

交通部中央氣象局
委託研究計畫(期末)成果報告

台灣地區中度地震致災因素之探討

計畫類別：氣象 海象 地震

計畫編號：MOTC-CWB-100-E-10-

執行期間： 100 年 1 月 1 日至 100 年 12 月 31 日

計畫主持人：葉永田

執行機構：中華民國地球科學學會

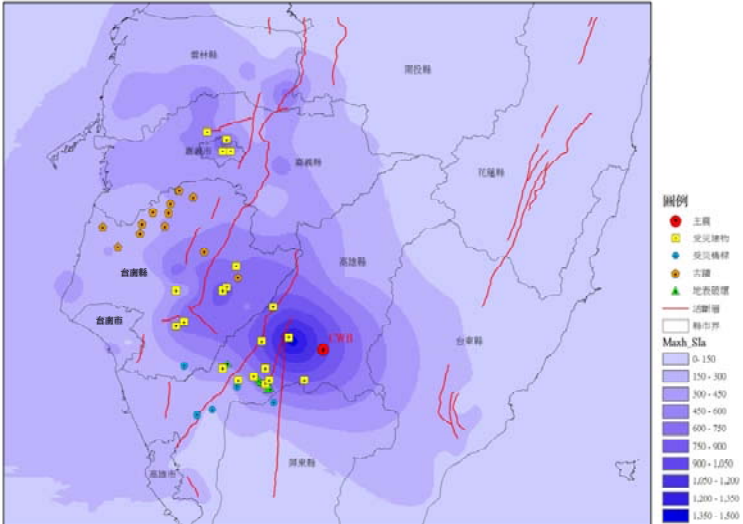
本成果報告包括以下應繳交之附件(或附錄)：

- 赴國外出差或研習心得報告 1 份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告 1 份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各 1 份

中華民國 100 年 11 月 25 日

政府研究計畫(期末)報告摘要資料表

計畫中文名稱	台灣地區中度地震致災因素之探討		
計畫編號	MOTC-CWB-100-E-10-		
主管機關	交通部中央氣象局		
執行機構	中華民國地球科學學會		
年度	100	執行期間	100.1.1~100.12.31
本期經費 (單位：千元)			
執行進度	預定 (%)	實際 (%)	比較 (%)
	100%	100%	100%
經費支用	預定(千元)	實際(千元)	支用率 (%)
	465	465	100%
研究人員	計畫主持人	協同主持人	研究助理
	葉永田		高清雲
報告頁數	24	使用語言	中文
中英文關鍵詞	甲仙地震(Jiasian Earthquake)、強地動(Strong Ground Motion)、譜震度(Spectrum Intensity)、地震災害(Earthquake Disaster)、地理資訊系統(Geographic Information System)		
研究目的	<p>(簡述研究計畫之目的及意義，約 300 字。)</p> <p>本研究擬蒐集台灣地區 1993 之後規模介於 6~7($6 \leq M_L < 7$) 的地震之相關的地震、地物、地質及震災資料並建置 GIS-based 資料庫。此外，從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些中度地震的致災原因，並作一些比較與探討。甲仙地震 ($M_L=6.4$) 具有較為完整的相關研究資料，因而本計畫今年主要是以甲仙地震為研究標的。</p>		
研究成果	<p>(說明研究之具體成果，約 800~1000 字，並附一張圖說明。)</p> <p>本研究以甲仙地震為研究對象，由強地動的分佈與災害分布的關係可知短週期結構破壞與水平向 PGA 及 SI_a 關係密切，中長週期結構破壞與 SI_v 及 SI_d 關係密切，而地質災害則與水平向和垂直向 PGA 關係密切。本研究也探討反應譜及其所對應之時間分布，探討它們與震源錯位之關係。此外，本研究也建置</p>		

	<p>GIS-based 地震資料庫，該系統的功能能夠(1)完整展示臺灣歷史災害地震資料的分佈，包括歷史震源位置、規模、各別地震災害點位分部及災情紀錄。(2)同時顯示歷史地震災害點位分部，及其對應之災害照片，研究者可藉由觀察歷史照片，了解地震發生當時所造成的災害情況。(3)提供歷史地震災害文獻給予研究者作為參考。</p>  <p>圖例</p> <ul style="list-style-type: none"> 主震 次要震動 震後餘震 古蹟 地表裂縫 過斷層 縣市界 <p>Mach SI_a</p> <ul style="list-style-type: none"> 0-150 150-300 300-450 450-600 600-750 750-900 900-1,050 1,050-1,200 1,200-1,350 1,350-1,500 <p>甲仙地震災害分布與兩水平向 SI_a 最大值分布比較</p>
<p>具體落實應用情形</p>	<p>(說明成果之價值與貢獻、技術移轉、應用推廣等情形，約 300 字。)</p> <p>本研究以甲仙地震為研究對象，從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些甲仙地震的致災原因。研究成果可以提供給工程界參考，以減輕地震所造成的災害。此外，本研究研究所建置的 GIS-based 地震資料庫也可提供給地震災害防治相關的研究人員和公務人員查詢，以了解當時的災害情形。</p>
<p>計畫變更說明</p>	<p>(若有)</p>
<p>落後原因</p>	<p>(若有)</p>
<p>檢討與建議 (變更或落後之因應對策)</p>	

台灣地區中度地震致災因素之探討

葉永田 高清雲
嘉南藥理科技大學

陳承俊 高境良
中央氣象局地震測報中心

摘 要

自 1973 年以來台灣地區平均每年約發生 1.6 個規模介於 $6 \sim 7$ ($6 \leq M_L < 7$) 的地震，其中只有小部分造成較嚴重之災害。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（特別是位在台灣島內或近海區域的地震）之致災原因是必須的。本研究擬蒐集台灣地區 1993 之後規模介於 $6 \sim 7$ ($6 \leq M_L < 7$) 的地震之相關的地震、地物、地質及震災資料並建置 GIS-based 資料庫。此外，從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些中度地震的致災原因，並作一些比較與探討。上述相關資料的完備性是決定研究成果良窳的最重要因素，去年（2010/03/04）發生的甲仙地震（ $M_L=6.4$ ； $M_W=6.5$ ）具有較為完整的相關研究資料，因而本計畫今年主要是以甲仙地震為研究標的。

關鍵詞：甲仙地震、強地動、譜震度、地震災害、地理資訊系統

Abstract

There are about 1.6 earthquakes with $6 \leq M_L < 7$ occurred around Taiwan since 1973 and only a few of them caused moderate damage. It reveals the necessity of investigating the cause of damage of medium earthquakes ($6 \leq M_L < 7$), in addition to large earthquake ($M_L \geq 7$) (especially for earthquakes with epicenter in Taiwan Island or in coastal waters). This study intends build GIS-based database of earthquake disaster and to investigate the causes for the earthquake damage from the directions of geology of earthquake source region, focal mechanism and source process, strong motion characteristics, and the geology and man-made environment of suffered area. The completeness of aforementioned earthquake data is the most important factor of research quality. Since the data of Jiasian earthquake ($M_L=6.4$; $M_W=6.5$), occurred on March 4, 2010, are more complete, it is the research object this year.

Key Words : Jiasian Earthquake, Strong Ground Motion, Spectrum Intensity, Earthquake Disaster, Geographic Information System

壹、前言

台灣地區地震觀測的發展過程，依照地震觀測站的建立、地震儀的設置與更新狀況、地震記錄資料的品質，約可分為四個時期：1898-1935 年儀器觀測初期、1936-1972 年儀器觀測中期、1973-1990 年 TTSN 時期、1991 年以後 CWBSN 時期。1973 年之後，由於引進高倍率的測震儀以及遙記式觀測和記錄設備，觀測地震的能力大幅度提升。1993 年之後，原分屬中央研究院地球科學研究所和中央氣象局地震中心的二個遙記式地震觀測系統，經過整合並提升儀器品質以及增設觀測站後，觀測地震的能力再度大幅度提升。中央氣象局地震中心負責運作新的遙記式地震觀測系統（簡稱 CWBSN）並測報地震。同一時期，中央氣象局地震中心進行另一個稱為台灣地區強震觀測計畫（簡稱 TSMIP），這個計畫陸續在全台灣地區（特別市都會地區），設置高動態範圍（High Dynamic Range）的加速度地震儀（或稱強震儀）觀測網，TSMIP 強震觀測網包括自由場（Free Field）強震儀網和結構物強震儀陣列。結合 CWBSN 和 TSMIP 強震觀測網的地震資料，地震和地震工程相關研究學者可以有效的探討和研究地震的致災因素。

自 1900 年以來，台灣地區約有 100 個地震引發不同程度的災害(中央氣象局網站)，其中規模 $M_L \geq 6.0$ 約有 73 個，圖一顯示的是它們的震央分布，表一則是這 73 地震的詳細震源資料和引致的災害情況（鄭世楠等人，2011）。從表一我們可以找到這 73 個地震中，約有 57 個地震至少造成一個以上的人員傷亡，其中災情較嚴重（造成 10 個以上人員傷亡）的地震約有 32 個，這 32 個災害性地震中規模 $M_L \geq 7$ 的僅有 12 個（包括 1906 梅山地震和 1935 新竹-台中地震；這二個地震的規模個人認為應該進一步討論，因此仍然保留它們在 $M_L \geq 7$ 之列），而有 20 個其規模是介於 6~7 ($6 \leq M_L < 7$) 之間，大約 5-6 年發生一次。根據目前的地震目錄(鄭世楠等人，2011)，自 1973 年以來台灣地區每年約發生 1.6 個規模介於 6~7 ($6 \leq M_L < 7$) 的地震，也就是說規模介於 6~7 的地震至少有 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（特別是位在台灣島內或近海區域的地震）之致災原因是必須的。

本研究擬蒐集台灣地區 1993 之後規模介於 6~7 ($6 \leq M_L < 7$) 的地震之相關的地震、地物、地質及震災資料並建置 GIS-based 研究資料庫。並從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些中度地震的致災原因，並作一些比較與探討。上述相關資料的完備性是決定研究成果良窳的最重要因素，去年（2010/03/04）發生的甲仙地震（ $M_L=6.4$ ； $M_w=6.5$ ）具有較為完整的相關研究資料，因而本計畫今年主要是以甲仙地震為研究標的。

貳、方法與資料

譜震度

單自由度(Single Degree of Freedom)的結構物受到地震動的影響時，其位移反應 $x(t)$ 可以寫成下式：

$$x(t) = -\frac{1}{\omega_D} \int_0^t \ddot{x}_g(\tau) e^{-\xi\omega(t-\tau)} \sin \omega_D(t-\tau) d\tau \quad (1)$$

上式中， ω 為結構物的無阻尼自然振動頻率； $\omega_D = \omega\sqrt{1-\xi^2}$ 為結構物的阻尼自然振動頻率； $\ddot{x}_g(t)$ 是地動加速度歷時； ξ 為結構物的阻尼比。一般結構物的阻尼比 ξ 均甚小，若 $\xi < 0.2$ 則 $\omega_D \approx \omega$ ，(1)式可寫成：

$$x(t) = \frac{1}{\omega} v(t) \quad (2)$$

其中，

$$v(t) = -\int_0^t \ddot{x}_g(\tau) e^{-\xi\omega(t-\tau)} \sin \omega_D(t-\tau) d\tau \quad (3)$$

應用上，對於某一特定的結構物（即 ξ 和 ω 固定）， $v(t)$ 的最大值 $S_v(\xi, \omega) = |v(t)|_{\max}$ 被定義為譜速度。若阻尼比 ξ 的值不變，譜速度隨結構物的自然頻率而變。結合不同自然頻率的結構物之譜速度，即可繪成阻尼比為 ξ 時的（結構物）速度反應譜 $S_v(\xi, \omega)$ 。類似的情形，位移反應譜 $S_d(\xi, \omega)$ 和加速度反應譜 $S_a(\xi, \omega)$ 可以分別定義如下：

$$S_d(\xi, \omega) = |x(t)|_{\max} = \frac{1}{\omega} |v(t)|_{\max} = \frac{1}{\omega} S_v(\xi, \omega) \quad (4)$$

$$S_a(\xi, \omega) = \omega S_v(\xi, \omega) \quad (5)$$

Housner(1952)建議，以 0.1 到 2.5 秒間的譜速度積分值

$$SI_H(\xi) = \int_{0.1}^{2.5} S_v(\xi, T) dT \quad (6)$$

來表示地震危害度(Earthquake Hazard)，稱為譜震度(Spectral Intensity)。Housner 的譜震度也可改寫成：

$$\overline{SI}_H(\xi) = \frac{1}{2.4} \int_{0.1}^{2.5} S_v(\xi, T) dT \quad (7)$$

\overline{SI}_H 的意義為週期 0.1 至 2.5 秒間的譜速度平均值，並維持速度的單位。(7)式的積分範圍幾乎涵蓋了全部建築結構物的週期範圍。

Housner(1952)之後，有一些地震工程學者繼續探討不同週期範圍的譜震度及其應用(Hidago and Clough, 1974; Kappos, 1991; Matsumura, 1992; Martinez-Rueda, 1998)。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。Martinez-Rueda(1998)以譜震度與結構物的設計需求韌性比（Displacement Ductility Demand $\mu = \max \text{ displ} / \text{yield displ}$ ）為評估基準，探討前人所提各種譜震度的適用性，並建議一套用於不同 yield period, yield seismic coefficient, post-yield stiffness ratio 組合的譜震度，這個組合的譜震度系統有些複雜，其主要的徵結在譜速度積分上下限的設定。簡文郁等(2002)以台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：

$$\bar{S}(\xi) = \frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} S(\xi, T) dT \quad (8)$$

其中，

$$\begin{aligned} S(\xi, T) &= S_a(\xi, T) && \text{(短週期)加速度控制區} \\ &S_v(\xi, T) && \text{(中週期)速度控制區} \\ &S_d(\xi, T) && \text{(長週期)位移控制區} \end{aligned} \quad (9)$$

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)建議使用下述的方法推求截切週期 T_1 和 T_2 ：由於臺灣地區的建築物大都介於 1 到 56 層之間，其對應的自然周期依序為 0.1 至 3 秒，因此 $T_1(S_a)$ 和 $T_2(S_d)$ 可分別定為 0.1 秒和 3 秒，而 $T_2(S_a)$ 和 $T_1(S_v)$ 共同使用 $T_1(S_v)$ 的值， $T_1(S_a)$ 和 $T_2(S_v)$ 共同使用 $T_1(S_d)$ 的值。每個地震的各測站之強震歷時記錄，可依圖二所示的方法推求 $T_1(S_v)$ 和 $T_1(S_d)$ 的值，而個別地震的 $T_1(S_v)$ 和 $T_1(S_d)$ 的平均值可由下式求得：

$$\bar{T}_1(S_v) = \sum_i T_{1(S_v)_i} / N \quad (10)$$

$$\bar{T}_1(S_d) = \sum_i T_{1(S_d)_i} / N \quad (11)$$

上式中 N 是強震記錄的個數，也就是對應的強震測站個數。如此，平均譜震度參數的定義可以改寫成：

$$SI_a(\xi) = \frac{1}{\bar{T}_1(S_v) - 0.1} \int_{0.1}^{\bar{T}_1(S_v)} S_a(\xi, T) dT \quad \text{(短週期)加速度控制區} \quad (12)$$

$$SI_v(\xi) = \frac{1}{\bar{T}_1(S_d) - \bar{T}_1(S_v)} \int_{\bar{T}_1(S_v)}^{\bar{T}_1(S_d)} S_v(\xi, T) dT \quad \text{(中週期)速度控制區} \quad (13)$$

$$SI_d(\xi) = \frac{1}{3 - \bar{T}_1(S_d)} \int_{\bar{T}_1(S_d)}^3 S_d(\xi, T) dT \quad \text{(長週期)位移控制區} \quad (14)$$

這個方法（以程式計算）的優點是：方便、快速、準確、免除人為主觀因素。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，2011）。由於與譜震度相關的地震波之週期範圍明確，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。

由(3)的算式可知單自由度線性結構物對地震動的反應，類似一個高斯窄頻濾波（Gaussian Narrow Band Filtering）的作用。Alexander(1963)證明經由窄頻濾波後的地震波歷時，其包絡線(envelope)的最大值即為該對應頻率地震波之振幅，對應於最大值的時間即為該對應頻率地震波到達場址的時間。因此，上述的 S_a ， S_v 和 S_d 大致可視為對應頻率地震波之振幅，而其對應的時間亦可視為該對應頻率地震波到達場址的時間。經由檢視不同頻率的 S_a ， S_v 和 S_d 之等值線分佈

圖(Contour of Equal Amplitude) 我們可以研究不同周期的地震波的輻射樣式 (Radiation Pattern) 及其衰減狀況；經由檢視不同頻率的 S_a 、 S_v 和 S_d 之到時等值線分佈圖(Contour of Equal Arrival)，我們可以研究不同週期的地震波可能的波源與其傳播路徑。經由整合性的研究和分析，我們可以推求個別地震不同週期控制區譜震度 (SI_a 、 SI_v 、 SI_d) 可能的波源和輻射樣式以及其傳播路徑和衰減狀況，甚至各測站的場址效應。最後，我們可以比對個別地震的震災分布，並配合個別地震的震源機制和過程與震源位置的區域構造等資料討論地震的致災因素並作一些比較。

GIS-based 地震資料庫

本研究發展與製作一套基於 GIS 的資料庫管理系統，作為儲存、管理、和展示地震活動與地震災害分布資料以及相關的研究文獻之工具，並以西元 1900-2010 年台灣地區芮氏規模 (M_L) 等於和大於 4.0 的地震目錄，以及六個台灣地區的災害地震(包含 1904 年斗六地震、1906 年梅山地震、1935 年新竹台中地震、1999 集集地震、2006 恆春地震、2010 甲仙地震)的災害分布及其相關研究文獻作為系統操作的測試資料。圖三為本研究所建置的 GIS-based 災害地震資料庫架構和研究流程。如圖三所示，本研究使用之研究工具共有三種，分別為「ArcGIS Engine」、「Visual Basic 6」和「Access 2003」。地震資料包括地震目錄和六個災害地震的資料、圖片和研究文獻。

甲仙地震

2010 年 3 月 4 日上午 8 時 18 分，高雄地區發生一起芮氏規模 $M_L=6.4$ 之地震，震央位置在北緯 22.97 度、東經 120.71 度(甲仙地震站東偏南方約 17.0 公里)，震源深度 22.64 公里。該地震事件為高雄地區近年來規模較大的地震，震撼整個台灣，各地都感受到明顯搖晃，嘉義縣大埔地區及台南縣的楠西地區最大震度皆達到六級。依據中央氣象局之統計，在主震發生後 28 小時內，約有 275 次的餘震發生，最大的餘震達到規模 5.7。這次地震造成的人員傷害約 96 人，以及部分建築物、橋樑和地質的破壞，並造成台灣高鐵出軌(中央地質調查所，2010；國家地震工程研究中心，2010)；建物損壞並遠達嘉義市。若非震央地區位於人口及建設較少的偏遠山區，這個地震的震災規模可能大增。

參、結果與討論

甲仙地震譜震度分析

圖四為蒐錄到甲仙地震的強震歷時之測站分佈圖。甲仙地震加速度、速度和位移控制區之範圍分別為 0.1s~0.4s、0.4s~0.85s 和 0.85s~3s，其對應之樓層分別為 1~4 樓、5~10 樓和 11 樓(含)以上。圖五為利用 Google Earth 所建置的災害點位，災害資料包括建築物災害資料(目前所收集到的均為 1~4 樓)、橋樑災害以及地質災害資料。由圖五可以明顯的看到震央位於偏遠山區，而主要震災地區則位於人口及建設較多的西部。圖六~圖十分別為震災資料和兩水平向 PGA 最大值、垂直向 PGA、兩水平向 SI_a 最大值、兩水平向 SI_v 最大值、兩水平向 SI_d 最大值分布比較圖。由這些圖可以看出：一般而言，水平向的強地動比垂直向的強地動對災損有較佳的指示性，低矮建築物破壞與兩水平向 PGA 最大值及兩水平向 SI_a

最大值分布對應較佳(圖六和圖八), 橋梁破壞與兩水平向 SI_v 最大值及兩水平向 SI_d 最大值分布對應較佳(圖九和圖十), 地質災害則和兩水平向 PGA 最大值及垂直向 PGA 分布對應較佳(圖六和圖七)。特別值得一提的是: 古蹟的損壞與 SI_v 的相關性比與 SI_d 好(比較圖八和圖九), 這可能是由於古蹟的建材相對較軟, 使得其固有週期稍長。水平向最大加速度分布圖(圖六)和 SI_v 分布圖(圖九)的樣式相似度很高, 這可能說明了甲仙地震強地動的主要頻率範圍約落在 0.4s~0.85s 間, 也說明了甲仙地震的災損分布, 與水平向最大加速度分布(圖六)及 SI_v 分布(圖九)有幾乎一樣好的對比。

圖十一至十三分別為甲仙地震的主餘震震央分布及可能斷層在地表的投影、甲仙地震斷層滑移量分布在地面上的投影、和甲仙地震斷層滑動過程(Lee et al, 2011)。依據 Lee et al (2011) 的反演結果, 甲仙地震的錯動(slip)始於斷層東南段約 20 公里的深部地殼, 錯動形式為具少許左移的逆斷層(上盤在東北側), 接著, 錯動持續向西北端的淺部傳遞, 且左移分量增大, 最後到達西北端約 5 公里的淺部地殼(圖十三)。他們也說錯動的複雜度是受到震源區域斷層分布的影響(圖十二)。由圖十一至十二可以看到主要餘震的分布與較深部的錯位區相當一致, 而西北端的淺部錯位區則幾乎沒有餘震發生。檢視圖六至圖九的各種強地動參數分布, 我們可以看到斷層對強地動分布的影響非常明顯而且重要, 特別是在多條斷層交錯的區域。因此未來近震源的波形反演, 可能必須加入斷層構造(不連續面), 才能得到較接近事實的結果(雖然這是一個很大的挑戰)。

圖十四為甲仙地震(東西向)自然週期 1.6 秒的 S_d 值及其所對應之到時的分布。比較圖十、圖十二、和圖十四(a), 約略可看出自然週期 1.6 秒的 S_d 值分布, 包含斷層滑移量分布與構造地質的綜合效應。圖十四(b)顯示斷層錯動約從震央附近開始, 其往東南方向傳遞的速度似乎大於往西北方傳遞的速度, 這可能與地下速度構造有關。另外應該提的是甲仙地震在斷層下盤地區引致的災害範圍相對於上盤地區而言頗大, 這點和 921 集集地震有些不同, 主要的原因可能是甲仙地震的錯動斷層為盲斷層, 其斷層錯位沒有到達地表, 而 921 集集地震的車籠埔斷層上盤已錯移地表達數公尺之多, 使得上下盤的錯位有較為尖銳的差異所致(余聰明, 2004)。

GIS-based 地震資料庫

本資料庫共提供五種地震搜尋方式, 分別為漸進式搜尋、中心點搜尋、經緯度搜尋, 及災害地震名稱搜尋, 使用者依照需求採取不同的搜尋方式, 再搭配四種搜尋條件, 包含地震日期範圍、地震深度、地震規模 (ML、MW)、經度範圍及緯度範圍, 利於快速找出需要的地震資料, 利用操作工具的功能, 對搜尋結果進行操作。圖十五為本系統設計的操作界面, 共計 9 大操作環境區: (1.工具、2.操作工具、3.比例顯示、4.災害地震名稱搜尋、5.搜尋條件、6.搜尋、7.圖層資訊區、8.圖面區、9.搜尋資料結果區)。

如圖三所示, 本研究蒐集的地震資料包括地震目錄(鄭世楠, 2011)和六個災害地震(包含 1904 年斗六地震、1906 年梅山地震、1935 年新竹台中地震、1999 集集地震、2006 恆春地震、2010 甲仙地震)的資料、圖片和研究文獻。鄭世楠(2011)首先依不同觀測時期地震資料的精確度、準確度與完整性, 將台灣地區地震觀測分為四個時期: 1898-1935 年儀器觀測初期、1936-1972 年儀器觀測中期、1973-1990 年 TTSN 時期、1991 年以後 CWBSN 時期, 說明各時期的地震觀測儀

器發展，與地震定位方法，並討論相關的地震目錄及其使用的規模尺度與各規模尺度的物理意義和適用範圍。進而比對各個時期的規模尺度，利用規模尺度重疊使用期間的地震記錄，建立不同規模間的轉換式並檢驗其適用性；同時亦去除1973年至1992年TTSN運作期間，24個遠地地震被誤定為台灣地區的地震（其中震央誤差最大者達3000公里），最後建置成一個完整且具一致性規模尺度的地震目錄，表二是該地震目錄的一部分。災害地震照片包含照片拍攝地震的經緯度、圖片說明匯入災害地震照片資料表，斗六地震、梅山地震、新竹台中地震、集集地震、恆春地震由鄭世楠教授提供相關災害照片、災害照片座標、災害照片說明文字；甲仙地震相關災害照片、災害照片說明文字，取自經濟部中央地質調查所針對甲仙地震所作的報告（中央地質調查所，2010）。圖十六為本研究整理鄭教授和經濟部中央地質調查所災害地震照片資料表的一部分。研究文獻則從國立中央圖書館、經濟部中央地質調查所、Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences 取得文獻資料，每一個災害地震分別有 Journal 資料表（圖十七）、Conference 資料表（圖十八）、Report 資料表（圖十九）、Others 資料表（圖二十）四大類，分別將每篇文章的作者、論文名稱、出版年份、刊名、出處等資料匯入本研究資料庫。

肆、結論與建議

本研究以甲仙地震為研究對象，由強地動的分佈與災害分布的關係可知短週期結構破壞與水平向PGA及 SI_a 關係密切，中長週期結構破壞與 SI_v 及 SI_d 關係密切，而地質災害則與水平向和垂直向PGA關係密切。本研究也探討反應譜及其所對應之時間分布，探討它們與震源錯位之關係。此外，本研究也建置GIS-based地震資料庫，該系統的功能能夠(1)完整展示臺灣歷史災害地震資料的分佈，包括歷史震源位置、規模、各別地震災害點位分部及災情紀錄。(2)同時顯示歷史地震災害點位分部，及其對應之災害照片，研究者可藉由觀察歷史照片，了解地震發生當時所造成的災害情況。(3)提供歷史地震災害文獻給予研究者作為參考。

參考文獻

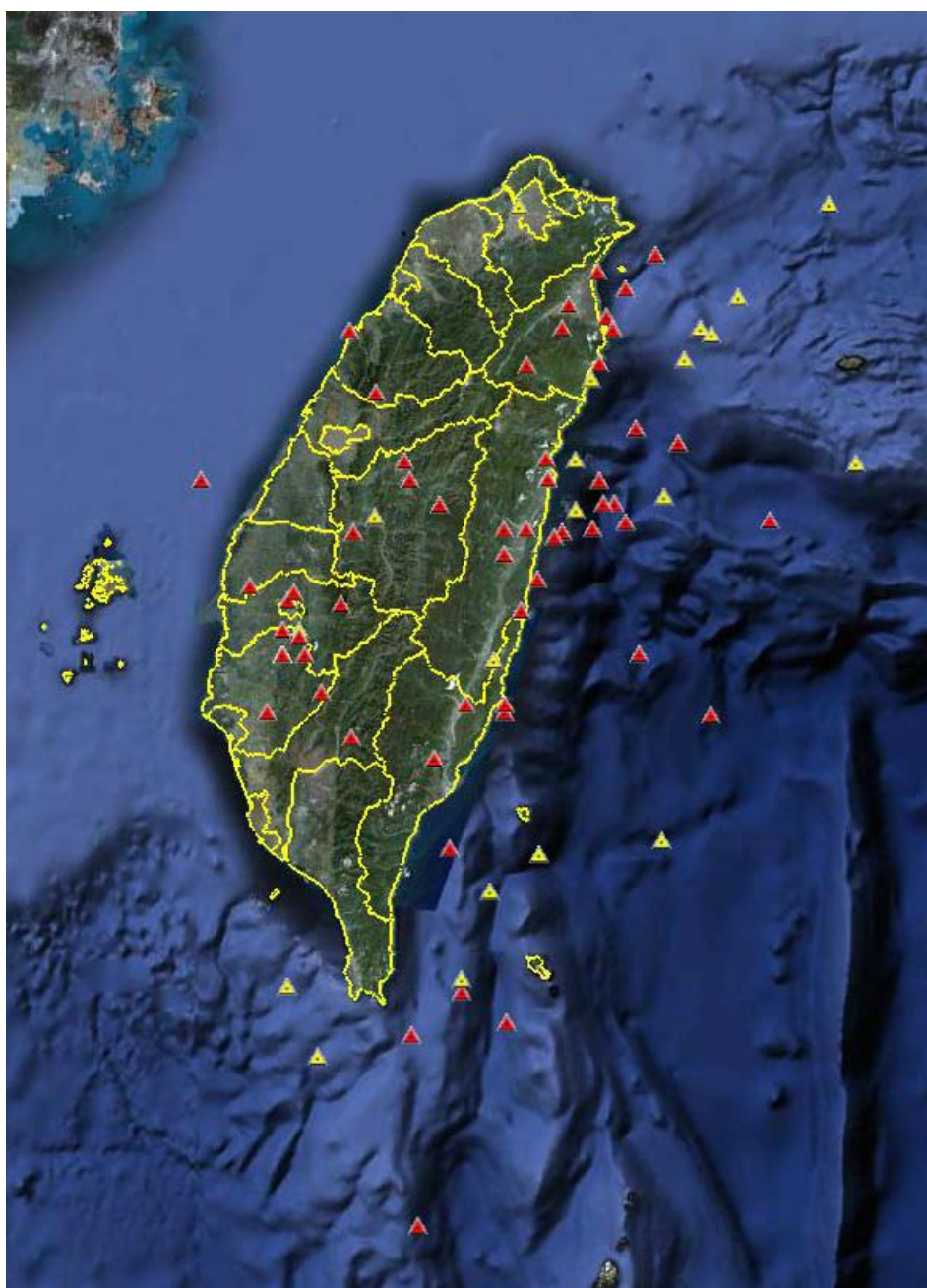
- Alexander, S. S. 1963. Surface Wave Dispersion in the Western United States, Ph.D. Thesis, Cal. Inst. Tech., Pasadena, California.
- Hidalgo. P. and R. W.Clough,1974. Earthquake simulator study of a reinforced concrete frame, Report UCB/EERC-74/13, EERC, University of California, Berkeley.
- Housner, G. W., 1952. Spectrum intensity of strong-motion earthquakes", Proc. Sym. Earthq. Blast Eeff. on Stru., EERI, U.C.L.A..
- Kappos, A. J., 1991. Analytical prediction of the collapse earthquake for R. C. buildings: suggested methodology, *Earthq. Eng. Stru. Dyn.*, 20, 2, 167-176.
- Lee, S. J., Liang, W. T., Mozziconcci, L., Hsu, Y. J., Lu, C. Y., Huang, W. G., and Huang, B. S., 2011. Source complexity of the 4 March 2010 Jiashian, Taiwan, Earthquake determined by joint inversion of teleseismic and near field data, in review.
- Martinez-Rueda, J. E., 1998. Scaling procedure for natural accelerograms based on a system of spectrum intensity scales, *Earthq. Spec.*, 14, 1.
- Matsumura, K., 1992. On the intensity measure of strong motions related to structural failures, *Proceeding of 10 WCEE*, 1, 375-380.
- Nau, J. M. and W. J. Hall, 1984. Scaling methods for earthquake response spectra, *Journal of Structure Engineering*, ASCE, 110, 7, 1533-1548.
- 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。
- 余聰明，2004. 斷層錯動、地殼變位及強地動與地震災害相關性之研究：以 1935 年及 1999 年台灣中部兩次地震為例。國立中央大學博士論文。
- 高清雲和葉永田，2011. 尚未發表。
- 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。
- 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)。
- 鄭世楠等人，2011. 尚未發表。
- 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*，17，3，3-17。

表一、臺灣地區自 1900 以來 $M_L \geq 6.0$ 的有災害地震

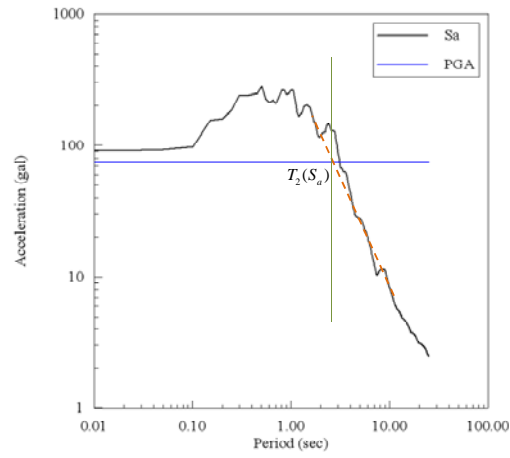
編號	時間	地區	緯度	經度	深度(公里)	M_L	M_W	死(人)	傷(人)	全倒(戶)	破損(戶)
1	190106070805	宜蘭市附近	24.700	121.700	20.0	6.2	6.2			1	57
2	190404241439	嘉義市附近	23.375	120.475	2.0	6.1	6.1	3	10	66	840
3	190411060425	嘉義朴子附近	23.575	120.250	7.0	6.1	6.1	145	158	661	3170
4	190603170642	嘉義梅山附近	23.550	120.450	6.0	6.7	6.9	1258	2385	6772	14218
5	190604140318	台南白河附近	23.400	120.400	20.0	6.4	6.4	15	84	1794	10037
6	190801111135	花蓮光復附近	23.700	121.400	10.0	6.7	6.9	2		3	5
7	190904150354	台北中和市附近	25.100	121.475	72.0	7.0	7.4	9	51	123	1050
8	190905231844	埔里附近	24.075	120.950	5.0	6.1	6.1		6	10	32
9	190912111536	南澳南方	24.400	121.800	20.0	7.0	7.4		4	14	39
10	191004120822	基隆東方外海	25.100	122.900	200.0	7.3	7.8			13	59
11	191006171328	巴士海峽	21.000	121.000	0.0	6.9	7.1				小損害
12	191011141534	花蓮東北東方外海	24.200	122.000	20.0	6.5	6.6				1
13	191212250207	花蓮市附近	24.000	121.600	0.0	6.4	6.4				1
14	191301080650	花蓮市附近	24.000	121.600	0.0	6.2	6.2			2	
15	191608281527	日月潭附近	24.000	120.025	20.0	6.8	7.0	16	159	628	4885
16	191701050050	埔里附近	24.000	120.975	2.0	6.2	6.2	54	85	130	625
17	191803271152	蘇澳東方海上	24.600	121.900	7.0	6.0	6.0		3		6
18	192006051221	花蓮東方外海	23.925	122.125	6.0	7.5	8.0	5	20	273	1257
19	192209020316	蘇澳東方外海	24.575	122.350	20.0	7.2	7.7	11	23	17	196
20	192209150331	蘇澳東方外海	24.600	122.300	10.0	7.0	7.3		5	24	389
21	192506141338	花蓮東方外海	23.900	121.900	20.0	6.1	6.1		1		339
22	192708250209	台南新營附近	23.300	120.500	20.0	6.5	6.6	11	63	214	1209
23	193012081610	台南新營附近	23.300	120.400	20.0	6.3	6.3	4	25	214	449
24	193012220752					6.0	6.0				
	193012220808	台南新營附近	23.300	120.400	10.0	6.1	6.1		14	121	2719
	193012221220					6.2	6.2				
25	193408111618	宜蘭市附近	24.833	121.833	20.0	6.3	6.3		3	7	11
26	193502100320	龜山島東方	24.900	122.100	60.0	6.1	6.1				小損害
27	193504210602	苗栗卓蘭附近	24.350	120.820	5.0	6.9	7.2	3276	12053	17907	36781
28	193507170019	後龍溪口附近	24.600	120.700	30.0	6.0	6.0	44	391	1734	5887
29	193509040937	綠島南方海底	22.500	121.550	20.0	7.0	7.3				114
30	193608221451	恆春東方海底	22.000	121.200	30.0	7.0	7.4		3		
31	193712081632	成功東方海底	23.100	121.400	20.0	6.9	7.1				小損害
32	193809071203	花蓮東南方海底	23.800	121.800	0.0	6.9	7.1				小損害
33	194112170319	嘉義中埔附近	23.400	120.475	12.0	7.0	7.3	358	733	4520	11086
34	194310230001	花蓮壽豐附近	23.800	121.500	5.0	6.0	6.0	1	1	1	148
35	194402060120	花蓮鳳林附近	23.800	121.400	5.0	6.2	6.2			2	388
36	194612050647	台南新化附近	23.070	120.330	5.0	6.1	6.1	74	482	1954	2084
37	195110220534	花蓮東南10公里	23.875	121.725	4.0	7.1	7.5				
	195110221129	花蓮東北15公里	24.075	121.725	1.0	7.0	7.3	68	856	0	2382
	195110221343	花蓮東南30公里	23.825	121.950	18.0	6.9	7.1				
38	195111250247	台東池上附近	23.100	121.225	16.0	6.5	6.6				
	195111250250	花蓮玉里附近	23.275	121.350	36.0	7.0	7.4	17	326	1016	582
39	195504041912	鵝鑾鼻南方海底	21.775	120.975	0.0	6.5	6.6		7	22	171
40	195702240426	花蓮東方海上	23.900	121.850	17.0	6.9	7.2	11	33	64	115
41	195710200229	花蓮鳳林附近	23.600	121.550	15.0	6.3	6.3	4			
42	195904270440	三貂角東方外海	24.725	122.475	135.0	7.2	7.6	1		9	4
43	195908151657	鵝鑾鼻南方	21.825	121.400	20.0	6.9	7.2	17	68	1214	1357
44	195909251036	蘭嶼西方海底	21.950	121.200	10.0	6.1	6.1		3	3	65
45	196302131651	南澳東方海底	24.475	122.225	26.0	7.1	7.3	15	3	6	6
46	196401182004	曾文水庫附近	23.150	120.575	13.0	6.3	6.3	106	650	10520	25818
47	196505180119	蘭嶼東方	22.525	121.150	0.0	6.1	6.9		1	21	70
48	196603130031	花蓮東方海底	24.050	123.000	42.0	7.3	7.7	4	11	24	30
49	197201251006	綠島東方50公里	22.550	122.100	61.0	7.1	7.4				
	197201251141	綠島東北50公里	23.050	122.325	16.0	6.9	7.1	1	1	5	4
50	197204241757	花蓮瑞穗附近	23.475	121.475	0.0	6.7	6.8	5	17	50	98
51	197807232242	大武東方海底	22.352	121.329	6.1	7.1	7.2				小損害
52	197812231923	台東長濱東方	23.297	122.005	4.1	6.9	7.0	2	3	0	2
53	198305100815	宜蘭太平山	24.458	121.507	1.2	6.0	5.7				小損害
54	198601162104	宜蘭東方海底	24.763	121.961	10.2	6.1	6.0				小損害
55	198605201325	花蓮附近	24.082	121.592	15.8	6.1	6.2	1	5		
56	198611150520	花蓮東方海底	23.992	121.833	15.0	6.8	7.4	15	62	35	32
57	199012140350	花蓮水瀨附近	23.766	121.627	1.3	6.0	6.3	2	3	4	11
58	199405241200	花蓮東方外海	23.827	122.603	4.4	6.6	6.5				小損害
59	199406050909	南澳附近	24.462	121.838	5.3	6.5	6.3	1	5		3
60	199506251459	南澳附近	24.606	121.669	39.9	6.5	5.9	2	4	6	1
61	199807171251	阿里山西方14.2公里	23.503	120.663	2.8	6.2	5.7	5		18	
62	199909210147	集集附近	23.853	120.816	8.0	7.3	7.6	2415	11334	51722	53831
63	199910221019	嘉義市附近	23.517	120.423	16.6	6.4	5.8		262	7	
64	200006110223	玉山北方	23.901	121.109	16.2	6.7	6.4	2			
65	200203311452	花蓮東方海底	24.140	122.192	13.8	6.8	7.1	5	269		160
66	200205151146	宜蘭蘇澳附近	24.651	121.872	8.5	6.2	6.1	1			
67	200312101238	台東成功附近	23.067	121.398	17.7	6.4	6.8		14		
68	200604011802	台東卑南附近	22.884	121.081	7.2	6.2	6.1		37	14	7
69	200612262026	墾丁西南方海底	21.687	120.555	44.1	7.0	7.0	2	42	3	4
70	200612262034	墾丁西方海底	21.970	120.420	50.2	7.0	6.9				
71	200911051732	南投民間附近	23.789	120.719	24.1	6.2	5.6		2		
72	200912192102	花蓮東南方海底	23.788	121.663	43.8	6.9	6.4		1		
73	201003040408	甲仙附近	22.970	120.710	22.6	6.4			96		

表二 1900-2010年台灣地區地震目錄儲存範例

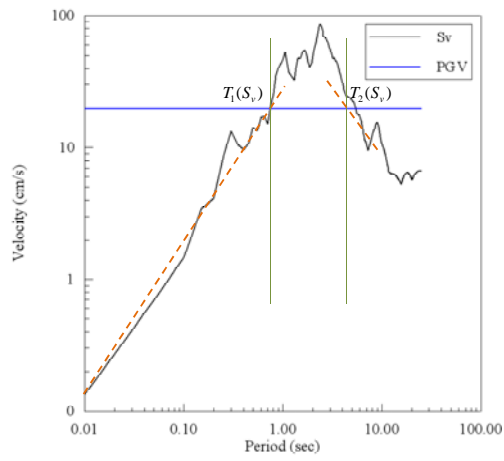
origin time	Lat.	Lon.	Dep.	ML	MW	MH	MD	mb	MS	MS1	MG	MB	MU	MW1	MW2	MW3	MW4	MF	Ref.
1900 5151210	2130.00	12030.00	.0	6.6	6.7	6.8				7.0								4	125CO
1901 6 7 0 5	2442.00	12142.00	20.0	6.2	6.2	6.4				6.0								3	D 1257CLO
190411 52025	2334.50	12015.00	7.0	6.1	6.1	6.3				6.3								3	D 12578CLO
1906 3162242 30.	2334.98	12031.98	15.0	6.7	6.9	7.1			6.8	7.0	7.1	6.9						4	D 12578ABCLOU
1935 42022 1 54.	2421.00	12049.20	5.0	6.9	7.2	7.1			6.8	7.1	7.1	7.1	7.1					3	D 1256ABCIL
1999 9201747	15.85	2351.15	12048.93	8.0	7.3	7.6			6.5	7.7				7.6	7.4			D	3HN
200612261226	21.00	12141.24	12033.32	44.1	7.0	7.0			6.4	7.3				7.0	7.1		6.7	D	3HN
2010 3 4 018 52.14	2258.15	12042.40	22.6	6.4	6.1				6.2	6.2								6.0	D 3N



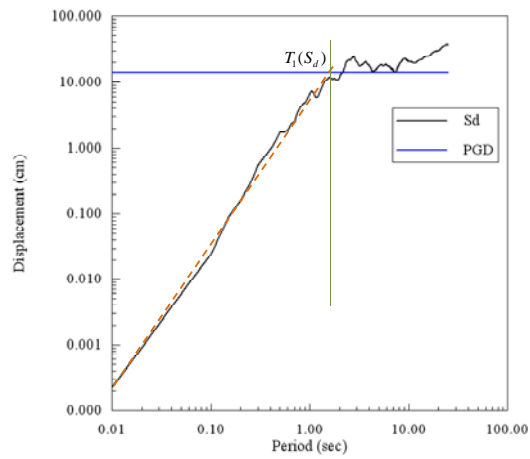
圖一、臺灣地區自 1900 以來 $M_L \geq 6.0$ 的有災害地震震央分布。黃色三角形符號代表 $ML \geq 7$ 的地震，紅色三角形符號代表 $7 > ML \geq 6$ 的地震。



(a)

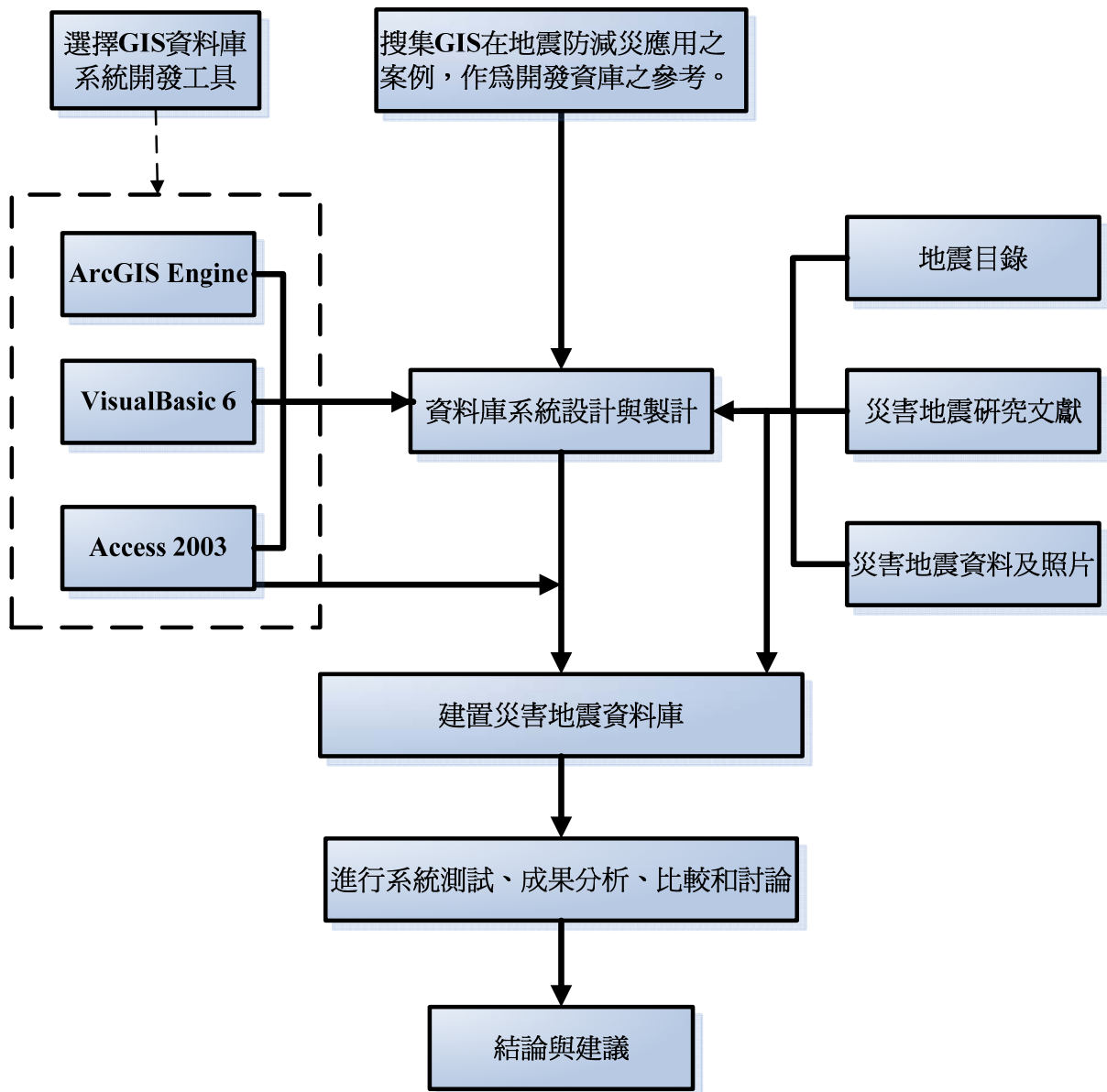


(b)

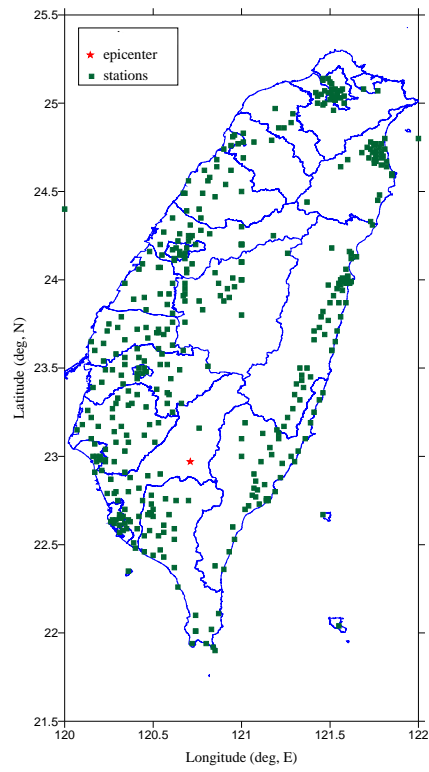


(c)

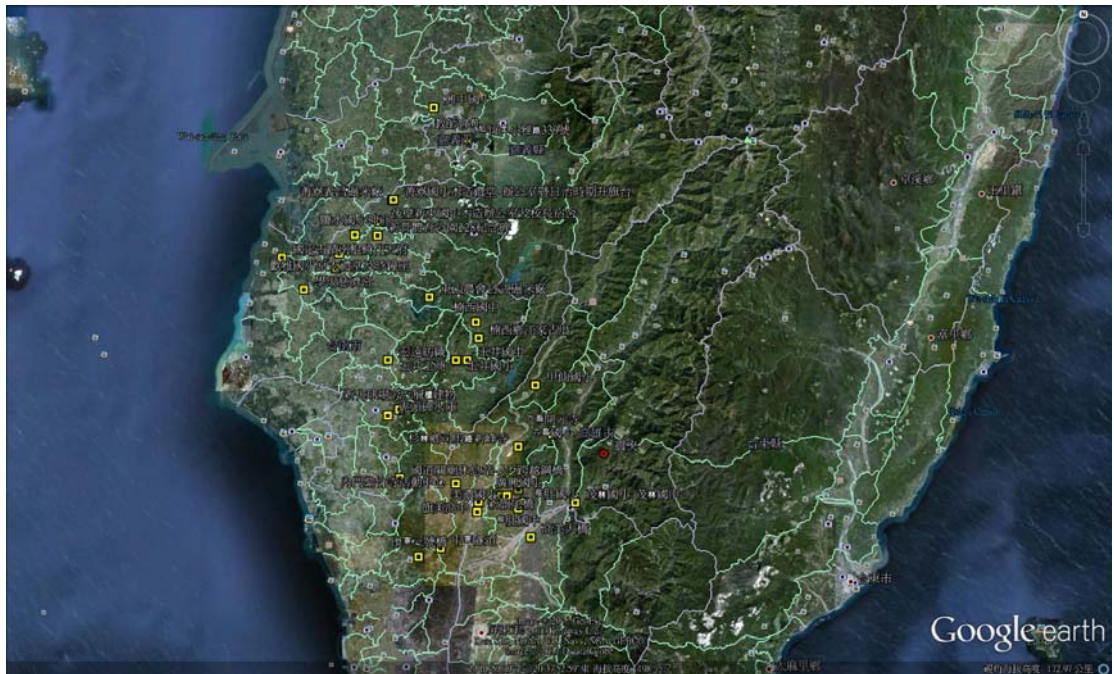
圖二、 截切週期 T_1 和 T_2 的決定方法示意圖 (a) S_a (b) S_v (c) S_d 。



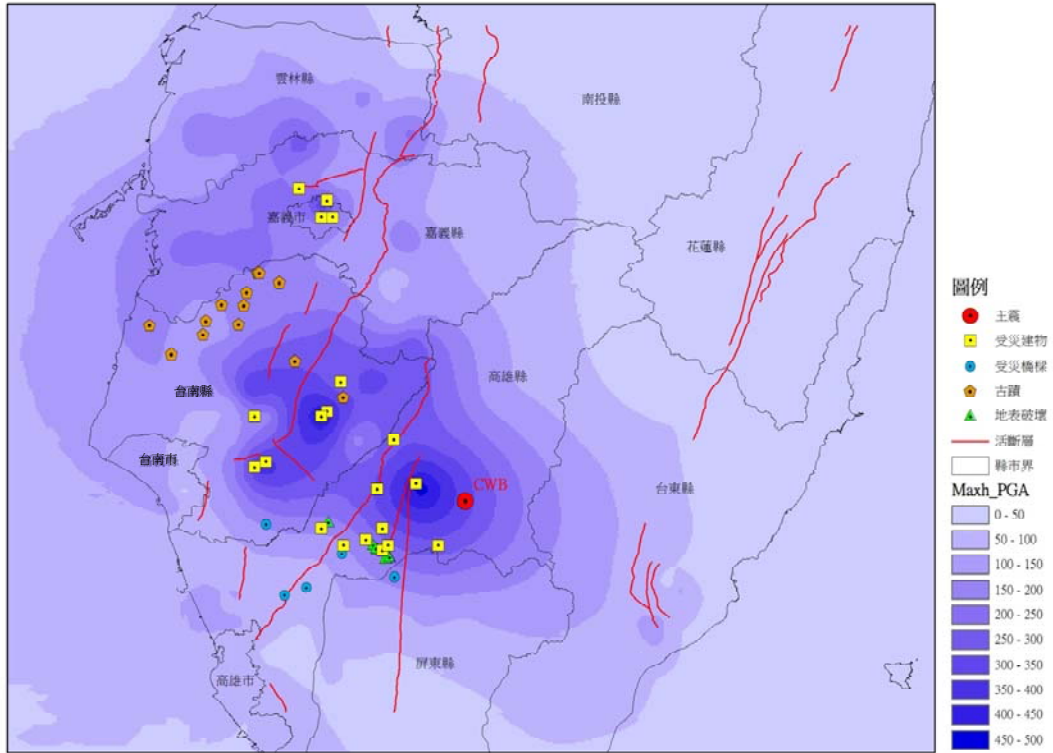
圖三、GIS-based 地震資料庫架構和研究流程圖



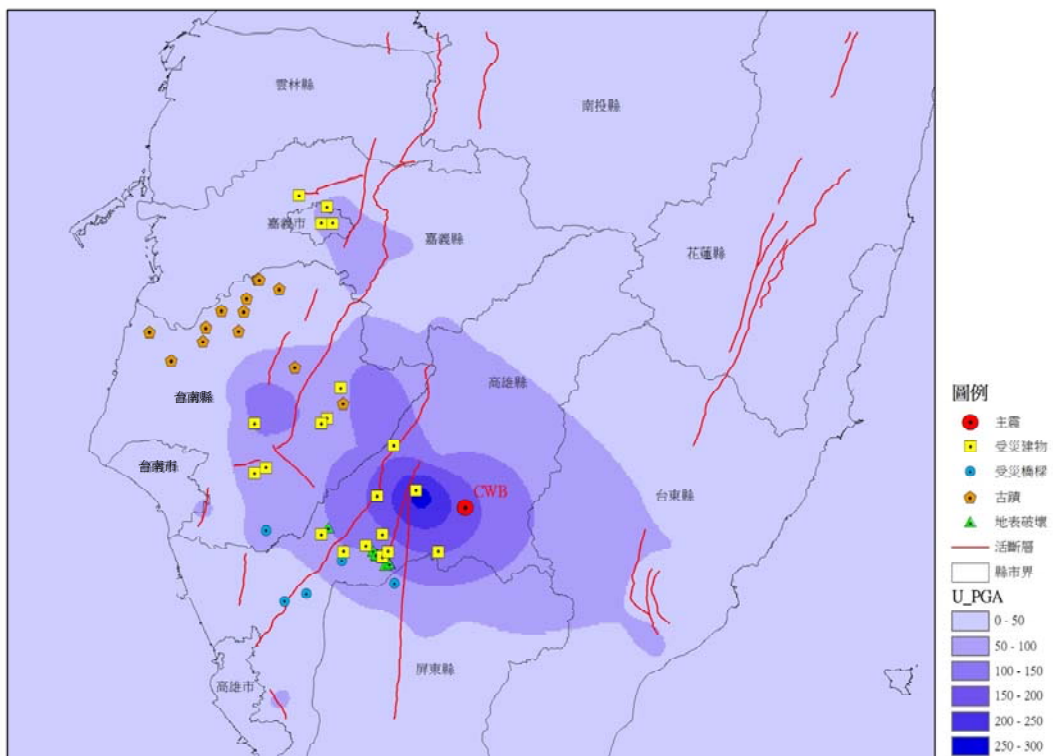
圖四、本研究使用到的甲仙地震強震歷時的測站分布



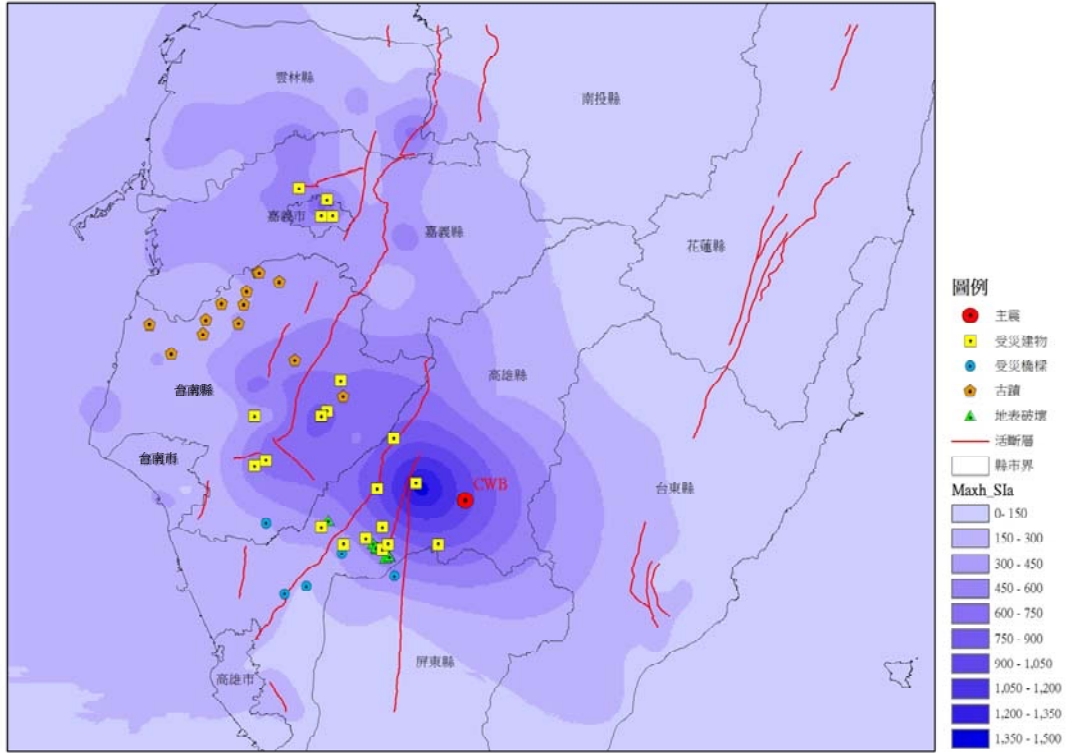
圖五、利用 Google Earth 建置的甲仙地震災害點位圖



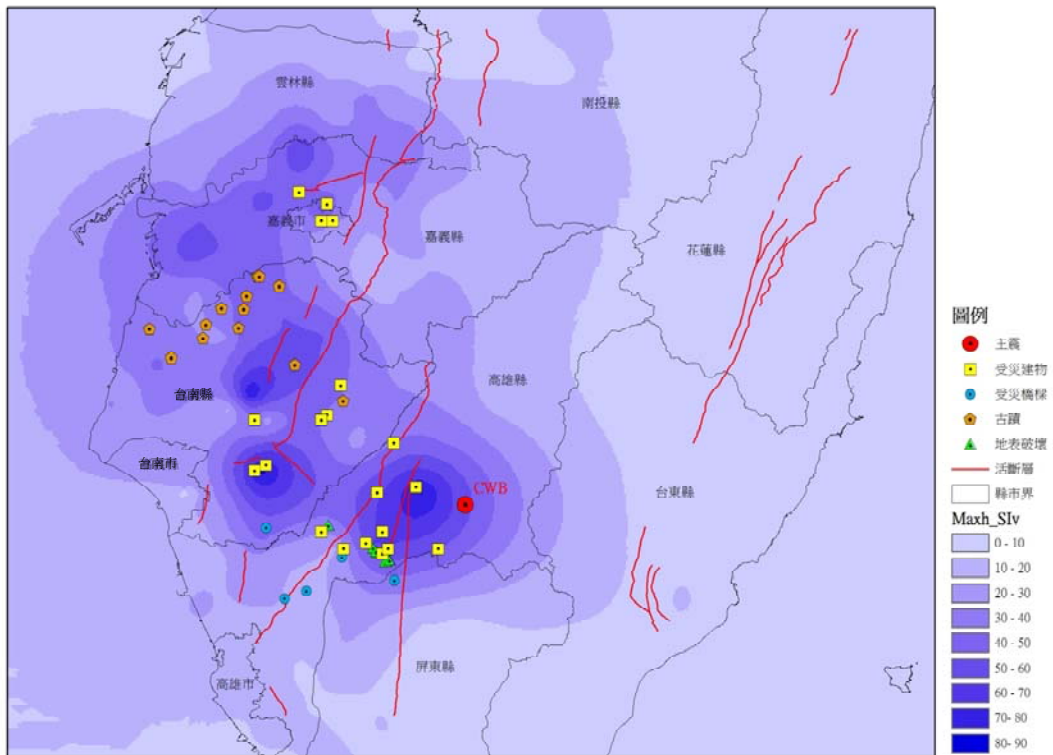
圖六、甲仙地震災害分布與兩水平向 PGA 最大值分布比較



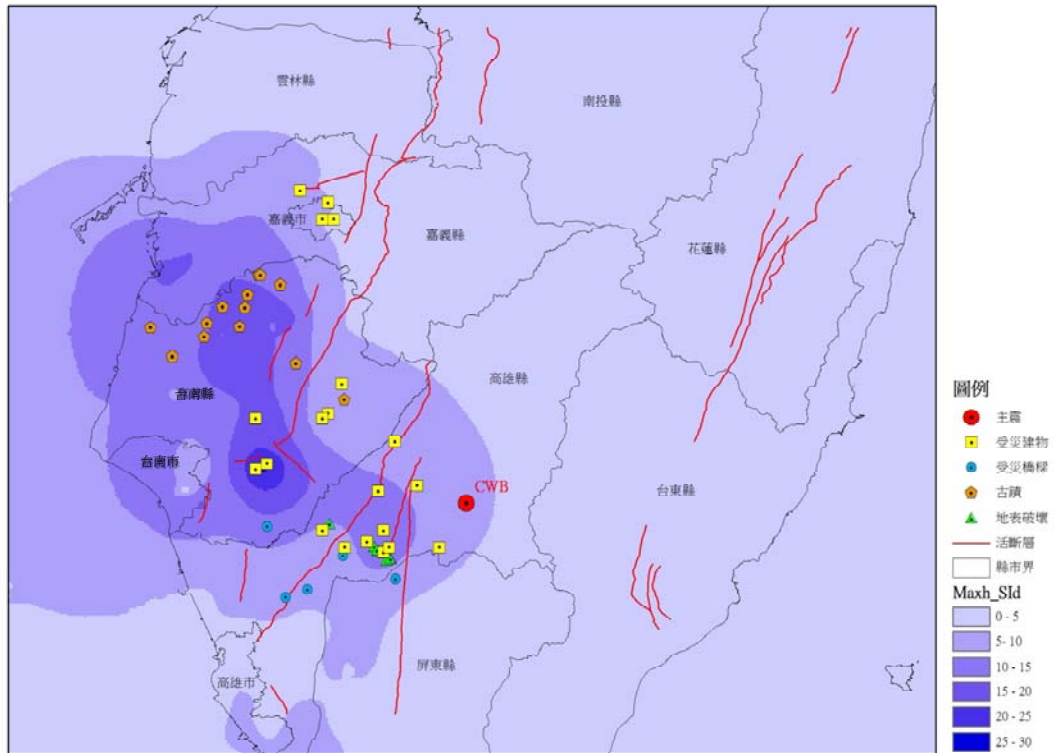
圖七、甲仙地震災害分布與垂直向 PGA 分布比較



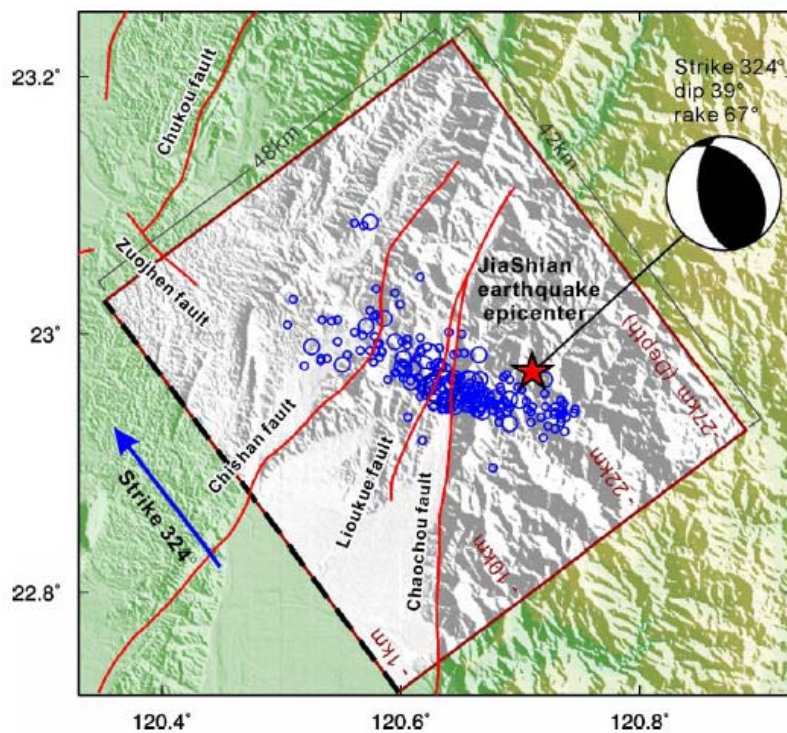
圖八、甲仙地震災害分布與兩水平向 SI_a 最大值分布比較



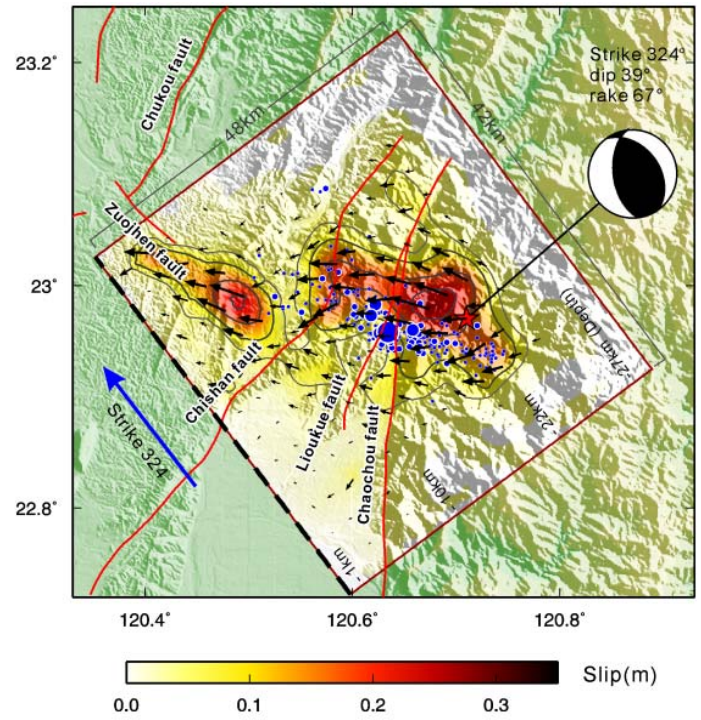
圖九、甲仙地震災害分布與兩水平向 SI_v 最大值分布比較



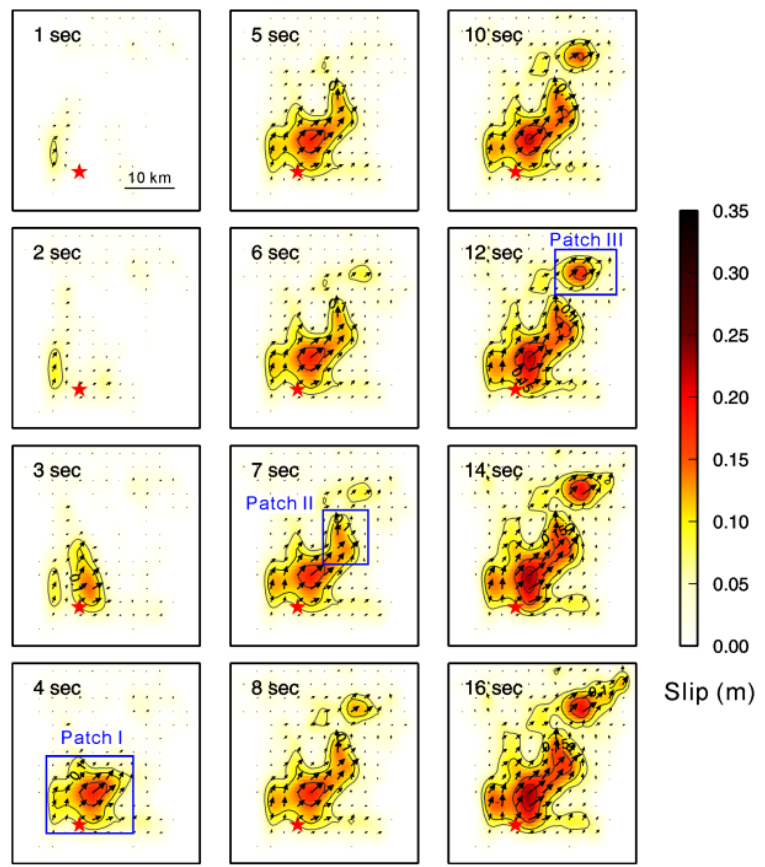
圖十、甲仙地震災害分布與兩水平向 SI_d 最大值分布比較



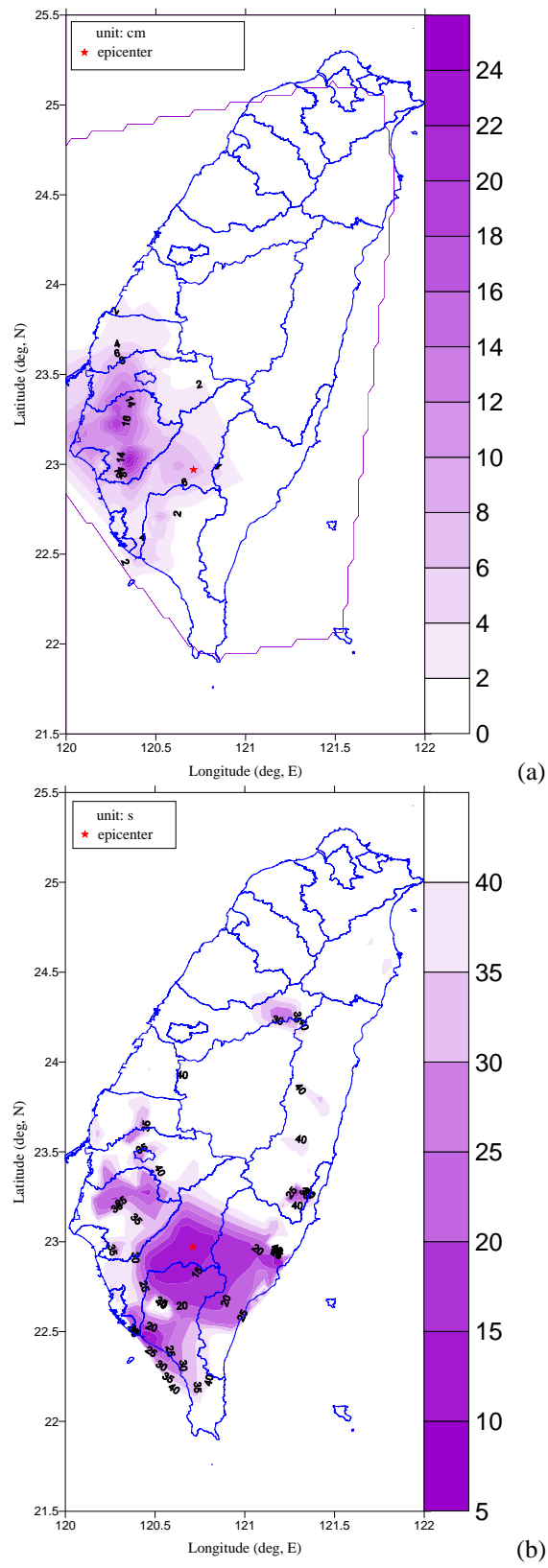
圖十一、甲仙地震的主餘震震央分布及可能斷層在地表的投影(from Lee et al, 2011)



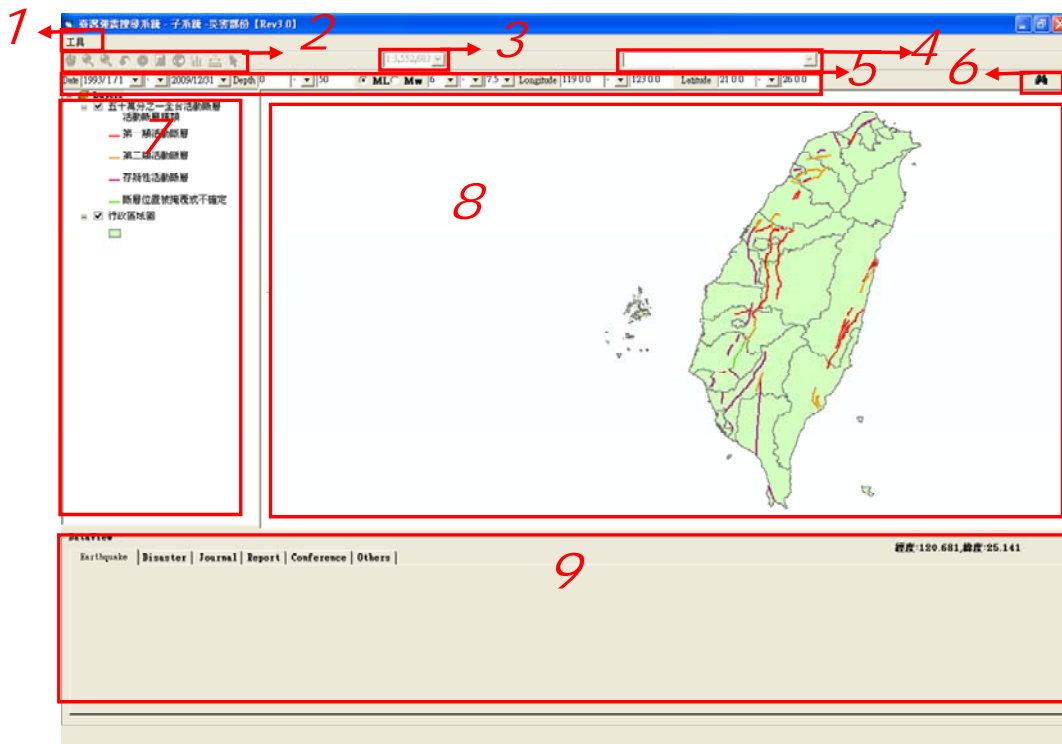
圖十二、甲仙地震斷層滑移量分布在地面上的投影(from Lee et al., 2011)



圖十三、甲仙地震斷層滑動過程(from Lee et al., 2011)



圖十四、甲仙地震(東西向)自然週期=1.6秒 (a) S_d 分佈 (b) S_d 所對應之時間分佈



圖十五、系統操作界面

地震編號	地震名稱	災害圖片	經度	緯度	圖片說明
190411052025	斗六地震	190401	120.341	23.523	嘉義縣新港支廳月眉潭庄稻田中之地面陷落，陷落地呈4尺(約1.2公尺)直徑的圓形
190411052025	斗六地震	190402	120.342	23.558	新港登雲書院東側講堂(土塊與木材混造)，因樑柱折斷導致潰倒。
190411052025	斗六地震	190403	120.338	23.559	新港支廳(相當於今之鄉公所，現為新港警察分駐所)為日本式木造二層樓建築物，
190411052025	梅山地震	190404	120.34	23.559	嘉義縣新港街(嘉義縣新港鄉)東西向主要街道北側民房向東傾斜(向北攝)。
190603162242	梅山地震	190612	120.344	23.524	月眉潭龍眼林內雁形地裂
190603162242	梅山地震	190613	120.323	23.538	蕃薯庄製糖廠火災後情形
190603162242	梅山地震	190614	120.338	23.559	新港震災情形
193504202201	新竹台中地震	193510	120.686	24.296	台中州內埔庄(后里鄉)舊社西方約1公里處的屯子腳地震斷層露頭，製糖會社的鐵
193504202201	新竹台中地震	193511	120.681	24.295	台中州內埔庄(后里鄉)舊社西方三角形稻田中的斷層露頭，斷層走向N72°E，圖中
193504202201	新竹台中地震	193512	120.645	24.28	台中州新庄子西方道路的屯子腳地震斷層露頭，道路被斷層切割成十多段，水平與
199909201747	集集地震	199909	120.759	24.279	埤豐橋落差約5公尺
199909201747	集集地震	199910	120.769	24.281	石岡壩落差約9.8公尺
199909201747	集集地震	199911	120.843	24.299	卓蘭鎮內灣社區地表抬升約4公尺
200612261226	1226恆春地震	2006122616	120.715	21.984	山海國小 - 三樓電腦教室輕鋼架掉落
200612261226	1226恆春地震	2006122651	120.752	21.96	南灣核三廠 - 對面樓房前的馬路地表龜裂
200612261226	1226恆春地震	2006122652	120.752	21.96	南灣核三廠 - 對面樓房前的地表隆起近15公分
200612261226	1226恆春地震	2006122666	120.744	22.008	橋勇國小 - 學校教室一片凌亂
201003040018	甲仙地震	201001	120.585	22.888	高雄縣美濃鎮龍肚里羅家祠堂左廂房前水泥地板受震裂產生約為北20度東走向之
201003040018	甲仙地震	201050	120.33	23.03	台南縣新化鎮虎頭埤壩體之裂隙已伸入水下，實際影響深度已在2公尺以上(壩址
201003040018	甲仙地震	201060	120.35	23.04	台南縣新化高爾夫球場之建築物(現做為停車場與倉庫使用)因地震而坍塌。

圖十六、災害地震照片資料表

地震編號	災害年份(Y/W)	作者	論文名稱	刊名/出處	卷(Vol)	期	頁(No)	部(Pt)	頁數	出版年份	附註
190411052025	19041106	Ssuo, Ruki(Ssuo, R.)	Report On The Taiwan Earthquake	Imperial Earthquake			51		1-40	1905	
190603162242	19060317	Omori, F.	Preliminary note of the Formosa Bull. Imp. Earthq In		1	2			53-69	1907	
190603162242	19060317	畢慶昌	台灣嘉義梅山地震斷層之橫移量	地質	11	2			111-119	1991	
190603162242	19060317	陳華政、石同生、	嘉義中坑南二高開挖剖面梅山斷層地質	地質	22	2			9-14	2003	
190603162242	19060317	盧詩丁、張徽正	簡介地震與活動斷層調查案例-I	地質	18	2			29-51	1998	
190603162242	19060317	彭秋敏、石瑞登、	梅山斷層與其遠部剪切帶構造	經濟部中央地質調			15		85-98	2004	
190603162242	19060317	陳文山、石瑞登、	梅山斷層的構造特性與古地震	經濟部中央地質調			14		149-160	2004	
193504202201	19350421	東京帝國大學地震	地震研究所彙報別冊一昭和10年東京帝國大學地震				3		1-238	1936	
193504202201	19350421	Huang, B. S. and Y.	Source geometry and slip distrib	Tectonophysics, 210					77-90	1992	
199909201747	19990921	陳建良	石岡地區在集集地震震間及震後	經濟部中央地質調					17-18	2008	
199909201747	19990921	林偉雄	集集地震所致地表變形-石岡和	經濟部中央地質調			12		1-17	2000	
199909201747	19990921	李元希、吳維敏、	九二一集集地震地表變形特性	經濟部中央地質調			12		19-40	2000	
199909201747	19990921	李憲忠、馬國鳳	1999年台灣集集地震破裂過程	地球科學集刊			11	3	591-608	2000	
199909201747	19990921	王乾盈、張建良、	1999年台灣集集地震之薄皮逆	地球科學集刊			11	3	609-630	2000	
199909201747	19990921	林偉雄	地質現象的物理模型研究(三)	經濟部八十九年度研						2000	
199909201747	19990921	林偉雄	地質現象的物理模型研究(三)	經濟部八十九年度研						2000	
199909201747	19990921	Taiwan Historica	Experiences on post-disaster recons	921 Earthquake Post 2v			xvi		1-944	2006	
199909201747	19990921	Hwang, H, C K Lin,	Attenuation relations of Arias inten	submitted for Soil D: 24			7		509-517	2003	(SCI)
199909201747	19990921	S N.Cheng, Y T.Yeh	Strong-Motion data reduction for a	International Works					275-282	2000	September 18-20, 2000. Taipei
199909201747	19990921	Yeh, Y. T., L. Y. Che	Microtremor study in southwestem	International Works					182-187	2000	September 18-20, 2000. Taipei
199909201747	19990921	鍾仁光、辛在勤	從一九九九年九月二十一日集集	地球科學集刊			10	4	777-786	1999	
199909201747	19990921	鄭文彬	1999年台灣集集地震震源區三	地球科學集刊			11	3	643-660	2000	
199909201747	19990921	陳洲生、陳建志	1999年台灣集集地震震央地區之	地球科學集刊			11	3	679-688	2000	
199909201747	19990921	陳耀煌、大內徹、	1999年台灣集集地震可能之前	地球科學集刊			11	3	689-700	2000	
199909201747	19990921	林偉雄	地質現象的物理模型研究(二)	經濟部八十九年度						2001	
200612261226	20061226	張嘉祥、林裕鈞、	恆春古鎮1226地震災損經驗與	文化資產保存學刊						2007	
200612261226	20061226	鄭師中、陳榮裕、	2006年屏東雙主震發震構造與	臺灣警察專科學校			4		111-132	2009	
200612261226	20061226	張嘉祥、林裕鈞、	國定古蹟恆春古城1226震害調	文化資產保存學刊						2007	
201003040018	20100304	Hsun-Hua Hsuang, Yi	The Preliminary Study of the 4 Ma	Tectonol, Atmosph			22				
201003040018	20100304	張敏文	2010年0304高雄甲仙地震動災	國研科技			26		102-103		

圖十七、災害地震研究文獻-Journal (摘錄自本研究整理)

地震編號	災害年份	作者	書名篇名論文名稱	出版社刊名出處	號	頁數	出版年份	附註1	附註2	
190411052025	19041106	林修立、陳朝輝	重新定位1904年斗六地震與1906年梅山地震	國立中正大學地震研究所暨應用地		1-57	2005	博碩士論文	碩士論文	
190603162242	19060317	葉永田、鄭世楠	由歷史地震資料探討1906年梅山地震斷層	活動斷層地球物理探勘計畫八十七		1-32	1998	技術報告		
190603162242	19060317	大森房吉	台灣地震調查一斑	震災預防調查會報告	54	1-223	1906	技術報告		
190603162242	19060317	石同生、林啓文、	活動斷層調查報告-梅山斷層	經濟部中央地質調查所施政計畫			2000	技術報告		
190603162242	19060317	余水信	嘉義梅山及臺東縱谷活斷層之監測研究(I)	國科會防災科技研究報告	NSC78-0414-P001-004-B		1989	技術報告	微縮單片	
190603162242	19060317	潘國傑	嘉義梅山地震斷層	國科會防災科技研究報告	NSC73-0414-P076a-005		1985	技術報告	微縮單片	
190603162242	19060317	黃明哲	嘉義梅山地震斷層研究計劃	國科會防災科技研究報告	NSC73-0414-P076a-005a		1985	技術報告	微縮單片	
193504202201	19350421	鄭世楠、張建良、	日據時期台灣地區地震資料之整理(II)	中央研究院地球科學研究所和中央	IESCR-97-04	1-352	1997	技術報告		
193504202201	19350421	早阪一郎	新竹臺中兩州下的大地震	臺灣總督府		1-798	1935	專書		
193504202201	19350421	鄭世楠、葉永田	1935年新竹一台中地震災害資料在地理	交通部中央氣象局	MOTC-CWB-90-E-15		2001	技術報告	(日文)	
193504202201	19350421	鄭世楠	歷史地震災害資料庫在地理資訊系統之	交通部中央氣象局	MOTC-CWB89-2E-14		2000	技術報告	(日文)	
193504202201	19350421	中央氣象台	地震年報-昭和10年,東京	中央氣象台		102	1957	技術報告	(日文)	
193504202201	19350421	中央氣象台	驗震時報(新竹。台中兩州烈震報告)	中央氣象台		9-1	63	1935	技術報告	(日文)
193504202201	19350421	徐明同	台灣地區1900-1935年間地震規模之推	中興工程科技研究發展基金會	SPRDEST R-89-BQ-01-1		1989	技術報告		
193504202201	19350421	台北觀測所	昭和10年4月21日新竹一台中烈震	台北觀測所		1-160	1936	專書		
193504202201	19350421	鄭世楠、張建良、	日據時期台灣地區地震資料之整理(I)	中央研究院地球科學研究所和中央	IESCR-97-03	1-798	1997	技術報告		
199909201747	19990921	王錦華、王乾盈、	九二一集集大地震	行政院國家科學委員會		1-593	2005	專書		
199909201747	19990921	鄭世楠、葉永田、	九二一集集大地震強餘震強地震資料處理	國家地震工程研究中心技術報告			2000	技術報告		
199909201747	19990921	李元希、盧詩丁、	集集地震地表破裂特性	經濟部中央地質調查所年報		14-16	2002	技術報告	九十年	
199909201747	19990921	林偉雄	集集地震前後震源時空分布的碎形分析	經濟部中央地質調查所年報		55-56	2002	技術報告	九十年	
199909201747	19990921	侯進雄	九二一地震地表位移及斷層破裂線位置	經濟部中央地質調查所年報		124-129	2001	技術報告	八十八年	
199909201747	19990921	經濟部中央地質調	九二一地震地質調查報告	經濟部中央地質調查所			2000	技術報告		
200612261226	20061226	林啓文、陳文山、	恆春斷層	經濟部中央地質調查所		149-164	2009	技術報告		
200612261226	20061226	劉光曼	恆春地震動災報告	國家地震工程研究中心		7-8	2007	技術報告		
200612261226	20061226	台灣省結構工程技	1226恆春地震專刊	台灣省結構工程技師公會、高雄市			2007	技術報告		
200612261226	20061226	國家災害防救科技	95年恆春地震初步評估報告	國家災害防救科技中心、國家地震			2006	技術報告		
200612261226	20061226	林凡 equal	2006恆春1226地震事件動災報告	國家地震工程研究中心	NCREE-07-001		2007	技術報告		
201003040018	20100304	經濟部中央地質調	20100304 地震地質調查報告	經濟部中央地質調查所			2010	技術報告		
201003040018	20100304	賴文基	地震引發地下水位變化機制之研究	國立成功大學資源工程學系			2010	博碩士論文	碩士論文	
201003040018	20100304	張世杰	甲仙地震引發之液化潛能及液化沉陷量測	逢甲大學土木工程			2010	博碩士論文	碩士論文	
201003040018	20100304	王資琦	應用地下水氣及二氧化碳觀測地震前兆	國立成功大學資源工程學系			2010	博碩士論文	碩士論文	

圖十八、災害地震研究文獻-Report (摘錄自本研究整理)

地震編號	災害年份(TW)	作者	論文名稱	刊名/出處	頁數	出版年份	附註
190411052025	19041106	葉永田、鄭世楠	1904年嘉南地區二	中國地球物理學會成果發表會論文集	85-89	1997	
190603162242	19060317	鄭世楠、葉永田	1906年梅山地震	中國地質學會87年學術研討會	225-226	1998	
190603162242	19060317	謝昭輝、柯志明	梅山斷層之震波	第二屆台灣地區地球物理研討會	156-164	1988	
190603162242	19060317	陳光榮、葉義雄	梅山斷層向西延	第二屆台灣地區地球物理研討會	258-266	1988	
190603162242	19060317	Yeh, Y. T., S. N. Ch	The study of March 1998	Western Pacific Geophysics Meeting, 1		1998	
190603162242	19060317	謝昭輝、鄭廣德	嘉義地區梅山斷	中國地質學會年會	74	1988	
193504202201	19350421	林燈河、葉永田	1935年新竹一	中國地質學會年會		1987	
193504202201	19350421	徐明同	1935年以前之台	一九三五年新竹一台中大地震五十周年	1-10	1985	
193504202201	19350421	林玉偉、陳子高	1935年新竹臺中	九十三年度中國地質學會年會暨學術	22	2004	
199909201747	19990921	施怡秀、李元希	由地籍資料分析	中國地質學會九十四年年會暨學術研討	323	2005	論文摘要
199909201747	19990921	鄭錫桐、林彥亨	崩塌地之衛星影	中國地質學會九十四年年會暨學術研討	290	2005	論文摘要
199909201747	19990921	李錫堤、鄭錫桐	集集地震對煤率	臺灣之活動斷層與地震災害研討會	135-142	2002	
199909201747	19990921	吳秋雅、詹瑜瑾	利用多期數值高	中國地質學會九十四年年會暨學術研討	336	2005	論文摘要
199909201747	19990921	汪中和、王其允	濁水溪沖積扇地	水文地質調查與應用研討會論文集	72-84	2003	
199909201747	19990921	吳健富、葉永田	集集地震應力場	第八屆台灣地區地球物理研討會論文集		2000	
199909201747	19990921	李錫庭、林朝宗	921集集大地震	九二一集集大地震地質研討會手冊	6	1999	
199909201747	19990921	吳昆哲、李元希	由地籍資料分析	中國地質學會九十四年年會暨學術研討	324	2005	論文摘要
199909201747	19990921	林慶偉	集集地震對崩塌	中國地質學會九十四年年會暨學術研討	88	2003	論文摘要
199909201747	19990921	詹忠翰、馬國鳳	集集地震與大型	中國地質學會九十四年年會暨學術研討	94	2003	論文摘要
199909201747	19990921	汪中和、郭欽慧	濁水溪沖積扇地	中國地質學會九十四年年會暨學術研討	125	2003	論文摘要
199909201747	19990921	劉兆玄	Review and Reflec	Abstracts of International Conference in Cor 1		2004	
199909201747	19990921	Jeen-Hwa Wang	The 1999 Ms7.6 C	Conference in Commemoration of 10th Anni 12-21		2009	
199909201747	19990921	Francis Wu,Hao Ki	Tectonics of Taiwan	Conference in Commemoration of 10th Anni 60-69		2009	
199909201747	19990921	Yih-Min Wu,Ling	Seismicity Changes	Conference in Commemoration of 10th Anni 84-86		2009	
199909201747	19990921	Shuan-Jong Lee	Numerical Simulati	Conference in Commemoration of 10th Anni 91-93		2009	
199909201747	19990921	Chin-Tung Cheng	Improving Taiwan	Conference in Commemoration of 10th Anni 96-114		2009	
199909201747	19990921	鄭世楠、葉永田	台灣歷史災害地	921震災與社會文化重建研討會		2009	9月,台北
199909201747	19990921	邱耀晉、鄭錫桐	集集地震後山崩	中國地質學會九十五年年會暨學術研討	137	2006	論文摘要
199909201747	19990921	唐昭榮、鄭錫桐	臺灣集集地震後	中國地質學會九十五年年會暨學術研討	139	2006	論文摘要
200612261226	20061226	林偉雄、陳柏村	2006年12月26日	2007臺灣地球科學聯合學術研討會論文		2007	

圖十九、災害地震研究文獻-Conference (摘錄自本研究整理)

地震編號	災害年份(TW)	作者	書名	出版社	頁數	出版年份	附註
190411052025	19041106	臺灣總督府臨時臺灣土地調查	1904・臺灣(臺灣)一九〇四年(明治三十七年)調查	遠流出版公司		1996	
190411052025	19041106	台灣日日新報社	南部台灣震災殉難	台灣日日新報社		1906	日文
190603162242	19060317	台灣總督府民政部總務局	嘉義地方震災誌	台灣總督府民政部總務局	1-428	1907	日文
190603162242	19060317	經濟部中央地質調查所	梅山斷層	經濟部中央地質調查所		2007	圖片
190603162242	19060317	聯勤四〇一廠繪	中華民國臺灣地區二萬五千分之一地形圖(地圖)梅山(高雄縣)	聯勤四〇一廠		1986	圖號 95194-SW
190603162242	19060317	聯合勤務總司令部測量署	中華民國臺灣地區地形圖(地圖)梅山	聯合勤務總司令部測量署		1986	圖號 95194-SW
190603162242	19060317	臺灣省林務局農林航空測量隊繪製	中華民國臺灣地區像片基本圖(地圖)梅山	臺北市 臺灣省林務局		1981	比例尺 1:5,000
190603162242	19060317	臺灣省林務局農林航空測量所	中華民國臺灣地區像片基本圖(地圖)梅山(嘉義縣)	臺北市 臺灣省林務局		1981	比例尺 1:5,000
190603162242	19060317	時代航空測量公司測圖	中華民國臺灣地區像片基本圖(地圖)梅山(嘉義縣)	臺北市 內政部		1999	比例尺 1:5,000
193504202201	19350421	台灣新聞社	昭和10年台灣大震災紀念畫報	台灣新聞社	1-72	1935	日文
199909201747	19990921	余慶輝、林松雄、黃雲靜、饒瑞鈞	921集集地震空照影像圖集	1999中國地球物理學會成果發表會集集		1999	
199909201747	19990921	聯合報	百年首見強震猛襲全台 近千人死 規模7.3 已知逾四千人受傷	聯合報; 186(臺灣)1999-09-22		1999	
199909201747	19990921	李金甫	集集大震 威力兩倍於神戶地震	聯合報; 1999-09-22(1)66(集集大震特別刊		1999	
199909201747	19990921	李金甫	九二一災後探討系列(2) 找出臺灣活斷層確實位置=工程開挖 別	聯合報; 1999-09-28		1999	
199909201747	19990921	黃奇瑜、經濟部中央地質調查所	九二一集集地震國際研討會野外地質旅行手冊	大河的故鄉; 4		1999	
199909201747	19990921	胡維康	虛擬地球科學教室：以九二一集集地震為例	教育部臺灣省中等學校教師研習會		2001	
199909201747	19990921	蕭江華	辦理中日防災合作研究計畫：臺灣集集地震與日本阪神地震之	內政部建築研究所		2003	
201003040018	20100304	邱夢勳、黃明偉、蘇文瑞、葉家承	20100304 甲山地震分析評估摘要	國家災害防救科技中心	1-7	2010	災害防救電子雜誌

圖二十、災害地震研究文獻-Others (摘錄自本研究整理)