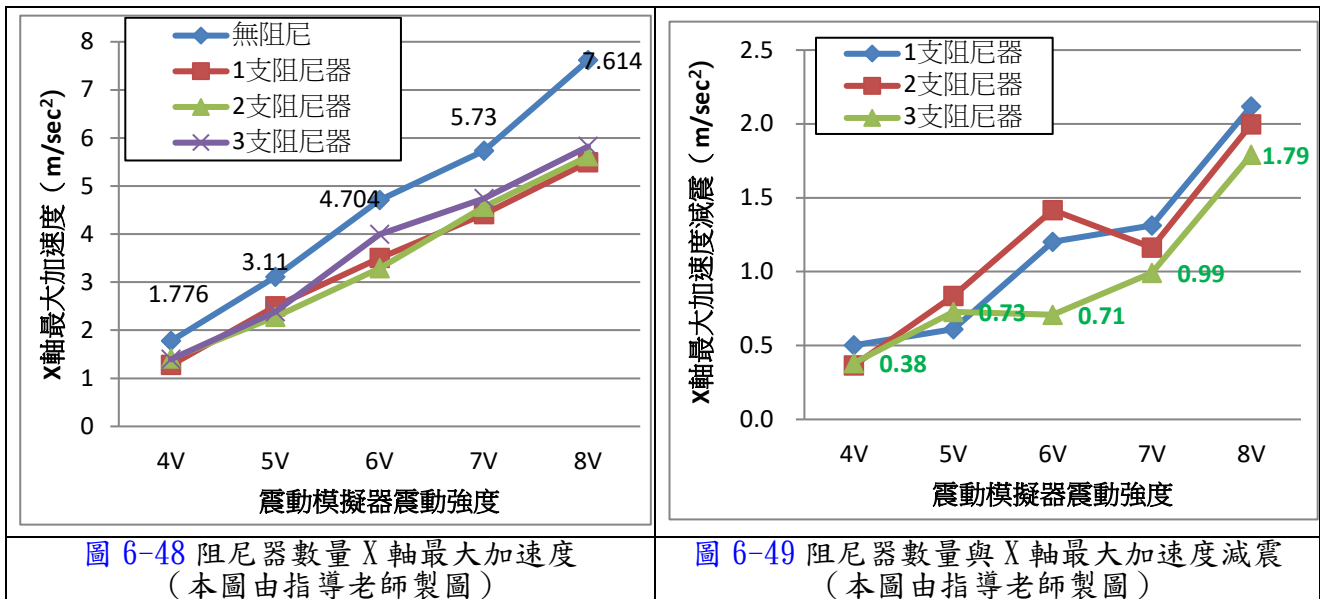
圖 6-47 不同樓層最大加速度
(本圖由指導老師製圖)

5. 討論不同樓層樓 Z 軸最大加速度、最大加速度減震效果

- (1) 由圖 6-46，五樓 Z 軸最大速度減震效果最大，二樓的最大加速度 Z 軸減震效果越最小。當震動強度越強時，減震效果有越佳的現象。
- (2) 由圖 6-47，五樓最大加速減震效果較 28.79-34.87% 最佳，三、四樓減震效果略小。
- (3) 震動越大時，最大加速度減震百分比有越小的趨勢。

(三) 研究不同數量黏滯性阻尼器的減震效果

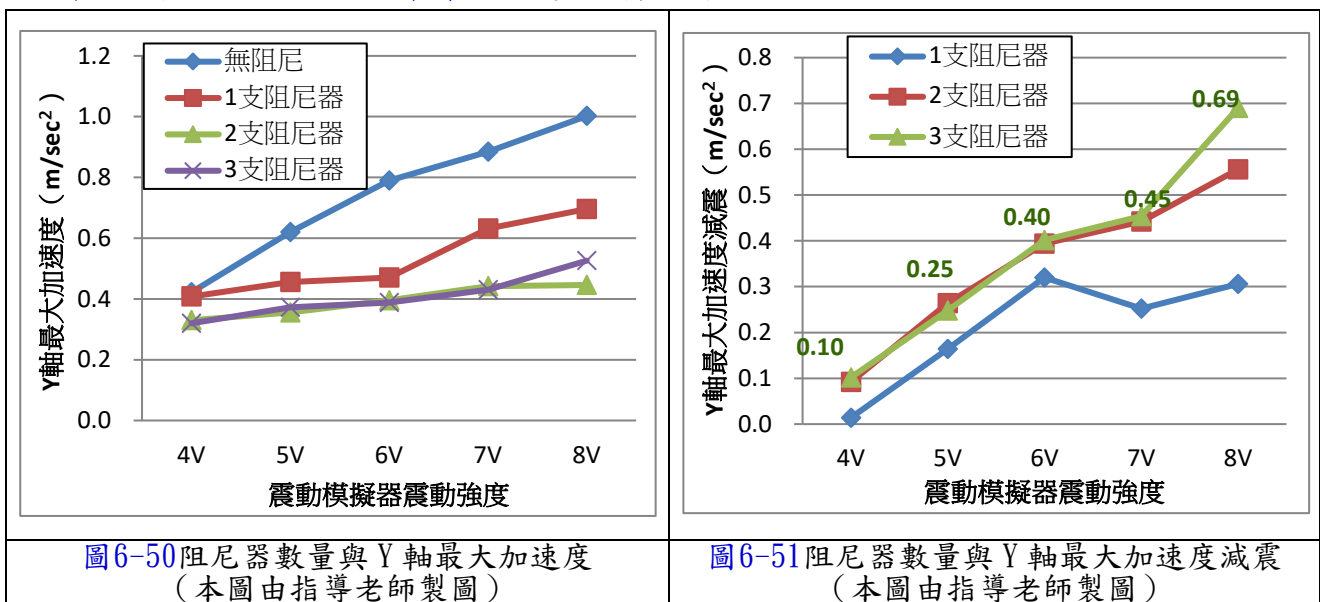
1. 研究結果：阻尼器數量 X 軸最大加速度減震效果



2. 討論阻尼器數與量 X 軸最大加速度減震效果

- (1) 由圖 6-48，當震動強度越大時，有阻尼與無阻尼的差異越大，減震效果越佳。
- (2) 由圖 6-49，裝設 1、2 支阻尼器，減震效果優於 3 支阻尼器。
- (3) 由實驗發現裝設阻尼器越多，X 軸減震效果沒有越佳的現象。

3. 研究結果：阻尼器數量 Y 軸最大加速度減震效果



4. 討論阻尼器數量與 Y 軸最大加速度效果

- (1) 由圖 6-50，當震動強度越大時，有阻尼與無阻尼的 Y 軸最大加速度差異越大，減震效果越佳。裝設 2、3 支 Y 震動加速度較小，顯示有較大的減震效果。
- (2) 由圖 6-51 裝設 2、3 支阻尼器，減震效果優於 1 支阻尼器。
- (3) 由實驗發現裝設阻尼器越多，Y 軸減震效果有越佳的現象。

5. 研究結果：阻尼器數量 Z 軸最大加速度減震效果

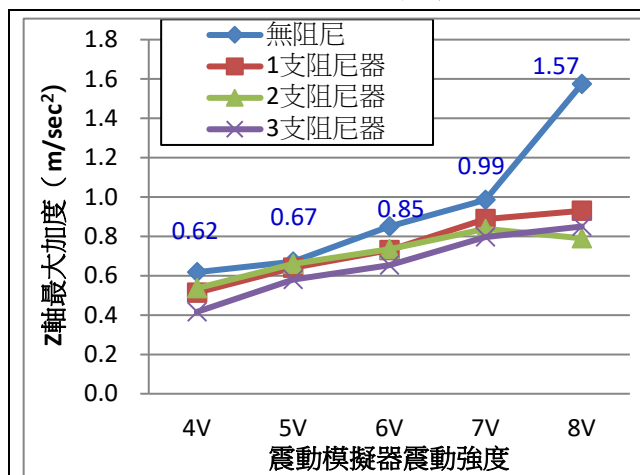


圖6-52 阻尼器數量與 Z 軸最大加速度
(本圖由指導老師製圖)

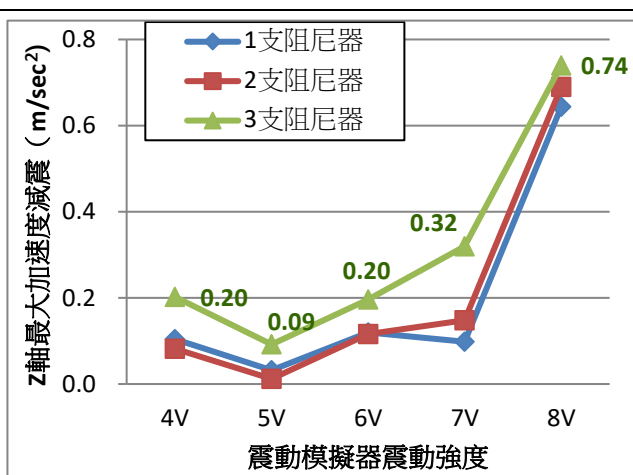


圖6-53 阻尼器數量 Z 軸最大加速度
(本圖由指導老師製圖)

6. 討論阻尼器數量與 Z 軸最大加速度減震效果

- (1) 由圖 6-52，當震動強度越大時，有阻尼與無阻尼的最大加速度差異越大，減震效果越佳。裝設 2 支阻尼器加最大加速度速度較小，顯示有較大的減震效果。
- (2) 由圖 6-53，裝設 3 支阻尼器，減震效果優於 1、2 支阻尼器。
- (3) 由實驗發現裝設阻尼器越多，Z 軸最大加速度減震效果有越佳的現象。

7. 研究結果：阻尼器數量最大加速度減震效果

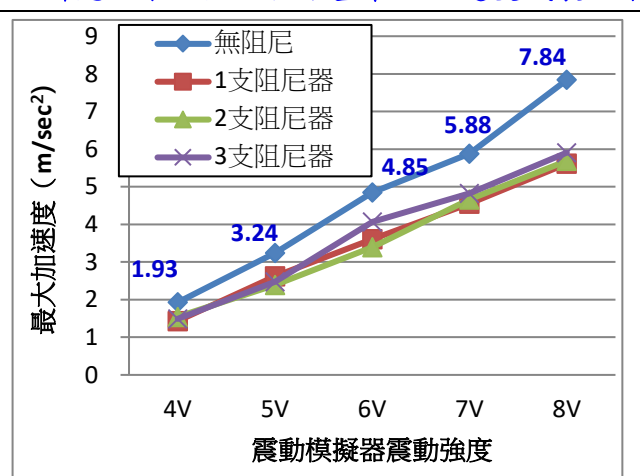


圖 6-54 阻尼器數量與最大加速度
(本圖由指導老師製圖)

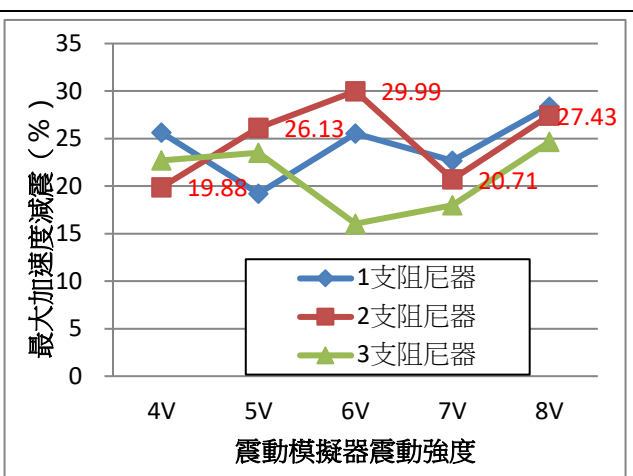


圖 6-55 阻尼器數量與最大加速度減震
(本圖由指導老師製圖)

8. 討論阻尼器數量與最大加速度減震效果

- (1) 由圖 6-54，當震動強度越大時，有阻尼與無阻尼的最大加速度差異越大，減震效果越佳。裝設 2 支阻尼器加最大加速度速度較小，顯示有較大的減震效果。
- (2) 由圖 6-55，裝設 1、2 支阻尼器減震效果 19.88-29.99%。減震效果優於 3 支阻尼器。
- (3) 由實驗發現裝設阻尼器越多，最大加速度減震效果沒有越佳的現象。
- (4) 由實驗結果發現，阻尼器的數量與模型屋受到震動時的力量大小有關，1 支阻尼器的阻尼強度與設置 3 支阻尼器的強度會有差異，必需要經過精確的計算才能達到較佳的減震效果。

捌、結論

一、黏滯性阻尼器的減震效果

彈簧阻尼器的減震效果：彈簧阻尼器具有彈性，當受到震動力量時，將震動的動能吸收轉為彈簧的位能，大部分的震動能量並沒有消失，當震動力量減少時，有將彈簧的位能釋放出來，在震動小時震動能量不斷來回傳遞，因此震動加速度沒有減少，反而使震動加速度增加，與相關研究差異很大。

- (一) 黏滯性阻尼器不具彈性吸收震動能量較大，較少的反作用力，因此減震效果較佳。
- (二) 黏滯性阻尼器黏性強度對減震效果：黏滯性大在震動大時，減震效果較佳，最大加速度可減震 36.20%，黏度低優於黏度高。
- (三) 不同數量黏滯性阻尼器的減震效果：置 1 支滯性阻尼器，形成吸收地震左右力量不平均，形成 Y 軸最大加速度增加現象。2 支黏滯性阻尼器配置 X 型，X 軸最大加速度減震最高 56.294%，Y 軸大加速度減震最高 27.55%、Z 軸最大加速度減震最高 57.80%、最大加速度最高減震 53.06%。
- (四) 研究不同配置黏滯性阻尼器的減震效果
 - 1. X 軸最大加速度：左右交叉配置 > 上下交叉配置。
 - 2. Y 軸大加速度最：左右交叉配置 > 上下交叉配置。
 - 3. Z 軸最大加速度最：上下交叉配置 > 左右交叉配置。
 - 4. 最大加速度：上下交叉配置 > 左右交叉配置。
- (五) 黏滯性阻尼器對不同結構強度模型屋的減震效果
 - 1. X 軸最大加速度：8mm 柱子模型屋 > 6mm 柱子模型屋。
 - 2. Y 軸最大加速度：6mm 柱子模型屋 > 8mm 柱子模型屋。
 - 3. Z 軸最大加速度最：6mm 柱子模型屋 > 8mm 柱子模型屋。
 - 4. 最大加速度：8mm 柱子模型屋 > 6mm 柱子模型屋。
- (六) 研究黏滯性阻尼器對模型屋不同震動方向的減震效果
 - 1. X 軸最大加速：因阻尼器裝設在 X 軸方向，當角度越大時，震動的力量與 X 軸呈現 90 度，阻尼器無法吸收震動的力量 X 軸方向的力量，因此在 X 軸方向角度越大減震效果越差。
 - 2. Y、Z 軸最大加速：當震動的角度越大時，Y 軸最大加速，有阻尼與無阻尼的差異越大，減震效果越佳。
 - 3. 減震百分比：當震動的角度越大時 X 軸、最大加速度、Y 軸最大加速度、最大加速度減震百分比有下降的趨勢，角度越大減震百分比越小。
 - 4. 阻尼器裝設在 X 軸方向，角度越大時，震動力量與 X 軸呈現 90 度，阻尼器無法吸收震動的力量，因此角度越大減震效果越差。

二、黏滯性阻尼器對鋼架結構模型屋的減震效果

- (一) 黏滯性阻尼器對不同配重型屋的減震效果
 - 配重 220 最大加速度減震的效果較佳 23.83-33.38%，略優於配重 220 克與 660 克，當震動越大時減震百分比有越小的趨勢。
 - 1. X 軸最大加速度：配重越大時，X 軸的加速度有越小的現象，模型屋的重量越小，比

較容易搖動，因此 X 軸震動加速度越大。

2. Y 軸最大加速度：配重 440 克減震的效果略優於配重 220 克與 660 克，也發現當震動模擬器震動越大，減震效果有越佳的趨勢。
3. Z 軸最大加速度：配重與 Z 軸最大加速度關係性不高。
4. 最大速度：配重與 Z 軸最大加速度關係性不高。

（二）黏滯性阻尼器對不同樓層樓的減震效果

五樓最大加速減震效果較 28.79-34.87% 最佳，三、四樓減震效果略小。

1. X 軸最大加速度：五樓 X 軸最大速度減震效果最大，當震動強度越強時，減震效果有越佳的現象。
2. Y 軸最大加速度：二、五樓 Y 軸最大加速減震效果較佳。
3. Z 軸最大加速度：五樓 Z 軸最大速度減震效果最大，當震動強度越強時，減震效果有越佳的現象。
4. 最大加速度：五樓最大加速減震效果較大，震動越大時，最大加加速度減震百分比減震百分比有越小的趨勢。

（三）不同數量黏滯性阻尼器的減震效果

裝設 1、2 支阻尼器減震效果 19.88-29.99%。減震效果優於 3 支阻尼器

1. X 軸最大加速度：裝設阻尼器越多，X 軸減震效果沒有越佳的現象。
2. Y 軸最大加速度：裝設阻尼器越多，Y 軸減震效果有越佳的現象。
3. Z 軸最大加速度：裝設阻尼器越多，Z 軸最大加速度減震效果有越佳的現象。
4. 最大加速度：裝設阻尼器越多，最大加速度減震效果沒有越佳的現象。

三、大部分科展研究以 101 大樓調諧質量阻尼器為主，彈簧阻尼器、連通阻尼器、水塔阻尼器等，本研究為黏滯性阻尼器科展相關研究找不到。碩博士論文有 10 篇相關研究報告，內容太多公式運算真的看不懂，但可以確定黏滯性阻尼器是可行的。

四、本研究在初期找黏滯性物質，嘗試過很多黏滯性物質，但效果以麥牙糖做黏滯性阻尼器最佳，其他黏滯性物質穩定性不佳，調整麥牙糖黏滯性阻尼器強度找到最佳減震效果，就花了 3 個月，在上學期期末最後一週，才研究出最佳黏滯性阻尼器強度。

五、黏滯性阻尼器減震效果佳，必須精確計算：黏滯性阻尼器阻尼強度、模型屋的震動加速度的大小，本研究發現高時（高於 500 公克），發現會使模型屋搖擺的幅度降低很多，減震效果 5-10%，黏滯阻尼器只是結構補強功能，黏滯性阻尼器黏性太低時（低於 300 公克以下），模型屋搖擺程度降低，因阻尼強度不足，無法將震動力量完全吸收，減震效果有限。

六、未來研究延伸：模型屋自然震動頻率，黏滯性阻尼器的阻尼強度，模型屋的結構強度，震動器震動強度，四者之間的關係，可以利用電腦模擬計算找到最佳的黏滯性阻尼器的阻尼強度、配置的數量、配置方式、配置位置。

捌、參考文獻

1. 王紫楹、鄭芷庭、張芷軒、劉志煦、王識傑（2015）。震不震阻了就知道——從阻尼器看地震對鋼骨大樓的影響。全國科展55屆科展作品說明書。
2. 台灣省結構技師公會 http://www.newtsea.com.tw/?page_id=783
3. 邱垂青、黃毓棠（2005）。抗震大作戰——建築結構耐震研究。全國科展45屆科展作品說明書。
4. 校舍耐震資訊網校舍耐震評估與補強小知識
<https://school.ncree.org.tw/school/index.html>
5. 徐筱珊、張靖媛、邱鈺婷、黃亮堯、鄧塏頻、張家瑋（2010）。天搖地動。全國科展50屆科展作品說明書。
6. 周文翔（2017）。新北市政府106年度都市更新實務工作坊整建維護專題班講義。
7. 張凱翔、彭偉誠、張怡馨、陳豐益、吳嘉訓（2004）。房子倒不倒有關係。全國科展44屆科展作品說明書。
8. 許官平、謝亞璇、洪峻崐（2012）。探討常見建物斜撐型式之最佳化抗震效應。全國科展52屆科展作品說明書。
9. 葉永田、羅俊雄、陳立言、鍾仁光、（2000） 九二一集集大地震後續短期研究-嘉南與高屏地區微地動研究。
10. 柳語彤、許祐倫、蔡沂伶、胡瑋宸李逸鈺（2019）。教室裡的大鐵架-應用3維震動檢驗低樓層斜撐補強與最佳配置。新北市第58屆科展作品說明書。
11. 國家地震工程研究中心 http://www.ncree.org/safehome/ncr01/pc3_4.htm
12. 遠見（2024）。地震時台北為何感覺晃得更嚴重？胡偉良：共振效應及「這項缺陷」加乘。
13. 楊至誠、梁智勛（2019），「阻」擋地震「尼」我都可以！59屆科展作品說明書。
14. 劉芊妤、歐東霖、吳奕廷（2021）。地動山不搖—隔震裝置在建築物之應用與探究。中華民國第61屆中小學科展作品說明書。
15. 戴立嘉、徐家齊（2006）。十震九穩—建築物抗震之研究。不同底面形狀的建築物與耐震程度。全國科展46屆中小學科展作品說明書。

【評語】 080510

研究主題與減災有關。由於此議題與大眾息息相關，過去很多科展題目有此相關，此團隊缺乏前人研究回顧的說明。不過，與過去實驗不同的是，此團隊新增一種阻尼器（高黏滯度；麥芽糖）與（模擬）地震平台，而結論也說明這新設計之阻尼器效果最好，是個具有探究精神的最佳典範。不過，對於黏滯性阻尼器的原理以及相關應用，未來可能需要多加著墨。

作品海報

麥芽糖遇到愛 黏滯性阻尼器應用建築物減震效果



摘要

本研究利用自製地震模擬器，自製彈簧阻尼器、麥芽糖黏性阻尼器，自製模型屋，手機震動APP檢測X、Y、Z軸最大加速度，作為阻尼器減震效果的優劣，實驗結果：彈簧阻尼器彈性較高，無法完全吸收震動能量，因此減震效果有限。黏滯性阻尼器對模型屋減震效果：1支黏滯性阻尼器震動大時減震效果較佳，最大加速度減震36.20%，黏度低優於黏度高。2支黏滯性阻尼器配置X型，在 X、Y、Z軸與最大加速度4項，最高可減震56.29%，27.55 %、57.80 %、53.06 %。對鋼骨結構模型減震效果：配重220克最大加速度減震23.83-33.38 %，不同配重差異性不大。不同樓層最大加速度五樓的減震最佳28.79-35.52 %。裝設1、2支阻尼器減震效果19.88-29.99 %，並非裝設越多阻尼器減震效果越佳。

壹、前言

一、研究動機

我們學校距離台北山腳斷層不到1公里，中央地質所調查後歸類第二類活動斷層，發生規模6以上的地震，會造成嚴重的地震災損，因此我們想透過研究。當地震來時降低地震對於低樓層建物的影響，想利用、竹棒彎曲、彈簧、黏性物質黏性，吸收地震的能量，作為地震的減震組尼器，作為研究的主軸。

二、研究目的

- 一、研究黏滯性阻尼器的減震效果
阻尼器設計與製作、阻尼器黏性強度、不同數量阻尼器、阻尼配置、模型屋結構強度、震動角度。
- 二、研究黏滯性阻尼器對鋼架結構模型屋的減震效果
不同配重型屋、不同樓層、不同數量黏滯性阻尼器。

貳、研究設備與器材

- 一、模型屋製作：製作模型屋：柱子(竹棒 6.0mm)，模型屋底面積40.0cm×20.0cm)，貫穿式搭接法。每層20cm，利用3秒膠固定柱與樓板，共4層，總重1700~1750公克。
- 二、自製地震模擬器振動大小模擬分析：
 - 1.自製地震模擬器利用電壓調整作為加速度震度大檢測工具，將電壓調整為5V、6V、7V、8V、9V。
 - 2.將手機平放在自製地震模擬器，手機的X軸方向地震模擬器的震動方向平行。
 - 3.電壓分別設定為5V、6V、7V、8V、9V，每一種電壓做5次震動實驗，每一次實驗1分鐘。
 - 4.自製地震模擬器（如圖2-1）震動大小分析（如圖2-2）。
 - 5.地震模擬器震動頻率與地震的震動頻率 0.6~1.9Hz相近。

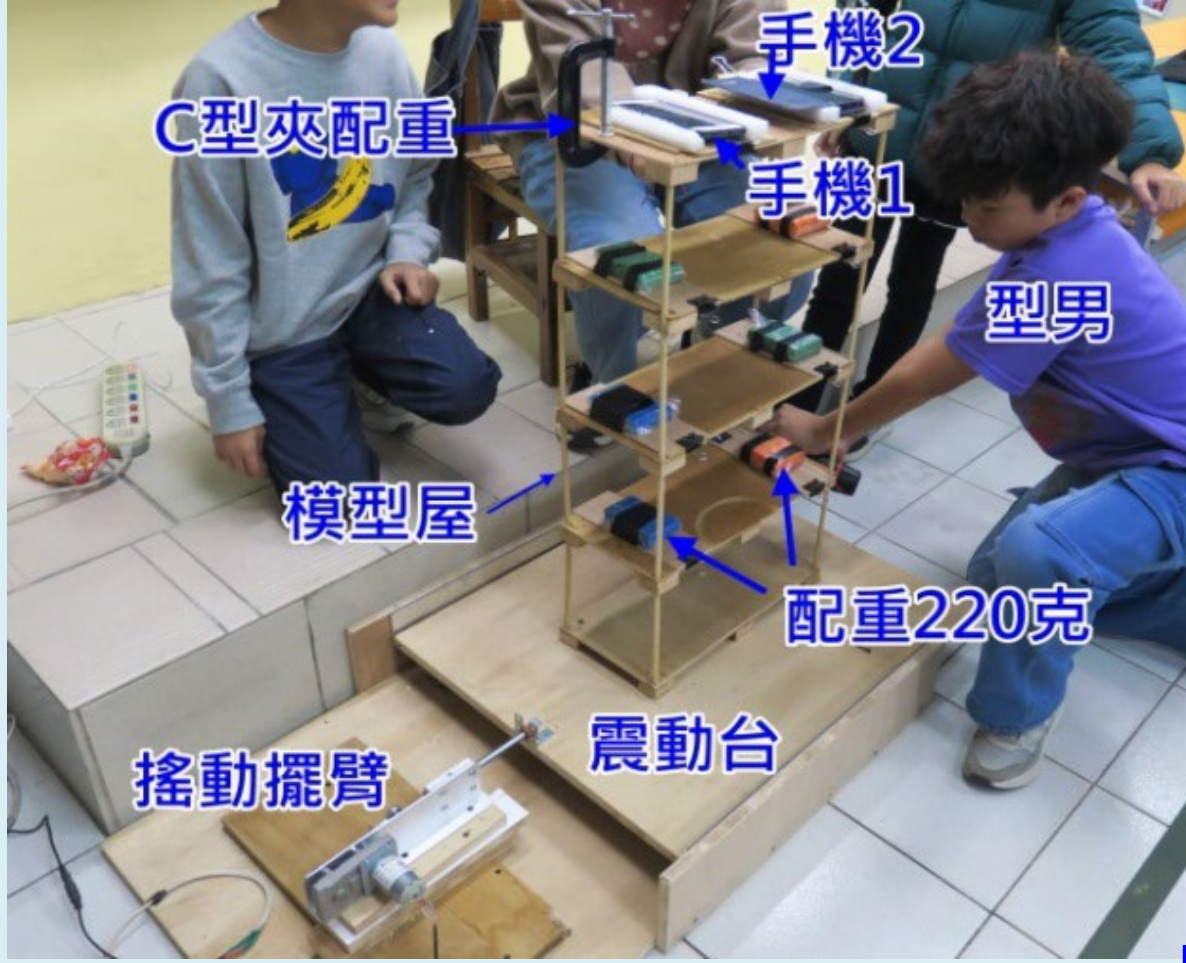


圖 2-1 自製地震模擬器

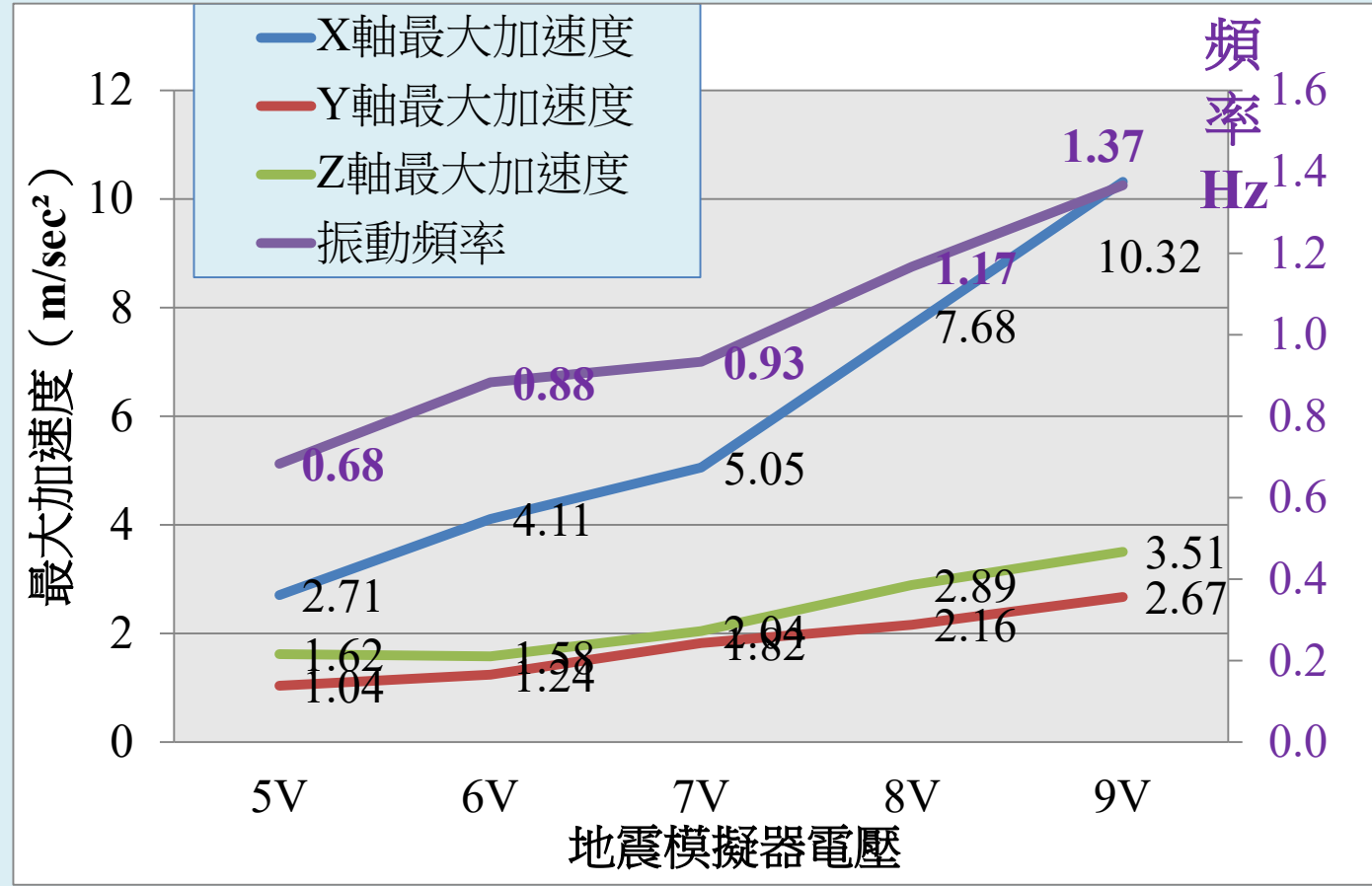


圖2-2 震動模擬器電壓與震動大小頻率比對圖

參、研究架構

一、前置研究

- (一) 地震模擬器震動強度與震動方向對模型屋震動影響
- (二) 研究彈簧阻尼器減震效果

二、研究黏滯性阻尼器的減震效果

- (一) 黏滯性阻尼器設計與製作
- (二) 黏滯性阻尼器黏性強度
- (三) 不同數量黏滯性阻尼器
- (四) 不同配置方式黏滯性阻尼器
- (五) 黏滯性阻尼器對不同結構強度模型
- (六) 模型屋與震動角度的減震效果

三、研究彈簧阻尼器的減震效果

- (一) 研究黏滯性阻尼器對不同配重型屋的減震效果
- (二) 研究黏滯性阻尼器對不同樓層樓的減震效果
- (三) 研究不同數量黏滯性阻尼器數量減震效果

肆、研究結果與討論

一、前置研究

(一) 地震模擬器震動強度與震動方向對模型屋震動影響 (研究結果)

由圖4-1，X、Y軸最大加速度模型屋略有增加，Z軸最大加速度模型屋略有減少整體的線性變化差異不大，顯示地震模擬器的震動強度可以反映在模型屋的軸震動強度。

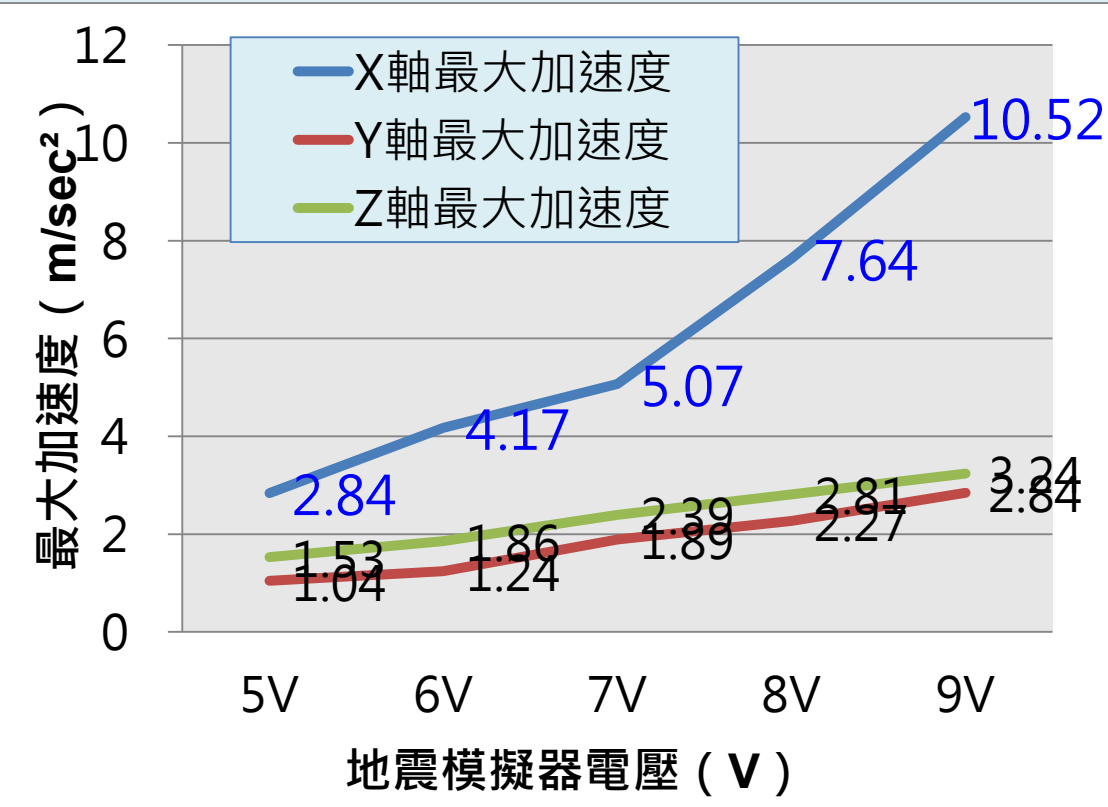


圖4-1 震動大小對X、Y、Z軸最大加速度

由圖4-2，X、Y軸震動方向與模型屋夾角加速度變化，當夾角越大時，模型屋X、Y軸加速度越大。Z軸震動方向，當夾角越大時，模型屋Z軸加速度越小。

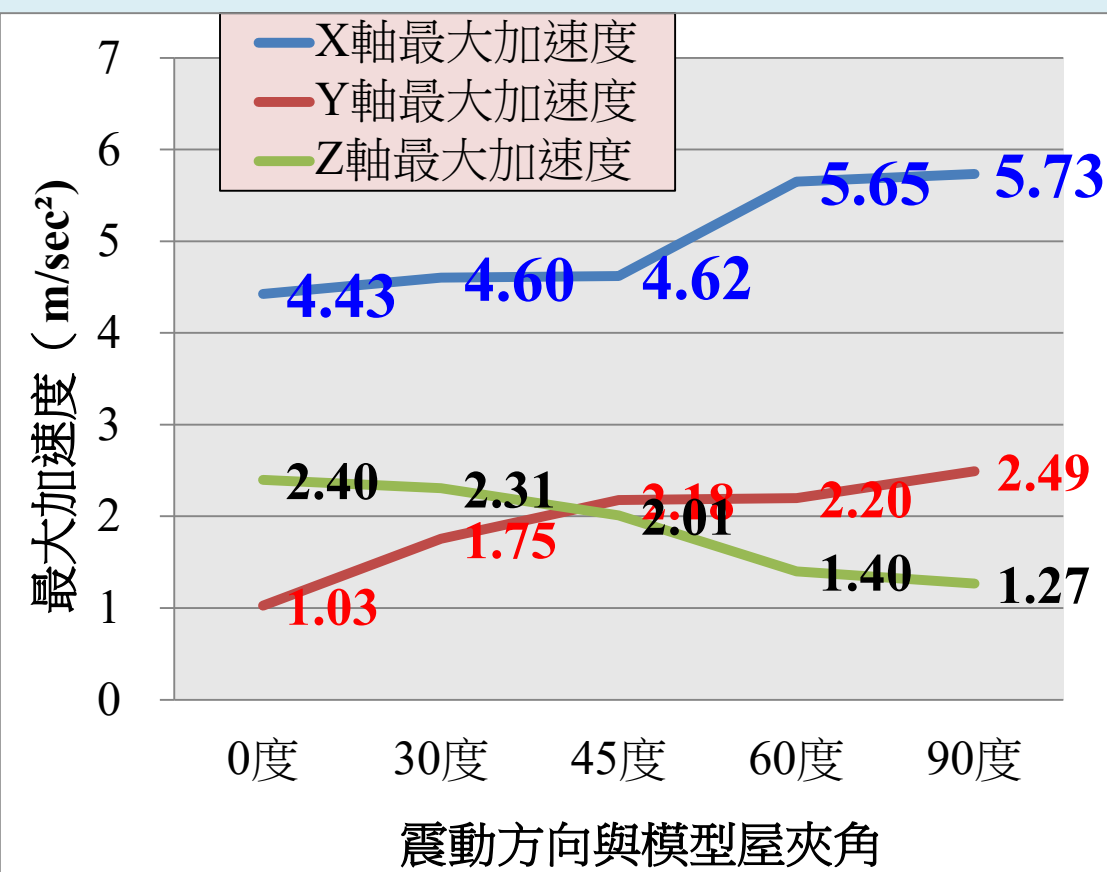


圖4-2 不同震動方向X、Y、Z軸最大加速度

(二) 研究彈簧阻尼器減震效果 (研究結果)

操作變因：不同的彈性的彈簧阻尼器，線徑1.5mm彈力常數420公克/cm、線徑1.8mm彈力常數530克/cm。



圖4-3 實驗現況

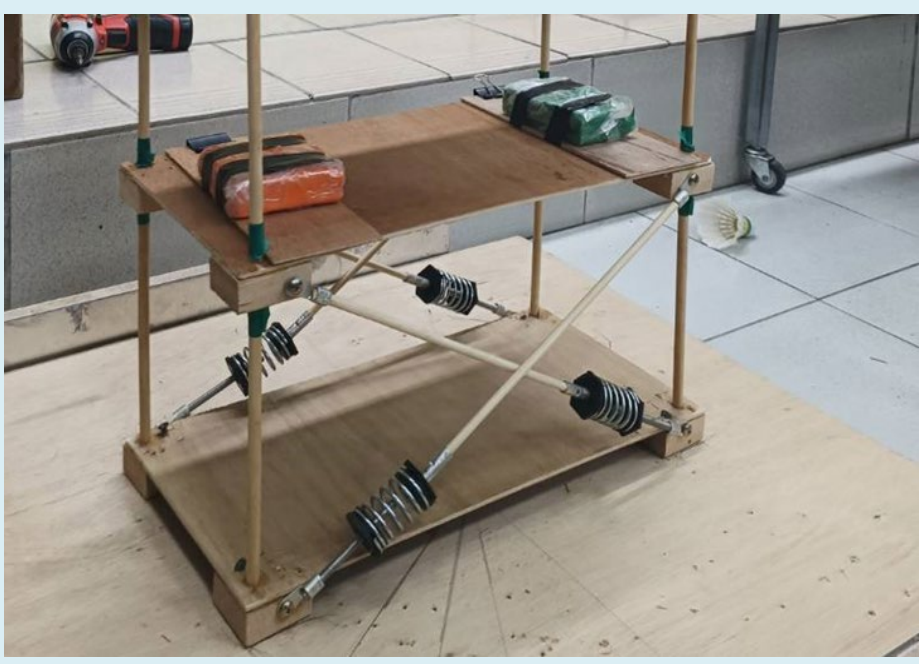


圖4-4 彈簧阻尼器X配置

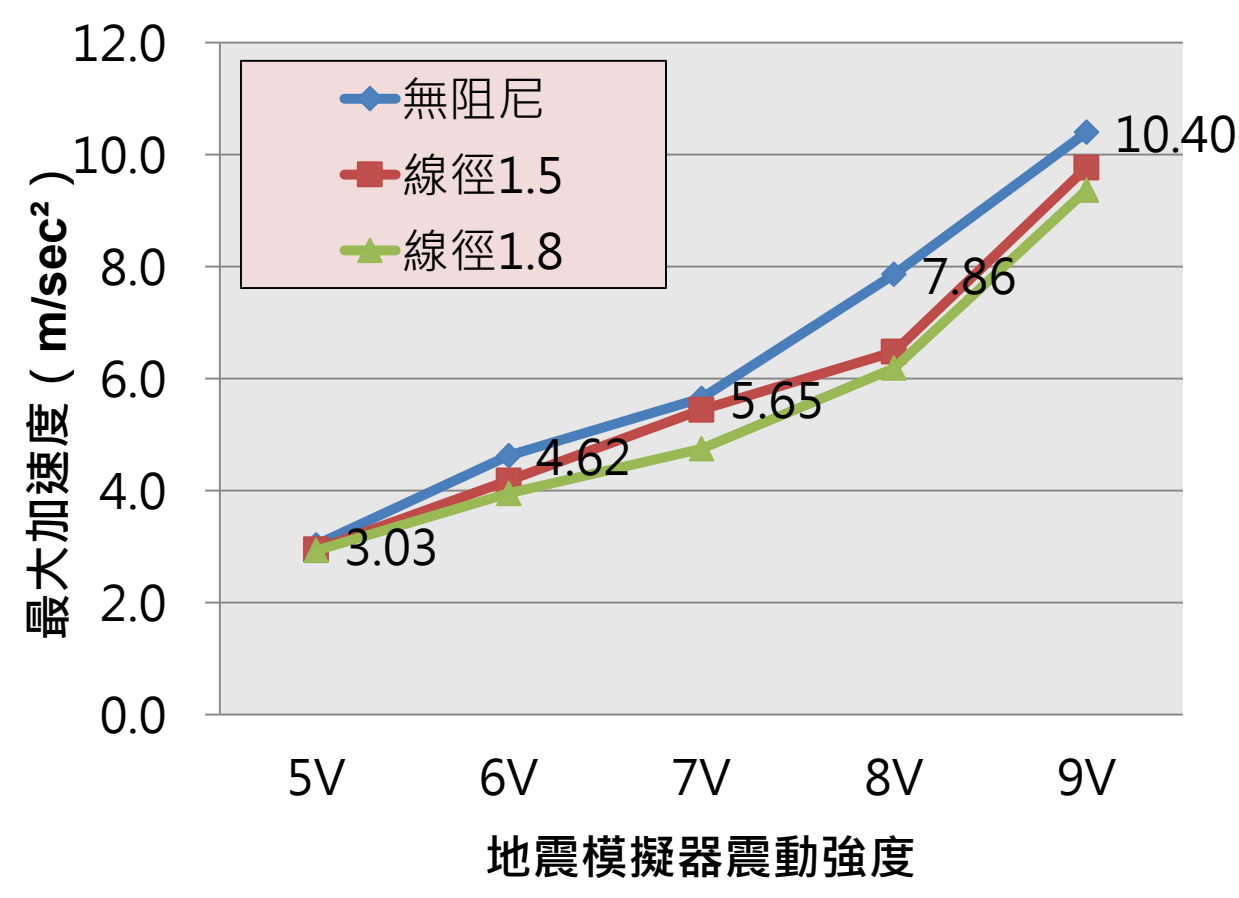


圖4-5 不同線徑彈簧最大加速度

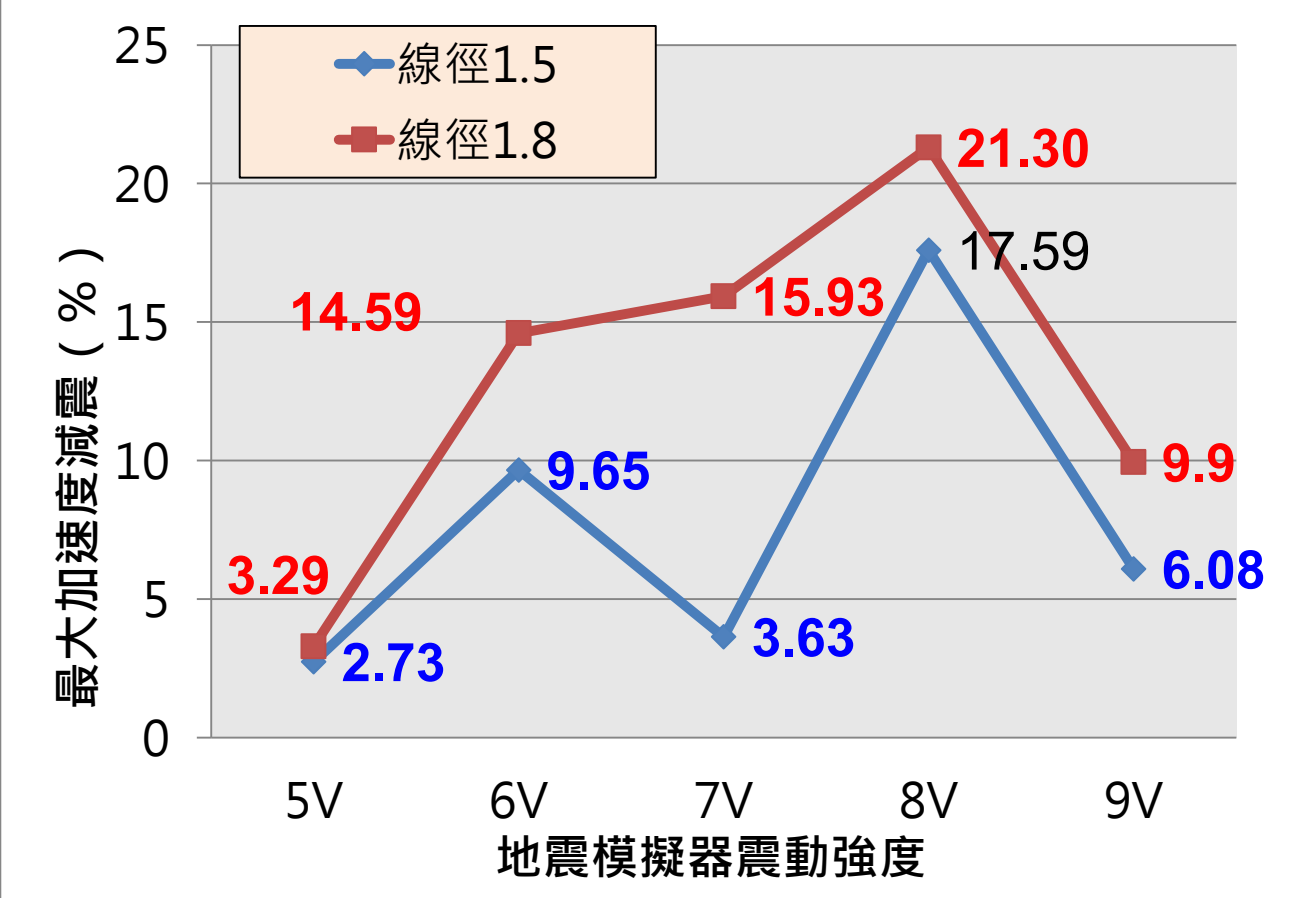


圖4-6 不同線徑彈簧最大加速度降低百分比

- 1.由圖4-6，彈簧阻尼器線徑1.8mm，最大加速度減震效果較佳，地震模擬器震動時，減震效果越佳，最高21 %減震效果有限。
- 2.彈簧阻尼器具有彈性，當受到震動力量時，將震動的動能吸收轉為彈簧的位能，大部分的震動能量並沒有消失，當震動力量減少時，有將彈簧的位能釋放出來，因此減震效果有限。

二、研究黏滯性阻尼器的減震效果

(一) 黏滯性阻尼器設計與製作想法

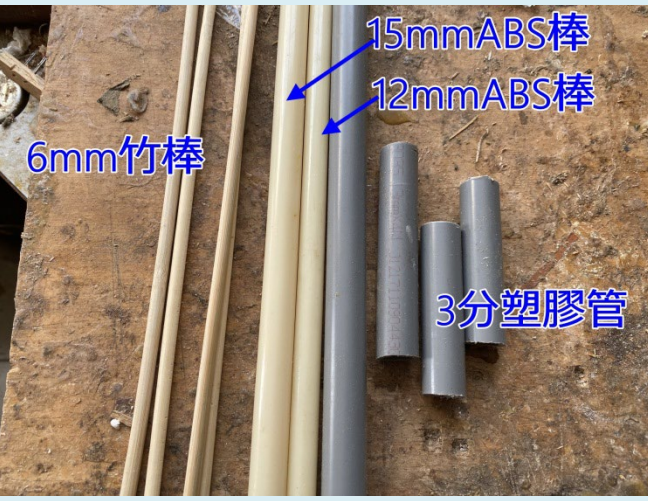


圖4-7 製作所需材料



圖4-8 做成主要元件



圖4-9 加入3公克麥芽糖



圖4-10 黏滯性阻尼器

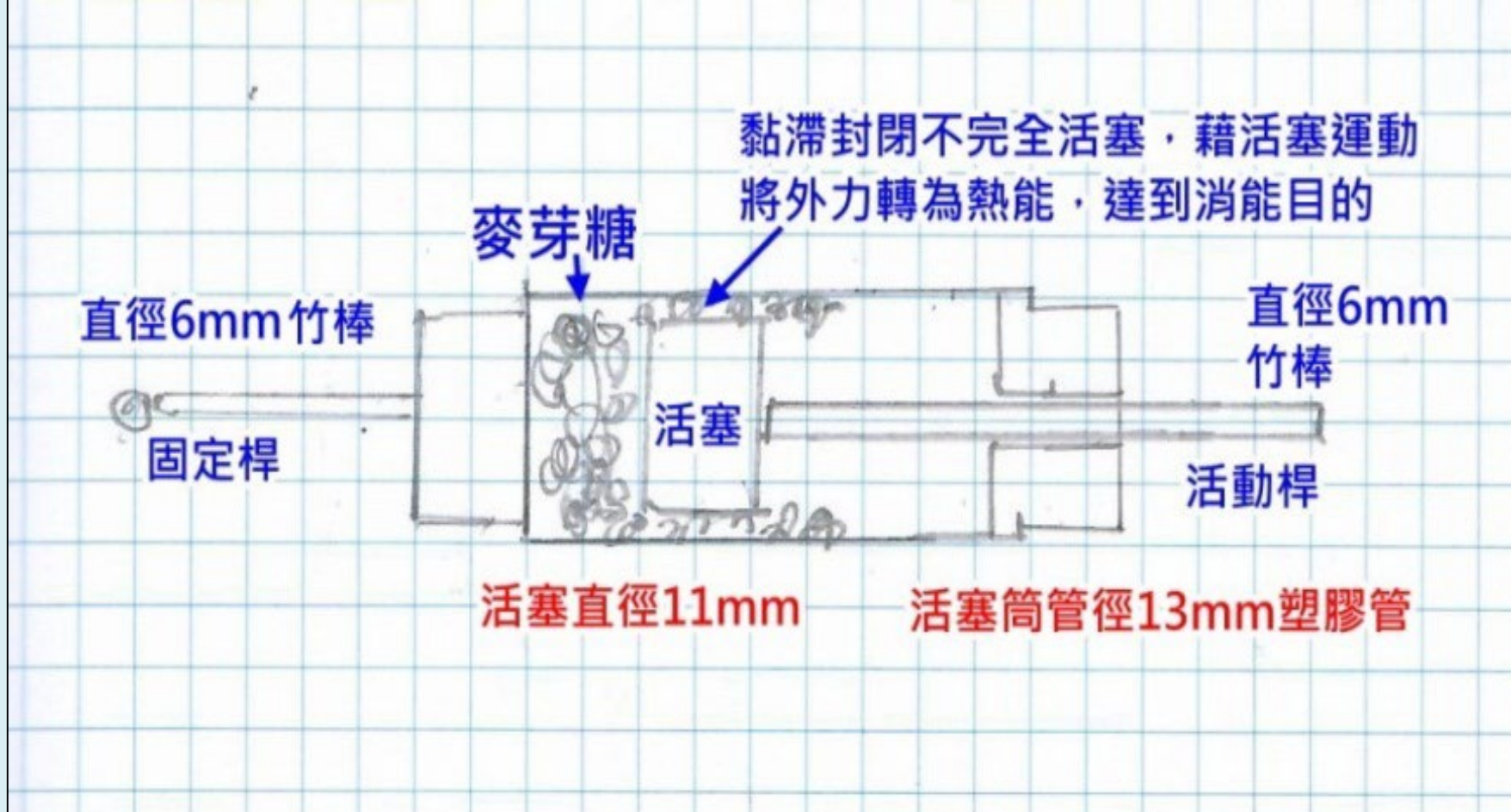
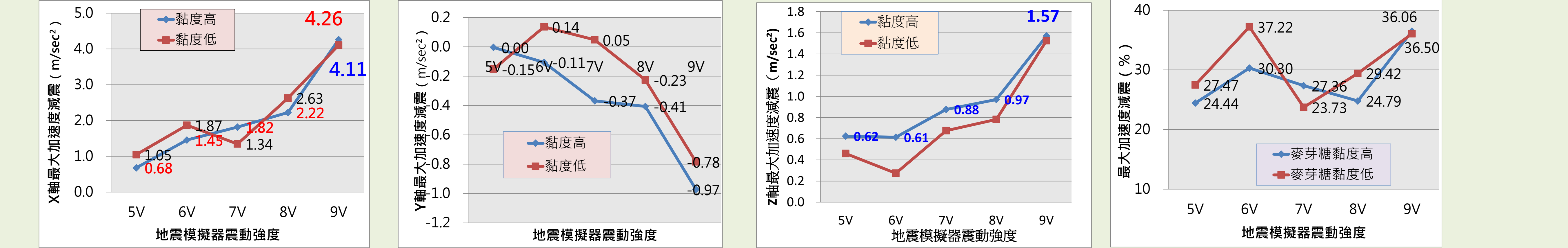


圖4-11 黏滯性阻尼器設計圖

(二) 研究黏滯性阻尼器黏性強度對減震效果的影響 (研究結果)

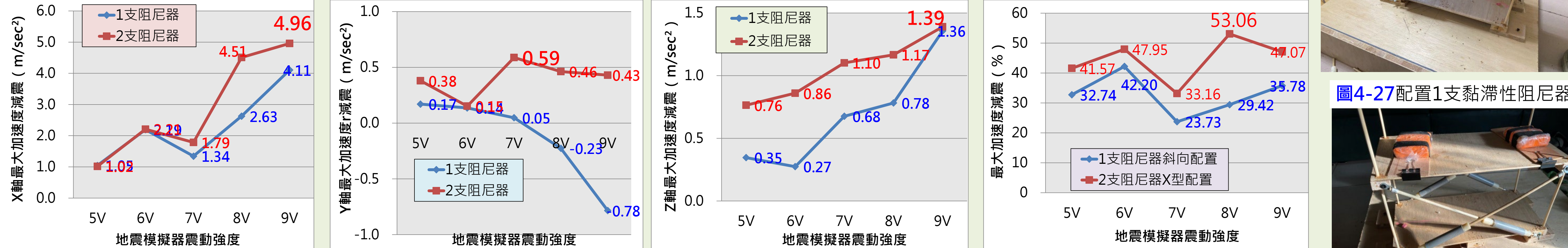
操作變因：製作黏性較強黏滯性強（黏性約400公克）與黏性較弱（黏性約300公克）的阻尼器。



- 1.由圖4-22，X軸最大加速度：震動越大減震效果越佳，黏度低減震效果4.26m/sec²，黏度低減震效果4.11m/sec²。
- 2.由圖4-23，Y軸最大加速度：震動越大減震效果越差，沒有減震效果，還使Y軸最大加速震動增加。
- 3.由圖4-24，Z軸最大加速度：震動越大減震效果越佳，最高1.57m/sec²，黏度高優於黏度低。
- 4.由圖4-25，最大加速度：震動越大減震效果越佳，最高37.22%，黏度低優於黏度高。

(三) 研究不同數量黏滯性阻尼器數量減震效果 (研究結果)

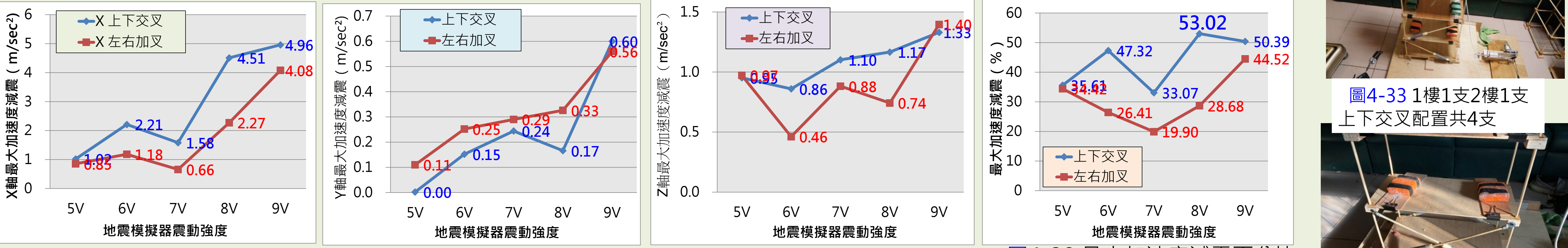
操作變因：不同的數量的阻尼器，1支黏滯性阻尼器（斜撐）與2支黏滯性阻尼器X型配置差異。



- 1.由圖4-29，X軸最大加速度減震：2支阻尼器減震較佳4.96m/sec²。
- 2.由圖4-30，Y軸最大加速度減震：2支黏滯性阻尼器減震最佳0.59m/sec²。
- 3.由圖4-31，Z軸最大加速度減震：2支黏滯性阻尼器減震最佳1.39m/sec²。
- 4.由圖4-32，最大加速度減震效果：震動越大減震效果越佳現象，2支阻尼器減震效果較佳53.06%。

(四) 研究不同配置方式黏滯性阻尼器的減震效果 (研究結果)

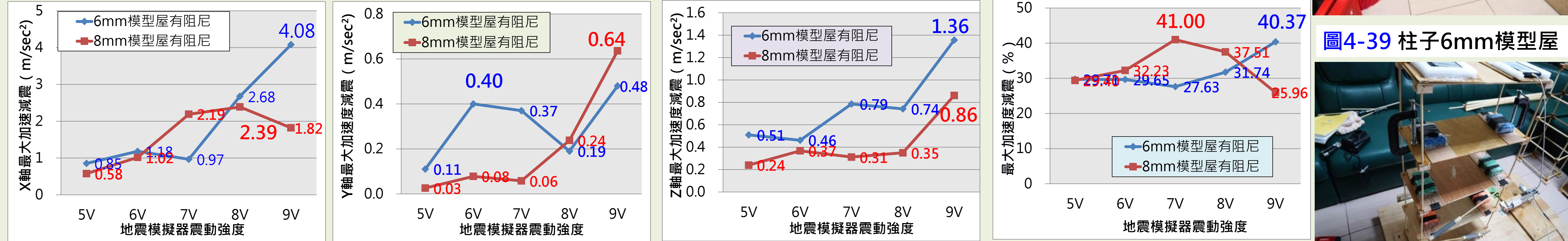
操作變因：模型屋一樓2支X型左右交叉配置，1樓1支 2樓 1支、上下交叉配置



- 1.由圖4-35，X軸最大加速度：上下配置減震效果最佳。
- 2.由圖4-36，Y軸最大加速度：左右交叉配置優於上下交叉配置，當震動越小時差異越大。
- 3.由圖4-37，Z軸最大加速度：上下交叉配置優於左右交叉配置，當震動越大時，差異越大。
- 4.由圖4-38，最大加速度：上下交叉減震最佳為53.02%，上下交叉優於左右交叉。

(五) 研究黏滯性阻尼器對不同結構強度模型屋的減震效果 (研究結果)

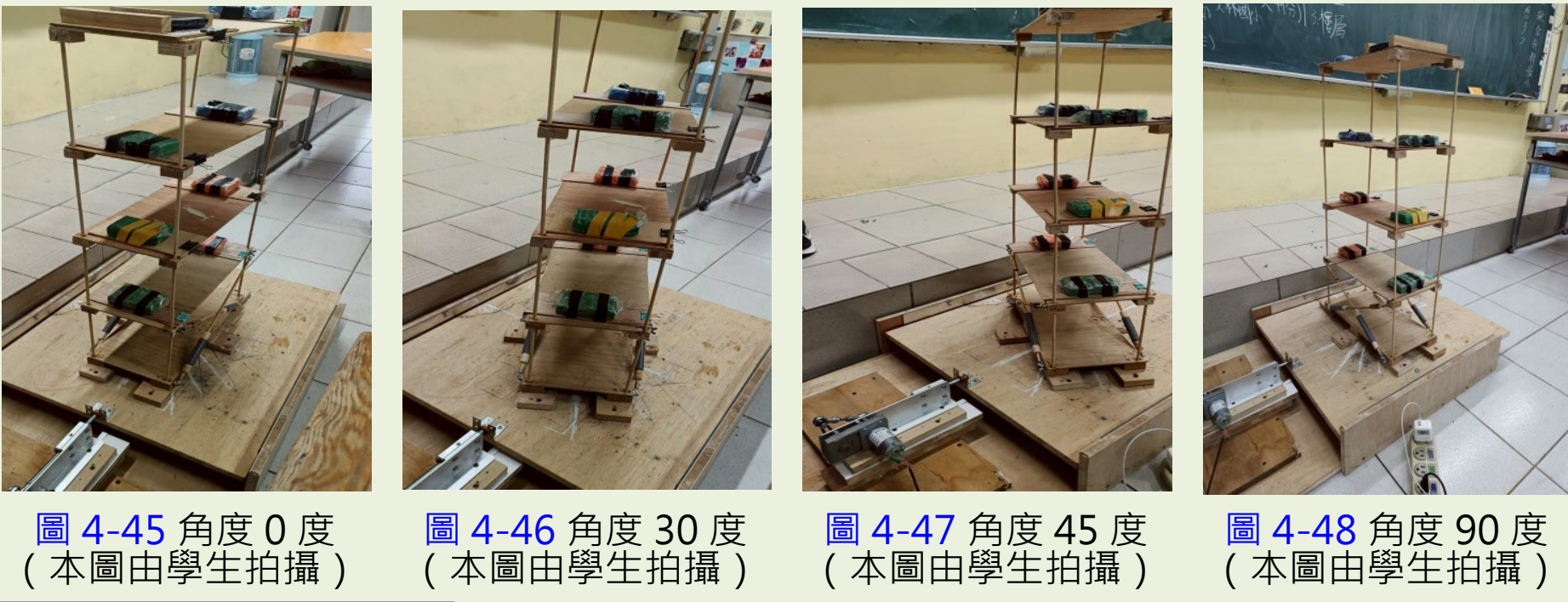
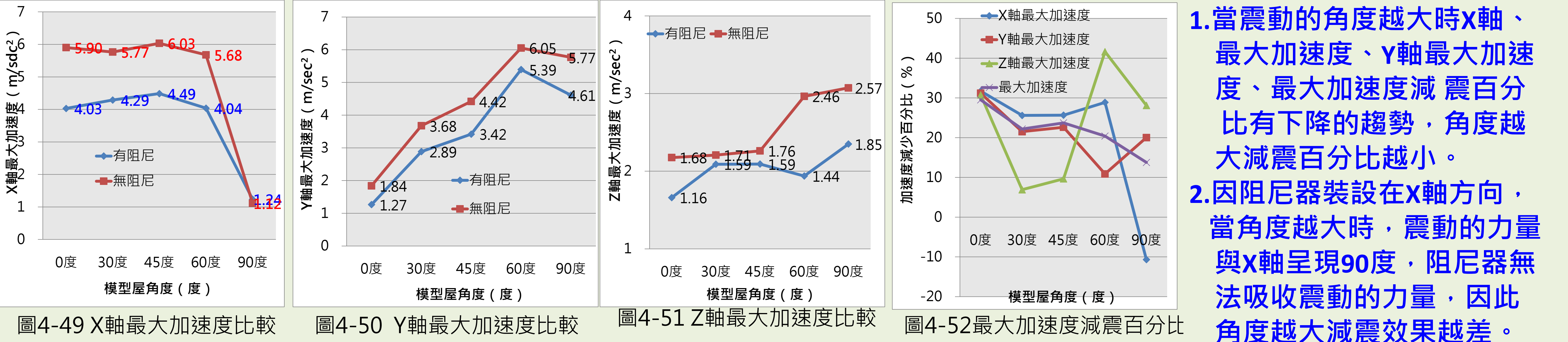
操作變因：不同結構強度模型屋的減震效果，柱子6mm與 8mm。



- 1.圖4-41，X軸最大加速度減震：6mm模型屋減震效果最佳為4.08m/sec²，優於8mm減震效果最佳2.39m/sec²
- 2.圖4-42，Y軸最大加速度減震：6mm模型屋減震最佳平均0.64m/sec²，優於8mm減震最佳0.40m/sec²
- 3.圖4-43，Z軸最大加速度減震：6mm模型屋減震效果最佳1.36m/sec²，優於8mm模型屋減震效果0.86m/sec，圖4-44，最大加速度減震8mm減震效果最佳41.00%優於6mm模型屋減震效果最佳40.37%。

(六) 黏滯性阻尼器對模型屋不同震動方向的減震效果 (研究結果)

操作變因：調整模型屋與震動方向的角度為0度（圖4-45）、30度（圖4-46）、45度（圖4-47）、60度、90度（圖4-48）。配置方向與主震動方向平行，調整模型屋與震動方向的夾角。



- 1.當震動的角度越大時X軸、最大加速度、Y軸最大加速度、最大加速度減震百分比有下降的趨勢，角度越大減震百分比越小。
- 2.因阻尼器裝設在X軸方向，當角度越大時，震動的力量與X軸呈現90度，阻尼器無法吸收震動的力量，因此角度越大減震效果越差。

三、研究黏滯性阻尼器對鋼架結構模型屋的減震效果

（一）黏滯性阻尼器對不同配重型屋的減震（研究結果）

操作變因：當模型屋的配置重量不同時，黏滯性阻尼器的減震效果會有差異嗎？分別在每一樓層配重220克、440公克重黏土，660公克重黏土。



圖 4-53 配重 220 克無阻尼（本圖由學生拍攝）



圖 4-54 配重 220 克有阻尼（本圖由學生拍攝）



圖 4-55 配重 660 克有阻尼（本圖由學生拍攝）

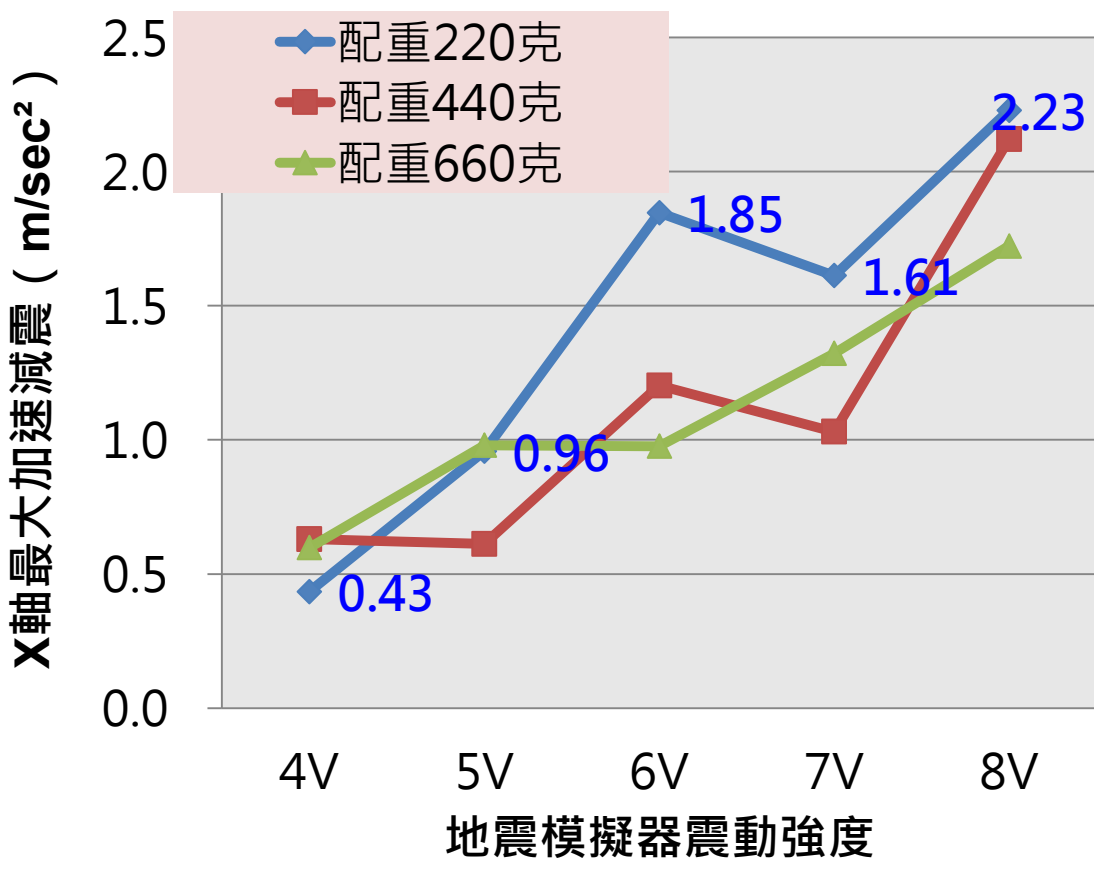


圖4-56 X軸最大加速度減震

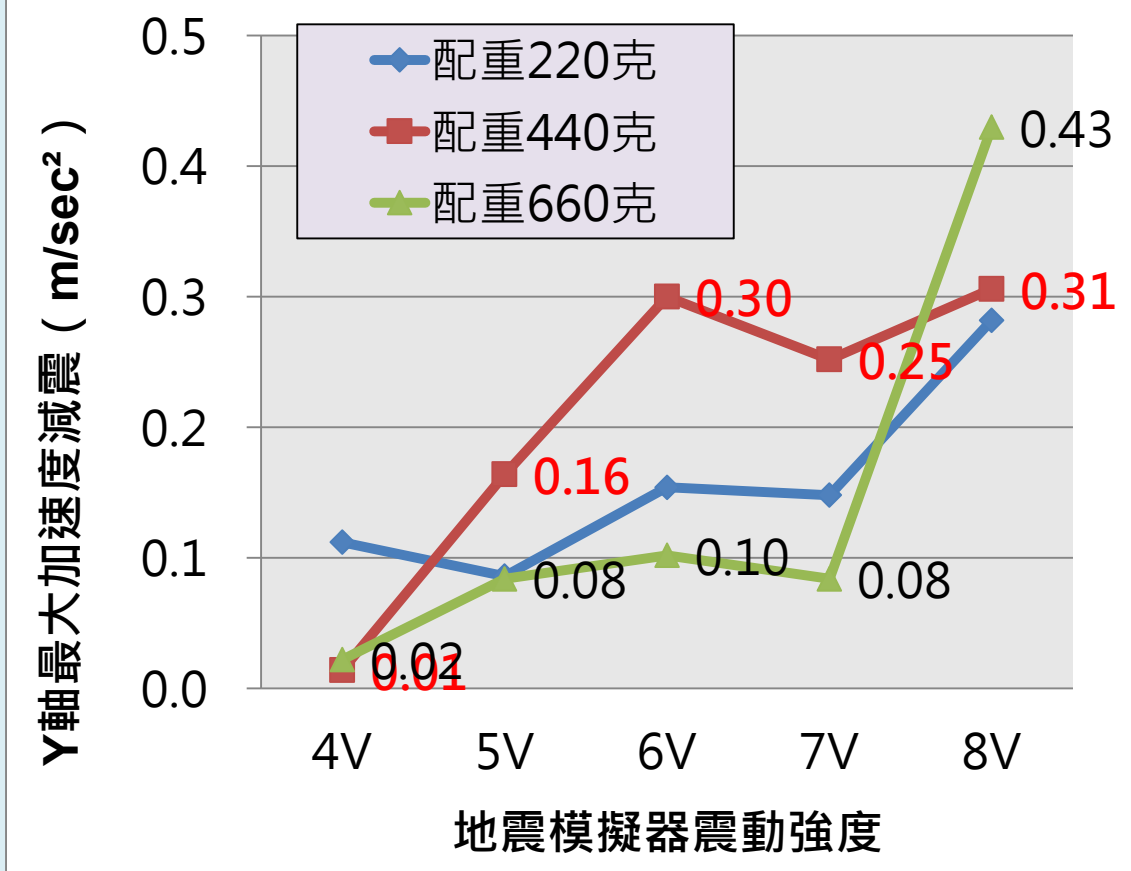


圖4-57 Y軸最大加速度減震

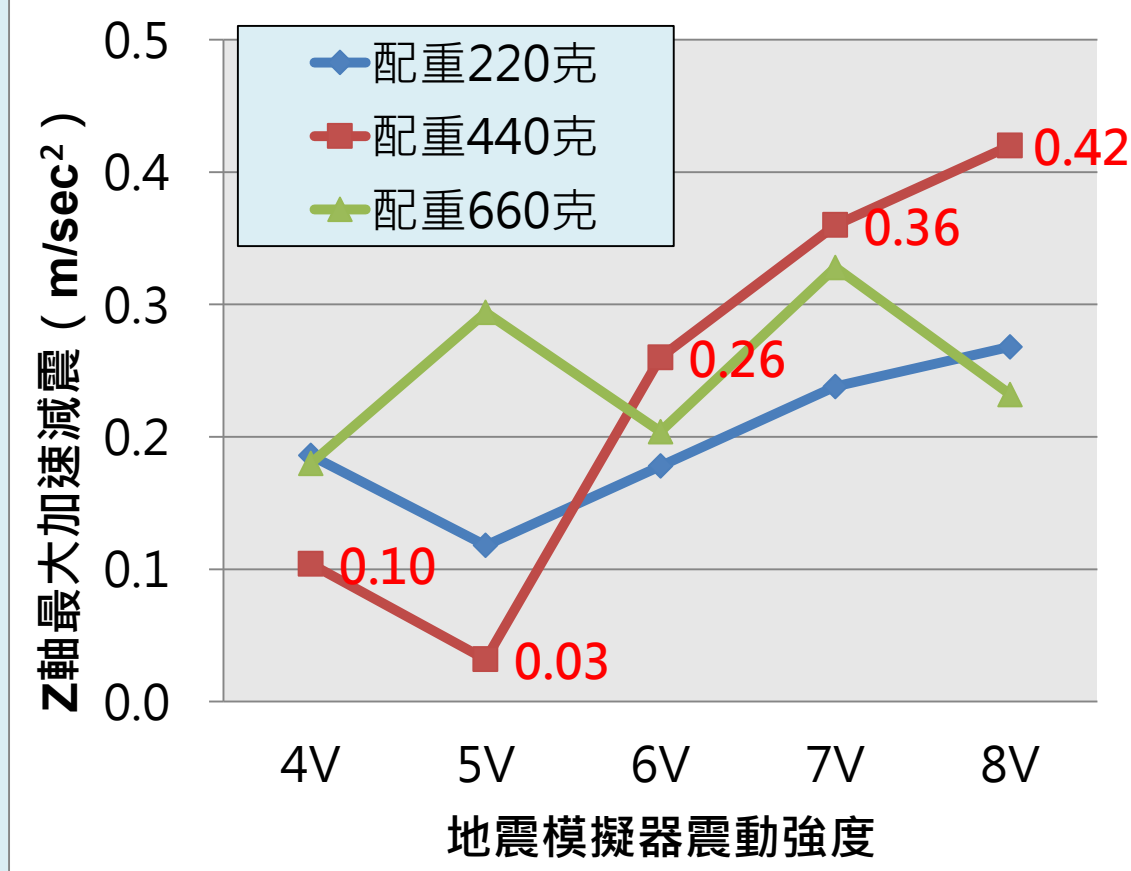


圖4-58 Z軸最大加速度減震

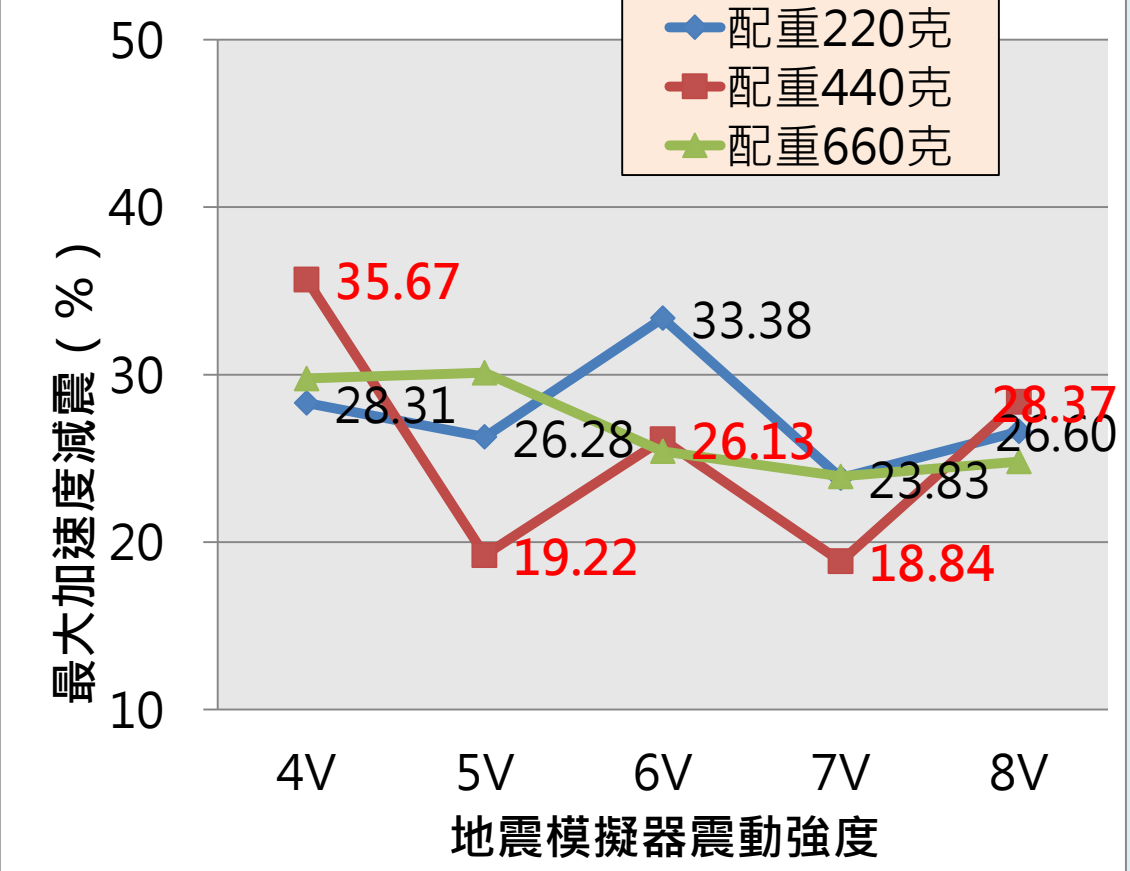


圖4-59最大加速度減震百分比

- 1.由圖4-59，當配重越大時，配重440克模型屋，最大速度最大，但與配重220克與660克差異不大。
- 2.發現配重220最大加速度減震的效果较佳23.83-33.38%，略優於配重220克與660克，減震效果差異不大。當震動越大時減震百分比有越小的趨勢。

（二）不同樓層樓的減震效果（研究結果）

操作變因：當模型屋設置黏滯性阻尼器後，不同的樓層減震效果會有差異嗎？



圖 4-60 二樓有阻尼（本圖由學生拍攝）



圖 4-61 三樓有阻尼（本圖由學生拍攝）



圖 4-62 四樓有阻尼（本圖由學生拍攝）



圖 4-63 五樓有阻尼（本圖由學生拍攝）

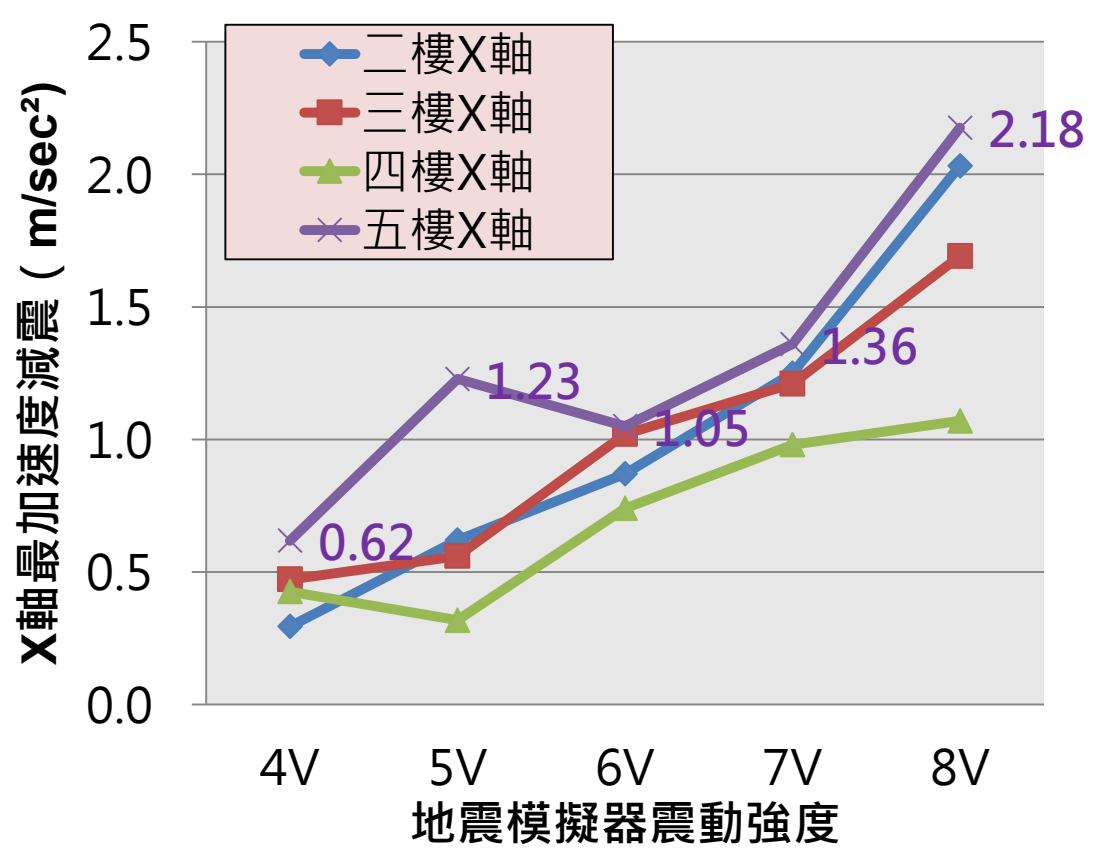


圖4-64 X軸最大加速度減震

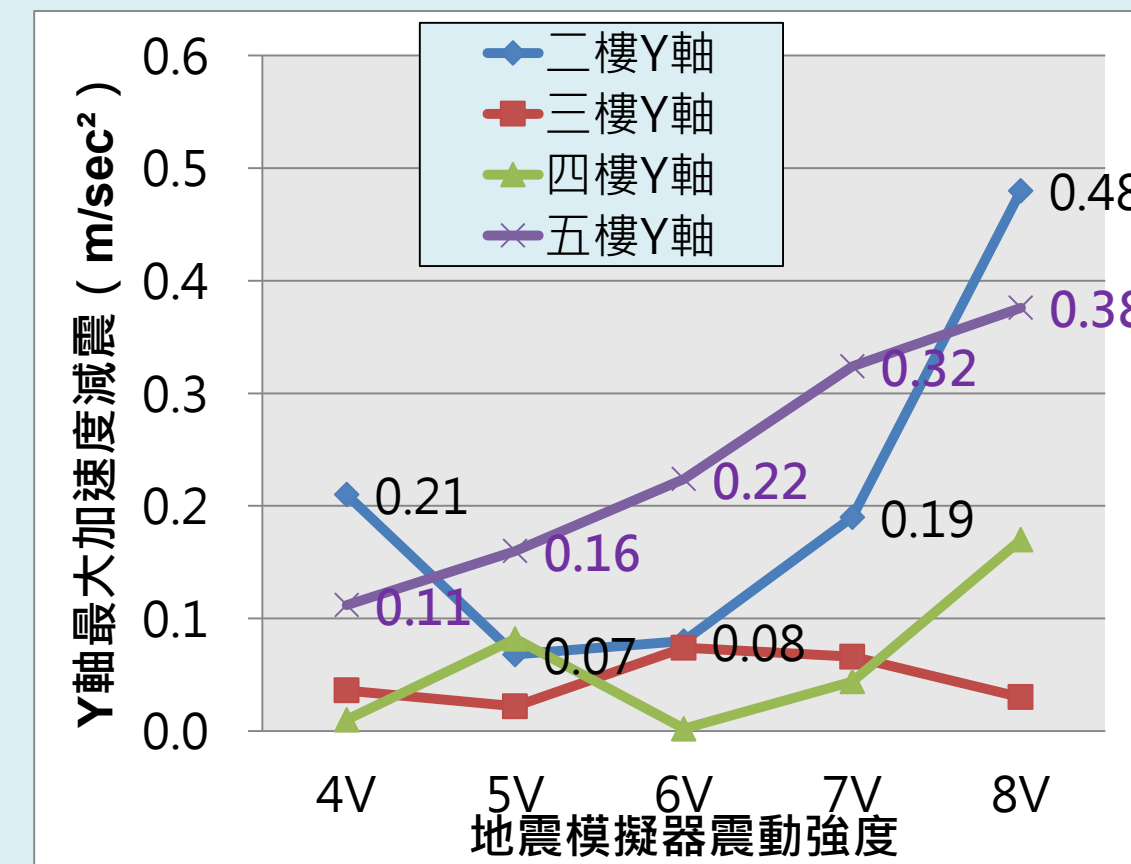


圖4-65 Y軸最大加速度減震

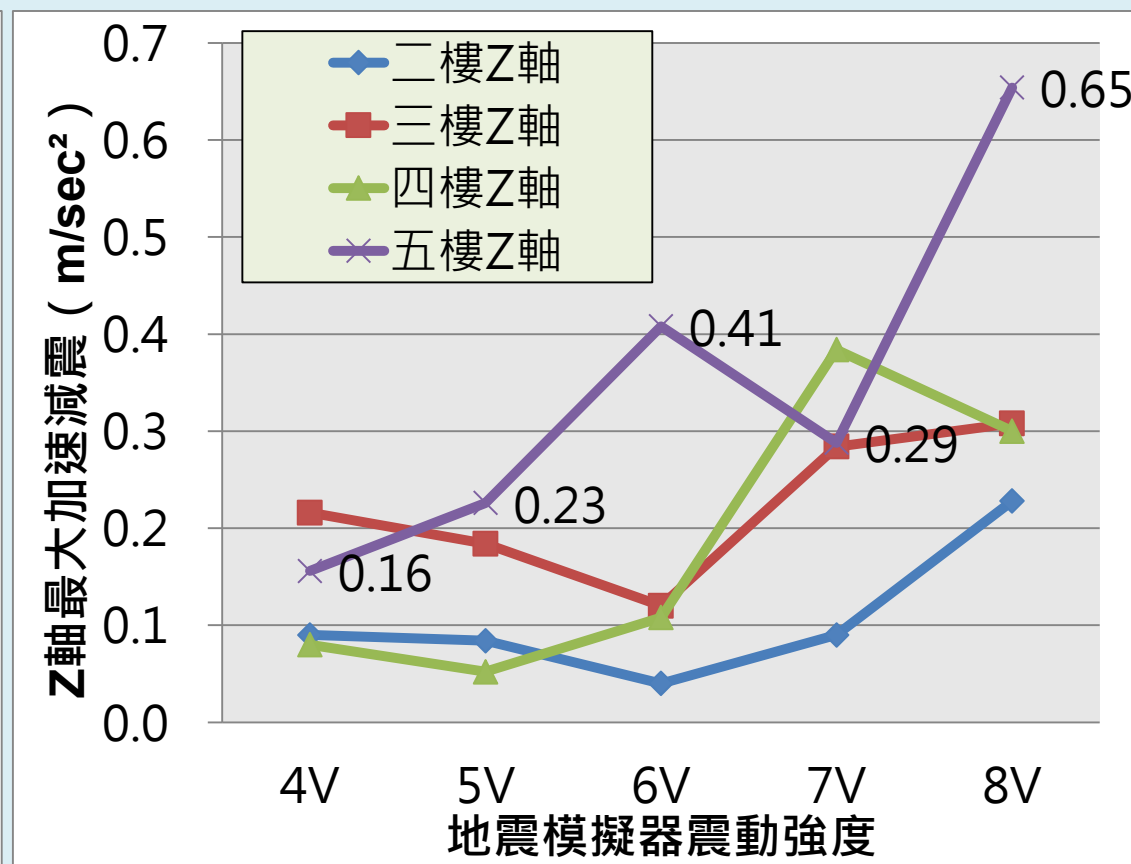


圖4-66 Z軸最大加速度減震

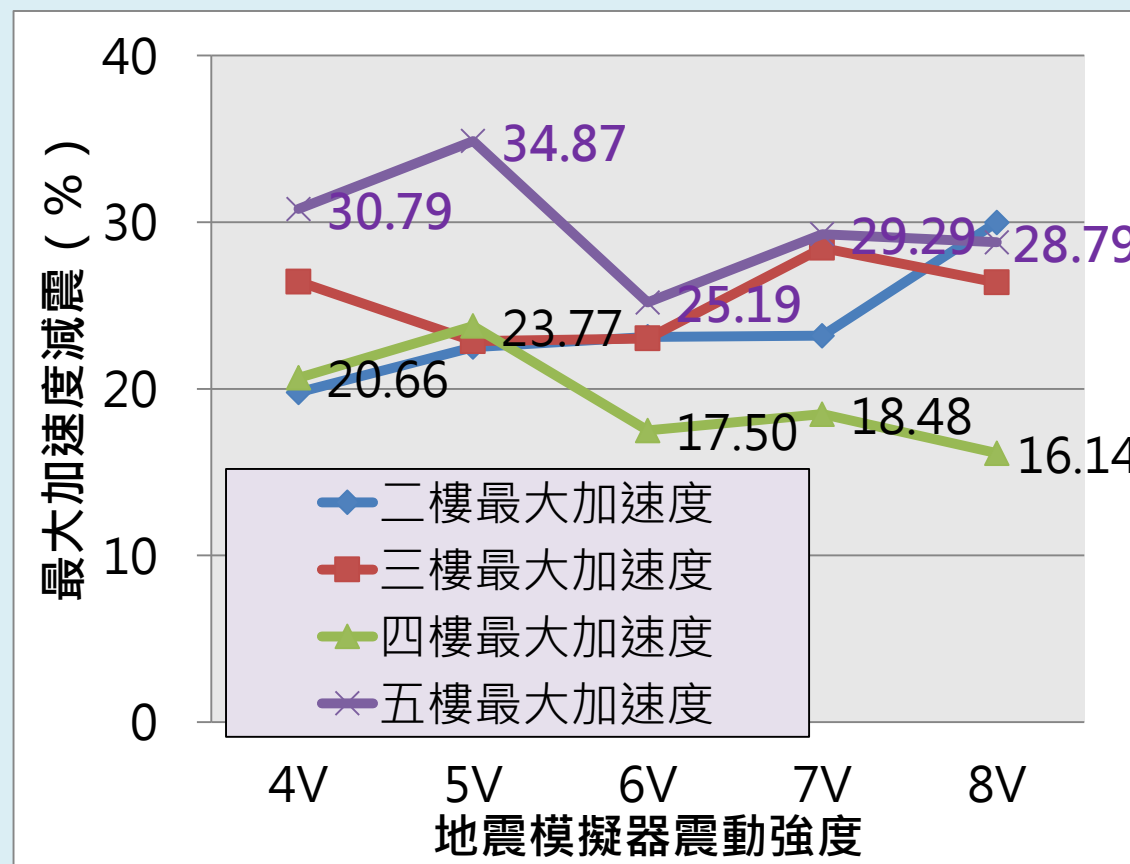


圖4-67 最大加速度減震百分比

- 1.由圖4-67，五樓最大加速減震效果較28.79-34.87%最佳，三、四樓減震效果略小。
- 2.震動越大時，最大加速度減震百分比有越小的趨勢。

（三）不同數量黏滯性阻尼器的減震（研究結果）

操作變因：將自製黏滯性阻尼器裝設在模型屋設置1支（圖4-68）2支圖（4-69）3支圖4-70），Z字形向上排列。



圖 4-68 阻尼器 1 支（本圖由學生拍攝）



圖 4-69 阻尼器 2 支（本圖由學生拍攝）



圖 4-70 阻尼器 3 支（本圖由學生拍攝）

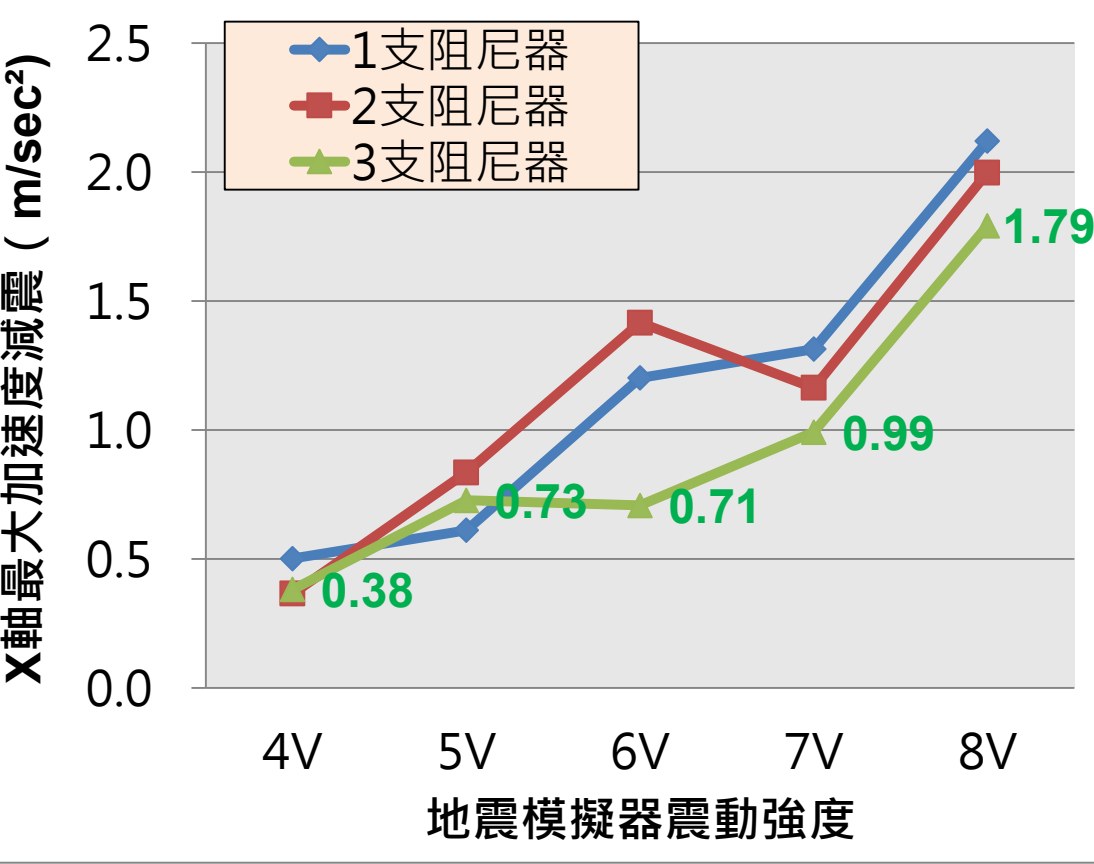


圖4-70 X軸最大加速度減震

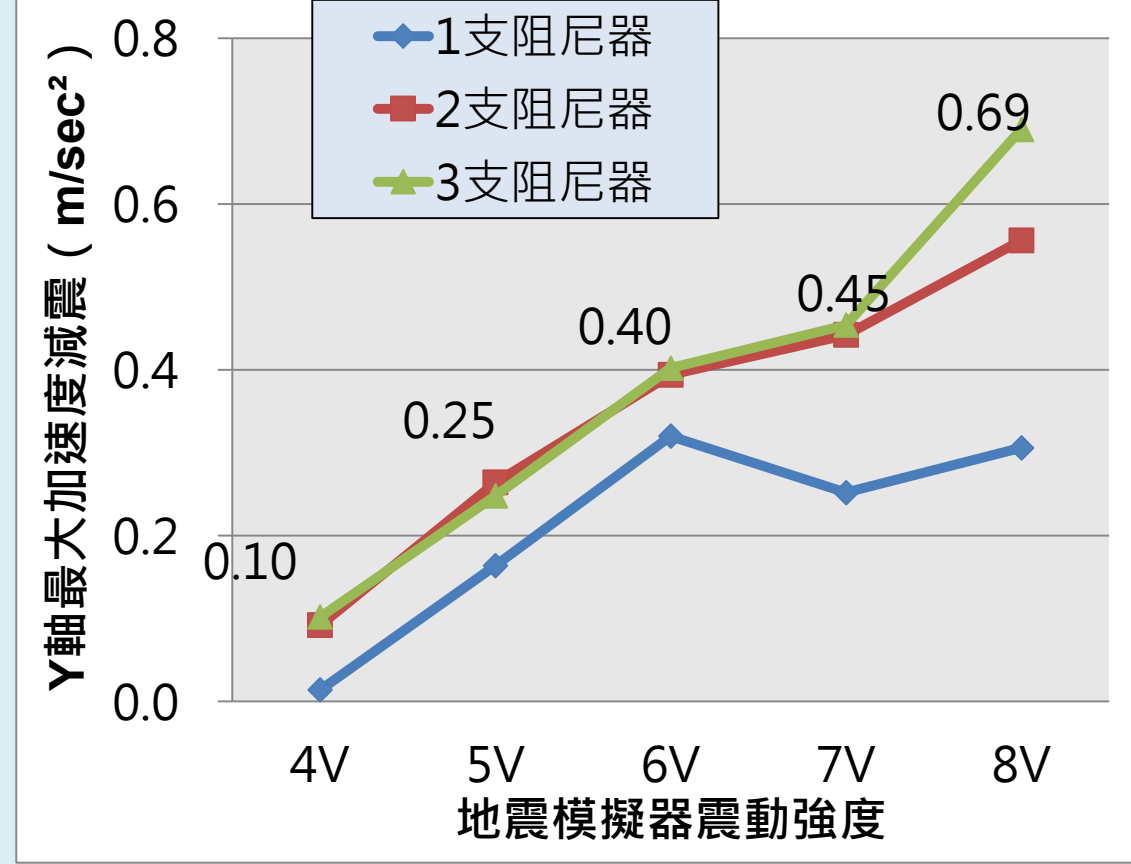


圖4-71 Y軸最大加速度減震

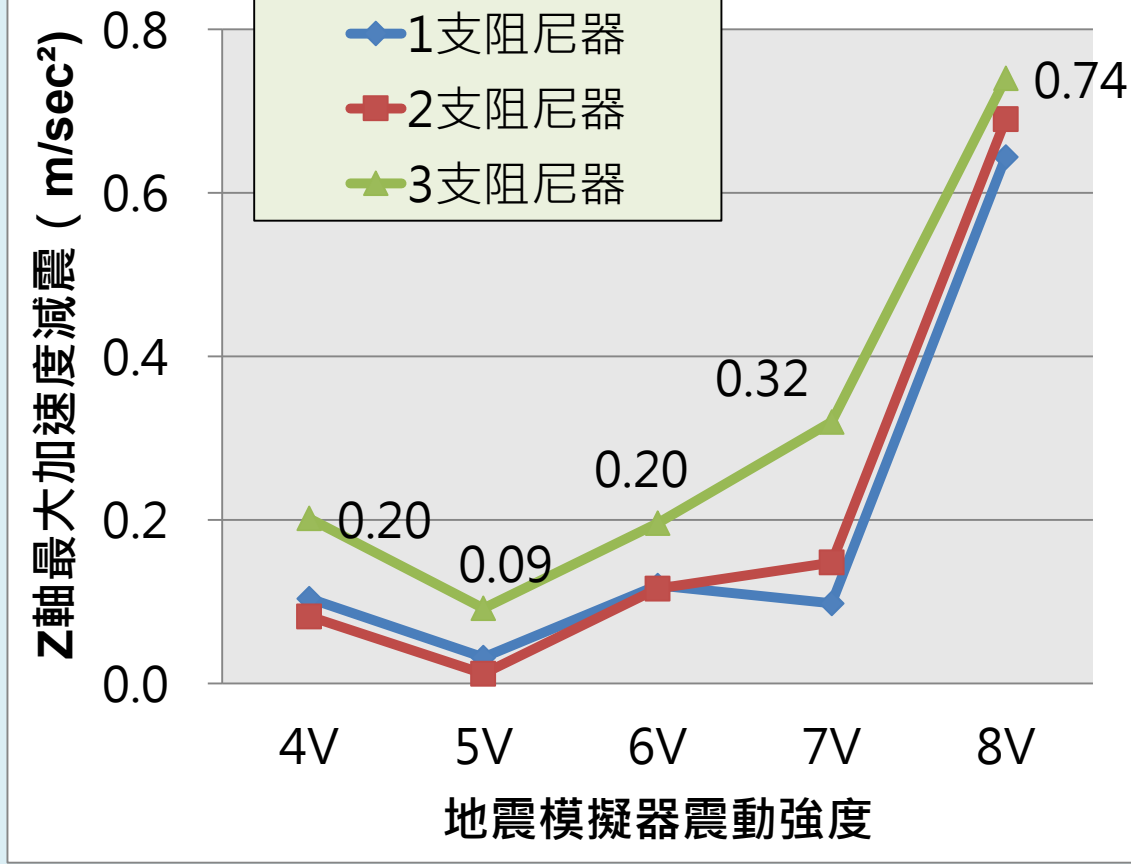


圖4-72 Z軸最大加速度減震

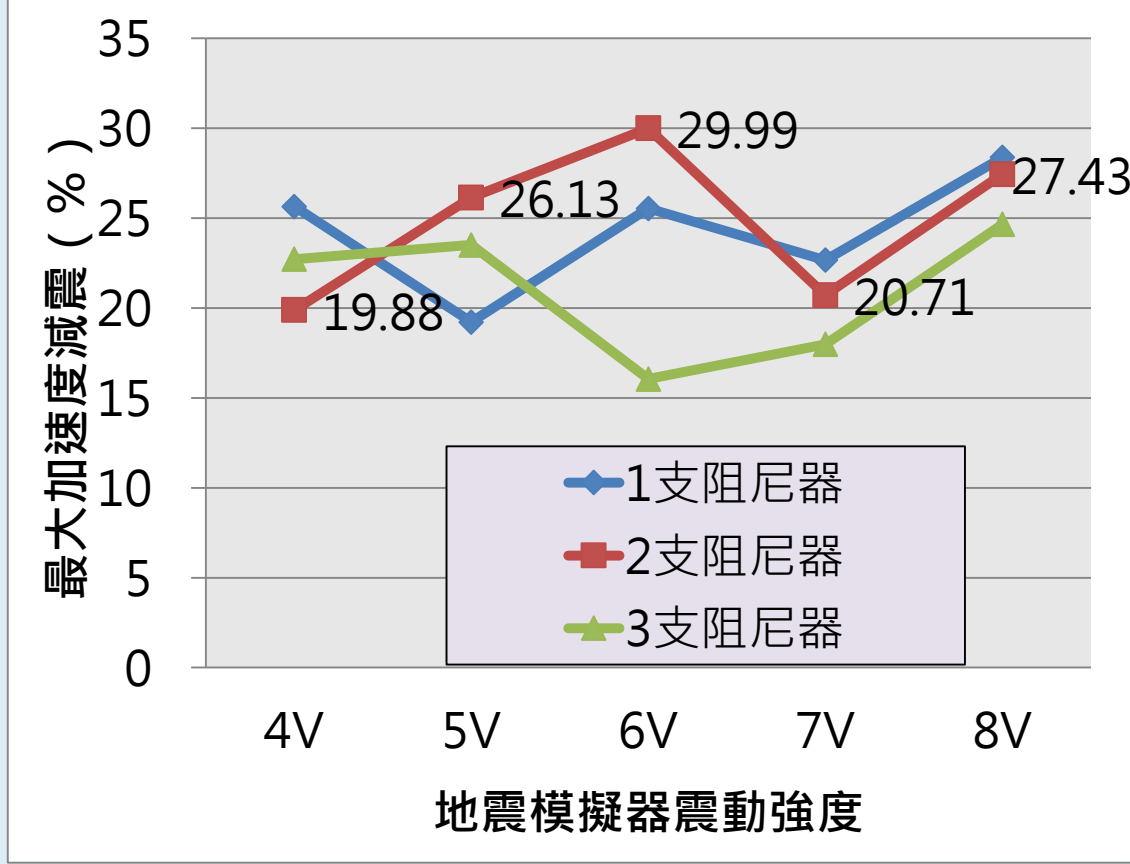


圖4-73 最大加速度減震百分比

- 1.圖4-73，裝設1、2支阻尼器減震效果19.88-29.99%。減震效果優於3支阻尼器。
- 2.阻尼器的數量與模型屋受到震動時的力量大小有關，1支阻尼器的阻尼強度與設置3支阻尼器的強度會有差異，必需要經過精確的計算才能達到較佳的減震效果。

伍、結論

- 一、彈簧阻尼器的減震效果：彈簧阻尼器具有彈性，當受到震動力量時，將震動的動能吸收轉為彈簧的位能，大部分的震動能量並沒有消失，當震動力量減少時，有將彈簧的位能釋放出來，震動能量不斷來回傳遞，因此震動加速度減少有限，與其他研究差異很大。
- 二、黏滯性阻尼器的減震效果黏滯性阻尼器減震效果佳，必須精確計算：黏滯性阻尼器阻尼強度、模型屋的震動加速度的大小，本研究發現高時（高於500公克），發現會使模型屋搖擺的幅度降低很多，減震效果5-10%，黏滯阻尼器只是結構補強功能，黏滯性阻尼器黏性太低時（低於300公克以下），模型屋搖擺程度降低，因阻尼強度不足，無法將震動力量完全吸收，減震效果有限。
- 三、模型屋自然震動頻率，黏滯性阻尼器的阻尼強度，模型屋的結構強度，震動器震動強度，四者之間的關係，建議可以利用電腦模擬計算找到最佳的黏滯性阻尼器的阻尼強度、配置的數量、配置方式、配置位置。

陸、參考文獻

- 一、王紫楹、鄭芷庭、張芷軒、劉志煦、王識傑（2015）。震不震阻了就知道—從阻尼器看地震對鋼骨大樓的影響。全國科展55屆。
- 二、台灣省結構技師公會
http://www.newtsea.com.tw/?page_id=783
- 三、邱垂青、黃毓棠（2005）。抗震大作戰—建築結構耐震研究。全國科展45屆。
- 四、校舍耐震資訊網校舍耐震評估與補強小知識
<https://school.ncree.org.tw/school/index.html>
- 五、徐筱珊、張靖媛、邱鈺婷、黃亮堯、鄧堉頻、張家瑋（2010）。天搖地動。全國科展50屆。
- 六、周文翔（2017）。新北市府106年度都市更新實務工作坊整建維護專題班講義。
- 七、張凱翔、彭偉誠、張怡馨、陳豐益、吳嘉訓（2004）。房子倒不倒有關係。全國科展44屆。
- 八、許官平、謝亞璇、洪峻崙（2012）。探討常見建物斜撐型式之最佳化抗震效應。全國科展52屆。
- 九、葉永田、羅俊雄、陳立言、鍾仁光、（2000）九二一集集大地震後續短期研究-嘉南與高屏地區微地動研究。
- 十、國家地震工程研究中心http://www.ncree.org/safehome/ncr01/pc3_4.htm
- 十一、遠見（2024）。地震時台北為何感覺晃得更嚴重？胡偉良：共振效應及「這項缺陷」加乘。
- 十二、楊至誠、梁智勛（2019），「阻」擋地震「尼」我都可以! 59屆科展。
- 十三、劉芊妤、歐東霖、吳奕廷（2021）。地動山不搖—隔震裝置在建築物之應用與探究。中華民國第61屆中小學科學展覽會
- 十四、戴立嘉、徐家齊（2006）。十震九穩-建築物抗震之研究。不同底面形狀的建築物與耐震程度。全國科展46屆。