

鋼筋混凝土建築物耐震評估程式增修與 應用研究

內政部建築研究所協同研究報告

中華民國 103 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

鋼筋混凝土建築物耐震評估程式增修與 應用研究

計畫主持人：陳建忠

協同主持人：宋裕祺

研究員：蔡益超、謝宗興

鄒本駒、盧珽瑞

研究助理：賴明俊、邱毅宗

內政部建築研究所協同研究報告

中華民國 103 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

目次

目次	I
表次	V
圖次	VII
摘要	IX
ABSTRACT	XIII
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起與背景	1
第二節 研究方法	2
第三節 研究目的	4
第二章 建築物耐震能力初步評估方法之探討	5
第一節 前言	5
第二節 鋼筋混凝土建築物耐震能力評估	6
第三節 鋼筋混凝土建築物耐震能力評估之文獻回顧	8
一、國外之建築物耐震能力初步評估	8

二、國內之建築物耐震能力初步評估	10
第三章 鋼筋混凝土建築物耐震能力初步評估表之擬定	21
第一節 前言	21
第二節 鋼筋混凝土建築物耐震能力初步評估表 ...	22
一、建築物基本資料表	22
二、建築物平立面圖表	22
三、建築物耐震能力初步評估表	22
四、定量評估表	32
五、現況照片表	41
第四章 案例分析	43
第一節 前言	43
第二節 公有建築物A	44
一、案例說明及簡介	44
二、結構資料	44
三、公有建築物A之耐震能力初步評估表	45
四、結構模型建立	50
第三節 公有建築物B	52
一、案例說明及簡介	52

二、結構資料	52
三、公有建築物B耐震能力初步評估表	53
四、結構模型建立	57
第五章 結論與建議	59
第一節 結論	59
第二節 建議	60
附錄一 初審簡報專家審查意見與答覆	63
附錄二 期中報告審查委員意見與答覆	65
附錄三 期末報告審查委員意見與答覆	69
附錄四 內部會議	73
附錄五 專家座談會審查意見與答覆	75
第 1 次專家座談會	75
第 2 次專家座談會	79
第 3 次專家座談會	81
附錄六 公有建築物A定量評估表分析	85
附錄七 鋼筋混凝土建築物耐震能力初步評估(PSERCB)與詳	

細評估(SERCB)之應用講習會	103
附錄八 鋼筋混凝土建築物耐震能力初步評估表	119
附錄九 鋼筋混凝土建築物耐震能力初步評估系統(PSERCB)	129
參考文獻	137

表次

表 2.1 建築物耐震評估表格	12
表 2.2 非典型校舍耐震能力初步評估表	20
表 3.1 柱之損害程度	29
表 3.2 牆之損害程度	30
表 3.3 R_{col} 、 R_{sw} 及 R_{bw} 之建議表	39
表 3.4 C_{vcj} 、 C_{Rcj} 、 C_{vsj} 、 C_{Rsj} 、 C_{vbj} 與 C_{Rbj} 之建議表	40
表 4.1 公有建築A之耐震能力初步評估表	46
表 4.2 公有建築B之耐震能力初步評估表	54

圖次

圖 1.1 分析方法與流程	3
圖 2.1 建築物耐震能力評估流程示意圖	7
圖 2.2 簡易評估法示意圖	17
圖 3.1 台北市平原地區液化潛能圖	24
圖 3.2 基礎型式	25
圖 3.3 軟弱層破壞	27
圖 3.4 短柱效應	28
圖 3.5 短梁效應	28
圖 3.6 柱之損害程度	29
圖 3.7 牆之損害程度	30
圖 3.8 梁柱結構之力平衡示意圖	36
圖 3.9 梁假設配筋位置	36
圖 3.10 柱假設配筋位置	37

圖 3.11 柱構架平面圖	40
圖 3.12 側推分析無因次化結果(RC牆與磚牆終止點皆為 0.85 的強度)	40
圖 4.1 公有建築物A立面圖	44
圖 4.2 公有建築物A平面圖	45
圖 4.3 ETABS模擬之公有建築物A結構立體圖	50
圖 4.4 ETABS模擬之公有建築物A結構正視圖	51
圖 4.5 公有建築物A之結構物耐震能力	51
圖 4.6 公有建築物B立面圖	52
圖 4.7 公有建築物B平面圖	53
圖 4.8 ETABS模擬之公有建築物B結構立體圖	57
圖 4.9 ETABS模擬之公有建築物B結構正視圖	58
圖 4.10 公有建築物B之結構物耐震能力	58

摘要

關鍵詞：鋼筋混凝土耐震能力初步評估、鋼筋混凝土耐震能力詳細評估、
鋼筋混凝土耐震補強

一、研究緣起

內政部建築研究所於 2005 年協同研究案開發出一套鋼筋混凝土耐震能力評估系統(Seismic Evaluation of RC Building, SERCB)，並且於 2012 年協同研究案針對構件補強方法增加補強模組，以此系統化之詳細耐震能力評估與補強廣受業界工程師所用。目前 SERCB 程式中提供視窗化模組與各力學行為之分析模組包含：梁柱斷面視覺化編輯、斷面彎矩-曲率分析、構件彎矩-轉角分析、構件剪力行為分析、地表加速度分析等分析模組，其中資料形式係以文字檔方式輸出，為方便使用者可針對所需要的資料進行處理，進而提升程式模組的擴充性。SERCB 分析程序分為前處理與後處理兩大模組，首先經過前處理程序，求得建築物各構件之彎矩塑鉸特性，再匯入 ETABS、MIDAS 等程式進行非線性側推分析與容量震譜分析，最後再將結果匯出進行後處理，以提供工程師判斷該建築物之耐震能力與建築物相關資訊。上述建研所開發的系統均在視窗上操作，且匯入與匯出之工作均以自動完成為原則。

SERCB 程式手冊僅針對上述公式理論、實驗驗證及操作流程撰寫使用手冊，尚欠缺對於業界技師或使用者解釋操作流程中模組計算之情況，以及程式計算結果之判別方式，故本研究將參考目前技師及使用者對於程式相關疑問與詳細操作流程方法，編撰一針對 SERCB 程式詳細解說手冊，並透過推廣活動令新使用者也可以對 SERCB 程式快速上手。

除此之外，針對特定地區為數龐大的老舊建築物進行評估，瞭解區域內個別建築物大概的耐震程度，作為都市防災政策規劃或後續詳細評估之參考。本研究擬建築物耐震能力初步評估方法(Preliminary Seismic Evaluation of RC Building,

PSERCB)，使用者只需填寫一些基本資料即以定性與定量方式，迅速完成建築物耐震能力初步評估作業，並比較若干建築結構之耐震能力初步評估與詳細評估結果以驗證 PSERCB 之正確性。研究結果顯示 PSERCB 確實可幫助使用者於短暫時間內完成建築物耐震能力初步評估作業。

二、研究方法及過程

1. 增修 SERCB，包含補強模組以及編撰程式詳細使用手冊，希冀可提供國內工程師更準確有效率的耐震評估與補強分析軟體。
2. 蒐集國內外建築物耐震能力初步評估方法，進而了解耐震初步評估項目的適用性、力學性及效益性。確實掌握各評估項目特性，擬定出最符合實際工程師現地評估之建築物耐震能力初步評估方法。
3. 透過案例分析探討 PSERCB 評估結果，並且與 SERCB 比較驗證 PSERCB 之可靠性與合理性。
4. 辦理推廣活動，並根據使用者回饋經驗，解說程式相關疑問。

三、重要發現

本研究經蒐集國內外相關初步或快速評估研究報告等，發現國內從 921 地震過後至今已有相當之研究成果，不論在學理或工程上都有相當大的貢獻。經整理可大致將初評表分為定性、定量與兩者結合等。蔡益超教授針對評估對象進行耐震評估之初步篩選，針對影響耐震能力之主要因素研擬，進而提出之鋼筋混凝土耐震能力初步評估表。本研究比較若干建築結構之耐震能力初步評估與詳細評估結果以驗證 PSERCB 之正確性。研究結果顯示 PSERCB 確實可幫助使用者於短暫時間內完成建築物耐震能力初步評估作業。

四、主要建議事項

建議一

立即可行建議：舉辦研討會，將鋼筋混凝土建築物耐震能力初步評估法與

SERCB(含補強模組)推廣至業界

主辦機關：內政部營建署

協辦機關：內政部建築研究所

目前本研究建立之鋼筋混凝土建築物耐震初步評估法，主要目的係能快速篩選耐震能力不足之建築物進行詳細評估，比較若干建築結構之耐震能力初步評估與詳細評估結果以驗證 PSERCB 之正確性。

然而，電腦定量分析程式係根據 RC 理論與國內「建築物耐震設計規範與解說」撰寫，以及補強模組係基於 SERCB 開發，因此在分析的參數輸入與操作上頗為複雜，想要了解其操作重點與各參數輸入之意義，除閱讀書面報告資料外，最好透過研討會，經研究團隊之講解，可以較快熟悉此套程式之功能與運作。

建議二

中、長期建議：開發鋼筋混凝土建築物耐震初步評估平台

主辦機關：內政部營建署

協辦機關：內政部建築研究所

本研究耐震能力初步評估法中之「定量評估」須根據鋼筋混凝土理論進行迭代分析與計算，並藉由分析結果與耐震設計規範需求推估初步耐震能力。為使實際執行結構物初步耐震能力評估得以快速、即時且易於操作，後續需針對 PSERCB 程式加以擴充，期能提升建築物耐震能力初步評估作業之效率與準確性。

除此之外，建立雲端應用的建築物初步評估資訊管理平台，匯整電腦定量分析程式所建立之評估資訊，協助建築物管理單位進一步管理或評估需要進行詳細評估之優選排序，以達更有效管理建築物安全之目的，透過初步評估平台，可集

中管理各區/單位所進行之初步評估結果及基本資料，未來可透過巨量資料處理技術，提供防災型都市更新等相關政策擬訂或推廣之參考。

建議三

中、長期建議：鋼筋混凝土建築物耐震初步評估之收費制度

主辦機關：內政部營建署

協辦機關：內政部建築研究所

根據專家座談彙整建議，本研究研擬之初步評估方法較現行方法提升不少準確度與可靠度。針對特定地區為數龐大的老舊建築物進行評估，有效篩選建築物耐震能力不足之情況，作為都市防災政策規劃或後續詳細評估之參考。使用者只需填寫一些基本資料即以定性與定量方式，迅速完成建築物耐震能力初步評估作業。

本研究成果推廣至業界時，工程師需量測梁、柱與牆體尺寸、以及一樓與二樓淨柱高，使得作業量較以往略為增加，因此需審視目前建築物耐震初步評估費用之合理性，檢討現行收費制度。

ABSTRACT

Keywords: Preliminary Seismic Evaluation of RC Building, Seismic Evaluation of RC Building, RC seismic retrofit

The SERCB (Seismic Evaluation of Reinforced Concrete Building) is a popular software of seismic evaluation for existing RC buildings in Taiwan. It provides a powerful visualization function of plastic hinge setting for RC members as preprocessor of pushover analysis as well as nonlinear time history analysis, preventing the manmade mistakes and enhancing the work efficiency. In addition, It also gives an automatic connection to the commercial software such as ETABS, MIDAS, etc. to perform nonlinear structural analysis, and a postprocessor in justifying if the seismic capacity of RC building is qualified or not. As a result, the SERCB is well used by the structural engineers herein.

In this study, an economic and efficient method was proposed for preliminary seismic evaluation of RC buildings (PSERCB). Some dominate items related to both qualitative and quantitative illustrations of seismic characteristic of RC building were listed and consequently the users can complete the preliminary seismic evaluation without tedious calculations. Through comparisons between the results of PSERCB and SERCB, the accuracy of PSERCB was able to be investigated. The results obtained in this study shows the efficiency and accuracy of PSERCB can be fulfilled and benefits engineers in a rapid seismic evaluation of RC buildings.

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

內政部建築研究所於 2005 年協同研究案開發出一套鋼筋混凝土耐震能力評估系統(Seismic Evaluation of RC Building, SERCB)，並且於 2012 年協同研究案針對構件補強方法增加補強模組，以此系統化之詳細耐震能力評估與補強廣受業界工程師所用。目前 SERCB 程式中提供視窗化模組與各力學行為之分析模組包含：梁柱斷面視覺化編輯、斷面彎矩-曲率分析、構件彎矩-轉角分析、構件剪力行為分析、地表加速度分析等分析模組，其中資料形式係以文字檔方式輸出，為方便使用者可針對所需要的資料進行處理，進而提升程式模組的擴充性。SERCB 分析程序分為前處理與後處理兩大模組，首先經過前處理程序，求得建築物各構件之彎矩塑鉸特性，再匯入 ETABS、MIDAS 等程式進行非線性側推分析與容量震譜分析，最後再將結果匯出進行後處理，以提供工程師判斷該建築物之耐震能力與建築物相關資訊。上述建研所開發的系統均在視窗上操作，且匯入與匯出之工作均以自動完成為原則。

然而，SERCB 程式手冊僅針對上述公式理論、實驗驗證及操作流程撰寫使用手冊，尚欠缺對於業界技師或使用者解釋操作流程中模組計算之情況，以及程式計算結果之判別方式，故本研究將參考目前技師及使用者對於程式相關疑問與詳細操作流程方法，編撰一針對 SERCB 程式詳細解說手冊，並透過推廣活動令新使用者也可以對 SERCB 程式快速上手。

除此之外，針對特定地區為數龐大的老舊建築物進行評估，瞭解區域內個別建築物大概的耐震程度，作為都市防災政策規劃或後續詳細評估之參考。對此有必要研擬經濟簡易的評估方法。本研究將研擬建築物耐震能力初步評估方法，考量不同實地現況，如不同基礎型態、現地土壤性質等，期能提升建築物耐震能力評估作業效率。

第二節 研究方法

本研究案之研究工作內容包括資料蒐集與整理(國內評估表為主)、國外建築物耐震初步評估探討、整理與探討並篩選符合國內之檢查項目、將現地調查項目表格化、SERCB 使用者常見問題探討、SERCB 程式修正與介面整合、建築物耐震初步評估案例分析、操作手冊編撰及報告撰寫，如圖 1.1 所示。

透過國內外文獻資料的蒐集，彙整出符合國內建築物特性之耐震初步評估的項目及力學特性，同時也深入了解國外的現地評估項目，試圖從中尋找適用於國內的初步評估方法，作為未來建築物初步評估之項目。

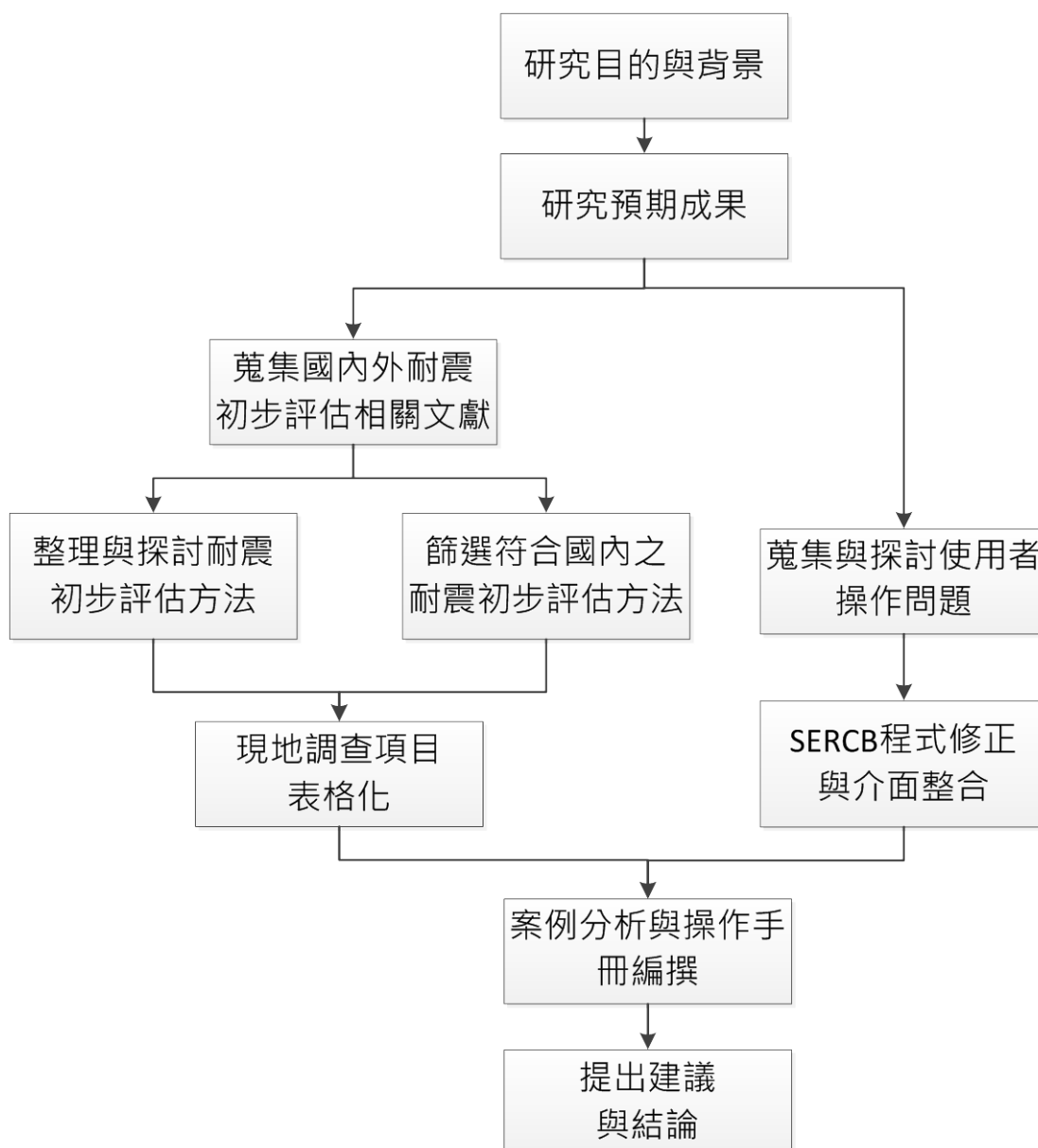


圖 1.1 分析方法與流程

【資料來源：本研究製作】

第三節 研究目的

本研究將以 SERCB 使用者所遇之問題，以及對於程式相關疑問與詳細操作流程方法，編撰一針對 SERCB 程式詳細解說手冊，並透過推廣活動令新使用者也可以對 SERCB 程式快速上手。除此之外，本研究將研擬初步耐震能力評估法，藉以降低特定地區為數龐大的老舊建築物進行耐震評估時，所需之經費與時間，希冀將相關成果作為都市防災政策規劃或後續詳細評估之參考。

第二章 建築物耐震能力初步評估方法之探討

第一節 前言

本章節主要探討目前常用之建築物耐震能力初步評估方法。文中將先針對建築物耐震能力評估作介紹，說明結構評估的方式。在初步了解耐震評估的概念後再進一步探討初步評估，內容包含簡介及相關研究成果，如此，將有助於我們了解各耐震初步評估項目的適用性、力學性及效益性。確實掌握各評估項目特性，擬定出最符合實際工程師現地評估之建築物耐震能力初步評估方法。

第二節 鋼筋混凝土建築物耐震能力評估

建築物耐震能力評估之主要目的係以力學原理將其容量(Capacity)量化，必須滿足符合地區特性之地震危害度分析所擬定出的耐震目標(Demand)，考量三種地震水準，(1)中小度地震：回歸期為 30 年之地震，其 50 年超越機率為 80%、(2)設計地震：回歸期為 475 年之地震，其 50 年超越機率為 10%、(3)最大考量地震：回歸期為 2500 年之地震，其 50 年超越機率為 2%。

建築物耐震能力評估通常經由初步評估、詳細評估及補強評估等流程如圖 2.1 所示，其中初步評估係經由現場工程師透過建築物外觀以專業判別該建築物之耐震能力，如具疑慮再經由詳細評估推論耐震能力，並以目前現行建築物耐震設計規範及解說(內政部，2011)判別。如低於規範要求，可進一步選擇適用工法進行耐震補強評估，將既有建築物耐震能力提升。

本研究主要探討鋼筋混凝土建築物耐震初步評估方法，基本初步評估方法可分成兩種，其一由結構物外觀判別之定性法，另為透過計算建築物底層極限強度之定量法。前者為針對影響耐震能力之主要因素研擬而成，應用於現地評估十分便利；後者以簡單計算式推估一樓柱及牆可抵抗地震時產生之水平力，現地評估需量測建築物柱與牆的尺寸。

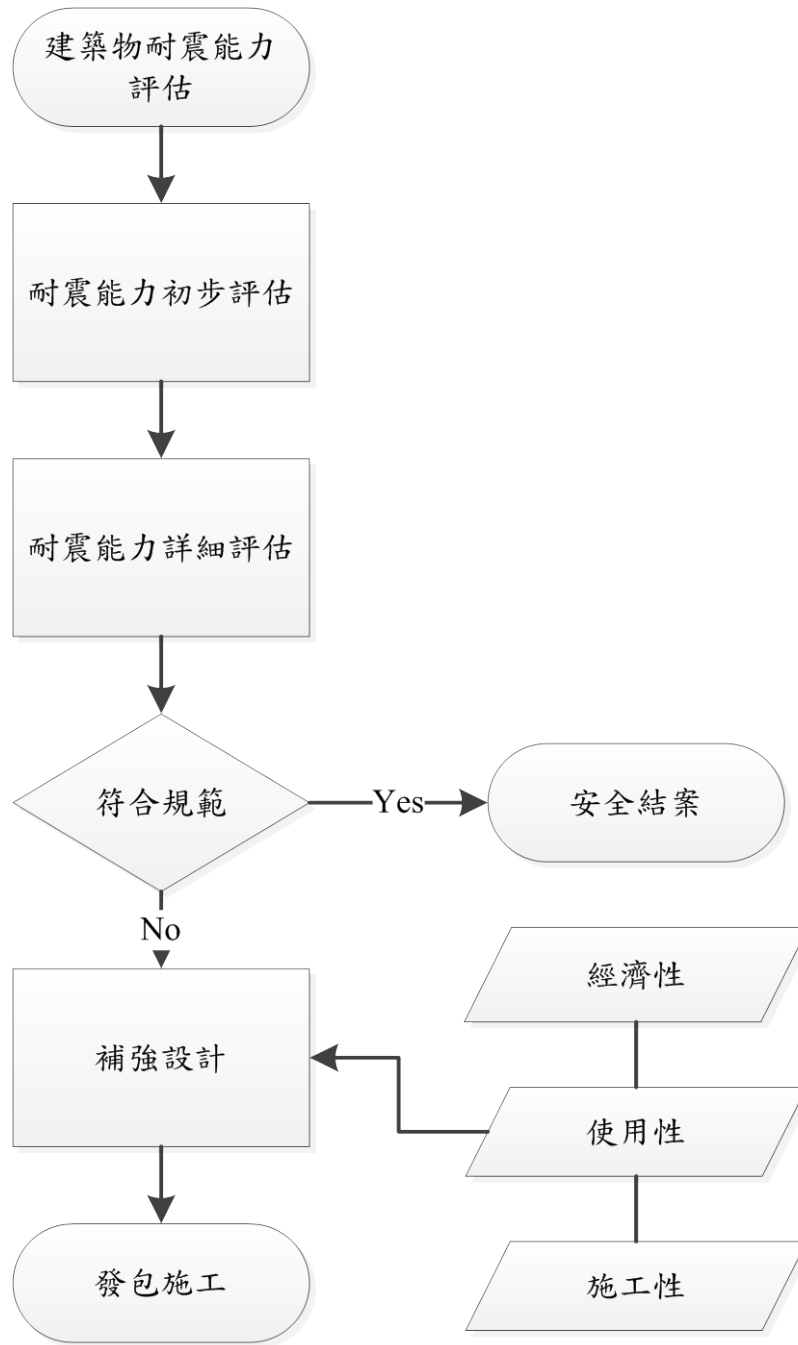


圖 2.1 建築物耐震能力評估流程示意圖

【資料來源：本研究製作】

第三節 鋼筋混凝土建築物耐震能力評估之文獻回顧

臺灣之建築物耐震設計規範及解說經多次修訂後，特定地區為數龐大的老舊建築物之耐震能力恐已不符規範標準。若逐一進行詳細耐震能力評估，將需要相當的經費與時間。有鑑於此，本節蒐集國內外快速或初步耐震評估方法進行探討，希冀篩選適合國內一般建築物之評估方法，彙整成表格方式以利實地評估。

一、國外之建築物耐震能力初步評估

1. 日本建築防災協會制定之耐震診斷基準

由日本建築防災協會所制定的耐震診斷基準(日本建築防災協會，1990)，診斷對象是一般5~6層以下鋼筋混凝土建築物，此法由簡便的一次診斷到詳細的三次診斷共三種方法所構成，於此只介紹一次診斷部分。

其方法為將既有建物之耐震指標 I_s ，以三個指標相乘積而得

$$I_s = E_0 \times S_D \times T \quad (2.1)$$

I_s : 結構耐震指標

E_0 : 保有性能基本指標

T : 經年係數

其中 E_0 為根據柱、牆壁的斷面積與樓地板面積簡算求得水平強度， E_0 的計算為下兩式取大值。

$$E_0 = \frac{n+1}{n+i} (C_w + \alpha_1 C_c) F_w \quad (2.2)$$

$$E_0 = \frac{n+1}{n+i} (C_{sc} + \alpha_2 C_w + \alpha_3 C_c) F_{sc} \quad (2.3)$$

n : 建築物樓層數

i : 評估的樓層

C_w : 牆的強度指標

C_c : 柱的強度指標

C_{sc} : 極短柱的強度指標

F_w : 牆的韌性指標

α_1 : (牆達極限強度時之柱強度和)/(柱的極限強度和), 取 0.7

α_2 : (極短柱達極限強度時之牆強度和)/(牆的極限強度和), 取 0.7

α_3 : (極短柱達極限強度時之柱強度和)/(柱的極限強度和), 取 0.5

S_D 指標為針對平面整體性、邊長比、伸縮縫的間距、挑高之有無、地下室之有無、層高的均勻性、軟弱層之有無、其他等項目進行檢核計算。

T 指標為依建築物的裂縫、變形及使用年數等項目, 依其所定之折減係數, 取其最小者為經年係數。

2.美國 ATC-20 之建築物震後安全評估

美國 ATC-20 擬定一套建築物震後安全評估步驟(ATC20, 1989), 惟並非以量化方式來判定建築物之危險程度, 而以列舉項目及評估者之判斷來決定建築物之危險程度。

美國 ATC-20 針對震後建築物之危險性評估的主要項目為:

- a. 整體結構方面
- b. 倒塌或部分倒塌
- c. 建物傾斜情形
- d. 結構構材方面
- e. 基礎破壞情形
- f. 樓板破壞情形
- g. 柱破壞情形
- h. 梁破壞情形
- i. 附屬結構方面
- j. 欄杆、隔間牆、電梯、樓梯、電線及瓦斯管線等
- k. 邊坡破壞方面
- l. 地盤滑動或落石等

二、國內之建築物耐震能力初步評估

1. 蔡益超教授擬定之鋼筋混凝土耐震能力初評表

蔡益超教授針對評估對象進行耐震評估之初步篩選，進而所提出之鋼筋混凝土耐震能力初步評估表(蔡益超，1999)，如表 2.1 所示。此初步評估表針對影響耐震能力之主要因素研擬而成，共有 18 個項目，依各項之重要性有不同的配分，總合為 100 分。各項目根據評估內容，就可以決定權數，將權數乘以配分可得到該項目的危險度評分。危險度評分若大於 60 分，則表示該建築物的耐震能力確有疑慮，若介於 30 分至 60 分之間，則表示該建築物的耐震能力有疑慮，若低於 30 分，則表示該建築物的耐震能力尚無疑慮。

其中，表 2.1 中各項說明羅列如下：

設計年度

建築之耐震設計必須遵照耐震設計規範，各個不同時期之耐震設計規範(建築技術規則)在震區劃分、震力係數、設計地震力計算、韌性設計等皆有所不同，所以各個不同時期興建之建築物其耐震能力就有所不同。

地盤種類

從各類地盤的正規化加速度反應譜來看，地盤越軟弱，引致的地震力越大。本項目之地盤分類為依目前耐震設計規範來區分。

工址震區加速度係數

震區之劃分及對應之震區水平加速度係數(Z)是根據建築物耐震設計規範來決定。

地下室面積比， r_a

建築物的地下室面積如果較大，地震時承受之土壤壓力較小，結構體也比較不會發生差異沉陷之破壞。建築面積係地面以上建築物的投影面積。

基礎型式

基礎若為基腳，且基腳間無繫梁，基腳較易發生土壤承载力不足之破壞或基腳結構體之破壞。基腳間若有繫梁，或採用筏基或樁基時，則因連成一體，基礎傳遞之力量可透過繫梁或地梁加以分配，安全性較高。

基地土壤承载力

基礎下的土壤承载力不佳時，地震時比較容易產生土壤承载力不足之破壞，以及結構體因差異沉陷過大產生之破壞。

梁之跨深比， b

梁之跨深比為梁之淨跨與有效梁深的比值，此值越大，發生彎矩降伏的機會較大，結構體較具韌性，此值越小，發生剪力降伏的可能性增加，結構體因較不具韌性，耐震能力較差。

柱之高深比， a

柱之高深比為柱之淨高與沿地震力方向之柱深的比值，此值越大，發生彎矩降伏的機會較大，結構體較具韌性，此值越小，發生剪力降伏的可能性增加，結構體因較不具韌性，耐震能力較差。

牆量指標

建築物若具剪力牆、構架間填滿之非結構 RC 牆或磚牆，則其可承擔一部份之地震力，則構架發生的一些不良破壞模式對耐震能力的影響就沒有那麼大。

窗台、氣窗造成短柱嚴重性

窗台或氣窗若緊貼柱邊，會造成短柱。除會吸收較大之地震力外，其破壞模式也可能由彎矩破壞轉變為剪力破壞，使耐震能力降低。

磚牆造成短梁嚴重性

短梁在地震時會引致較高之剪力，因此可能會發生較不具韌性之剪力破壞，降低了建築物之耐震能力。

軟弱層顯著性

建築物的一樓常因使用之需要，二樓以上的非結構 RC 牆或磚牆沒有下到一樓，致使一樓之極限層剪力強度降低。地震來襲時，一樓會先產生塑鉸，其韌性

用盡後，建築物就發生軟弱層破壞，其對應之耐震能力低。

平面對稱性

結構物抵抗地震力之構材如左右、前後對稱，則建築物之質心與勁度中心通常不致有太大之偏心。若建築物之質心與勁度中心有較大之偏心，則地震時會引致較大之扭矩，增加損壞的可能性。

立面對稱性

結構物若在立面上有顯著之退縮或勁度變化，則地震時將產生不易掌握的動力行為，影響結構物的耐震安全。

變形程度

結構體若有基礎的差異沉陷，則可能會傾斜，而構材若強度不足，也會產生較大之變形。此些因素都會降低結構體的耐震能力。

裂縫銹蝕滲水等嚴重性

鋼筋混凝土構材若具有裂縫，代表混凝土品質不良或強度不足，鋼筋銹蝕也會降低構材之強度，此些因素都會影響結構物的耐震安全。

屋齡 yr(年)

屋齡較大的建築物，其構材老化的程度較嚴重，耐震能力因此也較低。

屋頂加建程度

屋頂若加建原設計不包含之加建物，由於加建物具有重量，且又位於最高的屋頂，地震時產生的地震力比設於其他樓層更大，對結構物的耐震能力具相當之影響。

表 2.1 建築物耐震評估表格

項次	項目	配分	評估內容	權數	危險度評分
1	設計年度	4	□63 年 2 月以前(1.0) □63 年 2 月~71 年 6 月(0.75) □71 年 6 月~78 年 5 月(0.5) □78 年 5 月~86 年 5 月(0.25) □86 年 5 月以後(0)		

2	地盤種類	5	<input type="checkbox"/> 台北盆地(1.0) <input type="checkbox"/> 第三類(0.8) <input type="checkbox"/> 第二類(0.4) <input type="checkbox"/> 第一類(0)		
3	工址震區加速度係數	5	$(Z-0.18)/0.15$; 其中 Z: 震區加速度係數		
4	地下室面積比, r_a	5	$0 \leq (1.5-r_a)/1.5 \leq 1.0$; r_a : 地下室面積與建築面積之比		
5	基礎型式	5	<input type="checkbox"/> 基腳(無繫梁) (1.0) <input type="checkbox"/> 基腳(有繫梁) (0.5) <input type="checkbox"/> 樁基或筏基(0)		
6	基地土壤承载力	4	$0 < (10-b)/8 < 1.0$		
7	梁之跨深比, b	6	$0 < (6-a)/4 < 1.0$		
8	柱之高深比, a	6	<input type="checkbox"/> 極差(1.0) <input type="checkbox"/> 不良(0.67) <input type="checkbox"/> 尚可(0.33) <input type="checkbox"/> 良好(0)		
9	牆量指標	8	<input type="checkbox"/> 極差(1.0) <input type="checkbox"/> 不良(0.67) <input type="checkbox"/> 尚可(0.33) <input type="checkbox"/> 良好(0)		
10	窗台、氣窗造成短柱嚴重性	8	<input type="checkbox"/> 高(1.0) <input type="checkbox"/> 中(0.67) <input type="checkbox"/> 低(0.33) <input type="checkbox"/> 無(0)		
11	磚牆造成短梁嚴重性	6	<input type="checkbox"/> 高(1.0) <input type="checkbox"/> 中(0.67) <input type="checkbox"/> 低(0.33) <input type="checkbox"/> 無(0)		
12	軟弱層顯著性	8	<input type="checkbox"/> 高(1.0) <input type="checkbox"/> 中(0.67) <input type="checkbox"/> 低(0.33) <input type="checkbox"/> 無(0)		
13	平面對稱性	6	<input type="checkbox"/> 差(1.0) <input type="checkbox"/> 尚可(0.5) <input type="checkbox"/> 良(0)		
14	立面對稱性	4	<input type="checkbox"/> 差(1.0) <input type="checkbox"/> 尚可(0.5) <input type="checkbox"/> 良(0)		
15	變形程度	4	<input type="checkbox"/> 大(1.0) <input type="checkbox"/> 中(0.67) <input type="checkbox"/> 小(0.33) <input type="checkbox"/> 無(0)		
16	裂縫銹蝕滲水等程度	8	<input type="checkbox"/> 高(1.0) <input type="checkbox"/> 中(0.67) <input type="checkbox"/> 低(0.33) <input type="checkbox"/> 無(0)		
17	屋齡, yr(年)	3	$yr/50 \leq 1.0$		
18	屋頂加建程度	5	<input type="checkbox"/> 高(1.0) <input type="checkbox"/> 中(0.67) <input type="checkbox"/> 低(0.33) <input type="checkbox"/> 無(0)		
分數總計		100			
評估結果			<input type="checkbox"/> 確有疑慮($D > 60$) <input type="checkbox"/> 有疑慮($30 < D < 60$) <input type="checkbox"/> 尚無疑慮($D < 30$)		

【資料來源：參考書目 8】

2. 簡單計算耐震能力評估法

此方法為由蔡益超教授所提出，針對影響耐震能力最重要的八項因素(蔡益超，1999)，經簡單計算而得崩塌地表加速度，此八個因素為：規範最小設計水平總橫力、梁破壞模式、柱圍束箍筋、柱高深比、建築物具非結構牆之修正、建築

物具剪力牆之修正、平面與立面對稱性、結構體現有缺陷評估。此八個因素的影響係數以 F_i 表示，則建築物之耐震能力 a_c 為震區水平加速度係數 Z 乘以 F_1 至 F_8 係數值。

$$a_c = Z(g)F_1F_2F_3F_4F_5F_6F_7F_8 \quad (2.4)$$

3. 學校建築快速耐震診斷法

此一耐震診斷法由郭欣怡及許茂雄教授所提出(郭欣怡及許茂雄教授，2000)，共提供 3 種不同層次之耐震診斷法，其中一次診斷與二次診斷是三次診斷逐步簡化結果：

一次診斷法為壁量比與柱量比的計算，將診斷學校一樓的壁量比與柱量比繪於圖上，即可知道該建築物大約擁有的崩塌地表加速度。

二次診斷法為實用耐震診斷公式，將診斷學校樓層的磚牆、RC 牆、一般柱、長柱與總樓地板面積代入公式中，即可計算得該建築物擁有的崩塌地表加速度。

三次診斷為靜態推垮曲線法，根據垂直構材實際尺寸、配筋與材料強度，先得到單一構材的水平位移與水平載重之非線性曲線，在假設建築物為剪力屋架的條件下，以位移控制累加各垂直構材之非線性曲線而得到整棟建築物診斷樓層之靜態推垮曲線，再依據工址正規化水平加速度係數 C 、結構系統地震力折減係數 F_u 與建築物重量 W ，就可求得崩塌地表加速度。

4. 一樓層剪力之簡易耐震評估法

一般建築物之耐震能力可以一樓柱與牆能否抵抗地震時產生之水平力判別。因此，根據一樓之極限層剪力可概略估計該建築物之耐震能力，惟極限剪力之計算相當複雜，國家地震工程研究中心經過合理之簡化(國家地震工程研究中心，2000)。簡易耐震評估法係推求建築物一樓之極限強度以及對應之韌性容量，此方法主以初步評估現有學校建築之耐震能力，將耐震能力不足之校舍進行初步篩選，作為詳細評估之首要建築物。計算方法說明如下：

(1) 柱之剪力計算

由於柱之破壞可能為剪切破壞，也可能為撓曲破壞，所以須先比較單根柱之降伏剪力及柱兩端產生之塑鉸時對應之剪力，來求得柱降伏時所能提供之層剪力 (V_{col}) 為多少，其計算式可表示為：

$$V_{col} = \min(2M_y / L_n, V_y) \quad (2.5)$$

其中 $V_y = V_c + V_s$ 為柱之剪力強度， V_c 為混凝土所提供之剪力強度， V_s 為鋼筋所提供之剪力強度。 M_y 為柱之降伏彎矩，可依下式估算：

$$M_y = 0.8A_s f_y d + 0.5Pd(1 - P / (f'_c A_g)) \quad (2.6)$$

L_n 為柱之淨高(如圖 2.2)， P 為靜載重加考慮活載重所造成柱之軸力。求得單根柱之強度後，仍需知道其韌性為何才可進行其耐震能力之評估，於此韌性之計算方法為，若為剪力降伏則取其韌性 $R_{col} = 1.0$ ，若為彎矩降伏則依其塑鉸區之箍筋量來決定其韌性，其計算公式為。

$$R_{col} = 1.0 + 2.0\alpha < 3.0 \quad (2.7)$$

$$\alpha = (A_{sh})_{provide} / (A_{sh})_{code} \quad (2.8)$$

對矩形柱而言， $(A_{sh})_{code}$ 為規範規定之箍筋總斷面積， $(A_{sh})_{code} = \text{Max}[A_{sh1}, A_{sh2}]$ ，而 A_{sh1} 、 A_{sh2} 分別如下：

$$A_{sh1} = 0.3ah_c \left[\frac{A_g}{A_c} - 1 \right] \frac{f'_c}{f_{yh}} \quad (2.9)$$

$$A_{sh2} = 0.09ah_c \frac{f'_c}{f_{yh}} \quad (2.10)$$

由於一根柱全長的箍筋並不一定完全相同，所以計算 V_y 及 R_{col} 中所用之 A_{sh} 可能有不同。以上之計算為假設柱頂及柱底皆產生塑鉸之情況計算單根柱所提供

之層剪力，此計算方法並不考量與柱連接梁是否會先產生降伏之情況，所以可能高估單根柱所提供之層剪力，但本方法為進行建築物初步評估之工作，目的在將耐震能力嚴重不足建築物挑選出來，因此只考慮柱降伏之狀態應屬合理。

(2) 單一磚牆破壞所提供之層剪力

由於學校建築中常充填磚牆作為教室間隔之用途，磚牆本身所能提供之層剪力及相對應之韌性為：

$$V_{bw} = V_{bw} \quad (2.11)$$

$$R_{bw} = 1.0 \quad (2.12)$$

式中 V_{sw} 為磚牆之破壞強度，其計算之方法於此依據許茂雄教授(許茂雄，1999)所建議進行計算，另由於磚牆破壞多屬脆性破壞，故取其韌性 R_{bw} 為 1.0。

(3) 單一 RC 牆破壞所提供之層剪力

由於學校建築中常充填 RC 非結構牆作為教室隔間之用途，磚牆本身所能提供之層剪力及相對應之韌性為

$$V_{sw} = 0.53\sqrt{f'_c}A_{cv} + \rho_n f_y A_{cv} \quad (2.13)$$

$$R_{sw} = 1.5 \quad (2.14)$$

式中 ρ_n 為與剪力方向垂直之平面上剪力鋼筋比， A_{cv} 為平行剪力方向之長度乘以腹版厚所得之混凝土斷面積，若 RC 非結構牆的配筋無法得知，保守既可取 0.002 計算，另由於 RC 非結構牆並未經過設計，且品質不確定性較高，故取其韌性 R_{sw} 為 1.5。

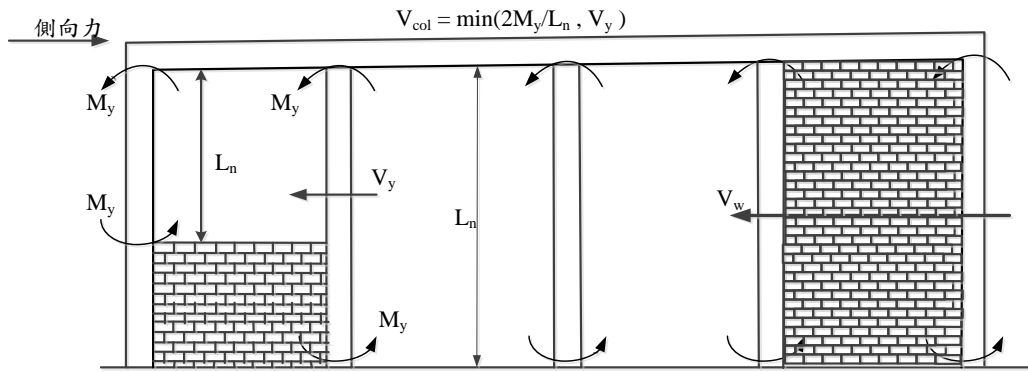


圖 2.2 簡易評估法示意圖

【資料來源：參考書目 5】

(4) 一樓之層剪力

一樓之層剪力為將所有牆及柱提供之層剪力求和而得

$$V_{tot} = \sum V_{col} + \sum V_{bw} + \sum V_{sw} \quad (2.15)$$

上式之計算為假設地震時所有柱及牆皆未能發揮其所有強度，故其一定高估建築物之層剪力，所以建築物若於此計算方式下若還未能達到其耐震需求，則代表此建築物卻有耐震上之疑慮。

(5) 平均韌性之計算

$$R_{av} = \frac{\sum V_{col} R_{col} + \sum V_{bw} R_{bw} + \sum V_{sw} R_{sw}}{V_{tot}} \quad (2.16)$$

此平均韌性之計算方法採用蔡益超教授所提詳細評估法中計算韌性之方法。由於地震時結構之韌性不宜用盡以確保結構之穩定，所以依耐震設計規範將容許韌性取為平均韌性之一半，即

$$R_a = 1.0 + (R_{av} - 1.0) / 2.0 \quad (2.17)$$

(6) 偏心扭矩效應

若建築物具有平面之不規則性，擇其一樓之層剪力需用係數 F_t 加以折減， F_t 由評估者依據經驗及結構型態自行決定。

$$V_u = F_t V_{tot} \quad F_t < 1.0 \quad (2.18)$$

依據相關對於校舍建築有關扭矩效應之研究發現，校舍建築之扭矩效應對建築物之耐震能力影響並不顯著，其對應之 F_t 值約在 0.96~0.98 左右。

(7) 建築物能承受之地表加速度為

$$Z = \frac{V_u F_u}{WIC} \quad (2.19)$$

上式中 C 即 F_u 計算時採用割線勁度對應之週期值 (T_s)。

$$T_s = T_e \sqrt{2 \times R_a} \quad (2.20)$$

T_e : 為彈性週期， $T_e = 0.07h_n^{0.75}$ 或 $T_e = 0.05h_n^{0.75}$ 。

R_a : 為容許韌性， $R_a = 1 + (R_{av} - 1) / 2$ 。

5. NCREE 校舍初步評估表

國家地震工程研究中心根據日本建築防災協會制定之耐震診斷基準，並與國內實際學校建築情況與實驗結果，擬定出適合於學校建築之初步耐震能力評估表 (國家地震工程研究中心，2003)，如表 2.2 所示。

此方法與前述之「一樓層剪力之簡易耐震評估法」相似，以 RC 柱、RC 牆與磚牆三種構件之極限剪力強度評估建築物之耐震能力，不同處為此方法係以現場量測各構件之斷面積與單位面積極限強度相乘積，即為一樓層之極限剪力強度，再配合韌性容量與建築耐震設計規範及解說，可得「基本耐震性能」之評分。除此之外，根據校舍之平立面圖與其他修正因子之總和即為「整體調整因子」，將其兩者相乘即可得校舍之「耐震指標」分數。

國震中心根據地震回歸期 475 年發生時之狀況，進而擬定耐震指標分數。低於 80 分者，表示建築物之耐震能力不足，將有嚴重損壞之疑慮；若指標分數介於 80 與 100 者，表示具耐震能力不足之疑慮；如分數高於 100 分者，則無耐震安全上之疑慮。

此方法假設建築物之破壞於底層，並且假設混凝土抗壓強度 f'_c 為 160 kgf/cm²，鋼筋之降伏強度 f_y 為 2800 kgf/cm²，二樓以上至屋頂之單位面積載重皆為 900 kgf/m²。

根據以上假設，可以下式計算校舍基本耐震性能 E：

$$E = \frac{(\sum A_{BW4} + 0.5\sum A_{BW3} + 5\sum A_C + 8\sum A_{RCW})}{10\sum A_f \times Z_{code}} \quad (2.21)$$

其中，

$\sum A_{BW4}$ ：一樓磚牆總斷面積(四面圍束)，單位cm²

$\sum A_{BW3}$ ：一樓磚牆總斷面積(三面圍束)，單位cm²

$\sum A_C$ ：一樓RC柱總斷面積，單位cm²

$\sum A_{RCW}$ ：一樓RC牆總斷面積，單位cm²

A_f ：二樓以上樓地板總面積，單位cm²

Z_{code} ：現行耐震規範之震區係數

由前述求得基本耐震性能E，尚須根據調整因子將其修正。調查因子共有六項，分別為：(1)平面及立面對稱性 q_1 ，(2)軟弱層顯著性 q_2 ，(3)裂縫銹蝕滲水程度 q_3 ，(4)變形程度 q_4 ，(5)平面耐震性 q_5 ，(6)短柱嚴重性 q_6 等，並且定義整體調整因子Q為六項調整因子之乘積如下式

$$Q = q_1 \times q_2 \times q_3 \times q_4 \times q_5 \times q_6 \quad (2.22)$$

因此，可定義耐震指標 I_s 為基本耐震性能與調整因子之乘積如下式

$$I_s = E \times Q \quad (2.23)$$

表 2.2 非典型校舍耐震能力初步評估表

校舍基本資料		調整因子調查項目		
學校名稱		項目	調查結果	
建築物名稱			方向性	
學校地址		平面及立面對稱性	<input type="checkbox"/> 差(0.95) <input type="checkbox"/> 尚可(1.0) <input type="checkbox"/> 良(1.05)	
475年設計 地震	S _{DS}	軟弱層顯著性	X: <input type="checkbox"/> 2/3以上牆體中斷(0.8) <input type="checkbox"/> 1/3至2/3之牆體中斷(0.9) <input type="checkbox"/> 1/3以下之牆體中斷(1.0)	
	S _{DI}		X≠Y	
	S _{AD}		裂縫鑄柱淨水等程度	<input type="checkbox"/> 嚴重(0.9) <input type="checkbox"/> 少許(0.95) <input type="checkbox"/> 無(1.0)
評估日期		變形程度	<input type="checkbox"/> 嚴重(0.9) <input type="checkbox"/> 無(1.0)	
評估者		平面耐震性	X: <input type="checkbox"/> 雙邊單層外有柱(1.2) <input type="checkbox"/> 單邊單層外有柱或中間走廊(1.1) <input type="checkbox"/> 無外柱或其他(1.0) Y: <input type="checkbox"/> 雙邊單層外有柱(1.2) <input type="checkbox"/> 單邊單層外有柱或中間走廊(1.1) <input type="checkbox"/> 無	
短柱度指標	N:	短柱嚴重性 (指窗台、氣窗邊或之兩柱間數)	X: <input type="checkbox"/> 50%以上(0.9) <input type="checkbox"/> 50%以下(1.0)	
	E:		Y: <input type="checkbox"/> 50%以上(0.9) <input type="checkbox"/> 50%以下(1.0)	
興建年代		調整因子 Q	Q _x = q _{1x} *q _{2x} *...*q _{6x} Q _y = q _{1y} *q _{2y} *...*q _{6y}	
上傳平面配置圖		請上傳校園平面圖及相關圖說 Pic		
基本結構耐震性能調查項目				
二樓以上 (含屋頂層) 各樓層樓地板面積與樓層高度調查	各樓層之樓地板	平面尺寸 長(m) 寬(m)	樓地板面積 (m ²)	
	二樓樓地板		與下一樓層之層間高	
	三樓樓地板		各樓層之樓地板	
	四樓樓地板		平面尺寸 長(m) 寬(m)	
	五樓樓地板		樓地板面積 (m ²)	
	地上層總樓層數(NF)		地上層總樓地板面積(Af)	0 (m ²)
地下層總樓地板面積			地下層總樓地板面積 (m ²)	
總樓層高度		(m)	結構的基本振動週期(T)	
一樓柱量	柱類別	柱形式	柱尺寸(cm) (寬*深)	
	走廊外柱	第一種	斷面積(cm ²) (A _{sci})	
		第二種	根數(N _{ci})	
		第三種	斷面積小計 (A _{ci} = A _{sci} * N _{ci})	
	教室柱	第一種	CorA _{ci}	
		第二種	ClaA _{ci}	
第三種		InsA _{ci}		
隔間柱	第一種			
	第二種			
走廊外柱總斷面積 (cm ²) CorAc = Σ(CorA _{ci})		教室柱總斷面積 (cm ²) ClaAc = Σ(ClaA _{ci})		
		隔間柱總斷面積 (cm ²) InsAc = Σ(InsA _{ci})		
柱等強度度 TAc = (4+1.3 ⁹ NF)*ClaAc+(2.4+1.03 ⁹ NF)*CorAc+2.6 ⁹ InsAc (kgf)				
一樓牆量	牆種類	牆厚度(cm) (T _{wi})	牆長度(cm)	
	RC牆	X向長度 (cm) (L _{wxi})	Y向長度 (cm) (L _{wyi})	
		其他向長度 (cm) (L _{woi})	X向斷面積 (cm ²) A _{wxi} = L _{wxi} * T _{wi}	
		Y向斷面積 (cm ²) A _{wyi} = L _{wyi} * T _{wi}	其他向斷面積 (cm ²) A _{woi} = L _{woi} * T _{wi}	
	四面圍束磚牆			
	三面圍束磚牆			
	其他向	RC牆有效總斷面積 (cm ²)	四面圍束之磚牆有效總斷面積 (cm ²)	三面圍束之磚牆有效總斷面積 (cm ²)
	X向	RC牆有效總斷面積 (cm ²)	四面圍束之磚牆有效總斷面積 (cm ²)	三面圍束之磚牆有效總斷面積 (cm ²)
	Y向	RC牆有效總斷面積 (cm ²)	四面圍束之磚牆有效總斷面積 (cm ²)	三面圍束之磚牆有效總斷面積 (cm ²)
	X向牆等強度度 TAw _x = 2 ⁹ (B1Aw _x +Σ(B1Aoi)/2)+3 ⁹ (B2Aw _x +Σ(B2Aoi)/2)+12 ⁹ (RCAw _x +Σ(RCAoi)/2)		Y向牆等強度度 TAw _y = 2 ⁹ (B1Aw _y +Σ(B1Aoi)/2)+3 ⁹ (B2Aw _y +Σ(B2Aoi)/2)+12 ⁹ (RCAw _y +Σ(RCAoi)/2)	
基本耐震性能 E:		Ex = 0.354*NF*(TAc+TAw _x)/((1+6*NF)*(0.4*SaD)*Af)		
		Ey = 0.354*NF*(TAc+TAw _y)/((1+6*NF)*(0.4*SaD)*Af)		
耐震指標	Isx = Ex*Qx =	Ixy = Ey*Qy =		
非典型校舍耐震指標	Is = Min (Isx, Ixy)		是否有疑慮:	
備註: *三面圍束磚牆不包含窗台度磚牆		負責評估者簽章		

【資料來源：參考書目 46】

第三章 鋼筋混凝土建築物耐震能力初步評估表 之擬定

第一節 前言

民國八十八年六月建築研究所研究報告『鋼筋混凝土建築物耐震能力評估法及推廣』(內政部建築研究所，1999)中，主要係提出一套耐震能力詳細評估法及其程式，但在第二章也研擬一份耐震能力初步評估表，即為蔡益超教授所擬定之初步評估表，如表 2.1 所示。

耐震能力詳細評估主要是評估鋼筋混凝土建築物的強度與韌性，當強度與韌性用盡而即將崩塌時，求出其對應的地表加速度，即所謂的耐震能力 A_C 。初步評估表的研擬也應該是針對強度、韌性來評估，其結果才可能與詳細評估法具有較高的相關性。然而『鋼筋混凝土建築物耐震能力評估法及推廣』報告所提的初步評估表屬於定性部分，尚缺乏定量評估，因此本章將修正定性分析與新增定量分析，使初步評估表可同時包含定量與定性更具客觀之評估。

第二節 鋼筋混凝土建築物耐震能力初步評估表

本研究擬定之鋼筋混凝土建築物耐震能力初步評估表，係針對影響耐震能力最重要的因素研擬而成。如附錄八所示，共分五大表單：「壹、建築物基本資料」，「貳、建築物平立面圖」，「參、建築物耐震能力初步評估表」，「肆、定量評估」，「伍、現況照片」等。

一、建築物基本資料表

此表項係紀錄建物名稱、建物編號、評估者、評估日期、建物地址、設計年度、建物高度、用途係數、系統韌性容量 R、地上樓層以及地下樓層等，如附錄八所示。此表紀錄之資訊可供後續表單-「參、建築物耐震能力初步評估表」與「肆、定量評估」所使用。

二、建築物平立面圖表

受評估之建築物應檢附該建築物之平立面圖，如無平立面圖說，評估者應根據專業判別繪製並附於表中。藉此可了解實際建築物之梁柱及牆配置，並可供「參、建築物耐震能力初步評估表」與「肆、定量評估」所使用。

三、建築物耐震能力初步評估表

本表共有 19 個項目，根據工址環境、結構系統、結構細部、結構現況與定量分析分為五個區塊，以及額外評估項目。其中，與工址環境有關者計有 4 項，與結構系統有關者計有 7 項，與結構細部有關者計有 4 項，與結構現況有關者計有 3 項以及定量分析單獨 1 項。各項目並依其重要性給予不同的配分，配分之總和為 100 分。各項目根據評估內容，就可以決定權重，將權重與配分相乘，可得該項目之評分，19 個項目的評分相加得分數總計，最後經由專業建築師或技師根據現場狀況給予額外增減分。

分數若大於 50 分，則表示該建築物的耐震能力確有疑慮，若介於 25 分至 50 分之間，則表示該建築物的耐震能力有疑慮，若低於 25 分，則表示該建築物的

耐震能力尚無疑慮。

為更清楚瞭解各項評估之意義，並令評估者評估該項目時有較統一的標準，茲將表中各項目詳加說明如下：

1. 工址環境

〔項次 B101〕 是否為第一類活動斷層近域

民國九十四年七月一日開始實施之建築物耐震設計規範及解說，凡於第一類活動斷層近域的鄉、鎮、市、區，其設計地震力之計算，因需考慮斷層調整因子 N_A 與 N_V ，因此設計地震力會比非活動斷層近域者為高，第一類活動斷層近域的鄉、鎮、市、區可由規範中查到。

〔項次 B102〕 地盤類別

從各類地盤的正規化加速度反應譜來看，地盤越軟弱，引致之地震力越大，因此軟弱地盤上之建物破壞的可能性增高。

〔項次 B103〕 震區短週期設計水平譜加速度係數 S_S^D

震區短週期設計水平譜加速度係數 S_S^D 係根據建築物耐震設計規範及解說來決定，並且震區係以鄉、鎮、市等行政區為劃分單位，根據 50 年使用期限內 10% 超越機率之均布危害度分析訂定，地震回歸期為 475 年。 S_S^D 越大，表示地震危害度越高。

〔項次 B104〕 液化潛能

地震時若基地土壤發生液化，對建築物之耐震能力確實有影響。就詳細評估的層面而言，可採用折減後的土壤參數進行分析，自然會影響分析所得之耐震能力。可依據當地縣市政府所提供之液化潛能區相關資料來做評估，如圖 3.1 所示。

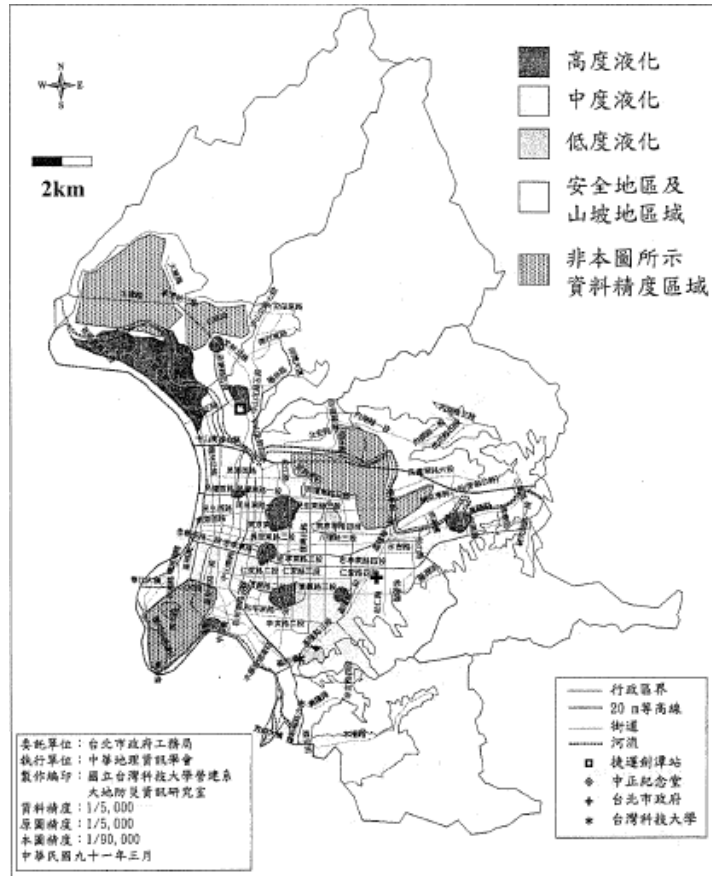


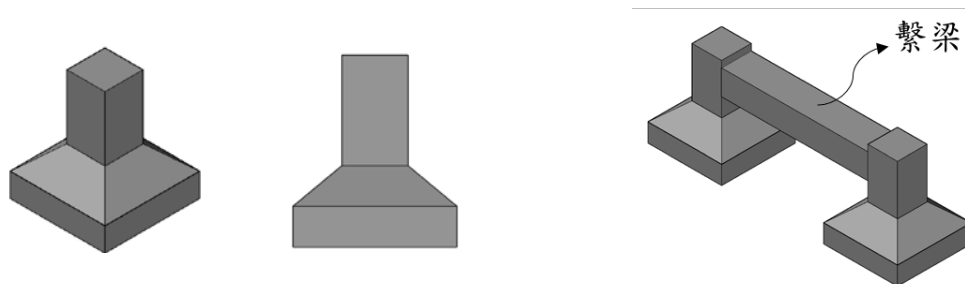
圖 3.1 台北市平原地區液化潛能圖

【資料來源：參考書目 48】

2. 結構系統

[項次 B205] 基礎型式

基礎若為基腳，且基腳間無繫梁，基腳較易發生土壤承载力不足之破壞或基腳結構體之破壞。基腳間若有繫梁，或採用筏基或樁基時，則因連成一體，基礎傳遞之力量可透過繫梁或地梁加以分配，安全性較高，如圖 3.2 所示。



(a) 基腳(無繫梁)

(b) 基腳(有繫梁)

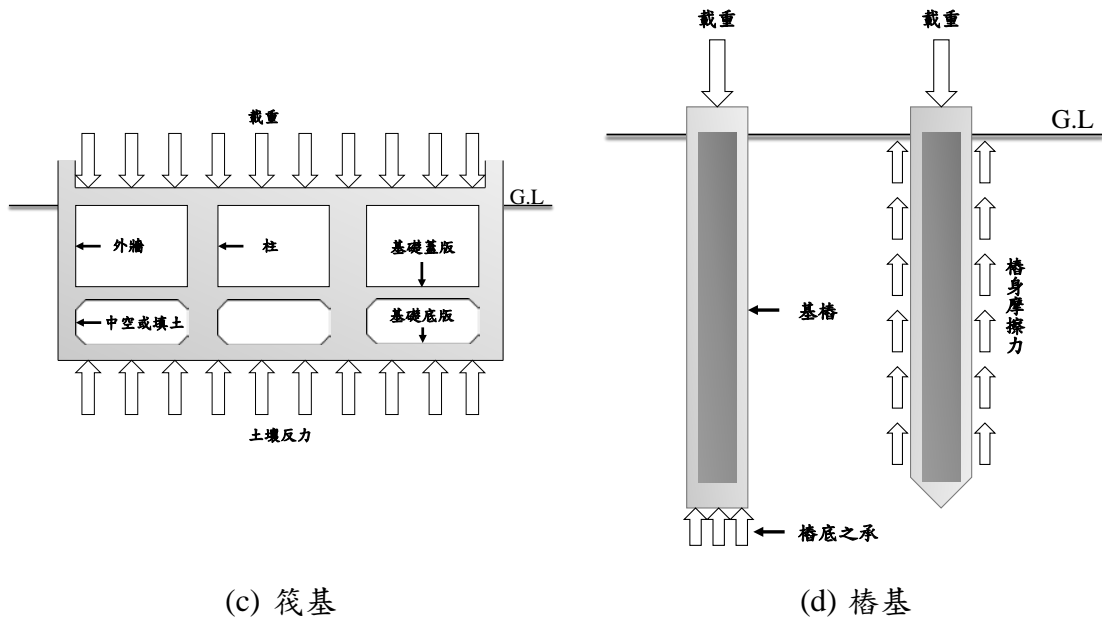


圖 3.2 基礎型式

【資料來源：本研究製作】

〔項次 B206〕地下室面積比， r_a

建築物的地下室面積如果較大，地震時承受之土壤壓力較小，結構體也比較不會發生差異沉陷之破壞。建築面積係地面以上建築物的投影面積。

〔項次 B207〕平面對稱性

結構物抵抗地震力之構材如左右、前後對稱，則勁度中心與質量中心通常不致有太大的偏心。如有些構材配置不對稱，勁度中心與質量中心可能有很大的偏心量，地震時易產生較大的扭矩反應，增加構材的內力與損壞的可能性。

評估時可依據規範平面不規則的種類與定義判斷，給予適當的權重。

〔項次 B208〕立面對稱性

結構物抵抗地震力的構材如果在立面上連續，勁度沒有太大的變化，則其地震時的動態反應較易掌握。結構物若有顯著的退縮，或例如剪力牆到一半高度中止，均易造成結構立面上勁度過大的變化，地震時將產生不易掌握動態反應，影響結構物的耐震安全。

評估時可參照規範對立面不規則性的種類與定義，給予適當的權重。

〔項次 B209〕梁之跨深比 b

梁之跨深比為梁之淨跨度與有效梁深的比值，其值越大，發生彎矩降伏的機會越大，結構體韌性越佳。比值 b 越小，發生剪力破壞的可能性增加，結構物因此較不具韌性，耐震能力較差。根據鋼筋混凝土耐震設計之特別規定，具韌性梁之淨跨度不得小於四倍有效梁深。

依評估內容所提供的權重公式來計算，當 b 值大於等於 8.0 時，其權重為 0，當 b 值小於或等於 3.0 時，其權重為 1.0，其間則以內差計算。

[項次 B210] 柱之跨深比 c

柱之高深比為柱之淨高與沿地震剪力方向之柱深的比值，此值越大，發生彎矩降伏的機會越大，結構體越具韌性。比值 c 越小，發生剪力破壞的可能性增加，結構因此較不具韌性，耐震能力也較差。

依評估內容提供的計算權重公式來計算，當 c 值大於等於 6.0 時，其權重為 0，當 c 值小於或等於 2.0 時，其權重為 1.0。

[項次 B211] 軟弱層顯著性

建築物的一樓常因開放空間或作為商業用途使用，二樓以上的非結構 RC 牆或磚牆，沒有下到一樓，致使一樓之極限層剪力強度較低。地震來襲時，一樓會先產生塑鉸，其韌性用盡後，建築物就會發生弱層破壞，其對應的耐震能力通常很低，如圖 3.3 所示。

弱層也不一定發生在一樓，因此若有某層之極限層剪力強度明顯低於其相鄰樓層之極限層剪力強度，就要估計其低多少的嚴重性來進行評估。評估時非結構 RC 牆與磚牆之分布亦需加以考慮。

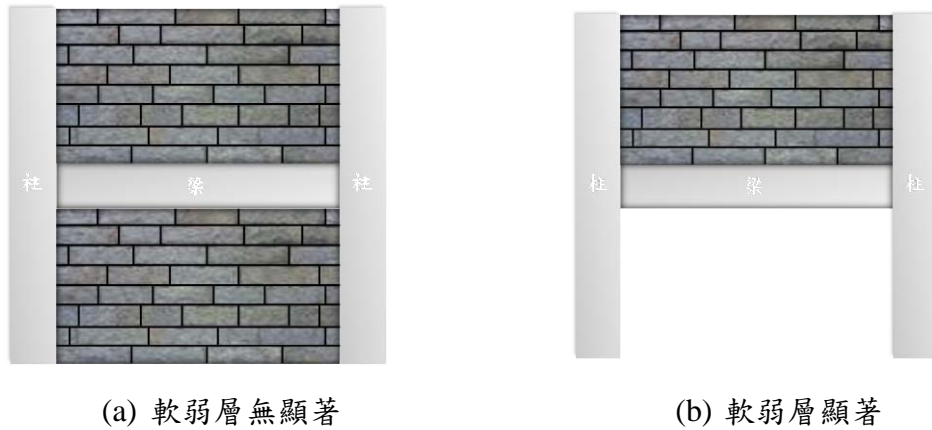


圖 3.3 軟弱層破壞

【資料來源：本研究製作】

3. 結構細部

〔項次 B312〕 塑鉸區箍筋細部(由設計年度評估)

結構物是靠強度與韌性來抵抗地震，韌性對耐震能力尤為重要。因此混凝土工程設計規範與解說之耐震設計特別規定嚴格規定塑鉸區之圍束箍筋配置，希望增加塑鉸區之曲率韌性、極限塑鉸轉角來達到增加結構物韌性容量的目的。

梁端、柱端、剪力牆的邊界構材以及梁柱接頭等處，都是規範注意的重點，要根據箍筋用量、鋼筋細部等方面來評估其達到規範要求的程度。然因初評時箍筋細部不易知曉，而規範之規定係隨時間漸趨完備，故以設計年度來評估此項目。

〔項次 B313〕 窗台、氣窗造成短柱嚴重性

窗台若緊貼柱邊，會造成短柱，如圖 3.4 所示。除了吸收較大的地震力外，其破壞模式也可能由彎矩破壞轉變為韌性較差的剪力破壞，使得耐震能力降低。

牆體兩側有柱，若上邊開氣窗會產生短柱，容易產生剪力破壞，也會降低耐震安全。

評估時要看此種短柱現象是否很普遍，或僅有少數幾個地方，來決定其嚴重性。



圖 3.4 短柱效應

【資料來源：本研究製作】

〔項次 B314〕 牆體造成短梁嚴重性

有時為了留走道，致使隔間非結構牆並未填滿構架的兩柱之間，而留有短梁的現象，如圖 3.5 所示。短梁在地震時會引致較高的剪力，但彎矩不大，因此會發生較不具韌性的剪力破壞，降低了建築物的耐震能力。

評估時要看此種短梁現象是否很普遍，或僅有少數幾個地方，來決定其嚴重性。



圖 3.5 短梁效應

【資料來源：本研究製作】

〔項次 B315〕 加建程度

此處所指之加建物，係指原設計不包括的一些加建物。由於加建物具有重量，如加建物位於最高的屋頂，地震時產生的地震力比設於其他樓層更大，對於結構物的耐震安全具有相當的影響。評估時係以加建物的多少與位置來決定權重。

4. 結構現況

〔項次 B416〕 柱之損害程度

鋼筋混凝土柱因外在損壞會影響構材所能承受的強度，譬如混凝土保護層剝落、混凝土粉刷層脫落，雖主筋未挫屈，箍筋未脫開或斷裂，但將影響結構安全，如表 3.1 與圖 3.6 所示。

表 3.1 柱之損害程度

柱之損害度分類	
柱之損害度	損害內容
無受損(無)	無任何裂縫損傷。
輕度破壞(低)	用肉眼即可看到其裂縫(裂縫寬度 $<0.2\text{mm}$)。
中度破壞(中)	雖有較大之裂縫，但混凝土僅保護層脫落(裂縫寬度 0.2mm 以上)。
嚴重破壞(高)	保護層脫落範圍度大，部分箍筋脫開或斷裂，主筋可能挫屈。

【資料來源：參考書目 49】

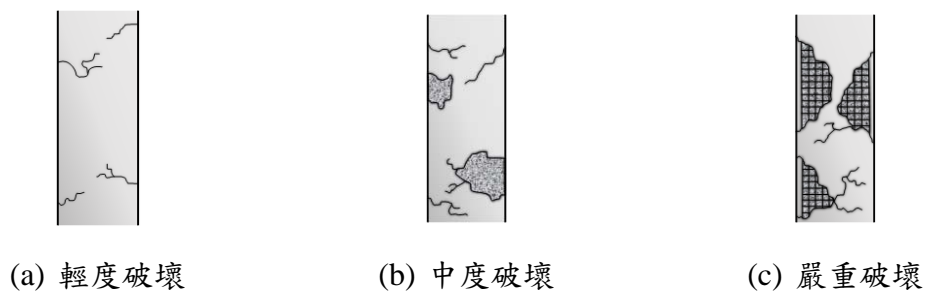


圖 3.6 柱之損害程度

【資料來源：參考書目 49、本研究製作】

〔項次 B417〕 牆之損害程度

鋼筋混凝土牆因外在損壞會引起構材所能承受的強度，譬如混凝土保護層剝

落、混凝土粉刷層脫落，雖主筋未挫屈，箍筋未脫開或斷裂，但將影響結構安全，如表 3.2 與圖 3.7 所示。

表 3.2 牆之損害程度

牆之損害度分類	
牆之損害度	損害內容
無受損(無)	無任何裂縫損傷。
輕度破壞(低)	用肉眼即可看到其水平向裂縫(裂縫寬度 $<0.3\text{mm}$)。
中度破壞(中)	水平向裂縫多且延伸至柱，有斜向裂縫，但未見牆內主筋(裂縫寬度 0.3mm 以上)。
嚴重破壞(高)	有大量之斜向裂縫，可見牆內主筋但未拉斷，邊柱之保護層脫落。

【資料來源：參考書目 49】

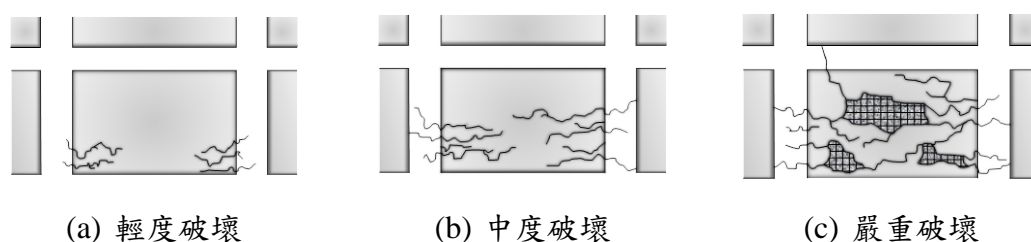


圖 3.7 牆之損害程度

【資料來源：參考書目 49、本研究製作】

[項次 B418] 裂縫鏽蝕滲水等程度

鋼筋混凝土構材如因劣化或強度不足，就會產生許多裂縫。裂縫產生後，水氣易滲入，表面的鋼筋較易產生鏽蝕，連帶也會降低構材的強度，並產生較大的變形。評估時係以此些現象的嚴重性來決定權重。

5. 定量分析

[項次 B519] 耐震能力初步評估

一般建築物之耐震能力可以一樓柱與牆之強度與韌性能否抵抗地震時產生

之水平力與變形判別。因此，根據一樓之極限層剪力強度可概略估計該建築物之降伏地表加速度。其次再以估計出之之韌性容量，就可初步評估現有建築物之耐震能力 A_c 。將建築物耐震能力 A_c 與建築物耐震設計規範及解說訂定之 50 年使用期限內 10% 超越機率，即地震回歸期為 475 年之耐震需求 A_{475} 比較，就可知道耐震能力不足或具餘裕之程度。評估時之權重如式 (3.1) 所示計算，當 $A_c / (I \times A_{475}) \geq 1.0$ 時，表示符合現行耐震設計規範，給予權重 0。

$$w = \begin{cases} \frac{4}{3} \left(1 - \frac{A_c}{IA_{475}} \right) & ; \text{當 } 0.25 \leq \frac{A_c}{IA_{475}} \leq 1 \\ 1.0 & ; \text{當 } \frac{A_c}{IA_{475}} \leq 0.25 \\ 0 & ; \text{當 } \frac{A_c}{IA_{475}} > 1 \end{cases} \quad (3.1)$$

6. 額外評估項目

此項目係根據現場專業人員辨別，給予建築物增減分，加分最高配分為 8 分，減分最高配分為 5 分，分述如下：

額外增分：

〔項次 1〕分期興建或工程品質有疑慮

分期興建的建築物，其界面通常處理得不夠理想，且先期設計時可能未能妥善設計後期興建的情況或後期設計時沒有再檢核先期結構體的安全性，均會影響建築物的耐震能力。另外在工程品質上，若品管嚴重缺失，必然會影響建物之耐震能力。

〔項次 2〕曾經受災受害者，如土石流、火災、震災、人為破壞等

建築物一旦遭到天然災害或者是人為破壞等，所引起的破壞若超過建物構材所能承受的強度，則會造成結構及系統性上的永久損壞。即便災害發生後進行補強措施，建築物也比較容易產生老化或劣化而失去強度及其耐震能力。

〔項次 3〕使用用途由低活載重改為高活載重使用者

此項指為建築物改變使用用途，改變後之活載重大於原使用之活載重，如此，沒有地震時構材內力變大，而地震來襲時較易進入降伏狀態，而使降伏地表加速度變低。若改變後之用途為倉庫、書庫或具活動隔間者，部分活載重也會產生地震力，致使耐震能力降低。當然變更使用用途如有增加靜載重者，產生的地震力會增加，進而降低耐震能力。

〔項次 4〕 傾斜程度

結構體若有基礎的差異沉陷，則可能會傾斜，而構材若強度不足，也會產生較大變形導致傾斜。這些因素都會降低結構體的耐震能力。

額外減分：

〔項次 1〕 使用用途由高活載重改為低活載重使用者

此項指為建築物改變使用用途，改變後之活載重小於原使用之活載重。此時耐震能力會增加，原因如改變後之活載重大於原使用之活載重將降低耐震能力相同。

四、定量評估表

定量評估首先計算一樓柱、RC牆與磚牆剪力強度得一樓極限層剪力強度與降伏地表加速度，再計算一樓加權平均韌性容量，最後得建築物之耐震能力 A_c ，其各項計算分述如下：

1. 柱之極限剪力強度 V_{col}

一樓柱之極限剪力強度計算係以柱頂與柱底極限彎矩和除以柱淨高而得，如圖 3.8 所示為梁柱構架系統，當柱鄰近之左右兩側梁發生極限彎矩強度，其對應之彎矩為 M_{bL} 與 M_{bR} 。本研究假設為雙筋梁計算，並且假設梁配筋位置與尺寸表示如圖 3.9 所示。如兩側梁配筋不同，可採分別計算強度。

Step1： 假設中性軸 x

$$C_{c,b} = 0.85f'_c\beta_1xB_b \quad (3.2)$$

$$C_{s,b} = \begin{cases} A'_{s,b} \left(\frac{6120}{x} (x - d'_b) - 0.85 f'_c \right), \varepsilon'_{s,b} \leq \varepsilon_y \\ A'_{s,b} (f_y - 0.85 f'_c), \varepsilon'_{s,b} > \varepsilon_y \end{cases} \quad (3.3)$$

$$T_{s,b} = \begin{cases} A_{s,b} \frac{6120}{x} (d_b - x), \varepsilon_{s,b} \leq \varepsilon_y \\ A_{s,b} f_y, \varepsilon_{s,b} > \varepsilon_y \end{cases} \quad (3.4)$$

Step2：力平衡

$$C_{c,b} + C_{s,b} - T_{s,b} \doteq 0 \quad (3.5)$$

Step3：如不成立返回 Step1 並增量中性軸 x 重新計算。

Step4：如成立即獲得中性軸 x ，進而求得混凝土壓力 $C_{c,b}$ 、受壓鋼筋之力量 $C_{s,b}$ 、底層受拉鋼筋力 $T_{s,b}$ 。

對拉力鋼筋 $A_{s,b}$ 位置取彎矩平衡，即以下式計算

$$M_{bL} \text{ or } M_{bR} = C_{c,b} \left(d_b - \frac{a}{2} \right) + C_{s,b} (d_b - d'_b) \quad (3.6)$$

其中， $C_{c,b}$ 為梁混凝土壓力， f'_c 為混凝土抗壓強度， f_y 為主筋降伏強度， β_1 為壓應力分布等值矩形塊高度與最外圍受壓纖維至中性軸距離之比值， x 為中性軸至梁受壓側最外圍距離， B_b 為梁之寬度， H_b 為梁之深度； $C_{s,b}$ 為梁受壓鋼筋之力量， $A'_{s,b}$ 為梁壓力鋼筋總面積， $\varepsilon'_{s,b}$ 為梁壓力鋼筋之應變； $T_{s,b}$ 為梁底層受拉鋼筋力， $A_{s,b}$ 為梁底層受拉鋼筋總面積， $\varepsilon_{s,b}$ 為梁底層受拉鋼筋之應變。

考量上下柱高之反曲點特性，並取自由體圖力平衡(圖 3.8)可得下式

$$M_{bL} + M_{bR} = V(0.5h_2 + 0.4h_1 + H_b) \quad (3.7)$$

其中， h_1 為一樓柱淨高， h_2 為二樓柱淨高， H_b 為梁深。

因此，假設強柱弱梁特性以下式可求得柱頂彎矩 $M_{CT,b}$

$$M_{CT,b} = 0.4h_1 \frac{M_{bL} + M_{bR}}{0.5h_2 + 0.4h_1 + H_b} \quad (3.8)$$

假設強梁弱柱之柱頂彎矩 $M_{CT,c}$ 與柱底彎矩 M_{CB} 相同(忽略柱子本身自重)，因

此彎矩可由該柱之軸力推求。本研究假設建築物二樓以上總重量為一樓之柱與 RC 承重牆均勻承受，因此柱軸力可由下式求得

$$P_{ni} = \frac{W}{\sum A_{col,i} + \sum A_{RC}} \times A_{col,i} \quad (3.9)$$

其中，

W ：二樓以上總重量

$A_{col,i}$ ：一樓之單柱斷面積

A_{RC} ：一樓之 RC 牆斷面積

為使評估速度較快速與簡易，本研究假設柱配筋位置與尺寸表示如圖 3.10 所示。如實際配置為 10 根，可將其換算為柱的鋼筋比 ρ_c ，以此方式輸入本研究開發之電子表單，程式將自動等值成 8 根，使用者無需自行逐一輸入鋼筋，希冀達到方便與快速計算之功能。本研究根據柱軸力計算彎矩強度步驟如下：

Step1：假設中性軸 x

$$C_c = 0.85 f'_c \beta_1 x B_c \quad (3.10)$$

$$C_s = \begin{cases} A'_s \left(\frac{6120}{x} (x - d') - 0.85 f'_c \right), \varepsilon'_s \leq \varepsilon_y \\ A_{s1} (f_y - 0.85 f'_c), \varepsilon'_s > \varepsilon_y \end{cases} \quad (3.11)$$

$$T_{s1} = \begin{cases} A_{s1} \frac{6120}{x} \left(\frac{H_c}{2} - x \right), \varepsilon_{s1} \leq \varepsilon_y \\ A_{s1} f_y, \varepsilon_{s1} > \varepsilon_y \end{cases} \quad (3.12)$$

$$T_{s2} = \begin{cases} A_{s2} \frac{6120}{x} (d - x), \varepsilon_{s2} \leq \varepsilon_y \\ A_{s2} f_y, \varepsilon_{s2} > \varepsilon_y \end{cases} \quad (3.13)$$

其中， C_c 為柱混凝土壓力， B_c 為柱之寬度， H_c 為柱之深度； C_s 為柱受壓鋼筋之力量， A'_s 為柱壓力鋼筋總面積(本研究假設 3 根主筋)， ε'_s 為柱壓力鋼筋之應變； T_{s1} 為柱中間層受拉鋼筋力， A_{s1} 為柱中間層受拉鋼筋總面積(本研究假設 2 根

主筋)， ε_{s1} 為柱中間層受拉鋼筋之應變； T_{s2} 為柱底層受拉鋼筋力， A_{s2} 為柱底層受拉鋼筋總面積(本研究假設 3 根主筋)， ε_{s2} 為柱底層受拉鋼筋之應變。

Step2：與柱軸力 P_{ni} 力平衡

$$P_{ni} = C_c + C_s - T_{s1} - T_{s2} \quad (3.14)$$

Step3：如不成立返回 Step1 並增量中性軸 x 重新計算。

Step4：如成立即獲得中性軸 x ，進而求得混凝土壓力 C_c 、受壓鋼筋之力量 C_s 、中間層受拉鋼筋力 T_{s1} 、底層受拉鋼筋力 T_{s2} 。

對拉力鋼筋 A_{s2} 位置取彎矩平衡，即以下式計算強梁弱柱之柱頂彎矩 $M_{CT,c}$ 與柱底彎矩 M_{CB} 。其中， d'' 為塑性中心與拉力筋之距離，由於本研究配筋假設對稱，因此塑性中心即為斷面正中間。

$$M_{CT,c} = M_{CB} = P_{ni} \times \left\{ \frac{C_c \left(d - \frac{\beta_1 x}{2} \right) + C_s (d - d') - T_{s1} \left(d - \frac{H_c}{2} \right)}{P_{ni}} \right\} - d'' \quad (3.15)$$

由 $M_{CT,b}$ 與 $M_{CT,c}$ 兩者取小值，即可得知柱頂彎矩屬何種破壞控制，因此柱頂彎矩可由下式決定

$$M_{CT} = \min[M_{CT,b}, M_{CT,c}] \quad (3.16)$$

計算得柱頂與柱底彎矩後，可由下式計算柱底撓曲破壞之極限剪力強度 $V_{m.coli}$ 。

$$V_{m.coli} = \frac{M_{CT} + M_{CB}}{h_1} \quad (3.17)$$

然而，上式所計算之剪力強度係為柱撓曲行為控制。柱之剪力破壞所產生之剪力強度 V_{sui} 可由下式計算

$$V_{sui} = 0.53 \sqrt{f'_c} B_c d + A_v f_{yv} d / S \quad (3.18)$$

其中， A_v 為沿柱橫向之總斷面積， f_{yv} 為箍筋剪力強度， S 為箍筋間距。

最後由下式取兩者最小之剪力強度，即為柱極限剪力強度 V_{coli}

$$V_{coli} = \min(V_{m,coli}, V_{sui}) \quad (3.19)$$

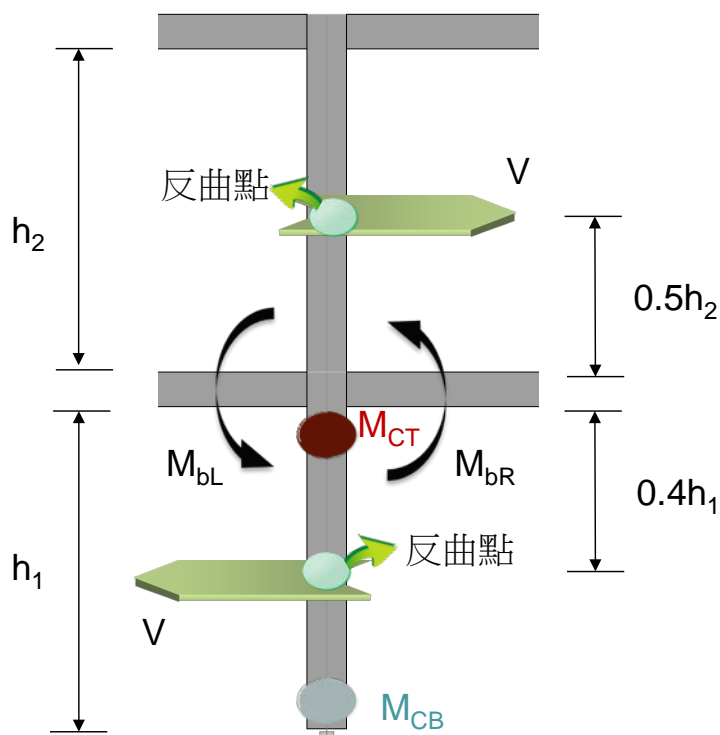


圖 3.8 梁柱結構之力平衡示意圖

【資料來源：本研究製作】

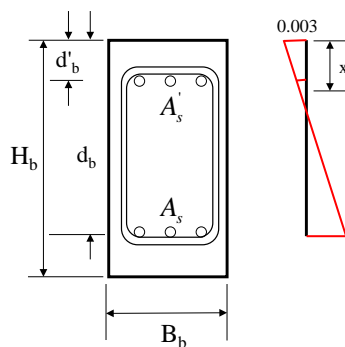


圖 3.9 梁假設配筋位置

【資料來源：本研究製作】

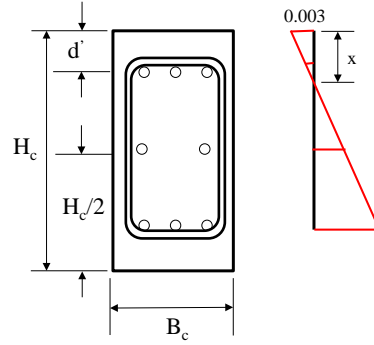


圖 3.10 柱假設配筋位置

【資料來源：本研究製作】

2. 牆之極限剪力強度

RC 牆之極限剪力強度 V_{swi} 參考混凝土結構設計規範與解說(內政部, 2011)之計算如下：

$$V_{swi} = (0.53\sqrt{f'_c} + \rho_t f_y) T_b W_b \quad (3.20)$$

其中 ρ_t 為橫向鋼筋比， T_b 為牆厚， W_b 為長度。

本研究只考量四面圍束磚牆之水平剪力強度，參考鋼筋混凝土耐震能力評估手冊之水平剪力強度 V_{bwi} 可依下列公式計算：

當 $\tan \theta \geq (H_b / W_b)$ ：

$$V_{bwi} = T_b \times (W_b \times \tau_f + H_b \times 0.45 f_{mbt}) \quad (3.21)$$

當 $\tan \theta < (H_b / W_b)$ ：

$$V_{bwi} = T_b \times [W_b \times \tau_f + H_1 \times \alpha f_{mbt} + (H'_b - H_1) \times (0.45 f_{mbt} + 0.45 f_{bt}) / 2] \quad (3.22)$$

上式中， $H_1 = W_b \tan \theta$ ， $H'_b = \min(H_b, W_b)$ ， $f_{mbt} = 1.0797(f_{mc})^{0.338}$

$f_{bt} = 0.22 f_{bc}$ ， $\tau_f = 0.0337(f_{mc})^{0.885} + (0.654 + 0.0005047 f_{mc}) \sigma_N$

W_b ：內砌磚牆單元之淨寬度。

H_b ：內砌磚牆單元之淨高度。

T_b ：磚牆厚度。

α ：強度修正係數，建議取 0.45。

θ : 磚牆臨界破裂角。

3. 構件破壞順序

當地震來臨時，建築物係由柱、RC牆與磚牆共同抵抗，惟三者破壞順序不同，不太可能同時達到構件極限強度與韌性。因此，本研究探討RC牆(j=1)、磚牆(j=2)與柱(j=3)等構件各自強度與韌性充分發揮時，對應其餘構材之強度與韌性折減係數。計算建築物一層極限剪力強度 V_{uj} 時，應給於適當折減如下式

$$V_{uj} = C_{vcj} \sum V_{coli} \times N_{ci} + C_{vsj} \sum V_{swi} \times N_{swi} + C_{vbj} \sum V_{bwi} \times N_{bwi} \quad ; j=1\sim3 \quad (3.23)$$

其中， N_{ci} 為實際柱子數量、 N_{swi} 為RC牆體數量、 N_{bwi} 為磚牆數量、 C_{vcj} 為柱之水平剪力強度折減係數、 C_{vsj} 為RC牆之水平剪力強度折減係數、 C_{vbj} 為磚牆之水平剪力強度折減係數。

加權平均韌性容量經乘上各自對應係數可表示如下

$$R_j^* = \frac{C_{Rcj} \times R_{col} (C_{vcj} \times \sum V_{coli} \times N_{ci}) + C_{Rsj} \times R_{sw} (C_{vsj} \times \sum V_{swi} \times N_{swi}) + C_{Rbj} \times R_{bw} (C_{vbj} \times \sum V_{bwi} \times N_{bwi})}{C_{vcj} \times \sum V_{coli} \times N_{ci} + C_{vsj} \times \sum V_{swi} \times N_{swi} + C_{vbj} \times \sum V_{bwi} \times N_{bwi}} \quad ; \quad (3.24)$$

$j=1\sim3$

其中， C_{Rcj} 為柱之韌性折減係數、 C_{Rsj} 為RC牆之韌性折減係數、 C_{Rbj} 為磚牆之韌性折減係數。係數 R_{col} 、 R_{sw} 及 R_{bw} 與設計年度有關，建議如表 3.3 所示。

本研究研擬柱構件為一構架型式，如圖 3.11 所示。柱斷面為 50cm×50cm，保護層為 3cm，主筋為 8-#7，箍筋為#3@25cm，梁寬度為 40cm，深度為 50cm。RC 牆之高度為 270cm，寬度為 550cm，厚度為 15cm，其配筋量 $\rho = 0.0018$ 。磚牆高度與寬度與 RC 牆相同，厚度為 1B 磚厚，假設為二順一丁砌法。各構材之材料參數皆相同，混凝土抗壓強度 $f'_c = 160\text{kgf}/\text{cm}^2$ ，主筋與箍筋強度 $f_y = f_{yv} = 2800\text{kgf}/\text{cm}^2$ ，砂漿塊抗壓強度 $f_{mc} = 100\text{kgf}/\text{cm}^2$ ，紅磚之單軸抗壓強度 $f_{bc} = 150\text{kgf}/\text{cm}^2$ 。

由上述構建模型並經由 SERCB 分析結果如圖 3.12 所示，縱座標為各構件除自身最大水平剪強度將其正規化，橫座標以水平位移除柱淨高度 270cm 為轉角

量。其中，RC 牆與磚牆曲線終止點為強度衰減至 0.85，構架降伏點為最大強度之 0.6 倍。根據各構件之強度與韌性充分發揮時，對應各項係數之擬定方法如下：

(1) 當 RC 牆充分發揮強度與韌性時(j=1)

圖 3.12 顯示，當RC牆韌性充分發揮時，強度為 0.85；磚牆韌性比發揮其韌性容量的 45%，水平剪力強度為 0.95；構架韌性比發揮其韌性容量的 35%，水平剪力強度為 0.65。因此，可將其訂定 C_{vc1} 為 0.65、 C_{Rc1} 為 0.35、 C_{vs1} 為 0.85、 C_{Rs1} 為 1.0、 C_{vb1} 為 0.95、 C_{Rb1} 為 0.45 共六個係數。

(2) 當磚牆充分發揮強度與韌性時(j=2)

圖 3.12 顯示，當磚牆韌性充分發揮時，強度為 0.85；RC牆韌性比發揮其韌性容量的 0%，水平剪力強度為 0；構架韌性比發揮其韌性容量的 70%，水平剪力強度為 0.95。因此，可將其訂定 C_{vc2} 為 0.95、 C_{Rc2} 為 0.7、 C_{vs2} 為 0、 C_{Rs2} 為 0、 C_{vb2} 為 0.85、 C_{Rb2} 為 1.0 共六個係數。

(3) 當構架充分發揮強度與韌性時(j=3)

圖 3.12 顯示，當構架韌性充分發揮時，強度為 1.0；RC牆韌性比發揮其韌性容量的 0%，水平剪力強度為 0；磚牆韌性比發揮其韌性容量的 0%，水平剪力強度為 0。因此，可將其訂定 C_{vc3} 為 1.0、 C_{Rc3} 為 1.0、 C_{vs3} 為 0、 C_{Rs3} 為 0、 C_{vb3} 為 0、 C_{Rb3} 為 0 共六個係數。

經由上述即可擬定出計算建築物一層極限剪力強度 V_{uj} 與加權平均韌性容量各自之係數如表 3.4 所示。

表 3.3 R_{col} 、 R_{sw} 及 R_{bw} 之建議表

設計年度	R_{col}	R_{sw}	R_{bw}
63 年 2 月以前	3.2	2.0	3.0
63 年 2 月至 71 年 6 月	3.6	2.0	3.0
71 年 6 月至 86 年 5 月	4.0	2.0	3.0
86 年 5 月以後	4.8	2.0	3.0

【資料來源：本研究製作】

表 3.4 C_{vcj} 、 C_{Rcj} 、 C_{vsj} 、 C_{Rsj} 、 C_{vbj} 與 C_{Rbj} 之建議表

		j	1	2	3
V_{coi}	C_{vcj}		0.65	0.95	1
	C_{Rcj}		0.35	0.70	1
V_{swi}	C_{vsj}		0.85	0	0
	C_{Rsj}		1	0	0
V_{bwi}	C_{vbj}		0.95	0.85	0
	C_{Rbj}		0.45	1	0

【資料來源：本研究製作】

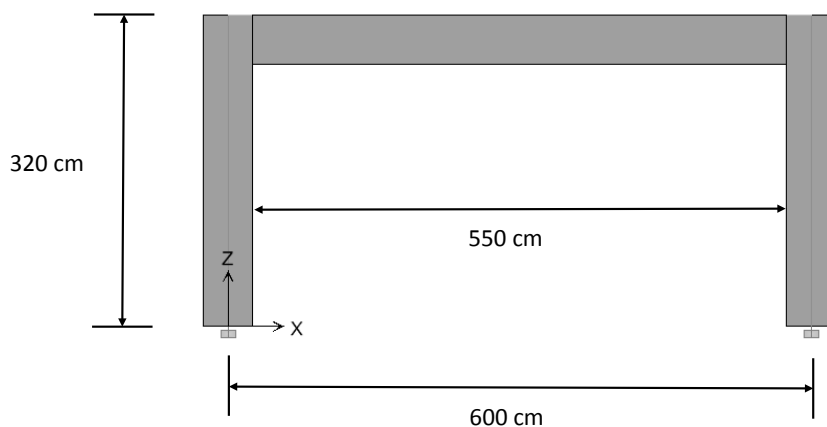


圖 3.11 柱構架平面圖

【資料來源：本研究製作】

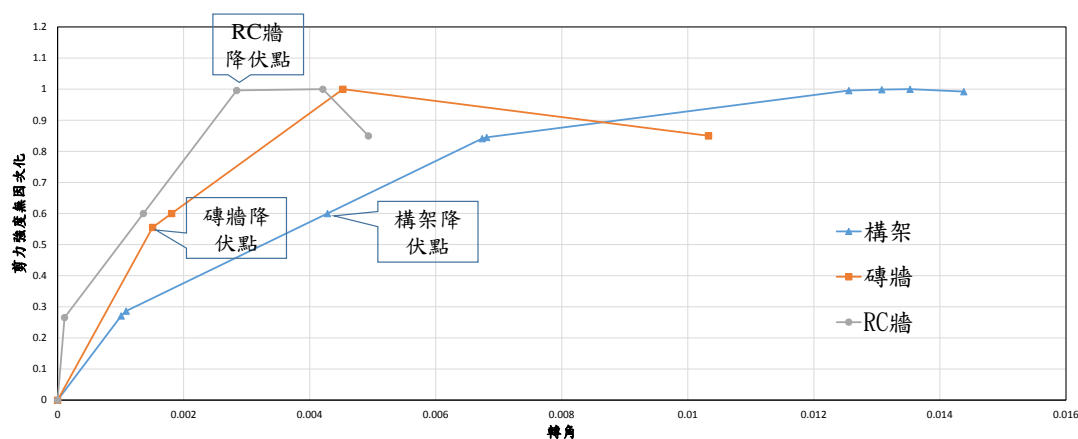


圖 3.12 側推分析無因次化結果(RC 牆與磚牆終止點皆為 0.85 的強度)

【資料來源：本研究製作】

4. 耐震能力初步評估

根據建築物耐震設計規範及解說(2011, 內政部)計算可得其設計地震力 V_{100} ，考慮新設計建築物之極限剪力強度為 $(V_{100})_u = V_{100} \times 1.4\alpha_y$ 。受評估建築物之降伏地表加速度 A_{yj} ，因受建築物中之構件破壞順序不同，故分別以下式計算 A_{yj} 。

$$A_{yj} = \frac{V_{uj}}{(V_{100})_u} \frac{IA_{475}}{F_u} ; j=1\sim3 \quad (3.25)$$

其中，根據建築物耐震設計規範及解說可由週期與韌性容量 R 計算得 F_u ，此 F_u 與 j 無關。 A_{475} 為地震回歸期為 475 年之水平地表加速度，根據建築物耐震設計規範及解說 $A_{475} = 0.4S_{DS}$ 。

由下式計算獲得 R_{aj}^* ，並且根據建築物耐震設計規範及解說獲得 F_{uj}^* ：

$$R_{aj}^* = \begin{cases} 1 + \frac{(R_j^* - 1)}{1.5} (\text{一般工址}) \\ 1 + \frac{(R_j^* - 1)}{2.0} (\text{台北盆地}) \end{cases} ; j=1\sim3 \quad (3.26)$$

建築物具構架與 RC 牆時，RC 牆主要靠強度抵抗地震，至 RC 牆壞掉後，靠構架強度與韌性抵抗地震，如果後者的 A_c 較大，其耐震能力為後者主導。如果 RC 牆主導的 A_c 較大，則 RC 牆壞掉後，構架能抵抗的 A_c 較小，表示 RC 牆壞掉後，構架也跟隨壞掉，故 A_c 以 RC 牆主導。最後計算建築物耐震能力 A_c 應取大值，如下式計算

$$A_c = \max[A_{yj} F_{uj}^* ; j=1\sim3] \quad (3.27)$$

式中 F_{uj}^* 由(3.24)與(3.26)式求得 R_{aj}^* 後依規範結構系統地震力折減係數 F_u 之公式計算之。

五、現況照片表

經由專業技師或建築師初步評估時，應將其現況照片附於表格中，並且拍攝時儘量顯現其特徵。除此之外，應簡述說明此建築物特徵點，藉此便於未來資料

整理與歸檔。表格共擬定 7 個項次於現場可拍攝附於表格，其為(1)B208 為立面對稱性；(2)B313 為窗台、氣窗造成短柱嚴重性；(3)B314 為牆體造成短梁嚴重性；(4)B315 為加建程度；(5)B416 為柱之損害程度；(6)B417 為牆之損害程度；(7)B418 為裂縫銹蝕滲水等程度。

第四章 案例分析

第一節 前言

本研究以兩個公有建築物案例進行耐震能力初步評估，透過定性與定量兩者進而建築物耐震能力初步結果，如結果顯示有疑慮即進入耐震能力詳細評估。根據 SERCB 手冊建議之構件非線性理論，設定建築物各梁、柱與牆構件的塑鉸性質，進行側推分析，最後可獲得結構物耐震能力，再與初步評估結果相互比較討論。

第二節 公有建築物 A

一、案例說明及簡介

本案例在民國 66 年時興建完成，其結構形式為地上 4 層以及局部地下 1 層之鋼筋混凝土造建築物，地下室基礎為筏式基礎，一樓基礎為獨立基腳加連樑，樓梯間側牆為四邊圍束磚牆，其餘為磚牆開孔或窗台磚牆，樓層高度為 3.4m、跨度為 3.9m，平立面圖如圖 4.1、圖 4.2。

二、結構資料

本例採用之材料強度參數如下：

1. 混凝土抗壓強度： $f_c' = 170 \text{ kgf/cm}^2$
2. 主筋降伏強度： $f_y = 2,800 \text{ kgf/cm}^2$
3. 箍筋降伏強度： $f_y = 2,800 \text{ kgf/cm}^2$
4. 水泥砂漿抗壓強度： $f_{mc} = 100 \text{ kgf/cm}^2$
5. 紅磚抗壓強度： $f_{bc} = 150 \text{ kgf/cm}^2$

構材尺寸摘要如下所示：

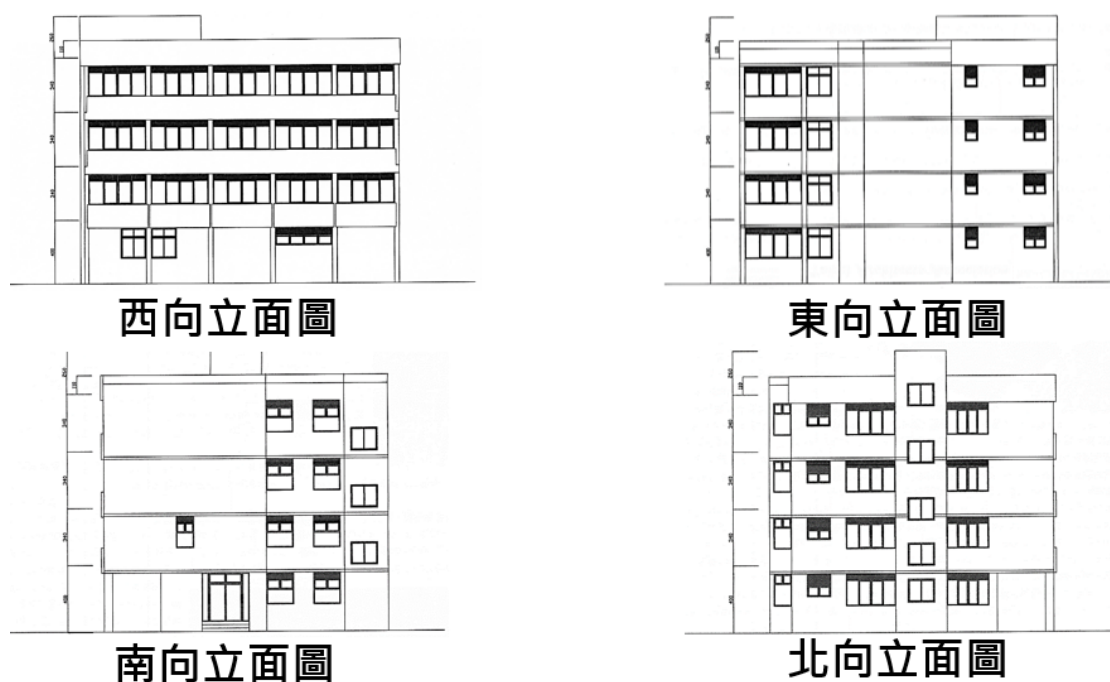


圖 4.1 公有建築物 A 立面圖

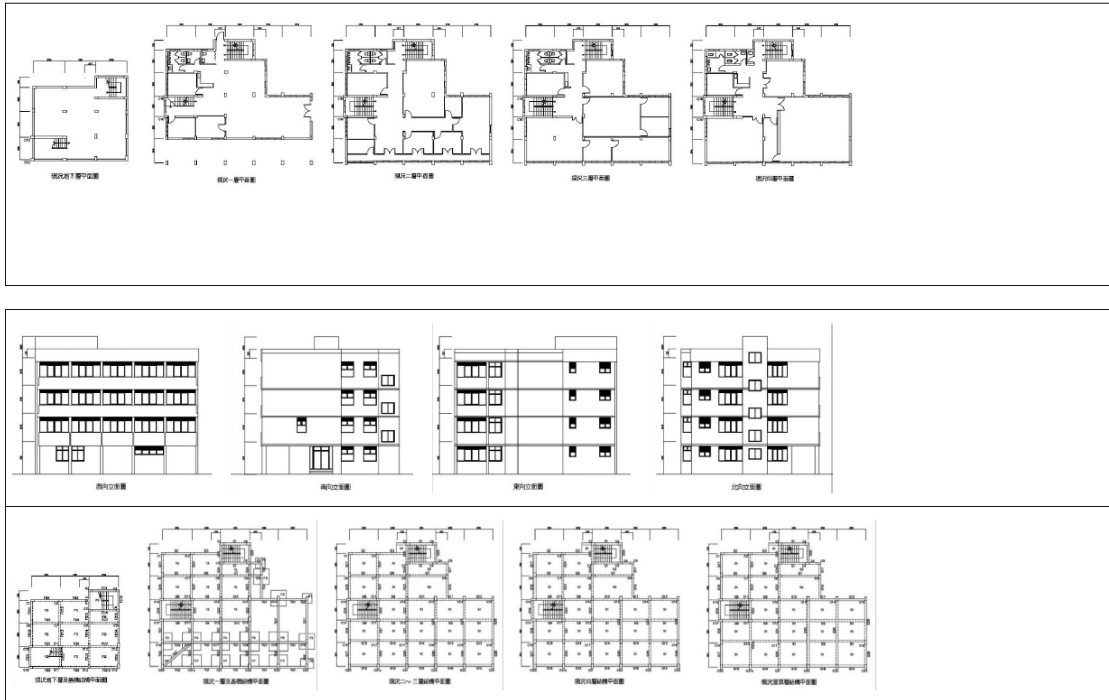
【資料來源：本研究製作】

表 4.1 公有建築 A 之耐震能力初步評估表
鋼筋混凝土建築物耐震能力初步評估

壹、建築物基本資料表

建物名稱	公有建築物	建物編號		評估者	林小明	評估日期	103年01月25日
建物地址	縣市 鄉鎮市區 村里 路 巷 號 樓						
設計年度	63年	建物高度(m)	14.20	用途係數I	1.25	系統韌性容量R	4.0
地上樓層數	4	地下樓層數	1				

貳、建築物平立面圖表



參、建築物耐震能力初步評估表

項次	項目	配分	評估內容	權重	評分
B101	是否為第一類活動斷層近域	2	<input type="checkbox"/> 是(1.0) <input checked="" type="checkbox"/> 否(0)	0	0.00
B102	地盤種類	3	<input checked="" type="checkbox"/> 台北盆地(1.0) <input type="checkbox"/> 第三類地盤(0.67) <input type="checkbox"/> 第二類地盤(0.33) <input type="checkbox"/> 第一類地盤(0)	1.0	3.00
B103	震區短週期設計水平譜加速度係數 S_a^D	3	<input type="checkbox"/> 0.8(1.0) <input type="checkbox"/> 0.7(0.67) <input checked="" type="checkbox"/> 0.6(0.33) <input type="checkbox"/> ≤0.5(0)	0.33	1.00
B104	液化潛能	2	<input type="checkbox"/> 高(1.0) <input type="checkbox"/> 中(0.67) <input type="checkbox"/> 低(0.33) <input checked="" type="checkbox"/> 無(0)	0	0.00
B205	基礎型式	2	<input type="checkbox"/> 基腳(無繫梁)(1.0) <input checked="" type="checkbox"/> 基腳(有繫梁)(0.5) <input type="checkbox"/> 樁基或筏基(0)	0.5	1.00
B206	地下室面積比, r_a	2	$0 \leq (1.5 - r_a) / 1.5 \leq 1.0$; r_a :地下室面積與建築面積之比	0.72	1.44
B207	平面對稱性	3	<input type="checkbox"/> 不良(1.0) <input checked="" type="checkbox"/> 尚可(0.5) <input type="checkbox"/> 良(0)	0.5	1.50
B208	立面對稱性	3	<input type="checkbox"/> 不良(1.0) <input checked="" type="checkbox"/> 尚可(0.5) <input type="checkbox"/> 良(0)	0.5	1.50
B209	梁之跨深比b	3	當 $b \geq 8, w = 0$; 當 $3 \leq b < 8, w = (8 - b) / 5$; 當 $b < 3, w = 1.0$	0.7	2.10
B210	柱之高深比c	3	當 $c \geq 6, w = 0$; 當 $2 \leq c < 6, w = (6 - c) / 4$; 當 $c < 2, w = 1.0$	0	0.00
B211	軟弱層顯著性	3	<input type="checkbox"/> 高(1.0) <input type="checkbox"/> 中(0.67) <input checked="" type="checkbox"/> 低(0.33) <input type="checkbox"/> 無(0)	0.33	1.00
B312	塑鉸區箍筋細部(由設計年度評估)	5	<input checked="" type="checkbox"/> 63年2月以前(1.0) <input type="checkbox"/> 63年2月至71年6月(0.67) <input type="checkbox"/> 71年6月至86年5月(0.33) <input type="checkbox"/> 86年5月以後(0)	1.0	5.00
B313	窗台、氣窗造成短柱嚴重性	3	<input type="checkbox"/> 高(1.0) <input type="checkbox"/> 中(0.67) <input checked="" type="checkbox"/> 低(0.33) <input type="checkbox"/> 無(0)	0.33	1.00
B314	牆體造成短梁嚴重性	3	<input type="checkbox"/> 高(1.0) <input type="checkbox"/> 中(0.67) <input checked="" type="checkbox"/> 低(0.33) <input type="checkbox"/> 無(0)	0.33	1.00
B315	加建程度	2	<input type="checkbox"/> 高(1.0) <input type="checkbox"/> 中(0.67) <input type="checkbox"/> 低(0.33) <input checked="" type="checkbox"/> 無(0)	0	0.00
B416	柱之損害程度	2	<input type="checkbox"/> 高(1.0) <input type="checkbox"/> 中(0.67) <input checked="" type="checkbox"/> 低(0.33) <input type="checkbox"/> 無(0)	0	0.00
B417	牆之損害程度	2	<input type="checkbox"/> 高(1.0) <input type="checkbox"/> 中(0.67) <input type="checkbox"/> 低(0.33) <input checked="" type="checkbox"/> 無(0)	0	0.00
B418	裂縫鏽蝕滲水等程度	4	<input type="checkbox"/> 高(1.0) <input type="checkbox"/> 中(0.67) <input checked="" type="checkbox"/> 低(0.33) <input type="checkbox"/> 無(0)	0.33	1.32
B519	耐震能力初步評估	50	$w = \frac{4}{3} \left(1 - \frac{A_c}{L_{475}} \right)$ 當 $0.25 \leq \frac{A_c}{L_{475}} \leq 1$; $w = 1$, 當 $\frac{A_c}{L_{475}} \leq 0.25$; 當 $\frac{A_c}{L_{475}} > 1$, $w = 0$ (詳肆、定量評估表)	0.385	19.258
分數總計		100		評分總計(P): 40.118	

第四章 案例分析

額外評估項目：此部分為外加評分項目，評估人員應就表列「額外增分」、「額外減分」事項 加分最高配分為8分；減分最高配分為5分			
額外 增 分	1	分期興建或工程品質有疑慮	+0
	2	曾經受災害者，如土石流、火災、震災、人為破壞等	+0
	3	使用用途由低活載重改為高活載重使用者	+0
	4	傾斜程度，傾斜程度以 $\frac{1}{200}$ 為嚴重	+0
額外 減 分	1	使用用途由高活載重改為低活載重使用者	-0
		額外評分總計(S)：	±0
		總評估分數(R)=P+S=	40.118

評估 結果	<input type="checkbox"/> $R \leq 25$ ；建築物的耐震能力尚無疑慮
	<input checked="" type="checkbox"/> $25 < R \leq 50$ ；建築物的耐震能力有疑慮
	<input type="checkbox"/> $50 < R$ ；建築物的耐震能力確有疑慮

註：(1) 評估結果僅供後續詳細評估參考用。
(2) 評估內容中w為計算之權重。

鋼筋混凝土建築物耐震評估程式增修與應用研究

肆、定量評估表

建築物重量 $W(kgf)$	1,339,568.29
混凝土抗壓強度 $f'_c(kgf/cm^2)$	170
主筋降伏強度 $f_y(kgf/cm^2)$	2,800
箍筋降伏強度 $f_{yv}(kgf/cm^2)$	2,800
橫向箍筋斷面積 $A_v(cm^2)$	1.42
箍筋間距 $S(cm)$	25
保護層厚度 $c(cm)$	4

柱類別	柱淨寬 (cm) (B_c)	柱淨深 (cm) (H_c)	柱鋼筋斷面積 (A_c)	一樓柱淨高 (cm) (h_1)	二樓柱淨高 (cm) (h_2)	柱根數 (N_{cr})	左梁淨寬 (cm) (B_{bl})	左梁淨深 (cm) (H_{bl})	左梁壓力鋼筋斷面積 (A_{sbl})	左梁拉力鋼筋斷面積 (A_{sbl})	右梁淨寬 (cm) (B_{br})	右梁淨深 (cm) (H_{br})	右梁壓力鋼筋斷面積 (A_{sbr})	右梁拉力鋼筋斷面積 (A_{sbr})	撓曲破壞控制 ($V_{m,coh}$)	剪力破壞控制 (V_{m})	V_{coh} (kgf)	$V_{coh} \times N_{cr}$ (kgf)	
邊柱 ($N_{cr}=1$)																			
C1	25	50	17.19	290	290	1	0	0	0	0	25	50	15.7575	15.7575	15963	15263	15263	15263	
C3	25	50	11.916	290	290	2	0	0	0	0	25	50	15.7575	15.7575	14447	15263	14447	28895	
C4	25	50	21.162	290	290	1	25	50	11.46	11.46	0	0	0	0	15740	15263	15263	15263	
C5	25	50	17.19	290	290	1	25	50	10.0275	10.0275	0	0	0	0	14223	15263	14223	14223	
C6	50	25	17.19	290	290	1	0	0	0	0	25	50	8.595	8.595	7188	10596	7188	7188	
C9	50	25	17.19	290	290	1	25	50	8.595	8.595	0	0	0	0	7188	10596	7188	7188	
C10	25	50	17.19	290	290	2	0	0	0	0	25	50	14.325	14.325	15538	15263	15263	30525	
C15	50	25	22.92	290	290	1	25	50	10.0275	10.0275	0	0	0	0	8212	10596	8212	8212	
C16	50	25	22.92	290	290	1	0	0	0	0	25	50	8.595	8.595	8212	10596	8212	8212	
C19	50	25	22.92	290	290	1	25	50	8.595	8.595	0	0	0	0	8212	10596	8212	8212	
C20	50	25	17.19	290	290	1	0	0	0	0	25	50	10.0275	10.0275	7188	10596	7188	7188	
C23	55	30	17.19	290	290	1	25	50	8.595	8.595	0	0	0	0	10117	14017	10117	10117	
中間柱 ($N_{cr}=2$)																			
C2	25	50	21.162	290	290	1	25	50	12.8925	12.8925	25	50	12.8925	12.8925	20291	15263	15263	15263	
C4	25	50	21.162	290	290	1	25	50	11.46	11.46	25	50	15.7575	15.7575	20291	15263	15263	15263	
C7	25	50	17.19	290	290	1	25	50	12.8925	12.8925	25	50	11.46	11.46	18150	15263	15263	15263	
C8	25	50	21.162	290	290	1	25	50	12.8925	12.8925	25	50	12.8925	12.8925	20291	15263	15263	15263	
C11	50	25	17.19	290	290	2	25	50	12.8925	12.8925	25	50	12.8925	12.8925	7188	10596	7188	14376	
C12	50	25	17.19	290	290	1	25	50	12.8925	12.8925	25	50	12.8925	12.8925	7188	10596	7188	7188	
C12	50	25	17.19	290	290	1	25	50	12.8925	12.8925	25	40	7.1625	7.1625	7188	10596	7188	7188	
C13	55	30	21.162	290	290	1	25	50	12.8925	12.8925	25	50	12.8925	12.8925	11917	14017	11917	11917	
C14	55	30	21.162	290	290	1	25	50	11.46	11.46	25	50	11.46	11.46	11917	14017	11917	11917	
C17	50	25	22.92	290	290	2	25	50	8.595	8.595	25	50	8.595	8.595	8212	10596	8212	16423	
C18	50	25	22.92	290	290	2	25	50	8.595	8.595	25	50	8.595	8.595	8212	10596	8212	16423	
C21a	55	30	22.92	290	290	1	25	50	10.0275	10.0275	25	50	8.595	8.595	12370	14017	12370	12370	
C21	55	30	17.19	290	290	1	25	50	8.595	8.595	25	50	8.595	8.595	10854	14017	10854	10854	
C22	55	30	21.162	290	290	1	25	50	8.595	8.595	25	50	8.595	8.595	11917	14017	11917	11917	
C22	55	30	21.162	290	290	1	25	50	8.595	8.595	25	50	10.0275	10.0275	11917	14017	11917	11917	
																		柱之極限強度 $\sum V_{coh} \times N_{cr}$ (kgf)	354026

RC牆混凝土抗壓強度 $f'_c(kgf/cm^2)$	0
RC牆主筋降伏強度 $f_y(kgf/cm^2)$	0
四面圍束磚牆砂漿塊抗壓強度 $f_{m}(kgf/cm^2)$	100
四面圍束磚牆紅磚之單軸抗壓強度 $f_{b}(kgf/cm^2)$	150

RC牆	牆厚度 (cm) (T_b)	長度 (cm) (W_b)	高度 (cm) (H_b)	RC牆鋼筋比 (ρ_{rw})	數量 (N_{rw})	單片牆之剪力強度 (kgf) (V_{rw})	RC牆剪力強度小計 (kgf) ($V_{rw} \times N_{rw}$)
RC牆之極限剪力強度 $\sum V_{rw} \times N_{rw}$ (kgf)							
四面圍束磚牆	牆厚度 (cm) (T_b)	長度 (cm) (W_b)	高度 (cm) (H_b)	數量 (N_{bw})		單片牆之剪力強度 (kgf) (V_{bw})	磚牆剪力強度小計 (kgf) ($V_{bw} \times N_{bw}$)
	24	340	290	4		32229.79317	128919.1727
	24	110	290	1		13391.90939	13391.90939
四面圍束磚牆之極限剪力強度 $\sum V_{bw} \times N_{bw}$ (kgf)							142311.0821

第四章 案例分析

	j=1	j=2	j=3
一樓層極限剪力強度 $V_{1j} = C_{vj} \sum V_{colj} \times N_{ci} + C_{vsw} \sum V_{swi} \times N_{swi} + C_{vbj} \sum V_{bwi} \times N_{bwi} ; j=1\sim 3$ (kgf)	365312.2968	457288.9281	354025.7983
新設計建築物之極限剪力強度 $(V_{100})_u = I \left(\frac{S_{uD}}{F_u} \right)_m W$ (kgf)	502338.1088	502338.1088	502338.1088
受評估建築物之降伏地表加速度 $A_{1j} = \frac{V_{1j}}{(V_{100})_u} \frac{LA_{475}}{F_u}$ (g) ; j=1~3	0.10908359	0.13654815	0.105713401
$R_{1j}^* = \frac{C_{Rcj} \times R_{col} (C_{vj} \times \sum V_{colj} \times N_{ci}) + C_{Rsw} (C_{vsw} \times \sum V_{swi} \times N_{swi}) + C_{Rbj} \times R_{bw} (C_{vbj} \times \sum V_{bwi} \times N_{bwi})}{C_{vj} \times \sum V_{colj} \times N_{ci} + C_{vsw} \times \sum V_{swi} \times N_{swi} + C_{vbj} \times \sum V_{bwi} \times N_{bwi}} ; j=1\sim 3$	1.20511887	2.44103911	3.2
$R_{1j}^* = \begin{cases} 1 + \frac{(R_{1j}^* - 1)}{1.5} & (\text{一般工址}) \\ 1 + \frac{(R_{1j}^* - 1)}{2.0} & (\text{台北盆地}) \end{cases} ; j=1\sim 3$	1.10255944	1.720519555	2.1
$F_{1j}^* = F_u (T, R_{1j}^*) ; j=1\sim 3$	1.097779064	1.562382511	1.788854382
建築物耐震能力 $A_c = \max[A_{1j}, F_{1j}^*] ; j=1\sim 3$ (g)	0.213340441		

R_{col} 、 R_{sw} 及 R_{bw} 與設計年度有關，建議如下：

設計年度	R_{col}	R_{sw}	R_{bw}
63年2月以前	3.2	2.0	3.0
63年2月至71年6月	3.6	2.0	3.0
71年6月至86年5月	4.0	2.0	3.0
86年5月以後	4.8	2.0	3.0

係數 C_{vej} 、 C_{Rcj} 、 C_{vsw} 、 C_{Rsw} 、 C_{vbj} 與 C_{Rbj} 建議如下：

		j		
		1	2	3
V_{col}	C_{vej}	0.65	0.95	1
	C_{Rcj}	0.35	0.70	1
V_{swi}	C_{vsw}	0.85	0	0
	C_{Rsw}	1	0	0
V_{bwi}	C_{vbj}	0.95	0.85	0
	C_{Rbj}	0.45	1	0

註：j=1為RC牆柱充分發揮；j=2為磚牆柱充分發揮；

j=3為構架柱充分發揮

伍、現況照片表

項次	B205	說明
		

【資料來源：本研究製作】

四、結構模型建立

由上述所示，公有建築物 A 在本研究擬定之初步評估表進行耐震能力評估為有疑慮(表 4.1)，須進入詳細評估確認其結構物耐震能力。

如圖 4.3 所示之 3D 模型，本分析案例不考慮地下室結構、基礎與土壤互制作用等，並假設梁柱接點為完全剛性接合，樓地板構件則使用 ETABS 內建板殼元素模擬。其中，窗台矮牆與隔間牆均設置等值斜撐於受壓側，緊鄰窗台矮牆之窗台柱則以矮牆牆高為基準，細分窗台柱為上下兩部分，如圖 4.4 所示。透過 SERCB 分析，可得有效最大加速度與位移關係如圖 4.5 所示，其 $A_c = 0.180g$ 。鑑於建築物座落於臺北一區，475 年地震回歸期之需求為 $0.24g$ ，因此公有建築物 A 確實耐震能力不足，亦顯示本研究擬定之建築物耐震能力初步評估方法，確實有效篩選耐震能力不足之建築物。

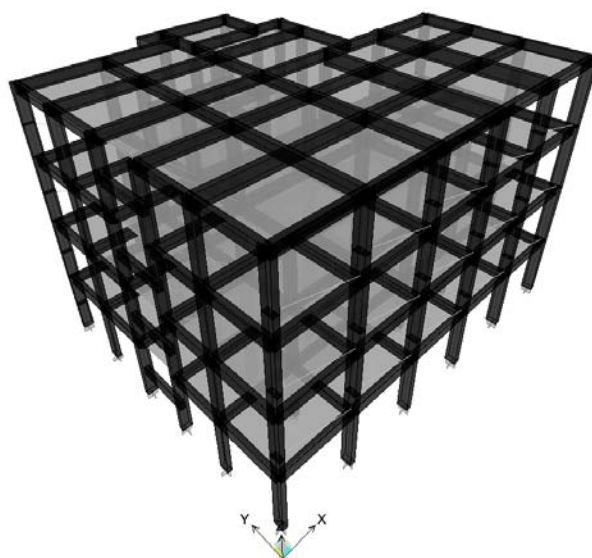
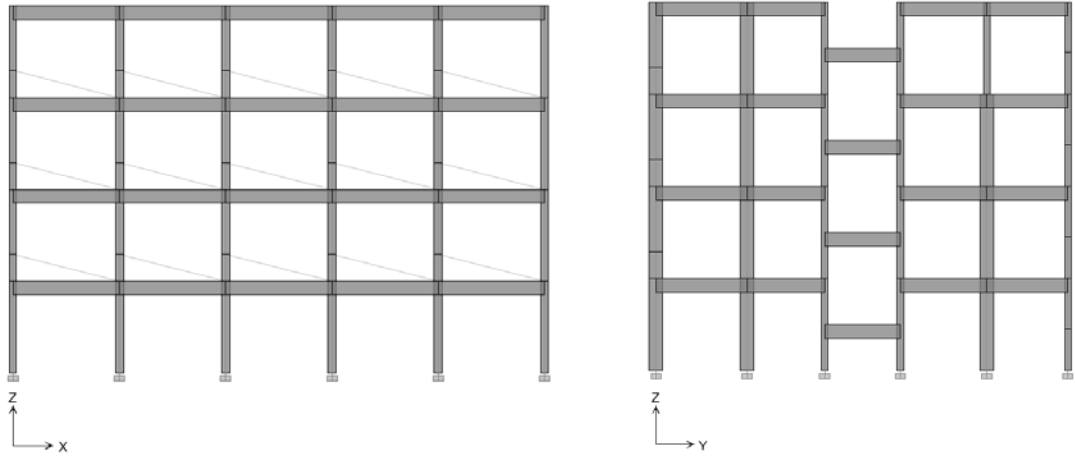


圖 4.3 ETABS 模擬之公有建築物 A 結構立體圖

【資料來源：本研究製作】



X-Z 立面圖

Y-Z 立面圖

圖 4.4 ETABS 模擬之公有建築物 A 結構正視圖

【資料來源：本研究製作】

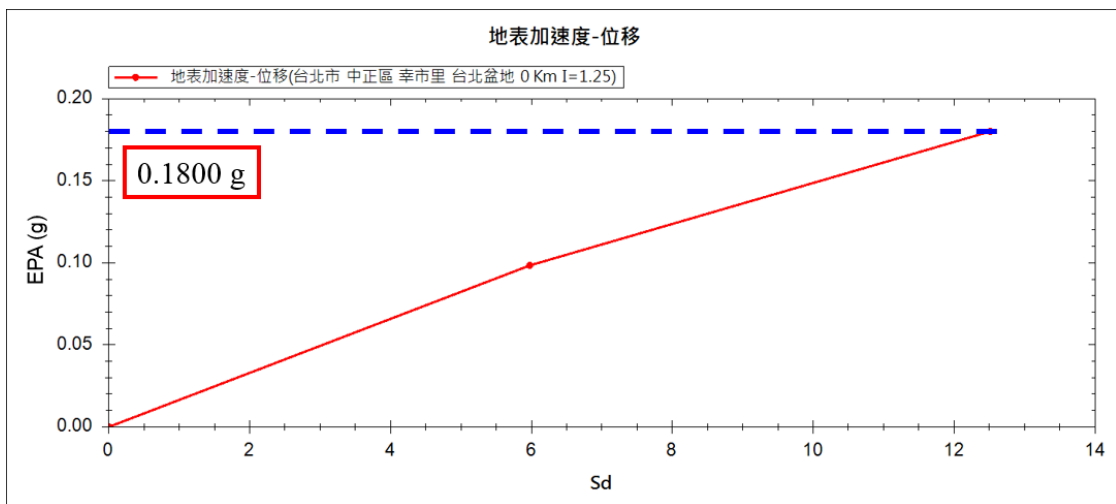


圖 4.5 公有建築物 A 之結構物耐震能力

【資料來源：本研究製作】

第三節 公有建築物 B

一、案例說明及簡介

本案例在民國 74 年時興建完成，平面建築物形狀為梯形，其結構系統為地上 4 層以及局部地下 1 層之鋼筋混凝土梁柱架構、磚牆隔間，地下室基礎及一樓基礎皆為獨立基腳加連梁，樓層高度為 3.2m，平立面圖如圖 4.6 與圖 4.7 所示。

二、結構資料

本例採用之材料強度參數如下：

1. 混凝土抗壓強度： $f_c' = 187 \text{ kgf/cm}^2$
2. 主筋降伏強度： $f_y = 2,800 \text{ kgf/cm}^2$
3. 箍筋降伏強度： $f_y = 2,800 \text{ kgf/cm}^2$
4. 水泥砂漿抗壓強度： $f_{mc} = 100 \text{ kgf/cm}^2$
5. 紅磚抗壓強度： $f_{bc} = 150 \text{ kgf/cm}^2$

構材尺寸摘要如下所示：

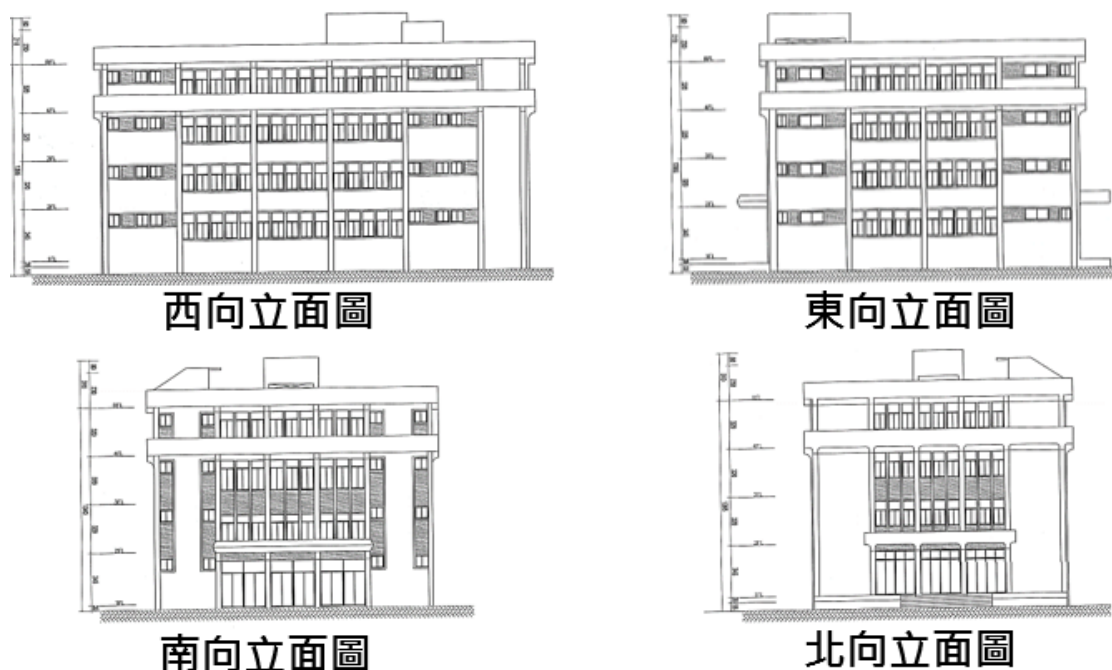


圖 4.6 公有建築物 B 立面圖

【資料來源：本研究製作】

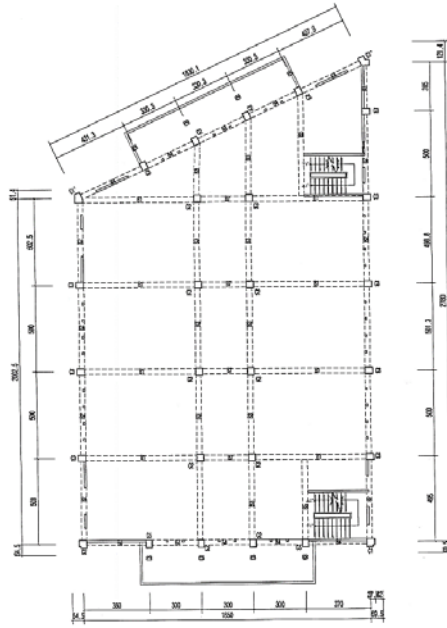


圖 4.7 公有建築物 B 平面圖

【資料來源：本研究製作】

三、公有建築物 B 耐震能力初步評估表

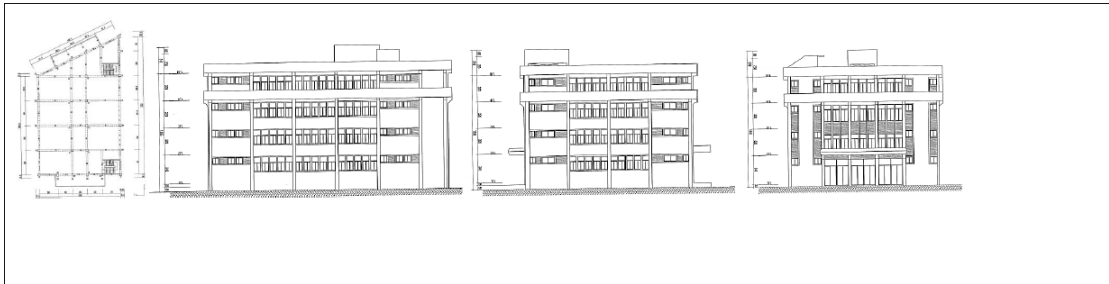
本研究根據研究成果，針對公有建築物 B 做為案例，進行耐震能力初步評估，根據本研究之第三章第二節進行評估。表 4.2 顯示公有建築物 B 之耐震能力評分為 43.86 分，其結果係為該建築物之耐震能力“有疑慮”。其中，定性部分共為 15.45 分，定量為 23.41 分，額外評估為 5 分。其中，詳細定量評估之計算方法同公有建築 A。有鑑於此，應針對公有建築物 B 進行耐震能力詳細評估。

表 4.2 公有建築 B 之耐震能力初步評估表
鋼筋混凝土建築物耐震能力初步評估

壹、建築物基本資料表

建物名稱	公有建築物	建物編號		評估者	林小明	評估日期	103年01月25日
建物地址	縣市 鄉鎮市區 村里 路 巷 號 樓						
設計年度	73年	建物高度(m)	13.05	用途係數I	1.25	系統韌性容量R	4.0
地上樓層數	4	地下樓層數	1				

貳、建築物平立面圖表



參、建築物耐震能力初步評估表

項次	項目	配分	評估內容	權重	評分
B101	是否為第一類活動斷層近域	2	<input type="checkbox"/> 是(1.0) <input checked="" type="checkbox"/> 否(0)	0	0.00
B102	地盤種類	3	<input type="checkbox"/> 台北盆地(1.0) <input type="checkbox"/> 第三類地盤(0.67) <input checked="" type="checkbox"/> 第二類地盤(0.33) <input type="checkbox"/> 第一類地盤(0)	1.0	1.00
B103	震區短週期設計水平譜加速度係數 S_d^0	3	<input type="checkbox"/> 0.8(1.0) <input type="checkbox"/> 0.7(0.67) <input checked="" type="checkbox"/> 0.6(0.33) <input type="checkbox"/> ≤0.5(0)	0.33	1.00
B104	液化潛能	2	<input type="checkbox"/> 高(1.0) <input type="checkbox"/> 中(0.67) <input type="checkbox"/> 低(0.33) <input checked="" type="checkbox"/> 無(0)	0	0.00
B205	基礎型式	2	<input type="checkbox"/> 基脚(無繫梁)(1.0) <input checked="" type="checkbox"/> 基脚(有繫梁)(0.5) <input type="checkbox"/> 樁基或筏基(0)	0.5	1.00
B206	地下室面積比, r_a	2	$0 \leq (1.5 - r_a) / 1.5 \leq 1.0$; r_a :地下室面積與建築面積之比	0.74	1.48
B207	平面對稱性	3	<input type="checkbox"/> 不良(1.0) <input checked="" type="checkbox"/> 尚可(0.5) <input type="checkbox"/> 良(0)	0.5	1.50
B208	立面對稱性	3	<input type="checkbox"/> 不良(1.0) <input checked="" type="checkbox"/> 尚可(0.5) <input type="checkbox"/> 良(0)	0.5	1.50
B209	梁之跨深比b	3	當 $b \geq 8, w = 0$; 當 $3 \leq b < 8, w = (8 - b) / 5$; 當 $b < 3, w = 1.0$	0	0.00
B210	柱之高深比c	3	當 $c \geq 6, w = 0$; 當 $2 \leq c < 6, w = (6 - c) / 4$; 當 $c < 2, w = 1.0$	0	0.00
B211	軟弱層顯著性	3	<input type="checkbox"/> 高(1.0) <input type="checkbox"/> 中(0.67) <input checked="" type="checkbox"/> 低(0.33) <input type="checkbox"/> 無(0)	0.33	1.00
B312	塑鉸區箍筋細部(由設計年度評估)	5	<input type="checkbox"/> 63年2月以前(1.0) <input type="checkbox"/> 63年2月至71年6月(0.67) <input checked="" type="checkbox"/> 71年6月至86年5月(0.33) <input type="checkbox"/> 86年5月以後(0)	0.33	1.65
B313	窗台、氣窗造成短柱嚴重性	3	<input type="checkbox"/> 高(1.0) <input type="checkbox"/> 中(0.67) <input checked="" type="checkbox"/> 低(0.33) <input type="checkbox"/> 無(0)	0.33	1.00
B314	牆體造成短梁嚴重性	3	<input type="checkbox"/> 高(1.0) <input type="checkbox"/> 中(0.67) <input checked="" type="checkbox"/> 低(0.33) <input type="checkbox"/> 無(0)	0.33	1.00
B315	加建程度	2	<input checked="" type="checkbox"/> 高(1.0) <input type="checkbox"/> 中(0.67) <input type="checkbox"/> 低(0.33) <input type="checkbox"/> 無(0)	1.0	2.00
B416	柱之損害程度	2	<input type="checkbox"/> 高(1.0) <input type="checkbox"/> 中(0.67) <input type="checkbox"/> 低(0.33) <input checked="" type="checkbox"/> 無(0)	0	0.00
B417	牆之損害程度	2	<input type="checkbox"/> 高(1.0) <input type="checkbox"/> 中(0.67) <input type="checkbox"/> 低(0.33) <input checked="" type="checkbox"/> 無(0)	0	0.00
B418	裂縫鏽蝕滲水等程度	4	<input type="checkbox"/> 高(1.0) <input type="checkbox"/> 中(0.67) <input checked="" type="checkbox"/> 低(0.33) <input type="checkbox"/> 無(0)	0.33	1.32
B519	耐震能力初步評估	50	$w = \frac{d}{3} \left(1 - \frac{A_c}{IA_{475}} \right)$ 當 $0.25 \leq \frac{A_c}{IA_{475}} \leq 1$; $w = 1$, 當 $\frac{A_c}{IA_{475}} \leq 0.25$; 當 $\frac{A_c}{IA_{475}} > 1, w = 0$ (詳肆、定量評估表)	0.468	23.41
分數總計		100		評分總計(P):	38.86

第四章 案例分析

額外評估項目：此部分為外加評分項目，評估人員應就表列「額外增分」、「額外減分」事項 加分最高配分為8分；減分最高配分為5分			
額外 增 分	1	分期興建或工程品質有疑慮	+0
	2	曾經受災害者，如土石流、火災、震災、人為破壞等	+0
	3	使用用途由低活載重改為高活載重使用者	+5
	4	傾斜程度，傾斜程度以 $\frac{1}{200}$ 為嚴重	+0
額外 減 分	1	使用用途由高活載重改為低活載重使用者	-0
額外評分總計(S)：		+5	
總評估分數(R)=P+S=		43.86	

評估 結果	<input type="checkbox"/> $R \leq 25$ ；建築物的耐震能力尚無疑慮
	<input checked="" type="checkbox"/> $25 < R \leq 50$ ；建築物的耐震能力有疑慮
	<input type="checkbox"/> $50 < R$ ；建築物的耐震能力確有疑慮

註：(1) 評估結果僅供後續詳細評估參考用。
(2) 評估內容中w為計算之權重。

肆、定量評估表

建築物重量 W (kgf)	1,930,160.8
混凝土抗壓強度 f'_c (kgf/cm ²)	187
主筋降伏強度 f_y (kgf/cm ²)	2,800
箍筋降伏強度 f_{yv} (kgf/cm ²)	2,800
橫向箍筋斷面積 A_v (cm ²)	1.42
箍筋間距 S (cm)	20
保護層厚度 c (cm)	4

柱類別	柱	柱	柱	一樓柱	二樓柱	柱	左梁	左梁	左梁	左梁	右梁	右梁	右梁	右梁	抗彎破壞控制 (kgf-cm) ($V_{n,coil}$)	剪力破壞控制 (kgf-cm) (V_{sw})	V_{coil} (kgf)	$V_{coil} \times N_{ci}$ (kgf)
	淨寬 (cm) (B_c)	淨深 (cm) (H_c)	斷面積 (cm ²) (A_c)	淨高 (cm) (h_1)	淨高 (cm) (h_2)		根數 (N_{ci})	淨寬 (cm) (B_{sl})	淨深 (cm) (H_{sl})	斷面積 (cm ²) (A_{sl})	斷面積 (cm ²) (A_{sl})	淨寬 (cm) (B_{sr})	淨深 (cm) (H_{sr})	斷面積 (cm ²) (A_{sr})				
邊柱 ($N_{ci}=1$)																		
C1	45	35	19.404	345	320	2	25	55	15.484	15.484	0	0	0	0	11812	16273	11812	23623
C1	45	35	19.404	345	320	1	0	0	0	0	25	55	15.484	15.484	11812	16273	11812	11812
C2	45	35	56.02	345	320	1	0	0	0	0	25	55	15.484	15.484	17628	16273	16273	16273
C3	35	45	58.412	345	320	4	30	55	13.5485	13.5485	0	0	0	0	22170	18551	18551	74205
C3	35	45	58.412	345	320	3	0	0	0	0	30	55	13.5485	13.5485	22170	18551	18551	55653
中間柱 ($N_{ci}=2$)																		
C2	45	35	56.02	345	320	4	30	55	13.5485	13.5485	25	55	11.6635	11.6635	20804	16273	16273	65093
C2	45	35	56.02	345	320	4	25	55	11.6635	11.6635	30	55	13.5485	13.5485	20804	16273	16273	65093
C2	45	35	56.02	345	320	4	25	55	15.484	15.484	25	55	15.484	15.484	20804	16273	16273	65093
C5	45	35	56.02	345	320	4	25	55	15.484	15.484	25	55	15.484	15.484	20804	16273	16273	65093
柱之極限強度 $\sum V_{coil} \times N_{ci}$ (kgf)																	441938	

鋼筋混凝土建築物耐震評估程式增修與應用研究

RC牆混凝土抗壓強度 f'_c (kgf/cm ²)	0
RC牆主筋降伏強度 f_y (kgf/cm ²)	0
四面圍束磚牆砂漿塊抗壓強度 f_{mc} (kgf/cm ²)	100
四面圍束磚牆紅磚之單軸抗壓強度 f_{bc} (kgf/cm ²)	150

RC牆	牆厚度 (cm)	長度 (cm)	高度 (cm)	RC牆鋼筋比	數量 (N_{swi})	單片牆之剪力強度 (kgf)	RC牆剪力強度小計 (kgf)
	(T_b)	(W_b)	(H_b)	(ρ_{sw})		(V_{swi})	($V_{swi} \times N_{swi}$)
RC牆之極限剪力強度 $\sum V_{swi} \times N_{swi}$ (kgf)							
四面圍束磚牆	牆厚度 (cm)	長度 (cm)	高度 (cm)	數量 (N_{bwi})		單片牆之剪力強度 (kgf)	磚牆剪力強度小計 (kgf)
	(T_b)	(W_b)	(H_b)			(V_{bwi})	($V_{bwi} \times N_{bwi}$)
	24	340	290	2		32229.79317	64459.58633
四面圍束磚牆之極限剪力強度 $\sum V_{bwi} \times N_{bwi}$ (kgf)							64459.58633

一樓層極限剪力強度	j=1	j=2	j=3
$V_{uj} = C_{vej} \sum V_{colj} \times N_{ci} + C_{swj} \sum V_{swi} \times N_{swi} + C_{bj} \sum V_{bwi} \times N_{bwi} ; j=1\sim 3$ (kgf)	348496.375	474631.8472	441938.104
新設計建築物之極限剪力強度 $(V_{100})_u = I \left(\frac{S_{ap}}{F_u} \right)_u W$ (kgf)	761448.4356	761448.4356	761448.4356
受評估建築物之降伏地表加速度 $A_{ij} = \frac{V_{uj}}{(V_{100})_u} \frac{IA_{475}}{F_u}$ (g) ; $j=1\sim 3$	0.075516475	0.102849059	0.095764577
$R_j^* = \frac{C_{vej} \times R_{col} (C_{vej} \times \sum V_{colj} \times N_{ci}) + C_{swj} \times R_{sw} (C_{swj} \times \sum V_{swi} \times N_{swi}) + C_{bj} \times R_{bw} (C_{bj} \times \sum V_{bwi} \times N_{bwi})}{C_{vej} \times \sum V_{colj} \times N_{ci} + C_{swj} \times \sum V_{swi} \times N_{swi} + C_{bj} \times \sum V_{bwi} \times N_{bwi}} ; j=1\sim 3$	1.391214169	2.823087641	4
$R_{ij}^* = \begin{cases} 1 + \frac{(R_j^* - 1)}{1.5} & \text{(一般工址)} \\ 1 + \frac{(R_j^* - 1)}{2.0} & \text{(台北盆地)} \end{cases} ; j=1\sim 3$	1.260809446	2.215391761	3
$F_{uj}^* = F_u (T, R_{ij}^*) ; j=1\sim 3$	1.233539173	1.852237437	2.236067977
建築物耐震能力 $A_c = \max[A_{ij} F_{uj}^* ; j=1\sim 3]$ (g)	0.214136103		

R_{col} 、 R_{sw} 及 R_{bw} 與設計年度有關，建議如下：

設計年度	R_{col}	R_{sw}	R_{bw}
63年2月以前	3.2	2.0	3.0
63年2月至71年6月	3.6	2.0	3.0
71年6月至86年5月	4.0	2.0	3.0
86年5月以後	4.8	2.0	3.0

註：j=1為RC牆韌性充分發揮；j=2為磚牆韌性充分發揮；

j=3為構架韌性充分發揮

係數 C_{vej} 、 C_{Rcj} 、 C_{swj} 、 C_{Rsj} 、 C_{bj} 與 C_{Rbj} 建議如下：

		j	1	2	3
V_{col}	C_{vej}	0.65	0.95	1	
	C_{Rcj}	0.35	0.70	1	
V_{swi}	C_{swj}	0.85	0	0	
	C_{Rsj}	1	0	0	
V_{bwi}	C_{bj}	0.95	0.85	0	
	C_{Rbj}	0.45	1	0	

【資料來源：本研究製作】

四、結構模型建立

由上述所示，公有建築物 B 在本研究擬定之初步評估表進行耐震能力評估係有疑慮(表 4.2)，須進入詳細評估確認其結構物耐震能力。

如圖 4.8 所示之 3D 模型，本分析案例不考慮地下室結構、基礎與土壤互制作用等，並假設梁柱接點為完全剛性接合，樓地板構件則使用 ETABS 內建板殼元素模擬。其中，窗台矮牆與隔間牆均設置等值斜撐於受壓側，緊鄰窗台矮牆之窗台柱則以矮牆牆高為基準，細分窗台柱為上下兩部分，如圖 4.9 所示。透過 SERCB 分析，可得有效最大加速度與位移關係如圖 4.10 所示，其 $A_c = 0.182g$ 。根據建築物所在地區以及地盤總類，475 年地震回歸期之需求為 $0.264g$ ，因此公有建築物 B 確實耐震能力不足，亦顯示本研究擬定之建築物耐震能力初步評估方法，確實有效篩選耐震能力不足之建築物。

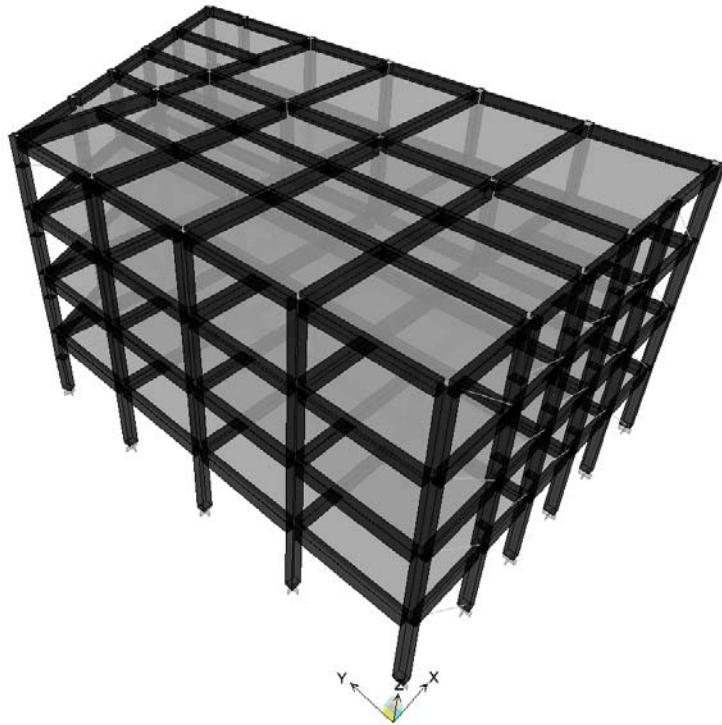


圖 4.8 ETABS 模擬之公有建築物 B 結構立體圖

【資料來源：本研究製作】

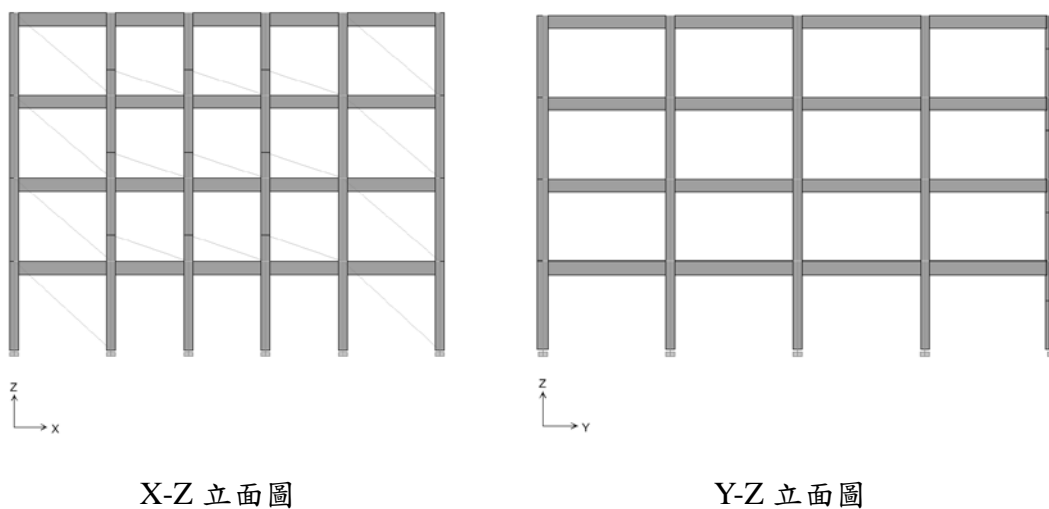


圖 4.9 ETABS 模擬之公有建築物 B 結構正視圖

【資料來源：本研究製作】

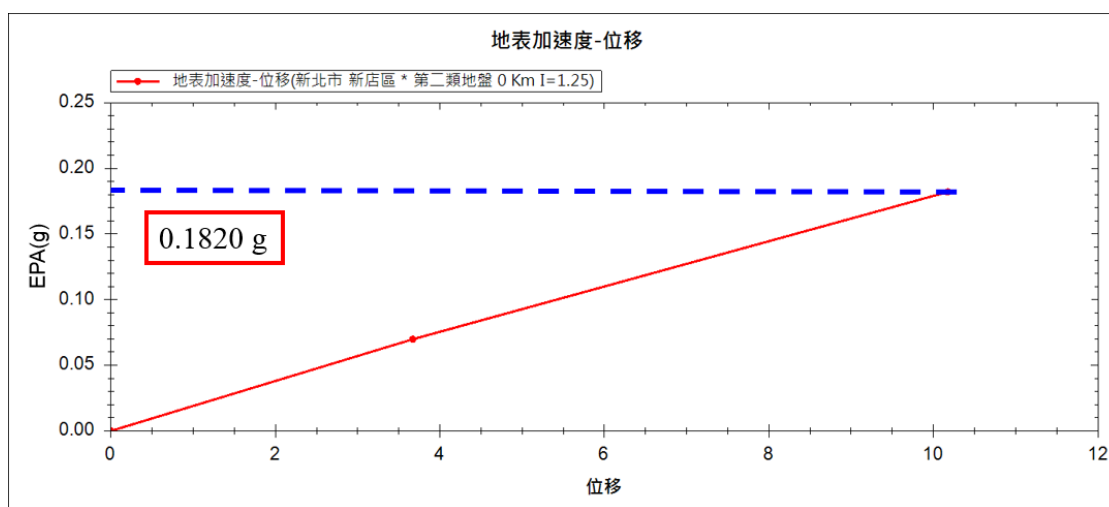


圖 4.10 公有建築物 B 之結構物耐震能力

【資料來源：本研究製作】

第五章 結論與建議

第一節 結論

本研究經蒐集國內外相關初步或快速評估研究報告等，發現國內從 921 地震過後至今已有相當之研究成果，不論在學理或工程上都有相當大的貢獻。經整理可大致將初評表分為定性、定量與兩者結合等。國內最早由蔡益超教授針對評估對象進行耐震評估之初步篩選，針對影響耐震能力之主要因素研擬，進而提出之鋼筋混凝土耐震能力初步評估表。國家地震工程研究中心結合大量統計分析與 RC 理論進而將校舍耐震能力定量化，並參考蔡益超教授之定性給予額外調整因子進而擬定耐震指標。茲將研究成果做以下結論：

1. 本研究擬定之鋼筋混凝土建築物耐震能力初步評估表，係針對影響耐震能力最重要的因素研擬而成。表單共分五大項目：「壹、建築物基本資料」，「貳、建築物平立面圖」，「參、建築物耐震能力初步評估表」，「肆、定量評估」，「伍、現況照片」等，藉此分門別類可使工程師系統化作業。
2. 本研究根據蔡益超教授擬定之定性評估項目，再以 RC 理論與國內「建築物耐震設計規範及解說」為理論基礎擬定定量評估流程。
3. 本研究以兩個案例進行耐震能力初步應用評估，兩案例評估結果皆顯示耐震能力有疑慮，需進行耐震能力詳細評估，同時應用詳細評估程式 SERCB 擬定之塑性鉸進而側推分析，結果顯示耐震能力皆不足。由此可見，本研究研擬之耐震能力初步評估方法與詳細評估法結果原則相符，可有效篩選耐震能力不足之建築物。
4. 本研究針對詳細評估程式(SERCB)操作進行增修，包含構件補強理論分析與程式操作等。
5. 本研究執行期間，分別於高雄、臺中與臺北舉辦共三場講習會，共有 423 人報名參與，藉此回饋使用者經驗，解說程式相關疑問。研究成果普遍獲得認同。

第二節 建議

建議一

立即可行建議：舉辦研討會，將鋼筋混凝土建築物耐震能力初步評估法與 SERCB(含補強模組)推廣至業界

主辦機關：內政部營建署

協辦機關：內政部建築研究所

目前本研究建立之鋼筋混凝土建築物耐震初步評估法，主要目的係能快速篩選耐震能力不足之建築物進行詳細評估，根據目前研究已可反映目的。

然而，電腦定量分析程式係根據 RC 理論與國內「建築物耐震設計規範與解說」撰寫，以及補強模組係基於 SERCB 開發，因此在分析的參數輸入與操作上頗為複雜，想要了解其操作重點與各參數輸入之意義，除閱讀書面報告資料外，最好透過研討會，經研究團隊之講解，可以較快熟悉此套程式之功能與運作。

建議二

中、長期建議：開發鋼筋混凝土建築物耐震初步評估平台

主辦機關：內政部營建署

協辦機關：內政部建築研究所

本研究耐震能力初步評估法中之「定量評估」須根據鋼筋混凝土理論進行迭代分析與計算，並藉由分析結果與耐震設計規範需求推估初步耐震能力。為使實際執行結構物初步耐震能力評估得以快速、即時且易於操作，後續需針對 PSERCB 程式加以擴充，期能提升建築物耐震能力初步評估作業之效率與準確性。

除此之外，建立雲端應用的建築物初步評估資訊管理平台，匯整電腦定量分析程式所建立之評估資訊，協助建築物管理單位進一步管理或評估需要進行詳細評估之優選排序，以達更有效管理建築物安全之目的，透過初步評估平台，可集

中管理各區/單位所進行之初步評估結果及基本資料，未來可透過巨量資料處理技術，提供防災型都市更新等相關政策擬訂或推廣之參考。

建議三

中、長期建議：鋼筋混凝土建築物耐震初步評估之收費制度

主辦機關：內政部營建署

協辦機關：內政部建築研究所

根據專家座談彙整建議，本研究研擬之初步評估方法較現行方法提升不少準確度與可靠度。針對特定地區為數龐大的老舊建築物進行評估，有效篩選建築物耐震能力不足之情況，作為都市防災政策規劃或後續詳細評估之參考。使用者只需填寫一些基本資料即以定性與定量方式，迅速完成建築物耐震能力初步評估作業。

本研究成果推廣至業界時，工程師需量測梁、柱與牆體尺寸、以及一樓與二樓淨柱高，使得作業量較以往略為增加，因此需審視目前建築物耐震初步評估費用之合理性，檢討現行收費制度。

附錄一 初審簡報專家審查意見與答覆

評選委員發言單及廠商回應一覽表

項次	評選意見	廠商回應
1	ETABS 模型檔有時候轉匯出 SERCB 輸入檔，斷面性質匯不出，請問是否有結構特殊條件限制。	目前本程式僅支援矩型斷面及圓型斷面，若使用者於結構模擬上有誤，就會造成程式無法讀取之錯誤。
2	建議提供執行範例供使用者參考。	此次研究會提出更詳細的範例供參考。
3	剪力強度請考量構件梁柱實際配筋量之影響，端點與中央段配筋量一併列入計算強度。	在之前研究中，已有蒐集國內外相關實驗資料，並未有重大破壞。若有特別案例，本程式亦可提供相關塑鉸設定以供參考。
4	初步評估建議仍以定量為準，蔡教授之初步評估定性轉定量化處理，兩者合併之取捨請多考量，另外短柱、極短柱之效應請加重權重評比要素。	本研究會召開專家學者座談會議，將相關考量納入初步評估中。
5	網站解說即時回復部分，建議加強。	遵照委員意見辦理。
6	專家座談建議擴大舉行。	遵照委員意見辦理。
7	請補充創意及回饋。	本研究會納入國外較廣為應用的性能設計法，並於未來可建立自動化初評系統，透過 GPS 與地理資訊系統便可知該建物之耐震能力。
8	範例宜說明各參數之合理使用數據，以避免誤用。	關於分析各參數，大部分為使用者自行定義來施作，此部分是屬於工程師應有之觀念，非程式強制規定要求。
9	是否只適用於低矮形，抑或各種型態宜說明清楚。	目前本程式並無樓層數限制，先前研討會議有邀請業界工程師針對平立面不規則使用本程式進行演講。
10	材料強度在老舊建築物中如可折減，應予建議，以符合需求。	目前有遇到老劣化之建物，通常建議縮小其斷面再進行分析，若折減鋼筋強度可能造成韌性增加之疑慮。

11	本研究將完成一份詳細介紹 SERCB 程式之手冊，為了讓手冊完成後可為更多使用者接受，更易操作，建議專家座談會選擇適當時間召開，廣納各方意見做為手冊編纂重要參考。	遵照委員意見辦理。
12	本研究詳評部分已執行多年，成果亦為外界所肯定。惟請研究團隊能明確提出本年度未來研究成果與往年之差異性，以及可能之創意與亮點。	本年度將會以性能設計法及性能檢核為主，此為目前世界皆在推行之方法，除此之外，初步評估的部分，如定義好表格後，未來將可朝向系統化。
13	請研究團隊先確立本研究另一成果應為快速評估法或是初步評估法，並據以執行下去。另簡報內容多提及地震中心與學校建築之資訊，故建議應先釐清未來成果與地震中心的差異，以及可能的創意與亮點。	本研究團隊建議應為初步評估法，先初步評估後再進行詳細評估。國震中心目前所提供多為一般民眾參考之用，而本研究執行將針對專業人員評估使用擬定表格，進而瞭解建築耐震能力，並希望在未來可以將其系統化。
14	簡易評估尤其著重在防災型都市更新之應用，宜掌握都市更新及其在劃分重改建，非在針對各案建築之評估分類，並應掌握都市更新作業人力、專業人力需要及過去作業方式。並要儘速提出，密集召開專家諮詢會議及工作小組會議，在期中前即能提出定案版本。如有達到技術需要及應用性，本所將提送本部認可送營建署，成為各縣市政府評估參考，並應整理本所資料納入評估作業。	期中將會擬定初步評估表，並於期中前辦理多次專家座談，納入專家意見。
15	本詳評程式及研究以往績效良好，但到底有多少使用者，及國內已有多少幢(棟)建築物、多少面積採用，其量化效益如何，宜收集整理，以展現亮點及業務科技中綱計畫績效。	目前校舍多採用 NCREE，惟最近有關醫院、政府機關建築多採用 SERCB，而未來希望可透過政府公權力蒐集與統計建立整個系統。
16	目前公開之簡易、初評、詳評的特性、差異宜予表達。	執行過程中，將收集國內外文獻，並納入成果中。

附錄二 期中報告審查委員意見與答覆

一、時間：103 年 7 月 25 日（星期五）上午 9 時 30 分

二、地點：本所簡報室

三、主持人：陳組長建忠

記錄：黃郁潔

四、出席人員審查意見（依發言順序）：

（一）「**鋼筋混凝土建築物耐震評估程式增修與應用研究**」案：

簡副處長裕榮：

1. 評估方式需配合行政系統，且需劃分整建或重建。
2. 簡化初步評估表格。

林教授炳昌：

1. 期中報告第 10 頁，日本地震受害建築物應應危險程度的檢定手冊內容應該為震後危險建物的緊急評估法，並不適用於本計畫內容。
2. 初步評估法之定性分析，其 R 值的評斷標準應該需要較多的案例資料佐證之合理性。若與定量分析結果不同，如何抉擇。
3. 定量分析主要依據構材之強度估算，若採用國震中心校舍資料，應評估對於較新、較高建物是否合宜。且氯離子含量之耐久性影響，並未包含在內。
4. 第 32 頁式(3.1)有誤，請修正。

洪副教授盟峰：

1. 請補充建築物耐震能力初步評估表之各大項配分之理由，另外，每細項本身有配分亦有權重，可能產生混淆，亦請補充說明。
2. 書面報告將”建築物傾斜程度”列入額外增分，但口頭報告並無列入，請說明。

曹教授文琥：

1. 簡報第 66 頁主筋降伏強度比箍筋降伏強度低？

2. 報告書第 49 頁至第 52 頁出現橋柱，是否書寫錯誤。

鍾協理俊宏：

1. 期中研究成果豐碩可行，符合實務應用需求。
2. 耐震能力初步評估表，可於現況進行資料庫建立，建議研擬整體資料庫及建物調整可行性。
3. 老舊建物多數無圖說可查詢，請斟酌定量分析之可行性與影響。
4. 各項目配分權重略做說明，並徵詢各公會及專家學者意見。

蔡理事長仁捷：

1. 都更重建、整建、維護部分，針對未滿 30 年建築物而需重建時，應建立簡易評估程式。
2. 針對鋼筋混凝土初步評估外，應再考量其他加強磚造、輕鋼架(廠房)等之簡易評估方式(程式)。

廖建築師慧明：

1. 日本耐震診斷法分 3 階段評估，1 診：圖書資料可簡算其柱量與含牆量，並計算出 I_s 值。2 診：計算各層柱之極限強度並計算短柱效應與剪力牆的極限剪力進而算出 I_s 值，一般比 1 診小。3 診：柱之兩端應為韌性梁或用韌性立體剛構分析而得之 I_s 值(一般最小)。因此，神戶大地震後，日本高層 RC 建築開始用非線性動力分析方法求 I_s 值。

內政部營建署張國璋：

1. 實務上，老舊建築物平立面圖取得不易，如何進入 PSERCB 程式。
2. 違建部分，如何將柱、梁、牆、載重及花台等參數填入程式。

陳組長建忠：

1. 都市更新的建築物，常見的並非學校建築，而是以住宅為主，是否增列評估案例。
2. 都更如何運用本簡易評估表宜乎多著墨操作及判別方法。

研究單位回應：

1. 本研究研擬之初評表主要填寫資料為建築物各構件尺寸，提供予工程師根據專業判斷填入，其中主筋部分需填入鋼筋比，箍筋則須箍筋號數及間距。
2. 目前初評表填寫資料不多，不需耗費時間填寫，並且皆由程式自動計算，無需耗費人力計算時間。因此，半天兩人完成一棟建築物耐震能力初步評估係為可行。
3. 本研究初期為蒐集建築物現地調查所需項目。因此，參考本報告書第 10 頁日本文獻，本研究將更進一步審視，若較無與本研究相關將於期末報告刪除。
4. 本研究目前針對經國震調查之校舍進行案例分析，係因為此案例具有現地實驗資料，可先行驗證詳細評估結果，再給予簡化進而驗證本研究之初步評估方法。未來將針對社區中心房屋建築及公有建築物進行初步與詳細評估分析，以驗證本初評表配分權重之合理性。
5. 本研究初步評估表各項調查因子之配分，係根據文獻進而擬定，其各項配分考量因素，將彙整於期末報告。
6. 本研究案例分析之材料參數係根據國家地震工程研究中心所進行之現地實驗報告，現地實驗之主筋降伏強度確實比箍筋降伏強度低。

附錄三 期末報告審查委員意見與答覆

一、時 間：103 年 11 月 13 日（星期四）下午 2 時 30 分

二、地 點：本所簡報室

三、主持人：陳組長建忠

記錄：張曉婷

四、出席人員審查意見（依姓氏筆畫順序）：

（一）「鋼筋混凝土建築物耐震評估程式增修與應用研究」案：

林教授炳昌：

3. 初步評估表需知悉梁、柱尺寸及鋼筋量資料，若缺乏鋼筋量資訊，應如何處理。
4. 簡報第 24 頁中 R_{col} 值以設計年度之標準設定，但台灣地區於民國 84 年以前，柱箍筋 90°彎鉤、無繫筋及圍束區箍筋量不足之問題，其值似乎偏高，此設定值 $R_{col}=4.0、3.6、3.2$ 是否能發生理想的韌性值，另外評估時應如何彌補上述之缺失可能。

邱教授昌平：

5. 適用範圍宜明敘為僅用於”既有” RC 建築物(不含加強磚造)之定量耐震能力初步評估法，不宜採用於震後已震損之危險建築物之快速評估法。
6. 研究內容主要係完成初步評估法之表格(單)，分為五大項目及其各項之填寫或計算，以兩建築物為例說明，另外使用 App 與 Web Service 加強操作手冊之內容，成果良好。
7. 初步評估表是否適用於高樓層建築物，宜探討並說明之。

洪副教授盟峰：

3. 開發程式能支援 ETABS、MIDAS 及其新版本，且開發 APP 可以行動裝置執行，予以肯定。
4. 簡報第 21 頁中，在評估表內，有關”定性”部份，額外增分中第四項「傾斜程度以 1/200 為嚴重」，似乎未表達完整，是否有不同傾斜程度予以配分(0~8 分)，宜做精確之定義。同樣「由低活載重改為高活載重使用者」之配分是否與變更使用載重百分比做適當配分，額外減分部份亦須詳細

說明。

陳組長建忠：

3. 在都市更新階段的耐震部份，名稱是快速、簡易還是初步評估，請深入探討分析，另外在都市更新階段所需注意或操作之項次予以文字化。

蔡理事長仁捷：

5. 本研究對都更地區建築物耐震能力分級有很好的評估量化價值，但本研究宜有章節明確敘述在都市更新各階段操作、計算方式及判斷標準。

薛組長強：

3. 國內針對既有建築物實施耐震評估已行之有年，既有初步評估也已有數種不同評估方法，據悉計有方法與詳評結果經資料庫比較，有 80% 以上的可靠度，本評估法能否有類似數據，以顯示改用此法之必要性。
4. 評估方法的各項參數權重如何訂定，請補充說明。
5. 實例分析以 SERCB 詳評結果做比較基準，國震中心已有需多相關資料可使用，是否可納入參考。
6. 請補充建議方法之流程圖，以方便使用者應用時瞭解特殊情況應如何因應，例如：無鋼筋資料或不足時。
7. 研究成果豐富，值得肯定。

鍾協理俊宏：

1. 研究成果豐碩且合理可行，值得嘉許。
2. 多數低矮之加強磚造建築，若只考量四面圍束之磚牆是否偏保守
3. 老舊建物多數無圖說可查詢，請斟酌定量分析之可行性與影響。
4. 各項目配分權重略做說明，並徵詢各公會及專家學者意見。

研究單位回應：

7. 本研究為使建築物耐震能力初步評估更加準確，定量評估希冀工程師填入梁柱鋼筋量，如無法獲得結構設計圖說，建議根據設計年度對應之設計規範與工程師經驗給予填入，儘量以鋼筋探測儀器於現場進行掃描，獲得鋼筋量進而填入耐震能力初步評估表單中。
8. 根據案例 A 與 B 進行耐震能力初步評估成果顯示，本研究由位移韌性 R 值計算而得之地震力強度折減 F_u 結果合理，未來可藉由更多分析案例回饋至本研究之韌性位移。
9. 實際建築物除四面圍束還有窗台磚牆、三邊圍束等情況，如皆全面考量使得耐震能力初步評估更加複雜與更多作業時間，因此本研究研擬之耐震能力初步評估表單目前僅考慮四面圍束偏磚牆，可獲得較偏保守之耐震初評結果。
10. 老舊建築物如無法獲得結構設計圖說，可於現場採用手繪製平立面圖，此部分有助工程師判別建築物平立面之對稱性以及軟弱層顯著性。
11. 未來研究可根據若干個案例進行耐震能力初步評估與詳細評估分析，擬定出各項目最佳配分權重比例關係等，令初步評估表能反應結構物之實際情況。
12. 未來研究針對各項定性評估可進行更精確之定量化研擬，使得工程師進行耐震能力初步評估時可有所遵循。
13. 本研究主要研擬建築物耐震能力初步評估方法與表單，都市更新所需考量之面向相當廣泛，希冀未來研究針對都市更新各階段操作、計算方式及判斷基準研擬一套評估流程。

附錄四 內部會議

內政部建築研究所 103 年度協同研究計畫
建築先進技術創新開發與推廣應用計畫
第 1 案-鋼筋混凝土耐震評估程式增修與應用研究

內部會議

開會時間：103 年 04 月 03 日(星期四) 下午 2 時

開會地點：新北市新店區北新路 3 段 200 號 13 樓討論室(一)

主持人：陳組長建忠

記錄：邱毅宗

專家學者建議事項：

謝助理研究員宗興：

1. 初擬表格中所需計算之參數暫時皆為假設，未來是否可根據專業人員於現場之判斷進行修改？
2. 如果說現場專業人員無法判別牆之種類時，是否可自動歸類為最弱之種類，藉此較保守計算？

盧副研究員珽瑞：

1. 表格應用於未來時，應需要採用上課認證方式，進而訓練與教導專業人員使用。
2. 未來應用是否可依據建築物使用區別分類(如商業區、住宅區等)，於評估時是否會有差異？

意見回覆：

1. 表格計算之假設條件，均可由現場專業人員判別進而修改與計算。
2. 計算所需之判別，均交由專業人員於現場執行，亦可透過研討會或上課方式進而認證。
3. 此表格主要評估建築物耐震能力初步成果，皆以設計與建造完成後之建築物進而評估，與商業區或住宅區分類較無關聯。

散會

附錄五 專家座談會審查意見與答覆

第 1 次專家座談會

內政部建築研究所 103 年度協同研究計畫

建築先進技術創新開發與推廣應用計畫

第 1 案-鋼筋混凝土建築物耐震評估程式增修與應用研究

第 1 次專家座談會

開會時間：103 年 04 月 18 日(星期五) 下午 2 時 30 分

開會地點：新北市新店區北新路 3 段 200 號 13 樓討論室(一)

主持人：宋教授裕祺

專家出席人員:(依照姓名筆劃排序)

石副研究員榮豐、江理事長世雄、林副研究員祺皓、
高建築師豐順、陳建築師鵬欽、蔡理事長榮根

會議記錄:黃郁絜

專家建議事項:(依照姓名筆劃排序)

石副研究員榮豐:

1. 目前評估方法或評估表是否能對各別之地震情境做分析?

江理事長世雄:

1. 一般規範假設之基本震動週期為 $0.07h_n^{\frac{3}{4}}$ 是用於無牆的純構架系統，但一般結構評估皆有牆的作用，因此在邏輯上會有點小矛盾。
2. 現況於結構分項增建部分是滿嚴重，但目前評估表對結構增建部分是如何考量，若無考量應在評分表項目中增加結構增建。
3. 目前老舊建築鑑定多為海砂屋，碰到氯離子的情況滿多，其裂損現象不一定會馬上顯現，但氯離子對於結構會造成一些負面效應，因此評分表是否應該反映此問題。
4. 若結構對於地震作用下兩個方向反應不清楚，是否兩方向皆要分析?
5. 未來此詳評表是否會納入都更評分表中?

林副研究員祺皓:

1. 計算一樓極限剪應力的係數值是否再確認檢核，因目前計算結果有過高的情況。
2. 評估表可能不是專業人員填寫，因此房屋類別是否再詳細一點，例如按照房屋興建年代。

高建築師豐順:

1. 關於結構增建部分需做強度評估，例如屋頂增建部分可能實際上是有使用，因此評估分數比重需提高會比較恰當，但有時增建是做雨披擋雨，此時評估分數比重可以降低。
2. 結構物是否遭受氯離子侵襲，可由保護層剝落或鋼筋鏽蝕來判斷，因此評估表項目對氯離子評估需做詳細。
3. 電子化表單是否考慮雙螢幕，因在操作上會比較容易。

陳建築師鵬欽:

1. 評估表已考慮量化部分，但比重是否重新斟酌，例如:結構系統的比重是否調高。
2. 若結構無圖說，而將混凝土抗壓強度假設為 160 是否偏高，一般既有結構物的混凝土抗壓強度多為 100 左右，因此評估表之混凝土抗壓強度假設是否重新斟酌。
3. 建築物基本資料須納入結構構造，且建築物之高寬比及長寬比亦須納入。
4. 目前存在許多磚造建築，因此評分表於磚造結構是否也適用。

蔡理事長榮根:

1. 原本初評表評分方式在於定量及定性各佔 50 分，單看結構系統優劣是在定性裡面判別，但結構系統不好，地震來臨時結構破壞機率是滿高，而定量是看柱牆之面積大小，當結構系統不好時，在評分表內所佔的比例就降低，所以應該將結構系統所佔之比例提高，會比較符合實際情況。
2. 對於結構牆量較多時混凝土抗壓強度可以用 160kgf/cm^2 ，但以往既有結構所作鑽心試驗後公有建築或校舍所得的混凝土強度一般大於 150kgf/cm^2 的很少。

意見回覆:

1. 建築物會要求填寫其基本尺寸。
2. 若時間允許，關於 PSERCB 雙螢幕功能本研究團隊將納入考量。
3. 混凝土抗壓強度不一定要用 160kgf/cm^2 ，本研究所開發之 PSERCB 可依其建築物之混凝土抗壓強度做修改。
4. 關於結構增建部分，已納入評估表內。
5. 結構系統之分數比重，經本次專家座談之委員意見將進行修改。
6. 初評表對氯離子評估是無直接關係，若是氯離子社區則須儘快做都更。
7. 依照結構對地震作用下，哪一方向反應較弱者做分析，如無法直接判別則兩向建議皆進行評估。
8. 目前評估表之基本振動週期皆，係根據建築物耐震設計規範與解說之規定計算。

9. 未來於評估表將會增寫各項目之說明，以利使用者清楚明瞭。
10. 目前評估表優先考量 RC 構造。
11. 關於計算一樓極限剪應力的係數值還會再確認檢核。

散會

第 2 次專家座談會

內政部建築研究所 103 年度協同研究計畫

建築先進技術創新開發與推廣應用計畫

第 1 案-鋼筋混凝土建築物耐震評估程式增修與應用研究

第 2 次專家座談會

開會時間：103 年 06 月 13 日(星期五) 下午 2 時 30 分

開會地點：新北市新店區北新路 3 段 200 號 13 樓簡報室

主持人：宋教授裕祺

專家出席人員:(依照姓名筆劃排序)

石榮豐 副研究員、柯鎮洋 總經理、洪啟德 理事長、婁光銘 理事長、
藍朝卿 理事長、黃沛永 建築師、陳鵬欽 建築師。

會議記錄:黃郁絜

專家建議事項：

石副研究員榮豐：

1. 研究團隊開發軟體未來是否能提供防災型都更研究案中，舉辦說明會調查名眾對防災型都更意願之輔助工具嗎？
2. 目前評估表中，是否考量山腳斷層。

柯總經理鎮洋：

1. 簡報第 17 頁建築物基本資料中，結構物位於不同縣市，且一棟建築物樓層數不同，在 PSERCB 內如何填寫，才不會造成混亂？
2. 簡報第 20 頁於額外增分中，水災應該改寫成土石流會比較好。
3. 簡報第 21 頁邊柱分為三種，如何區分？且中間柱亦分為三種，如何區分？

婁理事長光銘：

1. 整棟建築於工址或地盤種類權重方面，建築物的損壞與近斷層帶較相關？
2. 高窗、氣窗或短柱部分，分為高中低及無，應如何區隔並確實反映真實情況？是否有明確量化之標準？
3. 於定量評估表中，建築物重量假設為 1 噸，此部分是否讓評估者依據建築物現況填寫。

藍理事長朝卿：

1. 結構基礎型式運用在既有 RC 結構且為低矮樓，因設計年代久遠無設計圖存在，對於建築有無繫梁之判別較為困難，大多只能用猜測得知。梁的跨深比或柱的高深比定義如何？是否能將梁的跨深比和柱的高深比結合在一起？
2. 建議結構重量可分為 5 層樓以下為一種重量，而 5 至 12 層樓為另一重量。
3. 建議耐震評估表名稱更改為初步耐震評估表。

陳建築師鵬欽：

1. 建議定量評估表之結構重量，開放給予評分者根據用途不同填寫較好。
2. 實務於初評對梁柱尺寸量測，常以隨機抽樣方式量測梁柱尺寸。
3. 若運用 PSERCB 填寫評估表資料，需於現場將評估表填寫完畢嗎？

洪理事長啟德：

1. 老屋健檢傾斜超過二百分之一時，是否將其納入評分表中？

黃建築師沛永：

1. 是否提高短柱效應之權重？
2. 評分表於額外增分項目中，低活載改為高活載部分，一般公部門的廳舍常改為密集式檔案室，因此，於此部分是否依據其比例關係做加權，以利反映真實情況。

意見回覆：

1. 今年十月底結案後，本研究團隊開發軟體透過建研所向營建署完成認證手續，對相關單位推動此軟體會具有法定之依據。
2. 目前中央地調所對山腳斷層歸類為第二類活動斷層。本研究擬定之評估表係根據建築物耐震設計規範中之規定考慮第一類活動斷層。
3. 邊柱及中間柱可依據不同尺寸再細分，邊柱通常單邊梁才會有影響，而中間柱則應該再加左及右梁做區分。
4. PSERCB 編碼會依據郵政區號編列，於 921 地震後採用過此編碼方式。
5. 連棟部分我們還是以結構體為主做編碼。
6. 評分表額外增分會將水災更改為土石流。
7. 評估表將把建築物傾斜，列入額外增減分項目。
8. 建築物於工址與地盤種類之權重相較下，地盤種類之權重較高，因地盤錯動相當重要。
9. 短柱、短梁部分會寫解說，使評分者了解，若需定量就較為困難，因此，需藉由技師判別。
10. 建築物重量會開放給評分者修改，PSERCB 程式中預設 $1\text{tf}/\text{m}^2$ 計算。
11. 低活載重改為高活載重部分，面積比例之加權，需依據整體樓地板總面積比例計算，若真的去做評估運算困難度會提高，因此，於評分表中才以 1 樓為主。
12. 會將耐震評估表更正為初步耐震評估表。
13. 目前 PSERCB 開發時，程式中含有暫存功能，因此不一定需於現場填寫完畢。

散會

第 3 次專家座談會

內政部建築研究所 103 年度協同研究計畫

建築先進技術創新開發與推廣應用計畫

第 1 案-鋼筋混凝土建築物耐震評估程式增修與應用研究

第 3 次專家座談會

開會時間：103 年 09 月 25 日(星期四) 下午 2 時 30 分

開會地點：新北市新店區北新路 3 段 200 號 13 樓簡報室

主持人：宋教授裕祺

專家出席人員:(依照姓名筆劃排序)

巫垂晃 監事、施義芳 理事長、洪迪光 建築師、曹文琥 教授、
郭世榮 教授。

會議記錄:黃郁潔

專家建議事項：

巫監事垂晃：

1. 初評表之評估結果是否與目前現行耐震詳評之評估結果做比對，以作為驗證之標準。
2. 定量評估之配分達 50 分，其主要依據及合理性何在?新舊初評表之配分調整(定性)原則何在?
3. 初評表是否能應用於高模態之建築物?
4. 初評表是否適用於各結構型態之建築物，例如加強磚造、鋼骨、木構造等，若初評表能適用於各結構型態之建築物，則結構型態如何納入本表以評估其安全性。
5. 由於評估項目考慮甚多且嚴謹，因此，增加評估成本，建議將其評估費用由 6,000 元提高至 30,000 元以上。
6. 對於結構有無配筋之評估方式是否予以區分。

施理事長義芳：

1. 本案初評表與既有評估表配分方式差異甚多，所增定量分析配分 50 分之訂定考量為何?
2. 新舊初評表分數標準有所差異，日後使用之依循如何?是否會有兩套標準?
3. 本案輸入資料比以往多出許多，對業主經費負擔亦比以往較高，是否會因費

用關係而無法被推動。

4. 計畫完成後，建議與相關專業公會辦理講習會，以利推廣本初評表。

郭教授世榮：

1. 本初步評估表將定性與定量分析相結合，其研究成果值得肯定。
2. 本計劃提出定量分析求得之 A_c 後，接著進行評分，但評分公式可否調整當 $A_c \leq 0.3IA475$ 條件下，設定權重為 1。

曹教授文琥：

3. 於簡報第 20 頁 RC 建築物快速耐震評估表中，項目 B104 液化潛能，在一般情況是不容易填寫，需要有專業協助，而項目 B207、B208 對稱性判別結果可能會因人而異。
4. 整體工作在鋼筋混凝土建築物耐震評估程式研究，內容非常詳細，亦附帶額外之 PSERCB 與 Web Service 開發，成果相當好，值得肯定。

洪建築師迪光：

1. 填寫表格時，如能預設係數值，對填寫資料有許多方便性，應朝此方向發展。
2. PSERCB 採 Android 系統，若使用者為 IOS 系統，應如何處理？
3. 圖面資料及實際施工於箍筋間距及保護層厚度會有差異，如何填寫較好。
4. 評估表分數結果 $R \leq 25$ 、 $25 < R \leq 50$ 、 $50 < R$ 三級制，因 $25 < R \leq 50$ 差距甚大，三級制是否改為五級制。

研究單位回應：

1. 本團隊已考量輸入資料之可行性，且本初評表僅考慮 1 樓部分，因此，初評表需填寫資料不算過多。
2. 計畫完成後，我們希望與各相關專業公會辦理講習會，推廣 RC 建築物耐震能力初步評估表。
3. 定量與定性目前配分先暫訂各半，未來會多做案例分析來調整其比例關係，令此初評表之評估結果能反映結構物之實際情況。
4. 計畫完成後，會將評估經費問題寫入建議事項，致使目前評估經費能有所調

整。

5. 定性部分需由技師填寫，而定量部分 PSERCB 會自動計算，因此可避免一些人為因素使評估結果差異甚大。
6. 關於配分權重問題，未來考量應用最佳化方式或案例分析，將配分權重調整至最好之比例關係。
7. 為因應快速評估結構物之耐震情況，因此，本評估表不適用於高模態之建築物，但相當適用於柔弱底層之建築物。亦會於報告書內註記本評估表適用何種建築物，以利使用者了解。
8. 關於建築物配筋問題，若無結構物之設計圖，建議能依據建築物設計年代所使用的鋼筋量 ρ 值或使用鋼筋掃描器做檢測得知結構物配筋。
9. 本團隊未來可考量針對具有短柱效應之構架進行案例分析，以了解其行為模式為何，再與磚牆、RC 柱做比對，以利制訂結構物具有短柱效應時，應給予多少配分權重，使初評表能更加精準。
10. 將考量 $(A_c/0.1A_{475}) \leq 0.25$ 時，設定權重為 1。
11. 當初制訂評估結果 R 值之範圍為三級制，係使公家機關方便應用，若定義範圍太多，怕公家機關編列預算時會難以應用。基本上 R 值超過 25 分，我們就認定結構物有疑慮，需進行耐震能力詳細評估。
12. 建築物若無結構設計圖，可依據規範之規定填寫保護層厚度。
13. 本初評表主要應用於 RC 構造之建築物，因此，目前對於其他構造之建築物是不適用，惟加強磚造亦可採用。

附錄六 公有建築物 A 定量評估表分析

(1) 強柱弱梁之柱頂彎矩強度計算

a. 柱 C1 的柱頂彎矩以邊梁 G2 計算

Step1 代入公式(3.2、3.3、3.4)，由力平衡方程式公式(3.5)，並求解可得中性軸 x

$$C_{c,bR} = 0.85 f'_c \beta_1 x B_{bR} = 0.85 \times 170 \times 0.85 \times x \times 25 = 3,070.625 x \text{kgf}$$

$$C_{s,bR} = A'_{s,bR} \left(\frac{6120}{x} (x - d'_{bR}) - 0.85 f'_c \right) = (2.865 \times 11 \div 2) \times \left(\frac{6,120(x - 4)}{x} - 0.85 \times 170 \right)$$

$$T_{s,bR} = A_{s,bR} \frac{6120}{x} (d_{bR} - x) = (2.865 \times 11 \div 2) \times \frac{6,120}{x} (46 - x)$$

$$\therefore T_{s,b} - C_{c,b} - C_{s,b} = 0 \rightarrow \therefore x = 19.2985 \text{cm}$$

$$\therefore C_{c,bR} = 59,258.47 \text{kgf} ; C_{s,bR} = 74,170.68 \text{kgf} ; T_{s,bR} = 133,429.14 \text{kgf}$$

Step2 代入公式(3.6)，求出其柱對應之彎矩 M_{bL} 與 M_{bR}

$$\begin{aligned} M_{bR} &= C_{c,bR} \left(d_{bR} - \frac{a}{2} \right) + C_{s,bR} (d_{bR} - d'_{bR}) \\ &= 59,258.47 \left(46 - \frac{19.2985 \times 0.85}{2} \right) + 74,170.68 (46 - 4) \\ &= 5,355,028.036 \text{kgf-cm} \end{aligned}$$

Step3 代入公式(3.8)，即可推求柱頂彎矩 $M_{CT,b}$

$$V = \frac{M_{bL} + M_{bR}}{0.5h_2 + 0.4h_1 + H_b} = \frac{5,355,028.036}{(0.5 \times 290 + 0.4 \times 290 + 50)} = 17,218.74 \text{kgf}$$

$$M_{CT,b} = 0.4h_1 V = 0.4 \times 290 \times 17,218.74 \times 10^{-5} = 19.97374 \text{tf-m}$$

b. 柱 C2 的柱頂彎矩以兩邊梁 G2、G3 計算

根據上述之 Step1~3 計算，即可推求柱頂彎矩 $M_{CT,b}$

$$V = \frac{4,690,111.08 + 4,690,111.08}{(0.5 \times 290 + 0.4 \times 290 + 50)} = 30,161.49 \text{kgf}$$

$$M_{CT,b} = 0.4 \times 290 \times 30,161.49 \times 10^{-5} = 34.98732 \text{tf-m}$$

c. 柱 C3 的柱頂彎矩以邊梁 G1 計算

根據上述之 Step1~3 計算，即可推求柱頂彎矩 $M_{CT,b}$

$$V = \frac{5,355,028.04}{(0.5 \times 290 + 0.4 \times 290 + 50)} = 17,218.74 \text{ kgf}$$

$$M_{CT,b} = 0.4 \times 290 \times 17,218.74 \times 10^{-5} = 19.97374 \text{ tf-m}$$

d. 柱 C4 的柱頂彎矩以邊梁 G1 計算

根據上述之 Step1~3 計算，即可推求柱頂彎矩 $M_{CT,b}$

$$V = \frac{4,349,980.14}{(0.5 \times 290 + 0.4 \times 290 + 50)} = 13,987.07 \text{ kgf}$$

$$M_{CT,b} = 0.4 \times 290 \times 13,987.07 \times 10^{-5} = 16.22501 \text{ tf-m}$$

e. 柱 C4 的柱頂彎矩以兩邊梁 G1、G4 計算

根據上述之 Step1~3 計算，即可推求柱頂彎矩 $M_{CT,b}$

$$V = \frac{4,349,980.14 + 5,355,028.04}{(0.5 \times 290 + 0.4 \times 290 + 50)} = 31,205.81 \text{ kgf}$$

$$M_{CT,b} = 0.4 \times 290 \times 31,205.81 \times 10^{-5} = 36.19874 \text{ tf-m}$$

f. 柱 C5 的柱頂彎矩以邊梁 G4 計算

根據上述之 Step1~3 計算，即可推求柱頂彎矩 $M_{CT,b}$

$$V = \frac{4,002,773.97}{(0.5 \times 290 + 0.4 \times 290 + 50)} = 12,870.66 \text{ kgf}$$

$$M_{CT,b} = 0.4 \times 290 \times 12,870.66 \times 10^{-5} = 14.92996 \text{ tf-m}$$

g. 柱 C6 的柱頂彎矩以邊梁 G5 計算

根據上述之 Step1~3 計算，即可推求柱頂彎矩 $M_{CT,b}$

$$V = \frac{3,646,185.50}{(0.5 \times 290 + 0.4 \times 290 + 50)} = 11,724.07 \text{ kgf}$$

$$M_{CT,b} = 0.4 \times 290 \times 11,724.07 \times 10^{-5} = 13.59992 \text{ tf-m}$$

h. 柱 C7 的柱頂彎矩以兩邊梁 G5、G6 計算

根據上述之 Step1~3 計算，即可推求柱頂彎矩 $M_{CT,b}$

$$V = \frac{4,690,111.08 + 4,349,980.14}{(0.5 \times 290 + 0.4 \times 290 + 50)} = 29,067.82 \text{ kgf}$$

$$M_{CT,b} = 0.4 \times 290 \times 29,067.82 \times 10^{-5} = 33.71867 \text{ tf-m}$$

i. 柱 C8 的柱頂彎矩以兩邊梁 G6、G7 計算

根據上述之 Step1~3 計算，即可推求柱頂彎矩 $M_{CT,b}$

$$V = \frac{4,690,111.08 + 4,690,111.08}{(0.5 \times 290 + 0.4 \times 290 + 50)} = 30,161.49 \text{ kgf}$$

$$M_{CT,b} = 0.4 \times 290 \times 30,161.49 \times 10^{-5} = 34.98732 \text{ tf-m}$$

j. 柱 C9 的柱頂彎矩以邊梁 G7 計算

根據上述之 Step1~3 計算，即可推求柱頂彎矩 $M_{CT,b}$

$$V = \frac{3,646,185.50}{(0.5 \times 290 + 0.4 \times 290 + 50)} = 11,724.07 \text{ kgf}$$

$$M_{CT,b} = 0.4 \times 290 \times 11,724.07 \times 10^{-5} = 13.59992 \text{ tf-m}$$

k. 柱 C10 的柱頂彎矩以邊梁 G8 計算

根據上述之 Step1~3 計算，即可推求柱頂彎矩 $M_{CT,b}$

$$V = \frac{5,024,750.44}{(0.5 \times 290 + 0.4 \times 290 + 50)} = 16,156.75 \text{ kgf}$$

$$M_{CT,b} = 0.4 \times 290 \times 16,156.75 \times 10^{-5} = 18.74183 \text{ tf-m}$$

l. 柱 C11 的柱頂彎矩以兩邊梁 G8、G9 計算

根據上述之 Step1~3 計算，即可推求柱頂彎矩 $M_{CT,b}$

$$V = \frac{4,690,111.08 + 4,690,111.08}{(0.5 \times 290 + 0.4 \times 290 + 50)} = 30,161.49 \text{ kgf}$$

$$M_{CT,b} = 0.4 \times 290 \times 30,161.49 \times 10^{-5} = 34.98732 \text{ tf-m}$$

m. 柱 C12 的柱頂彎矩以兩邊梁 G9、G10 計算

根據上述之 Step1~3 計算，即可推求柱頂彎矩 $M_{CT,b}$

$$V = \frac{4,690,111.08 + 4,690,111.08}{(0.5 \times 290 + 0.4 \times 290 + 50)} = 30,161.49 \text{ kgf}$$

$$M_{CT,b} = 0.4 \times 290 \times 30,161.49 \times 10^{-5} = 34.98732 \text{ tf}\cdot\text{m}$$

n. 柱 C12 的柱頂彎矩以兩邊梁 G9、B1 計算

根據上述之 Step1~3 計算，即可推求柱頂彎矩 $M_{CT,b}$

$$V = \frac{4,690,111.08 + 2,223,485.32}{(0.5 \times 290 + 0.4 \times 290 + (50 + 40) \div 2)} = 22,593.45 \text{ kgf}$$

$$M_{CT,b} = 0.4 \times 290 \times 22,593.45 \times 10^{-5} = 26.20840 \text{ tf}\cdot\text{m}$$

o. 柱 C13 的柱頂彎矩以兩邊梁 G10、G11 計算

根據上述之 Step1~3 計算，即可推求柱頂彎矩 $M_{CT,b}$

$$V = \frac{4,690,111.08 + 4,690,111.08}{(0.5 \times 290 + 0.4 \times 290 + 50)} = 30,161.49 \text{ kgf}$$

$$M_{CT,b} = 0.4 \times 290 \times 30,161.49 \times 10^{-5} = 34.98732 \text{ tf}\cdot\text{m}$$

p. 柱 C14 的柱頂彎矩以兩邊梁 G11、G12 計算

根據上述之 Step1~3 計算，即可推求柱頂彎矩 $M_{CT,b}$

$$V = \frac{4,349,980.14 + 4,349,980.14}{(0.5 \times 290 + 0.4 \times 290 + 50)} = 27,974.15 \text{ kgf}$$

$$M_{CT,b} = 0.4 \times 290 \times 27,974.15 \times 10^{-5} = 32.45001 \text{ tf}\cdot\text{m}$$

q. 柱 C15 的柱頂彎矩以邊梁 G12 計算

根據上述之 Step1~3 計算，即可推求柱頂彎矩 $M_{CT,b}$

$$V = \frac{4,002,773.97}{(0.5 \times 290 + 0.4 \times 290 + 50)} = 12,870.66 \text{ kgf}$$

$$M_{CT,b} = 0.4 \times 290 \times 12,870.66 \times 10^{-5} = 14.92996 \text{ tf}\cdot\text{m}$$

r. 柱 C16 的柱頂彎矩以邊梁 G13 計算

根據上述之 Step1~3 計算，即可推求柱頂彎矩 $M_{CT,b}$

$$V = \frac{3,646,185.50}{(0.5 \times 290 + 0.4 \times 290 + 50)} = 11,724.07 \text{ kgf}$$

$$M_{CT,b} = 0.4 \times 290 \times 11,724.07 \times 10^{-5} = 13.59992 \text{ tf-m}$$

s. 柱 C17 的柱頂彎矩以兩邊梁 G13、G14 計算

根據上述之 Step1~3 計算，即可推求柱頂彎矩 $M_{CT,b}$

$$V = \frac{3,646,185.50 + 3,646,185.50}{(0.5 \times 290 + 0.4 \times 290 + 50)} = 23,448.14 \text{ kgf}$$

$$M_{CT,b} = 0.4 \times 290 \times 23,448.14 \times 10^{-5} = 27.19984 \text{ tf-m}$$

t. 柱 C18 的柱頂彎矩以兩邊梁 G14、G14 計算

根據上述之 Step1~3 計算，即可推求柱頂彎矩 $M_{CT,b}$

$$V = \frac{3,646,185.50 + 3,646,185.50}{(0.5 \times 290 + 0.4 \times 290 + 50)} = 23,448.14 \text{ kgf}$$

$$M_{CT,b} = 0.4 \times 290 \times 23,448.14 \times 10^{-5} = 27.19984 \text{ tf-m}$$

u. 柱 C19 的柱頂彎矩以邊梁 G13 計算

根據上述之 Step1~3 計算，即可推求柱頂彎矩 $M_{CT,b}$

$$V = \frac{3,646,185.50}{(0.5 \times 290 + 0.4 \times 290 + 50)} = 11,724.07 \text{ kgf}$$

$$M_{CT,b} = 0.4 \times 290 \times 11,724.07 \times 10^{-5} = 13.59992 \text{ tf-m}$$

v. 柱 C20 的柱頂彎矩以邊梁 G15 計算

根據上述之 Step1~3 計算，即可推求柱頂彎矩 $M_{CT,b}$

$$V = \frac{4,002,773.97}{(0.5 \times 290 + 0.4 \times 290 + 50)} = 12,870.66 \text{ kgf}$$

$$M_{CT,b} = 0.4 \times 290 \times 12,870.66 \times 10^{-5} = 14.92996 \text{ tf-m}$$

w. 柱 C21 的柱頂彎矩以兩邊梁 G16、G16 計算

根據上述之 Step1~3 計算，即可推求柱頂彎矩 $M_{CT,b}$

$$V = \frac{3,646,185.50 + 3,646,185.50}{(0.5 \times 290 + 0.4 \times 290 + 50)} = 23,448.14 \text{ kgf}$$

$$M_{CT,b} = 0.4 \times 290 \times 23,448.14 \times 10^{-5} = 27.19984 \text{ tf-m}$$

x. 柱 C21a 的柱頂彎矩以兩邊梁 G15、G16 計算

根據上述之 Step1~3 計算，即可推求柱頂彎矩 $M_{CT,b}$

$$V = \frac{4,002,773.97 + 3,646,185.50}{(0.5 \times 290 + 0.4 \times 290 + 50)} = 24,594.72 \text{ kgf}$$

$$M_{CT,b} = 0.4 \times 290 \times 24,594.72 \times 10^{-5} = 28.52988 \text{ tf-m}$$

y. 柱 C22 的柱頂彎矩以兩邊梁 G16、G16 計算

根據上述之 Step1~3 計算，即可推求柱頂彎矩 $M_{CT,b}$

$$V = \frac{3,646,185.50 + 3,646,185.50}{(0.5 \times 290 + 0.4 \times 290 + 50)} = 23,448.14 \text{ kgf}$$

$$M_{CT,b} = 0.4 \times 290 \times 23,448.14 \times 10^{-5} = 27.19984 \text{ tf-m}$$

z. 柱 C22 的柱頂彎矩以兩邊梁 G16、G15 計算

根據上述之 Step1~3 計算，即可推求柱頂彎矩 $M_{CT,b}$

$$V = \frac{3,646,185.50 + 4,002,773.97}{(0.5 \times 290 + 0.4 \times 290 + 50)} = 24,594.72 \text{ kgf}$$

$$M_{CT,b} = 0.4 \times 290 \times 24,594.72 \times 10^{-5} = 28.52988 \text{ tf-m}$$

aa. 柱 C23 的柱頂彎矩以邊梁 G15 計算

根據上述之 Step1~3 計算，即可推求柱頂彎矩 $M_{CT,b}$

$$V = \frac{3,646,185.49}{(0.5 \times 290 + 0.4 \times 290 + 50)} = 11,724.07 \text{ kgf}$$

$$M_{CT,b} = 0.4 \times 290 \times 11,724.07 \times 10^{-5} = 13.59992 \text{ tf-m}$$

(2) 強梁弱柱之柱頂彎矩 $M_{CT,c}$ 與柱底彎矩 M_{CB} 強度計算

公有建築物之總重量如下：

$$W = 1339.56829 \text{ tf}$$

一樓柱之總斷面積計算如下：

$$\Sigma A_{col,i} = (25 \times 50 \times 11 + 50 \times 25 \times 14 + 55 \times 30 \times 7) \div 10,000 = 4.28 \text{ m}^2$$

因此，柱之單位載重可得如下：

$$P_n = \frac{W}{\Sigma A_{col,i} + \Sigma A_{RC}} = \frac{1339.56829}{4.28 + 0} = 312.9832 \text{ tf / m}^2$$

根據不同柱之尺寸可獲得各自所承受之軸力，其計算分別如下：

a. 一樓之單柱(C1、C5、C7、C10)柱底彎矩強度：

一樓之單柱軸力：

$$P_{ni} = 312.9832 \times 25 \times 50 \times 0.1 = 39,122.91 \text{ kgf}$$

計算斷面塑性中心位置 d''

$$d'' = \frac{50}{2} - 4 = 21 \text{ cm}$$

根據本研究之假設配筋位置，可將原配筋轉換為單根

$$A_s = 2.865 \times 6 \div 8 = 2.14875 \text{ cm}^2$$

Step1 假設中性軸 x ，代入公式(3.10、3.11、3.12、3.13)

$$C_c = 0.85 f'_c \beta x B_c = 0.85 \times 170 \times 0.85 \times x \times 50 = 3070.625 x \text{ kgf}$$

$$C_s = A'_s (f'_s - 0.85 f'_c) = 3 \times 2.14875 \times \left(\frac{6,120(x-4)}{x} - 0.85 \times 170 \right)$$

$$T_{s1} = A_{s1} f_y = 2 \times 2.14875 \times 2,800 \times 1.25 = 15,041.25 \text{ kgf}$$

$$T_{s2} = A_{s2} \frac{6,120}{x} (d-x) f_y = 3 \times 2.14875 \times \frac{6,120}{x} (46-x) \times 2,800 \times 1.25$$

Step2 與柱軸力 P_{ni} 可得下列力平衡方程式，公式(3.14)，並求解可得中性軸 x

$$\therefore P_n = C_c + C_s - T_{s1} - T_{s2} \rightarrow \therefore x = 21.76375 \text{ cm}$$

$$\therefore C_c = 66,828.31 \text{ kgf} ; C_s = 31,268.78 \text{ kgf} ; T_{s2} = 43,932.94 \text{ kgf}$$

Step3 由斷面彎矩平衡，代入公式(3.15)，並計算柱底彎矩 M_{CB} 、 $M_{CT,c}$

$$P_n \times (d'' + e) = C_c \left(d - \frac{a}{2}\right) + C_s \times (H - 2c) - T_{s2} d''$$

$$e = (C_c \left(d - \frac{a}{2}\right) + C_s (H_c - 2c) - T_{s2} d'') / P_n - d'' = 67.27029cm$$

$$M_{CT,c} = M_{CB} = P_n e = 39,122.91 \times 67.27029 \times 10^{-5} = 26.31809tf-m ;$$

柱 C1 的柱頂彎矩以邊梁 G2 計算

$$\therefore M_{CT} = \min(M_{CT,b}, M_{CT,c}) \Rightarrow \therefore M_{CT} = 19.97374tf-m$$

柱 C5 的柱頂彎矩以邊梁 G4 計算

$$\therefore M_{CT} = \min(M_{CT,b}, M_{CT,c}) \Rightarrow \therefore M_{CT} = 14.92996tf-m$$

柱 C7 的柱頂彎矩以兩邊梁 G5、G6 計算

$$\therefore M_{CT} = \min(M_{CT,b}, M_{CT,c}) \Rightarrow \therefore M_{CT} = 26.31809tf-m$$

柱 C10 的柱頂彎矩以邊梁 G8 計算

$$\therefore M_{CT} = \min(M_{CT,b}, M_{CT,c}) \Rightarrow \therefore M_{CT} = 18.74183tf-m$$

b. 一樓之單柱(C2、C4、C8)柱底彎矩強度：

根據上述之 Step1~3 計算，即可推求柱底彎矩 M_{CB}

$$M_{CT,c} = M_{CB} = P_n e = 39,122.91 \times 75.20291 \times 10^{-5} = 29.42156tf-m$$

柱 C2 的柱頂彎矩以兩邊梁 G2、G3 計算

$$\therefore M_{CT} = \min(M_{CT,b}, M_{CT,c}) \Rightarrow \therefore M_{CT} = 29.42156tf-m$$

柱 C4 的柱頂彎矩以邊梁 G1 計算

$$\therefore M_{CT} = \min(M_{CT,b}, M_{CT,c}) \Rightarrow \therefore M_{CT} = 16.22501tf-m$$

柱 C4 的柱頂彎矩以兩邊梁 G1、G4 計算

$$\therefore M_{CT} = \min(M_{CT,b}, M_{CT,c}) \Rightarrow \therefore M_{CT} = 29.42156tf-m$$

柱 C8 的柱頂彎矩以兩邊梁 G6、G7 計算

$$\therefore M_{CT} = \min(M_{CT,b}, M_{CT,c}) \Rightarrow \therefore M_{CT} = 29.42156tf-m$$

c. 一樓之單柱(C3)柱底彎矩強度：

根據上述之 Step1~3 計算，即可推求柱底彎矩 M_{CB}

$$M_{CT,c} = M_{CB} = P_n e = 39,122.91 \times 56.03723 \times 10^{-5} = 21.92339tf-m$$

柱 C3 的柱頂彎矩以邊梁 G1 計算

$$\therefore M_{CT} = \min(M_{CT,b}, M_{CT,c}) \Rightarrow \therefore M_{CT} = 19.97374tf-m$$

d. 一樓之單柱(C6、C9、C11、C12、C20)柱底彎矩強度：

根據上述之 Step1~3 計算，即可推求柱底彎矩 M_{CB}

$$M_{CT,c} = M_{CB} = P_n e = 39,122.91 \times 26.6401 \times 10^{-5} = 10.42238tf-m$$

柱 C6 的柱頂彎矩以邊梁 G5 計算

$$\therefore M_{CT} = \min(M_{CT,b}, M_{CT,c}) \Rightarrow \therefore M_{CT} = 10.42238tf-m$$

柱 C9 的柱頂彎矩以邊梁 G7 計算

$$\therefore M_{CT} = \min(M_{CT,b}, M_{CT,c}) \Rightarrow \therefore M_{CT} = 10.42238tf-m$$

柱 C11 的柱頂彎矩以兩邊梁 G8、G9 計算

$$\therefore M_{CT} = \min(M_{CT,b}, M_{CT,c}) \Rightarrow \therefore M_{CT} = 10.42238tf-m$$

柱 C12 的柱頂彎矩以兩邊梁 G9、G10 計算

$$\therefore M_{CT} = \min(M_{CT,b}, M_{CT,c}) \Rightarrow \therefore M_{CT} = 10.42238tf-m$$

柱 C12 的柱頂彎矩以兩邊梁 G9、B1 計算

$$\therefore M_{CT} = \min(M_{CT,b}, M_{CT,c}) \Rightarrow \therefore M_{CT} = 10.42238tf-m$$

柱 C20 的柱頂彎矩以邊梁 G15 計算

$$\therefore M_{CT} = \min(M_{CT,b}, M_{CT,c}) \Rightarrow \therefore M_{CT} = 10.42238tf-m$$

e. 一樓之單柱(C13、C14、C22)柱底彎矩強度：

根據上述之 Step1~3 計算，即可推求柱底彎矩 M_{CB}

$$M_{CT,c} = M_{CB} = P_n e = 51,642.24 \times 33.46008 \times 10^{-5} = 17.27954tf-m$$

柱 C13 的柱頂彎矩以兩邊梁 G10、G11 計算

$$\therefore M_{CT} = \min(M_{CT,b}, M_{CT,c}) \Rightarrow \therefore M_{CT} = 17.27954tf-m$$

柱 C14 的柱頂彎矩以兩邊梁 G11、G12 計算

$$\therefore M_{CT} = \min(M_{CT,b}, M_{CT,c}) \Rightarrow \therefore M_{CT} = 17.27954tf-m$$

柱 C22 的柱頂彎矩以兩邊梁 G16、G16 計算

$$\therefore M_{CT} = \min(M_{CT,b}, M_{CT,c}) \Rightarrow \therefore M_{CT} = 17.27954tf-m$$

柱 C22 的柱頂彎矩以兩邊梁 G16、G15 計算

$$\therefore M_{CT} = \min(M_{CT,b}, M_{CT,c}) \Rightarrow \therefore M_{CT} = 17.27954tf-m$$

f. 一樓之單柱(C15、C16、C17、C18、C19)柱底彎矩強度：

根據上述之 Step1~3 計算，即可推求柱底彎矩 M_{CB}

$$M_{CT,c} = M_{CB} = P_n e = 39,122.91 \times 30.43475 \times 10^{-5} = 11.90696tf-m$$

柱 C15 的柱頂彎矩以邊梁 G12 計算

$$\therefore M_{CT} = \min(M_{CT,b}, M_{CT,c}) \Rightarrow \therefore M_{CT} = 11.90696tf-m$$

柱 C16 的柱頂彎矩以邊梁 G13 計算

$$\therefore M_{CT} = \min(M_{CT,b}, M_{CT,c}) \Rightarrow \therefore M_{CT} = 11.90696tf-m$$

柱 C17 的柱頂彎矩以兩邊梁 G13、G14 計算

$$\therefore M_{CT} = \min(M_{CT,b}, M_{CT,c}) \Rightarrow \therefore M_{CT} = 11.90696tf-m$$

柱 C18 的柱頂彎矩以兩邊梁 G14、G14 計算

$$\therefore M_{CT} = \min(M_{CT,b}, M_{CT,c}) \Rightarrow \therefore M_{CT} = 11.90696tf-m$$

柱 C19 的柱頂彎矩以邊梁 G13 計算

$$\therefore M_{CT} = \min(M_{CT,b}, M_{CT,c}) \Rightarrow \therefore M_{CT} = 11.90696tf-m$$

g. 一樓之單柱(C21a)柱底彎矩強度：

根據上述之 Step1~3 計算，即可推求柱底彎矩 M_{CB}

$$M_{CT,c} = M_{CB} = P_n e = 51,642.24 \times 34.73299 \times 10^{-5} = 17.93689tf-m$$

柱 C21a 的柱頂彎矩以兩邊梁 G15、G16 計算

$$\therefore M_{CT} = \min(M_{CT,b}, M_{CT,c}) \Rightarrow \therefore M_{CT} = 17.93689tf-m$$

h. 一樓之單柱(C21、C23)柱底彎矩強度：

根據上述之 Step1~3 計算，即可推求柱底彎矩 M_{CB}

$$M_{CT,c} = M_{CB} = P_n e = 51,642.24 \times 30.47637 \times 10^{-5} = 15.73868tf-m$$

柱 C21 的柱頂彎矩以兩邊梁 G16、G16 計算

$$\therefore M_{CT} = \min(M_{CT,b}, M_{CT,c}) \Rightarrow \therefore M_{CT} = 15.73868tf-m$$

柱 C23 的柱頂彎矩以邊梁 G15 計算

$$\therefore M_{CT} = \min(M_{CT,b}, M_{CT,c}) \Rightarrow \therefore M_{CT} = 13.59992tf-m$$

(3) 柱之撓曲破壞所產生之剪力強度可由式(3.17)之建議計算如下：

a. 一樓單柱(C1)撓曲破壞之剪力強度

$$V_{m.coli} = \frac{M_{CT} + M_{CB}}{h_1} = \frac{(19.97374 + 26.31809)}{2.9} = 15.9627tf$$

b. 一樓單柱(C2、C4、C8)撓曲破壞之剪力強度

$$V_{m.coli} = 20.29073tf$$

c. 一樓單柱(C3)撓曲破壞之剪力強度

$$V_{m.coli} = 14.44729tf$$

d. 一樓單柱(C4)撓曲破壞之剪力強度

$$V_{m,coli} = 15.7402tf$$

- e. 一樓單柱(C5)撓曲破壞之剪力強度

$$V_{m,coli} = 14.22347tf$$

- f. 一樓單柱(C6、C9、C11、C12、C20)撓曲破壞之剪力強度

$$V_{m,coli} = 7.187848tf$$

- g. 一樓單柱(C7)撓曲破壞之剪力強度

$$V_{m,coli} = 18.15041tf$$

- h. 一樓單柱(C10)撓曲破壞之剪力強度

$$V_{m,coli} = 15.53791tf$$

- i. 一樓單柱(C13、C14、C22)撓曲破壞之剪力強度

$$V_{m,coli} = 11.91692tf$$

- j. 一樓單柱(C15、C16、C17、C18、C19)撓曲破壞之剪力強度

$$V_{m,coli} = 8.211695tf$$

- k. 一樓單柱(C21a)撓曲破壞之剪力強度

$$V_{m,coli} = 12.37027tf$$

- l. 一樓單柱(C21)撓曲破壞之剪力強度

$$V_{m,coli} = 10.85426tf$$

- m. 一樓單柱(C23)撓曲破壞之剪力強度

$$V_{m,coli} = 10.11676tf$$

(4) 柱之剪力破壞所產生之剪力強度可由式(3.18)計算

- a. 一樓之單柱(C1~C5、C7、C8、C10)剪力破壞強度

$$V_{sui} = 0.53\sqrt{f'_c}B_c d + A_v f_{yv} d / S$$

$$= 0.53\sqrt{170} \times 25 \times 46 + 1.42 \times 2,800 \times 46 \div 25 \times 10^{-3} = 15.26275tf$$

b. 一樓之單柱(C6、C9、C11、C12、C15~C20)剪力破壞強度

$$V_{sui} = 0.53\sqrt{f'_c} B_c d + A_v f_{yv} d / S$$

$$= 0.53\sqrt{170} \times 50 \times 21 + 1.42 \times 2,800 \times 21 \div 25 \times 10^{-3} = 10.59571tf$$

c. 一樓之單柱(C13、C14、C21~C23)剪力破壞強度

$$V_{sui} = 0.53\sqrt{f'_c} B_c d + A_v f_{yv} d / S$$

$$= 0.53\sqrt{170} \times 55 \times 26 + 1.42 \times 2,800 \times 26 \div 25 \times 10^{-3} = 14.01685tf$$

根據式(3.19)取兩者最小之剪力強度，將其整理如下表所示，並且將其加總即可求得公有建築物之一層極限剪力強度 $\Sigma V_{coli} = 354.0258tf$ 。

各構件之極限剪力強度與總合

柱號	$V_{m,coli}$ (tf)	V_{sui} (tf)	破壞行為	$V_{coli} \times N_{ci}$ (tf)
C1	15.9627	15.26275	剪力破壞	15.26275
C2	20.29073	15.26275	剪力破壞	15.26275
C3	14.44729	15.26275	撓曲破壞	28.89457
C4	15.7402	15.26275	剪力破壞	15.26275
C4	20.29073	15.26275	剪力破壞	15.26275
C5	14.22347	15.26275	撓曲破壞	14.22347
C6	7.187848	10.59571	撓曲破壞	7.187848
C7	18.15041	15.26275	剪力破壞	15.26275
C8	20.29073	15.26275	剪力破壞	15.26275
C9	7.187848	10.59571	撓曲破壞	7.187848
C10	15.53791	15.26275	剪力破壞	30.5255
C11	7.187848	10.59571	撓曲破壞	14.3757

C12	7.187848	10.59571	撓曲破壞	14.3757
C13	11.91692	14.01685	撓曲破壞	11.91692
C14	11.91692	14.01685	撓曲破壞	11.91692
C15	8.211695	10.59571	撓曲破壞	8.211695
C16	8.211695	10.59571	撓曲破壞	8.211695
C17	8.211695	10.59571	撓曲破壞	16.42339
C18	8.211695	10.59571	撓曲破壞	16.42339
C19	8.211695	10.59571	撓曲破壞	8.211695
C20	7.187848	10.59571	撓曲破壞	7.187848
C21	10.85426	14.01685	撓曲破壞	10.85426
C21a	12.37027	14.01685	撓曲破壞	12.37027
C22	11.91692	14.01685	撓曲破壞	23.83384
C23	10.11676	14.01685	撓曲破壞	10.11676
$\Sigma V_{col_i} \times N_{ci} =$				354.0258

【資料來源：本研究製作】

(5) 四面圍束磚牆之極限剪力強度可由式(3.21、3.22)計算

a. 一樓之四面圍束磚牆極限剪力強度

當 $\tan \theta \geq (H_b / W_b)$:

$$\begin{aligned}
 V_{bwi} &= T_b \times (W_b \times \tau_f + H_b \times 0.45 f_{mbt}) \\
 &= 24 \times (340 \times 1.984 + 290 \times 0.45 \times 5.12) = 32,229.793 \text{kgf}
 \end{aligned}$$

b. 一樓之四面圍束磚牆極限剪力強度

當 $\tan \theta \leq (H_b / W_b)$:

$$\begin{aligned}
 V_{bwi} &= T_b \times [W_b \times \tau_f + H_1 \times \alpha f_{mbt} + (H_b' - H_1) \times (0.45 f_{mbt} + 0.45 f_{bt}) / 2] \\
 &= 24 \times [110 \times 1.984 + 297.5 \times 0.45 \times 5.12 + (290 - 297.5) \times 0.45(5.12 + 33) / 2] \\
 &= 13,391.91 \text{kgf}
 \end{aligned}$$

(6) 建築物耐震能力評估

由公有建築物之工址、以及建築物高度 h 為 13.6m 算得知週期為 $T=0.05h^{0.75}=0.354$ sec、韌性容量 $R=4.0$ ，根據建築物耐震設計規範及解說， I 為 1.25、震區係數為臺北一區，可計算新設計建築物之極限剪力強度

$$(V_{100})_u = I \left(\frac{S_{aD}}{F_u} \right)_m W = 0.48454 \times 401.76 \times 1000 = 502,338.1088 \text{kgf}$$

其中， $F_u = 2$ 。

根據各種建築物構架發揮強度所能抵抗地震之韌性：

(1) 當 RC 牆充分發揮強度與韌性時 ($j=1$)：

$$\begin{aligned} V_{u1} &= 0.65 \sum V_{coli} \times N_{ci} + 0.85 \sum V_{swi} \times N_{swi} + 0.95 \sum V_{bwi} \times N_{bwi} \\ &= 0.65 \times 354,025.7983 + 0.85 \times 0 + 0.95 \times 142,311.0821 = 365,312.3 \text{kgf} \end{aligned}$$

受評估建築物之降伏地表加速度 A_{y1} 可由下式計算而得：

$$A_{y1} = \frac{V_{u1}}{(V_{100})_u} \frac{A_{475}}{F_u} = \frac{365,312.3}{502,338.1088} \frac{0.24}{2.0} = 0.1090836 \text{g}$$

再者由下式與表 3.3 計算平均韌性與 F_{u1}^* ：

$$\begin{aligned} R_1^* &= \frac{3.2 \times 0.35 \sum 0.65 V_{coli} \times N_{ci} + 2.0 (0.85 \sum V_{swi} \times N_{swi}) + 3.0 \times 0.45 (0.95 \sum V_{bwi} \times N_{bwi})}{0.65 \sum V_{coli} \times N_{ci} + 0.85 \sum V_{swi} \times N_{swi} + 0.95 \sum V_{bwi} \times N_{bwi}} \\ &= \frac{3.2 \times 0.35 \times 0.65 \times 354,025.7983 + 2.0 \times 0.85 \times 0 + 3.0 \times 0.45 \times 0.95 \times 142,311.0821}{365,312.3} = 1.21 \end{aligned}$$

$$R_{a1}^* = \begin{cases} 1 + \frac{(R_1^* - 1)}{1.5} & (\text{一般工址}) \\ 1 + \frac{(R_1^* - 1)}{2.0} & (\text{台北盆地}) \end{cases} \Rightarrow R_{a1}^* = 1 + \frac{(R_{a1}^* - 1)}{2.0} = 1 + \frac{(1.21 - 1)}{2.0} = 1.1$$

$$F_{u1}^* = F_u(T, R_{a1}^*) = 1.0977791$$

$$\text{建築物耐震能力 } A_{c1} = A_{y1} F_{u1}^* = 0.11975 \text{g}$$

(2) 當磚牆充分發揮強度與韌性時 ($j=2$)：

$$\begin{aligned} V_{u2} &= 0.95 \sum V_{coli} \times N_{ci} + 0.0 \sum V_{swi} \times N_{swi} + 0.85 \sum V_{bwi} \times N_{bwi} \\ &= 0.95 \times 354,025.7983 + 0.0 \times 0 + 0.85 \times 142,311.0821 = 457,288.9281 \text{kgf} \end{aligned}$$

受評估建築物之降伏地表加速度 A_{y2} 可由下式計算而得：

$$A_{y2} = \frac{V_{u2}}{(V_{100})_u} \frac{A_{475}}{F_u} = \frac{457,288.9281}{502,338.1088} \frac{0.24}{2.0} = 0.13654815g$$

再者由下式與表 3.3 計算平均韌性與 F_{u2}^* ：

$$R_2^* = \frac{3.2 \times 0.7 \sum 0.95 V_{coli} \times N_{ci} + 2.0 \times 0(0.0 \sum V_{swi} \times N_{swi}) + 3.0 \times 1.0(0.85 \sum V_{bwi} \times N_{bwi})}{0.95 \sum V_{coli} \times N_{ci} + 0.0 \sum V_{swi} \times N_{swi} + 0.85 \sum V_{bwi} \times N_{bwi}}$$

$$= \frac{3.2 \times 0.7 \times 0.95 \times 354,025.7983 + 2.0 \times 0 \times 0 + 3.0 \times 1.0 \times 0.85 \times 142,311.0821}{457,288.9281} = 2.44$$

$$R_{a2}^* = \begin{cases} 1 + \frac{(R_2^* - 1)}{1.5} (\text{一般工址}) \\ 1 + \frac{(R_2^* - 1)}{2.0} (\text{台北盆地}) \end{cases} \Rightarrow R_{a2}^* = 1 + \frac{(R_{a2}^* - 1)}{2.0} = 1 + \frac{(2.44 - 1)}{2.0} = 1.721$$

$$F_{u2}^* = F_u(T, R_{a2}^*) = 1.562382511$$

$$\text{建築物耐震能力 } A_{c2} = A_{y2} F_{u2}^* = 0.213340441g$$

(3) 當構架充分發揮強度與韌性時(j=3)：

$$V_{u3} = 1.0 \sum V_{coli} \times N_{ci} + 0.0 \sum V_{swi} \times N_{swi} + 0.0 \sum V_{bwi} \times N_{bwi}$$

$$= 1.0 \times 354,025.7983 + 0.0 \times 0 + 0.0 \times 142,311.0821 = 354,025.7983kgf$$

受評估建築物之降伏地表加速度 A_y 可由下式計算而得：

$$A_{y3} = \frac{V_{u3}}{(V_{100})_u} \frac{A_{475}}{F_u} = \frac{354,025.7983}{502,338.1088} \frac{0.24}{2.0} = 0.1057134g$$

再者由下式與表 3.3 計算平均韌性與 F_{u3}^* ：

$$R_3^* = \frac{3.2 \sum 1.0 V_{coli} \times N_{ci} + 2.0 \times 0(0.0 \sum V_{swi} \times N_{swi}) + 3.0 \times 0(0.0 \sum V_{bwi} \times N_{bwi})}{1.0 \sum V_{coli} \times N_{ci} + 0.0 \sum V_{swi} \times N_{swi} + 0.0 \sum V_{bwi} \times N_{bwi}}$$

$$= \frac{3.2 \times 1.0 \times 354,025.7983 + 2.0 \times 0 \times 0.0 + 3.0 \times 0 \times 142,311.0821}{354,025.7983} = 3.2$$

$$R_{a3}^* = \begin{cases} 1 + \frac{(R_3^* - 1)}{1.5} (\text{一般工址}) \\ 1 + \frac{(R_3^* - 1)}{2.0} (\text{台北盆地}) \end{cases} \Rightarrow R_{a3}^* = 1 + \frac{(R_{a3}^* - 1)}{2.0} = 1 + \frac{(3.2 - 1)}{2.0} = 2.1$$

$$F_{u3}^* = F_u(T, R_{a3}^*) = 1.78885438$$

建築物耐震能力 $A_{c3} = A_{y3} F_{u3}^* = 0.18910588g$

最後以最大之 A_{cj} 作為該結構物之耐震能力 $A_c = 0.213340441g$ ，將其帶回評估表之 B519 項，即可求得該項之權重 $w = 4/3(1 - A_c / A_{475}) = 0.38515$ 。因此此項之評分為 $50 \times 0.38515 = 19.258$ 。

附錄七 鋼筋混凝土建築物耐震能力初步評估 (PSERCB)與詳細評估(SERCB)之應用講習會

本研究分別於高雄、臺中與臺北舉辦共三場講習會，並且共有 423 人報名參與詳如圖 1 所示，藉此回饋使用者經驗，解說程式相關疑問。研究成果普遍獲得認同。本次講習會宗旨詳述如下：

臺灣位於環太平洋地震帶，地震發生頻繁，既有建築物遭受地震襲擊的威脅實無可避免，為能快速篩選耐震能力不足的建築物，內政部建築研究所委託蔡益超教授與宋裕祺教授研擬既有建築物耐震能力初步評估法-PSERCB。此外，蔡益超教授與宋裕祺教授研擬之建築物耐震能力詳細評估方法-SERCB 已供工程界使用多年，其所具備操作介面視窗化及作業自動化，可輔助使用者快速完成建築物耐震能力評估，有效評定既有建築物耐震能力之良窳，提供後續耐震補強設計之用。本次講習會由內政部建築研究所主辦，國立臺北科技大學土木系執行，邀請國內具工程實務與研究應用的專家和學者，介紹建築物耐震能力初步評估、詳細評估與補強理論，並針對 SERCB 評估程式之操作與驗證進行說明，最後並示範實際耐震補強案例。希望藉由此次研討會，促進與會人員對於既有建築物耐震能力初步評估法與 SERCB 在建築物耐震能力評估與補強上的理論背景與實務應用等有更進一步的了解，有效提升既有建築物之耐震能力，保障人民生命財產的安全。

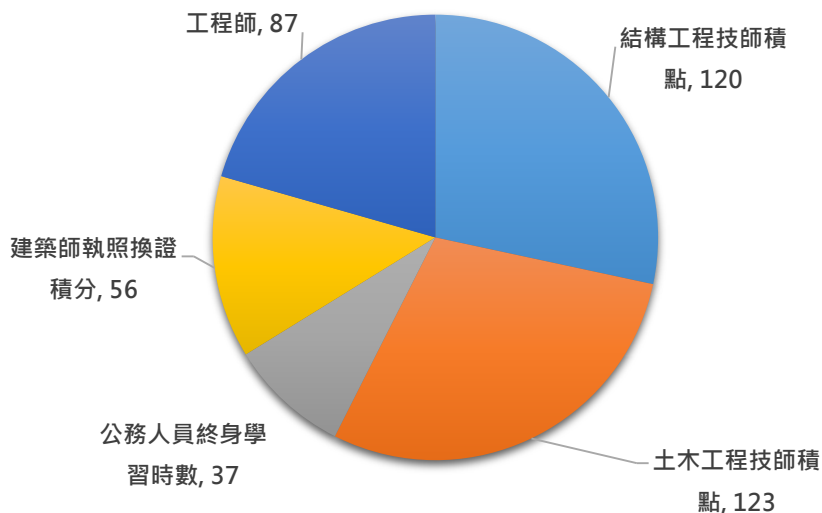


圖 1 三場講習會參與人員分布圖

高雄場：

高雄場講習會舉辦於民國 103 年 8 月 22 日星期五，地點為高雄市三民區建工路 415 號(高雄應用科技大學)土木工程館 702 會議室，其議程與線上報名系統如表 1 與圖 2 所示，講習會報名參與人數共約 92 人，其中土木技師、結構技師、建築師與工程師分布如圖 3 所示，現場與會人員如圖 4 所示。

表 1 高雄場講習會議程

時間	課題	主講人	主持人
09:00~09:20	報到		
09:20~09:25	貴賓致詞	何明錦 所長	
09:25~09:30	開幕致詞	汪宏志 理事長	
09:30~10:20	房屋建築耐震能力 初步評估理論介紹	宋裕祺 教授	陳啟中 前理事長
10:20~10:30	休息/茶水		
10:30~11:20	SERCB 耐震能力 詳細評估理論背景之介紹	宋裕祺 教授	汪宏志 理事長
11:20~12:10	耐震補強相關實務問題之 研究與案例探討	陳正平 技師	
12:10~13:00	休息(供應午餐)		
13:00~13:50	鋼筋混凝土耐震能力評估程式 (SERCB)補強模組介紹與驗證	賴明俊 博士	劉建陸 理事長
13:50~14:40	SERCB 耐震能力評估 程式操作介紹	林冠禎 博士生	
14:40~15:00	休息/茶水		
15:00~15:50	建築物耐震能力初步評估之實際 案例分析與探討	張威 建築師 邱毅宗 博士生	黃文玲 教授
15:50~16:40	醫療大樓結構耐震詳細評估與補 強之實際案例分析與探討	周芳萍 經理	
16:40~17:00	綜合討論	全體講員	

【資料來源：本研究製作】

鋼筋混凝土建築物耐震能力 初步評估(PSERCB)與詳細評 估(SERCB)之應用講習會

主辦單位：內政部建築研究所

執行單位：國立臺北科技大學土木工程系

協辦單位：中華民國結構工程學會、高雄市結構工程工業技師公會、
高雄市土木技師公會、台灣省結構工程技師公會

時間：103年8月22日(星期五)

地點：高雄市三民區建工路415號(高雄應用科技大學)土木工程館702會議室

費用：免費

名額：100人，依報名順序額滿時截止報名。

- 備註：1、本講習會已向行政院公共工程委員會申請技師換證積分，
營建署建築師執照換證積分及公務人員終身學習護照相關證書，
(臺北場-臺中場-高雄場，僅可擇一場次計算積分)。
- 2、本講習會之宗旨係為推廣耐震評估方法-(P)SERCB之用法，非屬營建署代辦
「建築物耐震能力詳細評估工作」共同供應契約投標廠商甄選須知規定之講習會。
- 3、若因故需取消報名者，敬請來電告知。

聯絡人：呂政勳 02-2771-2171#2660

邱毅宗 02-2771-2171#2666

電子郵件：ntutsyclab@gmail.com

講習會相關資料：<http://goo.gl/Z4qhDM>

圖 2 高雄講習會線上報名系統

【資料來源：本研究製作】

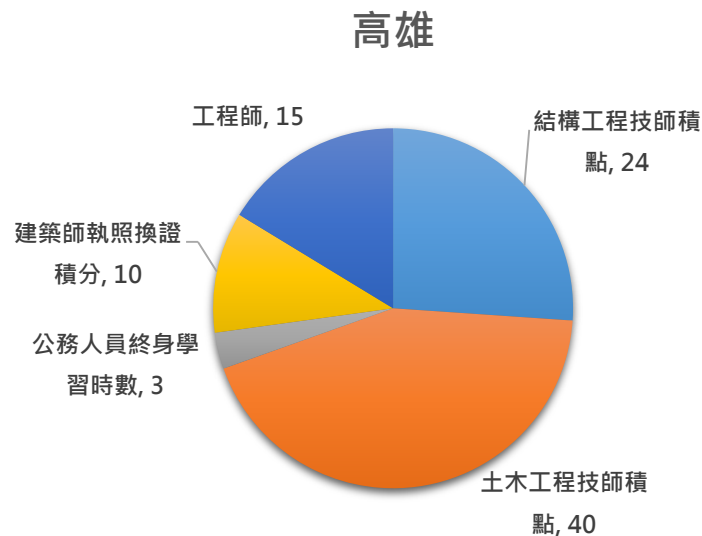


圖 3 高雄講習會報名參與人員分布圖

【資料來源：本研究製作】



(a) 貴賓致詞



(b) 參與人員專心聽講

圖 4 高雄講習會現場照片

【資料來源：本研究製作】

附錄七 鋼筋混凝土建築物耐震能力初步評估(PSERCB)與詳細評估(SERCB)

之應用講習會

臺中場：

臺中場講習會舉辦於民國 103 年 9 月 5 日星期五，地點為臺中市南區國光路 250 號(國立中興大學)電機大樓 106 室演講廳，其議程與線上報名系統如表 2 與圖 5 所示，講習會報名參與人數共約 108 人，其中土木技師、結構技師、建築師與工程師分布如圖 6 所示，現場與會人員如圖 7 所示。

表 2 臺中場講習會議程

時間	課題	主講人	主持人
09:00~09:20	報到		
09:20~09:25	貴賓致詞	何明錦 所長	
09:25~09:30	開幕致詞	林其璋 理事長	
09:30~10:20	房屋建築耐震能力 初步評估理論介紹	宋裕祺 教授	林明勝 理事長
10:20~10:30	休息/茶水		
10:30~11:20	SERCB 耐震能力 詳細評估理論背景之介紹	宋裕祺 教授	
11:20~12:10	鋼筋混凝土耐震能力評估程式 (SERCB)補強模組介紹與驗證	賴明俊 博士	
12:10~13:00	休息 (供應午餐)		
13:00~13:50	SERCB 耐震能力評估 程式操作介紹	林冠禎 博士生	吳亦閔 理事長
13:50~14:40	建築物耐震能力初步評估之實際 案例分析與探討	張威 建築師 邱毅宗 博士生	
14:40~15:00	休息/茶水		
15:00~15:50	醫療大樓結構耐震詳細評估與補 強之實際案例分析與探討	柯鎮洋 總經理	翁駿民 教授
15:50~16:40	耐震補強相關實務問題之 研究與案例探討	陳正平 技師	
16:40~17:00	綜合討論	全體講員	

鋼筋混凝土建築物耐震能力 初步評估(PSERCB)與詳細評 估(SERCB)之應用講習會 【台中場】

主辦單位：內政部建築研究所

執行單位：國立臺北科技大學土木工程系

協辦單位：中華民國結構工程學會、臺中市結構工程技師公會、台灣省結構工程技師公會、
臺中市土木技師公會、國立中興大學土木系、國立中興大學環保防災中心

時間：103年9月5日(星期五)

地點：臺中市南區國光路250號(國立中興大學)電機大樓106室演講廳

費用：免費

名額：100人，依報名順序額滿時截止報名。

備註：1、本講習會已向行政院公共工程委員會申請技師換證積分，
營建署建築師執照換證積分及公務人員終身學習護照相關證書。
(臺北場-臺中場-高雄場，僅可擇一場次計算積分)。

2、本講習會之宗旨係為推廣耐震評估方法-(P)SERCB之用法，非屬營建署代辦

「建築物耐震能力詳細評估工作」共同供應契約投標廠商甄選須知規定之講習會。

3、若因故需取消報名者，敬請來電告知。

聯絡人：臺中區：王欽茂 鄭心潔 04-2284-0868

臺北區：呂政勳 02-2771-2171#2660 邱毅宗 02-2771-2171#2666

講習會相關資料：<http://goo.gl/wMcwti>

圖 5 臺中講習會線上報名系統

【資料來源：本研究製作】

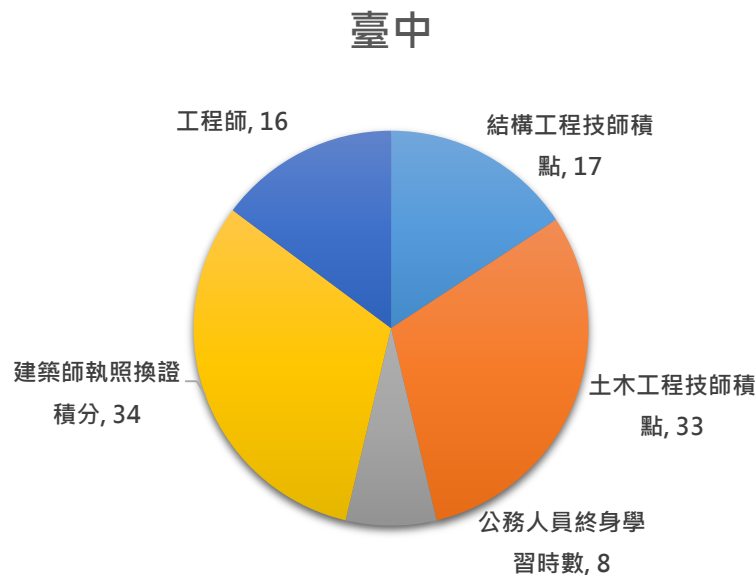


圖 6 臺中講習會報名參與人員分布圖

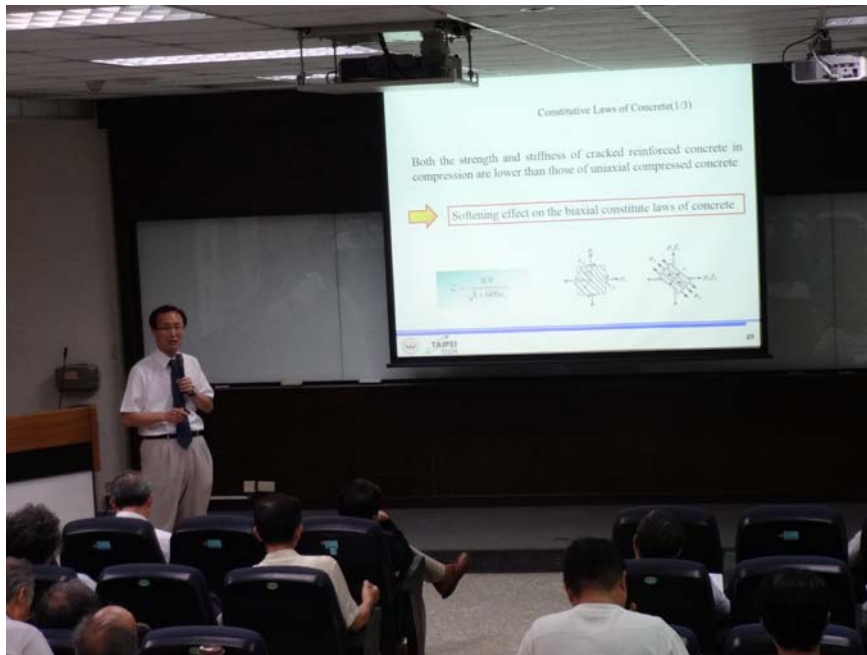
【資料來源：本研究製作】



(a) 現場報到狀況



(b) 貴賓致詞



(c) 宋裕祺教授主講議程之一



(d) 現場大合照

圖 7 臺中講習會現場照片

【資料來源：本研究製作】

臺北場：

臺北場講習會舉辦於民國 103 年 9 月 19 日星期五，地點為新北市新店區北新路 3 段 200 號大坪林聯合開發大樓 15 樓國際會議廳，其議程與線上報名系統如表 3 與圖 8 所示，講習會報名參與人數共約 223 人，其中土木技師、結構技師、建築師與工程師分布如圖 9 所示，現場與會人員如圖 10 所示。

表 3 臺北場講習會議程

時間	課題	主講人	主持人
09:00~09:20	報到		
09:20~09:30	開幕致詞	何明錦 所長	
09:30~10:20	房屋建築耐震能力 初步評估理論介紹	蔡益超 教授	陳建忠 組長
10:20~10:30	休息/茶水		
10:30~11:20	SERCB 耐震能力 詳細評估理論背景之介紹	宋裕祺 教授	藍朝卿 理事長
11:20~12:10	鋼筋混凝土耐震能力評估程式 (SERCB)補強模組介紹與驗證	賴明俊 博士	
12:10~13:00	休息(供應午餐)		
13:00~13:50	SERCB 耐震能力評估 程式操作介紹	林冠禎 博士生	洪啟德 理事長
13:50~14:40	建築物耐震能力初步評估之實際 案例分析與探討	張威 建築師 邱毅宗 博士生	
14:40~15:00	休息/茶水		
15:00~15:50	醫療大樓結構耐震詳細評估與補 強之實際案例分析與探討	柯鎮洋 總經理	江世雄 理事長
15:50~16:40	耐震補強相關實務問題之 研究與案例探討	陳正平 技師	
16:40~17:00	綜合討論	全體講員	

【資料來源：本研究製作】



**鋼筋混凝土建築物耐震能力初步評估
(PSERCB)與詳細評估(SERCB)之應用講習會【台北場】**

主辦單位：內政部建築研究所
執行單位：國立臺北科技大學土木工程系
協辦單位：中華民國結構工程學會、台北市結構工程工業技師公會、
台北市土木技師公會、台灣省結構工程技師公會

時間：103年9月19日(星期五)
地點：新北市新店區北新路3段200號大坪林聯合開發大樓15樓國際會議廳
費用：免費

名額：預計200人，依報名順序額滿時截止報名。

備註：1、本講習會已向行政院公共工程委員會申請技師換證積點，
蓋建署建築師執照換證積分及公務人員終身學習護照相關證書
(臺北場-臺中場-高雄場，惟僅得擇一場次計算積分)。
2、本講習會之宗旨係為推廣耐震評估方法-(P)SERCB之用法，非屬營建署代辦
「建築物耐震能力詳細評估工作」共同供應契約投標廠商甄選須知規定之講習會。
3、若因故需取消報名者，敬請來電告知。

聯絡人：呂政勳 02-2771-2171#2660
邱毅宗 02-2771-2171#2666
電子郵件：ntutsyclab@gmail.com

講習會相關資料：<http://goo.gl/kRD6yb>

圖 8 臺北講習會線上報名系統

【資料來源：本研究製作】

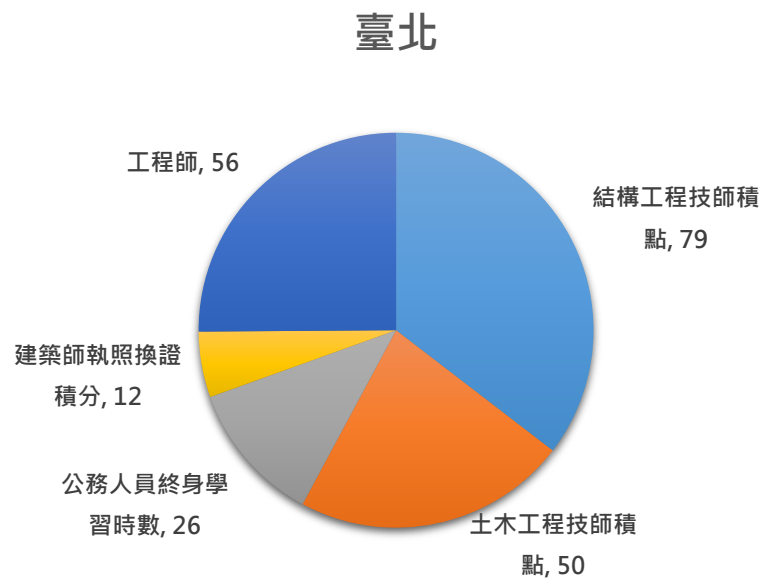


圖 9 臺北講習會報名參與人員分布圖

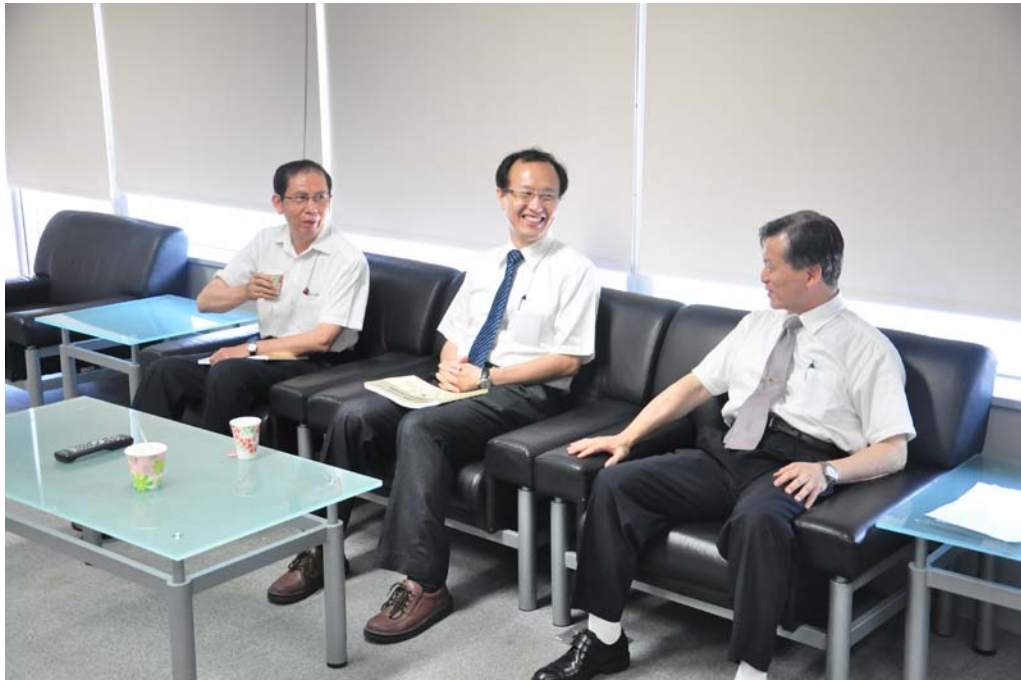
【資料來源：本研究製作】



(a) 現場報到狀況



(b) 貴賓致詞



(c) 蔡益超教授、宋裕祺教授與何明錦所長熱烈討論



(d) 參與人員認真聽講

圖 10 臺北講習會現場照片

【資料來源：本研究製作】

綜合討論：

彙整三場講習會與會者所提之問題與回答如下：

- Q1：若根據本次講習會研提之初步評估表，針對建築物耐震能力初步評估時，若不清楚建築物基本材料參數時，是否可提供建議值呢？
- A1：感謝與會者提問，因每棟建築物之材料參數不盡相同，故需建築師或技師等專業人員進行估評。
- Q2：目前 NCREE 的評估程式有樓層限制，請問 SERCB 是否有樓層上之限制？
- A2：感謝與會者提問，因 SERCB 係從力學原理作為出發點，故無樓層使用上之限制。
- Q3：目前補強模組是否已經開放使用者更新下載？
- A3：感謝與會者提問，目前至 SERCB 首頁即可下載最新版本，內含補強模組，並且於每年年底使用者必須重新下載更新 SERCB 程式，避免使用者所安裝使用較舊之版本。
- Q4：補強分析時，因有新舊混凝土問題，目前程式是否可分別考慮輸入？
- A4：感謝與會者提問，目前 SERCB 補強模組可提供使用者定義以及輸入不同混凝土強度，分析時會根據使用者輸入之強度獲得不同之組成律，進而計算該構件塑性鉸。
- Q5：目前 SERCB 評估手冊並無補強模組之相關解說，未來是否可將此手冊更新，使得 SERCB 評估手冊更加完整，更便於使用者參考。
- A5：感謝與會者提問，目前最新版 SERCB 評估手冊正在編輯，預計明年度出版最新之 SERCB 評估手冊。

附錄七 鋼筋混凝土建築物耐震能力初步評估(PSERCB)與詳細評估(SERCB)

之應用講習會

附錄八 鋼筋混凝土建築物耐震能力初步評估表

壹、建築物基本資料表

建物名稱	建物編號	評估者	評估日期	年	月	日
建物地址	縣市	鄉鎮市區	村里	路	巷	號
設計年度	建物高度(m)	用途係數I	系統韌性容量R			
地上樓層數	地下樓層數					

貳、建築物平立面圖表

參、建築物耐震能力初步評估表

項次	項目	配分	評估內容	權重	評分
B101	是否為第一類活動斷層近域	2	<input type="checkbox"/> 是(1.0) <input type="checkbox"/> 否(0)		
B102	地盤種類	3	<input type="checkbox"/> 台北盆地(1.0) <input type="checkbox"/> 第三類地盤(0.67) <input type="checkbox"/> 第二類地盤(0.33) <input type="checkbox"/> 第一類地盤(0)		
B103	震區週期設計水平譜加速度係數 S_a^D	3	<input type="checkbox"/> 0.8(1.0) <input type="checkbox"/> 0.7(0.67) <input type="checkbox"/> 0.6(0.33) <input type="checkbox"/> ≤0.5(0)		
B104	液化潛能	2	<input type="checkbox"/> 高(1.0) <input type="checkbox"/> 中(0.67) <input type="checkbox"/> 低(0.33) <input type="checkbox"/> 無(0)		
B205	基礎型式	2	<input type="checkbox"/> 基腳(無繫梁)(1.0) <input type="checkbox"/> 基腳(有繫梁)(0.5) <input type="checkbox"/> 樁基或筏基(0)		
B206	地下室面積比, r_a	2	$0 \leq (1.5 - r_a) / 1.5 \leq 1.0$; r_a : 地下室面積與建築面積之比		
B207	平面對稱性	3	<input type="checkbox"/> 不良(1.0) <input type="checkbox"/> 尚可(0.5) <input type="checkbox"/> 良(0)		
B208	立面對稱性	3	<input type="checkbox"/> 不良(1.0) <input type="checkbox"/> 尚可(0.5) <input type="checkbox"/> 良(0)		
B209	梁之跨深比b	3	當 $b \geq 8$, $w = 0$; 當 $3 \leq b < 8$, $w = (8 - b) / 5$, 當 $b < 3$, $w = 1.0$		
B210	柱之高深比c	3	當 $c \geq 6$, $w = 0$; 當 $2 \leq c < 6$, $w = (6 - c) / 4$, 當 $c < 2$, $w = 1.0$		
B211	軟弱層顯著性	3	<input type="checkbox"/> 高(1.0) <input type="checkbox"/> 中(0.67) <input type="checkbox"/> 低(0.33) <input type="checkbox"/> 無(0)		
B312	塑鉸區箍筋細部(由設計年度評估)	5	<input type="checkbox"/> 63年2月以前(1.0) <input type="checkbox"/> 63年2月至71年6月(0.67) <input type="checkbox"/> 71年6月至86年5月(0.33) <input type="checkbox"/> 86年5月以後(0)		
B313	窗台、氣窗造成短柱嚴重性	3	<input type="checkbox"/> 高(1.0) <input type="checkbox"/> 中(0.67) <input type="checkbox"/> 低(0.33) <input type="checkbox"/> 無(0)		
B314	牆體造成短梁嚴重性	3	<input type="checkbox"/> 高(1.0) <input type="checkbox"/> 中(0.67) <input type="checkbox"/> 低(0.33) <input type="checkbox"/> 無(0)		
B315	加建程度	2	<input type="checkbox"/> 高(1.0) <input type="checkbox"/> 中(0.67) <input type="checkbox"/> 低(0.33) <input type="checkbox"/> 無(0)		
B416	柱之損害程度	2	<input type="checkbox"/> 高(1.0) <input type="checkbox"/> 中(0.67) <input type="checkbox"/> 低(0.33) <input type="checkbox"/> 無(0)		
B417	牆之損害程度	2	<input type="checkbox"/> 高(1.0) <input type="checkbox"/> 中(0.67) <input type="checkbox"/> 低(0.33) <input type="checkbox"/> 無(0)		
B418	裂縫鏽蝕滲水等程度	4	<input type="checkbox"/> 高(1.0) <input type="checkbox"/> 中(0.67) <input type="checkbox"/> 低(0.33) <input type="checkbox"/> 無(0)		
B519	耐震能力初步評估	50	$w = \frac{4}{3} \left(1 - \frac{A_c}{IA_{475}} \right)$ 當 $0.25 \leq \frac{A_c}{IA_{475}} \leq 1$; $w = 1$, 當 $\frac{A_c}{IA_{475}} \leq 0.25$; 當 $\frac{A_c}{IA_{475}} > 1$, $w = 0$ (詳肆、定量評估表)		
分數總計		100	評分總計(P):		

額外評估項目：此部分為外加評分項目，評估人員應就表列「額外增分」、「額外減分」事項 加分最高配分為8分；減分最高配分為5分	
額外增分	1 分期興建或工程品質有疑慮 2 曾經受災害者，如土石流、火災、震災、人為破壞等 3 使用用途由低活載重改為高活載重使用者 4 傾斜程度，傾斜程度以 $\frac{1}{200}$ 為嚴重
額外減分	1 使用用途由高活載重改為低活載重使用者
額外評分總計(S)：	
總評估分數(R)=P+S=	

評估 結果	<input type="checkbox"/> $R \leq 25$ ；建築物的耐震能力尚無疑慮
	<input type="checkbox"/> $25 < R \leq 50$ ；建築物的耐震能力有疑慮
	<input type="checkbox"/> $50 < R$ ；建築物的耐震能力確有疑慮

註：(1) 評估結果僅供後續詳細評估參考用。
 (2) 評估內容中W為計算之權重。

肆、定量評估表

建築物重量 W (kgf)
混凝土抗壓強度 f'_c (kgf/cm ²)
主筋降伏強度 f_y (kgf/cm ²)
箍筋降伏強度 f_{yv} (kgf/cm ²)
橫向箍筋斷面積 A_v (cm ²)
箍筋間距 S (cm)
保護層厚度 c (cm)

柱類別	柱淨寬 (cm) (B_c)	柱淨深 (cm) (H_c)	柱斷面積 (cm ²) (A_s)	一樓柱淨高 (cm) (h_1)	二樓柱淨高 (cm) (h_2)	柱根數 (N_{ci})	左梁淨寬 (cm) (B_{bl})	左梁淨深 (cm) (H_{bl})	左梁壓力鋼筋斷面積 (cm ²) ($A_{s,bl}$)	左梁拉力鋼筋斷面積 (cm ²) ($A_{s,bl}$)	右梁淨寬 (cm) (B_{br})	右梁淨深 (cm) (H_{br})	右梁壓力鋼筋斷面積 (cm ²) ($A_{s,br}$)	右梁拉力鋼筋斷面積 (cm ²) ($A_{s,br}$)	撓曲破壞控制 (kgf-cm) ($V_{m,coli}$)	剪力破壞控制 (kgf-cm) (V_{sui})	V_{coli} (kgf)	$V_{coli} \times N_{ci}$ (kgf)
邊柱 ($N_{bf}=1$)																		
第一種																		
第二種																		
第三種																		
中間柱 ($N_{bf}=2$)																		
第一種																		
第二種																		
第三種																		
																		柱之極限強度 $\Sigma V_{coli} \times N_{ci}$ (kgf)

RC牆混凝土抗壓強度 f'_c (kgf/cm ²)	
RC牆主筋降伏強度 f_y (kgf/cm ²)	
四面圍束磚牆砂漿塊抗壓強度 f_{mc} (kgf/cm ²)	
四面圍束磚牆紅磚之單軸抗壓強度 f_{bc} (kgf/cm ²)	

RC牆	牆厚度 (cm)	長度 (cm)	高度 (cm)	RC牆鋼筋比 (ρ_{sw})	數量 (N_{swi})	單片牆之剪力強度 (kgf) (V_{swi})	RC牆剪力強度小計 (kgf) ($V_{swi} \times N_{swi}$)
RC牆之極限剪力強度 $\Sigma V_{swi} \times N_{swi}$ (kgf)							
四面圍束 磚牆	牆厚度 (cm)	長度 (cm)	高度 (cm)	數量 (N_{bwi})	單片牆之剪力強度 (kgf) (V_{bwi})	磚牆剪力強度小計 (kgf) ($V_{bwi} \times N_{bwi}$)	
四面圍束磚牆之極限剪力強度 $\Sigma V_{bwi} \times N_{bwi}$ (kgf)							

	j=1	j=2	j=3
一樓層極限剪力強度			
$V_{uj} = C_{vcj} \sum V_{col} \times N_{cj} + C_{vsj} \sum V_{sw} \times N_{swj} + C_{vbj} \sum V_{brw} \times N_{brwj} ; j=1 \sim 3$ (kgf)			
新設計建築物之極限剪力強度 $(V_{100})_u = I \left(\frac{\sum ad}{F_u} \right) W$ (kgf)			
受評估建築物之降伏地表加速度 $A_{yj} = \frac{V_{uj}}{(V_{100})_u} \frac{IA_{475}}{F_u}$ (g) ; j=1~3			
$R_j^* = \frac{C_{Rcj} \times R_{col} (C_{vcj} \times \sum V_{col} \times N_{cj}) + C_{Rsj} \times R_{sw} (C_{vsj} \times \sum V_{sw} \times N_{swj}) + C_{Rbj} \times R_{brw} (C_{vbj} \times \sum V_{brw} \times N_{brwj})}{C_{vcj} \times \sum V_{col} \times N_{cj} + C_{vsj} \times \sum V_{sw} \times N_{swj} + C_{vbj} \times \sum V_{brw} \times N_{brwj}} ; j=1 \sim 3$			
$R_{cj}^* = \begin{cases} 1 + \frac{(R_j^* - 1)}{1.5} & \text{(一般工址)} \\ 1 + \frac{(R_j^* - 1)}{2.0} & \text{(台北盆地)} \end{cases} ; j=1 \sim 3$			
$F_{uj}^* = F_u (T, R_{cj}^*) ; j=1 \sim 3$			
建築物耐震能力 $A_c = \max[A_{yj} F_{uj}^* ; j=1 \sim 3]$ (g)			

係數 C_{vcj} 、 C_{Rcj} 、 C_{vsj} 、 C_{Rsj} 、 C_{vbj} 與 C_{Rbj} 建議如下：

	j		
	1	2	3
V_{coi}	C_{vcj}	0.65	0.95
	C_{Rcj}	0.35	0.70
V_{swi}	C_{vsj}	0.85	0
	C_{Rsj}	1	0
V_{bwi}	C_{vbj}	0.95	0.85
	C_{Rbj}	0.45	1

R_{col} 、 R_{sw} 及 R_{brw} 與設計年度有關，建議如下：

設計年度	R_{col}	R_{sw}	R_{brw}
63年2月以前	3.2	2.0	3.0
63年2月至71年6月	3.6	2.0	3.0
71年6月至86年5月	4.0	2.0	3.0
86年5月以後	4.8	2.0	3.0

註：j=1為RC牆韌性充分發揮；j=2為磚牆韌性充分發揮；

j=3為構架韌性充分發揮

附錄八 鋼筋混凝土建築物耐震能力初步評估表

伍、現況照片表

項次	B208	說明
項次	B313	說明

項次	B314	說明	
項次	B315	說明	

附錄八 鋼筋混凝土建築物耐震能力初步評估表

	項次	B416	說明		項次	B417	說明		項次	B417	說明
--	----	------	----	--	----	------	----	--	----	------	----

項次	B418	說明

附錄九 鋼筋混凝土建築物耐震能力初步評估系統(PSERCB)

本研究根據第三章鋼筋混凝土建築物耐震能力評估表開發評估系統(PSERCB)，研發計算與檢驗程式，使工程師可快速完成 RC 建築物耐震能力初步評估，使用者操作介面如圖 11 所示。主要包含設定及新增等。以下逐一針對各功能說明如下：

(本系統開發緣由乃方便與驗證第三章計算理論成果，並未納入本次計畫成果內)
設定(圖 12)：

使用者：提供設定預設使用者，方便後續填寫建築物基本資料時無須重複填寫使用者，如圖 12 所示。

伺服器：使用者根據帳號與密碼登入 PSERCB，如圖 12 所示。

暫存資料：提供使用者了解目前評估建築物之資料總數、資料不全的數量等，亦提供使用者重設系統等功能，如圖 12 所示。



圖 11 PSERCB 程式介面

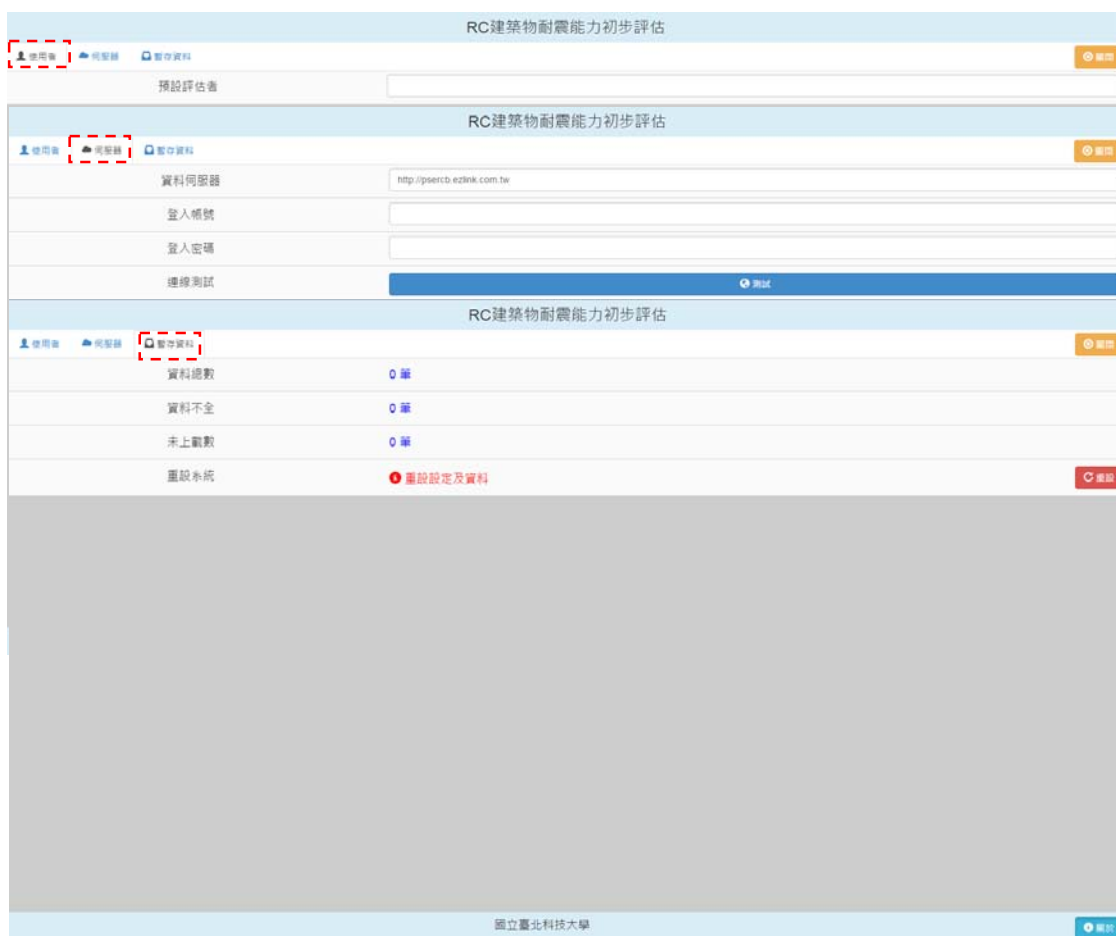


圖 12 設定功能介面



新增(圖 12)：

提供使用者創建建築物初步評估專案，點選新增後頁面將有基本資料、初步評估、定量評估等三者，使用者只須按照頁面程序即可完成建築物耐震能力初步評估，茲將各頁面分別說明如下：

基本資料：根據第三章研擬之初步評估表，需填入建築物相關基本資料，並且填寫建築物工址、地盤種類以及設計規範等皆為下拉式選單如圖 13 所示。

圖 13 建築物基本資料填寫介面

初步評估：本頁面將評估表中之定性評估整合，包含工址環境、結構系統、結構細部、結構現況、定量評估、額外增分以及額外減分，其中定量評估在此頁面無須填寫，後續頁面針對定量評估進行填入後，程式將自動計算得知分數帶入 B519 此項如圖 14 所示。圖中表示之各項說明如下：

- (1)：顯示目前評估項目進度。
- (2)：顯示評估項目是否完成，如完成將呈顯 ，未完成則為 。
- (3)：為各評估項目之配分。
- (4)：為各評估項目之權重選項。
- (5)：將配分與權重相乘即可得評分。
- (6)：為目前 RC 建築物耐震能力評估所得之總分。

RC建築物耐震能力初步評估

基本資料 初步評估 定量評估 (6) 總分: 3.00

評估項目 (1)

工地環境 (2)

B101	是否為第一類活動斷層近域	是否為第一類活動斷層近域	(5)	0.00
B102	地盤種類			0.99
B103	震區短週期設計水平譜加速度係數 s_d^D		(4)	2.01
B104	取化著能			

結構系統

B205	基礎型式			
B206	地下室面積比, r_a			
B207	平面對稱性			
B208	立面對稱性			
B209	梁之跨深比 b			
B210	柱之高深比 c			
B211	軟弱層顯著性			

結構細節

B312	梁較區箍筋細部(由設計年度評估)			
B313	梁台、氣密造成短柱嚴重性			
B314	牆體造成短梁嚴重性			
B315	加速程度			

結構現況

B416	柱之損害程度			
B417	梁之損害程度			
B418	裂縫滲漏洩水等程度			

定量分析

B519	耐震能力評估			
------	--------	--	--	--

額外加分

1	分期興建或工程品質有疑慮			2.00
2	曾經受災害者, 如土石流、火災、震災、人為破壞等			5.00
3	使用用途由低活載重改為高活載重使用者			0.00
4	傾斜程度, 傾斜程度以1/200為嚴重			0.00

額外減分

1	使用用途由高活載重改為低活載重使用者			-2.00
---	--------------------	--	--	-------

圖 14 建築物初步評估填寫介面

定量評估：本頁面針對 RC 建築物耐震能力定量初步評估，其主要填寫建築物各項材料參數、填寫邊柱、中間柱、RC 牆以及磚牆等如圖 15 所示，本系統即會根據第三章定量評估理論進行計算。

材料基本參數填寫區

建築物重量W(kgf)	1930160.8
混凝土抗壓強度 f_c (kgf/cm ²)	187
主筋降伏強度 f_y (kgf/cm ²)	2800
箍筋降伏強度 f_{yv} (kgf/cm ²)	2800
縱向箍筋間距 A_v (cm)	1.42
箍筋間距 S (cm)	20
保護層厚度 C (cm)	4
RC牆混凝土抗壓強度 f_c (kgf/cm ²)	0
RC牆主筋降伏強度 f_y (kgf/cm ²)	0
四面圍束鋼絲砂漿塊抗壓強度 f_{mc} (kgf/cm ²)	100
四面圍束鋼絲紅磚之單軸抗壓強度 f_{bc} (cm)	100

圖 15 建築物定量評估填寫介面

邊柱：邊柱之定義為該柱連接單一個梁，因此使用者僅需填入左梁或右梁其中一個相關尺寸及配筋即可。使用者根據現場量測之梁柱尺寸與配筋、柱子數量以及樓層高度，即會根據第三章理論進行計算該種類之 RC 柱基底剪力強度，如有不同柱尺寸，點選新增即可評估多種不同尺寸之梁柱，若該種類柱填寫之資料有誤，點選刪除即可將錯誤之柱子刪除如圖 16 所示。

柱等寬 Bc,cm		柱等深 Hc,cm	
柱側配筋面積 As,cm ²		柱標數 Nc	
一樓等寬 B1,cm		二樓等寬 B2,cm	
三樓等寬 B3,cm		左梁等寬 HBL,cm	
左梁壓力縱筋配筋面積 Asbl,cm ²		空梁壓力縱筋配筋面積 Asbl,cm ²	
右梁等寬 Bbr,cm		右梁等深 Hbr,cm	
右梁壓力縱筋配筋面積 Asbr,cm ²		右梁壓力縱筋配筋面積 Asbr,cm ²	
樓層總重控制 $V_{n,est}$, kgf-cm			0.00 kgf-cm
剪力總重控制 V_{sh} , kgf-cm			0.00 kgf-cm
V_{est} , kgf		$V_{est} * N_c$, kgf	

圖 16 邊柱填寫介面

中間柱：中間柱之定義為該柱左右兩端皆連接梁，因此使用者需填入左梁與右梁兩者相關尺寸及配筋。使用者根據現場量測之梁柱尺寸與配筋、柱子數量以及樓層高度，即會根據第三章理論進行計算該種類之 RC 柱基底剪力強度，如有不同柱尺寸，點選新增即可評估多種不同尺寸之梁柱，若該種類柱填寫之資料有誤，點選刪除即可將錯誤之柱子刪除如圖 17 所示。

中間柱(共 1 項)

中間柱類型: 1

柱淨寬 Bc, cm		柱淨深 Hc, cm	
柱縱筋斷面積 As, cm ²		柱螺絲 Ns	
一樓淨寬 h1, cm		二樓淨寬 h2, cm	
左側淨寬 Bbl, cm		左側淨深 Hbl, cm	
左側壓力縱筋斷面積 Asbl, cm ²		左側拉力縱筋斷面積 Asbl, cm ²	
右側淨寬 Bbr, cm		右側淨深 Hbr, cm	
右側壓力縱筋斷面積 Asbr, cm ²		右側拉力縱筋斷面積 Asbr, cm ²	
彎曲破壞控制 $V_{s,old}, kgf\text{-}cm$			0.00 kgf-cm
剪力破壞控制 $V_{s,new}, kgf\text{-}cm$			0.00 kgf-cm
V_{old} kgf		$V_{old} * N_{si}$ kgf	kgf

圖 17 中間柱填寫介面

RC 牆：使用者根據現場量測 RC 牆尺寸給予填入，即會根據第三章理論進行計算該種類之 RC 牆基底剪力強度，如有不同牆尺寸，點選新增即可評估多種不同尺寸之 RC 牆，若該種類 RC 牆填寫之資料有誤，點選刪除即可將錯誤之 RC 牆刪除如圖 18 所示。

RC 牆(共 1 項)

RC 牆類型: 1

牆厚度 T_b, cm		牆寬 W_b, cm	
高度 H_b, cm	1	數量 N_{wall}	0
RC 牆底距 H_b, cm			
單片牆之剪力強度 V_{wall}, kgf			0.00 kgf
RC 牆剪力強度小計 $V_{wall} * N_{wall}, kgf$			0.00 kgf

圖 18 RC 牆填寫介面

磚牆：使用者根據現場量測評估方向之磚牆尺寸，即會根據第三章理論進行計算該種類之磚牆基底剪力強度，如有不同牆尺寸，點選新增即可評估多種不同尺寸之磚牆，若該種類磚牆填寫之資料有誤，點選刪除即可將錯誤之磚牆刪除如圖 19 所示。

磚牆(共 1 項)

磚牆類型: 1

牆厚度 T_b, cm		牆寬 W_b, cm	
高度 H_b, cm	1	數量 N_{wall}	0
單片牆之剪力強度 V_{wall}, kgf			0.00 kgf
RC 磚牆剪力強度小計 $V_{wall} * N_{wall}, kgf$			0.00 kgf

圖 19 磚牆填寫介面


填寫完 RC 建築物之梁柱、RC 牆與磚牆等資料後，點選計算即可獲得建築

物耐震能力 A_c ，此為根據 $j=1\sim 3$ 計算完後之三者 $A_{y_j} F_{uj}^*$ 後取最大值如圖 20 所示。

計算完後耐震能力 A_c 將會由程式自動填入初步評估頁面的 B519 項如圖 14 所示，由此即可完成 RC 建築物耐震能力初步評估。

耐震能力評估	j=1	j=2	j=3
■ 樓層總荷重力強度 V_{ij}, Kgf	348496.375	474631.8472	441936.104
■ 新設計建築物之極限剪力強度 $(V_{lim})_{ij}, Kgf$	761448.4356	761448.4356	761448.4356
■ 受評估建築物之再伏地震加減度 I_p	0.0755	0.10284	0.09576
■ R_{ij}^*	1.39	2.62	-
■ R_{ij}^{**}	1.26	2.22	-
■ F_{ij}^*	1.23	1.85	2.24
■ 建築物耐震能力 A_c			0.214

圖 20 RC 建築物耐震能力初步評估之計算頁面

選擇關閉按鈕  如圖 15 右上方，即可回到程式初始頁面，此時可查看完成之建築物耐震能力初步評估結果如圖 21 所示，程式將自動顯示評估分數與評估結果，根據本研究公有建築物案例 A 與 B 評估結果皆為耐震能力「有疑慮」如圖 21 所示。

RC建築物耐震能力初步評估			
			+ 新增 設定
✓ 公有建築物A	40.118	有疑慮	編輯
✓ 公有建築物B	43.86	有疑慮	編輯

 評估分數  評估結果

國立臺北科技大學 關於

圖 21 RC 建築物耐震能力初步評估結果查詢

參考文獻

1. 宋裕祺，蔡益超等，「鋼筋混凝土建築物耐震能力評估手冊-視窗化輔助分析系統 SERCBWin2008」，內政部建築研究所，台北，2009。
2. 宋裕祺，蔡益超等，「鋼筋混凝土建築物耐震能力評估手冊-視窗化輔助分析系統 SERCBWin2012」，內政部建築研究所，台北，2012。
3. 內政部營建署，「建築物耐震設計規範及解說」，內政部營建署，台北，2011。
4. 臺灣綜合研究院編譯，「地震受害建築物應急危險程度的檢定手冊」，日本靜岡縣都市住宅建築科編著，1999。
5. 國家地震工程研究中心，「中小學校舍耐震評估與補強」，國家地震工程研究中心，台北，2000。
6. 日本建築防災協會「既存鐵筋混凝土造建築物的耐震診斷基準同解說」，日本防災協會，東京，1990。
7. Applied Technology Council, “Procedures for Postearthquake Safety Evaluation of Buildings”, CA, USA, 1989.
8. 蔡益超，「鋼筋混凝土建築物耐震能力評估法及推廣」，內政部建研所報告，1999。
9. 許茂雄，「學校建築結構耐震之反應譜非線性詳細評估法期中報告」，國家地震工程研究中心，1999。
10. 郭心怡，「RC 學校建築快速耐震診斷」，國立成功大學建築研究所碩士論文，許茂雄教授指導，2000。
11. 許丁友，鐘立來，廖文義，邱建國，簡文郁，周德光，「國民中小學典型校舍耐震能力初步評估法」，國家地震工程研究中心，2003。
12. 蘇耕立，「臺灣中小學校舍結構耐震能力初步評估方法之探討」，國立臺灣大學土木工程學系碩士論文，黃世建教授指導，2008。
13. 鍾立來，吳賴雲，林琨偉，楊耀昇，連冠華，蘇耕立，黃世建，「國中小校舍結構耐震能力初步評估之統計分析及現地驗證」，國家地震工程研究中心，2011。
14. 鍾立來，吳賴雲，林琨偉，楊耀昇，連冠華，「以現地試驗檢核校舍結構耐震能力之初步評估」，中國土木水利工程學刊，第二十四卷，第三期，第 299-311 頁，2012。
15. FEMA, ”Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards”, FEMA 154, Edition 2, 2002.
16. ATC-40, ”Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings. Report No. SSC 96-01,“ Applied Technology Council, 1996。
17. 內政部營建署，「建築物耐震設計規範及解說」，內政部營建署，台北，1997。
18. 內政部營建署，「建築物耐震設計規範及解說」，內政部營建署，台北，1999。
19. 內政部營建署，「建築物耐震設計規範及解說」，內政部營建署，台北，2005。

20. 中國土木工程學會，「混凝土工程設計規範與解說{土木 401-86a}」，台北，2000。
21. 中國土木工程學會，「混凝土工程設計規範之應用{土木 404-90}」，台北，2005。
22. 中國土木工程學會，「混凝土工程設計規範與解說{土木 401-93}」，台北，2005。
23. 中國土木工程學會，「混凝土工程設計規範與解說{土木 401-96}」，台北，2007。
24. 內政部營建署，「混凝土結構設計規範」，台北，2011。
25. 中國土木工程學會，「鋼筋混凝土學{土木 406-100}」，台北，2011。
26. Mander, J.B., Priestley, M.J.N., and Park, R., "Theoretical Stress-Strain Model of Confined Concrete," *Journal of Structural Division, ASCE*, Vol. 114, No. 8, pp.1804-1826, 1988.
27. Hoshikuma, J., Kawashima, K., Nagaya, K. and Taylor, A. W., "Stress-strain Model for Confined Concrete in Bridge Piers," *Journal of Structural Engineering, ASCE*, Vol. 123, No. 5, 1997.
28. 中國土木工程學會，既有混凝土結構物維修及補強技術手冊，2005。
29. 翁元滔、林克強、黃世建、邱聰智，「桃園縣瑞埔國小校舍耐震性能現地試驗-標準構架試體擬動態與反覆側推試驗」，國家地震工程研究中心，2008。
30. 葉勇凱、沈文成、蕭輔沛、周德光，「側推分析於校舍現地試驗之驗證」，國家地震工程研究中心，2008。
31. American Concrete Institute (ACI), "Building code requirements for structural concrete," ACI 318-05, Farmington Hills, 2005.
32. 日本建築防災協會，「既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計指針同解説」，2001。
33. 國家地震工程研究中心，「阪神大地震後日本 RC 建築之耐震診斷與補強研討會資料」，國立臺灣大學應用力學館國際會議廳，2000。
34. 日本建築防災協會，「既存 RC(鋼骨)造建築物耐震診斷基準、修改設計指針同解説」，2001。
35. Yu-Chi Sung, Kuang-Yen Liu, Chin-Kuo Su, I-Chau Tsai, and Kuo-Chen Chang, "A Study on Pushover Analyses of Reinforced Concrete Columns," *Journal of Structural Engineering and Mechanics*. Vol. 21, No. 1, p.p.35~52, Sep. 10, 2005.
36. Min-Chun Lai, Yu-Chi Sung, "A study on pushover analysis of frame structure infilled with low-rise reinforced concrete wall," *Journal of Mechanics*, Vol.24, pp.437-449, 2008.
37. Min-Chun Lai, Yu-Chi Sung, "A study on pushover analysis of frame structure infilled with low-rise reinforced concrete wall", *Journal of Mechanics*, Vol.24,

- pp.437-449, 2008.
38. Mirza, S. A. and MacGregor, J. G., "Variability of Mechanical Properties of Reinforcing Bars," *Journal of the Structural Division*, vol. 105, no. 5, 1979.
 39. Belarbi, A. and Hsu, T.C., "Constitutive Laws of Softened Concrete in Biaxial Tension – Compression," *ACI Structural Journal*, 1995.
 40. Miyauchi, Y., Fukuyama, K., Higashibata, Y., "Studies on repair and strengthening methods of damaged reinforced concrete columns," *Cement & Concrete Composites*, Vol. 22, pp. 81-88, 2000。
 41. 日本建築學會，"Design and Construction Guideline of Continuous Fiber Reinforced Concrete"，日本建築學會出版，2002。
 42. 蔡益超、邱昌平，「現有鋼筋混凝土建築物耐震能力詳細評估法準則」，國立臺灣大學地震工程研究中心，1988。
 43. 臺灣省結構工程技師公會，「鋼筋混凝土建築物耐震能力評估手冊」，科技圖書，2003。
 44. 日本建築学会，「鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針(案)・同解説」，2004。
 45. 鍾立來、簡文郁、葉勇凱、黃世建、余健維、張撼軍、陳永蒼、王翊光、周德光、許丁友、邱建國、邱聰智，「國民中小學典型校舍耐震能力之簡易調查」，國家地震工程研究中心，2005。
 46. <http://school.ncree.org.tw/files/common/evaluationform/20120516-Preliminary-Untypical.pdf>
 47. 賴明俊，「鋼筋混凝土建築物耐震能力評估系統之補強模組與視覺化展示功能開發」，國立台北科技大學博士論文，宋裕祺教授指導，2013。
 48. 李咸亨，「台北市地質鑽孔資訊化計畫」，第四期研究報告，中華地理資訊協會，2002年，5月。
 49. 內政部，「災害後危險建築物緊急評估明細表」，2010。

鋼筋混凝土建築物耐震評估程式增修與應用研究

出版機關：內政部建築研究所

電話：(02) 89127890

地址：新北市新店區北新路3段200號13樓

網址：<http://www.abri.gov.tw>

編者：陳建忠、宋裕祺、蔡益超、賴明俊、邱毅宗、
謝宗興、鄒本駒、盧珽瑞

出版年月：103年12月

版次：第1版

ISBN：978-986-04-3626-6(平裝)