

國家地震工程研究中心

NATIONAL CENTER FOR RESEARCH ON EARTHQUAKE ENGINEERING

臺灣耐震設計反應譜查詢系統網之 發展與應用

嚴楚寒 劉勛仁 張毓文 簡文郁

報告編號:NCREE-19-005

中華民國 108 年 5 月

臺灣耐震設計反應譜查詢系統網之發展與應用

The Development and Applications of the Online Inquiry System for Design Response Spectra for Buildings in Taiwan

*嚴楚寒 **劉勛仁 ***張毓文 ****簡文郁

Chu-Han Yen Hsun-Jen Liu Yu-Wen Chang Wen-Yu Chien

* 國研院國家地震工程研究中心佐理研究員
 ** 國研院國家地震工程研究中心助理研究員
 *** 國研院國家地震工程研究中心副研究員
 ****國研院國家地震工程研究中心研究員

中華民國一百零八年五月 May 2019

摘要

我國建築物之耐震設計需求相關規定自民國 86 年「建築物耐震設計規範」正式頒布以來,歷經民國 88 年、94 年及 100 年共三次修改,後續則有 民國 102 年及 106 年兩版草案,目前尚待主管機關審議中。

多次的規範條文改制、歷年行政區劃圖及鄰近活動斷層等資訊的取得 不易,常使得使用者在評估工址設計地震時感到不便。

國家地震工程研究中心於 2013 年首次完成「臺灣規範反應譜查詢系統」 單機版視窗工具,旨在提升各界對設計地震查詢之便利性與效率。有鑑於現 階段規範朝向依所在行政區在地化發展為目標,地理資訊系統愈趨重要,本 研究延續先前成果,整合地理資訊系統(GIS)與 Google Maps API,建構完成 初版之線上「耐震設計反應譜查詢系統」。使用者可透過網頁瀏覽器跨平台、 跨裝置地使用此系統,依據地址、行政區域或經緯度進行查詢,可呈現規範 對設計地震之基本要求。同時,可查詢不同性能目標、不同規範版本之結果, 並可在 Google Maps 上即時套疊工址位置、地質調查所第一類活動斷層跡 線或行政分區等圖層,提供學術研究或結構補強等應用。

本網可提供民眾作為耐震設計規範相關科普教育使用,對工程師則可 應用在耐震設計與分析之實務案件,以滿足各界對我國建築物耐震設計需 求之多方需要,並引導對其之進階認識。

關鍵詞:建築物耐震設計規範、Google Maps API、Flask、HTML5、互動式 資料視覺化、地理資訊系統

3

ABSTRACT

The seismic design code for buildings in Taiwan has been updated in 1999, 2005, and 2011 since it was first published in 1997. There are also two versions of drafted code waiting for review. However, these changes and the scarce data, which include chronological layouts of political divisions as well as active faults, make it hard to follow the code and evaluate building designs.

The inquiry system for design response spectra for buildings in Taiwan was debuted by NCREE in 2013 as an offline GUI tool. This tool is developed to provide the public with a convenient way to make the inquiry. This Research followed the previous studies, integrated the Geographic Information System (GIS) and Google Maps API, and built the beta release of the online inquiry system, made it possible to use on any OS and device using only web browsers. Users can get the results from different codes on any purpose by providing the minimum required information without the complex process referring to the code. This system can be used by academic researchers, engineers, or the public for different purposes.

Keywords: Seismic Design Code for Buildings, Google Maps API, Flask, HTML5, Interactive Data Visualization, GIS

ABSTRA	4C1
第一章	前言7
1.1	動機與目的7
1.2	回顧7
	1.2.1 民國 100 年 (現行規範)7
	1.2.2 民國 102 年草案
	1.2.3 民國 106 年草案8
1.3	研究方法8
第二章	耐震設計反應譜查詢系統網9
2.1	基本介紹9
2.2	功能簡介11
	2.2.1 輸入工址相關資訊11
	2.2.2 結果係數列表12
	2.2.3 繪製反應譜12
第三章	工址相關資訊14
3.1	耐震設計規範版本14
3.2	地調所活動斷層版本14
3.3	輸入工址位置15
3.4	工址資訊17
3.5	選擇鄰近斷層17
3.6	選擇地盤分類18
3.7	計算工址參數18
第四章	結果係數列表19
4.1	民國 100 年規範
	4.1.1 一般工址
	112 近断局回域ウェル 20

目錄

	4.1.3 臺北市及新北市	20
4.2	民國 102 年規範(草案)	21
4.3	民國 106 年規範(草案)	21
第五章	繪製反應譜	22
5.1	選取耐震設計目標	22
5.2	選擇反應譜圖形	22
	5.2.1 不同形式之長週期反應譜	22
	5.2.2 包絡反應譜	23
5.3	設定座標屬性	24
	5.3.1 週期間隔	24
	5.3.2 X 軸最大值	25
	5.3.3 Y 軸最大值	25
	5.3.4 線性刻度與對數刻度	25
5.4	繪製與輸出	25
	5.4.1 繪製反應譜	25
	5.4.2 加入比較表	26
	5.4.3 輸出反應譜數值	26
	5.4.4 輸出工址相關資訊	27
	5.4.5 反應譜圖	28
第六章	使用範例	29
第七章	結論與展望	32
參考文鬳	夫	33

第一章 前言

1.1 動機與目的

我國建築物耐震設計(若無特別註明,以下所稱耐震設計皆指建築物耐 震設計)需求相關規定自民國 86 年「建築物耐震設計規範」正式頒布以來, 歷經民國 88 年、94 年及 100 年共三次修改,促使設計地震具體考量工址地 震危害度分析、近斷層效應、盆地效應與土壤放大效應等影響因素而發展 [1]。為了配合我國耐震設計規範之修訂,使用者得與時俱進地面對設計係 數更新、判別條件調修、新設參數應用,以及行政分區改制等諸多異動,使 得其在查算執行以及資料管理上產生困擾與不便。為此,國家地震工程研究 中心於 2013 年首次完成「臺灣規範反應譜查詢系統」單機版視窗工具 [2], 期望能提供一套可提供統一、長期維護功能之設計地震處理工具,令使用者 得以獲取穩定資訊,並提升作業效率。

然而,該單機板視窗工具受限於開發工具,僅能在 Windows 作業系統 上使用,使用者也需安裝必要套件使其能妥善執行。面對科技快速變化的時 代,作業系統推陳出新、行動裝置的崛起,與其試圖開發多個在不同的作業 系統下能執行的軟體,本研究直接將整套系統搬上雲端,讓使用者能夠跨平 台、跨裝置,且無須安裝任何軟體,直接使用網頁瀏覽器便能操作此套系統。

1.2 回顧

我國「建築物耐震設計規範」除現行使用之民國 100 年所修訂之規範 外,尚有民國 102 年以及 106 年兩版草案,以下僅列出自民國 100 年起各 版本之發展進程:

1.2.1 民國 100 年(現行規範) [3]

主要延續民國 94 年版之規範,僅修訂地盤分類指標,以及調整臺北盆 地微分區。地盤分類統一以土層之平均剪力波速 V_{S30} 之數值作為標準,且 第一、二類地盤之 V_{S30} 分界值由 360 m/s 降為 270 m/s;臺北盆地微分區則 調整為臺北一、二、三區 $(S_{DS} = 0.6; T_0 = 1.6 \times 1.3 \times 1.05)$,以提升部份地 區長週期效應下之耐震需求。

1.2.2 民國 102 年草案

勘誤及微調臺中市南區、屏東縣長治鄉及麟洛鄉之設計水平譜加速度 係數。此外,外島地區(澎湖縣、金門縣,以及連江縣)之設計地震依據國 家地震工程研究中心研究報告 NCREE-10-016 及後續規範研究發展委員會 研議之結論修訂。同時,各行政區之鄰近斷層改為參照中央地質調查所 2012 年新版活動斷層分布圖,並修正近斷層調整因子 N_A、N_V 及其用以加成工 址水平譜加速度係數(以下簡稱工址係數)之算式 [4]。

1.2.3 民國 106 年草案

因應新增第一類活動斷層對地震潛勢提高的影響,修訂多處行政區之 震區水平譜加速度係數(以下簡稱震區係數),並取消近斷層調整因子 N_A、 N_V,改列近斷層區之震區係數取代,係數之計算方式也改以工址與斷層距 離查表內插計算而得。同時,於第二類地盤計算工址放大係數 F_a、F_v時, 需要確切之 V_{S30} 數值以正確計算係數。本草案由國震中心於民國 106 年底 提交營建署審議中。

1.3 研究方法

本研究延續先前「臺灣規範反應譜查詢系統」單機版視窗工具之精神, 整合地理資訊系統 (GIS)與 Google Maps API,建構初版之線上「耐震設計 反應譜查詢系統」。使用者可在熟悉的 Google Maps 環境中依據地址、行政 區域或經緯度進行查詢,呈現規範對設計地震之基本要求。同時,可查詢不 同性能目標、不同時期規範版本之結果,並可在 Google Maps 上即時套疊工 址位置、地質調查所第一類活動斷層跡線或行政分區等圖層,提供學術研究 或結構補強等應用。

第二章 耐震設計反應譜查詢系統網

2.1 基本介紹

本研究所開發之耐震設計反應譜查詢系統(以下簡稱為本系統)頁面如 圖2所示。此擷圖畫面為一完整操作後所顯示之網頁頁面。此外,本系統在 撰寫網頁介面時亦導入了自適應網頁設計 (Responsive Web Design, RWD), 盡可能地考慮不同裝置的瀏覽模式,嘗試讓使用者在不同的裝置上使用時 都能有良好的體驗。例如以手機瀏覽時,網頁將會調整為適合手機上使用之 配置,如圖1所示。



圖1 行動裝置頁面

一般而言,一個網頁要能上線提供服務,必須要有前端(即使用者端) 以及後端(即伺服器端)兩端。本系統在前端採用目前主流之 HTML5 標準 開發,配合階層式樣式表 (CSS) 調整網頁上各元素之樣式,並撰寫大量 JavaScript 程式碼,以滿足網頁上的各種動態變化以及與後端之溝通。後端 部分,本系統使用以 Python 程式語言所撰寫的 Flask 套件作為 Web 應用框 架 (Web Application Framework),符合微型團隊甚至是獨立開發者之需求。



圖 2 完整網頁擷圖

2.2 功能简介

本系統頁面操作上分為三大區塊,主要參考現行耐震設計規範制定設 計地震之流程規劃。但為了提升操作便利性、考慮自適應網頁設計,並且預 留未來更多規範版本查詢之彈性,整體的流程將會與現行規範略有不同。以 下簡介此三大區塊之基礎功能:

2.2.1 輸入工址相關資訊

在此區塊中,使用者需完成所有工址資訊的輸入,以下說明其流程:

● 選取耐震設計規範版本:

目前提供民國 100、102,及 106 年版本查詢。

選取地調所活動斷層版本:

在選取完耐震設計規範版本後,系統會自動挑選相應的中央地質調 查所(以下簡稱為地調所)活動斷層版本。若使用者希望以較新的 活動斷層版本進行計算,可在此手動調整。目前提供2000年及2012 年版。

● 輸入工址位置:

於 Google Maps 介面上方搜尋列輸入工址位址。工址位址可以地標 名稱、地址、鄉鎮市區里,以及經緯度輸入。若上述方式皆不適用, 則可「啟動地圖定位模式」,將地圖中心圖標平移至目標地點進行 定位。

● 工址資訊:

在輸入完工址位置後,此區塊將依據不同的工址位置輸入方式,自 動帶入相對應的工址位置相關資訊供使用者參考並確認資訊無誤。

● 選擇鄰近斷層:

若輸入之工址位置所在之行政分區必須考慮近斷層效應,此區塊將 自動顯示。若是輸入之工址位置有一明確之經緯度(例如以完整地 址輸入查詢),工址與斷層之最短距離將自動計算並帶入,並且在 距離落入近斷層效應影響範圍內時自動將其勾選,表示後續計算設 計地震時將會考慮此斷層之近斷層效應。 ● 選擇地盤分類:

使用者可直接由下拉式選單選擇此工址之地盤分類,或是改為輸入 V₅₃₀,則計算工址參數時便會自動轉換為相對應之地盤分類。

● 確認工址資訊無誤,計算工址參數:

按下此按鍵後,伺服器即開始計算後續設計地震所需之參數。

2.2.2 結果係數列表

在此區塊中,使用者可以查看計算後所得出各項係數。子區塊說明如下:

工址水平譜加速度係數: 在現行規範的計算流程中,工址係數應為最後計算而得之結果。然而,考量實務使用情境,此一最終計算結果在本系統頁面中為預設顯示之第一組結果係數列表,其餘係數則隱藏於收合之區塊中。

 震區水平譜加速度係數、近斷層調整因子(或近斷層震區水平譜加 速度係數)、工址放大係數:

若使用者不僅想要最終計算而得的工址係數,則可展開此隱藏區塊, 將規範計算流程中依序使用到的係數都顯示出來。

2.2.3 繪製反應譜

在此區塊中,使用者可以根據自身需求,在網頁上即時繪製反應譜,或 是將其資料輸出下載,說明如下:

● 選取耐震設計目標:

耐震設計目標包含 475 年(設計地震)以及 2500 年(最大考量地震)回歸期。

● 選擇反應譜圖形:

反應譜圖形提供長週期持續衰減,或保持定值之圖形。同時,使用 者若只想參考包絡反應譜,而不在乎參考各斷層計算而得的多條反 應譜的話,可以勾選「只繪製包絡反應譜」(預設已勾選)以取得 較清晰明確之結果。

● 設定座標屬性:

繪製圖形之座標可調整 X、Y 最大值、資料點之週期間距,以及採 用線性或對數之座標軸刻度。

- 繪製反應譜、輸出反應譜數值:
 選擇繪製反應譜,或是將反應譜數值輸出成 csv 檔。
- 加入比較:
 將當前反應譜加入比較列表中,供後續繪製多工址或多規範版本使用。
- 輸出工址相關資訊:

將本系統中所使用到之工址資訊輸出成 csv 檔供使用者下載。

 反應譜繪圖區:
 使用以 Python 撰寫的互動式資料視覺化套件 Bokeh 繪製此反應譜 繪圖區。使用者可以任意平移、縮放、重置、下載圖形成 png 檔等。
 此外,使用者也可以獲取滑鼠所在區域之資料點,並可點擊右上角的圖例隱藏或顯示指定之反應譜。

● 多工址反應譜比較表:

在使用者將當前反應譜加入比較之後,本表便會懸浮顯示於頁面右 上方如圖3所示。系統預設使用工址所在之行政分區作為該工址名 稱,使用者亦可自行更改。此表提供讓使用者繪製或輸出多個工址 或多個規範版本反應譜數值的功能,繪圖相關設定將使用前述各項 之當前設定。



圖 3 多工址反應譜比較表

第三章 工址相關資訊

本章將詳細講解第二章中所提及本系統工址相關資訊區塊內各選項之 詳細功能與運作細節。

3.1 耐震設計規範版本

目前系統提供現行規範即民國 100 年,以及 102 年、106 年兩草案版本 之規範查詢。

選取不同的規範版本將決定系統該使用何版規範作為爾後所有計算之依據,因此使用本系統時請務必先選擇正確的規範版本,再進行後續動作。

當使用者改變了規範版本,地調所活動斷層版本將會先重置為相對應 之版本,例如原先為民國 100 年之耐震設計規範版本配合 2000 年版之地調 所斷層版本,使用者將規範版本改為民國 102 年版後,地調所之活動斷層 版本也將同步變更為 2012 年版。

此外,考量使用者可能會希望在同一工址進行多規範版本之查詢,因此 完成活動斷層版本重置後,系統會確認「輸入工址位置」區塊中之搜尋欄是 否已有搜尋結果。在已有搜尋結果的情況下,系統會在非常短暫的延遲後自 動為使用者再進行一次工址定位,免去手動重新操作定位的繁瑣步驟。

3.2 地調所活動斷層版本

如同 3.1 節所說,當選取耐震設計規範版本後,相對應的地調所活動斷 層版本也就自動被選取,因此對於一般使用者來說,並不需要進行額外的變 更。

然而,活動斷層隨時間改變,地調所所提供的不同活動斷層版本,不僅 斷層數量不同,斷層之線型也不同。若使用者希望驗證過往的耐震設計規範, 但卻想以現行的活動斷層線型作為計算近斷層效應之依據,則可手動變更 選取較耐震設計規範版本新的地調所活動斷層版本。

除了斷層線型以外,斷層數量也如同上述所說,在不同活動斷層版本也 不一致,因此當以較新的活動斷層版本進行查詢時,將可能會出現鄰近斷層 不在較舊版本的耐震設計規範考量中之情況。當這種情況發生時,「選擇鄰

14

近斷層」區塊將會如圖 4 列出不在舊版耐震設計規範考量的斷層及其與工 址間最短距離供使用者參考,但不會作為後續計算之依據。

达1并州7江幽川音					
鄰近第一類活動斷層	與工址最短距離(km)				
✓ 屯子腳斷層	2.581				
□三義斷層*	0.075				
☑ 車籠埔斷層全段	2.712				
□ 彰化、大甲及鐵砧山 斷層*	11.23				

選擇鄰近斷層

*: 表示該斷層不在所選取之耐震設計規範考量範圍,僅供參考。

圖 4 鄰近斷層含有不在選取耐震設計規範考量之斷層時的顯示方式範例

另外,由於較新的耐震設計規範不會參考較舊的地調所活動斷層版本 制定,因此使用者無法以較舊的地調所活動斷層版本搭配較新的耐震設計 規範版本作查詢。

3.3 輸入工址位置

為了讓使用者能有方便、熟悉的工址位置選取工具,本系統使用了 Google Maps JavaScript API,將大眾所熟悉的 Google Maps 放入了網頁中作 為工址位置的查詢與搜尋工具,並能在其中做出許多互動式內容,提供豐富 的資訊。

使用者可以在搜尋欄以多種方式查找工址,包括:

- 地標名稱,例如「國家地震工程研究中心」
- 地址,例如「台北市大安區辛亥路三段 200 號」
- 鄉鎮市區里,例如「台南市東區」、「台北市大安區學府里」

 經緯度,以「緯度,經度」的格式輸入,例如 "25.017167,121.547900" 操作時將滑鼠移至「輸入工址位置」標題旁的 圖案上方(行動裝置 直接點擊圖案即可)將會顯示搜尋欄的簡易使用說明,如圖 5 所示。

若上述方式皆不適用,則可「啟動地圖定位模式」,地圖中心將會出現 Google Maps 之定位圖標,平移至目標地點後,按下「確認定位」即可進行 定位。



圖 5 搜尋欄的簡易使用說明

工址位置輸入完成後,系統將自動調整 Google Maps 定位至該搜尋地點。以鄉鎮市區里以外的任何方式進行搜尋與定位時,地圖上將會以定位圖 標標記工址位置,並且繪製鄰近斷層線型,如圖2所示即為一例。

而當以鄉鎮市區里作為搜尋的方式時,該次搜尋的行政分區範圍將會 繪製於地圖之上。由於臺北市與新北市有工址落於臺北盆地微分區之可能, 使用者必須完整輸入行政分區至里層級,例如「臺北市大安區學府里」,搜 尋後地圖上便會以綠色區塊繪製區的範圍,再以紅色區塊繪製里的範圍,如 圖 6 所示。除臺北市與新北市以外的縣市,則僅會以紅色區塊繪製該次搜 尋行政分區之範圍,如圖 7 所示。



圖 6 以行政分區搜尋臺北盆地之範例



圖 7 以行政分區搜尋其他縣市之範例

3.4 工址資訊

此區塊將依據不同的工址位置輸入方式,自動帶入相對應的工址位置 相關資訊供使用者參考並確認資訊無誤。相關資訊包括規範版本、斷層版本、 行政分區、經緯度,以及臺北盆地微分區。

由於 Google Maps 上顯示之行政分區資訊皆為現時資訊,因此使用者 可能會發現在查詢較舊版本之耐震設計規範時,Google Maps 搜尋欄自動完 成之地址與此處顯示之行政分區有所出入的狀況。例如現今桃園市龍潭區 以民國 100 年耐震設計規範查詢時,此處將顯示其行政分區為桃園縣龍潭 鄉。此種現象除了會出現在縣市升格的行政分區以外,也可能會出現在飛地 等 Google Maps 無法正確判斷的情況上。

當 Google Maps 與本系統所使用之行政分區邊界有所出入時,將會以本系統資料庫所存之行政分區邊界作為參考依據,以確保能配合所選規範版本當年度之行政分區資料。

3.5 選擇鄰近斷層

若輸入之工址位置所在之行政分區必須考慮近斷層效應,此區塊將自動顯示;反之,則使用者不會看見此區塊,也無需填寫鄰近斷層之相關資訊。

若是輸入之工址位置有一明確之經緯度(即以除了鄉鎮市區里以外的 任何方式定位工址時),工址與斷層之最短距離將會採用 Google Maps 所使 用之 WGS84 座標系統自動計算並帶入,並且在距離落入近斷層效應影響範 圍內時自動將其勾選,表示後續計算設計地震時將會考慮此斷層之近斷層 效應。

使用者可以為了特殊需求取消勾選特定斷層,則在後續計算上將會排 除該近斷層之影響。使用者也可以勾選一開始沒有被勾選的斷層,強迫系統 考慮該斷層造成之近斷層效應;然而,即便如此,若是工址與該斷層之最短 距離依然超出該斷層之近斷層效應範圍之外,後續計算也不會有任何改變。

若使用者認為由系統所計算出與工址間最短距離有誤,或是有更保守 設計之需求,或者因為以鄉鎮市區里作為搜尋方式而無法自動計算距離時, 使用者隨時可以修改距離欄位內之數字。

17

此區塊原則上能夠提供使用者因為任何理由而想修改之需求,唯一的 例外為 3.2 節中所提到,當使用者以較新的地調所活動斷層版本搭配較舊的 耐震設計規範版本進行查詢時,出現不存在於舊版耐震設計規範考量中之 活動斷層。這些斷層在表中將被特別標記,無法勾選也無法編輯與工址最短 距離,僅顯示出來供使用者參考,如圖 4 所示。

3.6 選擇地盤分類

使用者可直接由下拉式選單選擇此工址之地盤分類,或是改為輸入V₅₃₀, 則計算工址參數時便會自動轉換為相對應之地盤分類。兩種輸入方式僅需 擇一即可。但有兩個例外,一為臺北盆地微分區,無須提供任何資訊,此區 塊也無法修改;二為民國 106 年版耐震設計規範,由於工址放大係數F_a與F_b 之計算公式在第二類地盤以下列式(1)、式(2)計算,因此第二類地盤必須輸入 V₅₃₀,無法以下拉式選單選擇第二類地盤。

$$F_{a,II} = 1.0 + \frac{F_{a,III} - 1.0}{90} \times (270 - V_{S30}), F_{a,III} = \begin{cases} 1.2; & S_S < 0.6\\ 1.2 - (S_S - 0.6); 0.6 \le S_S < 0.7\\ 1.1 - (S_S - 0.7); 0.7 \le S_S < 0.8\\ 1.0; & S_S \ge 0.8 \end{cases}$$
(1)

$$F_{v,II} = 1.0 + \frac{F_{v,III} - 1.0}{90} \times (270 - V_{S30}), F_{v,III} = \begin{cases} 1.8; & S_1 < 0.3\\ 1.8 - 2(S_1 - 0.3); & 0.3 \le S_1 < 0.5\\ 1.4; & S_1 \ge 0.5 \end{cases}$$
(2)

3.7 計算工址參數

將上述所有工址相關參數與選項皆設定好後,按下「確認工址資訊無誤, 計算工址參數」,伺服器便會開始進行查詢與計算。若此章前述任何區塊出 現沒有妥善設定之選項,在使用者按下按鍵後便會跳出警告訊息,提醒使用 者重新檢視必要設定,如圖 8 所示。



圖 8 瀏覽器跳出警告訊息範例,不同作業系統或瀏覽器可能有不同的視覺效果

第四章 結果係數列表

本章將詳細講解第二章中所提及本系統結果係數列表區塊內各數值之 計算方式與標記意義。

在現行規範的計算流程中,工址係數應為最後計算而得之結果。然而, 考量實務使用情境,此一最終計算結果在本系統頁面中為第一組顯示之結 果係數列表,其餘係數則隱藏於收合之區塊中。以下詳述各規範計算過程:

4.1 民國 100 年規範

4.1.1 一般工址

根據民國 100 年內政部《建築物耐震設計規範及解說》規定,一般工址 區域之水平譜加速度係數計算如下:

$$S_{DS} = F_a S_S^D; \ S_{MS} = F_a S_S^M S_{D1} = F_v S_1^D; \ S_{M1} = F_v S_1^M$$
(3)

各代數的意義如下列表:

- Sns: 工址短週期設計水平譜加速度係數
- S_{D1}: 工址一秒週期設計水平譜加速度係數
- S_{MS}: 工址短週期最大考量水平譜加速度係數
- S_{M1}: 工址一秒週期最大考量水平譜加速度係數
- SS: 震區短週期設計水平譜加速度係數
- S₁: 震區一秒週期設計水平譜加速度係數
- S_S^M: 震區短週期最大考量水平譜加速度係數
- S1^M: 震區一秒週期最大考量水平譜加速度係數
- F_a: 反應譜等加速度段之工址放大係數,隨地盤種類與震區短週期水 平譜加速度係數S_s(S^D_s或S^M)而改變。
- F_v : 反應譜等速度段之工址放大係數,隨地盤種類與震區一秒週期水 F_v : 平譜加速度係數 $S_1(S_1^D ext{d} S_1^M)$ 而改變。

震區係數根據不同震區(鄉鎮市區),以耐震設計規範中表 2.1 進行查 表而得;工址放大係數則以同規範中表 2-2(a)與表 2-2(b),搭配震區係數及 地盤分類查表線性內插求得。地盤分類除臺北盆地區域以外,其餘工址以地 表面下 30 公尺內之土層平均剪力波速 V_{S30} 決定。 $V_{S30} \ge 270 m/s$ 者為第一 類地盤(堅實地盤);180 $m/s \le V_{S30} \le 270 m/s$ 者為第二類地盤(普通地 盤); $V_{S30} \le 180 m/s$ 者為第三類地盤(軟弱地盤)。

4.1.2 近斷層區域之工址

當工址所在震區屬必須考慮近斷層效應之區域時,其工址水平譜加速 度係數計算如下:

$$S_{DS} = F_a S_S^D N_A; \ S_{MS} = F_a S_S^M N_A; \ N_A \ge 1.0$$

$$S_{D1} = F_\nu S_1^D N_V; \ S_{M1} = F_\nu S_1^M N_V; \ N_V \ge 1.0$$
 (4)

上式中, N_A與N_V分別代表反應譜等加速度段與等速度段之近斷層調整 因子,其值在設計地震與最大考量地震下不相同,且隨工址與斷層之水平距 離而改變,如規範中表 2-4-1 至表 2-4-7 所列。

此外,式中所用之工址放大係數仍同一般工址規定計算,但改採震區係 數乘以近斷層調整因子(S^D_SN_A、S^M_SN_A、S^D₁N_V、S^M₁N_V)搭配地盤分類以規 範表 2-2(a)與表 2-2(b)查表線性內插求得。

由於每條斷層之近斷層調整因子不同,且與工址之最短距離也不同,因 此,若目標工址位址需考慮多條斷層之近斷層效應時,系統頁面會有所調整:

- 「工址水平譜加速度係數」區塊之各項係數將為考慮各斷層之近斷
 層效應計算而得數值中之最大值。
- 「近斷層調整因子」(或「近斷層震區係數」)以及「工址放大係數」
 區塊,表格列數將會依照工址所需考慮近斷層效應之斷層數量而增 減,並以粗體標示最終用於計算工址參數之數值。

4.1.3 臺北市及新北市

臺北市及新北市之震區(里)可由規範表 2-6(a)與表 2-6(b)判斷為臺北 盆地微分區或為一般震區。

震區屬臺北盆地微分區者,以規範表 2-6(c)查表可直接得工址係數,不 需經過一般震區計算程序。震區屬一般震區者,則以 4.1.1 及 4.1.2 所述計 算設計地震。

4.2 民國 102 年規範(草案)

民國 102 年規範草案延續民國 100 年規範,勘誤及微調臺中市南區、 屏東縣長治鄉及麟洛鄉之設計水平譜加速度係數。此外,外島地區(澎湖縣、 金門縣,以及連江縣)之設計地震依據國家地震工程研究中心研究報告 NCREE-10-016 及後續規範研究發展委員會研議之結論修訂。同時,各行政 區之鄰近斷層改為參照中央地質調查所 2012 年新版活動斷層分布圖,並修 正近斷層調整因子N_A、N_V及其用以加成工址係數之算式如下:

$$S_{DS} = F_a(0.8N_A); \quad S_{MS} = F_a(1.0N_A)$$

$$S_{D1} = F_\nu(0.45N_V); \quad S_{M1} = F_\nu(0.55N_V)$$
(5)

4.3 民國 106 年規範(草案)

因應新增第一類活動斷層對地震潛勢提高的影響,修訂多處行政區之 震區係數,並取消近斷層調整因子N_A、N_V,改列近斷層區之震區係數取代, 係數之計算方式也改以工址與斷層距離查表內插計算而得。同時,於第二類 地盤計算工址放大係數F_a、F_v時,需要確切之V_{S30}數值以正確計算係數,即 式(1)、式(2)。

第五章 繪製反應譜

本章將詳細講解第二章中所提及本系統繪製反應譜區塊內各選項之詳 細功能與運作細節。

5.1 選取耐震設計目標

耐震設計目標包含 475 年(設計地震)以及 2500 年(最大考量地震) 回歸期。使用者可以自由選擇要繪製兩種,還是只繪製其一。

在反應譜圖上,設計地震所對應之反應譜將以實線繪製,最大考量地震 所對應之反應譜則以虛線繪製。



圖9系統生成之反應譜範例

5.2 選擇反應譜圖形

5.2.1 不同形式之長週期反應譜

反應譜圖形提供長週期持續衰減,或保持定值之圖形。圖 9 即為一長 週期保持定值之圖形,符合民國 100 年規範之規定,即

較短週期	短週期	中週期	長週期
$T \leq 0.2T_0^D$	$0.2T_0^D < T \le T_0^D$	$T_0^D < T \le 2.5 T_0^D$	$2.5T_0^D < T$
$S_{aD} = S_{DS}(0.4 + 3\frac{T}{T_0^D})$	$S_{aD} = S_{DS}$	$S_{aD} = S_{D1}/T$	$S_{aD} = 0.4 S_{DS}$

表 1 一般工址或近斷層區域之工址設計水平譜加速度係數SaD

較短週期	短週期	中週期	長週期
$T \leq 0.2T_0^M$	$0.2T_0^M < T \le T_0^M$	$T_0^M < T \le 2.5 T_0^M$	$2.5T_0^M < T$
$S_{aM} = S_{MS}(0.4 + 3\frac{T}{T_0^M})$	$S_{aM} = S_{MS}$	$S_{aM} = S_{M1}/T$	$S_{aM} = 0.4 S_{MS}$

表 2 一般工址或近斷層區域之工址最大考量水平譜加速度係數Sam

其中,短週期與中、長週期的分界T₀與T₀分別滿足

$$T_0^D = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}; \ T_0^M = \frac{S_{M1}}{S_{MS}}$$
 (6)

若使用者選擇繪製長週期持續衰減之圖形,則2.5T₀後的水平譜加速度 係數將按照中週期之公式計算。

5.2.2 包絡反應譜

除了可從兩種不同的反應譜圖形擇一繪製以外,使用者也可自由選擇 是否「只繪製包絡反應譜」。此選項預設為勾選。

當目標工址落於多條近斷層影響範圍內時,每一條斷層都將有各自對 應之設計地震反應譜與最大考量地震反應譜。若這些反應譜中沒有一條能 完整包覆其他反應譜者,則系統會自動生成包絡所有反應譜之圖形,稱為包 絡反應譜;反之,則能完整包覆其他反應譜者所對應之斷層稱為主控斷層。

當「只繪製包絡反應譜」之選項被勾選時,反應譜圖形將只繪製包絡反 應譜;反之,若該選項被取消勾選時,將繪製所有斷層所對應之反應譜以及 包絡反應譜。若目標工址存在有主控斷層,且「只繪製包絡反應譜」之選項 被勾選時,則改為只繪製該主控斷層所對應之反應譜。

無論是包絡反應譜或是主控斷層所對應之反應譜,在反應譜圖形上將 以較粗之線條繪製,供使用者判別,主控斷層並將於圖例後方註明。



圖 10 目標工址存在有主控斷層之反應譜圖形範例

5.3 設定座標屬性

此區塊可讓使用者自訂圖形與輸出數據之週期間隔、X與Y軸之最大值,以及選擇以線性或對數刻度繪製X與Y軸。

5.3.1 週期間隔

為了節省運算資源,反應譜圖形線性段預設僅以兩點繪製;曲線段部分, 長週期保持定值之圖形以均布 20 點(含起訖點)灑點繪製,長週期持續衰 減之圖形以均布 50 點(含起訖點)灑點繪製。

使用者可自訂任意數字作為週期間隔,則無論是線性段或是曲線段,每 一自訂之週期間隔都會有一數據點存在。然而,使用者應注意自訂過大之週 期間隔將使曲線段呈現相當不平滑與不連續之現象;反之,訂定過小之週期 間隔將使系統之運算負荷以及使用者端之顯示資源需求加重,在輸出反應 譜數值時也會產生較大之檔案。 無論是預設自動灑點或是由使用者自訂週期間隔,由於各反應譜之T₀ 皆不同,為了使各反應譜數據點相同,進而能順利進行矩陣運算,因此除前 述所提之數據點外,各反應譜還會再插入所有反應譜各自之轉折點(即0.2T₀、 T₀,並在繪製長週期保持定值之圖形時再額外加入2.5T₀)作為數據點。

5.3.2 X 軸最大值

預設為 5 秒。使用者可自訂任何數字,但不允許低於所有反應譜各自對應之T₀中最大值之 2.5 倍,否則系統將自動以T₀中最大值之 3 倍作為 X 軸最大值進行布點與繪圖。

5.3.3 Y 軸最大值

預設為所有反應譜最高數值(即工址短週期水平譜加速度係數中S_{DS}及 S_{MS}之最大值)之1.25倍。使用者可自訂任意數字,系統不做任何驗證。然 使用者應注意設定過低之數值所繪製的圖形將可能在顯示時裁切掉部分反 應譜,此為使用者應自行注意之責任。

5.3.4 線性刻度與對數刻度

預設以線性刻度繪製 X 與 Y 軸。使用者可依自身需求調整 X 與 Y 軸 以線性或對數刻度繪製,共4種組合。由於 log(0)沒有定義,當使用者以對 數刻度繪製時,最小的數據點預設會以 0.001 取代 0;若是使用者同時也自 訂了小於 0.001 的週期間隔時,最小的數據點改以一個週期間隔取代 0。

5.4 繪製與輸出

在此區塊中共有四個按鍵,分別為「繪製反應譜」、「加入比較」、「輸出 反應譜數值」,以及「輸出工址相關資訊」。

5.4.1 繪製反應譜

使用者按下此按鍵後,客戶端將蒐集所有繪製反應譜所需資料後傳送 至伺服器端計算所有繪圖所需數據點。在此,本系統使用了 Bokeh 這套互 動式資料視覺化模組。Bokeh 能讓開發者在伺服器端以 Python 程式語言處 理與計算資料數據,善用 Python 在資料處理領域完善的生態系,也不需處 理太多複雜的前端視覺化框架即可在客戶端顯示一組可以互動操作的圖表。

5.4.2 加入比較表

將當前的工址資訊以及計算而得的相關係數存入比較表中(不需先繪 製反應譜),待後續想一次繪製不同工址或不同規範之結果以便進行比較時 使用。比較表的樣式如圖3所示,此表將懸浮於視窗右上角處,使用者可以 點擊表上方箭頭符號暫時將其隱藏,或是按下「清除」按鍵將所有結果清空 並完整隱藏此表。

系統目前提供使用者加入最多三筆工址資訊比較,加入第四筆時將刪 除最舊的第一筆工址資訊。每一筆工址預設以該工址之行政分區作為名稱 以供辨識,若存在同樣行政分區之工址資訊時將後綴流水號以避免重複。使 用者也可以自行更改此名稱為方便辨識之字串,此名稱將作為反應譜中圖 說以及輸出反應譜數值檔每個欄位的前置字串。

若是其中特定一筆工址已不再需要,使用者可以點擊該筆工址名稱右 方「×」符號將其刪除。使用者也可以將工址名稱左方之選取方格取消勾選, 則該筆工址仍然會保留,但在繪製及輸出時將不會加入其中。

工址資訊準備妥當後,按下「繪製全部」,則系統將以本章前述所有選 項之當前設定進行反應譜繪製。若選擇「輸出數值」,則輸出所有加入比較 之反應譜數值之數據點存為 CSV 檔。

5.4.3 輸出反應譜數值

將用於繪製反應譜的所有資料點存成 CSV 檔輸出供使用者下載,圖 11 為僅輸出包絡反應譜之範例。CSV 格式可輕易透過 Microsoft Excel 等試算 表程式整理成表格形式。輸出反應譜數值不需先繪製反應譜,但輸出之數值 與欄位數量將根據本章前述所有選項之當前設定調整。

	量甲	巾后里區_反應	點首數1旦.CSV ~			
回絡設計地震反應譜_Period,包絡	設計地震反應譜_Sa	(g),包絡最大	考量地震反應譜_	_Period,包絡最大	考量地震反應譜_	Sa (g)
.0,0.384,0.0,0.48						
.117083,0.96,0.117083,1.13	0974					
.12375,0.96,0.12375,1.1680	4					
.129498,0.96,0.129498,1.2						
.133,0.96,0.133,1.2						
.61875,0.96,0.61875,1.2						
1.665,0.893233,0.665,1.2						
).711414,0.834956,0.711414,	1.121709					
.757829,0.783818,0.757829,	1.053008					
.804243,0.738582,0.804243,	0.992237					
1.850658,0.698283,0.850658,	0.938097					
).897072,0.662154,0.897072,	0.88956					
1.943487,0.62958,0.943487,0	.845799					
.989901,0.60006,0.989901,0	.806141					
.036316,0.5/3184,1.036316,	0.770036					
082/3,0.548613,1.082/3,0.	/3/026					
. 129145, 0. 526062, 1. 129145,	0.70673					
1/5559,0.505291,1.1/5559,	0.6/8826					
	0.653042					
	0.629145					
	0.606935					
407622 0 421085 1 407622	0.00024					
40/032,0.421905,1.40/032,	0.00091					
454040,0.408515,1.454040,	0.546613					
	0.33183/					
	130/9					
. 0025, 0. 504, 1. 0025, 0. 40						
.0,0.304,3.0,0.48						

圖 11 輸出之反應譜數值範例

5.4.4 輸出工址相關資訊

將頁面上工址資訊區塊、鄰近斷層區塊以及結果係數列表區塊中的所 有資訊打包成 CSV 檔輸出供使用者下載。

	室中小山王ლ_工址員訊.CSV >
規範版本,民國100年(2011)	
斷層版本,2000 年版	
行政分區,臺中市后里區	
經度,120.734192	
緯度,24.288813	
地盤分類,第一類地盤	
震區SDS,0.8	
震區SD1,0.45	
震區SMS,1	
震區SM1,0.55	
鄰近斷層,屯子腳斷層,車籠埔斷層	
工址SDS,0.96,0.928	
工址SD1,0.562,0.594	
轉角週期T0D,0.586,0.64	
工址SMS,1.17,1.2	
工址SM1,0.726,0.798	
轉角週期T0M,0.621,0.665	
近斷層調整因子NAD,1.2,1.16	
近斷層調整因子NVD,1.25,1.32	
近斷層調整因子NAM,1.17,1.2	
近斷層調整因子NVM,1.32,1.45	
近斷層與工址距離.2.559.2.714	

圖 12 輸出之工址相關資訊範例

5.4.5 反應譜圖

此互動式圖表以 Bokeh 套件繪製而成。使用者可以透過圖表右方工具 列中之功能進行平移(Pan)、框選縮放(Box Zoom)、滾輪縮放(Wheel Zoom)、 輸出圖表下載(Save)、重置視圖(Reset)、放大(Zoom In)、縮小(Zoom Out)、 開啟十字絲(Crosshair)、顯示資料點資訊(Hover)(由上而下排序,不包含 Bokeh 圖示)。預設情況下,平移、十字絲及資料點資訊三種功能是啟用的。

在十字絲以及資料點資訊兩者啟用的情況下,滑鼠經過的地方將會顯 示十字絲,並且顯示該垂直線切過的數據點資訊。然而,使用者應注意顯示 於圖上之資訊並非來自十字絲垂直線恰好切過之數據點,僅是接近垂直線、 實際用來繪製反應譜之數據點。因此,數據點之實際位置應參考資訊卡旁之 三角箭頭所指之位置,而非垂直線與反應譜之交叉點。



圖 13 十字絲、數據點資訊,以及圖說隱藏功能

除右方工具列上之各種功能,使用者也可以點擊圖說中任意一筆,則該 筆圖說將變為半透明,且其對應之反應譜也將從圖上隱藏。

第六章 使用範例

在此以后里 921 紀念球場作為工址查詢範例。在 Google Maps 搜尋列 中輸入「后里 921 紀念球場」進行搜尋,並假設其為第一類地盤,依序查詢 民國 100 年、102 年、106 年三版之規範,各自搭配規範制定時所使用之活 動斷層版本,並將其所得之反應譜以比較功能繪製於同一張圖上。



圖 14 后里 921 紀念球場之地理位置

由於臺中市后里區屬應考慮近斷層效應之震區,因此在頁面上將會看 到「選擇鄰近斷層」表格。同時,由於是以關鍵字搜尋工址,Google Maps 會回傳一經緯度,本系統將以此經緯度自動計算其與斷層間之最短距離。確 認距離無誤並選擇地盤分類為第一類後,即可按下計算參數鍵進行計算。

選擇鄰近斷層				
鄰近第一類活動斷層	與工址最短距離(km)			
✓ 屯子腳斷層	2.559			
✓車籠埔斷層	2.714			

圖 15 后里 921 紀念球場之鄰近斷層 與距離(民國 100 年版)

選擇鄰近斷層

鄰近第一類活動斷層	與工址最短距離(km)
☑ 屯子腳斷層	2.581
✓ 三義斷層	0.075
✓車籠埔斷層全段	2.712
✓彰化、大甲及鐵砧山 斷層	11.23

圖 16 后里 921 紀念球場之鄰近斷層與其 距離(民國 102 年、106 年版)

以下依序表列三個規範所計算而得之係數:

工址水平譜加速度係數

設計地震 (回歸期475年)			最大考量地震 (回歸期2500年)		
S_{DS}	S_{D1}	T_0^D	S_{MS}	S_{M1}	T_0^M
0.96	0.594	0.619	1.2	0.798	0.665

~

震區水平譜加速度係數

設 (回歸	計地震 期475年)	最大考 (回歸期	考量地震 月2500年)
S^D_S	S_1^D	S^M_S	S^M_1
0.8	0.45	1	0.55

近斷層調整因子

	設計 (回歸期	地震]475年)	最大考 (回歸期)	量地震 2500年)
斷層名稱	N_A	N_V	N_A	N_V
屯子腳斷層	1.2	1.25	1.17	1.32
車籠埔斷層	1.16	1.32	1.2	1.45

圖 17 后里 921 紀念球場計算結果參數(民國 100 年版)

工址水平譜加速度係數

設計地震 (回歸期475年)			最大考量地震 (回歸期2500年)		
S_{DS}	S_{D1}	T_0^D	S_{MS}	S_{M1}	T_0^M
0.96	0.594	0.619	1.2	0.798	0.665

隱藏計算過程參數

震區水平譜加速度係數

設) (回歸	计地震 期475年)	最大考 (回歸期	f量地震 2500年)
S^D_S	S_1^D	S^M_S	S_1^M
0.8	0.45	1	0.55

近斷層調整因子

	設計地震 (回歸期475年)		最大考量地震 (回歸期2500年)	
斷層名稱	N_A	N_V	N_A	N_V
三義斷層	1.1	1.15	1.2	1.35
屯子腳斷層	1.2	1.25	1.17	1.32
彰化、大甲及鐵砧山斷層	1.05	1.05	1.05	1.1
車籠埔斷層全段	1.16	1.32	1.2	1.45

圖 18 后里 921 紀念球場計算結果參數(民國 102 年版)

工址	水平譜加速度係	數					
	設計地震 (回歸期475年)			最大考量地震 (回歸期2500年)			
	S_{DS}	S_{D1}	T_0^D	S_M	S	S_{M1}	T_0^M
	0.988	0.601	0.608	1.21	6	0.804	0.661
			同题 病政 2	计算過程參數			
震區	「水平譜加速度係	數					
	設計地震 (回歸期475年)			最大考量地震 (回歸期2500年)			
	S ^D _S S ^D ₁ 0.988 0.601 近斷層震區係數		S^M_S		1	S^M_1	
			1.216		0.804		
			設計地震 (回歸期475年)		最大考 (回歸期	最大考量地震 (回歸期2500年)	
		斷層名稱		S^D_S	S_1^D	S^M_S	S_1^M
		三義斷層		0.88	0.52	1.2	0.74
	T	七子腳斷層		0.988	0.574	1.205	0.748
	彰化、大甲及鐵砧山斷層		0.818	0.459	1.027	0.585	
	車第	管埔斷層全段		0.946	0.601	1.216	0.804

圖 19 后里 921 紀念球場計算結果參數(民國 106 年版)

由於 2012 年後此處之活動斷層增加為四條,為了避免圖面擁擠,以下 所繪製出來包含三個規範結果之反應譜僅包含設計地震反應譜,不含最大 考量反應譜。另外,為了方便辨識,此範例亦同時將加入比較表之每筆資料 依序改名為 100 年、102 年,以及 106 年。



圖 20 包含三個規範結果之設計地震反應譜圖

第七章 結論與展望

本研究建置了耐震設計反應譜查詢系統,並將其搬上雲端,讓使用者破 除不同作業系統、裝置間的障礙,僅需網頁瀏覽器便能操作。本系統提供查 詢建築物耐震設計規範之水平譜加速度係數以及繪製相應反應譜之功能, 並可在熟悉的 Google Maps 上以關鍵字等多種方式直覺地查詢工址,配合 地理資訊系統,準確判斷工址震區,同時自動計算工址與斷層間距離,自動 選取影響範圍內之斷層,簡化大量而繁複之計算流程。本系統亦可比較不同 規範、不同工址、不同設計目標之反應譜,也能在 Google Maps 上套疊圖 層,做出更多元之應用。

目前本系統可提供現行規範即民國 100 年版,以及民國 102 年、106 年 兩版草案之規範查詢。後續將陸續新增過往之規範查詢,同時嘗試新增更多 常用圖層,以豐富本系統之功能。

參考文獻

[1] 劉勛仁、簡文郁、張毓文,"設計地震整合系統發展與應用,"中 華民國第十二屆結構工程研討會暨第二屆地震工程研討會, 2014.

- [2] 財團法人國家實驗研究院國家地震工程研究中心, "臺灣規範反應譜查詢介面," http://www.ncree.org/DesignSpectra.aspx.
- [3] 內政部營建署, "建築物耐震設計規範及解說," 2011.
- [4] 簡文郁、張毓文、邱世彬、劉勛仁, "NCREE-014-005 近斷層設計 地震研究," 2014.