

2023 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：地震 SHAKING 怎麼辦？

一、摘要

本實驗旨在探討不同種類的建築加固法對結構的加固效果，並運用地震模擬平台進行測試。研究對象為一座未經加固的義大利麵塔，實驗中使用了四種加固法，包括三角形加固法、仿水泥加固法、黏貼加固法以及阻尼器。結果顯示，只有三角形加固法能夠承受四級震度，其他三種加固法皆無法承受此震度。此外，還發現到除了三角形加固法外，其他加固法都會導致柱子斷裂而使結構倒塌。根據實驗結果，推測若要使建築結構耐震，需要針對柱子進行加固，這可能有助於提升結構的穩定性。

二、探究題目與動機

近期的土耳其大地震，引發了對地震災害的關注，加上身處的台灣位於菲律賓海板塊與歐亞板塊交接處，地震活躍帶，每年平均會有數百個有感地震，因此對建築物結構的耐震性有一定的破壞。觀察到學校每隔一段時間進行耐震補強的現象，以加強學校建築物的穩定程度，且發現不同種類的加固法可能會對結構產生不同的效果，因此我們想探討『如何加強建築結構』能使結構不易倒塌，深入瞭解不同加固法對建築結構的影響，並探討如何有效加強建築結構以提高其耐震性。此外，希望研究結果能夠應用在實際生活中，提供更多保障，減少地震災害可能帶來的損害。

三、探究目的與假設

研究目的：探討不同的建築加固方法或材料對義大利麵塔的加固效果，並分析其加固方法與耐震能力之關係。

假設一：使用建築加固法使建築產生會提升建築的耐震能力

假設二：三角形加固法的是最穩固且耐震的加固方法

假設三：用來加固的材料硬度越大進行三角形加固法後其耐震能力會越強

四、探究方法與驗證步驟

(一)、研究設備與器材

義大利麵條（一座塔四根）、10*10 的方形紙板（一座塔三片）、電鑽、熱融膠、冰棒棍、石英砂、壓克力顏料、白膠、矽利康、紙杯、棉繩、金屬球、砝碼、地震模擬平台。



圖 1、實驗材料



圖 2、地震模擬平台

說明：地震模擬平台為學校老師與畢業學生一同設計，透過此平台測量地震的 S 波，S 波屬於橫波，S 波傳遞到地表會使地表左右搖晃，同時是地震波中真正會對建築物產生破壞的，不過並不會造成最大的傷害，利用左右的晃動測量地震對建築物的影響，並且能夠模擬四種不同的震度。地震模擬平台的 1~4 級分別為地震級數的五弱、五強、六弱、六強，地動速度分別為 30cm/s、50cm/s、80cm/s、140cm/s(如下表 1)。

表 1、地震模擬器強度表

地震模擬器的等級		L1	L2	L3	L4
定義	地震強度	5 強	6 弱	6 強	7 級
	最大地表速度 PGV(cm/sec)	30 以上	50 以上	80 以上	140 以上
	最大地表加速度 PGA(cm/sec ²)	140 以上	250 以上	440 以上	800 以上
計算	速度從 0 到最大的時間(sec)	3/14	1/5	2/11	7/40
	速度從 0 到最大的距離(cm)	3.214	5	7.272	12.25

(二)、前置實驗-製作義大利麵屋

實驗步驟：

1. 在四根義大利麵條上於 8.5 公分及 17 公分處畫點
2. 依次將三片 10*10 的方形紙板用熱熔膠黏在做記號處
3. 使之成為三層樓高的義大利麵塔(如下圖 3)，共製作五組



圖 3、義大利麵屋-無加固



圖 4、三角形加固法 (冰棒棍)

(三)、三角形加固法 (冰棒棍)

實驗步驟：

1. 先利用熱融膠將冰棒棍(14公分)黏貼在每一層樓的四個面上，共三層樓十二面
2. 冰棒棍黏貼於兩根義大利麵的兩端對角線上，形成兩個三角形(如上圖 4)
3. 放置 100 公克的砝碼於建築第三層樓的置杯架中
4. 將其固定在地震模擬平台上進行觀察，並拍攝影片做紀錄
5. 使義大利麵塔在地震模擬平台上持續搖晃至其倒塌為止

(四)、三角形加固法 (義大利麵)

實驗步驟：

1. 先利用熱融膠將義大利麵條黏貼在每一層樓的四個面上 (共三層樓十二面)
2. 義大利麵條黏貼於兩根義大利麵的兩端對角線上，使之從一個正方形變成兩個三角形(如下圖 5)
3. 放 100 公克的砝碼於建築第三層樓的置杯架中
4. 將其固定在地震模擬平台上進行觀察，並拍攝影片做紀錄
5. 使義大利麵塔在地震模擬平台上持續搖晃至其倒塌為止



圖 5、三角形加固法 (義大利麵) 圖 6、仿水泥加固法-結構圖

(五)、仿水泥加固法

實驗步驟：

1. 利用白膠、壓克力及石英砂 (1 : 2 : 2) 三種材料，調配成仿水泥
2. 將調配好的仿水泥，塗在每層樓的四個角落上(如上圖 6)
3. 靜置於桌上其至完全乾涸
4. 放 100 公克的砝碼於建築第三層樓的置杯架中
5. 將其固定在地震模擬平台上進行觀察，並拍攝影片做紀錄
6. 使義大利麵塔在地震模擬平台上持續搖晃至其倒塌為止

(六)、黏貼加固法

實驗步驟：

1. 組裝矽利康腳架以及其矽利康膠，按壓把手方可出矽利康膠
2. 將中性矽利康塗抹於義大利麵塔每層樓的角落
3. 待其風乾約 1 小時後，矽利康變成透明狀即可實驗(如下圖 7)
4. 放 100 公克的砝碼於建築第三層樓的置杯架中
5. 將其固定在地震模擬平台上進行觀察，並拍攝影片做紀錄
6. 使義大利麵塔在地震模擬平台上持續搖晃至其倒塌為止



圖 7、黏貼加固法-結構圖



圖 8、阻尼器-結構圖

(七)、阻尼器

實驗步驟：

1. 首先將紙杯底下剪開並在中間剪一個十字
2. 再來於紙杯底處打四個洞並分別穿入兩條棉線
3. 將棉線分別綁在支架的上下兩端固定，貼上膠帶(紙杯不可碰至屋內樓層地面)
4. 最後放入一顆金屬球於紙杯中(如上圖 8)
5. 放 100 公克的砝碼於建築第三層樓的置杯架中
6. 將其固定在地震模擬平台上進行觀察，並拍攝影片做紀錄
7. 使義大利麵塔在地震模擬平台上持續搖晃至其倒塌為止

(八)、實驗結果分析

1. 三角形加固法(冰棒棍)

當遇到地震時，穩固程度十分良好，能抵抗一定程度的耐震使房屋不倒塌，且能保有完好得結構存在，不易在地震中破壞其結構。我們認為這個加固法適用於易晃動之傢俱或物體的四周。

2. 三角形加固法(義大利麵)

原先以為用義大利麵做成三角形加固法成效會不如用冰棒棍，但實驗結果證明義大利麵也能達到良好的耐震效果，能夠承受四級震度，不會產生太大的搖晃與震盪，表示是加固法本身的關係，與材料本質無關。

3. 仿水泥加固法

白膠雖然乾的速度較慢，卻可以達到與水泥一樣緩慢乾涸的效果。我們使用多種比例去調配白膠、壓克力顏料及石英砂，如：(1:1:1)、(1:2:1)、(1:2:2)，而我們在這幾種調配方式中發現(1:2:2)是最良好的比例，因為其他種比例都會使其過於的沙或是不夠黏稠，因此我們選擇了這個能解決上述問題的比例來做調配，但因材料限制使在塗抹上並沒有像水泥一樣一塗抹就可以附著，而是需要一直反覆地塗抹，在耐震程度上最多能承受三級震度，效果較黏貼加固法與阻尼器好，是次好的加固法。我們認為這個加固法適用於打地基等基礎加固和加固建築物的柱子

4. 黏貼加固法

在實驗中，我們使用了矽利康膠對柱子和四個角落進行黏貼加固。然而，從耐震能力來看，這種方法的效果並不理想。另外，由於手動控制矽利康的擠壓量容易不均，導致矽利康的使用量不穩定，且其凝固速度相較於仿水泥更為緩慢。我們所使用中性矽利康是市面上最常見且最常使用的種類，其主要用途為補漏洞、角落防水與接合黏著，對建築本身的加固效果有限。從實驗結果中可以看出，矽利康的耐震效果非常差，只能承受二級震度，因此不適合作為加固的首選方法。我們認為這種加固法適用於穩固房屋地基基礎和加固建築物的柱子。

5. 阻尼器

此方法無需對建築物本身進行加固，因此不會有黏附效果不佳產生的相關問題，即使經歷強震後依然能穩固，建築靠著中間層的金屬球，有效減緩地震產生的結構搖晃，房屋的壽命因此可以延長，減少房屋倒塌的危害。在製作過程中，金屬球會一直無法受到控制地滑動出來，四邊鑽孔間距需要反覆調整以實現平衡效果，且四邊的棉線固定效果有限，因此阻尼器的還原度十分低，效果也沒有那麼理想，耐震的震度也僅有二級而已。我們認為此加固法適用於超高樓層(如：101大樓、85大樓)

五、結論與生活應用

(一)、結論

1. 實驗結果與我們的假說一相符，三角加固法(冰棒棍) = 三角加固法(義大利麵) > 仿水泥加固法 > 黏貼加固法 = 阻尼器 > 無加固。所以我們推得無論是哪種加固法，都比無加固的義大利麵塔還能夠承受地震模擬平台的震度(如表 2)。

表 2、不同加固法與其抗震關係

加固法\震度	第一級震度	第二級震度	第三級震度	第四級震度
無加固	V			
三角形加固法(冰棒棍)	V	V	V	V
三角形加固法(義大利麵)	V	V	V	V
仿水泥加固法	V	V	V	
黏貼加固法	V	V		
阻尼器	V	V		

2. 實驗結果與我們的假設二相符，因為義大利麵塔在未加固時柱子脆弱，而三角形加固法能夠有效解決這個問題，使得加固後的義大利麵塔變得更加牢固。根據這個結果，未來我們可以考慮改變柱子結構或材質來進一步延伸實驗。
3. 實驗結果與我們假的假說三不符，因為在使用冰棒棍或義大利麵條加固後，在測震過程中並未出現倒塌或柱子斷裂的情況。
4. 仿水泥加固法和黏貼加固法只在四個角落進行加固，導致柱子無法承受較大負重而斷裂。阻尼器在此實驗中並未發揮作用，但經查找資料後推測可能與樓層的高度有關，阻尼器一般應用於高樓層，而義大利麵塔的高度較低，因此未產生效果。

(二)、生活運用

1. 當家中的物品或傢俱會搖晃時，可以對其進行一定程度的加固，使其遇到地震或壓重物在上面時，都不會輕易地發生倒塌現象，反而能穩固不動且達到量好的負重能力。
2. 雖然義大利麵塔實驗中使用木頭已經能夠穩固，但在實際應用中，應替換成鋼筋等更具耐震和耐重性的材料，以提升結構的穩定性和強度。

(三)、反思

在進行本次實驗前，我們原本要使用冰棒棍製作成的小木屋作為無加固房屋，但是小木屋太牢固了，在多次實驗後，小木屋都並未倒塌，因此我們改用義大利麵進行後續的實驗。實驗過程中首先遇到的問題是熱融膠容易使義大利麵因過熱而軟掉，導致我們實驗會有偏差，造成義大利麵塔歪斜，所以為了避免再次發生類似的情況，我們特別小心的使用，不能夠一次擠出過多的熱熔膠，而是應該要先等熱熔膠冷卻凝固後再擠上另一層。在地震模擬平台測試中，因未把義大利面塔固定牢固在平台上，而使他直接倒塌進而斷裂，重複製作了許多次才完成實驗，模擬呈現房屋在遇到地震時的情況。地震模擬平台的震度調整也是本次實驗遇到的一項困難，在實驗時只要一不小心就會讓震度提升太多，不過在經過多次練習後，對儀器操作變得更加熟悉，越來越上手，一次就能達到想要的震度。這次的經驗讓我們學習到在進行實驗之前的實驗設計是很重要的，要將所有的情況都考慮到，進而避免有過多的變因會影響，實驗過程中的操作也是不能夠馬虎，有時候一點點的誤差就會造成實驗需要重做，浪費更多時間跟資源，在查找文獻資料的時候也學習到很多課本沒有寫的知識，讓我們對於地震與抗震有了更多的理解。

參考資料

1. [臺灣地震與震災介紹](#)
2. [七種常用的建築結構加固技術 - 每日頭條 \(kknews.cc\)](#)
3. [國立科工館 _ 科學學習中心 _ 地震體驗屋介紹](#)
4. [弱柱強梁結構之極限層剪力計算與耐震評估方法研究](#)