

「三震」出局－探討三種防震建築的防震性

摘要

本研究使用義大利麵模擬抗震、制震、免震建築，進行搖晃測試；結果發現加固義大利麵能讓房屋更穩固，其裝設方向對房屋的穩固性沒有影響；使用共振頻率與建築物相近的阻尼器，能有效減少晃動；適當的阻尼器重量能有效減少建築物晃動；彈性越強的免震墊越能隔絕地震波；足夠的空隙和緊密的免震墊能大量吸收晃動的能量。

壹、前言

一、研究動機：

台灣是個位在地震帶的國家，一個小島擁有36個活動斷層，也因此經常發生大大小小的地震，1999年發生重創南投的921大地震，2024年又發生0403大地震，造成無數傷亡，也產生出無數的遺憾，讓我十分心痛，家裡的牆也因多次的地震產生許多大型裂痕。為了下次地震不要重導覆轍，我決定要用義大利麵、油性黏土、3D固定器和其他材料研究出最耐震、最不晃的防震建築。

二、研究目的：

- （一）加固義大利麵數量對抗震建築所造成的影響
- （二）加固義大利麵裝設方向對抗震建築所造成的影響
- （三）阻尼器擺錘長度對制震建築所造成的影響
- （四）阻尼器擺錘重量對制震建築所造成的影響
- （五）免震墊材質對免震建築所造成的影響
- （六）免震墊數量對免震建築所造成的影響

三、文獻回顧：

- （一）從<搖一搖，天崩地裂>（白玫瑰、吳庭亞、陳宇芹、蘇曉馨，2012）得知地震的分類方法，閱讀完報告中地震分類方法後，將其整理成表1-1。

表1-1 地震震度分級對照表

分級	名稱	地動加速度範圍
----	----	---------

0	無感	0.8gal以下
1	微震	0.8~2.5gal
2	輕震	2.5~8.0gal
3	弱震	8~25gal
4	中震	25~80gal
5弱	強震	80~140gal
5強		140~250gal1.4
6弱	烈震	250~440gal 2.5
6強		440~800gal4.4
7	劇震	800gal 以上 8
註：1gal（伽） = 1 cm/s ²		

（二）從<地動山不搖—隔震裝置在建築物之應用與探究>（劉芊妤、歐東霖、吳奕廷，2021）得知馬達帶動平台晃動，製作地震模擬器。

（三）從<大地震後餘震不斷，建築隔震、減震原理一次看>（科技新報，2024）和<油壓阻尼器在超高大樓的抗風減振應用>（國家地震工程研究中心）得知阻尼器的五種種類，分別是：

- 利用彈塑性材料塑性變形的彈塑型阻尼器
- 利用摩擦吸能的摩擦型阻尼器
- 利用黏性材料阻尼力的黏滯型阻尼器（油壓阻尼器）
- 黏彈性阻尼器
- 單擺式的阻尼器（調諧質塊阻尼器減振系統（台北101大樓所使用）

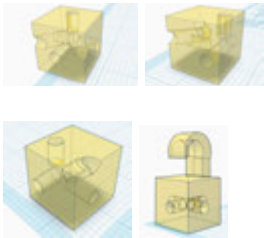
因為單擺式阻尼器加裝較為方便，也是101大樓採用的阻尼器，因此我決定要以單擺式阻尼器作為制震實驗的阻尼器。

（四）從<日本的地震強度怎麼認定？建築物的耐震工法又有哪些？這裡一次告訴你>（台灣三井不動產，2022）得知防震建築分成三種，分別是抗震（耐震）、制震（減震）、免震（隔震）

（五）從<義大利麵屋結構測試>（取自台南市教育局，2010）得知如何建造義大利麵屋和抗震屋的建築方式。他採用的建築方式較簡單，因此成為這次抗震（耐震）建築的構造，但因熱融膠過於柔軟，所以選擇用油性黏土。

貳、研究設備與器材

一、義大利麵屋材料

材料名稱	圖片	備註
義大利麵		義大利麵屋10cm，加固義大利麵15cm
油性黏土		將房屋固定在底板上
連接器		為了保持義大利麵屋的結構穩定，利用3D列印製作了4種不同的連接器，來連接義大利麵，分別是：基本型（左上）、抗震多層型（右上）、阻尼器型（左下）、阻尼器掛勾型（右下）

二、制震阻尼器材料

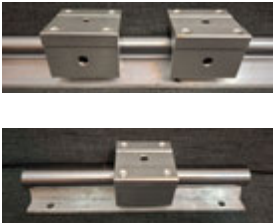
物品	圖片	備註
麻繩		直徑3mm 連接房屋和砝碼

砝碼		50*2、100*2、200*1
----	---	------------------

三、免震材料

材料名稱	圖片	備註
彈簧		直徑1cm
橡膠墊		10*10
海棉		
彈珠		直徑2.5cm
史萊姆		
樹脂黏土		

四、地震模擬儀

材料名稱	圖片	備註
地震模擬儀		參考結構
木板		80*80*0.9兩片 80*80*1.8兩片 40*40*0.9一片
圓木板		15*15*1.9六片（上） 2 * 2 * 2 四片（下）
滑軌		80*4*4四條（上） 20*4*4四條（下）
L鐵		
螺絲		
螺帽		

馬達組		296轉*2 571轉*4
-----	---	------------------

五、測量紀錄工具

工具名稱	圖片	備註
轉速測量儀		測量搖晃頻率
電子秤		量測範圍：2000g
尺		30cm之摺疊鋁尺
電腦		
手機		用途：照相機錄影+ 使用app：phyphox測量

參、研究過程與方法

一、研究過程流程圖：

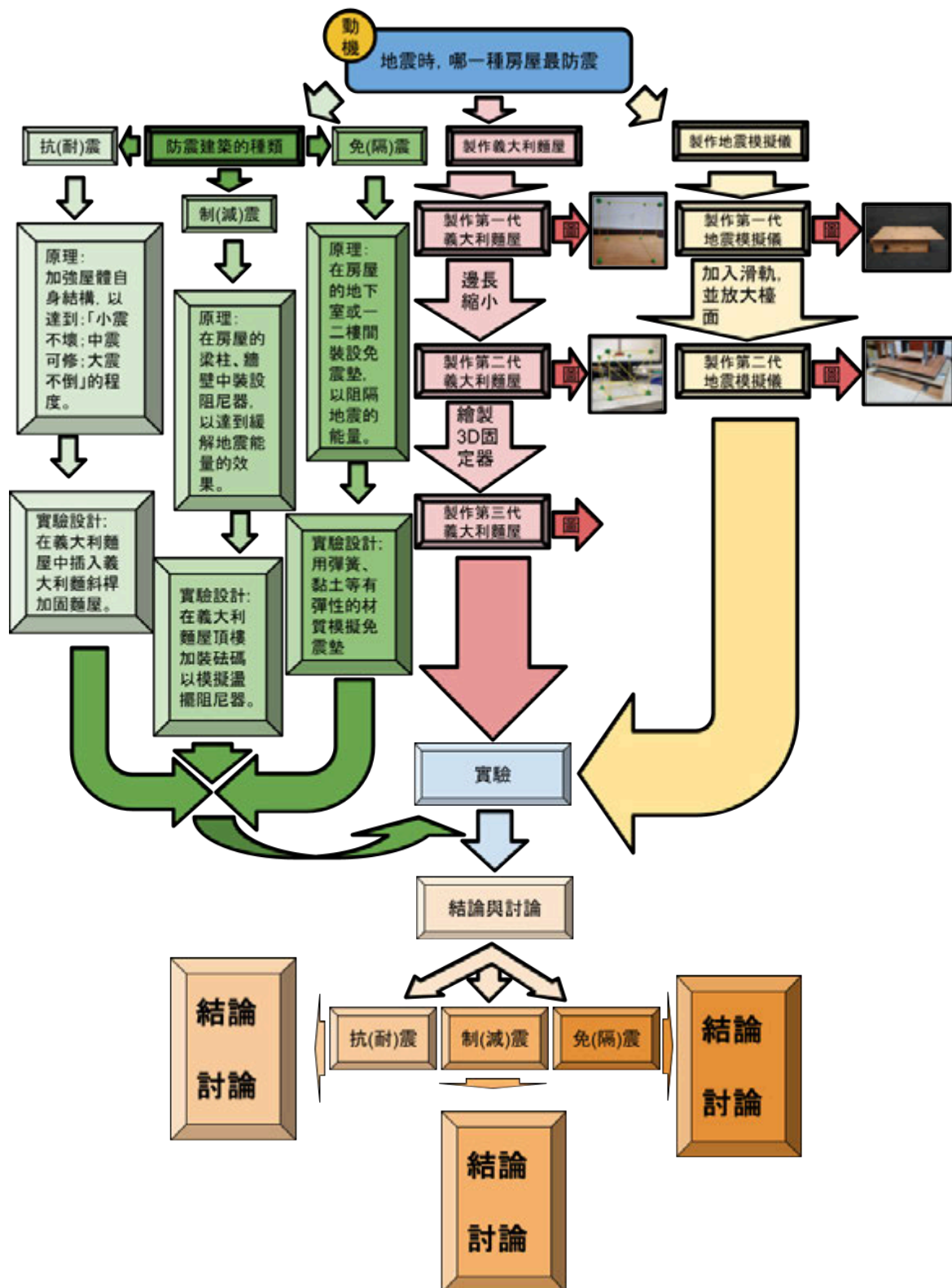


圖3-1 研究過程流程圖

（一）研究前準備

一、義大利麵屋建造

為了模擬房屋，需要建造一棟用義大利麵建造穩固的房屋結構

1.設計需求、設計目的及設計理念：

1.1設計需求：需要建造一棟用義大利麵建造穩固的房屋結構，並且能成功裝設各種防震裝置。

1.2設計目的：完成實驗，並且能成功

1.3設計理念：

a. 第一代設計巧思：為了要模擬真實房屋，因此以義大利麵最大裝設長度24cm來建造。

問題：

- i. 過於愈大，難以建造
- ii. 過於巨大，結構不穩定
- iii. 過於巨大，結構耐震度低
- iv. 過於巨大，結構耐重度低
- v. 邊長太長，無法加裝抗震裝置

b. 第二代設計巧思：為了解決第一代造成的問題，我決定縮小義大利麵屋之邊長，反覆測試後8cm之房屋較為穩固。

問題：

- i. 黏土密度與形狀難以控制
- c. 第三代設計巧思：為了解決第二代造成的問題，我將油性黏土改成3D列印方塊，成功精準的達到形狀與密度之控制。請參考圖3-1-2義大利麵連接固定器。

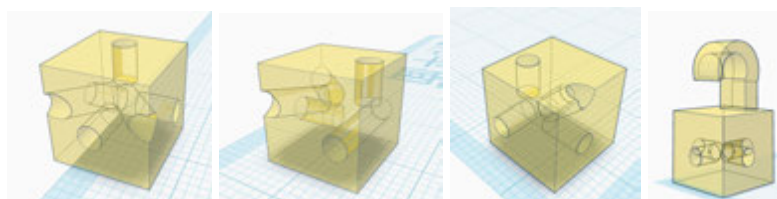


圖3-1-2 自行設計的義大利麵連接固定器(依序為基本固定器、抗震固定器、制震固定器及阻尼器固定器)

各代義大利麵屋，請參考圖3-1-3。

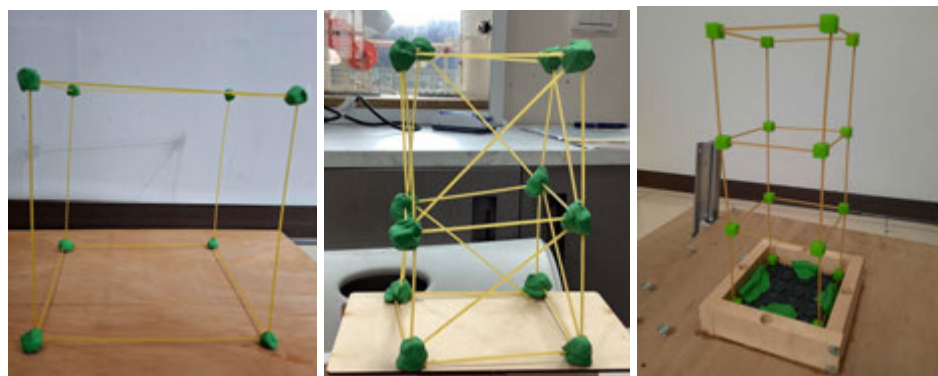


圖3-1-3 各代的義大利麵屋(依序為第一代、第二代及第三代)

二：地震模擬儀建造

為了模擬地震，需要建造一個能控制搖晃強弱之地震模擬儀

(一) 設計需求、設計目的及設計理念：

1. 設計需求：需要建造一個能控制搖晃強弱之地震模擬儀，並且能成功在負重的情況下大力搖晃。
2. 設計目的：完成實驗，並且能成功
3. 設計理念：

- a. 第一代設計巧思：發現科教館活動時有販賣地震儀，因此購買來研究。

問題：

- i. 搖晃太快會解體
- ii. 放上重物會影響到搖晃速度
- iii. 檯面過小，不易測量
- iv. 無法偵測晃動頻率
- v. 無法固定義大利麵屋

- b. 第二代設計巧思：為了解決第一代造成的問題，以滑軌代替木頭軌道，以扭力更強的馬達帶動，也將搖晃平面放大，成功達到需求。

各代的地震模擬儀請見圖3-1-3。

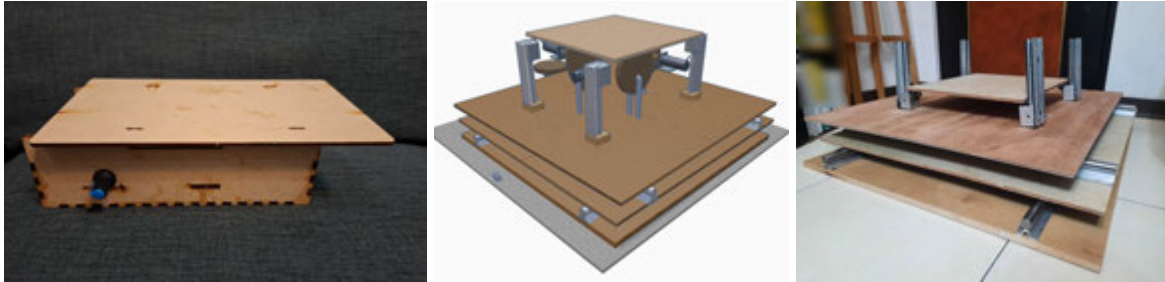


圖3-1-3地震模擬儀(依序為第一代、第二代設計圖及第二代實際圖)

三、研究過程：

所有實驗之不加裝任何抗、制、免震裝置房屋：



圖3-2-0 所有實驗之不加裝任何抗、制、免震裝置房屋

實驗方法：

實驗一：加固義大利麵數量對抗震建築所造成的影響

方法：

1. 建造每層樓長寬高皆為8cm之義大利麵屋3個
2. 加固義大利麵以細義大利麵14cm、方向為右上左下之加裝方法，在甲房屋加裝一組(圖3-2-1-a)、乙房屋加裝二組(圖3-2-1-b)、對照組則不加裝。
3. 放上搖晃方向為左右之模擬平台進行搖擺測試並記錄實驗情形、最高地動加速度(gal)、斷裂與位移數。



圖3-2-1-a 甲房屋

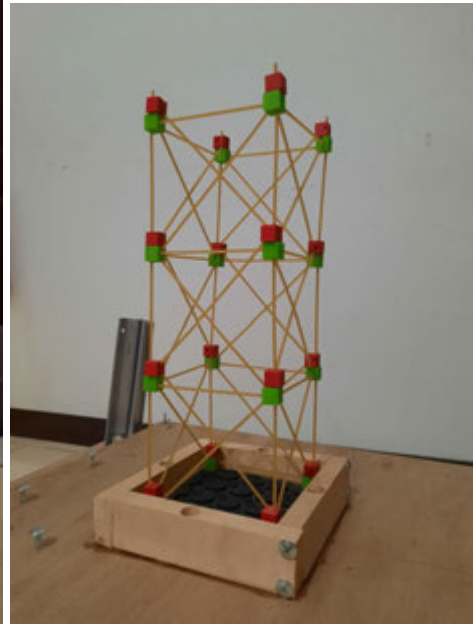


圖3-2-1-b 乙房屋

實驗二：加固義大利麵裝設方向對抗震建築所造成的影響

方法：

1. 建造每層樓長寬高皆為8cm之義大利麵屋4個
2. 加固義大利麵以細義大利麵14cm、數量為二組之加裝方法，在甲房屋加裝方向為右上左下(圖3-2-2-a)、乙房屋加裝方向為左上右下(圖3-2-2-b)、丙房屋加裝方向為交叉裝設(圖3-2-2-c)、對照組則不加裝。
3. 放上搖晃方向為左右之模擬平台進行搖擺測試並記錄實驗情形、最高地動加速度(gal)、斷裂與位移數。



圖3-2-2-a甲房屋

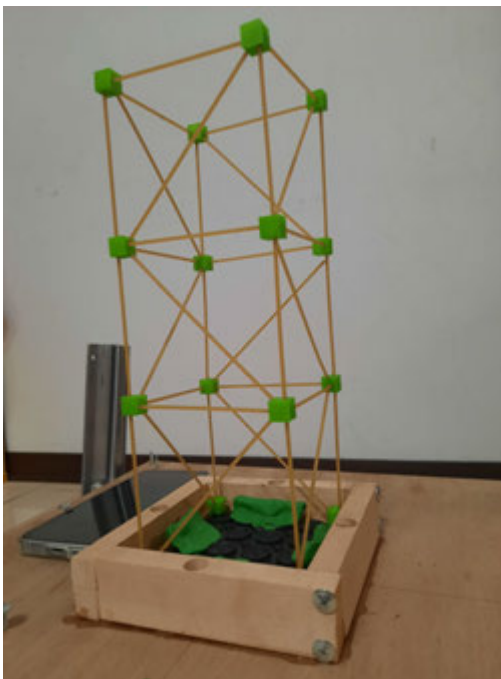


圖3-2-2-b乙房屋

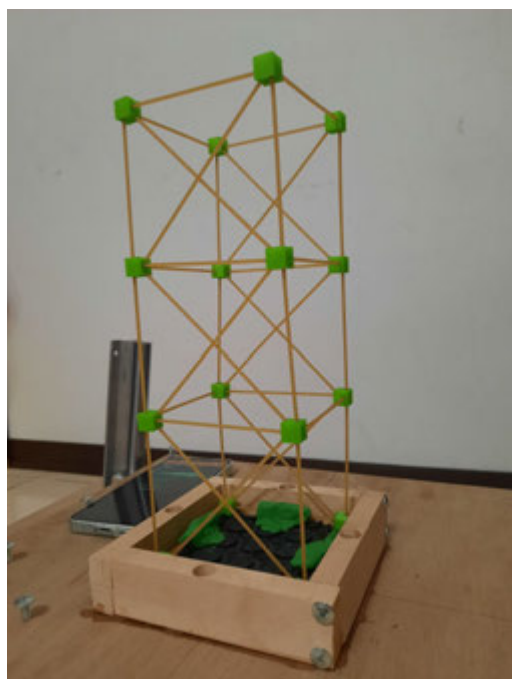


圖3-2-2-c丙房屋

實驗三：阻尼器擺錘長度對制震建築所造成的影響

方法：

1. 建造每層樓長寬高皆為8cm之義大利麵屋13個
2. 擺錘重量30g，在A房屋加裝長1cm、B房屋加裝長2cm、C房屋加裝長3cm、D房屋加裝長4cm、在E房屋加裝長5cm、F房屋加裝長6cm、G房屋加裝

長7cm、H房屋加裝長8cm、I房屋加裝長9cm、J房屋加裝長10cm、在K房屋加裝長11cm、L房屋加裝長12cm、對照組則不加裝。

3. 放上搖晃方向為左右之模擬平台進行搖擺測試並記錄實驗情形、最高地動加速度(gal)、斷裂與位移數。



圖3-2-3

實驗四：阻尼器擺錘重量對制震建築所造成的影響

方法：

1. 建造每層樓長寬高皆為8cm之義大利麵屋5個
2. 擺錘長度9cm，在甲房屋加裝重10g、乙房屋加裝重30g、丙房屋加裝重50g、丁房屋加裝重100g、對照組則不加裝。
3. 放上搖晃方向為左右之模擬平台進行搖擺測試並記錄實驗情形、最高地動加速度(gal)、斷裂與位移數。

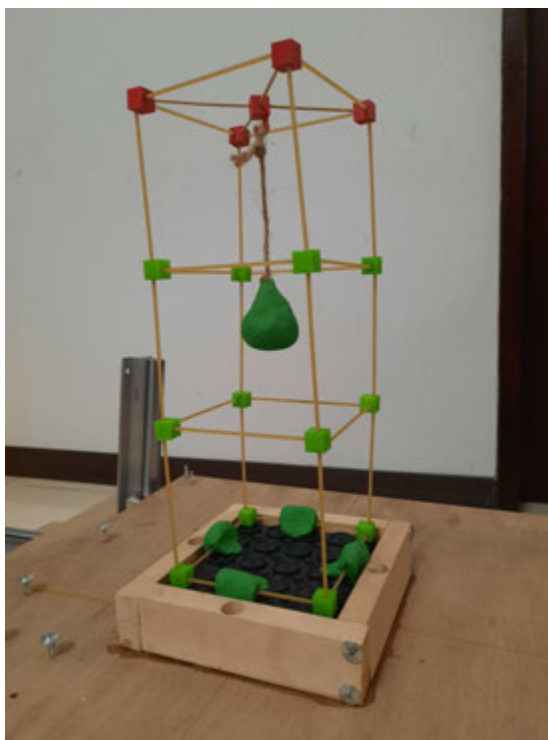


圖3-2-4

實驗五：免震墊材質對免震建築所造成的影響

方法：

1. 建造每層樓長寬高皆為8cm之義大利麵屋7個
2. 在甲房屋底下加裝彈簧(圖3-2-5-a)、乙房屋底下加裝橡膠墊(圖3-2-5-b)、丙房屋底下加裝海棉(圖3-2-5-c)、丁房屋底下加裝彈珠(圖3-2-5-d)、戊房屋底下加裝史萊姆(圖3-2-5-e)、己房屋底下加裝黏土塊(圖3-2-5-f)、對照組則不加裝。
3. 放上平台進行搖擺測試並記錄實驗情形、最高地動加速度(gal)、斷裂與位移數。

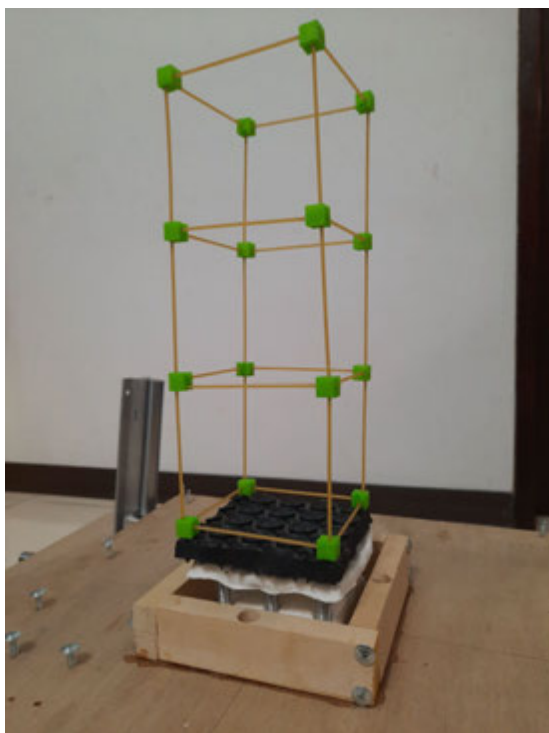


圖3-2-5-a



圖3-2-5-b



圖3-2-5-c

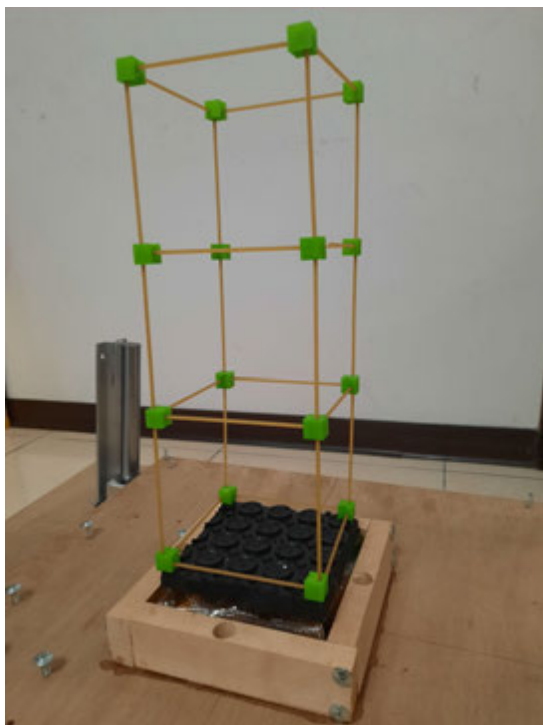


圖3-2-5-d



圖3-2-5-e

圖3-2-5-f

實驗六：免震墊數量對免震建築所造成的影響

方法：

1. 建造每層樓長寬高皆為8cm之義大利麵屋5個
2. 免震墊材質皆為海綿，每2cm切成一塊，在甲房屋底下加裝4個免震墊(圖3-2-6-a)、乙房屋底下加裝9個免震墊(圖3-2-6-b)、丙房屋底下加裝16個免震墊(圖3-2-6-c)、丁房屋底下加裝25個免震墊(圖3-2-6-d)、對照組則不加裝。
3. 放上平台進行搖擺測試並記錄實驗情形、最高地動加速度(gal)、斷裂與位移數。



圖3-2-6-a

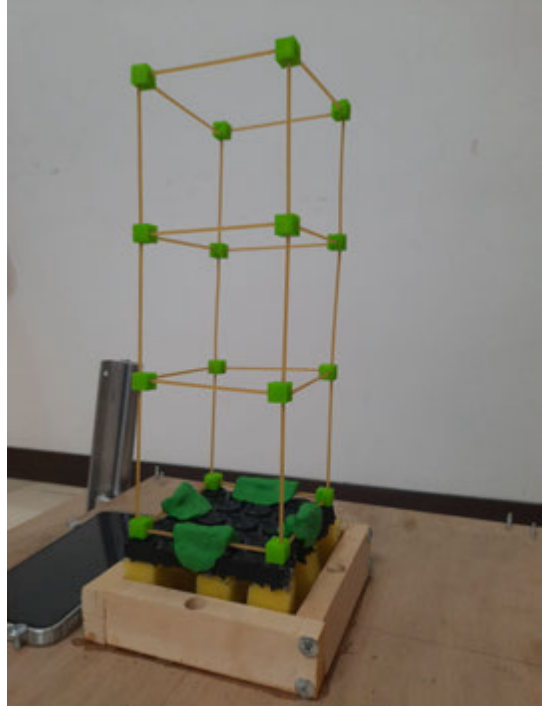


圖3-2-6-d

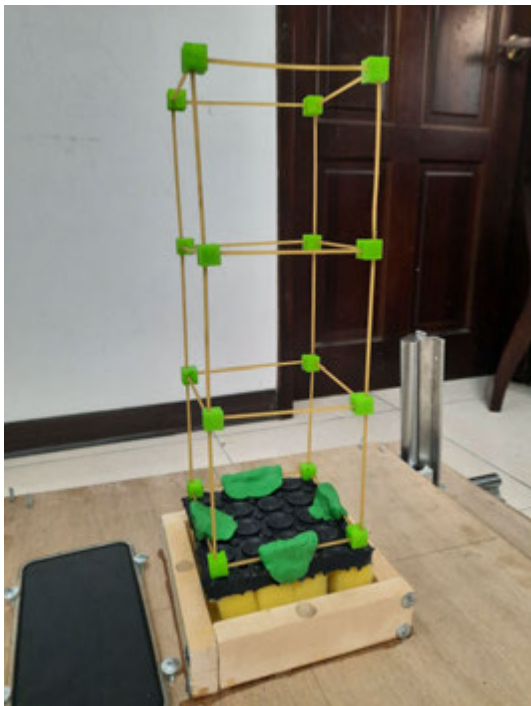


圖3-2-6-c



圖3-2-6-d

肆、研究結果

實驗一：加固義大利麵數量對抗震建築所造成的影響

表4-1 加固義大利麵數量對抗震建築所造成的影響（以最高承受地動加速度gal記錄）

次數 最高承受地動加速度(gal) 加固義大利麵裝設方向	0	1	2
第一次	195	1012	1260
第二次	215	839	1250
第三次	205	995	1275

表4-2 加固義大利麵數量對抗震建築所造成的影響（以義大利麵斷裂及位移數量記錄）

次數 實驗情形 加固義大利麵裝設方向	0	1	2
第一次	全垮	剩一樓	連根拔起
第二次	二樓只剩柱子	右邊倒塌	一樓些許斷裂
第三次	剩地基	二樓剩一半	一樓大量損毀

表4-3 加固義大利麵數量對抗震建築所造成的影響（以義大利麵斷裂、加固義大利麵位移及一般義大利麵位移數量記錄）

次數 義大利麵斷裂、位移數量 阻尼器擺錘長度(cm)	0		1			2		
	斷裂	位移	斷裂	位移(加固)	位移(普通)	斷裂	位移(加固)	位移(普通)
第一次	9	23	7	7	9	1	0	1
第二次	6	12	5	8	8	0	1	1
第三次	11	21	6	6	10	2	0	1
總平均	8.7	18.7	6.0	7.0	9.0	1.0	0.3	1.0

實驗二：加固義大利麵裝設方向對抗震建築所造成的影響

表4-4 加固義大利麵裝設方向對抗震建築所造成的影響（以最高承受地動加速度gal記錄）

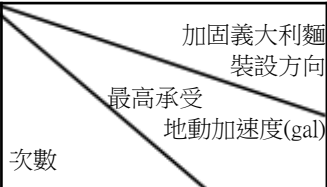
	右上左下	左上右下	交叉	對照組
第一次	1160	1015	720	195
第二次	1360	840	670	215
第三次	1020	995	730	205

表4-5 加固義大利麵裝設方向對抗震建築所造成的影響（以義大利麵斷裂及位移數量記錄）

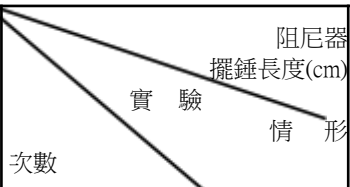
	右上左下	左上右下	交叉	對照組
第一次	剩一樓	剩一樓	剩一、二樓	全垮
第二次	二樓倒塌	右邊倒塌	三樓歪斜	二樓只剩柱子
第三次	三樓墜落	二樓剩一半	加固義大利麵斷裂	剩地基

表4-6 加固義大利麵裝設方向對抗震建築所造成的影響（以義大利麵斷裂、加固義大利麵位移及一般義大利麵位移數量記錄）

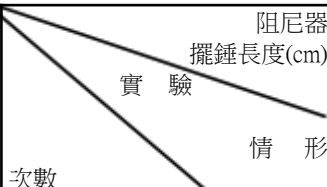
	右上左下			左上右下			交叉			對照組	
次數	斷裂	位移(加固)	位移(普通)	斷裂	位移(加固)	位移(普通)	斷裂	位移(加固)	位移(普通)	斷裂	位移
第一次	8	6	14	7	7	9	14	5	11	9	23
第二次	9	5	13	5	8	8	14	6	10	6	12
第三次	8	6	15	6	6	10	15	4	11	11	21
總平均	8.3	5.7	14.0	6.0	7.0	9.0	14.3	5.0	10.7	8.7	18.7

表4-7 阻尼器擺錘長度對制震建築所造成的影響（以最高承受地動加速度gal記錄）

表4-8 阻尼器擺錘長度對制震建築所造成的影響（以房屋倒塌情形記錄）

表4-9 阻尼器擺錘長度對制震建築所造成的影響（以義大利麵斷裂及位移數量記錄）[illegible]

第一次	6	5	10	10	7	13	8	18	7	14	9	18	10	19	10	21	6	9	10	19	11	8	10	9	9	23
第二次	5	6	8	11	7	12	7	15	8	15	10	17	8	15	11	21	7	7	11	18	10	8	9	10	6	12
第三次	5	5	11	9	8	14	9	17	6	14	9	19	8	18	9	20	5	11	10	20	11	8	12	10	11	21
總平均	5.3	5.3	9.7	10.0	7.3	13.0	8.0	16.7	7.0	14.3	9.3	18.0	8.7	17.3	10.0	20.7	6.0	9.0	10.3	19.0	10.7	8.0	10.3	9.7	8.7	18.7

實驗四：阻尼器擺錘重量對制震建築所造成的影響

表4-10 阻尼器擺錘重量對制震建築所造成的影響（以最高承受地動加速度gal記錄）

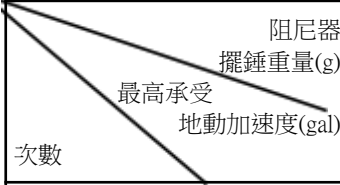
	10	30	50	100	對照組
第一次	340	465	330	165	195
第二次	350	455	325	155	215
第三次	320	450	340	160	205

表4-11 阻尼器擺錘重量對制震建築所造成的影響（以房屋倒塌情形記錄）

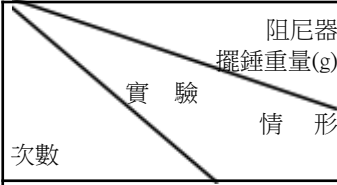
	10	30	50	100	對照組
第一次	墜毀	向左倒塌	嚴重歪斜	剩地基	全垮
第二次	單邊柱子斷裂	剩兩根柱子	砧碼墜落	全垮	二樓只剩柱子
第三次	剩縱向義大利麵	嚴重歪斜	嚴重斷裂	剩地基	剩地基

表4-12 阻尼器擺錘重量對制震建築所造成的影響（以義大利麵斷裂及位移數量記錄）

次數	義大利麵 斷裂、位移數量 阻尼器 擺錘重量(g)	10		30		50		100		對照組	
		斷裂	位移	斷裂	位移	斷裂	位移	斷裂	位移	斷裂	位移
第一次		9	14	6	9	5	14	11	24	9	23
第二次		6	15	7	7	3	15	15	27	6	12
第三次		8	18	5	11	8	17	13	25	11	21
總平均		7.7	15.7	6.0	9.0	5.3	15.3	13.0	25.3	8.7	18.7

實驗五：免震墊材質對免震建築所造成的影響

表4-13 免震墊材質對免震建築所造成的影響（以最高承受地動加速度gal記錄）

次數	最高承受 地動加速度(gal) 免震墊 材質	彈簧	橡膠墊	海棉	彈珠	史萊姆	黏土塊	對照組
第一次		300	160	700	500	550	850	195
第二次		250	150	850	500	600	800	215
第三次		275	160	800	450	600	900	205

表4-14免震墊材質對免震建築所造成的影響（以房屋倒塌情形記錄）

次數	實驗 情形 免震墊 材質	彈簧	橡膠墊	海棉	彈珠	史萊姆	黏土塊	對照組
第一次		只剩地基	側邊倒塌	嚴重傾斜	未倒塌， 部分錯位	三樓墜落	兩面牆受 損	全垮
第二次		部分倒塌	無倒塌， 骨架幾乎 錯位	部分地基 損壞，主 要柱子斷 裂，房屋 成L型	幾乎倒塌	僅錯位	三面牆二 樓以上受 損	二樓只剩 柱子
第三次		只剩基地	只剩一邊 未倒塌	柱子全數 斷裂，二	倒塌一半	二樓骨架 嚴重斷裂	牆面嚴重 受損	剩地基

			樓以上墜落				
--	--	--	-------	--	--	--	--

表4-15免震墊材質對免震建築所造成的影響（以義大利麵斷裂及位移數量記錄）

次數	免震墊材質 義大利麵斷裂、位移數量	彈簧		橡膠墊		海棉		彈珠		史萊姆		黏土塊		對照組	
		斷裂	位移	斷裂	位移	斷裂	位移	斷裂	位移	斷裂	位移	斷裂	位移	斷裂	位移
第一次		10	23	6	18	3	15	0	6	6	12	0	4	9	23
第二次		9	18	0	23	10	21	9	17	0	6	1	5	6	12
第三次		11	23	7	27	10	19	8	14	3	6	7	13	11	21
總平均		10.0	21.3	4.3	22.7	7.6	18.3	5.7	12.3	3.0	8.0	2.7	7.3	8.7	18.7

實驗六：免震墊數量對免震建築所造成的影響

表4-16 免震墊數量對免震建築所造成的影響（以最高承受地動加速度gal記錄）

次數	免震墊數量(個)	最高承受地動加速度(gal)	0	4	9	16	25
第一次			195	775	310	445	510
第二次			215	805	315	375	515
第三次			205	840	305	395	520

表4-17 免震墊數量對免震建築所造成的影響（以房屋倒塌情形記錄）

次數	免震墊數量(個)	實驗情形	0	4	9	16	25
第一次			全垮	剩一樓	剩地基	三樓倒塌	剩地基
第二次			二樓只剩柱子	剩一樓	剩半層樓	嚴重歪斜	剩半邊

第三次	剩地基	二樓倒一半	剩柱子	剩一樓	全垮
-----	-----	-------	-----	-----	----

表4-18 免震墊數量對免震建築所造成的影響（以義大利麵斷裂及位移數量記錄）

次數	免震墊 數量(個) 義大利麵 斷裂、位移數量	4		9		16		25		0	
		斷裂	位移	斷裂	位移	斷裂	位移	斷裂	位移	斷裂	位移
第一次		6	11	7	10	10	14	7	8	9	23
第二次		5	11	6	11	6	12	8	7	6	12
第三次		5	10	6	10	8	14	8	8	11	21
總平均		5.3	10.7	6.3	10.3	8.0	13.3	7.7	7.7	8.7	18.7

伍、討論

一、加固義大利麵數量對抗震建築所造成的影響

由表4-1、4-2、4-3可知兩組加固義大利麵比一組加固義大利麵承受最高地動加速度多大約200gal，所以推測較多的加固義大利麵能讓房屋更加穩固。

二、加固義大利麵裝設方向對抗震建築所造成的影響

由表4-4、4-5、4-6可知裝設方向由上左下和左上右下最高承受的地動加速度差異不大，但交叉因為少了房屋左右兩側之加固義大利麵，造成無法承受前後晃動而倒塌，因此可推論，若四面都有加固，加固義大利麵裝設方向對房屋的穩固性沒有直接的影響。

三、阻尼器擺錘長度對制震建築所造成的影響

由表4-7、4-8、4-9可知房屋自然振動頻率(0.06)與擺錘頻率(0.602)成大約10倍之關係，因此可推論擺錘共振頻率與建築物相似的擺錘能有效的減少房屋晃動。

四、阻尼器擺錘重量對制震建築所造成的影響

由表4-10、4-11、4-12可知擺錘重量30g能最有效的減少地震的能量，其次是10g和50g，因此可推論較重的阻尼器能放大減少的能量，但若重量超出建築物可負荷的重量時，就容易將建築物壓垮。

五、免震墊材質對免震建築所造成的影響

由表4-13、4-14、4-15可知，海綿和黏土塊的隔震性較佳，其次是史萊姆和彈珠，因史萊姆太軟而讓建築物下沉而減少吸收隔絕的能量，彈珠則是因為會不斷滾動撞擊限定範圍而產生許多非原地震的能量，即便隔絕所有地震波，這些零星的能量也能造成建築物些微的損害。由此可推論彈性強、恢復性高的物品可大量隔絕地震波。

六、免震墊數量對免震建築所造成的影響

由表4-16、4-17、4-18可知4個免震墊吸收地震能量的效果最好，其次是25個，所以可以推論密度較低的免震墊能讓建築物有空間在搖晃時改變形狀來吸收能量，在密度較高時，會分散震波，減少對房屋的破壞，但也能推測，若密度太高，可能造成沒空間緩衝，無法吸收能量。

陸、結論

綜合以上討論的各點，加固的方向雖然不會影響地震造成的破壞，但是必須建築物的每一面都裝設，才能達到最佳效能，增加加固的義大利麵數量可幫助主要梁柱抵擋地震的能量。單擺式的阻尼器擺錘長度若與建築物自然晃動頻率呈倍數關係，並在建築物可負荷之範圍內提高重量，增加阻尼力，即可減少建築物晃動。免震墊必須選用彈性高、恢復性強的材質，並且給予足夠的空間緩衝能量，即可達到最高的能量吸收。所以在設計建築時，可以針對需求適時增加加固裝置的數量，提高房屋可負荷的重量，盡量增加擺錘重量，並採用搖晃頻率與建築物相近的擺錘，且搭配免震墊使用，即可達到更加的防震效果。

柒、參考文獻

搖一搖，天崩地裂（白玫瑰、吳庭亞、陳宇芹、蘇曉馨，2012）

感震防盜門鎖的可行性探討（蘇冠宇、李泳箴、翁嫚妮、吳岱恩、翁維德、高瑩珊，2021）

義大利麵屋結構測試（取自台南市教育局，2010）

地動山不搖—隔震裝置在建築物之應用與探究（劉芊妤、歐東霖、吳奕廷，2021）

抗震大作戰—建築結構耐震研究（邱垂青、黃毓棠、楊智宇、江采蓮，2004）

耐震、減震、隔震？一次搞懂建築耐震原理！（國家實驗研究院）

日本的地震強度怎麼認定？建築物的耐震工法又有哪些？這裡一次告訴你（台灣三井不動產，2022）

我家耐震嗎？一次看懂RC、SC、SRC建築結構，瞭解房屋耐震度！（住商不動產房屋）

油壓阻尼器在超高大樓的抗風減振應用（國家地震工程研究中心）

大地震後餘震不斷，建築隔震、減震原理一次看（科技新報，2024）

3震名詞霧煞煞~什麼是:耐震/制震/隔震?（自由村）