

2023 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

國中組成果報告表單

題目名稱：防震未來式 - 懸浮張拉整體抗震之應用

一、摘要

我們的研究主要是探討張拉整體的應用。本次實驗研究所探討的是關於張拉整體結構可否運用在建築物結構緩震的應用，剛開始我們嘗試設計不同的結構改良方法，發現將拉繩結合彈簧可以達到類似阻尼器的制震效果，為了使其能更加地抗震，因此我們設計了一套結合物聯網技術的「懸浮抗震系統」，其架構包含了「晃度監測儀」及當遇到震動能自我調控晃度的「自適應緩震儀」，其可以加強當地震來臨時能有效減緩震度的調節機制，並且思考未來能將其廣泛的運用在建築物體或工廠大型的抗震機具、家具玻璃展示櫥櫃等物件的防震技術上。

二、探究題目與動機

台灣是多地震的海島型國家，常看到種種的災害造成許多房屋以及生命財產的損失，而結構特殊的張拉整體裝置，是一個看似懸浮的神奇裝置，兩構件之間不直接接觸，這也就讓我們發想要利用張拉整體的特殊結構性質做到類似隔震的效果，希望實現探索關於懸浮技術緩震的「創新」研究。

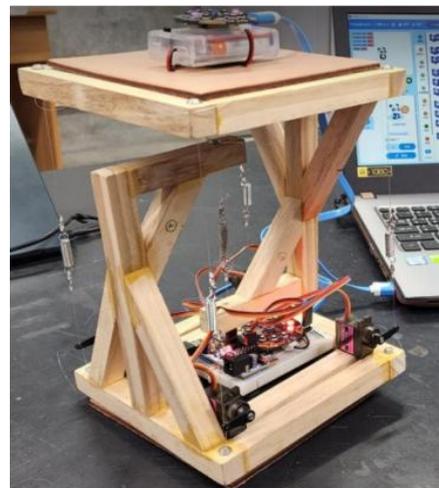


三、探究目的與假設

我們裝置與其他抗震結構主要不同於此結構是以線的懸吊來作為支撐，與地面不直接的接觸，為了探討關於張拉緩震的可行性，我們開啟一系列的實驗，希望能達成未來將其運用於地震防護的可行性研究。

我們的研究目的如下：

- (一) 探究「張拉整體」結構原理？
- (二) 研究桁架是否能加強原有結構強度？
- (三) 比較各種拉繩對於減震的效能？
- (四) 探究晃動問題並試圖解決？
- (五) 該如何讓張拉整體平台維持平衡？



- (六) 透過地震模擬儀器,測試「張拉整體」懸浮技術可以如何隔震與緩震?
 (七) 探究將其運用在現實生活的可能性?

四、探究方法與驗證步驟

實驗一、張拉整體原理

(一) 張拉整體主要是運用合力為零以及和合力矩為零來達成平衡

(二) 合力為零：
$$\Sigma \vec{F} = 0 \Rightarrow \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 + \vec{F}_5 = 0$$

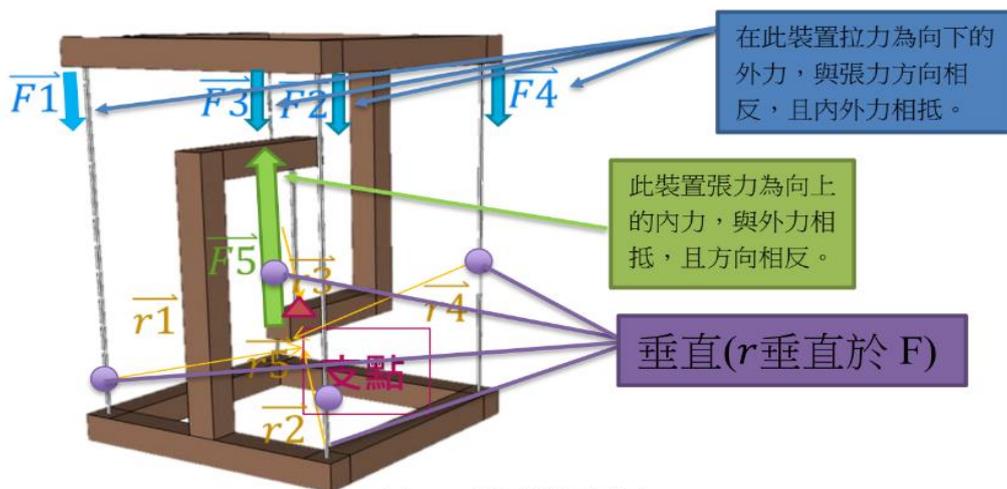
(三) 合力矩為零：
$$\Sigma \vec{\tau} = 0 \Rightarrow \vec{r}_1 + \vec{r}_2 + \vec{r}_3 + \vec{r}_4 + \vec{r}_5 = 0$$

$$\Rightarrow \vec{r}_1 \times \vec{F}_1 + \vec{r}_2 \times \vec{F}_2 + \vec{r}_3 \times \vec{F}_3 + \vec{r}_4 \times \vec{F}_4 + \vec{r}_5 \times \vec{F}_5 = 0$$

力學代號	中文名稱	定義
\vec{F}	作用力	兩物體間通過不同的形式發生相互作用如吸引、相對運動、形變等而產生的力。
$\vec{\tau}$	力矩	作用力促使物體繞著轉動軸或支點轉動的趨向。
\vec{r}	徑向向量	一種特殊向量。以原點 O 為起點，以點 M(x, y, z) 為終點的向量。

(四) 總結

- (1) 張拉整體合力為零(不轉動)、合力矩為零(不移動),屬於靜力平衡。
- (2) 平台重量 + 向下拉力(外力) = 向上張力(內力)。
- (3) 重心位於中間桿件,在平台上放置物體需放在重心上。
- (4) 在連續張拉 (Tensile)作用下形成的統一整體(Integrity)及連續張拉+統一整體=拉張整體(Tensile+ Integrity=Tensegrity)。
- (5) 越多正邊形其內角和越大,外力能分散的點越多越平均,故較穩定。



實驗二、張拉整體的結構改良

(一) 實驗發想：為了加強張拉整體結構的堅固性，我們在 L 型桿件上結合了桁架的結構，使得 L 型桿件不易因為上方平台附載過重而變形或斷裂，並設計實驗來驗證我們的假設。

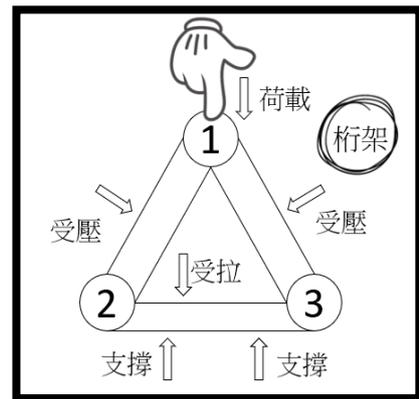
※補充：桁架是由三根構件連接組成三角形的結構，無論從任何方向施力皆不易變形，是最穩定且簡單的結構。

(二) 實驗數據

項目比較	裝置平台質量	裝置最大承受質量	載重比
結合桁架前	82.3g	860.5g	約 10.44g
結合桁架後	101.3g	1461.7g	約 14.42g

(三) 實驗結論

- 桁架能夠減少 L 字型木頭斷裂和彎曲。
- 因為上方平台的重量增加，使線可更加緊繃，所以此改良後裝置可更有效的讓整體承載更重的重量。



桁架結構

實驗三、拉繩的改良

(一) 實驗發想：經過上一個實驗我們發現拉繩會因為較無彈性導致裝置與線的接口常被線所拉扯，久了便會損壞，因此我們加上了彈簧並比較有無彈簧的晃動幅度。

(二) 實驗結果(用彈簧的原因)：

- 彈簧的彈性很大，在拉撐後可以用彈力將其繃緊。
- 一般的線會因受力過大而斷掉，而彈簧在受力後還有伸長的空間。
- 得知線的繃緊度會因為拉撐過久變鬆，所以就改成可以伸縮的彈簧。

前半

- 因初期震動較大，導致前半晃動較不穩定。

後半

- 晃動幅度逐漸減小且進入規律狀態，裝置晃動也較趨於穩定。

分析

- 彈簧對線增加緩衝減少可晃動因素，且逐漸進入規律狀態，振幅和震度逐漸穩定。

結果

研究結果	釣魚線	加上彈簧的釣魚線
兩者比較	無法減緩震度。 晃動無固定頻率。	晃度會隨時間逐漸減緩震度且穩定。 震度越小裝置越快緩震。 (越快進入規律狀態)

實驗四、晃度監測儀

(一) 實驗發想：我們發現張拉裝置在經過搖晃後不會倒塌，所以測量裝置的防震效果。

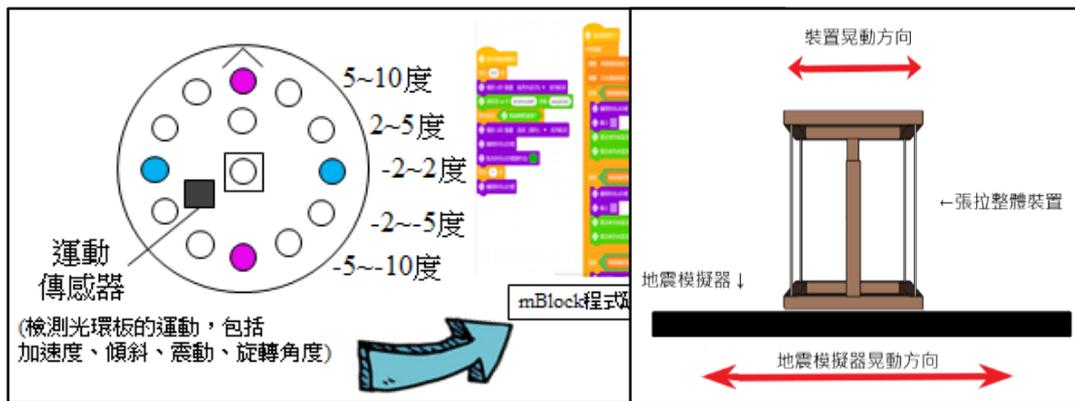
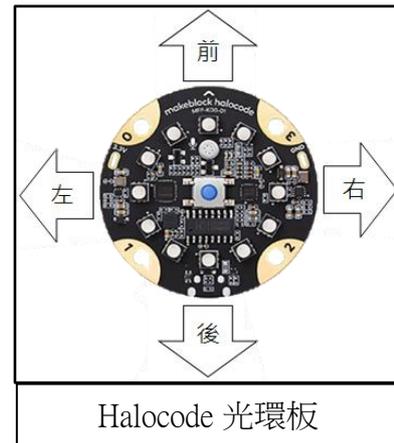
(二) 實驗過程：

(1) 將 Halocode 開發板固定在皮革板上。

※補充：Halocode 開發板本身是一個偵測板，具有連網功能的 ESP32 晶片，可作為物聯網裝置設計，在此實驗中我們把它當作水平儀來偵測傾斜角度。

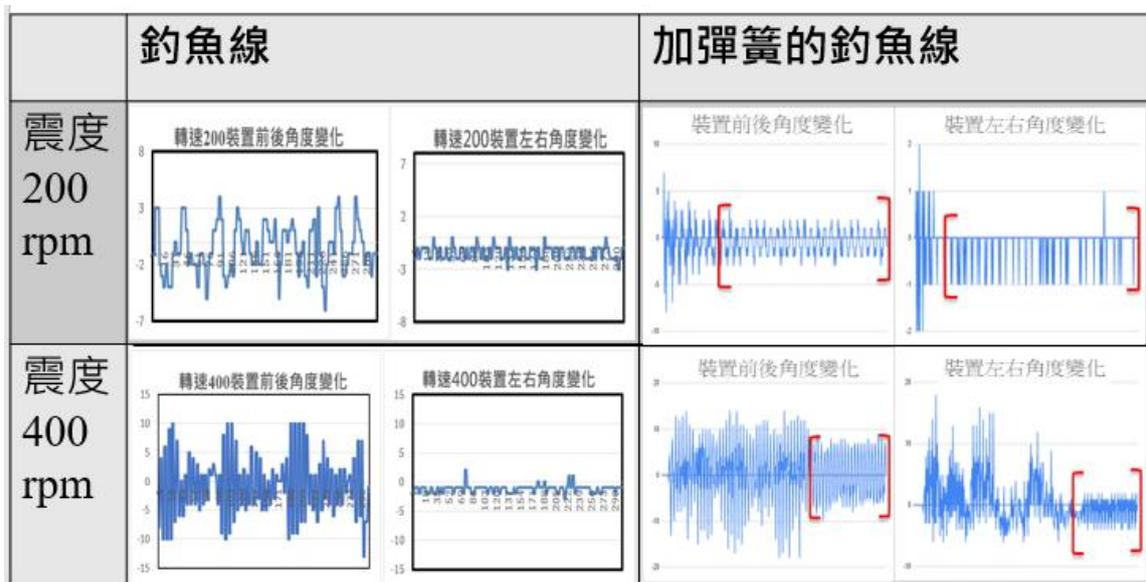
(2) 設計測量水平的程式並燒進 Halocode 開發板 (分為前後晃動以及左右晃動)。

(3) 將此裝置放在地震模擬器上並比較其晃動傾斜度。(我們測量 200 和 400 的馬達轉速並比較晃動幅度)。



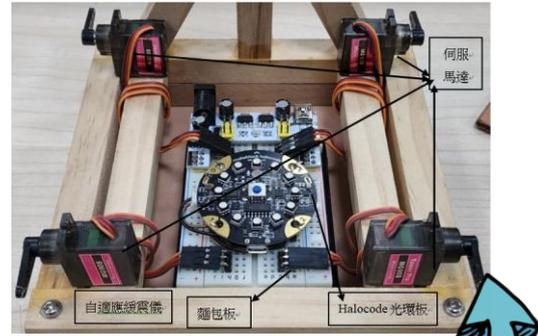
(4) 將數據傳至電腦並彙整成圖表。

(三) 實驗結果：



實驗五、懸浮抗震系統

(一) 實驗發想：我們的設計概念是運用 Halocode 開發板設計震度監測裝置，透過聯網傳遞雲訊息，再透過另一個 Halocode 開發板接收雲訊息，然後自動指示伺服馬達調控線的鬆緊來達到緩震的效果。

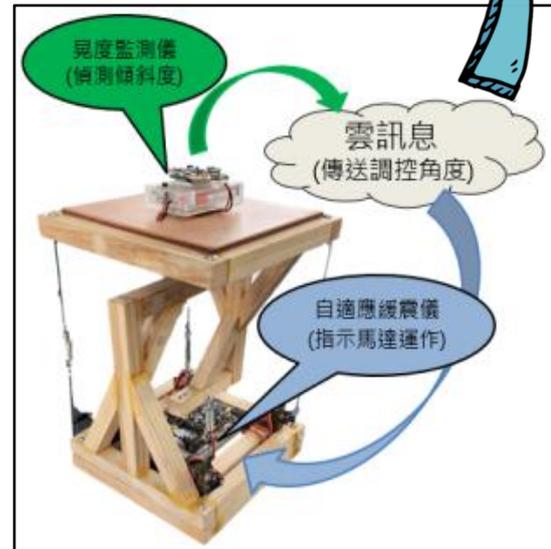


(二) 實驗說明：

(1) 我們懸浮緩震系統包含兩個部分：一是「晃度監測儀」，其二是「自適應減震儀」，依懸浮緩震系統的 Halocode 開發板軟體程式亦可分為兩個部分，如下說明。

(2) 第一部分(晃度監測儀)：
晃度監測儀 Halocode 開發板中有一個運動感應器，因此可以利用此功能來檢測傾斜度，再將我們所設計好的 mBlack 程式燒入 Halocode 開發板，再透過雲訊息便可傳送應該調整的角度給另一開發板。

(3) 第二部分(自適應緩震儀)：
自適應緩震儀利用 Halocode 開發板之間可以傳遞訊息的功能，我們將(晃度偵測儀)所監測到的數據傳遞給(Halocode 開發板)，則其(Halocode 開發板)便會因應接收到的不同傾斜度而調整線的鬆緊，使其達到張拉整體平衡。將此裝置做出並測試其協調線的長短是否成功達到緩震。



實驗六、懸浮抗震系統抗震效能

(一) 實驗發想：我們為了測試我們「懸浮緩震系統」裝置是否達到緩震的效果，因此我們打算比較有無開啟懸浮緩震系統裝置對緩震效能的比較。

(二) 實驗過程：

在剛開始測量時，程式設定的是當上方 Halocode 開發板偵測到不平衡時，傳送伺服馬達所調整的角度為 10~20 度，調整角度太大，因此只要一調整就會影響裝置平衡，導致重複偵測並調整，所以我們改成當偵測到不平衡時改變 5~10 度來觀察調整情形，而調整後我們也發現這樣相較 10~20 度可以更快的達到靜止狀態，所以根據我們測量的實驗數據我們可以知道，有開啟 IOT 的話，相較無開啟 IOT 可以更有效的減少震動時間，可以減少約 1 分鐘的震動時間

(三) 實驗數據：

實驗數據	震度200rpm	震度400rpm
	無開啟	約1分40秒
有開啟	約35秒	約50秒

相差約 1分鐘

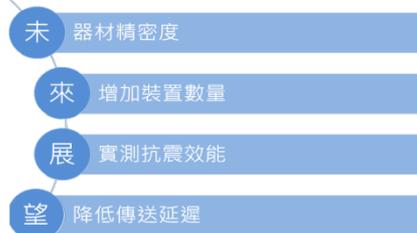


(四) 實驗結果：

從數據中我們可以發現到加入懸浮抗震系統的張拉整體抗震裝置能有效減緩震度，我們觀察的是依據觀測其平台達到水平(0,0)的時間來判斷，而由數據 1~4 可知啟動後相較啟動前明顯較快達到水平，此裝置可用於未來防震的技術上。

五、結論與生活應用

- (一) 「張拉整體」屬於靜力平衡。
- (二) 越多邊形穩定性越高。
- (三) 桁架能有效增加結構強度。
- (四) 彈簧能有效增加線的緩衝拉力。
- (五) 「懸浮抗震系統」可有效減緩震度



六、參考資料

- 一、「形」之互動,隱「力」再「線」,中華民國第 61 屆中小學科學展覽會。
- 二、破解反重力懸浮術-運用力的平衡對抗重,中華民國第 61 屆中小學科學展覽會。
- 三、自動機電控制拉張結構平衡桌,中華民國第 61 屆中小學科學展覽會。
- 四、漂浮桌-張拉整體原理應用作者:詹逸翔,國立土庫商工,建築科三。
- 五、三角關係之恐怖平衡——張拉整體的應用,小論文物理類。
- 六、一「臂」之力有「懸」技,新竹市第三十九屆中小學科學展覽會。

