

鋼筋混凝土建築物耐震評估程式增修與應用研究

Improvement and case study of Seismic Evaluation System of Reinforced Concrete Buildings

主管單位：內政部建築研究所

陳建忠¹ 宋裕祺² 蔡益超³ 賴明俊² 邱毅宗² 謝宗興¹ 鄒本駒¹

Chen, Chien-Jung¹ Sung, Yu-Chi² Tsai, I-Chao³ Lai, Ming-Chun²

Chiu, Yi-Tsung² Hsieh, Tzong-Hsing¹ Tsou, Pen-chu¹

¹ 內政部建築研究所

² 國立台北科技大學土木與防災研究所

³ 國立臺灣大學土木工程研究所

摘要

本研究研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，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。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。

關鍵字：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

ABSTRACT

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.

KEYWORDS: Preliminary Seismic Evaluation of RC Building, Seismic Evaluation of RC Building

一、 前言

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。

二、 鋼筋混凝土建築物耐震能力初步評估表之擬定

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。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。詳細分述如下：

2.1 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。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。

2.2 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。

2.3 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。

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。

〔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。

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。

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。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。

〔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。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。

〔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 1。

表 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。

〔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 2。

表 2 柱之損害程度

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<0.3mm)。
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。

〔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(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。

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

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。

2.4 定量評估

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 。

2.5 現況照片

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。

三、案例分析

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。

3.1 公有建築 A 之耐震能力初步評估

本研究針對若干個公有建築物進行耐震能力初步評估，在此僅以公有建築物 A 進行探討。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梁，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。根據前述方法進行評估，顯示公有建築物 A 之耐震能力評分為 40.118 分，其結果係為該建築物之耐震能力“有疑慮”如表 3 所示。其中，定性部分共為 20.86 分，定量為 19.258 分，額外評估為 0 分。有鑑於此，應針對公有建築物 A 進行耐震能力詳細評估。

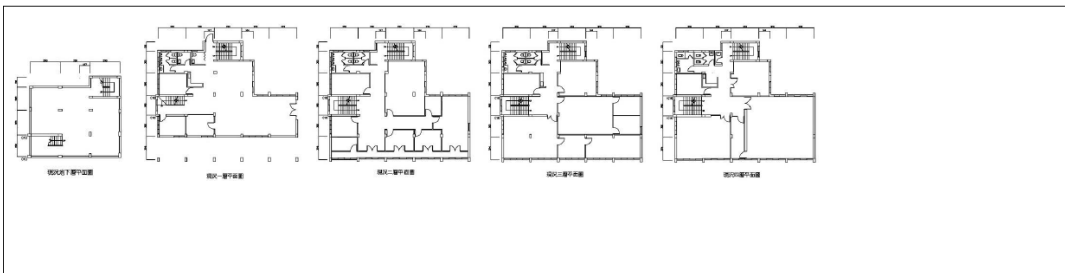
表 3 公有建築 A 之耐震能力初步評估表

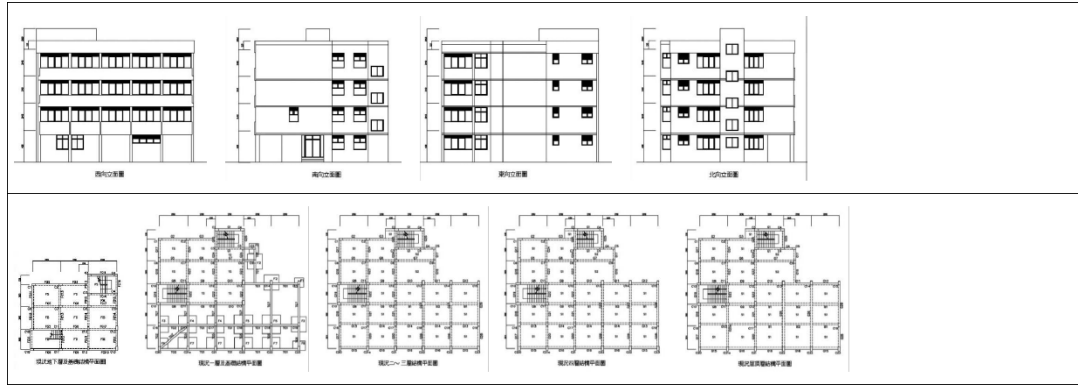
鋼筋混凝土建築物耐震能力初步評估

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	震區短期設計水平譜加速度係數 S_y^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 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	現況 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	定量分析 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)	0.385	19.258
分數總計				評分總計(P): 40.118	

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。

3.2 公有建築 A 之耐震能力詳細評估

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，須進入詳細評估確認其結構物耐震能力。

如圖 1 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。透過 SERCB 分析，可得有效最大加速度與位移關係如圖 2 所示，其 $A_c = 0.180 g$ 。鑑於建築物座落於臺北一區，475 年地震回歸期之需求為 $0.24 g$ ，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。

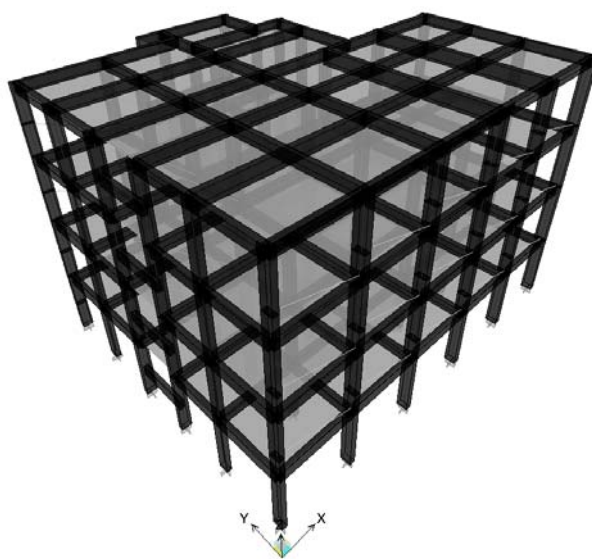


圖 1 ETABS 模擬之公有建築物 A 結構立體圖

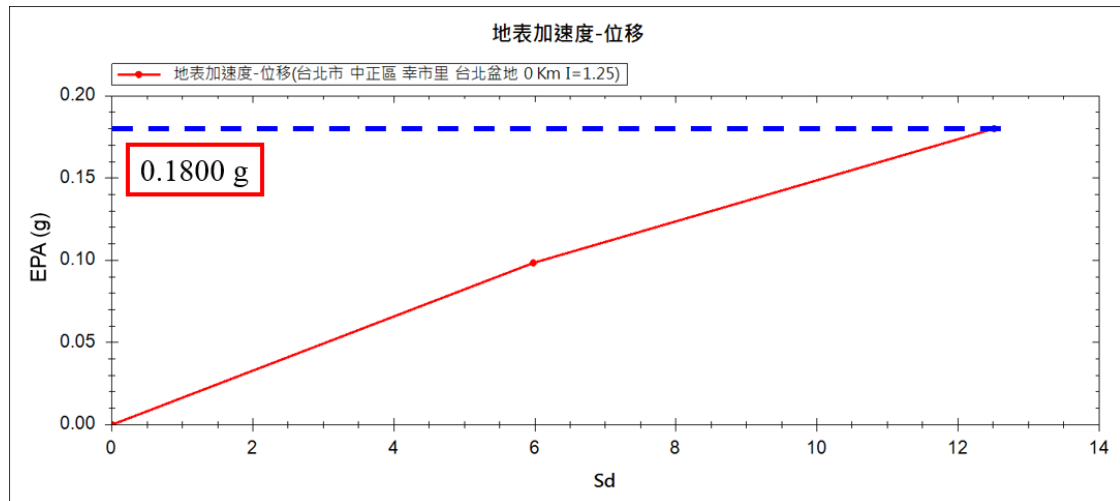


圖 2 公有建築物 A 之結構物耐震能力

六、結果與討論

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. 本研究以若干個案例進行耐震能力初步應用評估，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。

參考文獻

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。

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。

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。

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。

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。

Applied Technology Council, “Procedures for Postearthquake Safety Evaluation of Buildings”, CA, USA, 1989.

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。
內政部營建署，「混凝土結構設計規範」，台北，2011。

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.

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.

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。

American Concrete Institute (ACI), “Building code requirements for structural concrete,” ACI 318-05, Farmington Hills, 2005.

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。

日本建築防災協會，「既存 RC(鋼骨)造建築物耐震診斷基準、修改設計指針同解說」，2001。

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.

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.

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.

Mirza, S. A. and MacGregor, J. G., "Variability of Mechanical Properties of Reinforcing Bars," *Journal of the Structural Division*, vol. 105, no. 5, 1979.

Belarbi, A. and Hsu, T.C., "Constitutive Laws of Softened Concrete in Biaxial Tension – Compression," *ACI Structural Journal*, 1995.

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。

日本建築學會，” Design and Construction Guideline of Continuous Fiber Reinforced Concrete “，日本建築學會出版，2002。

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。

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」，

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。

內政部，「災害後危險建築物緊急評估明細表」，2010。