

國立臺灣大學土木工程學研究所碩士論文

指導教授：謝尚賢博士

應用案例式推理於典型中小學教室
建築耐震能力初步評估系統之研究

研究生：王學誠

中華民國九十二年六月

誌謝

首先，我要感謝恩師謝尙賢老師，在論文的指導、甚至人生的方向，都給了我很大的幫助，老師的待人處事及研究態度也是我心中的典範，此外，非常感謝老師給了我許多機會參加研討會以及論文發表，在短短的兩年中，參加了在新加坡舉行的 KKCNN 及在台灣的 NTU/NCREE-KU Joint Seminar，發表了三篇論文，參加一次英文論文比賽，不僅學習了英文簡報及寫作的能力，還結識了許多國外的朋友，對我來說真的是獲益良多。

陳清泉教授、蔡益超教授以及刁健源博士在論文口試期間不吝指正，並提出了許多寶貴的意見，使本論文更臻完整。另外，我要感謝劍峰、承道、彬斌、明德等博士班學長以及同窗戰友文淮、文祥、光榮、志欣等在生活上、課業上的幫助。

最後，我要感謝我的家人，父親在我的人生的方向及學習態度方面都了極大的指引，母親、姊姊及妹妹總是隨時在我需要幫助時伸出援手，實在讓我感到家庭的溫暖。我畢業了，謝謝你們大家。

王學誠 謹誌

摘要

現行的建築物耐震評估診斷在人力及物力上都尚嫌不足，若能在震害前就將各種學校建築進行詳細評估，並納入案例庫中，便能快速地根據已有的詳細評估資料對學校建築進行診斷。

本研究利用數值案例庫發展一快速而準確的耐震能力初步評估系統，基本構想為利用平時電腦閒置的 CPU，在震害發生之前就可以不斷的自動運算，以建立大量的建築物耐震詳細評估案例。為了使案例庫能包含大部分學校教室建築，本研究先蒐集學校教室建築的調查資料，以決定建立學校教室建築模型之參數項目及參數值。接著採用國內常用的耐震能力詳細評估法—強度韌性法，對各種形式的學校教室建築進行耐震能力詳細評估，並將評估結果納入案例庫中管理。等到需要進行耐震評估時，就可將待評估之標的與案例庫中之案例作比對，以找出相似的案例，經過快速分析後得到評估結果，如此，就可兼顧耐震安全初步評估快速的優點，又可使其準確度接近詳細評估法。

最後，本研究以三棟建築物作為實際案例測試案例式推理耐震能力初步評估系統，並對評估結果進行探討。此外，本研究利用所建立之案例庫對「一樓樓高」、「 f'_c 」、「 f_y 」、「鋼筋比」、「箍筋間距」、「樓高」、「柱單位載重」等六項參數進行參數的分析，並得到定量的分析成果。

On Development of A Computer System For Preliminary Aseismic Capacity Estimation of School Buildings Using Case-based Reasoning

Hsueh-Cheng Wang

Computer Aided Engineering Group

Department of Civil Engineering

National Taiwan University

This paper presents the development of a computer system for preliminary aseismic capacity estimation of school buildings using a case-based reasoning approach. An automatic process is first developed in the system for detailed aseismic capacity assessment of parametric school building cases. Making full utilization of a large amount of often-idle computer CPU cycles, the system uses the automatic process to construct a large case base containing aseismic capacity estimation results of various numerically simulated school building cases. Based on the case base constructed in advance, the preliminary aseismic capacity of a given school building in terms of the building's collapse ground acceleration can be estimated quickly by the system through a case-based reasoning process. In addition, taking advantage of numerically simulated case base, this research presents preliminary results of parametric analysis on aseismic capacity estimation of school building.

目錄

誌謝.....	ii
摘要.....	iii
目錄.....	v
表目錄.....	viii
圖目錄.....	ix
第一章 緒論.....	1
1.1 研究動機	1
1.2 研究目的	2
1.3 研究範圍與限制.....	3
1.4 研究方法	3
1.5 論文章節組織架構	5
第二章 建築結構物耐震評估法.....	6
2.1 建築物耐震能力初步評估.....	6
2.1.1 鋼筋混凝土耐震能力初步評估法.....	7
2.1.2 簡單計算耐震能力初步評估法	7
2.1.3 既存鋼筋混凝土造建築物之耐震診斷基準	9
2.1.4 壁量比與柱單位載重	10
2.2 耐震安全詳細評估法	12
2.2.1 強度韌性法分析流程與理論基礎.....	12
2.2.2 強度韌性法分析程式	16
第三章 影響學校教室建築耐震能力之參數	19
3.1 學校教室建築結構系統的調查資料.....	20
3.2 本研究之教室模型參數.....	21
3.3 參數的權重值.....	25

3.4	評估參數的設定.....	27
第四章	系統架構與實作.....	28
4.1	系統架構	28
4.1.1	參數化學校建築案例庫之建置流程.....	28
4.1.2	待評估學校教室建築案例之評估流程.....	30
4.2	學校建築資料表單	32
4.3	自動化耐震安全詳細評估系統	33
4.4	耐震能力初步評估系統.....	39
4.4.1	危險度評估模組.....	39
4.4.2	簡單計算評估模組.....	40
4.4.3	耐震指標模組	42
4.5	數值案例庫	42
4.6	案例式推理耐震能力初步評估系統.....	44
4.6.1	Recall 模組.....	45
4.6.2	Adapt 模組	48
第五章	結果與討論.....	53
5.1	案例庫的建置與評估參數分析結果.....	53
5.1.1	材料性質分析結果.....	53
5.1.2	鋼筋比與箍筋間距之分析結果	55
5.1.3	樓高的分析結果.....	56
5.1.4	柱單位載重及柱鋼筋比之分析結果.....	58
5.1.5	評估參數於選取案例分析之適用性.....	63
5.2	實例分析	64
5.2.1	台北市典型國中校舍結構 1.....	64
5.2.2	台南市後甲國中群育樓	73
5.2.3	台北市國中之典型校舍 2.....	81

5.3	評估結果的比較與討論.....	89
第六章	結論與建議.....	91
6.1	結論.....	91
6.2	建議.....	95
參考文獻.....		97
附錄一 台南市後甲國中德育樓之評估結果		102

表目錄

表 一	危險度初步評估表（陳清泉，2002）	8
表 二	建立學校建築模型之參數及參數值.....	24
表 三	各參數的相對權重（王世曄，2000）	26
表 四	案例庫所紀錄的內容.....	43
表 五	各參數項目的相似度方程式.....	47
表 六	箍筋間距與剪力破壞之構材數.....	57
表 七	樓層高度對耐震能力的影響.....	58
表 八	參數模型鋼筋比的設定.....	58
表 九	參數模型以及四個實際案例的參數資料.....	59
表 十	參數模型之柱單位載重及詳細評估結果.....	60
表 十一	民雄國中之斷面尺寸、鋼筋比及箍筋間距.....	61
表 十二	台南市後甲國中群育樓之斷面尺寸、鋼筋比及箍筋間距.....	61
表 十三	台北市國中之典型校舍結構 1 之斷面尺寸、鋼筋比及箍筋間距.....	62
表 十四	台北市國中之典型校舍結構 2 之斷面尺寸、鋼筋比及箍筋間距.....	62
表 十五	台南市後甲國中德育樓之斷面尺寸、鋼筋比及箍筋間距.....	62
表 十六	台北市國中之典型校舍結構 1 之地震力豎向分配.....	66
表 十七	台北市國中之典型校舍結構 1 之耐震能力.....	67
表 十八	台南市後甲國中群育樓之地震力豎向分配.....	74
表 十九	台南市後甲國中群育樓之耐震能力.....	75
表 二十	台北市典型國中校舍結構 2 之地震力豎向分配.....	82
表 二十一	台北市典型國中校舍結構 2 之耐震能力.....	83
表 二十二	三個實例之評估結果比較.....	90
表 二十三	三個實例建築與樣版模型之參數比較.....	90

圖目錄

圖 一	強度韌性法之分析流程.....	13
圖 二	樑柱斷面降伏彎矩分析.....	14
圖 三	根據剪力強度及韌性比判斷出破壞模式.....	14
圖 四	強度韌性法分析程式之使用流程（以版本 TS-RC1 2002_02 為例） .	18
圖 五	案例式推理過程所使用之參數.....	19
圖 六	學校教室模型結構平面圖.....	21
圖 七	參數化學校建築案例庫建置流程.....	29
圖 八	案例庫管理者所設定之參數表.....	30
圖 九	待評估之學校教室建築案例流程.....	31
圖 十	學校建築資料表單.....	33
圖 十一	EXCEL 格式之 ETABS 模型輸入檔.....	34
圖 十二	計算載重資料及地震力豎向分配.....	35
圖 十三	EXCEL 格式之強度韌性法分析程式輸入檔.....	35
圖 十四	EXCEL 格式之強度韌性法分析程式輸入檔—將各欄位併為一欄...	36
圖 十五	強度韌性法分析程式所得之分析結果.....	37
圖 十六	危險度評估模組一部分評估項無資料時.....	39
圖 十七	危險度評估模組一有完整評估資料時.....	40
圖 十八	簡單計算評估模組介面.....	41
圖 十九	簡單計算評估模組之詳細計算資料說明.....	41
圖 二十	耐震指標模組.....	42
圖 二十一	案例資料之報表.....	43
圖 二十二	利用案例資料直接繪製之圖表.....	44
圖 二十三	參數相對權重的設定.....	45
圖 二十四	相似度計算結果.....	47

圖 二十五	門檻值設定.....	48
圖 二十六	EXCEL 中的迴歸分析	50
圖 二十七	案例式推理耐震能力評估結果.....	52
圖 二十八	材料性質分析結果.....	54
圖 二十九	鋼筋比與箍筋間距之分析結果.....	56
圖 三十	柱單位載重與鋼筋比的分析結果.....	59
圖 三十一	將台北市典型國中校舍結構 1 之建築概況填入表單.....	68
圖 三十二	台北市典型國中校舍結構 1 之參數權重設定.....	69
圖 三十三	台北市典型國中校舍結構 1 之門檻值設定.....	69
圖 三十四	台北市典型國中校舍結構 1 之 CBR 評估結果一前十個案例.....	70
圖 三十五	台北市典型國中校舍結構 1 之 CBR 評估結果一七十分以上.....	70
圖 三十六	台北市國中之典型校舍結構 1 之危險度初步評估結果.....	71
圖 三十七	台北市國中之典型校舍結構 1 之簡單計算耐震初步評估結果.....	72
圖 三十八	將台南市後甲國中群育樓之建築概況填入表單.....	76
圖 三十九	台南市後甲國中群育樓之參數權重設定.....	77
圖 四十	台南市後甲國中群育樓之門檻值設定.....	77
圖 四十一	台南市後甲國中群育樓之 CBR 評估結果一前二十個案例.....	78
圖 四十二	台南市後甲國中群育樓之 CBR 評估結果一七十分以上.....	78
圖 四十三	台南市後甲國中群育樓之危險度初步評估結果.....	79
圖 四十四	台南市後甲國中群育樓之簡單計算耐震初步評估結果.....	80
圖 四十五	將台北市典型國中校舍結構 2 之建築概況填入表單.....	84
圖 四十六	台北市典型國中校舍結構 2 之參數權重設定.....	85
圖 四十七	台北市典型國中校舍結構 2 之門檻值設定.....	85
圖 四十八	台北市典型國中校舍結構 2 之 CBR 評估結果一前二十個案例....	86
圖 四十九	台北市典型國中校舍結構 2 之 CBR 評估結果一七十分以上.....	86
圖 五十	台北市國中之典型校舍結構 2 之危險度初步評估結果.....	87

圖 五十一 台北市國中之典型校舍結構 2 之簡單計算耐震初步評估結果.....88

第一章 緒論

本章將從介紹研究的動機與目的開始，說明研究進行的方法和步驟，並簡要陳述本論文的章節安排及架構大綱。

1.1 研究動機

學校建築屬於公共建築，每當政府遭遇重大災害，學校建築總是提供了災害防救的中繼站與民眾臨時避難的處所，可知其結構設計的重要性。但在九二一集集大地震後，有為數不少的學校建築損壞嚴重甚至倒塌，反映出其耐震能力不足的問題，因此，對於學校建築的耐震評估，實在有迫切的需求。然而，全國的學校建築數量相當龐大，對全國校舍進行耐震安全評估實在是項繁重的工作，因此，必須找出一套完善且快速的辦法，以完成這項重要的工作。

建築物的耐震評估法一般可分為初步評估與詳細評估，由於全國校舍的數量相當龐大，若對每一棟均進行詳細評估，所需之工作量、時間及經費將十分可觀。因此，目前多以目視檢測的初步評估法先挑出較有疑慮建築物，再接受進一步的詳細評估。

耐震安全初步評估法通常以填表計分或簡化計算的方式進行，以填表計分進行的初步評估法可快速決定建築物約略的耐震等級，通常為定性（Qualitative）的評估；而以簡化計算方式進行的初步評估法則根據影響耐震能力的重要因素計算出建築物大約之崩場地表加速度（Collapse Ground Acceleration）或其他耐震指標，通常為定量（Quantitative）之評估。本研究以崩場地表加速度的值（ A_c 值），作為建築物耐震能力的指標。

然而，以目視檢測初步評估法容易因著檢測者個人的判斷不同，而造成評估結果的差異。而以簡單計算及查表進行之初步評估法所計算出之 A_c 值則較為粗略，雖然不失初步評估的本意，但相對於詳細評估，在準確度上，也有待更進一步的研究。

由於目前影響耐震能力各項因素的影響程度尚未完全被瞭解，加上耐震評估專家的領域知識取得不易，所建構的規則常含有許多的例外。在這種情況下，使用案例式推理所得解答很可能比由一連串規則所得到的更為精確。另外，案例式推理能不斷從經驗中學習，增進解決問題的效能，再加上其推理過程與人類非常相似，容易被使用者所接受。因此，本研究採用案例式推理的理論，來實作耐震能力初步評估系統。

1.2 研究目的

本研究的目的是在於：利用數值案例庫發展一快速而又準確的耐震能力初步評估系統，基本構想為利用平時電腦閒置的 CPU，在震害發生之前就可以不斷的自動運算，以建立大量的建築物耐震詳細評估案例，並納入案例庫中管理。等到需要進行耐震評估時，就可將待評估之標的與案例庫中之案例作比對，以找出相似的案例，經過快速分析後得到評估結果，如此，就可兼顧耐震安全初步評估快速的優點，又可使其準確度接近詳細評估法。

因此，本研究之主要工作如下：

- 一、探討學校建築特性與影響耐震能力之參數
- 二、以自動化詳細評估流程建立案例庫
- 三、建置案例式推理耐震能力初步評估系統

1.3 研究範圍與限制

研究對象為典型學校教室建築

學校是人才培育之場所，也是緊急災難時，居民避難最主要的處所，可見其重要性。而典型學校教室建築的結構型式與一般建築結構物不同之處在於其具有普遍且較為固定的設計模式，分析上較為單純，因此本研究以典型學校建築做為研究對象。而近來新建之學校教室建築在設計模式較為複雜，本研究暫不考慮。

案例式推理耐震能力初步評估系統著眼於初步評估

本研究之案例式推理耐震能力評估系統雖然是利用數值模擬之詳細評估案例，但此系統所得的 A_e 值為耐震初步評估結果，該建築物的詳細評估仍應按照其實際的結構圖，依詳細評估的流程評估之。

1.4 研究方法

資料蒐集與文獻回顧

文獻回顧的重點為：(1) 蒐集全國學校建築結構型式及學校建築特性的資料，作為建立學校建築模型之依據。(2) 蒐集建築物耐震評估法的相關資料，包括國內現行的耐震初步評估及詳細評估法，以及詳細評估法（強度韌性法）的程式碼，以供日後系統實作之用。(3) 蒐集與影響耐震能力的參數相關之文獻，以作為案例式推理耐震能力評估系統的之評估標準。(4) 蒐集案例式推理（Case-based Reasoning）之理論與實作方法之相關資料。

探討學校教室建築特性與耐震評估參數

爲了使所建立的模型能包含大部分校舍，本研究先蒐集學校教室建築的調查資料，以決定建立模型之參數項目及參數值。接著探討影響耐震能力的重要因素，並對影響學校建築耐震能力之參數進行研究，以當作案例式推理耐震能力初步評估系統之評估標準。

系統分析與設計與實作

首先，規劃出系統架構以及各步驟的流程圖，以作為系統實作的依據。系統的實作包含自動化耐震安全詳細評估的流程、數值案例庫的建立以及案例式推理耐震初步評估系統的建置，其中重點包括：自動化機制、不同應用程式間資料的轉換及傳遞…等。最後將大量的詳細評估分析並存入數值案例庫中，並以實際案例測試案例式推理耐震初步評估系統。

結果分析

比較本系統之耐震初步評估結果、其他耐震初步評估法的評估結果以及詳細評估的結果，並嘗試找出各個評估參數與耐震能力間的關係，最後加以說明及討論。

1.5 論文章節組織架構

本研究之論文架構分為六個章節，各章節的內容簡要說明如下：

第一章 緒論

說明本研究的動機、目的、範圍與限制、方法，以及步驟。

第二章 建築結構物耐震評估法

首先介紹目前執行建築物耐震評估的流程，接著簡要說明初步評估法，並深入介紹本研究所採用之詳細評估法－強度韌性法。

第三章 學校建築特性與影響耐震能力之參數

本章先探討學校建築的特性，以建立各種學校建築模型。接著研究影響耐震能力之參數，以及各參數的權重。

第四章 分析與設計與實作

先介紹本研究之系統架構，接著介紹說明系統實作的過程，並展示研究成果。

第五章 結果與討論

說明參數之分析結果並討論三個實例建築物之耐震評估結果。

第六章 結論與建議

說明本研究之貢獻並討論未來之建議及發展的方向。

第二章 建築結構物耐震評估法

本章將先介紹目前執行建築物耐震評估的流程，並說明初步評估法及其評估的項目，接著深入介紹本研究所採用之詳細評估法—強度韌性法的理論基礎、分析流程及適用範圍，最後介紹強度韌性法評估應用程式，並說明其限制條件與使用流程。

建築結構物的耐震評估法分為兩個層次，即初步評估與詳細評估。初步評估供快速篩選之用，以填表計分與簡化計算兩種方式為之。初步評估判定為無疑慮者，可不必進行詳細評估，判定為有疑慮或危險之建築物，除非決定拆除或重建，應進行耐震能力詳細評估。

2.1 建築物耐震能力初步評估

國內外常見的耐震安全初步評估法有：鋼筋混凝土建築物耐震能力初步評估法（蔡益超、陳清泉，1999）、簡單計算耐震能力初步評估法（蔡益超、陳清泉，1999）、既存 RC 造建築物耐震診斷基準（日本建築防災協會，1991）、學校建築快速耐震診斷法（郭心怡，2000）、學校建築耐震規劃設計及評估（張嘉祥，1998）等，其中，鋼筋混凝土建築物耐震能力初步評估法以填表計分的方式針對設計年度、地盤種類...等 18 項影響耐震能力的因素求出該建築物的危險度，而簡單計算耐震能力初步評估法則是針對規範最小設計水平總橫力、樑破壞模式...等 8 個影響耐震能力的因素計算出建築物 A_c 值。日本的既存鋼筋混凝土造建築物之耐震診斷基準，則是以強度、韌性、經年、形狀等指標計算出該建築物之結構耐震指標 I_s 值。學校建築快速耐震診斷法及學校建築耐震規劃設計及評估則計算出柱單位載重以及壁量比，作為評估的參考。以下簡介這些常見的耐震安全初步評估法以及耐震指標。

2.1.1 鋼筋混凝土耐震能力初步評估法

建築物耐震安全初步評估，又稱為危險度初步評估法（陳清泉，2002），係經參考國內外最新之資料，研擬出耐震能力及安全所須研判之重要項目計有 18 項，有系統地列成表，如表一所示。表一中各項目依其重要性有其配分，配分之總和為 100 分。各項目根據評估內容，就可決定權數，將權數乘以配分可得到該項目的危險度評分。評估某一棟建築物，可能某些項次並不適用，此些項目當然不必評估，但在計算危險度評分總計時，應將評估項目的配分總計調整為 100 分。危險度評分總計若大於 60 分則表示該建築結構之耐震安全確有疑慮，應立即進行安全詳細檢測及評估；若介於 30 分及 60 分之間則表示其耐震安全有疑慮，必要時應進行詳細安全檢測及評估；若低於 30 分則表示目前耐震安全尚無疑慮，但須繼續進行例行性檢測維護。

2.1.2 簡單計算耐震能力初步評估法

鋼筋混凝土建築物簡單計算耐震能力初步評估（蔡益超、陳清泉，1999），係針對影響耐震能力最重要的八項因素，經簡單計算而其破壞時之地表加速度 A_c 。這八項因素為：

F1：規範最小設計水平總橫力之計算

F2：梁破壞模式之計算

F3：柱圍束箍筋之計算

F4：柱高深比之計算

F5：建築物具非結構牆之修正

F6：建築物具剪力牆之修正

F7：平面與立面對稱性

F8：結構體現有缺陷評估

表一 危險度初步評估表（陳清泉，2002）

建築物名稱：

建築物編號：

評估者：

評估日期：

項次	項 目	配分	評 估 內 容	權 數	危險度評分
201	設計年度	4	<input type="checkbox"/> 63年2月以前(1.0) <input type="checkbox"/> 63年2月~71年6月(0.75) <input type="checkbox"/> 71年6月~78年5月(0.5) <input type="checkbox"/> 78年5月~86年5月(0.25) <input type="checkbox"/> 86年5月以後(0)		
	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)		
	工址震區加速度係數	5	$(Z-0.18)/0.15$ ；其中 Z：工址震區加速度係數		
	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		
	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)		
206	基地土壤承载力	4	<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)		
207	梁跨深比耐震性指標	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)		
208	柱高深比或牆高厚比耐震性指標	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)		
209	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)		
210	短柱短梁嚴重性	8	<input type="checkbox"/> 高(1.0) <input type="checkbox"/> 中(0.67) <input type="checkbox"/> 低(0.33) <input type="checkbox"/> 無(0)		
211	梁柱接頭開裂或樓板(屋架)支承滑落性	6	<input type="checkbox"/> 嚴重(1.0) <input type="checkbox"/> 中等(0.67) <input type="checkbox"/> 輕微(0.33) <input type="checkbox"/> 無(0)		
212	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)		
213	平面對稱性	6	<input type="checkbox"/> 差(1.0) <input type="checkbox"/> 尚可(0.5) <input type="checkbox"/> 良(0)		
214	立面對稱性	4	<input type="checkbox"/> 差(1.0) <input type="checkbox"/> 尚可(0.5) <input type="checkbox"/> 良(0)		
215	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)		
216	裂縫銹蝕蛀腐滲水等程度	8	<input type="checkbox"/> 高(1.0) <input type="checkbox"/> 中(0.67) <input type="checkbox"/> 低(0.33) <input type="checkbox"/> 無(0)		
217	屋齡， y_r (年)	3	$y_r/50 \leq 1.0$		
218	屋頂及樓板加重程度	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	D：危險度評分總計		
評 估 結 果			<input type="checkbox"/> 安全尚無疑慮($D \leq 30$) <input type="checkbox"/> 安全有疑慮($30 < D \leq 60$) <input type="checkbox"/> 安全確有疑慮($D > 60$)		

受評估建築物之耐震能力 A_c 為震區水平加速度係數 Z 乘以 F_1 至 F_8 係數值：

$$A_c = Z(g)F_1F_2F_3F_4F_5F_6F_7F_8$$

F_1 主要係反映建築物之強度， F_2 、 F_3 及 F_4 係反映建築物之韌性， F_5 、 F_6 反映磚牆與剪力牆之效應， F_7 反映建築物的規則性， F_8 則反映建築物的現有缺陷。

2.1.3 既存鋼筋混凝土造建築物之耐震診斷基準

日本建築防災協會之既存鋼筋混凝土造建築物之耐震診斷基準（日本建築防災協會，1991），以耐震指標 I_s 值為評估標準，耐震指標 I_s 值的計算方式如下（張嘉祥，1995）：

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

其中： S_D ：形狀指標，與建築之平面、立面形狀、質剛心偏移情形有關。

T ：經年指標，與建齡與建物使用過程有關。

E_o ：校舍保有性能基本指標，由校舍垂直構材提供，包括下列四類：

1. 極脆性柱，（ h_o/D 在 2 以下， h_o 為柱無束制高度， D 為柱深）
2. 一般柱
3. 磚牆
4. RC 牆

E_o 計算時由下兩式比較後取大值

$$E_o = \frac{n+1}{n+i} [(C_{SC} + C_{BW}) + \alpha_2 (C_C + C_W)] \times F_1 \quad (2.2)$$

$$E_o = \frac{n+1}{n+i} (C_C + C_W) \times F_2 \quad (2.3)$$

其中： n 為建築物樓層數

i 為評估樓層（底層取 1，最上層取 n ）

α_2 極脆性柱及磚牆破壞時，柱及 RC 牆發揮剪力之和與極限剪

力和之比，評估時一般取 0.7

F_1 極脆性柱及磚牆之韌性指標，一般取 0.8

F_2 柱與 RC 牆的韌性指標，一般取 1

C_{sc} ：極脆性柱之強度指標， $\Sigma_{sc}Q_U/\Sigma W$

C_c ：柱之強度指標， $= \Sigma_c Q_U/\Sigma W$

C_w ：RC 牆之強度指標， $\Sigma_w Q_U/\Sigma W$

C_{bw} ：磚牆之強度指標， $\Sigma_{bw} Q_U/\Sigma W$

上式中

ΣW ：係指評估樓層以上建築物全部重量

$\Sigma_c Q_U$ ：柱極限強度之總合

$\Sigma_{sc} Q_U$ ：極脆性柱極限強度之總合

$\Sigma_{bw} Q_U$ ：磚牆極限強度之總合

$\Sigma_w Q_U$ ：RC 牆極限強度之總合

柱極限強度 cQ_U 係分別計算剪力破壞時之剪力 cQ_{su} 及彎矩破壞時之剪力 cQ_{mu} ，兩者比較取較小值，計算磚牆極限強度時只考慮評估方向有效磚牆斷面積，並考慮束制情況。

2.1.4 壁量比與柱單位載重

壁量比之計算式（張嘉祥、呂國維，2000）如下：

$$\text{壁量比} = \frac{\sum (\text{磚牆斷面積} + \text{RC牆斷面積} \times 6)_{\text{最弱層}}}{\text{最弱層至頂層樓版面積}} \quad (2.4)$$

其中，需考慮牆體材料與圍束狀況，以求得有效壁體面積，四邊圍束的牆體不做折減，三邊圍束者乘以折減係數1/3，兩邊圍束者不列入計算。

柱單位載重的計算式如下（張嘉祥、呂國維，2000）：

$$\text{柱單位載重} = \frac{\sum \text{最弱層上方各樓層樓地板面積} \times 0.1 \text{kgw/cm}^2}{\sum (\text{柱斷面積})_{\text{最弱層}}} \quad (2.5)$$

柱單位載重之單位為 kgw/cm^2 。進行此項目時，一般樓層及平屋頂載重概略取 1ton/m^2 ，與屋頂包括桁條屋架則取 0.2ton/m^2 。此外，軟弱層不一定發生在一樓，須分別計算各樓層之數值後決定。校舍中，柱單位載重愈高，表示柱子相對承載的樓板面積（亦即載重）較大，由於地震水平力與建築物自重成比例，因此柱單位載重較高之柱子，地震時所承受的水平剪力也較大。另一方面柱撓曲強度與軸力有關，當軸力超過平衡軸力後，其極限撓曲度亦急劇降低，因此柱單位載重偏高之柱子，亦很容易產生撓曲破壞。

2.2 耐震安全詳細評估法

耐震安全詳細評估法有：「強度韌性法」(蔡益超等, 1999), 「擬彈性法」(陳清泉, 1989), 「容量震譜法」或稱「ATC-40 評估法」(Chopra, 1995), 「非線性逐步分析評估法」(蔡克銓, 1995) …等方法。本研究採用目前國內最常用的強度韌性法 (Strength Ductility Method, 簡稱 SDM) 做為學校建築耐震能力詳細評估法。

2.2.1 強度韌性法分析流程與理論基礎

強度韌性法的分析流程如圖一所示，首先將學校建築的結構圖和基本資料輸入 ETABS 以建立建物模型，接著進行地表加速度為 0.1g 時之彈性地震分析，以求得樑柱構材的內力以供後續評估之用。其後，以單一構材、節點、各半層至整個建築物的程序進行分析。

在構材分析中，先根據樑柱斷面，材料性質，及 ETABS 計算出之構材內力計算出降伏彎矩，如圖二所示。接著，以 ACI 之極限強度理論 (Ultimate Strength Design Method) 為基礎的剪力強度分析計算出此構材的剪力強度，以供判斷破壞模式之用。韌性容量的修正根據斷面的性質及配筋計算出修正後的韌性比，同樣用來判斷構材的破壞模式，其中，柱圍束箍筋之計算公式是採用公路橋樑耐震設計規範之橋柱公式 (台灣省結構技師公會, 2002)。最後，根據剪力強度、韌性比以及 ETABS 算出之構材內力判斷出破壞模式，如圖三所示，以求得破壞時的彎矩，剪力，及韌性比。在節點分析中，先考慮相鄰樑或柱的破壞以判斷是「強柱弱樑」或「弱柱強樑」，再進一步求出破壞時該柱承擔的剪力及其對應之韌性比。最後，在各半層分析中進一步求得整個半層的綜合剪力強度及韌性比，根據各半層的剪力強度與 ETABS 所分析出之層剪力，可求得該半層的降伏

地表加速度，根據該半層的綜合韌性比，可求得其結構系統地震力折減係數 F_d ，乘以降伏地表加速度後，就可得該半層的耐震能力 A_c 。整個建築物的耐震能力以保守計，取 XY 兩方向中各個半層的最小值為建築物之耐震能力，由於此評估法根據結構圖來計算其耐震能力，如結構體已有缺陷，例如：裂縫，變形，鏽蝕，滲水等情形，必須根據其嚴重性作適當的折減另外，對現存建築物而言，其耐震能力應只需達到剩餘使用壽命之標準即可，最後，根據耐震設計規範來判定其耐震能力是否能達到需求。

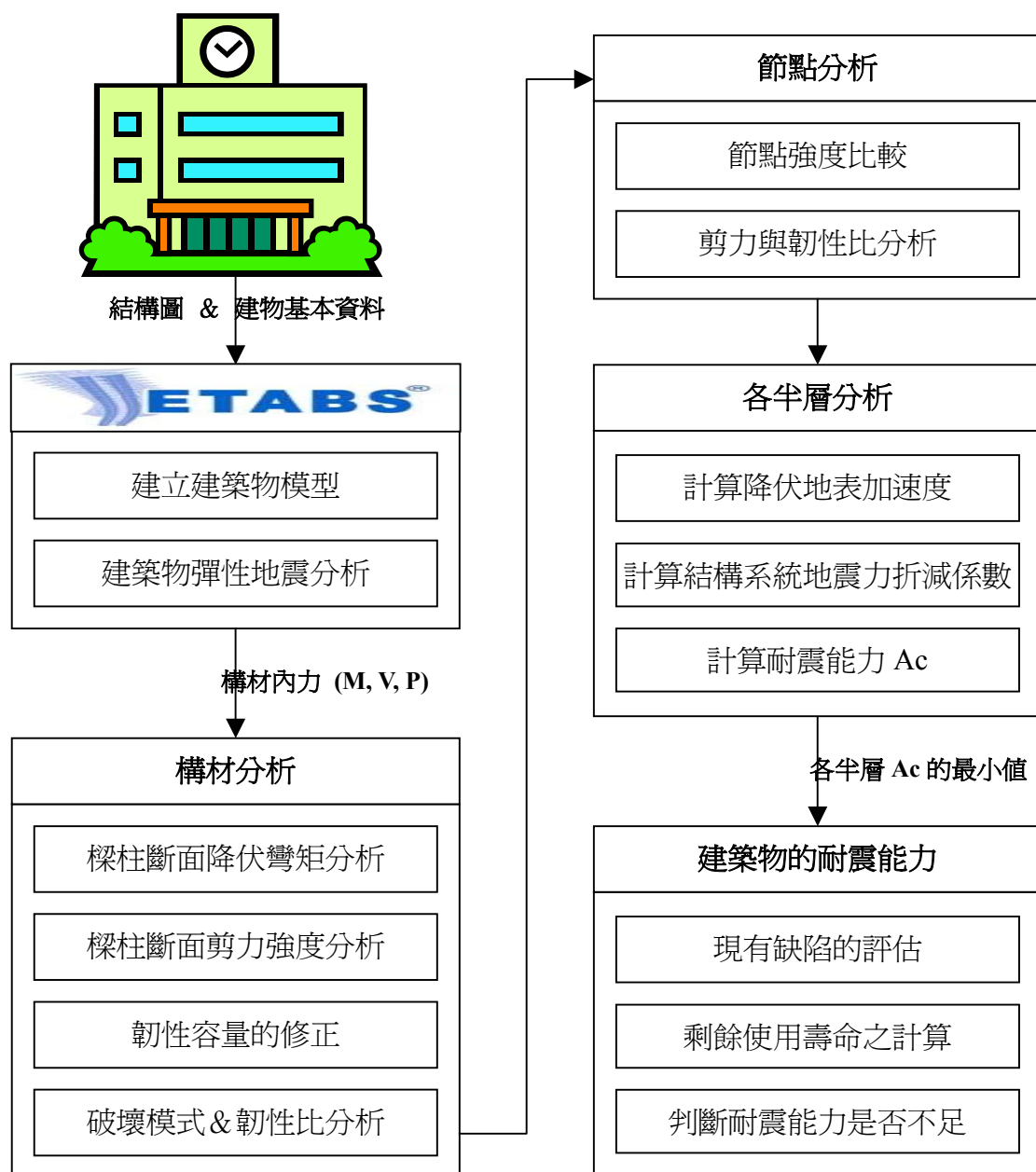
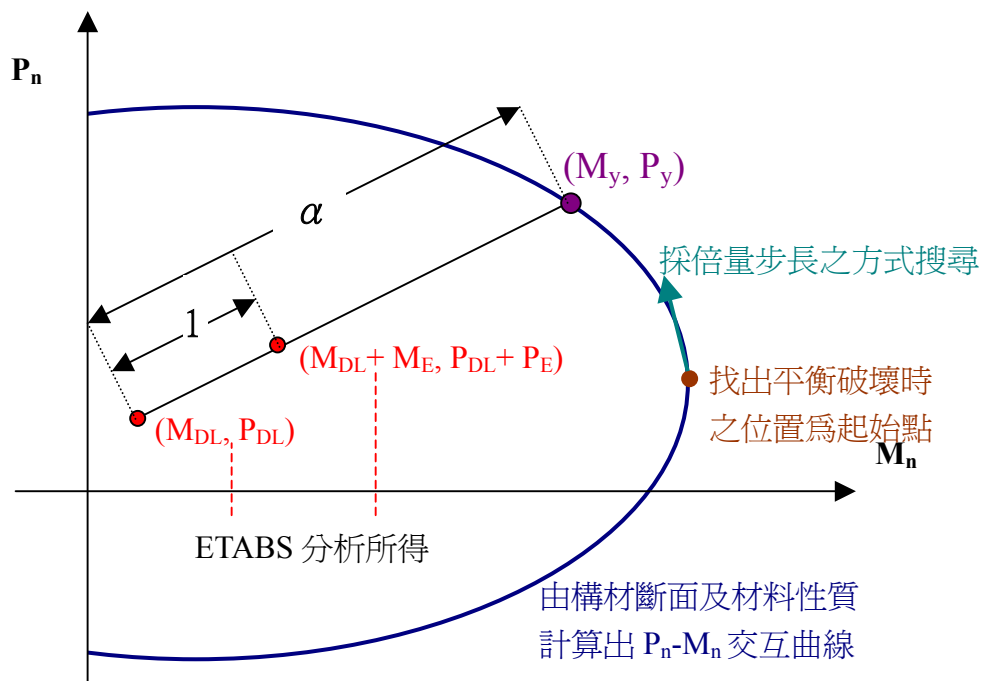
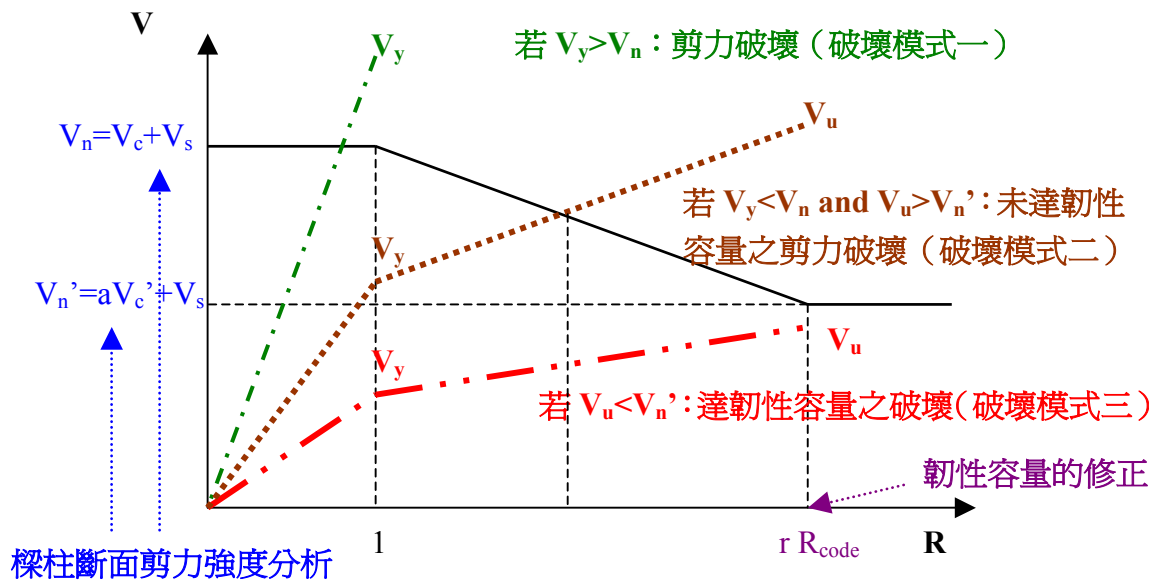


圖 一 強度韌性法之分析流程



圖二 樑柱斷面降伏彎矩分析



$$V_y = V_{DL} + \alpha_y V_E, \quad V_u = (1 + 0.3 dr) V_y, \quad dr = \frac{rR_{code} - 1}{R_{code} - 1}$$

其中： V_{DL} 和 V_E 為 ETABS 所算出， α_y 於降伏彎矩分析中求出

圖三 根據剪力強度及韌性比判斷出破壞模式

以下列出強度韌性法的基本假設與限制：

- 一、適用於鋼筋混凝土建築之耐震能力評估，其他鋼造建築物，鋼骨鋼筋混凝土建築物等並不適用。鋼筋混凝土建築物抵抗地震力之結構系統，可包括樑柱剛構架、剪力牆及磚牆或 RC 造非結構牆，其中磚牆以等值受壓斜撐加以模擬。由於此評估法需使用結構圖資料，若無相關結構設計資料，將無法採用（蔡益超、陳清泉，1999）。
- 二、樑版系統中之樑構材以矩形樑分析，並未考慮 T-Beam 效應，對於樑彎矩強度將會有低估的現象，而減少柱破壞模式控制的情形（陳威成，2000）。
- 三、以等值斜撐來模擬磚牆，此模擬方式是否與短柱或短樑結構之真實受力情況及破壞模式相同，仍須繼續研究（陳威成，2000）。
- 四、只考慮建築物上部結構，並未考慮建築物的基礎形式與基地土壤承載力（陳威成，2000）。
- 五、在分析模型中，只考慮整體結構的行為，並未考慮結構中若有某些焊件破壞後，造成對垂直力抵抗的不足，而導致結構崩塌（陳威成，2000）。
- 六、分析時是假設樑柱為正交且樑平行於地震力作用方向，因此平行地震力作用方向之構架間應該是互相平行，而且平面上兩主軸方向之構架也應該是正交。對於非平行構架或樑柱非正交的情況，分析者對分析結果的引用應特別小心（台灣省結構技師公會，2003）。
- 七、在節點分析時只考慮相鄰樑或柱的破壞，並未考慮節點的破壞，因此對於節點配筋無法滿足目前規範對韌性構架之要求者，應做強度的適當折減（台灣省結構技師公會，2003）。
- 八、假設剪力牆與斜撐（磚牆）不受垂直載重（垂直載重及活載重）而只受水平載重，因此如欲評估之建築物含剪力牆或斜撐時，則結構分析需分兩次進行，第一次為不含剪力牆及斜撐之純構架分析，第二次分析則包括這些剪力牆或斜撐。（台灣省結構技師公會，2003）

本研究探討學校教室建築之耐震能力，由於國內大部分學校教室建築為鋼筋混凝土之建築，樑版系統中之樑構材以矩形樑占大多數，而學校教室建築的弱層主要在建築物上部結構，其樑柱的設計也絕大部分為正交。因此，本研究非常適合以強度韌性法作為耐震安全詳細評估之分析方法。

2.2.2 強度韌性法分析程式

強度韌性法分析程式主要根據內政部建築研究所在 1999 年公佈之「鋼筋混凝土建築物耐震能力評估法及推廣」中蔡益超教授所提出之詳細評估法架構及程式碼，其原始碼是以 FORTRAN 編寫，在國內使用得相當普遍，分析程式的程式碼亦被各相關單位維護及增修中，例如台灣省結構技師公會的 TS-RC1: 2002-02 版本，對輸出格式做了部分的修改以方便後續補強元件及工法選擇，同時也增加了 RC 翼牆，剛構壓力斜撐及構件彎矩增量與剪力增量等與補強工法有關的輸入參數，以方便於評估結構物補強後耐震能力提升的情形（台灣省結構技師公會，2003）。

限制條件

在樓層數及斷面數之限制上，由於程式能處理的構件數受到所宣告行列式的大小所限制，目前各版本程式之開放處理能力為：樓層數 60 層，樑 2000 個斷面，柱 1000 個斷面，剪力牆、斜撐、RC 翼牆各個斷面，各樓層節點數基本上並無限制，以目前程式所宣告之行列式大小應足以處理大部分的建築結構。在所搭配之結構分析軟體方面，使用 ETABS 6.2 版。如不使用 ETABS 6.2 版，必須根據內定的格式自行建立構件內力檔（檔案名稱.CLL，檔案名稱.BMM，檔案名稱.BRR，檔案名稱.WAA）（台灣省結構技師公會，2003）。

使用流程

各版本強度韌性法分析程式主要搭配 ETABS 結構分析軟體使用，其使用流程如圖四所示，首先製作 ETABS 模型文字檔，再執行 ETABS 分析後產生 ETABS 輸出檔，在資料格式轉換後產生構件內力之資料檔，接著分別製作其 X 向及 Y 向之評估資料檔，在執行 TS-RC1 後，即可分別得到 X 向及 Y 向的評估結果，如圖四所示。

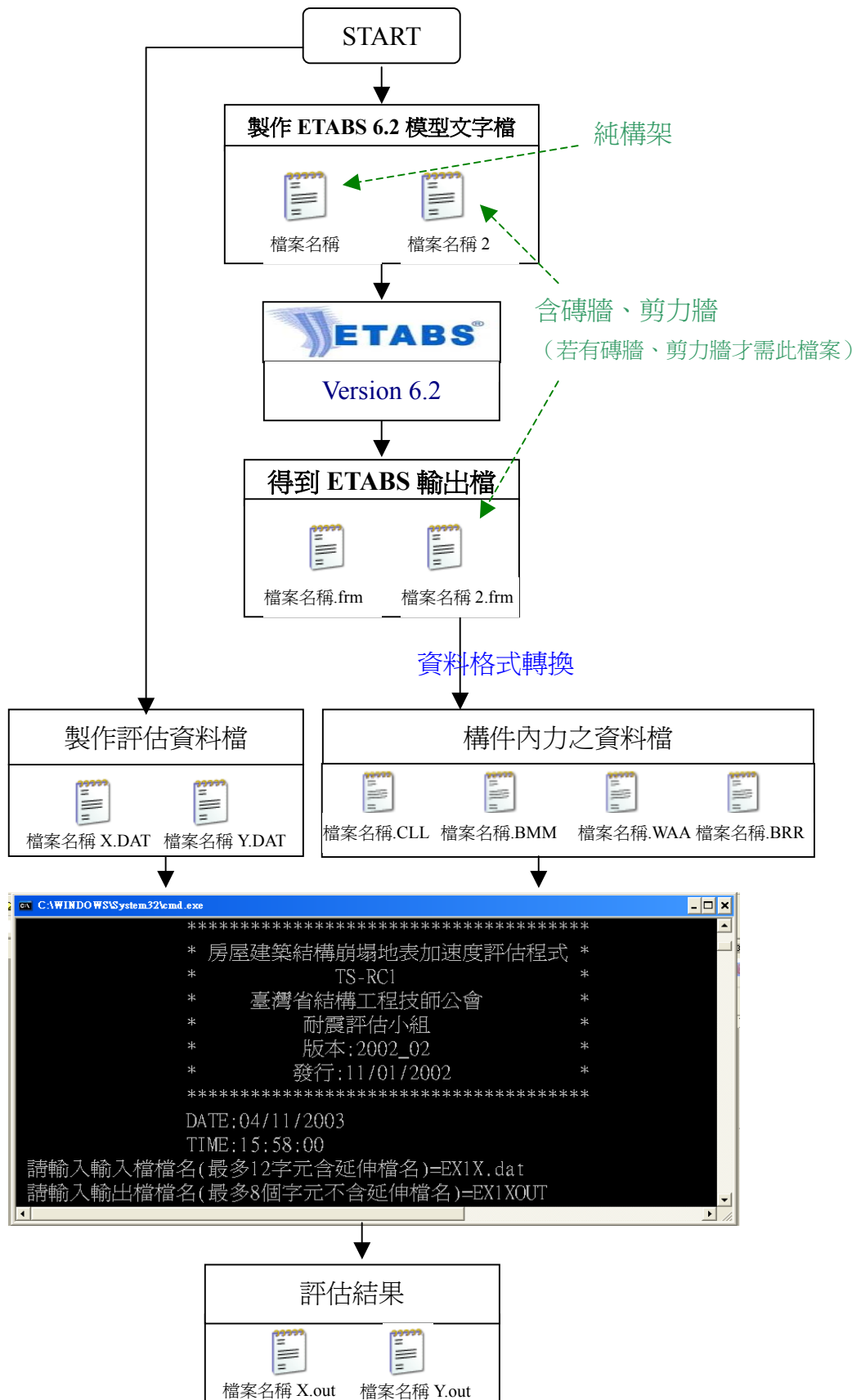


圖 四 強度韌性法分析程式之使用流程（以版本 TS-RC1 2002_02 為例）

第三章 影響學校教室建築耐震能力之參數

本研究先蒐集學校教室建築結構系統的調查資料，以確定所建立之模型能包含大部分之學校教室建築，並根據調查資料找出適當的教室模型參數項目及參數值。在案例式推理的過程中，利用各教室模型參數之權重找出案例庫中與待評估案例相似的案例進行分析，而相似度的計算方式，是以各參數的權重與該參數所得之相似度評分相乘後，再進行加總所得（參數所得之相似度評分將在第四章詳細討論）。本研究參考王世曄（2000）探討影響耐震能力參數權重的研究，作為案例式推理耐震能力初步評估系統中相似度計算的依據。在相似度選取後，必須將選出的案例進行整合與歸納，以找出評估結果。本研究利用迴歸分析來進行選取案例的分析，因此，訂定適當的評估參數來反映出教室模型參數的變化，以利於選取案例分析的進行，在 3.4 節中有更深入的說明。圖五為案例式推理的過程所使用之參數的示意圖。

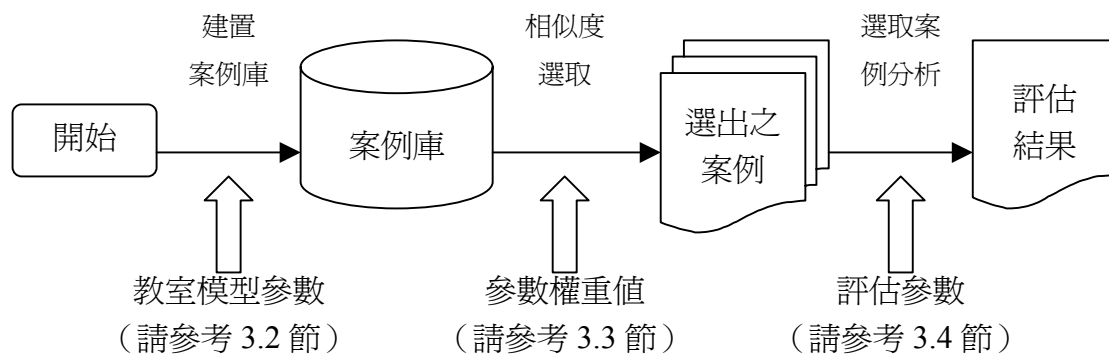


圖 五 案例式推理過程所使用之參數

3.1 學校教室建築結構系統的調查資料

本研究參考學校教室建築結構系統調查、學校教室建築特性相關的資料及國內教室建築之統計及研究的資料，以決定建立模型之參數項目及參數值。然而，由於有些學校建築的形式較為特殊或不規則，尤其是近年之新建教室，不易於參數化的進行，故本研究之參數範圍以能涵蓋國內學校教室建築結構型式的七到八成為目標。

在王世曄（2000）的研究中，介紹了目前國內的中小學學校建築所具有的共通特色與常見結構系統型態，其中包括：1. 平面形狀多為細長條形，即一字形之細長校舍。2. 校舍長向牆量少，短向牆量多，3. 單邊走廊佔絕大多數，而走廊外側支柱的有無亦深深影響耐震能力的優劣。4. 教室單元之柱位配置類型少，其長向柱位配置大多為三跨二柱與兩跨單柱兩類等。

在劉玉文等人（2002）的研究中，對竹山鎮、國姓鄉及埔里鎮之中小學校舍建築進行研究，其結論包括：1. 柱主筋之鋼筋比對於學校建築耐震能力影響甚鉅，其值以介於 2%~2.5% 為佳。2. 橫向箍筋間距之大小對於耐震能力之影響頗大，尤其當間距由 15cm 降至 10cm 時，耐震能力提升程度顯著增加。因此，箍筋間距之設置應以 15cm 內為佳。

本研究亦參考陳威成（2000），楊金龍（1997）等人研究的建築模型，其中包括：台北典型校舍，嘉義民雄農工、台南後甲國中等，以及台灣省政府發展改造國民教育計畫之工程標準藍圖等數棟國民中小學學校建築為建構模型之依據。

3.2 本研究之教室模型參數

在參考以上之調查研究後，本研究以學校教室建築的特性為基礎，再以參數化的方式模擬各種不同的學校教室建築模型。

教室模型之預設條件

在結構系統方面，以未補強的純樑柱構架及磚牆（厚 0.22 公尺、高 0.9 公尺之窗台及隔間磚牆）為基礎，剪力牆則置於兩側樓梯間的構架中，厚 20 公分。平面形狀方面，以常見的一字形為基礎，其它的複雜形狀在本研究中暫不考慮。樓梯配置於建築物兩邊，寬各 5 公尺。由於國內校舍以單邊走廊占絕大多數，因此在走廊形式上以單邊走廊模擬之。本研究在探討數棟學校建築模型後發現，樑柱的種類分為：外柱、內柱、廊柱、樑 1、樑 2、樑 3 以及廊樑等典型的樑柱，其位置如圖六所示。各樓層樑柱斷面及配筋以一樓為參考點，各樓層之弱軸方向柱深以及樑斷面之樑深依一樓、二三樓、四五樓次第折減 5 公分。各樓層樑柱之鋼筋比配置皆與一樓相同。箍筋則都採用 3 號箍筋。

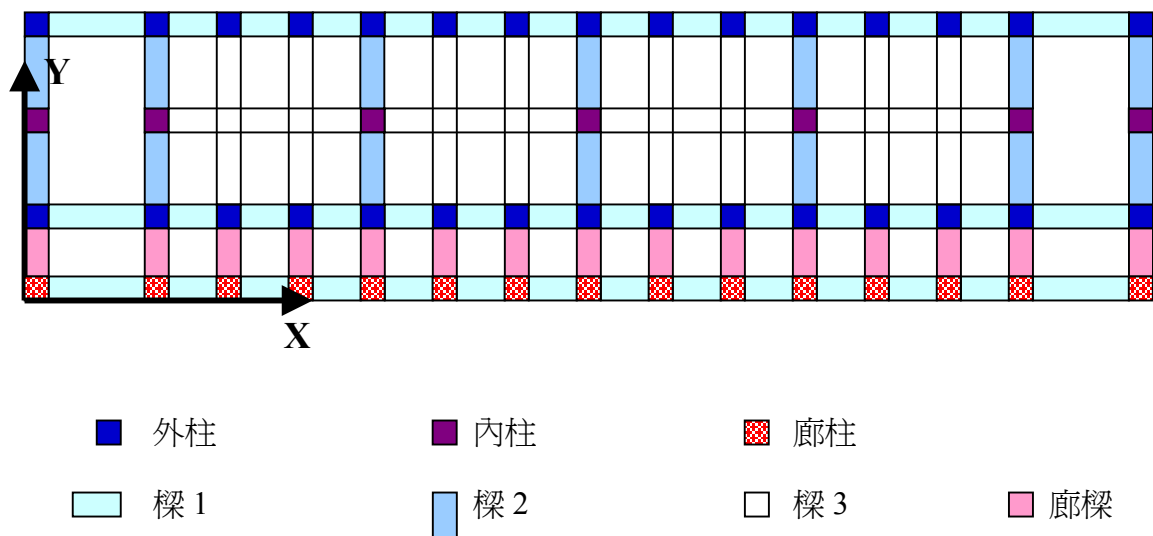


圖 六 學校教室模型結構平面圖

教室模型之參數

在樓層數方面，由於地下室絕大部分非最弱層，因此本研究只考慮地上樓層，以一、二、三、四、五層樓為參數。樓高則以常見的「全部皆為 3.6 公尺」及「一樓挑高 4 公尺，其他樓層 3.6 公尺」兩種為參數。教室單元數、教室單元跨度、教室長寬、走廊寬度及是否有廊柱等資料如表二所示。

材料性質方面，混凝土強度不足是目前中小學校舍的普遍弊病，國立成功大學（張嘉祥等，1993）曾對台南市內 160 棟中小學及幼稚園之校舍進行普檢，結果全市混凝土強度總平均為 147kg/cm^2 ，為設計強度 210 kg/cm^2 之 70%，最低的學校，其混凝土強度僅有 91 kg/cm^2 （陳威成，2000）。本研究以混凝土抗壓強度、鋼筋的降伏強度為參數，其中混凝土抗壓強度以原設計之 210 kg/cm^2 、 180 kg/cm^2 、 150 kg/cm^2 、 120 kg/cm^2 、 90 kg/cm^2 為參數，共五種，而鋼筋的降伏強度則以 2800 kg/cm^2 、 2500 kg/cm^2 、 2200 kg/cm^2 、為參數。在樑柱斷面尺寸方面，以常見之樑柱斷面組合由大而小模擬之，共五種組合（如表二所示）。在樑柱主筋之鋼筋比方面，則有 1% 以下、1%~1.5%、1.5%~2%、2%~2.5%，及 2.5% 以上五種參數，模擬時以鋼筋號數 ± 2 號設定之，例如：樣版模型某柱斷面尺寸為 40x70，其配筋之設定為 4X3-#7（鋼筋比為 1.39%），若欲使其鋼筋比在 1.5%~2%，則將其配筋可設定為 4X3-#9（鋼筋比為 1.79%），若欲使其鋼筋比在 2.0%~2.5%，則將其配筋可設定為 4X3-#11（鋼筋比為 2.18%）。橫向箍筋間距則以 10cm、15cm、20cm、25cm 及 30cm 共五種參數模擬之。在考量窗台與柱之隔離縫以及剪力牆方面，本研究考慮有劃設隔離縫及無劃設隔離縫以及有配置剪力牆及沒有配置剪力牆為參數，各兩種。

以目前之參數，約有 10^6 個參數組合（ $5 \times 2 \times 4 \times 3 \times 3 \times 2 \times 5 \times 3 \times 5 \times 5 \times 2 \times 2$ ），本研究研讀 ETABS 模型輸入檔以及強度韌性法分析程式輸入檔格式後發現，表二之參數中，鋼筋比及箍筋間距兩項參數只需要在強度韌性法分析程式輸入即可，因此，需要建立之 ETABS 模型約有 40000 個。在鋼筋比及箍筋間距以外的參數中，教室單元數以及教室單元跨度兩參數在自動化建立模型上難度較高，在本研究中以樣板（Template）模型的方式利用應用程式 ETABSIN（Habibullah，1994）建立，地上樓層數、剪力牆以及隔離縫三個參數則以應用程式 ETABSIN 以及本研究所開發之 Excel & VBA 程式（此部份將在第四章中作說明）半自動修改樣板模型，其餘的參數則將樣板模型匯入本研究所開發之程式，此部分之參數大部分為屬性的資料，修改上較為容易，因此可很容易地自動建立模型。

由於學校教室建築的樑柱斷面與配筋的設計與樓層數、教室單元數、教室單元跨度、走廊形式等參數皆有關，參數間並未完全獨立，而本研究亦未以規範檢驗以各種參數組合所建立之參數模型。因此，部分之參數模型可能未符合規範的要求，或該參數組合幾乎不可能出現在實際學校教室建築的規劃設計中（例如：五層樓建築與最小樑柱斷面，一層樓建築與最大樑柱斷面等）。本研究以自動化的流程建立大量的參數模型，並以參數權重值做相似度的選取，因此，儘管大量的參數模型中有部分參數組合可能與實際之待評估學校教室建築的規劃設計差異性較大，但透過相似度的選取，可只選取出較為相似的學校教室建築。基於上述之原因及自動化參數設定的方便，本研究仍列出所有參數。

表 二 建立學校建築模型之參數及參數值

結構形式	RC 樑柱構架，樓梯配置於兩邊，寬各 5 公尺。											
	磚牆：厚 0.22 公尺之窗台（高 0.9 公尺）及隔間磚牆											
	剪力牆：設於兩側樓梯間構架中，厚 20 公分											
	走廊型式：單邊走廊											
參數	地上樓層數		一	二	三	四	五	5				
	樓高		全部皆為 3.6 公尺			一樓 4 公尺，其他 3.6 公尺				2		
	教室單元數		三	四		五		六		4		
	教室單元跨度		二跨 x 二跨		三跨 x 一跨		三跨 x 二跨		3			
	教室長寬（公尺）		10 x 7.5		9 x 7.5		10 x 8		3			
	走廊形式（寬度）		有廊柱（3 公尺）			無廊柱（2.7 公尺）				2		
	f_c' (kg/cm ²)		210	180	150		120		90	5		
	f_y (kg/cm ²)		2800		2500			2200			3	
	一樓 樑柱 斷面 （公分）	外柱	40x70	40x60	35x60		35x50		35x40		5	
		內柱	25x60	25x60	25x50		25x40		25x30			
		廊柱	35x45	35x45	35x45		35x35		35x35			
		大樑 X	35x70	35x60	30x60		30x50		30x45			
		大樑 Y	30x45	30x40	30x35		25x40		25x35			
		小樑	35x80	35x70	35x60		35x50		35x45			
		廊樑	35x60	35x50	30x50		35x45		30x40			
	鋼筋比（%）		1 以下	1~1.5	1.5~2		2~2.5		2.5 以上		5	
箍筋間距（cm）		10	15	20		25		30		5		
剪力牆		有加設剪力牆			沒有加設剪力牆				2			
隔離縫		有劃設隔離縫			沒有劃設隔離縫				2			

3.3 參數的權重值

在案例式推理的過程中，相似度（Similarity）是非常重要的概念（Bergmann，1998），本研究之案例式推理耐震初步評估系統根據相似度找出案例庫中與待評估案例相似的案例進行分析，而不同參數的重要性可能不同。參數權重的訂定方式有很多種，例如：由專家訂定，或根據與專家訪談的結果來訂定，這一類的訂定方式屬於經驗導向（Experience-Oriented）。另一種參數權重的訂定方式是以各參數與問題結果的相關性高低來訂定，這種方式以統計方法分析出數據間的關係，屬於事實導向（Fact-Oriented）。另外，有的參數權重先以隨機亂數決定，再以試誤法測試訓練資料（Training Data）來學習及調適至較佳之屬性權重（Bartsch-Sporl et al.，1997）。

在耐震初步評估法中，專家們藉著自己的經驗，直接決定每項參數應有之權重值，例如：「建築物耐震能力初步評估表」（蔡益超、陳清泉，1999）及「學校建築耐震能力初步評估表」（許茂雄等，2000）等。這種方式在遇到兩參數影響力在伯仲之間時，容易發生模稜兩可或衝突的情況。在 Forman 以及 Selly 的研究（2000）顯示，人類再做相對比較上，比做絕對的判斷來得有能力，分析層級程序法（Analytic Hierarchy Process，以下簡稱 AHP）以成對比較的方式進行分析，可減少直接給定權重予所有項目所發生之模稜兩可或衝突的情況。

王世曄（2000）以 AHP 針對耐震評估參數與權重進行研究，文中匯整兩位專家對耐震相關參數相對重要性之意見後，將各層級要素做成偶比對（pairwise comparison）分析，予以量化後求出層級中各要素之優先順序（priority），並檢驗一致性（consistency），以做為決定結果或再次評估之依據。最後，經過權重分析後的參數篩選與再次的專家訪談，確定分析結果符合專家想法，其結果如表三所示。

表 三 各參數的相對權重（王世曄，2000）

項次	參數項目	A 教授權重	B 教授權重
1	設計年度	26.89	27.57
2	地區	14.07	34.58
3	平面形狀－長	17.22	5.82
	平面形狀－寬	13.02	5.82
	平面形狀－細長比	12.23	17.48
	平面形狀－中間變細比	12.95	17.48
4	立面形狀－規則性	28.69	23.2
	立面形狀－樓層數	13.17	11.66
	立面形狀－樓梯位置	22.02	17.48
5	建築高度	11.56	17.48
6	走廊型式	18.98	35.11
7	樑跨深比	19.71	23.2
8	柱高深比－最小	21.33	46.37
	柱高深比－最大	21.54	46.37
9	短柱嚴重性	24.13	58.64
10	短樑嚴重性	21.71	58.64
11	樑柱劣化程度	81.8	58.64
12	突出地面高程與層高比例	19.13	11.67
	地下室－面積比	35.84	23.23
13	軟弱層顯著性－壁量比	47.24	46.48
	軟弱層顯著性－柱單位載重	42.71	46.48
14	柱分配狀況	34.08	35.43
15	頂樓特性－頂樓加建	27.52	28.76
	頂樓特性－頂樓載重	29.12	23.25
	頂樓特性－屋頂型式	29.05	23.25
16	基地情況－基地土壤承载力	38.52	23.25
	基地情況－差異沈陷	54.41	35.01
17	基礎型式	55.55	23.53
18	傾斜程度	62.64	35.01
19	座落方位	6.96	46.36
20	鄰棟間隔	19.52	46.36
21	主要建材	116.7	46.36
	權重和	1000	1000

3.4 評估參數的設定

在規劃設計學校教室建築時，「樓層數」、「教室單元數」、「教室單元跨度」、「教室長寬」、「走廊形式」等參數往往會影響樑柱斷面以及配筋的設計，若單就其中一參數來研究，所建立的參數模型會與實際的情形有很大差異。例如：單就「樓層數」來研究，若樑柱斷面及配筋等其他條件一致，則樓層數多之建築必然因載重比低矮樓層之建築高而使耐震能力大幅下降，因此這種情況只適用於加蓋之樓層數，與實際的規劃設計有所不同。若單就「教室單元跨度」或「走廊形式」等參數來研究，而樑柱斷面及配筋等其他條件一致，則「三跨 x 二跨」之建築會因為柱子的數量較「二跨 x 一跨」之建築多，而耐震能力也較強；而「有廊柱」的建築也會因柱子的數量較多，耐震能力較「無廊柱」之建築為高。

本研究以「柱單位載重」，來反映「樓層數」、「教室單元數」、「教室單元跨度」、「教室長寬」、「走廊形式」以及「樑柱斷面」等參數。其中，「樓層數」、「教室單元數」、「教室長寬」與建築物之載重有關；而「教室單元跨度」、「走廊形式」、「樑柱斷面」等參數，則與柱子的總斷面積有關，柱單位載重的計算式如公式 2.5 所示。然而，柱單位載重無法反映出配筋的情形，但在規劃較高校舍時，設計者又大多提高主筋配筋量而不增加柱斷面，以避免減少使用面積（邱麗君，2000），為了反映出柱單位載重無法反映之主筋配筋量，本研究以參數「鋼筋比」，來模擬各種主筋配筋量的情形。

因此，本研究在進行選取案例分析時，採用「一樓樓高」、「 f_c' 」、「 f_y 」、「鋼筋比」、「箍筋間距」以及「柱單位載重」六項評估參數，這六項參數皆為數值資料，也很適於迴歸分析的進行。在 5.1 節分別對這六項參數進行的分析，以探討與檢驗該評估參數對耐震能力有影響程度與進行選取案例分析的適用性。

第四章 系統架構與實作

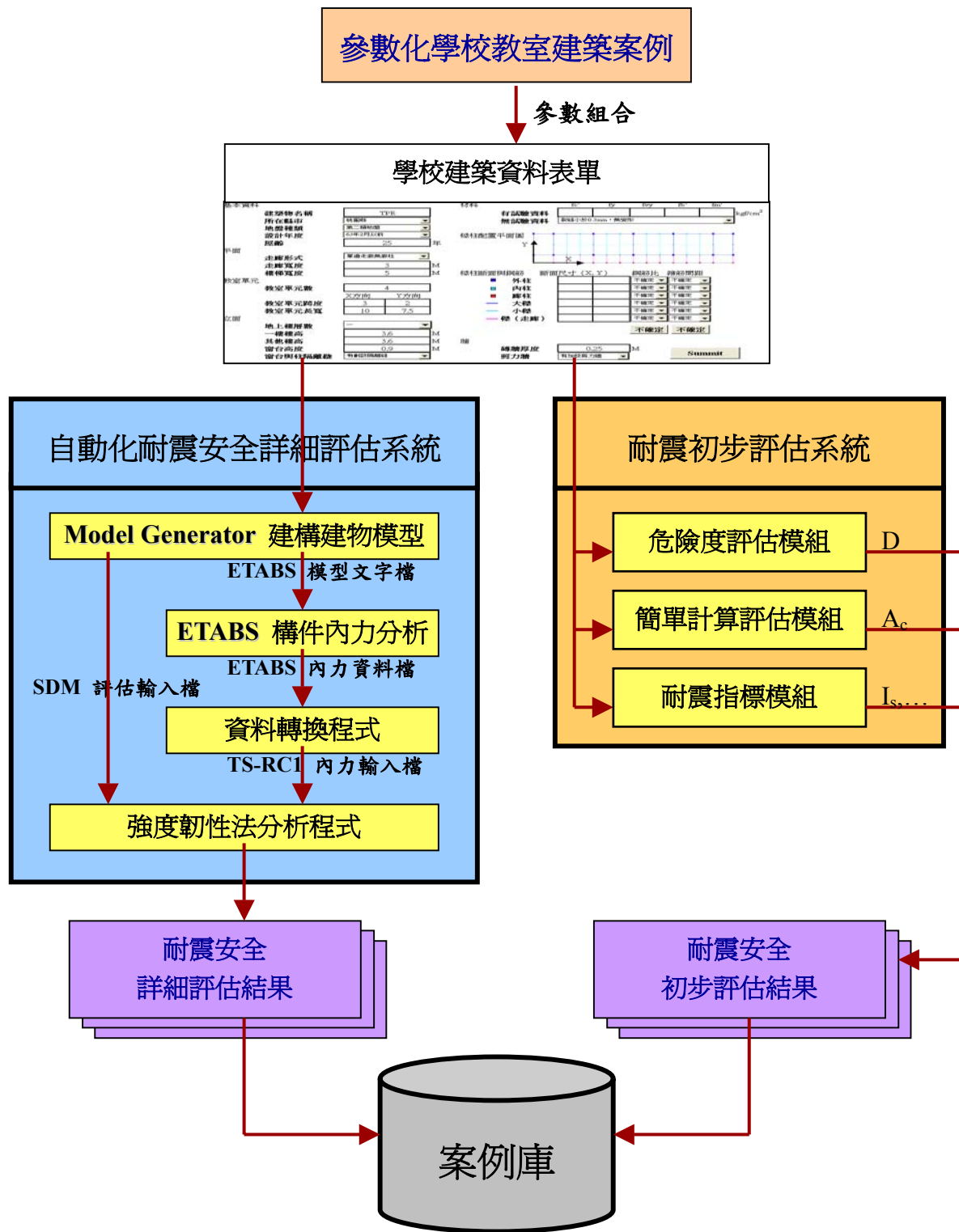
本章先以流程圖的方式介紹本研究之系統架構，說明如何建置案例庫以及如何利用案例式推理耐震能力初步評估系統來評估待評估之學校建築。接著介紹系統架構的各個重要組成要素，包括：建築物資料表單、耐震初步評估系統、自動化詳細評估系統、案例式推理初步評估系統以及案例庫。本研究採用 MS Excel & VBA（Visual Basic for Application）來實作，將於 4.2~4.6 節中展示完成之系統並說明之。

4.1 系統架構

本研究之系統架構主要分為五個部分：學校建築資料表單、耐震初步評估系統、自動化耐震安全詳細評估系統，案例式推理耐震能力初步評估系統，以及數值案例庫。以下以“參數化學校建築案例庫之建置”，以及“待評估學校教室建築案例之評估”兩個流程來說明。

4.1.1 參數化學校建築案例庫之建置流程

此流程為案例庫之管理者建置案例庫之流程，以下以圖七說明之，首先，將學校教室建築的參數組合列出參數表，如圖八所示，系統會根據案例庫管理者所列出之參數組合，將各參數自動填入學校建築資料表單，各種參數化學校教室建築案例即可藉由此表單將資料輸入自動化耐震安全詳細評估系統建立數值模擬學校教室建築模型，經由 ETABS 以及強度韌性法分析程式，計算出大量的耐震詳細評估結果。另外，藉由耐震初步評估系統，可快速得到各種耐震初步評估法之評估結果，例如：危險度、簡單計算之 A_c 值、耐震指標 I_s 值等，作



參數化學校建築案例庫之建置流程

圖 七 參數化學校建築案例庫建置流程

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	樓層數:	1	樓高:	4	fc':	210	fy:	2800	箍筋間距:	30
2	樓層數:	1	樓高:	4	fc':	210	fy:	2800	箍筋間距:	25
3	樓層數:	1	樓高:	4	fc':	210	fy:	2800	箍筋間距:	20
4	樓層數:	1	樓高:	4	fc':	210	fy:	2800	箍筋間距:	15
5	樓層數:	1	樓高:	4	fc':	210	fy:	2800	箍筋間距:	10
6	樓層數:	1	樓高:	4	fc':	210	fy:	2500	箍筋間距:	30
7	樓層數:	1	樓高:	4	fc':	210	fy:	2500	箍筋間距:	25
8	樓層數:	1	樓高:	4	fc':	210	fy:	2500	箍筋間距:	20
9	樓層數:	1	樓高:	4	fc':	210	fy:	2500	箍筋間距:	15
10	樓層數:	1	樓高:	4	fc':	210	fy:	2500	箍筋間距:	10
11	樓層數:	1	樓高:	4	fc':	210	fy:	2200	箍筋間距:	30
12	樓層數:	1	樓高:	4	fc':	210	fy:	2200	箍筋間距:	25
13	樓層數:	1	樓高:	4	fc':	210	fy:	2200	箍筋間距:	20
14	樓層數:	1	樓高:	4	fc':	210	fy:	2200	箍筋間距:	15
15	樓層數:	1	樓高:	4	fc':	210	fy:	2200	箍筋間距:	10
16	樓層數:	1	樓高:	4	fc':	180	fy:	2800	箍筋間距:	30
17	樓層數:	1	樓高:	4	fc':	180	fy:	2800	箍筋間距:	25
18	樓層數:	1	樓高:	4	fc':	180	fy:	2800	箍筋間距:	20
19	樓層數:	1	樓高:	4	fc':	180	fy:	2800	箍筋間距:	15
20	樓層數:	1	樓高:	4	fc':	180	fy:	2800	箍筋間距:	10
21	樓層數:	1	樓高:	4	fc':	180	fy:	2500	箍筋間距:	30
22	樓層數:	1	樓高:	4	fc':	180	fy:	2500	箍筋間距:	25
23	樓層數:	1	樓高:	4	fc':	180	fy:	2500	箍筋間距:	20
24	樓層數:	1	樓高:	4	fc':	180	fy:	2500	箍筋間距:	15
25	樓層數:	1	樓高:	4	fc':	180	fy:	2500	箍筋間距:	10

圖 八 案例庫管理者所設定之參數表

為比較評估結果之用。各種參數化學校教室建築的評估結果（包含初步評估以及詳細評估結果）將存入耐震評估案例庫以作進一步的利用。

4.1.2 待評估學校教室建築案例之評估流程

此流程之為學校教室建築之評估者對一待評估之學校教室建築進行評估之流程，分為初步評估流程以及詳細評估流程。以下以圖九說明之。在初步評估流程，案例式推理耐震初步評估系統中之 Recall 模組以相似度的計算及門檻值的設定從案例庫中找出與待評估案例相似之案例， Adapt 模組分析所選取之案例，快速診斷出此待評估案例的耐震能力 A_c 值及耐震等級。而耐震初步評估系統可根據學校建築資料表單計算出各種耐震初步評估結果，以供參考及比對。

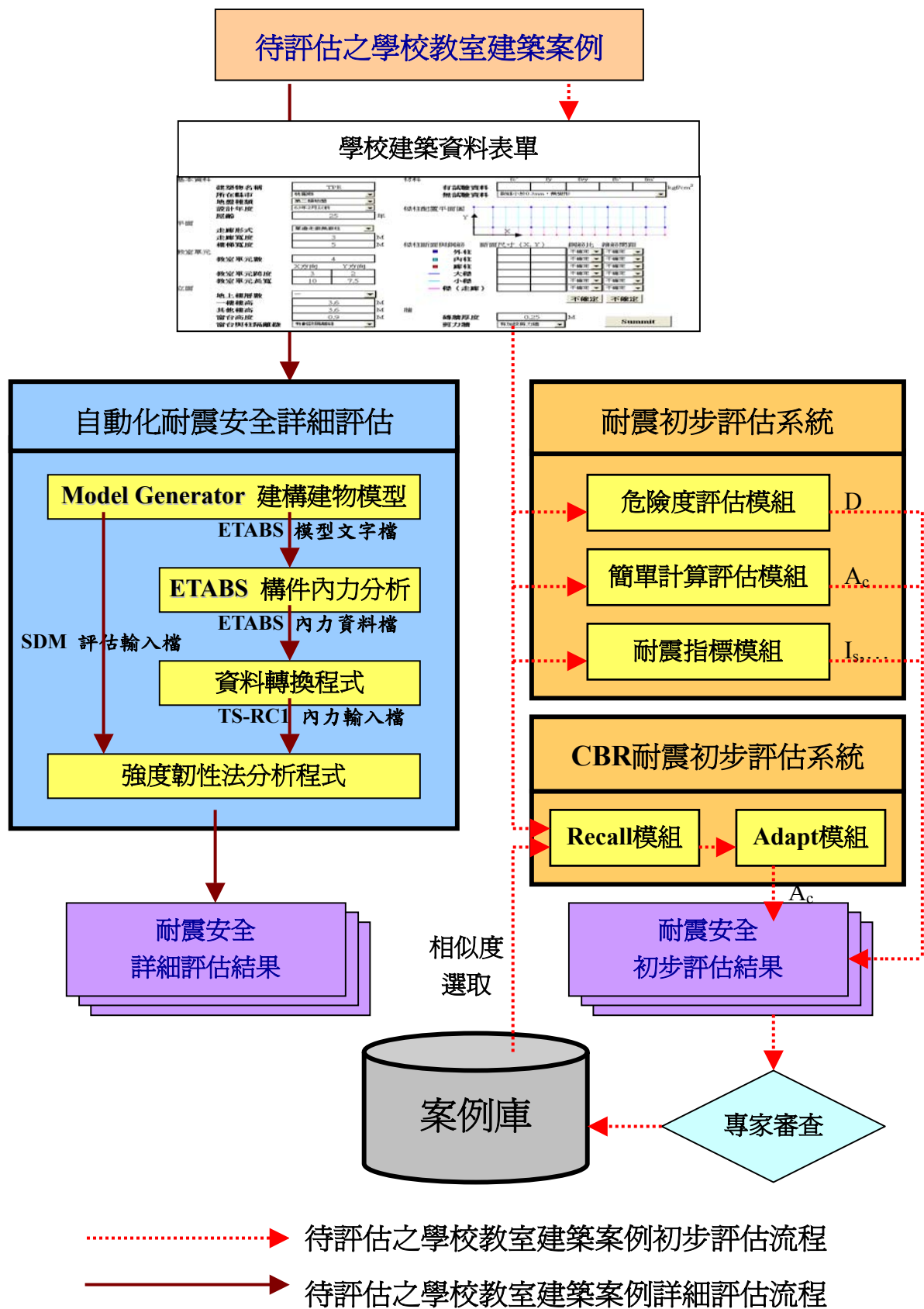


圖 九 待評估之學校教室建築案例流程

在詳細評估流程，當評估者填入學校教室建築資料表單後，自動化耐震安全詳細評估系統會根據表單的資料建立模型並分析出詳細評估的結果，但以此詳細評估所計算出之結果為簡化模型之詳細評估結果，其預設條件如 3.2 節所示，該建築物的詳細評估應依照各樓層實際的尺寸以及配筋建立其模型檔和評估檔，以得到更真實的詳細評估的結果。

使用案例式推理初步評估與直接將簡化模型進行詳細評估的差別在於：一、ETABS 應用程式，二、評估的時間。在 ETABS 應用程式的使用方面，進行詳細評估需要使用到 ETABS 的構件內力分析，若無 ETABS 應用程式，將無法進行詳細評估。在評估的時間方面，進行詳細評估會需要較多的時間，所需的時間與模型的複雜程度及電腦的 CPU 有關，扣除建立模型的時間，進行詳細評估的分析應可在三分鐘內完成，而案例式推理初步評估可在三秒鐘內完成。

4.2 學校建築資料表單

學校建築資料表單（如圖十所示）是根據第三章中建立學校建築模型之參數及參數值（如表二所示）所建立，為本系統的輸入介面。在參數化學校建築案例庫建置流程中，本研究可藉由此表單輸入各種參數，以產生各種參數化之學校建築模型進行執行初步評估及詳細評估。而在待評估之學校建築案例評估流程中，此表單可讓評估者根據待評估學校建築的實際情況，將學校建築的資料輸入，其中，若有不確定的項目，本表單亦提供了不確定或預設值的選項，以供填選。在樑柱斷面尺寸及配筋方面，則可參考表單中之樑柱配置平面圖，將該建築一樓的樑柱斷面及配筋填入，若該學校建築的樑柱種類多於本研究所考量，則可保守地取較小斷面、較少之鋼筋量以及較大之箍筋間距。

Microsoft Excel - CBR評估系統.xls

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 插入(I) 格式(O) 工具(T) 資料(D) 視窗(W) 說明(H) Acrobat

詳細欄 20 B I U 格式 100%

B1 = 學校建築資料表單

A B C D E F G H I J K L M N

1 學校建築資料表單

2

3

4 建築物名稱 台南市後甲國中群育樓

5 所在縣市 台南市

6 地盤種類 第二類地盤

7 設計年度 63年2月以前

8 屋齡 30 年

9

10 地上樓層數 三

11 一樓樓高 3.6 M

12 其他樓高 3.6 M

13 窗台高度 0.9 M

14 窗台與柱隔離縫 無劃設隔離縫

15

16 教室單元數 4

17 X方向, Y方向

18 教室單元跨度 三跨X二跨

19 教室單元長寬 10 7.5

20

21 走廊形式 單邊走廊有廊柱

22 走廊寬度 3 M

23 樓梯寬度 5 M

24

材料與變形程度

預設值 f_c' f_y f_{vy} f_b' f_m'

160 2800 2800 133 204 kgf/cm²

裂縫大於0.3mm, 無變形

標柱配置平面圖

Y

X

標柱斷面與鋼筋

■ 外柱 (X, Y)

■ 內柱 (X, Y)

■ 廊柱 (X, Y)

— 樑1 (寬, 深)

— 樑2 (寬, 深)

— 樑3 (寬, 深)

— 廊樑 (寬, 深)

斷面尺寸 鋼筋比 箍筋間距

斷面尺寸	鋼筋比	箍筋間距
35 45	2%-2.5%	25 cm
24 30	1.5-2%	25 cm
35 45	1.5-2%	25 cm
24 60	1.5-2%	15 cm
24 45	1.5-2%	15 cm
24 45	2%-2.5%	15 cm
30 45	2%-2.5%	15 cm

cm cm

不確定 不確定

牆

磚牆厚度 0.22 M

剪力牆 無加設剪力牆

CBR初步評估

建築物資料表單 / Recall模組 / 門窗價值 / Adapt模組 / DataConnection /

就緒

圖 十 學校建築資料表單

4.3 自動化耐震安全詳細評估系統

如圖六所示，此系統先以 Model Generator 建立 ETABS 模型之文字檔以及強度韌性法分析程式之輸入檔，在 ETABS 構件內力分析及資料轉換之後，進行強度韌性法分析，即可得到耐震安全詳細評估結果。

建立學校建築模型

將各種參數填入建築物資料表單後，Model Generator 會根據所填入的參數產生 ETABS 模型，其中，較不易於自動化的參數，則套用預先建立之樣版模型，如 3.2 節所討論，並將此樣版模型之文字檔匯入 Excel 中，如圖十一所示，其餘之參數則根據所填入的參數資料，修改 Excel 格式之 ETABS 模型，並計算出載

重資料以及地震力豎向分配等資料，如圖十二所示，最後再將 Excel 檔轉換回 ETABS 模型之文字檔（Habibullah，1994）。另外，以強度韌性法分析程式所需的輸入檔格式（蔡益超，2002），產生強度韌性法評估輸入檔，如圖十三所示。需要特別注意的是，Excel 所轉出的文字檔以[TAB]鍵分隔資料，此格式在 ETABS 模型文字檔適用，但在強度韌性法分析程式會將[TAB]鍵讀成 0 值，因此本研究將 Excel 格式之強度韌性法輸入評估檔的各欄位併為一欄，並以空白分隔後再轉換成文字檔，即可解決此問題，如圖十四所示。另外，在匯入文字檔至 Excel 時，必須將儲存格的格式設定為「文字」，否則 1/6（六分之一）會被轉換成六月一日，而各構件的名稱不宜有「，」，否則 Excel 會將此欄位加上引號，而使強度韌性法分析程式無法判讀。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	ETABS	6.0														
2	\$															
3	A	RC	building	with	beam	&	column.									
4	Unit:	kg-m-sec														
5	\$															
6	\$	1.	Control	data												
7	\$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
8	\$															
9		10	1	1	1	6	5	15	10	18	28	0	9	0	0	1
10	9.81															
11	\$															
12	\$	2.	Mass	data												
13	\$															
14		1	1	1/9.81												
15	RECT	850	0	0	50.0	11.0										
16	2	1	1/9.81													
17	RECT	850	0	0	50.0	11.0										
18	3	1	1/9.81													
19	RECT	850	0	0	50.0	11.0										
20	4	1	1/9.81													
21	RECT	850	0	0	50.0	11.0										
22	5	1	1/9.81													
23	RECT	850	0	0	50.0	11.0										
24	6	1	1/9.81													
25	RECT	0	0													

圖 十一 Excel 格式之 ETABS 模型輸入檔

Microsoft Excel - 建築物資料表單backup.xls

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 插入(I) 格式(O) 工具(T) 資料(D) 視窗(W) 說明(H) Acrobat

新細明體 12 B I U 格式 95%

A1 = 模型檔名

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	模型檔名	Example1										
2	評估檔名	Example1										
3				地震力計算			載重計算			重	數量	
4	建築物編號	102115644		Z	0.1				外柱	38.88	30	
5	建築物名稱	TNT10		C	2.0815634				內柱	4.536	7	
6	所在縣市	台南市		W	2216.088		每層樓重	443.2176	廊柱	15.876	15	
7	地盤種類	第二類地盤							大樑X	54	42	
8	設計年度	不確定		T	0.6117196				大樑Y	18.9	14	
9	屋齡	30							小樑	18	12	
10	地上樓層數	5		V	461.29277				廊樑	19.8	15	
11	一樓樓高	3.6							樓版	153	510	m ²
12	其他樓高	3.6							隔間磚牆	91.7136		
13	窗台高度	0.9							窗台	28.512		
14	隔離縫	無劃設隔離縫							剪力牆	0		
15	教室單元數	4										
16	教室單元跨度	三跨X二跨		地震力豎向分配								
17	教室單元長寬	10x7.5			Wi	h	hi	Wih	Ft,x	Fti	Ft,y	Fyi
18	走廊形式	單邊走廊有廊柱		ROOF	443.2	3.6	18	7977.9	0	153.76	0	153.76
19	走廊寬度	2.7		5F	443.2	3.6	14.4	6382.3		123.01		123.01
20	樓梯寬度	5		4F	443.2	3.6	10.8	4786.8		92.26		92.26
21	fc'	90		3F	443.2	3.6	7.2	3191.2		61.51		61.51
22	fy	2200		2F	443.2	3.6	3.6	1595.6		30.75		30.75
23	fvy	2800		TOTAL	2216.1			23933.8		461.29		461.29
24	fb'	133										
25	fm'	204										
26	外柱斷面	30X50										

建築物資料表單 / 危險度 / 簡單計算 / 其他耐震指標 / CBR模組 / 詳細評估設定 / 詳細評估結果 / Sheet2 / Sheet3 /

就緒

圖 十二 計算載重資料及地震力豎向分配

Microsoft Excel - 學校建築資料表單.xls

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 插入(I) 格式(O) 工具(T) 資料(D) 視窗(W) 說明(H) Acrobat

新細明體 12 B I U 格式 100%

A1 = \$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	\$	HEAD												
2		TAIPEI-ONLY	STEEL	PLATE-X										
3	\$	T	IGTyp	ag										
4		0.77	4	0.1										
5	\$													
6	\$	Number	of	Material	&	Section	Property							
7	\$	NCP	NCT	NBP	NBT	NRP	NRT	NPP	NPT	ipf	IGEO			
8		1	48	1	40	1	9	0	0	1	0			
9	\$	Material	Property	of	Column									
10	\$	J	210	2800	fvy	Es	Rcode							
11		1	160	2800	2800	2040000	3							
12	\$	J	NID	CTyp	PID	Dmaj	Dmin	d1	Hn					
13		1	1C1	1	1	70	40	6.5	190	#7	9x9-#4@10	6	4	
14		6.5	13.27	6.5	22.81									
15		17.9	7.6	15.5	5.67									
16		29.3	7.6	24.5	5.67									
17		40.7	7.6	33.5	22.81									
18		52.1	7.6	0	0									
19		63.5	13.27	0	0									
20		2	1C2	1	1	70	40	6.5	190	#7	9x9-#4@10	6	4	
21		6.5	13.27	6.5	22.81									
22		17.9	7.6	15.5	5.67									
23		29.3	7.6	24.5	5.67									
24		40.7	7.6	33.5	22.81									
25		52.1	7.6	0	0									

就緒

圖 十三 Excel 格式之強度韌性法分析程式輸入檔

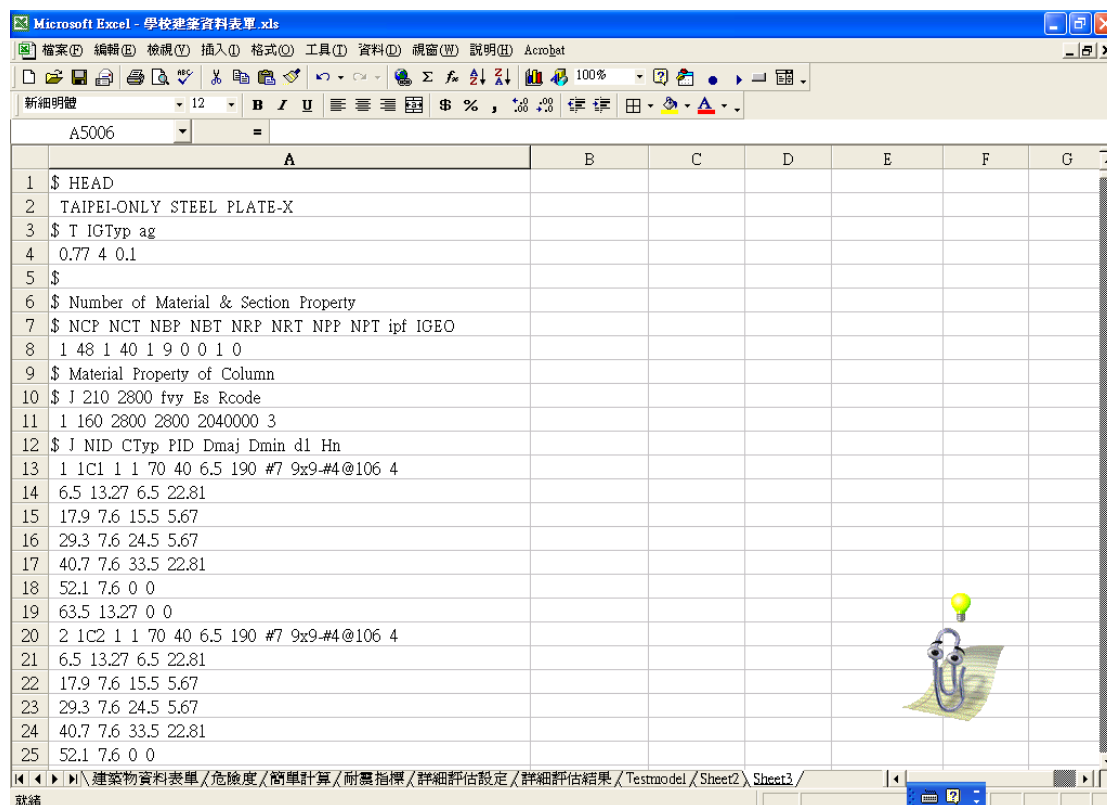


圖 十四 Excel 格式之強度韌性法分析程式輸入檔—將各欄位併為一欄

ETABS 桿件內力分析

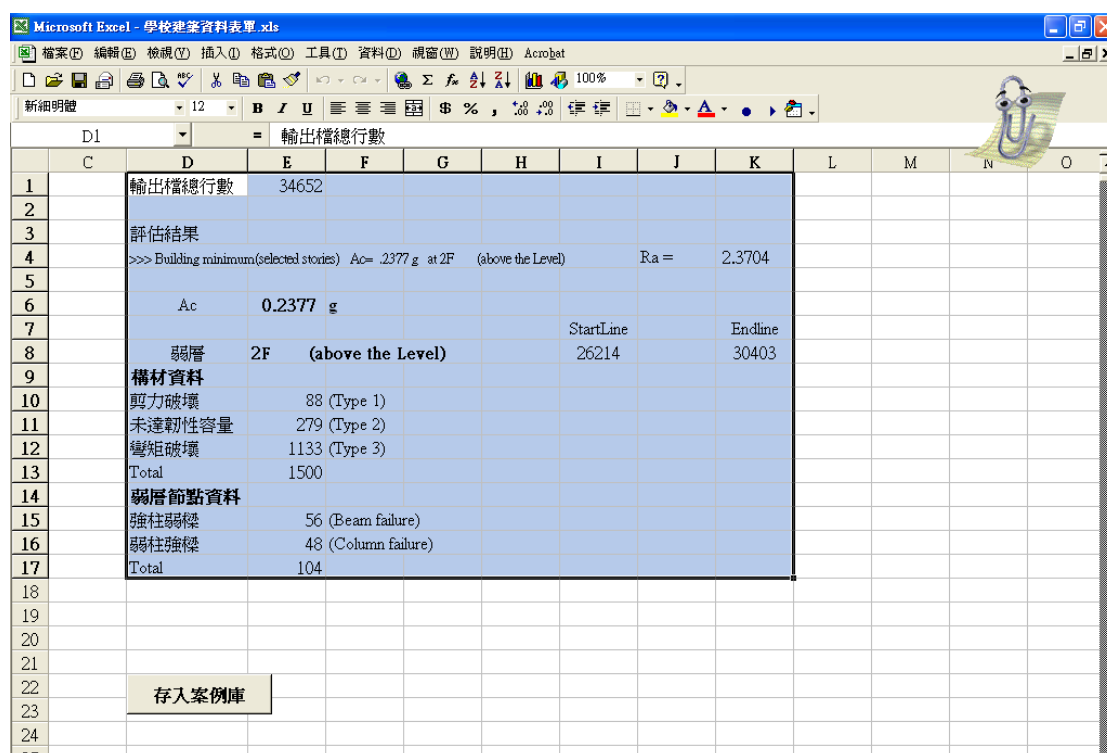
產生模型檔之後，以其為輸入檔執行 ETABS.exe，即可計算出構材的內力，其輸出檔為「檔案名稱.frm」、「檔案名稱.eko」等。

資料轉換

資料轉換程式可將 ETABS 輸出之內力檔轉換為強度韌性法之輸入內力檔，其使用說明可參考文獻“鋼筋混凝土建築物耐震能力評估與補強”（蔡益超，2002）或文獻“鋼筋混凝土建築物耐震能力評估手冊”（台灣省結構技師公會，2003）。其輸出檔為「檔案名稱.CLL」、「檔案名稱.BMM」、「檔案名稱.BRR」以及「檔案名稱.WAA」。

強度韌性法分析

在建立強度韌性法分析程式輸入檔以及內力檔後，可直接執行強度韌性法分析程式，即可得到評估結果文字檔。接著，系統會將評估結果文字檔匯入 Excel 中，並擷取 A_c 值以及弱層的資料，以及構材破壞模式的資料，其中包括：剪力破壞 (Type 1) 之構材數、未達韌性容量之剪力破壞 (Type 2) 的構材數，以及達韌性容量之彎矩破壞 (Type 3) 的構材數，另外，擷取弱層節點破壞模式的資料，包括：弱柱強樑 (Column failure) 及強柱弱樑 (Beam failure)，如圖十五所示。當點選“存入案例庫”時，系統則會將此詳細評估結果存入案例庫中。本研究所建立之參數化學校教室建築會根據其參數值設定其案例編號，可避免重複存入相同案例的問題。另外，本研究在系統實作及案例分析後發現，評估時 X 方向的破壞佔絕大多數，其原因為模型的模擬時，Y 方向有許多隔間磚牆，而使 Y 方向之強度提昇許多，因此本研究只考量 X 方向之分析。



	D1																
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O				
1		輸出檔總行數	34652														
2																	
3		評估結果															
4		>>> Building minimum(selected stories) $A_c = .2377\text{ g}$ at 2F (above the Level)															
5																	
6		A_c	0.2377 g														
7		弱層	2F (above the Level)														
8		StartLine	26214														
9		Endline	30403														
10		構材資料															
11		剪力破壞	88 (Type 1)														
12		未達韌性容量	279 (Type 2)														
13		彎矩破壞	1133 (Type 3)														
14		Total	1500														
15		弱層節點資料															
16		強柱弱樑	56 (Beam failure)														
17		弱柱強樑	48 (Column failure)														
18		Total	104														
19																	
20																	
21																	
22		存入案例庫															
23																	
24																	
25																	

圖 十五 強度韌性法分析程式所得之分析結果

自動化機制

本研究以 Visual Basic 的模組來控制自動化的流程，首先，以一個模型清單管理模型檔、評估檔以及各種參數，接著在學校建築資料表單填入各種參數後，以 shell 以及 sendkeys 指令依序執行 ETABS、資料轉換程式、強度韌性法分析程式。其中 shell 指令用來呼叫各種應用程式，而 sendkeys 指令則將預先要輸入的按鍵，如：檔案名稱、ENTER 鍵等輸入所啟動的應用程式中，例如：

shell(chkbld.exe, 1)	‘代表啟動 chkbld.exe 程式
SendKeys “檔案名稱”, True	‘代表輸入檔案名稱
SendKeys "{ENTER}", True	‘代表輸入 ENTER 鍵

其中，需要注意的是：當執行 shell 指令時，由於開啓應用程式需要一些時間，自動化程式必須等應用程式啟動後，才將預先輸入的按鍵寫入，否則將會遺失一些所要輸入的按鍵，本研究先測試在測試機器上開啓應用程式所需的時間，再設定一較長之時間為等待時間，在 Pentium 4 1.8G 之機器上，開啓應用程式的時間很短，因此將等待時間設定為 1 秒，此等待時間為本研究可接受之範圍，等待時間設定之程式碼如下所示。

```
newHour = Hour(Now())  
newMinute = Minute(Now())  
newSecond = Second(Now()) + 1  
WaitTime = TimeSerial(newHour, newMinute, newSecond)  
Application.Wait (WaitTime)
```

然而，此方法在不同 CPU 的電腦上，等待時間可能不同，如能以 Windows API 來確定該應用程式是否啟動，將是更好的解決方案。

4.4 耐震能力初步評估系統

耐震初步評估系統含三個評估模組：危險度評估模組是根據建築物耐震安全初步評估法所建立，簡單計算評估模組則計算出 2.1.2 節中所介紹之簡單計算耐震能力初步評估法的 A_c 值，耐震指標模組則根據 2.1.3 以及 2.1.4 節，計算出耐震指標 I_s 值、壁量比以及柱單位載重，以下分三小節展示完成之系統並說明之。

4.4.1 危險度評估模組

此模組根據學校建築資料表單的資料，計算出表一中建築物耐震安全初步評估（危險度初步評估法）的危險度評分，由於學校建築資料表單是針對地面上的建築結構進行評估，因此未考慮項次 4、5 及 6 的評估項目，這時，危險度評估模組會根據原配分進行調整，將配分總計調整為 100 分，如圖十六所示。

項次	項目	原配分	配分	評估內容	權數	危險度評分
1	設計年度	4	4.65	63年2月以前	1.00	4.65
2	地盤種類	5	5.81	第三類地盤	0.40	2.33
3	工址震區加速度係數	5	5.81	$Z=0.33$	1.00	5.81
4	地下室面積比 r_a	0	0.00	$r_a=$		
5	基礎形式	0	0.00	不確定		
6	基地土壤承載力	0	0.00	不確定		
7	樑跨深比, b	6	6.98	$b= 5.29$	0.59	4.11
8	柱高深比, a	6	6.98	$a= 4.14$	0.46	3.24
9	牆量指標	8	9.30	尚可	0.33	3.07
10	短柱嚴重性	8	9.30	高	1.00	9.30
11	短樑嚴重性	6	6.98	低	0.33	2.30
12	軟弱層顯著性	8	9.30	低	0.33	3.07
13	平面對稱性	6	6.98	良	0.00	0.00
14	立面對稱性	4	4.65	良	0.00	0.00
15	變形程度	4	4.65	小	0.33	1.53
16	裂縫鏽蝕滲水	8	9.30	低	0.33	3.07
17	屋齡	3	3.49	25年	0.50	1.74
18	屋頂加建	5	5.81	低	0.33	1.92
分數總計		86	100	D: 危險度評分總計		46.15
評估結果		30<D≤60，耐震安全有疑慮，近期應進行詳細評估				

圖 十六 危險度評估模組一部分評估項無資料時

若評估者有項次 4、5 及 6 的相關資料，或欲評估地下室面積比對上部結構的影響，可將相關資料填入初步評估表進行評估（如圖十七所示），若評估者只有項次 4、5、6 其中一或二項的資料，系統也會跟著調整配分進行評估。

項次	項目	原配分	配分	評估內容	權數	危險度評分	
1	設計年度	4	4.00	63年2月以前	1.00	4.00	
2	地盤種類	5	5.00	第三類地盤	0.40	2.00	
3	工址震區加速度係數	5	5.00	$Z=0.33$	1.00	5.00	
4	地下室面積比 r_a	5	5.00	$r_a=0.5$	0.67	3.33	請填入地下室面積比，若不確定請空白
5	基礎形式	5	5.00	基腳（有繫樑）	0.50	2.50	請選擇基礎形式
6	基地土壤承载力	4	4.00	尚可	0.33	1.32	請選擇基地土壤承载力
7	樑跨深比， b	6	6.00	$b=5.29$	0.59	3.53	詳細資料
8	柱高深比， a	6	6.00	$a=4.14$	0.46	2.79	詳細資料
9	牆量指標	8	8.00	尚可	0.33	2.64	
10	短柱嚴重性	8	8.00	高	1.00	8.00	
11	短樑嚴重性	6	6.00	低	0.33	1.98	
12	軟弱層顯著性	8	8.00	低	0.33	2.64	
13	平面對稱性	6	6.00	良	0.00	0.00	
14	立面對稱性	4	4.00	良	0.00	0.00	
15	變形程度	4	4.00	小	0.33	1.32	
16	裂縫鏽蝕滲水	8	8.00	低	0.33	2.64	
17	屋齡	3	3.00	25年	0.50	1.50	
18	屋頂加建	5	5.00	低	0.33	1.65	
	分數總計	100	100	D：危險度評分總計		46.84	下一步
	評估結果	30<D≤60，耐震安全有疑慮，近期應進行詳細評估					

圖 十七 危險度評估模組—有完整評估資料時

此外，系統也允許使用者檢視項次 7 及項次 8 的詳細計算資料，只要點選項次旁的“詳細資料”連結，便可查看詳細的計算結果。

4.4.2 簡單計算評估模組

此模組根據學校建築資料表單所填入的資料，計算出 2.1.2 節中所介紹之簡單計算耐震能力初步評估法的 A_c 值，如圖十八所示，若評估者欲檢視計算之詳細資料，亦可點選“詳細資料”，其詳細的計算結果如圖十九所示。

Microsoft Excel - 建築物資料表單.xls

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 插入(I) 格式(O) 工具(T) 資料(D) 視窗(W) 說明(H) Acrobat

新細明體 20 B I U

A1 = 簡單計算耐震能力初步評估法

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	簡單計算耐震能力初步評估法							
2								
3		建築物名稱：	TNT10					
4		建築物編號：						
5								
6	項次	項目	F _i	值				
7	1	規範設計最小設計水平總橫力之計算	F ₁	1.27	詳細資料			
8	2	樑破壞模式之計算	F ₂	1.00	詳細資料			
9	3	柱圍束箍筋之計算	F ₃	0.82	詳細資料			
10	4	柱高深比之計算	F ₄	1.00				
11	5	建築物具非結構磚牆之修正	F ₅	0.80				
12	6	建築物具剪力牆之修正	F ₆	1.00				
13	7	平面與立面對稱性	F ₇	1.00				
14	8	結構體現有缺陷評估	F ₈	0.90				
15								
16		$A_s = Z(g) F_1 F_2 F_3 F_4 F_5 F_6 F_7 F_8$	Ac=	0.2487	g			
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								

下一步

建築物資料表單 / 危險度 / 簡單計算 / 其他耐震指標 / CBR模組 / 詳細評估設定 / 詳細評估結果 / Sheet2 / Sheet3 / 1

就緒

圖 十八 簡單計算評估模組介面

Microsoft Excel - 建築物資料表單.xls

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 插入(I) 格式(O) 工具(T) 資料(D) 視窗(W) 說明(H) Acrobat

Times New Roman 12 B I U

A25 = F1

	A	B	C	D	E	F	G	H
25	F1	規範設計最小設計水平總橫力之計算						
26			Z	0.33				
27			I	1.25				
28			T	0.4170	基面到屋頂高度	10.8		
29		$V = \frac{ZI}{1.4\alpha_y} \left(\frac{C}{R_s} \right) W$	C	2.50				
30			α_y	1.5				
31			Fu	2.36				
32								
33		$R_1 = \frac{V_{design}}{V}$	V	0.196	W			
34			V _{design}	0.25	W			Back
35	F2	樑破壞模式之計算						
36			樑寬	樑深	鋼筋比(%)	箍筋間距	上層鋼筋量	
37			大樑X	25	60	1.3	15	5.85
38			大樑Y	25	60	0.8	15	3.60
39			小樑	30	90	1.3	15	10.53
40			廊樑	30	55	1.3	15	6.44
41								
42			ps	箍筋為3號箍筋				
43								
44								
45	F3	柱圍束箍筋之計算						
46			X	Y	箍筋間距	A _{sh,provide}	A _{sh,code}	
47			外柱	30	50	20	2.13	5.91
48		$R_3 = \frac{1}{2} (1.55 + 0.45\alpha)$	內柱	25	30	20	2.13	10.13
49			廊柱	35	35	20	2.13	6.48

建築物資料表單 / 危險度 / 簡單計算 / 其他耐震指標 / CBR模組 / 詳細評估設定 / 詳細評估結果 / Sheet2 / Sheet3 / 1

就緒

加總=19.60061249

圖 十九 簡單計算評估模組之詳細計算資料說明

4.4.3 耐震指標模組

耐震指標模組則根據 2.1.3 節以及 2.1.4 節，計算出耐震指標 I_s 值、壁量比以及柱單位載重，如圖二十所示。當點選“存入案例庫”，系統會將以上所有之初步評估結果存入案例庫中。

耐震指標				
項次	項目	細項	值	
1	壁量比	長向	0.24%	詳細資料
		短向	0.44%	
2	柱單位載重		22.80	詳細資料
3	耐震指標 I_s 值		0.71	詳細資料
計算方式				
壁量比	$\text{壁量比} = \frac{\sum (\text{磚牆斷面積} + \text{RC 牆斷面積} \times 6)}{\text{最弱層至頂層樓版面積}}$ <p>需考慮牆體材料與圍束狀況，以求得有效壁體面積。 四邊圍束的牆體不做折減，三邊圍束者乘以折減係數 1/3，兩邊圍束不列入計算。</p>			
柱單位載重	$\text{柱單位載重} = \frac{\sum \text{最弱層上方各樓層樓地板面積} \times 0.1 \text{ kgw/cm}^2}{\sum (\text{柱斷面積})_{\text{最弱層}}}$			
$I_s = E_0 \times S_D \times T$			其中, E_0 為保有性能基本指標、 S_D 形狀指標、 T 經年指標	

存入案例庫

圖 二十 耐震指標模組

4.5 數值案例庫

本研究之數值案例庫以 Excel 報表實作，每個案例的內容為學校建築資料表單的紀錄資料、表單資料計算出之評估參數、初步評估結果，以及詳細評估結果，如表四所示，以 Excel 實作案例庫的好處在於：一方面可直接利用案例庫的資料繪製圖表，一方面與其他以 Excel 實作的表單及評估系統交換資料非常容易，圖二十一為案例資料之報表，圖二十二為利用案例資料直接繪製之圖表。

表 四 案例庫所紀錄的內容

分類	內容
學校建築資料表單的紀錄資料	建築物編號、建築物名稱、所在縣市、地盤種類、設計年度、屋齡、地上樓層數、一樓樓高、其他樓高、窗台高度、隔離縫、教室單元數、教室單元跨度、教室單元長寬、走廊形式、走廊寬度、樓梯寬度、 f_c' 、 f_y 、 f_{vy} 、 f_b' 、 f_m' 、外柱斷面、外柱鋼筋比、外柱箍筋間距、內柱斷面、內柱鋼筋比、內柱箍筋間距、廊柱斷面、廊柱鋼筋比、廊柱箍筋間距、大樑斷面、大樑 X 鋼筋比、大樑 X 箍筋間距、大樑 Y 斷面、大樑 Y 鋼筋比、大樑 Y 箍筋間距、小樑斷面、小樑鋼筋比、小樑箍筋間距、廊樑斷面、廊樑鋼筋比、廊樑箍筋間距、磚牆厚度、剪力牆
以表單資料計算出之評估參數	樑跨深比、柱高深比 Max、柱高深比 Min、水平總橫力、 R_f 、柱圍束 α 、壁量比長向、壁量比短向、柱單位載重、耐震指標 I_s
初步評估結果	危險度 D、簡單計算 A_c
詳細評估結果	詳細評估 A_c 、詳細評估弱層、構材破壞資料、節點破壞資料、弱層之容許韌性容量 R

Microsoft Excel - King.xls

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 插入(I) 格式(O) 工具(T) 資料(D) 視窗(W) 說明(H) Acrobat

新細則 12 B I U 文字樣式 用 \$ % , 格式 90%

詳細評估 A_c 弱層位置 構材破壞資料 節點破壞資料 弱層之容許韌性容量 R

	AC	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	資料編輯列
1	詳細評估結果 A_c 0.2377	弱層	2F (above the Level)	構材	88	279	1133	節點	62	42	Ra	2.3704
2	詳細評估結果 A_c 0.226	弱層	2F (above the Level)	構材	74	268	1158	節點	64	40	Ra	2.5031
3	詳細評估結果 A_c 0.2076	弱層	2F (above the Level)	構材	71	225	1204	節點	64	40	Ra	2.5530
4	詳細評估結果 A_c 0.2326	弱層	3F (below the Level)	構材	89	275	1136	節點	62	42	Ra	2.0774
5	詳細評估結果 A_c 0.2225	弱層	2F (above the Level)	構材	75	258	1167	節點	56	48	Ra	2.5072
6	詳細評估結果 A_c 0.2048	弱層	2F (above the Level)	構材	71	187	1242	節點	64	40	Ra	2.5597
7	詳細評估結果 A_c 0.2264	弱層	3F (below the Level)	構材	89	251	1160	節點	62	42	Ra	2.0805
8	詳細評估結果 A_c 0.215	弱層	2F (above the Level)	構材	78	225	1197	節點	56	48	Ra	2.4457
9	詳細評估結果 A_c 0.2012	弱層	2F (above the Level)	構材	74	151	1275	節點	64	40	Ra	2.5673
10	詳細評估結果 A_c 0.2195	弱層	3F (below the Level)	構材	89	245	1166	節點	62	42	Ra	2.0756
11	詳細評估結果 A_c 0.2092	弱層	1F (above the Level)	構材	86	204	1210	節點	56	48	Ra	1.788
12	詳細評估結果 A_c 0.1946	弱層	1F (above the Level)	構材	72	139	1289	節點	0	51	Ra	1.7892
13	詳細評估結果 A_c 0.2087	弱層	1F (above the Level)	構材	89	216	1195	節點	0	51	Ra	1.7894
14	詳細評估結果 A_c 0.1965	弱層	1F (above the Level)	構材	88	148	1264	節點	0	51	Ra	1.7997
15	詳細評估結果 A_c 0.1829	弱層	1F (above the Level)	構材	72	112	1316	節點	0	51	Ra	1.8035
16	詳細評估結果 A_c 0.1095	弱層	2F (above the Level)	構材	104	474	922	節點	0	51	Ra	2.7332
17	詳細評估結果 A_c 0.1207	弱層	2F (above the Level)	構材	92	389	1019	節點	94	10	Ra	2.7472
18	詳細評估結果 A_c 0.122	弱層	2F (above the Level)	構材	90	284	1126	節點	94	10	Ra	2.7731
19	詳細評估結果 A_c 0.1226	弱層	2F (above the Level)	構材	87	218	1195	節點	94	10	Ra	2.7819
20	詳細評估結果 A_c 0.1226	弱層	2F (above the Level)	構材	69	103	1328	節點	94	10	Ra	2.7819
21	詳細評估結果 A_c 0.1097	弱層	2F (above the Level)	構材	104	478	918	節點	94	10	Ra	2.4886
22	詳細評估結果 A_c 0.1209	弱層	2F (above the Level)	構材	92	391	1017	節點	94	10	Ra	2.7504
23	詳細評估結果 A_c 0.1223	弱層	2F (above the Level)	構材	91	283	1126	節點	94	10	Ra	2.7780
24	詳細評估結果 A_c 0.1226	弱層	2F (above the Level)	構材	87	215	1198	節點	94	10	Ra	2.7819
25	詳細評估結果 A_c 0.1226	弱層	2F (above the Level)	構材	69	104	1327	節點	94	10	Ra	2.7819
26	詳細評估結果 A_c 0.1737	弱層	2F (above the Level)	構材	104	621	775	節點	64	40	Ra	1.7979
27	詳細評估結果 A_c 0.1925	弱層	2F (above the Level)	構材	92	523	885	節點	62	42	Ra	1.9975
28	詳細評估結果 A_c 0.2114	弱層	2F (above the Level)	構材	91	366	1043	節點	62	42	Ra	2.1985

Sample / 所有參數 / 柱單位載重 / 細則 / 材料標準 / 材料標準 / 鋼筋圖表 /

圖 二十一 案例資料之報表

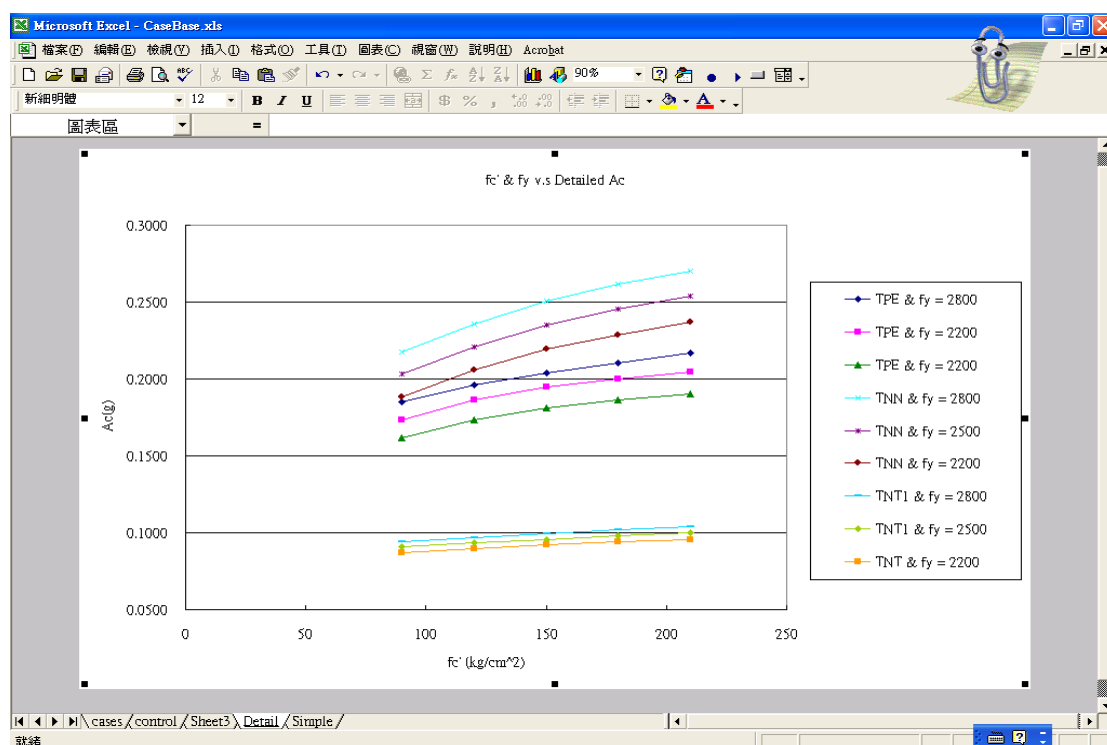


圖 二十二 利用案例資料直接繪製之圖表

4.6 案例式推理耐震能力初步評估系統

案例式推理系統的核心通常包含以下四個部分 (Wheeler, 1998)：(1)案例庫 (Case-Base)：儲存以前的經驗，(2)指標機制：定義案例的屬性參數，(3)比對演算法 (Matching Algorithm)：比較新遭遇到的案例及已發生之舊案例，(4)調適 (Adaptation) 或推理機制 (Inference Mechanism)：產生最後的解答。系統在定義新問題的屬性後，從案例庫中擷取相似案例，透過適性的方式產生解答，在 4.6.2 節中有更詳細的說明，最後，將新的經驗儲存在案例庫中，Aamodt 和 Plaza(1994)將整個過程稱為“4-Re”即“Retrieve”、“Reuse”、“Revise”以及“Retain”。以下以 Recall 模組及 Adapt 模組實作之。

4.6.1 Recall 模組

評估者填寫學校教室建築資料表單後，系統會根據所填入的資料定義此學校教室建築的屬性參數，接著提供各屬性參數相對權重的設定，以計算出待評估案例與案例庫中案例間的相似度，在設定門檻值後，選出相似度夠高的案例。

參數項目相對權重的設定

本研究參考王世曄（2000）的研究，採用 AHP 分析法所得到之專家權重，作為相似度計算的依據。在評估者填入學校建築資料表單後，Recall 模組會先提供參數權重的設定，有「A 專家權重（AHP）」、「B 專家權重（AHP）」及「使用者定義」三選項供點選，如圖二十三所示，系統會根據各參數項目的比例加總為 100 分。在「使用者定義」欄位，可讓評估者自行設定參數的相對權重，預設值目前設為「專家權重」與「B 專家權重」之平均值，若評估者不考慮某參數項目，可將該項目權重設定為 0 分，系統亦會自動調整配分。

Microsoft Excel - 案例推理評估系統.xls

Recall 模組

相對權重設定：

參數項目 權重 A 專家權重 (AHP) B 專家權重 (AHP) 使用者定義

參數項目	權重	A 專家權重 (AHP)	B 專家權重 (AHP)	使用者定義
設計年度	4.79	26.89	27.57	27.23
地區	6.01	14.07	34.58	24.33
平面形狀—細長比	3.04	12.23	17.48	14.86
建築高度	3.04	11.56	17.48	14.52
走廊型式	6.10	18.98	35.11	27.05
樑跨深比	4.03	19.71	23.20	21.46
柱高深比	8.05	21.54	46.37	33.96
短柱嚴重性	10.19	24.13	58.64	41.39
短樑嚴重性	10.19	21.71	58.64	40.18
樑柱劣化程度	10.19	81.80	58.64	70.22
壁量比	8.07	47.24	46.48	46.86
柱單位載重	8.07	42.71	46.48	44.60
柱分配狀況	6.15	34.08	35.43	34.76
頂樓特性—頂樓載重	4.04	29.12	23.25	26.19
主要建材	8.05	116.70	46.36	81.53
加總	100	522.47	575.71	549.09

調整所設定之權重總和為 100 分

下一步

圖 二十三 參數相對權重的設定

相似度計算

待評估案例與案例庫中案例相似度的計算如下式所示：

$$\text{相似度} = \sum_{i=1}^n W_i \times f_i(\text{待評估案例}, \text{案例庫中之案例}) \quad (4.1)$$

其中，相似度的值以權重總合 100 分爲最高，表示案例庫中與待評估案例最爲相似的案例，以 0 分最低，表示最不相似之案例。 n 爲參數項目的個數； W_i 爲第 i 項參數之權重； $f_i(\text{待評估案例}, \text{案例庫中之案例})$ 爲待評估案例與案例庫中之案例的相似度方程式，其大小在 0~1 之間，其設定方式爲：（一）當該參數項目爲類別資料時，若待評估案例之類別與案例庫中某案例之類別相同，則 $f_i = 1$ ，否則 $f_i = 0$ 。（二）當該參數項目爲數值資料時，則案例庫中，與待評估案例的參數值相差最大者之案例 $f_i = 0$ ，與待評估案例的參數值相同者 $f_i = 1$ ，其他的案例以內插法求之，其計算方式如下：

$$f_i = 1 - \frac{|\alpha_{i,\text{待評估案例}} - \alpha_{i,\text{案例庫中之比較案例}}|}{\text{Max}(|\alpha_{i,\text{案例庫最大值}} - \alpha_{i,\text{待評估案例}}|, |\alpha_{i,\text{待評估案例}} - \alpha_{i,\text{案例庫最小值}}|)} \quad (4.2)$$

其中， α_i 代表該案例第 i 參數項目之參數值，各參數項目的相似度方程式如表五所示。相似度的計算如圖二十四所示。

門檻值設定

在計算出案例庫中各個案例與待評估案例之相似度後，系統提供門檻值設定供評估者選取，選項包括：「前十個案例」、「前 10%之案例」及「預設」等，目前將預設值設定爲「前二十個案例」。如圖二十五所示。相似度設定得越高，所選取之案例越少，相似度越高，然而，若相似度設定太高，選出之案例有可能太少而無法進行調適。反之，則有可能因選取之案例過多而使準確度下降。

表 五 各參數項目的相似度方程式

參數項目	資料型態	相似度方程式
設計年度	類別資料	若類別相同, $f_i = 1$, 否則 $f_i = 0$
地區	類別資料	若類別相同, $f_i = 1$, 否則 $f_i = 0$
平面形狀—細長比	數值資料	如 f_i 所示
建築高度	數值資料	如 f_i 所示
走廊型式	類別資料	若類別相同, $f_i = 1$, 否則 $f_i = 0$
樑跨深比	數值資料	如 f_i 所示
柱高深比	數值資料	如 f_i 所示
短柱嚴重性	類別資料	若類別相同, $f_i = 1$, 否則 $f_i = 0$
短樑嚴重性	類別資料	若類別相同, $f_i = 1$, 否則 $f_i = 0$
樑柱劣化程度	類別資料	若類別相同, $f_i = 1$, 否則 $f_i = 0$
壁量比	數值資料	如 f_i 所示
柱單位載重	數值資料	如 f_i 所示
柱分配狀況	類別資料	若類別相同, $f_i = 1$, 否則 $f_i = 0$
頂樓特性—頂樓載重	類別資料	若類別相同, $f_i = 1$, 否則 $f_i = 0$
主要建材強度	數值資料	如 f_i 所示

Microsoft Excel - 案例式推理評估系統.xls

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 插入(I) 格式(O) 工具(T) 資料(D) 視窗(W) 說明(H) Acrobat

新細明體 12 B I U

各項參數之權重 W_i

各項參數之 f_i

BR $W_i \times f_i$

	BR	BS	BT	BU	BV	BW	BX	BY	BZ
1									
2									
3	權重	設計年度	地區	平面形狀—細長比	建築高度	走廊型式	樑跨深比	柱高深比	短柱嚴重性
4		4.79	6.01	3.04	3.04	6.10	4.03	8.05	10.19
5	相似度	設計年度	地區	平面形狀—細長比	建築高度	走廊型式	樑跨深比	柱高深比	短柱嚴重性
6	78.05	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.00	1.00
7	77.34	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00	0.95	0.00	1.00
8	76.83	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00	0.95	0.00	1.00
9	75.55	1.00	1.00	0.93	1.00	1.00	0.95	0.00	1.00
10	75.17	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.00	1.00
11	75.00	1.00	1.00	0.85	1.00	1.00	0.95	0.00	1.00
12	74.49	1.00	1.00	0.87	1.00	1.00	0.95	0.00	1.00
13	73.76	1.00	1.00	0.91	1.00	1.00	0.95	0.00	1.00
14	73.21	1.00	1.00	0.83	1.00	1.00	0.95	0.00	1.00
15	72.83	1.00	1.00	0.89	1.00	1.00	0.95	0.00	1.00
16	72.66	1.00	1.00	0.74	1.00	1.00	0.95	0.00	1.00
17	72.15	1.00	1.00	0.76	1.00	1.00	0.95	0.00	1.00
18	71.42	1.00	1.00	0.80	1.00	1.00	0.95	0.00	1.00
19	70.86	1.00	1.00	0.72	1.00	1.00	0.95	0.00	1.00
20	70.49	1.00	1.00	0.78	1.00	1.00	0.95	0.00	1.00
21	69.07	1.00	1.00	0.70	1.00	1.00	0.95	0.00	1.00
22	69.05	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00
23	68.28	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00
24	67.77	0.00	0.00	0.28	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00
25	66.49	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00

建築物業料表單/危險度/簡單計算/耐震指標/Recall模組/門檻值/Adapt模組/DataConnection/

就緒

圖 二十四 相似度計算結果

順序	相似度	詳細評估Ac
1	78.05	0.206
2	77.34	0.204
3	76.83	0.210
4	75.55	0.196
5	75.17	0.217
6	75.00	0.195
7	74.49	0.200
8	73.76	0.185
9	73.21	0.186
10	72.83	0.205
11	72.66	0.181
12	72.15	0.186
13	71.42	0.174
14	70.86	0.173
15	70.49	0.190
16	69.07	0.162
17	69.05	0.100

圖 二十五 門檻值設定

4.6.2 Adapt 模組

在相似度選取後，被選出之案例結果需進行整合以歸納出新的結果予新案例，此過程稱為案例調適（Adaptation），案例調適的方式主要有：參數化調適（Parametric Adaptation）以及限制條件的滿足（Constraint Satisfaction）等（Maher et al, 1995）。參數化調適根據所選取的案例找出案例參數與結果間的關連方程式；而限制條件的滿足則根據所選取的案例訂定限制條件，並提出可能的結果，若此結果可滿足所有之限制條件則接受之，反之，則需另外提出可能之結果並檢查是否可滿足限制條件。本研究採用參數化調適的方式進行案例調適，利用統計方法一迴歸分析找出所選取案例之參數與結果間的迴歸方程式，以求得待評估案例的耐震能力 A_c 值。

迴歸分析

迴歸分析是將所要研究的變數區分為依變數與自變數，並根據相關理論建立依變數為自變數的函數（模型），然後利用所獲得的樣本資料去估計模型中參數的方法，其目的是想要瞭解變數間的關係，並協助決策的進行。迴歸分析根據自變數的數目可分為簡單迴歸分析與複迴歸分析，複迴歸分析是分析依變數 Y 與一群自變數 (X_1, X_2, \dots, X_k) 間的相關程度，其方程式如下式所示，

$$Y_i = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon_i \quad (4.3)$$

式中： X_1, X_2, \dots, X_k 為自變數，共有 k 個。其中 α 為截距， $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ 為迴歸參數， ε_i 為殘差。本研究採以迴歸分析來預估待評估學校建築耐震能力，其中 Y_i 為耐震能力 A_c 值， X_1, X_2, \dots, X_6 為各參數，其中包括：一樓樓高、 f'_c 、 f_y 、鋼筋比、箍筋間距以及柱單位載重。

待評估案例之 A_c 值以及評估結果

圖二十六為 EXCEL 中的迴歸分析模組，其中 A_c 值的計算方式為各參數的參數值乘以參數的係數，再加上截距所得，以圖二十五的數據為例，迴歸方程式如下式所示：

$$A_c = 0.3743 - 0.07856 \times \text{一樓樓高} + 0.000389 \times f'_c + 1.81 \times 10^{-5} \times f_y \\ - 0.00287 \times \text{柱單位載重} + 0.007887 \times \text{鋼筋比} - 0.00086 \times \text{箍筋間距} \quad (4.4)$$

另外，系統會根據該建築物之剩餘壽命計算出對應之回歸期，接著計算出對應之地表加速度，以求得應有之耐震能力。應有的耐震能力的計算方式如下：

以新建的建築物而言，根據耐震設計規範，其耐震能力 A_c 應能達到震區水平加速度係數 Z 乘以用途係數。譬如建築物坐落於台北市，就要達到 $0.23g$ 乘以用途係數。

惟因新建建築物預計使用的壽命為 50 年，而 50 年超越機率為 10%，即回歸期 475 年的地震係當做制訂震區水平加速度係數 Z 的標準。對現存建築物而言，剩餘使用壽命可能不到 50 年，因此其耐震能力的標準應只須達到剩餘使用壽命（至少 20 年）超越機率 10% 的地表加速度即可。當然用途係數大於 1.0 的建築物還要乘上用途係數。

剩餘壽命 T 年內超越機率 10% 對應的回歸期 T_r 依下式計算：

$$T_r = \frac{1}{1 - 0.9^{1/T}} \quad (4.5)$$

回歸期 T_r 對應之地表加速度 a_{gr} 可由下式計算之：

$$\frac{a_{gr}}{a_g} = \left(\frac{T_r}{475} \right)^k \quad (4.6)$$

其中 a_g 為 475 年回歸期地表加速度， k 值介於 0.30 至 0.45 之間。為保守計 k 可取下限 0.3（蔡益超、陳清泉，1999）。本系統將 K 值預設為 0.3。

Microsoft Excel - 案例庫.xls

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 插入(I) 格式(O) 工具(T) 資料(D) 視窗(W) 說明(H) Acrobat

12 B I U 100%

新細明體 12 B I U 100%

A16 = 參數項目

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L	M
1	摘要輸出											
2												
3	迴歸統計											
4	R 的倍數	0.458354										
5	R 平方	0.210088										
6	調整的 R 平方	0.163163										
7	標準誤	0.049986										
8	觀察值個數	108										
9												
10	ANOVA											
11		自由度	SS	MS	F	顯著值						
12	迴歸	6	0.067118	0.011186	4.477067	0.000464						
13	殘差	101	0.252357	0.002499								
14	總和	107	0.319475									
15												
16	參數項目	係數	標準誤	t 統計	P-值	下限 95%	上限 95%	下限 95.0%	上限 95.0%			
17	截距	0.374301	0.388111	0.964416	0.337141	-0.39561	1.144209	-0.83181	0.656343			
18	一樓樓高	-0.07856	0.102699	-0.76499	0.446059	-0.28229	0.125162	-0.14821	0.246709			
19	fc'	0.000389	0.000164	2.368139	0.019781	6.32E-05	0.000716	0.000121	0.000802			
20	ty	1.81E-05	2.15E-05	0.841819	0.401878	-2.5E-05	6.08E-05	-2.6E-05	6.47E-05			
21	柱單位載重	-0.00287	0.000847	-3.38401	0.001018	-0.00455	-0.00119	-0.00345	0.000202			
22	鋼筋比	0.007887	0.002564	3.076176	0.002698	0.002801	0.012973	-0.00626	0.003914			
23	箍筋間距	-0.00086	0.001249	-0.69015	0.49168	-0.00334	0.001615	-0.00268	0.002486			
24												
25												

Microsoft Excel - 案例庫.xls

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 插入(I) 格式(O) 工具(T) 資料(D) 視窗(W) 說明(H) Acrobat

12 B I U 100%

新細明體 12 B I U 100%

A16 = 參數項目

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L	M
1	摘要輸出											
2												
3	迴歸統計											
4	R 的倍數	0.458354										
5	R 平方	0.210088										
6	調整的 R 平方	0.163163										
7	標準誤	0.049986										
8	觀察值個數	108										
9												
10	ANOVA											
11		自由度	SS	MS	F	顯著值						
12	迴歸	6	0.067118	0.011186	4.477067	0.000464						
13	殘差	101	0.252357	0.002499								
14	總和	107	0.319475									
15												
16	參數項目	係數	標準誤	t 統計	P-值	下限 95%	上限 95%	下限 95.0%	上限 95.0%			
17	截距	0.374301	0.388111	0.964416	0.337141	-0.39561	1.144209	-0.83181	0.656343			
18	一樓樓高	-0.07856	0.102699	-0.76499	0.446059	-0.28229	0.125162	-0.14821	0.246709			
19	fc'	0.000389	0.000164	2.368139	0.019781	6.32E-05	0.000716	0.000121	0.000802			
20	ty	1.81E-05	2.15E-05	0.841819	0.401878	-2.5E-05	6.08E-05	-2.6E-05	6.47E-05			
21	柱單位載重	-0.00287	0.000847	-3.38401	0.001018	-0.00455	-0.00119	-0.00345	0.000202			
22	鋼筋比	0.007887	0.002564	3.076176	0.002698	0.002801	0.012973	-0.00626	0.003914			
23	箍筋間距	-0.00086	0.001249	-0.69015	0.49168	-0.00334	0.001615	-0.00268	0.002486			
24												
25												

Microsoft Excel - 案例庫.xls

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 插入(I) 格式(O) 工具(T) 資料(D) 視窗(W) 說明(H) Acrobat

12 B I U 100%

新細明體 12 B I U 100%

A16 = 參數項目

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L	M
1	摘要輸出											
2												
3	迴歸統計											
4	R 的倍數	0.458354										
5	R 平方	0.210088										
6	調整的 R 平方	0.163163										
7	標準誤	0.049986										
8	觀察值個數	108										
9												
10	ANOVA											
11		自由度	SS	MS	F	顯著值						
12	迴歸	6	0.067118	0.011186	4.477067	0.000464						
13	殘差	101	0.252357	0.002499								
14	總和	107	0.319475									
15												
16	參數項目	係數	標準誤	t 統計	P-值	下限 95%	上限 95%	下限 95.0%	上限 95.0%			
17	截距	0.374301	0.388111	0.964416	0.337141	-0.39561	1.144209	-0.83181	0.656343			
18	一樓樓高	-0.07856	0.102699	-0.76499	0.446059	-0.28229	0.125162	-0.14821	0.246709			
19	fc'	0.000389	0.000164	2.368139	0.019781	6.32E-05	0.000716	0.000121	0.000802			
20	ty	1.81E-05	2.15E-05	0.841819	0.401878	-2.5E-05	6.08E-05	-2.6E-05	6.47E-05			
21	柱單位載重	-0.00287	0.000847	-3.38401	0.001018	-0.00455	-0.00119	-0.00345	0.000202			
22	鋼筋比	0.007887	0.002564	3.076176	0.002698	0.002801	0.012973	-0.00626	0.003914			
23	箍筋間距	-0.00086	0.001249	-0.69015	0.49168	-0.00334	0.001615	-0.00268	0.002486			
24												
25												

Microsoft Excel - 案例庫.xls

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 插入(I) 格式(O) 工具(T) 資料(D) 視窗(W) 說明(H) Acrobat

12 B I U 100%

新細明體 12 B I U 100%

A16 = 參數項目

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L	M
1	摘要輸出											
2												
3	迴歸統計											
4	R 的倍數	0.458354										
5	R 平方	0.210088										
6	調整的 R 平方	0.163163										
7	標準誤	0.049986										
8	觀察值個數	108										
9												
10	ANOVA											
11		自由度	SS	MS	F	顯著值						
12	迴歸	6	0.067118	0.011186	4.477067	0.000464						
13	殘差	101	0.252357	0.002499								
14	總和	107	0.319475									
15												
16	參數項目	係數	標準誤	t 統計	P-值	下限 95%	上限 95%	下限 95.0%	上限 95.0%			
17	截距	0.374301	0.388111	0.964416	0.337141	-0.39561	1.144209	-0.83181	0.656343			
18	一樓樓高	-0.07856	0.102699	-0.76499	0.446059	-0.28229	0.125162	-0.14821	0.246709			
19	fc'	0.000389	0.000164	2.368139	0.019781	6.32E-05	0.000716	0.000121	0.000802			
20	ty	1.81E-05	2.15E-05	0.841819	0.401878	-2.5E-05	6.08E-05	-2.6E-05	6.47E-05			
21	柱單位載重	-0.00287	0.000847	-3.38401	0.001018	-0.00455	-0.00119	-0.00345	0.000202			
22	鋼筋比	0.007887	0.002564	3.076176	0.002698	0.002801	0.012973	-0.00626	0.003914			
23	箍筋間距	-0.00086	0.001249	-0.69015	0.49168	-0.00334	0.001615	-0.00268	0.002486			
24												
25												

Microsoft Excel - 案例庫.xls

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 插入(I) 格式(O) 工具(T) 資料(D) 視窗(W) 說明(H) Acrobat

12 B I U 100%

新細明體 12 B I U 100%

A16 = 參數項目

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L	M
1	摘要輸出											
2												
3	迴歸統計											
4	R 的倍數	0.458354										
5	R 平方	0.210088										
6	調整的 R 平方	0.163163										
7	標準誤	0.049986										
8	觀察值個數	108										
9												
10	ANOVA											
11		自由度	SS	MS	F	顯著值						
12	迴歸	6	0.067118	0.011186	4.477067	0.000464						
13	殘差	101	0.252357	0.002499								
14	總和	107	0.319475									
15												
16	參數項目	係數	標準誤	t 統計	P-值	下限 95%	上限 95%	下限 95.0%	上限 95.0%			
17	截距	0.374301	0.388111	0.964416	0.337141	-0.39561	1.144209	-0.83181	0.656343			
18	一樓樓高	-0.07856	0.102699	-0.76499	0.446059	-0.28229	0.125162	-0.14821	0.246709			
19	fc'	0.000389	0.000164	2.368139	0.019781	6.32E-05	0.000716	0.000121	0.000802			
20	ty	1.81E-05	2.15E-05	0.841819	0.401878	-2.5E-05	6.08E-05	-2.6E-05	6.47E-05			
21	柱單位載重	-0.00287	0.000847	-3.38401	0.001018	-0.00455	-0.00119	-0.00345	0.000202			
22	鋼筋比	0.007887	0.002564	3.076176	0.002698	0.002801	0.012973	-0.00626	0.003914			
23	箍筋間距	-0.00086	0.001249	-0.69015	0.49168	-0.00334	0.001615	-0.00268	0.002486			
24												
25												

Microsoft Excel - 案例庫.xls

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 插入(I) 格式(O) 工具(T) 資料(D) 視窗(W) 說明(H) Acrobat

12 B I U 100%

新細明體 12 B I U 100%

A16 = 參數項目

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L	M
1	摘要輸出											
2												
3	迴歸統計											
4	R 的倍數	0.458354										
5	R 平方	0.210088										
6	調整的 R 平方	0.163163										
7	標準誤	0.049986										

圖 二十六 EXCEL 中的迴歸分析

評估結果則比較預估之 A_c 值以及應有之耐震能力，由於本研究所採用之迴歸分析以信賴度 95% 來計算迴歸方程式，因此，保守地設定案例式推理耐震初步評估的標準為：預估之 A_c 值大於應有之耐震能力之 110%，則評估結果為“耐震能力尚無疑慮，但須繼續進行例行性維護”，若預估之 A_c 值小於應有之耐震能力之 110%，大於應有之耐震能力之 80% 則評估結果為“耐震安全有疑慮，近期應進行詳細評估”，若預估之 A_c 值小於應有之耐震能力之 80%，則評估結果為“耐震能力確有疑慮，應立即進行詳細評估”。

案例式推理耐震能力初步評估結果的介面如圖二十七所示，其中，選取之案例數為評估者設定門檻值後決定，該案例預估之 A_c 值則將該案例的一樓樓高、 f_c' 、 f_y 、鋼筋比、箍筋間距以及柱單位載重值代入選取案例所求得之迴歸方程式中所得，而 A_c 值可能的範圍為選取案例之最大值與最小值所包含之範圍，應有之耐震能力則以方程式 4.5 及 4.6 計算所得。另外，儘管預估之 A_c 值大於應有之耐震能力，相似度選取出之案例中某些案例之 A_c 值有可能小於應有之耐震能力，這時，系統會將 A_c 值小於應有之耐震能力之案例列出，以供評估者參考。

Microsoft Excel - 案例式推理評估系統.xls

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 插入(I) 格式(O) 工具(T) 資料(D) 視窗(W) 說明(H) Acrobat

細明體 20 B I U 格式刷 公式 求和 百分比 千分位 萬分位 貨幣 日期 時間 文字 背景 顏色 線型 樣式 顏色 線型 樣式

A1 = 案例式推理耐震能力初步評估結果

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	案例式推理耐震能力初步評估結果									
2										
3										
4	選取之案例數	10								
5										
6	該案例預估之Ac值	0.201	g							
7										
8	Ac值可能之範圍	0.185	g	< Ac <	0.217	g				
9										
10	應有之耐震能力	0.188	g							
11										
12	評估結果	耐震能力尚無疑慮，但須繼續進行例行性維護								
13										
14	選取之相似案例中，有下列之案例之耐震能力評估值低於應有之耐震能力，									
15	請檢視其詳細資料，納入耐震評估的參考。									
16										
17	編號	相似度	耐震能力 (g)							
18	10225646	73.76	0.185	詳細資料						
19	10228646	73.21	0.186	詳細資料						
20										
21										
22										

就緒

建築資料表單/危險度/簡單計算/耐震指標/Recall模組/門檻值/Adapt模組/DataConnection/

圖 二十七 案例式推理耐震能力評估結果

第五章 結果與討論

在系統實作與案例分析後，本研究建置了學校教室建築詳細評估之案例庫，5.1 節中先說明已分析的案例數，接著以圖表說明各評估參數的分析結果，以檢驗該評估參數在選取案例分析時的適用性。在 5.2 節中，先列出陳威成（2000）及邱麗君（2001）之研究中三棟實例建築物之建築概況及詳細評估結果，接著進行案例式推理耐震能力初步評估，並根據這三棟實例建築物的資料進行危險度初步評估以及簡單計算初步評估，最後在 5.3 節進行這三棟實例建築物評估結果的比較及討論。

5.1 案例庫的建置與評估參數分析結果

表二的參數中，本研究已完成「樓高」、「 f_c' 」、「 f_y 」、「一樓樑柱斷面」、「鋼筋比」以及「箍筋間距」等參數的自動化詳細評估，而將「樓層數」、「教室單元數」、「教室單元跨度」、「教室長寬」等參數則以換算為「柱單位載重」進行參數的探討和研究，如 3.4 節所討論，以下分別以圖表說明與討論「 f_c' 」、「 f_y 」，「鋼筋比與箍筋間距」、「樓高」、「柱單位載重及鋼筋比」等項目對耐震能力的影響，以檢驗該評估參數在選取案例分析時的適用性。

5.1.1 材料性質分析結果

圖二十八為案例庫中之部分案例對材料性質分析的結果，縱軸為詳細評估所得之 A_c 值，橫軸為混凝土強度 f_c' ，圖中為 f_c' 以及 f_y 共 $5 \times 3 = 15$ 個參數組合（其餘參數皆相同，為五層樓、一樓樓高為 3.6 公尺、四個教室單元、教室單元跨度為三跨 x 二跨、教室長寬為 10x8、斷面為 Type 1 斷面、鋼筋比

1.5~2%、箍筋間距為 15cm、無剪力牆與隔離縫）所繪出之資料點。從分析結果顯示，當混凝土強度越高，耐震能力越高，當鋼筋降伏強度越高，耐震能力越高。

混凝土品質之良窳對於學校教室建築之耐震能力而言，每增減 30 kg/cm^2 ，其影響程度約在 3%~8%之間，此結果與劉玉文(2002)的結論相近(每增減 70 kg/cm^2 ，其影響程度約在 15%之間)。另外，本研究分析結果顯示，混凝土強度越低時，每增減 30 kg/cm^2 ，其影響程度越高，例如：某案例之 f_c' 由 210 kg/cm^2 下降至 180 kg/cm^2 時，其耐震能力下降 3.23%，當該案例之 f_c' 由 120 kg/cm^2 下降至 90 kg/cm^2 ，其耐震能力下降 8.10%。在 f_y 方面，每增減 300 kg/cm^2 ，其影響程度約在 7%左右。

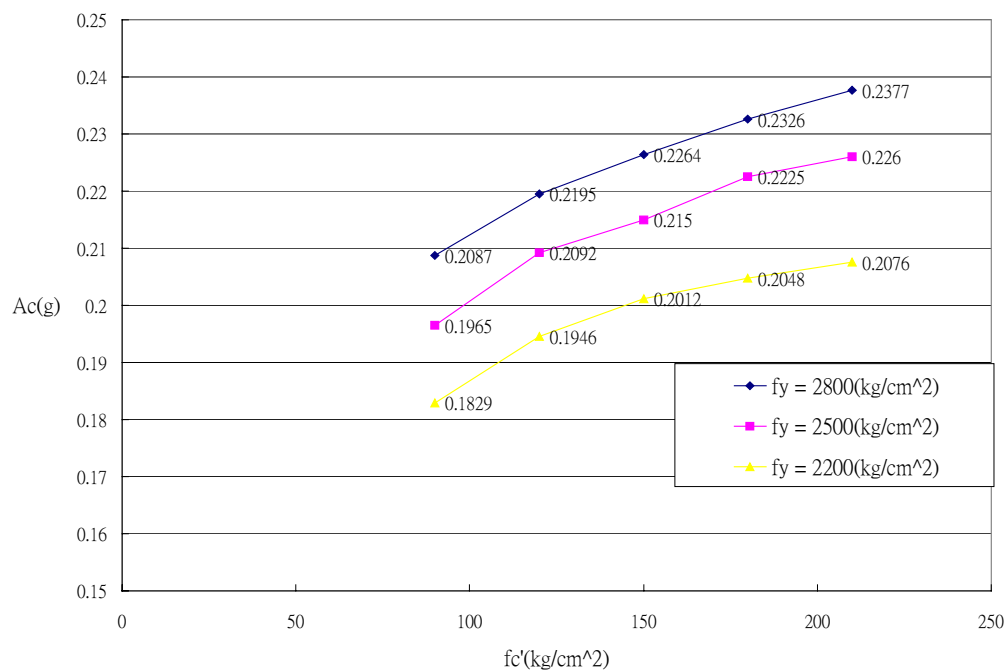


圖 二十八 材料性質分析結果

5.1.2 鋼筋比與箍筋間距之分析結果

圖二十九為案例庫中之部分案例對鋼筋比及箍筋間距分析的結果，縱軸為詳細評估所得之 A_c 值，橫軸為箍筋間距，圖中為鋼筋比以及箍筋間距共 $5 \times 5 = 25$ 個參數組合（其餘參數皆相同，為五層樓、一樓樓高為 3.6 公尺、四個教室單元、教室單元跨度為三跨 x 二跨、教室長寬為 10x8、斷面為 Type 1 斷面、 f_c' 為 150、 f_y 為 2800、無剪力牆與隔離縫）所繪出之資料點。從分析結果顯示，當箍筋間距越大，耐震能力越低。箍筋間距對學校教室建築之耐震能力而言，每增減 5cm，其影響程度約在 8%~10%之間，可見箍筋間距對學校教室建築之耐震能力之影響頗大。另外，分析結果顯示當鋼筋比在 1.5%以下時，對耐震能力的影響非常顯著；而當鋼筋比在 1.5%以上時，對耐震能力影響不大，其可能之原因為：由於本參數分析研究鋼筋比之參數同時套用於樑柱上，當鋼筋比變大時，雖然柱的強度增加，但因著樑的強度增加造成節點破壞模式的轉變，導致弱層上，節點的破壞模式為弱柱強樑的情況變多，而使得耐震能力無顯著的提昇，以下以表六說明之。

表六中為鋼筋比及箍筋間距 25 個參數組合的細部資料，其中包括構材的破壞模式以及節點的破壞模式，其中，「Type 1」為整個模型中發生剪力破壞的構材數；由於各模型的弱層位置可能不同，因此節點的破壞模式以百分比的方式顯示，表中之「強柱弱樑」表是弱層中破壞模式為強柱弱樑的節點數除以弱層之節點總數。如表七所示，箍筋間距增加對構材破壞模式來說，影響甚鉅，箍筋間距越大，剪力破壞的構材數越多，耐震能力越低。若同時提高樑柱的鋼筋比，破壞模式為「強柱弱樑」的節點比例有下降的趨勢，因此，除了鋼筋量的增加外，節點的破壞模式在規劃設計階段，也是非常重要的考量。

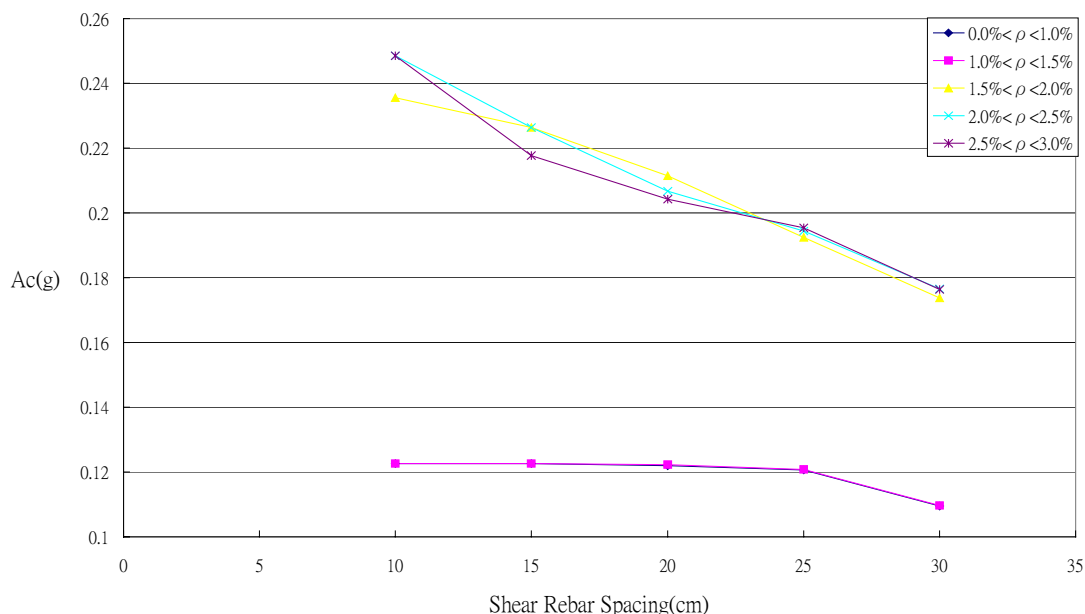


圖 二十九 鋼筋比與箍筋間距之分析結果

5.1.3 樓高的分析結果

表七為案例庫中之部分案例對樓高的分析結果，以樓高不同，其餘參數相同之兩案例為一組。案例的編號方式如下：「H1」表示樓高為「一樓 4 公尺，其他 3.6 公尺」，「H2」表示「全部皆為 3.6 公尺」；「M11」代表 f'_c 為 210、 f_y 為 2800，「M51」代表 f'_c 為 90、 f_y 為 2800，「M13」代表 f'_c 為 210、 f_y 為 2200，「R11」代表箍筋間距為 30 公分、鋼筋比為 1.0%以下，「R51」代表箍筋間距為 10 公分、鋼筋比為 1%以下，「R12」代表箍筋間距為 30 公分、鋼筋比為 2.5~3.0%。其餘參數皆相同，為五層樓、四個教室單元、教室單元跨度為三跨 x 二跨、教室長寬為 10x8、斷面為 Type 1 斷面、無剪力牆與隔離縫。由表七可發現，各組中「一樓 4 公尺，其他 3.6 公尺」之耐震能力皆比「全部皆為 3.6 公尺」略低，可見一樓挑高對耐震能力確有影響，當一樓之樓高 4 公尺減為 3.6 公尺時，其影響程度約 6 %。另外，一樓挑高對構材破壞模式、節點破壞模式皆無明顯之影響。

表 六 箍筋間距與剪力破壞之構材數

參數		構材破壞模式 (總構材數：1500)			節點破壞模式 (弱層)		評估結果
鋼筋比	箍筋間距	Type 1	Type 2	Type 3	強柱弱樑	弱柱強樑	A _c 值
1%以下	30cm	127	474	899	96.15%	3.85%	0.089
1%以下	25cm	99	394	1007	96.15%	3.85%	0.095
1%以下	20cm	95	326	1079	96.15%	3.85%	0.100
1%以下	15cm	89	200	1211	96.15%	3.85%	0.100
1%以下	10cm	71	99	1330	96.15%	3.85%	0.100
1%~1.5%	30cm	128	523	849	63.46%	36.54%	0.144
1%~1.5%	25cm	100	467	933	63.46%	36.54%	0.157
1%~1.5%	20cm	95	409	996	61.54%	38.46%	0.174
1%~1.5%	15cm	89	239	1172	61.54%	38.46%	0.188
1%~1.5%	10cm	71	99	1330	61.54%	38.46%	0.190
1.5~2%	30cm	188	536	776	61.54%	38.46%	0.159
1.5~2%	25cm	138	465	897	63.46%	36.54%	0.169
1.5~2%	20cm	133	382	985	61.54%	38.46%	0.187
1.5~2%	15cm	89	289	1122	40.38%	59.62%	0.204
1.5~2%	10cm	71	179	1250	46.15%	53.85%	0.215
2%~2.5%	30cm	273	474	753	61.54%	38.46%	0.158
2%~2.5%	25cm	186	465	849	46.15%	53.85%	0.175
2%~2.5%	20cm	179	401	920	40.38%	59.62%	0.184
2%~2.5%	15cm	170	214	1116	42.31%	57.69%	0.195
2%~2.5%	10cm	107	162	1231	46.15%	53.85%	0.223
2.5%~3%	30cm	298	465	737	59.62%	40.38%	0.158
2.5%~3%	25cm	260	405	835	55.34%	44.66%	0.174
2.5%~3%	20cm	251	344	905	40.38%	59.62%	0.185
2.5%~3%	15cm	183	267	1050	55.34%	44.66%	0.197
2.5%~3%	10cm	154	118	1228	40.43%	69.57%	0.212

表 七 樓層高度對耐震能力的影響

案例編號	詳細結果		構材破壞模式			節點破壞模式	
	Ac 值	弱層	Type 1	Type 2	Type3	強柱弱樑	弱柱強樑
H1M11R11	0.0754	2F(below)	99	488	913	100	4
H2M11R11	0.0804	2F(below)	101	499	900	100	4
H1M51R11	0.0835	2F(below)	169	388	943	94	10
H2M51R11	0.0889	2F(below)	170	397	933	94	10
H1M13R11	0.0615	2F(below)	95	378	1027	100	4
H2M13R11	0.0655	2F(below)	98	383	1019	100	4
H1M11R51	0.0951	2F(below)	68	110	1322	100	4
H2M11R51	0.1013	2F(below)	73	105	1322	100	4
H1M11R12	0.1345	2F(above)	100	545	855	66	38
H2M11R12	0.1373	2F(above)	101	557	842	66	38

5.1.4 柱單位載重及柱鋼筋比之分析結果

圖三十為案例庫中之部分案例對柱單位載重與鋼筋比的分析結果，縱軸為詳細評估所得之 A_c 值，橫軸為「樓層數」、「教室單元數」、「教室單元跨度」、「教室長寬」、「走廊形式」以及「樑柱斷面」等參數所換算之柱單位載重，其中，參數模型是以五種樑柱斷面參數以及五種鋼筋比參數共 $5 \times 5 = 25$ 個參數組合所繪出的資料點，鋼筋比的設定如表八所示。參數案例的其他參數資料如表九所示，樑柱斷面設定如表二所示，分析結果之柱斷面載重、 A_c 值、弱層、剪力破壞的構材佔總構材的百分比（總構材數為 1500）以及強柱弱樑的節點佔弱層總節點（弱層總節點數為 104）的百分比如表十所示。

表 八 參數模型鋼筋比的設定

編號	1	2	3	4	5
柱鋼筋比	1.0%以下	1.0%~1.5%	1.5%~2.0%	2.0%~2.5%	2.5%~3.0%
樑鋼筋比	1.0%以下	1.0%以下	1.0%~1.5%	1.5%~2.0%	2.0%~2.5%

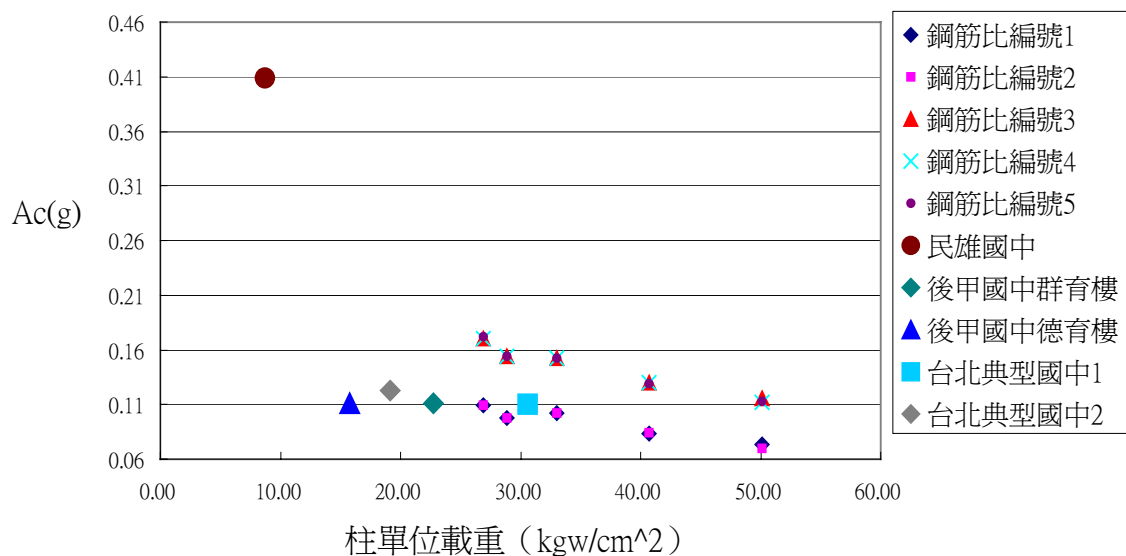


圖 三十 柱單位載重與鋼筋比的分析結果

表 九 參數模型以及四個實際案例的參數資料

	參數 模型	民雄 國中	後甲國中 群育樓	後甲國中 德育樓	台北市 典型國中 1	台北市 典型國中 2
樓層數	5	2	3	3	5	4
教室單元數	4	3	4	4	4	4
教室單元跨度	3x2	3x1	2x2	3x1	3x2	3x2
教室長寬	10x8	9x7.5	9x7.5	10x7.5	10x8	10x8
走廊形式	有廊柱	有廊柱	有廊柱	無廊柱	有廊柱	有廊柱
走廊寬度	3	2.8	3	2.7	3	3
一樓樓高	3.6	4	3.6	3.6	3.6	3.6
fc'	150	161.5	160	160	210	160
fy	2800	2800	2800	2800	2800	2800
斷面與配筋	表二	表十一	表十二	表十三	表十四	表十五
柱單位載重	表十	8.67	22.76	15.77	19.10	30.57
詳細評估 Ac	表十	0.4267	0.1110	0.1004	0.2260	0.1100

表 十 參數模型之柱單位載重及詳細評估結果

模型編號	柱單位載重	詳細評估 A_c	弱層	剪力破壞	強柱弱樑
ModS1R1	26.92	0.1095	2F (above the Level)	7.20%	90.38%
ModS1R2	28.90	0.098	2F (below the Level)	8.27%	96.15%
ModS1R3	33.00	0.1022	2F (below the Level)	10.33%	96.15%
ModS1R4	40.68	0.0837	2F (below the Level)	13.20%	96.15%
ModS1R5	50.09	0.0738	2F (below the Level)	14.73%	92.31%
ModS2R1	26.92	0.1096	2F (above the Level)	7.20%	90.38%
ModS2R2	28.90	0.0981	2F (below the Level)	8.27%	96.15%
ModS2R3	33.00	0.1023	2F (below the Level)	10.47%	96.15%
ModS2R4	40.68	0.0839	2F (below the Level)	13.20%	96.15%
ModS2R5	50.09	0.0743	2F (below the Level)	14.73%	96.15%
ModS3R1	26.92	0.1707	2F (above the Level)	7.27%	59.62%
ModS3R2	28.90	0.1544	3F (below the Level)	8.27%	61.54%
ModS3R3	33.00	0.1523	3F (below the Level)	10.53%	61.54%
ModS3R4	40.68	0.13	3F (below the Level)	13.33%	61.54%
ModS3R5	50.09	0.1156	3F (below the Level)	14.87%	61.54%
ModS4R1	26.92	0.1706	3F (below the Level)	16.80%	59.62%
ModS4R2	28.90	0.1542	3F (below the Level)	17.60%	61.54%
ModS4R3	33.00	0.1523	3F (below the Level)	19.87%	61.54%
ModS4R4	40.68	0.1296	3F (below the Level)	20.67%	61.54%
ModS4R5	50.09	0.1124	2F (above the Level)	20.40%	61.54%
ModS5R1	26.92	0.1705	3F (below the Level)	18.73%	57.69%
ModS5R2	28.90	0.1543	3F (below the Level)	19.73%	63.46%
ModS5R3	33.00	0.1521	3F (below the Level)	22.13%	63.46%
ModS5R4	40.68	0.129	3F (below the Level)	24.20%	61.54%
ModS5R5	50.09	0.1128	2F (above the Level)	25.07%	61.54%

另外，圖三十還包含了五個實際案例，其參數資料、柱單位載重以及詳細評估 A_c 值如表八所示，其中，「民雄國中」的斷面尺寸、鋼筋比及箍筋間距如表十一所示，其詳細資料請參考楊金龍（1997）之研究，「台南市後甲國中群育樓」以及「台北市典型國中校舍結構 1」的斷面尺寸、鋼筋比及箍筋間距分別如表十二、表十三所示，詳細資料請參考陳威成（2000）之研究，「台北市典型國中校舍結構 2」的斷面尺寸、鋼筋比及箍筋間距如表十四所示，其詳細資料請參考邱麗君之研究（2001），而「後甲國中德育樓」的斷面尺寸、鋼筋比及箍筋間距如表十五所示，其詳細評估結果請參考附錄一。

表 十一 民雄國中之斷面尺寸、鋼筋比及箍筋間距

	斷面尺寸（公分）		鋼筋比	箍筋間距（公分）
外柱（X, Y）	35	45	2.93%	20
內柱（X, Y）	24	50	3.06%	20
廊柱（X, Y）	35	45	2.96%	20
大樑 X（寬, 深）	30	50	1.67%	15
大樑 Y（寬, 深）	24	50	2.09%	15
小樑（寬, 深）	30	60	1.83%	15
廊樑（寬, 深）	24	50	2.41%	15

表 十二 台南市後甲國中群育樓之斷面尺寸、鋼筋比及箍筋間距

	斷面尺寸（公分）		鋼筋比	箍筋間距（公分）
外柱（X, Y）	35	45	2.03%	25
內柱（X, Y）	24	30	1.87%	25
廊柱（X, Y）	35	45	1.69%	25
大樑 X（寬, 深）	24	60	1.97%	15
大樑 Y（寬, 深）	24	45	1.55%	15
小樑（寬, 深）	24	45	2.31%	15
廊樑（寬, 深）	30	45	2.35%	15

表 十三 台北市國中之典型校舍結構 1 之斷面尺寸、鋼筋比及箍筋間距

	斷面尺寸 (公分)		鋼筋比	箍筋間距 (公分)
外柱 (X, Y)	40	70	2.03%	30
內柱 (X, Y)	23	45	1.87%	30
廊柱 (X, Y)	35	45	1.69%	30
大樑 X (寬, 深)	35	55	1.97%	15
大樑 Y (寬, 深)	30	45	1.55%	15
小樑 (寬, 深)	35	80	2.31%	15
廊樑 (寬, 深)	35	60	2.35%	15

表 十四 台北市國中之典型校舍結構 2 之斷面尺寸、鋼筋比及箍筋間距

	斷面尺寸 (公分)		鋼筋比	箍筋間距 (公分)
外柱 (X, Y)	40	70	2.03%	30
內柱 (X, Y)	23	45	1.87%	30
廊柱 (X, Y)	35	45	1.69%	30
大樑 X (寬, 深)	35	55	2.57%	15
大樑 Y (寬, 深)	30	45	1.55%	15
小樑 (寬, 深)	35	80	2.31%	15
廊樑 (寬, 深)	35	60	2.35%	15

表 十五 台南市後甲國中德育樓之斷面尺寸、鋼筋比及箍筋間距

	斷面尺寸 (公分)		鋼筋比	箍筋間距 (公分)
外柱 (X, Y)	30	50	2.83%	25
內柱 (X, Y)	24	30	1.65%	25
廊柱 (X, Y)	36	36	1.49%	25
大樑 X (寬, 深)	24	60	2.57%	25
大樑 Y (寬, 深)	24	60	2.00%	25
小樑 (寬, 深)	30	90	1.44%	12
廊樑 (寬, 深)	30	55	2.59%	12

如圖三十所示，基本上，柱單位載重的增加對詳細評估之 A_c 值來說，有下降的趨勢，然而，除了柱單位載重，仍應考慮到配筋以及材料強度，也因此，後甲國中群育樓、台北市典型國中校舍結構以及後甲國中德育樓三個實際案例雖柱單位載重有所差異，其詳細評估之 A_c 值卻無明顯的差異。另外，參數模型鋼筋比的增加，確實能讓耐震能力有所提升，然而，當節點的破壞模式有所轉變，耐震能力也會有所差異，表十中的資料顯示，當節點破壞模式為強柱弱樑的比例相近，耐震能力會落在相近的區間，也因此，鋼筋比編號 1 及 2 的耐震能力落在相近的區間，而鋼筋比編號 1、2 及 3 的耐震能力落在相近的區間。

5.1.5 評估參數於選取案例分析之適用性

評估結果顯示，各項評估參數皆與耐震能力 A_c 值有關，因此，案例式推理耐震初步評估系統中之 Adapt 模組採用「 f'_c 」、「 f_y 」、「鋼筋比」、「箍筋間距」、「樓高」、「柱單位載重」等六項評估參數，進行迴歸分析，並以所計算出之迴歸方程式，來預估待評估案例之耐震能力 A_c 值

5.2 實例分析

本研究以台北市國中之典型校舍結構 1、台南市後甲國中群育樓（陳威成，2000）以及台北市國中之典型校舍結構 2（邱麗君，2001）三棟實際案例進行分析，以下先列出各實際案例之建築概要、地震力分析與豎向分配結果、以及耐震能力詳細評估結果，接著進行案例式推理耐震能力初步評估，並根據這三棟實例案例的資料進行危險度初步評估以及簡單計算初步評估。

5.2.1 台北市典型國中校舍結構 1

建築概要

此實例建築物為台北市之典型校舍結構，為走廊外有柱，每間教室含三跨之五層樓建築，其建築概要如下：

- ✧ 建物位置：台北市（地震乙區）
- ✧ 地盤種類：台北盆地
- ✧ 建築用途：學校校舍
- ✧ 建造時間：民國七十八年（假設）
- ✧ 結構形式：鋼筋混凝土造，走廊外有柱，每間教室含三跨，長向有 90 公分高之 1B 窗台，短向有 1B 隔間磚牆。
- ✧ 結構規模：地面上五層，地面下無
每層樓高 3.6 公尺，建築物總高度為 18 公尺。
- ✧ 平面尺寸：長向（X）： $5.00 + 3.33 \times 12 + 5 = 50.00$ 公尺（14 跨）
短向（Y）： $3.00 + 4.00 + 4.00 = 11.00$ 公尺（3 跨）
建築面積為 550 平方公尺
- ✧ 走廊型式：單邊走廊有廊柱（寬 3 公尺）

- ✧ 樑柱斷面與配筋：依「外柱」、「內柱」、「廊柱」、「大樑」、「大樑 Y」、「小樑」以及「廊樑」分類如表十三所示，詳細之樑柱斷面及配筋來請參考陳威成（2000）之研究。
- ✧ 樓層重量：每層樓重 467.5 噸，建築物總重為 2337.5 噸

地震力分析與豎向分配

地震力總橫力 $V=ZCW$ 取 $Z=0.1$

依經驗公式計算結構物之基本振動周期為

$$T_{code} = 0.07h_n^{3/4} = 0.07(18)^{3/4} = 0.6117 \text{ sec}$$

$$1.4T_{code} = 0.8564 \text{ sec}$$

動力分析含磚牆構架結構基本振動週期

$$T_{x,dynamic} = 0.7704 \text{ sec}$$

$$T_{y,dynamic} = 0.6410 \text{ sec}$$

故設計所用週期

$$T_x = \min(1.4 T_{x,code}, T_{x,dynamic}) = 0.7704 \text{ sec}$$

$$T_y = \min(1.4 T_{y,code}, T_{y,dynamic}) = 0.6410 \text{ sec}$$

因為座落於地震乙區的台北市，地盤屬於台北盆地，故取 $C = 2.5$

得地震總橫力 $V_x = V_y = 0.1CW = 0.1 \times 2.5 \times 2337.5 = 584.375 \text{ t}$

屋頂額外集中載重 F_t

因為 $T_y < 0.7 \text{ sec}$ 而 $T_x > 0.7 \text{ sec}$ ，則

$$F_{t,x} = 0.07 T_x V_x = 0.07 \times 0.7704 \times 584.375 = 31.514 \text{ t}$$

$$F_{t,y} = 0$$

則其地震力豎向分配如表十六所示。

表 十六 台北市國中之典型校舍結構 1 之地震力豎向分配

樓層	Wi(t)	h(m)	hi(m)	Wihi(t-m)	Ft,x(t)	Fx,i(t)	Ft,y(t)	Fy,i(t)
ROOF	467.5	3.6	18	8415	31.514	184.287	0.000	194.792
5F	467.5	3.6	14.4	6732		147.430		155.833
4F	467.5	3.6	10.8	5049		110.572		116.875
3F	467.5	3.6	7.2	3366		73.715		77.917
2F	467.5	3.6	3.6	1683		36.857		38.958
合計	2337.5			25245		584.375		584.375

耐震能力詳細評估結果

如表十七所示，該校舍之耐震能力 A_c 值為 $0.110g$ ，崩塌是由 1F 上半層控制，因為此校舍興建至今已約 14 年，所以剩餘壽命為 36 年，對應之回歸期為

$$T_r = \frac{1}{1-0.9^{1/36}} \doteq 342 \text{ 年}$$

對應之地表加速度為 $a_{gr} = \left(\frac{342}{475}\right)^{0.3} \times a_g = 0.208 g$

其中， $a_g = 0.23$ （地震乙區）。

其應有之耐震能力為 $A_{c,code} = a_{gr} \times I = 0.208 \times 1.25 = 0.261 g$

因此，該校舍之耐震能力明顯不足。

表 十七 台北市國中之典型校舍結構 1 之耐震能力

樓層		X 向 A _c 值(g)	Y 向 A _c 值(g)
ROOF	below	0.212	0.347
RMF	above	0.337	
RMF	below	0.327	
5F	above	0.272	0.321
5F	below	0.169	0.243
5MF	above	0.199	
5MF	below	0.194	
4F	above	0.137	0.201
4F	below	0.126	0.199
4MF	above	0.162	
4MF	below	0.159	
3F	above	0.160	0.176
3F	below	0.139	0.174
3MF	above	0.140	
3MF	below	0.143	
2F	above	0.110	0.192
2F	below	0.154	0.183
2MF	above	0.142	
2MF	below	0.147	
1F	above	0.110	0.165
Min		0.110	0.165

案例式推理初步評估結果

首先，根據學校教室建築之建築概況填入學校建築資料表單，如圖三十一所示，在按下「案例式推理」之後，即進入參數權重設定之選單，如圖三十二所示，在此將使用者定義的各參數項目之相對權重設定為「A 專家權重」以及「B 專家權重」之平均值，並在相對權重設定的選單中，選用「使用者定義」，在按「下一步」之後，系統會連結案例庫之資料，根據所選用之專家權重計算出相似度，並將結果顯示在「門檻值設定」之表單，以供評估者參考，如圖三十三所示，若將門檻值設定為「前十個案例」，並以這十個案例進行迴歸分析，則其案例式推理耐震能力初步評估結果如圖三十四所示，耐震能力為 0.1203 (g)。若將門檻值設定為「七十分以上案例」，並以這三十個案例進行迴歸分析，則其案例式推理耐震能力初步評估結果如圖三十五所示，耐震能力為 0.1513 (g)。若所選取之案例數不足以進行迴歸分析，則系統會要求評估者重新設定門檻值。

建築物名稱	台北市典型國中結構1
所在縣市	台北市
地盤種類	台北盆地
設計年度	71年6月~78年5月
屋齡	14 年
地上樓層數	五
一樓樓高	3.6 M
其他樓高	3.6 M
窗台高度	0.9 M
窗台與柱隔離縫	無設置隔離縫
教室單元數	4
教室單元跨度	X方向, Y方向 三路X二跨
教室單元長寬	10 8
走廊形式	單邊走廊有廊柱
走廊寬度	3 M
樓梯寬度	5 M

材料與變形程度	預設值	fc'	fy	fvy	fb'	fin'	kgf/cm²
		160	2800	2800	133	204	

梁柱斷面與鋼筋	斷面尺寸	鋼筋比	箍筋間距
外柱 (X, Y)	40 70	2%-2.5%	30 cm
內柱 (X, Y)	23 45	1.5~2%	30 cm
廊柱 (X, Y)	35 45	1.5~2%	30 cm
樑1 (寬, 深)	35 55	1.5~2%	10 cm
樑2 (寬, 深)	30 45	1.5~2%	10 cm
樑3 (寬, 深)	35 80	2%-2.5%	10 cm
廊樑 (寬, 深)	35 60	2%-2.5%	10 cm

牆	磚牆厚度	剪力牆
	0.22 M	無加設剪力牆

CBR初步評估

圖 三十一 將台北市典型國中校舍結構 1 之建築概況填入表單

Microsoft Excel - CBR評估系統.xls

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 插入(I) 格式(O) 工具(T) 資料(D) 視窗(W) 說明(H) Acrobat

Times New Roman 20

A1 = Recall模組--參數權重設定

	A	B	C	D	E	F	G
1	Recall模組--參數權重設定						
2							
3	相對權重設定：	A專家權重 (AHP)					
4		A專家權重 (AHP)					
5		B專家權重 (AHP)					
6		使用者定義					
7	參數項目	權重	A專家權重 (AHP)	B專家權重 (AHP)	使用者定義		
8	設計年度	5.15	26.89	27.57	27.23		
9	地區	2.69	14.07	34.58	24.33		
10	平面形狀—細長比	2.34	12.23	17.48	14.86		
11	建築高度	2.21	11.56	17.48	14.52		
12	走廊型式	3.63	18.98	35.11	27.05		
13	樓跨深比	3.77	19.71	23.20	21.46		
14	柱高深比	4.12	21.54	46.37	33.96		
15	短柱嚴重性	4.62	24.13	58.64	41.39		
16	短樑嚴重性	4.16	21.71	58.64	40.18		
17	樑柱劣化程度	15.66	81.80	58.64	70.22		
18	壁量比	9.04	47.24	46.48	46.86		
19	柱單位載重	8.17	42.71	46.48	44.60		
20	柱分配狀況	6.52	34.08	35.43	34.76		
21	頂樓特性—頂樓載重	5.57	29.12	23.25	26.19		
22	主要建材	22.34	116.70	46.36	81.53		
23	加總	100	522.47	575.71	549.09		

下一步

就緒

圖 三十二 台北市典型國中校舍結構 1 之參數權重設定

Microsoft Excel - CBR評估系統.xls

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 插入(I) 格式(O) 工具(T) 資料(D) 視窗(W) 說明(H) Acrobat

新細明體 14

B6 = 相似度

	A	B	C	D	E	F
1	門檻值設定					
2						
3						
4	門檻值設定：	前二十個案例				案例式推理結果
5		前二十個案例				
6	順序	案例編號	詳細評估Ac			
7	1	5231111	0.1095	詳細資料		
8	2	5231121	0.1207	詳細資料		
9	3	5231131	0.1220	詳細資料		
10	4	5231141	0.1226	詳細資料		
11	5	5231151	0.1226	詳細資料		
12	6	5231211	0.1097	詳細資料		
13	7	5231221	0.1209	詳細資料		
14	8	5231231	0.1223	詳細資料		
15	9	5231241	0.1226	詳細資料		
16	10	5231251	0.1226	詳細資料		
17	11	5231311	0.1737	詳細資料		
18	12	5231321	0.1925	詳細資料		
19	13	5231331	0.211	詳細資料		
20	14	5231341	0.2264	詳細資料		
21	15	5231351	0.2356	詳細資料		
22	16	5231411	0.1765	詳細資料		
23	17	5231421	0.1944	詳細資料		

就緒

圖 三十三 台北市典型國中校舍結構 1 之門檻值設定



圖 三十四 台北市典型國中校舍結構 1 之 CBR 評估結果一前十個案例

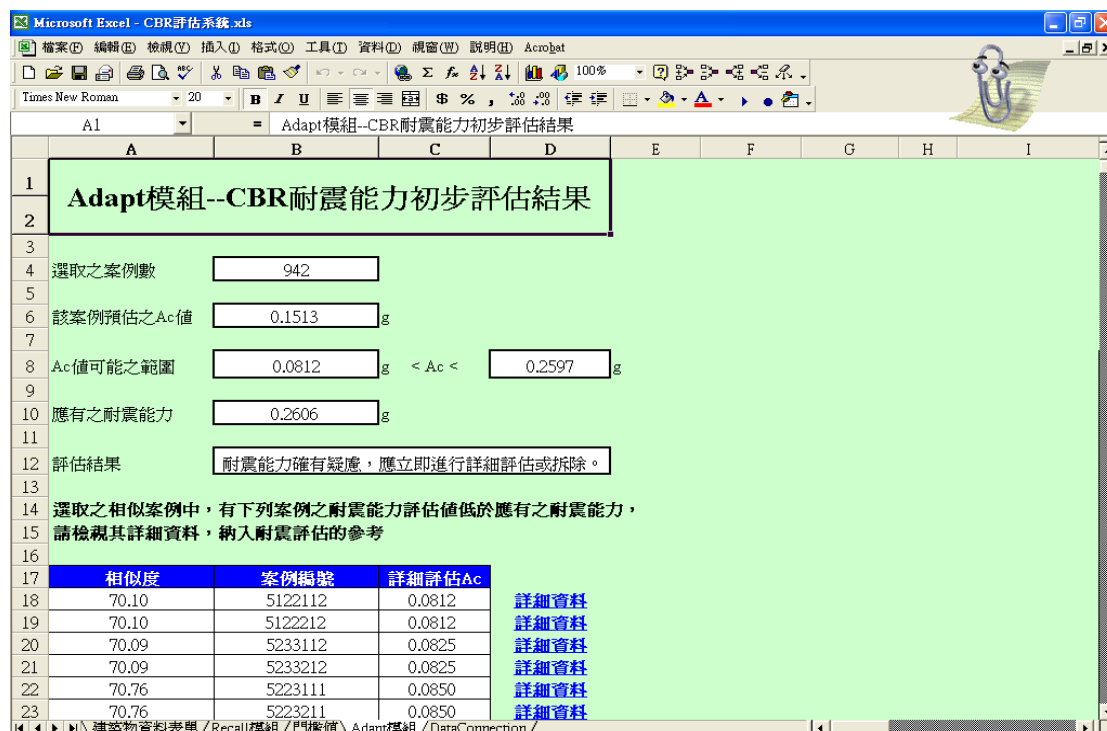


圖 三十五 台北市典型國中校舍結構 1 之 CBR 評估結果一七十分以上

危險度初步評估結果

圖三十六為此校舍之危險度初步評估結果，其中，設計年度、地盤種類及工址震區加速度係數依建築概要之內容填入，而該校舍無地下室，因此地下室面積比為 0；基礎形式及基地承载力未知，故將此二項之配分調整至其他各項。樑跨深比、柱高深比則依「外柱」、「內柱」、「廊柱」、「大樑」、「大樑 Y」、「小樑」以及「廊樑」所填入之資料計算之，並保守取最小值；變形程度、裂縫、鏽蝕及滲水則根據學校建築資料表單中所填入的材料與變形程度選項進行評估；其他的評估項目則根據該校舍之結構圖進行概估其中，該校舍有隔間磚牆，無剪力牆，其牆量指標為尚可，取權數 0.33；由於該校舍有許多窗台，卻無隔離縫，因此短柱嚴重性取權數 1；而短樑的情況不多，取權數 0.33；軟弱層則根據詳細評估之分析結果進行概估，取權數 0.67；而該校舍之平面及立面對稱性為良好；屋齡則根據實際的屋齡 14 年計算之；屋頂加建程度為低。所計算出之危險度為 45.36，此校舍之耐震安全有疑慮，近期應進行詳細評估或拆除。

Microsoft Excel - 學校建築資料表單.xls									
檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 插入(I) 格式(O) 工具(T) 資料(D) 視窗(W) 說明(H) Acrobat									
新細明體 20 B I U 背景填充 格式刷 100%									
建築物耐震能力初步評估表									
A1	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	建築物耐震能力初步評估表								
2									
3	建築物名稱：		台北市典型國中校舍		建築物編號：				
4	項次	項目	原配分	配分	評估內容	權數	危險度評分		
5	1	設計年度	4	4.40	71年6月~78年5月	0.50	2.20		
6	2	地盤種類	5	5.49	台北盆地	1.00	5.49		
7	3	工址震區加速度係數	5	5.49	Z=0.23	0.33	1.83		
8	4	地下室面積比ra	5	5.49	ra= 0	1.00	5.49	請填入地下室面積比，若不確定請空白	
9	5	基礎形式	0	0.00	不確定			請選擇基礎形式	
10	6	基地土壤承载力	0	0.00	不確定			請選擇基地土壤承载力	
11	7	樑跨深比，b	6	6.59	b= 5.56	0.56	3.66	詳細資料	
12	8	柱高深比，a	6	6.59	a= 4.29	0.43	2.83	詳細資料	
13	9	牆量指標	8	8.79	尚可	0.33	2.90		
14	10	短柱嚴重性	8	8.79	高	1.00	8.79		
15	11	短樑嚴重性	6	6.59	低	0.33	2.18		
16	12	軟弱層顯著性	8	8.79	低	0.33	2.90		
17	13	平面對稱性	6	6.59	良	0.00	0.00		
18	14	立面對稱性	4	4.40	良	0.00	0.00		
19	15	變形程度	4	4.40	小	0.33	1.45		
20	16	裂縫鏽蝕滲水	8	8.79	低	0.33	2.90		
21	17	屋齡	3	3.30	14年	0.28	0.92		
22	18	屋頂加建	5	5.49	低	0.33	1.81		
23	分數總計		91	100	D：危險度評分總計		45.36	下一步	
24	評估結果		30<D<=60，耐震安全有疑慮，近期應進行詳細評估						

圖 三十六 台北市國中之典型校舍結構 1 之危險度初步評估結果

簡單計算耐震能力初步評估結果

圖三十七為簡單計算耐震能力初步評估之結果，其中，最小設計水平總橫力 V 為 $0.137W$ ，而 V_{design} 為 $0.25W$ ，因此 F_1 為 1.83 ，樑的破壞模式則取「大樑」、「大樑 Y」、「小樑」及「廊樑」四種典型的樑來計算，所得的 R_f 平均值 6.05 ，因此 F_2 為 1 ，柱圍束箍筋以及柱高深比的計算則取「外柱」、「內柱」及「廊柱」三種典型的柱來計算 α 值以及 a 值，並保守取最小值，所得的 α 值為 0.09 ，因此 F_3 為 0.85 ， a 值為 4.86 ，因此 F_4 為 0.97 ，由於該建築物有隔間磚牆以及窗台，無劃設隔離縫，因此 F_5 取 1 ， F_6 、 F_7 則根據該建築物的結構圖概估， F_8 則根據填入學校建築資料表單的材料與變形程度內容調整，所計算出之 A_c 值為 $0.3121(g)$ 。

Microsoft Excel - 學校建築資料表單.xls

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 插入(I) 格式(O) 工具(T) 資料(W) 視窗(W) 說明(H) Acrobat

新細明體 20 B I U 格式 背景 田 顏色

A1 簡單計算耐震能力初步評估法

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	簡單計算耐震能力初步評估法							
2								
3		建築物名稱：	台北市典型國中結構1					
4		建築物編號：						
5								
6	項次	項目	F_i	值				
7	1	規範設計最小設計水平總橫力之計算	F_1	1.83	詳細資料			
8	2	樑破壞模式之計算	F_2	1.00	詳細資料			
9	3	柱圍束箍筋之計算	F_3	0.85	詳細資料			
10	4	柱高深比之計算	F_4	0.97				
11	5	建築物具非結構磚牆之修正	F_5	1.00				
12	6	建築物具剪力牆之修正	F_6	1.00				
13	7	平面與立面對稱性	F_7	1.00				
14	8	結構體現有缺陷評估	F_8	0.90				
15								
16		$A_c = Z(g) F_1 F_2 F_3 F_4 F_5 F_6 F_7 F_8$	$A_c =$	0.3121	g			
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								

下一步

建築資料表單/危險度/簡單計算/耐震指標/詳細評估設定/詳細評估結果/模型檔/評估檔設定/評估檔/無磚牆模型檔/

就緒

圖 三十七 台北市國中之典型校舍結構 1 之簡單計算耐震初步評估結果

5.2.2 台南市後甲國中群育樓

此實例建築物為台南市後甲國中群育樓，走廊外有柱，每間教室含二跨之三層樓建築，其建築概要如下：

- ✧ 建物位置：台南市（地震甲區）
- ✧ 地盤種類：第二類地盤（普通地盤）
- ✧ 建築用途：學校校舍
- ✧ 建造時間：民國六十二年
- ✧ 結構形式：鋼筋混凝土造，走廊外有柱，每間教室含三跨，長向有 90 公分高之 1B 窗台，短向有 1B 隔間磚牆。
- ✧ 結構規模：地面上三層，地面下無
每層樓高 3.6 公尺，一樓地板高出地面 0.6 公尺
建築物總高度為 11.4 公尺。
- ✧ 平面尺寸：長向（X）： $5.00 \times 11 = 55.00$ 公尺（11 跨）
短向（Y）： $3.00 + 3.75 + 3.75 = 10.50$ 公尺（3 跨）
建築面積為 577.5 平方公尺
- ✧ 走廊型式：單邊走廊有廊柱（寬 3 公尺）
- ✧ 樑柱斷面與配筋：依「外柱」、「內柱」、「廊柱」、「大樑」、「大樑 Y」、「小樑」以及「廊樑」分類如表十二所示，詳細之樑柱斷面及配筋來請參考陳威成（2000）之研究。
- ✧ 樓層重量：每層樓重 490.87 噸，建築物總重為 1472.62 噸

地震力分析與豎向分配

地震力總橫力 $V=ZCW$ 取 $Z=0.1$

依經驗公式計算結構物之基本振動周期為

$$T_{code} = 0.07h_n^{3/4} = 0.07(11.4)^{3/4} = 0.4343 \text{ sec}$$

$$1.4T_{code} = 0.6080 \text{ sec}$$

動力分析含磚牆構架結構基本振動週期

$$T_{x,dynamic} = 0.6793 \text{ sec}$$

$$T_{y,dynamic} = 0.4902 \text{ sec}$$

故設計所用週期

$$T_x = \min(1.4 T_{x,code}, T_{x,dynamic}) = 0.6080 \text{ sec}$$

$$T_y = \min(1.4 T_{y,code}, T_{y,dynamic}) = 0.4902 \text{ sec}$$

$$\text{則 } C = \frac{1.5}{T_x^{2/3}} = \frac{1.5}{0.6080^{2/3}} = 2.09$$

$$C = \frac{1.5}{T_y^{2/3}} = \frac{1.5}{0.4902^{2/3}} = 2.41$$

$$\text{得地震總橫力 } V_x = 0.1C_y W = 0.1 \times 2.09 \times 1442.625 = 301.507 \text{ t}$$

$$V_y = 0.1C_x W = 0.1 \times 2.41 \times 1442.625 = 347.673 \text{ t}$$

屋頂額外集中載重 F_t

因為 $T_y \cdot T_x < 0.7 \text{ sec}$ 而 > 0.7

$$F_{t,x} = F_{t,y} = 0$$

其地震力豎向分配如表十八所示。

表 十八 台南市後甲國中群育樓之地震力豎向分配

樓層	Wi(t)	h(m)	hi(m)	Wihi(t-m)	Ft,x(t)	Fx,i(t)	Ft,y(t)	Fy,i(t)
ROOF	490.9	3.6	11.4	5595.98	0.000	146.888	0.000	169..379
3F	490.9	3.6	7.8	3828.83		100.502		115.891
2F	490.9	3.6	4.2	2061.68		54.117		62.403
合計	1472.6			11486.475		301.507		347.673

耐震能力詳細評估結果

如表十九所示，該校舍之耐震能力 A_c 值為 0.111g，崩塌是由 1F 上半層控制，因為此校舍興建至今已約 30 年，所以剩餘壽命為 20 年，對應之回歸期為

$$T_r = \frac{1}{1-0.9^{1/20}} \doteq 190 \text{ 年}$$

對應之地表加速度為 $a_{gr} = \left(\frac{342}{475}\right)^{0.3} \times a_g = 0.2508 \text{ g}$

其應有之耐震能力為 $A_{c,code} = a_{gr} \times I = 0.208 \times 1.25 = 0.3135 \text{ g}$

因此，該校舍之耐震能力明顯不足。

表 十九 台南市後甲國中群育樓之耐震能力

樓層		X 向 $A_c(g)$	Y 向 $A_c(g)$
ROOF	below	0.225	0.456
RMF	above	0.346	
RMF	below	0.316	
3F	above	0.262	0.338
3F	below	0.206	0.347
3MF	above	0.203	
3MF	below	0.204	
2F	above	0.242	0.255
2F	below	0.218	0.296
2MF	above	0.163	
2MF	below	0.173	
1F	above	0.111	0.232
Min		0.111	0.232

案例式推理初步評估結果

首先，根據學校教室建築之建築概況填入學校建築資料表單，如圖三十八所示，在按下「案例式推理」之後，即進入參數權重設定之選單，在此將使用者定義的各參數項目之相對權重設定為「A 專家權重」以及「B 專家權重」之平均值，並在相對權重設定的選單中，選用「使用者定義」，如圖三十九所示，在按「下一步」之後，系統會連結案例庫之資料，根據所選用之專家權重計算出相似度，並將結果顯示在「門檻值設定」之表單，以供評估者參考，如圖四十所示，若將門檻值設定為「前二十個案例」，並以這二十個案例進行迴歸分析，則其案例式推理耐震能力初步評估結果如圖四十一所示，耐震能力為 0.1610 (g)。若將門檻值設定為「七十分以上」，並以選出的 51 個案例進行迴歸分析，則其案例式推理耐震能力初步評估結果如圖四十二所示，耐震能力為 0.2028 (g)。若所選取之案例數不足以進行迴歸分析，則系統會要求評估者重新設定門檻值。

學校建築資料表單		材料與變形程度		fc'	fy	fvy	ft'	ftn'
預設值		160	2800	2800	133	204	kgf/cm ²	
		裂縫大於0.3mm，無變形						

柱配置平面圖		柱截面與鋼筋		斷面尺寸		鋼筋比	箍筋間距
■	外柱 (X, Y)	35	45	24	30	2%-2.5%	25 cm
■	內柱 (X, Y)	24	30	24	30	1.5%-2%	25 cm
■	廊柱 (X, Y)	35	45	24	60	1.5%-2%	25 cm
—	樑1 (寬, 深)	24	60	24	45	1.5%-2%	15 cm
—	樑2 (寬, 深)	24	45	24	45	2%-2.5%	15 cm
—	樑3 (寬, 深)	24	45	24	45	2%-2.5%	15 cm
—	廊樑 (寬, 深)	30	45	30	45	2%-2.5%	15 cm

牆		磚牆厚度		剪力牆	
		0.22		無加設剪力牆	

CBR初步評估

圖 三十八 將台南市後甲國中群育樓之建築概況填入表單

Microsoft Excel - CBR評估系統.xls

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 插入(I) 格式(O) 工具(T) 資料(D) 視窗(W) 說明(H) Acrobat

Times New Roman 20

A1 = Recall模組--參數權重設定

	A	B	C	D	E	F	G
1	Recall模組--參數權重設定						
2							
3	相對權重設定：	A專家權重 (AHP)					
4		A專家權重 (AHP)					
5		B專家權重 (AHP)					
6		使用者定義					
7	參數項目	權重	A專家權重 (AHP)	B專家權重 (AHP)	使用者定義		
8	設計年度	5.15	26.89	27.57	27.23		
9	地區	2.69	14.07	34.58	24.33		
10	平面形狀-細長比	2.34	12.23	17.48	14.86		
11	建築高度	2.21	11.56	17.48	14.52		
12	走廊型式	3.63	18.98	35.11	27.05		
13	樓梯深比	3.77	19.71	23.20	21.46		
14	柱高深比	4.12	21.54	46.37	33.96		
15	短柱嚴重性	4.62	24.13	58.64	41.39		
16	短柱嚴重性	4.16	21.71	58.64	40.18		
17	樑柱劣化程度	15.66	81.80	58.64	70.22		
18	壁量比	9.04	47.24	46.48	46.86		
19	柱單位載重	8.17	42.71	46.48	44.60		
20	柱分配狀況	6.52	34.08	35.43	34.76		
21	頂樓特性-頂樓載重	5.57	29.12	23.25	26.19		
22	主要建材	22.34	116.70	46.36	81.53		
23	加總	100	522.47	575.71	549.09		

下一步

H:\建築物資料表單\Recall模組\門檻值\Adapt模組\DataConnection/

圖 三十九 台南市後甲國中群育樓之參數權重設定

Microsoft Excel - CBR評估系統.xls

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 插入(I) 格式(O) 工具(T) 資料(D) 視窗(W) 說明(H) Acrobat

新細明體 14

B6 = 相似度

	A	B	C	D	E	F
1	門檻值設定					
2						
3						
4	門檻值設定：	前二十個案例				案例式推理結果
5						
6	順序	相似度	案例編號	詳細評估Ac		
7	1	70.92495226	5231112	0.1011	詳細資料	
8	2	70.92495226	5231122	0.1117	詳細資料	
9	3	70.92495226	5231132	0.1127	詳細資料	
10	4	70.92495226	5231142	0.1130	詳細資料	
11	5	70.92495226	5231152	0.1130	詳細資料	
12	6	70.92495226	5231212	0.1012	詳細資料	
13	7	70.92495226	5231222	0.1118	詳細資料	
14	8	70.92495226	5231232	0.1128	詳細資料	
15	9	70.92495226	5231242	0.1130	詳細資料	
16	10	70.92495226	5231252	0.1130	詳細資料	
17	11	70.92495226	5231312	0.1591	詳細資料	
18	12	70.92495226	5231322	0.1770	詳細資料	
19	13	70.92495226	5231332	0.1954	詳細資料	
20	14	70.92495226	5231342	0.2140	詳細資料	
21	15	70.92495226	5231352	0.2219	詳細資料	
22	16	70.92495226	5231412	0.1622	詳細資料	
23	17	70.92495226	5231422	0.1787	詳細資料	

H:\建築物資料表單\Recall模組\門檻值\Adapt模組\DataConnection/

圖 四十 台南市後甲國中群育樓之門檻值設定

Microsoft Excel - CBR評估系統.xls

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 插入(I) 格式(O) 工具(T) 資料(D) 視窗(W) 說明(H) Acrobat

Times New Roman 20 B I U

A1 = Adapt模組--CBR耐震能力初步評估結果

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Adapt模組--CBR耐震能力初步評估結果								
2									
3									
4	選取之案例數	20							
5									
6	該案例預估之Ac值	0.1610 g							
7									
8	Ac值可能之範圍	0.1011 g < Ac < 0.2362 g							
9									
10	應有之耐震能力	0.3135 g							
11									
12	評估結果	耐震能力確有疑慮，應立即進行詳細評估或拆除。							
13									
14	選取之相似案例中，有下列案例之耐震能力評估值低於應有之耐震能力，								
15	請檢視其詳細資料，納入耐震評估的參考								
16									
17		相似度	案例編號	詳細評估Ac					
18		70.92	5231112	0.1011	詳細資料				
19		70.92	5231212	0.1012	詳細資料				
20		70.92	5231122	0.1117	詳細資料				
21		70.92	5231222	0.1118	詳細資料				
22		70.92	5231132	0.1127	詳細資料				
23		70.92	5231232	0.1128	詳細資料				

就緒

圖 四十一 台南市後甲國中群育樓之 CBR 評估結果—前二十個案例

Microsoft Excel - CBR評估系統.xls

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 插入(I) 格式(O) 工具(T) 資料(D) 視窗(W) 說明(H) Acrobat

Times New Roman 20 B I U

A1 = Adapt模組--CBR耐震能力初步評估結果

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Adapt模組--CBR耐震能力初步評估結果								
2									
3									
4	選取之案例數	25							
5									
6	該案例預估之Ac值	0.2028 g							
7									
8	Ac值可能之範圍	0.1011 g < Ac < 0.2362 g							
9									
10	應有之耐震能力	0.3135 g							
11									
12	評估結果	耐震能力確有疑慮，應立即進行詳細評估或拆除。							
13									
14	選取之相似案例中，有下列案例之耐震能力評估值低於應有之耐震能力，								
15	請檢視其詳細資料，納入耐震評估的參考								
16									
17		相似度	案例編號	詳細評估Ac					
18		70.92	5231112	0.1011	詳細資料				
19		70.92	5231212	0.1012	詳細資料				
20		70.92	5231122	0.1117	詳細資料				
21		70.92	5231222	0.1118	詳細資料				
22		70.92	5231132	0.1127	詳細資料				
23		70.92	5231232	0.1128	詳細資料				

就緒

圖 四十二 台南市後甲國中群育樓之 CBR 評估結果—七十分以上

危險度初步評估結果

圖四十三為此校舍之危險度初步評估結果，其中，設計年度、地盤種類及工址震區加速度係數依建築概要之內容填入，而該校舍無地下室，因此地下室面積比為 0；基礎形式及基地承載力未知，故將此二項之配分調整至其他各項。樑跨深比、柱高深比則依「外柱」、「內柱」、「廊柱」、「大樑」、「大樑 Y」、「小樑」以及「廊樑」所填入之資料計算之，並保守取最小值；變形程度、裂縫、鏽蝕及滲水則根據學校建築資料表單中所填入的材料與變形程度選項進行評估；其他的評估項目則根據該校舍之結構圖進行概估其中，該校舍有隔間磚牆，無剪力牆，其牆量指標為尚可，取權數 0.33；由於該校舍有許多窗台，卻無隔離縫，因此短柱嚴重性取權數 1；而短樑的情況不多，取權數 0.33；軟弱層則根據詳細評估之分析結果進行概估，取權數 0.67；而該校舍之平面及立面對稱性為良好；屋齡則根據實際的屋齡 30 年計算之；屋頂加建程度為低。所計算出之危險度為 44.63，此校舍之耐震安全有疑慮，近期應進行詳細評估。

Microsoft Excel - 學校建築資料表單.xls										
檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 插入(I) 格式(O) 工具(T) 資料(D) 視窗(W) 說明(H) Acrobat										
新細明體 20 B I U 格式 100%										
建築物耐震能力初步評估表										
A1										
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
1	建築物耐震能力初步評估表									
2										
3	建築物名稱：		台南市後甲國中群育		建築物編號：					
4	項次	項目	原配分	配分	評估內容	權數	危險度評分			
5	1	設計年度	4	4.40	63年2月以前	1.00	4.40			
6	2	地盤種類	5	5.49	第二類地盤	0.40	2.20			
7	3	工址震區加速度係數	5	5.49	Z=0.33	1.00	5.49			
8	4	地下室面積比 r_a	5	5.49	$r_a=0$	1.00	5.49	請填入地下室面積比，若不確定請空白		
9	5	基礎形式	0	0.00	不確定			請選擇基礎形式		
10	6	基地土壤承載力	0	0.00	不確定			請選擇基地土壤承載力		
11	7	樑跨深比，b	6	6.59	b=7.41	0.32	2.14	詳細資料		
12	8	柱高深比，a	6	6.59	a=6.67	0.00	0.00	詳細資料		
13	9	牆量指標	8	8.79	尚可	0.33	2.90			
14	10	短柱嚴重性	8	8.79	高	1.00	8.79			
15	11	短樑嚴重性	6	6.59	低	0.33	2.18			
16	12	軟弱層顯著性	8	8.79	低	0.33	2.90			
17	13	平面對稱性	6	6.59	良	0.00	0.00			
18	14	立面對稱性	4	4.40	良	0.00	0.00			
19	15	變形程度	4	4.40	小	0.33	1.45			
20	16	裂縫鏽蝕滲水	8	8.79	低	0.33	2.90			
21	17	屋齡	3	3.30	30年	0.60	1.98			
22	18	屋頂加建	5	5.49	低	0.33	1.81			
23	分數總計		91	100	D：危險度評分總計		44.63	下一步		
24	評估結果		30<D≤60，耐震安全有疑慮，近期應進行詳細評估							

圖 四十三 台南市後甲國中群育樓之危險度初步評估結果

簡單計算耐震能力初步評估結果

圖四十四為簡單計算耐震能力初步評估之結果，其中，最小設計水平總橫力 V 為 $0.196W$ ，而 V_{design} 為 $0.25W$ ，因此 F_1 為 1.27 ，樑的破壞模式則取「大樑」、「大樑 Y」、「小樑」及「廊樑」四種典型的樑來計算，所得的 R_f 平均值 9.29 ，因此 F_2 為 1 ，柱圍束箍筋以及柱高深比的計算則取「外柱」、「內柱」及「廊柱」三種典型的柱來計算 α 值以及 a 值，並保守取最小值，所得的 α 值為 0.1 ，因此 F_3 為 0.85 ， a 值為 6.67 ，因此 F_4 為 1 ，由於該建築物有隔間磚牆以及窗台，無劃設隔離縫，因此 F_5 取 1 ， F_6 、 F_7 則根據該建築物的結構圖概估， F_8 則根據填入學校建築資料表單的材料與變形程度內容調整，所計算出之 A_c 值為 $0.3213(g)$ 。

Microsoft Excel - 學校建築資料表單.xls							
檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 插入(I) 格式(O) 工具(T) 資料(D) 視窗(W) 說明(H) Acrobat							
新細明體 20 B I U 格式 100%							
A1 = 簡單計算耐震能力初步評估法							
	A	B	C	D	E	F	G
1	簡單計算耐震能力初步評估法						
2							
3	建築物名稱：		台南市後甲國中群育樓				
4	建築物編號：						
5							
6	項次	項目	F_i	值			
7	1	規範設計最小設計水平總橫力之計算	F_1	1.27	詳細資料		
8	2	樑破壞模式之計算	F_2	1.00	詳細資料		
9	3	柱圍束箍筋之計算	F_3	0.85	詳細資料		
10	4	柱高深比之計算	F_4	1.00			
11	5	建築物具非結構磚牆之修正	F_5	1.00			
12	6	建築物具剪力牆之修正	F_6	1.00			
13	7	平面與立面對稱性	F_7	1.00			
14	8	結構體現有缺陷評估	F_8	0.90			
15							
16	$A_c = Z(g) F_1 F_2 F_3 F_4 F_5 F_6 F_7 F_8$		$A_c =$	0.3213	g		
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
					下一步		
就緒							

圖 四十四 台南市後甲國中群育樓之簡單計算耐震初步評估結果

5.2.3 台北市國中之典型校舍 2

此實例案例為逐年編列預算興建，63 年興建至二層樓，65 年興建至三層樓，66 年興建至四層樓全部竣工。雖然該實際案例為逐年興建，但為設計者整體考量日後需興建樓層數以進行建築結構分析設計，因此，應可滿足當時的規範要求。

建築概要

此實例建築物為台北市之典型校舍結構，為走廊外有柱，每間教室含三跨之四層樓建築，其建築概要如下：

- ✧ 建物位置：台北市（地震乙區）
- ✧ 地盤種類：台北盆地地區
- ✧ 建築用途：學校校舍
- ✧ 建造時間：民國 63 年（二層樓）、民國 65 年（三層樓）、民國 66 年（四層樓）
- ✧ 結構形式：鋼筋混凝土造
- ✧ 結構規模：地面上四層，地面下無。

每層樓高 3.6 m ，建築物總高度為 14.4 公尺。
- ✧ 平面尺寸：長向（X）： $5.0+3.33\times 12+5.0=49.96\text{ m}$ （14 跨）

短向（Y）： $4.0+4.0+3.0=11.0\text{ m}$ （3 跨）
- ✧ 材料性質：混凝土壓強度： 210 kgf/cm^2 （採用設計強度）

鋼筋降伏強度： 2800 kgf/cm^2

紅磚抗壓強度： 131.6 kgf/cm^2

砂漿抗壓強度： 177.6 kgf/cm^2
- ✧ 走廊型式：單邊走廊有廊柱（寬 3 公尺）

✧ 樑柱斷面與配筋：依「外柱」、「內柱」、「廊柱」、「大樑」、「大樑 Y」、「小樑」以及「廊樑」分類如表十四所示，詳細之樑柱斷面及配筋來請參考邱麗君（2000）之研究。

地震力分析與豎向分配

地震力總橫力 $V=ZCW$ 取 $Z=0.1$

依經驗公式計算結構物之基本振動周期為

$$T_{code} = 0.07h_n^{3/4} = 0.07(14.4)^{3/4} = 0.5175 \text{ sec}$$

$$1.4T_{code} = 0.7245 \text{ sec}$$

因為座落於地震乙區的台北市，地盤屬於台北盆地，故取 $C = 2.5$

得地震總橫力 $V_x = V_y = 0.1CW = 0.1 \times 2.5 \times 1870 = 467.5 \text{ t}$

屋頂額外集中載重 F_t

因為 $T_x、T_y < 0.7 \text{ sec}$ ，所以 $F_{t,x} = F_{t,y} = 0$

則其地震力豎向分配如表二十所示。

表 二十 台北市典型國中校舍結構 2 之地震力豎向分配

樓	$W_i(t)$	$h(m)$	$h_i(m)$	$W_i h_i(t \cdot m)$	$F_i(t)$
屋頂	467.5	3.6	14.4	6732	187.0
4F	467.5	3.6	10.8	5049	140.25
3F	467.5	3.6	7.2	3366	93.5
2F	467.5	3.6	3.6	1683	46.75
合計	1870			16830	467.5

耐震能力評估結果

如表二十一所示，該校舍之耐震能力 A_c 值為 0.1231g，崩塌是由 1F 上半層控制，因為此校舍興建至今已約 26 年，所以剩餘壽命為 24 年，對應之回歸期

$$\text{為 } T_r = \frac{1}{1-0.9^{1/24}} \div 228 \text{ 年}$$

$$\text{對應之地表加速度為 } a_{gr} = \left(\frac{342}{475} \right)^{0.3} \times a_g = 0.1846 \text{ g}$$

$$\text{其應有之耐震能力為 } A_{c,code} = a_{gr} \times I = 0.1846 \times 1.25 = 0.2308 \text{ g}$$

因此，該校舍之耐震能力明顯不足。

表 二十一 台北市典型國中校舍結構 2 之耐震能力

樓層	$A_c(g)$
4F below	0.2962
4F above	0.4795
3F below	0.6766
3F above	0.4797
2F below	0.4912
2F above	0.1231
min	Above $A_c = 0.1231 \text{ g}$

案例式推理初步評估結果

首先，根據學校教室建築之建築概況填入學校建築資料表單，如圖四十五所示，在按下「案例式推理」之後，即進入參數權重設定之選單，在此將使用者定義的各參數項目之相對權重設定為「A 專家權重」以及「B 專家權重」之平均值，並在相對權重設定的選單中，選用「使用者定義」，如圖四十六所示，在按「下一步」之後，系統會連結案例庫之資料，根據所選用之專家權重計算出相似度，並將結果顯示在「門檻值設定」之表單，以供評估者參考，如圖四十七所示，若將門檻值設定為「前二十個案例」，並以這二十個案例進行迴歸分析，則其案例式推理耐震能力初步評估結果如圖四十八所示，耐震能力為 0.1801 (g)。若將門檻值設定為「七十分以上」，並以選出的 51 個案例進行迴歸分析，則其案例式推理耐震能力初步評估結果如圖四十九所示，耐震能力為 0.2090 (g)。若所選取之案例數不足以進行迴歸分析，則系統會要求評估者重新設定門檻值。

Microsoft Excel - CBR評估系統.xls

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 插入(I) 格式(O) 工具(T) 資料(D) 視窗(W) 說明(H) Acrobat

新細明體 12 B U

學校建築資料表單

材料與變形程度

	f_c'	f_y	f_{vy}	f_b'	f_m'
預設值	210	2800	2800	133	204

kgf/cm²

裂縫大於0.3mm，無變形

標柱配置平面圖

標柱斷面與鋼筋

	斷面尺寸	鋼筋比	箍筋間距
■ 外柱 (X, Y)	40 70	2%-2.5%	25 cm
■ 內柱 (X, Y)	23 45	1.5-2%	25 cm
■ 廊柱 (X, Y)	35 45	1.5-2%	25 cm
■ 樑1 (寬, 深)	35 55	1.5-2%	10 cm
■ 樑2 (寬, 深)	30 45	1.5-2%	10 cm
■ 樑3 (寬, 深)	35 80	2%-2.5%	10 cm
■ 廊樑 (寬, 深)	35 60	2%-2.5%	10 cm

cm cm 不確定 不確定

牆

磚牆厚度

0.22 M

剪力牆

無加設剪力牆

CBR初步評估

建築物名稱: 台北市典型國中結構2

所在縣市: 台北市

地盤種類: 台北盆地

設計年度: 63年2月~71年6月

屋齡: 26 年

地上樓層數: 五

一樓樓高: 3.6 M

其他樓高: 3.6 M

窗台高度: 0.9 M

窗台與柱隔離縫: 無設置隔離縫

教室單元數: 4

教室單元跨距: X方向, Y方向

教室單元長寬: 10 8

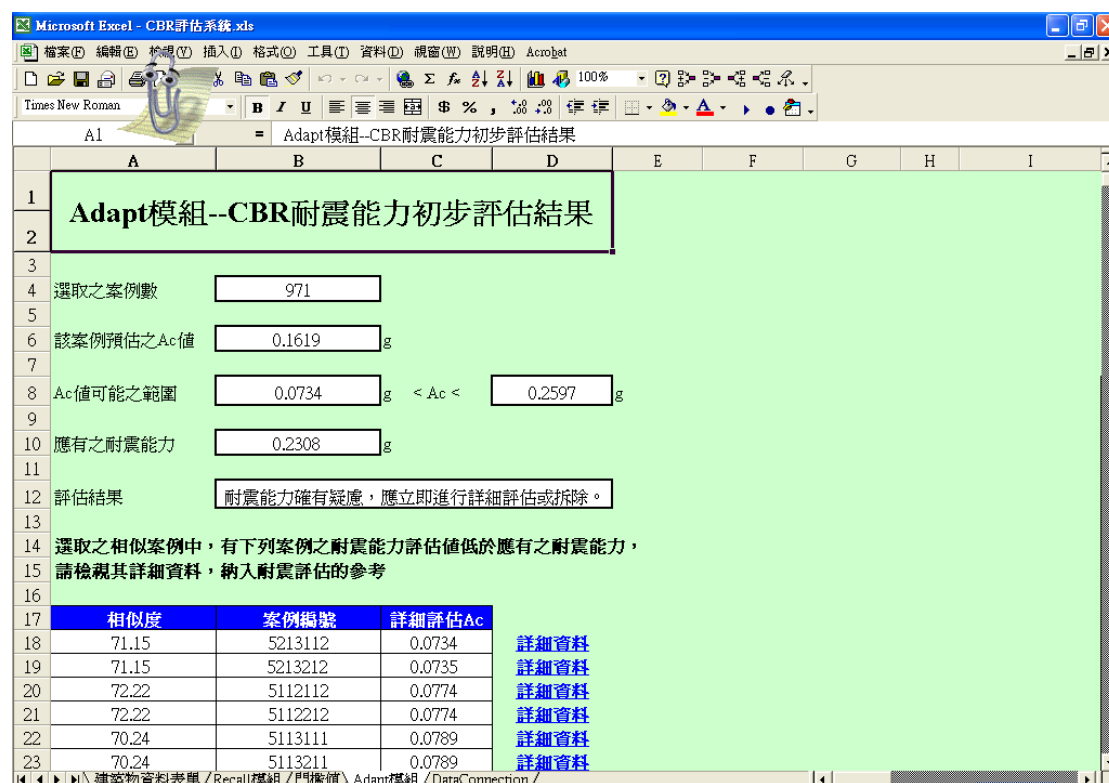
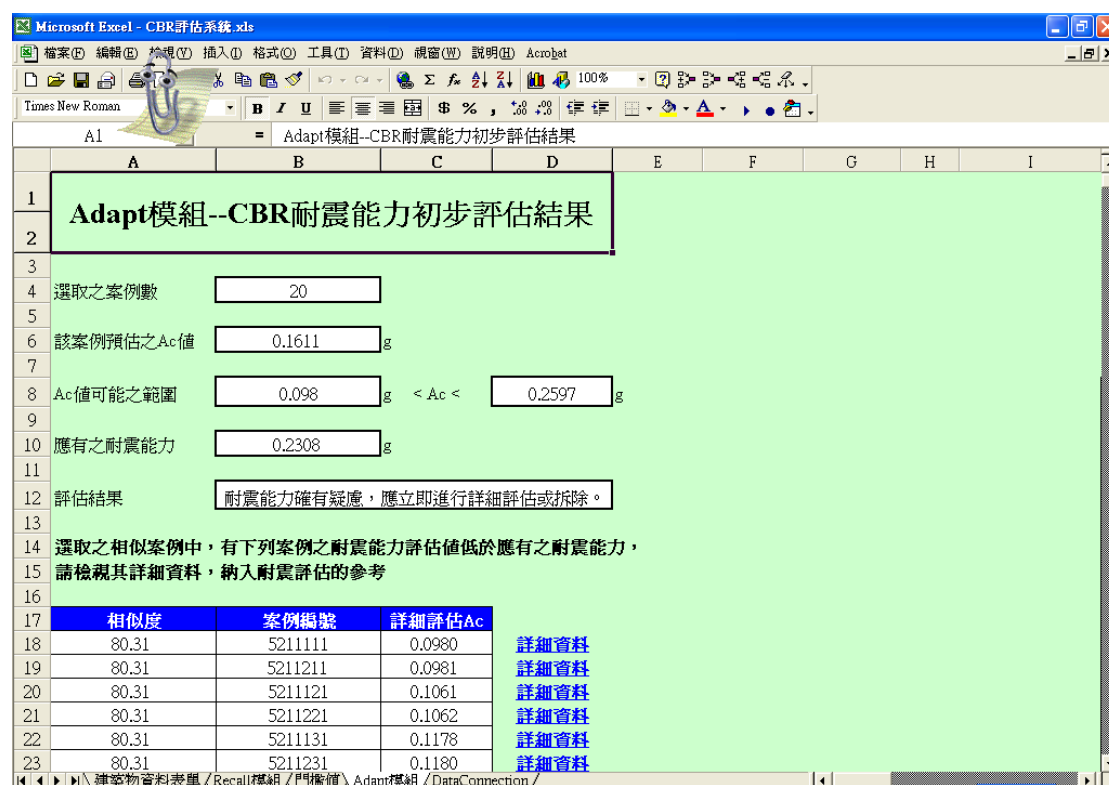
走廊形式: 單邊走廊有廊柱

走廊寬度: 3 M

樓梯寬度: 5 M

建築物資料表單 / Recall模組 / 門檻值 / Adapt模組 / DataConnection /

圖 四十五 將台北市典型國中校舍結構 2 之建築概況填入表單



危險度初步評估結果

圖為此校舍之危險度初步評估結果，其中，設計年度、地盤種類及工址震區加速度係數依建築概要之內容填入，而該校舍無地下室，因此地下室面積比為 0；基礎形式及基地承載力未知，故將此二項之配分調整至其他各項。樑跨深比、柱高深比則依「外柱」、「內柱」、「廊柱」、「大樑」、「大樑 Y」、「小樑」以及「廊樑」所填入之資料計算之，並保守取最小值；變形程度、裂縫、鏽蝕及滲水則根據學校建築資料表單中所填入的材料與變形程度選項進行評估；其他的評估項目則根據該校舍之結構圖進行概估其中，該校舍有隔間磚牆，無剪力牆，其牆量指標為尚可，取權數 0.33；由於該校舍有許多窗台，卻無隔離縫，因此短柱嚴重性取權數 1；而短樑的情況不多，取權數 0.33；軟弱層則根據詳細評估之分析結果進行概估，取權數 0.67；而該校舍之平面及立面對稱性為良好；屋齡則根據實際的屋齡 26 年計算之；屋頂加建程度為低。所計算出之危險度為 47.25，此校舍之耐震安全有疑慮，近期應進行詳細評估或拆除。

Microsoft Excel - 學校建築資料表單.xls										
檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 插入(I) 格式(O) 工具(T) 資料(D) 視窗(W) 說明(H) Acrobat										
新細明體 20 B I U 格式 100%										
A1 = 建築物耐震能力初步評估表										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	建築物耐震能力初步評估表									
2										
3	建築物名稱：		台北市典型國中校舍		建築物編號：					
4	項次	項目	原配分	配分	評估內容	權數	危險度評分			
5	1	設計年度	4	4.40	63年2月~71年6月	0.75	3.30			
6	2	地盤種類	5	5.49	台北盆地	1.00	5.49			
7	3	工址震區加速度係數	5	5.49	Z=0.23	0.33	1.83			
8	4	地下室面積比 _{r_a}	5	5.49	ra= 0	1.00	5.49	請填入地下室面積比，若不確定請空白		
9	5	基礎形式	0	0.00	不確定			請選擇基礎形式		
10	6	基地土壤承載力	0	0.00	不確定			請選擇基地土壤承載力		
11	7	樑跨深比，b	6	6.59	b= 5.56	0.56	3.66	詳細資料		
12	8	柱高深比，a	6	6.59	a= 4.29	0.43	2.83	詳細資料		
13	9	牆量指標	8	8.79	尚可	0.33	2.90			
14	10	短柱嚴重性	8	8.79	高	1.00	8.79			
15	11	短樑嚴重性	6	6.59	低	0.33	2.18			
16	12	軟弱層顯著性	8	8.79	低	0.33	2.90			
17	13	平面對稱性	6	6.59	良	0.00	0.00			
18	14	立面對稱性	4	4.40	良	0.00	0.00			
19	15	變形程度	4	4.40	小	0.33	1.45			
20	16	裂縫鏽蝕滲水	8	8.79	低	0.33	2.90			
21	17	屋齡	3	3.30	26年	0.52	1.71			
22	18	屋頂加建	5	5.49	低	0.33	1.81			
23	分數總計		91	100	D：危險度評分總計		47.25	下一步		
24	評估結果		30<D≤60，耐震安全有疑慮，近期應進行詳細評估							

圖 五十 台北市國中之典型校舍結構 2 之危險度初步評估結果

簡單計算耐震能力初步評估結果

圖五十一為簡單計算耐震能力初步評估之結果，其中，最小設計水平總橫力 V 為 $0.137W$ ，而 V_{design} 為 $0.25W$ ，因此 F_1 為 1.83 ，樑的破壞模式則取「大樑」、「大樑 Y」、「小樑」及「廊樑」四種典型的樑來計算，所得的 R_f 平均值 5.41 ，因此 F_2 為 1 ，柱圍束箍筋以及柱高深比的計算則取「外柱」、「內柱」及「廊柱」三種典型的柱來計算 α 值以及 a 值，並保守取最小值，所得的 α 值為 0.07 ，因此 F_3 為 0.85 ， a 值為 4.29 ，因此 F_4 為 0.96 ，由於該建築物有隔間磚牆以及窗台，無劃設隔離縫，因此 F_5 取 1 ， F_6 、 F_7 則根據該建築物的結構圖概估， F_8 則根據填入學校建築資料表單的材料與變形程度內容調整，所計算出之 A_c 值為 $0.3075(g)$ 。

簡單計算耐震能力初步評估法				
建築物名稱：		台北市典型國中校舍2		
建築物編號：				
項次	項目	F_i	值	
1	規範設計最小設計水平總橫力之計算	F_1	1.83	詳細資料
2	樑破壞模式之計算	F_2	1.00	詳細資料
3	柱圍束箍筋之計算	F_3	0.85	詳細資料
4	柱高深比之計算	F_4	0.96	
5	建築物具非結構磚牆之修正	F_5	1.00	
6	建築物具剪力牆之修正	F_6	1.00	
7	平面與立面對稱性	F_7	1.00	
8	結構體現有缺陷評估	F_8	0.90	
$A_c = Z(g) F_1 F_2 F_3 F_4 F_5 F_6 F_7 F_8$		$A_c =$	0.3075	g
<input type="button" value="下一步"/>				

圖 五十一 台北市國中之典型校舍結構 2 之簡單計算耐震初步評估結果

5.3 評估結果的比較與討論

在實例分析後，本研究探討各實例的各種耐震評估法所得之評估結果，其中包括：強度韌性法詳細評估、案例式推理耐震能力初步評估、危險度初步評估，以及簡單計算初步評估，並從分析的數據中，探討案例式推理耐震能力初步評估的準確度以及適用性，並由不同的門檻值設定求出案例式推理耐震能力初步評估結果，以找出合適的門檻值。

準確度

表二十二為三個實例的評估結果比較，其中，實例一為台北市典型國中校舍結構 1，實例二為台南市後甲國中群育樓，實例三為台北市典型國中校舍結構 2。比較結果顯示，實例一的案例式推理初步評估結果-前二十個案例與詳細評估 A_c 值較為接近，而實例二與實例三之案例式推理初步評估值與詳細評估 A_c 值相差較多，但三個實例中，所得之案例式推理初步評估值的大小順序與詳細評估所得之大小順序相同，其可能的原因有：一、本研究之案例庫之樣版模型是根據實例一的模型修改而成，因此實例一有很高的準確度。二、實例二與實例三之詳細評估結果為文獻中所記載，本研究並未重新建構該實例模型，再以分析程式分析之，因此，實例二與實例三的詳細評估結果有可能因為強度韌性法分析程式版本的不同，而有些許差異。三、在案例式推理的研究中，若案例庫中的案例數越多、越具有代表性，其案例式推理所得之結果會越準確，本研究之案例庫中的案例數略有不足，因此實例二、實例三未能有很高的準確度，但是，本研究著眼於初步評估法，所提供之案例式推理耐震能力初步評估，提供了一相對準確的可行方法，其評估結果的準確度應可適用於初步評估。

表 二十二 三個實例之評估結果比較

	台北市之典型國中校舍結構 1	台南市後甲國中群育樓	台北市典型國中校舍結構 2
詳細評估 A_c 值	0.110	0.111	0.123
應有之耐震能力	0.261	0.314	0.231
案例推理初步評估	0.120	0.161	0.162
危險度初步評估	45.36	44.63	47.25
簡單計算初步評估	0.312	0.321	0.307

在危險度初步評估中，評估項目「屋齡」已考慮在危險度之內，而在詳細評估中，評估項目「屋齡」於「應有之耐震能力」之耐震需求才考慮，因此危險度初步評估之危險度值與詳細評估 A_c 值不一定相關。也因此，雖然三個實際案例中，以實例三之詳細評估 A_c 值為最高，危險度初步評估所得之危險度值也最高。另外，詳細評估 A_c 值對簡單計算初步評估所得之 A_c 值來說，較為保守，因此在簡單計算初步評估的使用上，需特別小心。此外，三個實例建築與樣版模型之參數比較如表二十三所示，其中，與樣版模型參數相同的參數之參數以淺灰色表示，台北市之典型國中校舍結構 1 之大部分參數設定皆與樣版模型相同，因此所預估之案例式推理初步評估所得之耐震能力與詳細評估 A_c 值較為接近，其他兩個實例則差距較大。若能建立更多之樣版模型，應可使案例式推理初步評估更為準確。

表 二十三 三個實例建築與樣版模型之參數比較

	樣版模型	台北市之典型國中校舍結構 1	台南市後甲國中群育樓	台北市典型國中校舍結構 2
地上樓層數	五	五	三	四
教室單元數	四	四	四	四
教室單元跨度	三跨 x 二跨	三跨 x 二跨	二跨 x 二跨	三跨 x 二跨
教室長寬	10 x 8	10 x 8	9 x 7.5	10 x 8
走廊形式	有廊柱	有廊柱	有廊柱	有廊柱
f'_c, f_y (kg/cm ²)	所有參數組合	160, 2800	210, 2800	160, 2800
斷面及配筋	所有參數組合	表十四	表十二	表十五

第六章 結論與建議

從學校教室建築之案例的蒐集、特性的探討、參數之研究，至系統的分析設計、耐震評估法的學習、程式的寫作，到最後的案例分析與結果討論，本研究進行至此，將所得成果歸納成幾點結論，並提出建議及未來可繼續發展的方向。

6.1 結論

現行的建築物耐震評估診斷在人力及物力上都尚嫌不足，若能在震害前就將各種學校建築進行詳細評估，便能快速地根據已有的詳細評估資料對學校建築進行診斷，另外，將已進行詳細評估的實際學校建築案例納入案例庫中，亦可輔助評估的進行，因此，案例庫的建置，實為一可行的方法。以下以幾點說明本研究成果的結論：一、學校教室建築的模型參數分析及合理性。二、自動化詳細評估流程的建立。三、耐震評估案例庫的建置。四、耐震評估參數對耐震能力的影響。五、案例式推理耐震能力初步評估系統的實作。

學校教室建築的模型參數分析

本研究在學校教室建築的模型參數上，作了許多的更新，由於一開始的資料有限，所訂定的參數也較為簡單，隨著資料的蒐集，參數的數量也漸漸增加而較為完整，其中，以斷面尺寸與配筋參數的訂定最為困難，本研究為此還向建築師事務所借閱各種形式之學校教室建築結構圖，並分析與討論學校教室建築樑柱的分類、主筋的配置、以及箍筋的形式。而且，每次模型參數的更新，已建立的模型就必須重新檢討，甚至要全部重新建立，因此，在整個研究中最

困難的莫過於此。在設定參數的考量方面，若所訂定的參數越多、越詳細，則參數模型越接近實際之學校教室建築，但所需分析的模型也越多，所耗費的時間以及成本也越多。本研究就典型學校教室建築的特性以及普遍的結構設計，提出了合理的參數項目以及參數範圍，參數的範圍應可包含七成到八成之典型學校教室建築。

自動化詳細評估流程的建立

本研究建立了自動化詳細評估流程，對案例庫的管理者來說，只要設定欲分析之參數，即可讓電腦不斷的自動運算，並能自動將記錄在各個檔案中的評估結果擷取至案例庫，對於將來模型參數的更新，也可透過此自動化的機制更新案例庫，而參數模型以及評估檔的製作，亦可透過本研究所提供的機制，大大地簡化人工判斷以及繁複的資料輸入。在建立參數模型方面，已完成自動化的參數有：「一樓樓高」、「 f_c' 」、「 f_y 」、「鋼筋比」、「箍筋間距」、「樑柱斷面」等，而執行 ETABS 分析程式、資料轉換程式以及強度韌性法分析程式的流程，以及由評估結果檔中擷取評估結果並存入案例庫的流程均已完成自動化流程的建立。

耐震評估案例庫的建置

本研究已建構自動化耐震評估系統，並利用此系統建立案例庫。案例庫不僅提供案例式推理耐震能力初步評估系統使用，更提供了大量的資料來源以對各項影響耐震能力之參數進行研究，本研究亦對各項參數進行初步探討，並得到合理分析結果。另外，除了耐震能力 A_c 值外，案例庫亦記錄了從詳細評估結

果中擷取出之弱層位置、各構材之破壞模式以及弱層之節點破壞模式，透過分析與研究，這些資訊定可歸納為耐震評估的知識。

耐震評估參數對耐震能力的影響

本研究針對評估參數：「一樓樓高」、「 f'_c 」、「 f_y 」、「鋼筋比」、「箍筋間距」、「柱單位載重」等六項進行參數的分析。在其餘參數固定，只變動其中一個評估參數的情況下（詳細之參數設定請參考第 5.1 節），六個評估參數的分析結果分別為：

1. 在 5.1.1 節的參數設定下，混凝土強度越高，耐震能力越高，其中，混凝土品質之良窳對於學校教室建築之耐震能力而言，每增減 30 kg/cm^2 ，其影響程度約在 3%~8%之間，而混凝土強度越低時，每增減 30 kg/cm^2 ，其影響程度越高。
2. 在 5.1.1 節的參數設定下，鋼筋降伏強度越高，耐震能力越高，其中，每增減 300 kg/cm^2 ，其影響程度約在 7%左右。
3. 在 5.1.2 節的參數設定下，當箍筋間距越大，耐震能力越低。箍筋間距對學校教室建築之耐震能力而言，每增減 5cm，其影響程度約在 8%~10%之間。箍筋間距增加對構材破壞模式來說，影響甚鉅，箍筋間距越大，剪力破壞的構材數越多，耐震能力越低。
4. 在 5.1.2 節的參數設定下，鋼筋比對耐震能力的確有影響，但須考量節點的破壞模式，良好規劃設計建築應將節點的破壞模式設計為「強柱弱樑」。
5. 在 5.1.3 節的參數設定下，一樓挑高對耐震能力確有影響，當一樓之樓高 4 公尺減為 3.6 公尺時，其影響程度約 6 %。
6. 在 5.1.4 節的參數設定下，柱單位載重的增加對詳細評估之 A_c 值來說，有下降的趨勢，然而，除了柱單位載重，仍應考慮到配筋以及材料強度的效應。

案例式推理耐震能力初步評估系統的實作

案例式推理耐震能力初步評估系統提供了快速的耐震能力 A_e 值的初步評估，由於本研究著眼於初步評估法，案例式推理耐震能力初步評估系統提供了一相對準確的可行方法，其評估結果的準確度應可適用於初步評估。

6.2 建議

根據本研究的結果，對後續研究提出幾點建議：一、耐震評估參數之研究。二、網路技術與資源共享。三、結合法則庫。四、自動化詳細評估流程的更新。

耐震評估參數之研究

在案例庫的建置後，便可大規模對各耐震評估參數進行研究，以瞭解各耐震評估參數對耐震能力的影響程度，另外，可利用資料分析與資料採擷的技術分析案例庫中之案例，以歸納出耐震評估的法則，並進一步找出耐震評估的知識。

網路技術與資源共享

本研究所建置之案例庫與案例式推理耐震能力初步評估系統為單機版，若能利用網路技術將案例庫以及案例式推理初步評估系統上網讓全國使用，相信能提供一可行之耐震評估方法，並能得到全國、甚至全世界先進們之寶貴的意見，達到資源共享的目的。

結合法則庫

由於實際的學校教室建築的樑柱斷面及配筋經過規範的設計，而本研究之參數模型以各種參數進行模擬，並未經過規範的設計，因此，所建立之部分參數模型與實際的規劃設計差異較大，未來若能根據規範或設計者的經驗建立法則庫（Rule Base），在建立參數模型時即根據法則庫找出合理常用的參數組合，並排除與一般規劃設計差異較大的參數組合，以增加參數模型的真實性。

自動化詳細評估流程的更新

儘管本研究已完成了「一樓樓高」、「 f_c' 」、「 f_y 」、「鋼筋比」、「箍筋間距」、「樑柱斷面」等參數的自動化，仍有「樓層數」、「教室單元跨度」、「教室長寬」、「教室單元數」、「走廊形式」等參數未能自動化產生參數模型。未來若能蒐集各種形式之學校教室建築實際案例的設計圖或 ETABS 模型檔，便可根據實際案例建立樣版模型以進行分析，並可增加參數模型的真實性。而在自動化機制的實作上，本研究曾考量較為新版之 ETABS 分析程式（版本 7.1），其原因為：ETABS 版本 6.2 並未提供較新作業系統（例如：WinXP）之驅動程式，另外，ETABS 版本 6.2 所提供之建構模型應用程式 ETABSIN 所提供之功能較少，其分析結果之輸出格式只有文字檔輸出。ETABS 版本 7.1 則可安裝在較新的作業系統上，所提供之圖形介面以及修改功能較佳，並提供了多樣且普遍之輸出格式（例如：Access 資料庫等），然而，ETABS 版本 7.1 未能提供版本 6.2 之輸出格式，使得資料轉換程式無法將 ETABS 所分析的構材內力轉換為強度韌性法所需格式，因此，本研究仍採用 ETABS 版本 6.2 來實作自動化的機制。未來若能以 Fortran 改寫資料轉換程式，或重新實作一可讀取 ETABS 版本 7.1（或以上）的分析結果並轉換為強度韌性法之輸入格式之資料轉換程式，即可以較為新版之 ETABS 分析程式進行分析。

參考文獻

王世曄(2001)，“中小學學校建築耐震評估專家系統之初步研究”，碩士論文，國立台灣大學土木工程研究所，台北。

台灣省結構技師公會(2002)，鋼筋混凝土建築物耐震能力評估手冊(附磁片)，科技圖書，台北。

日本建築防災協會(1991)，“既存 RC 造建築物耐震診斷基準”，日本。

呂國維(2001)，“台灣地區學校建築結構系統及震害探討”，國立成功大學建築研究所，台南。

何明錦、蔡益超、陳清泉(1999)，“鋼筋混凝土建築物耐震能力評估法及推廣”，內政部建築研究所研究報告。

李佳昀(2001)，“921集集大地震災後居民居留意願之案例式推理”，碩士論文，國立台灣大學建築與城鄉研究所，台北。

李有豐，刁建原，蔡益超，陳少宏，廖振男(2002)，“鋼筋混凝土建築物樓層數、跨度與剪力牆配置對耐震能力影響之研究”，結構工程，第 17 卷，第 2 期，第 97-112 頁，民國 91 年 6 月。

呂卓堅(2001)，“應用資料採擷技術於學校建築耐震評估專家系統知識擷取之研究”，碩士論文，國立台灣大學土木工程研究所，台北。

林惠玲、陳正倉（2000），應用統計學，雙葉書廊有限公司，台北

邱麗君（2001），“中小學校舍建築結構系統與耐震評估之研究-以台北市松山區與信義區公立學校為例”，國立台北科技大學土木與防災技術研究所，台北。

許茂雄等（2000），“教育部國民中小學校園建築安全總體檢初步評估表”，教育部，台北。

郭心怡（2000），“RC 學校建築快耐震診斷”，碩士論文，國立成功大學建築研究所，台南。

陳清泉、蔡益超、謝尙賢、呂良正等（2001），“國立台灣大學校舍建築結構安全評估系統研究一期末報告”，財團法人台灣營建研究院

陳清泉（2002），“建築物耐震評估作業及震害資料庫建置之研究－子計畫一：建築物耐震評估方法之研修與作業準則之研擬”，內政部建築研究所研究報告。

陳清泉、廖源輔（1989），“評估多層鋼構架耐震能力之擬彈性法”，行政院國家科學委員會防災科技研究報告，No. 78-04，台北。

陳威成（2000），“學校建築結構耐震能力詳細評估與補強”，碩士論文，國立台灣大學土木工程研究所，台北。

張嘉祥、許茂雄、姚昭智、劉玉文（1993），“台南市立中小學及幼稚園建築之耐震評估”，台南市政府教育局委託國立成功大學研究報告，台南。

張嘉祥、許茂雄、林國壽、黃國彰（1995），“鋼筋混凝土既有校舍耐震能力與幾個影響參數關係—以台南地區校舍為例”，結構工程，第十卷，第三期。

張嘉祥、許茂雄（2000），“台灣地區學校建築結構系統調查及常見震害型態資料整理”，國家地震工程研究中心報告，NCREE00-038，台北。

蔡克銓、栗正暉、王亭復（1995），“實用型非線性靜態正平構架分析程式 DRAIN2D+與 VIEW2D 之發展與應用”，結構工程，第十卷，第一期。

蔡益超（2002），“鋼筋混凝土建築物耐震能力評估與補強”，建築物耐震能力評估與補強講習會，中華民國結構工程技師公會全國聯合會。

楊金龍（1997），“鋼筋混凝土建築物耐震能力評估”，碩士論文，國立台灣大學土木工程研究所，台北。

廖文義、柴駿甫（2000），“學校建築耐震能力之簡易評估法及震譜容量法”，國家地震工程研究中心報告，NCREE00-042，台北。

劉玉文、裘維平（2002），“RC 學校建築之震害分析與快速診斷研究”，國家地震工程研究中心報告，NCREE02-031，台北。

Habibullah, A. (1994). "ETABS Three Dimensional Analysis of Building System USER' S MANUAL," Computers & Structures INC.

Aamodt, A., and E. Plaza (1994). "Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches," *Artificial Intelligence Communications*, IOS Press, Vol. 7:1, 39-59.

Bartsch-Sporl, B. (1995), Toward the Integration of Case-Based , Schema-Based and Model-Based Reasoning For Supporting Complex Design Tasks, Case-Based Reasoning Research and Development, Veloso, M. & Aamodt, A. (eds.), First International Conference, ICCRB-95, pp. 145-156.

Bergman, R., Munoz-Avila, H., Veloso, M. & Melis, E. (1998), CBR Applied to Planning, Case-Based Reasoning Technology: From Foundations to Applications, Lenz, M., Bartsch-Sporl, B., Burkhard, H-D & Wess, S. (eds.), pp. 169-199.

Forman, E. H. and M. A. Selly (2000). Decision by Objectives- How to Convince Others that You are Right, pre-publication book available for downloading from <http://mdm.gwu.edu/Forman/>.

Freeman, S.A., J.P. Nicoletti. (1975), "Evaluation of Existing Buildings for Seismic Risk," EERI, Proceedings of the U.S. National Conference of Earthquake Engineers, pp. 113-122.

Maher, M. L., M. B. Balachandran, and D. M. Zhang (1995). *Case-based Reasoning in Design*, Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, Mahwah, New Jersey, U.S.A.

Watson, I. & Marir, F. (1994), Case-based Reasoning: A Review, available at <http://www.ai-cbr.org/classroom/cbr-review.html>, published in *The Knowledge Engineering Review*, Vol.9 No.4.

附錄一 台南市後甲國中德育樓之評估結果

>Level RF	Ac=	.1917 g	(below the Level)
>Level RMF	Ac=	.3095 g	(above the Level)
	Ac=	.1917 g	(below the Level)
> Level 3F	Ac=	.1904 g	(above the Level)
	Ac=	.2199 g	(below the Level)
> Level3MF	Ac=	.1844 g	(above the Level)
	Ac=	.2316 g	(below the Level)
> Level 2F	Ac=	.1499 g	(above the Level)
	Ac=	.1438 g	(below the Level)
> Level 2MF	Ac=	.1502 g	(above the Level)
	Ac=	.1949 g	(below the Level)
> Level1F	Ac=	.1004 g	(above the Level)
	Ac=	.1332 g	(below the Level)

>>> Building minimum(selected stories) Ac= .1004 g at 1F (above the Level)

Ac 0.1004 g

弱層 1F (above the Level)

構材資料

剪力破壞	161	(Type 1)
未達韌性容量	288	(Type 2)
彎矩破壞	337	(Type 3)
Total	786	

弱層節點資料

強柱弱樑	55	(Beam failure)
弱柱強樑	27	(Column failure)
Total	82	

作者簡歷



姓名：王學誠

生日：民國 67 年 11 月 2 日

學歷：民國 90 年獲得國立台灣大學土木工程學學士學位

民國 92 年獲得國立台灣大學土木工程學研究所電腦輔助工程碩士學位

大事：◎ 參與 NTU/NCREE-KU Joint Seminar 交流並發表論文（2003）

◎ 參與 IASS HANGAI PRIZE 英文論文比賽（2003）

◎ 參與 KKCNN 研討會並發表論文（2002）

◎ 中華民國水上救生協會高級救生員（2003）

◎ 國立台灣大學籃球校隊（1997-2002）

◎ 國立台灣大學土木工程學系籃球隊隊長（1999）

著作：□ 王學誠、涂文祥、游文淮、陳俊杉、謝尙賢（2001），“導入網路教學共享機制之探討與實作”，*國立台灣大學工程學刊*，第八十五期，第 59-68 頁。

□ Wang, H. C. and S. H. Hsieh (2002). “Preliminary Seismic Safety Assessment of School Building Using Case-based Reasoning Technique,” Proceedings of 15th KKCNN 2002 Symposium on Civil Engineering, pp. S280~S284, Singapore.