

## 2025 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

□國中組□普高組■技高組 成果報告格式

### 題目名稱： 建築柱體設計對結構抗震與力學行為之影響評估

#### 一、摘要

本研究探討木材柱子的抗震性能及力學行為，比較不同斷面形狀（如矩形柱和 L 型柱）在模擬地震下的性能。實驗結果顯示，截面為 8 mm×12 mm 的矩形柱子因其質量適中和最低的響應放大係數，表現出最佳的抗震能力。L 型柱子則因結構不對稱進而抗震能力表現較弱。本研究強調了優化柱子斷面形狀的重要性，為耐震設計提供了實用參考。

#### 二、探究題目與動機

在現代建築領域，「結構安全」是設計的核心，特別是在地震頻繁的地區。過往災害顯示，結構設計不完善時，輕微地震可能導致局部損壞，而強震則可能引發倒塌，造成重大損失。因此，提升建築物抗震能力是重要課題。

建築結構中，「柱子」是關鍵因子，但目前研究中對柱徑變化與抗震能力之間的關聯性尚缺。因此，本研究將深入分析不同柱徑對與斷面結構對建築結構抗震性能的影響，並找出最佳設計，以為未來建築設計提供參考依據。

#### 三、探究目的與假設

##### (一)、分析不同柱斷面對建築抗震性能的影響

探討各種柱斷面結構在地震作用下的表現，了解其對建築整體抗震能力的影響。

##### (二)、探討柱受力之特性與抗震能力間關係

分別比較不同截面形狀（如圓形、矩形和 L 型柱）的柱形在受力過程中的特性，分析其對抗震性能的影響。

##### (三)、模擬地震環境下矩形柱與 L 型柱的性能差異

通過數值模擬，研究在地震條件下矩形柱與 L 型柱的行為差異，以評估其抗震性能。

##### (四)、確定提升建築抗震能力的最優柱形設計

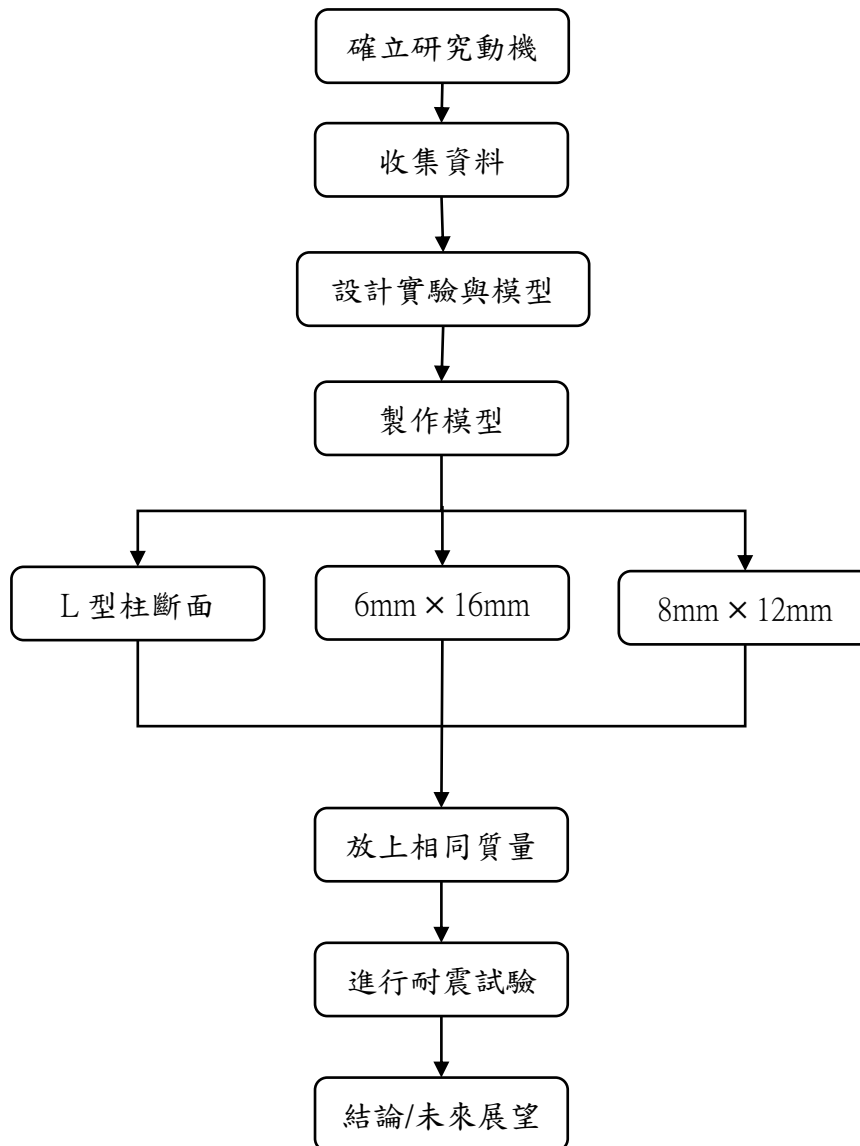
針對不同柱斷面設計，提出最佳方案，以提升建築的抗震能力，並提供科學的抗震設計參考。

##### (五)、通過實驗分析提供數據支持

結合實驗結果與理論分析，為未來抗震建築設計提供數據支持，促進建築抗震技術的進一步發展。

## 四、探究方法與驗證步驟

### 一、研究流程圖



### 二、材料及設備

#### (一)、模型材料：

本研究選用松木作為模型材料，因其具良好抗壓與抗震性能，且自重輕，有助於提升結構承載力。所用松木密度為  $500\text{--}520\text{ kg/m}^3$ ，最大抗拉強度為  $440\text{ g/cm}^2$ ；本研究設計之斷面為  $6\text{mm} \times 8\text{mm}$ 。以長方形木條並用不同接合方式：短邊相連、長邊相連、以及長邊與短邊相連，如圖 2 至圖 4 所示。

## (二)、 模擬地震台：

採用可模擬不同地震強度和頻率的地震台，以模擬真實地震情況。



圖 1 變頻式水平地震儀

## 三、 試驗步驟



(一)、 根據設計圖於  
底板挖出對應柱狀的  
洞，以確保建物穩定



(二)、 量出所需木條  
長度，並剪下



(三)、 將剪好的木  
條組裝成建築物



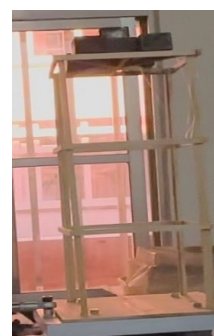
(四)、 將組裝完的建  
築物裝入底板



(五)、 放上電子秤秤重



(六)、 以 8 個質量塊(約 4  
kg)模擬承重



(七)、 以等速增加轉速，並  
記錄建築物倒塌前最大轉速

#### 四、柱斷面設計

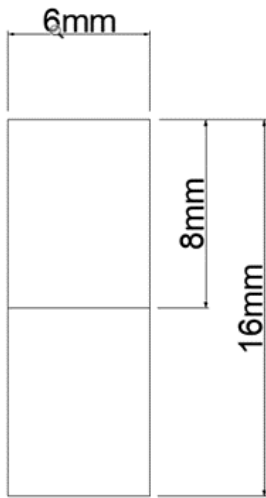


圖 2 柱子斷面示意圖  
(6mm × 16mm)

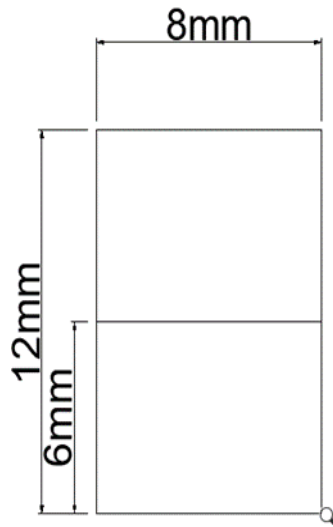


圖 3 柱子斷面示意圖  
(8mm × 12mm)

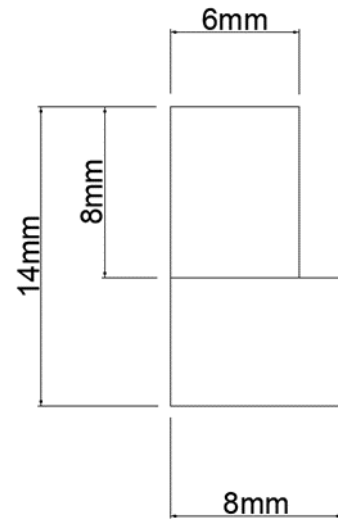


圖 4 L 型柱子斷面示意圖

#### 五、試驗數據

柱子斷面(6mm × 16mm)質量為 374.00g，於每分鐘轉速 114.6RPM 時倒塌，計算振動頻率  $f$  為 1.91Hz、角頻率  $\omega$  為 12.00 rad/s、共振角頻率  $\omega_{res}$  為 10.70(rad/s)、加速度為  $11.52 \text{ m/s}^2$ 、地震力  $f_{seismic}$  為 3.66 N、 $R$ (影響放大係數)為 3.90。

柱子斷面(8mm × 12mm) 質量為 377.04g，於每分鐘轉速 116.3RPM 時倒塌，計算振動頻率  $f$  為 1.94Hz、共振角頻率  $\omega_{res}$  為 10.74(rad/s)、加速度為  $11.86 \text{ m/s}^2$ 、地震力  $f_{seismic}$  為 3.70N、 $R$ (影響放大係數)為 3.29。

L 型柱子斷面質量為 366.15g，於每分鐘轉速 111.1RPM 時倒塌，計算振動頻  $f$  為 1.85Hz、角頻率  $\omega$  為 11.64 rad/s、共振角頻率  $\omega_{res}$  為 10.86(rad/s)、加速度為  $10.82 \text{ m/s}^2$ 、地震力  $f_{seismic}$  為 3.59 N、 $R$ (影響放大係數)為 6.17。

綜上所述，柱子斷面(8mm × 12mm)， $R$ (影響放大係數)為 3.29 顯示最小；L 型柱子斷面， $R$ (影響放大係數)為 6.17 顯示最大，故柱子斷面(8mm × 12mm)抗震能力最佳，如表 1 所示。

表 1 實驗數據

質量(g)	每分鐘轉速 (RPM)	位移量	$f$ (Hz)	角頻率 $\omega$ (rad/s)
374.00g	114.6RPM	80 mm	1.91	12
377.04g	116.3RPM	80 mm	1.94	12.18
366.15g	111.1RPM	80 mm	1.85	11.64

註：質量為建築物淨重(單位為 g)計算：每分鐘轉速為建築物倒塌前所能承受的最大轉速(單位為 RPM)、每分鐘轉速(單位 RPM)、振動頻率  $f$  (單位 Hz)、角頻率  $\omega$ (單位 rad/s)。

表 2 實驗數據(續)

質量(g)	共振角頻率 $\omega_{res}$ (rad/s)	加速度 $a$ ( $m/s^2$ )	地震力 $f_{seismic}$ (N)	R(影響放大係數)
374.00g	10.74	11.52 $m/s^2$	4.31	3.9
377.04g	10.7	11.86 $m/s^2$	4.47	3.29
366.15g	10.86	10.82 $m/s^2$	3.96	6.17

註：計算共振角頻率計算(單位：rad/s)、加速度  $a$  ( $m/s^2$ )、地震力  $f_{seismic}$ (單位 N)、影響放大效應。

## 五、結論與生活應用

### 一、研究發現與最佳耐震柱型

本研究針對不同斷面形狀進行耐震性能評估，結果顯示，斷面尺寸為 8 mm × 12 mm 之矩形柱具備最佳抗震性能。其結構質量適中 ( 0.377 kg ) 且具有最低的響應放大係數 (  $R = 3.29$  )，具備一定耐震性。

相較之下，L 型斷面柱之耐震性能顯著較弱。其響應放大係數最高為 (  $R = 6.17$  )，顯示其受力分布不均勻。此現象可能為其斷面幾何的不對稱性，進而在地震作用下引發額外的彎矩與結構扭轉效應，造成結構穩定性降低與抗震性能不足。

### 二、應用建議

基於本研究結果，以下為建築耐震設計的應用建議：

#### (一)、地震高發區建築：

建議採用對稱型矩形柱，並進一步優化截面尺寸，以提升建築結構穩定性。

#### (二)、木結構應用：

木材作為環保建材，若搭配適當截面設計，可提升其耐震性能( Chopra, 2007 )，與實驗結果相符。

#### (三)、複合材料結構：

未來建築設計可結合木材與其他耐震材料，如碳纖維強化木材 ( CFRW ) 或混合框架結構，以提升整體耐震性能 ( AISC, 2016 )。

### 三、研究結果

#### (一)、最佳設計

8×12 mm 矩形柱響應放大係數最低 (  $R = 3.29$  )，抗震表現最佳。

#### (二)、L 型柱較弱

L 型柱因受力不均，係數最高 (  $R = 6.17$  )，易產生變形，需優化。

### (三)、 截面影響

對稱截面可提升耐震性，減少地震變形與損害。

本研究為木構造耐震設計提供重要數據，亦可作為未來建築抗震設計之參考。後續可探討不同材料與截面形狀影響，並結合數值模擬驗證更多設計可行性。

#### 參考資料

ACI Committee 318. (2014). \*Building code requirements for structural concrete (ACI 318-14) and commentary\*. American Concrete Institute.

American Institute of Steel Construction. (2016). \*Specification for structural steel buildings\*. AISC.

Chopra, A. K. (2007). \*Dynamics of structures : Theory and applications to earthquake engineering\* (3rd ed.). Pearson Education.

Clough, R. W., & Penzien, J. (1993). \*Dynamics of structures\* (2nd ed.). McGraw-Hill.

Federal Emergency Management Agency. (2003). \*NEHRP recommended provisions for seismic regulations for new buildings and other structures (FEMA 450)\*. Building Seismic Safety Council, National Institute of Building Sciences.

Hall, W. J. (1996). Dynamics of structures—Theory and applications to earthquake engineering

[Review of the book \*Dynamics of structures : Theory and applications to earthquake

engineering\*, by A. K. Chopra]. \*Earthquake Spectra, 12\*(3), 635–636. [https :](https://doi.org/10.1193/1.1585913)

[//doi.org/10.1193/1.1585913](https://doi.org/10.1193/1.1585913)

Institute for Building Safety. (2004). \*NEHRP recommended provisions for seismic regulations for new buildings and other structures (FEMA 450)\*. Building Seismic Safety Council, National Institute of Building Sciences.

維基百科. (n.d.). 汶川大地震. \*Wikipedia\*. [https : //reurl.cc/04bNK1](https://reurl.cc/04bNK1)

維基百科. (n.d.). 2011 年日本東北地方太平洋近海地震. \*Wikipedia\*. [https :](https://reurl.cc/G5q05v)

[//reurl.cc/G5q05v](https://reurl.cc/G5q05v)