

2025仰望盃全國科學HomeRun實作大賽

決賽成果報告書

隊伍名稱： 震撼之盾

作品名稱： 「震」驚百變， 阻尼協奏曲

科學概念1： 共振：當一個系統受到外力驅動時，如果外力的頻率與系統的自然頻率接近，系統振幅會顯著增加的現象。

阻尼：是一種可以消耗系統能量，使振動衰減的機制。不同的阻尼形式有不同的效果：

- 液體阻尼器：透過液體在容器內的晃動或流動產生阻力，消耗能量。
- 摩擦阻尼器：通過構件之間的摩擦來耗散能量。

科學概念2： 牛頓第一運動定律與第三運動定律：牛頓第一運動定律（慣性定律）指出，在合力等於零時，物體會保持其靜止或等速運動狀態。根據牛頓第三運動定律，對於兩不同物體每一個作用力都有一個大小相等、方向相反的反作用力。這兩原理在阻尼系統中得到了巧妙的運用。如建築物因地震開始搖晃時，阻尼器會因為慣性而產生與建築物運動方向相反的運動。這種反向運動會抵消部分建築物的動能，從而達到減震效果。

決賽成果報告書內文

1. 發想動機：

台灣位處環太平洋地震帶上，高樓大廈林立，因此抗震設計成為不可或缺的重點，傳統的阻尼系統，像是台北 101 的阻尼器，雖然有效，但體積龐大，設計也缺乏變化。我們希望開發出一種創新性的液態阻尼系統，利用液態水的特性實現更高效的減震效果。這也結合了許多種的科學原理，能根據環境條件「量身打造」的減震裝置。這不僅能將共振與阻尼現象等物理概念，應用在建築與工程設計上，也更進一步提升建築物的安全。

2. 作品創意性：

通過建築物內部蓄水池的流動與阻力，有效吸收震動能量，實現減震功能。可將摩天大樓頂樓蓄水池打造為液態阻尼器，不僅降低建築晃動，節省成本，為減震工程研究的領域提供新的選擇。

1. 設計結構 - 液體阻尼器：

利用建築物本身內部的蓄水池的流動與阻力來消耗能量，實現震動的有效控制，改變阻尼強度的減震方案。

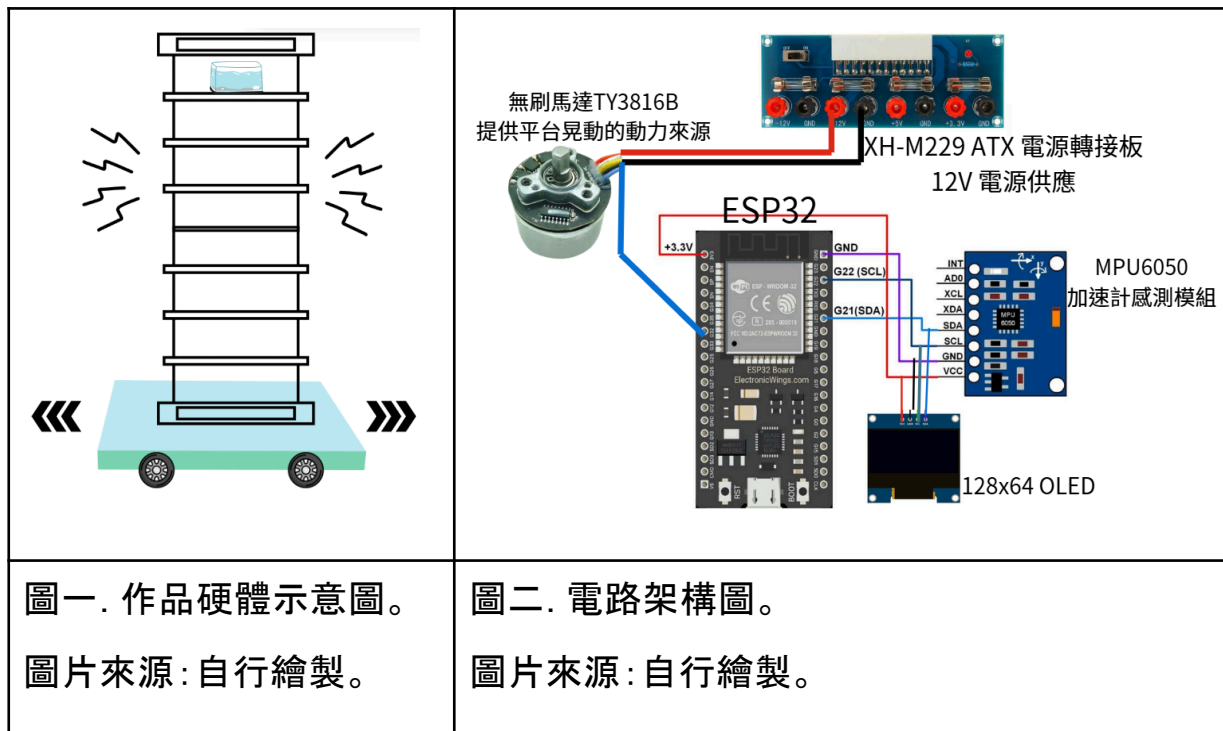
2. 資源利用 - 頂樓蓄水池轉化：

運用摩天大樓頂樓蓄水池改造為液態阻尼器，既節省成本，又能降低建築晃動，還為地震後的消防救援或火災爭取寶貴時間，進而減少災害損失。

3. 多元應用 - 應用廣泛：

本作品液態阻尼器概念不僅適用於摩天建築，也可應用於橋樑、精密設備等其他需要減震的系統，展現極高的靈活性與實用價值。

3. 硬體及電路架構圖：



作品材料清單：

- ESP32 開發板
- 加速度感測器 (MPU6050)
- 步進馬達
- SSD1306 128x64 OLED
- 12V 電源供應器
- 結構材料 (鋁擠型材料、壓克力板、螺絲、直線光軸等)
- 杜邦線、麵包板等
- 3D列印線材

4. 作品成果報告：

本作品主要是要證明液態阻尼系統能有效減震，找出最好的設計參數。研究結果不但能提供摩天大樓抗震設計的參考，還能應用在土木工程、消防安全，甚至教育與研究上，發揮很大的價值。

我們設計並搭建了一個模擬地震平台與高樓層模型，用來驗證液態阻尼系統的減震效果，我們在高樓層模型上安裝了不同設計(包括多槽結構與回字型結構等，使用 Onshape 設計並以 3D 列印製作)的液態阻尼器。透過 ESP32 開發板與 MPU6050 加速度感測器，我們實時監測並記錄了在模擬地震條件下，模型的加速度反應數據。同時，利用 Tracker 影像分析軟體輔助觀察液體的晃動與結構振動的互動關係，以進行視覺化分析。實驗結果顯示，安裝液態阻尼系統後，模型的振動幅度(峰值加速度與位移)相較於未安裝時有明顯的降低。透過比較不同容器形狀、液體質量與深度的實驗數據，我們分析了這些參數對阻尼性能的影響，並找出了相對更優化的系統配置組合，證明此液態阻尼系統確實能有效吸收震動能量，達到減震目的。

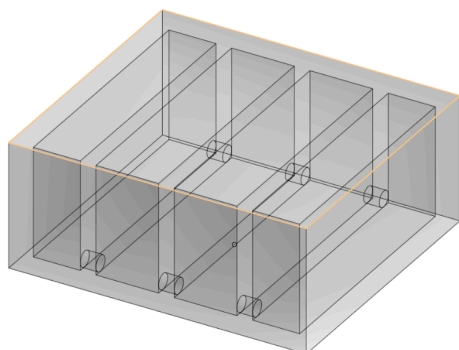
(1)成果：

- 減震效果驗證：
 - A. 在高樓層的模型上安裝液態阻尼系統並進行地震模擬，並且觀測不同地震條件下的加速度反應。
 - B. 使用ESP32與MPU6050感測器記錄數據，並搭配攝影機和Tracker軟體進行視覺化分析，呈現液體晃動(sloshing)與結構震動的互動。
 - C. 使用Onshape設計不同造型的3D容器，並比較不同阻尼設計的峰值加速度與位移降低程度。
- 最佳系統配置：

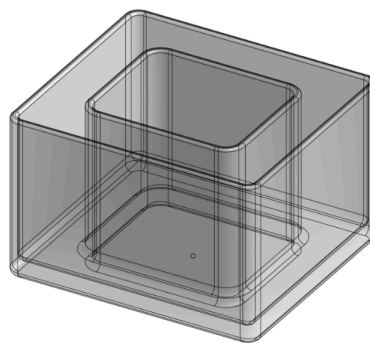
分析時間與頻率之間的關係，確定最佳液體質量、深度、容器形

狀等參數，並評估前述參數下各阻尼的性能，選擇出最適合的配置組合。

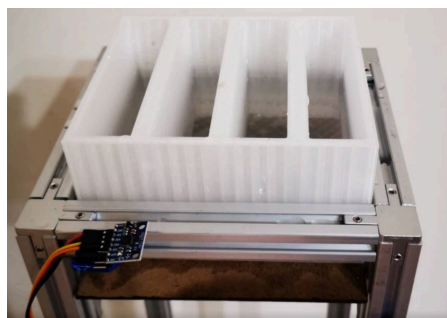
- 作品展示：



Onshape 多槽結構設計圖



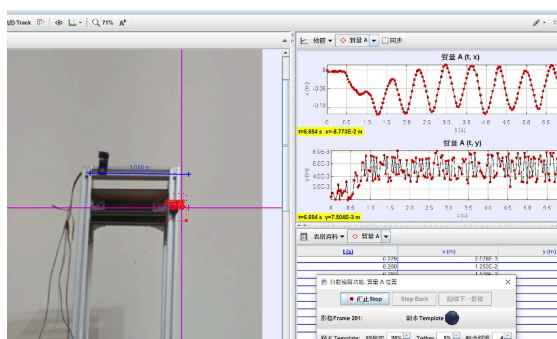
Onshape 回字型結構設計圖



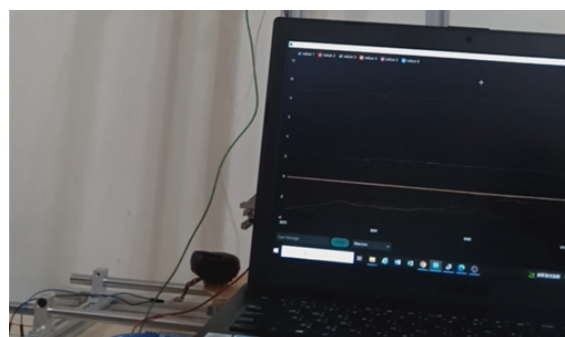
多槽結構穩定實驗



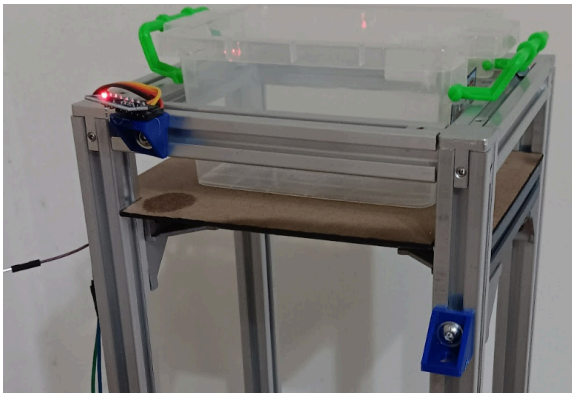
回字型結構穩定實驗



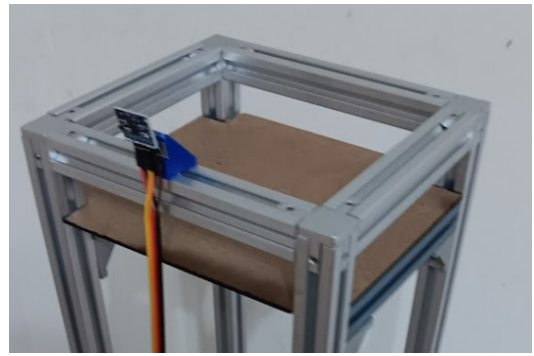
Tracker 自動追蹤軌跡



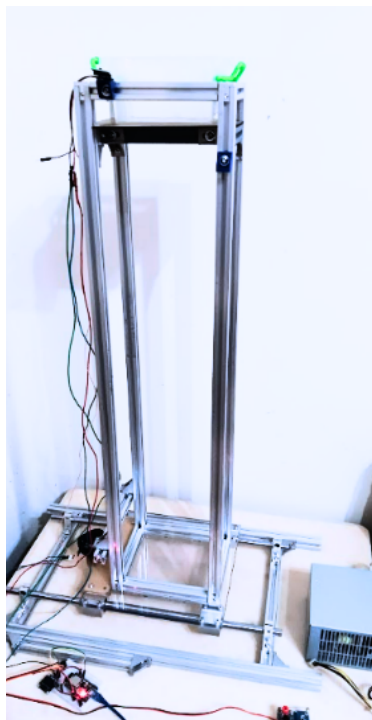
MPU6050感測器即時量測



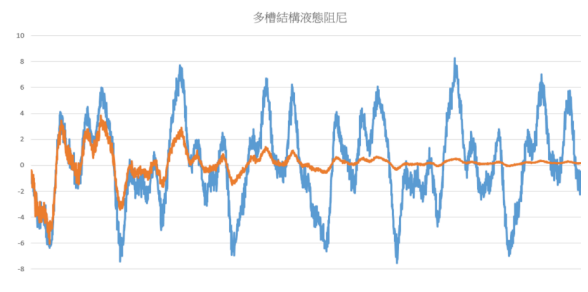
蓄水池置放區域



MPU6050加速度感測器裝設



地震模擬平台實景圖



多槽結構液態阻尼比較

(2) 相關應用：

- 摩天大樓抗震設計：

將頂樓蓄水池改為液態阻尼器，提高結構安全性，並提供設計參考。

- 減少次生災害：

減緩建築物的晃動，穩定建築結構，為消防與人員疏散創造安全環境。

- 經濟實用的被動技術：

利用現有建築物的設施，像是頂樓的蓄水池，設計一種創新的減震方式。

不需要額外增加太多成本，既方便又實用，還能廣泛應用在像橋樑、高架結構等土木工程領域。

- 教育與科研資源：

這個實驗平台也非常適合用來當作教學工具，幫助學生更容易了解液態阻尼的原理。透過分析收集的數據，也能支持更深入的研究，探索液態阻尼技術的更多可能性。

5. 結論

本作品驗證了利用建築頂樓蓄水池作為液態阻尼器的概念，展現其在地震模擬下有顯著減震的效果。透過 ESP32 與 MPU6050 感測，結合 Tracker 視覺化分析，我們不僅證實液態阻尼系統能顯著降低結構物的加速度反應與位移，更透過系統性地比較不同結構容器設計（如多槽與回字型結構），找出了最佳化的**多槽阻尼結構**配置。本作品運用建築既有蓄水設施，應用轉化為高效、經濟的被動式減震方案，不僅提升了高樓建築的抗震安全性，降低潛在的次生災害風險，其設計概念更具備廣泛應用於橋樑、高大結構如：大型風力發電機組，等高架工程領域的潛力，也為減震工程提供了一個實用且富有前景的新選擇。

6. 參考文獻：

1. 張民豈(2005)。淺談調諧質量阻尼器。
<http://www.ceci.org.tw/book/67/67bk11a.htm>
2. 王哲夫。摩天大樓的制震護身符-調諧質量阻尼器。
國立自然科學博物館 館訊第323期第六版。
3. 準建築人手札網站 Forgemind ArchiMedia. (2021, June 5). 阻尼器在高層建築中的耐震抗風應用實例. ForgeMind Media. Retrieved from <https://reurl.cc/RL9EN9>