

# 台灣地區中度地震致災因素之探討(II)

## A Study on the Causes of Damage Produced by Moderate Earthquakes in Taiwan (II)

主管單位：交通部中央氣象局

葉永田 彭文飛

Yeh, Yeong Tein Peng, Wen-Fei

成功大學大地資源研究中心

張建興 劉達勳

Chang, Chien-Hsin Liu, Da-Shiun

交通部中央氣象局地震測報中心

### 摘要

本研究蒐集 1997 年 7 月 17 日瑞里地震、1999 年 10 月 22 日嘉義地震、與 2010 年 3 月 4 日甲仙地震等相關的資料，並建置 GIS-based 地震目錄與震災資料庫，同時研究這三個中度地震的致災因素。本計畫去年主要以甲仙地震為研究標的，今年則分析瑞里地震與嘉義地震的資料，討論強地動特性與地震規模和震源幾何形貌以及震災分布的關係，並分析強地動衰減以不同規模尺度衡量的適用性，強震分佈特徵與臺灣西部及西南部複雜斷層線位置之相關性；本研究也發現，嘉義市及其鄰近地區，對短週期強地動具有明顯的放大效應，因而，以該地區強地動歷時，反演的嘉義地震斷層參數可能失真。  
**關鍵詞：**譜震度，強地動衰減，地震災害

### Abstract

The strong motion recordings and geological, geophysical, and disaster data of 1998/07/17 Juili, 1999/10/22 Chiayi, and 2010/03/04 Jiasian earthquakes were collected in the progress of this two years' project. First of all, a GIS-based database of earthquake catalogue and disaster information and photos was established and the strong ground motion characteristics and their effects on damages were studied in 2011. This year (2012), the strong motion recordings and relevant data of Juili and Chiayi earthquakes were analyzed. The strong motion characteristics of these three earthquakes, with similar  $M_L$ , are discussed. The results obtained from these three earthquakes shall be combined to discuss the differences and causes of damages.

**Keywords :** Spectral Intensity, Strong Motion Attenuation, Earthquake Disaster

## 一、前言

自 1973 年以來臺灣地區每年約發生 1.6 個規模介於 6~7( $6 \leq M_L < 7$ )的地震，其中約有 1/10 以上的機會導致相當程度的災害。這個情形顯示除了探討  $M_L \geq 7$  的地震的致災因素之外，詳細研究  $6 \leq M_L < 7$  的地震（特別是位在臺灣島內或近海區域的地震）之致災原因是必須的。

1998/07/17 瑞里地震( $M_L=6.2$ )、1999/10/22 嘉義地震( $M_L=6.4$ )、以及 2010/03/04 甲仙地震( $M_L=6.4$ )，為近年來發生於臺灣南部地區的重要中度地震事件，且皆造成建築物倒塌與人員傷亡，設置於臺灣各地之強震觀測站大多數記錄到這三個地震之地動歷時訊號；由於這三個中度地震擁有相對完整的強震紀錄和震災資料，本研究即以它們為對象從事二年期 (2011-2012) 的研究計畫。第一年(2011)蒐集 20100304 甲仙地震( $M_L=6.4$ )之相關的地震、地物、地質及震災資料並建置 GIS-based 研究資料庫，同時探討震災與強地動分布的關係。本年度(2012)計畫則鎖定 19980717 瑞里地震( $M_L=6.2$ )以及 19991022 嘉義地震( $M_L=6.4$ )，先蒐集其相關資料，並探討震災與強地動分布的關係。同時，將由發震地區的地質構造環境、震源機制與過程、強地動的分佈與特性、受災地區的地質與人為環境等方面，來研究這三個規模相近的中度地震的致災因素，並作一些比較與探討。本報告，將先呈現強地動分布與地震規模及震源幾何形貌以及震災分佈之相關性，接著探討近地表斷層位置影響強地動分布之現象，最後則討論各種強地動參數衰減以  $M_L$  和  $M_w$  衡量的合適性，以及斷層形貌和錯移參數對 50km 近距離內地動參數及平均反應譜變化的影響。

## 二、強地動參數

本研究使用最大地動尖峰加速度(PGA)，與加速度、速度、以及位移反應譜和對應的三個譜震度(Spectral Intensities)來代表地動強度。最大地動尖峰加速度和反應譜是常用的參數，不須贅述，下列段落則對譜震度作一個簡單的描述。

Housner(1952)建議，以 0.1 到 2.5 秒間的譜速度積分值來表示地震危害度(Earthquake Hazard)，稱為譜震度(Spectral Intensity)。Matsumura(1992)的研究結果顯示，作為地震動強度的量度，譜震度比 PGA（最大尖峰加速度；適用於固有週期較短的結構物）和 PGV（最大尖峰速度；適用於固有週期較長的結構物）有較大的（週期）適用範圍。Nau and Hall(1984)建議將譜震度參數分為加速度控制區段、速度控制區段及位移控制區段等三個。簡文郁等(2002)以臺灣地區的強震紀錄研究震度衰減律和強地動的地盤效應，其結果顯示譜震度比最大地表加速度有較好的震災指標性。不過簡文郁等(2002)使用的譜震度為譜加速度平均值，與前人的定義譜速度平均值不同，且僅應用在探討 0331 地震在台北盆地引起的災害。葉永田(2007)修飾簡文郁等(2002)提出的概念，將平均譜震度參數定義如下：

$$\bar{S}(\xi) = \frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} S(\xi, T) dT \quad (1)$$

其中，

$$S(\xi, T) = S_a(\xi, T) \quad \text{為加速度反應譜(短周期加速度控制區)}$$

$$= S_v(\xi, T) \quad \text{為速度反應譜(中周期速度控制區)}$$

$$= S_d(\xi, T) \quad \text{為位移反應譜(長週期位移控制區)} \quad (2)$$

譜震度的截切週期(Cut-Off Period) $T_1$  和  $T_2$  屬於區域特性，可從研究區域內大量的強震資料求取平均(高清雲和葉永田，2010)。這樣定義的譜震度可以作為評估地震災害的有效指標(葉永田，2007；高清雲和葉永田，2010)。由於與譜震度相關的地震波之週期範圍明確，將來在探討譜震度的衰減時也可將物理衰減與幾何衰減分開處理。

### 三、結果與討論

最大地表尖峰加速度(PGA)隨地震規模增加而增大，但隨距離增加而減小，即為加速度衰減律(Attenuation Law)。過去在加速度衰減律中常使用的地震規模為芮氏規模( $M_L$ )，近年來則多使用震矩規模( $M_W$ )。為了檢視  $M_L$  與  $M_W$  呈現在加速度衰減律的合適性，本報告將瑞里、嘉義、甲仙等三個地震的 PGA(二個水平向的最大值)衰減情形繪於圖一；圖一的橫座標是觀測場址與斷層面(吳相儀，2000；Lee, et. al., 2012)的最短距離。這三個地震的  $M_L$  值相當接近或相等(瑞里地震 6.2，嘉義地震 6.4，甲仙地震 6.4)，由圖一可看到三者的 PGA 衰減狀況近乎相同；雖然甲仙地震的 PGA 平均值可能高一些。然而這三個地震的  $M_W$  分別為 5.7、5.8、和 6.5，前二者的  $M_W$  比甲仙地震幾乎小了一級，由這個例子看來 PGA 衰減律可能是採用  $M_L$  較為合適，這是因為 PGA 和  $M_L$  都是呈現短周期地震波的效應，而  $M_W$  表示的是長周期波或斷層的平均滑移量效應。當然，這個議題還需要更多的資料來支持。

這三個  $M_L$  相近之地震的 PGA (二個水平向中的大值)分布形式和範圍大小(圖二~四；圖中星號代表震央位置，紅色小方塊是有加速度紀錄的強震觀測站)，大體可以反應震源的幾何形貌與  $M_W$ ；瑞里地震和嘉義地震比較近似點震源，甲仙地震比較具有斷層震源的型貌，但嘉義地震的斷層面也許應該比吳相儀(2000)反演的結果大一些；因此，瑞里地震和嘉義地震的  $M_W$  分別為 5.7 和 5.8，而甲仙地震的  $M_W(=6.5)$  較大是合理的。若由 PGA 大於 250gal 的地區面積看來，瑞里地震的  $M_L$  較為小一些亦是也是合理的結果。另外值得一提的是：這三個地震在嘉義市附近均形成一個強地動高區，其原因除了淺部地層的效應之外，附近的近地表斷層分布是否也扮演著一定的腳色，值得進一步研究。

本研究使用中央氣象局與中央研究院地球科學研究所，於臺灣各地建置之強震觀測站蒐錄之地震記錄，以高清雲和葉永田(2010)所建議之方法推求截切週期  $T_1$  和  $T_2$ ，求得瑞里地震的加速度、速度和位移控制區之範圍分別為：0.1s~0.31s、0.31s~2.5s 和 2.5s~3s；嘉義地震的加速度、速度和位移控制區之範圍分別為：0.1s~0.27s、0.27s~1.96s 和 1.96s~3s；而甲仙地震的加速度、速度和位移控制區之範圍則分別為：0.1s~0.4s、0.4s~0.85s 和 0.85s~3s (葉永田等人，2011)。根據內政部建築物耐震設計規範及解說(2011)，建築物之基本振動週期  $T$ ，單位為秒，可依下列經驗公式計算之：

$$T = c \times h_n^{3/4} \quad (3)$$

式中之  $c$  為常數，其值為 0.085(鋼構建物)、0.070(RC 或 SRC 建物)、或 0.050(其他建物)。臺灣南部地區大部分的建築物應該屬 RC 或其他建物類型，因此，上述三個地震的加速度控制區大致是影響 4~5 樓(樓高假設為 2.5~3.0m)以下的建築物，較高樓層的建築物則受到速度或位移控制區震波的影響。

分別將 PGA 與  $SI_a$  分布成對做比較(圖二與圖五，圖三與六，圖四與七)，可以發現 PGA 與  $SI_a$  分布型式(pattern)相似性極高，特別是在數值較高的區域，這說明了 PGA 主

要是反應短週期震波的能量。特別需要提的是：瑞里地震和嘉義地震的最大 PGA，除了少數幾個測站 (>500gal) 高過甲仙地震的最大 PGA(約 400gal) 之外，其餘的大體是很接近的(見圖一)，但是甲仙地震的  $SI_a$  峰值則比瑞里地震和嘉義地震的  $SI_a$  峰值大得多，同時峰值所圍的區域也較大；而嘉義地震的  $SI_a$  峰值及其所圍的區域也較瑞里地震的大。事實上， $SI_a$  的值反應是地動加速度的大小與地動總震動時間，而地動總震動時間又與震源破裂面積相關，這正可以解釋上述現象。

將瑞里地震、嘉義地震、和甲仙地震所收集到的建築物受災資料與強震參數分布套疊，並繪於圖八~圖十三中，來做比較與討論。

瑞里地震共造成位於竹崎鄉、梅山鄉與番路鄉等三個行政區內的 248 處建築物受損，另外並造成 11 處國中小校舍受損。嘉義地震受損的建物分佈則較廣，分佈於 18 個鄉鎮行政區中，共計造成 133 戶房屋全倒，352 戶半倒，觀察受損建築物位置與強地動參數分佈，此連同甲仙地震在內之三個地震，所引起之受損建築物大致位於  $SI_a$ 、 $SI_v$  與  $SI_d$  大於 400gal、30cm/sec 與 4cm 之區域範圍內。

觀察瑞里地震之 PGA、 $SI_a$ 、 $SI_v$  與  $SI_d$  強度分佈與所造成之危險建物數目間的關係，瑞里地震所造成的受損建物大致位於高強度之同心圓中，但須注意的是，危險建物最多的圳南村(41 處)並非位於地震強度最高的位置；觀察嘉義地震之 PGA 與  $SI_a$  分佈圖，可發現震央位置東南方約 15 公里處有一高區，此高區能說明竹崎鄉與中埔鄉之房屋全倒 20 至 40 戶之結果，而進一步觀察  $SI_v$  與  $SI_d$  分佈圖可發現，除前述震央位置東南方之高區外，震央附近亦出現一個高區，此震央附近之高區，能進一步說明民雄鄉之 58 戶房屋倒塌之結果。

雖然甲仙地震的規模與可能導致災害的強地動範圍也較大，但是嘉義與瑞里地震卻發生在人口與建設較密集的地區，因此，地震災害的程度由大至小的順序是嘉義地震、瑞里地震、甲仙地震(相關震災之文獻請參考張徽正等，1999；中央地質調查所，2010；國立臺灣大學地理學系臺灣地形研究室，1999；國家地震工程研究中心，2010；林金田，2000；黃臺豐，1999)。

地震能量於地層中傳遞的過程，能量若遇到力學參數不連續之介面，有部分之能量將有反射之現象，其餘之能量將穿越此不連續面繼續向前傳遞，而地層之層面、構造面或斷層面皆可視為此力學參數之不連續面。為觀察強震分佈區域與斷層位置之關係，現將瑞里地震和嘉義地震的兩水平向  $SI_a$  最大值分布與斷層位置比較示於圖十四；甲仙地震的相關強震參數與斷層位置的關係則在圖十二。

觀察瑞里地震於地表之能量分佈，除地震能量大致符合由震央處向四周遞減之預期外，另一值得注意的現象是，地震能量似乎有經由彰化斷層、梅山斷層(九芎坑斷層)間，與梅山斷層(九芎坑斷層)、木屐寮斷層間，兩道缺口向西北與西方「漏出」的現象，使得此兩道缺口西方位置之地震波能量，大於其他相同震源距離位置之能量，此現象或可解釋為地震波由震央向西方傳遞的過程中，部分能量受到此斷層之不連續面作用而反射，而相對的，經過此兩道斷層間缺口的地震波，沒有受到斷層面之屏蔽反射而通過較大的能量。

觀察嘉義地震於地表之能量分佈，可發現除震央處之能量高區外，震央東南方約 15 公里處亦出現另一個能量高區，此高區之北東南側分別被梅山斷層、九芎坑斷層、觸口斷層與木屐寮斷層所包圍，推測形成此能量聚集現象的部分原因可能為地震能量由震源向東傳遞的過程，部分地震能量被上述斷層(不連續面)反射，而於該位置產生能量的聚集；另一值得注意的特徵是， $SI_a$  等值圖中，木屐寮斷層與六甲斷層的斷層線型，與附近的強震參數等值圖之線型有趨向平行之趨勢，此現象形成的原因有可能為地震能量向南傳遞過程中，在不連續面(斷層)形成界面波或 head wave 的效應。

觀察甲仙地震地表能量分佈狀況，可瞭解此地震衰減特性極不規則，地震能量最大值皆未出現於震央附近，而於台南出現數個能量高區，觀察震央位置與位於台南能量高區之路徑，可發現一個現象：地震能量由震央位置向外傳遞過程中，有較大的能量通過旗山斷層、左鎮斷層與六甲斷層等三條斷層間之兩道缺口，尤其是旗山斷層與左鎮斷層間之缺口，有大量能量向西溢出，且阻擋於新化斷層前，另外一個值得注意之特徵是，旗山斷層對地震能量之屏蔽效果頗為明顯，此斷層之線型與其東西兩側地震能量等值線有些許平行之趨勢。此現象形成的原因有可能為地震能量在傳遞過程中，在不連續面(斷層)形成界面波或 head wave 的效應。上述的各種個現象在其他強震參數的分布圖也大多可以看到。

瑞里、嘉義、甲仙等三個地震之  $PGA$ 、 $SI_a$ 、 $SI_v$  與  $SI_d$  的回歸結果示於圖十五；另外，這三個地震之譜加速度(自然頻率 0.3 秒)、譜速度(自然頻率 1.0 秒)、與譜位移(自然頻率 3.0 秒)之回歸結果則繪於圖十六。由圖十五和圖十六可瞭解，總體來說，於相同距離下，三個地震之各種強地動參數大小，依序皆與甲仙地震( $M_L6.4$ ； $M_W6.5$ )、嘉義地震( $M_L6.4$ ； $M_W5.8$ )與瑞里地震( $M_L6.2$ ； $M_W5.7$ )的規模大小相吻合；接著觀察  $PGA$ 、 $SI_a$  與譜加速度(自然頻率 0.3 秒)之衰減情況，這三個參數皆呈現短週期波之效應，其中甲仙地震( $M_L6.4$ )之  $PGA$ 、 $SI_a$  與 0.3 秒譜加速度之強度，皆較接近於嘉義地震( $M_L6.4$ )所對應之值，且相當程度大於瑞里地震( $M_L6.2$ )之強度，此相關性比較能與其  $M_L$  之大小相呼應，由此可看出  $M_L$  反應  $PGA$  與  $SI_a$  之適用性；再觀察受長週期波能量控制的  $SI_d$  與 3.0 秒譜位移強度之衰減情況，甲仙地震( $M_W6.5$ )之強度明顯高於嘉義地震( $M_W5.8$ )與瑞里地震( $M_W5.7$ )所對應之值，因  $M_W$  表示的是長週期波或斷層的面積與平均滑移量的綜合效應，故由此可看出  $M_W$  反應  $SI_d$  強度之適用性；而三個地震之  $SI_v$  與 1.0 秒譜速度衰減情況的差異性則約略相當，很難判斷與那一個規模尺度的相關性較好。另外需注意一點的是：距離 50km 範圍內， $PGA$ 、 $SI_a$ 、 $SI_v$  和  $SI_d$  等強震參數衰減式預測值與實測值間之平均誤差(如表)，很一致的顯現屬於甲仙地震者的最大，且與屬於嘉義地震與瑞里地震二者的有很顯著的差異。這說明大的斷層面與複雜的破裂過程，可導致複雜的強地動分布並伴隨較大的強震參數估計誤差。

表一 距離 50km 範圍內強地動參數衰減式預測值與實測值間之平均誤差

	甲仙地震	嘉義地震	瑞里地震
$SI_a$	0.103	0.053	0.071
$SI_v$	0.130	0.076	0.089
$SI_d$	0.208	0.080	0.093
$PGA$	0.119	0.069	0.064

圖十七為距離 50km 範圍內測站之平均加速度反應譜、平均速度反應譜、與平均位移反應譜；其中虛線表示一個標準差區間。由圖十七可發現，嘉義地震之各種反應譜在短周期區間(約小於 1.0 秒)均大於甲仙地震與瑞里地震，而甲仙地震與瑞里地震者則差異很小，這是否意味著嘉義地區對短週期波有放大的效應，值得進一步研究；在大於 1.0 秒的部份則甲仙地震、嘉義地震、瑞里地震，呈現由大至小的現象，這也反應在震矩規模的大小順序上。

吳相儀(2000)和 Lee et. al. (2012)分別經由反演，求得瑞里地震和嘉義地震以及甲仙地震的斷層參數如下：

- 瑞里地震：斷層面長約 12.5 公里、寬 14.5 公里，平均錯移量約為 13.54 公分，應力降為 7.34 bars。
- 嘉義地震：斷層面長約 10.5 公里、寬 11.5 公里，平均錯移量約為 46.97 公分，應力降為 27.82 bars。
- 甲仙地震：斷層面長約 40 公里、寬 25 公里、最大錯移量約為 35 公分。

若參考上面描述的強地動參數的特性與分布狀況，以及這三個地震的  $M_L$ (6.2, 6.4, 6.4) 和  $M_w$ (5.7, 5.8, 6.5)，也許嘉義地震的斷層參數解值得進一步研究。由  $M_L$  看，甲仙地震與嘉義地震的短週期強地動的特性應該相當，但我們發現嘉義地震的短週期強地動比甲仙地震者大；由  $M_w$  看，瑞里地震與嘉義地震的長週期強地動的特性應該相當，且比甲仙地震者小，我們的確看到如是的現象，同時，我們也可以看到這三個地震的短週期強地動參數(PGA、 $SI_a$ 、 $S_a$ )，在嘉義市及其鄰近地區(嘉義地震震央區周圍)均顯現高區的現象，這可能表示這個地區對短週期強地動有放大的效應，因此，以未經調整的強震歷時，反演得出來的斷層參數解可能失真。

#### 四、結論

本研究分析1998年7月17日之瑞里地震，與1999年10月22日之嘉義地的強震紀錄，連同上一年度甲仙地震之分析結果，一併來探討強地動參數與震災之間的關係，發現受損建築物大致位於地動參數 $SI_a$ 、 $SI_v$ 與 $SI_d$ 大於400gal、30cm/sec與4cm之區域範圍內。

由觀察這三個地震的強地動分佈狀況，並與臺灣西部及西南部複雜的近地表斷層位置分布做比較，發現了若干地震波傳遞過程被斷層所屏蔽阻擋之現象，與地震波能量經由兩斷層間的間隙溢出之特徵。

再經由比較各個強地動參數的衰減狀況，初步得到如下的概念：衡量 $SI_d$ 的衰減比較適合用 $M_w$ ，而衡量PGA和 $SI_a$ 的衰減也許比較適合用 $M_L$ ，而 $SI_v$ 的衰減則尚難判定用那一個規模尺度來衡量比較好。

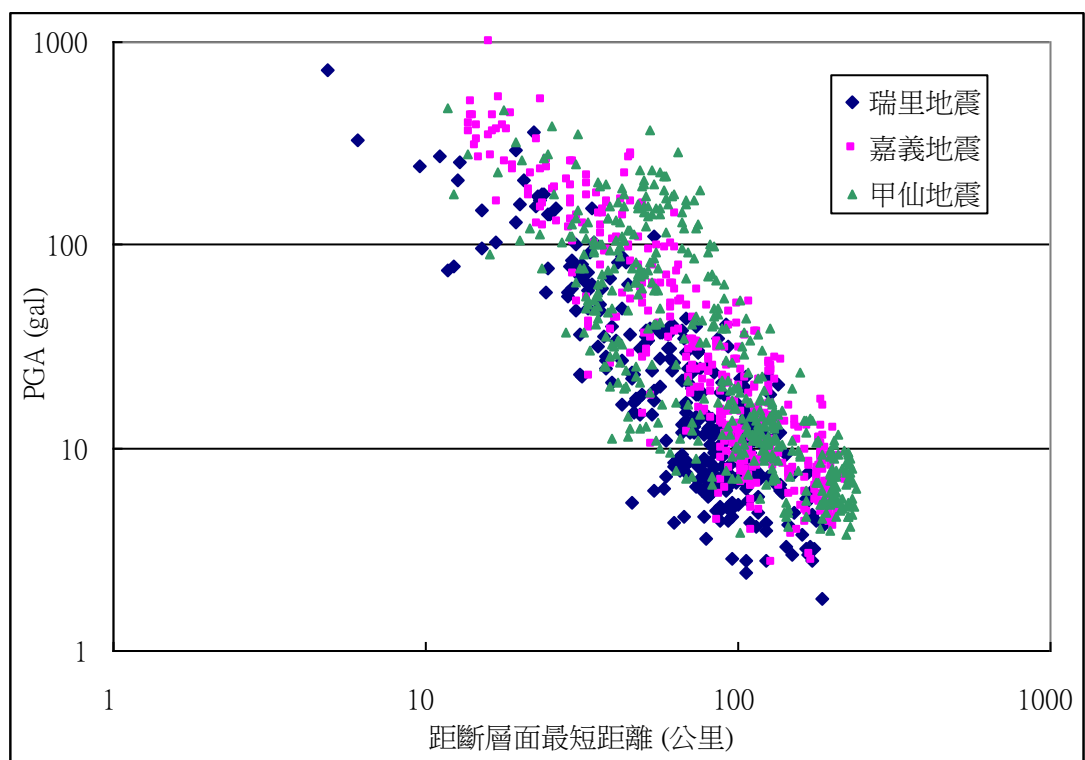
PGA、 $SI_a$ 、 $SI_v$ 和 $SI_d$ 等強震參數衰減式預測值與實測值間之平均誤差，很一致的顯現大的斷層面與複雜的破裂過程，可導致複雜的強地動分布並伴隨較大的強震參數估計誤差。

又經由比較距離斷層50km範圍內測站之平均加速度、速度、與位移反應譜，發現嘉義地震的 $M_L$ 雖然與甲仙地震相同，但其短週期強地動比卻比甲仙地震者大，其原因可能是嘉義市及其鄰近地區對短週期強地動有放大的現象。據此，本研究指出：吳相儀(2000)以未經調整的近距離強地動歷時，反演得出的嘉義地震斷層參數可能失真。

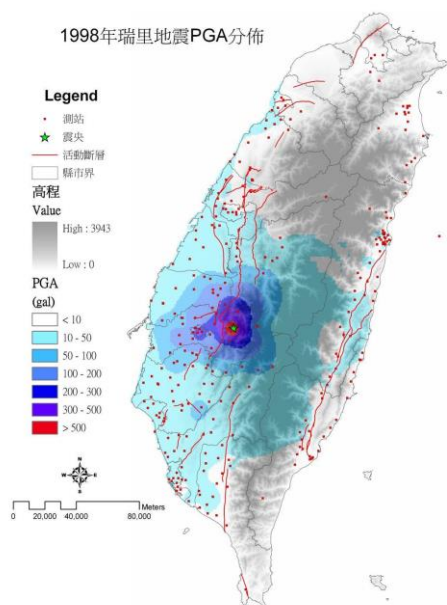
#### 參考文獻

1. Housner, G. W., 1952. Spectrum intensity of strong-motion earthquakes", Proc. Sym. Earthq. Blast Eeff. on Stru., EERI, U.C.L.A..
2. Lee, S. J., W. T. Liang, L. Mozziconcci, Y. J. Hsu, C. Y. Lu, W. G. Huang, and B. S. Huang, 2012. Source complexity of the 4 March 2010 Jiashian, Taiwan, Earthquake determined by joint inversion of teleseismic and near field data, in review.
3. Matsumura, K., 1992. On the intensity measure of strong motions related to structural failures, *Proceeding of 10 WCEE*, 1, 375-380.
4. Nau, J. M. and W. J. Hall, 1984. Scaling methods for earthquake response spectra, *Journal of Structure Engineering*, ASCE, 110, 7, 1533-1548.

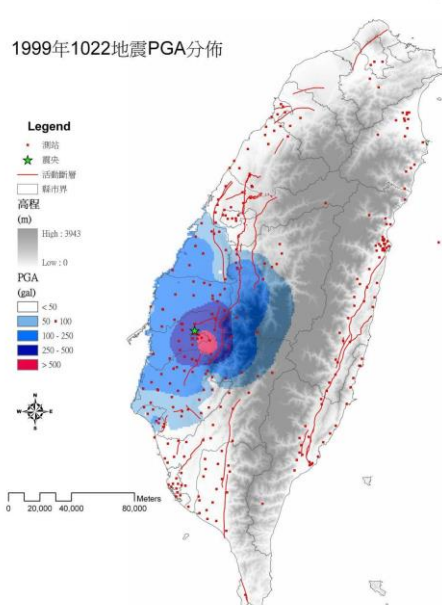
5. 張徽正、李元希、林啟文、盧詩丁、石同生、陳宏仁，1999. 臺灣嘉義瑞里地震之地質災害，地質，第 19 卷第 1 期 1-28 頁。
6. 簡文郁、張毓文、溫國樑、羅俊雄，2002. 台北盆地地盤效應分析，結構工程，第 17 卷第 3 期 3-17 頁。
7. 中央地質調查所，2010：“20100304 地震地質調查報告”，經濟部中央地質調查所。
8. 國立臺灣大學地理學系臺灣地形研究室，1999，“臺灣地區民國八十七年瑞里地震災害分布圖”，國立臺灣大學地理學系臺灣地形研究室、中央地質調查所、行政院農委會聯合編印。
9. 國家地震工程研究中心，2010.“2010 年 0304 高雄甲仙地震事件勘災報告”，國家地震工程研究中心。
10. 高清雲和葉永田，2010. 尚未發表。
11. 林金田，2000，九二一集集大地震救災紀實（上），臺灣省文獻委員會編印。南投：省文獻會。
12. 內政部，2011. 建築物耐震設計規範及解說。
13. 葉永田，2007. 譜震度預估模式的發展及其應用(II)，國科會專題研究計劃成果報告 (NSC 95-2119-M -041-001)。
14. 葉永田、高清雲、陳承俊、高境良，2011. 本計畫 2011 年期末報告。
15. 黃臺豐，1999. 瑞里地震誘發之山崩，中央大學應地所碩士論文，79p。
16. 吳相儀，2000. 臺灣地區中大型地震震源參數分析，中央大學地物所碩士論文，129p。



圖一 瑞里地震、嘉義地震、和甲仙地震的 PGA(水平向最大值)衰減情形



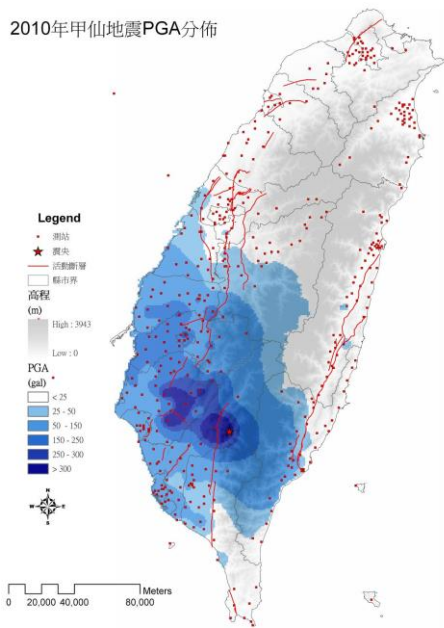
圖二 瑞里地震 PGA 最大值的分布



圖三 嘉義地震 PGA 最大值的分布

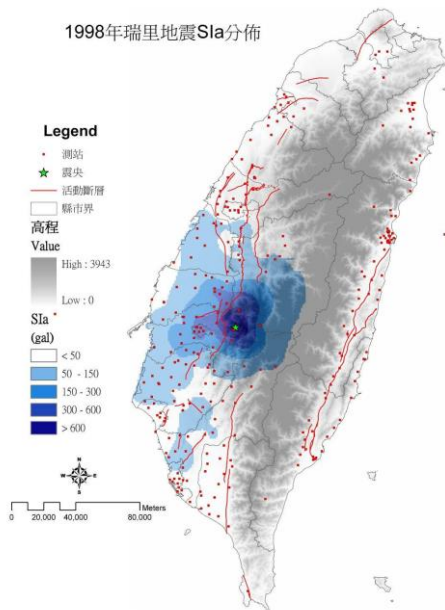


2010年甲仙地震PGA分佈



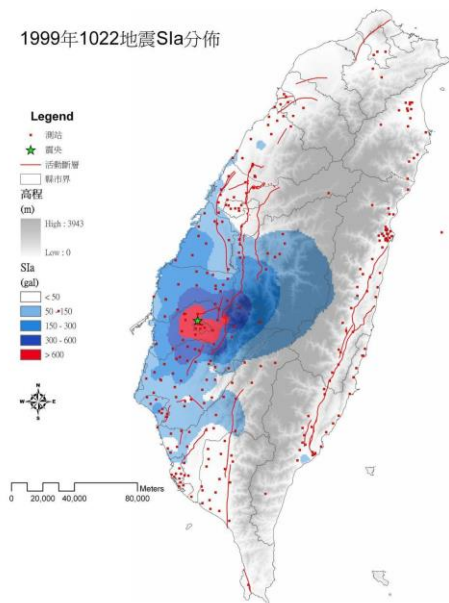
圖四 甲仙地震 PGA 最大值的分布

1998年瑞里地震 $SI_a$ 分佈



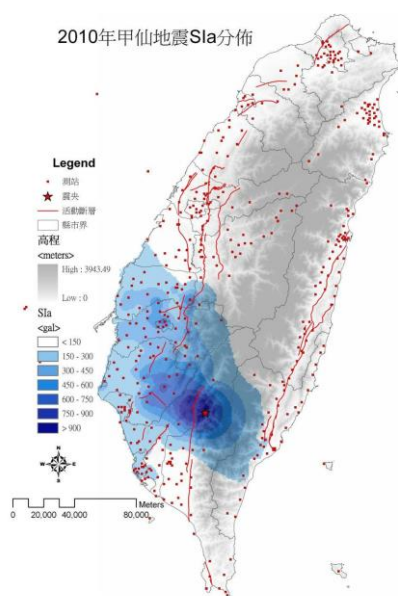
圖五 瑞里地震  $SI_a$  最大值的分布

1999年1022地震 $SI_a$ 分佈

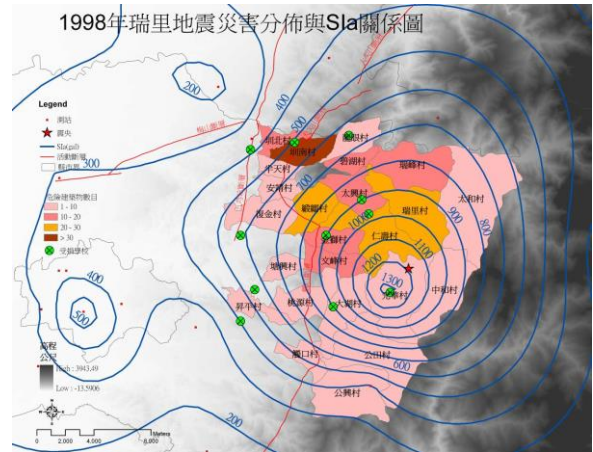
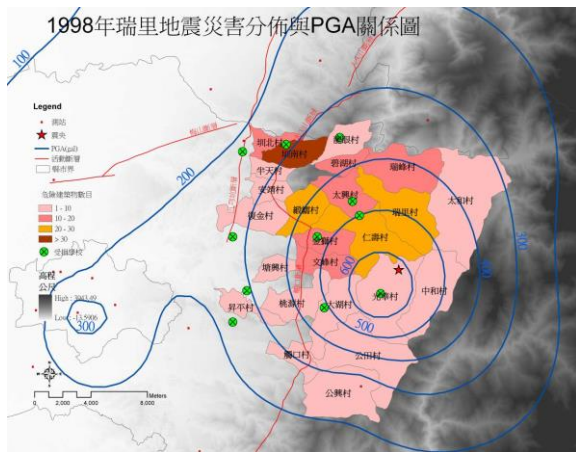


圖六 嘉義地震  $SI_a$  最大值的分布

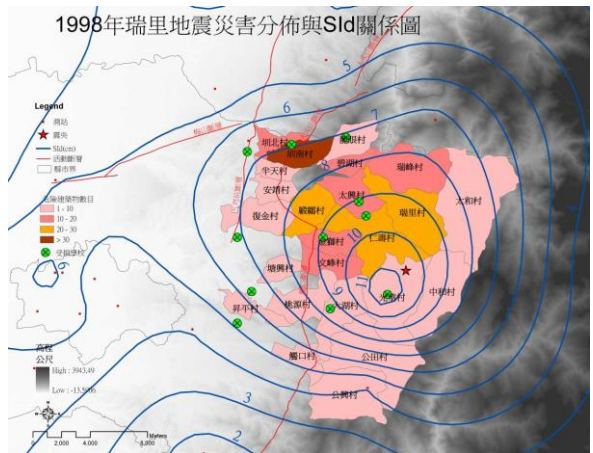
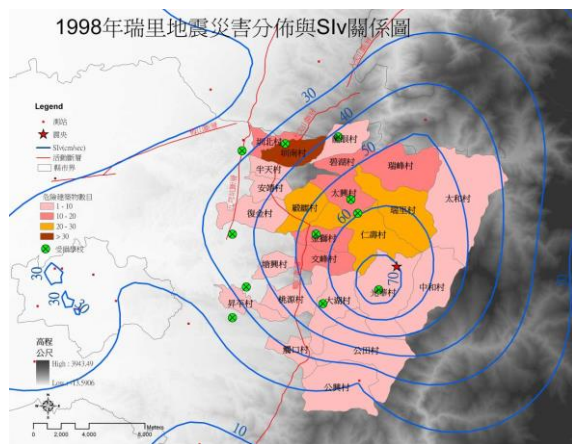
2010年甲仙地震 $SI_a$ 分佈



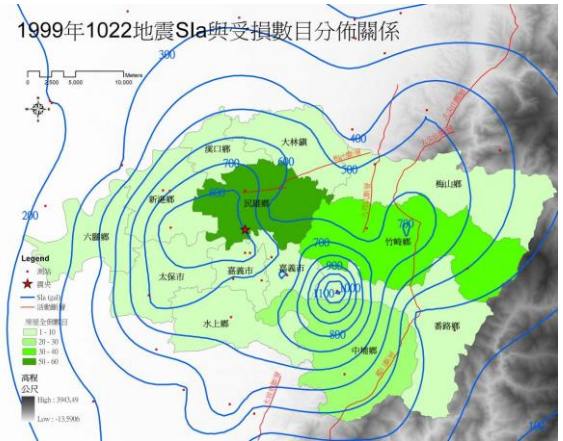
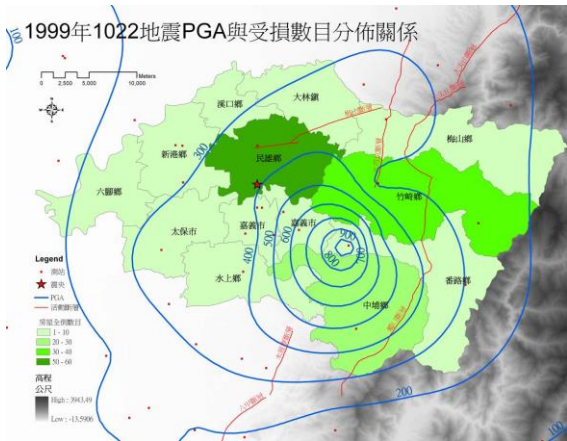
圖七 甲仙地震  $SI_a$  最大值的分布



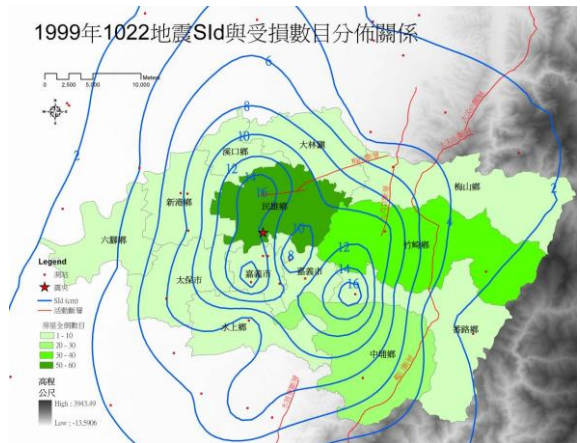
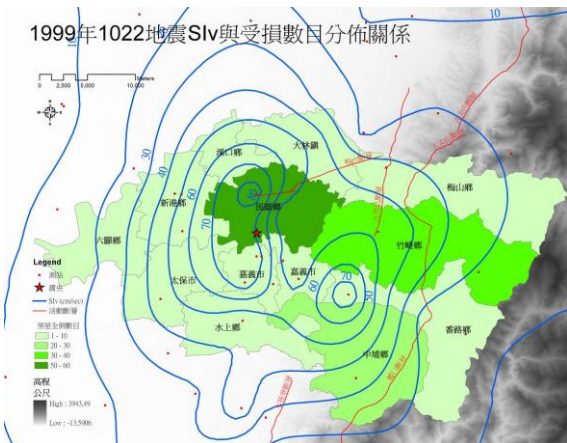
圖八 瑞理地震震災分布與(左)PGA；(右)SI<sub>a</sub>的關係



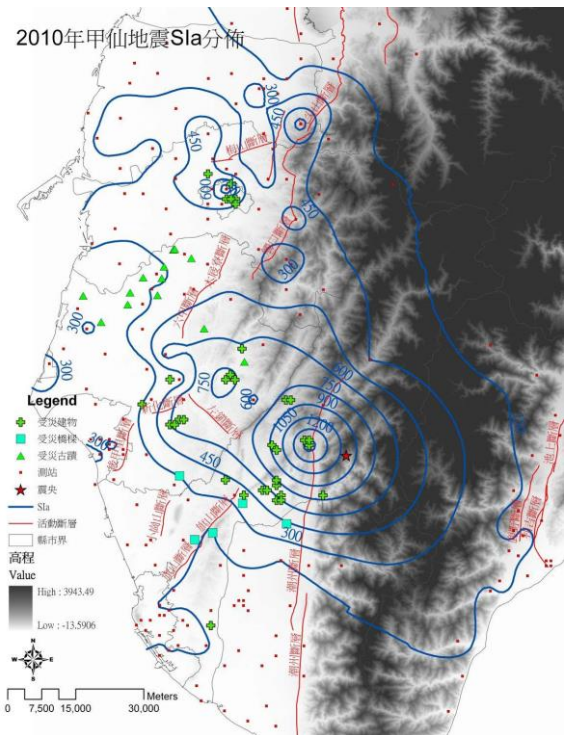
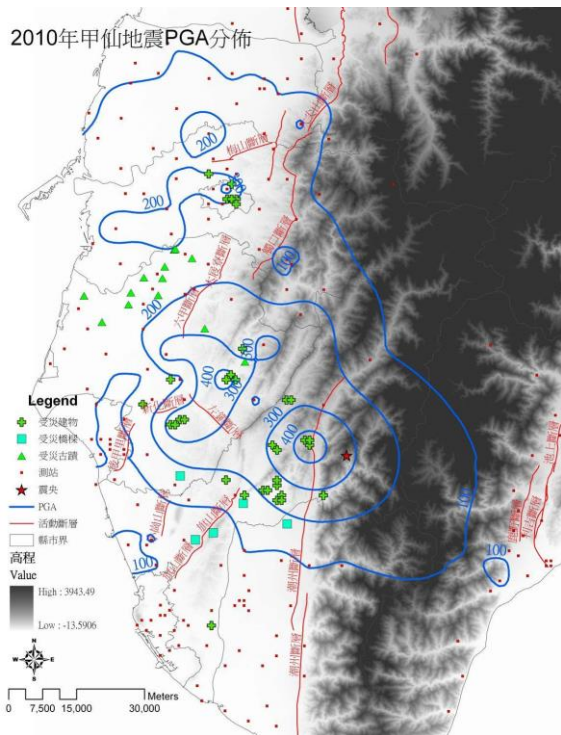
圖九 瑞理地震震災分布與(左)SI<sub>v</sub>；(右)SI<sub>d</sub>的關係



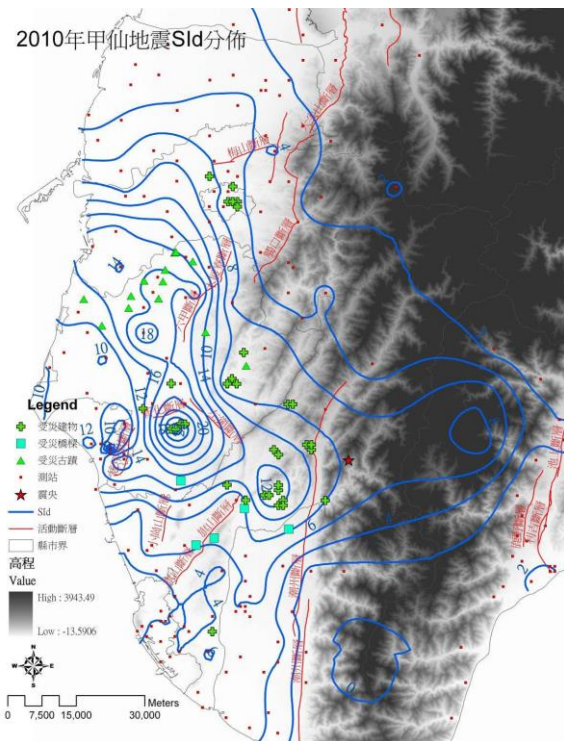
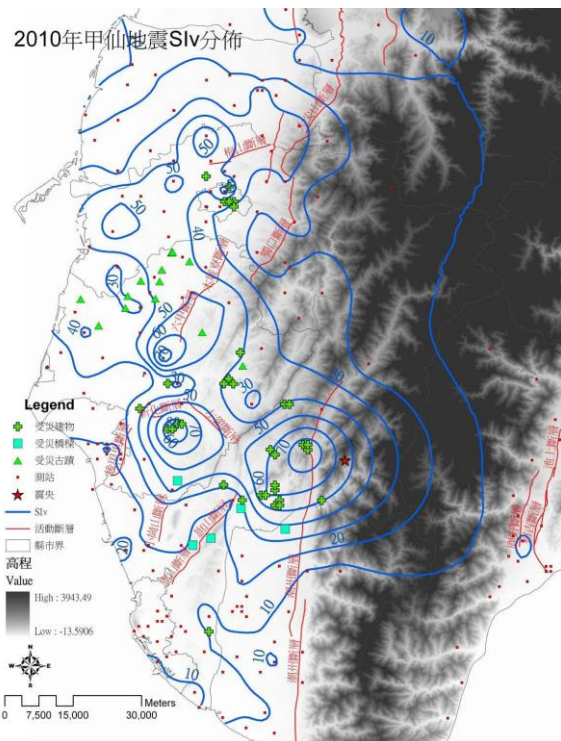
圖十 嘉義地震震災分布與(左)PGA；(右)SI<sub>a</sub>的關係



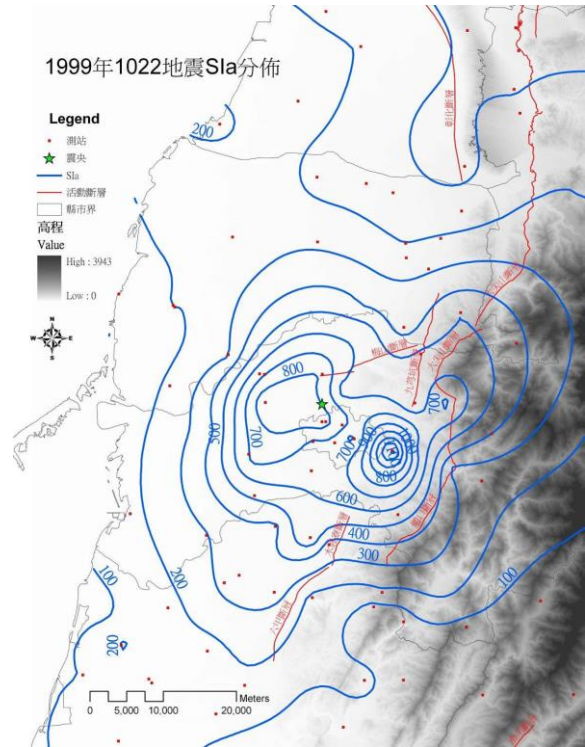
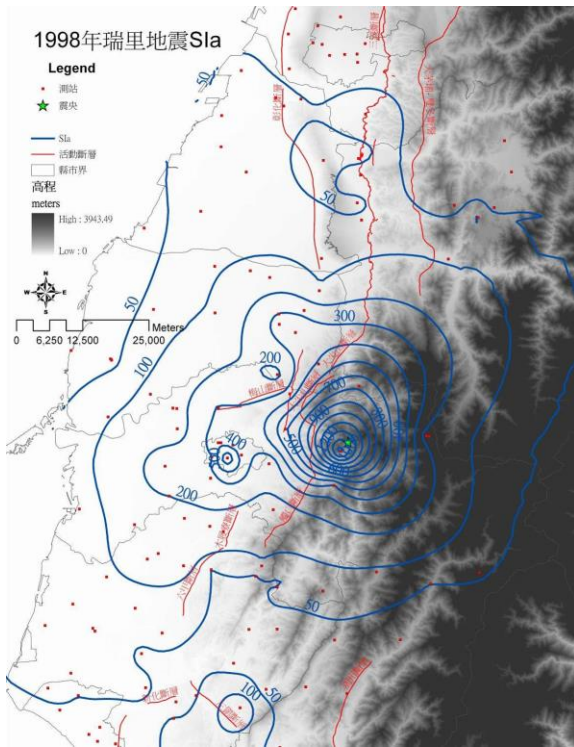
圖十一 嘉義地震震災分布與(左)SI<sub>v</sub>；(右)SI<sub>d</sub>的關係



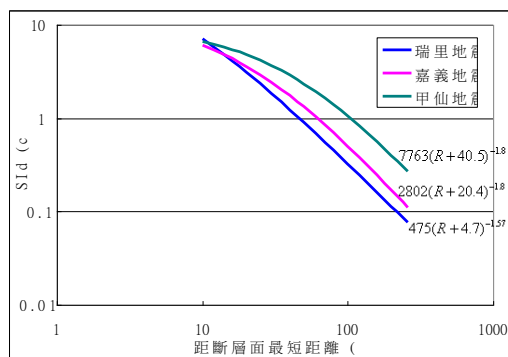
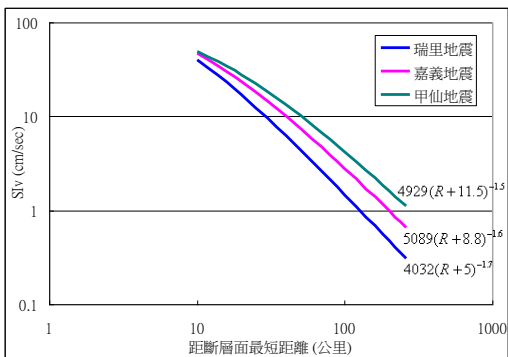
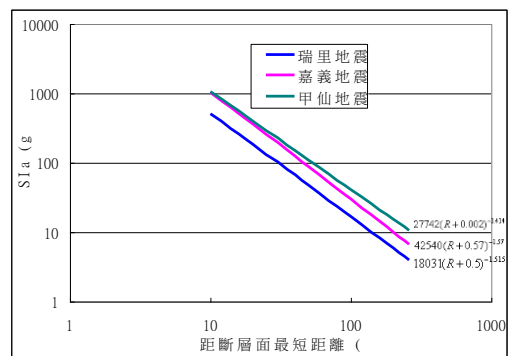
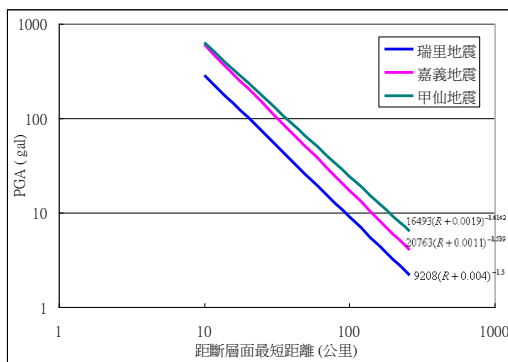
圖十二 甲仙地震震災分布與(左)PGA；(右) $SI_a$ 的關係



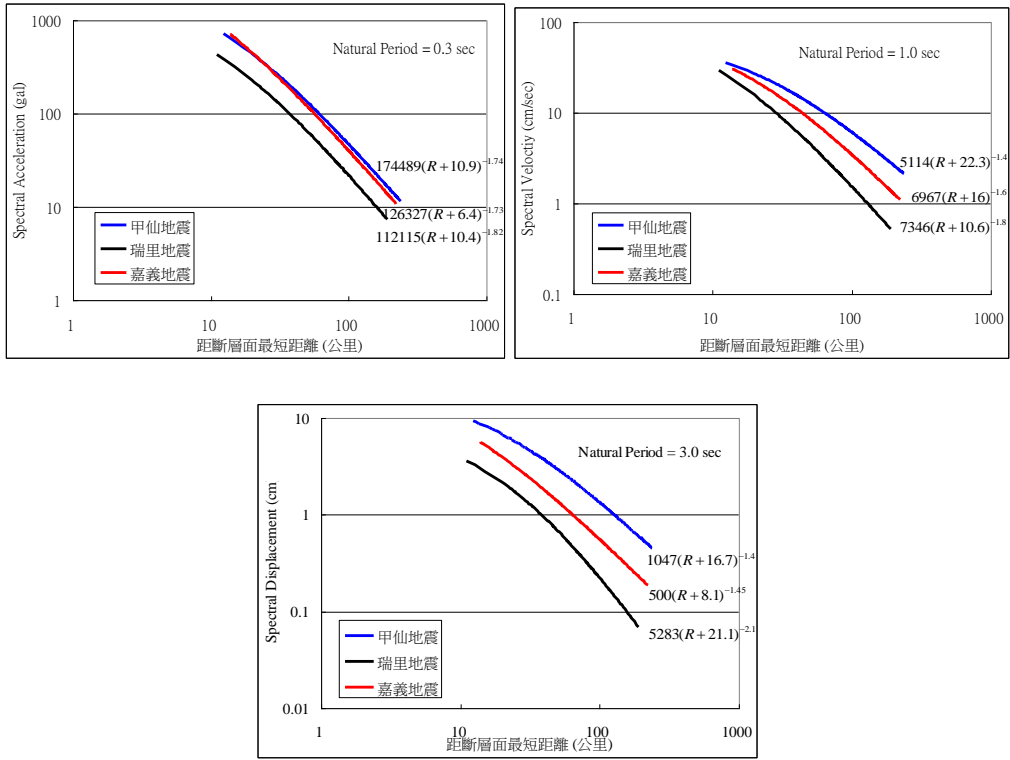
圖十三 甲仙地震震災分布與(左) $SI_v$ ；(右) $SI_d$ 的關係



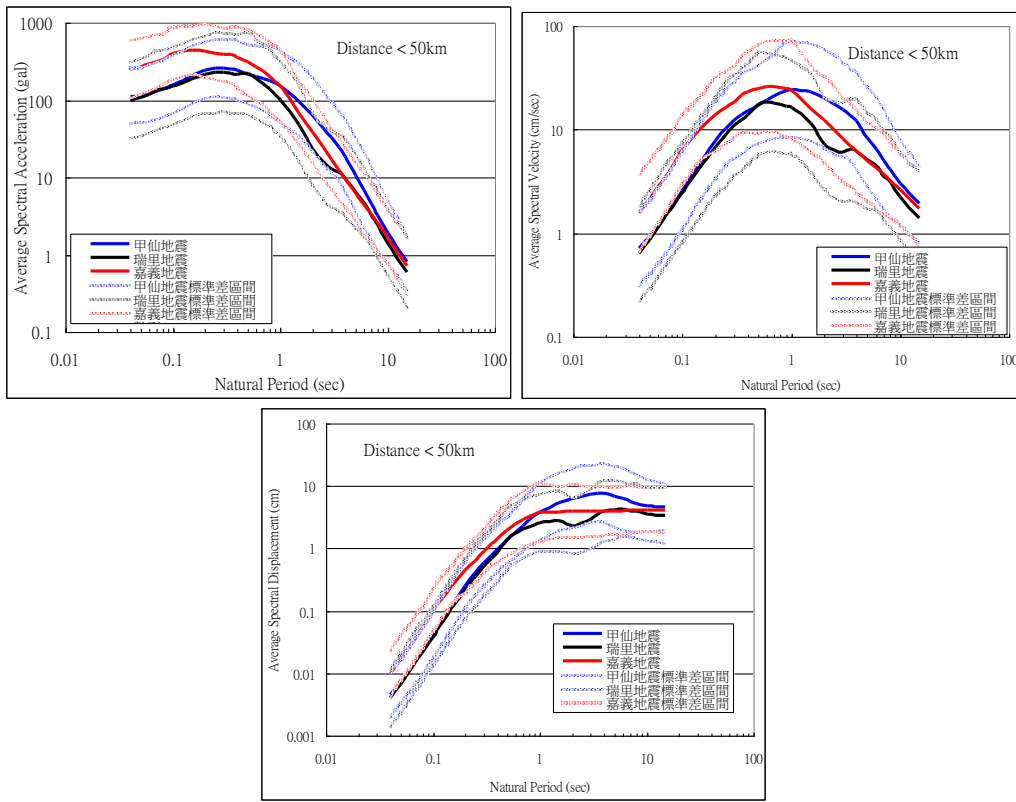
圖十四  $SI_a$  最大值分布與斷層位置比較：(左) 瑞里地震；(右) 嘉義地震



圖十五 瑞里、嘉義、甲仙等地震之  $PGA$ 、 $SI_a$ 、 $SI_v$  與  $SI_d$  的衰減情形



圖十六 瑞里、嘉義、甲仙等地震之的譜加速度、譜速度、和譜位移的衰減情形



圖十七 距離 50km 範圍內測站之平均加速度反應譜、速度反應譜、位移反應譜