

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

佳作

080509

「震」「筋」危坐居安思危—強「筋」健骨的重要性

學校名稱：桃園市桃園區文山國民小學

作者：	指導老師：
小五 張廷翊	許榆庭
小五 許育齊	王意馨
小五 廖俐嘉	
小五 李羽棠	
小五 蔡睿唐	
小五 郭育愷	

關鍵詞： 箍筋、震度、地震模擬器

摘要

台灣位於環太平洋地震帶上，「向地震學習」是避免再一次發生重大地震災害的不二法門。1999 年的 921 集集大地震中，有三分之一的房屋倒塌。2016 年的美濃地震造成了台南維冠大樓倒塌。2024 年 4 月 3 日的大地震中，有兩棟三角窗建築在幾秒內瞬間倒塌。本實驗主要以三種箍筋以及我們自行研發的一筆柱中柱箍筋進行評估，並利用我們自製的地震模擬器，測試不同箍筋的研究成果。我們發現傳統箍筋最不穩固，一筆箍筋排名第二，柱中柱箍筋排名第三，而我們研發的一筆柱中柱箍筋最為堅固，合理的建築設計與抗震結構至關重要。

壹、前言

一、研究動機













2024 年 0403 大地震，我們所居住的縣市有史以來第一次超過 5 級的大地震。我們周遭有許多高樓大廈，但並非所有大樓都有良好的抗震結構。我們認為地震造成房屋的倒塌，既是「天災卻又是人禍」，為了避免房屋倒塌，造成人民的生命財產安全，所以想來深入探討地震與建築的糾纏，讓人類能與大自然和平共處。

我們在自然課中，4 下學到「地表的動與靜」了解到強烈的地震會改變地表樣貌，也可能造成建築物的傾斜、倒塌，危害我們的安全，5 下學習了「力與運動」一課，發現地震原來也是一種「能量的釋放」，又學習關於「大地的奧秘」臺灣經常出現豪雨、颱風、地震等，都可能使地表環境發生嚴重災害，我們學校附近有很多新建案，觀察到不是每個建案都有標榜防震功法，而標榜防震功法又有分**鋼筋混凝土（RC）**、**鋼骨鋼筋混凝土（SRC）**與**鋼骨混凝土（SC）**，參考之前科展的報告，發現並沒有對「箍筋」這個主題的深入研究，所以我們找尋資料，發現**原來不同防震功法在「箍筋」的設計上不同**。經由這些訊息與知識，我們燃起了對防震的好奇心，決定學以致用，利用學習到知識，並在生活中尋找材料、提出假設，經過一次次的改良、一次次的實驗，找出穩固且安全的建築結構與原理。

二、研究目的

- （一）、瞭解現有各種防震建築物箍筋的類型。
- （二）、研究較好的防震結構。
- （三）、利用鐵絲製作箍筋，探究四種箍筋，對地震 1~7 級的耐震程度。
- （四）、探究不同箍筋數量，在 1~3 樓的建築物上，對震度 1~7 級耐震的影響。
- （五）、設計、研發、製作、改善、測試箍筋效果評測。

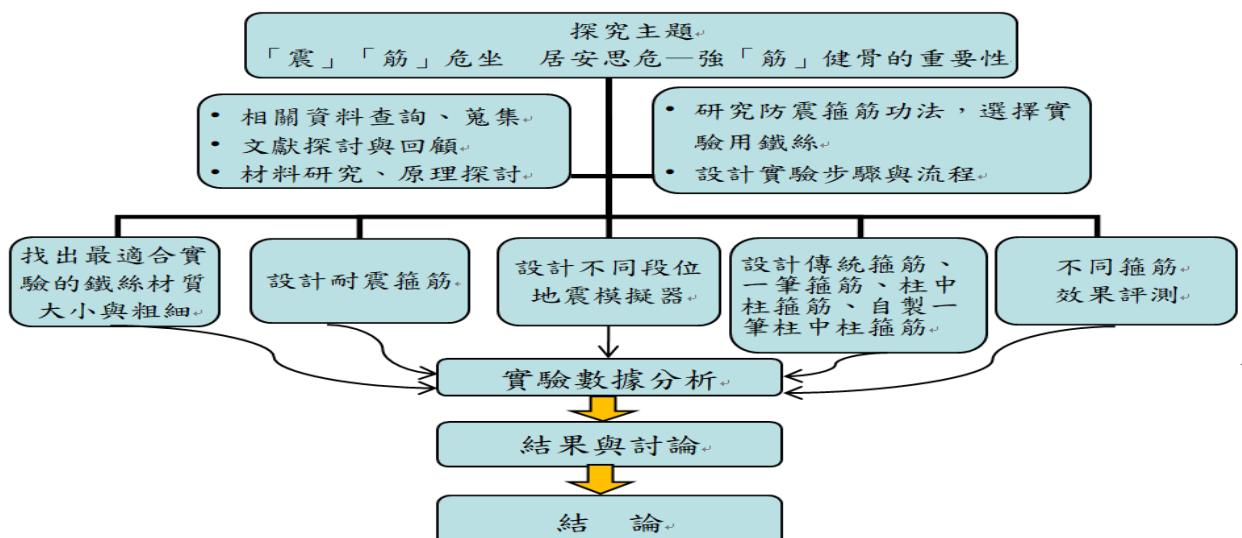
貳、研究設備及器材

			
螺帽與華司	18 號鐵絲	牙條	紙板
			
銅套	紅墨水與量杯	尖嘴鉗與工具	黏土
			
平板-地震檢測 app	各類文具用品	鑽洞工具	數位精密秤

(以上圖片作者自行拍攝)

參、研究過程或方法

一、研究流程



二、實驗過程與方法

(一)箍筋的選用

1. 我們用 4 種箍筋為一筆箍筋、傳統箍筋、柱中柱箍筋以及我們研發的「一筆柱中柱」箍筋，而我們使用的是 18 號鐵絲，以尖嘴鉗彎折加工並以紙膠帶纏繞固定而成。每一種箍筋各有其特點，我們透過地震實驗，來觀察這四種箍筋的穩定性如何。

2. 自製設計箍筋：

- (1) 了解柱中柱優點：韌性較佳，可延後崩塌時間，延長逃生時間，具有「鋼骨鋼筋混凝土結構」柱之特性與優點。
- (2) 了解一筆箍筋優點：一筆成形，更為穩固耐用。
- (3) 結合一筆箍筋與柱中柱箍筋，設計成「一筆柱中柱」箍筋。

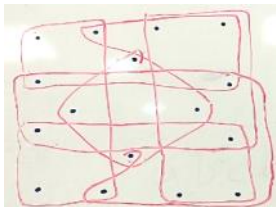


圖 1：設計圖(作者自行拍攝)



圖 2：成型箍筋(作者自行拍攝)

3. 透過文獻觀察及多次的模擬實驗,我們將透過箍筋數量越多寡來分析建築穩定性。

(二)主筋的選擇

1. 從觀察及測試，發現竹筷並不穩固，所以需要更堅固且穩定的材料，仔細思考後決定更改為牙條，牙條為 23 公分。
2. 為了將第一層樓的牙條與第二層樓的牙條固定，決定將牙條之間以銅套來固定。

(三)地震模擬器製作 (圖 3~6 作者自行拍攝)

1. 我們參考：自製簡易結構的地震模擬器
震動台主體部分：

- (1) 69.5 cm x 34.5cm 的木板 1 塊
- (2) 30 cm x 34.5cm 的木板 2 塊
- (3) 45.5cm x 2.5cm 的細木條

2. 主要電機材料如下：

往復機、馬達、直流馬達調速器

主要電工材料如下：螺母、華司、滑軌、螺絲與彈簧。

完成圖如圖 6。



圖 3：振動台下板圖



圖 4：振動台上板圖



圖 5：P 波馬達器



圖 6 自製地震模擬

3. P 波實驗測試：我們使用自製 P 波地震模擬器測試，發現不管測試任何箍筋及樓層，數據變動都不大，只有在震度 4 級時，有些許的變化之外，其他震度都差不多，P 波為上下震動，測試後發現震度不大，因為 P 波震動幅度不明顯，所以向 S 波進行更深入的研究。



單位 \ 級	1	2	3	4	5 弱	5 強	6 弱	6 強	7
MAX	0.92	2.48	2.16	3.6	3.47	3.5	4.43	4.23	4.82
AVG	0.25	0.27	0.6	0.8	0.98	1.8	1.13	1.24	1.44

地震模擬器地震震度換算表(單位 m/s^2)

圖 7：S 波測試（本圖作者自行拍攝）

4. 經由我們的實驗，因 1~3 級測試震動幅度差異不大，因版面空間有限，故不呈現 1~3 級測試震動幅度之表格於報告中，僅於折線圖內呈現。

5. 在建築物的頂端放置量杯，觀察液體晃動能達到最高的刻度以「ml」為單位表示。



（本圖作者自行拍攝）

圖 8：液體晃動達到最高的刻度「ml」為單位表示

(四)實驗探究 1：分別測試 4 種箍筋，1~3 層樓，震度 1~7 級，每層固定 3 個箍筋比較

【實驗一】1 層樓固定 3 個箍筋

實驗目的：使用不同箍筋，樓層為一層，並觀察每一個震度的 S 波的搖晃程度。

使用物品：自製地震模擬器、多個箍筋、多個 1 公克的黏土、鐵尺、量杯、一層樓(牙條、螺帽、銅套、華司)、50cc 的水、紅色色素滴劑。

1. 實驗中的變因：

(1)操縱變因：級數、4 種箍筋比較

(2)控制變因：固定黏土重量、測試時間 10 秒鐘、50cc 的水。

2. 實驗步驟：

第一步驟：將 50cc 的水加入紅色色素滴劑變成紅色液體。

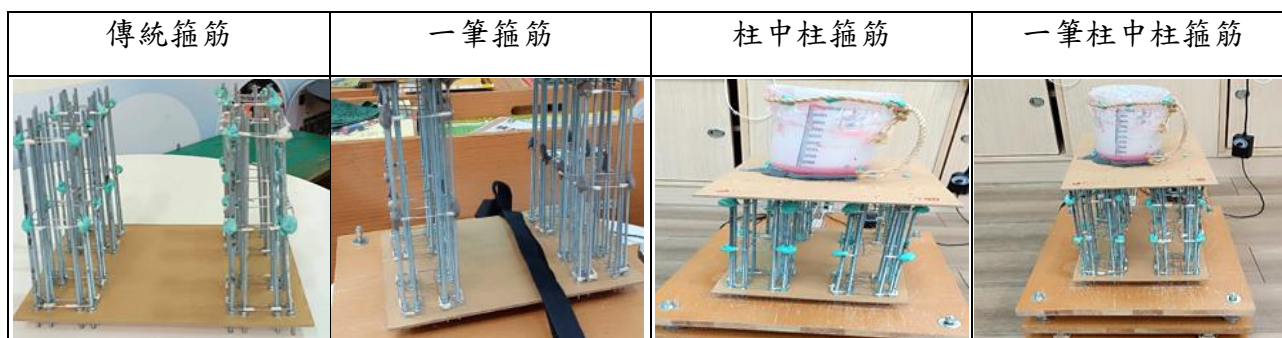
第二步驟：一層樓有四組主筋，將三個一筆箍筋套上一組主筋，兩箍筋之間需間隔 11 公分，並在四角落用 1 公克的黏土固定，依序完成四組主筋，接著放上樓板。

第三步驟：將裝有 50cc 的紅色液體量杯放於樓板上中間的位置。

第四步驟：準備就緒後，最後將其放上地震模擬器，進行測試並錄影記錄。

3. 注意事項：（以下圖片為作者自行拍攝）

- (1) 在操作過程中，每種級數測試 10 秒鐘。
- (2) 以水位晃動的最高點為記錄依據。



4. 紀錄：

(4) 分別 4 種不同箍筋，一層樓放 3 個箍筋，震度四級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	85	80	75	90	75	80	80	90	85	85	82.5
一筆箍筋	65	75	75	80	80	75	80	65	70	85	75
柱中柱	85	65	75	75	65	70	65	80	70	75	72.5
一筆柱中柱	55	75	60	70	80	65	75	85	65	55	68.5

(5) 分別 4 種不同箍筋，一層樓放 3 個箍筋，震度五弱級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	105	120	95	110	125	105	130	115	120	130	115.5
一筆箍筋	105	100	125	100	120	125	115	110	110	115	112.5
柱中柱	100	110	115	100	105	120	100	115	100	100	106.5
一筆柱中柱	100	110	95	90	110	110	100	90	95	105	100.5

(6) 分別 4 種不同箍筋，一層樓放 3 個箍筋，震度五強級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	110	115	135	140	120	135	100	120	105	130	121
一筆箍筋	100	120	125	135	115	125	105	100	120	125	117
柱中柱	90	100	95	100	105	110	120	125	90	100	103.5
一筆柱中柱	90	90	110	115	90	110	85	100	100	115	100.5

(7) 分別 4 種不同箍筋，一層樓放 3 個箍筋，震度六弱級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	150	150	140	145	135	155	140	135	155	150	145.5
一筆箍筋	145	135	135	130	140	140	145	140	150	145	140.5
柱中柱	135	125	130	145	115	120	130	140	135	130	130.5
一筆柱中柱	130	140	125	130	115	125	130	135	125	120	127.5

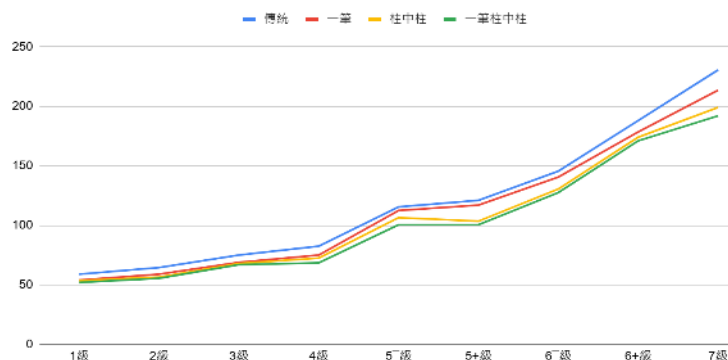
(8) 分別 4 種不同箍筋，一層樓放 3 個箍筋，震度六強級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	170	190	175	180	185	210	175	190	210	195	170
一筆箍筋	170	185	180	175	185	200	170	175	170	175	170
柱中柱	175	170	165	180	185	175	185	165	170	170	175
一筆柱中柱	175	165	180	170	175	160	175	165	170	175	175

(9) 分別 4 種不同箍筋，一層樓放 3 個箍筋，震度七級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	190	265	270	220	230	245	225	230	195	235	230.5
一筆箍筋	175	185	200	195	190	250	230	245	235	230	213.5
柱中柱	180	190	185	195	190	200	205	220	210	215	199
一筆柱中柱	180	200	185	215	190	185	205	175	190	195	192

5. 發現：將 1~7 級震度測試平均，畫出折線圖，如下圖（圖表為作者自行製作）



縱軸單位為 ml/橫軸單位為震度級數
(以下實驗探究折線圖，皆以此為單位。)

發現：一筆柱中柱的水位起伏一直都十分和緩，不像其它箍筋水位波動很大。尤其是傳統箍筋，7 級水位高度甚至在 230.5。而一筆柱中柱 7 級水位高度只有到 192，是最穩定的。

6. 討論：依據以上的實驗我們可以發現一筆柱中柱是最穩固的而傳統箍筋是最容易倒塌。而傳統箍筋是比較早研發出來的箍筋；一筆柱中柱是新研發出來的箍筋。

【實驗二】2層樓固定3個箍筋

實驗目的：使用不同箍筋，樓層為二層，並觀察每一個震度的S波的搖晃程度。

使用物品：自製地震模擬器、多個箍筋、多個1公克的黏土、鐵尺、量杯、一層樓(牙條、螺帽、銅套、華司)、100cc的水、紅色色素滴劑。

1. 實驗中的變因：

(1)操縱變因：4種箍筋比較

(2)控制變因：固定黏土重量、測試時間10秒鐘、100cc的水。

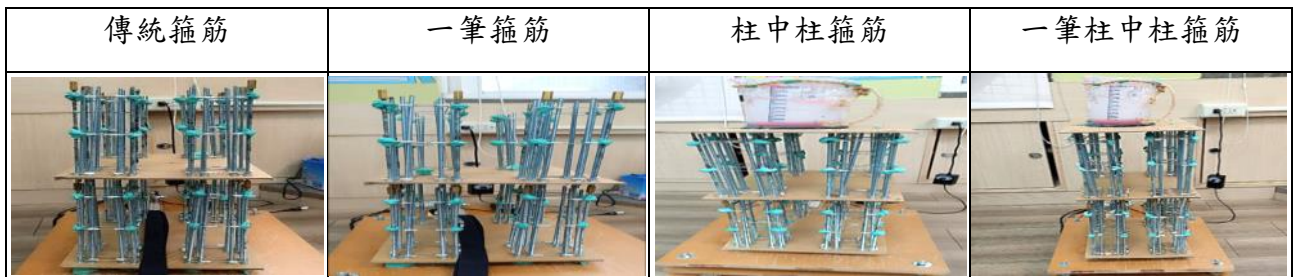
2. 實驗步驟：

與實驗一的步驟一樣，但在第三步驟：將裝有100cc的紅色液體量杯放於樓板上中間的位置。

3. 注意事項：（以下圖片作者自行拍攝）

(1)在操作過程中，每種級數測試10秒鐘。

(2)以水位晃動的最高點為記錄依據。



4. 紀錄：

(4)分別4種不同箍筋，二層樓放3個箍筋，震度四級(單位:ml)

實驗順序	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	第6次	第7次	第8次	第9次	第10次	平均
箍筋總類	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
傳統箍筋	360	420	435	465	375	410	405	380	395	390	403.5
一筆箍筋	360	230	450	315	395	410	430	345	400	375	371
柱中柱	305	280	305	325	400	430	325	355	290	365	338
一筆柱中柱	280	340	355	400	365	350	265	270	245	345	321.5

(5)分別4種不同箍筋，二層樓放3個箍筋，震度五弱級(單位:ml)

實驗順序	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	第6次	第7次	第8次	第9次	第10次	平均
箍筋總類	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
傳統箍筋	600	550	590	560	575	530	610	595	605	530	559.5
一筆箍筋	605	565	575	510	520	555	570	600	540	580	550.5
柱中柱	535	555	520	545	550	590	585	595	600	570	544
一筆柱中柱	495	485	515	540	505	570	560	585	590	540	530.5

(6)分別4種不同箍筋，二層樓放3個箍筋，震度五強級(單位:ml)

實驗順序	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	第6次	第7次	第8次	第9次	第10次	平均
箍筋總類	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
傳統箍筋	560	540	560	580	540	575	545	560	565	575	560
一筆箍筋	550	540	565	550	545	560	550	570	535	550	551.5
柱中柱	560	520	535	550	545	560	555	540	560	545	547
一筆柱中柱	540	505	515	520	530	575	560	570	565	540	542

(7)分別4種不同箍筋，二層樓放3個箍筋，震度六弱級(單位:ml)

實驗順序	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	第6次	第7次	第8次	第9次	第10次	平均
箍筋總類	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
傳統箍筋	555	565	560	625	570	575	600	540	565	555	571
一筆箍筋	550	545	565	570	530	545	605	570	605	550	563.5
柱中柱	560	560	600	550	540	540	610	540	560	545	560.5
一筆柱中柱	540	580	555	520	550	530	600	540	560	565	554

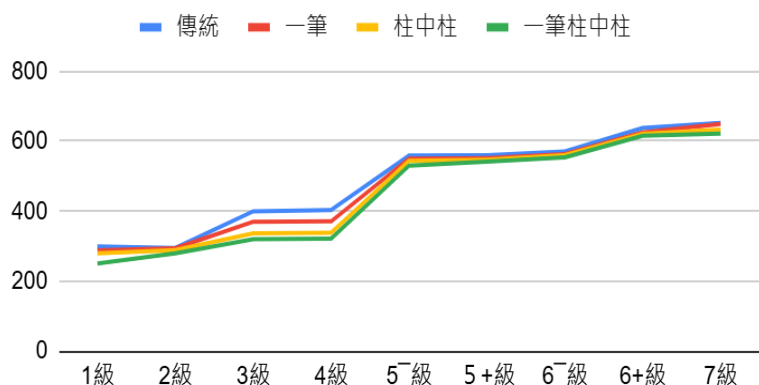
(8)分別4種不同箍筋，二層樓放3個箍筋，震度六強級(單位:ml)

實驗順序	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	第6次	第7次	第8次	第9次	第10次	平均
箍筋總類	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
傳統箍筋	615	575	695	630	615	645	650	670	640	645	638
一筆箍筋	605	610	585	590	625	630	640	670	645	650	625
柱中柱	630	600	645	670	590	595	585	605	650	645	621.5
一筆柱中柱	585	635	595	590	605	615	610	620	655	650	616

(9)分別4種不同箍筋，二層樓放3個箍筋，震度七強級(單位:ml)

實驗順序	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	第6次	第7次	第8次	第9次	第10次	平均
箍筋總類	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
傳統箍筋	615	600	680	680	690	645	650	670	650	645	652.5
一筆箍筋	625	610	660	640	625	630	640	670	645	650	650
柱中柱	630	600	645	670	665	630	600	605	650	645	634
一筆柱中柱	640	635	605	590	605	615	610	620	655	650	622.5

5. 發現：將 1~7 級震度測試平均，畫出折線圖，如下圖(圖表為作者自行製作)



發現：這次實驗我們發現傳統箍筋和一筆箍筋的水位高度在 2 級時幾乎重疊；而一筆柱中柱和柱中柱的水位高度也幾乎重疊，在 6-時 4 種箍筋幾乎重疊。

6. 討論：這這次實驗我們發現在二層樓實驗時，4 種箍筋的耐震度差不多，但傳統箍筋仍是耐震度最差的；而一筆柱中柱仍是耐震度最好的。

【實驗三】3 層樓固定 3 個箍筋

實驗目的：使用不同箍筋，樓層為三層，並觀察每一個震度的 S 波的搖晃程度。

使用物品：自製地震模擬器、多個箍筋、多個 1 公克的黏土、鐵尺、量杯、一層樓(牙條、螺帽、銅套、華司)、100cc 的水、紅色色素滴劑。

1. 實驗中的變因：

(1) 操縱變因：4 種箍筋比較

(2) 控制變因：固定黏土重量、測試時間 10 秒鐘、100cc 的水。

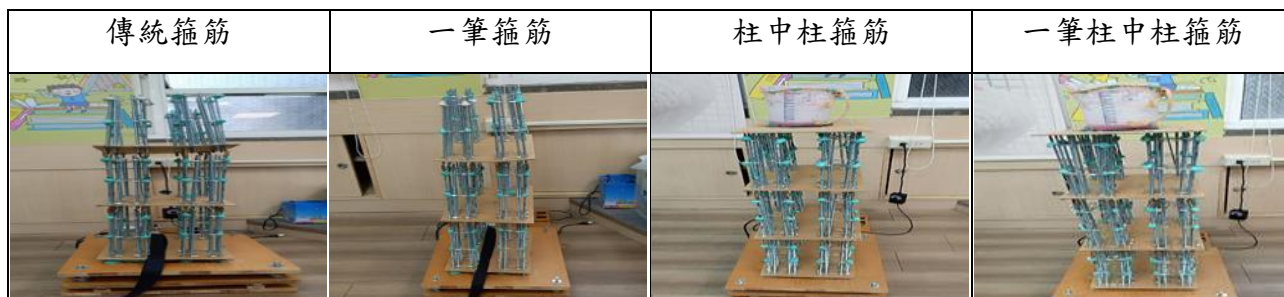
2. 實驗步驟：

與實驗一的步驟一樣，但在第三步驟：將裝有 100cc 的紅色液體量杯放於樓板上中間的位置。

3. 注意事項：(以下圖片作者自行拍攝)

(1) 在操作過程中，每種級數測試 10 秒鐘。

(2) 以水位晃動的最高點為記錄依據。



4. 紀錄：

(4) 分別 4 種不同箍筋，三層樓放 3 個箍筋，震度四級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	530	580	530	530	570	530	520	545	530	560	542
一筆箍筋	520	530	575	545	520	510	510	510	520	590	539.5
柱中柱	510	490	560	530	510	575	505	450	565	525	521
一筆柱中柱	505	515	540	505	550	480	530	490	540	495	515.5

(5) 分別 4 種不同箍筋，三層樓放 3 個箍筋，震度五弱級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	555	565	540	545	570	550	575	580	565	550	574.5
一筆箍筋	540	570	570	565	530	545	555	550	540	540	562
柱中柱	540	525	530	570	535	560	550	555	540	535	564.5
一筆柱中柱	495	540	565	570	530	515	500	510	525	555	538.5

(6) 分別 4 種不同箍筋，三層樓放 3 個箍筋，震度五強級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	605	585	580	560	595	580	570	545	600	615	583.5
一筆箍筋	600	520	540	575	610	605	585	590	570	595	579
柱中柱	605	595	565	540	570	560	530	580	575	525	564.5
一筆柱中柱	540	545	530	545	560	530	525	540	560	550	542.5

(7) 分別 4 種不同箍筋，三層樓放 3 個箍筋，震度六弱級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	885	895	800	865	800	985	955	940	950	795	887
一筆箍筋	805	790	820	830	855	860	870	850	845	875	840
柱中柱	860	750	765	780	790	740	755	830	860	990	812
一筆柱中柱	760	745	760	730	715	705	805	880	790	860	775

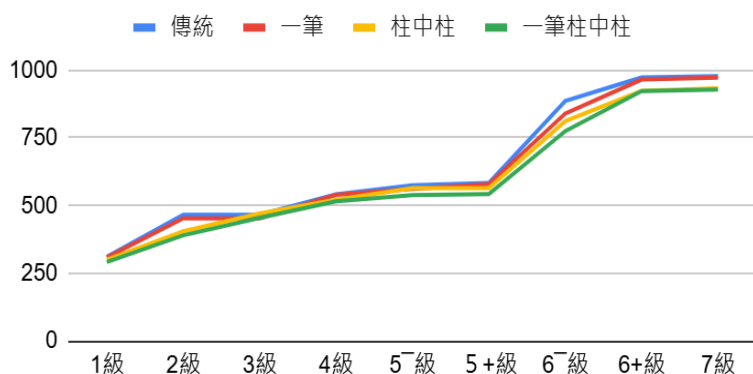
(8) 分別 4 種不同箍筋，三層樓放 3 個箍筋，震度六強級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	955	945	1000	1000	950	965	970	980	985	990	974
一筆箍筋	900	1000	945	970	975	980	960	965	975	990	966
柱中柱	975	900	890	900	980	970	955	925	870	880	924.5
一筆柱中柱	955	905	930	925	915	890	945	950	935	885	923.5

(9) 分別 4 種不同箍筋，三層樓放 3 個箍筋，震度七級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	970	980	985	975	965	995	990	965	960	1000	978.5
一筆箍筋	950	955	960	965	990	970	980	990	995	975	973
柱中柱	910	905	915	925	920	945	940	965	930	985	934
一筆柱中柱	905	900	935	955	895	890	910	940	975	980	928.5

5. 發現：將 1~7 級震度測試平均，畫出折線圖，如下圖(圖表為作者自行製作)



發現：這次實驗我們發現傳統箍筋的幅度最大；一筆柱中柱的幅度最小，而在 4 和 5-時，4 種箍筋幾乎重疊。

6. 討論：

傳統箍筋的抗震力最差；一筆箍筋的抗震力第 2 差；柱中柱的抗震力第 3 差；一筆柱中柱的抗震力最好。傳統箍筋在 7 級時水位高度甚至在 987.5。

(五)實驗探究 2：分別測試 4 種箍筋，1~3 層樓，震度 1~7 級，每層固定 4 個箍筋比較

【實驗一】1 層樓固定 4 個箍筋

實驗目的：使用不同箍筋，樓層為一層，並觀察每一個震度的 S 波的搖晃程度。

使用物品：地震模擬器、多個箍筋、多個 1 公克的黏土、鐵尺、量杯、一層樓(牙條、螺帽、銅套、華司)、100cc 的水、紅色色素滴劑。

1. 實驗中的變因：

(1)操縱變因：4 種箍筋比較

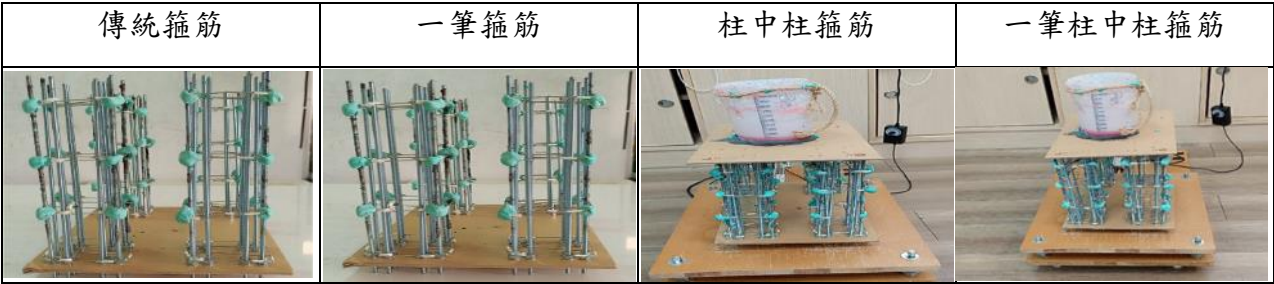
(2)控制變因：固定黏土重量、測試時間 10 秒鐘、100cc 的水。

2. 實驗步驟：

- 第一步驟：將 100cc 的水加入紅色色素滴劑變成紅色液體。
- 第二步驟：一層樓有四組主筋，將三個一筆箍筋套上一組主筋，兩箍筋之間需間隔 7 公分，並在四角落用 1 公克的黏土固定，依序完成四組主筋，接著放上樓板。
- 第三步驟：將裝有 100cc 的紅色液體量杯放於樓板上中間的位置。
- 第四步驟：準備就緒後，最後將其放上地震模擬器，進行測試並錄影記錄。

3. 注意事項：（以下圖片作者自行拍攝）

- (1) 過程中，每種級數測試 10 秒鐘。
- (2) 以水位晃動的最高點為記錄依據。



4. 紀錄：

(4) 分別 4 種不同箍筋，一層樓放 4 個箍筋，震度四級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	75	70	75	85	75	90	80	85	70	75	78
一筆箍筋	75	70	75	75	80	65	75	80	70	75	74
柱中柱	80	65	85	70	75	70	75	70	75	70	73.5
一筆柱中柱	70	65	70	65	75	65	80	75	65	70	70

(5) 分別 4 種不同箍筋，一層樓放 4 個箍筋，震度五弱級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125
一筆箍筋	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
柱中柱	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115
一筆柱中柱	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110

(6) 分別 4 種不同箍筋，一層樓放 4 個箍筋，震度五強級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	135	135	140	115	120	135	130	120	140	125	129.5
一筆箍筋	125	130	130	125	135	120	125	130	125	120	126.5
柱中柱	105	125	130	115	110	125	115	130	125	105	118.5
一筆柱中柱	115	120	105	125	120	110	115	125	115	115	116.5

(7) 分別 4 種不同箍筋，一層樓放 4 個箍筋，震度六弱級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	150	150	140	145	135	150	140	130	155	150	144.5
一筆箍筋	145	140	135	130	145	140	145	140	150	145	141.5
柱中柱	135	125	130	145	125	120	130	140	135	130	131.5
一筆柱中柱	130	140	125	130	115	125	130	135	130	120	128

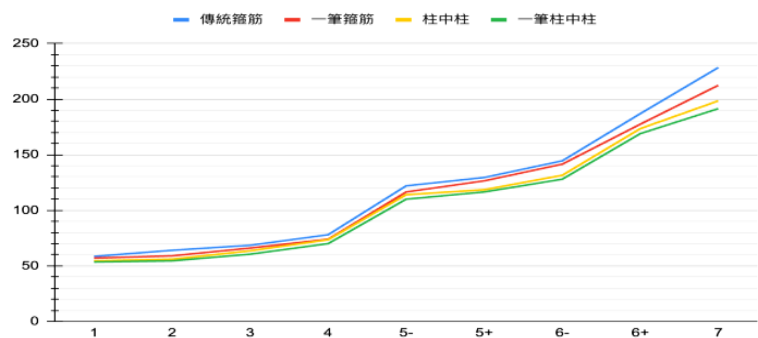
(8) 分別 4 種不同箍筋，一層樓放 4 個箍筋，震度六強級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	170	185	175	180	185	210	175	190	205	195	187
一筆箍筋	165	185	180	175	185	200	165	175	170	175	177.5
柱中柱	175	170	165	180	180	175	185	165	170	170	173.5
一筆柱中柱	175	165	165	170	175	160	170	165	170	175	169

(9) 分別 4 種不同箍筋，一層樓放 4 個箍筋，震度七級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	190	265	270	200	230	245	225	230	195	235	228.5
一筆箍筋	175	185	200	195	190	250	200	225	235	220	212.5
柱中柱	180	190	185	195	185	200	205	220	210	215	198.5
一筆柱中柱	180	200	185	210	190	185	205	175	190	195	191.5

5. 發現： 將 1~7 級震度測試平均，畫出折線圖，如下圖(圖表為作者自行製作)



發現：我發現所有箍筋在 4 級到 5 弱和 6 弱到 7 級有名顯的斷層，在一層樓中也還沒出現超過 250ml 的數據。然而在 4 級的時候 4 個箍筋的水位變化相近，但到了 7 級時，比較分散。

6. 討論：

目前在一層樓 4 個箍筋中，防震效果最佳是一筆柱中柱（最高點大約是 190ml 左右），第二名是柱中柱（最高點的大約 200ml 左右），第三名是一筆箍筋（最高點約 210ml 左右），最後一名是傳統箍筋（最高點約 230ml 左右），所有的箍筋數據最聚集的地方都在 4 級以前，代表在 4 級以下的地震不管是住在什麼用箍筋的房屋大致上都不會有太大的危險，但從 4 級開始住在傳統箍筋的房子就會不太安全。

【實驗二】2 層樓固定 4 個箍筋

實驗目的：使用不同箍筋，樓層為二層，並觀察每一個震度的 S 波的搖晃程度。

使用物品：地震模擬器、多個箍筋、多個 1 公克的黏土、鐵尺、量杯、一層樓(牙條、螺帽、銅套、華司)、100cc 的水、紅色色素滴劑。

1. 實驗中的變因：

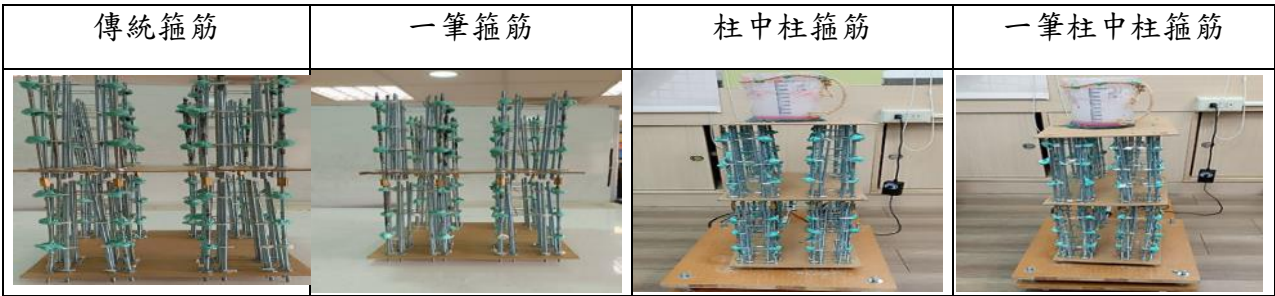
(1)操縱變因：4 種箍筋比較 (2)控制變因：固定黏土重量、測試時間 10 秒鐘、100cc 的水。

2. 實驗步驟：

與實驗一的步驟一樣，但在第三步驟：將裝有 100cc 的紅色液體量杯放於樓板上中間的位置。

3. 注意事項：（以下圖片作者自行拍攝）

- (1) 在操作過程中，每種級數測試 10 秒鐘。
- (2) 以水位晃動的最高點為記錄依據。



4. 紀錄：

(4) 分別 4 種不同箍筋，二層樓放 4 個箍筋，震度四級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次
傳統箍筋	400	420	435	465	375	370	385	380	395	415	404
一筆箍筋	360	305	450	315	375	410	430	345	355	375	372
柱中柱	405	280	305	325	400	430	325	355	415	410	365
一筆柱中柱	280	340	355	400	365	350	375	360	355	305	348.5

(5) 分別 4 種不同箍筋，二層樓放 4 個箍筋，震度五弱級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次
傳統箍筋	555	565	540	545	570	540	575	580	565	535	557
一筆箍筋	535	555	570	565	530	545	555	550	530	540	547.5
柱中柱	540	525	510	570	535	550	550	555	540	505	538
一筆柱中柱	495	530	565	570	530	515	500	510	525	535	527.5

(6) 分別 4 種不同箍筋，二層樓放 4 個箍筋，震度五強級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次
傳統箍筋	555	540	560	580	540	575	545	560	565	575	559.5
一筆箍筋	550	540	565	510	545	560	555	570	535	550	548
柱中柱	560	520	535	550	545	560	525	540	560	545	544
一筆柱中柱	540	545	530	520	560	530	525	540	560	550	540

(7) 分別 4 種不同箍筋，二層樓放 4 個箍筋，震度六弱級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次
傳統箍筋	555	545	560	625	570	575	600	540	565	555	569
一筆箍筋	550	545	555	570	530	545	605	570	605	550	562.5
柱中柱	560	560	600	550	540	535	610	540	560	545	560
一筆柱中柱	540	580	555	520	550	530	600	540	560	565	554

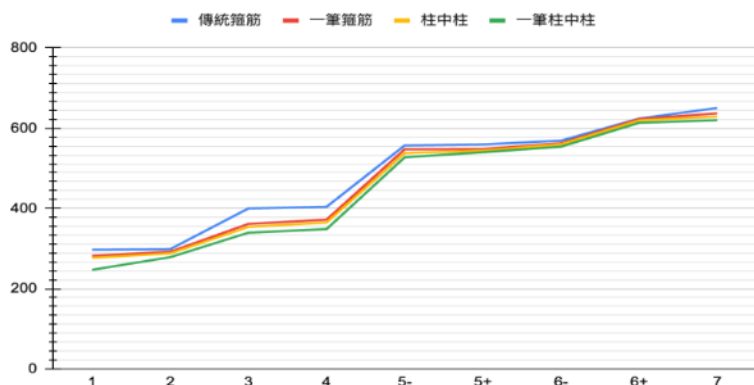
(8) 分別 4 種不同箍筋，二層樓放 4 個箍筋，震度六強級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
傳統箍筋	615	575	580	625	615	645	630	670	640	645	624
一筆箍筋	605	610	585	590	615	630	640	670	645	640	623
柱中柱	630	600	645	650	590	595	585	605	650	645	619.5
一筆柱中柱	585	610	595	590	605	615	610	620	655	650	613.5

(9) 分別 4 種不同箍筋，二層樓放 4 個箍筋，震度七級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
傳統箍筋	615	600	680	680	690	645	650	670	630	645	650.5
一筆箍筋	625	610	660	640	620	630	640	650	645	650	637
柱中柱	630	600	610	670	650	630	600	605	650	645	629
一筆柱中柱	640	635	600	590	605	615	610	620	655	630	620

5. 發現：將 1~7 級震度測試平均，畫出折線圖，如下圖(圖表為作者自行製作)



發現：傳統箍筋到 4 級到 5 時有一個大斷層，在 6 到 6+ 時，所有箍筋都同步上升，貼得很近。從 5 開始起伏緩了些，所以在地震中，5 以上的震度都差不多的「強」！

6. 討論：

在二層樓 4 個箍筋中，雖然最高點都差不多，但是稍微看得出來防震效果最佳仍是一筆柱中柱（最高點大約是 610ml 左右），第二名是柱中柱（最高點 615ml 左右），第三名是一筆箍筋（最高點其實也和柱中柱的最高點差不多），最後一名當然是傳統箍筋（最高點大約是 620ml 左右）。

【實驗三】3 層樓固定 4 個箍筋

實驗目的：使用不同箍筋，樓層為三層，並觀察每個震度的 S 波的搖晃程度。

使用物品：地震模擬器、多個箍筋、多個 1 公克的黏土、鐵尺、量杯、一層樓(牙條、螺帽、銅套、華司)、100cc 的水、紅色色素滴劑。

1. 實驗中的變因：

(1) 操縱變因：4 種箍筋比較 (2) 控制變因：固定黏土重量、測試時間 10 秒鐘、100cc 的水。

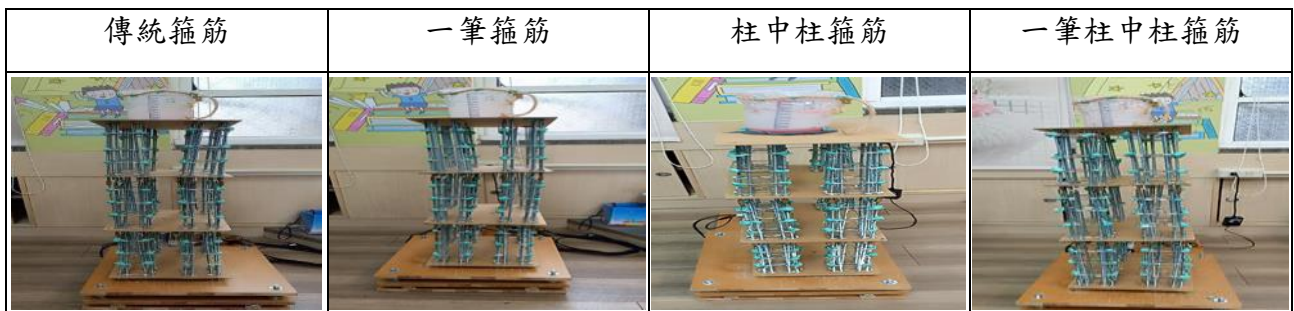
2. 實驗步驟：

與實驗一的步驟一樣，但在第三步驟：將裝有 100cc 的紅色液體量杯放於樓板上中間的位置。

3. 注意事項：（以下圖片作者自行拍攝）

(1) 在操作過程中，每種級數測試 10 秒鐘。

(2) 以水位晃動的最高點為記錄依據。



4. 紀錄：

(4) 分別 4 種不同箍筋，三層樓放 4 個箍筋，震度四級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	530	580	530	530	570	530	515	530	530	560	540.5
一筆箍筋	520	530	510	545	520	510	575	510	520	590	533
柱中柱	510	490	560	530	510	575	495	450	565	510	519.5
一筆柱中柱	505	515	540	485	550	480	535	490	540	495	513.5

(5) 分別 4 種不同箍筋，三層樓放 4 個箍筋，震度五弱級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	600	550	585	560	575	530	610	595	605	530	574
一筆箍筋	600	565	575	510	520	560	570	600	590	580	567
柱中柱	535	495	520	510	500	590	585	575	600	570	548
一筆柱中柱	495	485	515	540	505	570	560	550	590	540	535

(6) 分別 4 種不同箍筋，三層樓放 4 個箍筋，震度五強級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	605	585	580	560	580	580	570	545	600	615	582
一筆箍筋	600	520	540	565	610	605	585	590	570	595	578
柱中柱	605	570	565	540	570	560	530	580	575	525	562
一筆柱中柱	540	505	515	520	530	570	560	570	565	540	541.5

(7) 分別 4 種不同箍筋，三層樓放 4 個箍筋，震度六弱級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	885	870	800	865	800	985	1000	940	950	795	889
一筆箍筋	750	790	820	830	855	860	870	850	845	860	833
柱中柱	860	750	765	780	790	740	755	830	860	880	801
一筆柱中柱	760	745	760	730	715	705	805	875	790	860	774.5

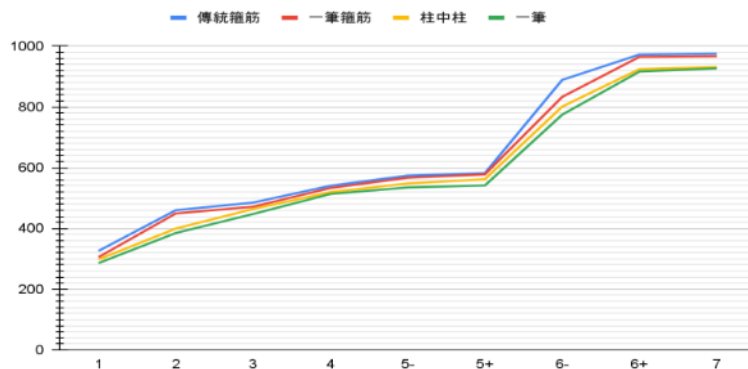
(8) 分別 4 種不同箍筋，三層樓放 4 個箍筋，震度六強級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	955	945	1000	990	950	965	970	975	985	990	972.5
一筆箍筋	900	1000	945	970	975	980	960	965	965	990	965
柱中柱	975	900	890	900	940	970	955	965	870	880	924.5
一筆柱中柱	890	905	905	925	915	890	965	950	935	885	916.5

(9) 分別 4 種不同箍筋，三層樓放 4 個箍筋，震度七級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	970	980	985	945	965	995	990	965	960	1000	975.5
一筆箍筋	950	955	960	965	945	970	980	975	995	975	967
柱中柱	910	905	915	925	920	945	915	965	930	985	931.5
一筆柱中柱	905	900	935	955	895	890	910	940	975	965	927

5. 發現： 將 1~7 級震度測試平均，畫出折線圖，如下圖(圖表為作者自行製作)



發現：數據有明顯的高低落差，傳統箍筋在與其他三個箍筋有明顯的分散這次的數據最高點竟然快要到達 1000，在終點 (6+到 7 級)傳統箍筋和一筆箍筋竟然重疊，柱中柱和一筆柱中柱也重疊了。

6. 討論：這次的三層樓四個箍筋數據中的每一級的起伏跟差距都很大目前在三層樓 4 個箍筋中，第一名一筆柱中柱(最高點大約 930 左右)，第二名是柱中柱(最高點和第一名差不多)，第三名是一筆箍(最高點大約 970 左右)最後一名則是傳統箍筋(最高點大約 980 左右)。

(六)實驗探究 3： 分別測試 4 種箍筋，1~3 層樓，震度 1~7 級，每層固定 5 個箍筋比較

【實驗一】1 層樓固定 5 個箍筋

實驗目的：使用不同箍筋，樓層為一層，並觀察每一個震度的 S 波的搖晃程度。

使用物品：地震模擬器、多個箍筋、多個 1 公克的黏土、鐵尺、量杯、一層樓(牙條、螺帽、銅套、華司)、100cc 的水、紅色色素滴劑。

1. 實驗中的變因：

(1)操縱變因：4 種箍筋比較

(2)控制變因：固定黏土重量、測試時間 10 秒鐘、100cc 的水。

2. 實驗步驟：

第一步驟：將 100cc 的水加入紅色色素滴劑變成紅色液體。

第二步驟：一層樓有四組主筋，將三個一筆箍筋套上一組主筋，兩箍筋之間需間隔 6 公分，並在四角落用 1 公克的黏土固定，依序完成四組主筋，接著放上樓板。

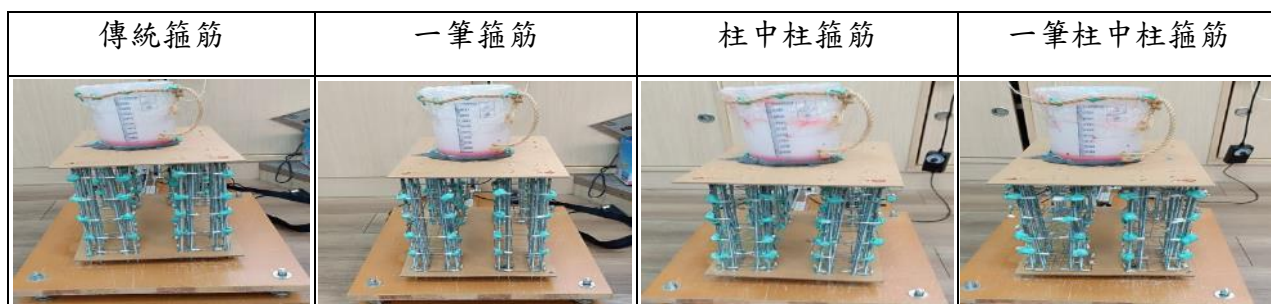
第三步驟：將裝有 100cc 的紅色液體量杯放於樓板上中間的位置。

第四步驟：準備就緒後，最後將其放上地震模擬器，進行測試並錄影記錄。

3. 注意事項：（以下圖片作者自行拍攝）

(1) 在操作過程中，每種級數測試 10 秒鐘。

(2) 以水位晃動的最高點為記錄依據。



4. 紀錄：

(4) 分別 4 種不同箍筋，一層樓放 5 個箍筋，震度四級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	85	85	95	80	95	90	120	100	105	95	95
一筆箍筋	85	75	105	70	110	85	80	100	90	95	89.5
柱中柱	75	80	105	100	95	100	80	70	75	85	86.5
一筆柱中柱	85	75	70	90	70	100	80	90	75	95	83

(5) 分別 4 種不同箍筋，一層樓放 5 個箍筋，震度五弱級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	125	100	115	105	125	120	130	125	115	125	118.5
一筆箍筋	100	100	100	110	100	105	110	115	110	105	105.5
柱中柱	100	105	110	115	105	90	100	95	100	110	103
一筆柱中柱	85	100	105	70	95	100	90	100	95	100	94

(6) 分別 4 種不同箍筋，一層樓放 5 個箍筋，震度五強級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	105	135	130	120	125	125	100	130	110	120	120
一筆箍筋	105	100	120	105	115	100	105	100	125	120	109.5
柱中柱	95	105	100	105	100	100	115	100	120	95	103.5
一筆柱中柱	100	100	95	100	95	100	90	105	100	100	98.5

(7) 分別 4 種不同箍筋，一層樓放 5 個箍筋，震度六弱級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	130	120	125	120	125	125	120	130	120	120	123.5
一筆箍筋	120	110	115	110	120	115	115	120	110	120	115.5
柱中柱	105	110	115	105	105	110	115	110	105	110	109
一筆柱中柱	100	110	105	110	115	100	105	110	115	100	107

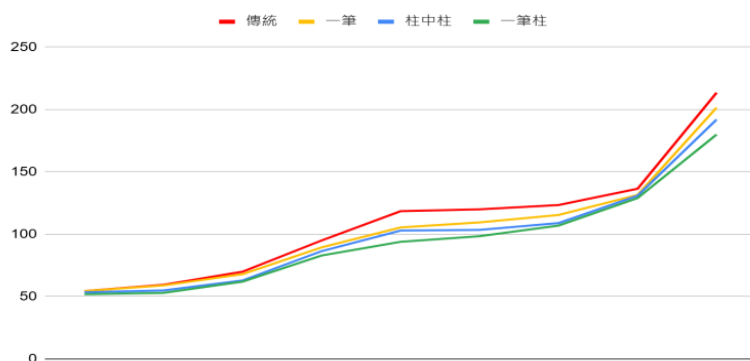
(8) 分別 4 種不同箍筋，一層樓放 5 個箍筋，震度六強級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	125	135	140	135	155	140	125	120	150	140	136.5
一筆箍筋	150	125	135	120	115	125	120	135	140	150	131.5
柱中柱	135	120	130	125	120	150	125	145	140	120	131
一筆柱中柱	120	115	135	130	145	130	145	125	120	125	129

(9) 分別 4 種不同箍筋，一層樓放 5 個箍筋，震度七級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	200	190	195	190	205	200	235	245	240	235	213.5
一筆箍筋	220	175	180	190	185	230	205	215	220	195	201.5
柱中柱	195	170	185	195	180	165	195	210	205	220	192
一筆柱中柱	170	185	190	185	175	210	180	160	210	135	180

5.發現： 將 1~7 級震度測試平均，畫出折線圖，如下圖(圖表為作者自行製作)



發現:一樓的震度較為弱，目前在 1、2、3 級時較為集中，而在 5+、6~7 級時較為分散，而在 1、2、3 級時較為相近。目前看來一筆住中柱和柱中柱防震較佳，而一筆箍筋表現比傳統箍筋好。

6.討論：傳統箍筋為最後一名(最高點:213.5)在 6+、7 級時有著強烈的上升，而成為第三名的是一筆箍筋(最高點:201.5)同樣在 6+和 7 級時也有稍微上升，第二名是柱中柱(最高點:192)和一筆柱中柱很相近(幾乎黏在一起)但在 5-時水位變高了後來又慢慢跟回一筆柱中柱的步伐第一名是一筆柱中柱，以全程來說一筆柱中柱完全沒有太大的起伏，總而言之防震性最好的就是一筆柱中柱，傳統箍筋耐震度最差。

【實驗二】2 層樓固定 5 個箍筋

實驗目的：使用不同箍筋，樓層為二層，並觀察每一個震度的 S 波的搖晃程度。

使用物品：自製地震模擬器、多個箍筋、多個 1 公克的黏土、鐵尺、量杯、一層樓(牙條、螺帽、銅套、華司)、100cc 的水、紅色色素滴劑。

1. 實驗中的變因：

(1)操縱變因：4 種箍筋比較 (2)控制變因：固定黏土重量、測試時間 10 秒鐘、100cc 的水。

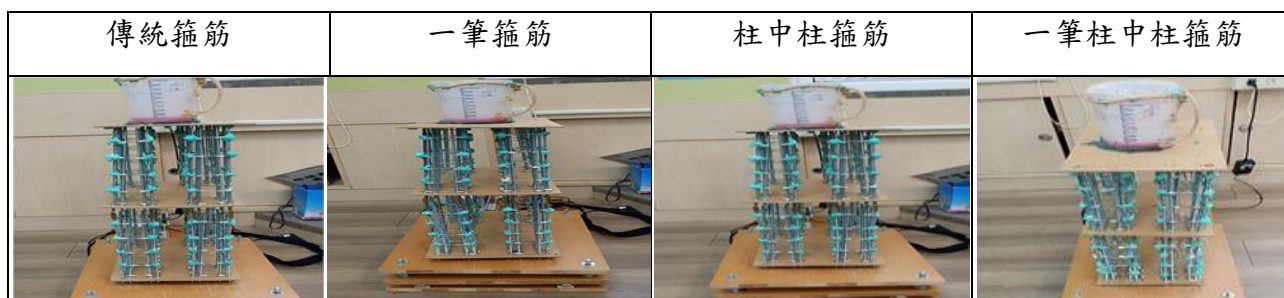
2. 實驗步驟：

與實驗一的步驟一樣，但在第三步驟：將裝有 100cc 的紅色液體量杯放於樓板上中間的位置。

3. 注意事項：（以下圖片作者自行拍攝）

(1) 在操作過程中，每種級數測試 10 秒鐘。

(2) 以水位晃動的最高點為記錄依據。



4. 紀錄：

(4) 分別 4 種不同箍筋，二層樓放 5 個箍筋，震度四級(單位:ml)

實驗順序	第 1	第 2	第 3	第 4	第 5	第 6	第 7	第 8	第 9	第 10	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	360	420	425	465	375	370	385	380	395	415	399
一筆箍筋	360	355	450	300	425	410	430	345	355	375	380.5
柱中柱	350	405	305	325	400	415	325	355	360	350	359
一筆柱中柱	350	340	355	400	325	350	365	270	385	220	336

(5) 分別 4 種不同箍筋，二層樓放 5 個箍筋，震度五弱級(單位:ml)

實驗順序	第 1	第 2	第 3	第 4	第 5	第 6	第 7	第 8	第 9	第 10	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	555	540	560	580	540	575	545	560	565	560	558
一筆箍筋	520	555	570	555	530	545	555	550	540	530	545
柱中柱	540	525	510	570	535	510	550	555	540	505	534
一筆柱中柱	495	530	550	570	530	515	500	510	525	535	526

(6) 分別 4 種不同箍筋，二層樓放 5 個箍筋，震度五強級(單位:ml)

實驗順序	第 1	第 2	第 3	第 4	第 5	第 6	第 7	第 8	第 9	第 10	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	540	555	610	545	570	540	575	580	565	535	561.5
一筆箍筋	550	545	565	510	530	560	550	570	535	550	546.5
柱中柱	560	520	525	550	545	560	525	540	560	545	543
一筆柱中柱	540	525	530	520	560	530	525	540	560	550	538

(7) 分別 4 種不同箍筋，二層樓放 5 個箍筋，震度六弱級(單位:ml)

實驗順序	第 1	第 2	第 3	第 4	第 5	第 6	第 7	第 8	第 9	第 10	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	555	545	560	625	570	575	600	540	555	555	568
一筆箍筋	550	545	555	570	530	545	605	555	605	550	561
柱中柱	560	560	600	540	540	535	610	540	560	545	559
一筆柱中柱	540	580	555	520	550	525	600	540	560	565	553.5

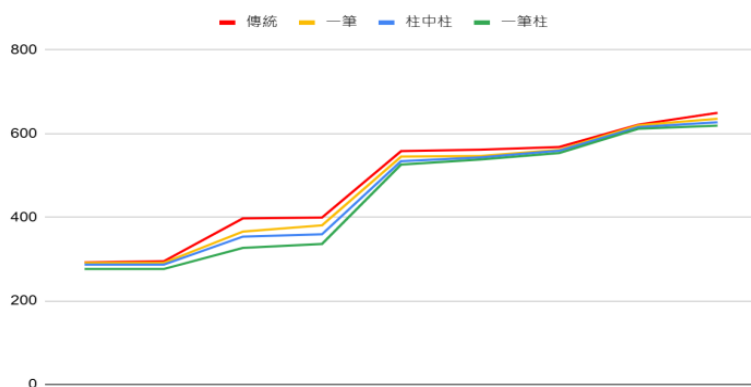
(8) 分別 4 種不同箍筋，二層樓放 5 個箍筋，震度六強級(單位:ml)

實驗順序	第 1	第 2	第 3	第 4	第 5	第 6	第 7	第 8	第 9	第 10	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	615	575	580	625	615	645	630	670	640	620	621.5
一筆箍筋	595	610	585	590	615	630	640	670	645	620	620
柱中柱	630	600	645	650	590	595	585	605	650	605	615.5
一筆柱中柱	585	590	595	590	605	615	610	620	655	650	611.5

(9) 分別 4 種不同箍筋，二層樓放 5 個箍筋，震度七級(單位:ml)

實驗順序	第 1	第 2	第 3	第 4	第 5	第 6	第 7	第 8	第 9	第 10	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	605	600	680	680	690	645	650	670	630	645	649.5
一筆箍筋	625	610	645	640	620	630	640	650	645	650	635.5
柱中柱	610	600	610	670	650	630	600	605	650	645	627
一筆柱中柱	640	625	600	590	605	615	610	620	655	630	619

5. 發現： 將 1~7 級震度測試平均，畫出折線圖，如下圖(圖表為作者自行製作)



發現:但二樓的水位高度和一樓正好相反，一樓是在 5+、6~7 級時較為分散，而二樓則是在 2、3、4 級時較為分散，在 7 級時有比較相近，二樓的水位比一樓的水位高上許多。

6. 結論：傳統箍筋依舊是墊底(最高點:649.5)在 2 級時水位有明顯升高，第三名是一筆箍筋(最高點:635.5)一樣在 2 級時水位有明顯升高，第二名是柱中柱(最高點:627)在 4 級時水位才明顯升高，而第一名仍是一筆柱中柱(最高點:619)整體是比較平靜的，改變不了其抗震性。

【實驗三】3 層樓固定 5 個箍筋

實驗目的：使用不同箍筋，樓層為三層，並觀察每一個震度的 S 波的搖晃程度。

使用物品：自製地震模擬器、多個箍筋、多個 1 公克的黏土、鐵尺、量杯、一層樓(牙條、螺帽、銅套、華司)、100cc 的水、紅色色素滴劑。

1. 實驗中的變因：

(1) 操縱變因：4 種箍筋比較 (2) 控制變因：固定黏土重量、測試時間 10 秒鐘、100cc 的水。

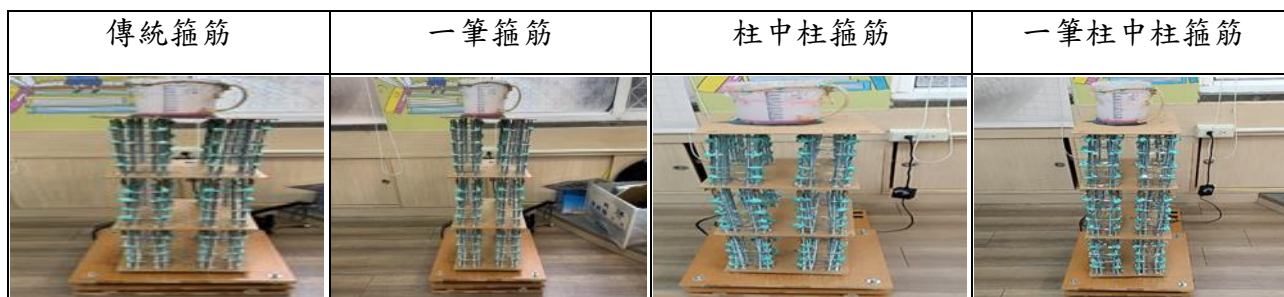
2. 實驗步驟：

與實驗一的步驟一樣，但在**第三步驟**：將裝有 100cc 的紅色液體量杯放於樓板上中間的位置。

3. 注意事項：（以下圖片作者自行拍攝）

(1) 在操作過程中，每種級數測試 10 秒鐘。

(2) 以水位晃動的最高點為記錄依據。



4. 紀錄：

(4) 分別 4 種不同箍筋，三層樓放 5 個箍筋，震度四級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	1 次	2 次	3 次	4 次	5 次	6 次	7 次	8 次	9 次	10 次	平均
傳統箍筋	530	580	530	530	545	530	515	530	530	560	538
一筆箍筋	520	530	510	565	520	510	575	510	520	590	535
柱中柱	510	485	560	530	510	575	495	450	565	510	519
一筆柱中柱	505	515	535	485	550	480	535	490	540	495	513

(5) 分別 4 種不同箍筋，三層樓放 5 個箍筋，震度五弱級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	1 次	2 次	3 次	4 次	5 次	6 次	7 次	8 次	9 次	10 次	平均
傳統箍筋	600	550	600	560	575	530	610	595	605	530	575.5
一筆箍筋	600	565	560	510	520	560	570	600	590	580	565.5
柱中柱	535	495	520	510	500	580	585	575	600	570	547
一筆柱中柱	495	485	515	540	490	570	560	550	590	540	533.5

(6) 分別 4 種不同箍筋，三層樓放 5 個箍筋，震度五強級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	1 次	2 次	3 次	4 次	5 次	6 次	7 次	8 次	9 次	10 次	平均
傳統箍筋	605	585	580	560	580	580	570	545	570	615	579
一筆箍筋	600	520	540	565	610	605	585	565	570	595	575.5
柱中柱	605	570	565	540	570	560	530	550	575	525	559
一筆柱中柱	540	505	515	520	530	570	560	560	565	540	540.5

(7) 分別 4 種不同箍筋，三層樓放 5 個箍筋，震度六弱級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	1 次	2 次	3 次	4 次	5 次	6 次	7 次	8 次	9 次	10 次	平均
傳統箍筋	605	585	580	560	580	580	570	545	570	615	579
一筆箍筋	600	520	540	565	610	605	585	565	570	595	575.5
柱中柱	605	570	565	540	570	560	530	550	575	525	559
一筆柱中柱	540	505	515	520	530	570	560	560	565	540	540.5

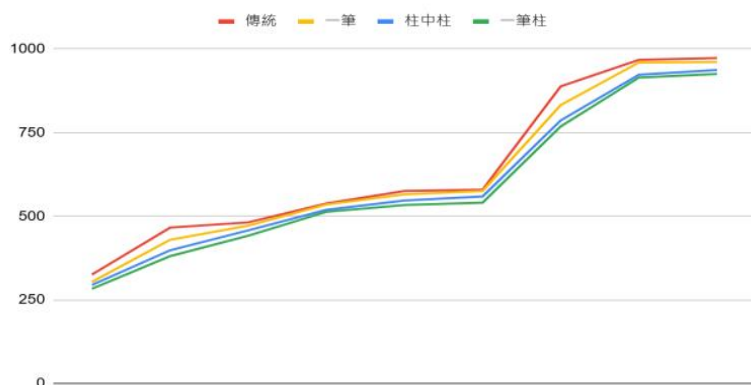
(8) 分別 4 種不同箍筋，三層樓放 5 個箍筋，震度六強級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	1 次	2 次	3 次	4 次	5 次	6 次	7 次	8 次	9 次	10 次	平均
傳統箍筋	955	945	1000	990	950	965	970	975	940	985	967.5
一筆箍筋	950	945	960	965	945	905	980	975	995	975	959.5
柱中柱	975	900	890	900	940	955	955	965	870	880	923
一筆柱中柱	890	905	905	925	915	890	945	950	935	885	914.5

(9) 分別 4 種不同箍筋，三層樓放 5 個箍筋，震度七級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	1 次	2 次	3 次	4 次	5 次	6 次	7 次	8 次	9 次	10 次	平均
傳統箍筋	945	980	985	945	965	995	990	965	960	1000	973
一筆箍筋	900	1000	945	970	975	940	960	965	965	990	961
柱中柱	910	895	980	925	920	945	915	965	930	985	937
一筆柱中柱	905	885	935	955	895	890	910	940	975	965	925.5

5. 發現： 將 1~7 級震度測試平均，畫出折線圖，如下圖(圖表為作者自行製作)



發現:三樓數據裡，比其他樓層起伏更多，在 2 級時一筆箍筋和傳統箍筋有個小起伏，三樓的數據最高點竟然快要到達 1000 了從 5+級到 6-級有一個大的斷層。

6. 結論：這次的三層樓 5 個箍筋數據中的每一級的起伏跟差距都很大目前在三層樓 5 個箍筋中，防震效果最佳這次有一些變動，第一名有是：一筆柱中柱（最高點大約 925.5）左右）雖然柱中柱和一筆柱中柱差了一些，所以我們希望大家都可以使用一筆柱中柱來建造房屋。

(七)實驗探究 4：分別測試 4 種箍筋，1~3 層樓，震度 1~7 級，每層固定 6 個箍筋比較

【實驗一】1 層樓固定 6 個箍筋

實驗目的：使用不同箍筋，樓層為一層，並觀察每一個震度的 S 波的搖晃程度。

使用物品：自製地震模擬器、多個箍筋、多個 1 公克的黏土、鐵尺、量杯、一層樓(牙條、螺帽、銅套、華司)、100cc 的水、紅色色素滴劑。

1. 實驗中的變因：

(1)操縱變因：4 種箍筋比較 (2)控制變因：固定黏土重量、測試時間 10 秒鐘、100cc 的水。

2. 實驗步驟：

第一步驟：將 100cc 的水加入紅色色素滴劑變成紅色液體。

第二步驟：一層樓有四組主筋，將三個一筆箍筋套上一組主筋，兩箍筋之間需間隔 5 公分，並在四角落用 1 公克的黏土固定，依序完成四組主筋，接著放上樓板。

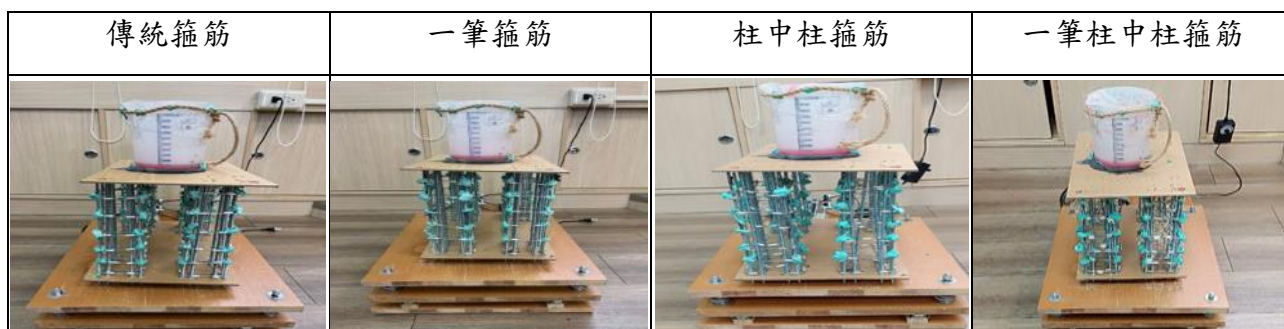
第三步驟：將裝有 100cc 的紅色液體量杯放於樓板上中間的位置。

第四步驟：準備就緒後，最後將其放上地震模擬器，進行測試並錄影記錄。

3. 注意事項：（以下圖片作者自行拍攝）

(1) 在操作過程中，每種級數測試 10 秒鐘。

(2) 以水位晃動的最高點為記錄依據。



4. 紀錄：

(4) 分別 4 種不同箍筋，一層樓放 6 個箍筋，震度四級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類											
傳統箍筋	85	85	95	80	95	90	120	100	100	95	94.5
一筆箍筋	85	75	105	70	110	85	80	100	90	90	89
柱中柱	75	80	100	100	95	100	80	70	75	85	86
一筆柱中柱	85	75	70	85	70	100	80	90	75	95	82.5

(5) 分別 4 種不同箍筋，一層樓放 6 個箍筋，震度五弱級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類											
傳統箍筋	115	100	120	105	125	120	130	125	115	125	118
一筆箍筋	100	100	120	100	100	105	110	115	110	105	106.5
柱中柱	95	105	95	100	100	105	100	95	100	110	100.5
一筆柱中柱	95	100	90	105	100	100	90	100	95	100	97.5

(6) 分別 4 種不同箍筋，一層樓放 6 個箍筋，震度五強級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	105	100	100	100	105	100	100	105	100	105	102
一筆箍筋	100	100	100	105	100	100	105	100	100	100	101
柱中柱	95	100	100	105	100	100	95	100	100	95	99
一筆柱中柱	100	100	95	90	95	100	90	105	100	100	97.5

(7) 分別 4 種不同箍筋，一層樓放 6 個箍筋，震度六弱級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	130	120	125	120	120	125	120	110	120	115	120.5
一筆箍筋	120	110	105	110	120	115	110	120	110	120	114
柱中柱	105	105	115	105	120	105	115	100	105	110	108.5
一筆柱中柱	100	110	100	110	110	100	105	110	115	100	106

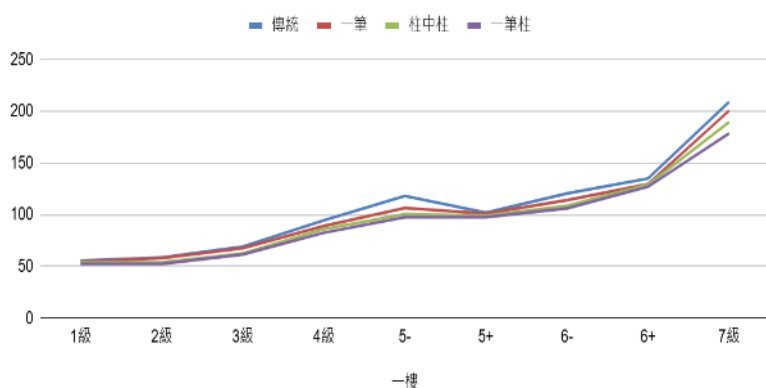
(8) 分別 4 種不同箍筋，一層樓放 6 個箍筋，震度六強級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	125	120	140	135	155	140	125	120	150	140	135
一筆箍筋	150	125	135	120	110	125	120	135	125	150	129.5
柱中柱	135	120	120	125	120	150	125	145	130	120	129
一筆柱中柱	120	120	125	130	130	130	145	125	120	125	127

(9) 分別 4 種不同箍筋，一層樓放 6 個箍筋，震度七級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	200	190	170	190	205	180	235	245	240	235	209
一筆箍筋	215	175	180	185	185	230	205	215	220	195	200.5
柱中柱	195	170	185	195	175	165	195	210	185	220	189.5
一筆柱中柱	170	130	190	170	175	210	190	160	205	185	178.5

5. 發現：將 1~7 級震度測試平均，畫出折線圖，如下圖(圖表為作者自行製作)



發現：由實驗結果可以驗證在 1 層樓時，震度越小各種箍筋的抗震程度並不明顯，可以看出一筆柱中柱的抗震效果在所有箍筋結構中效果稍佳，尤其在震度 7 級的狀態區隔較為明顯。

6. 討論：震度 5 弱前各箍筋在 1 樓搖晃的程度差異不大，5 弱後的各箍筋搖晃的程度展現些微的差異，震度越強，逐步展現各種箍筋的抗震程度，但整體的效果一直都是一筆柱中柱的抗震效果較為領先。

【實驗二】2 層樓固定 6 個箍筋

實驗目的：使用不同箍筋，樓層為二層，並觀察每一個震度的 S 波的搖晃程度。

使用物品：自製地震模擬器、多個箍筋、多個 1 公克的黏土、鐵尺、量杯、一層樓(牙條、螺帽、銅套、華司)、100cc 的水、紅色色素滴劑。

1. 實驗中的變因：

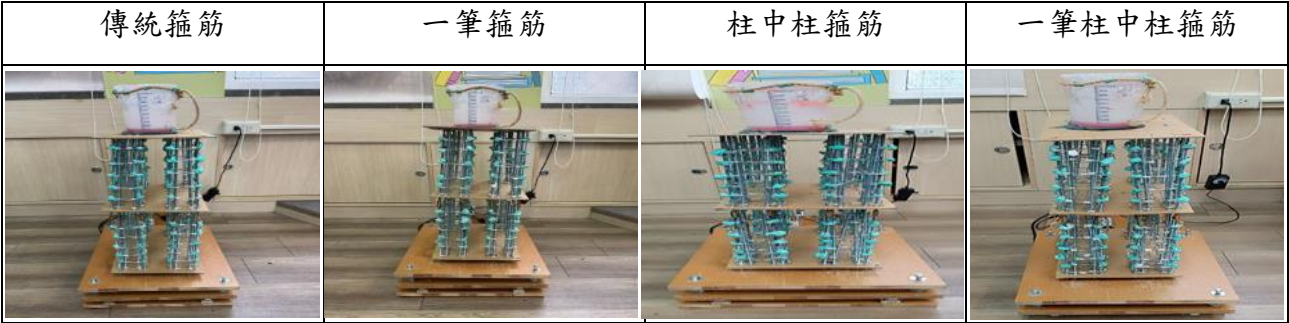
(1) 操縱變因：4 種箍筋比較 (2) 控制變因：固定黏土重量、測試時間 10 秒鐘、100cc 的水。

2. 實驗步驟：

與實驗一的步驟一樣，但在第三步驟：將裝有 100cc 的紅色液體量杯放於樓板上中間的位置。

3. 注意事項：（以下圖片作者自行拍攝）

- (1) 在操作過程中，每種級數測試 10 秒鐘。
- (2) 以水位晃動的最高點為記錄依據。



4. 紀錄：

(4) 分別 4 種不同箍筋，二層樓放 6 個箍筋，震度四級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次
傳統箍筋	530	580	530	530	545	495	515	530	530	560	534.5
一筆箍筋	520	530	510	540	520	510	575	510	520	590	532.5
柱中柱	510	485	495	530	510	575	495	450	565	510	512.5
一筆柱中柱	505	515	535	485	550	480	520	490	540	495	511.5

(5) 分別 4 種不同箍筋，二層樓放 6 個箍筋，震度五弱級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次
傳統箍筋	535	555	540	545	570	540	575	580	560	535	553.5
一筆箍筋	520	555	570	530	530	545	555	550	540	530	542.5
柱中柱	540	525	510	570	535	510	550	555	540	500	533.5
一筆柱中柱	495	530	540	570	530	515	500	510	525	535	525

(6) 分別 4 種不同箍筋，二層樓放 6 個箍筋，震度五強級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次
傳統箍筋	555	540	560	580	540	575	545	540	565	560	556
一筆箍筋	550	545	565	510	530	545	550	570	535	550	545
柱中柱	560	520	525	550	545	540	525	540	560	545	541
一筆柱中柱	540	525	530	520	560	530	525	540	560	535	536.5

(7) 分別 4 種不同箍筋，二層樓放 6 個箍筋，震度六弱級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次
傳統箍筋	555	540	560	580	540	575	545	540	565	560	556
一筆箍筋	550	545	565	510	530	545	550	570	535	550	545
柱中柱	560	520	525	550	545	540	525	540	560	545	541
一筆柱中柱	540	525	530	520	560	530	525	540	560	535	536.5

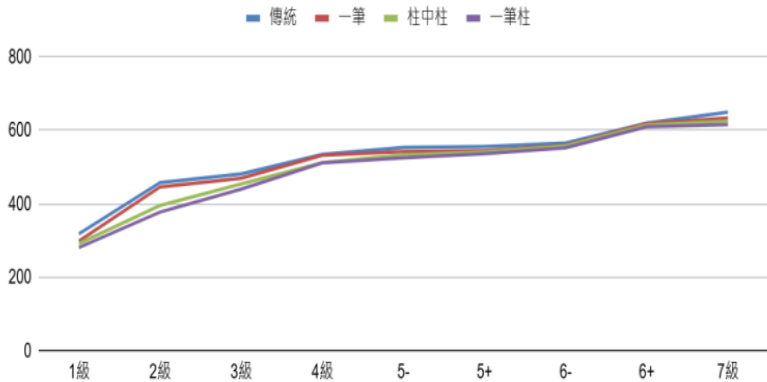
(8) 分別 4 種不同箍筋，二層樓放 6 個箍筋，震度六強級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次
傳統箍筋	615	575	580	625	615	630	630	670	640	620	620
一筆箍筋	595	610	585	590	615	615	640	670	645	620	618.5
柱中柱	630	600	635	650	590	595	585	605	650	605	614.5
一筆柱中柱	585	590	595	590	605	600	610	620	655	650	610

(9) 分別 4 種不同箍筋，二層樓放 6 個箍筋，震度七級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次
傳統箍筋	605	600	680	680	690	645	650	670	630	645	649.5
一筆箍筋	625	610	645	640	620	630	620	650	645	650	633.5
柱中柱	610	600	610	670	635	630	600	605	650	645	625.5
一筆柱中柱	640	625	600	600	605	615	610	620	610	630	615.5

5. 發現：將 1~7 級震度測試平均，畫出折線圖，如下圖(圖表為作者自行製作)



發現：震度 5-前各箍筋除了在 2 級震度下有稍微明顯的差距外，其他震度 5-後的各箍筋搖晃的程度展現些差異甚微，尤其是 1 層樓與 2 層樓在 5+ 及 6+ 的差異性都是最小的。

6. 討論：2 層樓的 1 級震度都比 1 層樓的 7 級震度高出許多，而 2 層樓 5 弱後的各箍筋搖晃的程度展現些差異甚微，可以看出所有箍筋結構的狀態在 2 層樓的效果大致相同，原在 1 樓表現稍佳的一筆柱中柱在 2 樓的實驗中仍然領先。

【實驗三】3層樓固定6個箍筋

實驗目的：使用不同箍筋，樓層為三層，並觀察每一個震度的S波的搖晃程度。

使用物品：自製地震模擬器、多個箍筋、多個1公克的黏土、鐵尺、量杯、一層樓(牙條、螺帽、銅套、華司)、100cc的水、紅色色素滴劑。

1. 實驗中的變因：

(1)操縱變因：4種箍筋比較 (2)控制變因：固定黏土重量、測試時間10秒鐘、100cc的水。

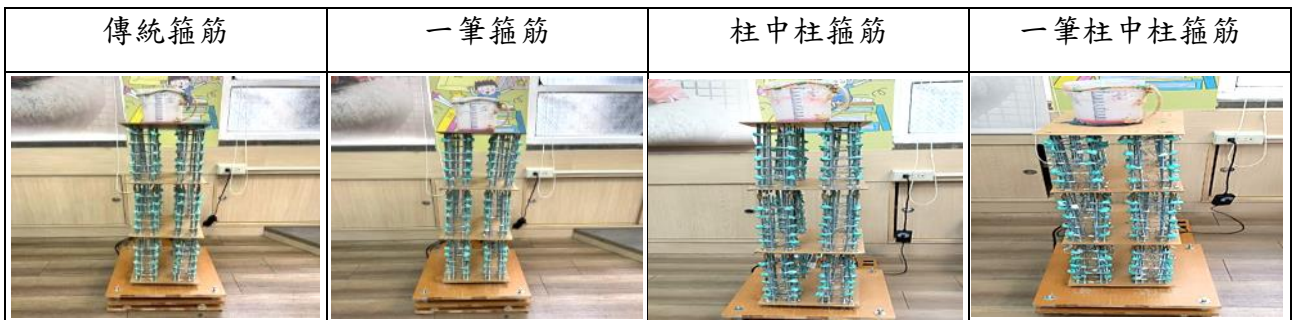
2. 實驗步驟：

與實驗一的步驟一樣，但在第三步驟：將裝有100cc的紅色液體量杯放於樓板上中間的位置。

3. 注意事項：（以下圖片作者自行拍攝）

(1) 在操作過程中，每種級數測試10秒鐘。

(2) 以水位晃動的最高點為記錄依據。



4. 紀錄：

(4) 分別4種不同箍筋，三層樓放6個箍筋，震度四級(單位:ml)

實驗順序	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	第6次	第7次	第8次	第9次	第10次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次
傳統箍筋	355	420	425	465	375	370	385	380	395	415	398.5
一筆箍筋	335	345	450	300	435	410	430	345	355	375	378
柱中柱	375	400	305	325	380	415	325	355	340	350	357
一筆柱中柱	300	340	355	400	325	350	340	330	375	310	342.5

(5) 分別4種不同箍筋，三層樓放6個箍筋，震度五弱級(單位:ml)

實驗順序	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	第6次	第7次	第8次	第9次	第10次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次
傳統箍筋	600	550	570	560	575	530	610	595	605	530	572.5
一筆箍筋	600	555	560	510	520	560	570	600	590	580	564.5
柱中柱	535	495	520	510	500	580	585	550	600	570	544.5
一筆柱中柱	495	485	515	540	490	570	560	550	575	540	532

(6) 分別4種不同箍筋，三層樓放6個箍筋，震度五強級(單位:ml)

實驗順序	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	第6次	第7次	第8次	第9次	第10次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次
傳統箍筋	605	570	580	560	580	580	570	545	570	615	577.5
一筆箍筋	600	520	540	565	610	605	585	565	565	595	575
柱中柱	605	570	565	540	540	560	530	550	575	525	556
一筆柱中柱	535	505	515	520	530	570	560	560	565	540	540

(7) 分別4種不同箍筋，三層樓放6個箍筋，震度六弱級(單位:ml)

實驗順序	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	第6次	第7次	第8次	第9次	第10次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次
傳統箍筋	885	870	800	865	800	935	990	940	950	795	883
一筆箍筋	750	785	820	830	855	860	870	850	845	845	831
柱中柱	860	750	765	740	790	740	755	830	860	880	797
一筆柱中柱	760	745	760	730	715	805	800	875	790	795	777.5

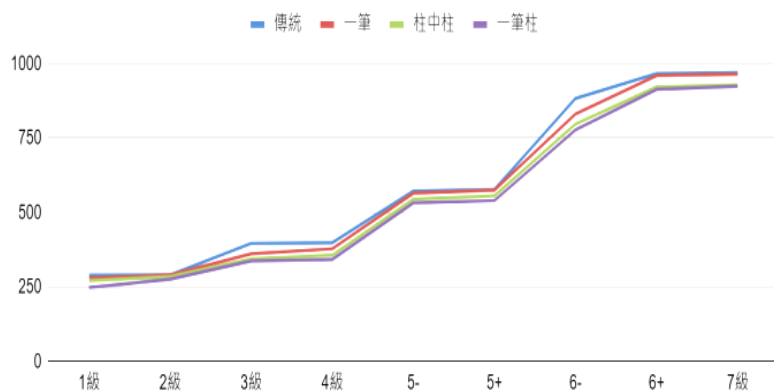
(8) 分別4種不同箍筋，三層樓放6個箍筋，震度六強級(單位:ml)

實驗順序	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	第6次	第7次	第8次	第9次	第10次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次
傳統箍筋	955	945	1000	980	950	965	970	975	940	985	966.5
一筆箍筋	900	1000	945	970	960	940	960	965	965	990	959.5
柱中柱	975	900	890	900	940	955	945	965	870	880	922
一筆柱中柱	890	905	905	925	900	890	945	950	935	885	913

(9) 分別4種不同箍筋，三層樓放6個箍筋，震度七級(單位:ml)

實驗順序	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	第6次	第7次	第8次	第9次	第10次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次
傳統箍筋	945	980	985	945	965	995	960	965	960	1000	970
一筆箍筋	950	945	960	965	945	955	980	975	995	975	964.5
柱中柱	910	895	915	925	920	925	915	965	930	985	928.5
一筆柱中柱	905	885	935	955	895	890	910	940	955	965	923.5

5. 發現：將 1~7 級震度測試平均，畫出折線圖，如下圖(圖表為作者自行製作)



發現：震度 4 以上各箍筋在 3 樓搖晃的程度出現較大落差，各箍筋搖晃的程度依著震度不同開始展現各箍筋的效果。且跟前 2 樓的實驗結果相比較，都在 5+及 6+的差異性是比較小的。

6. 討論：3 樓的震度在 5 弱前都比 2 樓的震度還要小，也就表示 2 樓居然比 3 樓還要搖晃，直到 5 弱強度後才開始比 2 樓的震度來得明顯，這個原因有可能是建築結構或是其他因素造成，需要再確認。

(八)實驗探究 5：分別測試 4 種箍筋，1~3 層樓，震度 1~7 級，每層固定 7 個箍筋比較

【實驗一】1 層樓固定 7 個箍筋

實驗目的：使用不同箍筋，樓層為一層，並觀察每一個震度的 S 波的搖晃程度。

使用物品：自製地震模擬器、多個箍筋、多個 1 公克的黏土、鐵尺、量杯、一層樓(牙條、螺帽、銅套、華司)、100cc 的水、紅色色素滴劑。

1. 實驗中的變因：

(1)操縱變因：4 種箍筋比較 (2)控制變因：固定黏土重量、測試時間 10 秒鐘、100cc 的水。

2. 實驗步驟：

第一步驟：將 100cc 的水加入紅色色素滴劑變成紅色液體。

第二步驟：一層樓有四組主筋，將三個一筆箍筋套上一組主筋，兩箍筋之間需間隔 4 公分，並在四角落用 1 公克的黏土固定，依序完成四組主筋，接著放上樓板。

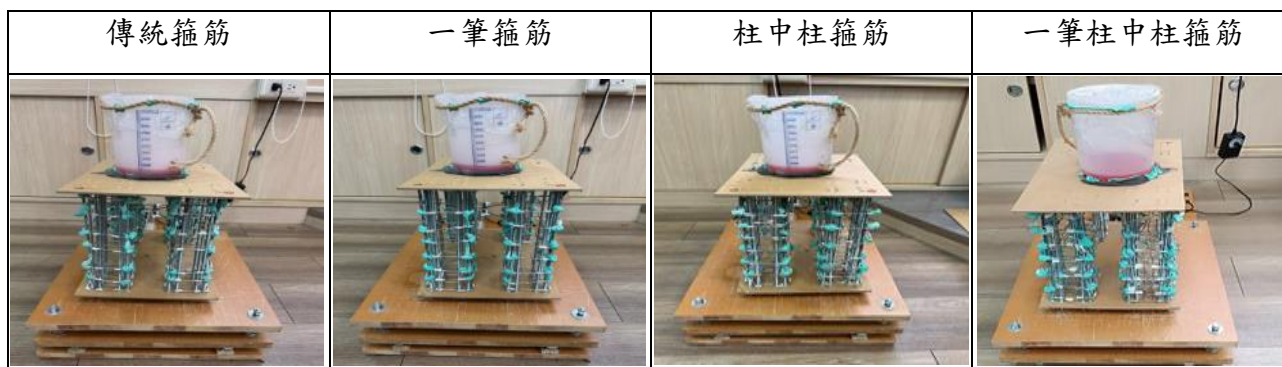
第三步驟：將裝有 100cc 的紅色液體量杯放於樓板上中間的位置。

第四步驟：準備就緒後，最後將其放上地震模擬器，進行測試並錄影記錄。

3. 注意事項：(以下圖片作者自行拍攝)

(1) 在操作過程中，每種級數測試 10 秒鐘。

(2) 以水位晃動的最高點為記錄依據。



4. 紀錄：

(4) 分別 4 種不同箍筋，一層樓放 7 個箍筋，震度四級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次
傳統箍筋	85	85	95	80	95	90	120	100	95	95	94
一筆箍筋	85	75	105	70	110	85	80	90	90	95	88.5
柱中柱	75	80	105	100	85	100	80	70	75	85	85.5
一筆柱中柱	85	75	70	90	70	100	70	90	75	95	82

(5) 分別 4 種不同箍筋，一層樓放 7 個箍筋，震度五弱級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次
傳統箍筋	115	100	120	105	125	120	130	125	115	120	117.5
一筆箍筋	100	100	120	100	100	105	100	115	110	105	105.5
柱中柱	95	105	95	100	90	110	100	95	100	110	100
一筆柱中柱	95	100	105	105	100	85	90	100	100	80	96

(6) 分別 4 種不同箍筋，一層樓放 7 個箍筋，震度五強級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次
傳統箍筋	105	100	100	100	105	95	100	105	100	105	101.5
一筆箍筋	100	100	100	105	100	95	105	100	100	100	100.5
柱中柱	95	100	100	105	100	100	95	95	100	95	98.5
一筆柱中柱	100	100	95	90	95	100	90	95	100	100	96.5

(7) 分別 4 種不同箍筋，一層樓放 7 個箍筋，震度六弱級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次
傳統箍筋	130	120	115	125	120	125	110	110	120	115	119
一筆箍筋	120	105	105	110	120	115	110	105	110	120	112
柱中柱	105	105	115	105	120	105	115	110	105	110	109.5
一筆柱中柱	100	110	105	110	110	100	105	110	115	100	106.5

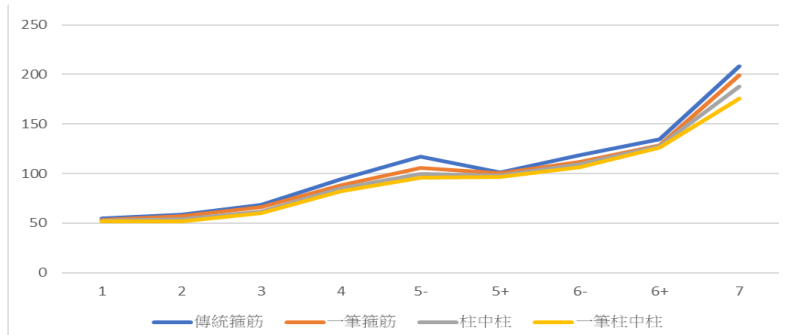
(8) 分別 4 種不同箍筋，一層樓放 7 個箍筋，震度六強級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次
傳統箍筋	125	120	140	135	155	140	125	120	150	135	134.5
一筆箍筋	150	115	135	120	110	125	120	135	125	150	128.5
柱中柱	135	120	120	115	120	150	125	140	130	120	127.5
一筆柱中柱	115	120	115	130	135	130	145	125	120	125	126

(9) 分別 4 種不同箍筋，一層樓放 7 個箍筋，震度七級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次
傳統箍筋	200	190	170	190	200	180	235	245	240	235	208.5
一筆箍筋	215	175	180	185	185	215	205	215	225	195	199.5
柱中柱	195	170	185	180	175	165	195	210	185	220	188
一筆柱中柱	170	145	190	170	175	210	190	165	205	140	176

5. 發現： 將 1~7 級震度測試平均，畫出折線圖，如下圖(圖表為作者自行製作)



發現:從折線圖中，發現數據非常的相似，其中傳統箍筋的水位 (ml) 幅度上升最大，在 4 級時有水位上升的變化，5- 開始水位上升高度提升更多，在七級的時候全部箍筋的水位幾乎都散開了。

6. 討論：總結來說傳統箍筋防震性能沒那麼好，在我們看來是因為它叫傳統，理論上來說就是比較老舊的方法，而柱中柱是近幾年被開發出來的，因此抗震性較好，更何況是一筆柱中柱、一筆箍筋比傳統箍筋好的原因，大概是因為沒有那麼多黏貼處，柱中柱的箍筋(實驗中)是由一筆箍筋上加一個圓，來加強固定，而一筆柱中柱是用一筆畫畫完柱中柱，不僅減少了黏貼處，還將圓型改成更為堅固矩形(菱形)，它的抗震性一直從一樓 1 級、2 級、3 級.....到三樓.....都沒有改變。

【實驗二】2層樓固定7個箍筋

實驗目的：使用不同箍筋，樓層為二層，並觀察每一個震度的S波的搖晃程度。

使用物品：自製地震模擬器、多個箍筋、多個1公克的黏土、鐵尺、量杯、一層樓(牙條、螺帽、銅套、華司)、100cc的水、紅色色素滴劑。

1. 實驗中的變因：

(1)操縱變因：4種箍筋比較 (2)控制變因：固定黏土重量、測試時間10秒鐘、100cc的水。

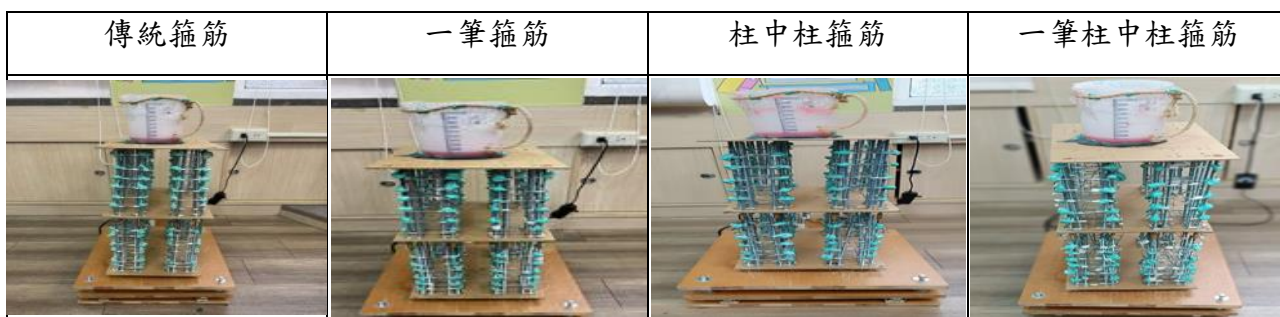
2. 實驗步驟：

與實驗一的步驟一樣，但在第三步驟：將裝有100cc的紅色液體量杯放於樓板上中間的位置。

3. 注意事項：（以下圖片作者自行拍攝）

(1) 在操作過程中，每種級數測試10秒鐘。

(2) 以水位晃動的最高點為記錄依據。



4. 紀錄：

(4) 分別4種不同箍筋，二層樓放7個箍筋，震度四級(單位:ml)

實驗順序	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	第6次	第7次	第8次	第9次	第10次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	530	580	530	530	545	495	515	530	530	540	532.5
一筆箍筋	520	530	510	540	520	510	575	510	520	555	529
柱中柱	510	485	495	515	510	575	495	450	565	510	511
一筆柱中柱	505	515	535	485	550	480	520	490	500	495	507.5

(5) 分別4種不同箍筋，二層樓放7個箍筋，震度五弱級(單位:ml)

實驗順序	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	第6次	第7次	第8次	第9次	第10次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	535	530	540	545	570	540	575	565	560	535	549.5
一筆箍筋	520	555	570	530	530	545	535	550	540	530	540.5
柱中柱	540	525	510	570	535	510	550	495	540	500	527.5
一筆柱中柱	495	490	540	570	530	515	500	510	525	535	521

(6) 分別4種不同箍筋，二層樓放7個箍筋，震度五強級(單位:ml)

實驗順序	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	第6次	第7次	第8次	第9次	第10次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	555	540	560	580	540	575	545	540	565	555	555.5
一筆箍筋	550	545	565	500	530	545	550	570	535	550	544
柱中柱	560	520	525	550	540	540	525	540	560	545	540.5
一筆柱中柱	540	525	530	520	550	530	525	540	560	535	535.5

(7) 分別4種不同箍筋，二層樓放7個箍筋，震度六弱級(單位:ml)

實驗順序	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	第6次	第7次	第8次	第9次	第10次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	540	545	560	600	570	575	600	540	555	555	564
一筆箍筋	550	530	545	570	530	545	605	555	605	550	558.5
柱中柱	560	560	600	540	535	535	610	540	545	545	557
一筆柱中柱	540	580	555	520	530	525	600	540	560	565	551.5

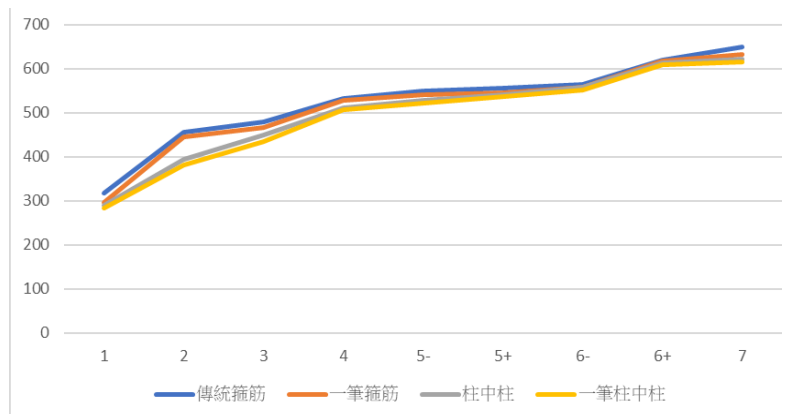
(8) 分別4種不同箍筋，二層樓放7個箍筋，震度六強級(單位:ml)

實驗順序	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	第6次	第7次	第8次	第9次	第10次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	615	575	580	625	615	630	630	670	625	620	618.5
一筆箍筋	595	610	585	590	615	615	640	670	630	620	617
柱中柱	630	600	615	650	590	595	585	605	650	605	612.5
一筆柱中柱	585	590	595	590	605	600	610	620	655	645	609.5

(9) 分別4種不同箍筋，二層樓放7個箍筋，震度七級(單位:ml)

實驗順序	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	第6次	第7次	第8次	第9次	第10次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	605	600	670	680	690	645	650	670	630	645	648.5
一筆箍筋	625	600	645	640	620	630	620	650	645	650	632.5
柱中柱	610	600	610	635	635	630	600	605	650	645	622
一筆柱中柱	640	625	600	600	605	615	610	620	610	625	615

5. 發現：將 1~7 級震度測試平均，畫出折線圖，如下圖(圖表為作者自行製作)



發現：二樓就像前面說的一樣，從 220ml 到了驚人的 640ml 但是局勢依舊沒變，只是這次七級沒有散開，而是在二級時有更明顯的挫開，之後才慢慢合起來。不過整體來說起伏並沒有差別很大。

6. 討論：

從一樓到這而依舊不變的是第 4 級，每次在 4 級與 3 級之間都會有明顯的變化，就像洶湧的海浪，就連平平無奇的二樓在三級、四級時也呈現出鋸齒狀，最後討論的結構是：共震顯的變化，就像洶湧的海浪，就連平平無奇的二樓在三級、四級時也呈現出鋸齒狀，最後討論的結構是：共震的關係。

【實驗三】3 層樓固定 7 個箍筋

實驗目的：使用不同箍筋，樓層為三層，並觀察每一個震度的 S 波的搖晃程度。

使用物品：自製地震模擬器、多個箍筋、多個 1 公克的黏土、鐵尺、量杯、一層樓(牙條、螺帽、銅套、華司)、100cc 的水、紅色色素滴劑。

1. 實驗中的變因：

(1) 操縱變因：4 種箍筋比較

(2) 控制變因：固定黏土重量、測試時間 10 秒鐘、100cc 的水。

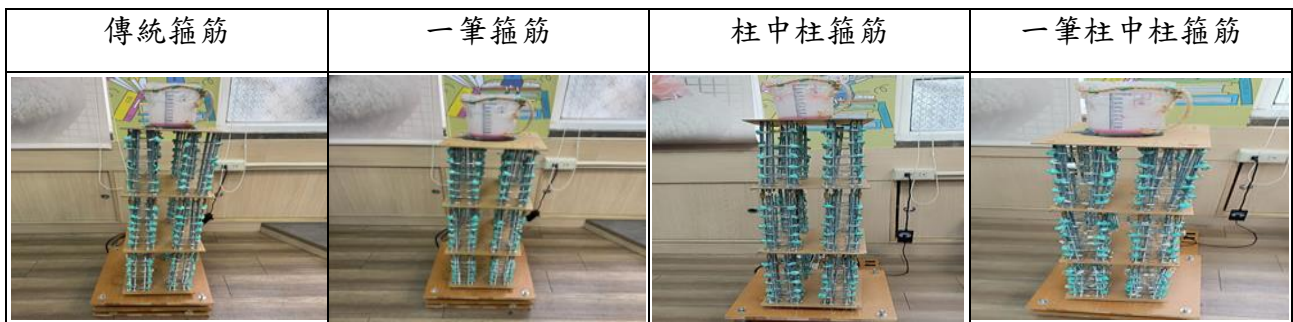
2. 實驗步驟：

與實驗一的步驟一樣，但在第三步驟：將裝有 100cc 的紅色液體量杯放於樓板上中間的位置。

3. 注意事項：(以下圖片作者自行拍攝)

(1) 在操作過程中，每種級數測試 10 秒鐘。

(2) 以水位晃動的最高點為記錄依據。



4. 紀錄：

(4) 分別 4 種不同箍筋，三層樓放 7 個箍筋，震度四級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	340	400	425	465	375	370	385	380	395	415	395
一筆箍筋	335	415	450	300	395	410	430	345	355	340	377.5
柱中柱	360	370	300	325	380	415	325	355	290	355	347.5
一筆柱中柱	305	340	355	400	305	325	375	330	355	340	343

(5) 分別 4 種不同箍筋，三層樓放 7 個箍筋，震度五弱級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	600	550	570	560	575	530	610	580	605	530	571
一筆箍筋	575	555	560	510	520	550	570	600	590	540	557
柱中柱	535	495	520	510	500	580	585	550	490	570	533.5
一筆柱中柱	495	485	515	540	490	570	560	550	495	540	524

(6) 分別 4 種不同箍筋，三層樓放 7 個箍筋，震度五強級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	605	550	580	560	580	570	545	570	615	575.5	
一筆箍筋	600	520	540	540	610	605	585	565	595	572.5	
柱中柱	595	570	565	540	540	560	530	550	575	525	555
一筆柱中柱	535	505	515	520	530	570	535	560	565	540	537.5

(7) 分別 4 種不同箍筋，三層樓放 7 個箍筋，震度六弱級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	885	830	800	865	800	935	990	940	950	795	879
一筆箍筋	750	785	820	830	855	795	870	850	845	845	824.5
柱中柱	860	750	765	740	700	740	755	830	860	880	788
一筆柱中柱	760	745	760	730	715	805	800	875	790	715	769.5

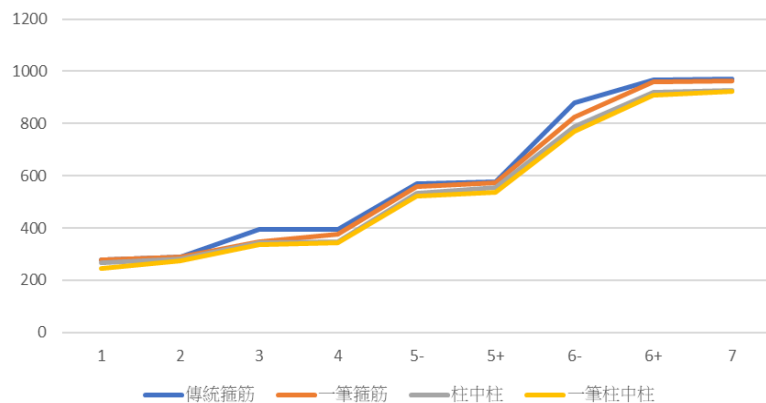
(8) 分別 4 種不同箍筋，三層樓放 7 個箍筋，震度六強級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	955	945	1000	980	950	965	970	965	940	985	965.5
一筆箍筋	900	1000	945	970	960	940	960	965	955	990	958.5
柱中柱	975	900	890	900	940	955	925	965	870	880	920
一筆柱中柱	890	905	905	925	900	890	920	950	935	885	910.5

(9) 分別 4 種不同箍筋，三層樓放 7 個箍筋，震度七級(單位:ml)

實驗順序	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次	平均
箍筋總類	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	
傳統箍筋	945	980	985	945	965	995	955	965	960	1000	969.5
一筆箍筋	950	945	960	965	945	955	980	965	995	975	963.5
柱中柱	910	895	915	925	920	925	915	965	930	970	927
一筆柱中柱	905	885	935	955	895	890	910	940	935	965	921.5

5. 發現： 將 1~7 級震度測試平均，畫出折線圖，如下圖(圖表為作者自行製作)



發現:三樓呈現出鋸齒狀，可見差別很大，一筆箍筋和傳統箍筋打成平手，一筆柱中柱和柱中柱更是合而為一，只有在 1 級、4 級才勉強看出，幾乎都保持在一起沒散開。

6. 發現：

三樓是裡頭搖晃最為劇烈的因為高度和重量關係使的搖晃度也跟著增加。

(九)實驗探究 6：分別測試種 2 箍筋，1 及 3 層樓，震度 4~7 級，每層固定 3 個箍筋比較為實驗的信度，增加實驗的控制變因：地震檢測器 app，觀察比較各箍筋抗震的效果。

【實驗一】1 層樓固定 3 個箍筋

實驗目的：使用不同箍筋，樓層為一層，並觀察每一個震度的 S 波的搖晃程度。

使用物品：自製地震模擬器、多個箍筋、多個 1 公克的黏土、鐵尺、量杯、一層樓(牙條、螺帽、銅套、華司)、地震檢測器 app 平板。

1. 實驗中的變因：

(1)操縱變因：2 種箍筋比較

(2)控制變因：固定黏土重量、測試時間 22 秒鐘、地震檢測器 app 的數據。

2. 實驗步驟：

第一步驟：架設好地震檢測器 app 平板。

第二步驟：一層樓有四組主筋，將三個箍筋套上一組主筋，兩箍筋之間需間隔 11 公分，並在四角落用 1 公克的黏土固定，依序完成四組主筋，接著放上樓板。

第三步驟：將地震檢測器 app 平板放於樓板上中間的位置。

第四步驟：準備就緒後，最後將其放上地震模擬器，進行測試並錄影記錄。

3. 注意事項：

(1) 在操作過程中，每種級數測試 22 秒鐘。

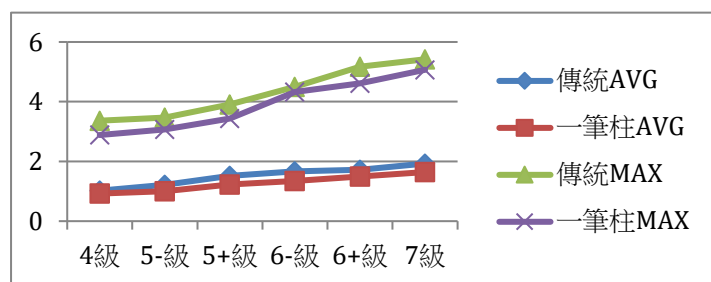
(2) 以 app 數據為記錄依據。

4. 紀錄：

(1) 2 種箍筋，一層樓放 3 個箍筋，4~7 級平均值

一層樓	4 級	5-級	5+級	6-級	6+級	7 級
傳統 AVG	1.022	1.219	1.517	1.669	1.725	1.929
一筆柱 AVG	0.924	1.007	1.228	1.348	1.494	1.643
傳統 MAX	3.365	3.473	3.905	4.5	5.168	5.42
一筆柱 MAX	2.885	3.068	3.431	4.326	4.619	5.069

5. 發現：將 4~7 級震度測試平均，畫出折線圖，如下圖(圖表為作者自行製作)



發現：傳統箍筋與一筆柱中柱，在折線圖上，有非常明顯的差距，一筆柱中柱在 AVG 及 MAX 的值都小於傳統箍筋的平均值。

6. 討論：之前我們用水測量及現在新增 APP 軟體測量，都能得到一筆柱中柱，優於傳統箍筋，於是我們想再確認高樓層是否也能得到相同結果。

【實驗二】3 層樓固定 3 個箍筋

實驗目的：使用不同箍筋，樓層為三層，並觀察每一個震度的 S 波的搖晃程度。

使用物品：自製地震模擬器、多個箍筋、多個 1 公克的黏土、鐵尺、量杯、一層樓(牙條、螺帽、銅套、華司)、地震檢測器 app 平板。

1. 實驗中的變因：

(1) 操縱變因：2 種箍筋比較

(2) 控制變因：固定黏土重量、測試時間 22 秒鐘、app 的數據。

2. 實驗步驟：

第一步驟：架設好地震檢測器 app 平板。

第二步驟：一層樓有四組主筋，將三個箍筋套上一組主筋，兩箍筋之間需間隔 11 公分，並在四角落用 1 公克的黏土固定，依序完成四組主筋，接著放上樓板。

第三步驟：將地震檢測器 app 平板放於樓板上中間的位置。

第四步驟：準備就緒後，最後將其放上地震模擬器，進行測試並錄影記錄。

3. 注意事項：

(1) 在操作過程中，每種級數測試 22 秒鐘。

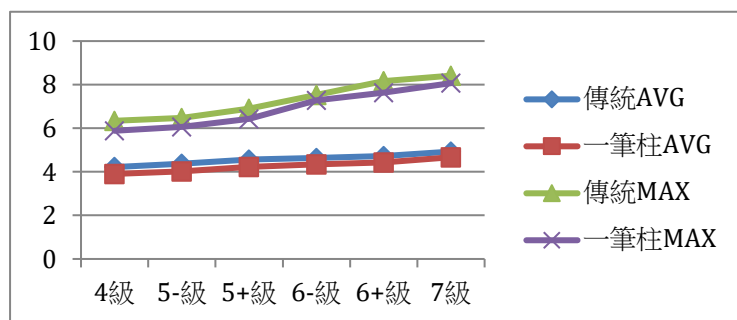
(2) 以 app 數據為記錄依據。

4. 紀錄：

(1) 2 種箍筋，三層樓放 3 個箍筋，4~7 級平均值

三層樓	4 級	5-級	5+級	6-級	6+級	7 級
傳統 AVG	4.219	4.366	4.56	4.643	4.722	4.929
一筆柱 AVG	3.904	4.017	4.228	4.348	4.434	4.669
傳統 MAX	6.343	6.479	6.905	7.532	8.168	8.414
一筆柱 MAX	5.885	6.068	6.431	7.276	7.638	8.069

5. 發現：將 4~7 級震度測試平均，畫出折線圖，如下圖(圖表為作者自行製作)



發現：3 層樓傳統箍筋與一筆柱中柱，在折線圖上，數據雖然相近，但還是看得出來他們之間的差異，一筆柱中柱優於傳統箍筋。

6. 討論：三層樓 4 級震度以上，搖晃都非常劇烈，數據上非常相近，每個實驗做 10 次，取他們的平均值，很明顯一筆柱中柱箍筋的數值，仍然小於傳統箍筋的數值，果然是第一名。

肆、研究結果

探究一：

針對箍筋 S 波測試，S 波測試震度 1~7 級震動，級數越大震動越大，測試時能觀察到水位的不同變化，尤其到 7 級時，有時水位高達 1000CC。

探究二：

S 波測試一層樓到三層樓，發現一層樓水位震動不大，即使已到 7 級震動，水位最高 200 多，但到二層樓變化幅度就很大，同樣的級數，水位可到達 700 多，而三層樓水位可以高達將近 1000CC。

探究三：

4 種箍筋比較，發現雖然數據不會差太多，但從數據上可以看的出，傳統箍筋在相同級數及樓層，水位都會高於其他箍筋，柱中柱與一筆柱中柱相對水位較低，而一筆柱中柱水位又比柱中柱更低一些，可以看出能將主筋都包住，不讓它搖晃，相對對建築較安全。

探究四：

使用地震檢測 App，測試傳統箍筋及一筆柱中柱，1 樓及 3 樓三個箍筋 4~7 級震度比較，得到「一筆柱中柱箍筋」抗震效果優於「傳統箍筋」的結果。

伍、討論

一、箍筋的選用：

我們選用 3 種不同鐵絲，最後選用 18 號鐵絲，製成 4 種不同箍筋較穩定。

二、主筋的選擇：

使用不同材質測試，最後選用比較堅固的牙條，以 23 公分長的牙條作為測試。

三、實驗探究一：

分別測試 4 種箍筋，1~3 層樓固定 3 個箍筋、震度 1~7 級比較：發現一筆柱中柱是最穩固的而傳統箍筋是最容易倒塌

四、實驗探究二：

分別測試 4 種箍筋，1~3 層樓固定 4 個箍筋、震度 1~7 級比較：所有數據最聚集的地方都在 4 級以前，4 級以下的地震，不管是住在什麼房屋，大致上都不會有太大的危險，但從 4 級以上，使用傳統箍筋的房子相對的不太安全。

五、實驗探究三：

分別測試 4 種箍筋，1~3 層樓固定 5 個箍筋、震度 1~7 級比較：柱中柱與一筆柱中柱很相近，但在 5 弱時，水位變高了，後來又慢慢與一筆柱中柱的數據差不多，一筆柱中柱數據一直較為平穩。

六：實驗探究四：

分別測試 4 種箍筋，1~3 層樓固定 6 個箍筋、震度 1~7 級比較：震度 4 以上各箍筋在 3 樓搖晃的程度出現較大落差，各箍筋搖晃的程度，依著震度不同，開始呈現各箍筋的效果。

七：實驗探究五：

分別測試 4 種箍筋，1~3 層樓固定 7 個箍筋、震度 1~7 級比較：7 個箍筋較為穩定，但隨著 1~7 級的震度，一筆柱中柱箍筋最為理想。

八：實驗探究六：測試兩種箍筋，傳統箍筋及一筆柱中柱，1 樓及 3 樓三個箍筋 4~7 級震度比較，數據上非常接近，尤其是三層樓的數據更接近，但還是看得出來他們之間的差異，一筆柱中柱箍筋優於傳統箍筋。

陸、結論

這次的研究我們將使用鐵絲製作箍筋，透過自製地震儀器來模擬地震來臨時的情境，用以探究四種箍筋及不同箍筋數量，在建築物上，對地震 1~7 級耐震程度的影響。在經過一次次的討論，一次次的實驗過程，並以 S 波的搖晃程度為依據（因 P 波震度幅度較小，故不呈現於報告中），發現傳統箍筋最不穩固，一筆箍筋排名第二，柱中柱排名第三，一筆柱中柱最為堅固，而箍筋不只可以協助主筋直立，其的間距、彎鉤的角度和箍筋粗細都是攸關建築物的耐震能力。因臺灣處環太平洋地震帶上，對於結構家和建築師來說，首要考慮的重點是建築物對地震的作用的反應，我們經由四種箍筋及不同箍筋數量所得到的結論，希望在未來建築物穩定性上能更有幫助，並減少地震所帶來的災害，達到人與大自然間的共存。

柒、參考文獻資料

壹、中文部分

【課本】

1. 康軒國民小學自然與生活科技 第三冊(4 上)-第一單元地表的靜與動
2. 康軒國民小學自然與生活科技 第六冊(5 下)-第一單元力與運動
3. 康軒國民小學自然與生活科技 第六冊(5 下)-第二單元大地的奧秘

貳、網路資源

【摘要及資料庫資料】

1. 中華民國第 50 屆中小學科學展覽會國小組地球科學科——天搖地動
2. 中華民國第 58 屆中小學科學展覽會國小組物理科——天「柱」我也
3. 中華民國第 61 屆中小學科學展覽會國小組地球科學科——地動山不搖——隔震裝置在建築物之應用與探究

【網站資料】

1. 自製簡易結構耐震震動台：<https://jackedu.blogspot.com/2019/10/blog-post.html>
2. 交通部中央氣象署：<https://www.cwa.gov.tw>
3. 《上銘小學堂》鋼筋，不可不知的二三事 _箍繫筋篇
https://www.made-style.com.tw/news_info.asp?id=245
4. 淺談「一筆箍」鋼筋綁紮法
HomeMesh 居家市集：<https://www.homemesh.com.tw> > item
5. 安全耐震的家-認識地震工程：<https://www.ncree.org> > safehome > ncr08 > ncr1

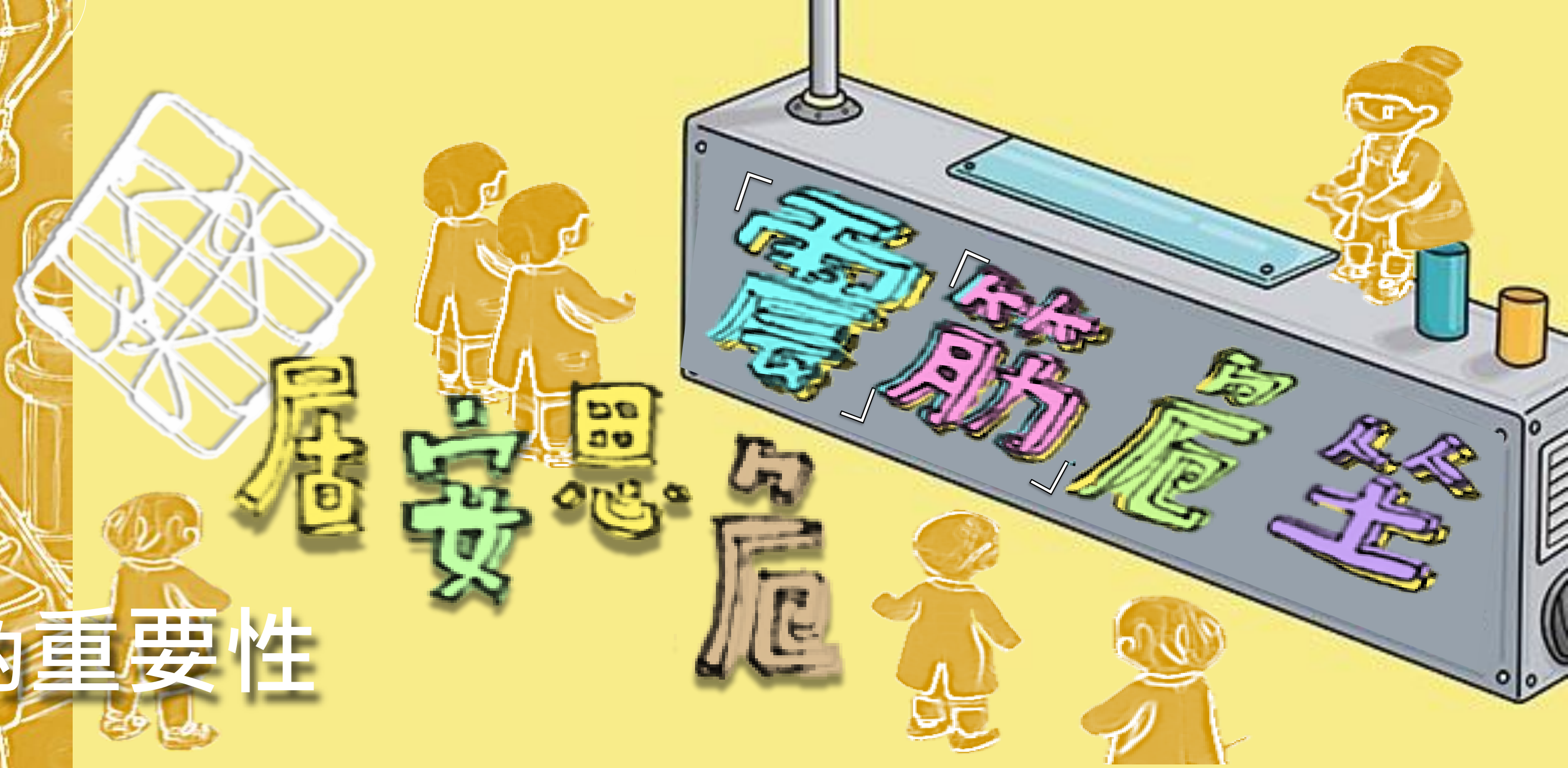
【評語】 080509

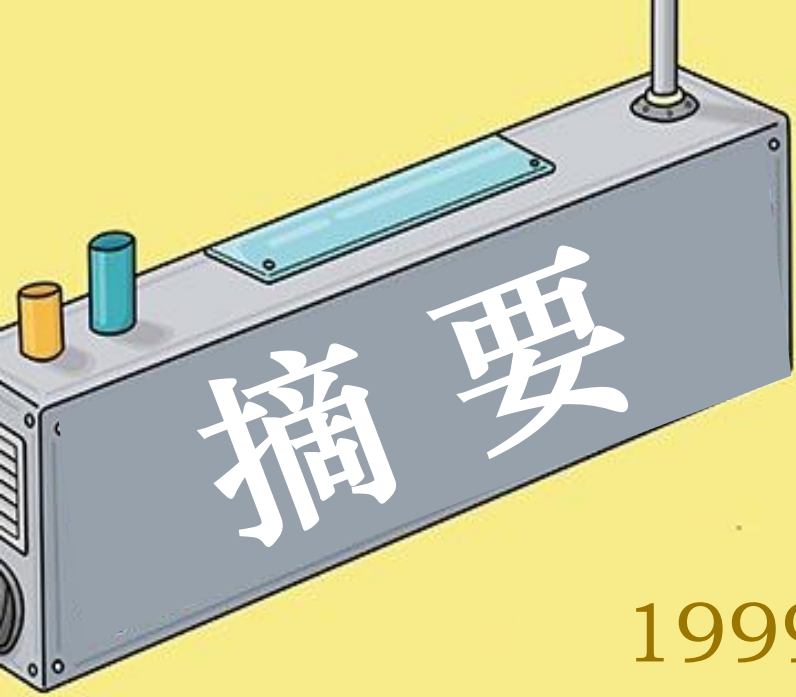
本研究主題與防災有關。過去的科展，大多以柱體結構的概念出發，設計與施作減震相關實驗，而箍筋的概念尚未被探討。該團隊藉由使用不同的箍筋形式來探討地震的影響，是一個值得鼓勵的事情。該研究的實驗過程紀錄仔細，設計縝密，結論也符合之前其他的科展結果。不過，箍筋很少被單獨探討，是因為箍筋是水泥柱的一部分，並非承擔所有地震波的材料，建議未來可以討論箍筋與其他材質的合併效應。

作品海報



強「**肌肉**」健骨的重要性





摘要

台灣位於環太平洋地震帶上，強震造成的災害不容小覷，合理的建築設計與抗震結構至關重要。

1999年921大地震後，重新修訂建築耐震設計之法規，並制定耐震係數，提高建築的耐震安全標準。臺灣雖然地震頻繁，不過若能注重建築防震，就可以大幅減少災害。本研究探討箍筋的種類及數量對不同震度的效果。

◎結果顯示：

- 箍筋數量越多耐震效果較好。
- 箍筋的種類會影響耐震的成效。

- ① 瞭解現有各種防震建築物的類型。
- ② 研究較好的防震結構。
- ③ 利用鐵絲製作箍筋，探究四種箍筋，對地震儀1~7級耐震程度。
- ④ 探究不同箍筋數量，在建築物上，對地震1~7級耐震影響程度。
- ⑤ 設計、研發、製作、改善、測試箍筋效果評測。

研究動機

危機意識

0403大地震是桃園有史以來第一次超過5級的大地震。並非所有周遭的大樓都有良好的抗震結構。

為了避免房屋倒塌，造成人民的生命財產安全，所以想深入探討地震與建築的糾纏。

學有所得

在4下自然課了解到地震會改變地表樣貌，可能造成建築的損害，危害我們的安全。5下上到「力與運動」一課，發現地震原來也是一種「能量的釋放」。

發想

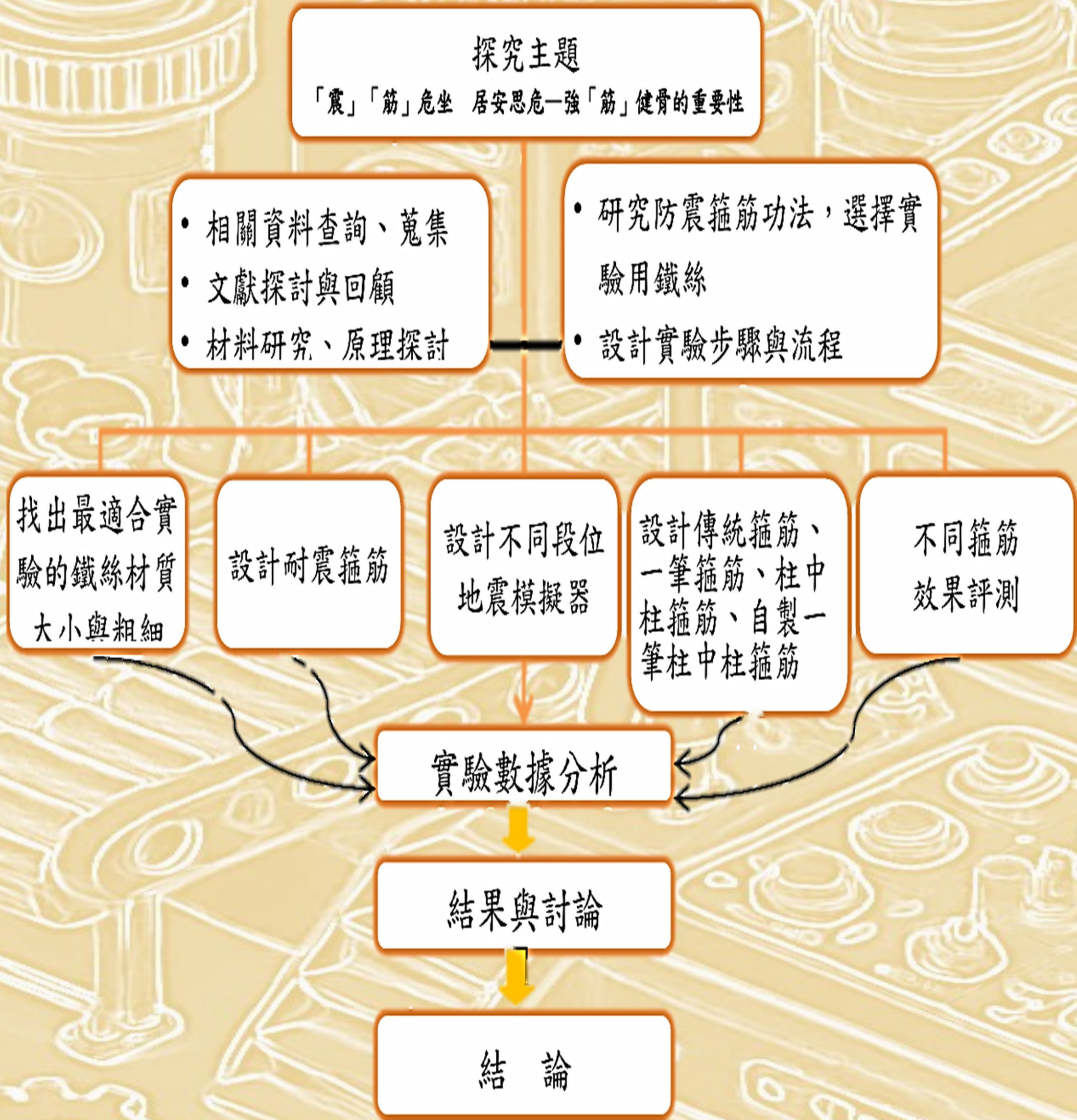
經由這些訊息與知識，我們燃起了對防震的好奇心，決定學以致用，利用學習到知識，並在生活中尋找材料、提出假設，經過一次次的改良,透過一次次的實驗，找出穩固且安全的建築結構與原理。

觀察




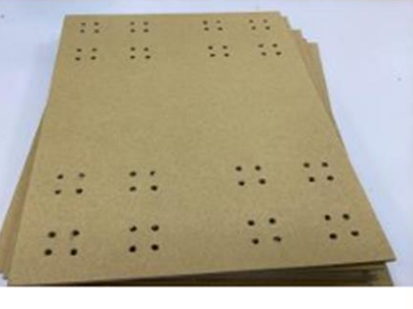




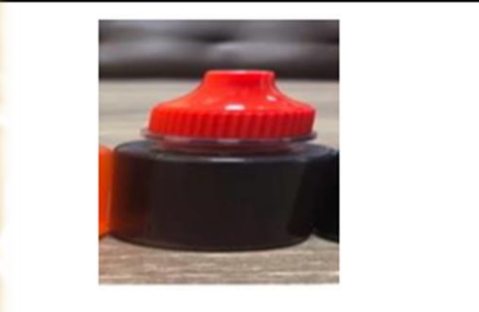



關於「大地的奧秘」中台灣經常出現颱風、地震等，都可能使地表環境發生嚴重災害。

我們學校附近有很多新建案，觀察到不是每個建案都有標榜防震功法，而標榜防震功法又有分鋼筋混凝土（RC）、鋼骨鋼筋混凝土（SRC）與鋼骨（SC），找尋資料後，發現原來不同防震功法在「箍筋」的設計上不同。

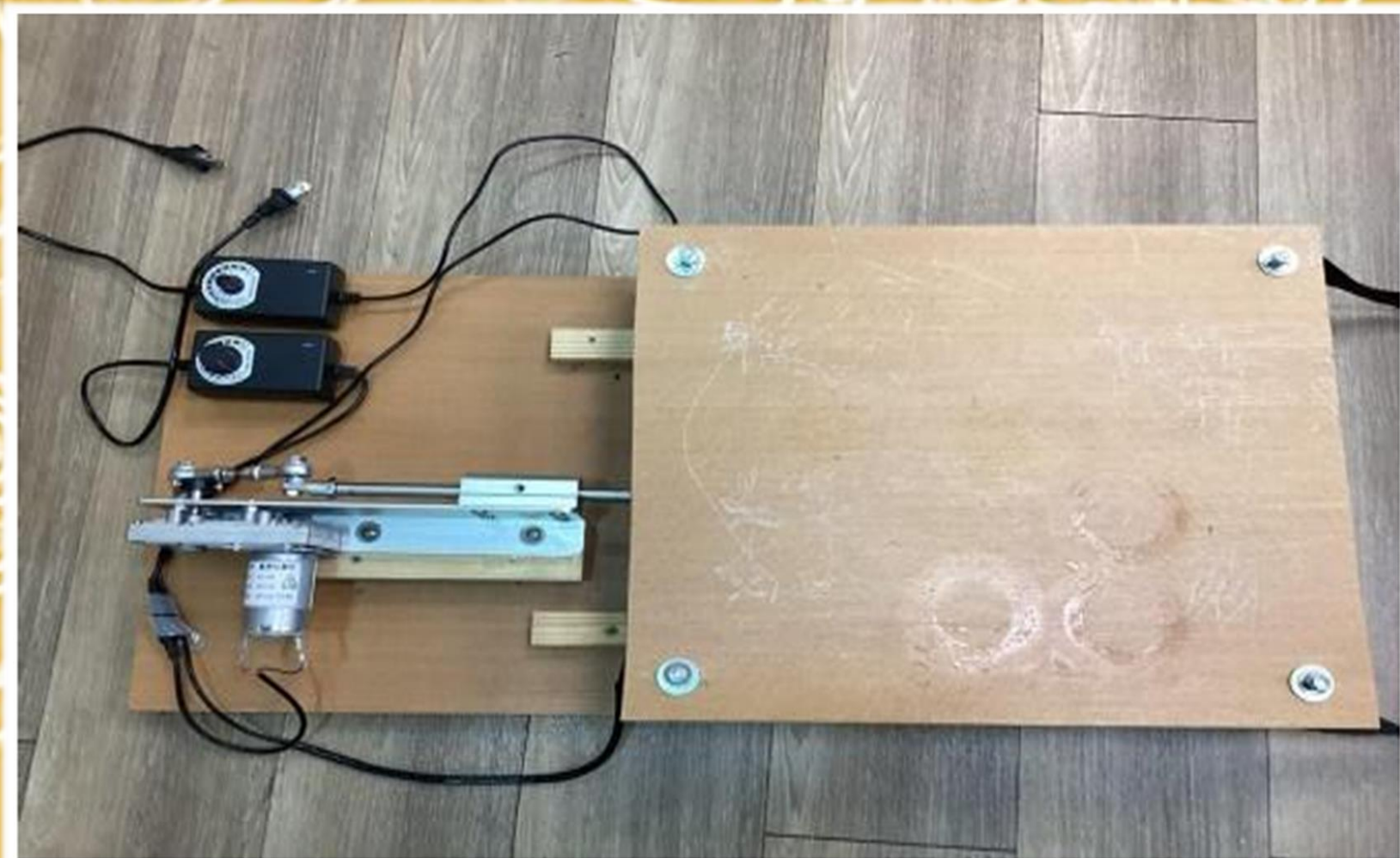
研究流程



研究設備及材料

			
螺帽與華司	18 號鐵絲	牙條	紙板
			
銅套	量杯	尖嘴鉗與工具	黏土
			
紅色色素滴劑	各類文具用品	鑽洞工具	數位精密秤

自製地震模擬器



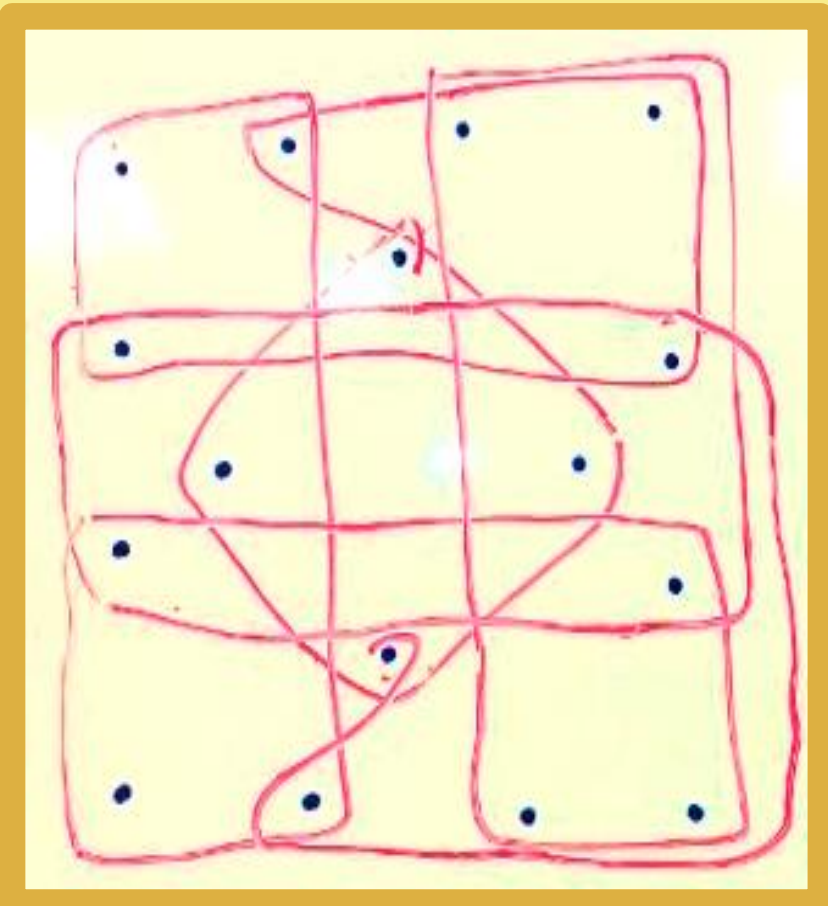
箍筋的選用

使用4種箍筋(一筆箍筋、傳統箍筋、柱中柱及本實驗研發的「一筆柱中柱」)，以18號鐵絲所製成。每一種箍筋各有其特點，我們將透過地震實驗，來觀察這四種箍筋的穩定性如何。

自製設計箍筋

- (1) 了解柱中柱優點：韌性較佳，可延後崩塌時間，延長逃生時間，具有「鋼骨鋼筋混凝土結構」柱之特性與優點。
- (2) 了解一筆箍筋優點：一筆成形，更為穩固耐用。
- (3) 結合一筆箍筋與柱中柱箍筋，設計成「一筆柱中柱」箍筋。

一筆柱中柱草圖設計

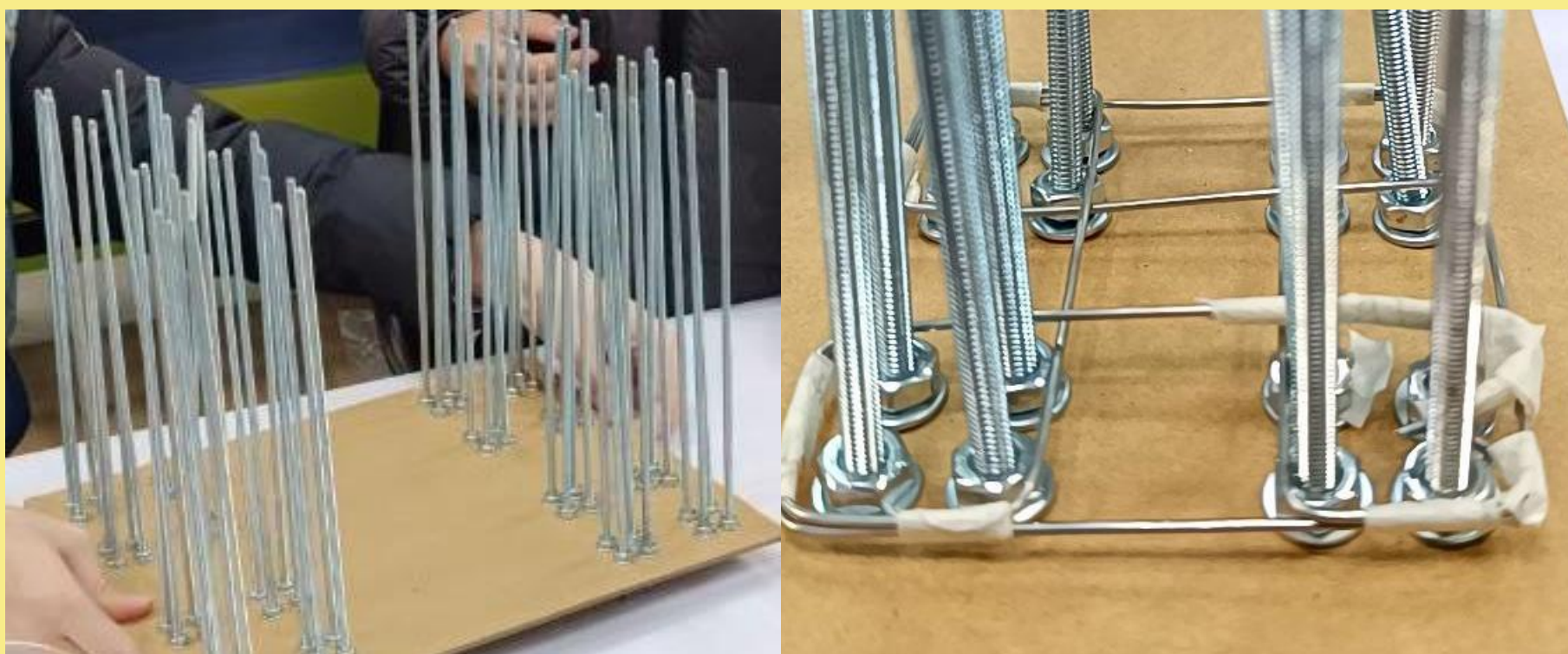


一筆柱中柱成型箍筋



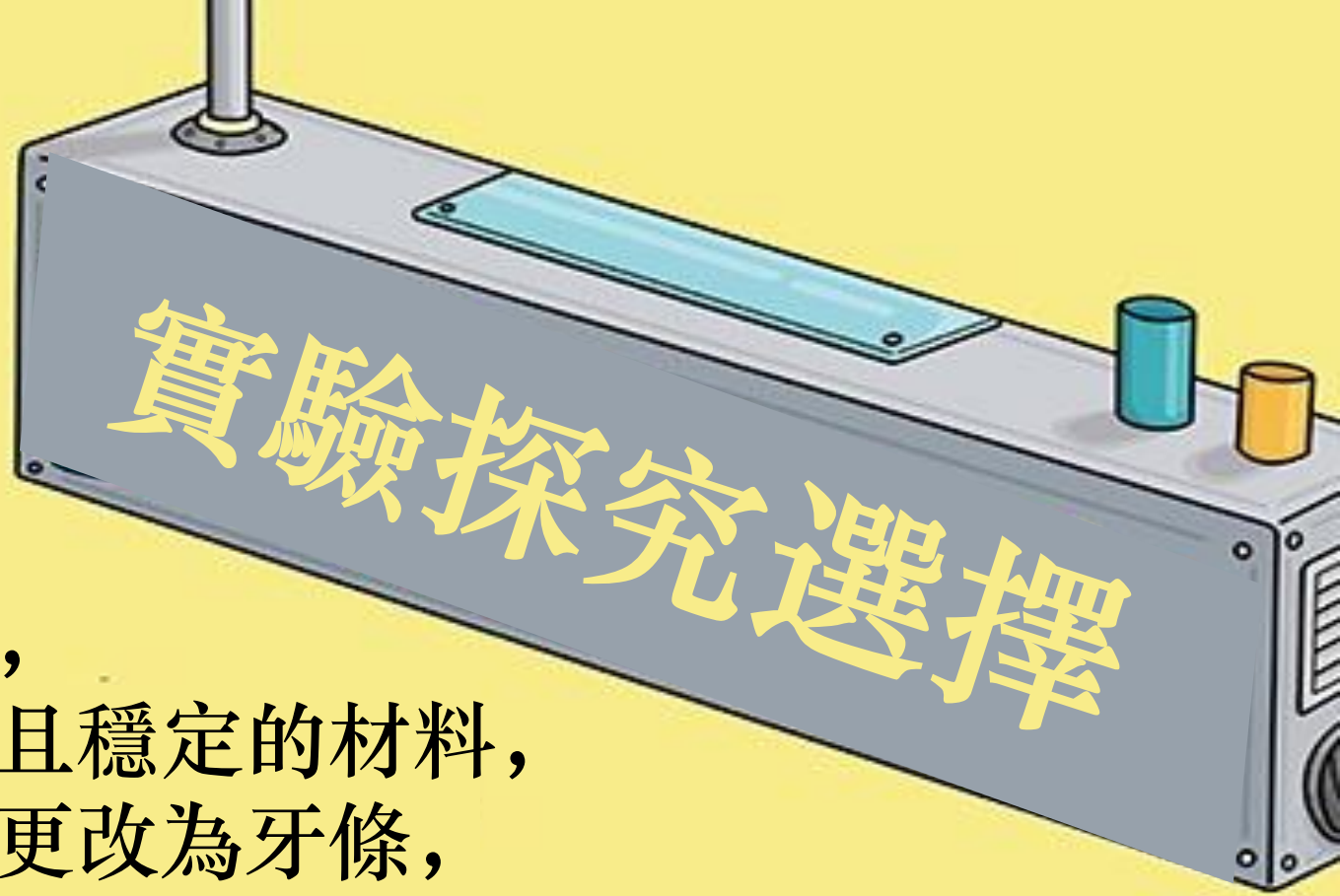
主筋的選擇

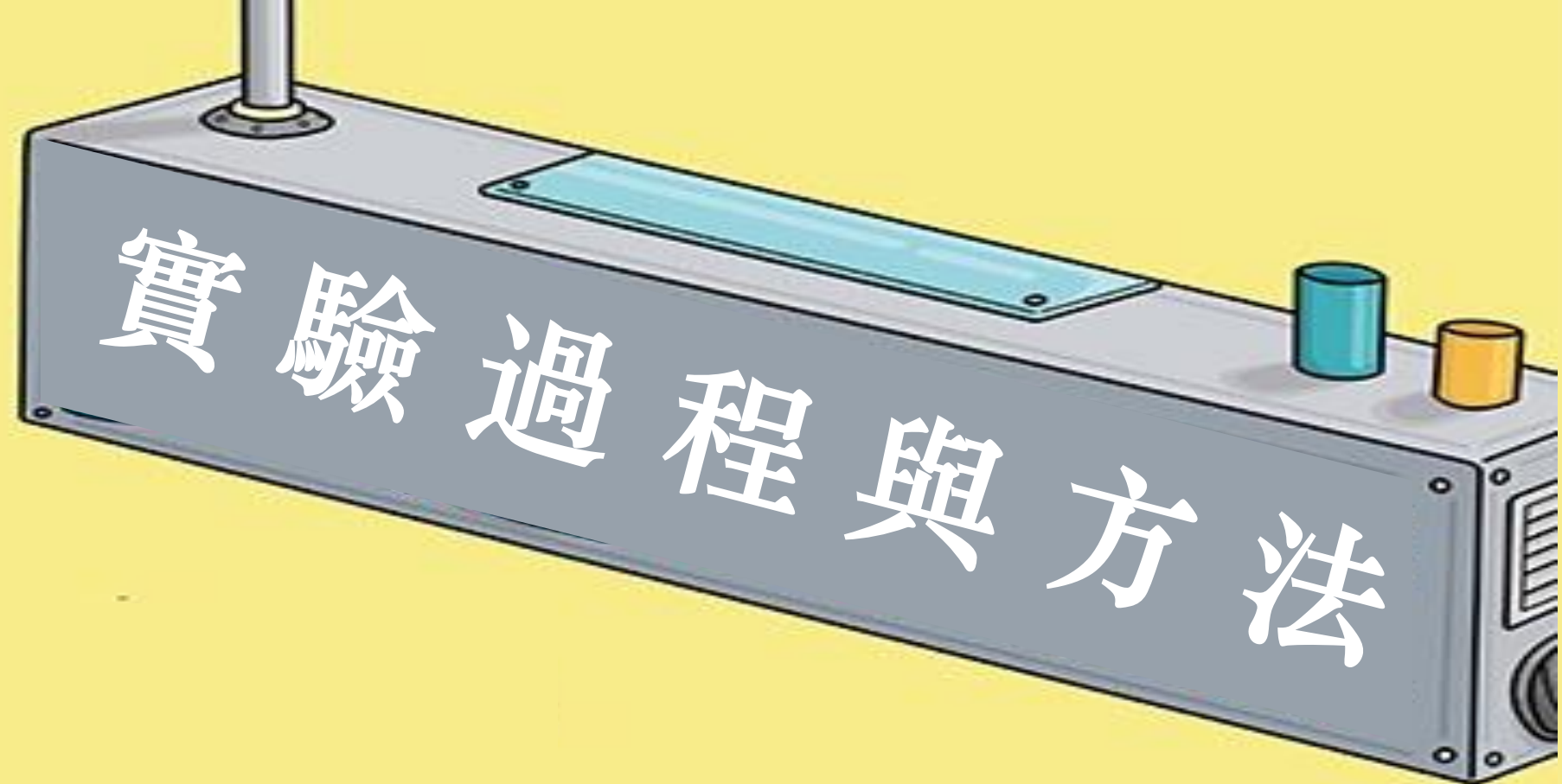
1. 從觀察及測試，發現竹筷不穩固，所以需要更堅固且穩定的材料，仔細思考後決定更改為牙條，牙條為23公分。
2. 為了將第一層樓的牙條與第二層樓的牙條固定，將牙條之間以銅套來固定。



海報中所有照片、圖片及表格皆由作者自行拍攝及製作。

實驗探究選擇





實驗探究

分別測試4種箍筋，1~3層樓，震度1~7級，每層固定3~7個箍筋比較

實驗目的

使用不同箍筋，樓層為一~三層，觀察每一個震度的S波的搖晃程度。

使用物品：地震模擬器、多個箍筋、多個1公克的黏土、鐵尺、量杯、每層樓(牙條、螺帽、墊片)、100cc的水、紅色色素滴劑。

實驗中的變因

(1)操縱變因： 4種箍筋比較

(2)控制變因：固定黏土重量、測試時間10秒鐘、100cc的水。

實驗步驟

第一步驟：將100cc的水加入紅色色素滴劑變成紅色液體。

第二步驟：從一層樓開始實驗，每層樓有四組主筋，依序將三~五個一筆箍筋依序套上一組主筋，兩箍筋之間需間隔相同的距離，並在四角落用1公克的黏土固定，依序完成四組主筋，接著放上樓板。

第三步驟：將裝有100cc的紅色液體量杯放於樓板上中間的位置。

第四步驟：準備就緒後，最後將其放地震模擬器，進行測試。

注意事項

(1) 在操作過程中，每種級數測試10秒鐘。

(2) 以水位晃動的最高點為記錄依據，使用單位為ml。

(錄影、電子及紙本同時記錄以方便確認及核對數據)。

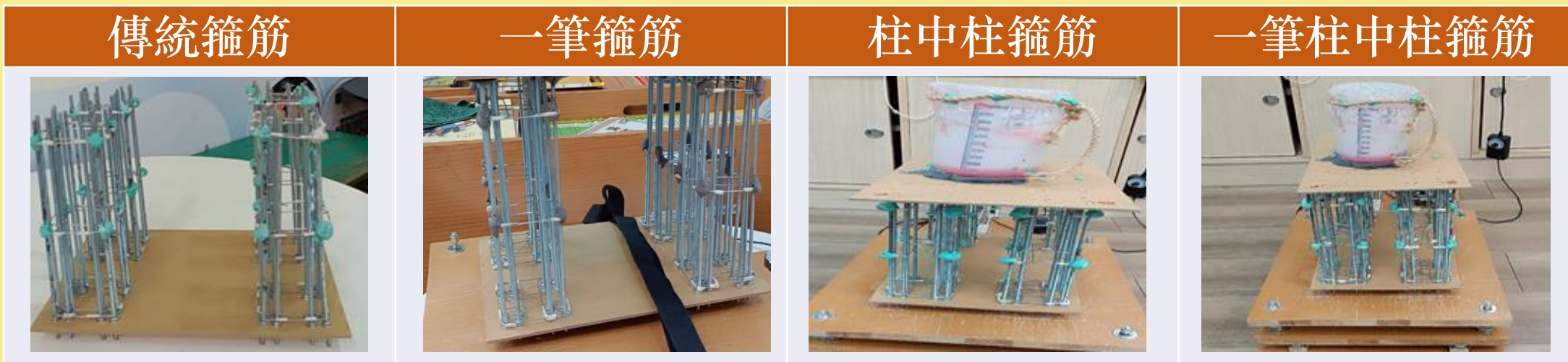


圖 1 第 1 次實驗：每種箍筋1層樓固定3個箍筋1~7級各做10次的實驗記錄

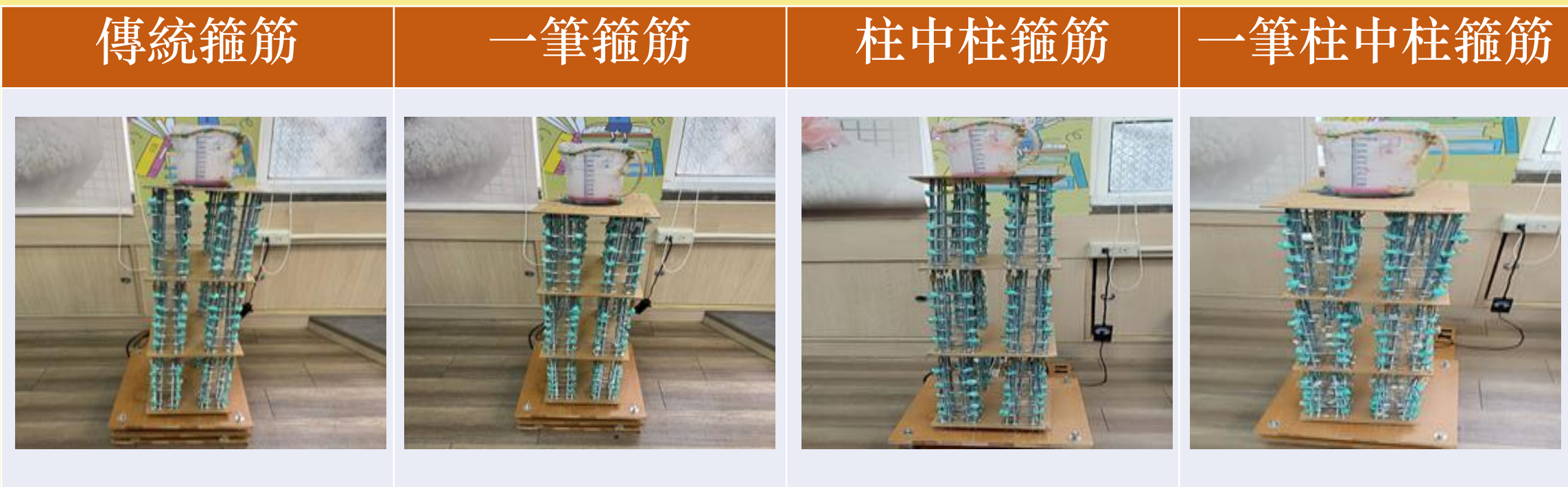
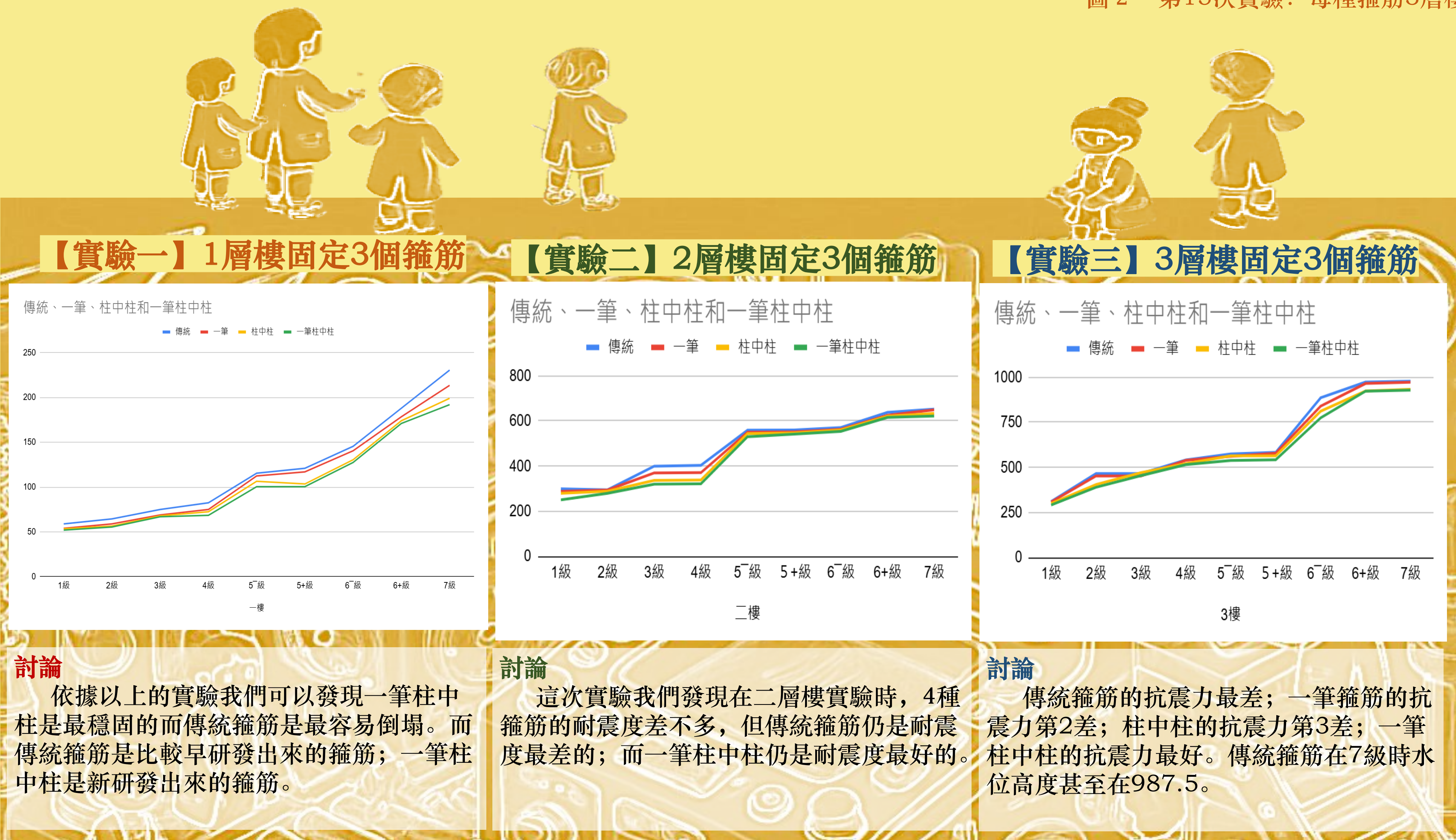


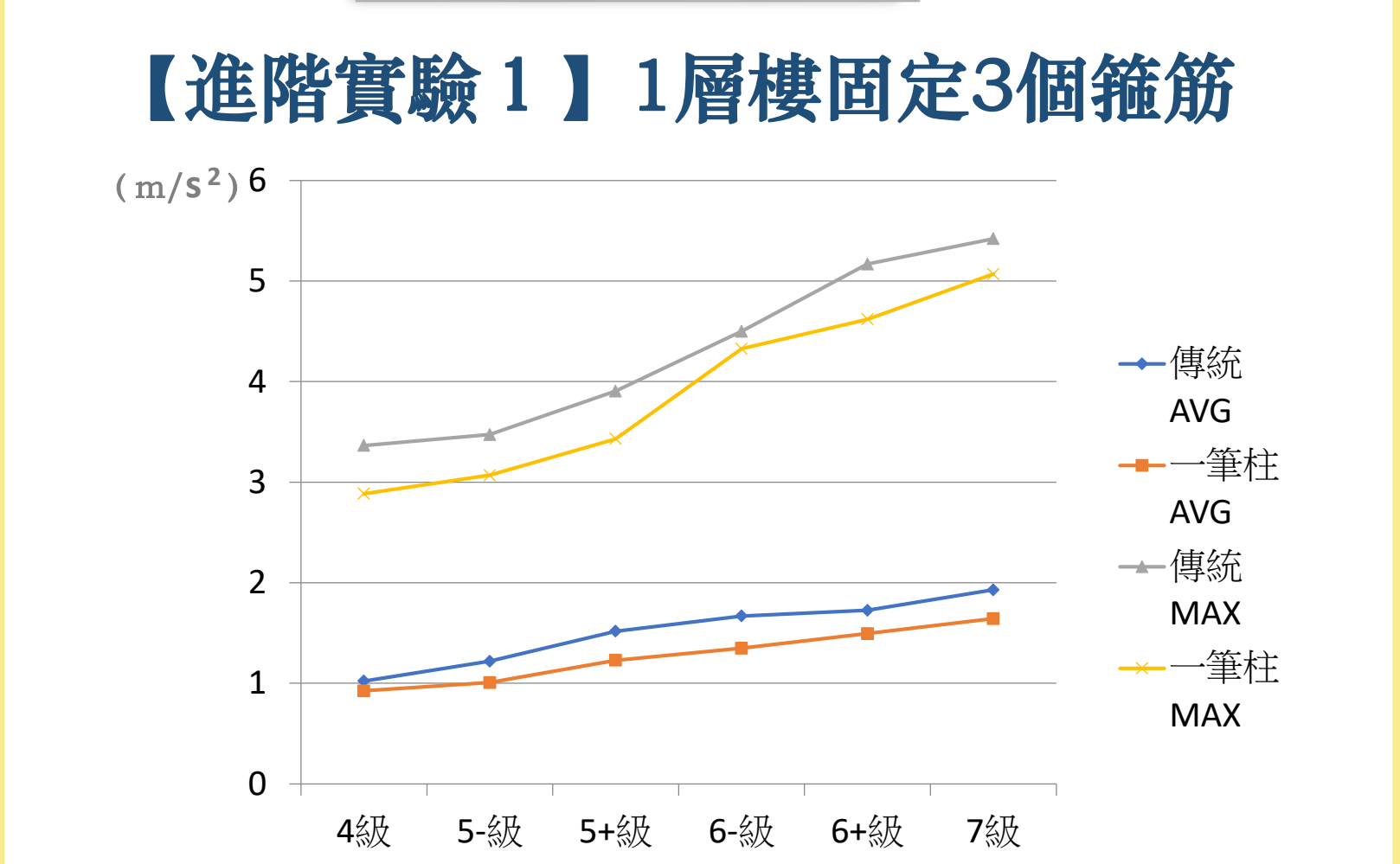
圖 2 第15次實驗：每種箍筋3層樓固定7個箍筋1~7級各做10次的實驗記錄



本實驗所自製地震模擬器
自訂之震度換算表

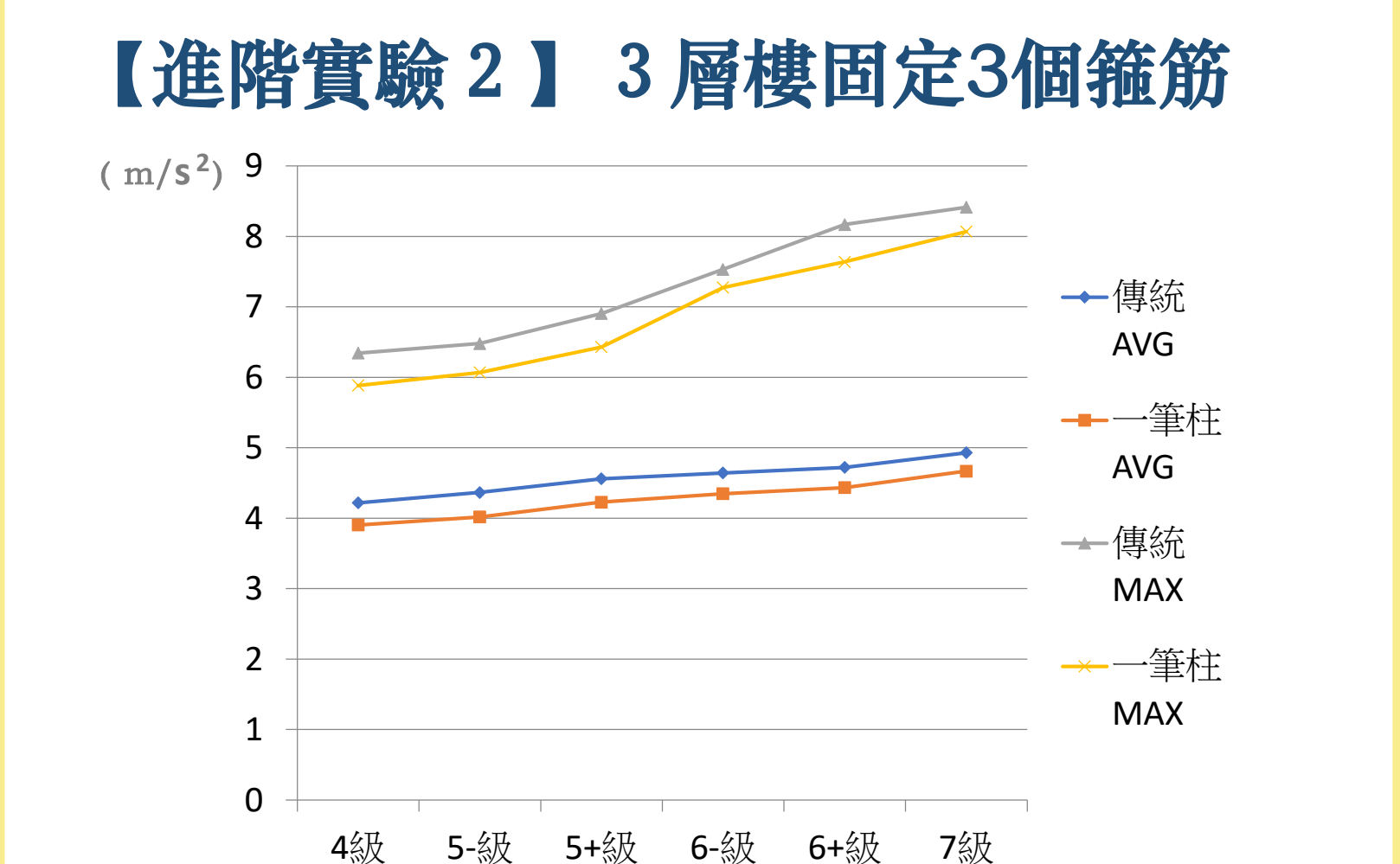
級	1	2	3	4	5弱	5強	6弱	6強	7
單位	0.92	2.48	2.16	3.6	3.47	3.5	4.43	4.23	4.82
MAX	0.92	2.48	2.16	3.6	3.47	3.5	4.43	4.23	4.82
AVG	0.25	0.27	0.6	0.8	0.98	1.8	1.13	1.24	1.44

(單位m/s²)



討論

之前我們用量杯測量，現在新增震動軟體測量，達到科學數據正確性，得到一筆柱中柱，優於傳統箍筋，於是我們想再確認高樓層是否也能得到相同結果。



討論

三層樓4級震度以上，搖晃都非常劇烈，數據上非常相近，每個實驗做10次，取他們的平均值，很明顯一筆柱中柱箍筋的數值，仍然小於傳統箍筋的數值，果然是第一名。

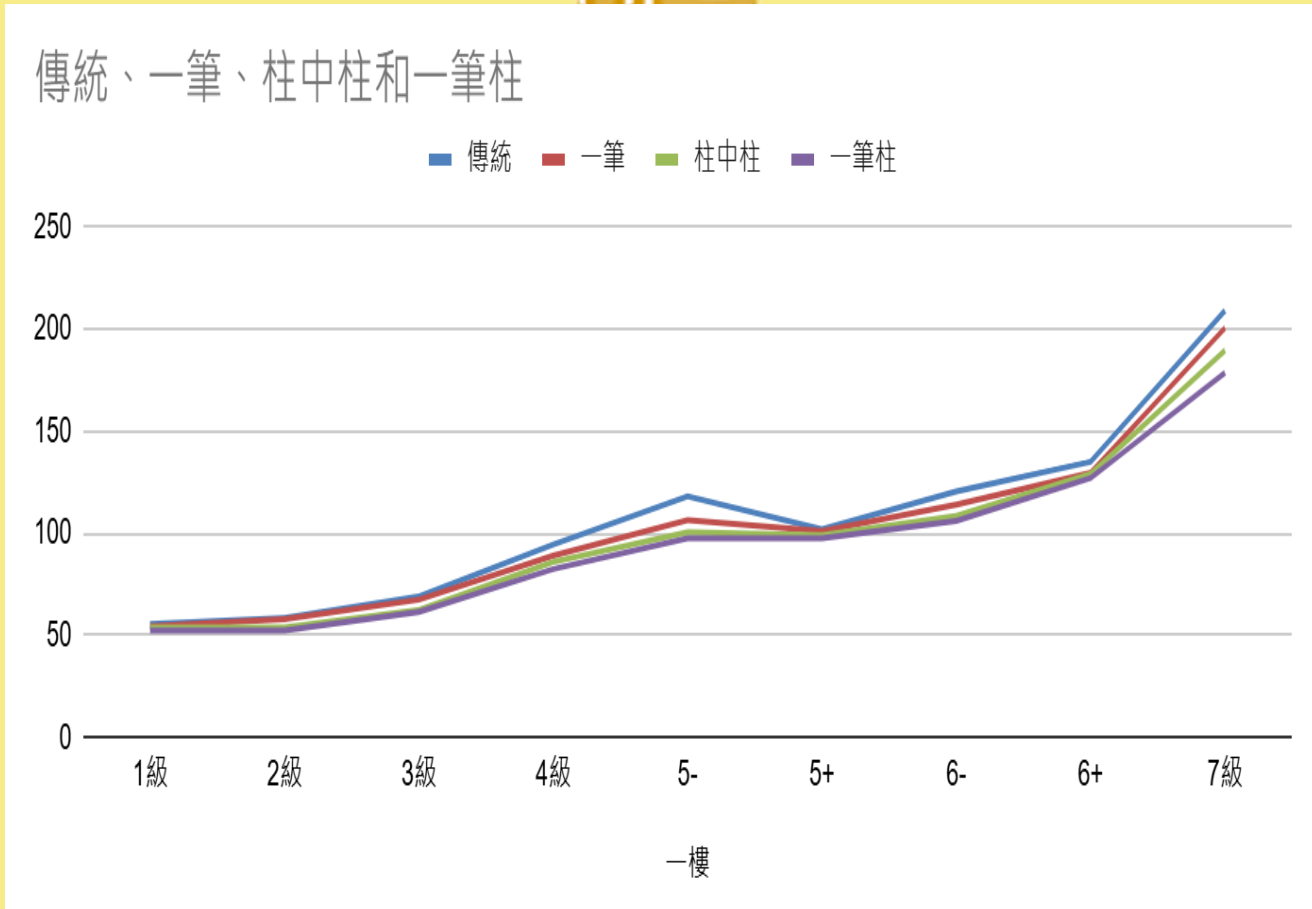
結論

測試兩種箍筋，傳統箍筋及一筆柱中柱，1樓及3樓三個箍筋4~7級震度比較，數據上非常接近，尤其是三層樓的數據更接近，但還是看得出來他們之間的差異，一筆柱中柱箍筋優於傳統箍筋。

海報中所有照片、圖片及表格皆由作者自行拍攝及製作。

實驗討論與設計

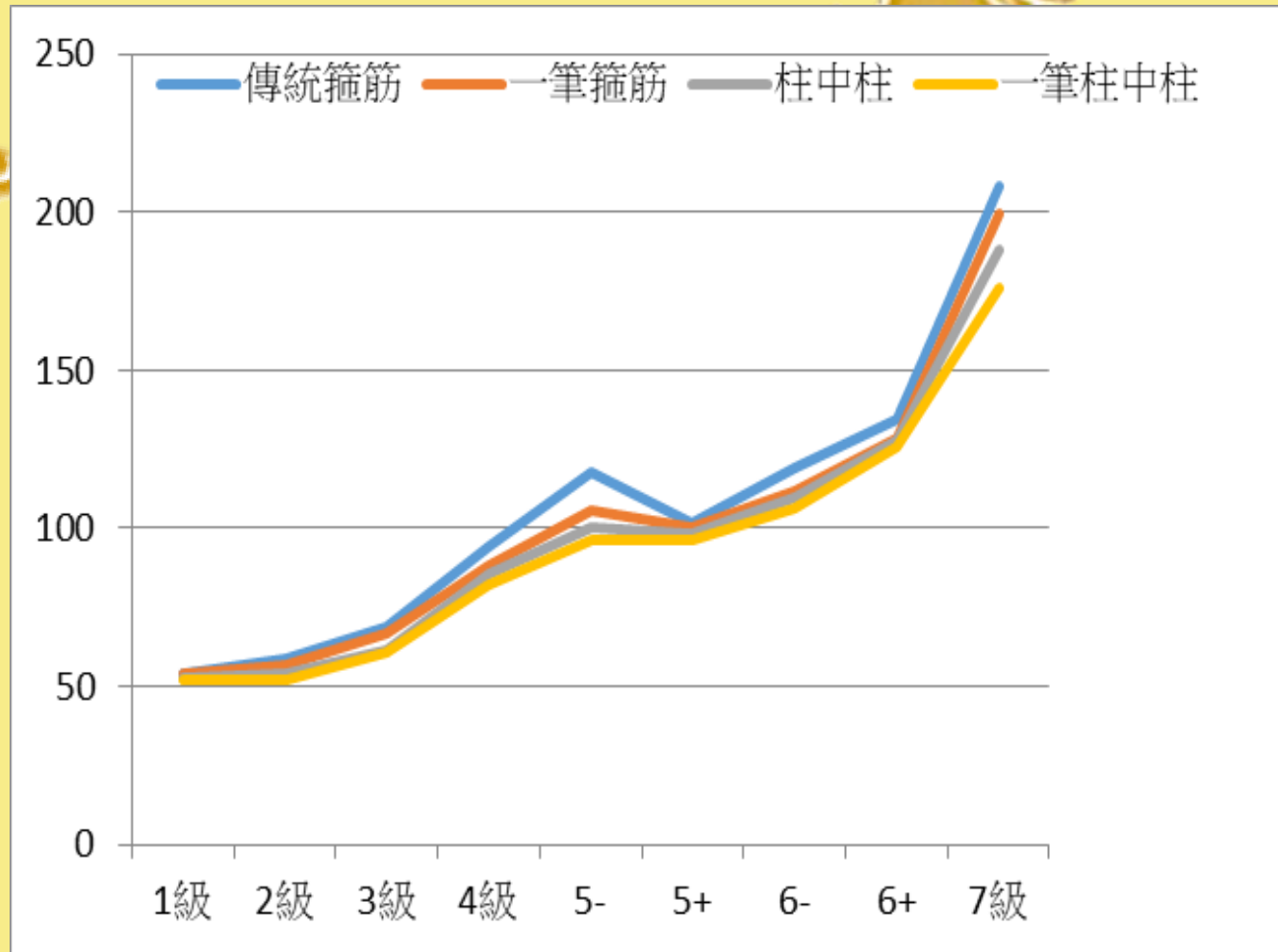
【實驗十】1層樓固定6個箍筋



討論

震度5弱前各箍筋在1樓搖晃的程度差異不大，5弱後的各箍筋搖晃的程度展現些微的差異，震度越強，逐步展現各種箍筋的抗震程度，但整體的效果一直都是一筆柱中柱的抗震效果較為領先。

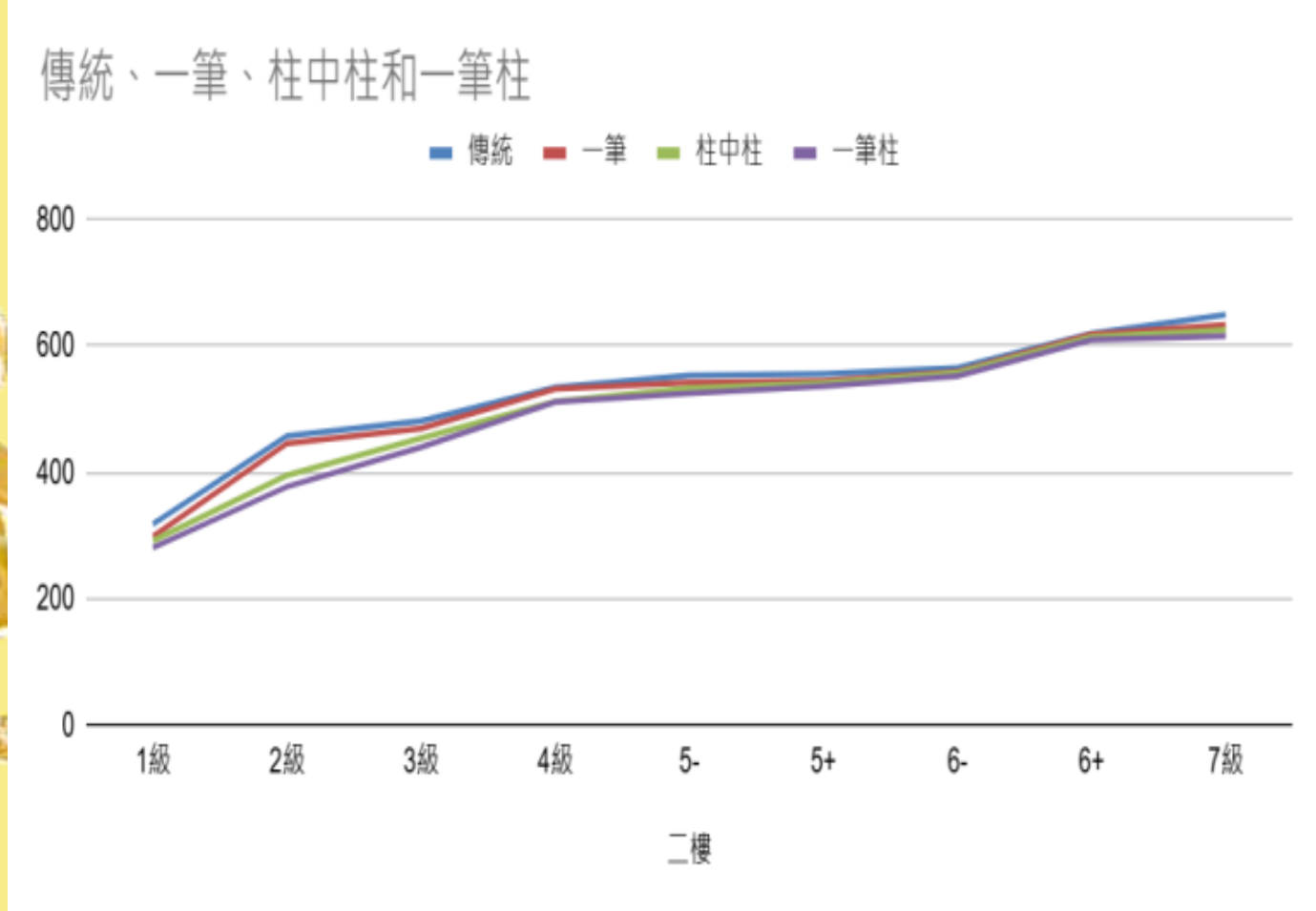
【實驗十三】1層樓固定7個箍筋



討論

總結來說傳統箍筋防震性能沒那麼好，(此為個人觀點)在我看來是因為它叫傳統，理論上來說就是比較老舊的方法，而柱中柱是近幾年被開發出來的，因此抗震性較好，更何況是一筆柱中柱(此為個人觀點) 一筆箍筋比傳統箍筋好的原因，大概是因為沒有那麼多黏貼處，柱中柱的箍筋(實驗中)是由一筆箍筋上加一個圓，來加強固定，而一筆柱中柱是用一筆畫畫完柱中柱，不僅減少了黏貼處，還將圓型改成更為堅固矩形(菱形)，它的抗震性一直從一樓1級、2級、3級.....到三樓.....都沒有改變。

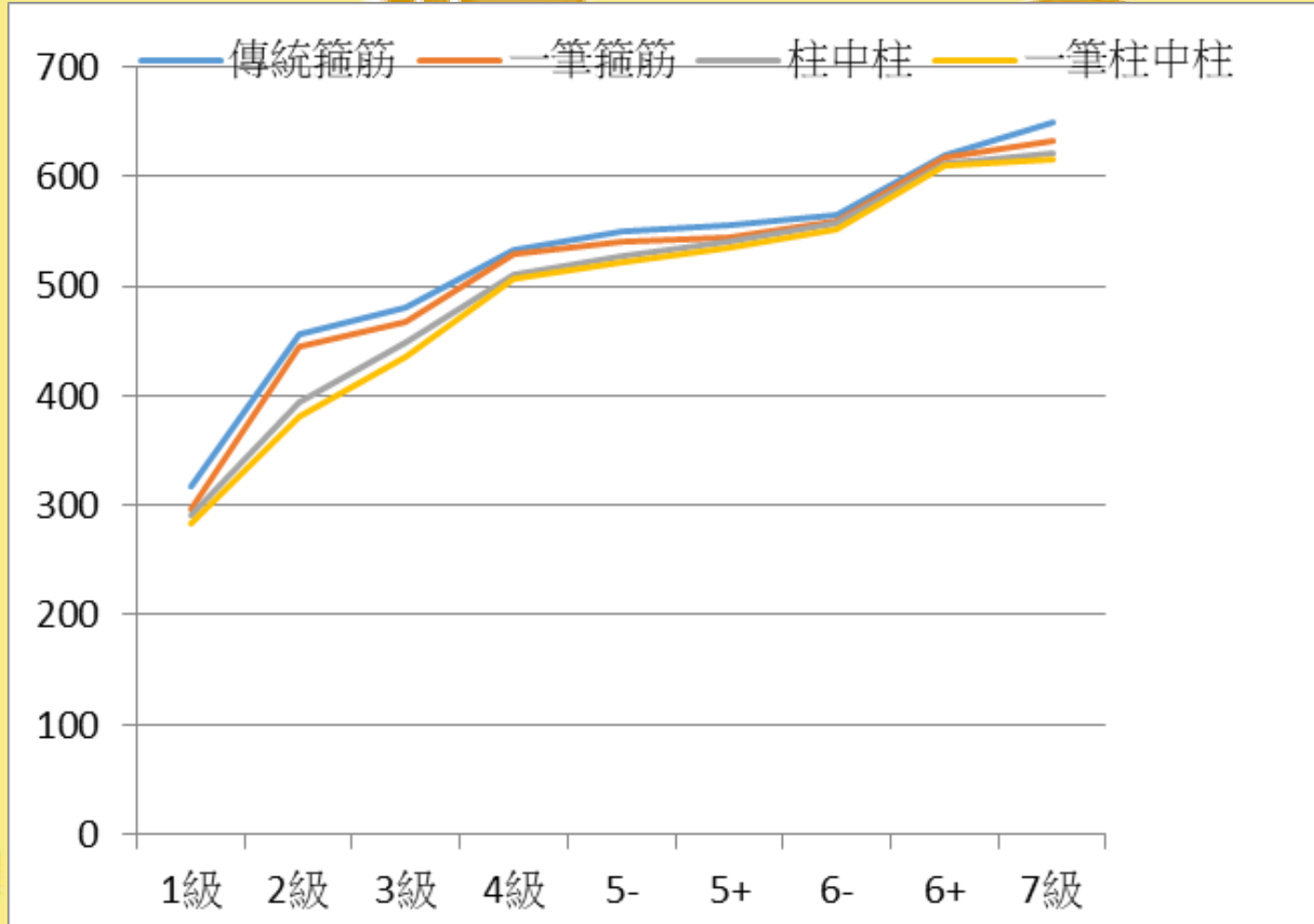
【實驗十一】2層樓固定6個箍筋



討論

2層樓的1級震度都比1層樓的7級震度高出許多，而2層樓5弱後的各箍筋搖晃的程度展現些差異甚微，可以看出所有箍筋結構的狀態在2層樓的效果大致相同，原在1樓表現稍佳的一筆柱中柱在2樓的實驗中仍然領先。

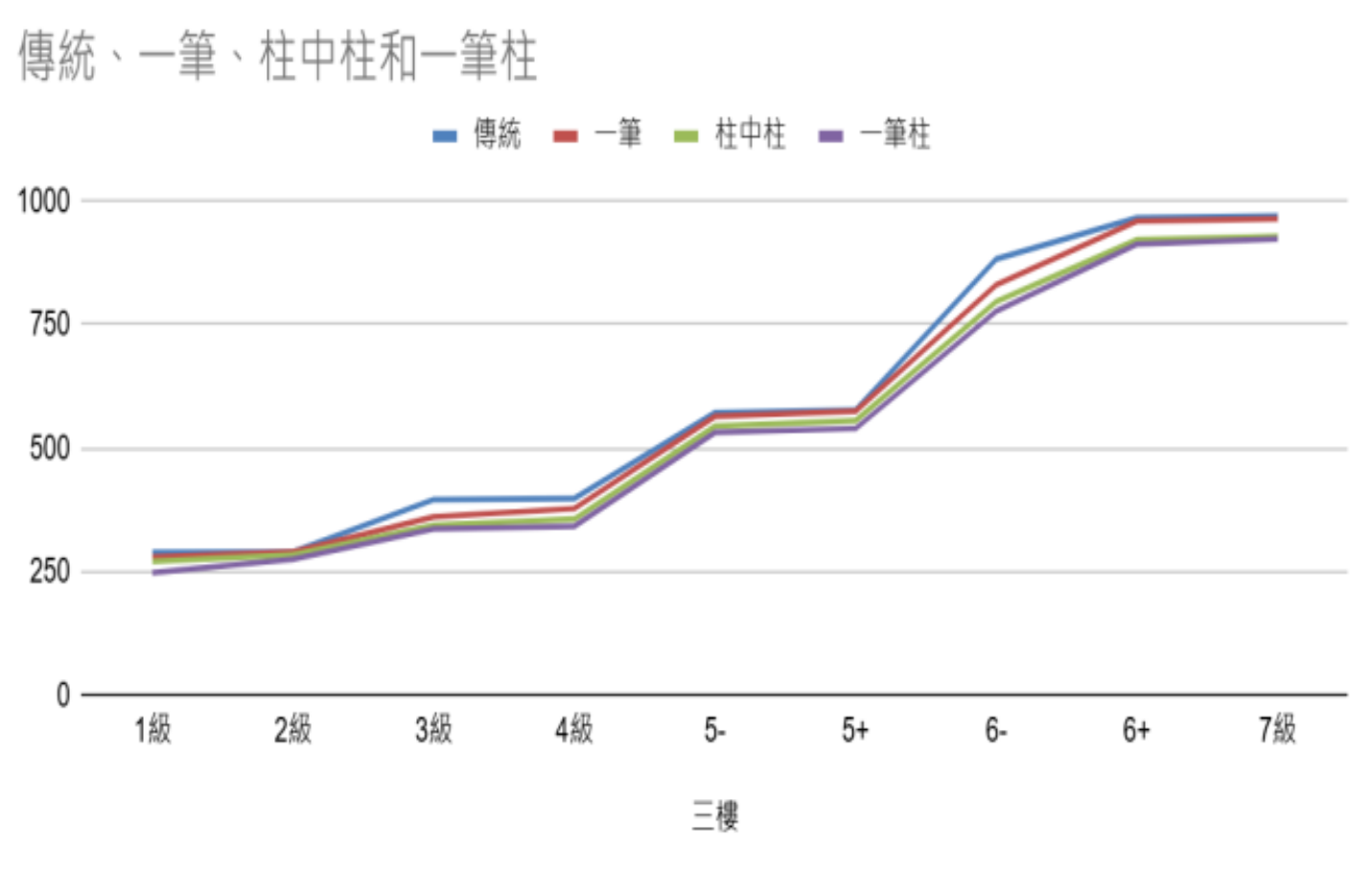
【實驗十四】2層樓固定7個箍筋



討論

從一樓到這依舊不變的是第4級，每次在4級與3級之間都會有明顯的變化，就像洶湧的海浪，就連平平無奇的二樓在三級、四級時也呈現出鋸齒狀，最後討論的結構是:共震顯的變化，就像洶湧的海浪，就連平平無奇的二樓在三級、四級時也呈現出鋸齒狀，最後討論的結構是:共震的關係。

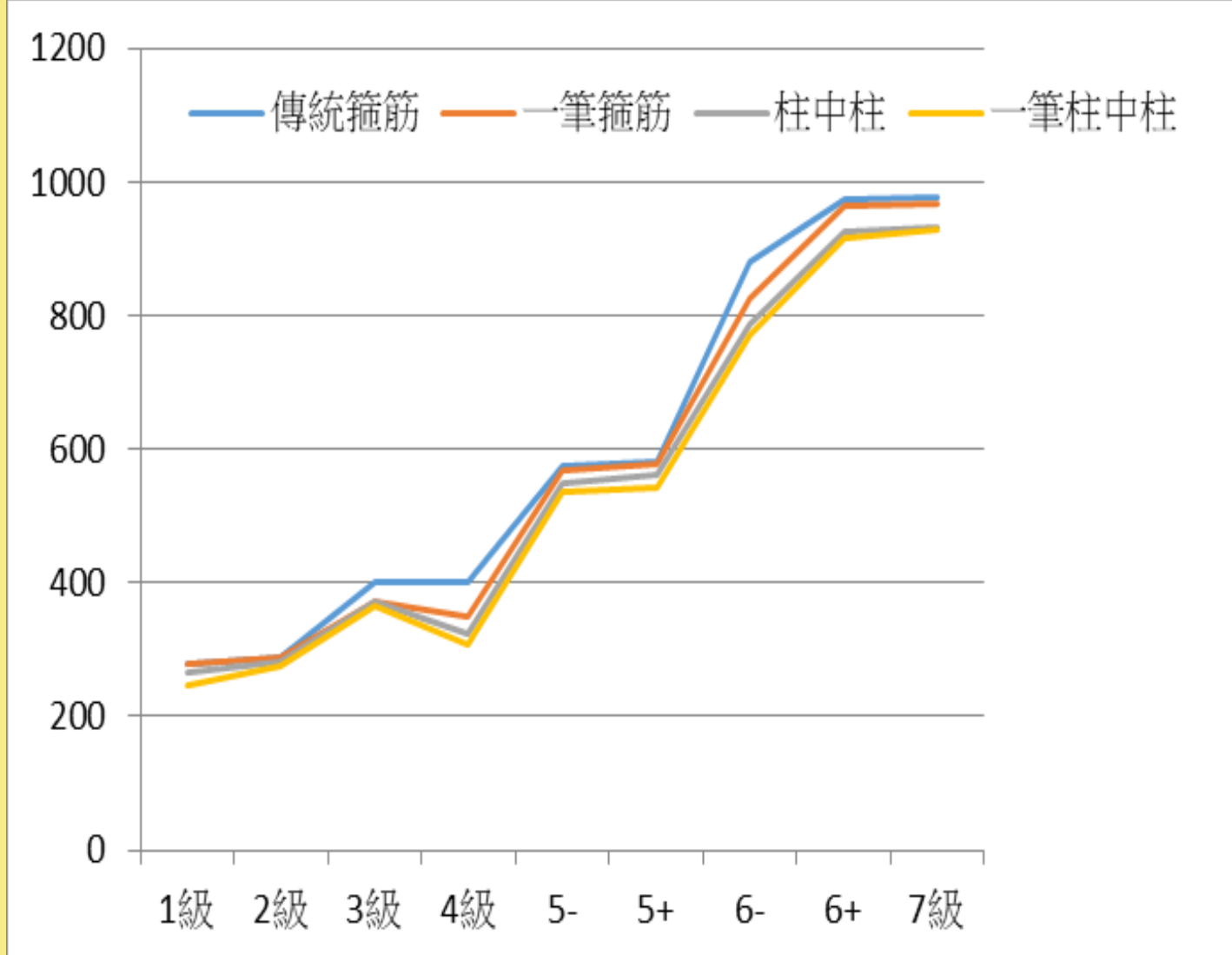
【實驗十二】3層樓固定6個箍筋



討論

3樓的震度在5弱前都比2樓的震度還要小，也就表示2樓居然比3樓還要搖晃，直到5弱強度後才開始比2樓的震度來得明顯，這個原因有可能是建築結構或是其他因素造成，需要再確認。

【實驗十五】3層樓固定7個箍筋

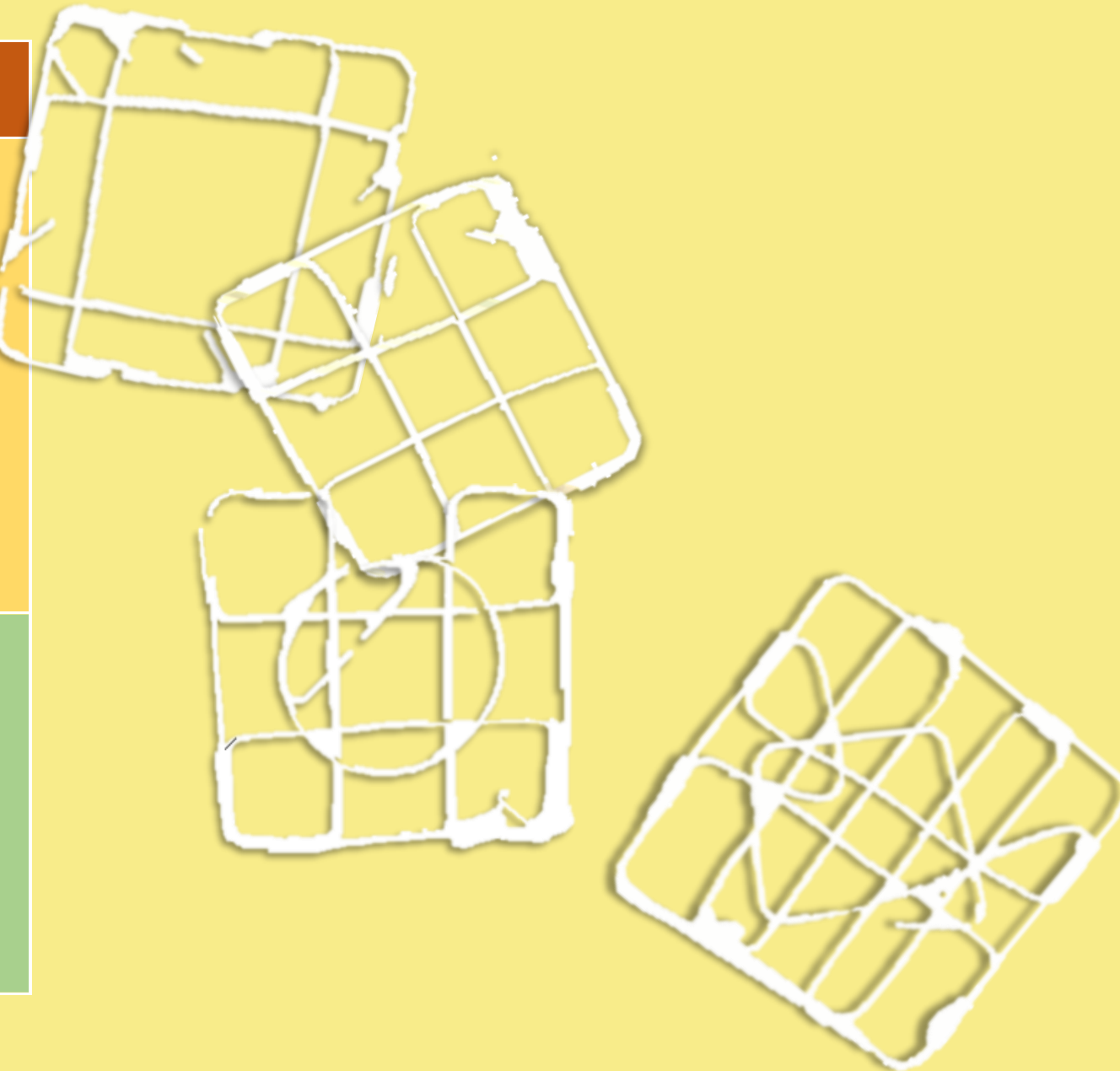


討論

三樓是裡頭搖晃最為劇烈的因為高度和重量關係，使得搖晃度也跟著增加。

箍筋比比看

類型	傳統箍筋	一筆箍筋	柱中柱箍筋	一筆柱中柱箍筋
優點	施工技術成熟，使用廣泛	無接頭，強度較高，抗震性能佳，施工效率高	提高核心柱的承載力與抗震能力，適用於高強度結構	無接頭，強度較高，提高核心柱的承載力與抗震能力，適用於高強度結構，施工效率高。
缺點	接頭多，施工繁瑣，綁紮費時，易產生弱點	彎折加工較複雜，需特定設備，材料浪費可能較多	施工複雜，需精確配置，造價較高	前置製造耗時多，彎折加工複雜，造價較高，材料浪費可能較多



研究結果

探究一：

針對箍筋P波測試，P波為上下震動，測試P波震度1~7級震動，P波震度沒有S波震度伏度那麼大，一層樓到三層樓震動伏度差不多。

探究二：

針對箍筋S波測試，S波測試震度1~7級震動，級數越大震動越大，測試時能觀察到水位的不同變化，尤其到7級時，有時水位高達1000CC。

探究三：

S波測試一層樓到三層樓，發現一層樓水位震動不大，即使已到7級震動，水位最高200多，但到二層樓變化伏度就很大，同樣的級數，水位可到達700多，而三層樓水位可以高達將近1000CC。

探究四：

4種箍筋比較，發現雖然數據不會差太多，但從數據上可以看的出，傳統箍筋在相同級數及樓層，水位都會高於其他箍筋，柱中柱與一筆柱中柱相對水位較低，而一筆柱中柱水位又比柱中柱更低一些，可以看出能將主筋都包住，不讓它搖晃，相對對建築較安全。

結論

這次的研究我們將使用鐵絲製作箍筋，透過自製地震儀器來模擬地震來臨時的情境，用以探究四種箍筋及不同箍筋數量，在建築物上，對地震1~7級耐震程度的影響。

發現傳統箍筋最不穩固，一筆箍筋排名第三，柱中柱排名第二，一筆柱中柱最為堅固，而箍筋不只可以協助主筋直立，其的間距、彎鉤的角度和箍筋粗細都是攸關建築物的耐震能力。我們經由四種箍筋及不同箍筋數量所得到的結論，希望在未來建築物穩定性上能更有幫助，並減少地震所帶來的災害，達到人與大自然間的共存。



討論

一、箍筋的選用：

我們選用3種不同鐵絲，最後選用18號鐵絲，製成4種不同箍筋較穩定。

二、主筋的選擇：

使用不同材質測試，最後選用比較堅固的牙條，以23公分長的牙條作為測試。

三、實驗探究一：

分別測試4種箍筋，1~3層樓固定3個箍筋、震度1~7級比較：發現一筆柱中柱是最穩固的而傳統箍筋是最容易倒塌

四、實驗探究二：

分別測試4種箍筋，1~3層樓固定4個箍筋、震度1~7級比較：所有數據最聚集的地方都在4級以前，4級以下的地震，不管是住在什麼房屋，大致上都不會有太大的危險，但從4級以上，使用傳統箍筋的房子相對的不太安全。

五、實驗探究三：

分別測試4種箍筋，1~3層樓固定5個箍筋、震度1~7級比較：柱中柱與一筆柱中柱很相近，但在5弱時，水位變高了，後來又慢慢與一筆柱中柱的數據差不多，一筆柱中柱數據一直較為平穩。

六、實驗探究四：

分別測試4種箍筋，1~3層樓固定6個箍筋、震度1~7級比較：震度4以上各箍筋在3樓搖晃的程度出現較大落差，各箍筋搖晃的程度，依著震度不同，開始呈現各箍筋的效果。

七、實驗探究五：

分別測試4種箍筋，1~3層樓固定7個箍筋、震度1~7級比較：7個箍筋較為穩定，但隨著1~7的震度，一筆柱中柱的最為理想。