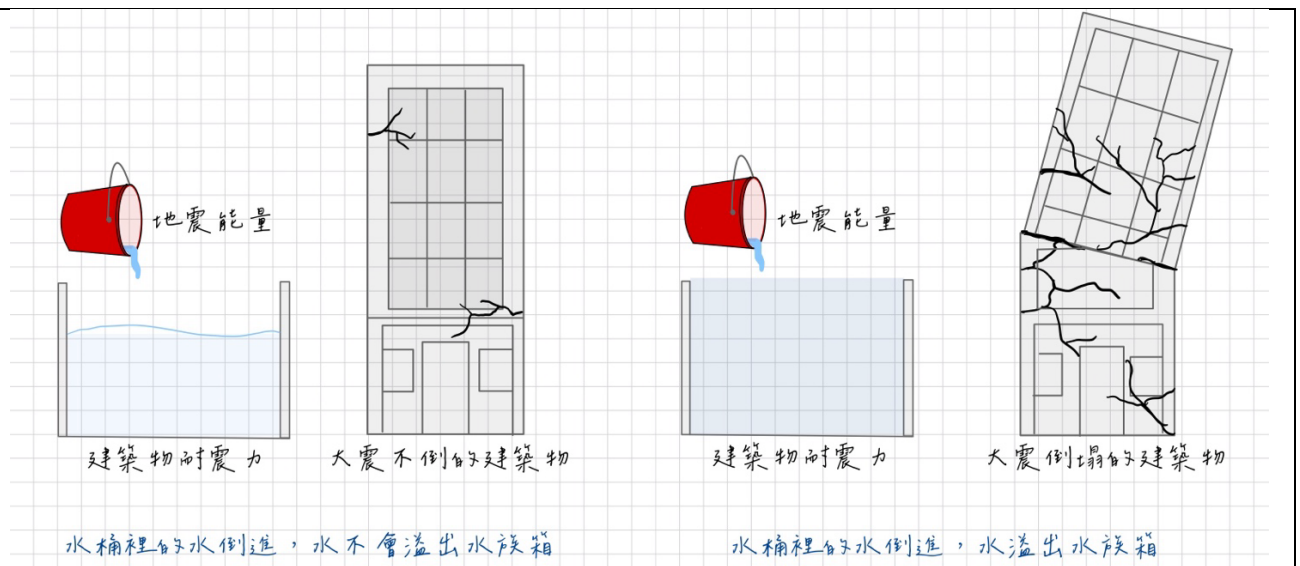


2025 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

普高組 成果報告表單

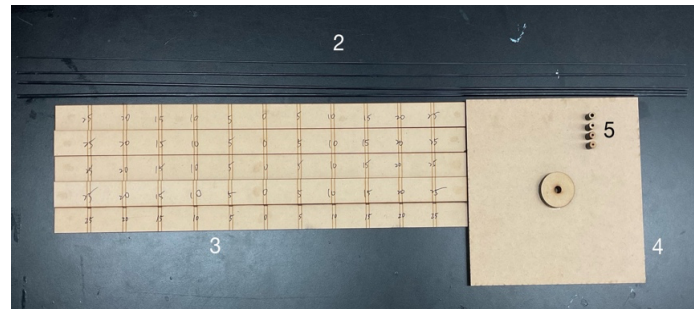
題目名稱：「樑」不倒「柱」得好 – 探討建築樑柱的高度是否影響耐震度
一、摘要
近期臺灣地震頻繁，因此我們想要研究建築物受力背後的原理。我們利用玻璃纖維管來模擬建築物主要的樑柱結構，以標準地震模擬震動台進行震動模擬實驗。結合智慧型手機的慢動作功能進行記錄，試圖找出建築物的受力點與可能的構造損壞位置。實驗主要探討下列三個方面：第一部分是探討截面積不同的樑柱在相同震動頻率下的受力程度，作為研究的基礎。第二部分為探討在相同截面積下，不同震動頻率對建築物樑柱的搖晃影響。
二、探究題目與動機
在建築設計中，形狀的選擇對於建築物的穩定性具有重要影響。隨著現代建築需求的多樣化，建築物的受力情況也成為大家所重視的一部分。 我們參加了今年的國際抗震盃競賽，透過觀察不同結構的建築物並進行受力測試，發現不同高度的建築物在不同受力情況下展現出不同的耐震性。因此，我們希望進一步探討不同截面積的建築物樑柱在受力情況下的影響，以及在相同截面積下，不同震動頻率對於建築物樑柱的搖晃影響。 此外，透過實驗，我們發現建築物樑柱在受力情況下不僅會產生左右搖晃，還可能出現 S 型扭轉搖晃，導致某些內部結構更容易受損。我們推測，即使建築物未倒塌，搖晃幅度最大的區域仍可能造成結構損害，並對內部結構造成影響。
三、探究目的與假設
目的： (一)、探討不同截面積的建築物樑柱在受力情況下的影響 (二)、建築物樑柱在相同截面積下，不同震動頻率對於建築物樑柱的搖晃影響 假設： (一)、建築物樑柱愈高，搖晃的振幅愈大 (二)、建築物樑柱截面積愈小，搖晃的振幅愈大
四、探究方法與驗證步驟
(一) 實驗原理 1. 耐震建築：如同水族箱容量夠大，即使水桶中的水倒盡，水也不會溢出水族箱。耐震建築是依據新版規範興建的，建築具高標準的耐震能力，地震發生時，建築不會輕易倒塌。 2. 不耐震建築：如同水族箱的容量過小，水桶中的水倒盡時，水會溢出水族箱。不耐震建築會在大地震時倒塌，不耐震的原因可能是施工不良，或者是興建當時的規範標準較低。



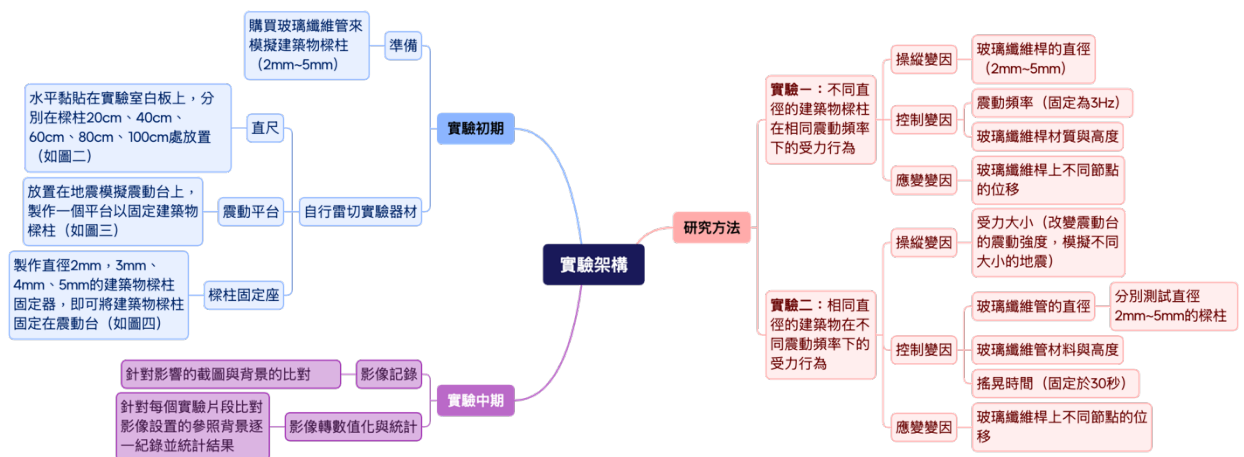
【圖一】耐震、不耐震建築自繪圖片解釋

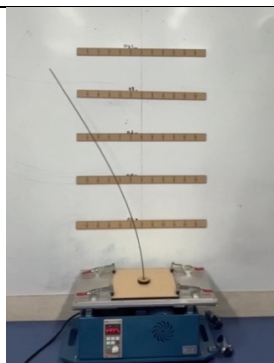
(二) 實驗設備與器材

1. 地震模擬震動台
2. 玻璃纖維管 (直徑 2mm~5mm)
3. 雷切自製測量尺
4. 雷切自製樑柱固定平台
5. 不同直徑的樑柱固定器 (直徑 2mm~5mm)

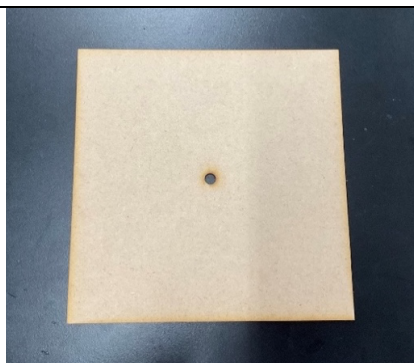


(三) 實驗架構





【圖二】



【圖三】、震動平台



【圖四】、樑柱固定座

(四) 實驗方法

1. 實驗設置：

- (1) 木板：利用雷切將木板切成一定的大小並在中間挖洞，固定於震動台上
- (2) 固定器：利用雷切製作相同直徑的小圓，中間挖空直徑不同（2mm 至 5mm 各一）
- (3) 震動台：放置於大白板前
- (4) 白板：標記不同的高度來作為玻璃纖維管的節點（以玻璃纖維管底部開始量測）
- (5) 木板直尺：貼在白板上，分別標示 20cm、40cm、60cm、80cm 的位置，觀察玻璃纖維管在搖晃過程中不同節點的位移變化。

	實驗一	實驗二
操縱變因	玻璃纖維管的直徑	受力大小
應變變因	玻璃纖維管上不同節點的位移	玻璃纖維管上不同節點的位移
控制變因	受力大小（頻率固定於3赫茲）	玻璃纖維管的直徑
	玻璃纖維管材質與高度	玻璃纖維管材料與高度
	搖晃時間（固定於30秒）	搖晃時間（固定於30秒）

【圖五】、實驗變因對照表格

2. 實驗一：

- (1) 分別進行直徑 2mm、3mm、4mm、5mm 的玻璃纖維管於震動頻率 3Hz 的搖晃實驗
- (2) 並以智慧型手機中的慢動作錄影功能拍攝搖晃過程
- (3) 搖晃 30 秒後停止，根據影片觀察玻璃纖維管在不同節點的位移情況

3. 實驗二：

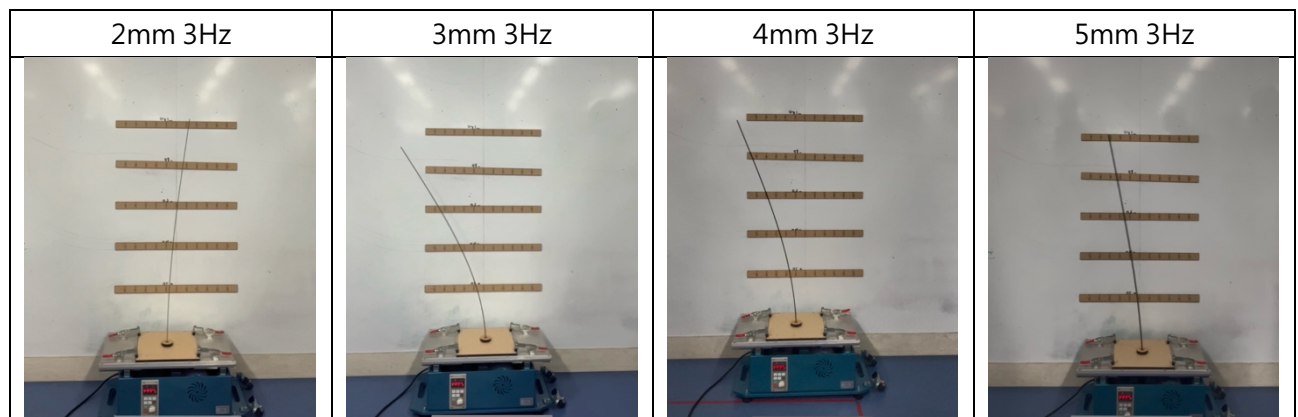
- (1) 在相同直徑的情況下，進行頻率 1hz、2hz、4hz、5hz 的測試
- (2) 分別進行了 2mm、3mm、4mm、5mm 的玻璃纖維管在不同震動頻率下的搖晃實驗
- (3) 並以智慧型手機中的慢動作錄影功能拍攝搖晃過程
- (4) 搖晃 30 秒後停止，根據影片觀察玻璃纖維管在不同節點的位移情況

(五) 實驗步驟

1. 實驗一：

- (1) 將玻璃纖維管佇立於固定器中，穩定立在震動台上
- (2) 將震動台定位於大白板前
- (3) 在白板上標記不同的高度作為玻璃纖維管的節點（以玻璃纖維管底部開始量測）：分別標示 20cm、40cm、60cm、80cm 的位置，
- (4) 以頻率 3Hz 的震動台開始搖晃，並依序測試直徑 2mm 至 5mm 的玻璃纖維管搖晃情況
- (5) 使用智慧型手機慢動作錄影功能紀錄節點變化
- (6) 觀察玻璃纖維管在搖晃過程中不同節點的位移變化

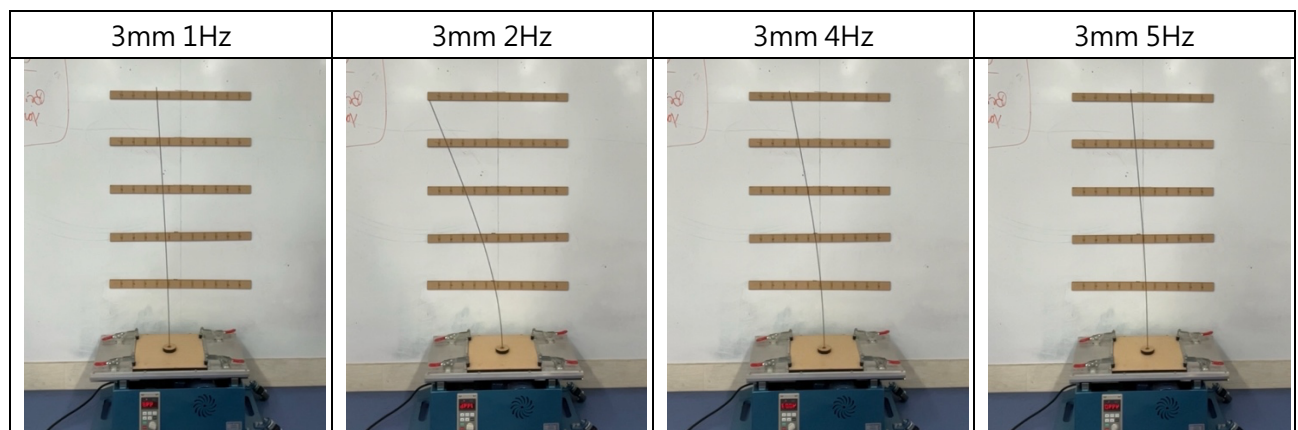
【表一】、實驗一之實驗過程圖



2. 實驗二：

- (1) 將玻璃纖維管佇立於固定器中，穩定立在震動台上
- (2) 將震動台定位於大白板前
- (3) 在白板上標記不同的高度作為玻璃纖維管的節點（以玻璃纖維管底部開始量測）：分別標示 20cm、40cm、60cm、80cm 的位置
- (4) 進行直徑 2mm 至 5mm 的玻璃纖維管實驗並依序以頻率 1Hz、2Hz、4Hz、5Hz 搖晃
- (5) 使用智慧型手機慢動作錄影功能紀錄節點變化
- (6) 觀察玻璃纖維管在搖晃過程中不同節點的位移變化

【表二】、實驗二之 3mm 玻璃纖維管實驗過程圖



(六) 實驗結果

【表三】、相同震動頻率 不同直徑 (固定頻率：3hz)

直徑 / 位移	20cm 高	40cm 高	60cm 高	80cm 高	100cm 高
2 mm	0	2.5	4.7	7.2	9
3 mm	0	5	10	15	20
4 mm	8	13.5	20	27.5	34
5 mm	2.3	5	9	14	17.5

【表四】、相同直徑 不同震動頻率 (固定直徑：2mm)

頻率 / 位移	20cm 高	40cm 高	60cm 高	80cm 高	100cm 高
1hz	5	7	8	9	10
2hz	2	7.5	15	23	30
3hz	0	2.5	4.7	7.2	9
4hz	0	2.5	5	10	12.5

【表五】、相同直徑 不同震動頻率 (固定直徑：3mm)

頻率 / 位移	20cm 高	40cm 高	60cm 高	80cm 高	100cm 高
1hz	2	2.5	3	3.5	4
2hz	4	6	8	12	20
3hz	0	5	10	15	20
4hz	0	0.5	2	4.5	5

【表六】、相同直徑 不同震動頻率 (固定直徑：4mm)

頻率 / 位移	20cm 高	40cm 高	60cm 高	80cm 高	100cm 高
1hz	0	0	0	0	0
2hz	2.5	4	5	5.5	6
3hz	8	13.5	20	27.5	34
4hz	0	2.5	5	7.5	10

【表七】、相同直徑 不同震動頻率 (固定直徑：5mm)

頻率 / 位移	20cm 高	40cm 高	60cm 高	80cm 高	100cm 高
1hz	5.5	7.5	9.5	10	12
2hz	5.5	7.5	9.5	10	12
3hz	2.3	5	9	14	17.5
4hz	12	18	27.5	>30	>30

(七) 實驗討論

本研究探討了不同直徑的玻璃纖維管在不同震動頻率下的受力情形，並分析其對建築結構穩定性的影響。實驗結果顯示，當震動頻率提高時，結構的最大位移量也增加，特別是在特定頻率範圍內，某些玻璃纖維管產生顯著共振現象。較細的玻璃纖維管在相同條件下的變形量普遍大於較粗的玻璃纖維管，這與材料剛性有關，符合彈性力學的基本原理。

從統計數據來看，不同直徑的玻璃纖維管在低頻震動時表現相對穩定，但當頻率達到一定數值後，細管的變形幅度明顯增加，甚至在共振條件下發生結構失效。這顯示出，在建築

結構設計中，材料剛性與共振頻率的考量至關重要，應避免結構的自然頻率與外部震動源相近，以降低結構損壞風險。

我們為了提升實驗精確性，未來研究可採用更高解析度的位移感測器，以減少人為測量誤差。此外，可以測試更多不同材料與直徑的玻璃纖維管，以建立更完整的數據模型，進一步分析不同材料對結構穩定性的影響。

五、結論與生活應用

（一）結論

1. 實驗一：

實驗結果顯示，隨著玻璃纖維桿直徑的增加，建築物的搖晃幅度也隨之增加。這表明，較大的截面積雖然能提供更多的結構支撐，但在高震動頻率下，可能會導致更大的位移。此外，隨著建築物高度的增加，其頂部的位移幅度也隨之增加，這對高層建築的抗震設計提出了更高的要求。

2. 實驗二：

實驗結果顯示，低頻震動對建築物的搖晃影響更大，尤其是在較高的建築物中。高頻震動則可能導致建築物出現反向搖晃，這對建築物的結構穩定性提出了新的挑戰。此外，隨著建築物高度的增加，其頂部的位移幅度也隨之增加，這對高層建築的抗震設計提出了更高要求。

（二）生活應用

1. 建築設計的耐震工程

(1) 應用：參考實驗結果，選擇適合的建築物形狀和材料來提升建築物耐震能力。

(2) 實例：高樓大廈常使用阻尼器或隔震系統來減少震動時的搖晃。

2. 地震影響與安全評估

(1) 應用：地震研究機構可利用實驗模擬結果來推估不同震級下建築物的反應，並提供地震風險評估。

(2) 實例：地震監測系統中的建築物變形感測器便是基於這類的數據進行設計。

3. 建築物材料的選擇與測試

(1) 應用：模擬實驗方式，使用不同建築材料在不同受力條件下的進行地震模擬。

(2) 實例：高強度鋼筋混凝土與碳纖維材料的使用逐漸普及。

參考資料

1. 吳文忠、張俊彥 (2010)。耐震設計與結構分析。全華圖書。

2. 林清河 (2015)。結構動力學與耐震設計 (第二版)。五南圖書出版。

3. 台灣建築中心 (2022)。建築物耐震設計規範與解說。內政部建築研究所。

4. 詹士弘 (2019)。地震對高層建築之影響與減災技術。《台灣建築學報》，