

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：屹立不搖之偉大建築工程 - 各型式剪力牆耐震效果探討

一、摘要

生處於地震帶的臺灣，時常發生大大小小的地震，而如何讓建築物擁有較高的耐震強度是現代營建工程中重要的課題，本研究以木材製作的五層樓高之建築物，其中建築物內放置總重 2.5 公斤的質量塊並進行水平方向之抗震試驗，並用 150 磅之西卡紙製作對邊開口口字型（每層樓包覆 3 個面）、對邊 L 型（每層樓包覆 2 個面）、對邊包覆整面 1 到 5 層樓、每層樓對邊包覆一個面等 4 種不同型式之剪力牆與無剪力牆之木構造建築，並透過抗震試驗探討何種型式可達到最佳抗震能力和較好的經濟效益。研究結果指出，對邊開口口字型為最佳耐震之剪力牆型式，而對邊 L 型擁有最佳經濟效益。

二、探究題目與動機

臺灣位於歐亞板塊與菲律賓板塊的交界處，地震頻率相當高，其嚴重者包括 921 大地震、0206 維冠大樓倒塌及 918 花蓮 7-11 倒塌.....等，而地震時「建築物遭受地震力破壞的牆面主要為剪力牆，故剪力牆對建築物耐震性能抵抗扮演不可或缺的角色」（陳冠帆，2005），亦有研究指出「含有剪力牆的結構物都能顯示良好的耐震效果，而沒有剪力牆的結構物則會遭受完全崩塌的命運」（邱于倫，2006）。在看到地震災害導致房屋倒塌的新聞後，讓我們不斷思考要如何才能真正住的安心，在經過文獻蒐集與探討後，發現剪力牆對建築物之耐震效果有極大幫助，可增加建築物之韌性，所以在規劃與討論後，預計設計出 5 棟木構造建築物，並以不同型式之剪力牆進行設置，在透過抗震試驗探討各型式剪力牆之抗震效果。

三、探究目的與假設

（一）探究目的

1. 探討在建築物外層加上何種型式的剪力牆抗震能力較佳。
2. 探討各種型式外牆的經濟效益。

（二）探究假設

1. 紙製剪力牆對建築物對木構造建築物之抗震效果可產生影響。
2. 抗震能力:對邊開口口字型 > 對邊包護整面 1 到 5 層樓 > 對邊 L 型 > 每層樓對邊包覆一個面 = 沒有牆的建築物。
3. 建築物之經濟效益:沒有牆建築物>每層樓對邊包覆一個面>對邊 L 型>對邊包覆整面 1 到 5 層樓>對邊開口口字型。

四、探究方法與驗證步驟

（一）探究方法

理論依據：「建築物遭受地震力破壞的牆面主要為剪力牆，故剪力牆對建築物耐震性能抵抗扮演不可或缺的角色」（陳冠帆，2005），故剪力牆應為建築物抗震能力之影響因子。

1. 利用 150 磅的西卡紙做成剪力牆，並以 4 種形式包覆建築物，分別為對邊開口 \square 字型（每層樓包覆三個面）、對邊 L 型（每層樓包覆兩個面）、每層樓對邊包覆一個面以及對邊包覆整面 1 到 5 層樓的牆，並且將沒有牆的建築物作為對造組，探究哪種形式的牆對於抗震能力較佳。
2. 將五棟建築物的耗材量與費用作為模擬現實建築物之建築成本，以探討各型式剪力牆之經濟效益。

(二) 試驗材料與設備

表 1：試驗材料與設備

名稱	木條*4 (柱子)	厚木板 (底板)	薄木板*5 (樓板)	150 磅的紙 (牆壁)	熱熔槍
照片					
名稱	熱熔槍條	快乾膠	鑽孔機	質量塊	抗震試驗臺
照片					

(三) 試驗流程

Step1: 在厚木板上打出四個 1cm 之孔洞

Step2: 將四隻長竹籤分別插入四個孔洞，並且以熱熔槍將四隻長竹籤固定

Step3: 將薄木板依樓層高度(1樓 10cm、2~5 層樓各 7.5cm) 放入長竹籤之中，並以熱熔槍將木板之四個點固定

Step4: 利用熱熔槍在 1 層樓的兩面以及 2、3 層樓的單面黏上斜撐(鄰近的兩層樓以對邊錯開的方式固定)

Step5: 利用快乾膠將剪力牆以各種方式(對邊開口 \square 字型、對邊包護整面 1 到 5 層樓、對邊 L 型、每層樓對邊包覆一個面、沒有牆) 固定

Step6: 放上振動台測試其耐震強度

Step7: 結果分析

圖 1：試驗流程

(四) 試驗成品



圖 2：試驗成品

(五) 試驗分析

1. 每層樓對邊包 覆一個面

此次試驗在建物內加上總重 2.5kg 的質量塊，並放上振動台測試建築物各種剪力牆包法之耐震強度，且將沒有剪力牆之建築物作為本次試驗的對照組；根據研究結果（圖 3）顯示，每層樓對邊包 覆一個面之建築物與沒有剪力牆之建築物的耐震強度皆相同，因此若將建築物每層樓對邊包 覆一個面，並無法提升建築物之耐震強度。

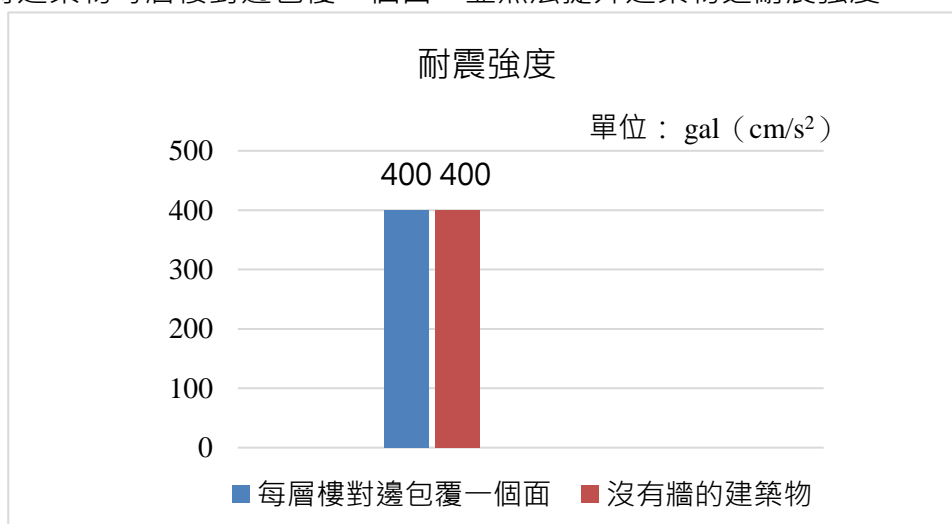


圖 3：每層樓對邊包 覆一個面與沒有牆的建築物耐震強度比較

註：gal (cm/s²) 是重力加速度單位，gal 常用於地震工程學中，用來描述地震加速度。

2. 對邊 L 型

此次試驗在建物內加上總重 2.5kg 的質量塊，並放上水平方向之振動試驗台，測試

建築物各種剪力牆包法之耐震強度，且將沒有剪力牆之建築物作為本次試驗的對照組；根據研究結果（圖 4）顯示，對邊 L 型之建築物較沒有剪力牆之建築物耐震強度高出 231gal，雖然對邊 L 型之建築物的耐震強度提升不多，但經濟效益極高。

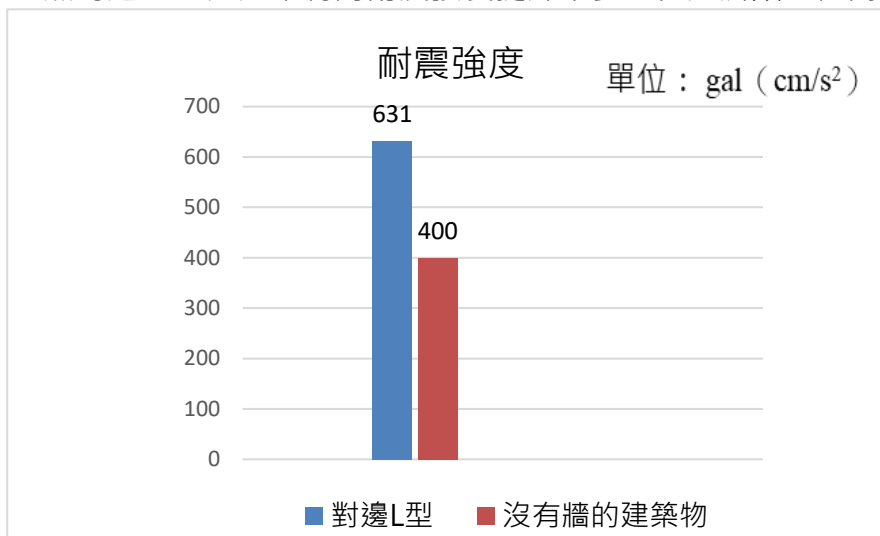


圖 4：對邊 L 型與沒有牆的建築物耐震強度比較

3. 對邊包覆整面 1 到 5 層樓

此次試驗在建物內加上總重 2.5kg 的質量塊，並放上水平方向之振動試驗台，測試建築物各種剪力牆包法之耐震強度，且將沒有剪力牆之建築物作為本次試驗的對照組；根據研究結果（圖 5）顯示，對邊包覆整面 1 到 5 層樓之建築物耐震強度較沒有剪力牆之建築物提升 101gal，其耗費之材料較高且耐震強度並沒有提升很多，因此使用率較低。

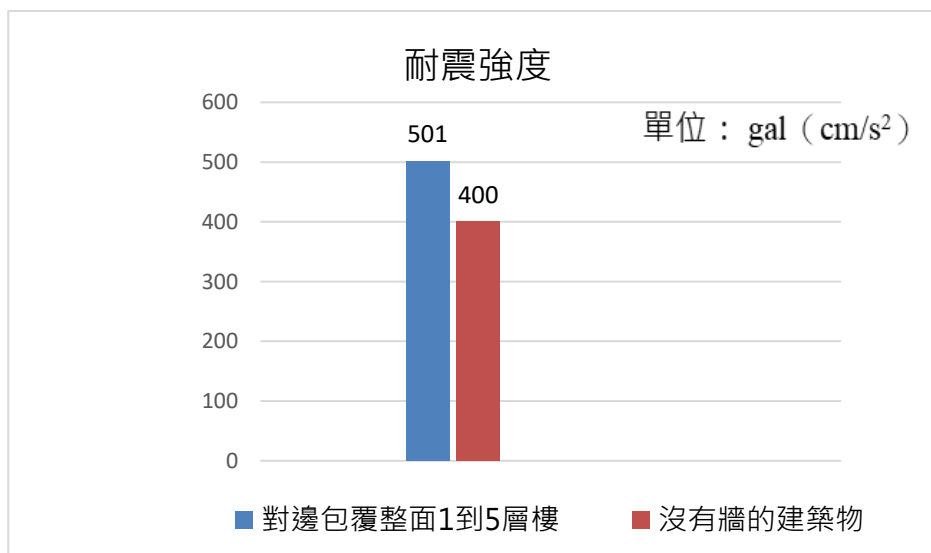


圖 5：對邊包覆整面 1 到 5 層樓與沒有牆的建築物耐震強度比較

4. 對邊開口口字型

此次試驗在建物內加上總重 2.5kg 的質量塊，並放上水平方向之振動試驗台，測試建築物各種剪力牆包法之耐震強度，且將沒有剪力牆之建築物作為本次試驗的對照組；根據研究結果（圖 6）顯示，對邊開口口字型之建築物耐震強度高出沒有剪力牆之

建築物 859gal，能提升極高的耐震強度，因此為本研究建築物之最佳剪力牆型式。

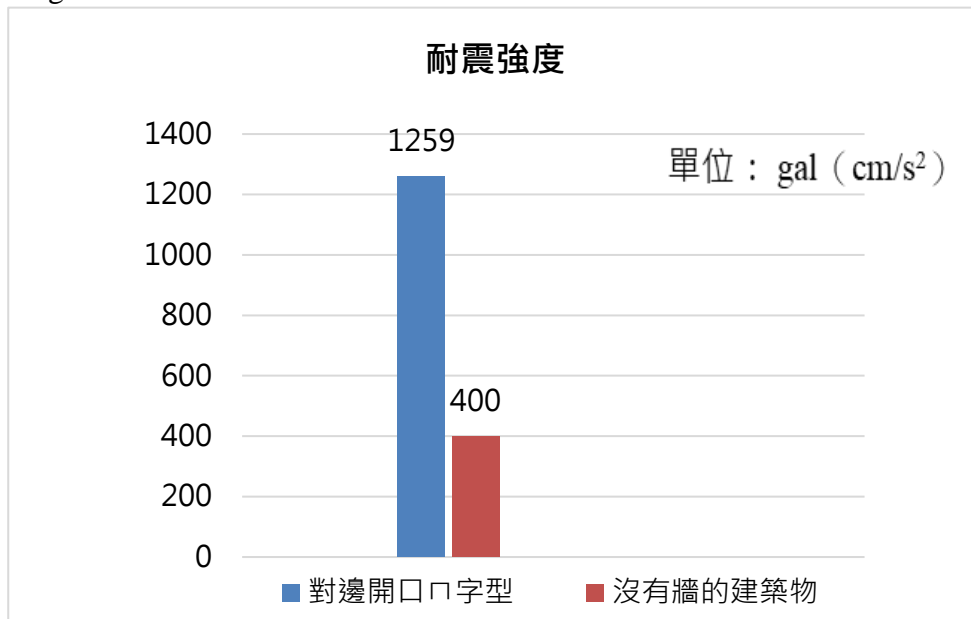


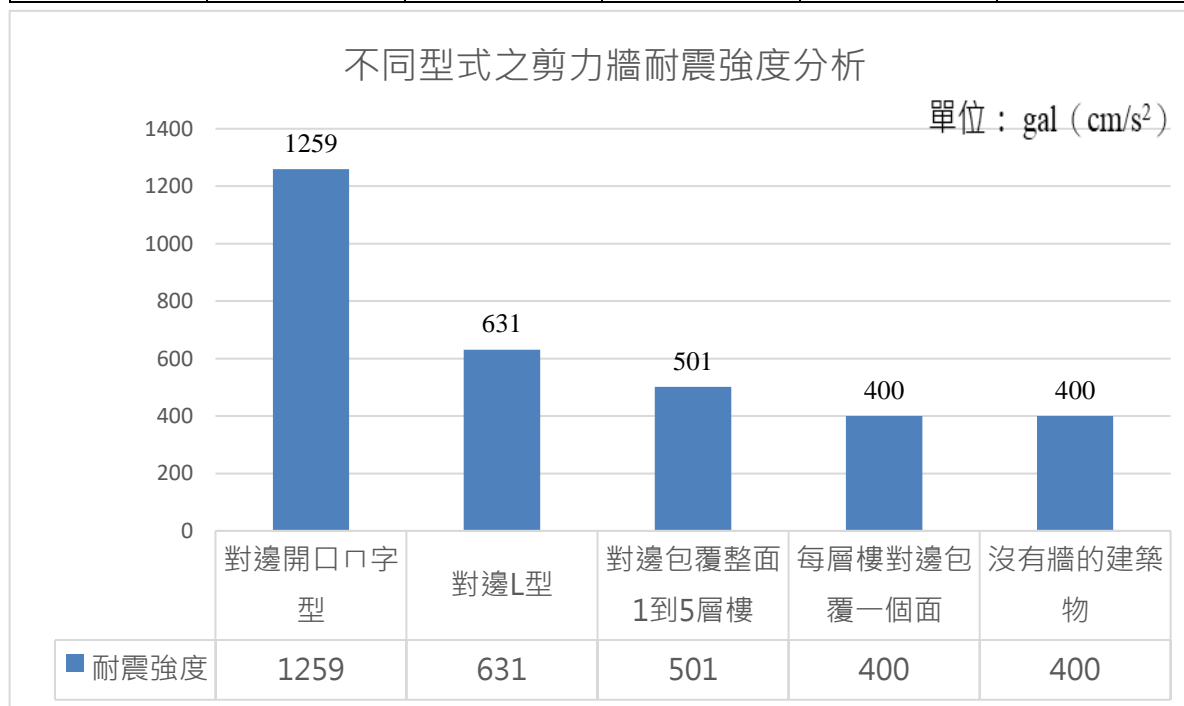
圖 6：對邊開口□字型與沒有牆的建築物耐震強度比較

五、結論與生活應用

(一) 結論

表 2：不同型態之剪力牆試驗結果

牆面型態	對邊開口 □字型	對邊 L 型	對邊包覆整面 1 到 5 層樓	每層樓對邊包 覆一個面	沒有牆
地震加速度 gal (cm/s ²)	1259	631	501	400	400



綜上所述，沒有加上剪力牆之建物能承受 6 級地震之震度 400 gal，而每層樓對邊

包覆一個面效果相同於無剪力牆之建物，承受到 6 級地震之震度 400 gal；對邊包覆整面 1 到 5 層樓較無剪力牆提升了 101gal，達到 7.4 級地震之震度 501 gal；對邊 L 型較無剪力牆提升了 231gal，達到 7.6 級地震之震度 631gal；對邊開口口字型較無剪力牆提升了 859gal，承受到本次試驗最高的耐震強度 8.2 級 1259gal。

1. 假設驗證：在相同的木構造中，不同的剪力牆對建築物的抗震效果產生不同的結果，因此紙製剪力牆確實對建築物對木構造建築物之抗震效果可產生影響。
2. 建築物內之剪力牆「不僅要承受垂直的重量更要禁得起水平的拉力，如果遭遇地震的時候可在第一時間把大部份的能量給吸收掉，減少震波對於建築體的傷害」（新屋新聞，2018），此次試驗中對邊開口口字型能吸收最多的水平拉力，達到極佳的耐震效果；每層樓對邊包覆一個面因為牽制到的柱子較少，無法有效地吸收水平拉力，導致耐震能力與沒有剪力牆之建築物相同。
3. 在牆壁包覆的型式方面：以對邊開口口字型 > 對邊 L 型 > 對邊包護整面 1 到 5 層樓 > 每層樓對邊包覆一個面 = 沒有牆的建築物。
4. 此次試驗中的經濟效益是指使用牆面之材料使用量較小的強況下達到的耐震效果較佳：對邊 L 型 > 對邊開口口字型 > 對邊包覆整面 1 到 5 層樓 > 每層樓對邊包覆一個面 > 沒有牆建築物。

(二) 生活應用

此次試驗能夠運用在營建工程之中，將剪力牆建於效果較佳的位置，也能夠將「老舊校舍及中低樓房，利用剪力牆來進行修補及工作，提升原有建築物的強度」（邱于倫，2006），讓生處於地震帶的建築物能夠擁有極高的耐震程度，減少地震帶給我們的災難。

(三) 研究限制與建議

本研究受限儀器與時間以紙剪力牆及木構造進行數種剪力牆模擬測試，但實務上仍需於國家地震中心以混凝土牆模擬更接近真實情形，另可增加更多剪力牆型式探討，以提高研究之完整性。

六、參考資料

新屋新聞 (2018)。專題報導房產生活 - 建築大哉問剪力牆承受強差別在哪。取自

https://news.prince.tw/goodnews_detail.php?id=184&topage=3&class_id=4

陳冠帆，2005。韌性剪力牆行為之有限元素分析。臺南，國立成功大學建築學系碩博士班。

邱于倫，2006。預鑄剪力牆應用於提昇建築物耐震能力研究。臺南，國立成功大學土木工程學系碩博士班。