

# 內政部建築研究所專題研究計劃成果報告

研究案編號：MOIS 891016-2

計畫名稱：考慮區域近斷層效應及均佈危害度之設計地震力  
需求

執行期間：八十八年十月二十六日至八十九年十月二十五日

## 考慮區域近斷層效應及均佈危害度 之設計地震力需求

計畫主持人：羅俊雄

共同主持人：溫國樑

主辦單位：內政部建築研究所

執行單位：中華民國地震工程學會

中華民國八十九年十月

# 內政部建築研究所專題研究計劃成果報告

研究案編號：MOIS 891016-2

計畫名稱：考慮區域近斷層效應及均佈危害度之設計地震力需求

執行期間：八十八年十月二十六日至八十九年十月二十五日

## 考慮區域近斷層效應及均佈危害度 之設計地震力需求

計畫主持人：羅俊雄

共同主持人：溫國樑

研究人員：簡文郁、柴駿甫、鄧崇任、饒瑞鈞

主辦單位：內政部建築研究所

執行單位：中華民國地震工程學會

中華民國八十九年十月

**統 一 編 號**

**0022444890397**

## 摘要

台灣地區存在有許多區域斷層，某些區域斷層在有歷史記載的年代中，曾引發過大規模之強烈地震。有鑑於美國、日本等地震工程先進國家，記取近斷層地震之經驗與教訓，已修訂其耐震設計規範並將近斷層效應納入考量，本計畫亦於 1999 年集集地震後，著手進行台灣耐震設計規範中有關近斷層設計地震力之研擬。

傳統之設計地震水準是以 PGA 值之大小來區分其水準，但為能考量實際結構反應，最新的規範趨勢乃藉由均佈危害度分析，直接利用譜加速度的衰減公式，獲致特定回歸期之設計反應譜。本計畫將依據鄉、鎮、市等行政區域為震區劃分單位，對每一個震區分別給定 0.3 秒週期之反應譜值水準當作短週期結構物地震水準之標準，以及 1.0 秒週期之反應譜值水準當作中、長週期結構物地震水準之標準。

針對近斷層區域而言，工址所屬震區之震區短週期與一秒週期水平譜加速度係數深受該斷層之特性以及工址與斷層距離之影響，若僅以鄉、鎮、市等行政區域形心位置之均佈危害度分析結果代表該行政區域所有工址的震區水平譜加速度係數，將低估部分工址之震區水平譜加速度係數，致使設計地震力不足以抵抗該斷層引發之近斷層地震。因此，必須藉助於滿足特定斷層特性之譜加速度近斷層衰減公式定義近斷層調整因子  $N_A$  與  $N_V$ ，進而修正近斷層工址之震區水平譜加速度係數，使合理估計近斷層建築物之設計地震力。

本報告在訂定設計地震力需求之同時，也考慮耐震分析之所需，一併將如何產生出一個保持原有地震地表運動特性又與反應譜相容之方法，作一介紹並舉實例說明此產生方法之過程與結果。並利用經驗格林函數模擬特定地點、特定斷層所產生與設計反應譜相容之強地動歷時曲線。

**關鍵詞：**均佈危害度分析、震區譜加速度係數、近斷層調整因子、群波延遲時間、反應譜相容之設計地表運動歷時、經驗格林函數

# Seismic Considerations of Buildings at Near-Fault Seismic Hazard Environments

## ABSTRACT

Based on the probabilistic seismic hazard analysis, the design intensities of PGA and spectral acceleration demand corresponding to each interesting return period can be estimated. In this report, each political region of town or city is recognized as a seismic zone, and the spectral acceleration demands at short periods and 1 second for each microzonation are determined by the uniform hazard analysis.

On the basis of the near-fault attenuation laws of spectral acceleration and the uniform hazard analysis, the near-source factors can be defined and used to determine the design spectral response accelerations at short periods and at 1 second for the seismic zones near active faults in Taiwan. Therefore, by these two coefficients at short periods and at 1 second, the modified near-fault design response spectrum can be developed to increase the seismic capacity for buildings against the near-fault ground motions.

In this report, the phase spectrum of ground motion is modeled by integrating the predicted group delay times. Based on the predicted phase spectrum, the design ground motion can be simulated by the iteration method of modifying the Fourier amplitude, such that the associated spectral acceleration will satisfy the design response spectrum as specified by the seismic design code. Furthermore, the empirical Green's functions in time domain is adopted to develop elastic response spectrum for the specified magnitude of potential earthquake, and also provide the response-spectrum compatible time histories.

**Key words :** uniform hazard analysis, spectral response acceleration, near-source factors, group delay time, design ground motion compatible with design response spectrum, empirical Green's function

# 目 錄

摘要	I
目錄	II
第一章、緒論	1-1
第二章、美國 IBC2000 有關設計地震力之相關規範	
2.1 設計之功能需求與地震水準	2-1
2.2 訂定設計反應譜之一般程序	2-1
2.3 特定場址之設計反應譜	2-3
第二章圖表	2-3
第三章、設計地震力之均布危害度分析	
3.1 設計之功能需求與地震水準	3-1
3.2 地震危害度分析	3-1
3.2.1 震度衰減律分析	3-2
3.2.2 震度衰減律分析之資料庫	3-2
3.2.3 PGA 衰減律分析比較	3-3
3.3 反應譜震度衰減律分析結果	3-4
3.4 PGA 及反應譜震度等震度分佈圖	3-4
3.5 耐震需求曲線比較	3-5
第三章圖表	3-7
第四章、均布危害設計地震力與考慮區域近斷層效應之調整	
4.1 均布危害設計地震力	4-1
4.2 區域近斷層效應	4-1
4.3 近斷層區域之震區水平譜加速度係數	4-3
4.3.1 獅潭斷層	4-4
4.3.2 屯子腳斷層	4-5
4.3.3 梅山斷層	4-5
4.3.4 新化斷層	4-6
第四章圖表	4-7
第五章、設計反應譜相容之地表運動歷時	
5.1 相位頻譜與設計地震歷時	5-1
5.2 群波延遲時間與相位頻譜模擬	5-1
5.3 特定場址群波延遲時間之條件模擬	5-3
5.4 實例分析	5-5
第五章圖表	5-6

第六章、時間域經驗格林函數分析	
6.1 經驗格林函數	6-1
6.2 分析結果	6-2
第六章圖表	6-3
第七章、結論與建議	
7.1 靜力分析部分	7-1
7.2 動力分析部分	7-4
第七章圖表	7-5
參考文獻	R-1

# 第一章 緒論

台灣地區存在有許多區域斷層，某些區域斷層在有歷史記載的年代中，曾引發過大規模之強烈地震，例如 1906 年之梅山地震(規模 7.1)，1935 年之新竹 - 台中地震(規模 7.1)，1941 年之中埔地震(規模 7.1)，1946 年之新化地震(規模 6.1)，1964 年之白河地震(規模 6.3)及 1999 年之集集地震(規模 7.3)等，這些災害性之近斷層地震均造成生命財產之嚴重損失。有鑑於美國、日本等地震工程先進國家，在 1994 年北嶺地震及 1995 年神戶地震後，記取近斷層地震之經驗與教訓，已修訂其耐震設計規範並將近斷層效應納入考量，本計畫亦於 1999 年集集地震後，著手進行台灣耐震設計規範中有關近斷層設計地震力之研擬。

傳統之設計地震力，是根據工址所在地區之建築物，在 50 年使用期中有 10% 超越機率之地震水準(相當於迴歸期為 475 年之地震水準)，作為耐震需求來進行耐震設計。此地震水準是以 PGA 值來表現其大小，由於每個工址 475 年地震水準之不同，於是有所謂震區等級之劃分，以示不同震區其設計地震水準之強弱。早期之規範中，有關震區等級之劃分均很粗略(例如劃分為強震區、中震區及弱震區)，此作法係基於保守起見，在某一地區範圍內，將部份地區之設計地震水準一致抬高至該地區內之最高水準，而使用同一標準。如此之作法雖然簡便，但卻致使某些被抬高水準之地區，其地震危害之風險會有不一致的現象發生，其迴歸期已超過 475 年，但因為不知道究竟被抬高多少，故其真正之迴歸期為未知數(例如某地區也許被抬高至 600 年之地震水準)。

若要實施考慮區域近斷層效應，則上述粗略劃分震區之作法會發生困難。假設某一活斷層發生某一規模之地震的復發機率為已知，則我們可反推其 475 年發生一次近斷層地震之規模大小，代入該規模大小下之 PGA 衰減律公式，計算出 PGA 沿斷層距之衰減情形，並與斷層所在震區之地震水準(迴歸期 475 年)相比較，以決定近斷層影響範圍，亦即 PGA 衰減律公式計算所得大於震區水準之區域。因為兩者都是基於同樣 475 年迴歸期之考量，因此，在近斷層影響範圍內之建築物，其地震危害主要是由此斷層之活動潛勢在控制，應該選擇斷層實際發生地震之 PGA 衰減行為作為設計地震之標準；出了這個範圍，則斷層之影響已經式微，地震危害反而受其他潛在震源在控制，應以所在震區之地震水準作為設計地震之依據。但現實之困難在於斷層附近地區之 475 年設計地震水準，已因震區劃分簡單化之結果而失真，因此在無法知道其真正迴歸期之情況下，是無法與 475 年近斷層地震規模下之 PGA 相比，以決定近斷層之實際影響範圍。另一個困難在於要估計一條活斷層發生某一規模地震之復發機率是相當困難的事，除非統計資料夠充份，所以實際上也無法知道其 475 年發生一次之近斷層地震之規模大小。基於以上兩種困難，若以震區簡單劃分之形式而要實施考慮近斷層效應，其結果一定是設計地震水準大幅增加而不經濟，



且其風險不一致無法反映真正的地震危害。

要解決上述之第一個困難，首先還是要回到基本設計需求(即回到原始 475 年迴歸期地震水準)的基礎上，儘量將震區微區化，微區劃分之結果使得在小震區內的某地區，即使地震水準被抬高也不致偏離真正 475 年迴歸期之地震水準太遠。事實上，要實施震區微小劃分並不困難，只要列表並給定設計地震水準即可，本報告建議採用鄉、鎮、市等小行政區域來劃分震區，一則其總數為有限，二則較能精細的將近斷層影響範圍隔離出來，以另行考慮區域近斷層效應。

至於要解決上述第二個困難，則可參照美國 IBC 2000 規範(於第二章中介紹)之精神，來訂定近斷層區域之設計地震水準，其規範之精神在於除了設計地震水準外，另提出一個較罕遇的地震水準，稱之為最大考量地震水準，其定義為建築物 50 年使用期中有 2% 超越機率之地震水準(相當於迴歸期約為 2500 年)。藉由此地震水準之提出，可以較合理的方式來考慮近斷層效應。由於每個地區均各有其 475 年之設計地震水準及 2500 年之最大考量地震水準，故其間之比例值會隨著地區之不同有所差異。針對某一個近斷層區域，我們可以先求得在此區域周遭環境之設計地震水準及其相對應之最大考量地震水準，其間會有一個比例值，以顯示如何將該地區之最大考量地震水準轉換到設計地震水準。其次，再將此罕遇之最大考量地震水準與斷層引發最大地震規模潛勢下之 PGA 衰減行為相比較，以決定斷層影響範圍及修正幅度，以反映實際近斷層效應之需求。最後，將考量近斷層效應修正後之最大考量地震水準按此地區之比例值換算成 475 年考量近斷層效應之設計地震水準。藉由斷層最大規模潛勢地震與迴歸期 2500 年震區最大考量地震相比之比值，應用於 475 年震區設計地震水準之方式，可求得考量區域近斷層效應之設計地震水準，而迴避原先第二個困難。

由前所述，傳統之設計地震水準是以 PGA 值之大小來區分其水準，但由反應譜之理論可知，PGA 值只是反應譜中結構週期為零之反應譜值而已，並不能代表其他非零結構週期之反應譜值。因此，設計地震水準並不能單純以 PGA 值之大小來作標準。理論上，每個結構週期上之反應譜值皆能用以區分在該週期上之地震水準高低。例如我們說甲地之 0.3 秒反應譜值水準比乙地之 0.3 秒反應譜值水準較高，此表示甲地之地震危害較大。但若以 0.3 秒反應譜值之大小當作標準來劃分震區一定與用 PGA 值之大小當作標準所劃分出來之震區有所差異。換句話說，甲乙兩地之 PGA 地震水準一樣並不能保證其 0.3 秒反應譜值之水準會相同。一般對短週期結構物而言，用 0.3 秒反應譜值之大小來區分地震水準，終究是比剛體之反應譜值(PGA)當作標準要來得合理。

對中長週期而言，用 1.0 秒反應譜值之大小當作標準來區分地震水準也是比用 0.3 秒或者 PGA 要來得合理。因此最新的規範趨勢為每一個震區分別給定兩個不同結構週期的地震水準，一個是以 0.3 秒週期之反應譜值水準當作短週期結構物地震水準之標準，另外一個是以 1.0 秒週期之反應

譜值水準當作中、長週期結構物地震水準之標準。此兩個週期(0.3 秒與 1.0 秒)的迴歸期均同為 475 年，表示對此不同週期之結構物而言，其地震風險為一致，相關之地震危害度分析即稱之為均佈危害度分析(uniform hazard analysis)。此比傳統一個震區只用一個 PGA 值大小來區分其地震危害之作法要來得合理。因此本報告採用均佈危害度分析(詳細作法見第三章)所得之結果再配合考慮近斷層效應(詳細作法見第四章)以訂定設計地震力之需求。

在耐震設計規範中，在特殊情況下規範指定必須進行時間歷時分析。傳統之作法為將與設計反應譜相容之地表運動時間歷時當作結構基底輸入運動，以進行結構時間歷時分析。與設計反應譜相容之地表運動歷時係利用隨機相位之方式產生，但此舉已喪失原有地震之地表運動特性。尤其是當我們想要保持原有地震之地表運動特性，又想要與設計反應譜相容的時候，隨機相位之方式已不敷需求，因此本報告在訂定設計地震力需求之同時，也考慮耐震分析之所需，一併將如何產生出一個保持原有地震地表運動特性又與反應譜相容之方法，作一介紹並舉實例說明此產生方法之過程與結果(詳細作法見第五章)。另外，利用經驗格林函數亦可用於模擬特定地點 特定斷層所產生與設計反應譜相容之強地動歷時曲線(詳細作法見第六章)。

最後，在本報告第七章結論與建議之章節中，將本研究成果應用於耐震設計規範，提出有關設計地震力要如何訂定之建議條文，以落實考慮區域近斷層效應及均布危害度之設計地震力需求。

## 第二章 美國 IBC2000 有關設計地震力之相關規範

### 2.1 設計之功能需求與地震水準

為滿足美國新規範的基本安全目的(Basic Safety Objective, BSO), 必須考量兩種不同功能需求水準的基本安全地震(Basic Safety Earthquake, BSE), 並命名為設計地震與最大考量地震(Maximum Considered Earthquake, MCE)。滿足基本安全目的之設計理念則是為當地震達最大考量地震水準時, 確保建築物不致倒塌; 而當地震達設計地震水準時, 確保建築物內之生命安全。

最大考量地震為對該場址建物造成極端危害的地震水準。在美國大部分的區域, 最大考量地震相當於建築物於 50 年使用期中有 2% 超越機率之地震水準(回歸期 2500 年)。針對明確之活斷層附近, 以 50 年 2% 超越機率預估的地表運動, 遠大於實際藉由地震儀量測所得地震規模大於 7.0 的近斷層地表運動, 此乃因此類活斷層每數百年即會釋放能量引致地震, 其回歸期遠小於 2500 年。因此, 針對此類地震規模潛勢超過 6.0 的活斷層鄰近區域, 除了利用機率方法預估 50 年 2% 超越機率之地震水準外, 可利用類似事件的經驗, 或是藉由該斷層特性計算分析最大地表運動, 並取其平均值之 1.5 倍與 50 年 2% 超越機率預估結果相比, 以決定最大考量地震。取平均值之 1.5 倍, 隱含一個均方誤差以及均值至垂直斷層方向之方位效應。

設計地震則相當於 50 年使用期中有 10% 超越機率之地震(回歸期 475 年)。但針對新建物時, 設計地震引致的結構反應不必大於最大考量地震水準的 2/3。

美國新規範利用反應譜制定建築物的地震需求, 並依據一般程序或是特定場址程序訂定設計反應譜。

### 2.2 訂定設計反應譜之一般程序

在一般程序中, 可直接利用岩石地盤(Site B)之短週期(0.2 秒)與長週期(1.0 秒)結構在最大考量地震作用下的 5% 阻尼譜加速度分布圖(與規範共同頒布), 內插得最大考量地震作用下, 該工址岩石地盤的震區短週期最大水平譜加速度係數  $S_s^M$ , 與震區一秒週期最大水平譜加速度係數  $S_1^M$ 。針對設計地震, 則可依據下列兩種方式: (1) 利用與規範共同頒布之 50 年 10% 超越機率地震作用下, 岩石地盤的短週期(0.2 秒)與長週期(1.0 秒) 5% 阻尼譜加速度分布圖, 內插求得短週期與一秒週期譜加速度, 或(2) 最大考量地震作用下之  $S_s^M$  及  $S_1^M$  的 2/3 倍; 而於兩者間取其較小者, 定義為設計地震作用下, 該工址岩石地盤的震區短週期設計水平譜加速度係數  $S_s^D$ , 與震區

一秒週期設計水平譜加速度係數  $S_1^D$ 。

接著，利用深度 30 公尺內之土壤特性(含波速與標準貫入試驗之  $N$  值)進行地盤分類，並依據地盤種類與最大考量地震作用下之震區短週期與一秒週期最大水平譜加速度係數  $S_S^M$  與  $S_1^M$  之值，或設計地震作用下之震區短週期與一秒週期設計水平譜加速度係數  $S_S^D$  與  $S_1^D$  之值，分別由表 2-1 與 2-2 內插得等加速度段與等速度段之工址放大係數  $F_a$  與  $F_v$ 。考慮場址非線性土壤放大效應，該場址在最大考量地震或設計地震作用下之工址短週期與一秒週期水平譜加速度係數(5%阻尼)可表示為

$$\begin{aligned} S_{XS} &= F_a S_S^X \\ S_{X1} &= F_v S_1^X \end{aligned} \quad (2-1)$$

其中上(下)標  $X$  可為  $M$  或  $D$ ，分別代表最大考量地震與設計地震。

接著根據建築物(含隔震或消能系統)之有效阻尼  $\beta$ ，由表 2-3 內插短週期與長週期的阻尼係數  $B_S$  與  $B_1$ ，使最大考量地震與設計地震之工址短週期與一秒週期水平譜加速度係數，分別依建物有效阻尼  $\beta$  修正為  $S_{XS}/B_S$  與  $S_{X1}/B_1$ ，其中下標  $X$  可為  $M$  或  $D$ ，分別代表最大考量地震與設計地震。值得一提的是，在沒有特別說明的情況下，結構阻尼均設定為 5%，而阻尼係數  $B_S=B_1=1.0$ 。

最後，結構反應譜加速度可依建物週期( $T$ )定義為

$$\begin{aligned} S_{ax} &= \frac{S_{XS}}{B_S} \left( 0.4 + \frac{3T}{T_0} \right) ; & T \leq 0.2T_0 \\ S_{ax} &= \frac{S_{XS}}{B_S} ; & 0.2T_0 \leq T \leq T_0 \\ S_{ax} &= \frac{S_{X1}}{B_1 T} ; & T \geq T_0 \end{aligned} \quad (2-2)$$

其中，短週期與長週期的分界  $T_0$  滿足

$$T_0 = \frac{S_{X1} B_S}{S_{XS} B_1} \quad (2-3)$$

而下標中之  $X$  可為  $M$  或  $D$ ，分別代表最大地震與設計地震。5%阻尼之設計反應譜形狀( $B_S=B_1=1.0$  以及  $X=D$ )如圖 2-1 所示。

IBC2000 同時規定，在下列任何一種情況，必須採用特定場址程序訂定反應譜：

1. 建築物坐落於活斷層 10 公里範圍之內。
2. 設計時將進行建物歷時反應分析。
3. 建築物坐落於 E 類地盤，且該場址之 BSE-2 短週期譜加速度( $S_S$ )超過 1.25g。
4. 建築物坐落於 F 類地盤。

## 2.3 特定場址之設計反應譜

除了遵循一般程序，利用頒布之 50 年 2% 與 10% 超越機率地震之岩盤譜加速度分布圖，訂定最大考量地震與設計地震之反應譜外，亦可針對特殊場址(如活斷層附近或盆地)，直接考慮震源效應與特殊場址效應，以機率方法結合分析方法計算該特定場址之設計反應譜。

其中機率方法乃基於該特定場址 50 年 2% 超越機率的<sup>a</sup>最大可能地震，直接考量其震區與場址效應，計算各結構週期 5% 阻尼之譜加速度。接著，利用各週期的譜加速度，計算工址短週期與一秒週期之最大水平譜加速度係數( $S_{MS}$  與  $S_{MI}$ )，其中  $S_{MS}$  為 0.2 秒之譜加速度，但不得低於最大譜加速度極值的 90 %；而  $S_{MI}$  則是利用長週期區段譜加速度公式  $S_{aM}=S_{MI}/T$  平均求得，但不得低於 1.0 秒之譜加速度的 90 %。最後，再依照(2-2)與(2-3)兩式，在  $B_S=B_1=1.0$  以及  $X=M$  的狀況下，求得該特定場址之最大地震結構反應譜  $S_{aMo}$ 。

而分析方法則是考量斷層特性與其最大規模潛勢，以理論或數值分析的方式，計算得各結構週期 5% 阻尼之平均譜加速度，再取其 1.5 倍，定義為最大地震譜加速度。接著，利用與機率方法相同的步驟，求得短週期與一秒週期之譜加速度  $S_{MS}$  與  $S_{MI}$ ，進而求得最大地震結構反應譜  $S_{aMo}$ 。但根據分析方法獲得的最大地震結構反應譜，有其下限限制，即在短週期區段之反應譜  $S_{aM}$  不得低於  $1.5F_a$ ，而在長週期區段之反應譜  $S_{aM}$  不得低於  $0.6F_v/T$ ；其中  $F_a$  與  $F_v$  為一般程序中所定義的場址係數，其值可依地盤種類與  $S_s=1.5g$  與  $S_1=0.6g$  的狀態由表 2-1 與 2-2 中查得。

最後，比較機率方法與分析方法的結果，取其較小者做為該場址之最大地震結構反應譜  $S_{aMo}$ 。該特定場址之設計反應譜則直接定義為

$$S_{aD} = \frac{2}{3} S_{aM} \quad (2-4)$$

但不得低於以一般程序分析結果之 80%。

表 2-1：短週期結構之場址係數  $F_a$

地盤分類	岩石地盤短週期結構在最大考量地震或設計地震作用下之 5% 阻尼譜加速度				
	$S_s^x \leq 0.25$	$S_s^x = 0.5$	$S_s^x = 0.75$	$S_s^x = 1.0$	$S_s^x \geq 1.25$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	<i>a</i>
F	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>

<sup>a</sup> 使用特定場址程序

表 2-2：1 秒週期結構之場址係數  $F_v$

地盤分類	岩石地盤 1 秒週期結構在最大考量地震或設計地震作用下之 5% 阻尼譜加速度				
	$S_1^x \leq 0.1$	$S_1^x = 0.2$	$S_1^x = 0.3$	$S_1^x = 0.4$	$S_1^x \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	$a$
F	$a$	$a$	$a$	$a$	$a$

$a$  使用特定場址程序

表 2-3：短週期與長週期結構之阻尼係數  $B_S$  與  $B_1$

有效阻尼 $\beta$ (%)	$B_S$	$B_1$
<2	0.8	0.8
5	1.0	1.0
10	1.3	1.2
20	1.8	1.5
30	2.3	1.7
40	2.7	1.9
>50	3.0	2.0

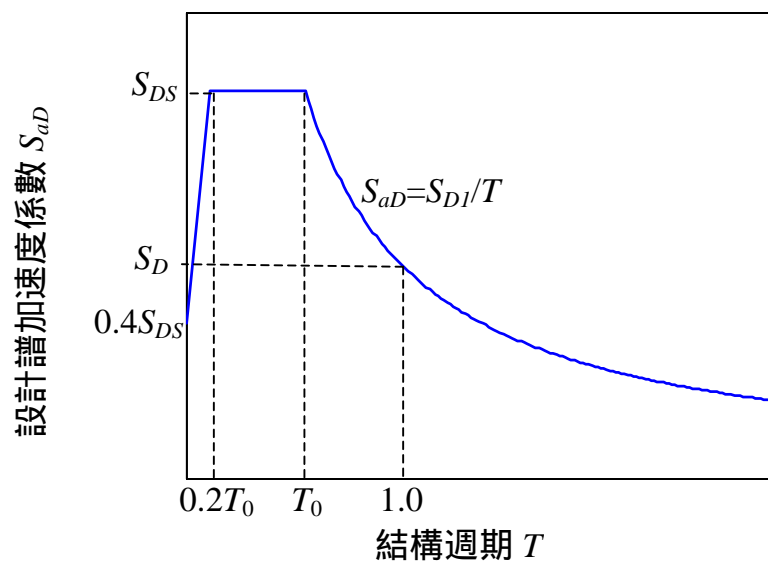


圖 2-1 設計地震反應譜( $B_S=B_1=1.0$  以及  $X=D$ )

## 第三章 設計地震力之均布危害度分析

### 3.1 設計之功能需求與地震水準

為滿足基本安全目的，考量兩種不同功能需求水準的基本安全地震，並命名為設計地震與最大考量地震。滿足基本安全目的之設計理念為當地震達最大考量地震水準時，確保建築物不致倒塌；而當地震達設計地震水準時，確保建築物內之生命安全。

設計地震相當於 50 年使用期中有 10% 超越機率之地震水準(回歸期 475 年)；而最大考量地震為對某工址設計建物造成極端危害的地震水準，相當於 50 年 2% 超越機率之地震水準(回歸期 2500 年)。

地震危害度分析，是耐震設計震度值分區與地震危險度評估工作之基礎。結構物耐震設計之主要參數除最大地表加速度 PGA 外，另一個重要設計參數為設計反應譜。耐震設計震度以岩石地盤之短週期(0.3 秒)與長週期(1.0 秒)結構，在最大考量地震及設計地震作用下的 5% 阻尼譜加速度分布圖表示，分別稱為震區短週期與一秒週期最大水平譜加速度係數  $S_s^M$  與  $S_1^M$ ，以及震區短週期與一秒週期設計水平譜加速度係數  $S_s^D$  與  $S_1^D$ 。此可透過地震危害度分析求得。

### 3.2 地震危害度分析

地震危害度分析(SHA)乃在建立工址某一地震參數 (PGA, PGV, PGD, Sa, Sv, Sd .....等) 的年超越機率曲線，亦即危害度曲線(hazard curve)。選定某一特定之年超越機率(例如 0.21%)將各個不同位置工址在危害度曲線所對應之地震參數(例如 PGA)求出，即可據此決定耐震設計參數值。SHA 是一個複雜的機率分析過程，分析多沿用工程上最常用的平穩態 Poisson 模式配合斷層斷裂模式進行 SHA。

在地震危害度分析中所需考慮之參數很多，其中以地震資料庫及震度衰減律對分析結果(危害度曲線)之影響最大。我國交通部中央氣象局自民國 80 年開始陸續在台灣地區裝設高密度強地動觀測網。自此後，台灣地區強地動資料庫不論在質與量上均有大幅提昇。台大及國家地震中心均曾以此高品質強地動資料庫對震度衰減律重新迴歸分析，所得到之結果與以往核電廠及高速鐵路系統耐震設計準則研擬時(民國八十年以前)之地震危害度分析所採用衰減律有相當大差異。羅等以中央氣象局 1993 — 1996 年間收錄到之地震資料中篩選出 7 筆資料重新建立 PGA 震度衰減律其結果與美、日兩國兩個近年所發生之強烈地震資料之比較 (Loh, 1998) 如圖 3.1 所示，可見其合理性。

### 3.2.1 震度衰減律分析

當地震發生時，能量由斷裂帶（面）以波的形式傳播至工址，由於傳播路徑材料及幾何上的關係，震度（以 PGA 為例）必定發生衰減現象，在工程上震度  $Y$  之衰減律可表為。

$$Y = f(M, R) \quad (3.1)$$

其中  $M$ ,  $R$  分別為地震規模及震源距離。工程上有多種常用的衰減律形式。採用 Campbell 所提出的衰減公式。由於震源採用斷層斷裂模式，假設地震能量沿斷層開裂長度內平均釋放，因此衰減式中的距離  $R$  須採用斷層(面)最近距離。採用 1993 至 1996 年間台灣地區七個強震紀錄資料，共 523 筆水平方向平均 PGA 資料，強震發生時間及規模如表 3.1 所示。

以前述資料進行斷層面解(fault plane solution)而得到的斷層(面)最近距離  $R$ ，進行迴歸分析而得到 Campbell 衰減律如下

$$y = PGA(g) = f(M, R) = a_1 e^{a_2 M} [R + a_4 \exp(a_5 M)]^{-a_3} \quad (3.2)$$

$$= 0.02968 \exp[1.20M] \cdot [R + 0.1464 \exp(0.6981M)]^{-1.7348} \quad (3.3)$$

其中  $M, R$  分別為地震規模及斷層最近距離。式(3.3)之結果乃是根據最新資料且採用與 SHA 一致的斷層最近距離模式，因此應可用於台灣地區地震危害度分析使用。其迴歸分析之對數誤差  $\ln E$  之標準偏差值  $\ln E = 0.5340$  在合理範圍內。因臺灣地區多數強震網測站之地盤特性並不很清楚，因此式(3.3)迴歸分析所採用資料並非如一般 SHA 分析般只取堅硬地盤資料，而是含蓋了所有地盤特性的資料。

將式(3.3)之衰減律以規模 7.0 及 6.7 代入繪出分別與美國北嶺地震 ( $M=7.0$ )及日本阪神地震( $M=6.7$ )之衰減律做一比較，可見其合理性(圖 3.1)。式(3.3)之結果與集集地震之 PGA 資料之比較如圖 3.2 所示，由圖 3.2 之結果亦可看出式(3.3)與集集地震實測資料之吻合度，圖 3.2 同時將外國研究所得之衰減律一併繪出做比較。

### 3.2.2 震度衰減律分析之資料庫

我國交通部中央氣象局 CWB 自民國 80 年開始陸續在台灣地區裝設高密度強地動觀測網，台灣地區強地動資料庫不論在質與量上均有大幅提昇。尤其，921 集集地震收集大量而完整之地震資料更有助於對地震相關之工程特性有比較完整之認識，以往受限於地震資料庫不足之問題已獲得改善。因此應用這些完整地震資料，不論是地震危害度分析或耐震設計反應譜研究均可以有較以往之分析更為可靠之方法與結果。

為能將集集地震此一完整資料庫列入考量，本研究由中央氣象局強震



資料庫從 1990 至 1999 重新篩選出 15 個地震記錄作為震度衰減律迴歸分析資料庫，地震發生日期、規模、震央、地震記錄數目等資訊詳如表 3.2 所示，規模範圍在 5.0 至 7.3 之間，多數介於 5.0 至 5.5，大於 6.5 之地震僅有三筆。圖 3.3 將震央分布圖繪出，可看出這些地震震央分布尚稱平均，在台灣島內西南部、東部及東部外海地區各佔約三分之一資料，僅西北部地區無資料。

在迴歸分析時規模採用台灣地區所使用的近震規模；而距離則採用震央距離，921 集集地震因有明顯之地表錯動，採用地表斷層線最近距離。就距離之定義而言，本資料庫所用並不一致，但其對迴歸分析之影響不大。另一方面，中央氣象局所佈設強震網之測站地盤特性並未做詳細調查。因此，本研究由採用由地質資料庫比對之分類結果，再配合中央氣象局對測站地盤分類參考表，而定出地盤分類，區分為 S1、S2、S3 三類，分別表示堅硬、中等、軟弱地盤。

### 3.2.3 PGA 衰減律分析比較

為能明瞭震源特性、規模範圍、工址地盤分類等因素對震度衰減特性之影響。本研究先以 PGA 為對象進行前述各項參數之比較分析，結果如表 3.3 ~ 3.5 所示。表中以規模  $M=7.0$  距離  $R=0.5$  公里之地震 PGA 值境況模擬作為比較基準，分別比較不同飽和條件、地盤分類、震度定義及震源分區之影響。其中震度飽和條件以  $M = M_{MAX}$  且  $R = R_{MIN}$  時，震度 PGA 需極為相近（飽和），此一飽和現象可由圖 3.5 ~ 3.9 看出。由結果顯示，震度飽和條件訂為  $M_{MAX}=6.0$  且  $R_{MIN}=0.1$  時，震度 PGA 需飽和可得到合理結果。

地盤分類亦對結果有一些影響，S3 地盤約為 S2 地盤震度之 1.14 倍，而 S2 地盤約為 S1 地盤震度之 1.1 倍。圖 3.4 比較三類地盤資料迴歸分析之結果，圖中同時繪出規模為 5.0、6.0 及 7.0 之衰減律曲線。圖 3.5 ~ 3.7 分別將各類地盤之資料與衰減律分析結果繪出比較，由結果可看出衰減率曲線與資料點之一致性。因此本衰減率曲線應可用以代表台灣地區地震衰減特性之描述。因本研究對地盤特性所做之分類較為粗略，圖 3.8 及 3.9 將地盤條件區分為兩類繪出分析結果比較。其中將 S1 和 S2 地盤之資料合併歸為一類，S2 和 S3 地盤之資料合併歸為二類，分析結果顯示這些地盤分類的結果在定性上尚屬合理，但在定量上仍須進一步探討。

進行衰減律分析時通常取一定範圍（距離）內之資料進行，由於大多數資料屬於遠距離資料，而引起地震災害的多為近距離地震，為避免衰減律分析結果受大量遠距離資料控制，迴歸分析時可對各個地震取同權平均或對距離取同權平均，亦即另各個地震之權重相同，以免某單一地震因其收錄資料量大而控制分析結果。表 3.4 ~ 3.5 列出不同權重分析之初步結果。

震源分區之影響可以忽略，此一結果與外國之分析所得結論不同。表

3.6 將部分迴歸分析所得衰減率之係數列出，誤差值之標準偏差  $\ln E$  約在 0.62。

### 3.3 反應譜震度衰減律分析結果

依據 3.2 節之說明，本節將震度分佈圖製作過程及結果作一簡要說明。

由前節針對 PGA 衰減律分析之比較，本研究對反應譜震度分析採用如下之分析參數及限制：

1. 採用 S1 地盤資料：由於新的設計方法對地盤特性效應採用個別考慮的方式，因此只需提供堅硬地盤之震度分區圖。
2. 反應譜震度分析不考慮飽和現象：並沒有資料顯示反應譜震度有像 PGA 衰減律一樣的飽和現象，因此不對反應譜震度衰減律做飽和現象之限制。

以相同方法迴歸分析出不同結構週期反應譜震度衰減律，結果如表 3.7 所示，表中共列出八十個結構週期之結果，包括分析所得衰減律之常係數及誤差分佈特性參數。圖 3.10 繪出地震境況模擬之加速度反應譜，境況模擬以發生一個規模為 7.0 之地震，在距震央距離分別為 0.5、1.0、5.0 及 10 公里遠之工址所可能引致之結構反應（譜）表示，圖中同時將另一境況模擬規模為 6.0 之地震，在距震央距離為 1.0 公里之結果繪出比較，可以看出在不同結構週期迴歸分析所得之衰減律有不同的飽和趨勢，亦即在某些週期，資料在近距離處對規模會顯出較大的分散性。圖 3.11 及 3.12 分別將結構週期為 1.0 秒及 0.3 秒迴歸所得衰減律與反應譜值資料繪出以為比較，由圖中可看出結構週期為 1.0 秒之反應譜值資料會隨著規模的變化而有較大的分散性，因此衰減律迴歸分析結果不會具有飽和現象。

### 3.4 PGA 及反應譜震度等震度分佈圖

由前面所得之衰減律公式可使用於一般之地震危害度分析，對台灣地區取適當網格進行則可由結果獲得某些特定迴歸期之等震度分佈圖，本研究將台灣西部地區幾條重要活斷層（中央地質調查所列為第一類者）以 TYPE I 震源模式加以考慮，其年發生率因受限於資料無法可靠取得，而根據斷層長度及傾角估計。取 2500 年迴歸期之等震度分佈圖如圖 3.13 ~ 3.15 所示，分別為 PGA、 $S_a (T = 0.3 \text{ 秒})$  及  $S_a (T = 1.0 \text{ 秒})$  結果。由結果顯示在不同地區之設計反應譜將與傳統之耐震設計反應譜有相當大之不同。圖 3.16 ~ 3.18 則將 475 年迴歸期之等震度分布圖繪出比較，2500 年迴歸期之震度值約為 475 年迴歸期之震度值的 1.25~1.5 倍，與 IBC2000 之結論相當。對短週期耐震需求之定義有兩種形式，分別為週期 0.2 秒及 0.3 秒之反應譜值，圖 3.19、3.20 將  $S_a (T = 0.2 \text{ 秒})$  之等震度分布圖繪出，以為不同耐震需求定義方式應用。

### 3.5 耐震需求曲線比較

分別以自然振動週期  $T = 0.3$  秒與  $T = 1.0$  秒時之反應譜值代表單自由度線性系統之等加速度反應譜區與等速度反應譜區之反應譜值。再由前節分析結果即可建立各地區之耐震需求。以嘉義梅山之一堅硬地盤工址為例，圖 3.21 分別繪出 2500 年及 475 年回歸期之彈性耐震需求。圖中所使用符號說明如下表所示

符號	說明
Mean	選用 34 個堅硬地盤地震記錄之平均反應譜
DRSP	由平均反應譜 $T=0.3$ 、 $1.0$ 秒控制點建立之簡化設計反應譜
SHA	以反應譜衰減律進行危害度分析所得之簡化設計反應譜
ATC-40	ATC-40 定義之耐震需求曲線 (簡化設計反應譜)
2500 yrs.	回歸期為 2500 年之耐震需求
475 yrs.	回歸期為 475 年之耐震需求

圖 3.21 的 SHA 曲線是由圖 3.14、3.15、3.17、3.18 危害度分析之結果所得。DRSP 曲線是由平均反應譜簡化而來。而 ATC-40 曲線為  $S_B$  地盤(相當於我國規範之堅硬地盤)之耐震需求並假設為地震 3 區 (Zone 3)，其設計 PGA 值為  $0.3g$ (回歸期為 475 年)。由圖中結果可知期間有相當大的差異性。傳統的耐震設計反應譜是由 Mean 的曲線 (採用加一個標準偏差曲線) 定義，以此曲線  $T=0.3$ 、 $1.0$  秒控制點建立之簡化設計反應譜最接近傳統設計反應譜，但在中長週期區間會低估耐震需求，可由更改長週期控制點為  $T=0.5$  秒。ATC-40 耐震需求曲線在短週期區間也接近傳統設計反應譜，長週期區間則明顯偏高。由危害度分析所得之簡化設計耐震需求曲線在短週期區間則可能低估，而長週期區間則明顯偏高。

圖 3.21 的幾個主要耐震需求曲線控制點數值列於下表以為比較

	475 年 Design EQ. (g)		2500 年 MCE (g)	
	ATC-40	SHA 分析	ATC-40	SHA 分析
PGA	0.3	<b>0.3</b>	0.45	<b>0.44</b>
$S_s=S_a(T=0.3)$	0.75	<b>0.59</b>	1.125	<b>0.86</b>
$S_l=S_a(T=1.0)$	0.3	<b>0.25</b>	0.45	<b>0.48</b>

與 IBC2000 規範之結果比較，就 PGA 而言，結果相近。在短週期區間則本報告之結果可能低估，而長週期區間則互有高低。因此，以譜法定義之耐震需求曲線仍需進一步研究分析。

表 3.1 921 地震前衰減律迴歸分析所用強震紀錄之基本資料

發生日期	震央(N,E)	規模	震源深度	記錄筆數
1993,12,15	23.213N, 120.524E	5.70	12.50 km	158
1994,04,06	23.532N, 120.421E	5.03	13.40 km	84
1994,04,30	24.354N, 122.074E	5.04	3.90 km	47
1994,06,05	24.462N, 121.838E	6.20	5.30 km	129
1995,01,10	23.010N, 121.460E	5.12	3.81 km	28
1995,05,27	24.053N, 121.583E	5.26	19.73 km	32
1996,05,28	23.680N, 121.430E	5.05	24.95 km	45

表 3.2 本研究衰減律迴歸分析所用強震紀錄之基本資料

Location		FD	ML	Eq. Type	Date – Time(UT)	Number of Records
E	N					
120.52	23.21	12.50	5.70	1	1993/12/15 – 21:49:43.10	151
120.42	23.53	13.44	5.03	1	1994/04/06 – 01:12:11.09	79
122.07	24.35	3.90	5.04	2	1994/04/30 – 09:14:17.12	45
121.84	24.46	5.30	6.20	2	1994/06/05 – 01:09:30.09	233
121.66	23.94	7.61	4.99	2	1994/06/30 – 23:45:18.57	8
121.43	23.68	3.81	5.12	1	1995/01/10 – 07:55:19.56	38
121.46	23.01	19.73	5.26	2	1995/05/27 – 18:11:11.12	160
121.67	24.61	39.88	6.50	1	1995/06/25 – 06:59:07.09	345
121.85	24.32	8.79	5.80	2	1995/07/14 – 16:52:46.48	200
120.36	23.29	10.65	5.19	1	1995/10/31 – 22:27:06.94	132
121.58	24.05	24.95	5.05	1	1996/05/28 – 21:53:22.35	75
121.37	22.00	14.76	7.07	2	1996/09/05 – 23:42:07.88	192
121.08	22.69	3.82	5.07	1	1998/01/20 – 23:29:38.87	43
120.66	23.50	2.80	6.20	1	1998/07/17 – 04:51:14.96	121
120.81	23.85	7.00	7.25	1	1999/09/20 – 17:47:15.79	364

Note: Eq. Type = 1 for intraslab earthquake;

Eq. Type = 2 for subduction zone interface earthquake

表 3.3 衰減律迴歸分析結果比較 採用 15 個地震記錄 地震規模為  $4.5 < M < 7.5$

Component	Source Type	Site Condition	Saturation Condition		$\sigma_{\ln E}$	PGA (M=7,R=.5)
			$M_{Max}$	$R_{Min}$		
Geo Mean	All Eq. Type	All Site	6.00	0.10	0.62088	0.73631
Geo Mean	All Eq. Type	All Site	6.00	0.20	0.61936	0.70572
Geo Mean	All Eq. Type	All Site	6.00	0.50	0.61540	0.60516
Geo Mean	All Eq. Type	All Site	5.00	0.20	0.61814	0.67421
Geo Mean	All Eq. Type	S1 Site	6.00	0.10	0.68566	0.66531
Geo Mean	All Eq. Type	S2 Site	6.00	0.10	0.62162	0.72852
Geo Mean	All Eq. Type	S3 Site	6.00	0.10	0.52502	0.82847
Geo Mean	All Eq. Type	S1+S2 Site	6.00	0.10	0.64706	0.69872
Geo Mean	All Eq. Type	S2+S3 Site	6.00	0.10	0.59080	0.76646
EW-Direc	All Eq. Type	All Site	6.00	0.10	0.63745	0.73848
NS-Direc	All Eq. Type	All Site	6.00	0.10	0.63826	0.73491
Average	All Eq. Type	All Site	6.00	0.10	0.62121	0.74854
Max(E,N)	All Eq. Type	All Site	6.00	0.10	0.63375	0.81764
Geo Mean	All Eq. Type	All Site	6.00	0.10	0.62088	0.73631
Geo Mean	IntraSlab Eq.b Eq.	All Site	6.00	0.10	0.62195	0.72026
Geo Mean	IntraSlab Eq.b Eq.	S1 Site	6.00	0.10	0.66060	0.67078
Geo Mean	IntraSlab Eq.b Eq.	S2 Site	6.00	0.10	0.64787	0.73674
Geo Mean	IntraSlab Eq.b Eq.	S3 Site	6.00	0.10	0.52381	0.76529
Geo Mean	IntraSlab Eq.b Eq.	S1+S2 Site	No	0.10	0.65271	0.74207
Geo Mean	IntraSlab Eq.b Eq.	S2+S3 Site	No	0.10	0.60577	0.74507
Geo Mean	SubDuction Zone Eq.	All Site	6.00	0.10	0.62005	0.75796
Geo Mean	SubDuction Zone Eq.	All Site	No	0.10	0.62009	0.74539
Geo Mean	SubDuction Zone Eq.	S1 Site	No	0.10	0.72922	0.68550
Geo Mean	SubDuction Zone Eq.	S2 Site	No	0.10	0.58027	0.74254
Geo Mean	SubDuction Zone Eq.	S3 Site	No	0.10	0.50903	0.89155
Geo Mean	SubDuction Zone Eq.	S1+S2 Site	No	0.10	0.63982	0.74034
Geo Mean	SubDuction Zone Eq.	S2+S3 Site	No	0.10	0.58591	0.74737

表 3.4 衰減律迴歸分析結果比較。採用 15 個地震記錄。  
地震規模為  $4.5 < M < 7.5$ , 單一地震採同權平均之結果

Component	Source Type	Site Condition	Saturation Condition		$\sigma_{\ln E}$	PGA (M=7,R=.5)
			$M_{Max}$	$R_{Min}$		
Geo Mean	All Eq. Type	All Site	6.00	0.10	0.64071	0.71587
Geo Mean	All Eq. Type	All Site	6.00	0.20	0.63961	0.66765
Geo Mean	All Eq. Type	All Site	6.00	0.50	0.63778	0.59739
Geo Mean	All Eq. Type	All Site	5.00	0.20	0.63923	0.67120
Geo Mean	All Eq. Type	S1 Site	6.00	0.10	0.67558	0.62738
Geo Mean	All Eq. Type	S2 Site	6.00	0.10	0.63947	0.67835
Geo Mean	All Eq. Type	S3 Site	6.00	0.10	0.55565	0.82682
Geo Mean	All Eq. Type	S1+S2 Site	6.00	0.10	0.66198	0.67156
Geo Mean	All Eq. Type	S2+S3 Site	6.00	0.10	0.62267	0.75059
EW-Direc	All Eq. Type	All Site	6.00	0.10	0.65838	0.71747
NS-Direc	All Eq. Type	All Site	6.00	0.10	0.66201	0.71520
Average	All Eq. Type	All Site	6.00	0.10	0.63951	0.72559
Max(E,N)	All Eq. Type	All Site	6.00	0.10	0.65125	0.81020
Geo Mean	All Eq. Type	All Site	6.00	0.10	0.64071	0.71587
Geo Mean	IntraSlab Eq.b Eq.	All Site	6.00	0.10	0.67225	0.67381
Geo Mean	IntraSlab Eq.b Eq.	S1 Site	6.00	0.10	0.67857	0.61108
Geo Mean	IntraSlab Eq.b Eq.	S2 Site	6.00	0.10	0.69140	0.65501
Geo Mean	IntraSlab Eq.b Eq.	S3 Site	6.00	0.10	0.55512	0.75829
Geo Mean	IntraSlab Eq.b Eq.	S1+S2 Site	No	0.10	0.69285	0.48972
Geo Mean	IntraSlab Eq.b Eq.	S2+S3 Site	No	0.10	0.66877	0.74152
Geo Mean	SubDuction Zone Eq.	All Site	6.00	0.10	0.58253	0.78345
Geo Mean	SubDuction Zone Eq.	All Site	No	0.10	0.58241	0.79472
Geo Mean	SubDuction Zone Eq.	S1 Site	No	0.10	0.66827	0.66426
Geo Mean	SubDuction Zone Eq.	S2 Site	No	0.10	0.54477	0.74559
Geo Mean	SubDuction Zone Eq.	S3 Site	No	0.10	0.51772	0.92769
Geo Mean	SubDuction Zone Eq.	S1+S2 Site	No	0.10	0.60097	0.74318
Geo Mean	SubDuction Zone Eq.	S2+S3 Site	No	0.10	0.51012	0.74452

表 3.5 衰減律迴歸分析結果比較。採用 15 個地震記錄。  
地震規模為  $4.5 < M < 7.5$ , 對距離及單一地震採同權平均之結果

Component	Source Type	Site Condition	Saturation Condition		$\sigma_{\ln E}$	PGA (M=7,R=.5)
			$M_{Max}$	$R_{Min}$		
Geo Mean	All Eq. Type	All Site	6.00	0.10	0.62266	0.63933
Geo Mean	All Eq. Type	All Site	6.00	0.20	0.62158	0.62684
Geo Mean	All Eq. Type	All Site	6.00	0.50	0.61992	0.57949
Geo Mean	All Eq. Type	All Site	5.00	0.20	0.62109	0.58127
Geo Mean	All Eq. Type	S1 Site	6.00	0.10	0.58554	0.58829
Geo Mean	All Eq. Type	S2 Site	6.00	0.10	0.62698	0.63862
Geo Mean	All Eq. Type	S3 Site	6.00	0.10	0.64336	0.81565
Geo Mean	All Eq. Type	S1+S2 Site	6.00	0.10	0.63564	0.62316
Geo Mean	All Eq. Type	S2+S3 Site	6.00	0.10	0.62903	0.67116
EW-Direc	All Eq. Type	All Site	6.00	0.10	0.62458	0.64782
NS-Direc	All Eq. Type	All Site	6.00	0.10	0.66640	0.63074
Average	All Eq. Type	All Site	6.00	0.10	0.62283	0.64316
Max(E,N)	All Eq. Type	All Site	6.00	0.10	0.63693	0.75442
Geo Mean	All Eq. Type	All Site	6.00	0.10	0.62266	0.63933
Geo Mean	IntraSlab Eq.b Eq.	All Site	6.00	0.10	0.62957	0.63816
Geo Mean	IntraSlab Eq.b Eq.	S1 Site	6.00	0.10	0.65402	0.58566
Geo Mean	IntraSlab Eq.b Eq.	S2 Site	6.00	0.10	0.63980	0.61576
Geo Mean	IntraSlab Eq.b Eq.	S3 Site	6.00	0.10	0.59078	0.71923
Geo Mean	IntraSlab Eq.b Eq.	S1+S2 Site	No	0.10	0.62887	0.59194
Geo Mean	IntraSlab Eq.b Eq.	S2+S3 Site	No	0.10	0.65642	0.64361
Geo Mean	SubDuction Zone Eq.	All Site	6.00	0.10	0.61392	0.64030
Geo Mean	SubDuction Zone Eq.	All Site	No	0.10	0.61376	0.64347
Geo Mean	SubDuction Zone Eq.	S1 Site	No	0.10	0.50940	0.57503
Geo Mean	SubDuction Zone Eq.	S2 Site	No	0.10	0.59982	0.73964
Geo Mean	SubDuction Zone Eq.	S3 Site	No	0.10	0.64521	1.06200
Geo Mean	SubDuction Zone Eq.	S1+S2 Site	No	0.10	0.64316	0.63688
Geo Mean	SubDuction Zone Eq.	S2+S3 Site	No	0.10	0.37363	0.76998



表 3.6 衰減律迴歸分析係數比較。採用 15 個地震記錄。地震規模為  $4.5 < M < 7.5$ 。

Component	Source Type	Site Condition	Saturation Condition		$\sigma_{\ln E}$	PGA (M=7,R=.5)	Coefficients of Campbell's Attenuation Law				
			$M_{Max}$	$R_{Min}$			$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$
Geo Mean	All Eq. Type	All Site	6.00	0.10	0.62088	0.73631	0.02938	1.19950	1.73413	0.14667	0.69689
Geo Mean	All Eq. Type	All Site	6.00	0.20	0.61936	0.70572	0.03013	1.19792	1.73468	0.14820	0.70007
Geo Mean	All Eq. Type	All Site	6.00	0.50	0.61540	0.60516	0.03163	1.19374	1.73631	0.15234	0.71027
Geo Mean	All Eq. Type	All Site	5.00	0.20	0.61814	0.67421	0.03060	1.19617	1.73597	0.14827	0.70378
Geo Mean	All Eq. Type	S1 Site	6.00	0.10	0.68566	0.66531	0.02653	1.19917	1.73443	0.14664	0.69659
Geo Mean	All Eq. Type	S2 Site	6.00	0.10	0.62162	0.72852	0.02908	1.19951	1.73414	0.14672	0.69689
Geo Mean	All Eq. Type	S3 Site	6.00	0.10	0.52502	0.82847	0.03305	1.19985	1.73375	0.14661	0.69724
Geo Mean	All Eq. Type	S1+S2 Site	6.00	0.10	0.64706	0.69872	0.02789	1.19936	1.73426	0.14671	0.69675
Geo Mean	All Eq. Type	S2+S3 Site	6.00	0.10	0.59080	0.76646	0.03059	1.19964	1.73399	0.14669	0.69702
EW-Direc	All Eq. Type	All Site	6.00	0.10	0.63745	0.73848	0.02944	1.19949	1.73415	0.14661	0.69688
NS-Direc	All Eq. Type	All Site	6.00	0.10	0.63826	0.73491	0.02933	1.19950	1.73412	0.14668	0.69689
Average	All Eq. Type	All Site	6.00	0.10	0.62121	0.74854	0.02985	1.19954	1.73410	0.14662	0.69693
Max(E,N)	All Eq. Type	All Site	6.00	0.10	0.63375	0.81764	0.03252	1.19980	1.73395	0.14638	0.69714
Geo Mean	All Eq. Type	All Site	6.00	0.10	0.62088	0.73631	0.02938	1.19950	1.73413	0.14667	0.69689

表 3.7 : Campbell 氏 S1 地盤各種周期水平向  $S_a$  震度衰減律係數迴歸分析之結果比較，採用 15 個地震紀錄，幾何平均值，不限制震度飽和條件

Perd	C1	C2	C3	C4	C5	$\mu_{\ln E}$	$\sigma_{\ln E}$	Freq
0.029	0.02756476	1.20123636	1.73295379	0.14696144	0.69366162	-0.08059	0.63058	34.00
0.032	0.02787000	1.20124352	1.73295732	0.14690270	0.69368966	-0.06756	0.64081	31.00
0.036	0.02795670	1.20125770	1.73294538	0.14690704	0.69369302	-0.06170	0.63988	28.00
0.040	0.02812312	1.20127335	1.73293509	0.14689601	0.69370358	-0.05196	0.64070	25.00
0.045	0.02848604	1.20128976	1.73293214	0.14683720	0.69373309	-0.03260	0.65386	22.00
0.050	0.02866953	1.20130396	1.73292422	0.14681593	0.69374402	-0.02136	0.66330	20.00
0.056	0.02915714	1.20133141	1.73292015	0.14672190	0.69376327	0.01389	0.68234	18.00
0.059	0.02931520	1.20135000	1.73290964	0.14670129	0.69376105	0.02813	0.69280	17.00
0.063	0.02951875	1.20135458	1.73291063	0.14667111	0.69378861	0.04755	0.70007	16.00
0.067	0.02966302	1.20137489	1.73289626	0.14666334	0.69379010	0.06186	0.70338	15.00
0.069	0.02983336	1.20173856	1.73263918	0.14666242	0.69321211	0.06568	0.71038	14.50
0.071	0.03626580	1.20485728	1.72818633	0.15868640	0.69766083	-0.03883	0.71113	14.00
0.074	0.03727424	1.20327552	1.73048293	0.15158828	0.69584640	-0.07233	0.72137	13.50
0.077	0.03784147	1.20350609	1.73015521	0.15221389	0.69609802	-0.07859	0.71379	13.00
0.080	0.03877472	1.20391838	1.72956093	0.15350360	0.69658157	-0.08970	0.70612	12.50
0.083	0.03714745	1.20336159	1.73034817	0.15177065	0.69594251	-0.03566	0.71431	12.00
0.087	0.03849897	1.20356116	1.73017403	0.15194415	0.69613396	-0.04557	0.72229	11.50
0.091	0.04100982	1.20403957	1.72964649	0.15275642	0.69661752	-0.08183	0.73082	11.00
0.095	0.04102196	1.20406710	1.72967001	0.15273457	0.69661887	-0.06184	0.73437	10.50
0.100	0.04192064	1.20416388	1.72956484	0.15258881	0.69672360	-0.06931	0.72264	10.00
0.105	0.04447658	1.20477220	1.72890442	0.15378016	0.69732423	-0.08057	0.73358	9.50
0.111	0.04410086	1.20448318	1.72934588	0.15261296	0.69699810	-0.05739	0.73571	9.00
0.118	0.04534747	1.20476551	1.72903382	0.15298784	0.69728534	-0.06821	0.73002	8.50
0.125	0.04644289	1.20501522	1.72878346	0.15326635	0.69752306	-0.07930	0.73175	8.00
0.129	0.04656188	1.20507799	1.72866242	0.15344582	0.69761095	-0.07921	0.72095	7.75
0.133	0.04604942	1.20508953	1.72857538	0.15364513	0.69764963	-0.07243	0.71065	7.50
0.138	0.04564123	1.20514325	1.72846690	0.15387203	0.69770976	-0.06734	0.69989	7.25

表 3.7 : Campbell 氏 S1 地盤各種周期水平向  $S_a$  震度衰減律係數迴歸分析之結果比較，採用 15 個地震紀錄，幾何平均值，不限制震度飽和條件 (續)

Perd	C1	C2	C3	C4	C5	$\mu_{\ln E}$	$\sigma_{\ln E}$	Freq
0.143	0.04627016	1.20529444	1.72829386	0.15406803	0.69787924	-0.07193	0.69062	7.00
0.148	0.04675833	1.20544585	1.72815879	0.15421438	0.69801609	-0.07675	0.69152	6.75
0.154	0.04840853	1.20575675	1.72784099	0.15453475	0.69832860	-0.09364	0.68540	6.50
0.160	0.04939529	1.20605824	1.72744019	0.15516649	0.69866252	-0.09919	0.67543	6.25
0.167	0.04960066	1.20620121	1.72723496	0.15555374	0.69882107	-0.09971	0.67197	6.00
0.174	0.04957209	1.20658581	1.72664938	0.15706134	0.69928002	-0.08699	0.66795	5.75
0.182	0.04844992	1.20582872	1.72772690	0.15456263	0.69839865	-0.06462	0.66053	5.50
0.190	0.05061290	1.20616434	1.72741472	0.15471913	0.69873136	-0.06936	0.65205	5.25
0.200	0.05338828	1.20690868	1.72650542	0.15622774	0.69952795	-0.09597	0.64410	5.00
0.208	0.05213839	1.20634936	1.72732043	0.15455817	0.69888381	-0.06853	0.65498	4.80
0.217	0.05187971	1.20624041	1.72746669	0.15419706	0.69874133	-0.04515	0.65087	4.60
0.227	0.05174037	1.20625360	1.72750848	0.15409197	0.69875444	-0.04157	0.65246	4.40
0.238	0.05149938	1.20625590	1.72752297	0.15403671	0.69871940	-0.03576	0.66158	4.20
0.250	0.05141544	1.20642648	1.72734587	0.15438731	0.69889622	-0.04327	0.65602	4.00
0.263	0.05112180	1.20644361	1.72724333	0.15448888	0.69894674	-0.03457	0.63813	3.80
0.278	0.05012732	1.20626554	1.72733302	0.15428856	0.69877813	-0.00610	0.64364	3.60
0.290	0.04945394	1.20610862	1.72759225	0.15376594	0.69861578	-0.00508	0.64114	3.45
0.303	0.04816200	1.20645246	1.72714348	0.15520887	0.69899088	-0.01203	0.63255	3.30
0.317	0.04526585	1.20555016	1.72820759	0.15327267	0.69802711	0.01225	0.62805	3.15
0.333	0.04344641	1.20551097	1.72854966	0.15141448	0.69606234	0.02797	0.62226	3.00
0.345	0.04458604	1.20574987	1.72796557	0.15178735	0.69730898	0.01276	0.63755	2.90
0.357	0.04392979	1.20602185	1.72798799	0.15001334	0.69576091	-0.00109	0.63923	2.80
0.370	0.04275517	1.20603585	1.72797961	0.15078544	0.69600486	0.01554	0.63321	2.70
0.385	0.04297015	1.20627075	1.72812646	0.14938629	0.69521624	-0.00462	0.64146	2.60
0.400	0.04206239	1.20661241	1.72806129	0.14671731	0.69650639	0.00378	0.64655	2.50
0.417	0.04147637	1.20723815	1.72821305	0.14380641	0.69897585	-0.00560	0.65913	2.40
0.435	0.04051721	1.20773492	1.72843139	0.14316549	0.69901247	-0.00923	0.67137	2.30

表 3.7 : Campbell 氏 S1 地盤各種周期水平向  $S_a$  震度衰減律係數迴歸分析之結果比較，採用 15 個地震紀錄，幾何平均值，不限制震度飽和條件 (續)

Perd	C1	C2	C3	C4	C5	$\mu_{\ln E}$	$\sigma_{\ln E}$	Freq
0.455	0.03789348	1.21281695	1.72503602	0.13740034	0.70125991	-0.01151	0.67997	2.20
0.476	0.01821180	1.28012279	1.67916418	0.08120842	0.76302387	0.01522	0.68306	2.10
0.500	0.00545360	1.39180385	1.60218132	0.03292138	0.86416894	0.04886	0.68836	2.00
0.526	0.00425868	1.42636762	1.59456485	0.04067395	0.83634493	0.02048	0.70203	1.90
0.556	0.00411987	1.42427907	1.58768008	0.05444824	0.79298455	0.00531	0.70118	1.80
0.588	0.00141875	1.54278324	1.51107605	0.02576939	0.90132041	-0.00111	0.67831	1.70
0.625	0.00370594	1.42435045	1.57907303	0.10075718	0.70627940	-0.00035	0.68568	1.60
0.667	0.00124892	1.53605776	1.51103642	0.04862577	0.80287465	0.00033	0.68136	1.50
0.714	0.00169612	1.48291475	1.52025879	0.12519209	0.66537167	-0.00158	0.69796	1.40
0.769	0.00243353	1.42487927	1.56147824	0.13202975	0.64003918	0.00040	0.69591	1.30
0.833	0.00039771	1.59482244	1.43392429	0.13564547	0.59711849	0.00371	0.73138	1.20
0.909	0.00260301	1.35227274	1.54667821	0.12352617	0.61184962	0.00080	0.73166	1.10
1.000	0.00211841	1.35439307	1.54714435	0.11478882	0.60214627	-0.00140	0.72968	1.00
1.111	0.00166812	1.35718392	1.54678419	0.10792132	0.59402625	-0.00498	0.73619	0.90
1.250	0.00218231	1.32346211	1.64417114	0.14015303	0.54612401	0.00259	0.80763	0.80
1.429	0.00394814	1.22560049	1.72949102	0.07934376	0.60507784	0.00942	0.89074	0.70
1.667	0.00022582	1.49513065	1.48193332	0.12267310	0.50436137	0.00998	0.76402	0.60
2.000	0.00020488	1.47487915	1.50161127	0.11485519	0.50207915	-0.01090	0.81985	0.50
2.500	0.00024311	1.42425523	1.55186903	0.10505991	0.52212634	-0.01319	0.89357	0.40
3.333	0.00019803	1.40148230	1.57826458	0.10592313	0.53275223	-0.01079	0.94467	0.30
5.000	0.00032450	1.29010654	1.67170998	0.08566576	0.57237178	-0.01845	1.12417	0.20
5.556	0.00069696	1.22238386	1.72798780	0.09851347	0.62114980	-0.00160	1.17702	0.18
6.250	0.00058401	1.22242918	1.72810610	0.09780514	0.62036942	-0.00156	1.20005	0.16
7.143	0.00035417	1.22932935	1.72703950	0.07913993	0.59677640	-0.00428	1.21892	0.14
8.333	0.00042508	1.21897699	1.72829282	0.10877554	0.63416065	-0.00242	1.22499	0.12
10.00	0.00032859	1.21772808	1.72835064	0.11224179	0.63861526	0.00287	1.20705	0.10

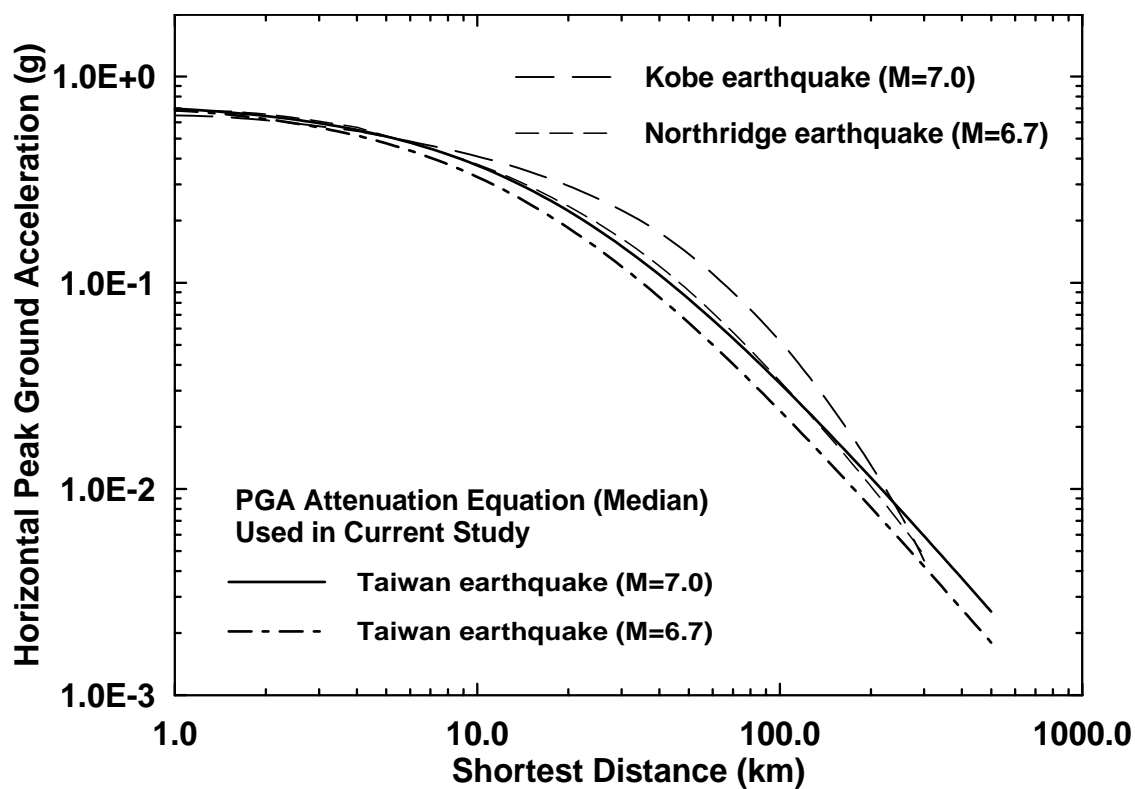


圖 3.1：新建 PGA 震度衰減律與美、日兩國震度衰減律之比較 (LOH、1998)

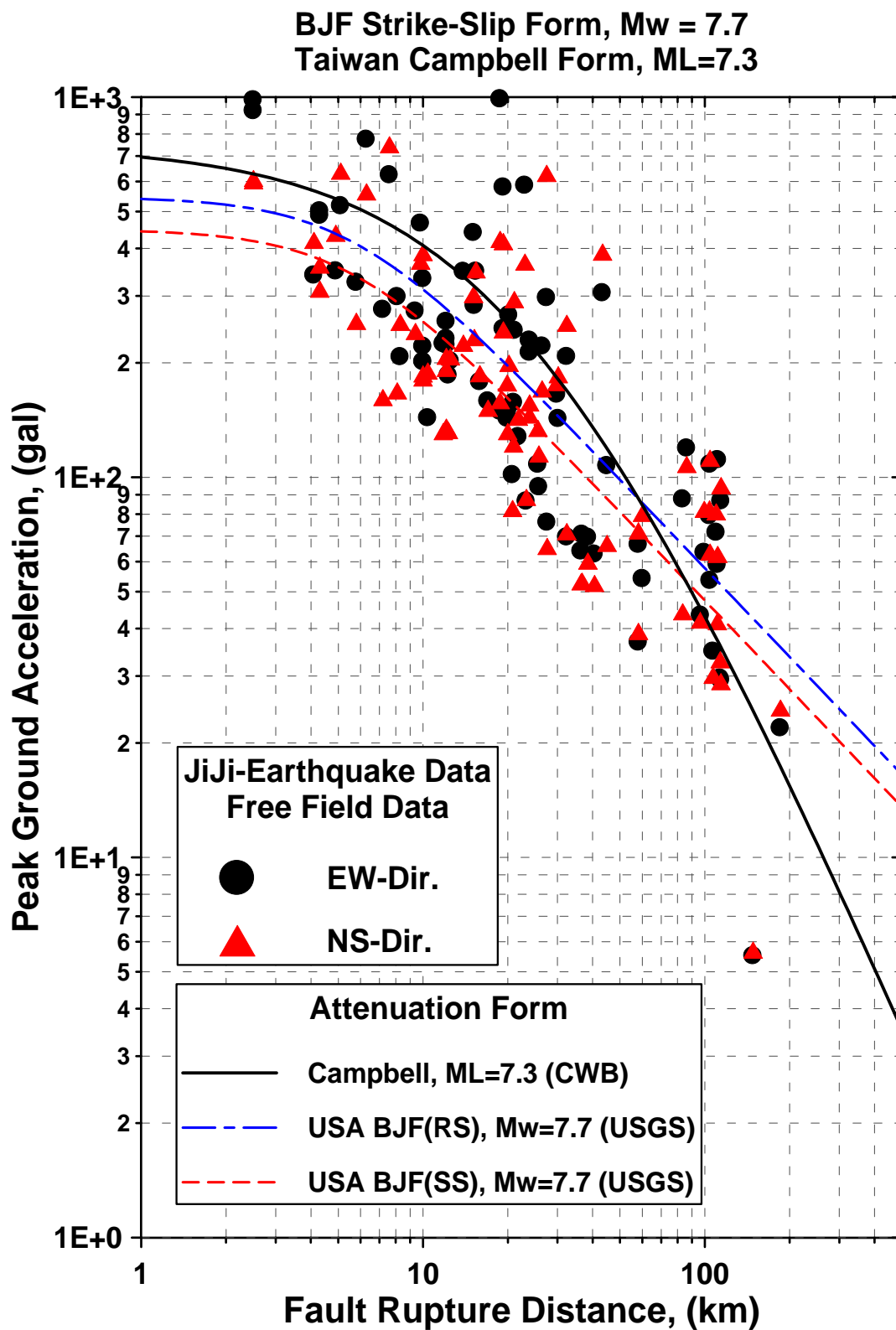


圖 3.2：新建 PGA 震度衰減律與集集地震 PGA 資料之比較 (NCREE、1999)

Earthquake Events Used for Attenuation Law Regression

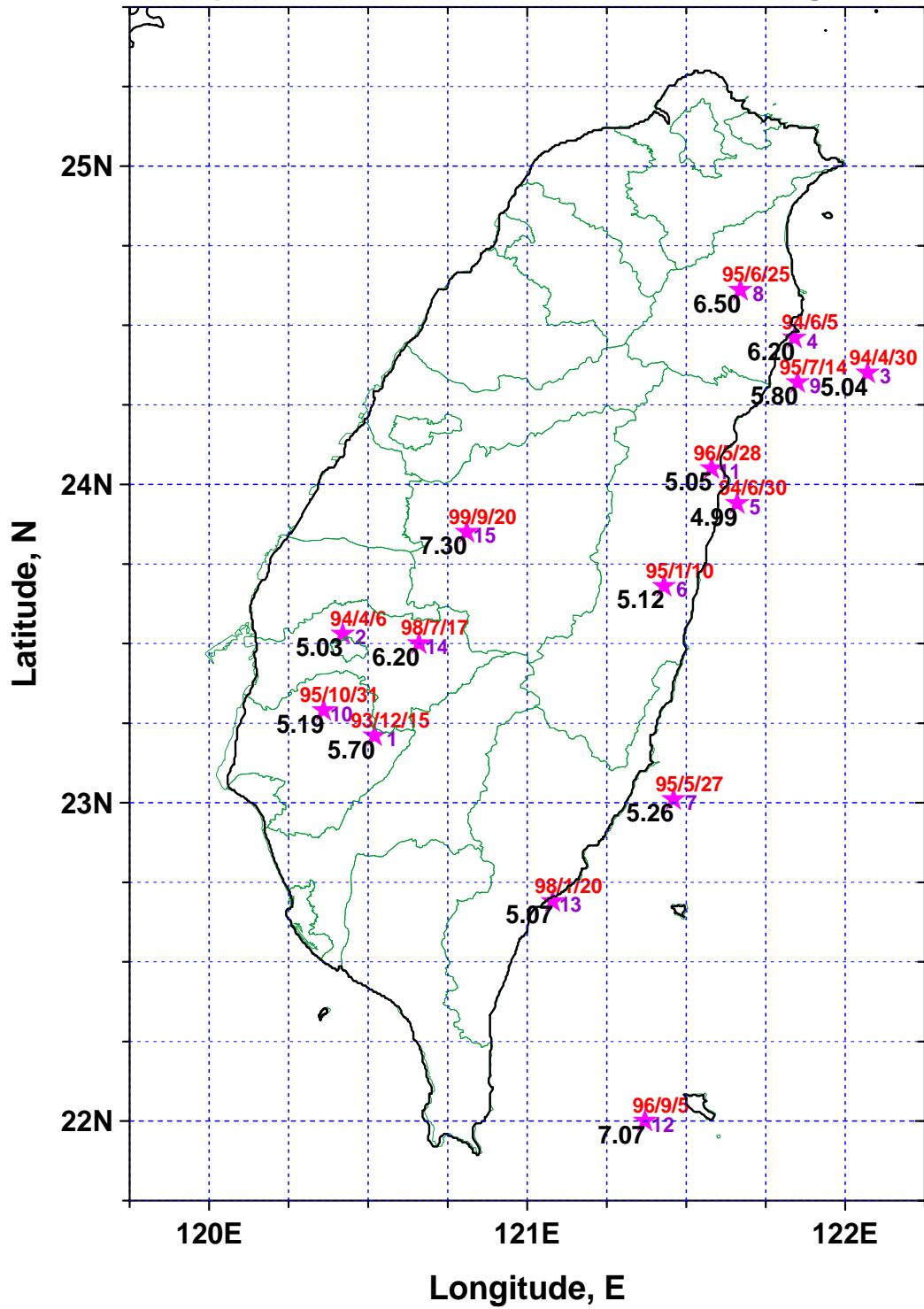


圖 3.3：本研究迴歸分析衰減律所用強震紀錄之位置與規模示意圖

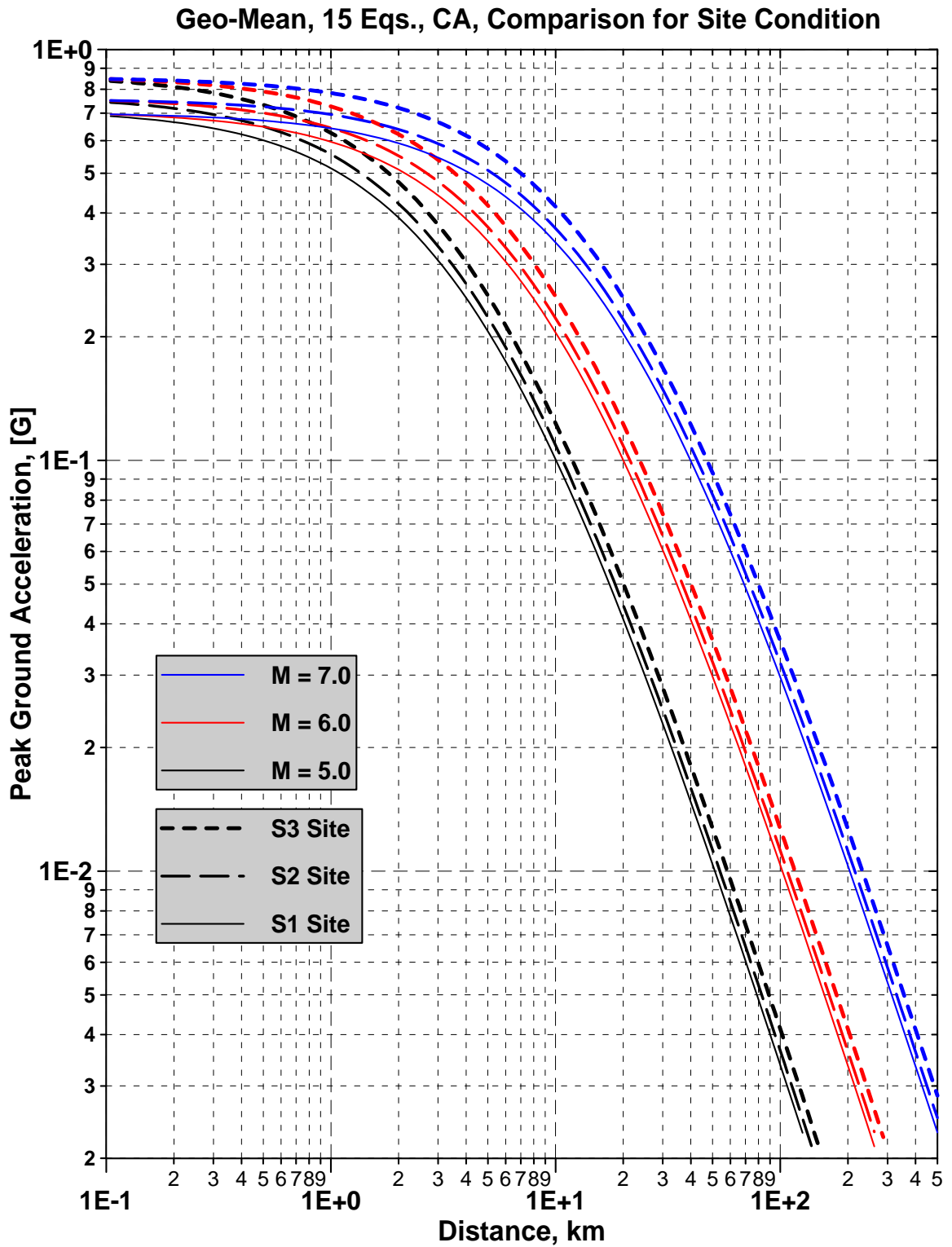


圖 3.4: 不同地盤之水平向 PGA 衰減律比較。採用 15 個地震紀錄，幾何平均值。



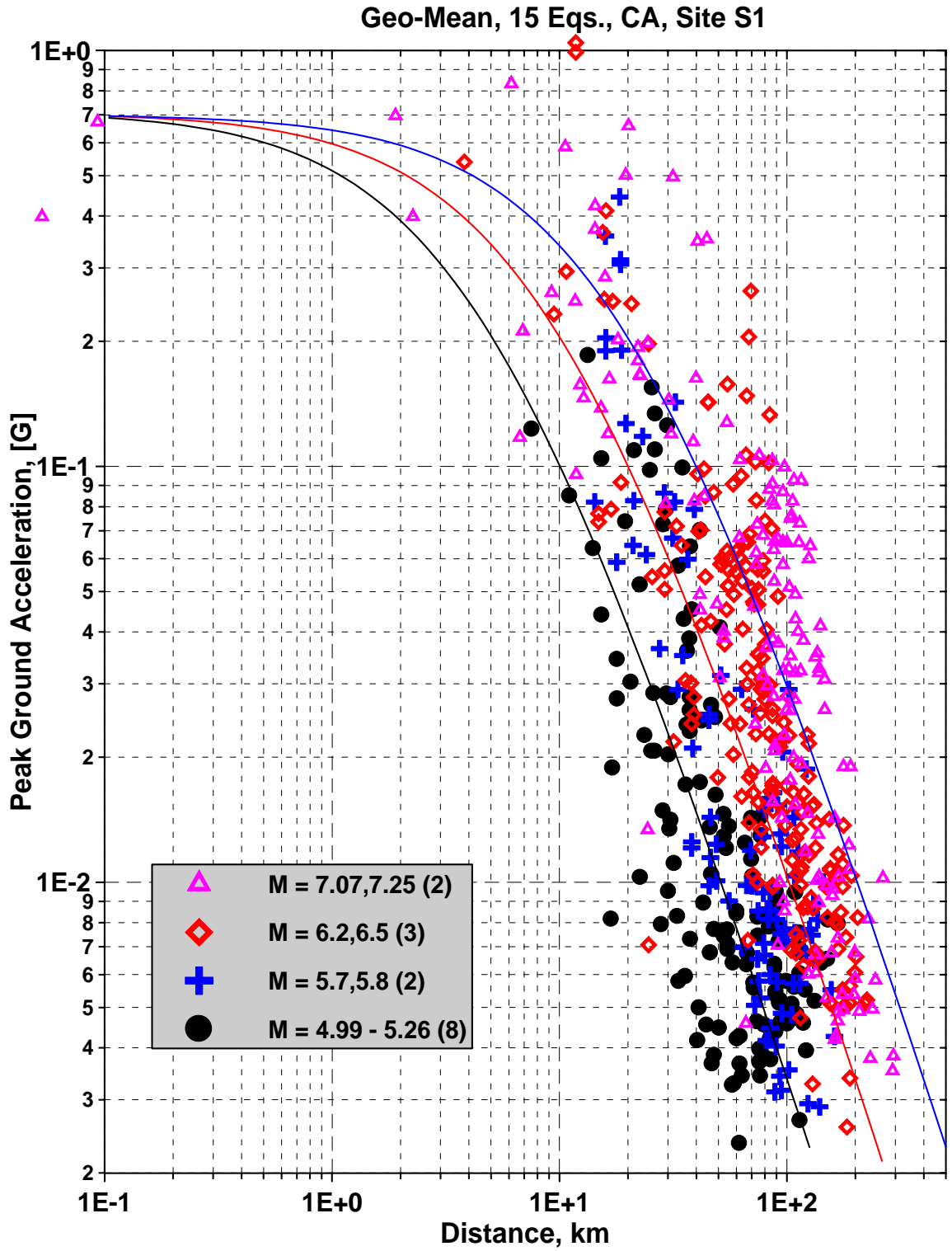


圖 3.5: S1 地盤之水平向 PGA 衰減律與實測地震紀錄比較。採用 15 個地震紀錄，幾何平均值。

Geo-Mean, 15 Eqs., CA, Site S2

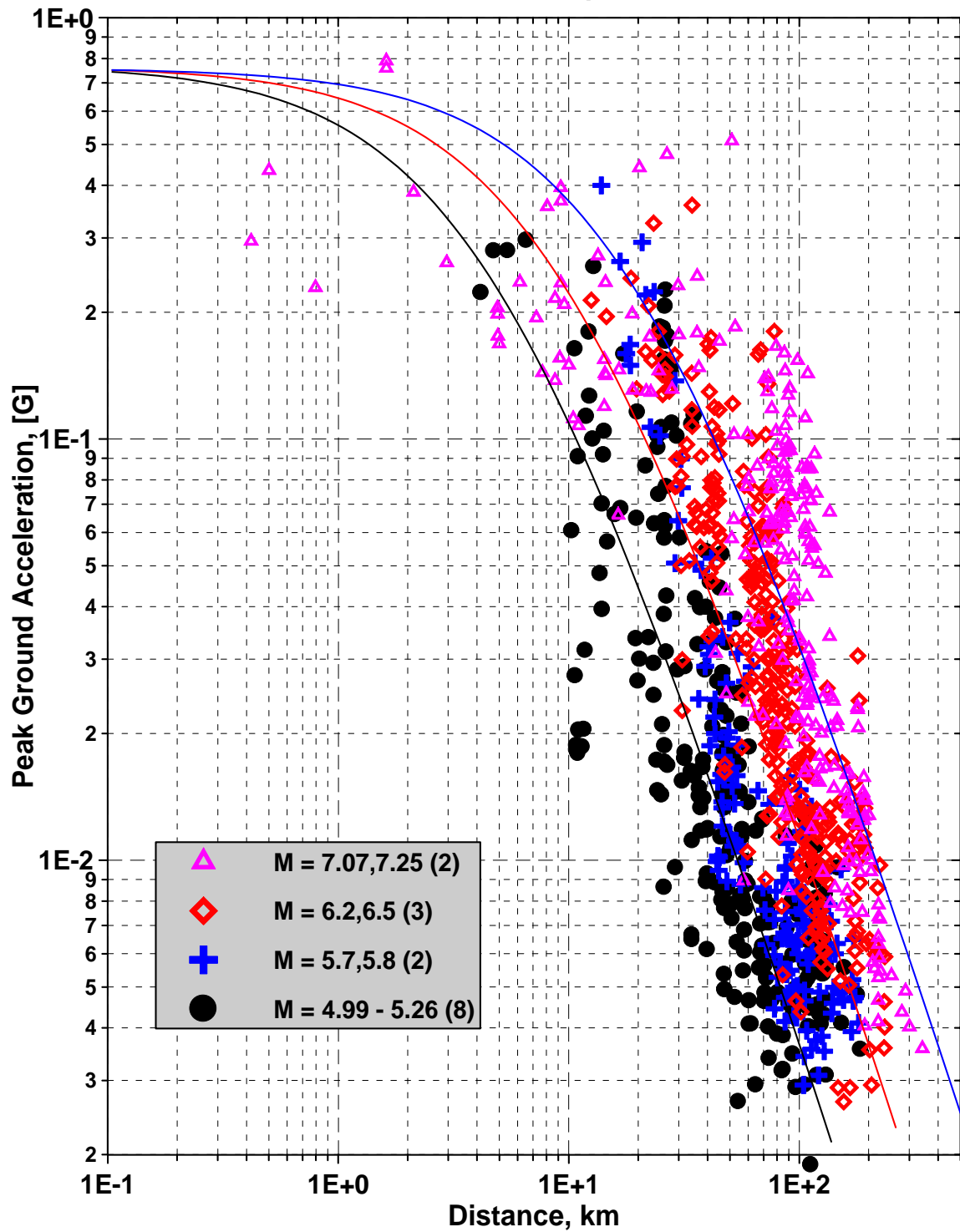


圖 3.6: S2 地盤之水平向 PGA 衰減律與實測地震紀錄比較。採用 15 個地震紀錄，幾何平均值。

Geo-Mean, 15 Eqs., CA, Site S3

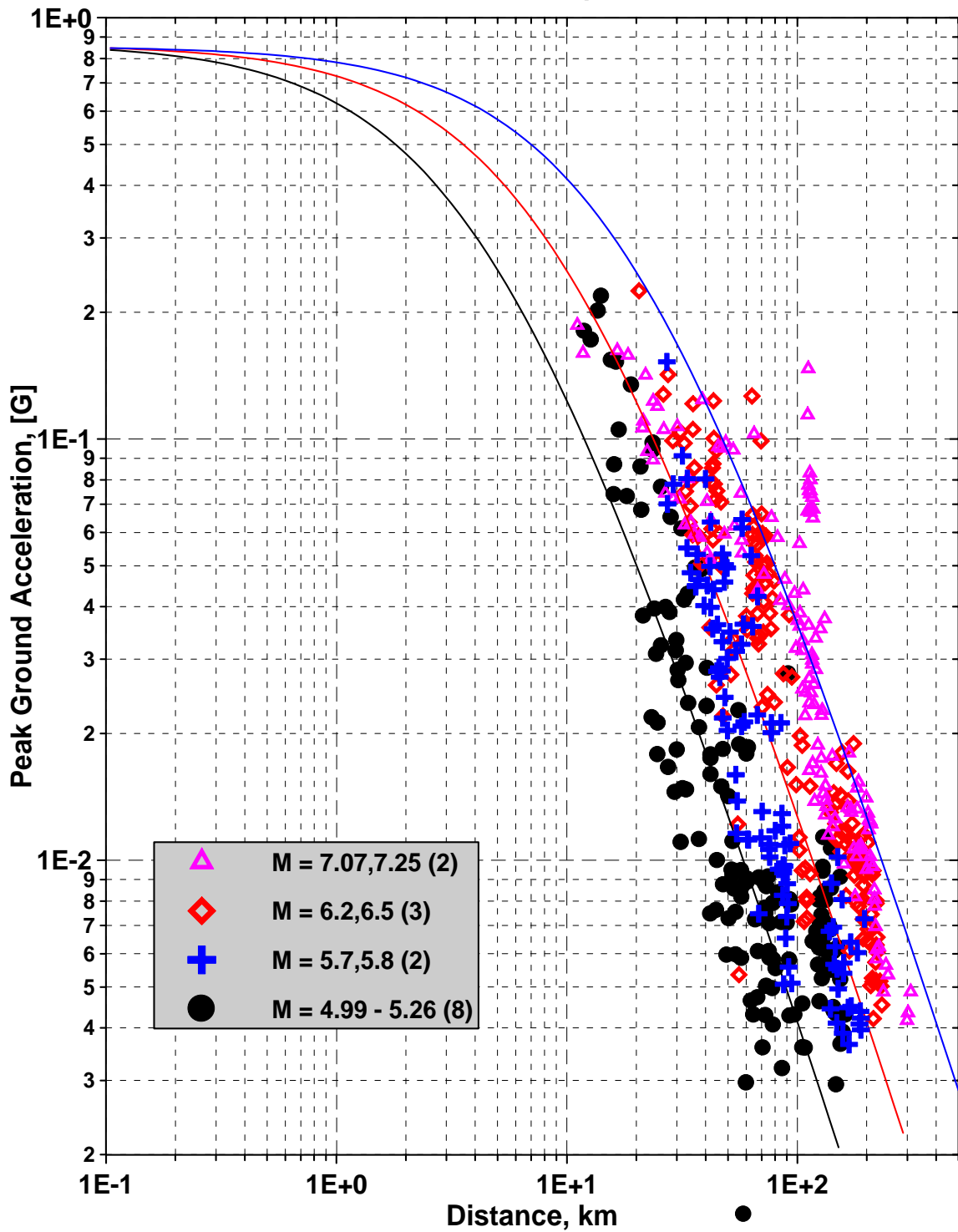


圖 3.7: S3 地盤之水平向 PGA 衰減律與實測地震紀錄比較。採用 15 個地震紀錄，幾何平均值。

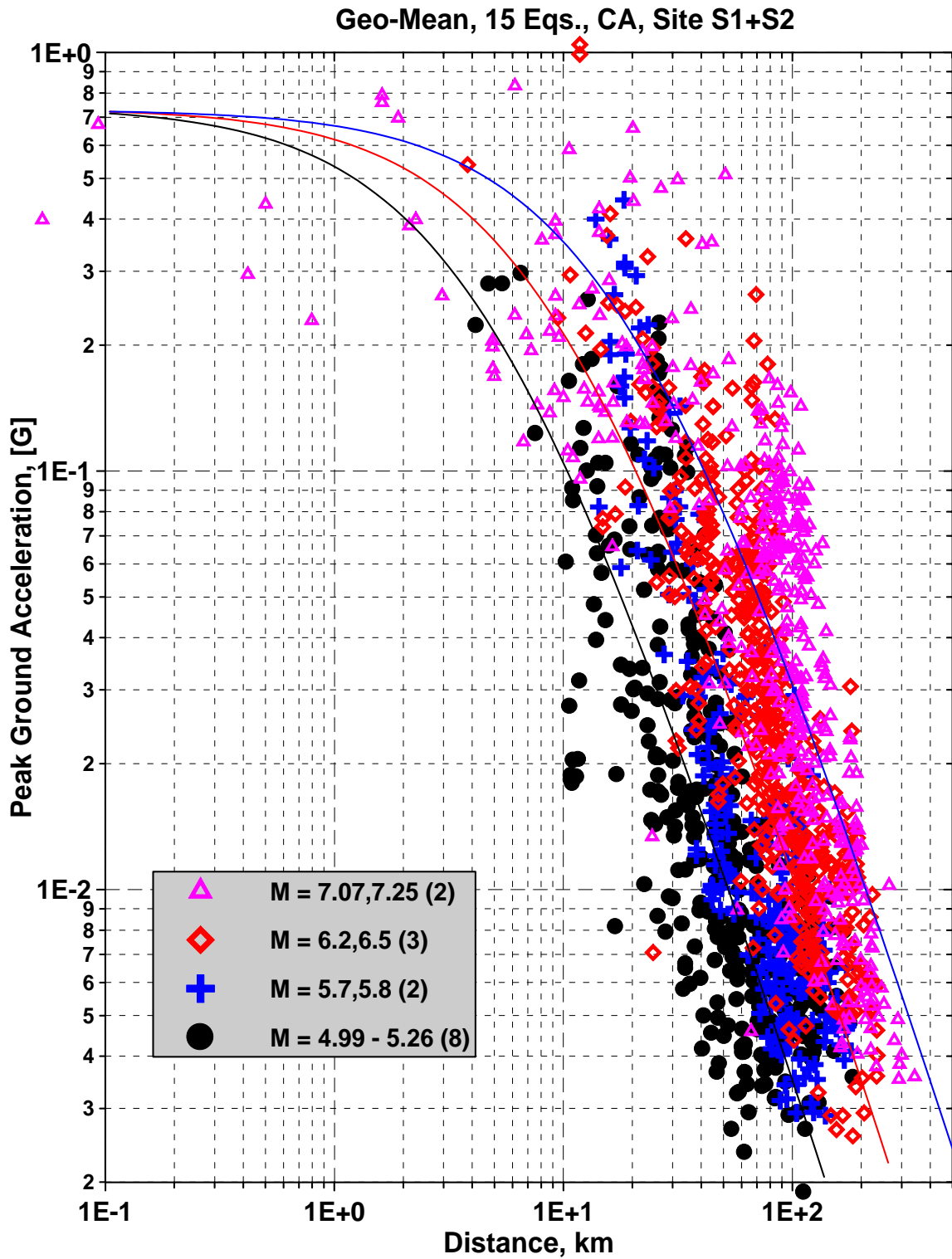


圖 3.8: S1+S2 地盤之水平向 PGA 衰減律與實測地震紀錄比較。採用 15 個地震紀錄，幾何平均值。

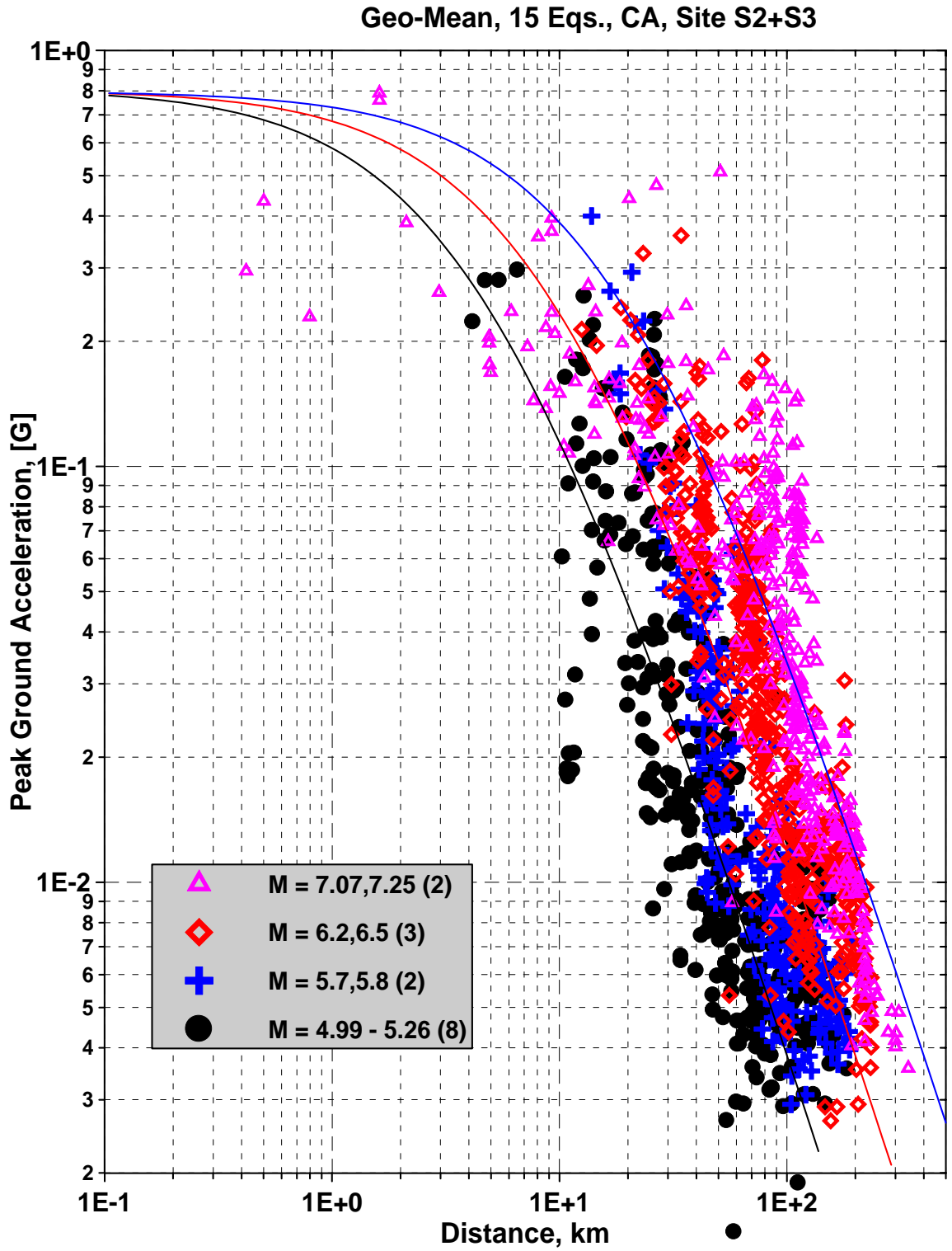


圖 3.9: S2+S3 地盤之水平向 PGA 衰減律與實測地震紀錄比較。採用 15 個地震紀錄，幾何平均值。

Response Spectra based on Sa-Attenuation Law  
 15 Eqs., Geo-Mean, M = 4.5 --- 7.5, S1 Site  
 Weighting by Distance, Not Saturated

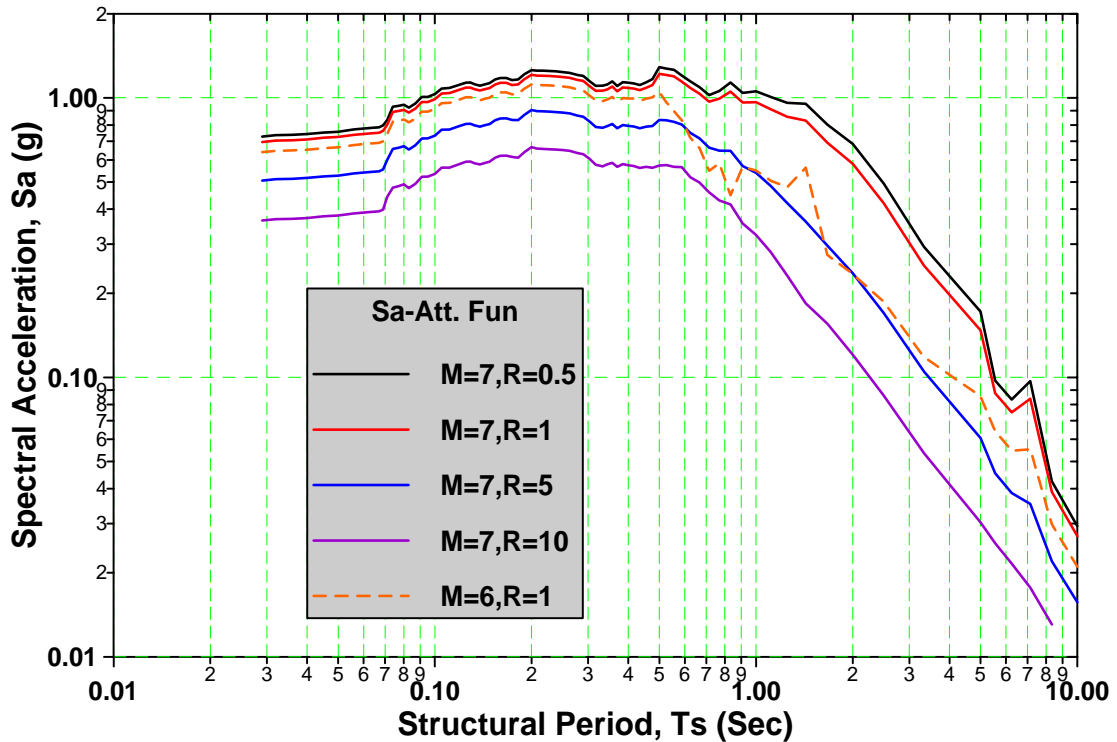
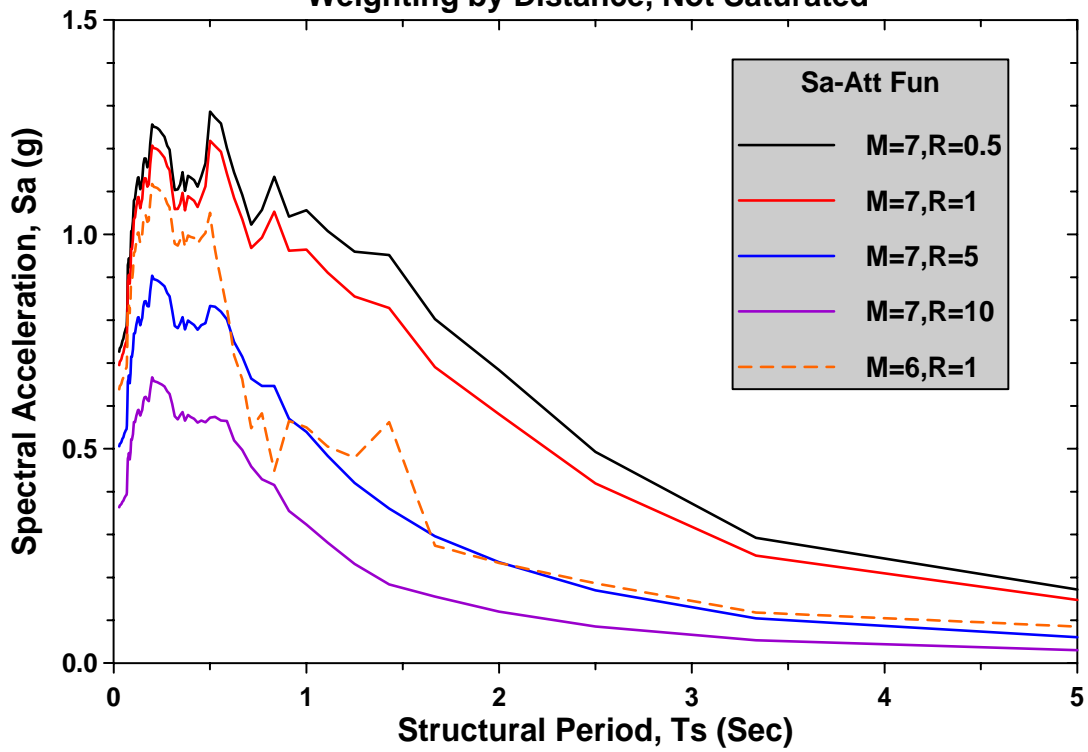


圖 3.10：由 S1 地盤之水平向 Sa 衰減律建立之反應譜。採用 15 個地震紀錄，幾何平均值，不考慮震度飽和條件。地震規模 M=7.0，震源距離 R=0.5km，1.0km，5km 及 10km。與 M=6.0，R=1.0km 之結果比較

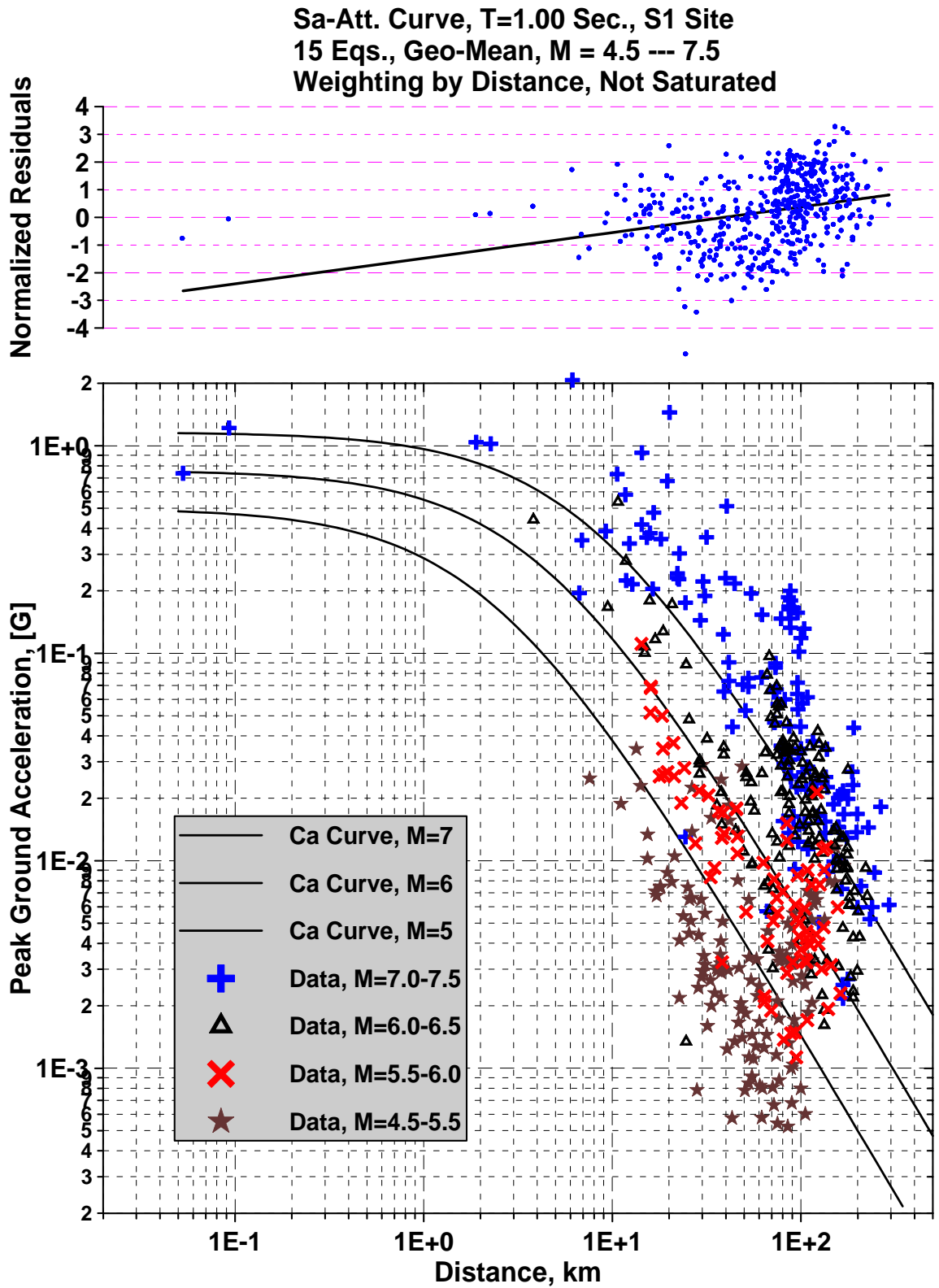


圖 3.11 : S1 地盤之水平向 Sa 衰減律與實測地震紀錄比較例，結構週期  $T_s=1.0$  秒(0.1Hz)。採用 15 個地震紀錄，幾何平均值，不考慮震度飽和條件。地震規模  $M=4.5-7.5$

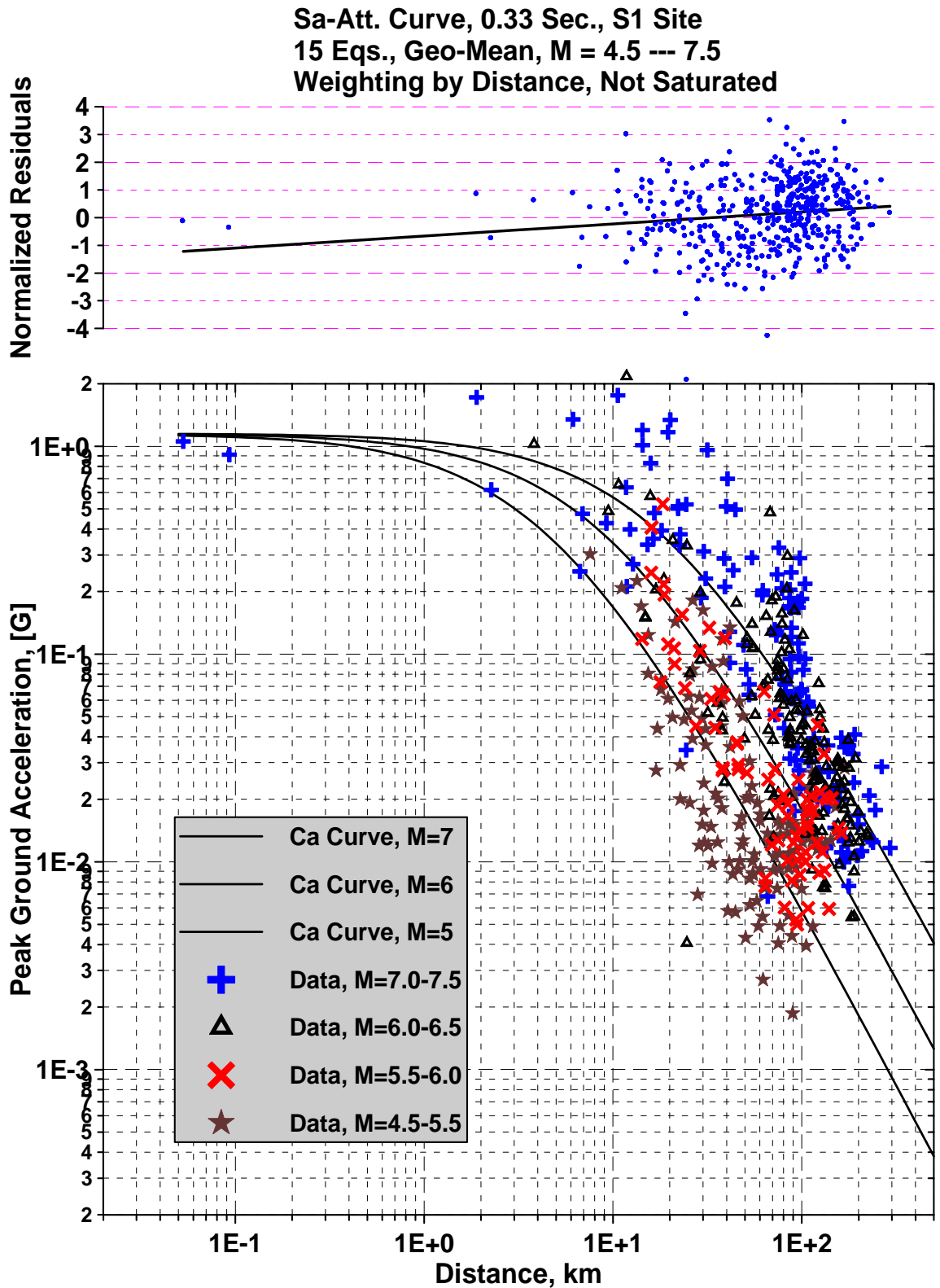


圖 3.12 : S1 地盤之水平向 Sa 衰減律與實測地震紀錄比較例，結構週期  $T_s=0.33$  秒(3Hz)。採用 15 個地震紀錄，幾何平均值，不考慮震度飽和條件。地震規模  $M=4.5-7.5$



PGA(g); UNC; RP=2500 yrs.; Mo=4.5; Dmin=1.0km; Att.=Ca

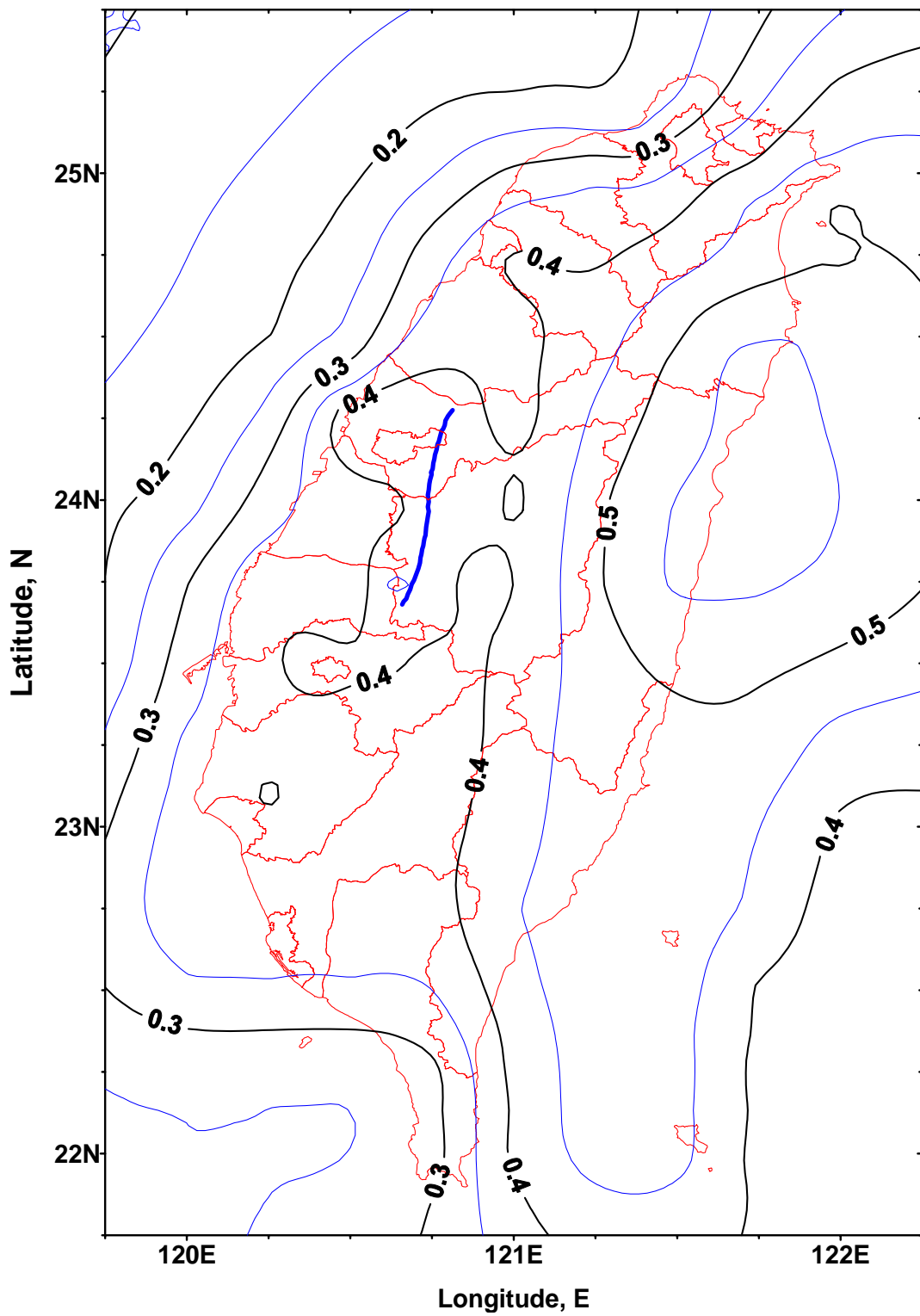


圖 3.13：由 S1 地盤之水平向 PGA 衰減律建立台灣地區 2500 年迴歸期等震度圖。PGA 衰減律回歸採用幾何平均值，考慮震度飽和條件。震度單位為 g。

Sa(g); T=0.3 Sec.; UNC; RP=2500 yrs.; Mo=4.5; Dmin=1.0km

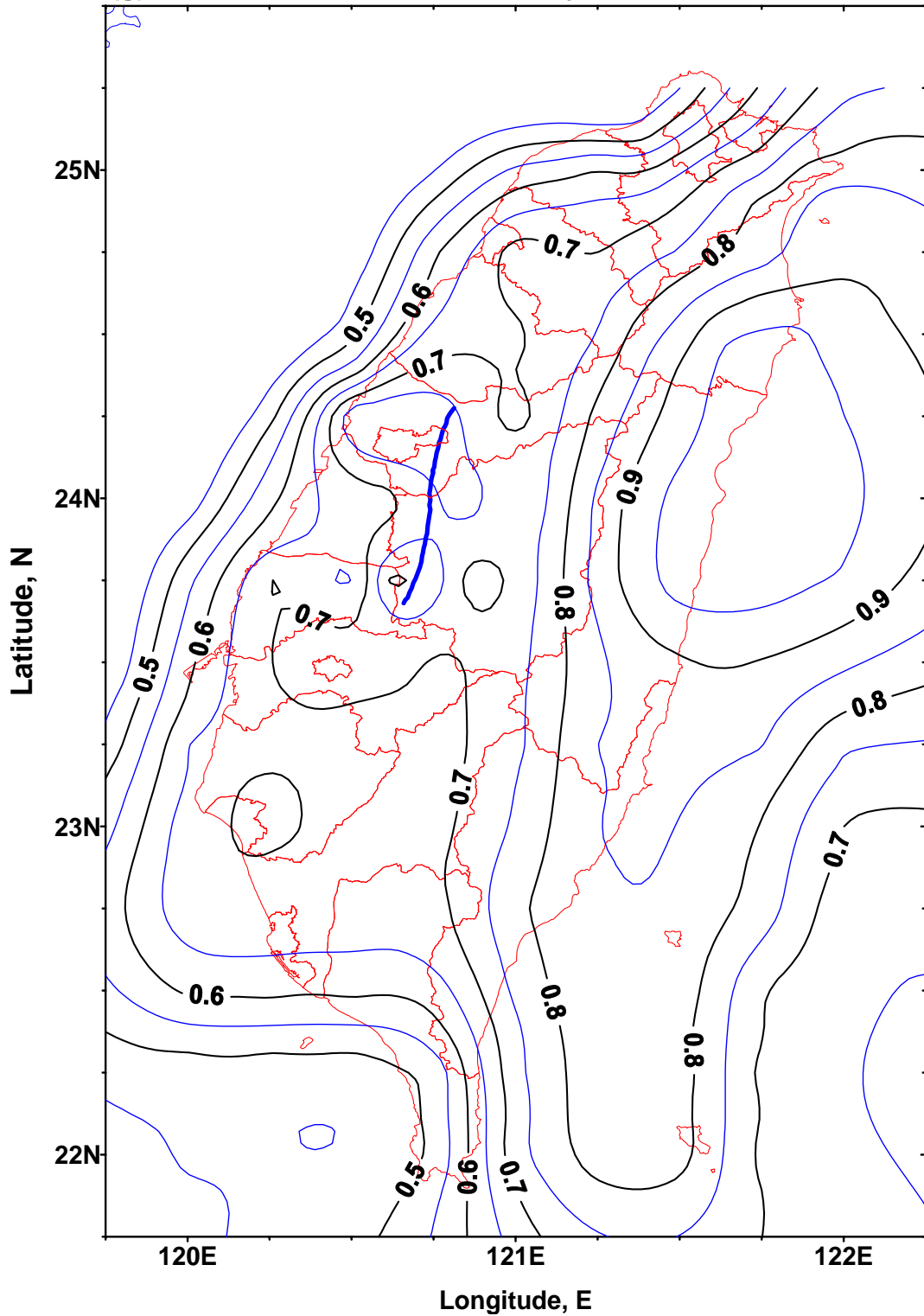


圖 3.14 : S1 地盤水平向 Sa(T=0.3 秒)衰減律建立台灣地區 2500 年迴歸期等震度圖。衰減律回歸採用幾何平均值，不考慮震度飽和條件。震度單位為 g。

Sa(g); T=1.0 Sec.; UNC; RP=2500 yrs.; Mo=4.5; Dmin=1.0km

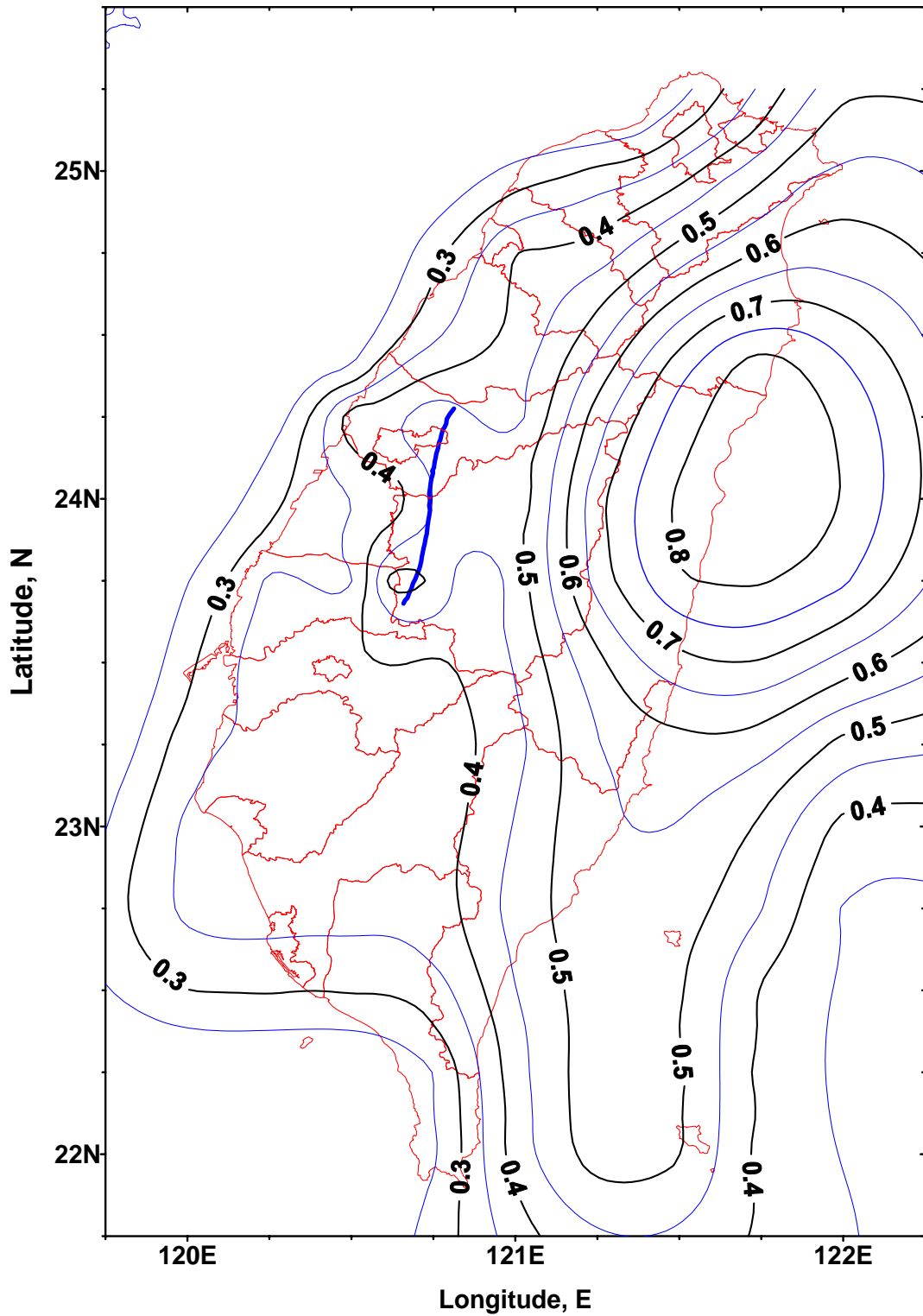


圖 3.15 : S1 地盤水平向 Sa(T=1.0 秒)衰減律建立台灣地區 2500 年迴歸期等震度圖。衰減律回歸採用幾何平均值，不考慮震度飽和條件。震度單位為 g。

PGA(g); UNC; RP=475 yrs.; Mo=4.5; Dmin=1.0km; Att.=Ca

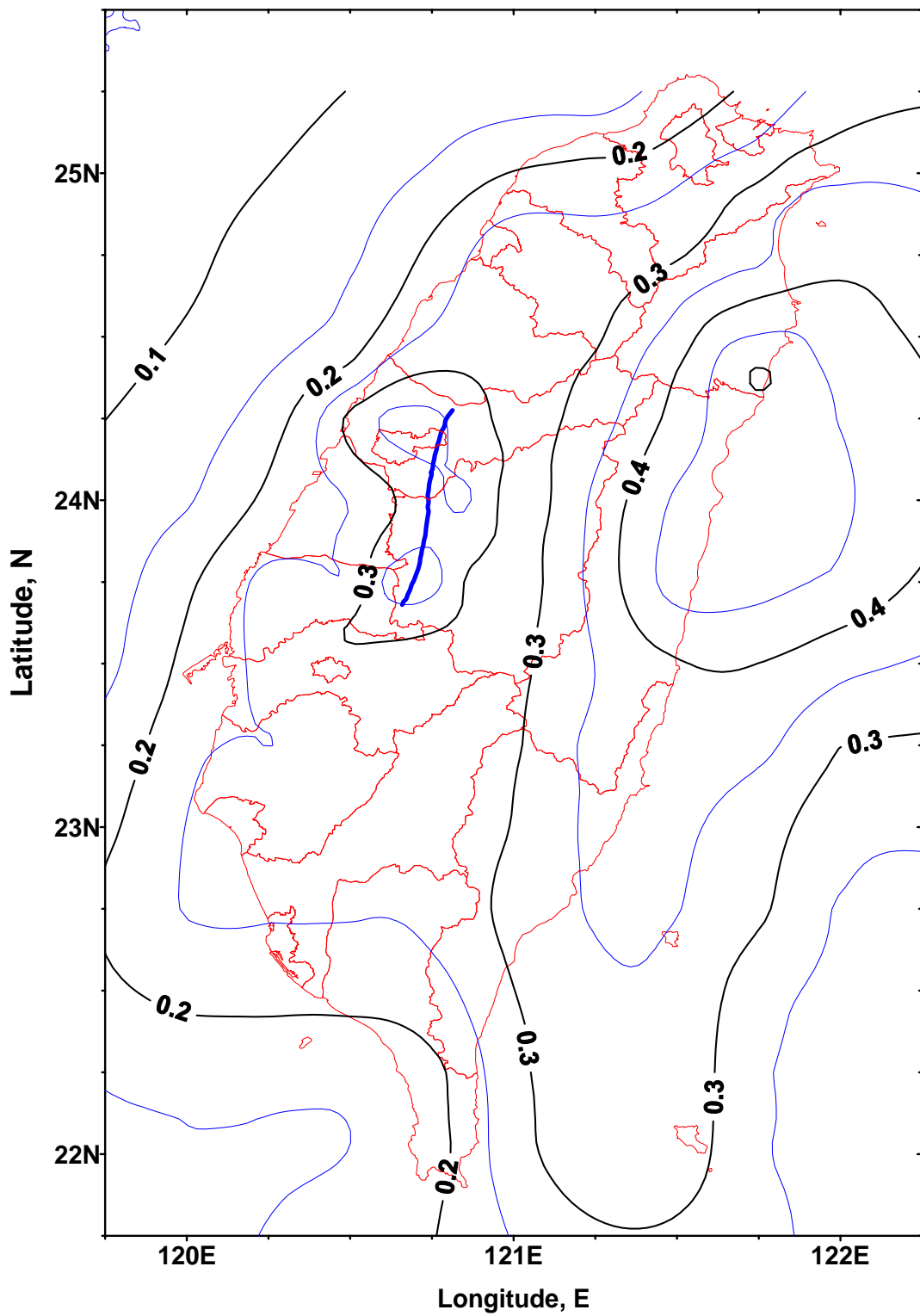


圖 3.16：由 S1 地盤之水平向 PGA 衰減律建立台灣地區 475 年迴歸期等震度圖。PGA 衰減律回歸採用幾何平均值，考慮震度飽和條件。震度單位為 g。

Sa(g); T=0.3 Sec.; UNC; RP=475 yrs.; Mo=4.5; Dmin=1.0km

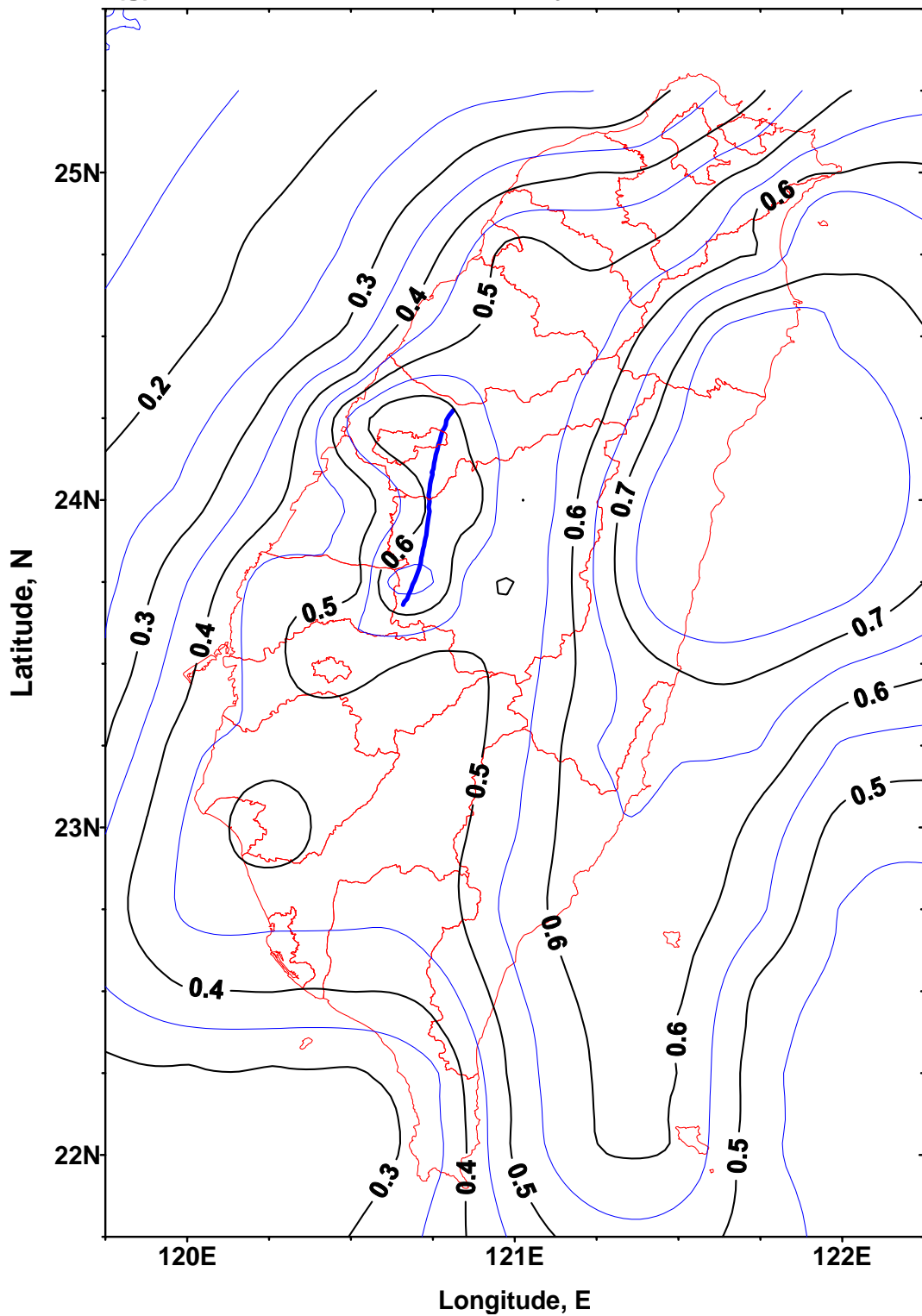


圖 3.17 : S1 地盤水平向 Sa(T=0.3 秒)衰減律建立台灣地區 475 年迴歸期等震度圖。衰減律回歸採用幾何平均值，不考慮震度飽和條件。震度單位為 g。

Sa(g); T=1.0 Sec.; UNC; RP=475 yrs.; Mo=4.5; Dmin=1.0km

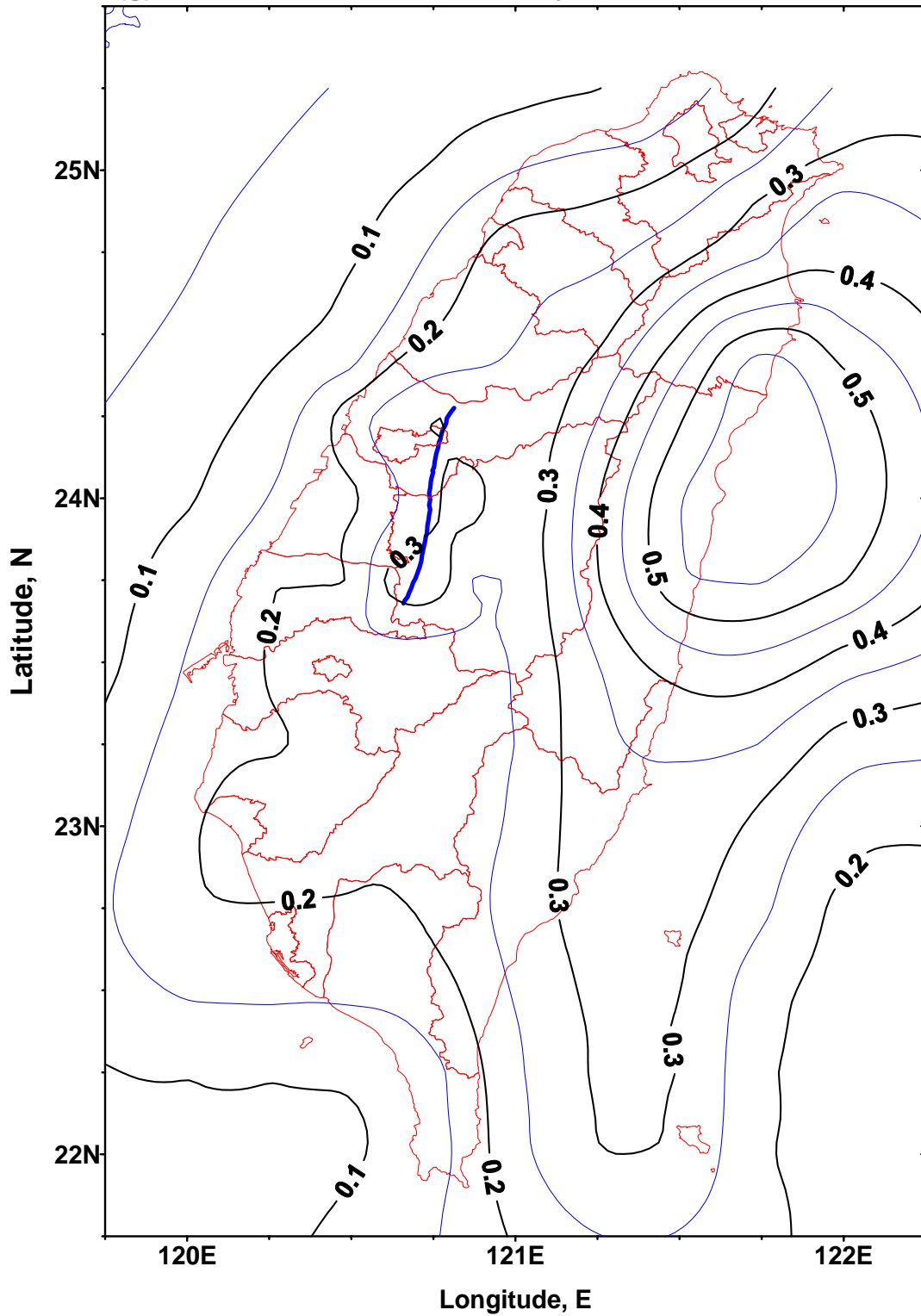


圖 3.18 : S1 地盤水平向 Sa(T=1.0 秒)衰減律建立台灣地區 475 年迴歸期等震度圖。衰減律回歸採用幾何平均值，不考慮震度飽和條件。震度單位為 g。

Sa(g); T=0.2 Sec.; UNC; RP=2500 yrs.; Mo=4.5; Dmin=1.0km

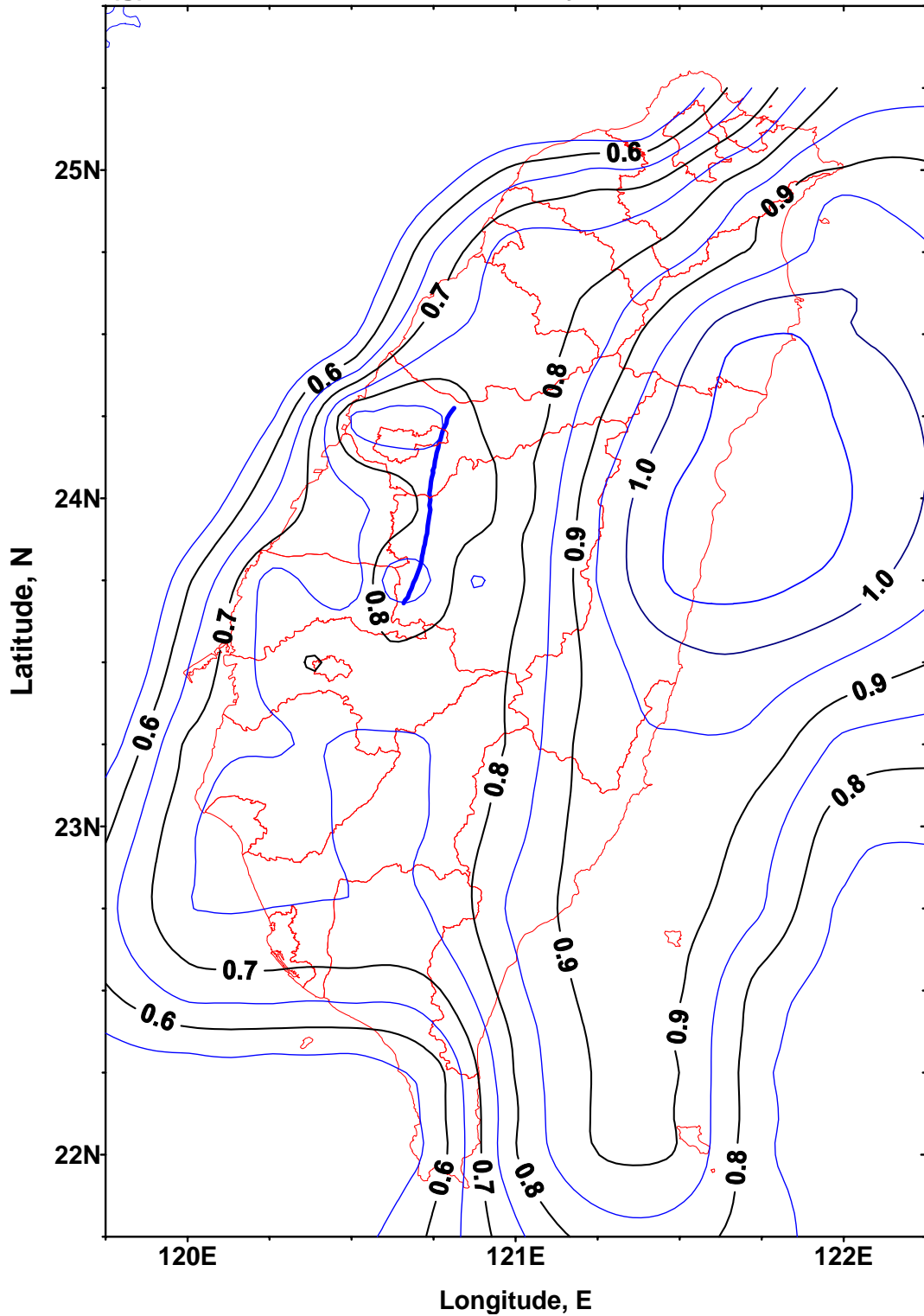


圖 3.19 : S1 地盤水平向  $S_a(T=0.2$  秒) 衰減律建立台灣地區 2500 年迴歸期等震度圖。衰減律回歸採用幾何平均值，不考慮震度飽和條件。震度單位為 g。

Sa(g); T=0.2 Sec.; UNC; RP=475 yrs.; Mo=4.5; Dmin=1.0km

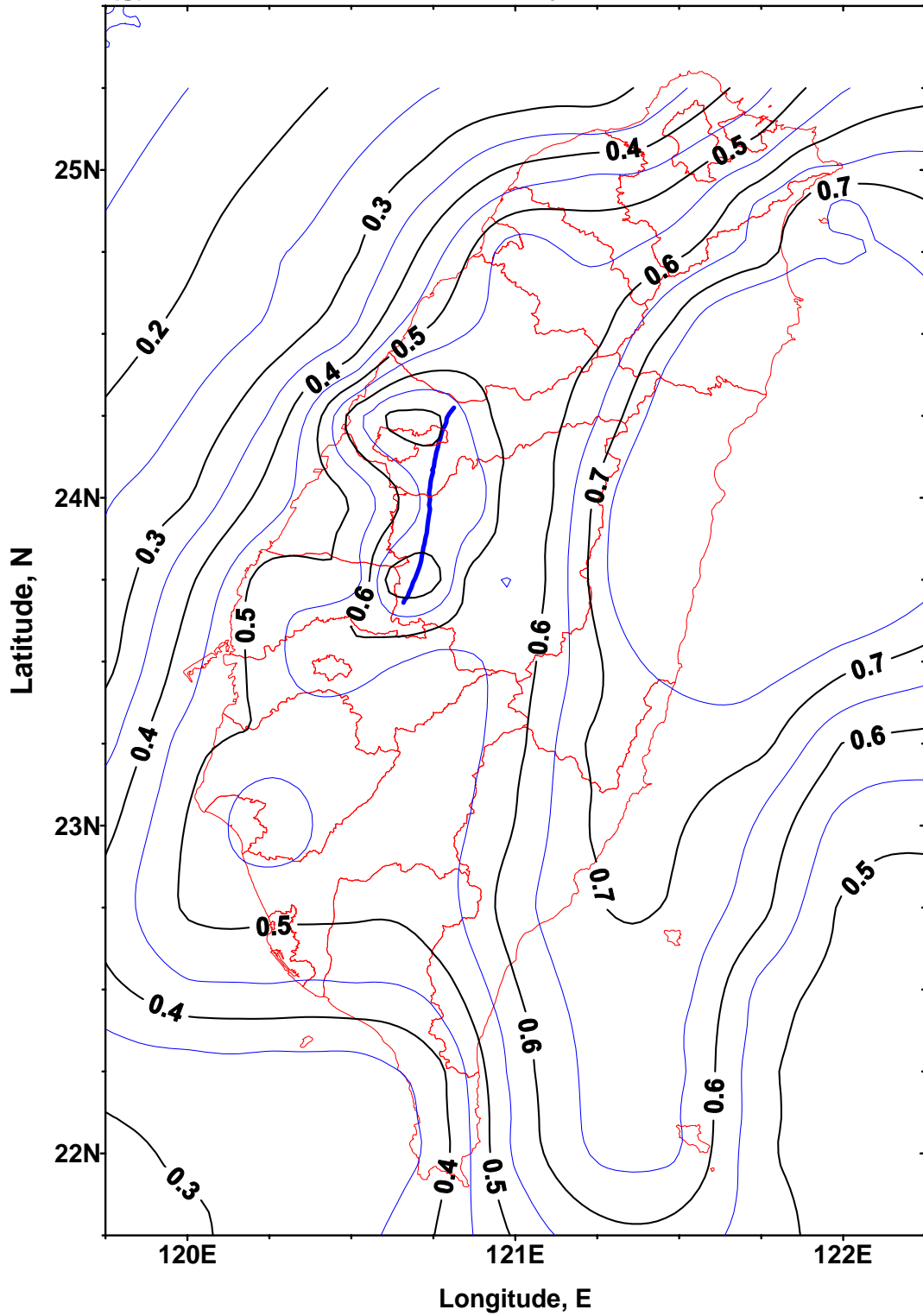


圖 3.20 : S1 地盤水平向 Sa(T=0.2 秒)衰減律建立台灣地區 475 年迴歸期等震度圖。衰減律回歸採用幾何平均值，不考慮震度飽和條件。震度單位為 g。



符號說明：

Mean：選用 34 個堅硬地盤地震記錄之平均反應譜

DRSP：由平均反應譜  $T=0.3$ 、 $1.0$  秒控制點建立之簡化設計反應譜

SHA：以反應譜衰減律進行危害度分析所得之簡化設計反應譜

ATC-40：ATC-40 定義之耐震需求曲線

2500 yrs.：回歸期為 2500 年之耐震需求(危害度曲線  $PGA=0.3g$ )

475 yrs.：回歸期為 475 年之耐震需求(危害度曲線  $PGA=0.44g$ )

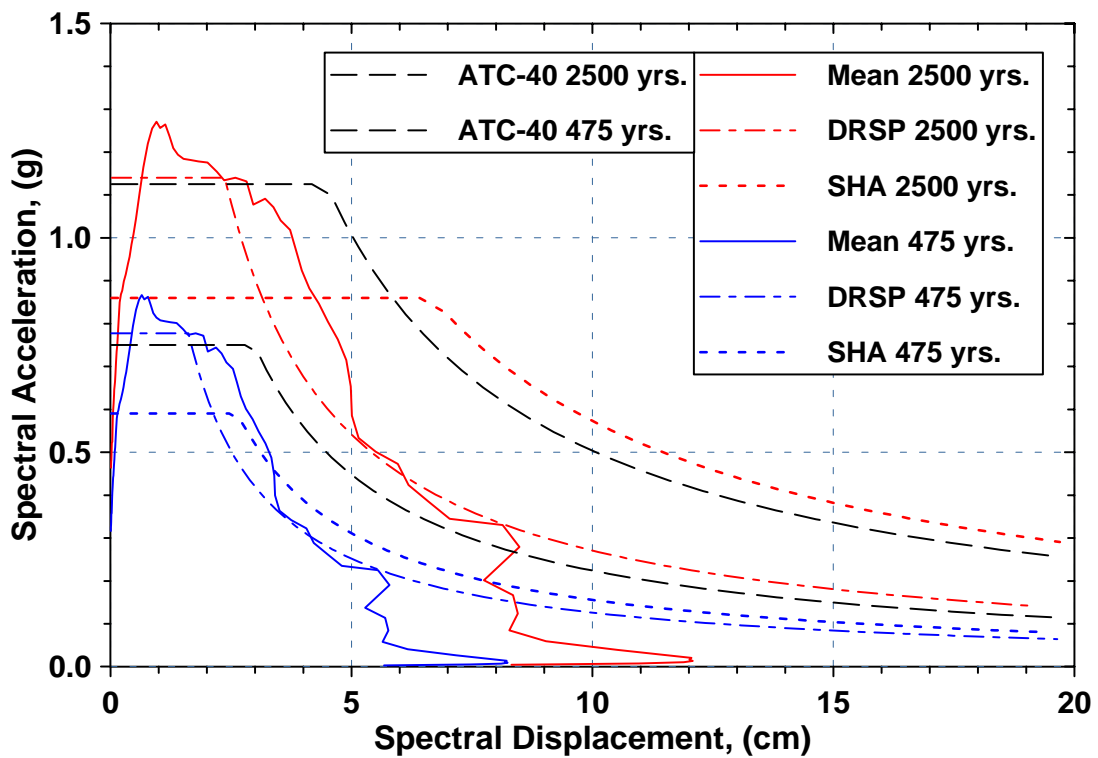


圖 3.21：不同回歸期耐震需求曲線比較

## 第四章 均布危害設計地震力與考慮區域近斷層效應之調整

### 4.1 均布危害設計地震力

耐震設計的設計地震力需求主要是以回歸期 475 年的地震水準為標的來進行設計，相當於 50 年使用期限內具有 10% 超越機率。另一方面，當建築物採用隔震系統進行設計時，必須檢核隔震系統於最大考量地震下之功能性，同時在決定近斷層調整因子時也必須使用到斷層最大規模潛勢與最大考量地震之譜加速度比值。此所謂最大考量地震為 50 年使用期限內具有 2% 超越機率之地震，其回歸期為 2500 年。故有必要將工址所屬震區短週期(以週期 0.3 秒為代表週期)與一秒週期之設計與最大水平譜加速度係數一併列示。

台灣地區堅實地盤之震區設計與最大水平譜加速度係數分別根據 50 年 10% 與 2% 超越機率之均布危害度分析求得。均布危害度分析如第三章所述，須考慮工址周圍約 200 公里以內過去發生地震之規模、震央、震源深度以及活動斷層之地震規模潛勢，並利用地震水平地表加速度以及結構水平譜加速度隨距離、地震規模變化之衰減律及其他地體構造等資料，經複雜的或然率理論分析而得。由於要能較精細的將近斷層影響區域劃分出來，必須進行震區微分化，故考慮之震區係直接以鄉、鎮、市等行政區域為震區劃分單位，並以該行政區域之形心位置為代表點，進行均布危害度分析。各行政區域之形心經緯度，以及相對應之震區短週期與一秒週期設計水平譜加速度係數  $S_s^D$  與  $S_1^D$ ，與震區短週期與一秒週期之最大水平譜加速度係數  $S_s^M$  與  $S_1^M$  分別如表 4-1 所示。圖 4-1 至 4-4 分別表示台灣震區短週期與一秒週期之設計與最大水平譜加速度係數分佈狀況。

### 4.2 區域近斷層效應

針對近斷層區域而言，工址所屬震區之震區短週期與一秒週期水平譜加速度係數深受該斷層之特性以及工址與斷層距離之影響，若僅以鄉、鎮、市等行政區域形心位置之均布危害度分析結果代表該行政區域所有工址的震區水平譜加速度係數，將低估部分工址之震區水平譜加速度係數，致使設計地震力不足以抵抗該斷層引發之近斷層地震。因此，必須藉助於滿足特定斷層特性之譜加速度近斷層衰減公式定義近斷層調整因子  $N_A$  與  $N_V$ ，進而修正近斷層工址之震區水平譜加速度係數，使合理估計近斷層建築物之設計地震力。

茲以車籠埔斷層為例，說明考慮區域近斷層效應之必要性與調整法則。圖 4-5 為近車籠埔斷層區域利用均布危害度分析之震區短週期設計水平譜加速度係數  $S_s^D$  分佈圖，由圖中得知車籠埔斷層影響之震區包括苗栗縣卓蘭鎮，台中市北屯區，台中縣石岡鄉、豐原市、東勢鎮、潭子鄉、新社

鄉，太平市、大里市、霧峰鄉、南投縣國姓鄉、草屯鎮、南投市、中寮鄉、名間鄉、集集鎮、鹿谷鄉、竹山鎮，彰化縣二水鄉，雲林縣斗六市與林內鄉等共二十一個鄉鎮市，其中標註“+”之位置為該行政區域之形心位置。將均布危害度分析所得之各鄉鎮市水平譜加速度係數  $S_S^D$ 、 $S_1^D$ 、 $S_S^M$  與  $S_1^M$ ，對各鄉鎮市形心位置與車籠埔斷層之水平間距做圖，如圖 4-6 中之圓點所示，其中距離大於零與小於零分別表示形心位置處於斷層之上盤與下盤。由圖 4-6 可發現，均布危害度分析所得之水平譜加速度係數與斷層間距之衰減趨勢不如預期，並產生距離愈近譜加速度值反而愈小之不合理現象，因此實有必要利用滿足該斷層特性之譜加速度衰減公式予以調整。

定義近斷層區域之震區短週期與一秒週期設計水平譜加速度係數  $S_S^D$  與  $S_1^D$ ，以及震區短週期與一秒週期最大水平譜加速度係數  $S_S^M$  與  $S_1^M$  為

$$\begin{aligned} S_S^D &= N_A S_{S0}^D & S_S^M &= N_A S_{S0}^M \\ S_1^D &= N_V S_{10}^D & S_1^M &= N_V S_{10}^M \end{aligned} \quad (4-1)$$

其中， $S_{S0}^D$  與  $S_{10}^D$  為該近斷層影響區域之震區短週期與一秒週期設計水平譜加速度係數下限， $S_{S0}^M$  與  $S_{10}^M$  為該近斷層影響區域之震區短週期與一秒週期最大水平譜加速度係數下限。利用斷層影響範圍內各鄉鎮市形心位置之均布危害度分析結果，可平均求得此下限值，分別為

$$\begin{aligned} S_{S0}^D &= 0.75g & S_{S0}^M &= 0.93g \\ S_{10}^D &= 0.36g & S_{10}^M &= 0.56g \end{aligned} \quad (4-2)$$

如圖 4-6 之虛線所示。

藉由 921 集集地震各測站測得之強地動資料，分別針對東西向與南北向計算結構之水平向加速度反應譜，平均求得短週期區段(0.3 秒附近)之譜加速度平台(以  $S_{A,0.3}$  表示)，並針對中週期區段藉由  $S_A(T)=S_{A,1.0}/T^{2/3}$  之譜加速度公式，平均求得  $S_{A,1.0}$ 。接著，再根據各測站與地表斷層破裂線的最短距離( $r$ )，分析求得近斷層短週期與一秒週期譜加速度均值  $S_{A,0.3}$  與  $S_{A,1.0}$  之衰減公式為：

$$\begin{aligned} S_{A,0.3} (gal) &= 8.4867 - 0.8249 \ln(r^2 + 6.0^2)^{0.5} \\ S_{A,1.0} (gal) &= 7.9617 - 0.8077 \ln(r^2 + 6.0^2)^{0.5} \end{aligned} \quad (4-3)$$

其衰減趨勢如圖 4-7 所示，其中圓點代表各測站東西向與南北向譜加速度之均值，而虛線為其回歸結果(4-3 式)。

依據 IBC2000 之精神，將短週期與一秒週期譜加速度均值之衰減公式(4-3 式)乘以 1.5 倍，定義為車籠埔斷層於最大地震規模潛勢下之短週期與一秒週期水平譜加速度  $S_{S,Att}(r)$  與  $S_{1,Att}(r)$ ，如圖 4-7 之實線所示。此 1.5 倍隱含一個均方誤差以及均值至垂直斷層方向之方位效應。因此，分別將短週期與一秒週期水平譜加速度  $S_{S,Att}(r)$  與  $S_{1,Att}(r)$  與震區短週期與一秒週期

最大水平譜加速度係數下限  $S_{S_0}^M$  與  $S_{I_0}^M$  相比，可求得近斷層調整因子  $N_A$  與  $N_V$ ，滿足

$$N_A(r) = \frac{S_{S,Att}(r)}{S_{S_0}^M} \geq 1.0 \quad ; \quad N_V(r) = \frac{S_{I,Att}(r)}{S_{I_0}^M} \geq 1.0 \quad (4-4)$$

如圖 4-8 之虛線所示。近斷層調整因子  $N_A$  與  $N_V$  必須大於 1.0 的限制，表示若依據衰減公式計算而得之水平譜加速度小於震區最大水平譜加速度係數下限時，設計地震力應由均布危害度分析結果支配。

利用該近斷層區域之震區短週期與一秒週期設計水平譜加速度係數下限  $S_{S_0}^D$  與  $S_{I_0}^D$ ，配合各工址之近斷層調整因子  $N_A$  與  $N_V$ ，即可依據(4-1)式修正求得震區短週期與一秒週期設計水平譜加速度係數  $S_S^D$  與  $S_I^D$ 。依據(4-1)式調整之震區短週期與一秒週期最大水平譜加速度係數  $S_S^M$  與  $S_I^M$ ，以及設計水平譜加速度係數  $S_S^D$  與  $S_I^D$  如圖 4-6 之實線所示。由圖 4-6 可發現，經由水平譜加速度係數下限與近斷層調整因子  $N_A$  與  $N_V$  調整後之譜加速度需求，不但符合距離愈遠譜加速度值愈小之衰減趨勢，且在距離大於 5 公里外之區域，與均布危害分析之結果一致。

最後，為便於規範定義與工程師查閱，將經由(4-4)式計算而得之近斷層調整因子  $N_A$  與  $N_V$  予以線性定量化，如表 4-2 所示，工程師可逕行依據工址與車籠埔斷層之水平間距，如圖 4-8 之實線所示般線性內差求值。

### 4.3 近斷層區域之震區水平譜加速度係數

除了車籠埔斷層外，本報告針對獅潭斷層、屯子腳斷層、梅山斷層與新化斷層等曾經引致大規模地震之斷層，利用該斷層影響範圍內各鄉鎮市形心位置之均布危害度分析結果，平均求得震區短週期與一秒週期設計水平譜加速度係數下限  $S_{S_0}^D$  與  $S_{I_0}^D$ ，以及震區短週期與一秒週期最大水平譜加速度係數下限  $S_{S_0}^M$  與  $S_{I_0}^M$ ；並藉由可信之近斷層譜加速度衰減公式，推估滿足該斷層特性之譜加速度衰減行為，計算近斷層調整因子  $N_A$  與  $N_V$ ，而依據(4-1)式修正求得震區短週期與一秒週期設計水平譜加速度係數  $S_S^D$  與  $S_I^D$ 。

本報告採用之近斷層譜加速度衰減公式為 Boore、Joyner 與 Fumal 等人(BJF 1994)針對美西地區之堅硬地盤(B 類地盤)回歸而得，可推估近斷層工址之 PGA 與譜加速度(結構週期  $T=0.3$  與  $1.0$  秒)需求之均值，而被 SEAOC 採行納入 UBC97。BJF 近斷層譜加速度衰減公式為

$$\log_{10}(SD) = B_{SA} + a_{SS} \cdot G_{SS} + a_{RS} \cdot G_{RS} + b(M_w - 6) + c(M_w - 6)^2 + d\sqrt{r^2 + h^2} + e \left[ \log_{10} \left( \sqrt{r^2 + h^2} \right) \right] + f(2.881 - \log_{10} V_B) \quad (4-5)$$

其中， $SD$  為地震力需求，可為 PGA、 $S_{A,0.3}$  或  $S_{A,1.0}$ ，其單位為重力加速度

$g$ ； $M_w$  為地震力矩規模潛勢； $r$  為工址與斷層之水平間距，單位為公里； $B_{SA}$  為將譜速度(cm/s)轉變為譜加速度(g)之轉換因子； $G_{SS}$ 、 $G_{RS}$  為斷層種類之旗標參數，針對滑移斷層時  $G_{SS}=1$ 、 $G_{RS}=0$ ，而針對逆衝斷層時  $G_{SS}=0$ 、 $G_{RS}=1$ ，

而  $a_{SS}$ 、 $a_{RS}$  則分別為滑移斷層與逆衝斷層之影響係數； $h$  為等效震源深度； $V_B$  為堅硬地盤之等效剪力波波速； $b$ 、 $c$ 、 $d$ 、 $e$ 、 $f$  則為相關係數。各係數之值如表 4-3 定義。應用(4-5)式時，地震力矩規模潛勢必須滿足  $5.5 \leq M_w \leq 7.7$ ，且工址與斷層之水平間距小於 100 公里。

另一方面，為反映一個均方誤差以及均值至垂直斷層方向之方位效應，必須將(4-5)式預測之譜加速度均值乘以適當倍數，以獲得最大地震規模潛勢下之短週期與一秒週期水平譜加速度  $S_{S,Att}(r)$  與  $S_{1,Att}(r)$ 。藉由 921 集集地震( $M_w=7.6$ 、逆衝斷層)之觀測結果，發現若將 BJF 衰減公式推估之短週期譜加速度( $S_{A,0.3}^{BJF}$ )乘以 1.1 倍，一秒週期之譜加速度( $S_{A,1.0}^{BJF}$ )乘以 1.3 倍，則其衰減趨勢與近車籠埔斷層觀測結果之短週期譜加速度  $S_{S,Att}$  與  $S_{1,Att}$  相符，如圖 4-9 所示。因此，本報告將藉由 BJF 衰減公式推估特定斷層短週期與一秒週期之譜加速度均值，並分別乘以 1.1 倍與 1.3 倍，定義為該斷層最大地震規模潛勢下之短週期與一秒週期水平譜加速度  $S_{S,Att}(r)$  與  $S_{1,Att}(r)$ 。

#### 4.3.1 獅潭斷層

圖 4-10 為近獅潭斷層區域，利用均布危害度分析之震區短週期設計水平譜加速度係數  $S_s^D$  分佈圖，由圖中得知獅潭斷層影響之震區包括新竹縣峨眉鄉、北埔鄉，苗栗縣三灣鄉、造橋鄉、頭屋鄉、南庄鄉、獅潭鄉、公館鄉、泰安鄉以及大湖鄉等共十個鄉鎮市。利用斷層影響範圍內各鄉鎮市形心位置之均布危害度分析結果，可平均求得近斷層影響區域之震區短週期與一秒週期設計水平譜加速度係數下限  $S_{S0}^D$  與  $S_{10}^D$ ，以及震區短週期與一秒週期最大水平譜加速度係數下限  $S_{S0}^M$  與  $S_{10}^M$ ，分別為

$$\begin{aligned} S_{S0}^D &= 0.69g & S_{S0}^M &= 0.89g \\ S_{10}^D &= 0.28g & S_{10}^M &= 0.45g \end{aligned} \quad (4-6)$$

獅潭斷層為一逆衝斷層，推估其最大地震力矩規模為  $M_w=7.0$ ，因此，藉由(4-5)式之 BJF 衰減公式推估短週期與一秒週期之譜加速度均值，並分別乘以 1.1 倍與 1.3 倍，定義為該斷層最大地震規模潛勢下之短週期與一秒週期水平譜加速度  $S_{S,Att}(r)$  與  $S_{1,Att}(r)$ 。再藉由(4-4)式，分別將  $S_{S,Att}(r)$  與  $S_{1,Att}(r)$  和震區短週期與一秒週期最大水平譜加速度係數下限  $S_{S0}^M$  與  $S_{10}^M$  相比，可求得近斷層調整因子  $N_A$  與  $N_V$ 。最後，將近斷層調整因子  $N_A$  與  $N_V$  予以線性定量化，如表 4-4 所示，工程師可逕行依據工址與獅潭斷層之水平

間距，如圖 4-11 之實線所示般線性內差求值。

#### 4.3.2 屯子腳斷層

圖 4-12 為近屯子腳斷層區域，利用均布危害度分析之震區短週期設計水平譜加速度係數  $S_S^D$  分佈圖，由圖中得知屯子腳斷層影響之震區包括台中縣外埔鄉、后里鄉、清水鎮、神岡鄉、梧棲鎮、沙鹿鎮以及大雅鄉等共七個鄉鎮市。利用斷層影響範圍內各鄉鎮市形心位置之均布危害度分析結果，可平均求得近斷層影響區域之震區短週期與一秒週期設計水平譜加速度係數下限  $S_{S_0}^D$  與  $S_{10}^D$ ，以及震區短週期與一秒週期最大水平譜加速度係數下限  $S_{S_0}^M$  與  $S_{10}^M$ ，分別為

$$\begin{aligned} S_{S_0}^D &= 0.70g & S_{S_0}^M &= 0.87g \\ S_{10}^D &= 0.27g & S_{10}^M &= 0.43g \end{aligned} \quad (4-7)$$

屯子腳斷層為一滑移斷層，推估其最大地震力矩規模為  $M_W=7.0$ ，因此，藉由(4-5)式之 BJK 衰減公式推估短週期與一秒週期之譜加速度均值，並分別乘以 1.1 倍與 1.3 倍，定義為該斷層最大地震規模潛勢下之短週期與一秒週期水平譜加速度  $S_{S,Att}(r)$  與  $S_{1,Att}(r)$ 。再藉由(4-4)式，分別將  $S_{S,Att}(r)$  與  $S_{1,Att}(r)$  和震區短週期與一秒週期最大水平譜加速度係數下限  $S_{S_0}^M$  與  $S_{10}^M$  相比，可求得近斷層調整因子  $N_A$  與  $N_V$ 。最後，將近斷層調整因子  $N_A$  與  $N_V$  予以線性定量化，如表 4-5 所示，工程師可逕行依據工址與屯子腳斷層之水平間距，如圖 4-13 之實線所示般線性內差求值。

#### 4.3.3 梅山斷層

圖 4-14 為近梅山斷層區域，利用均布危害度分析之震區短週期設計水平譜加速度係數  $S_S^D$  分佈圖，由圖中得知梅山斷層影響之震區包括雲林縣古坑鄉，嘉義縣大林鎮、民雄鄉與梅山鄉共四個鄉鎮市。利用斷層影響範圍內各鄉鎮市形心位置之均布危害度分析結果，可平均求得近斷層影響區域之震區短週期與一秒週期設計水平譜加速度係數下限  $S_{S_0}^D$  與  $S_{10}^D$ ，以及震區短週期與一秒週期最大水平譜加速度係數下限  $S_{S_0}^M$  與  $S_{10}^M$ ，分別為

$$\begin{aligned} S_{S_0}^D &= 0.69g & S_{S_0}^M &= 0.88g \\ S_{10}^D &= 0.28g & S_{10}^M &= 0.46g \end{aligned} \quad (4-8)$$

梅山斷層為一滑移斷層，推估其最大地震力矩規模為  $M_W=7.0$ ，因此，藉由(4-5)式之 BJK 衰減公式推估短週期與一秒週期之譜加速度均值，並分別乘以 1.1 倍與 1.3 倍，定義為該斷層最大地震規模潛勢下之短週期與一秒週期水平譜加速度  $S_{S,Att}(r)$  與  $S_{1,Att}(r)$ 。再藉由(4-4)式，分別將  $S_{S,Att}(r)$  與  $S_{1,Att}(r)$  和震區短週期與一秒週期最大水平譜加速度係數下限  $S_{S_0}^M$  與  $S_{10}^M$  相

比，可求得近斷層調整因子  $N_A$  與  $N_V$ 。最後，將近斷層調整因子  $N_A$  與  $N_V$  予以線性定量化，如表 4-6 所示，工程師可逕行依據工址與梅山斷層之水平間距，如圖 4-15 之實線所示般線性內差求值。

#### 4.3.4 新化斷層

圖 4-16 為近新化斷層區域，利用均布危害度分析之震區短週期設計水平譜加速度係數  $S_s^D$  分佈圖，由圖中得知新化斷層影響之震區包括台南縣永康市、新化鎮、新市鄉與山上鄉共四個鄉鎮市。利用斷層影響範圍內各鄉鎮市形心位置之均布危害度分析結果，可平均求得近斷層影響區域之震區短週期與一秒週期設計水平譜加速度係數下限  $S_{s0}^D$  與  $S_{10}^D$ ，以及震區短週期與一秒週期最大水平譜加速度係數下限  $S_{s0}^M$  與  $S_{10}^M$ ，分別為

$$\begin{aligned} S_{s0}^D &= 0.68g & S_{s0}^M &= 0.85g \\ S_{10}^D &= 0.25g & S_{10}^M &= 0.42g \end{aligned} \quad (4-9)$$

新化斷層為一滑移斷層，推估其最大地震力矩規模為  $M_w=6.8$ ，因此，藉由(4-5)式之 BJK 衰減公式推估短週期與一秒週期之譜加速度均值，並分別乘以 1.1 倍與 1.3 倍，定義為該斷層最大地震規模潛勢下之短週期與一秒週期水平譜加速度  $S_{s,Att}(r)$  與  $S_{1,Att}(r)$ 。再藉由(4-4)式，分別將  $S_{s,Att}(r)$  與  $S_{1,Att}(r)$  和震區短週期與一秒週期最大水平譜加速度係數下限  $S_{s0}^M$  與  $S_{10}^M$  相比，可求得近斷層調整因子  $N_A$  與  $N_V$ 。最後，將近斷層調整因子  $N_A$  與  $N_V$  予以線性定量化，如表 4-7 所示，工程師可逕行依據工址與新化斷層之水平間距，如圖 4-17 之實線所示般線性內差求值。

表 4-1 各震區之形心經緯度、短週期與一秒週期之設計與最大水平譜加速度係數  $S_S^D$ 、 $S_1^D$ 、 $S_S^M$  與  $S_1^M$

震區		形心位置		水平譜加速度係數			
		北緯	東經	$S_S^D$	$S_1^D$	$S_S^M$	$S_1^M$
台北縣	板橋市	25.0067	121.4483	0.49	0.20	0.71	0.35
	三重市	25.0685	121.4777	0.52	0.19	0.73	0.34
	中和市	24.9908	121.4896	0.49	0.21	0.72	0.38
	永和市	25.0092	121.5071	0.47	0.20	0.70	0.37
	新莊市	25.0361	121.4225	0.52	0.19	0.73	0.34
	新店市	24.9312	121.5255	0.58	0.25	0.82	0.44
	樹林鎮	24.9826	121.3877	0.55	0.22	0.79	0.38
	鶯歌鎮	24.9564	121.3403	0.59	0.23	0.82	0.39
	三峽鎮	24.8733	121.4	0.64	0.26	0.86	0.44
	淡水鎮	25.1856	121.4562	0.36	0.14	0.51	0.23
	汐止鎮	25.0854	121.6549	0.46	0.20	0.69	0.38
	瑞芳鎮	25.0911	121.8307	0.55	0.25	0.81	0.48
	土城鄉	24.9685	121.4364	0.55	0.22	0.78	0.39
	蘆洲鄉	25.0893	121.4651	0.51	0.18	0.73	0.32
	五股鄉	25.0984	121.4278	0.45	0.16	0.63	0.29
	泰山鄉	25.0545	121.404	0.50	0.18	0.70	0.32
	林口鄉	25.1022	121.3394	0.36	0.14	0.52	0.25
	深坑鄉	24.999	121.6121	0.53	0.23	0.77	0.43
	石碇鄉	24.9519	121.6386	0.65	0.28	0.87	0.48
	坪林鄉	24.9138	121.711	0.66	0.30	0.89	0.52
	三芝鄉	25.2324	121.4976	0.35	0.13	0.50	0.23
	石門鄉	25.2589	121.5556	0.38	0.14	0.56	0.26
	八里鄉	25.1271	121.3651	0.35	0.13	0.50	0.24
	平溪鄉	25.0277	121.7507	0.54	0.25	0.79	0.46
雙溪鄉	24.9994	121.822	0.62	0.29	0.87	0.52	
貢寮鄉	25.0419	121.9051	0.61	0.29	0.86	0.53	
金山鄉	25.2208	121.5986	0.49	0.17	0.71	0.31	
萬里鄉	25.1787	121.6413	0.44	0.18	0.64	0.33	
烏來鄉	24.7851	121.5572	0.62	0.29	0.86	0.52	
宜蘭縣	宜蘭市	24.7528	121.7514	0.66	0.34	0.91	0.60
	羅東鎮	24.6865	121.7676	0.72	0.38	0.94	0.65
	蘇澳鎮	24.5452	121.8491	0.85	0.48	1.03	0.73
	頭城鎮	24.8999	121.8196	0.78	0.35	0.97	0.56
	礁溪鄉	24.8155	121.714	0.66	0.32	0.89	0.56
	壯圍鄉	24.7619	121.7961	0.68	0.35	0.92	0.61
	員山鄉	24.7426	121.666	0.64	0.33	0.89	0.58
	冬山鄉	24.6464	121.7349	0.75	0.40	0.97	0.66
	五結鄉	24.6831	121.794	0.74	0.39	0.96	0.65
	三星鄉	24.6706	121.6584	0.73	0.37	0.95	0.63
	大同鄉	24.5462	121.5334	0.73	0.39	0.95	0.66
	南澳鄉	24.4656	121.6352	0.89	0.51	1.06	0.77



震區		形心位置		水平譜加速度係數			
		北緯	東經	$S_S^D$	$S_1^D$	$S_S^M$	$S_1^M$
桃園縣	桃園市	24.9984	121.2876	0.46	0.18	0.68	0.32
	中壢市	24.9784	121.2012	0.49	0.19	0.72	0.34
	大溪鎮	24.8737	121.2919	0.65	0.26	0.86	0.43
	楊梅鎮	24.9173	121.1152	0.63	0.24	0.84	0.40
	蘆竹鄉	25.0562	121.2858	0.39	0.15	0.58	0.27
	大園鄉	25.0628	121.2028	0.39	0.15	0.60	0.26
	龜山鄉	25.0237	121.3447	0.46	0.18	0.67	0.32
	八德鄉	24.9502	121.2832	0.54	0.21	0.77	0.37
	龍潭鄉	24.8487	121.1996	0.64	0.25	0.86	0.43
	平鎮鄉	24.9239	121.2096	0.59	0.23	0.82	0.39
	新屋鄉	24.9781	121.0681	0.50	0.18	0.73	0.33
	觀音鄉	25.0235	121.0922	0.43	0.16	0.65	0.28
	復興鄉	24.7183	121.3531	0.62	0.28	0.85	0.49
新竹縣	竹北市	24.8346	120.9929	0.61	0.23	0.83	0.39
	竹東鎮	24.7206	121.0667	0.68	0.27	0.89	0.46
	新埔鎮	24.8387	121.079	0.65	0.25	0.86	0.43
	關西鎮	24.7867	121.1902	0.57	0.24	0.80	0.41
	湖口鄉	24.8982	121.0491	0.63	0.24	0.85	0.40
	新豐鄉	24.9057	120.9907	0.55	0.20	0.78	0.36
	芎林鄉	24.7696	121.0948	0.61	0.25	0.86	0.45
	橫山鄉	24.7067	121.1447	0.58	0.24	0.80	0.41
	北埔鄉	24.6738	121.0571	0.67	0.27	0.85	0.45
	寶山鄉	24.744	120.9946	0.59	0.24	0.79	0.40
	峨眉鄉	24.6741	120.9989	0.75	0.29	0.92	0.48
	尖石鄉	24.5983	121.2739	0.62	0.28	0.85	0.50
	五峰鄉	24.586	121.141	0.59	0.25	0.81	0.44
苗栗縣	苗栗市	24.5607	120.8034	0.60	0.23	0.83	0.38
	苑裡鎮	24.4098	120.6776	0.56	0.21	0.78	0.34
	通霄鎮	24.4907	120.7001	0.50	0.19	0.72	0.32
	竹南鎮	24.6959	120.8737	0.63	0.24	0.85	0.40
	頭份鎮	24.6707	120.9184	0.65	0.25	0.85	0.41
	後龍鎮	24.6168	120.7684	0.60	0.22	0.83	0.37
	卓蘭鎮	24.3306	120.8394	0.88	0.39	1.05	0.65
	大湖鄉	24.4024	120.8393	0.72	0.31	0.98	0.57
	公館鄉	24.4999	120.8514	0.62	0.26	0.82	0.43
	銅鑼鄉	24.4628	120.79	0.56	0.23	0.77	0.38
	南庄鄉	24.571	121.0077	0.64	0.27	0.82	0.44
	頭屋鄉	24.5732	120.8767	0.66	0.26	0.85	0.42
	三義鄉	24.3811	120.7656	0.66	0.28	0.83	0.44
	西湖鄉	24.5363	120.7499	0.54	0.20	0.77	0.34
	造橋鄉	24.6295	120.8739	0.63	0.25	0.84	0.39
	三灣鄉	24.6356	120.9458	0.71	0.29	0.88	0.45
	獅潭鄉	24.5246	120.9137	0.77	0.31	0.93	0.50
	泰安鄉	24.4069	121.0756	0.65	0.28	0.86	0.47

震區		形心位置		水平譜加速度係數			
		北緯	東經	$S_S^D$	$S_1^D$	$S_S^M$	$S_1^M$
台中縣	豐原市	24.252	120.7271	0.63	0.27	0.77	0.41
	東勢鎮	24.2439	120.819	0.96	0.45	1.07	0.70
	大甲鎮	24.3804	120.6387	0.56	0.21	0.77	0.34
	清水鎮	24.298	120.5703	0.65	0.25	0.82	0.40
	沙鹿鎮	24.2326	120.5817	0.69	0.26	0.87	0.44
	梧棲鎮	24.2531	120.5202	0.68	0.25	0.89	0.45
	后里鄉	24.3201	120.6985	0.78	0.31	0.94	0.48
	神岡鄉	24.2658	120.6641	0.73	0.28	0.88	0.44
	潭子鄉	24.213	120.7037	0.59	0.24	0.74	0.38
	大雅鄉	24.232	120.6314	0.62	0.24	0.79	0.38
	新社鄉	24.1789	120.8235	0.82	0.39	0.95	0.57
	石岡鄉	24.2644	120.784	0.94	0.43	1.05	0.67
	外埔鄉	24.3327	120.6559	0.67	0.26	0.83	0.41
	大安鄉	24.3665	120.5857	0.55	0.20	0.76	0.33
	烏日鄉	24.0837	120.6137	0.56	0.22	0.78	0.35
	大肚鄉	24.1438	120.5424	0.57	0.21	0.80	0.36
	龍井鄉	24.2022	120.5348	0.61	0.23	0.81	0.40
	霧峰鄉	24.0473	120.714	0.85	0.40	0.97	0.61
	太平鄉	24.1071	120.7606	1.00	0.52	1.09	0.75
	大里鄉	24.0986	120.6882	0.66	0.28	0.81	0.43
和平鄉	24.2764	121.1496	0.63	0.31	0.87	0.55	
彰化縣	彰化市	24.0774	120.5547	0.56	0.20	0.79	0.36
	鹿港鎮	24.0849	120.4418	0.59	0.21	0.81	0.37
	和美鎮	24.1207	120.5056	0.56	0.21	0.80	0.36
	線西鄉	24.1268	120.454	0.60	0.22	0.81	0.37
	伸港鄉	24.1676	120.471	0.61	0.23	0.82	0.39
	福興鄉	24.0286	120.4275	0.55	0.20	0.79	0.36
	秀水鄉	24.0358	120.4987	0.50	0.19	0.74	0.35
	花壇鄉	24.031	120.5532	0.50	0.20	0.74	0.35
	芬園鄉	24.0015	120.6268	0.57	0.24	0.75	0.37
	員林鎮	23.9585	120.5819	0.58	0.23	0.82	0.38
	溪湖鎮	23.9534	120.4721	0.54	0.20	0.78	0.37
	田中鎮	23.8589	120.5813	0.64	0.26	0.84	0.40
	大村鄉	23.994	120.5506	0.51	0.20	0.74	0.35
	埔鹽鄉	23.9952	120.4538	0.51	0.19	0.75	0.36
	埔心鄉	23.9578	120.5284	0.53	0.20	0.77	0.36
	永靖鄉	23.9199	120.5271	0.57	0.22	0.82	0.38
	社頭鄉	23.9074	120.5925	0.64	0.25	0.84	0.40
	二水鄉	23.8155	120.6247	0.71	0.31	0.86	0.47
	北斗鎮	23.8696	120.5275	0.60	0.23	0.84	0.39
	二林鎮	23.9277	120.3961	0.63	0.23	0.84	0.40
	田尾鄉	23.8995	120.514	0.58	0.22	0.82	0.38
	埤頭鄉	23.8804	120.466	0.62	0.23	0.84	0.40
	芳苑鄉	23.9595	120.3452	0.59	0.21	0.82	0.37
	大城鄉	23.8599	120.3099	0.63	0.23	0.85	0.39
	竹塘鄉	23.8558	120.404	0.63	0.23	0.84	0.40
	溪州鄉	23.8337	120.5207	0.57	0.22	0.81	0.38

震區		形心位置		水平譜加速度係數			
		北緯	東經	$S_S^D$	$S_1^D$	$S_S^M$	$S_1^M$
南投縣	南投市	23.9238	120.6725	0.80	0.37	0.93	0.55
	埔里鎮	23.9826	120.9611	0.53	0.25	0.72	0.43
	草屯鎮	23.9844	120.7261	1.00	0.53	1.09	0.77
	竹山鎮	23.7173	120.7196	0.75	0.34	0.88	0.51
	集集鎮	23.8396	120.7755	0.75	0.36	0.87	0.51
	名間鄉	23.8476	120.6681	0.89	0.43	1.00	0.63
	鹿谷鄉	23.7357	120.7687	0.72	0.32	0.87	0.49
	中寮鄉	23.9109	120.7719	0.78	0.38	0.88	0.54
	魚池鄉	23.8734	120.9248	0.53	0.24	0.71	0.41
	國姓鄉	24.0132	120.861	0.75	0.35	0.88	0.53
	水里鄉	23.8173	120.8334	0.69	0.30	0.83	0.48
	信義鄉	23.6527	121.0128	0.61	0.28	0.85	0.49
仁愛鄉	24.0296	121.1355	0.66	0.33	0.89	0.58	
雲林縣	斗六市	23.7073	120.5638	0.62	0.25	0.81	0.40
	斗南鎮	23.679	120.4696	0.52	0.20	0.72	0.34
	虎尾鎮	23.7099	120.4283	0.52	0.19	0.75	0.35
	西螺鎮	23.7813	120.4571	0.52	0.20	0.76	0.36
	土庫鎮	23.698	120.3605	0.57	0.21	0.80	0.37
	北港鎮	23.5909	120.2912	0.58	0.22	0.81	0.38
	古坑鄉	23.6346	120.6128	0.77	0.33	0.94	0.55
	大埤鄉	23.6455	120.4128	0.56	0.21	0.79	0.36
	莿桐鄉	23.7671	120.5274	0.52	0.21	0.72	0.35
	林內鄉	23.7536	120.6052	0.66	0.28	0.83	0.46
	二崙鄉	23.7889	120.3904	0.59	0.22	0.83	0.38
	崙背鄉	23.7837	120.3334	0.57	0.21	0.81	0.37
	麥寮鄉	23.7865	120.237	0.56	0.20	0.79	0.36
	東勢鄉	23.7009	120.2541	0.54	0.20	0.77	0.37
	褒忠鄉	23.7174	120.3031	0.52	0.19	0.75	0.36
	台西鄉	23.7121	120.194	0.59	0.22	0.83	0.38
	元長鄉	23.6457	120.3231	0.57	0.21	0.80	0.37
	四湖鄉	23.6462	120.2025	0.64	0.23	0.85	0.40
口湖鄉	23.5751	120.1621	0.63	0.23	0.84	0.39	
水林鄉	23.5708	120.2216	0.62	0.23	0.84	0.40	
嘉義縣	太保市	23.4746	120.341	0.58	0.22	0.81	0.39
	朴子鎮	23.4451	120.2424	0.54	0.21	0.78	0.39
	布袋鎮	23.3832	120.1732	0.64	0.23	0.85	0.40
	大林鎮	23.5948	120.4622	0.66	0.25	0.82	0.40
	民雄鄉	23.5435	120.4385	0.73	0.27	0.89	0.43
	溪口鄉	23.5989	120.4001	0.60	0.22	0.80	0.38
	新港鄉	23.5506	120.3439	0.62	0.23	0.85	0.42
	六腳鄉	23.517	120.2552	0.53	0.20	0.77	0.38
	東石鄉	23.4623	120.1639	0.59	0.22	0.82	0.39
	義竹鄉	23.3506	120.2165	0.61	0.23	0.84	0.40
	鹿草鄉	23.4085	120.3	0.64	0.24	0.85	0.41
	水上鄉	23.4286	120.4162	0.65	0.25	0.85	0.42

震區		形心位置		水平譜加速度係數			
		北緯	東經	$S_S^D$	$S_1^D$	$S_S^M$	$S_1^M$
嘉義縣(續)	中埔鄉	23.3971	120.5134	0.65	0.26	0.86	0.43
	竹崎鄉	23.5031	120.5911	0.58	0.24	0.78	0.41
	梅山鄉	23.5492	120.6227	0.59	0.25	0.86	0.48
	番路鄉	23.4197	120.6259	0.64	0.24	0.85	0.41
	大埔鄉	23.293	120.5831	0.60	0.23	0.83	0.39
	阿里山	23.4514	120.7914	0.56	0.23	0.79	0.39
台南縣	新營市	23.3013	120.2928	0.56	0.21	0.79	0.38
	鹽水鎮	23.3025	120.237	0.53	0.20	0.77	0.37
	白河鎮	23.3555	120.4525	0.68	0.26	0.89	0.45
	柳營鄉	23.27	120.3443	0.55	0.21	0.79	0.38
	後壁鄉	23.3612	120.3372	0.64	0.24	0.85	0.40
	東山鄉	23.2827	120.4236	0.58	0.22	0.82	0.40
	麻豆鎮	23.1829	120.2335	0.54	0.20	0.77	0.37
	下營鄉	23.2345	120.2519	0.50	0.19	0.73	0.35
	六甲鄉	23.2297	120.3726	0.53	0.21	0.77	0.37
	官田鄉	23.1917	120.3509	0.57	0.21	0.80	0.38
	大內鄉	23.1523	120.3905	0.58	0.22	0.80	0.38
	佳里鎮	23.1665	120.1723	0.64	0.23	0.85	0.40
	學甲鎮	23.2559	120.1775	0.53	0.20	0.77	0.37
	西港鄉	23.1224	120.1986	0.64	0.24	0.85	0.40
	七股鄉	23.1208	120.0987	0.64	0.23	0.85	0.40
	將軍鄉	23.212	120.1149	0.60	0.22	0.83	0.39
	北門鄉	23.2768	120.1278	0.58	0.21	0.81	0.38
	新化鎮	23.0378	120.3264	0.72	0.26	0.87	0.43
	善化鎮	23.1424	120.2908	0.58	0.22	0.80	0.38
	新市鄉	23.0841	120.2803	0.66	0.25	0.83	0.41
	安定鄉	23.1032	120.2203	0.61	0.23	0.83	0.40
	山上鄉	23.1064	120.34	0.63	0.24	0.82	0.40
	玉井鄉	23.1298	120.4581	0.61	0.23	0.83	0.41
	楠西鄉	23.1792	120.5102	0.55	0.21	0.77	0.38
	南化鄉	23.1237	120.5608	0.65	0.24	0.86	0.42
	左鎮鄉	23.0246	120.4015	0.58	0.22	0.78	0.38
	仁德鄉	22.9469	120.224	0.55	0.22	0.78	0.38
	歸仁鄉	22.9564	120.2862	0.55	0.21	0.78	0.38
	關廟鄉	22.9527	120.3263	0.60	0.23	0.83	0.39
	龍崎鄉	22.9592	120.383	0.61	0.23	0.83	0.39
	永康鄉	23.031	120.2432	0.71	0.26	0.89	0.44
	高雄縣	鳳山市	22.6178	120.3459	0.63	0.23	0.84
林園鄉		22.5085	120.3807	0.50	0.18	0.73	0.33
大寮鄉		22.5942	120.3999	0.63	0.23	0.84	0.39
大樹鄉		22.712	120.4148	0.59	0.22	0.82	0.39
大社鄉		22.7395	120.365	0.56	0.21	0.80	0.39
仁武鄉		22.7073	120.3512	0.61	0.23	0.84	0.40
鳥松鄉		22.6692	120.3583	0.64	0.23	0.85	0.40
岡山鎮		22.8066	120.2934	0.57	0.22	0.81	0.39

震區		形心位置		水平譜加速度係數			
		北緯	東經	$S_S^D$	$S_1^D$	$S_S^M$	$S_1^M$
高雄縣 (續)	橋頭鄉	22.755	120.2923	0.52	0.20	0.76	0.37
	燕巢鄉	22.7915	120.3642	0.62	0.23	0.84	0.40
	田寮鄉	22.8673	120.3884	0.64	0.24	0.85	0.41
	阿蓮鄉	22.8711	120.3092	0.64	0.24	0.85	0.41
	路竹鄉	22.8612	120.2522	0.58	0.22	0.82	0.40
	湖內鄉	22.8955	120.217	0.61	0.23	0.84	0.40
	茄萣鄉	22.8884	120.1898	0.64	0.24	0.85	0.41
	永安鄉	22.8268	120.222	0.58	0.22	0.82	0.39
	彌陀鄉	22.7768	120.2306	0.52	0.20	0.76	0.37
	梓官鄉	22.746	120.2513	0.51	0.20	0.75	0.37
	旗山鎮	22.8777	120.4645	0.63	0.24	0.84	0.41
	美濃鎮	22.9061	120.5535	0.64	0.24	0.86	0.41
	六龜鄉	23.0025	120.6598	0.55	0.21	0.79	0.38
	甲仙鄉	23.1251	120.6081	0.64	0.24	0.85	0.41
	杉林鄉	22.9892	120.5542	0.53	0.21	0.76	0.37
	內門鄉	22.9584	120.4646	0.54	0.21	0.77	0.37
	茂林鄉	22.9207	120.7507	0.57	0.22	0.80	0.40
	桃源鄉	23.2255	120.8505	0.58	0.23	0.82	0.40
	三民鄉	23.271	120.723	0.52	0.21	0.76	0.37
屏東縣	屏東市	22.668	120.4737	0.58	0.22	0.81	0.39
	潮州鎮	22.5368	120.5493	0.52	0.19	0.75	0.35
	東港鎮	22.467	120.4622	0.42	0.15	0.65	0.28
	恆春鎮	21.9817	120.7343	0.36	0.12	0.55	0.23
	萬丹鄉	22.5795	120.4702	0.57	0.21	0.80	0.37
	長治鄉	22.6929	120.5524	0.58	0.22	0.82	0.39
	麟洛鄉	22.6477	120.5257	0.59	0.22	0.83	0.39
	九如鄉	22.7321	120.4865	0.51	0.20	0.75	0.37
	里港鄉	22.7987	120.5023	0.53	0.21	0.77	0.38
	鹽埔鄉	22.7427	120.563	0.53	0.20	0.77	0.38
	高樹鄉	22.8029	120.5858	0.63	0.24	0.84	0.41
	萬巒鄉	22.5896	120.5816	0.63	0.23	0.84	0.39
	內埔鄉	22.6482	120.5833	0.64	0.23	0.85	0.40
	竹田鄉	22.5963	120.5303	0.59	0.22	0.82	0.38
	新埤鄉	22.4876	120.5736	0.45	0.16	0.68	0.30
	枋寮鄉	22.4014	120.5861	0.42	0.14	0.64	0.26
	新園鄉	22.5158	120.4466	0.49	0.17	0.71	0.32
	崁頂鄉	22.5203	120.4899	0.47	0.17	0.70	0.32
	林邊鄉	22.4441	120.5044	0.40	0.14	0.62	0.27
	南州鄉	22.4828	120.5088	0.43	0.15	0.65	0.29
	佳冬鄉	22.4315	120.5394	0.41	0.14	0.63	0.27
	琉球鄉	22.3408	120.3632	0.40	0.13	0.61	0.24
	車城鄉	22.0785	120.7327	0.38	0.13	0.57	0.23
	滿州鄉	22.0594	120.8278	0.45	0.16	0.67	0.30
	枋山鄉	22.2512	120.6536	0.36	0.12	0.53	0.21

震區		形心位置		水平譜加速度係數			
		北緯	東經	$S_S^D$	$S_1^D$	$S_S^M$	$S_1^M$
屏東縣(續)	三地鄉	22.7887	120.6931	0.56	0.22	0.80	0.39
	霧台鄉	22.7496	120.7938	0.54	0.22	0.77	0.39
	瑪家鄉	22.6712	120.6798	0.64	0.24	0.85	0.41
	泰武鄉	22.6078	120.6842	0.64	0.23	0.85	0.40
	來義鄉	22.5036	120.6788	0.48	0.18	0.70	0.32
	春日鄉	22.3858	120.6977	0.43	0.15	0.64	0.27
	獅子鄉	22.2361	120.7386	0.37	0.13	0.56	0.24
	牡丹鄉	22.154	120.8084	0.44	0.16	0.66	0.29
台東縣	台東市	22.7561	121.1047	0.75	0.33	0.95	0.52
	成功鎮	23.107	121.3419	0.81	0.37	1.01	0.56
	關山鎮	23.0544	121.1683	0.78	0.34	0.98	0.53
	卑南鄉	22.775	120.9824	0.62	0.27	0.86	0.47
	鹿野鄉	22.9533	121.1443	0.80	0.35	0.99	0.54
	池上鄉	23.0941	121.2116	0.79	0.35	0.98	0.54
	東河鄉	22.9822	121.2308	0.71	0.33	0.93	0.53
	長濱鄉	23.3313	121.418	0.82	0.40	1.01	0.61
	太麻里	22.5834	120.9797	0.63	0.27	0.87	0.46
	大武鄉	22.3814	120.8949	0.51	0.20	0.75	0.37
	綠島鄉	22.6579	121.4796	0.70	0.32	0.92	0.53
	海端鄉	23.1285	121.0129	0.64	0.27	0.87	0.46
	延平鄉	22.8885	120.9996	0.69	0.30	0.91	0.49
	金峰鄉	22.5867	120.864	0.65	0.25	0.86	0.43
	達仁鄉	22.3715	120.8361	0.47	0.18	0.70	0.33
	蘭嶼鄉	22.0456	121.5422	0.69	0.31	0.92	0.51
花蓮縣	花蓮市	23.9973	121.5943	0.93	0.58	1.09	0.84
	鳳林鎮	23.7497	121.4518	0.91	0.53	1.06	0.78
	玉里鎮	23.38	121.3486	0.82	0.39	1.01	0.60
	新城鄉	24.0731	121.604	0.97	0.59	1.08	0.85
	吉安鄉	23.9585	121.5545	0.93	0.58	1.09	0.84
	壽豐鄉	23.8432	121.52	0.96	0.58	1.08	0.83
	光復鄉	23.6489	121.4323	0.88	0.49	1.04	0.75
	豐濱鄉	23.5918	121.4843	0.85	0.47	1.03	0.73
	瑞穗鄉	23.5231	121.4004	0.81	0.42	1.01	0.67
	富里鄉	23.2005	121.288	0.76	0.36	0.96	0.56
	秀林鄉	24.0961	121.5075	0.90	0.55	1.07	0.81
	萬榮鄉	23.7125	121.3207	0.81	0.45	1.00	0.71
	卓溪鄉	23.3806	121.1602	0.74	0.33	0.95	0.54
澎湖縣	馬公市	23.5525	119.5766	0.29	0.08	0.47	0.14
	湖西鄉	23.5796	119.6403	0.31	0.08	0.49	0.15
	白沙鄉	23.651	119.5907	0.31	0.08	0.49	0.15
	西嶼鄉	23.6068	119.4977	0.22	0.06	0.36	0.10
	望安鄉	23.3764	119.4932	0.22	0.06	0.36	0.11
	七美鄉	23.296	119.4187	0.17	0.05	0.25	0.08

震區		形心位置		水平譜加速度係數			
		北緯	東經	$S_S^D$	$S_1^D$	$S_S^M$	$S_1^M$
基隆市	中正區	25.1447	121.767	0.48	0.21	0.73	0.41
	七堵區	25.108	121.6705	0.45	0.20	0.69	0.38
	暖暖區	25.0846	121.7388	0.50	0.22	0.75	0.42
	仁愛區	25.1207	121.7356	0.48	0.21	0.72	0.40
	中山區	25.1498	121.7212	0.46	0.20	0.70	0.38
	安樂區	25.1458	121.6985	0.45	0.19	0.69	0.37
	信義區	25.1294	121.7644	0.49	0.22	0.73	0.42
新竹市	東區	24.7893	120.9846	0.60	0.23	0.82	0.39
	北區	24.8201	120.9413	0.58	0.21	0.81	0.37
	香山區	24.7708	120.9128	0.59	0.22	0.82	0.38
台中市	中區	24.1439	120.673	0.60	0.24	0.77	0.37
	東區	24.1393	120.6899	0.63	0.26	0.79	0.40
	南區	24.122	120.6558	0.58	0.23	0.77	0.36
	西區	24.1477	120.658	0.57	0.23	0.77	0.35
	北區	24.16	120.6753	0.59	0.24	0.77	0.37
	西屯區	24.1865	120.6177	0.57	0.22	0.78	0.35
	南屯區	24.1428	120.6063	0.55	0.21	0.78	0.34
	北屯區	24.1896	120.722	0.67	0.28	0.82	0.44
嘉義市	東區	23.4832	120.4607	0.63	0.25	0.80	0.41
	西區	23.476	120.4131	0.58	0.23	0.79	0.39
台南市	東區	22.9821	120.2221	0.56	0.22	0.77	0.38
	南區	22.9511	120.1827	0.60	0.23	0.82	0.39
	西區	23.0002	120.1866	0.59	0.23	0.83	0.42
	北區	23.0118	120.1977	0.61	0.24	0.86	0.43
	中區	22.992	120.1969	0.58	0.23	0.80	0.40
	安南區	23.0472	120.1513	0.65	0.25	0.87	0.44
	安平區	22.9896	120.1561	0.58	0.23	0.82	0.41
台北市	松山區	25.067	121.5562	0.45	0.19	0.66	0.35
	信義區	25.0307	121.564	0.47	0.20	0.70	0.38
	大安區	25.0283	121.5356	0.46	0.20	0.69	0.37
	中山區	25.0702	121.5299	0.45	0.18	0.65	0.33
	中正區	25.0307	121.5121	0.46	0.19	0.67	0.35
	大同區	25.0662	121.5039	0.47	0.18	0.67	0.33
	萬華區	25.0308	121.4899	0.47	0.19	0.67	0.35
	文山區	24.9895	121.5671	0.52	0.22	0.76	0.41
	南港區	25.0399	121.6135	0.48	0.21	0.72	0.39
	內湖區	25.0852	121.5827	0.45	0.18	0.66	0.35
	士林區	25.1363	121.5251	0.52	0.18	0.73	0.33
	北投區	25.1549	121.5079	0.50	0.17	0.71	0.31

震區		形心位置		水平譜加速度係數			
		北緯	東經	$S_S^D$	$S_1^D$	$S_S^M$	$S_1^M$
高雄市	鹽埕區	22.6266	120.2755	0.60	0.22	0.83	0.39
	鼓山區	22.644	120.271	0.59	0.22	0.82	0.39
	左營區	22.6838	120.282	0.57	0.21	0.80	0.38
	楠梓區	22.7273	120.2896	0.53	0.20	0.77	0.37
	三民區	22.6578	120.3072	0.64	0.24	0.85	0.40
	新興區	22.6301	120.2994	0.64	0.24	0.85	0.40
	前金區	22.6288	120.286	0.62	0.23	0.84	0.40
	苓雅區	22.6255	120.3089	0.64	0.23	0.85	0.40
	前鎮區	22.5903	120.3009	0.64	0.23	0.85	0.40
	旗津區	22.5856	120.2804	0.58	0.21	0.81	0.38
	小港區	22.5495	120.3408	0.61	0.22	0.83	0.38

表 4-2：近車籠埔斷層調整因子  $N_A$  與  $N_V$  (線性內插求值)

$N_A$	$r \leq 2$ km	$r = 5$ km	$r = 8$ km	$r \geq 11$ km
	1.74	1.46	1.19	1.00
$N_V$	$r \leq 2$ km	$r = 5$ km	$r = 8$ km	$r \geq 11$ km
	1.77	1.49	1.23	1.00

表 4-3：BJF 近斷層譜加速度衰減公式相關參數值

	$B_{SA}$	$a_{SS}$	$a_{RS}$	$b$	$c$	$d$	$e$	$f$	$h$	$V_B$
$S_{A,0.3}$	-1.670	1.930	2.019	0.334	-0.070	0.000	-0.893	-0.401	5.94	2130
$S_{A,1.0}$	-2.193	1.701	1.755	0.450	-0.014	0.000	-0.798	-0.698	2.90	1410
PGA	0.0	-0.136	-0.051	0.229	0.000	0.000	-0.778	-0.371	5.57	1400



表 4-4：近獅潭斷層調整因子  $N_A$  與  $N_V$  (線性內插求值)

$N_A$	$r \leq 1$ km	$r = 3$ km	$r \geq 6$ km
	1.39	1.27	1.00
$N_V$	$r \leq 1$ km	$r = 3$ km	$r \geq 6$ km
	1.86	1.40	1.00

表 4-5：近屯子腳斷層調整因子  $N_A$  與  $N_V$  (線性內插求值)

$N_A$	$r \leq 1$ km	$r = 3$ km	$r \geq 5$ km
	1.29	1.17	1.00
$N_V$	$r \leq 1$ km	$r = 3$ km	$r \geq 5$ km
	1.70	1.31	1.00

表 4-6：近梅山斷層調整因子  $N_A$  與  $N_V$  (線性內插求值)

$N_A$	$r \leq 1$ km	$r = 3$ km	$r \geq 5$ km
	1.28	1.17	1.00
$N_V$	$r \leq 1$ km	$r = 3$ km	$r \geq 4.5$ km
	1.58	1.22	1.00

表 4-7：近新化斷層調整因子  $N_A$  與  $N_V$  (線性內插求值)

$N_A$	$r \leq 1$ km	$r = 3$ km	$r \geq 4.5$ km
	1.20	1.09	1.00
$N_V$	$r \leq 1$ km	$r = 3$ km	$r \geq 4$ km
	1.44	1.10	1.00

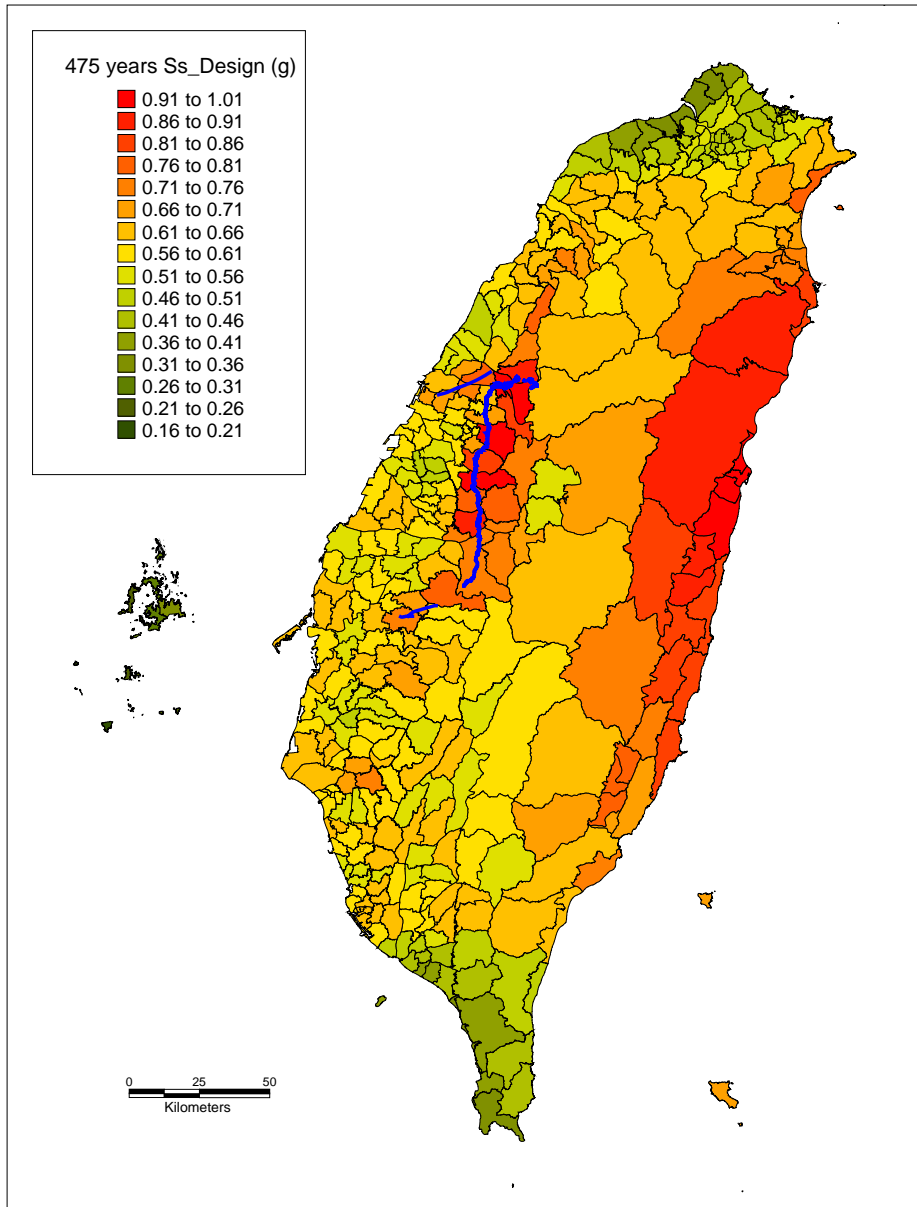


圖 4-1 震區短週期設計水平譜加速度係數  $S_s^D$  分佈圖

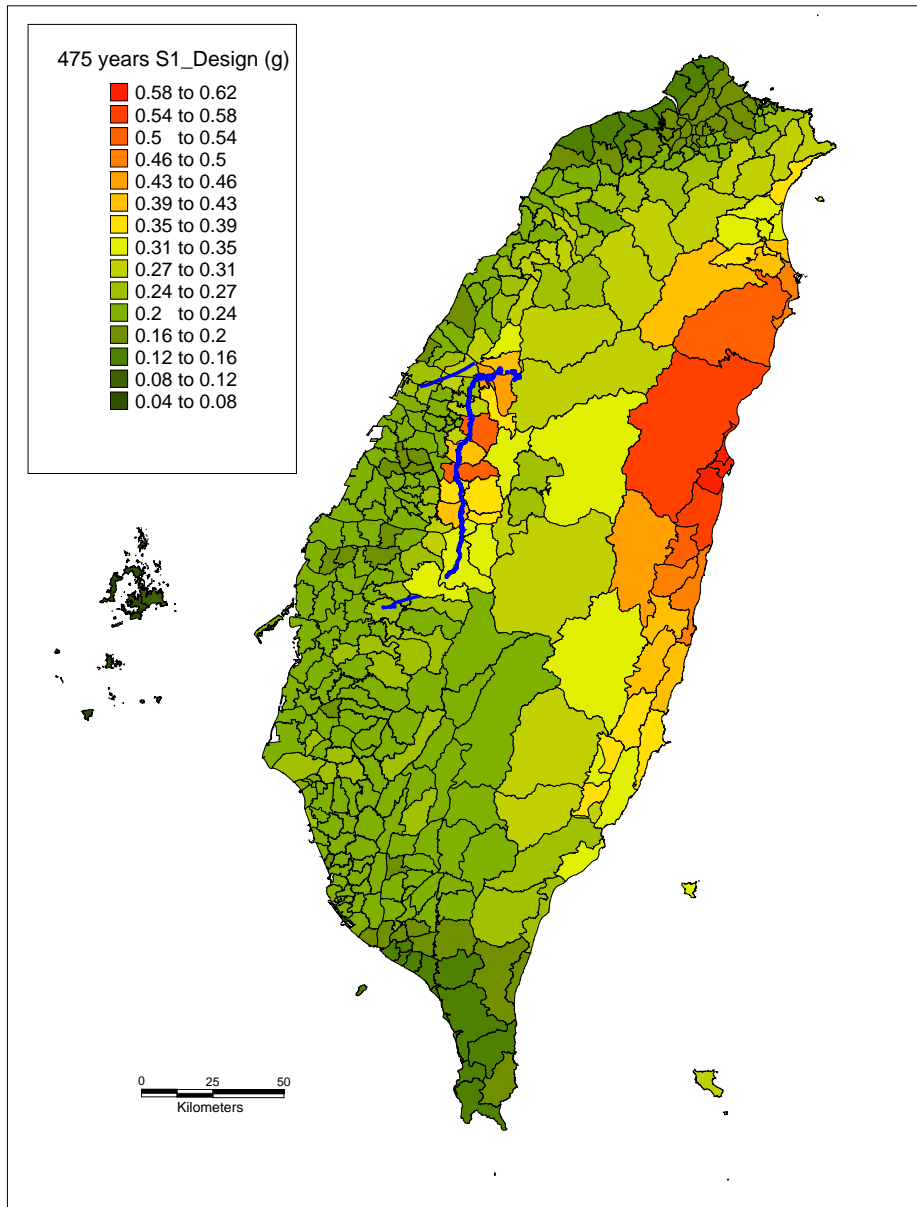


圖 4-2 震區一秒週期設計水平譜加速度係數  $S_1^D$  分佈圖

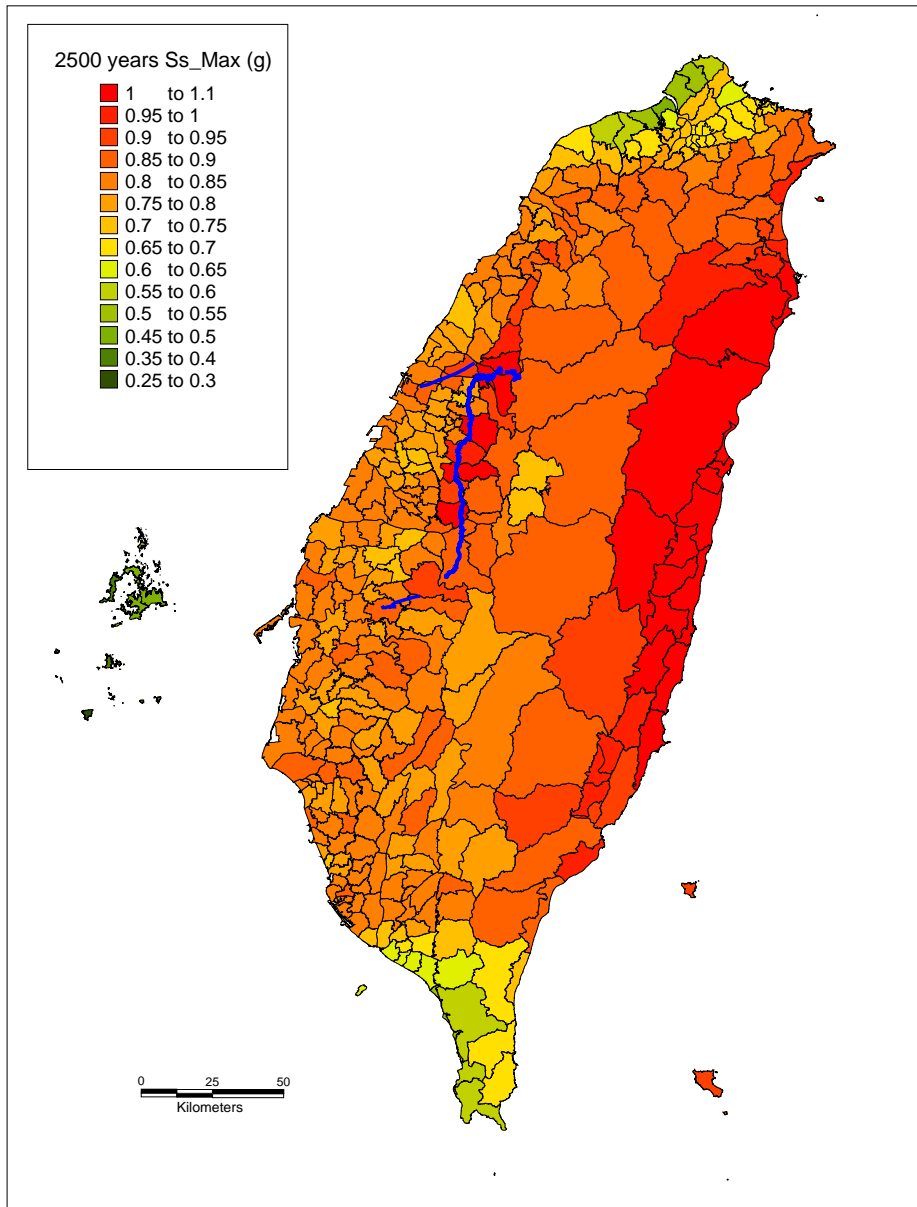


圖 4-3 震區短週期最大水平譜加速度係數  $S_s^M$  分佈圖

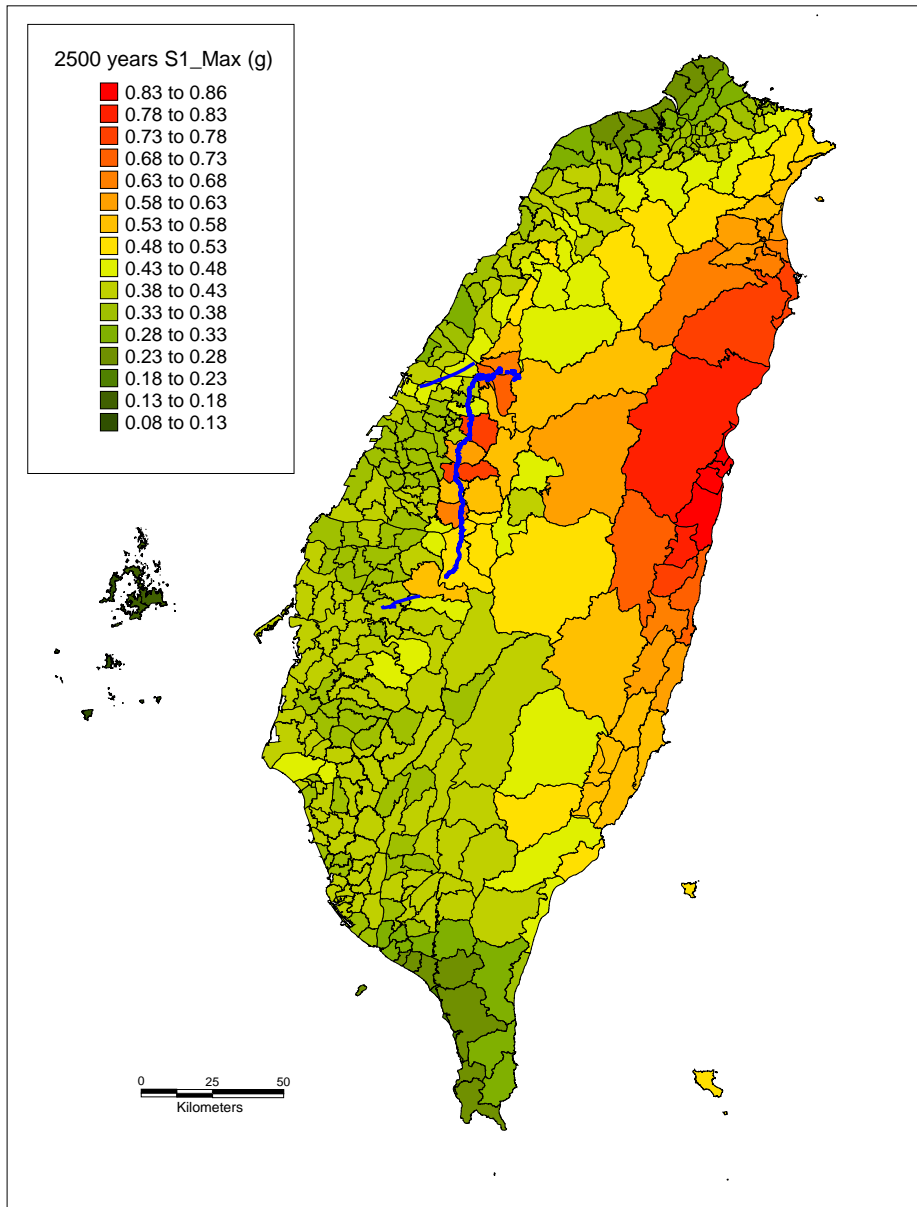


圖 4-4 震區一秒週期最大水平譜加速度係數  $S_1^M$  分佈圖

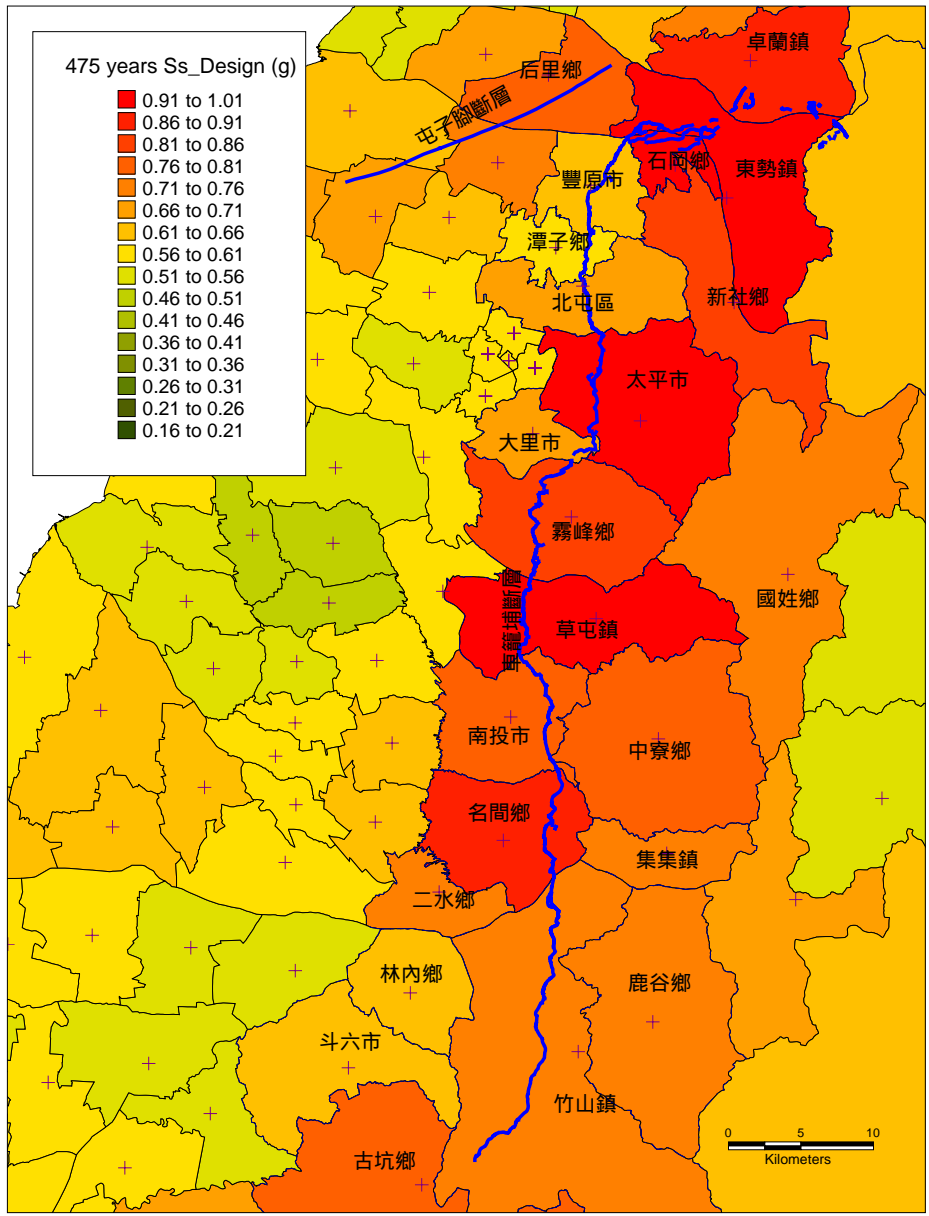


圖 4-5 近車籠埔斷層區域之震區短週期設計  
水平譜加速度係數  $S_s^D$  分佈圖

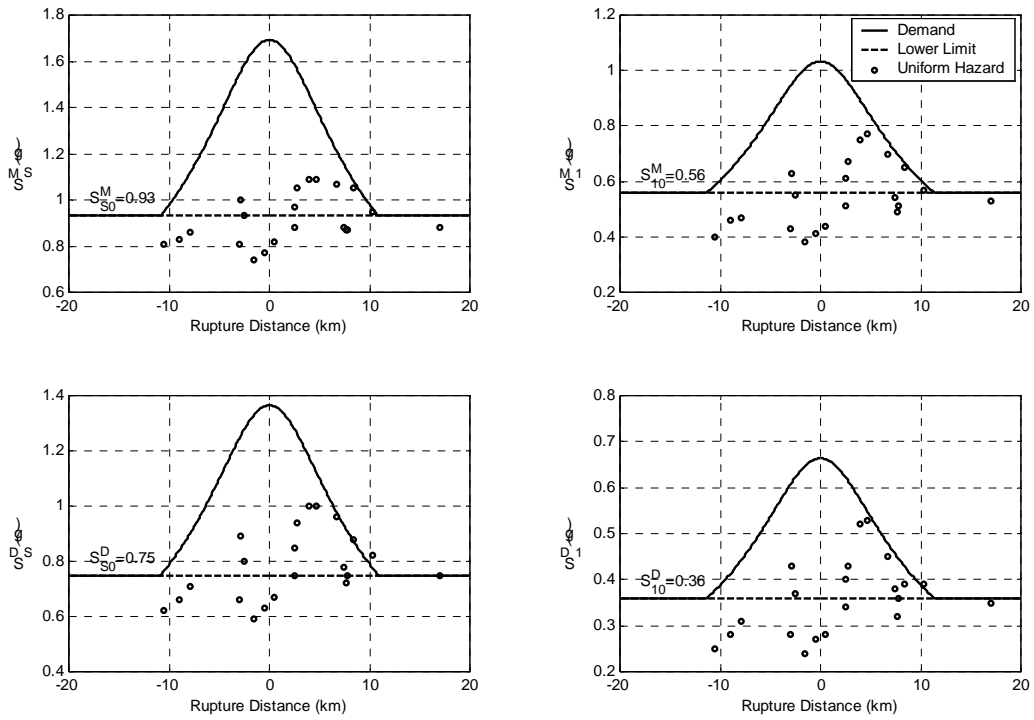


圖 4-6 近車籠埔斷層之震區水平譜加速度係數需求

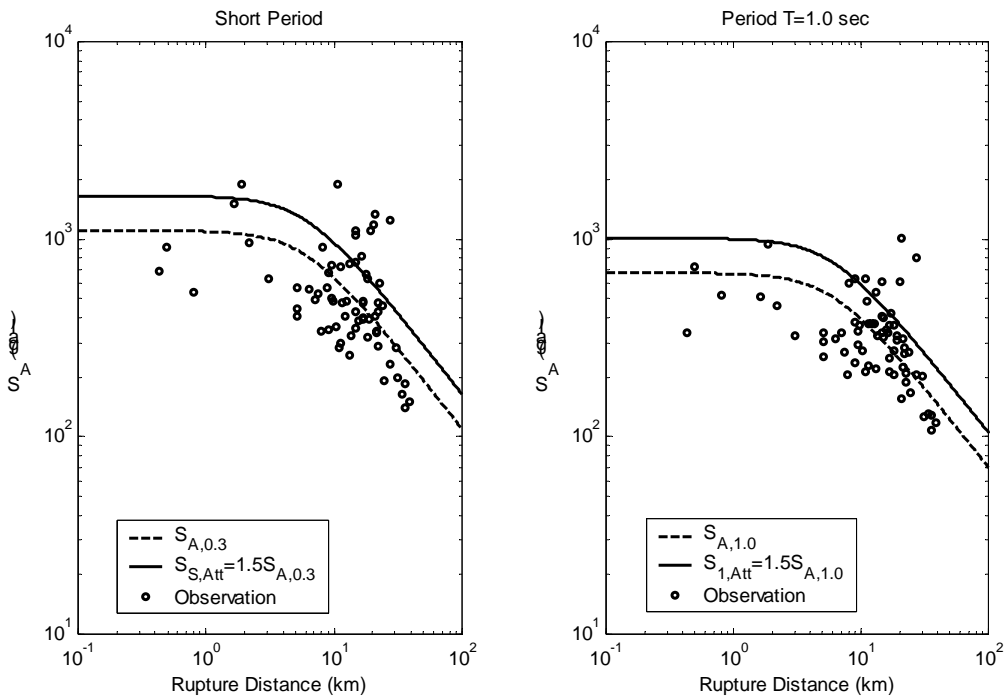


圖 4-7 近車籠埔斷層之短週期與一秒週期水平譜加速度衰減趨勢

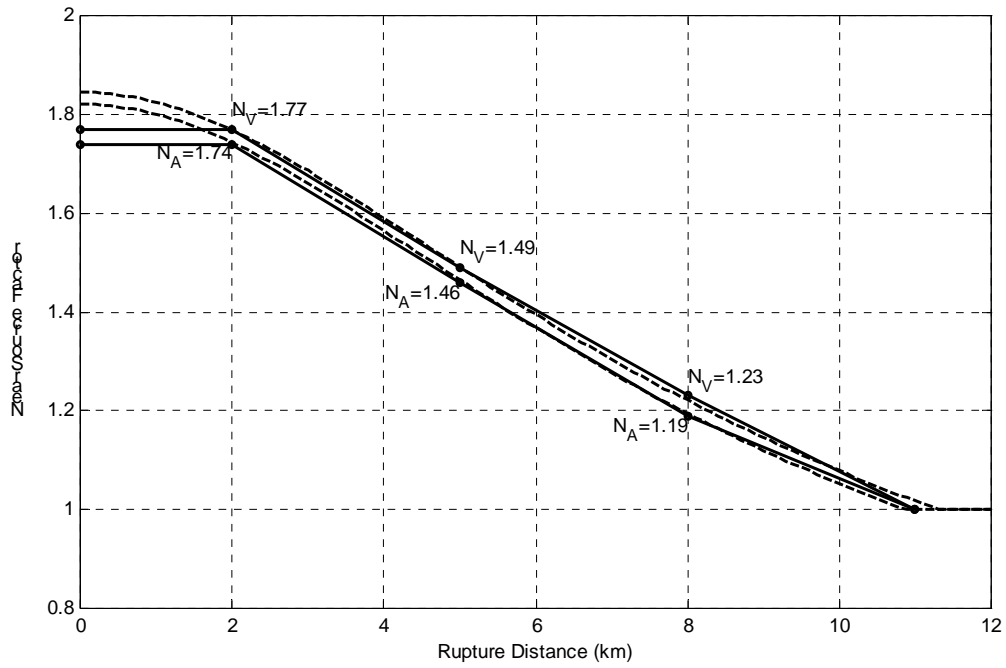


圖 4-8 近車籠埔斷層之近斷層調整因子  $N_A$  與  $N_V$

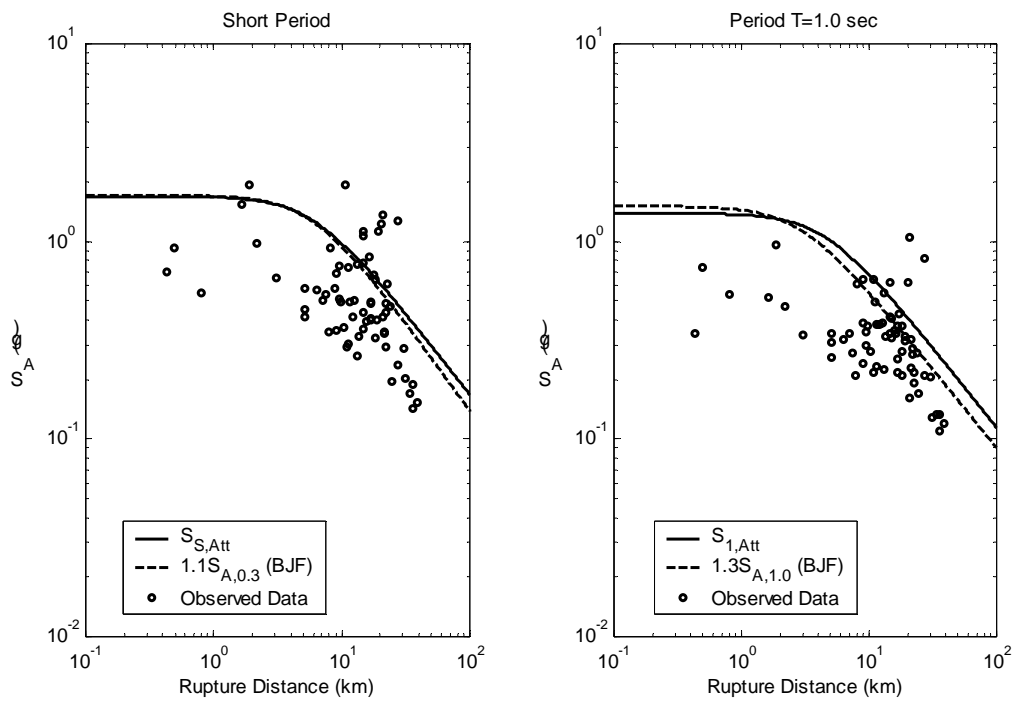


圖 4-9 近車籠埔斷層短週期與一秒週期水平譜加速度衰減公式比較圖



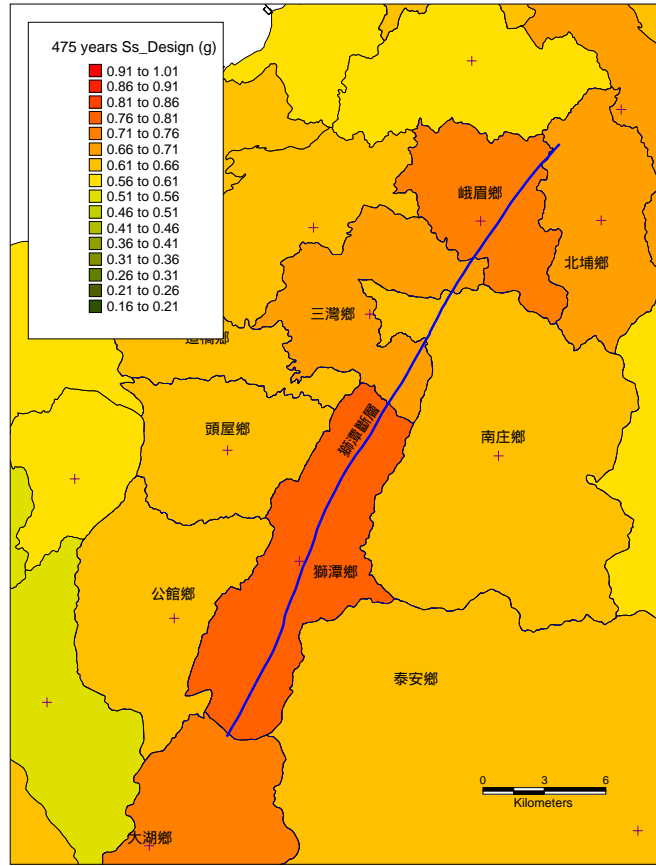


圖 4-10 近獅潭斷層區域之震區短週期設計水平譜加速度係數  $S_S^D$  分佈圖

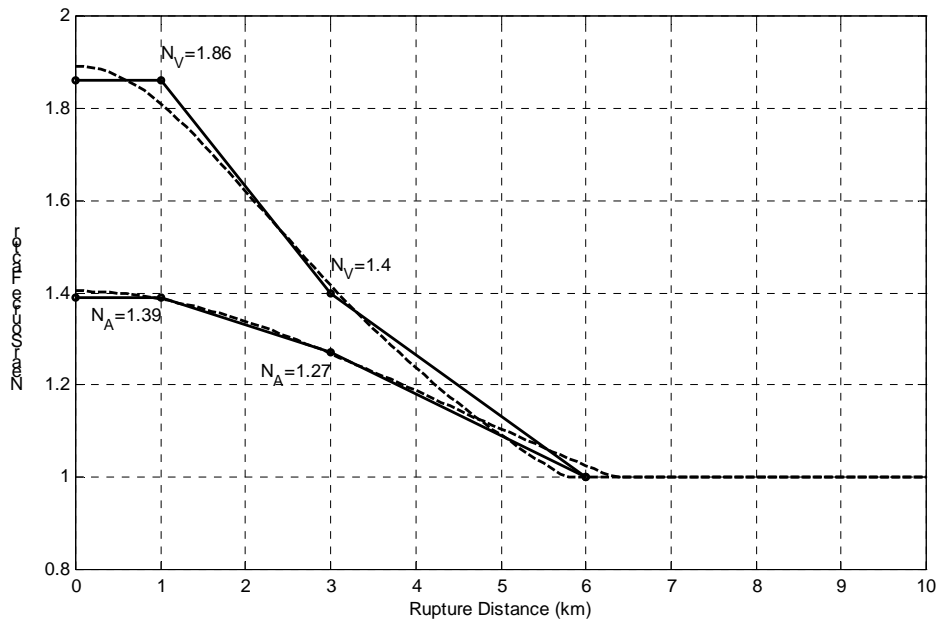


圖 4-11 近獅潭斷層之近斷層調整因子  $N_A$  與  $N_V$

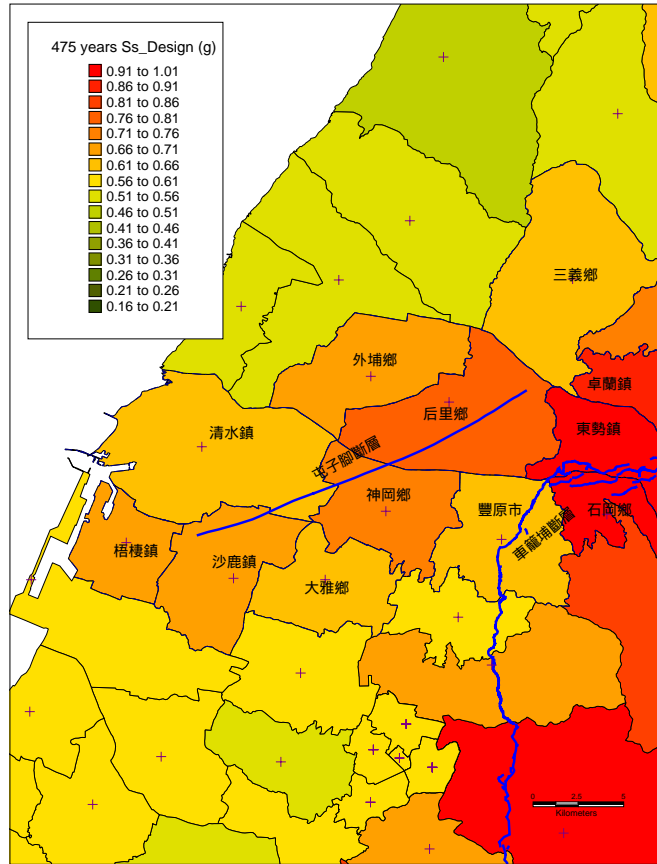


圖 4-12 近屯子腳斷層區域之震區短週期設計水平譜加速度係數  $S_s^D$  分佈

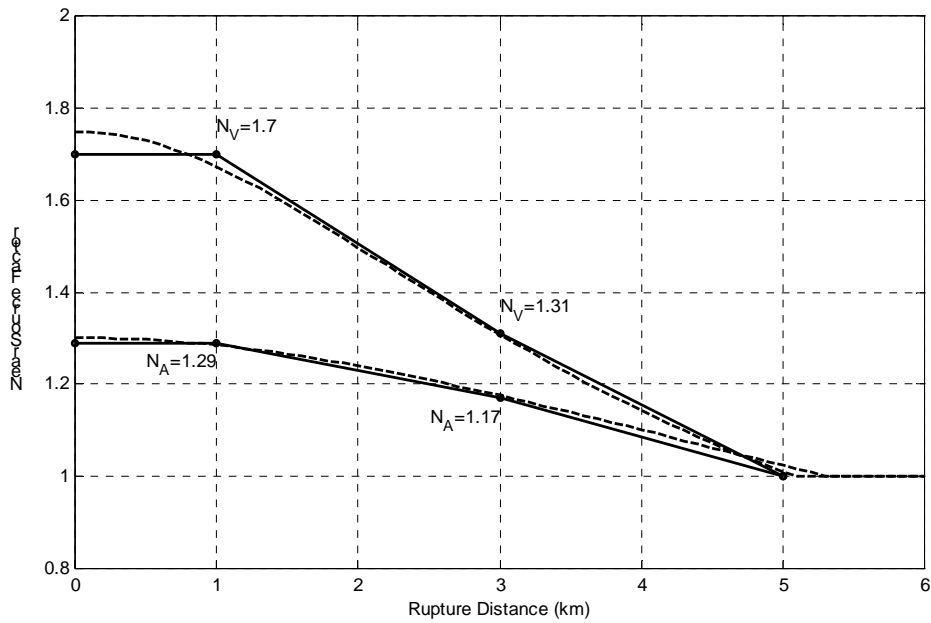


圖 4-13 近屯子腳斷層之近斷層調整因子  $N_A$  與  $N_V$

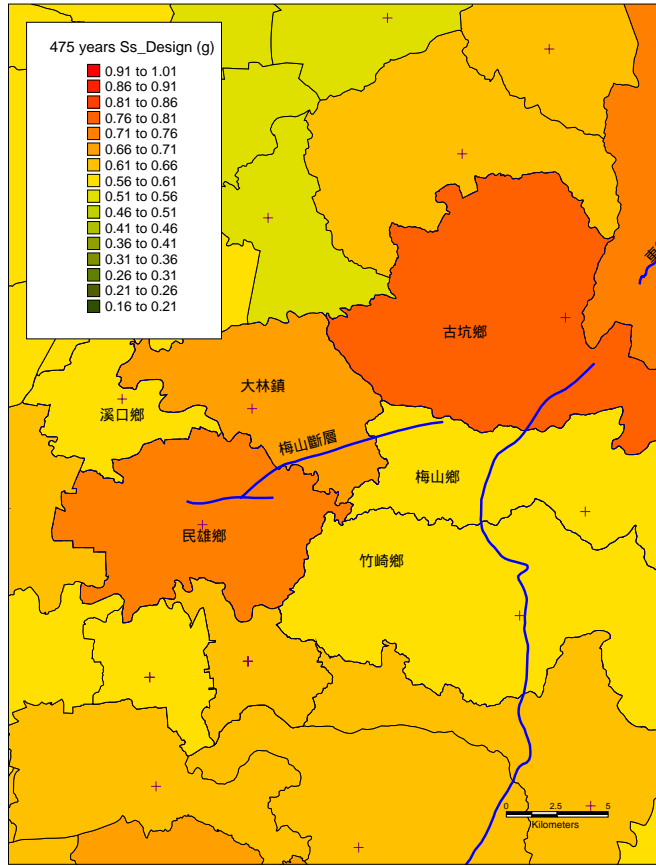


圖 4-14 近梅山斷層區域之震區短週期設計水平譜加速度係數  $S_s^D$  分佈圖

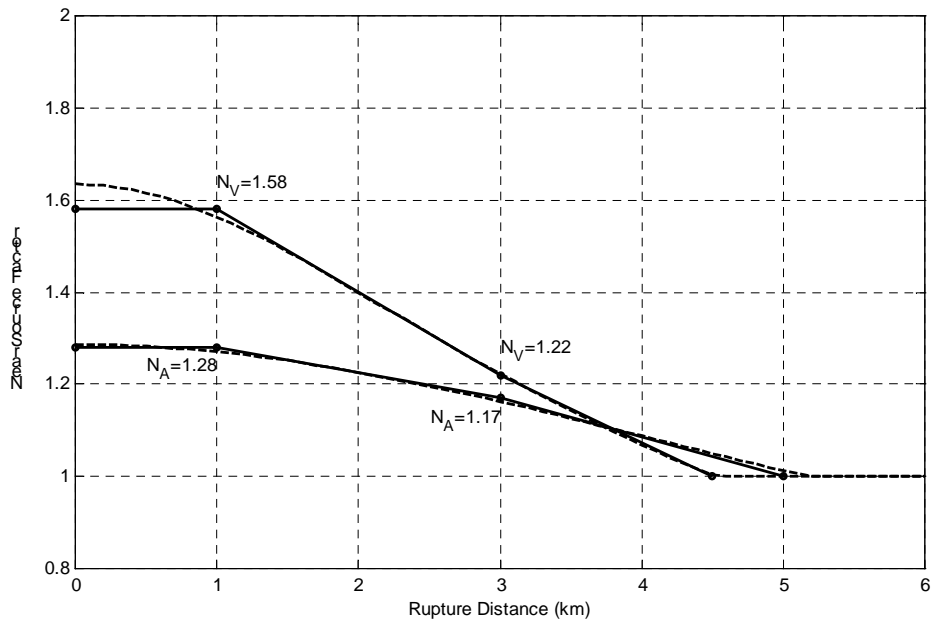


圖 4-15 近梅山斷層之近斷層調整因子  $N_A$  與  $N_V$



## 第五章 設計反應譜相容之地表運動歷時

### 5.1 相位頻譜與設計地震歷時

當某一地震發生後，工程師們常需要一個保持原有地震地表運動特性又與設計反應譜相容之設計地震歷時，進行結構物之地震行為分析。一般而言，地表運動由不同頻率之波動分量組合而成，因此若將地表運動歷時經由傅立葉轉換至頻率域後，可獲致傅立葉震幅譜與相位頻譜，震幅譜表示各個頻率分量的能量大小，而相位頻譜則隱含各個頻率分量到達的時間差異。事實上，不同測站所收錄之同一地震事件的震幅譜差異不大，但經由不同的相位組合後，卻造成不同場址迥異的地表運動特性。

考慮 921 集集地震時不同區域收錄之地震記錄，其地表運動歷時如圖 5-1 中之  $a_0$  所示，將各測站收錄之運動歷時經由傅立葉轉換後，以參考場址(TCU075)之震幅譜取代各測站原有之震幅譜，但仍保有其各自之相位頻譜，則再經由傅立葉逆轉換後可獲致相對應之運動歷時，如圖 5-1 中之  $a_r$  所示。比較各測站之  $a_0$  與  $a_r$  可發現，雖然其震幅譜已改變，但因擁有相同之相位頻譜，逆轉換後的波形與實際量測而得的波形極為相似。因此，針對一有興趣的特殊場址，若是能模擬得該場址的相位頻譜，並配合設計反應譜修正其震幅譜，則可求得滿足該場址地表運動特性，又與設計反應譜相容之設計地震歷時。

藉由相位頻譜與設計反應譜求得設計地震歷時之疊代流程如圖 5-2 所示，假設  $A_n(\omega)$  為第  $n$  疊代過程時之震幅譜，則與相位頻譜  $\Phi_r(\omega)$  組合成複數形式之傅立葉頻譜  $X_n(\omega)$ ，經由傅立葉逆轉換求得運動歷時  $x_n(t)$ ，並計算相對應之加速度反應譜  $S_{an}(T)$ ，其中  $T$  為結構週期。基於共振原理，結構反應主要受到震波中與其共振頻率相同之頻率分量控制，因此可定義傅立葉震幅譜之修正係數  $MF_n(\omega)$  為

$$MF_n(\omega) \Big|_{\omega=2\pi/T} = \frac{S_{ad}(T)}{S_{an}(T)} \quad (5-1)$$

其中， $S_{ad}(T)$  為該場址之設計反應譜。藉由此一修正係數，下一疊代步驟之震幅譜將修正為  $A_{n+1}(\omega) = MF_n(\omega) \times A_n(\omega)$ 。重複此一疊代過程直到幾乎所有頻率之震幅修正係數  $MF_n(\omega)$  等於 1.0 為止，即可獲得滿足該場址地表運動特性，又與設計反應譜相容之設計地震歷時。

### 5.2 群波延遲時間與相位頻譜模擬

群波延遲時間(group delay time)定義為相位頻譜對圓周頻率之導數，表示為：

$$t_{gr}(\omega) = \frac{d\Phi(\omega)}{d\omega} \quad (5-2)$$

考慮一特定頻寬範圍內之頻率分量組成之波包(wave package)，則依據(5-2)式可由此波包之相位頻譜求得相對應之群波延遲時間，各頻率之群波延遲時間在此一頻寬範圍內的平均值代表此波包中心之到達時間，而其標準差則大致與此波包之延續時間(duration)相符。基於此一物理意義，使得預測特定場址之群波延遲時間比直接預測其相位頻譜來得容易許多。因此，本計畫將針對 Meyer 小波轉換中各分量之主頻寬範圍，預測特定場址於此頻寬範圍內各離散頻率的群波延遲時間，進而積分求得其相位頻譜。

地表運動歷時  $x(t)$  之 Meyer 小波轉換與逆轉換定義為：

$$\begin{aligned} x(t) &= \sum_j x_j(t) = \sum_j \left( \sum_k a_{jk} \varphi_{jk}(t) \right) \\ \varphi_{jk}(t) &= 2^{j/2} \varphi(2^j t - k) \\ a_{jk} &= \int_{-\infty}^{\infty} \varphi_{jk}^*(t) x(t) dt \end{aligned} \quad (5-3)$$

其中  $\varphi(t)$  為 Meyer 小波母函數； $j$  與  $k$  為整數，分別代表尺度因子(scale factor)與時間平移(time shift)；函數上標‘\*’則表示共軛複數。不同尺度因子之分量  $x_j(t)$  相互正交，且第  $j$  分量之傅立葉轉換函數  $X_j(f)$  具有緊支集(compact support)，其頻寬範圍為  $2^j/3 \leq f \leq 2^{j+2}/3$ 。

茲以 921 集集地震於 TCU052 測站(台中縣光正國小)收錄之近斷層地震記錄為例，說明小波分解與群波延遲時間之特性，以及於震波反算之應用。將 TCU052 測站之東西向地震紀錄正規化至  $PGA=1.0g$ ，藉由(5-3)式計算尺度因子  $j=-3$  至  $4$  之各正交分量，其時間函數與相對應之傅立葉震幅譜如圖 5-3 所示。由圖 5-3 之時間訊號觀察得知，較小尺度因子(低頻分量)之震波集中形成一個波包，具有單一之中心到達時間；而較大尺度因子(高頻分量)之震波則分散為數個波包，而有不同之波包中心到達時間。另一方面，由傅立葉震幅譜則可確見各分量之緊支集，僅在  $2^j/3 \leq f \leq 2^{j+2}/3$  的頻寬範圍內有非零值。同時，各分量之震幅譜於緊支集之中心頻率附近，與直接由地表運動傅立葉轉換而得之震幅譜(以虛線表示)一致，但在緊支集兩端則不然。因此，為求簡便且不失其地表運動特性，將僅利用各分量之中心主頻寬  $2^{j-1} \leq f \leq 2^j$  取代原有之緊支集，進行群波延遲時間之計算，以避免原有緊支集中與相鄰分量重疊之困擾。基於各分量於主頻範圍( $2^{j-1} \leq f \leq 2^j$ )內之相位頻譜，可藉由(5-3)式計算各離散頻率之群波延遲時間  $t_{gr}^{(j)}(\omega)$ ，如圖 5-4 所示。同時，可進而計算得群波延遲時間於該主頻寬範圍內之平均值  $\mu_{igr}^{(j)}$  與標準差  $\sigma_{igr}^{(j)}$ ，如表 5-1 所示。

另一方面，由計算結果發現各分量主頻範圍內之群波延遲時間大致滿足正規分佈(normal distribution)。因此，針對某一分量，可藉由其群波延遲時間之平均值與標準差，並基於正規分佈之假設，隨機產生一組分佈於該分量主頻範圍內各離散點的群波延遲時間，並進而積分得該分量主頻範圍

內的相位頻譜。藉由此一隨機模擬而得之相位頻譜，配合經由直接計算而得之該分量於主頻範圍內的傅立葉震幅譜，可重建該分量之時間歷時。直接以小波分解而得之各分量歷時( $a_{j0}$ )與其隨機模擬結果( $a_{jr}$ )之比較如圖 5-5 所示，低頻分量之模擬結果與原始歷時極為相符，但高頻分量則不然，因為高頻分量中相離之各個波包具有不同的到達時間，而很難以單一之中心到達時間( $\mu_{igr}^{(j)}$ )予以重建。然而，針對近斷層地震之地表運動而言，高頻分量之貢獻遠小於低頻分量，因此，若將所有分量之模擬重建結果疊加求得總地表運動加速度歷時，則與實際量測而得之地表加速度極為相符，如圖 5-6 所示。同時，在速度訊號中亦能模擬得與實測記錄一致的速度脈衝，表徵其近斷層地表運動特性。

### 5.3 特定場址群波延遲時間之條件模擬

誠如 5.2 節所述，藉由群波延遲時間於各分量主頻範圍內之平均值與標準差，得藉由正規分佈之假設，隨機產生各離散頻率之群波延遲時間，進而積分模擬得相位頻譜，重建地表運動歷時。然而，針對一個有興趣的特定場址，該如何求得其各分量主頻範圍內之平均值與標準差，以及如何克服在產生各離散頻率之群波延遲時間時引進之隨機變數？本計畫將採用條件模擬(conditional simulation)方法中之 Kalman 濾波技術(Kalman filtering technique)，藉由特定場址附近之實測地震記錄，產生特定場址各離散頻率之群波延遲時間。

一般而言，針對一地震事件，群波延遲時間於各分量主頻範圍內之平均值( $\mu_{igr}^{(j)}$ )與標準差( $\sigma_{igr}^{(j)}$ )可表示為震央距( $R$ )之函數：

$$\begin{aligned}\mu_{igr}^{(j)}(R) &= \alpha_1^{(j)} R^{\gamma_1^{(j)}} \\ \sigma_{igr}^{(j)}(R) &= \alpha_2^{(j)} R^{\gamma_2^{(j)}}\end{aligned}\quad (5-4)$$

其中， $\alpha_1^{(j)}$ 、 $\alpha_2^{(j)}$ 、 $\gamma_1^{(j)}$ 與 $\gamma_2^{(j)}$ 為未定係數，可由測站收錄之實際地震紀錄統計回歸求值。必須注意的是，各測站之地震儀是以接收訊號超過一門檻值(初始 P-波到達)後觸發而開始紀錄地表運動，因此，必須藉由 P-波由震央至該測站之初抵時間，平移各測站紀錄之觸發時間原點，使得各個地震記錄之時間原點同步為地震之起始瞬間。

假設特定場址附近有  $m$  個地震記錄，並以空間座標  $X_p$  ( $p=1\sim m$ )表示各個測站之位置。則基於 Meyer 小波轉換，可藉由(5-2)與(5-3)式求得各個地震記錄於第  $j$  分量主頻範圍內各離散頻率  $\omega_k$  ( $2\pi 2^{j-1} \leq \omega_k \leq 2\pi 2^j$ )之群波延遲時間  $t_{gr}^{(j)}(X_p, \omega_k)$ ，並進而求得其平均值  $\mu_{igr}^{(j)}(X_p)$  與標準差  $\sigma_{igr}^{(j)}(X_p)$ 。因此，藉由這些實測記錄之群波延遲時間於各分量主頻範圍內之平均值與標準差，可回歸求得(5-4)式中的未定係數  $\alpha_1^{(j)}$ 、 $\alpha_2^{(j)}$ 、 $\gamma_1^{(j)}$ 與 $\gamma_2^{(j)}$ 。假設特定場址之空間座標為  $X_{m+1}$ ，則其群波延遲時間於第  $j$  分量主頻範圍內的平均值與標準差可經由(5-4)式加以預測，分別表示為  $\mu_{igr}^{(j)}(X_{m+1})$  與  $\sigma_{igr}^{(j)}(X_{m+1})$ 。

定義  $\mathbf{Z}^{(j)}(\omega_k)$  為各測站  $X_p$  ( $p=1\sim m$ ) 與特定場址  $X_{m+1}$  於第  $j$  主頻範圍內各離散頻率  $\omega_k$  之群波延遲時間所組成之向量，表示為：

$$\mathbf{Z}^{(j)}(\omega_k) = \{t_{gr}^{(j)}(X_1, \omega_k) \quad t_{gr}^{(j)}(X_2, \omega_k) \quad \cdots \quad t_{gr}^{(j)}(X_m, \omega_k) \quad t_{gr}^{(j)}(X_{m+1}, \omega_k)\}^T \quad (5-5)$$

而其平均向量  $\bar{\mathbf{Z}}^{(j)}$  與變異矩陣  $\mathbf{M}^{(j)}$  則表示為：

$$\begin{aligned} \bar{\mathbf{Z}}^{(j)} &= \{\mu_{igr}^{(j)}(X_1) \quad \mu_{igr}^{(j)}(X_2) \quad \cdots \quad \mu_{igr}^{(j)}(X_m) \quad \mu_{igr}^{(j)}(X_{m+1})\}^T \\ \mathbf{M}^{(j)} &= [M_{pq}^{(j)}(X_p, X_q)] \end{aligned} \quad (5-6)$$

變異矩陣  $\mathbf{M}^{(j)}$  之分量  $M_{pq}$  表示群波延遲時間於任兩座標點  $X_p$  與  $X_q$  ( $p, q = 1\sim m+1$ ) 間之空間變異性，可以其標準差定義為

$$M_{pq}^{(j)}(X_p, X_q) = \sigma_{igr}^{(j)}(X_p) \sigma_{igr}^{(j)}(X_q) \exp(-\Delta_{pq}) \quad (5-7)$$

其中， $\Delta_{pq}$  為座標點  $X_p$  與  $X_q$  之水平間距。

針對  $m$  個觀察點，定義第  $j$  主頻範圍內各離散頻率  $\omega_k$  之群波延遲時間向量  $\mathbf{y}^{(j)}(\omega_k)$  為

$$\mathbf{y}^{(j)}(\omega_k) = \{t_{gr}^{(j)}(X_1, \omega_k) \quad t_{gr}^{(j)}(X_2, \omega_k) \quad \cdots \quad t_{gr}^{(j)}(X_m, \omega_k)\}^T \quad (5-8)$$

則由(5-5)與(5-8)式，可推得

$$\mathbf{y}^{(j)}(\omega_k) = \mathbf{H}\mathbf{Z}^{(j)}(\omega_k) \quad \mathbf{H} = [\mathbf{I} \quad 0] \quad (5-9)$$

其中， $\mathbf{I}$  為  $m$  階單位矩陣。

定義第  $j$  分量之 Kalman 增益矩陣  $\mathbf{K}^{(j)}$  為

$$\mathbf{K}^{(j)} = \mathbf{M}^{(j)} \mathbf{H}^T [\mathbf{H}\mathbf{M}^{(j)} \mathbf{H}^T + \mathbf{R}^{(j)}]^{-1} \quad (5-10)$$

其中  $\mathbf{R}^{(j)}$  為噪音矩陣(noise matrix)。另噪音矩陣  $\mathbf{R}^{(j)}$  為零矩陣，則可求得最佳化之群波延遲時間向量  $\hat{\mathbf{Z}}^{(j)}(\omega_k)$  與相對應之變異矩陣  $\hat{\mathbf{M}}^{(j)}$ ，滿足

$$\hat{\mathbf{Z}}^{(j)}(\omega_k) = \bar{\mathbf{Z}}^{(j)} + \mathbf{K}^{(j)}(\mathbf{y}^{(j)}(\omega_k) - \mathbf{H}\bar{\mathbf{Z}}^{(j)}) \quad (5-11)$$

$$\hat{\mathbf{M}}^{(j)} = \mathbf{M}^{(j)} - \mathbf{K}^{(j)} \mathbf{H} \mathbf{M}^{(j)}$$

將變異矩陣  $\mathbf{M}^{(j)}$  中之觀察點  $X_p$  ( $p=1\sim m$ ) 與特定場址  $X_{m+1}$  分離，改寫為

$$\mathbf{M}^{(j)} = \begin{bmatrix} \mathbf{M}_{m,m}^{(j)} & \mathbf{M}_{m,m+1}^{(j)} \\ \mathbf{M}_{m+1,m}^{(j)} & \mathbf{M}_{m+1,m+1}^{(j)} \end{bmatrix} \quad (5-12)$$

並將(5-12)式代入(5-10)與(5-11)兩式，可於噪音矩陣  $\mathbf{R}^{(j)}$  為零矩陣之條件下，求得 Kalman 增益矩陣  $\mathbf{K}^{(j)}$ 、最佳化之群波延遲時間向量  $\hat{\mathbf{Z}}^{(j)}(\omega_k)$  以及相對應之變異矩陣  $\hat{\mathbf{M}}^{(j)}$ ，分別表示為



$$\mathbf{K}^{(j)} = \begin{bmatrix} \mathbf{I} \\ \mathbf{M}_{m+1,m}^{(j)} \left( \mathbf{M}_{m,m}^{(j)} \right)^{-1} \end{bmatrix} \quad (5-13)$$

$$\hat{\mathbf{Z}}^{(j)}(\omega_k) = \begin{Bmatrix} \hat{\mathbf{Z}}_m^{(j)}(\omega_k) \\ \hat{\mathbf{Z}}_{m+1}^{(j)}(\omega_k) \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \mathbf{y}^{(j)}(\omega_k) \\ \bar{\mathbf{Z}}_{m+1}^{(j)} + \mathbf{M}_{m+1,m}^{(j)} \left( \mathbf{M}_{m,m}^{(j)} \right)^{-1} \left( \mathbf{y}^{(j)}(\omega_k) - \bar{\mathbf{Z}}_m^{(j)} \right) \end{Bmatrix} \quad (5-14)$$

$$\hat{\mathbf{M}}^{(j)} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & \mathbf{M}_{m+1,m+1}^{(j)} - \mathbf{M}_{m+1,m}^{(j)} \left( \mathbf{M}_{m,m}^{(j)} \right)^{-1} \mathbf{M}_{m,m+1}^{(j)} \end{bmatrix} \quad (5-15)$$

其結果顯示，觀察點  $X_p$  ( $p=1\sim m$ ) 於各離散頻率之最佳化群波延遲時間，即為依據該測站地震記錄實際計算而得之結果，且相對應之變異矩陣為零矩陣。而特定場址於第  $j$  主頻範圍內各離散頻率  $\omega_k$  之最佳化群波延遲時間則為

$$\hat{t}_{gr}^{(j)}(X_{m+1}, \omega_k) = \mu_{igr}^{(j)}(X_{m+1}) + \mathbf{M}_{m+1,m}^{(j)} \left( \mathbf{M}_{m,m}^{(j)} \right)^{-1} \left( \mathbf{y}^{(j)}(\omega_k) - \bar{\mathbf{Z}}_m^{(j)} \right) \quad (5-16)$$

因此，藉由特定場址附近之實測地震記錄，可基於 Kalman 過濾技術，有條件地模擬得特定場址於第  $j$  主頻範圍內各離散頻率  $\omega_k$  之群波延遲時間，進而積分求得其相位頻譜。

## 5.4 實例分析

本報告藉由嘉南地區於 921 集集地震收錄之地震資料，以上述 Kalman 條件模擬技術，重建 CHY088 測站(台南縣河東國小)之地表運動歷時。各測站之分佈如圖 5-7 所示，藉由這些實測記錄之群波延遲時間於各分量主頻範圍內之平均值與標準差，可回歸求得(5-4)式中的未定係數  $\alpha_1^{(j)}$ 、 $\alpha_2^{(j)}$ 、 $\gamma_1^{(j)}$  與  $\gamma_2^{(j)}$ ，如表 5-2 所示，而各分量之平均值與標準差隨震央距之變化關係則如圖 5-8 所示。

同時，藉由(5-16)式，可模擬得 CHY088 測站於第  $j$  主頻範圍( $2^{j-1} \leq f \leq 2^j$ ) 內各離散頻率  $\omega_k$  之群波延遲時間，並積分求得相對應之相位頻譜。配合經由該測站實測地震記錄直接計算而得之傅立葉震幅譜，可重建其地表運動歷時。經由相位模擬重建之地表運動歷時與實測地震記錄之比較，以及相對應之結構反應譜的比較，分別如圖 5-9 與圖 5-10 所示。

藉由條件模擬而得之相位頻譜，可配合該工址之設計反應譜修正其傅立葉震幅譜，獲致與設計反應譜相容之設計地表運動歷時。本報告將採用草擬中之最新規範標準(見本報告第七章)，訂定 CHY088 測站所在工址之設計反應譜。CHY088 測站所在之震區為台南縣白河鎮，其震區短週期與一秒週期設計譜加速度係數為  $S_S^D = 0.68g$  與  $S_S^1 = 0.26g$ ，配合第三類地盤於此搖晃水準之工址放大係數  $F_a=1.26$  與  $F_v=1.68$ ，可求得其工址短週期與一

秒週期設計譜加速度係數為  $S_{DS} = F_a S_S^D = 0.86g$  與  $S_{D1} = F_v S_1^D = 0.44g$ 。因此，CHY088 測站所在工址之設計反應譜可表示為

$$\begin{aligned} S_{aD} &= 0.344 + 7.05T & ; & \quad T \leq 0.073 \text{ sec} \\ S_{aD} &= 0.86 & ; & \quad 0.073 \text{ sec} \leq T \leq 0.366 \text{ sec} \\ S_{aD} &= 0.44 / T^{2/3} & ; & \quad 0.366 \text{ sec} \leq T \end{aligned} \quad (5-17)$$

針對 CHY088 測站，依據條件模擬而得之相位頻譜，配合(5-17)式定義該工址之設計反應譜，可藉由圖 5-2 之計算流程，求得適用於 CHY088 測站附近，既滿足當地地表運動特性，又與設計反應譜相容之設計地表運動歷時，如圖 5-11 所示。

表 5-1: 921 集集地震 TCU052 測站之群波延遲時間於各分量主頻範圍內之平均值  $\mu_{igr}^{(j)}$  與標準差  $\sigma_{igr}^{(j)}$

	$\mu_{igr}^{(j)}$ (sec)	$\sigma_{igr}^{(j)}$ (sec)
j= -3	25.1758	4.1438
j= -2	21.4908	2.7825
j= -1	23.4355	8.7878
j=0	18.3893	5.8065
j=1	26.6060	9.8250
j=2	26.5917	12.4474
j=3	24.1892	14.5120
j=4	21.4467	11.0561

表 5-2 : 921 集集地震 CHY088 測站附近  $\mu_{igr}^{(j)}$  與  $\sigma_{igr}^{(j)}$  衰減公式之相關參數回歸值

	$\mu_{igr}^{(j)} = \alpha_1^{(j)} R^{\gamma_1^{(j)}}$		$\sigma_{igr}^{(j)} = \alpha_2^{(j)} R^{\gamma_2^{(j)}}$	
	$\alpha_1^{(j)}$	$\gamma_1^{(j)}$	$\alpha_2^{(j)}$	$\gamma_2^{(j)}$
j= -3	26.57	0.131	9.31	0.177
j= -2	18.91	0.196	3.22	0.357
j= -1	7.86	0.411	3.73	0.349
j=0	1.92	0.730	0.70	0.729
j=1	3.34	0.588	4.01	0.289
j=2	6.28	0.432	6.49	0.167
j=3	3.97	0.546	9.94	0.068
j=4	3.64	0.559	2.07	0.448

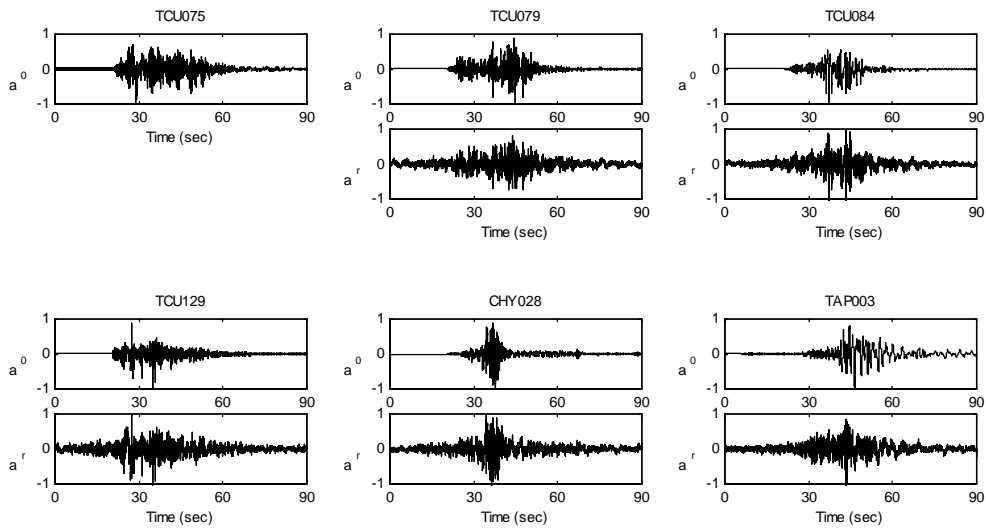


圖 5-1 921 集集地震時不同區域收錄之地震記錄( $a_o$ )與保有相位頻譜但改變震幅譜後之逆轉換結果( $a_r$ )比較圖

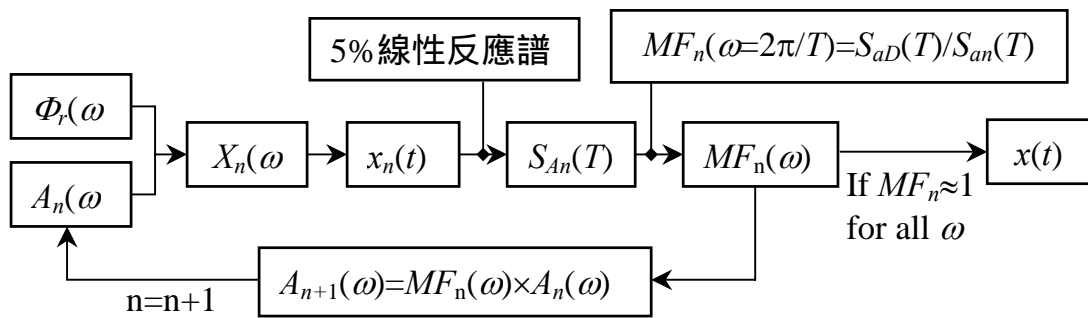


圖 5-2 藉由相位頻譜與設計反應譜求得設計地震歷時之疊代流程圖

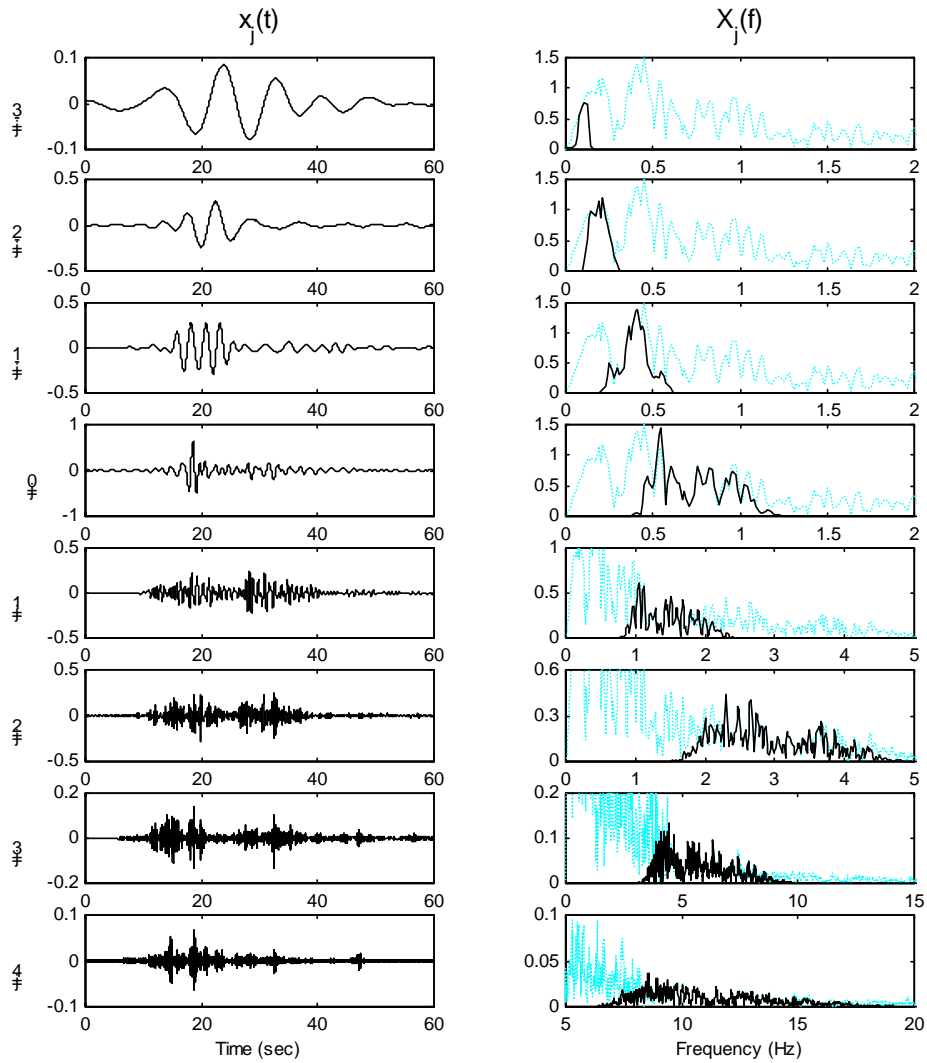


圖 5-3 921 集集地震 TCU052 測站地表運動之 Meyer 小波分解

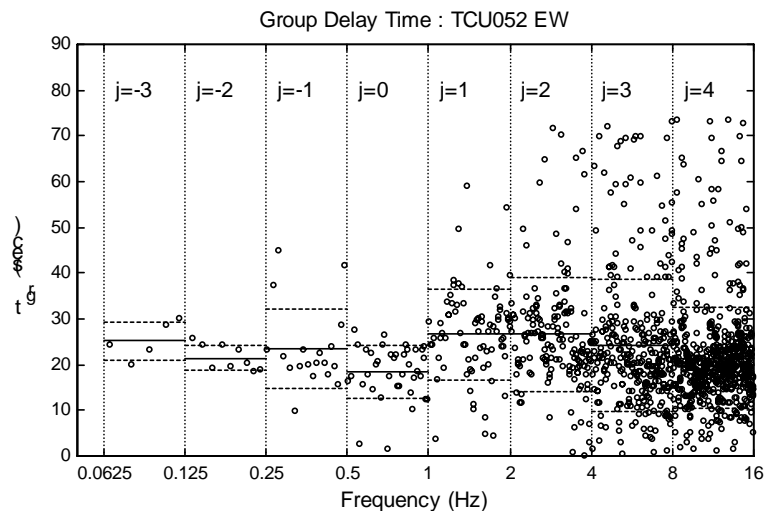


圖 5-4 921 集集地震 TCU052 測站地表運動之群波延遲時間

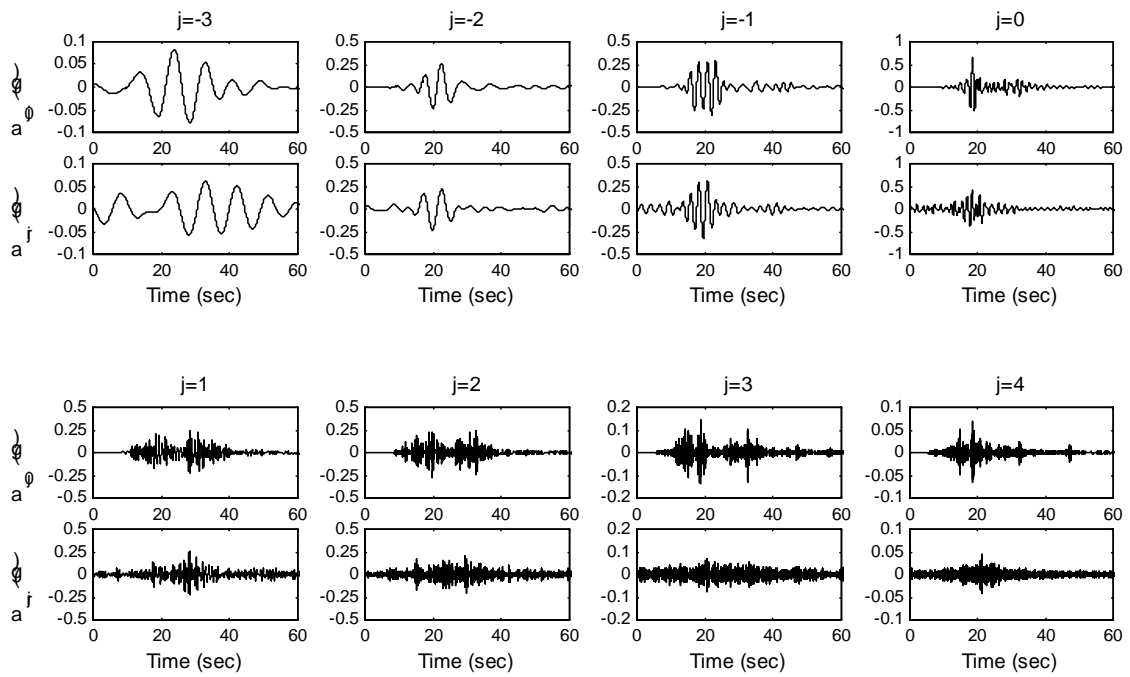


圖 5-5 921 集集地震 TCU052 測站小波分解而得之各分量歷時( $a_{j0}$ )與隨機模擬結果( $a_{jr}$ )之比較圖

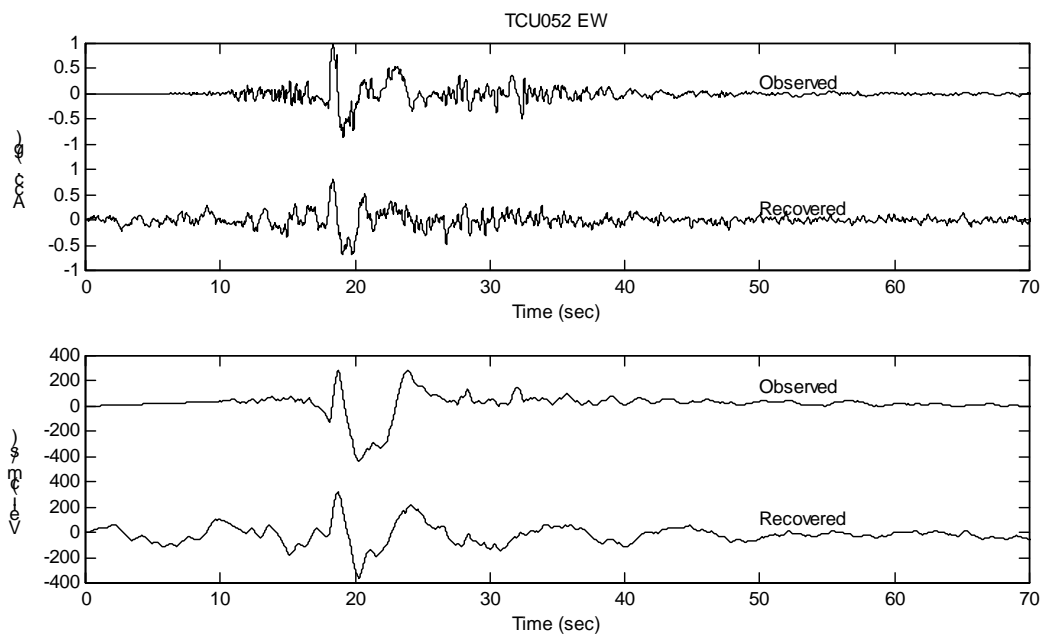


圖 5-6 921 集集地震 TCU052 測站實測地震記錄與隨機模擬重建結果比較圖

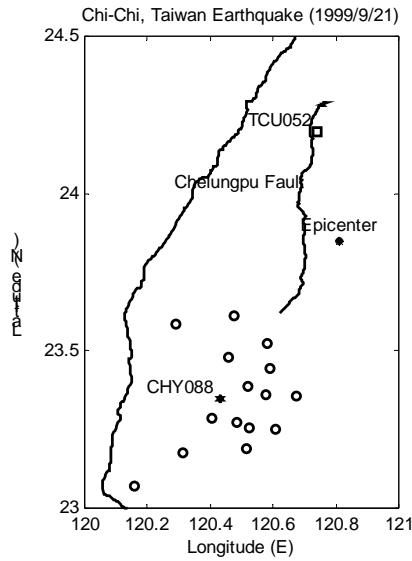


圖 5-7 提供重建 921 集集地震 CHY088 測站地表運動歷時所需地震記錄之鄰近測站分佈圖

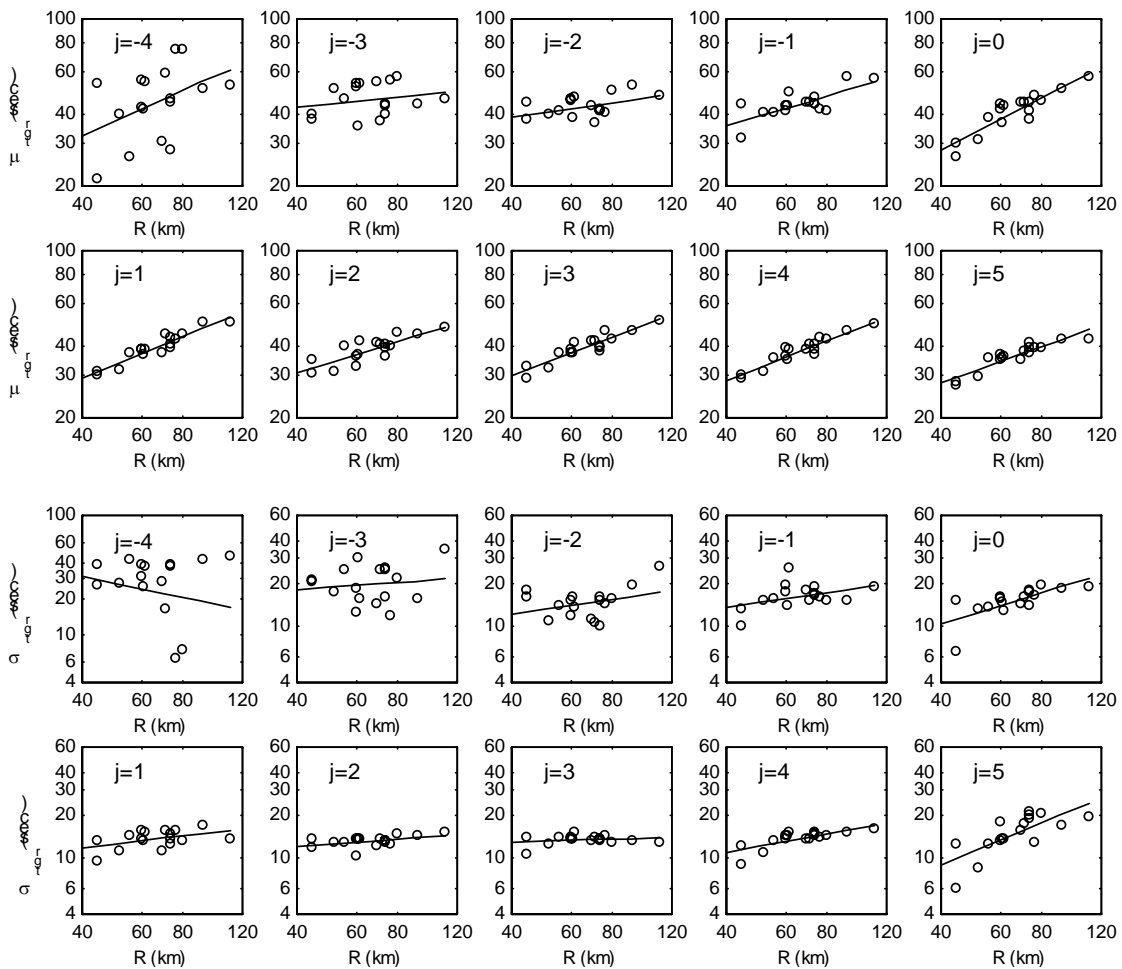


圖 5-8 921 集集地震於 CHY088 測站附近，各分量群波延遲時間之平均值與標準差隨震央距之變化關係

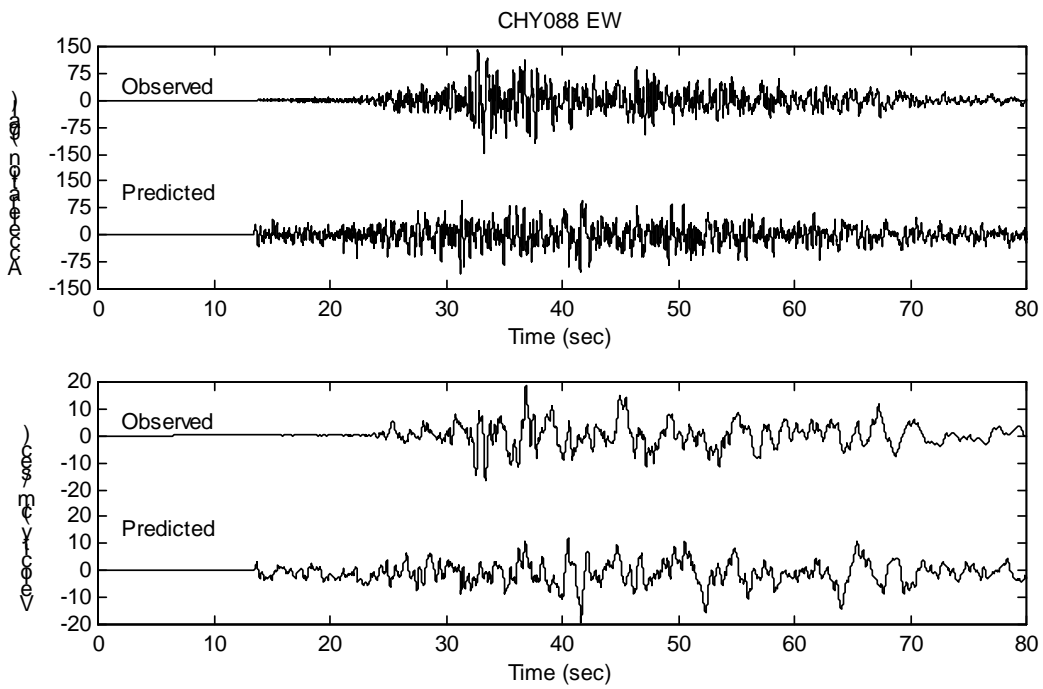


圖 5-9 921 集集地震 CHY088 測站實測地震記錄與條件模擬重建結果比較圖

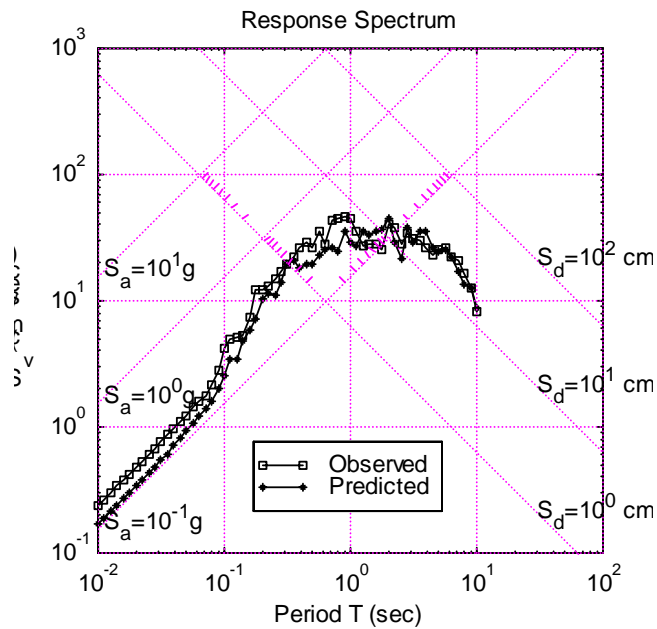


圖 5-10 921 集集地震 CHY088 測站實測地震記錄與條件模擬重建歷時相對應之 5% 阻尼結構反應譜比較圖

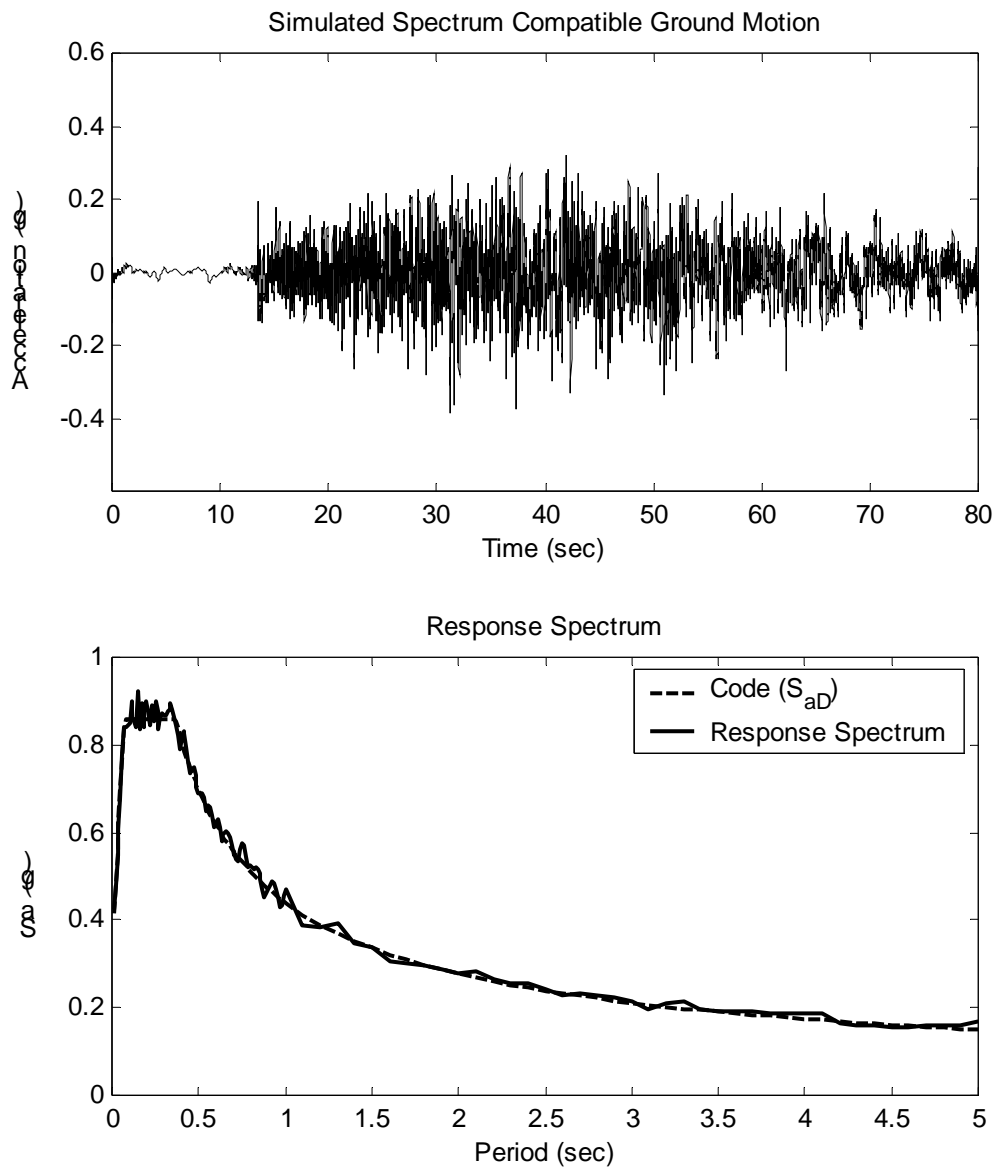


圖 5-11 適用於 CHY088 測站附近與設計反應譜相容之設計地表運動歷時



## 第六章 時間域經驗格林函數分析

### 6.1 經驗格林函數

本計畫介紹一個利用經驗格林函數(Empirical Green's Functions)來模擬特定地點、特定斷層所產生之強地動歷時曲線之方法。對某一特定斷層，我們計算一群破裂模式；同時，我們計算其相對之強地動歷時曲線。從對某一可能發生之災害性地震所計算出之一群破裂模式，我們可計算出對某一特定地點可能產生之災害。進而，我們進行定率(deterministic)災害評估。本計畫所計算之強地動歷時曲線除可被用來減低工程標準參數估計之誤差，它並可提供結構物之非線性動力分析。

所謂經驗格林函數，為小地震經地質構造傳遞所產生之地震波。使用經驗格林函數預測近斷層地表運動之方法與步驟可概述如下：

- (1) 經驗格林函數可模擬一個單一之有效破裂點震源(effectively impulsive point source event)的地震記錄，並對較高頻率之震動具較高之精確度。建立場址與斷層面之經驗格林函數時，首先必須蒐集沿斷層面發生之小規模地震紀錄。然而，因不可能蒐集沿斷層面所有點之地震記錄，所以須先將該斷層面離散化，使每一離散元素之面積小到當模擬地震發生時可被視為一個單一的連續破裂震源。蒐集的地震紀錄可被指定為與震央位置相符元素之經驗格林函數，其他離散元素之經驗格林函數，則可藉由內插或外插的方式，由蒐集的地震紀錄建立。
- (2) 大規模地震可由斷層面內各離散元素之經驗格林函數經過適當之比例與疊加而得。其離散元素可以下式表示：

$$u_n(X, t) = \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^{L_i} \frac{\mu_i A_i s_{ik}}{M_{0i}^e} e_n(X, t'_i - \tau_i^r - \tau_k^s); \quad (6-1)$$

其中  $u_n$  為位於位置  $X$  點之位移， $t$  為相對時間原點的時間，下標  $i$  標示斷層離散元素之面積，下標  $k$  則標示每一離散元素的改變增量， $N$  為離散元素之個數， $L_i$  為離散元素在滑移函數(slip function)時間區隔下的爬昇時間(rise time)， $\tau_k^s = k\Delta t'$ ，而  $t'_i$  為在第  $i$  個離散元素上震源事件相對於時間原點的時間， $\tau_i^r$  為破裂開始從震源至離散元素的傳遞時間(travel time)， $s_{ik}$  為離散元素在滑移函數(slip function)時間區隔下的位移增量， $e_n(X, t')$  為第  $i$  個離散元素在小地震時的經驗格林函數位移， $M_{0i}^e$  為第  $i$  個離散元素用經驗格林函數所模擬的地震規模(scalar seismic moment)。其示意圖如圖 6-1 所示。

- (3) 選擇一適用之斷層破裂模式(rupture model)來描述整個斷層破裂的過程，其中包含了地震規模(moment)、斷層走向、面積與形狀(fault

geometry)、震源(hypocenter)、破裂凹凸面(rupture roughness)、破裂速度(rupture velocity)、恢復速度(healing velocity)、斷層滑移向量(slip vector)與補釘位置(asperity location)等物理參數。上述之物理參數除了地震規模、斷層走向、面積與形狀為既定外，其他物理參數必須藉由其他地球物理與地質資料加以限定於一合理範圍內。在此合理範圍內利用電腦隨機進行一系列斷層破裂的境況模擬事件得到在既定地震規模下，該場址之運動歷時曲線。

- (4) 隨機地表運動歷時的誤差分析，可藉由足夠多次之境況模擬事件，計算標準方差並檢驗是否符合對數標準分布(log-normal distribution)。預測誤差大致歸因於(1)對未來斷層破裂細節特性不確定引致之參數誤差，(2)震源規模估計之不確定性與經驗格林函數必須內插引致之隨機誤差，與(3)斷層破裂模型假設不當引致之模型誤差。
- (5) 藉由各境況模擬所得之地表運動歷時，可求得既定規模之近斷層地震於特定場址引致的最大地表加速度、速度與位移，地震反應頻譜與滑移分布(slip distribution)，以及結構擬相對速度反應譜之平均值與標準方差，並進而評估工程設計所需之地震動參數。
- (6) 獲致特定力矩規模潛勢(特定回歸期)之設計反應譜，並藉由與該設計反應譜相符之境況模擬事件，獲致近斷層地表運動歷時。

經驗格林函數之優點可分地震源之模擬、傳遞路徑效應與場址效應等三方面描述：

- (1) 地震源之模擬：由小地震建立經驗格林函數，且僅需少數地震，即可利用經驗格林函數作簡單插補以描述整個震源。
- (2) 傳遞路徑效應：考慮地質非均質性、幾何效應(莫荷面(Moho)反彈等)與集中與散射效應。
- (3) 場址效應：考慮因地質構造產生之放大效應、近地表之集中與散射效應與場址之不一致性。

## 6.2 分析結果

本計畫針對一個發生於三義－埔里地震帶(圖 6-2)，假定之  $M=7.25$  的地震來模擬一組 100 種不同之強地動行為。三義－埔里地震帶為一近八十公里之地震帶，如其以一次地震活動發生，它可產生  $M=7.25$  的地震。本計畫針對在中央氣象局強震觀測站在 921 集集大地震前，於此三義－埔里地震帶附近記錄較好之一記錄(TCU128，東勢)進行模擬。計算結果中，最接近平均值之地震合成記錄顯示於圖 6-3、圖 6-4 和圖 6-5。此結果顯示尖峰加速度(Peak Acceleration)接近 0.5g 和強地動歷時逾 20 秒。

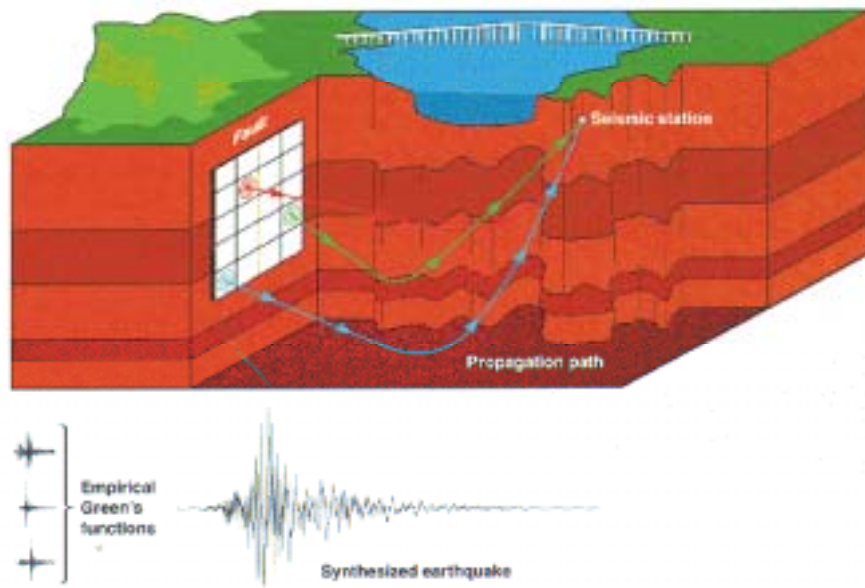


圖 6-1 經驗格林函數示意圖

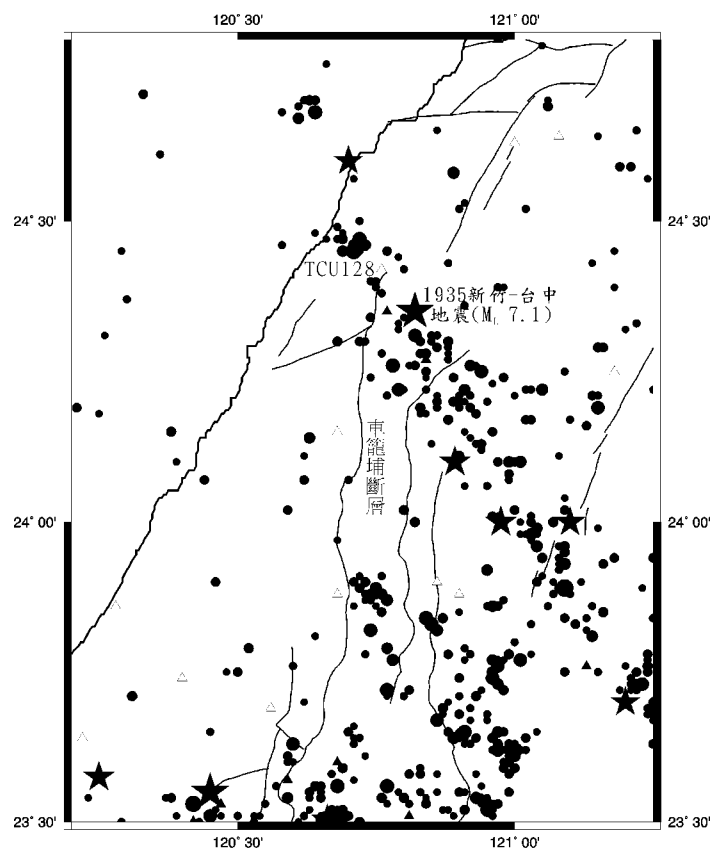


圖 6-2 台灣中西部地震震央分佈(圓圈：1991.1-1999.7， $M > 3.0$  地震；星號：1990 至今， $M > 6.0$  地震)

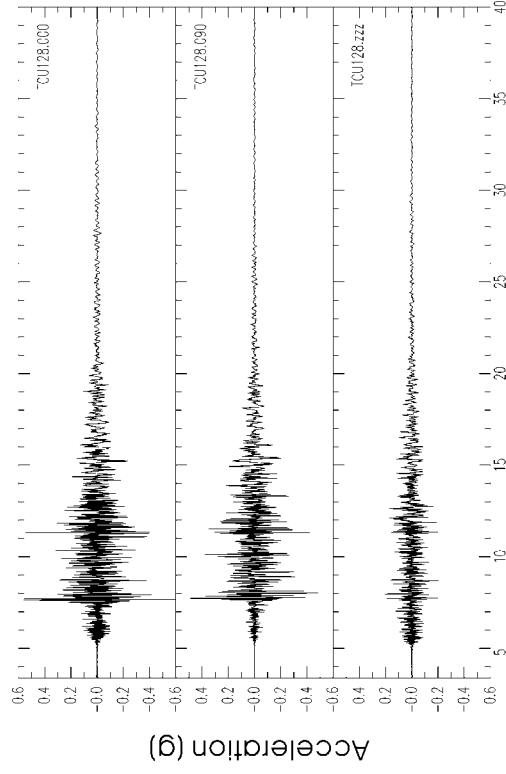


圖 6-3 加速度歷時曲線

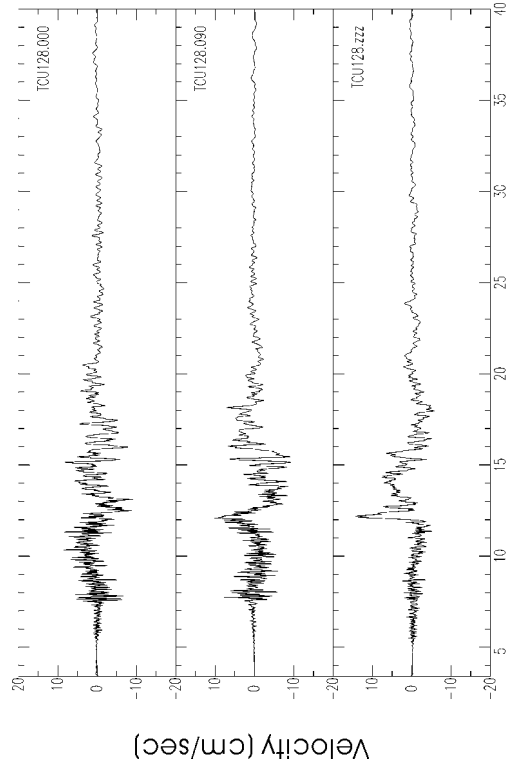


圖 6-4 速度歷時曲線

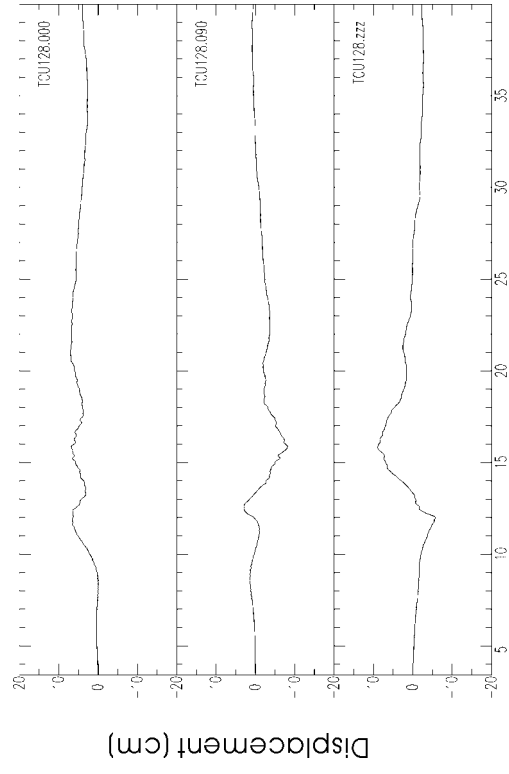


圖 6-5 位移歷時曲線

## 第七章 結論與建議

本計畫擬將研究成果應用於耐震設計規範，提出有關設計地震力要如何訂定之建議條文，以落實考慮區域近斷層效應及均布危害度之設計地震力需求。

### 7.1 靜力分析部分

#### □ 最小設計水平總橫力

構造物各主軸方向分別所受地震之最小設計水平總橫力  $V$  依下式計算：

$$V = \frac{S_{aD}IW}{1.4\alpha_y F_u} \quad (7-1)$$

其中  $S_{aD}$  為工址設計水平加速度反應譜係數，為工址水平向之設計譜加速度與重力加速度  $g$  之比值； $I$  為用途係數； $W$  為建築物全部靜載重； $\alpha_y$  為起始降伏地震力放大倍數；而  $F_u$  為結構系統地震力折減係數。

#### □ 一般工址之震區短週期與一秒週期水平譜加速度係數

震區短週期與一秒週期之設計水平譜加速度係數  $S_S^D$  與  $S_1^D$  分別代表工址所屬震區於設計地震作用時，短週期結構與一秒週期結構之 5% 阻尼譜加速度與重力加速度  $g$  之比值。

震區短週期與一秒週期之最大水平譜加速度係數  $S_S^M$  與  $S_1^M$  分別代表工址所屬震區於最大考量地震作用時，短週期結構與一秒週期結構之 5% 阻尼譜加速度與重力加速度  $g$  之比值。

台灣地區之震區係以鄉、鎮、市等行政區為單位劃分，各微分區內之震區設計水平譜加速度係數  $S_S^D$  與  $S_1^D$  乃根據 50 年 10% 超越機率之均布危害度分析訂定，地震回歸期為 475 年；震區最大水平譜加速度係數  $S_S^M$  與  $S_1^M$  則根據 50 年 2% 超越機率之均布危害度分析訂定，地震回歸期為 2500 年。

除台北盆地與近斷層區域外，一般工址之震區設計水平譜加速度係數  $S_S^D$  與  $S_1^D$ ，以及震區最大水平譜加速度係數  $S_S^M$  與  $S_1^M$ ，如表 7-1 所示。

## □ 近斷層區域之震區短週期與一秒週期水平譜加速度係數

近斷層區域之震區短週期與一秒週期設計水平譜加速度係數  $S_S^D$  與  $S_1^D$ ，以及震區短週期與一秒週期最大水平譜加速度係數  $S_S^M$  與  $S_1^M$  分別定義為

$$\begin{aligned} S_S^D &= N_A S_{S0}^D, & S_S^M &= N_A S_{S0}^M \\ S_1^D &= N_V S_{10}^D, & S_1^M &= N_V S_{10}^M \end{aligned} \quad (7-2)$$

其中， $S_{S0}^D$  與  $S_{10}^D$  表示該斷層影響範圍內之震區短週期與一秒週期設計水平譜加速度係數下限； $S_{S0}^M$  與  $S_{10}^M$  表示該斷層影響範圍之震區短週期與一秒週期最大水平譜加速度係數下限；而  $N_A$  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，其值大於或等於 1.0。

### ● 車籠埔斷層

車籠埔斷層影響之震區包括苗栗縣卓蘭鎮，台中市北屯區，台中縣石岡鄉、豐原市、東勢鎮、潭子鄉、新社鄉，太平市、大里市、霧峰鄉、南投縣國姓鄉、草屯鎮、南投市、中寮鄉、名間鄉、集集鎮、鹿谷鄉、竹山鎮，彰化縣二水鄉，雲林縣斗六市與林內鄉等共二十一個鄉鎮市。近車籠埔斷層區域之震區設計水平譜加速度係數下限  $S_{S0}^D$  與  $S_{10}^D$ ，以及震區最大水平譜加速度係數下限  $S_{S0}^M$  與  $S_{10}^M$  如表 7-2 所示；近斷層調整因子  $N_A$  與  $N_V$  隨工址與車籠埔斷層之水平距離  $r$  而改變，可由表 7-3-1 內插求值。

### ● 獅潭斷層

獅潭斷層影響之震區包括新竹縣峨眉鄉、北埔鄉，苗栗縣三灣鄉、造橋鄉、頭屋鄉、南庄鄉、獅潭鄉、公館鄉、泰安鄉以及大湖鄉等共十個鄉鎮市。近獅潭斷層區域之震區設計水平譜加速度係數下限  $S_{S0}^D$  與  $S_{10}^D$ ，以及震區最大水平譜加速度係數下限  $S_{S0}^M$  與  $S_{10}^M$  如表 7-2 所示；近斷層調整因子  $N_A$  與  $N_V$  隨工址與獅潭斷層之水平距離  $r$  而改變，可由表 7-3-2 內插求值。

### ● 屯子腳斷層

屯子腳斷層影響之震區包括台中縣外埔鄉、后里鄉、清水鎮、神岡鄉、梧棲鎮、沙鹿鎮以及大雅鄉等共七個鄉鎮市。近屯子腳斷層區域之震區設計水平譜加速度係數下限  $S_{S0}^D$  與  $S_{10}^D$ ，以及震區最大水平譜加速度係數下限  $S_{S0}^M$  與  $S_{10}^M$  如表 7-2 所示；近斷層調整因子  $N_A$  與  $N_V$  隨工址與屯子腳斷層之水平距離  $r$  而改變，可由表 7-3-3 內插求值。

### ● 梅山斷層

梅山斷層影響之震區包括雲林縣古坑鄉，嘉義縣大林鎮、民雄鄉與梅山鄉共四個鄉鎮市。近梅山斷層區域之震區設計水平譜加速度係數下限  $S_{S0}^D$  與  $S_{10}^D$ ，以及震區最大水平譜加速度係數下限  $S_{S0}^M$  與  $S_{10}^M$  如表 7-2 所示；近斷層調整因子  $N_A$  與  $N_V$  隨工址與梅山斷層之水平距離  $r$  而改變，可由表

7-3-4 內插求值。

### ● 新化斷層

新化斷層影響之震區包括台南縣永康市、新化鎮、新市鄉與山上鄉共四個鄉鎮市。近新化斷層區域之震區設計水平譜加速度係數下限  $S_{S0}^D$  與  $S_{10}^D$ ，以及震區最大水平譜加速度係數下限  $S_{S0}^M$  與  $S_{10}^M$  如表 7-2 所示；近斷層調整因子  $N_A$  與  $N_V$  隨工址與新化斷層之水平距離  $r$  而改變，可由表 7-3-5 內插求值。

### □ 工址短週期與一秒週期水平譜加速度係數

除台北盆地外，一般工址或近斷層區域之工址短週期與一秒週期設計水平譜加速度係數  $S_{DS}$  與  $S_{D1}$ ，以及工址短週期與一秒週期最大水平譜加速度係數  $S_{MS}$  與  $S_{M1}$  依下式計算：

$$\begin{aligned} S_{DS} &= F_a S_S^D & S_{MS} &= F_a S_S^M \\ S_{D1} &= F_v S_1^D & S_{M1} &= F_v S_1^M \end{aligned} \quad (7-3)$$

其中， $F_a$  為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  $S_S$  ( $S_S^D$  或  $S_S^M$ ) 而改變；而  $F_v$  為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平譜加速度係數  $S_1$  ( $S_1^D$  或  $S_1^M$ ) 而改變，可分別由表 7-4 與 7-5 內插得工址放大係數  $F_a$  與  $F_v$ 。

地盤之分類除台北盆地外，餘依工址地表面下 30 公尺之土層平均剪力波速  $\bar{V}_s$  決定之。 $\bar{V}_s \geq 600$  m/s 者為第一類地盤(堅實地盤)， $200$  m/s  $\leq \bar{V}_s < 600$  m/s 者為第二類地盤(普通地盤)，而  $\bar{V}_s < 200$  m/s 者為第三類地盤(軟弱地盤)。

### □ 工址設計與最大水平加速度反應譜係數

一般工址或近斷層區域之工址設計水平加速度反應譜係數  $S_{aD}$  隨建築物基本振動週期  $T$  與工址短週期與一秒週期之設計水平譜加速度係數  $S_{DS}$  與  $S_{D1}$  而改變；工址最大水平加速度反應譜係數  $S_{aM}$  隨建築物基本振動週期  $T$  與工址短週期與一秒週期之最大水平譜加速度係數  $S_{MS}$  與  $S_{M1}$  而改變。工址設計水平加速度反應譜係數  $S_{aD}$  與最大水平加速度反應譜係數  $S_{aM}$  分別如表 7-6(a)與 7-6(b)所示。其中，表 7-6(a)與 7-6(b)中之短週期與中、長週期的分界  $T_0^D$  與  $T_0^M$  分別滿足

$$T_0^D = \left( \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \right)^{1.5} ; \quad T_0^M = \left( \frac{S_{M1}}{S_{MS}} \right)^{1.5} \quad (7-4)$$

同時，工址設計水平加速度反應譜係數  $S_{aD}$  不得低於  $S_{aD,min}$ ：

$$S_{aD,min} = 0.4 S_{DS} \quad (7-5)$$

## 7.2 動力分析部分

### □ 設計水平加速度反應譜係數

動力分析採用韌性折減之加速度反應譜係數  $S_{aD}/F_u$ ，其定義與靜力分析者相同。動力分析之調整係數為  $I/(1.4\alpha_y)$ ，但為避免中度地震時建築物過早降伏，調整係數不得低於  $IF_u/(3.5\alpha_y)$ 。

建築物因地上結構、地下室結構及基礎土壤互制等值彈簧之阻尼比不同時，得依可信理論計算複合振態阻尼比。各類地盤及台北盆地阻尼比異於 5% 阻尼時，可依建築物有效阻尼  $\xi$  由表 7-7 內插短週期與長週期的阻尼修正係數  $B_S$  與  $B_1$ ，將工址短週期與一秒週期之設計水平譜加速度係數  $S_{DS}$  與  $S_{D1}$  修正為  $S_{DS}/B_S$  與  $S_{D1}/B_1$ 。 $S_{DS}$  與  $S_{D1}$  之定義與靜力者相同。如無特別說明，結構阻尼均設定為 5%，而阻尼修正係數  $B_S=B_1=1.0$ 。

一般工址之設計水平加速度反應譜係數  $S_{aD}$ ，隨建築物基本振動週期  $T$  與工址短週期與一秒週期之設計水平譜加速度係數  $S_{DS}/B_S$  與  $S_{D1}/B_1$  而改變，如表 7-8 所示。其中，短週期與中週期的分界  $T_0$  滿足

$$T_0 = \left( \frac{S_{D1} B_S}{S_{DS} B_1} \right)^{1.5} \quad (7-6)$$

採用動力分析時，設計水平加速度反應譜係數  $S_{aD}$  不須給予如(7-5)式般之下限限制。

### □ 非線性歷時分析

至少三組相互垂直之水平向強地動記錄，並確切反映工址最大可能地震之地震規模、斷層距與震源效應。地震記錄不足時，可採用數值模擬之地表運動歷時。

針對任一組雙水平向地震記錄，利用 SRSS 法則，計算 5% 阻尼反應譜。同時，必須比例調整地震記錄振幅使得位於  $0.2T$  至  $1.5T$  範圍內的譜加速度不得低於設計譜加速度值之 1.4 倍，其中  $T$  為建物基本模態之振動週期。

三組地震記錄時，採最大反應譜加速度進行設計；達七組以上之地震記錄時，可採反應譜平均值進行設計。

以非線性模型分析結構反應歷時，其反應不得再以  $1.4\alpha_y F_u/I$  予以折減。



表 7-1：一般工址震區短週期與一秒週期之設計水平譜加速度係數  $S_S^D$  與  $S_1^D$ ，以及震區短週期與一秒週期之最大水平譜加速度係數  $S_S^M$  與  $S_1^M$

震區		$S_S^D$	$S_1^D$	$S_S^M$	$S_1^M$				
台北縣	板橋市	台北盆地							
	三重市								
	中和市								
	永和市								
	新莊市								
	新店市								
	樹林鎮								
	土城鄉								
	蘆洲鄉								
	五股鄉								
	泰山鄉								
	鶯歌鎮					0.59	0.23	0.82	0.39
	三峽鎮					0.64	0.26	0.86	0.44
	淡水鎮	0.36	0.14	0.51	0.23				
	汐止鎮	0.46	0.20	0.69	0.38				
	瑞芳鎮	0.55	0.25	0.81	0.48				
	林口鄉	0.36	0.14	0.52	0.25				
	深坑鄉	0.53	0.23	0.77	0.43				
	石碇鄉	0.65	0.28	0.87	0.48				
	坪林鄉	0.66	0.30	0.89	0.52				
	三芝鄉	0.35	0.13	0.50	0.23				
	石門鄉	0.38	0.14	0.56	0.26				
	八里鄉	0.35	0.13	0.50	0.24				
	平溪鄉	0.54	0.25	0.79	0.46				
	雙溪鄉	0.62	0.29	0.87	0.52				
	貢寮鄉	0.61	0.29	0.86	0.53				
	金山鄉	0.49	0.17	0.71	0.31				
萬里鄉	0.44	0.18	0.64	0.33					
烏來鄉	0.62	0.29	0.86	0.52					

震區		$S_S^D$	$S_1^D$	$S_S^M$	$S_1^M$	
宜蘭縣	宜蘭市	0.66	0.34	0.91	0.60	
	羅東鎮	0.72	0.38	0.94	0.65	
	蘇澳鎮	0.85	0.48	1.03	0.73	
	頭城鎮	0.78	0.35	0.97	0.56	
	礁溪鄉	0.66	0.32	0.89	0.56	
	壯圍鄉	0.68	0.35	0.92	0.61	
	員山鄉	0.64	0.33	0.89	0.58	
	冬山鄉	0.75	0.40	0.97	0.66	
	五結鄉	0.74	0.39	0.96	0.65	
	三星鄉	0.73	0.37	0.95	0.63	
	大同鄉	0.73	0.39	0.95	0.66	
	南澳鄉	0.89	0.51	1.06	0.77	
	桃園縣	桃園市	0.46	0.18	0.68	0.32
		中壢市	0.49	0.19	0.72	0.34
大溪鎮		0.65	0.26	0.86	0.43	
楊梅鎮		0.63	0.24	0.84	0.40	
蘆竹鄉		0.39	0.15	0.58	0.27	
大園鄉		0.39	0.15	0.60	0.26	
龜山鄉		0.46	0.18	0.67	0.32	
八德鄉		0.54	0.21	0.77	0.37	
龍潭鄉		0.64	0.25	0.86	0.43	
平鎮鄉		0.59	0.23	0.82	0.39	
新屋鄉		0.50	0.18	0.73	0.33	
觀音鄉		0.43	0.16	0.65	0.28	
復興鄉		0.62	0.28	0.85	0.49	

	震區	$S_S^D$	$S_1^D$	$S_S^M$	$S_1^M$
新竹縣	竹北市	0.61	0.23	0.83	0.39
	竹東鎮	0.68	0.27	0.89	0.46
	新埔鎮	0.65	0.25	0.86	0.43
	關西鎮	0.57	0.24	0.80	0.41
	湖口鄉	0.63	0.24	0.85	0.40
	新豐鄉	0.55	0.20	0.78	0.36
	芎林鄉	0.61	0.25	0.86	0.45
	橫山鄉	0.58	0.24	0.80	0.41
	寶山鄉	0.59	0.24	0.79	0.40
	尖石鄉	0.62	0.28	0.85	0.50
	五峰鄉	0.59	0.25	0.81	0.44
	峨眉鄉	獅潭斷層			
	北埔鄉				
	苗栗縣	苗栗市	0.60	0.23	0.83
苑裡鎮		0.56	0.21	0.78	0.34
通霄鎮		0.50	0.19	0.72	0.32
竹南鎮		0.63	0.24	0.85	0.40
頭份鎮		0.65	0.25	0.85	0.41
後龍鎮		0.60	0.22	0.83	0.37
銅鑼鄉		0.56	0.23	0.77	0.38
三義鄉		0.66	0.28	0.83	0.44
西湖鄉		0.54	0.20	0.77	0.34
卓蘭鎮		車籠埔斷層			
南庄鄉		獅潭斷層			
頭屋鄉					
大湖鄉					
公館鄉					
造橋鄉					
三灣鄉					
獅潭鄉					
泰安鄉					

	震區	$S_S^D$	$S_1^D$	$S_S^M$	$S_1^M$
台中縣	大甲鎮	0.56	0.21	0.77	0.34
	大安鄉	0.55	0.20	0.76	0.33
	烏日鄉	0.56	0.22	0.78	0.35
	大肚鄉	0.57	0.21	0.80	0.36
	龍井鄉	0.61	0.23	0.81	0.40
	和平鄉	0.63	0.31	0.87	0.55
	豐原市	車籠埔斷層			
	太平市				
	大里市				
	石岡鄉				
	東勢鎮				
	潭子鄉				
	新社鄉				
	霧峰鄉				
	外埔鄉	屯子腳斷層			
	后里鄉				
	清水鎮				
	神岡鄉				
梧棲鎮					
沙鹿鎮					
大雅鄉					

	震區	$S_S^D$	$S_I^D$	$S_S^M$	$S_I^M$
彰化縣	彰化市	0.56	0.20	0.79	0.36
	鹿港鎮	0.59	0.21	0.81	0.37
	和美鎮	0.56	0.21	0.80	0.36
	線西鄉	0.60	0.22	0.81	0.37
	伸港鄉	0.61	0.23	0.82	0.39
	福興鄉	0.55	0.20	0.79	0.36
	秀水鄉	0.50	0.19	0.74	0.35
	花壇鄉	0.50	0.20	0.74	0.35
	芬園鄉	0.57	0.24	0.75	0.37
	員林鎮	0.58	0.23	0.82	0.38
	溪湖鎮	0.54	0.20	0.78	0.37
	田中鎮	0.64	0.26	0.84	0.40
	大村鄉	0.51	0.20	0.74	0.35
	埔鹽鄉	0.51	0.19	0.75	0.36
	埔心鄉	0.53	0.20	0.77	0.36
	永靖鄉	0.57	0.22	0.82	0.38
	社頭鄉	0.64	0.25	0.84	0.40
	北斗鎮	0.60	0.23	0.84	0.39
	二林鎮	0.63	0.23	0.84	0.40
	田尾鄉	0.58	0.22	0.82	0.38
	埤頭鄉	0.62	0.23	0.84	0.40
	芳苑鄉	0.59	0.21	0.82	0.37
	大城鄉	0.63	0.23	0.85	0.39
竹塘鄉	0.63	0.23	0.84	0.40	
溪州鄉	0.57	0.22	0.81	0.38	
二水鄉	車籠埔斷層				
南投縣	埔里鎮	0.53	0.25	0.72	0.43
	魚池鄉	0.53	0.24	0.71	0.41
	水里鄉	0.69	0.30	0.83	0.48
	信義鄉	0.61	0.28	0.85	0.49
	仁愛鄉	0.66	0.33	0.89	0.58
	南投市	車籠埔斷層			
	草屯鎮				
	集集鎮				
	竹山鎮				
	國姓鄉				
	中寮鄉				
	名間鄉				
	鹿谷鄉				

	震區	$S_S^D$	$S_I^D$	$S_S^M$	$S_I^M$
雲林縣	斗南鎮	0.52	0.20	0.72	0.34
	虎尾鎮	0.52	0.19	0.75	0.35
	西螺鎮	0.52	0.20	0.76	0.36
	土庫鎮	0.57	0.21	0.80	0.37
	北港鎮	0.58	0.22	0.81	0.38
	大埤鄉	0.56	0.21	0.79	0.36
	莿桐鄉	0.52	0.21	0.72	0.35
	二崙鄉	0.59	0.22	0.83	0.38
	崙背鄉	0.57	0.21	0.81	0.37
	麥寮鄉	0.56	0.20	0.79	0.36
	東勢鄉	0.54	0.20	0.77	0.37
	褒忠鄉	0.52	0.19	0.75	0.36
	台西鄉	0.59	0.22	0.83	0.38
	元長鄉	0.57	0.21	0.80	0.37
	四湖鄉	0.64	0.23	0.85	0.40
	口湖鄉	0.63	0.23	0.84	0.39
	水林鄉	0.62	0.23	0.84	0.40
	斗六市	車籠埔斷層			
	林內鄉				
	古坑鄉	梅山斷層			
嘉義縣	太保市	0.58	0.22	0.81	0.39
	朴子鎮	0.54	0.21	0.78	0.39
	布袋鎮	0.64	0.23	0.85	0.40
	溪口鄉	0.60	0.22	0.80	0.38
	新港鄉	0.62	0.23	0.85	0.42
	六腳鄉	0.53	0.20	0.77	0.38
	東石鄉	0.59	0.22	0.82	0.39
	義竹鄉	0.61	0.23	0.84	0.40
	鹿草鄉	0.64	0.24	0.85	0.41
	水上鄉	0.65	0.25	0.85	0.42
	中埔鄉	0.65	0.26	0.86	0.43
	竹崎鄉	0.58	0.24	0.78	0.41
	番路鄉	0.64	0.24	0.85	0.41
	大埔鄉	0.60	0.23	0.83	0.39
	阿里山	0.56	0.23	0.79	0.39
	梅山鄉	梅山斷層			
	大林鎮				
	民雄鄉				

震區		$S_S^D$	$S_I^D$	$S_S^M$	$S_I^M$
台南縣	新營市	0.56	0.21	0.79	0.38
	鹽水鎮	0.53	0.20	0.77	0.37
	白河鎮	0.68	0.26	0.89	0.45
	柳營鄉	0.55	0.21	0.79	0.38
	後壁鄉	0.64	0.24	0.85	0.40
	東山鄉	0.58	0.22	0.82	0.40
	麻豆鎮	0.54	0.20	0.77	0.37
	下營鄉	0.50	0.19	0.73	0.35
	六甲鄉	0.53	0.21	0.77	0.37
	官田鄉	0.57	0.21	0.80	0.38
	大內鄉	0.58	0.22	0.80	0.38
	佳里鎮	0.64	0.23	0.85	0.40
	學甲鎮	0.53	0.20	0.77	0.37
	西港鄉	0.64	0.24	0.85	0.40
	七股鄉	0.64	0.23	0.85	0.40
	將軍鄉	0.60	0.22	0.83	0.39
	北門鄉	0.58	0.21	0.81	0.38
	善化鎮	0.58	0.22	0.80	0.38
	安定鄉	0.61	0.23	0.83	0.40
	玉井鄉	0.61	0.23	0.83	0.41
	楠西鄉	0.55	0.21	0.77	0.38
	南化鄉	0.65	0.24	0.86	0.42
	左鎮鄉	0.58	0.22	0.78	0.38
	仁德鄉	0.55	0.22	0.78	0.38
	歸仁鄉	0.55	0.21	0.78	0.38
	關廟鄉	0.60	0.23	0.83	0.39
	龍崎鄉	0.61	0.23	0.83	0.39
	永康市	新化斷層			
	新化鎮				
	新市鄉				
	山上鄉				

震區		$S_S^D$	$S_I^D$	$S_S^M$	$S_I^M$
高雄縣	鳳山市	0.63	0.23	0.84	0.39
	林園鄉	0.50	0.18	0.73	0.33
	大寮鄉	0.63	0.23	0.84	0.39
	大樹鄉	0.59	0.22	0.82	0.39
	大社鄉	0.56	0.21	0.80	0.39
	仁武鄉	0.61	0.23	0.84	0.40
	鳥松鄉	0.64	0.23	0.85	0.40
	岡山鎮	0.57	0.22	0.81	0.39
	橋頭鄉	0.52	0.20	0.76	0.37
	燕巢鄉	0.62	0.23	0.84	0.40
	田寮鄉	0.64	0.24	0.85	0.41
	阿蓮鄉	0.64	0.24	0.85	0.41
	路竹鄉	0.58	0.22	0.82	0.40
	湖內鄉	0.61	0.23	0.84	0.40
	茄萣鄉	0.64	0.24	0.85	0.41
	永安鄉	0.58	0.22	0.82	0.39
	彌陀鄉	0.52	0.20	0.76	0.37
	梓官鄉	0.51	0.20	0.75	0.37
	旗山鎮	0.63	0.24	0.84	0.41
	美濃鎮	0.64	0.24	0.86	0.41
	六龜鄉	0.55	0.21	0.79	0.38
	甲仙鄉	0.64	0.24	0.85	0.41
	杉林鄉	0.53	0.21	0.76	0.37
	內門鄉	0.54	0.21	0.77	0.37
	茂林鄉	0.57	0.22	0.80	0.40
	桃源鄉	0.58	0.23	0.82	0.40
三民鄉	0.52	0.21	0.76	0.37	

	震區	$S_S^D$	$S_I^D$	$S_S^M$	$S_I^M$
屏東縣	屏東市	0.58	0.22	0.81	0.39
	潮州鎮	0.52	0.19	0.75	0.35
	東港鎮	0.42	0.15	0.65	0.28
	恆春鎮	0.36	0.12	0.55	0.23
	萬丹鄉	0.57	0.21	0.80	0.37
	長治鄉	0.58	0.22	0.82	0.39
	麟洛鄉	0.59	0.22	0.83	0.39
	九如鄉	0.51	0.20	0.75	0.37
	里港鄉	0.53	0.21	0.77	0.38
	鹽埔鄉	0.53	0.20	0.77	0.38
	高樹鄉	0.63	0.24	0.84	0.41
	萬巒鄉	0.63	0.23	0.84	0.39
	內埔鄉	0.64	0.23	0.85	0.40
	竹田鄉	0.59	0.22	0.82	0.38
	新埤鄉	0.45	0.16	0.68	0.30
	枋寮鄉	0.42	0.14	0.64	0.26
	新園鄉	0.49	0.17	0.71	0.32
	崁頂鄉	0.47	0.17	0.70	0.32
	林邊鄉	0.40	0.14	0.62	0.27
	南州鄉	0.43	0.15	0.65	0.29
	佳冬鄉	0.41	0.14	0.63	0.27
	琉球鄉	0.40	0.13	0.61	0.24
	車城鄉	0.38	0.13	0.57	0.23
	滿州鄉	0.45	0.16	0.67	0.30
	枋山鄉	0.36	0.12	0.53	0.21
	三地鄉	0.56	0.22	0.80	0.39
	霧台鄉	0.54	0.22	0.77	0.39
	瑪家鄉	0.64	0.24	0.85	0.41
	泰武鄉	0.64	0.23	0.85	0.40
	來義鄉	0.48	0.18	0.70	0.32
	春日鄉	0.43	0.15	0.64	0.27
	獅子鄉	0.37	0.13	0.56	0.24
牡丹鄉	0.44	0.16	0.66	0.29	

	震區	$S_S^D$	$S_I^D$	$S_S^M$	$S_I^M$	
台東縣	台東市	0.75	0.33	0.95	0.52	
	成功鎮	0.81	0.37	1.01	0.56	
	關山鎮	0.78	0.34	0.98	0.53	
	卑南鄉	0.62	0.27	0.86	0.47	
	鹿野鄉	0.80	0.35	0.99	0.54	
	池上鄉	0.79	0.35	0.98	0.54	
	東河鄉	0.71	0.33	0.93	0.53	
	長濱鄉	0.82	0.40	1.01	0.61	
	太麻里	0.63	0.27	0.87	0.46	
	大武鄉	0.51	0.20	0.75	0.37	
	綠島鄉	0.70	0.32	0.92	0.53	
	海端鄉	0.64	0.27	0.87	0.46	
	延平鄉	0.69	0.30	0.91	0.49	
	金峰鄉	0.65	0.25	0.86	0.43	
	達仁鄉	0.47	0.18	0.70	0.33	
	蘭嶼鄉	0.69	0.31	0.92	0.51	
	花蓮縣	花蓮市	0.93	0.58	1.09	0.84
		鳳林鎮	0.91	0.53	1.06	0.78
		玉里鎮	0.82	0.39	1.01	0.60
新城鄉		0.97	0.59	1.08	0.85	
吉安鄉		0.93	0.58	1.09	0.84	
壽豐鄉		0.96	0.58	1.08	0.83	
光復鄉		0.88	0.49	1.04	0.75	
豐濱鄉		0.85	0.47	1.03	0.73	
瑞穗鄉		0.81	0.42	1.01	0.67	
富里鄉		0.76	0.36	0.96	0.56	
秀林鄉		0.90	0.55	1.07	0.81	
萬榮鄉		0.81	0.45	1.00	0.71	
卓溪鄉		0.74	0.33	0.95	0.54	
澎湖縣		馬公市	0.29	0.08	0.47	0.14
	湖西鄉	0.31	0.08	0.49	0.15	
	白沙鄉	0.31	0.08	0.49	0.15	
	西嶼鄉	0.22	0.06	0.36	0.10	
	望安鄉	0.22	0.06	0.36	0.11	
	七美鄉	0.17	0.05	0.25	0.08	

	震區	$S_S^D$	$S_I^D$	$S_S^M$	$S_I^M$
基隆市	中正區	0.48	0.21	0.73	0.41
	七堵區	0.45	0.20	0.69	0.38
	暖暖區	0.50	0.22	0.75	0.42
	仁愛區	0.48	0.21	0.72	0.40
	中山區	0.46	0.20	0.70	0.38
	安樂區	0.45	0.19	0.69	0.37
	信義區	0.49	0.22	0.73	0.42
新竹市	東區	0.60	0.23	0.82	0.39
	北區	0.58	0.21	0.81	0.37
	香山區	0.59	0.22	0.82	0.38
台中市	中區	0.60	0.24	0.77	0.37
	東區	0.63	0.26	0.79	0.40
	南區	0.58	0.23	0.77	0.36
	西區	0.57	0.23	0.77	0.35
	北區	0.59	0.24	0.77	0.37
	西屯區	0.57	0.22	0.78	0.35
	南屯區	0.55	0.21	0.78	0.34
	北屯區	車籠埔斷層			
嘉義市	東區	0.63	0.25	0.80	0.41
	西區	0.58	0.23	0.79	0.39
台南市	東區	0.56	0.22	0.77	0.38
	南區	0.60	0.23	0.82	0.39
	西區	0.59	0.23	0.83	0.42
	北區	0.61	0.24	0.86	0.43
	中區	0.58	0.23	0.80	0.40
	安南區	0.65	0.25	0.87	0.44
	安平區	0.58	0.23	0.82	0.41
台北市	台北盆地				

	震區	$S_S^D$	$S_I^D$	$S_S^M$	$S_I^M$
高雄市	鹽埕區	0.60	0.22	0.83	0.39
	鼓山區	0.59	0.22	0.82	0.39
	左營區	0.57	0.21	0.80	0.38
	楠梓區	0.53	0.20	0.77	0.37
	三民區	0.64	0.24	0.85	0.40
	新興區	0.64	0.24	0.85	0.40
	前金區	0.62	0.23	0.84	0.40
	苓雅區	0.64	0.23	0.85	0.40
	前鎮區	0.64	0.23	0.85	0.40
	旗津區	0.58	0.21	0.81	0.38
	小港區	0.61	0.22	0.83	0.38

表 7-2：近斷層區域之震區水平譜加速度係數下限

	$S_{S_0}^D$	$S_{I_0}^D$	$S_{S_0}^M$	$S_{I_0}^M$
車籠埔斷層	0.75	0.36	0.93	0.56
獅潭斷層	0.69	0.28	0.89	0.45
屯子腳斷層	0.70	0.27	0.87	0.43
梅山斷層	0.69	0.28	0.88	0.46
新化斷層	0.68	0.25	0.85	0.42

表 7-3-1：近車籠埔斷層調整因子  $N_A$  與  $N_V$  (線性內插求值)

$N_A$	$r \leq 2$ km	$r = 5$ km	$r = 8$ km	$r \geq 11$ km
	1.74	1.46	1.19	1.00
$N_V$	$r \leq 2$ km	$r = 5$ km	$r = 8$ km	$r \geq 11$ km
	1.77	1.49	1.23	1.00

表 7-3-2：近獅潭斷層調整因子  $N_A$  與  $N_V$  (線性內插求值)

$N_A$	$r \leq 1$ km	$r = 3$ km	$r \geq 6$ km
	1.39	1.27	1.00
$N_V$	$r \leq 1$ km	$r = 3$ km	$r \geq 6$ km
	1.86	1.40	1.00

表 7-3-3：近屯子腳斷層調整因子  $N_A$  與  $N_V$  (線性內插求值)

$N_A$	$r \leq 1$ km	$r = 3$ km	$r \geq 5$ km
	1.29	1.17	1.00
$N_V$	$r \leq 1$ km	$r = 3$ km	$r \geq 5$ km
	1.70	1.31	1.00

表 7-3-4：近梅山斷層調整因子  $N_A$  與  $N_V$  (線性內插求值)

$N_A$	$r \leq 1$ km	$r = 3$ km	$r \geq 5$ km
	1.28	1.17	1.00
$N_V$	$r \leq 1$ km	$r = 3$ km	$r \geq 4.5$ km
	1.58	1.22	1.00

表 7-3-5：近新化斷層調整因子  $N_A$  與  $N_V$  (線性內插求值)

$N_A$	$r \leq 1$ km	$r = 3$ km	$r \geq 4.5$ km
	1.20	1.09	1.00
$N_V$	$r \leq 1$ km	$r = 3$ km	$r \geq 4$ km
	1.44	1.10	1.00

表 7-4：短週期結構之工址放大係數  $F_a$  (線性內插求值)

地盤分類	震區短週期水平譜加速度係數 $S_S$ ( $S_S^D$ 或 $S_S^M$ )			
	$S_S=0.5$	$S_S=0.75$	$S_S=1.0$	$S_S \geq 1.25$
第一類地盤	1.0	1.0	1.0	1.0
第二類地盤	1.2	1.1	1.0	1.0
第三類地盤	1.4	1.2	1.1	1.0

表 7-5：長週期結構之工址放大係數  $F_v$  (線性內插求值)

地盤分類	震區一秒週期水平譜加速度係數 $S_I$ ( $S_I^D$ 或 $S_I^M$ )			
	$S_I=0.2$	$S_I=0.3$	$S_I=0.4$	$S_I \geq 0.5$
第一類地盤	1.0	1.0	1.0	1.0
第二類地盤	1.5	1.4	1.3	1.2
第三類地盤	1.8	1.6	1.5	1.4

表 7-6(a)：一般工址或近斷層區域之工址設計水平加速度反應譜係數  $S_{aD}$

較短週期	短週期	中、長週期
$T \leq 0.2T_0^D$	$0.2T_0^D \leq T \leq T_0^D$	$T_0^D \leq T$
$S_{aD} = S_{DS}(0.4 + 3T/T_0^D)$	$S_{aD} = S_{DS}$	$S_{aD} = S_{D1}/T^{2/3}$

表 7-6(b)：一般工址或近斷層區域之工址最大水平加速度反應譜係數  $S_{aM}$

較短週期	短週期	中、長週期
$T \leq 0.2T_0^M$	$0.2T_0^M \leq T \leq T_0^M$	$T_0^M \leq T$
$S_{aM} = S_{MS}(0.4 + 3T/T_0^M)$	$S_{aM} = S_{MS}$	$S_{aM} = S_{M1}/T^{2/3}$



表 7-7：短週期與長週期結構之阻尼修正係數  $B_s$  與  $B_1$

有效阻尼 $\xi$ (%)	$B_s$	$B_1$
<2	0.8	0.8
5	1.0	1.0
10	1.3	1.2
20	1.8	1.5
30	2.3	1.7
40	2.7	1.9
>50	3.0	2.0

表 7-8：一般工址設計水平加速度反應譜係數  $S_{aD}$

較短週期	短週期	中、長週期
$T \leq 0.2T_0$	$0.2T_0 \leq T \leq T_0$	$T_0 \leq T$
$S_{aD} = S_{DS} \left[ 0.4 + \left( \frac{1}{B_s} - 0.4 \right) \frac{T}{0.2T_0} \right]$	$S_{aD} = \frac{S_{DS}}{B_s}$	$S_{aD} = \frac{S_{D1}}{B_1 T^{2/3}}$

## 參考文獻

1. Abrahamson, N. A., P. G. Somerville, and C. A. Cornell (1990). 'Uncertainty in numerical strong motion predictions,' in *Proc. 4th U.S. National Conf. Earthquake Engineering*, Vol. 1, Earthquake Engineering Research Institute, 20-24 May, Palm Springs, California.
2. ATC-40 (1996), *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*, Vol. 1, by Applied Technology Council, Redwood City, California.
3. Chai, J.-F., Loh, C.-H. (1999). 'Near-fault ground motion and its effect on civil structures,' in the Proceedings of the International Workshop on Mitigation of Seismic Effects on Transportation Structures, Taipei, Taiwan, p. 70-81.
4. Chai, J.-F., Loh, C.-H., and Chen, C.-Y., (2000). "Consideration of the Near-fault Effect on Seismic Design Code for Sites near the Chelungpu Fault," *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, Vol. 23, No. 4, pp. 447-454.
5. Heuze, F. E., T.-S. Ueng, L. Hutchings, S. P. Jarpe, and P. W. Kasameyer (1997). 'A coupled seismic-geotechnical approach to site-specific strong motion,' *Soil Dynam. Earthq. Engng*, 16, 259-272.
6. Hutchings, L. (1991). 'Prediction of strong ground motion for the 1989 Loma Prieta earthquake using empirical Green's functions,' *Bull. seism. Soc. Am.*, 81, 1813-1837.
7. Hutchings, L. (1994). 'Kinematic earthquake models and synthesized ground motion using empirical Green's functions,' *Bull. seism. Soc. Am.*, 84, 1028-1050.
8. Hall, J. F., Heaton, T. H., Halling, M. W., and Wald, D. J. (1995). 'Near-source ground motion and its effects on flexible buildings,' *Earthquake Spectra*, 11(4), p.569-605.
9. Huang, C.-T. and Chen, S.-S. (2000). 'Near-field characteristics and engineering implications of the 1999 Chi-Chi earthquake,' *Earthquake Engineering and Engineering Seismology*, 2(1), p. 23-42.
10. ICBO, (1997), "Uniform Building Code," 1997 Edition, Whittier, CA.
11. ICBO, (2000), "International Building Code," 2000 Edition, Whittier, CA.
12. Iwan, W. D. (1997). 'Drift spectrum: measure of demand for earthquake ground motions,' *J. Struct. Engng*, ASCE, 123(4), p. 397-404.
13. Loh, C.-H., Y.-T. Yeh, W.-Y. Jean and Y.-H. Yeh (1991). "Probabilistic seismic risk analysis in the Taiwan area based on PGA and spectral amplitude attenuation formulas," *Eng. Geol.*, Vol. 30, pp. 277-304.
14. Loh, C.-H., W.-Y. Jean, and J. Penzien (1994). "Uniform-hazard response spectrum—An alternative approach," *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 23, pp. 433-445.
15. Meyer, Y., (1989). "Orthonormal wavelets", In *Wavelets*, Springer, pp21-27.
16. Muramatu, I. and K. Irikura, (1982). "Synthesis of strong earthquake motions over a wide frequency range," *J. Natural Disaster Science*, Vol. 4, pp. 55-78.
17. Muramatu, I. and H. Ohnuma, (1988). "Synthesis of strong motions by using an aftershock record as the Green's function," *Tectonophysics*, Vol. 149, pp.

275-288.

18. NIBS (1996), *Development of a Standardized Earthquake Loss Estimation Methodology*, 100% draft technical manual, Prepared by RMS, Inc., for the National Institute of Building Science/Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C..
19. NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures. Part 1: Provisions (FEMA 302), (1997). Building Seismic Safety Council for the Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.
20. NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures. Part 2: Commentary (FEMA 303), (1997). Building Seismic Safety Council for the Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.
21. NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings (FEMA Publication 273), (1997). Prepared for BSSC by Applied Technology Council (ATC-33 Project).
22. NEHRP Commentary on the Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings (FEMA Publication 274), (1997). Prepared for BSSC by Applied Technology Council (ATC-33 Project).
23. Papoulis, A., (1962). *The Fourier integral and its application*, McGraw-Hill, New York.
24. Satoh, T., Uetake, T. and Sugawara, Y., (1996). "A study on envelope characteristics of strong motions in a period range of 1 to 15 seconds by using group delay time", *Proc. of 11-th World Conference on Earthquake Engineering*, Paper No. 149.
25. Sato, T. and Imabayashi, H., (1999) "Real time conditional simulation of earthquake ground motion", *Earthquake Engineering and Engineering Seismology*, Vol. 1, No. 1, pp27-38.
26. *SEAOC Blue Book* (1996). 'Recommended Lateral Force Requirements and Commentary', Sixth Edition, Structural Engineers Association of California, CA.
27. Somerville, P. G., Smith, N. E., Graves, R. W., and Abrahamson, N. A. (1995). 'Accounting for near-fault rupture directivity effects in the development of design ground motions,' *Pressure Vessels and Piping Division*, ASME, PVP319, p. 67-82.
28. Toki, K. (1997). "Consideration of near field strong ground motion in earthquake disaster mitigation planning in Osaka," in the Proceedings of the Seventh KAIST-NTU-KU Tri-Lateral Seminar/Workshop on Civil Engineering, December 1-3, 1997, Kyoto, Japan, pp. 93-98.
29. Yeh, C.-S. and Hong, S.-M. (1999). 'Near-field seismic design load for buildings,' Research Report: MOIS 881015, Architecture and Building Research Institute, Ministry of Interior Affairs, R.O.C. (in Chinese).