

新竹市第四十三屆中小學科學展覽會

作品說明書

科別：地球科學

組別：國中組

作品名稱：你震你的，我穩我的一從耐震到免震的奧秘

關鍵詞：減震、阻尼器

摘要

本研究探討地震減震技術，重點關注阻尼器在降低建築搖晃與減少地震損害的應用。隨著地震頻率上升，提升建築抗震能力成為重要課題。本研究透過實驗分析阻尼器質量、擺長及複數阻尼器配置對減震效果的影響。結果顯示，較重的阻尼塊(400g)與較長的擺長（28.5cm）減震效果最佳，而不同比例配置的複數阻尼器(50g:350g)較單一的阻尼器，減震效果更好。除此之外，研究比較不同建築結構的耐震效果，發現雙向支撐結構（如 d 型、e 型）優於單向支撐結構。針對免震的技術方面，結果顯示在建築底部加裝鋼珠可提升穩定性，但數量增加未顯著改善減震效果。本研究驗證阻尼器的減震效果，並提供不同設計變因的實證數據，為未來建築抗震設計提供參考。

壹、前言

一、研究動機

隨著全球地震頻率的增加和人類對於城市化需求的擴張，地震災害的影響成為了當今社會不可忽視的問題。尤其是對於人口密集的都市區域，一旦發生強烈地震無論是生命財產損失還是基礎設施的損壞都會帶來巨大的災難，因此如何有效降低建築物在地震中的損害，成為了結構工程領域中的一項重要課題，為此自然災害我們決定做有關於建築物減震的研究。

二、研究目的

我們設計出一系列的實驗：

- (一) 阻尼器的擺長與減震效果的關係
- (二) 阻尼塊的質量對減震效果的影響
- (三) 複數阻尼塊時不同質量比例對減震效果的影響
- (四) 關於阻尼器在不同樓層時，對於房屋搖晃程度的影響
- (五) 關於不同房屋結構對於房屋搖晃程度的影響
- (六) 關於在建築物下加裝不同數量鋼珠時，對於房屋搖晃程度的影響

三、文獻回顧

(一) 建築物抗震設計與結構優化

地震對建築物的影響主要來自地震波傳遞所產生的震動與結構應力反應，因此，建築物的結構設計與材料選擇至十分重要。

《「震不震」的住》探討了不同結構形式（如框架結構、剪力牆結構）對抗震能力的影響，指出使用高延展性材料與合理的結構設計能有效提升建築物的耐震性能。此外，《十震九穩－建築物抗震之研究》透過模型實驗，驗證了建築結構的強度與穩定性，並強調基礎設計與建築重心配置對抗震效果的影響。這些研究顯示，提高建築物的抗震能力，除了材料選擇，還需進行適當結構強化，例如：增加剪力牆、支撐結構，提高建築物的耐性與穩定性。調整建築物重心，降低晃動與倒塌風險。使用隔震技術，減少傳遞至建築物的地震能量。

(二) 阻尼器的抗震機制與應用

阻尼器的主要作用是吸收與抵銷地震能量，減少建築物的晃動與結構損壞。

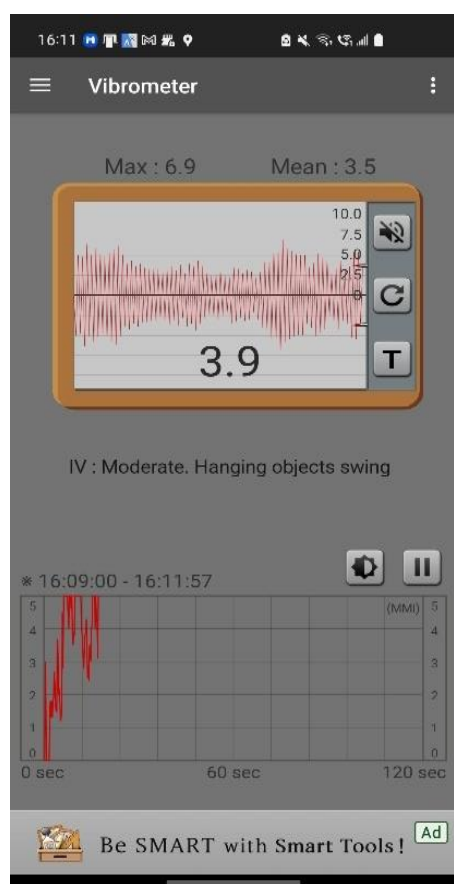
《震不震「阻」了就知道—從阻尼器看地震對鋼骨大樓的影響》探討了不同類型的阻尼器（如黏滯阻尼器、調諧質量阻尼器等）對鋼骨結構大樓的影響，結果顯示適當配置阻尼器可顯著降低地震造成的結構變形與應力集中。除此之外，《101 奇幻阻尼鋼球—以單擺原理和慣性定律模擬 101 大樓調諧質量阻尼器的減振效應》以台北 101 大樓的調諧質量阻尼器（Tuned Mass Damper, TMD）為研究對象，透過單擺原理模擬其減振效果，並驗證其在風力與地震作用下的穩定性。

貳、 研究設備及器材

一、建築物，銅粉，扭蛋殼

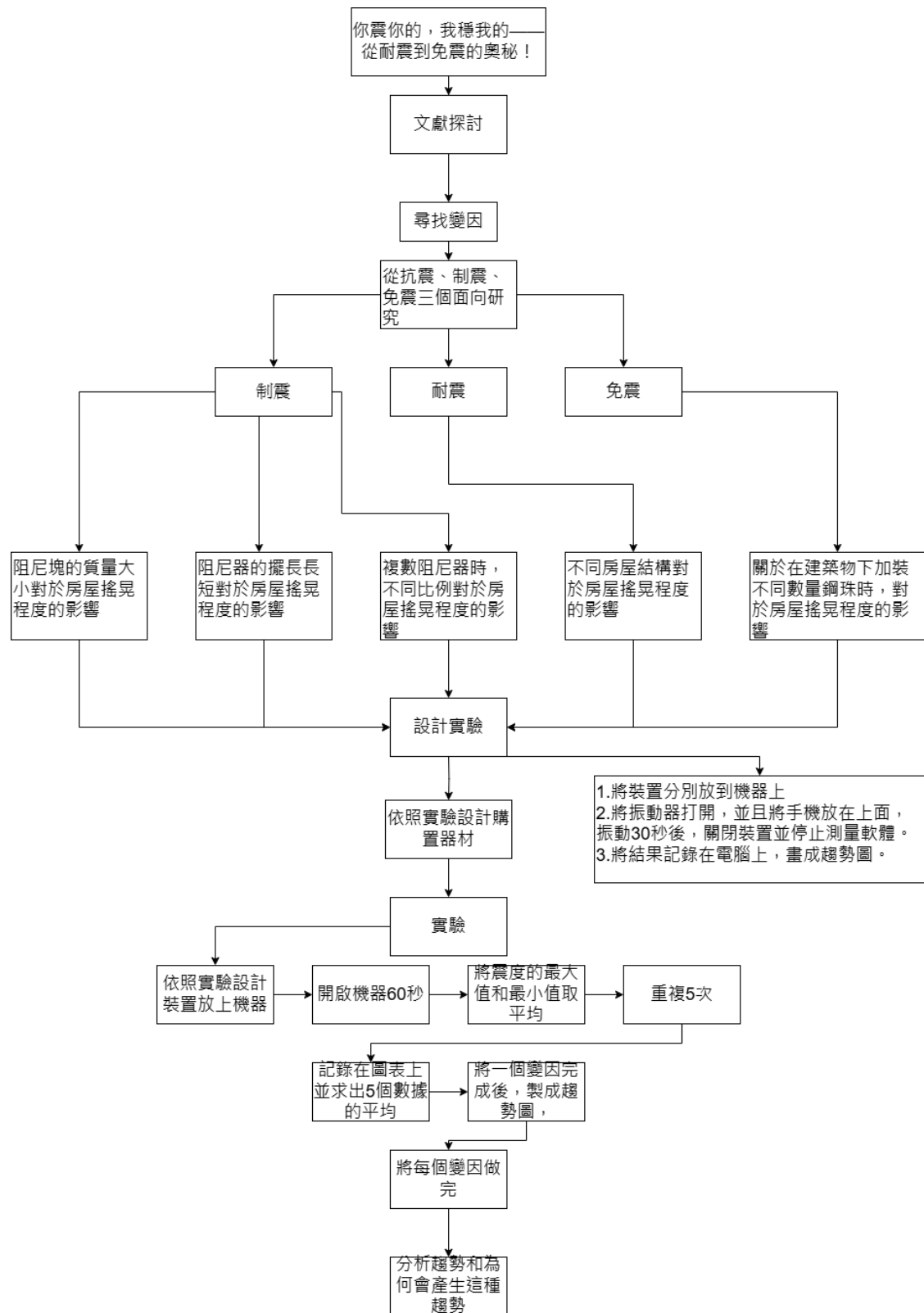
自製建築物	健康搖擺機
	
鐵條	直徑 1cm 鋼珠
	

手機 app Vibrometer



參、研究過程或方法

一、實驗流程圖



二、研究原理

建築抗震設計 一般可以分為三大類

(一)『耐震』建築，別稱『抗震』指透過設計、建造和改造等手段，減少地震對建築物、設施、人物和財產造成的損害。

抗震設計：建築結構的設計需要考慮到地震荷載，通過合理的結構佈局、加強抗震構件的強度等，提升建築物的抗震能力。

材料選用：採用抗震性能較好的建築材料，比如鋼筋混凝土、鋼結構等，以增強建築的穩定性。

基礎加固：建築物的基礎進行適當加固，使建築物在地震中能夠穩固，避免倒塌。

設備保護：一些重要的設備，如電力設備、通訊設施等，也需要進行抗震加固，確保在地震中不受到破壞。

防震管理：包括地震預警、災後救援等措施，保障人員安全，減少地震帶來的生命和財產損失。

(二)『制震』建築，別稱『減震』減震是指通過各種技術手段減少地震或其他振動對建築物、設施及其使用者的影響，進而保護建築物結構和室內物品，減少地震帶來的損害。

耗能減震：這類裝置主要通過耗能來吸收地震能量，減少建築物的振動。例如，黏彈性耗能裝置、阻尼器等，這些裝置能夠將地震波帶來的能量轉化為熱能或其他形式的能量，從而減少結構的震動。

主動減震：這是利用智慧控制系統，實時調節減震裝置的行為，以根據地震波的變化進行調整。這種技術需要高效的感測與控制系統來實時反應，能夠在較短的時間內作出反應，最大程度地減少建築物的震動。

結構調整：有些建築會在設計上改變結構的質量分布或剛度，使其對地震的反應變得更加平穩。這樣的設計也能減少地震造成的損害。

動態阻尼：這是一種通過調整建築物內部結構或設備來消耗地震能量的技術，常見的裝置包括粘性阻尼器和質量阻尼器，能有效抑制建築的振動。

（三）『免震』建築，別稱『隔震』使建築物在地震時與地面運動完全隔離，從而避免或大幅減少地震對建築結構和室內物品的影響。這項技術的核心理念是通過隔離建築物基礎與地面之間的直接接觸，防止地震波的震動傳遞到建築物本身，從而實現免震效果。

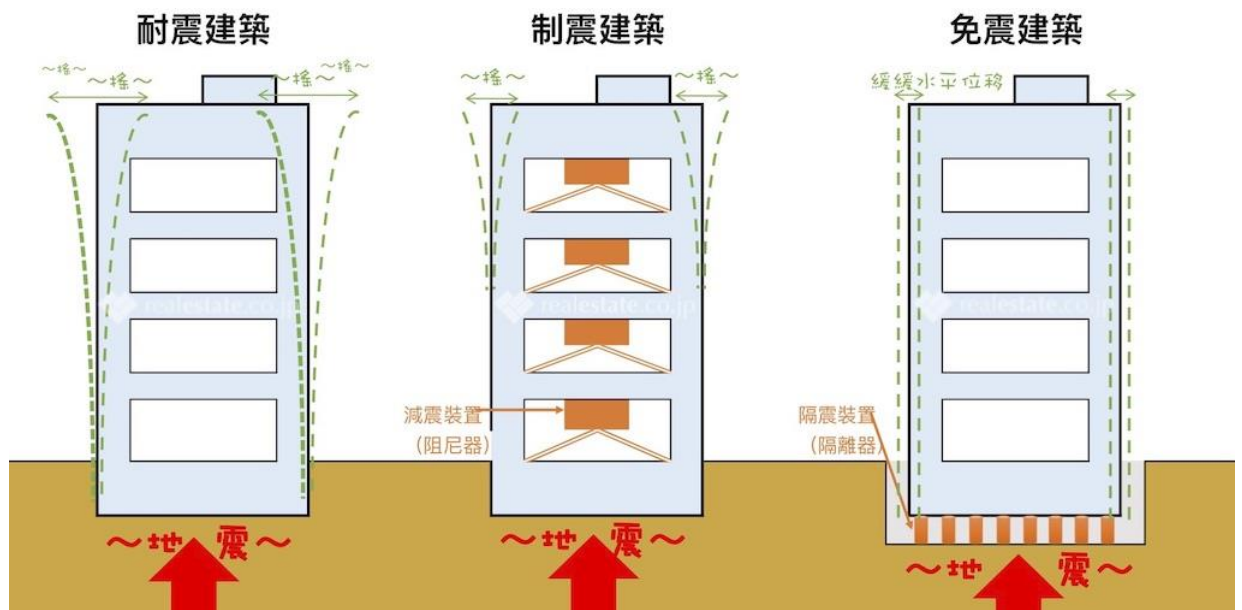
免震技術主要依賴於 **隔震裝置**，使建築物與地面之間的運動不再直接相關，這些裝置能夠有效地阻止地震波對建築物結構造成的損害。免震技術在防震中屬於最先進的一種，特別適用於重要建築、醫院、博物館等對地震要求極高的場所。

橡膠支座（隔震墊）：這是最常見的免震技術，通常將高強度的橡膠材料與鋼板結合使用，製成橡膠支座，這些支座被安裝在建築物基礎和地面之間，當地震發生時，橡膠支座能夠吸收震動並隔離建築物與地面的運動。

滾動支座（滾動隔震）：這種裝置利用滾動摩擦來減少建築物與地面之間的相對運動，常見的有滾筒、球形支座等，這些裝置能夠在地震時允許建築物在水平方向上自由移動，從而減少震動傳遞。

彈簧系統：在某些免震設計中，會使用大型的彈簧系統作為基礎隔震裝置。這些彈簧系統能夠吸收和消滅來自地震的能量，從而避免地震波的影響。

浮動基礎（浮動平台）：這種設計將建築物的基礎與地面完全隔開，通過浮動平台來實現免震效果。浮動平台的運作原理是使建築物漂浮在一個液體或氣體層上，這樣當地震發生時，建築物可以像浮在水面上一樣不受地面震動的影響。



資料來源於 Kae. (2022, March 11)

所以我們決定從耐震、制震、免震三個面向研究

三、研究過程

(一) 制震

研究一：關於阻尼塊的質量大小對於房屋搖晃程度的影響

此實驗探討，阻尼器的質量對房屋振動的影響，並進行以下實驗。

【實驗變因】：

控制變因：擺長 18cm、模擬震度 5.6、單樓層高 30cm、阻尼塊直徑 7cm

【實驗步驟】：

- 1.將質量為 250g、 300g、350g、400g 的阻尼器依序分別放到裝置上
- 2.將振動器打開，並且將手機放在最上層木板的中央上，振動 30 秒後，關閉裝置並停止測量軟體。
- 3.將結果記錄在電腦上，畫成趨勢圖。

研究二：關於阻尼器的擺長長短對於房屋搖晃程度的影響

此實驗探討，阻尼器的擺長對房屋振動的影響，並進行以下實驗。

【實驗變因】：

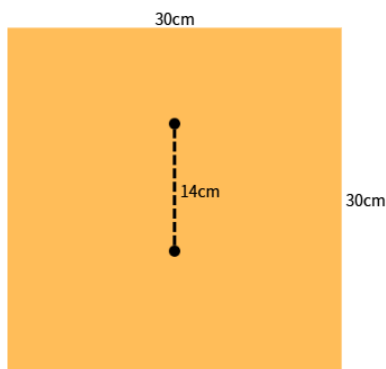
控制變因：質量塊重量 200g、模擬震度 5.6、單樓層高 30cm、阻尼塊直徑 7cm

【實驗步驟】

1. 將擺長 8.5cm、13.5cm、18.5cm、23.5cm 的阻尼器依序分別放到裝置上
2. 將振動器打開，並且將手機放在最上層木板的中央上，振動 30 秒後，關閉裝置並停止測量軟體。
3. 將結果記錄在電腦上，畫成趨勢圖。

研究三：關於兩個阻尼器時，不同比例對於房屋搖晃程度的影響

兩個阻尼器擺放方式如圖



圖中黑點為擺放位置

【實驗變因】：

控制變因：擺長 15cm、模擬震度 5.6、單樓層高 30cm、阻尼塊直徑 7cm

【實驗步驟】：

- 1.將質量比例為 200g:200g、250g:150g、300g:100g 的阻尼器依序分別放到裝置上
- 2.將振動器打開，並且將手機放在上面，振動 30 秒後，關閉裝置並停止測量軟體。
- 3.將結果記錄在電腦上，畫成趨勢圖。

研究四：關於阻尼器在不同樓層時，對於房屋搖晃程度的影響

【實驗變因】：

控制變因：擺長 15cm、質量塊重量 200g、模擬震度 5.6、單樓層高 30cm、阻尼塊直徑 7cm

【實驗步驟】：

- 1.將質量為 200g 的阻尼器依序放到裝置上的 1 樓、2 樓、3 樓、4 樓
- 2.將振動器打開，並且將手機放在最上層木板的中央上，振動 30 秒後，關閉裝置並停止測量軟體。
- 3.將結果記錄在電腦上繪成趨勢圖。

(二) 耐震

研究一：關於不同房屋結構對於房屋搖晃程度的影響

【實驗變因】：

控制變因：模擬震度 5.6、單樓層高 30cm

操作變因：不同結構

原結構	a 型	b 型
		
c 型	d 型	e 型
		

【實驗步驟】：

- 1.將不同結構建築物依序放到裝置上
- 2.將振動器打開，並且將手機放在最上層木板的中央上，振動 30 秒後，關閉裝置並停止測量軟體。
- 3.將結果記錄在電腦上繪成趨勢圖。

（三）免震

研究一：關於在建築物下加裝不同數量鋼珠時，對於房屋搖晃程度的影響

此實驗探討，在建築物之下（如圖）加裝不同數量鋼珠時，對房屋振動的影響，並進行以下實驗。



【實驗變因】：

控制變因：模擬震度 5.6、單樓層高 30cm、鋼珠直徑 1cm

【實驗步驟】：

- 1.將不同數量的鋼珠依序放到裝置上的下方
- 2.將振動器打開，並且將手機放在最上層木板的中央上，振動 30 秒後，關閉裝置並停止測量軟體。
- 3.將結果記錄在電腦上，畫成趨勢圖。

肆、研究結果

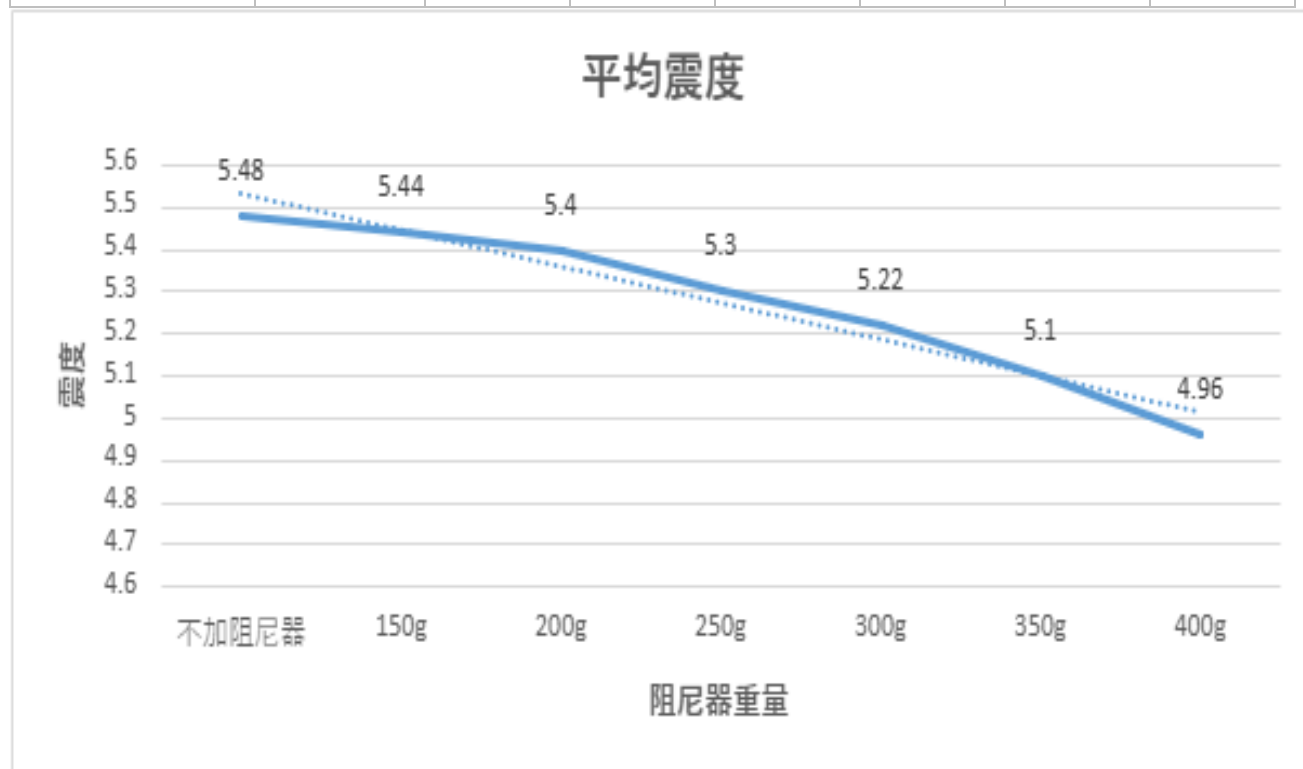
一、制震

研究一、關於阻尼塊的質量大小對於房屋搖晃程度的影響

控制變因：擺長 18cm、模擬震度 5.6、單樓層高 30cm：阻尼塊直徑 7cm

（一）實驗數據和趨勢圖

次數\阻尼塊重量	不加阻尼器	150g	200g	250g	300g	350g	400g
1	5.55	5.4	5.45	5.25	5.25	5.1	5
2	5.45	5.45	5.4	5.3	5.2	5.15	4.95
3	5.4	5.45	5.35	5.35	5.2	5.05	4.9
4	5.45	5.4	5.4	5.3	5.2	5.1	4.95
5	5.55	5.5	5.4	5.3	5.25	5.1	5
平均震度	5.48	5.44	5.4	5.3	5.22	5.1	4.96

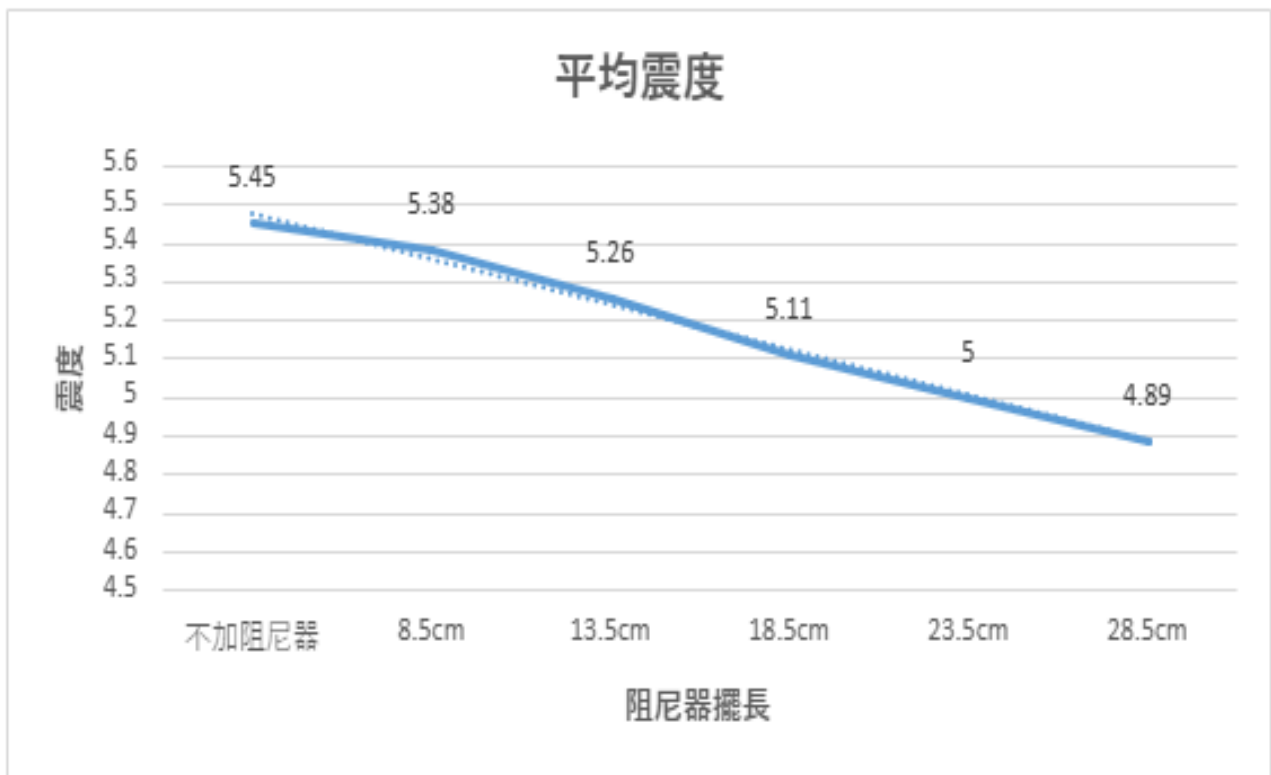


研究二、關於阻尼器的擺長長短對於房屋搖晃程度的影響

控制變因：質量塊重量 200g、模擬震度 5.6、單樓層高 30cm、阻尼塊直徑 7cm

(一)實驗數據和趨勢圖

次數\阻尼器擺長	不加阻尼器	8.5cm	13.5cm	18.5cm	23.5cm	28.5cm
1	5.4	5.3	5.25	5.15	5	4.9
2	5.55	5.45	5.25	5.05	4.95	4.85
3	5.4	5.4	5.25	5.1	5	5
4	5.45	5.3	5.25	5.15	5.05	4.8
5	5.45	5.45	5.3	5.1	5	4.9
平均震度	5.45	5.38	5.26	5.11	5	4.89

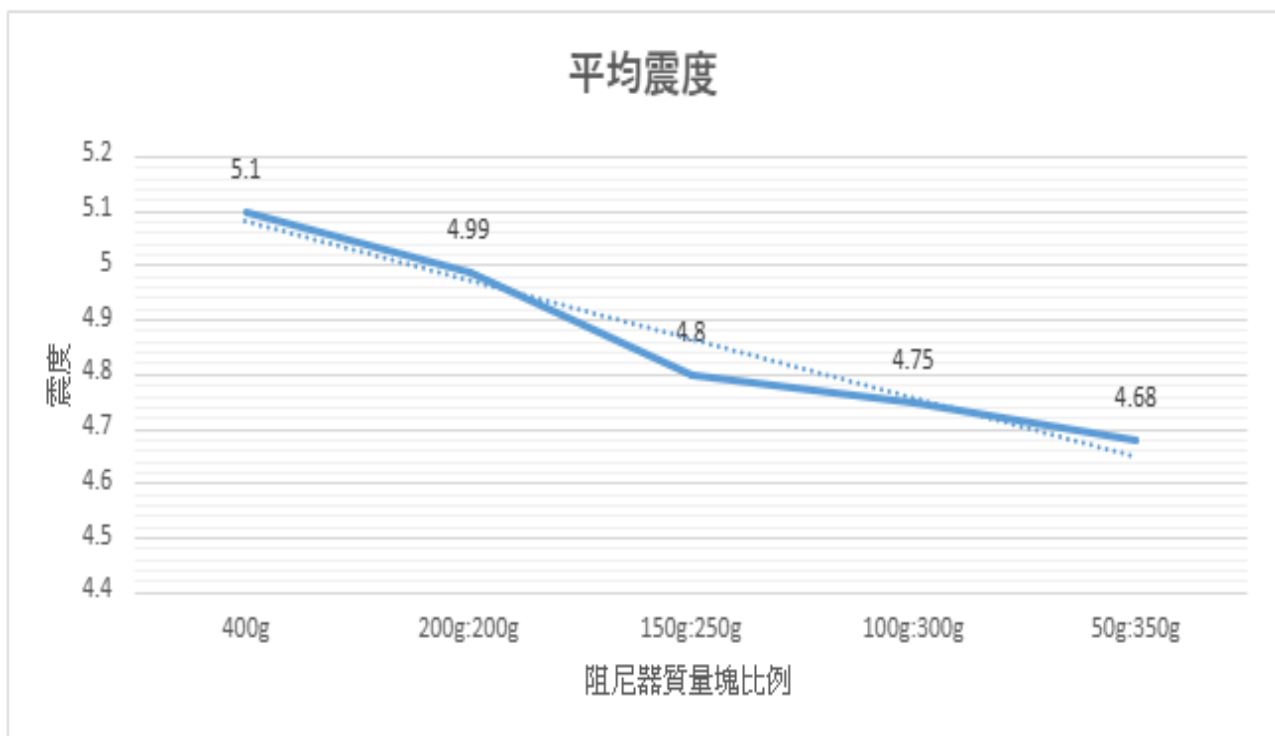


研究三、關於複數阻尼器時，不同比例對於房屋搖晃程度的影響

控制變因：擺長 15cm、模擬震度 5.6、單樓層高 30cm、阻尼塊直徑 7cm

（一）實驗數據和趨勢圖

		總重 400g			
次數\阻尼器比例	單顆 400g	200g:200g	150g:250g	100g:300g	50g:350g
1	5.1	4.8	4.85	4.85	4.7
2	5.15	5	4.7	4.65	4.65
3	5.05	5.05	4.85	4.85	4.7
4	5.1	5	4.8	4.7	4.7
5	5.1	5.1	4.8	4.7	4.65
平均震度	5.1	4.99	4.8	4.75	4.68

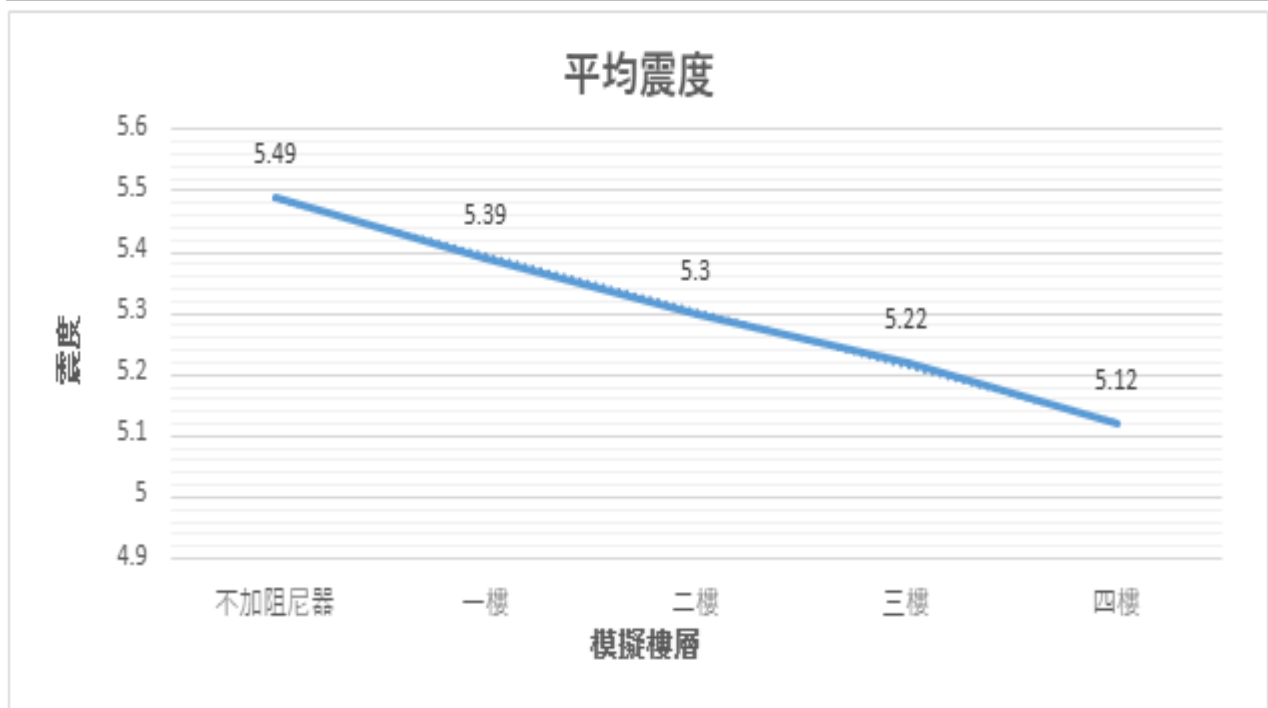


研究四、關於阻尼器在不同樓層時，對於房屋搖晃程度的影響

控制變因：擺長 15cm、質量塊重量 200g、模擬震度 5.6、單樓層高 30cm、阻尼塊直徑 7cm

（一）實驗數據和趨勢圖

次數\模擬樓層	不加阻尼器	一樓	二樓	三樓	四樓
1	5.45	5.4	5.3	5.2	5.1
2	5.5	5.4	5.3	5.25	5.15
3	5.45	5.45	5.3	5.2	5.1
4	5.5	5.35	5.25	5.2	5.15
5	5.55	5.35	5.35	5.25	5.1
平均震度	5.49	5.39	5.3	5.22	5.12

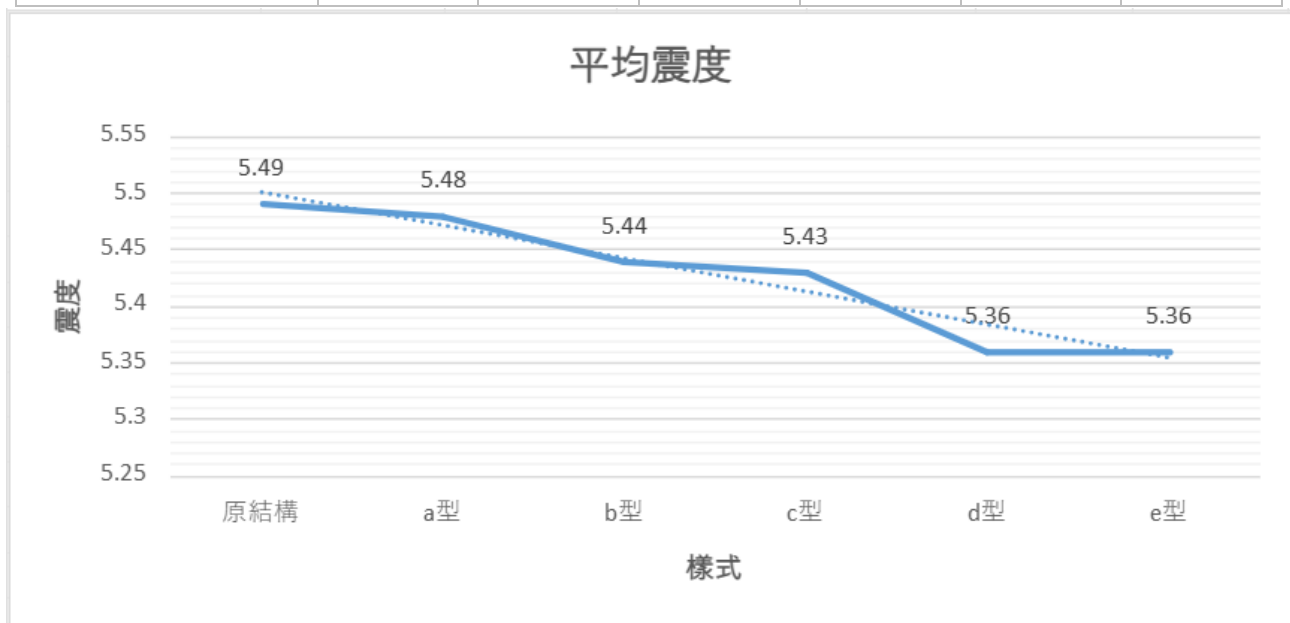


二、耐震

研究一、關於不同房屋結構對於房屋搖晃程度的影響

(一) 實驗數據和趨勢圖

次數\建築結構樣式	原結構	a 型	b 型	c 型	d 型	e 型
1	5.55	5.55	5.45	5.45	5.4	5.3
2	5.5	5.5	5.5	5.4	5.3	5.35
3	5.5	5.45	5.4	5.4	5.35	5.4
4	5.45	5.45	5.4	5.45	5.4	5.4
5	5.45	5.45	5.45	5.45	5.35	5.35
平均震度	5.49	5.48	5.44	5.43	5.36	5.36



三、免震

研究一、關於在建築物下加裝不同數量鋼珠時，對於房屋搖晃程度的影響

控制變因：模擬震度 5.6、單樓層高 30cm、鋼珠直徑 1cm

（一）實驗數據和趨勢圖

次數\鋼珠數量	不加鋼珠	50 顆	100 顆	150 顆	200 顆
1	5.55	4.2	4.15	4.15	4.15
2	5.5	4.25	4.2	4.2	4.2
3	5.5	4.3	4.25	4.2	4.2
4	5.5	4.2	4.2	4.15	4.25
5	5.45	4.2	4.2	4.25	4.25
平均震度	5.5	4.23	4.2	4.19	4.21



伍、討論

一、關於阻尼塊的質量大小對於房屋搖晃程度的影響

- (一) 減震效果為質量 $250\text{g} < 300\text{g} < 350\text{g} < 400\text{g}$
- (二) 400g 的減震效果最好
- (三) 由此可推測出也許在一定範圍之內，質量越大減震效果越好
- (四) 但在質量越大時，對於建築物結構的負擔會越重，所以質量大小只能一定範圍之內。

二、關於阻尼器的擺長長短對於房屋搖晃程度的影響

- (一) 減震效果為擺長 $5\text{cm} < 10\text{cm} < 15\text{cm} < 20\text{cm}$
- (二) 20cm 的減震效果最好
- (三) 由此可以推測出也許在一定比例之內，擺長越長減震效果越好

三、關於複數阻尼器時，不同比例對於房屋搖晃程度的影響

- (一) 減震效果為 $400\text{g} < 200\text{g}:200\text{g} < 250\text{g}:150\text{g} < 300\text{g}:100\text{g} < 350\text{g}:50\text{g}$ ， $350\text{g}:50\text{g}$ 的減震效果最好
- (二) 我們發現兩個質量塊的效果皆比單顆 400g 的好， $350\text{g}:50\text{g}$ 效果又比 $300\text{g}:100\text{g}$ 和 $250\text{g}:150\text{g}$ 的和 $200\text{g}:200\text{g}$ 的好
- (三) 根據實驗結果，可以推斷是因為重量較高的那一顆的重量較其他的高，所以效果較好
- (四) 根據實驗結果，如果再將兩顆阻尼器的質量差距再放大，那減震效果還是會變更好，只是我們推斷質量差距大到一個程度可能會降低效果

四、關於不同房屋結構對於房屋搖晃程度的影響

- (一) a 型並未發揮耐震的功用
- (二) b 型、c 型有發揮耐震的功用，但由於只有單向，所以效果較不好
- (三) d 型、e 型較 b 型、c 型好，因為可以抵銷雙向的力

五、關於阻尼器在不同樓層時，對於房屋搖晃程度的影響

- (一) 減震效果為 4 樓的減震效果最好
- (二) 且效果為一樓 < 二樓 < 三樓 < 四樓
- (三) 所以較高樓層會有較好的效果
- (四) 依據實驗結果可以推斷在一定範圍內，阻尼器擺放樓層越高減震效果越好

六、關於在建築物下加裝不同數量鋼珠時，對於房屋搖晃程度的影響

- (一) 增加鋼珠的顆數並不會對免震效果有太大的影響，只要有一定數量並且平均分分布就好了。
- (二) 根據實驗的過程中發現，顆數越多較穩定因為，鋼珠較多會更穩定是因為鋼珠較容易平均分布

陸、結論

本研究透過一系列實驗驗證了減震技術的有效性，結果顯示：

- 一、**制震方面**：阻尼器的質量、擺長及配置比例均會影響減震效果，重量較重、擺長較長及適當配置的複數阻尼器效果最佳。
- 二、**耐震方面**：房屋結構設計對耐震效果有影響，雙向抗震設計較單向更有效，特定結構形式可明顯降低震動影響。
- 三、**免震方面**：在建築底部加裝鋼珠可減少震動，但數量增加並未顯著提升效果，穩定性則有一定程度提升。
- 四、綜合而言，適當應用耐震、制震與免震技術，可有效提升建築物的抗震能力，降低地震帶來的損害，對於未來建築防災設計具有實質參考價值。

柒、參考文獻資料

一、根據文獻可以知道地震分級的加速度，經過測量可得知儀器震度在 5.6 到 7.1 之間，另外在 2000 年 8 月之前的震度分級是沿用日本 1936 至 1948 年所使用的震度分級，將震度分成 0 級至 6 級，共 7 個等級，震度 6 級為地動加速度在 250gal 以上。1999 年 921 大地震時中央氣象局曾記錄到地動加速度超過 980gal 的資料，由於測得震度 6 級的地區廣闊，不利於受災情況之研判，中央氣象局在 2000 年 8 月公告增加一個震度分級，以地動加速度 400gal 作為震度 6 級的上限，400gal 以上定為震度 7 級

二、Kae.(2022,March11)

【耐震・制震・免震】日本抗震宅比較 / REJ 不動產相關常用日文單字

Real Estate Japan.

https://resources.realestate.co.jp/zh_TW/2022/03/11/%E8%80%90%E9%9C%87-%E5%88%B6%E6%8C%AF-%E5%85%8D%E9%9C%87-%E6%97%A5%E6%9C%AC%E6%8A%97%E9%9C%87%E5%AE%85%E6%AF%94%E8%BC%83-real-estate-japans-word-of-the-day/

三、與本研究有關之研究：

(一) 「震不震」的住

<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/52/pdf/030504.pdf>

(二) 十震九穩－建築物抗震之研究

<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/47/high/031731.pdf>

(三) 震不震「阻」了就知道－從阻尼器看地震對鋼骨大樓的影響

<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/55/pdf/080510.pdf>

(四) 101 奇幻阻尼鋼球－以單擺原理和慣性定律模擬 101 大樓調諧質量阻尼器的減振效應

<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/54/pdf/030110.pdf>

(五) 小球大功用

<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/44/c08/080107.pdf>