

國家地震工程研究中心
NATIONAL CENTER FOR RESEARCH ON
EARTHQUAKE ENGINEERING

2013 年 0602 南投地震事件
勘災報告

報告編號：NCREE-13-025

中華民國 102 年 12 月

2013 年 0602 南投地震事件勘災報告
Reconnaissance Report on the June 2, 2013 Nantou Earthquake

國家地震工程研究中心

勘災人員與報告撰寫人員 (依照姓名筆劃排序)：

王仁佐 沈文成 宋嘉誠 吳安傑 吳俊霖 林凡茹 林哲民 林瑞良
林震宇 邱俊翔 邱聰智 柯永彥 翁樸文 郭俊翔 陳世良 張毓文
曾建創 黃謝恭 黃瀚緯 蔣佳憶 賴姿妤 蕭輔沛

勘災報告審訂人員 (依照姓名筆劃排序)：

吳俊霖 葉芳耀 簡文郁 柴駿甫 劉季宇 鍾立來

協助勘災人員：

國立雲林科技大學李宏仁教授

中華民國一〇二年十二月
December 2013

摘要

民國 102 年 6 月 2 日下午 1 時 43 分 3.2 秒，臺灣地區於南投縣魚池鄉發生一起芮氏規模 M_L 6.5 之地震，震央位置在北緯 23.86 度、東經 120.97 度(南投縣政府東方約 29.3 公里處)，震源深度 14.5 公里。根據中央氣象局之等震度與最大地表加速度分布圖，台灣全島皆為震度有感地區，根據完整的測站強地動波形圖顯示：量測最大的地表加速度值位於杉林溪的 TCU167 測站，其東西向地表加速度峰值達 681 cm/s^2 (震央距約 31 公里)，屬 7 級震度 (即 PGA 達 400gal 以上)。震度 5 級地區包括：南投、台中、彰化、嘉義、台南；震度 4 級包括：花蓮、苗栗、台東等地區；震度 3 級包括：宜蘭、高雄、新竹、桃園、新北、台北、屏東、澎湖等地區；震度 2 級則包括基隆等地區。震源破裂為近乎南北走向的逆衝斷層型態，由中央氣象局之地震矩張量 (Centroid Moment Tensor, CMT) 解顯示：斷層面解為走向 (Strike) 2 度、傾角 (Dip) 22 度、滑移角 (Slip 或稱 Rake) 83 度，是接近正南北走向，向東傾之破裂面。

地震發生後，「台灣地震損失評估系統 (Taiwan Earthquake Loss Estimation System, TELES)」立即自動啟動，進行第一階段的災損早期評估，因評估結果符合本中心地震災害應變作業手冊所規定震後「警戒階段」之動員條件，故隨即啟動本中心內部之震後應變程序，通知地震緊急應變作業小組各工作人員，依據所屬任務編派完成各項指派工作。

本次應變除了緊急動員進行地震歷時繪製、反應譜分析以及綜整震源參數進行震後各階段之災情評估並啟動協力機制外，也陸續派遣本中心勘災人員前往南投、雲林、台中、嘉義與苗栗等地區，分別針對校舍、公有建物與街屋民宅等建築結構、學校圖書館及醫院之非結構物進行勘災，實際勘查校舍、建物結構與非結構物之損傷狀況，以利彙整地震資訊與災情。綜整本次建物災損狀況主要有：建物位於伸縮縫處兩側互相碰撞導致損傷、外牆磁磚石材龜裂或掉落、建物粉刷層剝落、混凝土牆開裂、梯間磚牆或隔間磚牆開裂、梁柱與磚牆交界面出現裂縫、鄰棟棟距不足導致互相

碰撞損傷、短柱產生剪力裂縫、臨街式店舖街屋與街道平行的隔間牆大多出現剪力裂縫。而非結構災損狀況主要為：輕鋼架天花板因擠壓而發生破壞或掉落、櫥櫃因無抗震扣件固定而發生傾倒、超高壓開閉所避雷器及比壓器損壞、超高壓開閉所高空匯流排夾具斷裂破壞、空調系統壓縮機彈簧避振器之錨錠處受損、不鏽鋼水塔受損、消防及水管管線破損漏水、地面磁磚擠壓破裂等。自 0602 南投仁愛地震發生後，台電人員已將部分避雷器與比壓器相連之導管配置，改為避雷器與比壓器各自以導線與鋁管連接，有效降低強震下兩者相互作用所造成的損壞。唯本次地震引發南投、嘉義山區多處落石及坍方，造成 5 人死亡。

關鍵詞：0602 南投地震、緊急應變、地震災損、現地勘災

ABSTRACT

On June 2, 2013 at 13:43:3.2 local time (05:43:3.2 UTC), an M_L 6.5 earthquake occurred in the mountainous area of Nantou County in central Taiwan. According to the report from the Central Weather Bureau (CWB), the epicenter of the mainshock was located at 120.97 °E and 23.86 °N, about 29.3 km east of Nantou County Government building. The focal depth was originally determined to be 10 km, but was revised down to 14.5 km. This earthquake was felt all over the island of Taiwan. According to the preliminary earthquake report from CWB, the real-time strong ground motion station CHN5 located at Caoling (草嶺), Yunlin County, with an epicentral distance of 42 km had the largest PGA of 267 gal in the east–west direction. The ground shaking level was CWB-defined Intensity VI (PGA 250–400 gal) at this station. However, after the recordings from all the free-field strong motion stations in Taiwan became available, station TCU167 located in the Sun Link Sea (杉林溪) region with an epicentral distance of 31 km recorded the strongest peak ground acceleration of 681 gal in the east–west direction, reaching CWB-defined Intensity VII (PGA 400 gal and above). The focal mechanisms calculated from institutes in Taiwan and in the US are very similar. This report used the P-wave first motion solution from the CWB. According to the distribution of aftershocks and the tectonic settings near the hypocenter, we are convinced that the strike angle of the real fault plane solution is 2°, with a dip angle of 22° to the east, and slipped along a rake angle of 83°, which is very similar to the earthquake on March 27 (0327). More than 1000 aftershocks were observed after the mainshock, but the largest magnitude of these was only M_L 4.4 at almost the same epicenter of the mainshock. The aftershock distribution pattern is approximately parallel to the strike.

The Early Seismic Loss Estimation (ESLE) module of Taiwan Earthquake Loss Estimation System (TELES) was automatically activated by the CWB earthquake report, and its estimates revealed that there might be some minor structural damages, which might induce zero to three casualties. Therefore, the emergency response was initiated at NCREE. More analyses of the strong ground motions and updated earthquake loss estimation were conducted by using further earthquake data from the CWB. Approximately two hours after the earthquake hit, the NCREE dispatched its reconnaissance team to leave for the most affected area, including Nantou County, Yunlin County, Taichung City, Chiayi County, and Miaoli County for collecting more detailed information on the damage of buildings, schools, nonstructural components and medical equipment.

The major types of building damage were: pounding at expansion joints, pounding due to inadequate separation between two adjacent buildings, falling or cracking of façade tiles and granite panels, spalling of cement cover layers, cracking of partition walls and nonstructural walls enclosing stairwells, light shear fractures of short columns, and cracking of along-corridor nonstructural walls of typical low-rise RC street-front buildings. On the other hand, the major types of nonstructural damage were: excessive deformation and/or falling of light suspension ceilings, overturning of cabinets due to lack of quakeproof anchorage, failures of base porcelain insulators of surge arrestors and aluminum clamps of elevated buses in a 345kV switch yard, anchorage failure of shock absorbers of air conditioning compressor, damage or failure of water tanks made of stainless steel, damage and leakage of water pipes, etc. Learning from the March 27 Renai Earthquake experience, this time Taipower used separate wires for surge arrestors and potential transformers to avoid domino type of damages. The earthquake triggered land slides and rock falling in the mountains of Nantou and Chiayi area, unfortunately resulting in five deaths.

Keywords: 0602 Nantou Earthquake, emergency response, earthquake-induced damage, reconnaissance

目錄

第一章 前言	1
第二章 南投地震概述.....	5
2.1 南投地震震源參數.....	5
2.2 地震地質描述.....	14
第三章 強地動與地震動分佈圖.....	20
3.1 地震歷時與反應譜分析.....	20
3.2 強地動衰減特性分析.....	22
3.3 測站地盤效應分析.....	23
3.4 地震動分佈.....	23
第四章 地震災情推估.....	50
4.1 第一階段自動評估	51
4.2 第二階段手動評估	56
4.3 最終震源參數評估	59
第五章 建物結構之震害.....	60
5.1 建物結構震害調查	60
5.2 建物結構震後勘查結果.....	62
第六章 校舍建築之震害.....	98
6.1 校舍建築震害調查.....	98
6.2 校舍建築震後勘察結果.....	99
6.3 小結.....	139
第七章 非結構物之震害.....	140
7.1 前言.....	140
7.2 嘉義市政府大樓.....	141
7.3 台大醫院雲林分院.....	144
7.4 中寮超高壓開閉所.....	146
7.5 中寮鄉公所.....	150
7.6 水里國小.....	154
7.7 民國國中.....	158
7.8 埔里高工.....	165

7.9 暨南大學圖資大樓.....	171
7.10 南光國小.....	176
7.11 旭光國小.....	179
第八章 結論與建議.....	181
參考文獻	186

第一章 前言

民國 102 年 6 月 2 日 13 時 43 分 3.2 秒（世界時間 5 時 43 分 3.2 秒）於南投縣魚池鄉發生芮氏地震規模 M_L 6.5 之強烈地震。根據交通部中央氣象局（Central Weather Bureau, CWB）地震測報中心所公布之地震震源參數資料顯示，民國 102 年第 075 號地震（本報告稱之為南投地震）震央座標為北緯 23.86 度、東經 120.97 度（位於南投縣魚池鄉境內），震源深度為 14.5 公里，係一近乎南北走向的逆衝斷層破裂型態。根據氣象局等震度與最大地表加速度分布圖（圖 2.2），台灣全島皆為震度有感地區，震度 5 級地區涵蓋南投、台中、彰化、嘉義、台南等縣市。南投地震發生後伴隨著許多餘震活動，其中雖以規模 2 以下之地震佔絕大多數，但仍有多個規模 3~5 之有感餘震，餘震分布情況大致呈南北向，與 0327 地震之餘震分布約成東西向有較明顯差異，最大餘震規模是 M_L 4.4。震度最大的測站是杉林溪（TCU167），震央距約 31 公里，其東西向地表加速度峰值達 681 gal，達 7 級震度（即 PGA 達 400 gal 以上）；雲林縣草嶺即時站（CHN5）東西向地表加速度峰值達 267 gal，屬震度 6 級；震度 5 級區域包括台中、彰化、嘉義、台南等。今年以來南投縣仁愛鄉附近區域已發生超過 10 起規模 4 以上之地震，應持續留意此區域後續可能的地震活動。

地震發生後，「台灣地震損失評估系統(Taiwan Earthquake Loss Estimation System, TELES)」在極短時間內即接收中央氣象局地震速報系統電子郵件傳送有關點震源參數與強震即時測站實測資料，立即自動啟動地震早期損失評估(Early Seismic Loss Estimation, ESLE)系統，進行第一階段的災損早期評估；國震中心同時蒐集中央氣象局、美國地質調查所(U.S. Geological Survey, USGS)等國內、外不同機構所發布的地震斷層面解，研判一合理的面震源參數，並手動操作 TELES 軟體，於震後 2 小時完成第二階段手動評估。

第一階段的災損早期評估結果符合本中心地震災害應變作業手冊所規定震後「警戒階段」之動員條件，故隨即啟動本中心內部之震後應變程序，通知地震緊急應變作業小組各工作人員，依據所屬任務編派完成各項指派

工作。本次應變除了緊急動員進行地震歷時繪製、反應譜分析以及綜整震源參數進行震後各階段之災情評估並啟動協力機制外，國震中心亦派遣三組勘災人員於6月2日下午前往台中、南投與雲林等地區，分別針對校舍、公有建物與街屋民宅等建築結構、學校圖書館及醫院之非結構物（如：消防灑水頭、天花板等）進行勘災，實際勘查校舍、建物結構與非結構物之損傷狀況，以利彙整地震資訊與災情。此外，依據震損資料顯示：本次地震造成南投、嘉義山區多處坍方落石，導致4人遭落石砸中死亡，1人遭土石掩埋死亡（南投縣3人、嘉義縣2人），以及道路中斷，高鐵停駛等。

本中心的地震緊急應變作業分為五個應變小組，分別為災情評估組、災情彙整組、勘災行動組、應變支援組及決策綜整組。各小組於地震發生後分別進行下列工作事項：

(一) 災情評估組

依據氣象局所發佈的地震參數，台灣地震損失評估系統(TELES)可自動搜尋資料庫以評估可能的災情，屬第一階段早期評估作業，評估結果如表 1.1 所列，並藉以啟動本中心應變作業。依據應變作業規定，災情評估組將持續蒐集世界各地強震網針對本次地震所發佈之消息，並研判最佳的震源參數後，提供 TELES 操作人員進行第二階段的早期手動評估作業，用以比較並確認災情評估結果。

表 1.1 TELES 於南投地震發生後兩階段之早期評估結果

評估作業階段	震後	早期評估結果
第一階段自動評估 ESLE (自動啟動)	6 min	總傷亡人數：0~3 人 建物完全或嚴重損害：11~115 棟
第二階段手動評估 TELES (震後兩小時內)	2 hr	總傷亡人數：2 人 建物完全或嚴重損害：87 棟

同時，經由聯繫機制下載氣象局發送約 100 個即時地震網之地震波形資料，則可藉此地震波形歷時進行地震反應譜分析，除最大地表加速

度值(Peak Ground Acceleration, PGA)外，短週期($T=0.3$ 秒)與長週期($T=1.0$ 秒)的譜加速度值(S_{as} 與 S_{a1})皆可藉由反應譜分析獲得。經由實際的資料，可得到大比例尺的 PGA、 S_{as} 與 S_{a1} 等地震動分佈圖，作為緊急應變之參考。

(二)災情彙整組

啟動「警戒階段」之應變作業後，災情彙整組負責通聯的工作人員必須於第一時間內通知各組組長戒備。該組其他人員則依其工作職掌，連線中央災害應變中心以蒐集初步回報之災情，藉由側錄之廣電媒體報導蒐集並彙整災情；同時需製作災情簡報，傳送至本中心決策綜整組長官，供其瞭解地震資訊與初步災情。此外，災情彙整組必須依據各地消息的最新發展，持續更新災情簡報內容。

(三)勘災行動組

由於今年 3 月 27 日在仁愛鄉境內才發生過芮氏規模 6.2 的地震（可參考本中心出版之勘災報告^[10]），這兩起地震的震央相距僅約 8.4 公里。且國立暨南大學（TCU148）測站南北向最大地表加速度達 433.68gal，在此地表搖晃程度下之建物很可能會產生局部桿件與構材的損傷。有鑑於此，本中心決策綜整組長官與勘災行動組於 6 月 2 日（星期日）地震發生後隨即召集相關人員於國震中心進行小組討論並協調勘災規劃，決定啟動勘災機制，並於下午 4:00 左右派出三組勘災人員攜帶勘災裝備前往災區，進行為期三天的第一波勘災行動。

本中心於 6 月 2 日啟動震後緊急勘災作業後，派遣第一批三組勘災隊伍；第一組為沈文成、翁樸文：前往校舍勘察震損災情，地點包括台中、南投、苗栗共 13 所高工及國中小學；第二組為曾建創、吳安傑：前往勘察南投、雲林 15 處建物震損災情；第三組為林凡茹、賴姿妤、林震宇：針對非結構物與設施進行勘災，勘察地點包括南投、台中、雲林地區等 10 處地點。後續為確認鹿谷國中鐘樓致災原因，另派遣一組大地工程勘災人員（邱俊翔、柯永彥）前往。勘災人員所需之相關物品與交通接駁等皆由應變支援組依據地震災害應變作業手冊之規劃妥善協助。

本報告彙整國家地震工程研究中心針對此次南投地震之地震動分析與勘災結果，各章節內容分別為：第二章、南投地震概述：包括震源發生機制之描述、與歷史地震之比較。第三章、強地動與地震動分布：經由實際地震紀錄，探討此地震之強地動特性。第四章、地震災情推估：說明 NCREE 之台灣地震損失評估系統(TELES)於各階段之早期評估結果。第五章、建築結構之震害：說明此次地震於中彰投地區所造成之建物震損情形。第六章、校舍建築之震害：依據教育部通報資料進行現地勘災後，彙整簡述此地震對台灣中小學校舍所造成之震損。第七章、非結構物之震害：描述政府機關、學校、超高壓開閉所等非結構設施在此次地震之震損狀況。第八章、結論與建議。

第二章 6月2日南投地震概述

民國 102 年 6 月 2 日 13 時 43 分 3.7 秒（世界時間 5 時 43 分 3.7 秒）於南投縣發生芮氏規模 $M_L6.3$ 之強烈地震（簡稱 0602 地震）。根據交通部中央氣象局（CWB）地震測報中心[1]所公布之地震速報顯示，震央座標為北緯 23.87 度、東經 121.00 度（仁愛鄉境內），位在南投縣政府東方 32.0 公里處，震源深度為 10.0 公里（圖 2.1(a)）。本次地震震央東北方約 8.4 公里處，在今年 3 月 27 日才發生過芮氏規模 6.2 之地震（簡稱 0327 地震），本章節也將概略描述這兩個地震的關係。

2.1 地震震源參數

在使用更多的地震資料重新進行分析和地震定位後，氣象局將地震發生時間微調修正為民國 102 年 6 月 2 日 13 時 43 分 3.2 秒（世界時間 5 時 43 分 3.2 秒），震央位置修正為北緯 23.86 度、東經 120.97 度，位於南投縣政府東方 29.3 公里處（南投縣魚池鄉境內），震源深度改為 14.5 公里，地震規模則修訂為 $M_L6.5$ （圖 2.1(b)）。而美國地質調查所（USGS）利用全球觀測網所定位的震央位置為北緯 23.794 度、東經 121.133 度，震源深度為 17.0 公里，地震矩規模 M_w 則為 6.2。

根據氣象局之等震度與最大地表加速度（Peak Ground Acceleration, PGA）分布圖（圖 2.2），台灣全島皆為震度有感地區，根據其即時強地動波形圖顯示，震度最大之即時站為雲林縣草嶺（CHN5），觀測到 6 級震度，其東西向 PGA 可達 267 gal (cm/s^2)（圖 2.3），此測站之震央距為 42 公里。震度 5 級地區包括：南投、台中、彰化、嘉義、台南；震度 4 級包括：花蓮、苗栗、台東等地區；震度 3 級包括：宜蘭、高雄、新竹、桃園、新北、台北、屏東、澎湖等地區；震度 2 級則包括基隆等地區。

地震震源的破裂型態可用震源機制解來表示，可幫助了解震源破裂時的大地應力方向。本報告收集了包括中央氣象局、中研院地球科學研究所寬頻網（BATS）[2]和即時震矩張量觀測系統（RMT）[3]、美國地質調查所[4]、以及哈佛大學（Harvard）[5]等單位計算的震源機制參數，並彙整於

表 2.1，其震源機制解圖形則繪於圖 2.4。雖然各單位所用的測站資料及計算方法皆有所不同，但結果相當類似，都顯示震源破裂是一個接近正南北走向的逆衝斷層型態。根據中央氣象局之 P 波初動解[6]，第一組斷層面解為走向 (Strike) 2 度、傾角 (Dip) 22 度、滑移角 (Slip) 83 度，是接近正南北走向，向東傾之破裂面；第二組斷層面解為走向 190 度、傾角 68 度、滑移角 93 度，是一南略偏西走向，高角度向西傾之破裂面，而在氣象局後續所觀測到的餘震分布和震源區域的主要應力及構造線方向等資訊佐證之下，顯示第一組斷層面是真正的破裂面。

6 月 2 日的南投地震發生後至 6 月 30 日間，氣象局共觀測到超過 1000 次的餘震，其中雖以規模 2 以下之地震佔絕大多數，但仍有多個規模 3~5 之有感餘震 (圖 2.5)，根據氣象局地球物理資料管理系統 (GDMS) [7] 查詢結果，最大餘震規模是 $M_L 4.4$ 。圖 2.6 之星號代表 3 月 27 日與本次 6 月 2 日地震之主震震央，3 月 27 日至 6 月 1 日以及 6 月 2 日至 6 月 30 日間的餘震 (規模 3 以上)，則分別以深灰色和淺灰色來表示，圖中紅色的南北向線段代表中部主要活動斷層。圖 2.6 中 0327 地震之餘震分布約呈西北—東南方向，但 0602 地震之餘震卻呈東北—西南方向分布，規模 3 以上的主震和餘震在 AA' 剖面上的分布則繪於圖 2.7，大概呈現向東南方下傾之分布。

記錄到 6 級 (PGA 介於 250 gal 至 400 gal) 以上震度的氣象局自由場測站資訊列於表 2.2，其中 TCU148 暨南大學的南北向 PGA 為 433.68 gal，TCU167 杉林溪為氣象局新設測站，東西向 PGA 為 742.26 gal，都達到最強的 7 級震度，而 TCU148 測站在 0327 的地震當中也記錄到高達 483.4gal 的地表加速度 (東西向)。根據強震測站場址工程地質資料庫 (EGDT) [8,9] 的鑽探資料，TCU148 暨南大學之 V_{s30} 數值 (即地表以下 30 公尺內之平均剪力波速) 為 513.52 m/s、TCU143 中寮國小之 V_{s30} 為 465.91 m/s、TCU077 集集國小之 V_{s30} 為 507.49 m/s、TCU074 南光國小之 V_{s30} 為 558.24 m/s、CHY080 草嶺之 V_{s30} 為 499.17 m/s，依現行規範皆屬於第一類地盤。已可由 GDMS 資料庫[7]取得 0602 地震的自由場強震站地震記錄，此地震的水平方向 PGA (較大之單向分量) 分布繪於圖 2.8，黑色方形代表自由場強震

測站位置，由圖中可看出南投、雲林、嘉義等地皆有很大面積暴露在 5 級或以上強震區內，而台中、彰化、台南也有部份測站記錄到 5 級震度。

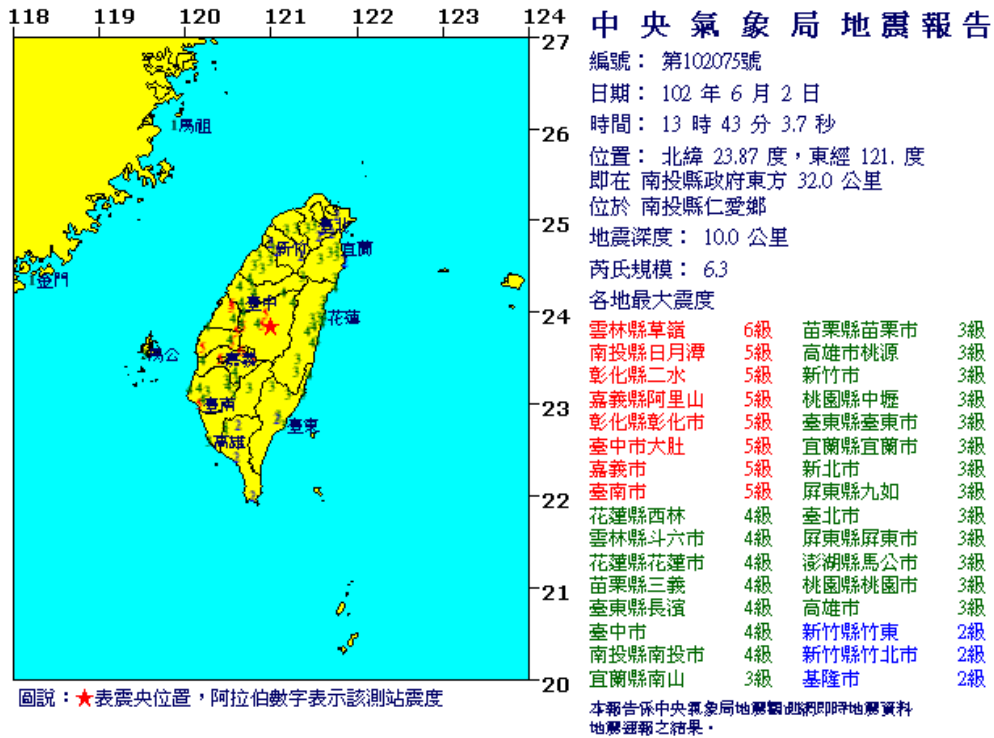
表 2.1 南投地震震源機制解彙整

解算單位及方法	走向 (Strike)	傾角 (Dip)	滑移角 (Slip)
CWB P-wave First Motion	2	22	83
	190	68	93
BATS Centroid Moment Tensor	30	37	106
	190	55	78
RMT Centroid Moment Tensor	353	22	61
	204	70	101
USGS Centroid Moment Tensor	5	24	83
	193	66	93
USGS Body-Wave Moment Tensor	39	35	113
	192	58	75
Harvard Centroid Moment Tensor	8	22	88
	190	68	91

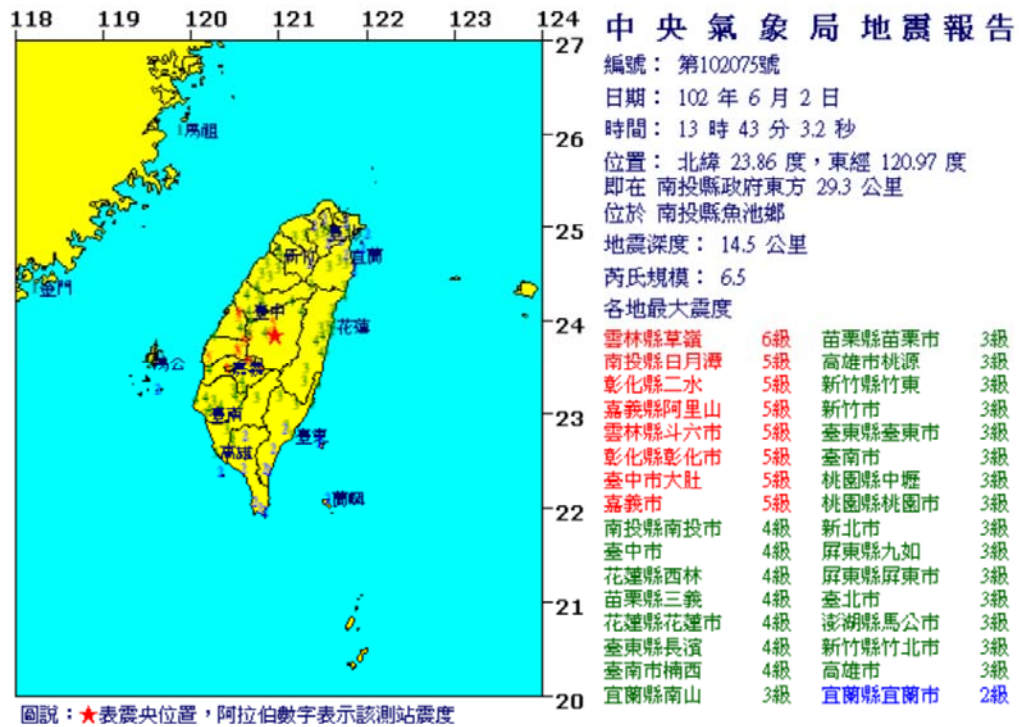
表 2.2 南投地震震度 6 級以上測站資訊

測站 編碼	名稱	經度 (TWD97)	緯度 (TWD97)	PGA_ EW	PGA_ NS	PGA_ Z
TCU148	暨南 大學	120.934	23.955	372.94	433.68	209.02
TCU167	杉林 溪	120.777	23.663	742.26	696.18	262
TCU143	中寮 國小	120.756	23.882	276.44	251.48	72.01
CHY080	草嶺	120.677	23.597	312.32	190.58	84.24
TCU077	集集 國小	120.787	23.827	312.32	190.58	84.24
TCU074	南光 國小	120.971	23.961	281.01	160.15	76.67

TCU126	竹山 國小	120.686	23.763	227.14	320.64	80.37
--------	----------	---------	--------	--------	--------	-------



(a)



(b)

圖 2.1 中央氣象局南投地震報告（取自中央氣象局網站[1]）：(a) 運用地震觀測網即時地震資料之初版地震報告；(b) 定稿版地震報告

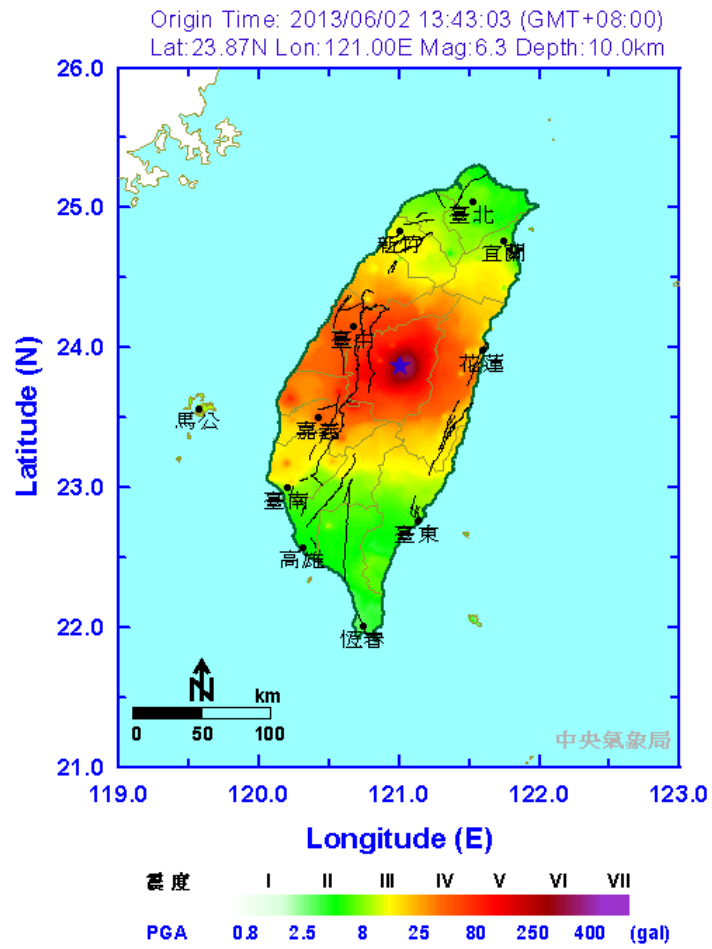


圖 2.2 南投地震等震度與 PGA 分布圖（取自中央氣象局網站[1]）

草嶺 (CHN5) 震度：6 級

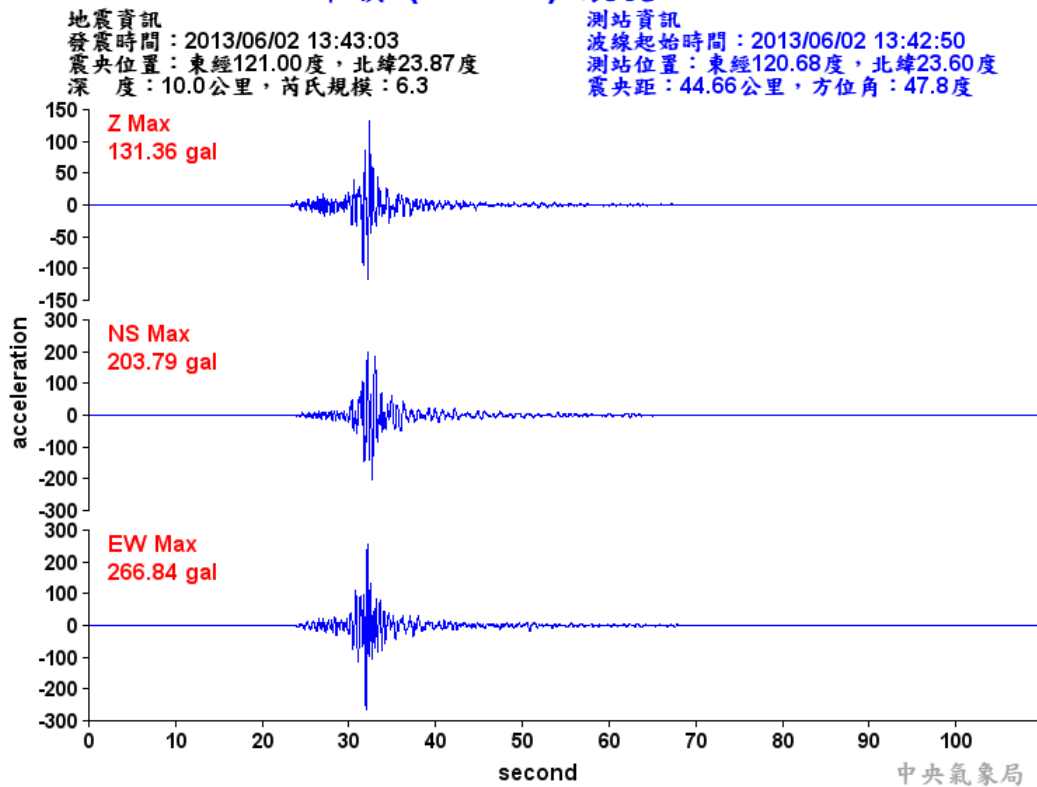


圖 2.3 草嶺即時站 (CHN5) 所記錄南投地震三向量加速度波形圖 (取自中央氣象局網站[1])

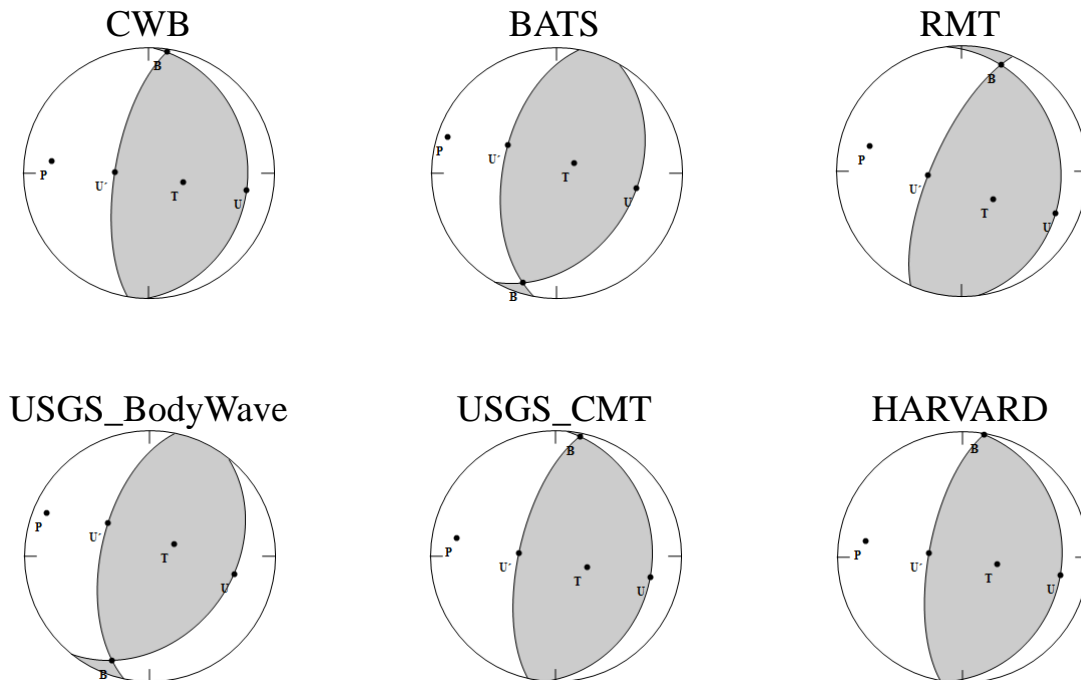


圖 2.4 國內外各單位對南投地震之震源機制解算結果

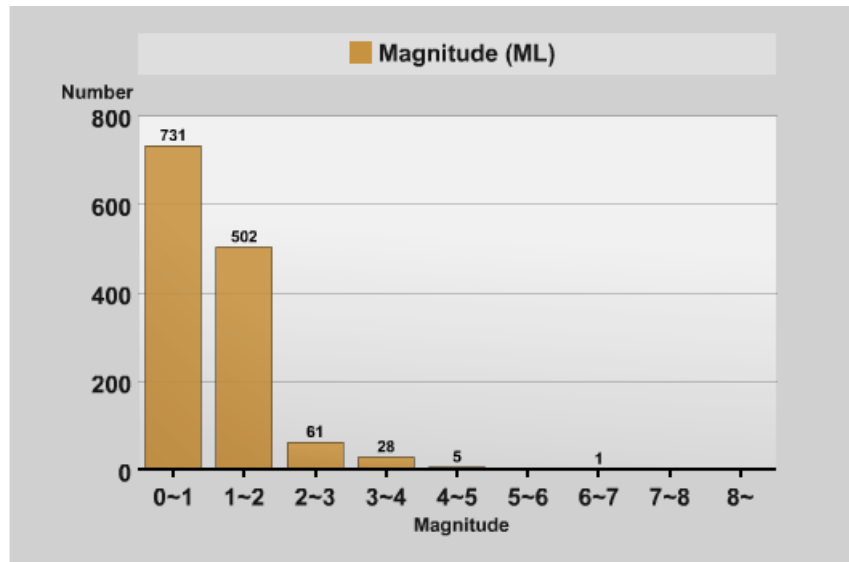


圖 2.5 南投地震主震（6 月 2 日）發生後至 6 月 30 日之餘震規模分布（包括主震）

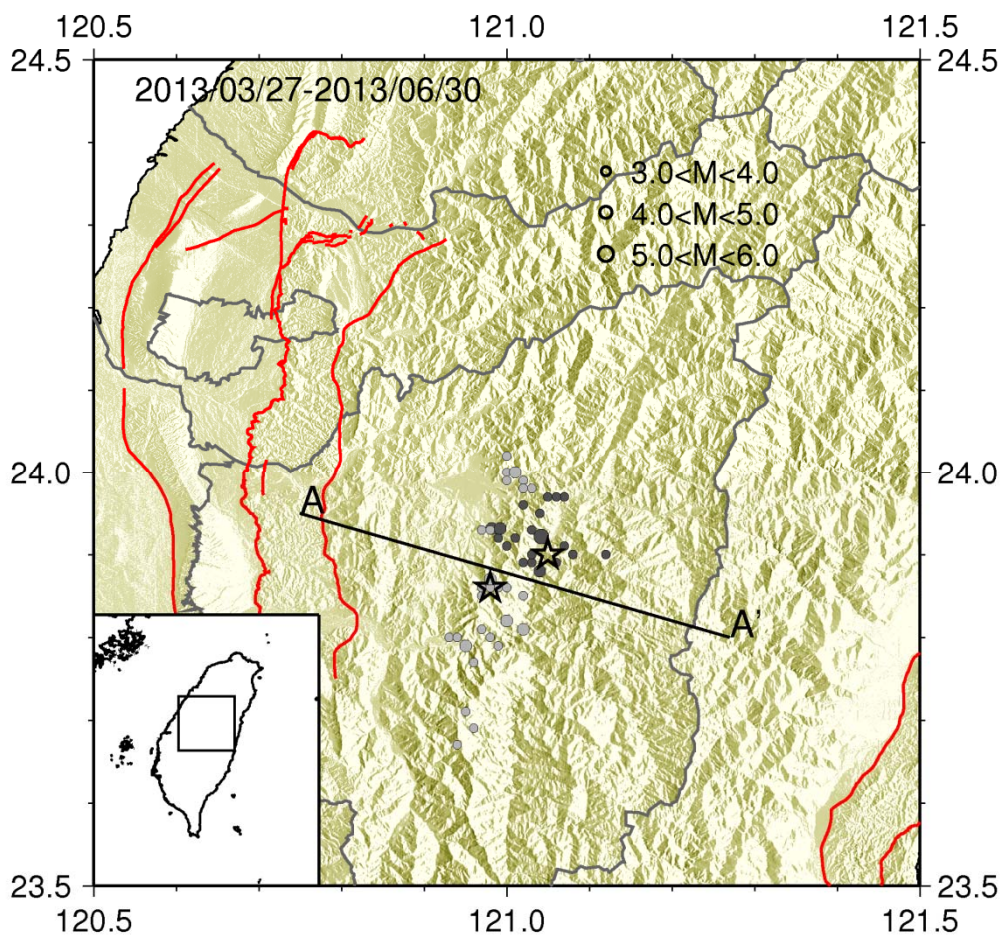


圖 2.6 南投仁愛地震兩主震（3 月 27 日和 6 月 2 日）與其餘震震央分布。星號為主震（西：0602、東：0327），深灰為 0327 餘震，淺灰為 0602 餘震。

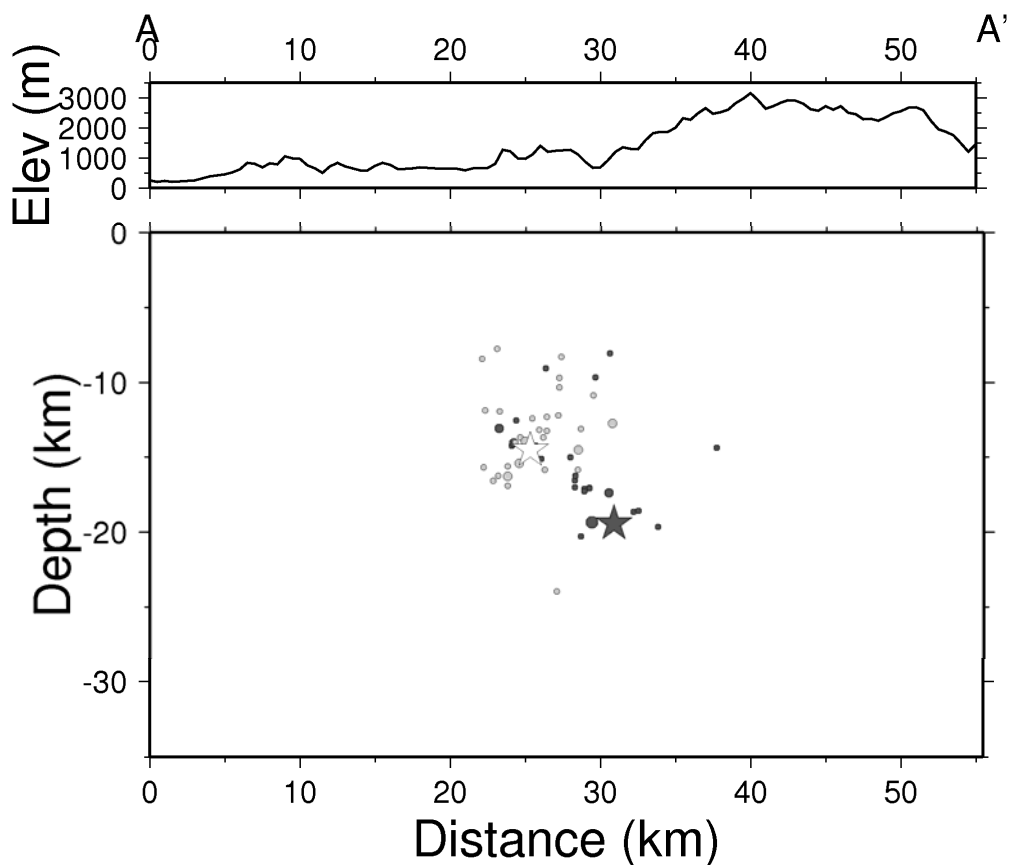


圖 2.7 南投地震在 AA'剖面之（規模 3 以上）分布圖。白色星號為 0602 主震，黑色星號為 0327 主震，灰色圓圈為 0602 餘震，黑色圓圈為 0327 餘震

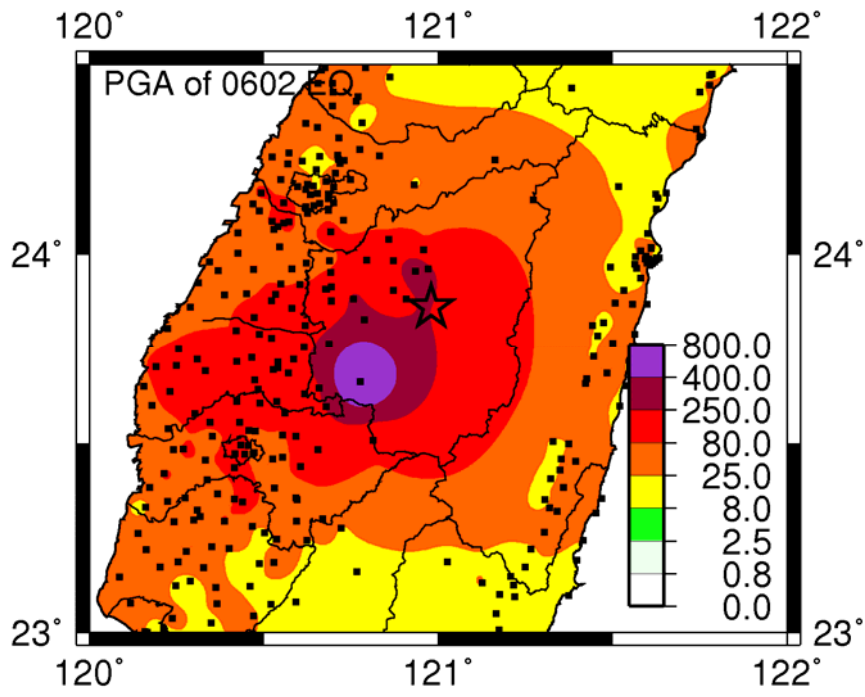


圖 2.8 南投地震中部地區之 PGA 與測站分布圖

2.2 地震地質描述與重要歷史地震

6月2日的南投地震是今年以來第二起發生在台灣島上且規模大於6的強震，由於兩起強震皆發生於南投縣仁愛鄉境內，並僅相距約8.4公里，因此相關的台灣中部區域地質和地震構造概述可參考3月27日地震之勘災報告[10]。

這兩次地震同屬西部地震帶，由圖2.9可明顯看出兩起強震所在位置不乏規模5以上之地震，但它們同樣不屬於任何一個已知的活動斷層。6月2日之地震發生後，曾有學者提出示警，認為此區域短時間內仍有可能繼續發生規模6以上強震，如同西元1916年8月至1917年1月間的南投地震序列（表2.3），僅5個月內就在同一區域就發生了3個規模6以上和1個規模5以上的強震。1999年的集集地震（ $M_L7.3$ ）是近年來在此區域附近所發生的最大地震，再來就是2009年的名間地震（ $M_L6.2$ ），我們把上述之強震（包括集集地震規模6以上的餘震）一同繪於圖2.10。1916年的地震序列（深灰色圓）發生在本次地震北方，而集集地震之餘震震央（淺灰色）則較為分散，原因可能是大規模主震後的應力轉移造成附近其他的斷層構造連帶錯動而造成餘震。集集地震、名間地震、以及今年的兩個南投地震具有相當類似的震源機制解（圖2.11），皆顯示破裂面走向為北北東—南南西，且為低角度向東或東南方之傾角。反映出台灣島的大地應力方向與台灣西部地下構造的特性。

在0327和0602地震中，TCU148暨南大學測站皆記錄到7級震度（加速度400gal以上），地表水平向的加速度分別為483.4 gal(EW)和433.68 gal(NS)，此測站在2002年時進行地質鑽探和波速測量（圖2.12），其Vs30數值為513.52 m/s [8, 9]，屬第一類地盤，依照地質鑽探的地層柱結果顯示，此測站底下35公尺之內主要有兩層地層，上層為粉土質黏土，下層為卵礫石夾粉土質砂。

若以薄皮構造理論來檢視0327和0602兩個地震，則如圖2.13所示[11]。兩震源位置為圖之右側的星號，圖中之震源機制解代表名間地震，另有一星號代表集集主震。依震源位置來看，這兩個地震大約位於薄皮構造滑脫

面 (Decollement) 更靠東的構造斜面 (Ramp) 上，但深度略淺，它們的發生位置、時間相近，震源機制解也相當雷同，若從台灣地體構造角度來說，或可解釋為來自菲律賓海板塊的擠壓在滑脫面上先造成了 0327 的地震，然後應力繼續往西，在淺部造成了 0602 的地震。

表 2.3 西元 1916 年至 1917 年間南投地震序列震源參數

日期	時間	經度	緯度	深度 (公里)	規模
1916/08/28	15:27	121.03	24.00	15	6.8
1916/11/15	06:31	120.89	24.10	3	6.2
1917/01/05	00:55	120.98	24.00	5	6.2
1917/01/07	02:08	120.98	23.95	5	5.5

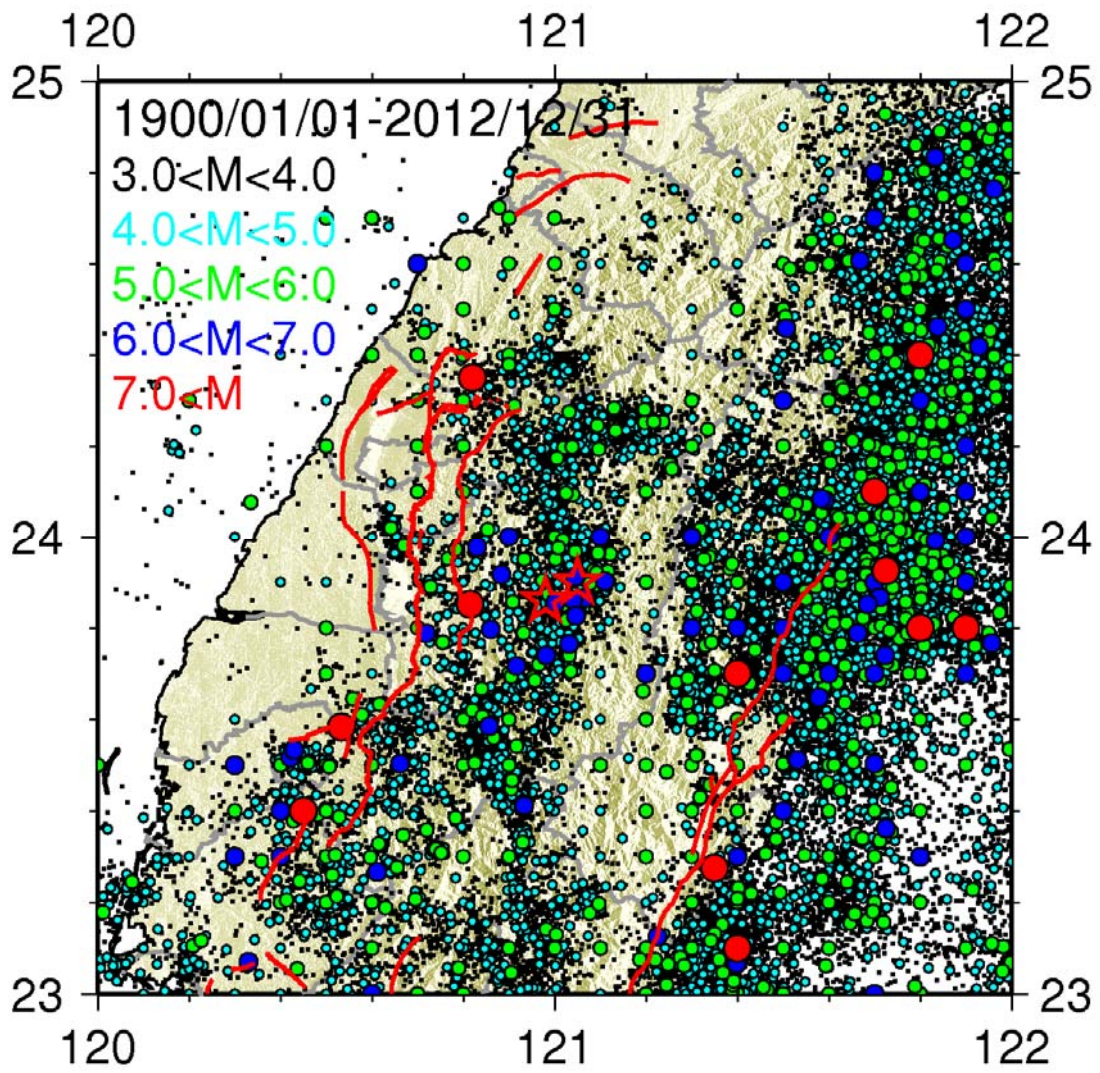


圖 2.9 台灣中部自 1900 年至 2012 年間之歷史地震分布。星號分別代表 0327 (東) 與 0602 (西) 兩次南投主震

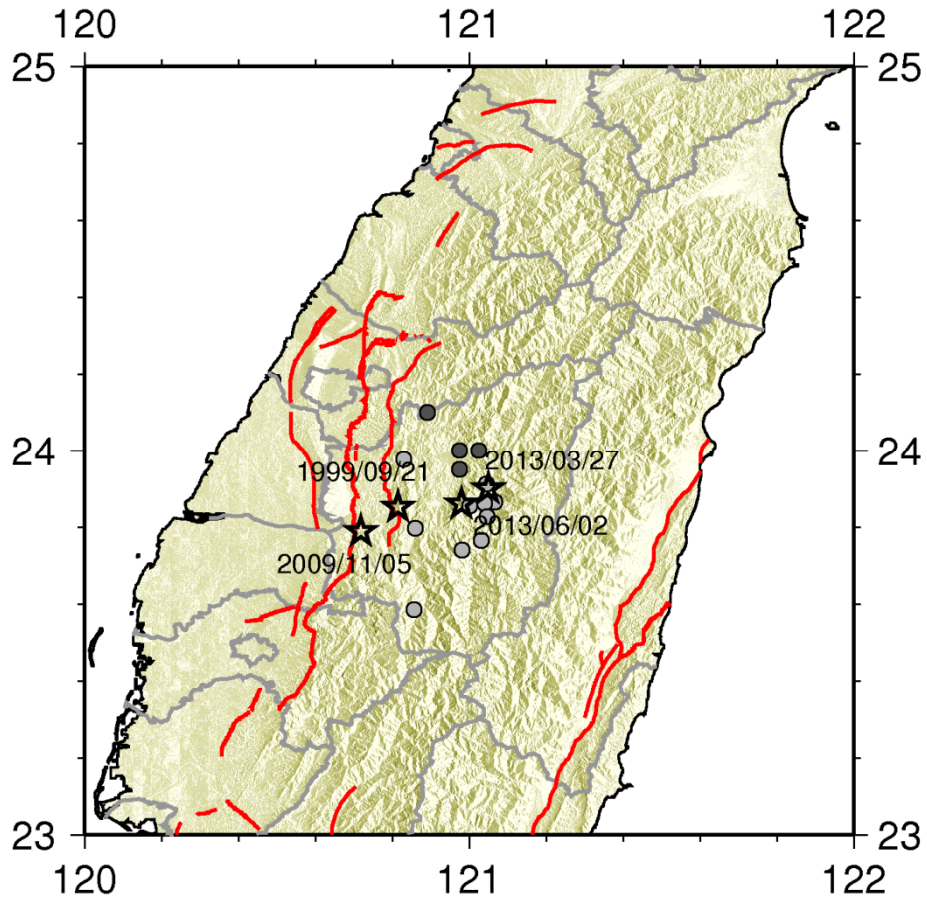


圖 2.10 星號代表南投地震(2013/03/27 和 2013/06/02)、集集地震(1999/09/21)與名間地震(2009/11/05)之震央，深灰色圓為 1916 年南投地震序列，而淺灰色圓代表集集地震規模 6 以上之餘震序列。紅色線段為此區域主要的活動斷層

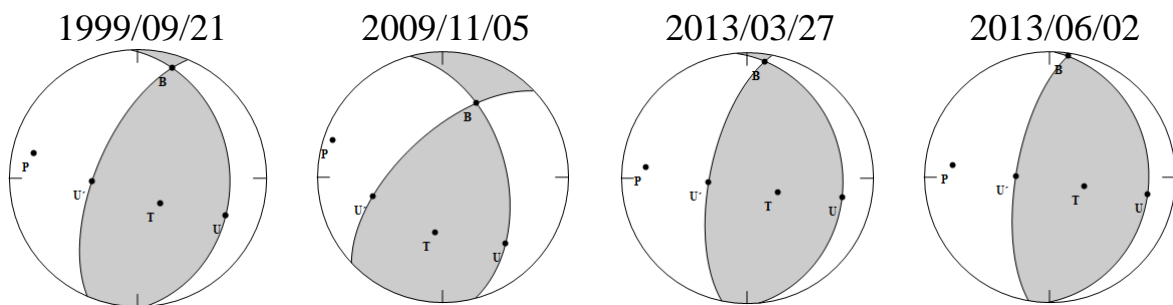


圖 2.11 集集地震(1999/09/21)、名間地震(2009/11/05)、以及今年兩個南投地震(2013/03/27 和 2013/06/02)的震源機制解。

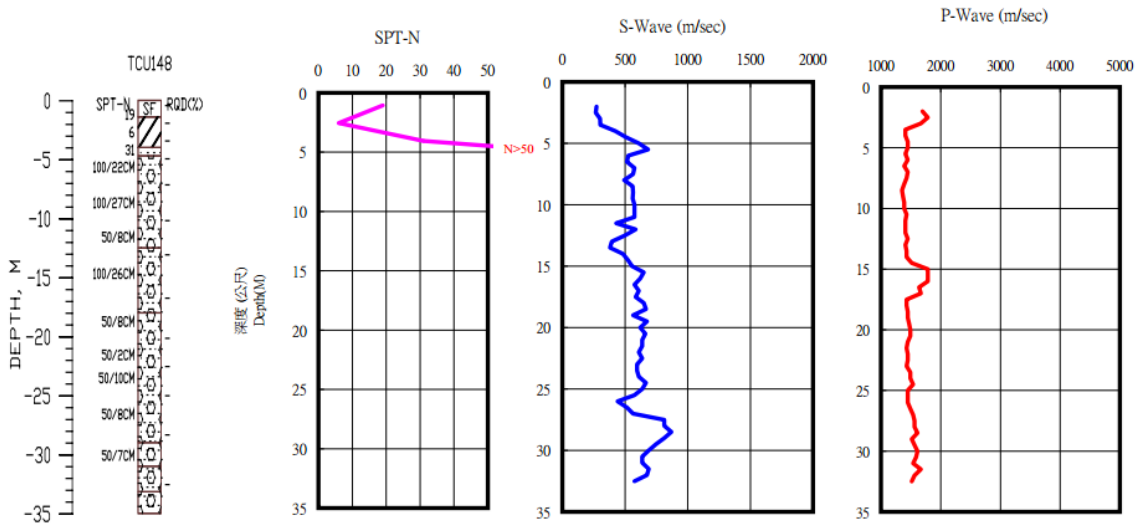


圖 2.12 測站 TCU148 之地質鑽探剖面，自左而右為地層柱、N 值、S 波、P 波剖面

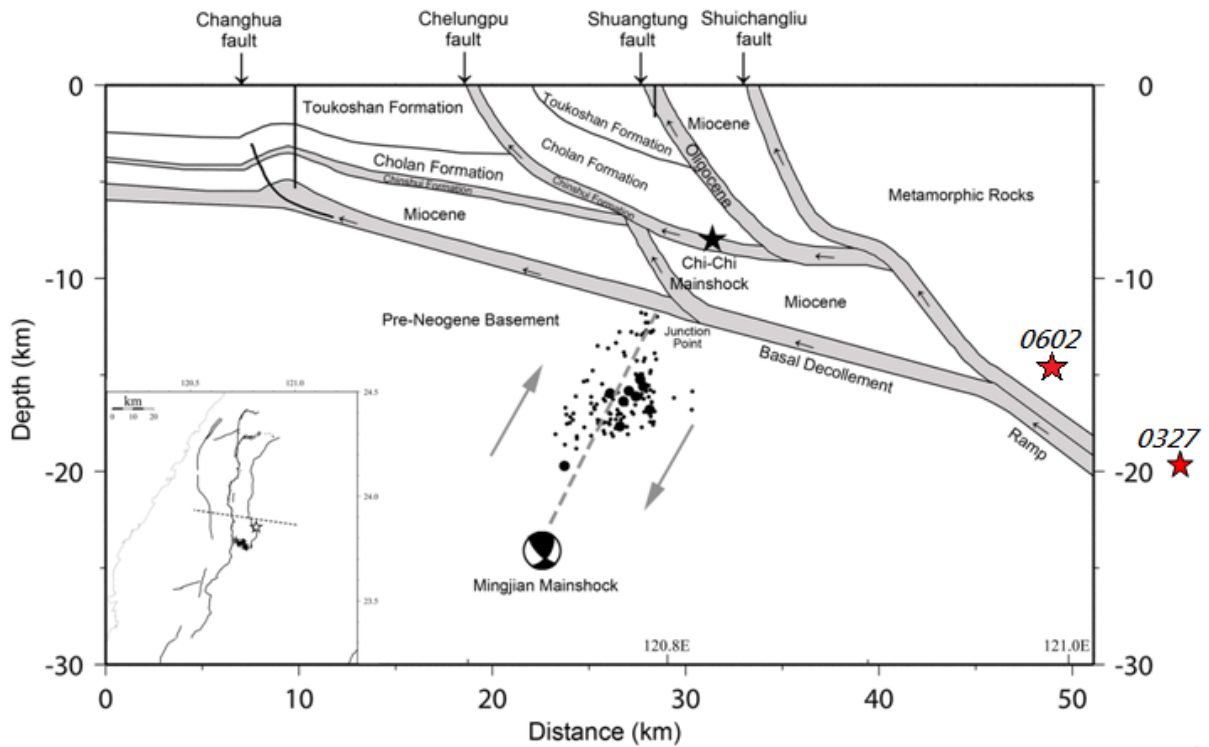


圖 2.13 集集地震、名間地震與 2013 年兩個南投地震於薄皮構造中之相對位置，南投地震之震源位置大約位於滑脫面構造上(改繪自 Lin et al., 2013[11])

第三章 強地動與地震動分佈圖

當災害性地震發生時，快速地提供地震動潛勢分佈圖是緊急應變的一個重要且基本的程序，地震動潛勢即時評估系統即為達成此一目的而發展。中央氣象局^[1]在全台佈設的速報系統(Earthquake Rapid Reporting System)，共設置了超過一百個即時地震測站(RTD 站)，可在大地震發生後，即刻提供地震歷時資料，產生實際地表最大加速度分析圖，有助瞭解該次地震所引發之強地動特性，但由於地震當時被觸發的測站有限，故其解析度較為粗略。為得到精度較高之地震動分佈圖以能反映至鄉鎮區可能的地震動，本報告應用地震動潛勢即時評估系統進行此次地震於各地引發之地震動推估。本次地震震源與 0327 地震之發生位置接近，位於臺灣中部南投山區，屬於淺層的內陸地震。地震發生時，各地都感受到明顯搖晃，中部地區最大震度達到六級，且餘震不斷，已足以引起一般建物受到不同程度的損傷。

3.1 地震歷時與反應譜分析

本次地震引起強烈的地表震動，全台皆屬於有感震度，中央氣象局強震即時站量測得之最大加速度值(PGA)發生在雲林縣草嶺站(CHN5)的東西向紀錄為 267gal，屬於震度六級(震央距約 42 公里)，日月潭站(SML)的 PGA 約 217gal，震央距約為 8 公里。震度五級以上的測站分佈於彰化、嘉義及臺南市等地。由雲林縣草嶺站(CHN5)量測到 PGA 值，顯示距離震央最近的地區並不一定量測到最大震度，主要控制於測站所在之場址特性與地形效應。在地震發生後不久，中央氣象局公布部分強地動觀測網(Taiwan Strong Motion Instrumentation Program, TSMIP)所收錄的地震紀錄中，暨南國際大學的強震測站(TCU148 測站，震央距約 11 公里)之 PGA 值為 434gal，直至 8 月中旬，由更多的測站資料顯示，量測最大的 PGA 值位於杉林溪的 TCU167 測站，達 681gal (震央距約 31 公里)。本次地震最大地表加速度值(PGA)大於 120gal 以上之測站資料列於表 3.1 中。

圖 3.1 繪出表 3.1 中測站之三個方向的地震動歷時圖，圖中包括各方向之加速度、速度與位移，如杉林溪的 TCU167 測站、暨南國際大學(TCU148)、竹山國小(TCU126)、中寮國小(TCU143)、集集國小(TCU077)、草嶺測站(CHN5、CHY080)、南光國小(TCU074)等 PGA 值 $>250\text{gal}$ 的測站。為了解測站之強地動是否受到場址放大效應之影響，參考國家地震工程研究中心執行之『國家強震儀地質資料庫之建立(EGDT)』計畫成果^[8]，測站之地盤參數 SPT-N 值及剪力波速 V_{s30} 值如表 3.2 所列，此些測站均屬於第一類地盤 ($V_{s30}>270\text{m/sec}$ 或 $\text{SPT-N}>50$)，其中 TCU167 測站位於山區，推估屬於第一類地盤。因此，地震動特性受到震源與地形效應之影響會大於測站之場址特性。

地震的發生，各測站所收到地震動歷時的延時與結構物的損害相關，其頻率內涵一般可由加速度反應譜圖了解，初步反映出可能受損的建物類別。圖 3.2 繪出測站三方向之加速度反應譜，並與測站所在鄉鎮地區之設計反應譜進行比較。圖中設計反應譜依耐震設計規範^[12]規定計算，包括設計地震(50 年內 10%超越機率，475 年回歸期)與最大考量地震(50 年內 2%超越機率，2500 年回歸期)，並考量近斷層效應之 N_A 、 N_V 與場址放大效應因子 F_a 、 F_v ，各測站之設計參數列於表 3.2。由圖 3.2 之比較可以發現部分測站反應譜值在結構週期 0.1 秒至 0.5 秒的區間值都接近建築物 475 年回歸期(50 年內 10%超越機率)或超過 2500 年回歸期(50 年內 2%超越機率)的設計反應譜。依據耐震設計規範的考量，若不考慮超額設計及其他安全因子的話，設計反應譜代表著建築物受震時，控制建築物在嚴重受損程度(韌性用掉一半)以下的地震需求。圖中暨南國際大學(TCU148)、中寮國小(TCU143)等測站的水平向反應譜值，在結構週期 0.1 秒及 0.5 秒附近均大於或接近設計反應譜，這意味著中低層樓的房子可能會受到輕微或中度損害。

由於此次地震與 0327 地震震央位置接近，同時暨南國際大學(TCU148)與日月潭(SML)測站均被觸發，兩次地震之加速度反應譜比較於圖 3.3。圖中顯示 TCU148 測站在 0327 地震中東西向紀錄大於設計反應譜，在 0602 地震中為南北向較大，主要為震波傳遞方向效應。另外，該測站在兩次地震均收到較大的地震紀錄，都大於在同樣距離下的南光國小測站(TCU074)，

歸納出 TCU148 測站因地形效應，收錄之地震紀錄均會高於其他地區之測站。而位於日月潭的測站，兩次地震均在 0.71 秒左右的譜加速度值超越規範設計反應譜，與其他測站不同，此部分經由本中心派員進行微地動量測探討之後，顯示該週期的放大主要來自於測站所在位置地形效應之影響^[10]，並不能有效代表該區域之場址特性。

3.2 強地動衰減特性分析

一般而言，災損點不一定剛好有地震測站，而必須藉由理論或經驗模型推估地震動值。影響地震動大小的因子除地震規模大小及位置外，因傳播路徑材料及幾何上的關係，地震動值會隨著距離變大而發生衰減現象。地震動衰減律就以簡單的數學模型藉由震源、路徑、地盤等基本參數之影響因子來描述地震波傳播時所發生的衰減現象，而常被採用為工址地震動評估的重要依據。本報告進行地震動大小評估所採用之地震動衰減律為 NCREE'2006 的衰減律^[13,14]，包括最大地表加速度(PGA)、0.3 秒的譜加速度值(S_{as})及 1.0 秒的譜加速度值(S_{a1})之衰減律，為堅硬地盤所適用，均為耐震設計規範中建立均佈簡化耐震設計反應譜所用之地震動參數。

本次地震所觀測之地震動值隨震源距離衰減變化之關係如圖 3.4~圖 3.7 所示，圖中將實際地震紀錄與 NCREE'2006 的衰減律估算值進行比較。圖中之地震紀錄包括中央氣象局即時測站之東西向、南北向紀錄、兩水平向之幾何平均值(Geometric mean)及兩水平向之最大值。結果顯示，NCREE'2006 的地震動衰減律迴歸分析時為實測紀錄之平均結果，但每一個震源皆有其獨特性，與平均特性的地震動衰減律可能存在一系統誤差。對此系統誤差，可採用本次地震之即時站紀錄進行修正，建立震源相依之地震動衰減律，如圖中之紅色虛線所示。經由即時站紀錄修正所產生之震源相依之地震動衰減律可以適當地描述本次地震的地震動值，採用即時站之原因在於其設站場址屬於堅硬之地盤，受場址效應之影響較小，可做為修正震源效應之參考。為配合不同需求，震源相依之地震動衰減律包括東西向、南北向、兩水平向之幾何平均值(Geometric mean)及兩水平向之最大值。

經由衰減律之估算結果將於後續結合各測站之場址效應修正係數，成為地震動潛勢即時評估系統，應用於全台灣地震動值分佈之估算，再配合實際測站資料建立高精度之地震動分佈圖以輔助評估災損點之地震動值。

3.3 測站地盤效應分析

地震發生時，地震動受地盤效應影響，其反應與土層的軟硬及土層厚度有關^[15]。地盤效應主要來自軟弱沖積層所引起的放大效應，使得地震動潛勢評估時需清楚釐清各測站本身地盤特性，確認是否因特殊之地盤放大效應，引發大的地震動值，造成嚴重災損。有鑑於台灣地區之強震網測站地質狀況複雜，若單純考慮地質條件之比對分類，尚不足以反應真正之地盤特性。由各測站歷年實際地震紀錄與堅硬地盤衰減律進行統計，建立各測站的場址修正函數的經驗式，以修正複雜之地盤效應^[4,5]。

圖 3.8 繪出部分測站歷年之地震實測值 Y_o 與堅硬地盤衰減律的計算值 Y_r 之關係比較。若資料點均落在圖中虛線上，則表示本測站之地盤效應不明顯，以堅硬地盤衰減律即可得到很好之地震動預測，若資料點偏離虛線越多則表示測站之地盤效應越明顯^[13]。圖中的多數測站實測資料與計算值的比較點多數落於虛線上，即表示該測站利用堅硬地盤衰減律已有良好的估算值。其中 CHY083 與 CHY080(CHN5)測站由比較結果顯示，該測站本身之場址效應顯著，因此地震動值較大，此部分亦可由本身之歷年紀錄進行修正。

針對各測站進行地震動潛勢評估時，各個強震測站經由堅硬地盤衰減律做初步估算後，需再引入場址修正係數進行場址特性修正，尤其是場址效應明顯之測站，以反映該測站在受到地震作用後，可能發生的地震動值。

3.4 地震動分佈

地震動分佈圖為災損評估或緊急應變的重要參考，地震動潛勢即時評估系統即為建立地震動分佈圖而發展。每次地震之震源相依地震動衰減律

由即時測站紀錄進行震源及地形效應的修正，並利用測站之場址修正係數進行校正，即可根據每次之地震參數計算各地的地震動值，評估出極為精確的地震動分佈圖。地震動潛勢即時評估系統同時考慮 RTD 站及 TSMIP 站位置，所獲得的地震動分佈圖比僅利用 RTD 站繪製的成果有更高的解析度，可以提高位於沖積平原或盆地的都會區的震災評估的正確性^[13]。

圖 3.9 為 0602 南投仁愛地震發生時中央氣象局地震網中的 106 個即時站加上 28 個分佈於南投地區的強震測站，為地震發生不久後由中央氣象局公布之實測紀錄值，測站位置如圖中黑點，共計 134 個測站所得的實際震度分佈，除測站紀錄的東西向、南北向的震度分佈外，亦繪出兩水平向之幾何平均值的分佈。由此地震動分佈圖比較可發現，在近震源東西向的震度較高，僅由 134 個測站資料所建立的震度分佈圖較為平滑，雖可了解大致上此次地震所引發之震度分佈，但對小區域之精度有限。

為求得高解析度的地震動分佈圖，本報告以此次地震參數，採第 3.3 節應用即時站資料建立震源相依之地震動衰減律，配合場址修正係數，評估之地震動潛勢分佈圖，不同震度之結果如圖 3.10(a)~圖 3.12(a)所示，均為兩水平向之幾何平均值的結果。圖中除合理地評估 TSMIP 測站未於地震發生時正常運作之測站之地震動值，並引用具有實際紀錄的測站資料(如圖中黑點)，對照圖 3.9 的結果指出以混合經驗模型可更精細的顯現各地地震動之差異變化，圖中顯示除近震源之地區屬於震度達 7 級以上，花蓮與台北盆地區域估計亦有震度 4 級以上。此分析程序在取得更多的實測紀錄時，所呈現之精度越高。針對本次地震，至 2013 年 8 月，氣象局公佈了約七百多個實測紀錄值，同樣套用此分析程序，所得之地震動分佈圖如圖 3.10(b)~圖 3.12(b)所示，其地震動分佈結果與圖 3.10(a)~圖 3.12(a)進行比較，則顯示以地震動潛勢即時評估系統所推估各地的地震動值，如雲嘉南地區之結果，可被驗證其精度是足夠的，可反應出區域之地震動特性。

此次地震在中部地區傳出多處校舍、民宅因本次地震發生局部損傷，本中心於地震當天派遣人員前往勘察，包括南投縣、雲林縣之國中小學及民宅，共計 34 處，其位置如表 3.3 所列。表中所列各勘災地點可能之地震動估算值主要依據座標配合由地震動潛勢即時評估系統所得之地震動分佈

圖(圖 3.10(b)~圖 3.12(b))進行內插所得。其中表 3.3 中部分國小設有中央氣象局之 TSMIP 強震測站，因此該處地震動值則為實際觀測值(加底線之數值)。表 3.4 列出各勘災地點經由內插所得之 0.3 秒與 1.0 秒之譜加速度值，並列出其地點於建物耐震設計規範之設計地震以供比較。將各校舍及民宅位置與估算之地震動分佈圖進行套疊，相對位置如圖 3.13 所示，顯示大部分的災損地點落於圖中高震度之區域，實際損傷之狀態可參考本報告後續章節之說明。

表 3.1 最大地表加速度值(PGA) >120gal 之測站資料

測站名稱	測站編碼	震央距(km)**	PGA (gal)			
			垂直向	南北向	東西向	HGeo*
TCU167	杉林溪	30.52	263.94	624.26	681.32	652.17
TCU148	暨南國際大學	11.23	208.20	434.09	356.13	393.18
TCU126	竹山國小	31.70	79.40	322.06	227.18	270.49
TCU143	中寮國小	22.06	72.18	250.58	276.15	263.05
TCU077	集集國小	19.99	84.10	190.80	312.05	244.01
CHN5	草嶺	42.36	131.48	204.01	267.13	233.45
CHY080			127.67	197.36	256.19	224.86
TCU074	南光國小	11.19	77.27	160.10	281.30	212.21
TCU090	桶頭國小	40.56	52.82	245.27	195.51	218.98
CHY083	石榴國小	43.02	63.32	204.59	181.12	192.50
SML	日月潭	7.68	153.96	157.43	217.03	184.85
TCU084	日月潭氣象站		153.42	153.88	211.28	180.31
CHY024	林中國小	38.93	53.16	219.05	141.85	176.27
CHY103	鎮南國小	48.27	41.52	205.78	134.38	166.29
WGK	古坑	45.99	34.80	155.14	159.58	157.34
CHY101	東和國小		35.28	151.93	158.39	155.12
CHY005	排路國小	63.14	25.88	188.27	131.02	157.06
CHY036	三和國小	57.39	49.76	133.55	172.05	151.58
TCU124	平和國小	29.90	81.50	154.04	132.81	143.03
CHY104	僑真國小	55.67	32.92	154.63	114.99	133.34
TRB027	石榴變電站	45.26	43.58	91.89	180.10	128.64
TCU141	水尾國小	51.81	90.65	152.79	106.91	127.81
CHY002	廉使國小	59.10	103.66	139.72	116.05	127.33
CHY006	梅山國小	52.76	61.48	93.05	169.98	125.77
CHY011	培英國小	53.29	35.09	108.87	142.41	124.52
CHY126	雲林縣消防局	49.69	47.10	150.29	102.05	123.84
WES	二水	37.21	70.98	118.98	127.26	123.05
TCU122	二水國小	37.25	73.48	117.63	122.78	120.18
CHY028	山峰國小	44.94	68.07	142.00	100.76	119.62
CHY082	龍巖國小	70.08	44.23	124.32	109.65	116.75
TCU071	雙冬國小	23.23	52.71	95.00	137.04	114.10
CHY001	安南國小	76.35	61.23	124.22	103.52	113.40
CHY088	河東國小	79.37	25.02	120.64	102.33	111.11
WSF	四湖	80.28	22.69	82.43	134.42	105.26
CHY076	四湖國小		23.41	80.27	137.02	104.88
TCU150	千秋國小	27.35	41.72	55.53	137.59	87.41

*HGeo：為兩個水平向 PGA 值之幾何平均值；**參考之震央為 120.97° E/23.86° N

表 3.2 中央氣象局強震測站所在鄉鎮區之設計值

站名	站碼	N_{30}	V_{s30}^{*1} (m/sec)	鄰近之活動 斷層*2	斷層距 (km)	50年內 10% 超越機率 (475年回歸期)		50年內 2% 超越機率 (2500年回歸期)	
						S_S^D	S_1^D	S_S^M	S_1^M
杉林溪	TCU167	-	-	大茅埔-雙 荖斷層	9.91	0.840	0.495	1.050	0.633
暨南國際大學	TCU148	37.74	527.75	-	-	0.700	0.400	0.900	0.500
中寮國小	TCU143	50	478.51	大茅埔-雙 荖斷層	3.21	1.000	0.594	1.200	0.798
竹山國小	TCU126	-	-	車籠埔斷層	1.77	0.800	0.450	1.250	0.825
集集國小	TCU077	72.84	512.25	大茅埔-雙 荖斷層	2.82	1.000	0.563	1.150	0.743
草嶺	CHY080 (CHN5)	50	495.85	大尖山斷層	4.52	0.864	0.495	1.170	0.743
南光國小	TCU074	26.23	564.84	-	-	0.700	0.400	0.900	0.500
日月潭	TCU084 (SML)	61.73	-	大茅埔-雙 荖斷層	10.27	0.840	0.473	1.050	0.605
石榴國小	CHY083	14.80	378.84	彰化清水大 甲系統	8.52	0.840	0.495	1.050	0.633
林中國小	CHY024	50	414.97	彰化清水大 甲系統	4.24	1.000	0.563	1.180	0.726

*1 參考本中心強震測站場址工程地質資料庫(EGDT)

*2 參考本中心協助營建署之近斷層調整因子之規範修訂

表 3.3 勘災地點位置及可能之 PGA 值估算結果

編號	類別	縣市別	學校名稱	經度	緯度	PGA(gal)	
						EW 向	NS 向
1	校舍	南投縣鹿谷鄉	鹿谷國中	120.76	23.75	400.21	384.23
2	校舍	南投縣竹山鎮	社寮國小	120.72	23.81	238.98	225.87
3	校舍	南投縣信義鄉	雙龍國小	120.95	23.79	344.23	339.80
4	校舍	南投縣信義鄉	信義國中	120.85	23.70	435.35	407.77
5	校舍	南投縣信義鄉	信義國小	120.85	23.70	435.35	407.77
6	校舍	南投縣鹿谷鄉	瑞田國小	120.79	23.80	319.76	241.88
7	校舍	南投縣魚池鄉	明潭國中	120.91	23.87	288.17	249.83
8	校舍 非結構	南投縣水里鄉	水里國小(TCU078)	120.86	23.81	201.23	198.33
9	校舍 非結構	南投縣水里鄉	民和國中	120.92	23.80	367.77	366.15
10	校舍 非結構	南投縣埔里鎮	埔里高工	120.98	23.97	225.61	154.50
11	校舍 非結構	南投縣埔里鎮	南光國小(TCU074)	120.97	23.96	<u>281.01</u>	<u>159.93</u>
12	校舍	臺中市南區	四育國中	120.66	24.13	58.04	56.99
13	校舍 非結構	臺中市烏日區	旭光國小	120.60	24.11	62.85	62.81
14	校舍	苗栗縣造橋鄉	談文國小	120.85	24.65	21.13	18.80
15	民宅 非結構	雲林縣斗六市	斗六葡京娛樂城建物	120.54	23.71	91.95	142.39
16	民宅	雲林縣斗六市	站前銀座社區	120.54	23.71	94.29	147.31
17	民宅 非結構	雲林縣斗六市	百利花園廣場社區	120.53	23.71	92.81	132.34
18	民宅	南投縣竹山鎮	竹山連棟民宅 1	120.68	23.76	228.44	319.92
19	民宅	南投縣竹山鎮	竹山民宅 2	120.68	23.76	235.59	326.03
20	民宅	南投縣竹山鎮	竹山民宅 3	120.68	23.75	224.28	313.71
21	民宅	南投縣竹山鎮	竹山民宅 4	120.68	23.75	232.25	322.51
22	民宅	南投縣竹山鎮	竹山山區民宅	120.72	23.69	452.44	458.93
23	民宅	南投縣鹿谷鄉	鹿谷鄉立圖書館	120.76	23.74	442.50	421.90
24	民宅	南投縣鹿谷鄉	鹿谷鄉觀光服務所	120.76	23.74	424.63	407.95
25	民宅	南投縣鹿谷鄉	公共造產-銘恩堂(靈骨塔)	120.76	23.74	412.05	394.51
26	民宅	南投縣鹿谷鄉	欣欣製茶休閒農莊	120.76	23.76	393.53	370.95
27	民宅	南投縣魚池鄉	魚池鄉公所	120.94	23.90	244.18	236.36
28	民宅	南投縣魚池鄉	日月潭邊住商樓	120.93	23.85	342.89	323.85
29	非結構	嘉義市東區	嘉義市政府	120.45	23.48	64.04	61.66
30	非結構	雲林縣斗六市	台大雲林分院	120.53	23.70	103.14	152.47

31	非結構	雲林縣斗六市	萬泰銀行斗六分行	120.54	23.71	94.29	147.31
32	非結構	南投縣中寮鄉	中寮鄉公所	120.77	23.88	269.28	240.54
33	非結構	南投縣中寮鄉	中寮開閉所	120.77	23.89	245.64	215.77
34	非結構	南投縣埔里鎮	暨南大學圖書館(TCU148)	120.93	23.95	<u>355.77</u>	<u>433.65</u>

表 3.4 勘災地點位置及可能之譜加速度值估算結果

編號	類別	學校名稱	Sa(T=0.3s)(g)		Sa(T=1.0s)(g)		475 年回歸期 設計地震值	
			EW 向	NS 向	EW 向	NS 向	S _{DS}	S _{DI}
1	校舍	鹿谷國中	0.68	0.89	0.79	0.38	1.00	0.62
2	校舍	社寮國小	0.41	0.56	0.51	0.18	0.98	0.67
3	校舍	雙龍國小	0.65	0.66	0.36	0.36	0.80	0.54
4	校舍	信義國中	0.79	0.87	0.69	0.47	0.84	0.55
5	校舍	信義國小	0.79	0.87	0.69	0.47	0.84	0.55
6	校舍	瑞田國小	0.51	0.60	0.51	0.22	1.08	0.69
7	校舍	明潭國中	0.50	0.55	0.38	0.32	0.84	0.55
8	校舍 非結構	水里國小(TCU078)	0.42	0.42	0.19	0.19	1.00	0.62
9	校舍 非結構	民和國中	0.70	0.70	0.34	0.35	0.84	0.55
10	校舍 非結構	埔里高工	0.35	0.31	0.43	0.24	0.70	0.52
11	校舍 非結構	南光國小(TCU074)	<u>0.41</u>	<u>0.35</u>	<u>0.59</u>	<u>0.28</u>	0.70	0.52
12	校舍	四育國中	0.14	0.15	0.06	0.06	0.86	0.60
13	校舍 非結構	旭光國小	0.15	0.16	0.06	0.06	0.88	0.55
14	校舍	談文國小	0.06	0.06	0.02	0.02	0.80	0.54
15	民宅 非結構	斗六葡京娛樂城建物	0.20	0.36	0.22	0.38	0.84	0.55
16	民宅	站前銀座社區	0.20	0.36	0.22	0.36	0.84	0.55
17	民宅 非結構	百利花園廣場社區	0.20	0.32	0.23	0.36	0.84	0.55
18	民宅	竹山連棟民宅 1	0.42	0.75	0.68	0.22	0.98	0.67
19	民宅	竹山民宅 2	0.42	0.77	0.70	0.22	0.98	0.67
20	民宅	竹山民宅 3	0.46	0.71	0.62	0.21	0.98	0.67
21	民宅	竹山民宅 4	0.44	0.75	0.67	0.22	0.98	0.67
22	民宅	竹山山區民宅	0.85	1.05	0.85	0.48	0.93	0.65
23	民宅	鹿谷鄉立圖書館	0.76	0.96	0.85	0.44	1.00	0.62
24	民宅	鹿谷鄉觀光服務所	0.73	0.94	0.83	0.42	1.00	0.62
25	民宅	公共造產-銘恩堂(靈骨塔)	0.70	0.91	0.81	0.40	1.00	0.62
26	民宅	欣欣製茶休閒農莊	0.66	0.86	0.77	0.37	1.00	0.62
27	民宅	魚池鄉公所	0.50	0.51	0.40	0.39	0.70	0.52
28	民宅	日月潭邊住商樓	0.64	0.65	0.38	0.37	0.84	0.55
29	非結構	嘉義市政府	0.17	0.17	0.08	0.09	0.80	0.54
30	非結構	台大雲林分院	0.20	0.32	0.25	0.26	0.80	0.54

31	非結構	萬泰銀行斗六分行	0.20	0.36	0.22	0.36	0.84	0.55
32	非結構	中寮鄉公所	0.70	0.63	0.56	0.17	1.00	0.62
33	非結構	中寮開閉所	0.66	0.58	0.50	0.15	1.08	0.69
34	非結構	暨南大學圖書館(TCU148)	<u>0.45</u>	<u>0.53</u>	<u>0.20</u>	<u>0.11</u>	0.70	0.52

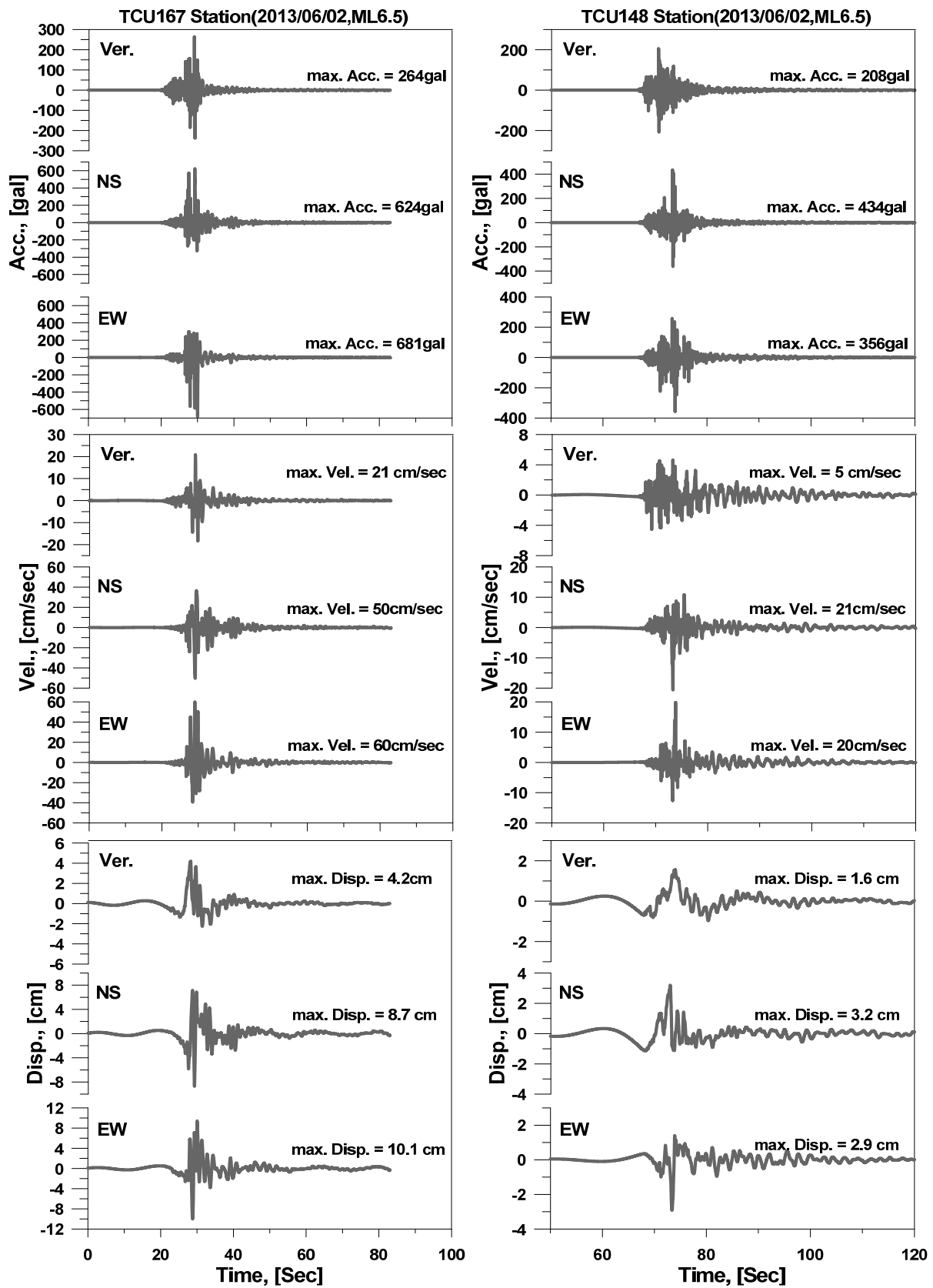


圖 3.1 震度六級以上測站之地表加速度歷時圖

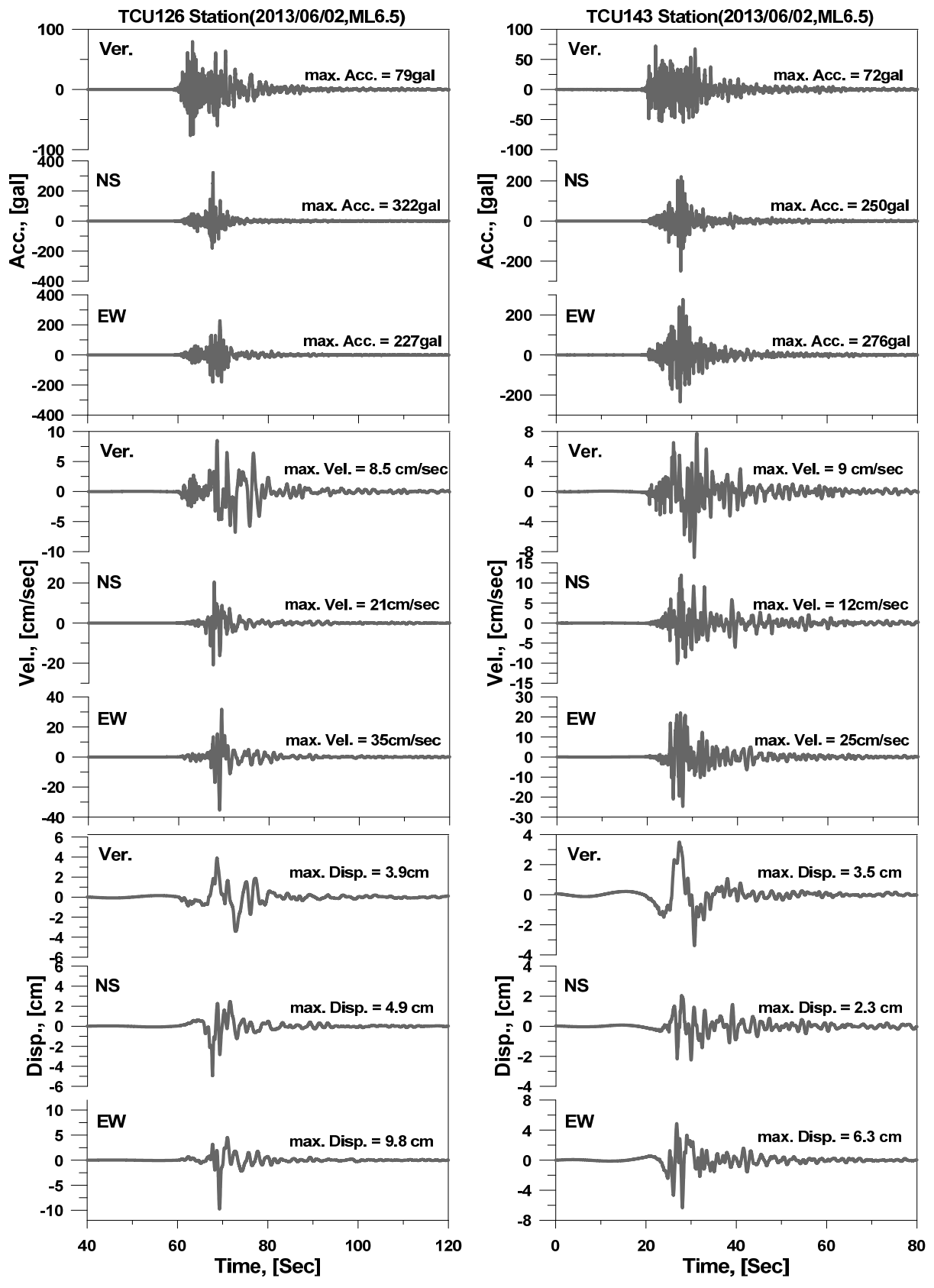


圖 3.1(續) 震度六級以上測站之地表加速度歷時圖

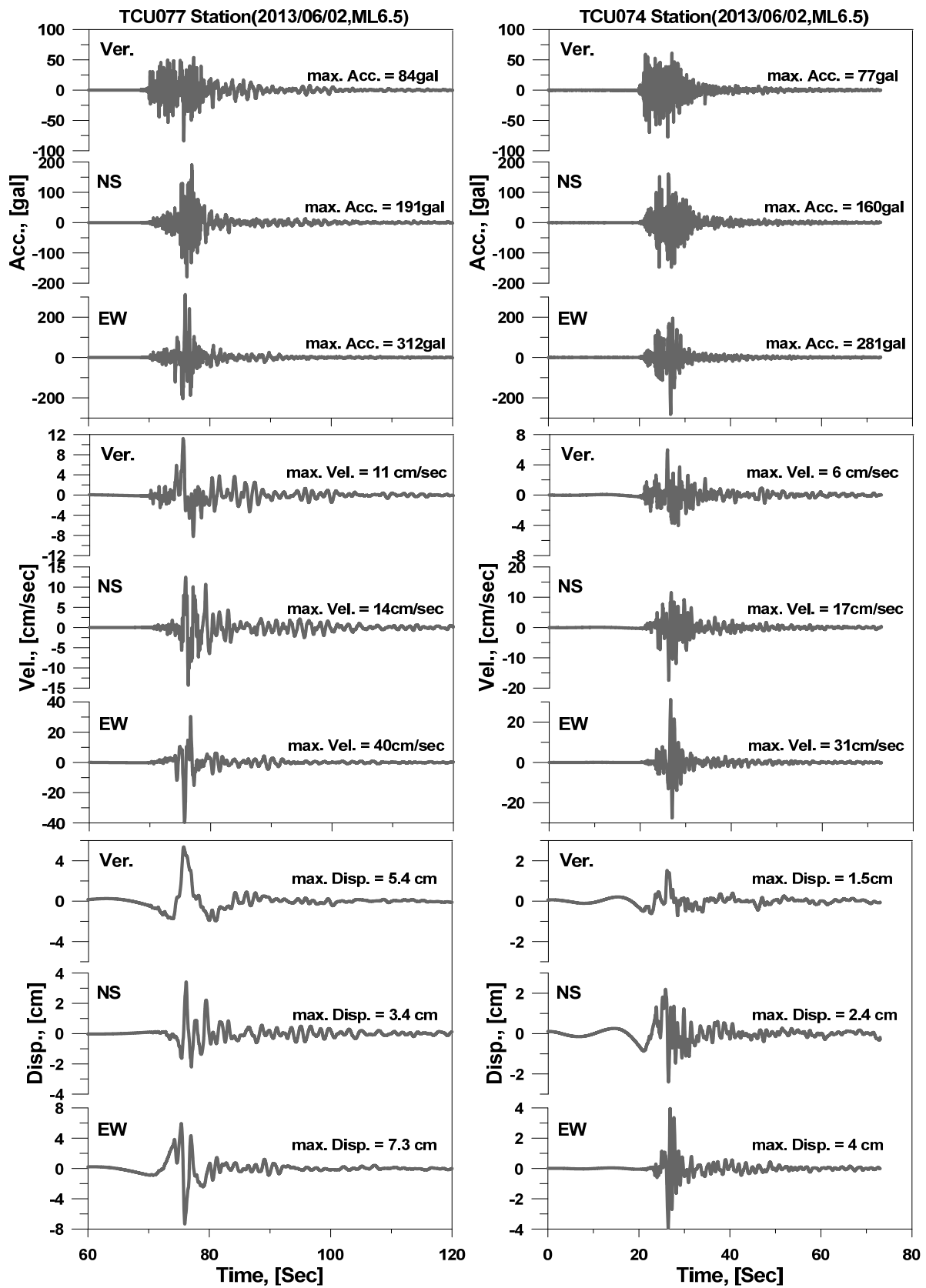


圖 3.1(續) 震度六級以上測站之地表加速度歷時圖

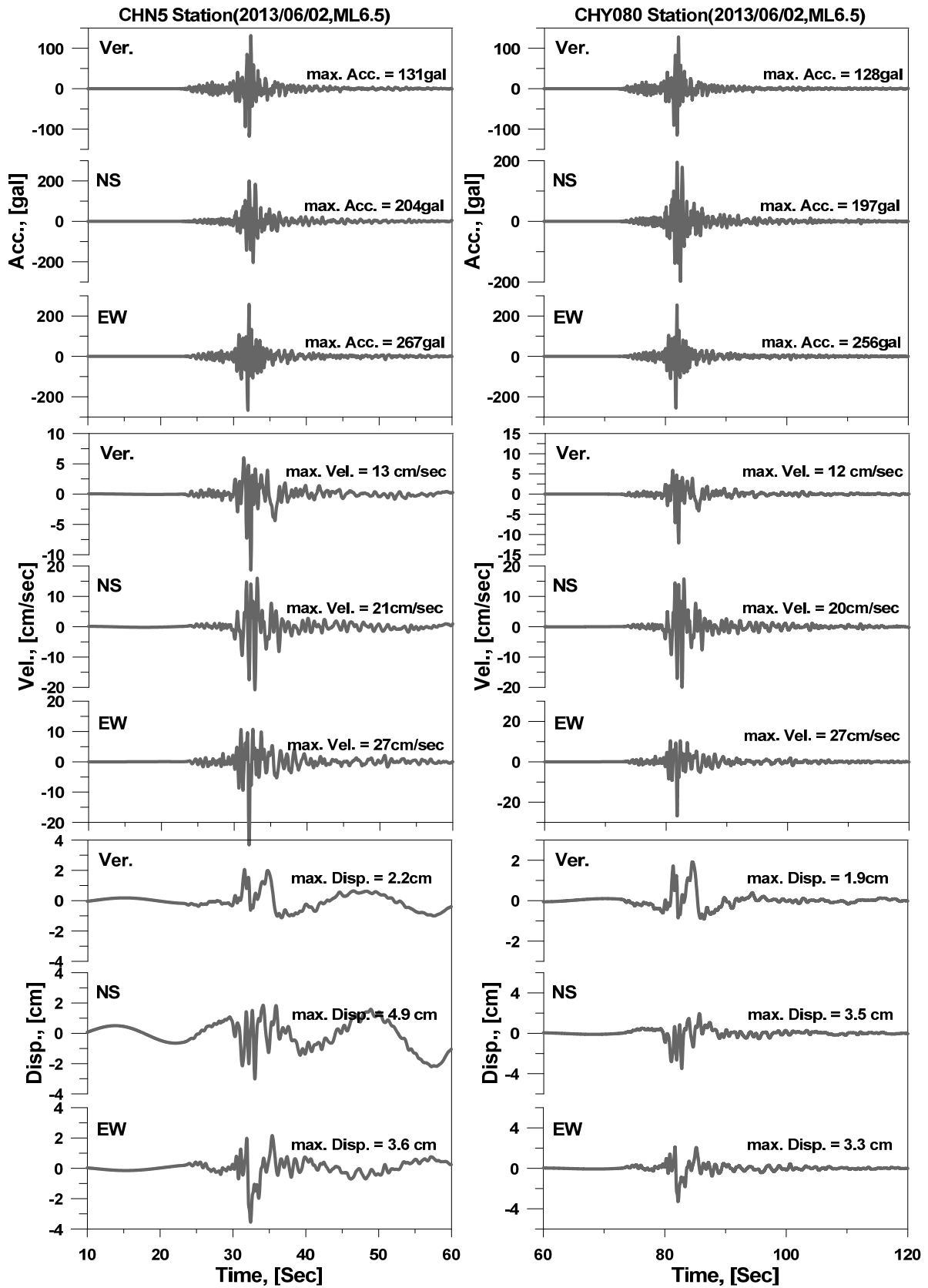


圖 3.1(續) 震度六級以上測站之地表加速度歷時圖

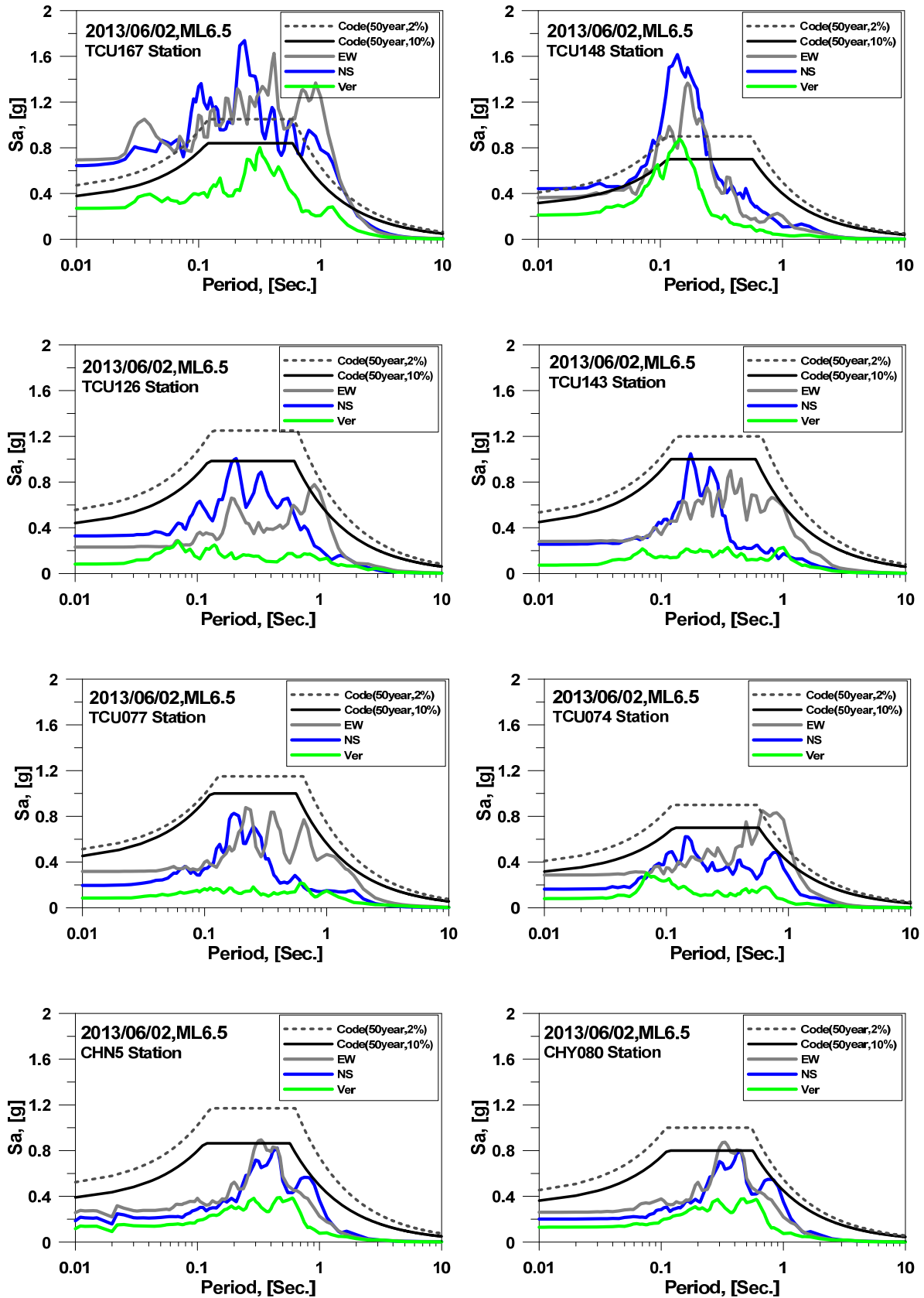


圖 3.2 測站之加速度反應譜與設計反應譜之比較

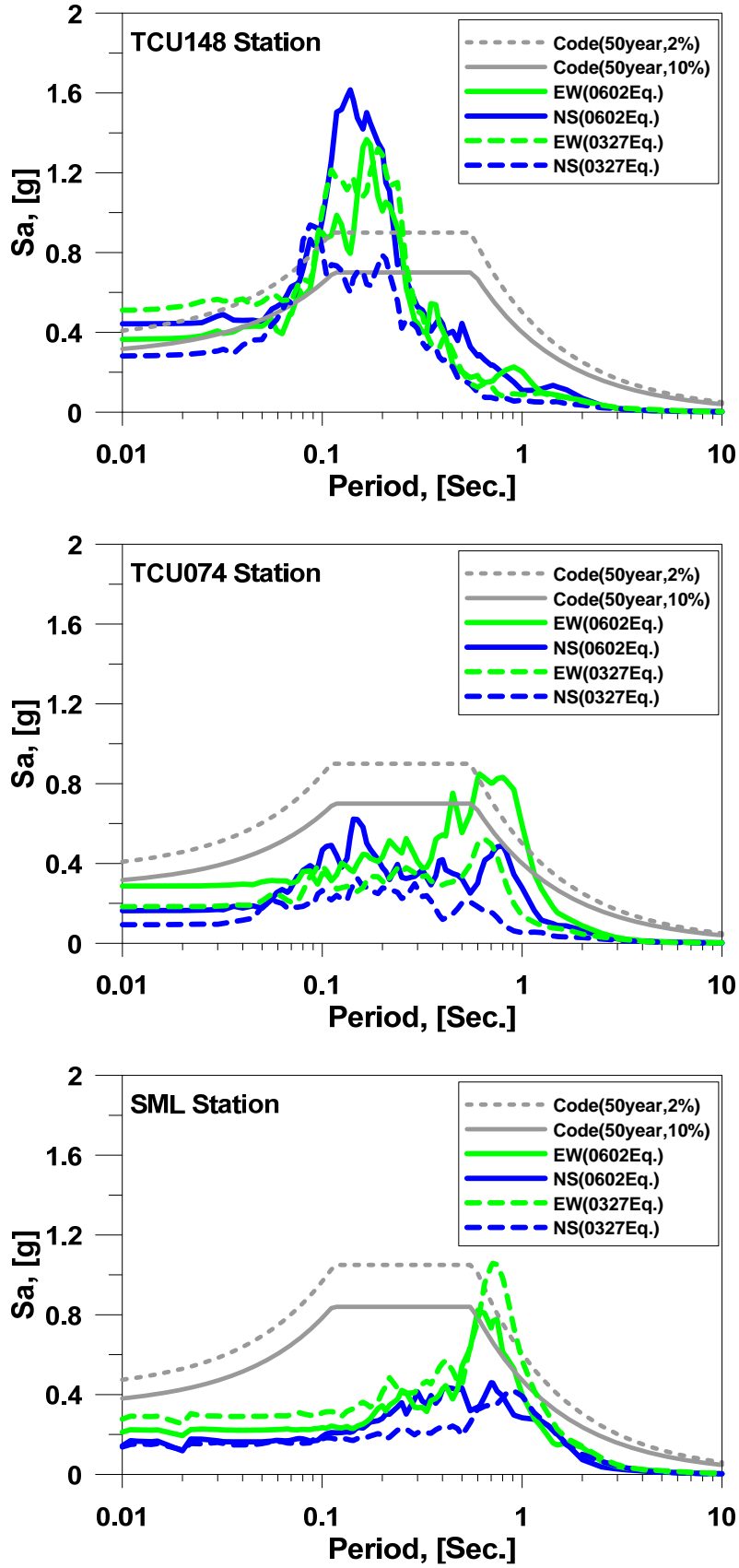


圖 3.3 部分測站於 0327 與 0602 地震中的譜加速度反應譜比較

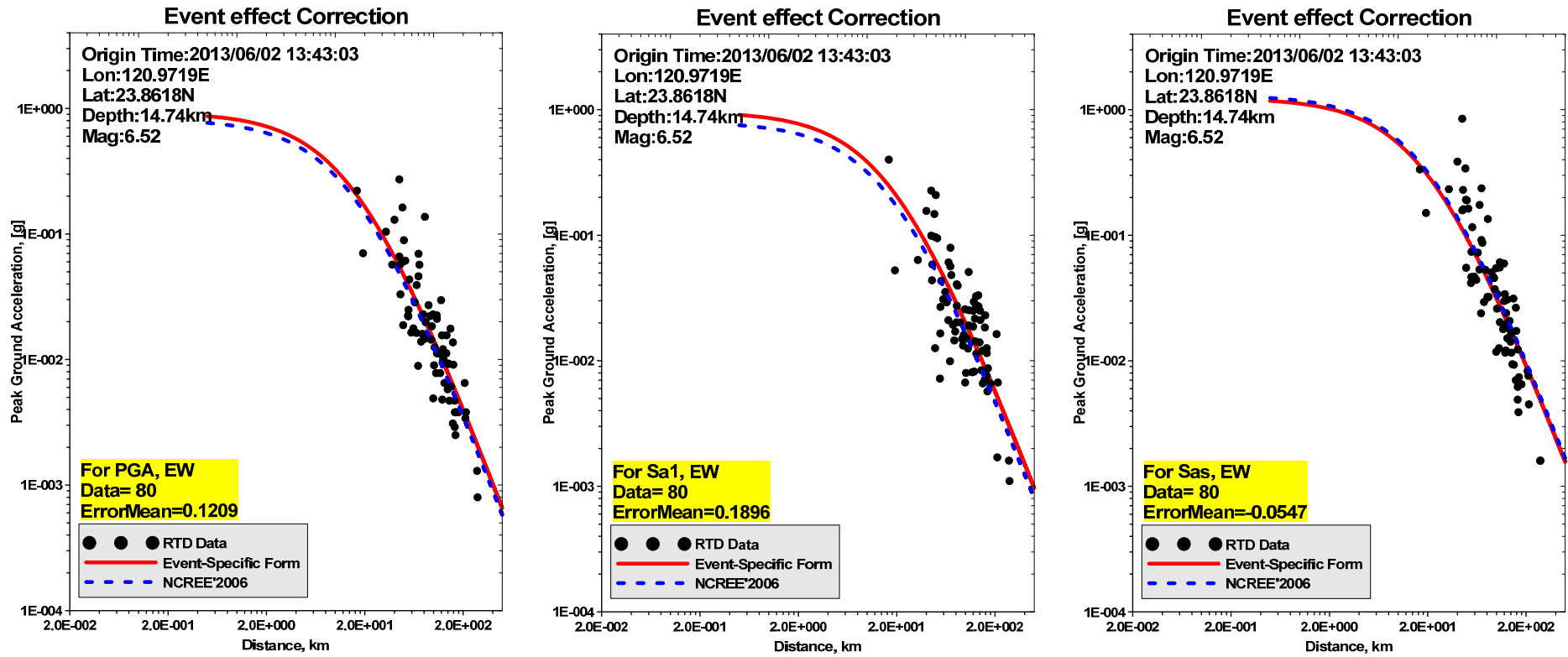


圖 3.4 即時站之東西向紀錄隨震源距離變化特性與衰減律之比較

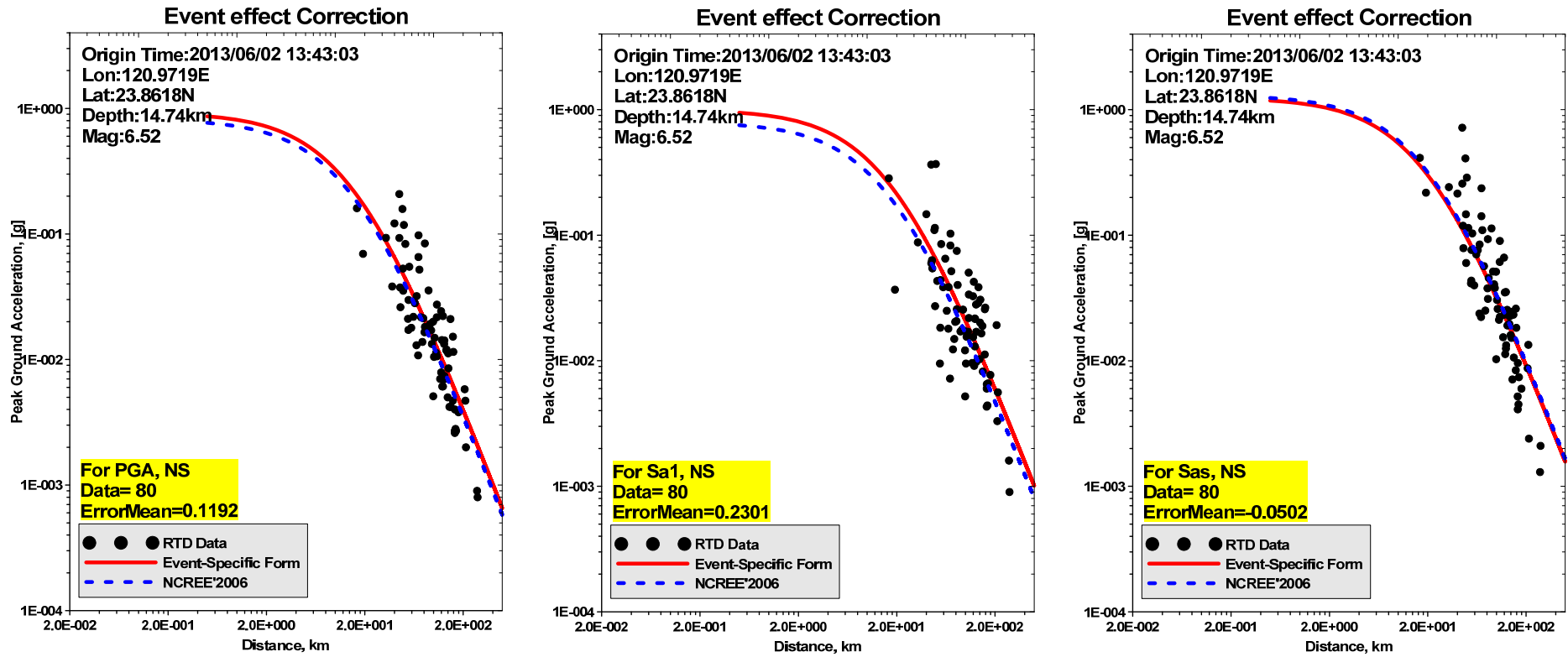


圖 3.5 即時站之南北向紀錄隨震源距離變化特性與衰減律之比較

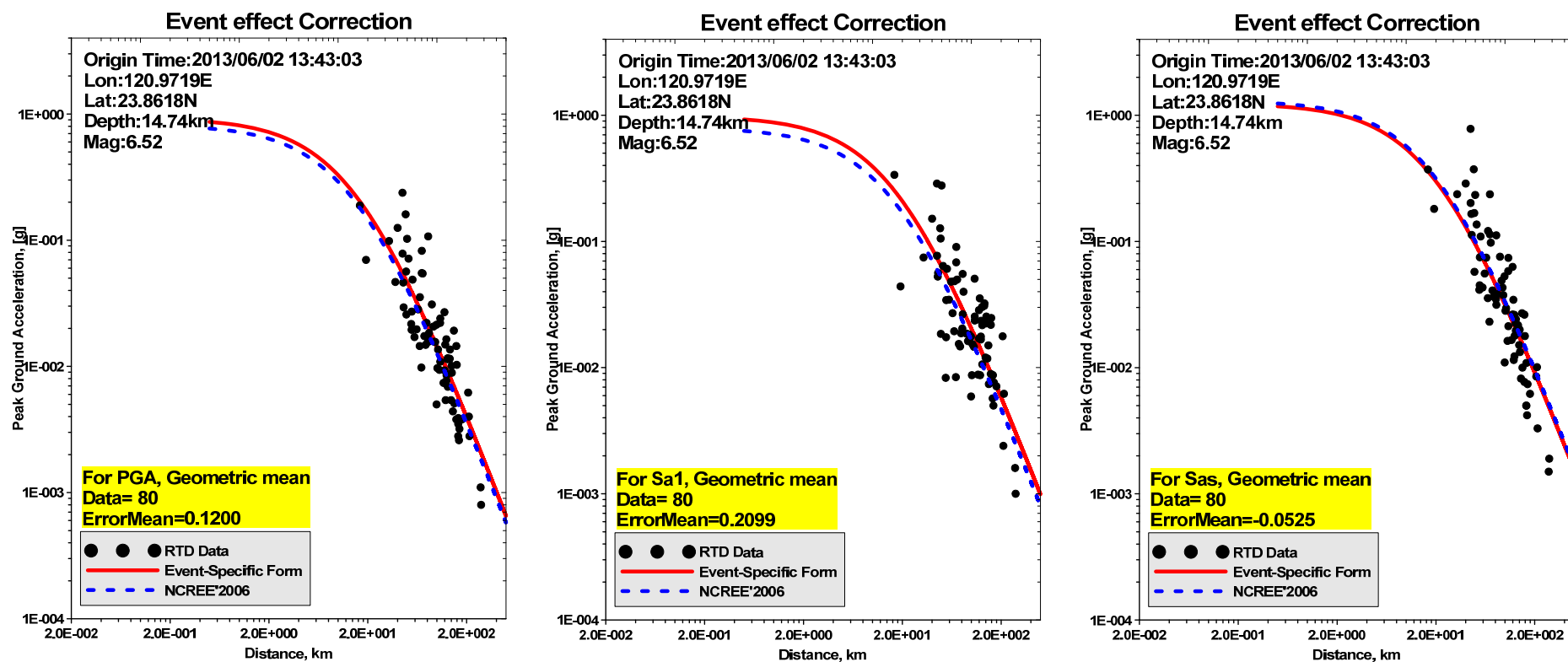


圖 3.6 即時站之兩水平向紀錄之幾何平均值隨震源距離變化特性與衰減律之比較

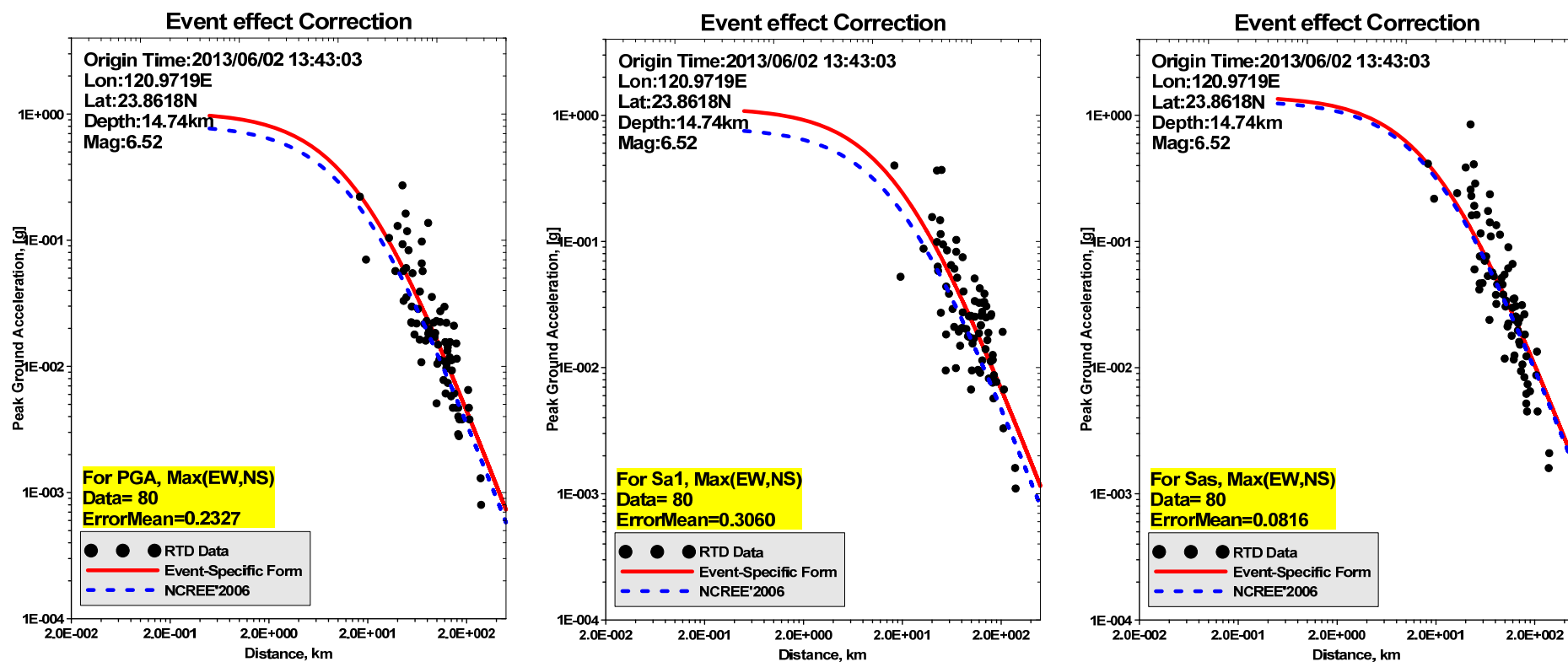
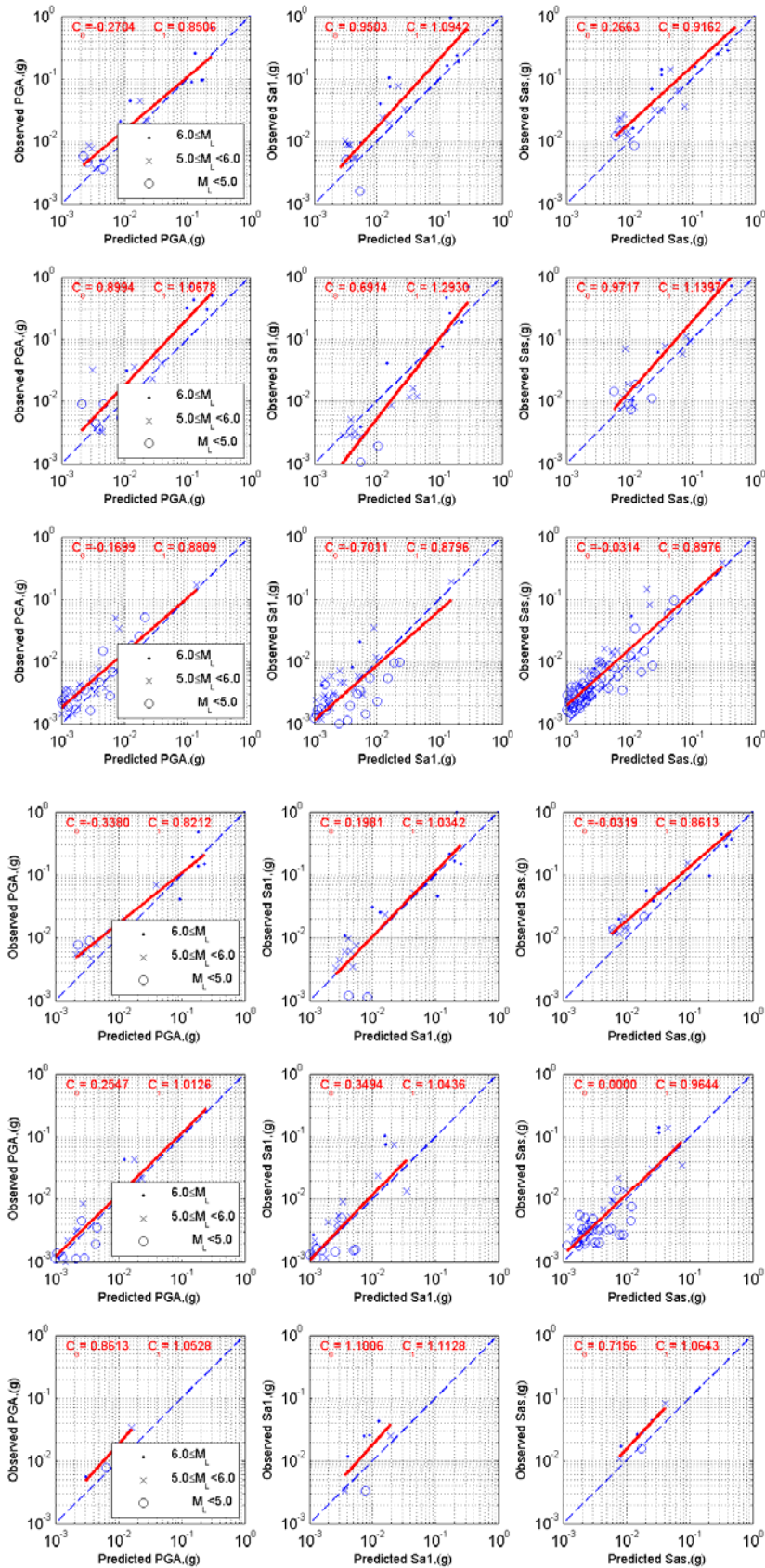


圖 3.7 即時站之兩水平向紀錄之最大值隨震源距離變化特性與衰減律之比較



Station:TCU084 (No. of Data=21)
 E/N=120.90/23.88
 M_L = 4.13~ 7.06
 Depth(km)= 4.39~ 32.89
 Distance(km)= 14.04~142.92
 PGA(gal)= 3.57~646.05
 Sa1(gal)= 0.88~1368.19
 Sas(gal)= 8.39~1665.56
 Vs30=1

Station:TCU079 (No. of Data=19)
 E/N=120.89/23.84
 M_L = 4.05~ 7.06
 Depth(km)= 4.77~ 32.89
 Distance(km)= 11.53~143.90
 PGA(gal)= 3.15~683.29
 Sa1(gal)= 0.44~694.94
 Sas(gal)= 7.18~1788.59
 Vs30=1

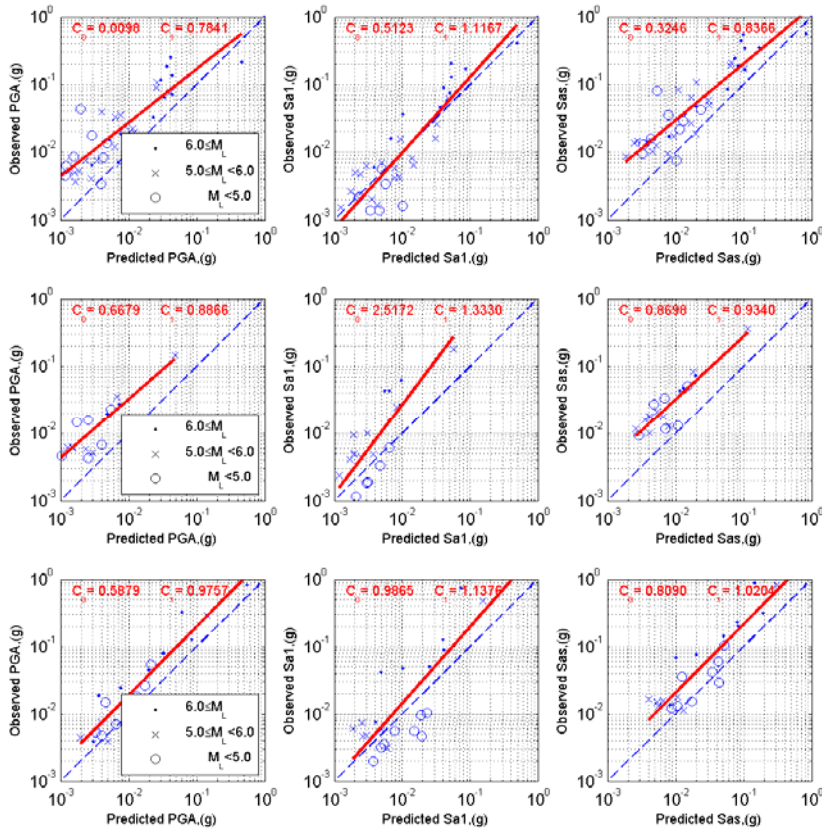
Station:CHN5 (No. of Data=84)
 E/N=120.67/23.60
 M_L = 4.00~ 6.24
 Depth(km)= 0.90~ 35.00
 Distance(km)= 11.74~250.98
 PGA(gal)= 0.65~168.30
 Sa1(gal)= 0.18~191.17
 Sas(gal)= 1.45~383.11
 Vs30=1

Station:TCU074 (No. of Data=17)
 E/N=120.96/23.96
 M_L = 4.05~ 7.06
 Depth(km)= 5.29~ 32.89
 Distance(km)= 10.65~220.97
 PGA(gal)= 4.72~464.11
 Sa1(gal)= 0.47~977.02
 Sas(gal)= 11.61~1342.15
 Vs30=1

Station:SML (No. of Data=42)
 E/N=120.90/23.88
 M_L = 4.03~ 7.06
 Depth(km)= 0.90~ 34.22
 Distance(km)= 16.43~270.45
 PGA(gal)= 0.68~646.07
 Sa1(gal)= 0.39~103.10
 Sas(gal)= 1.74~140.37
 Vs30=1

Station:TCU077 (No. of Data=5)
 E/N=120.78/23.83
 M_L = 4.75~ 6.80
 Depth(km)= 5.30~ 22.03
 Distance(km)= 32.42~211.25
 PGA(gal)= 5.46~ 33.77
 Sa1(gal)= 3.26~ 41.84
 Sas(gal)= 10.40~ 80.66
 Vs30=1

圖 3.8 震央附近強震測站實測值與堅硬地盤衰減律計算值之關係



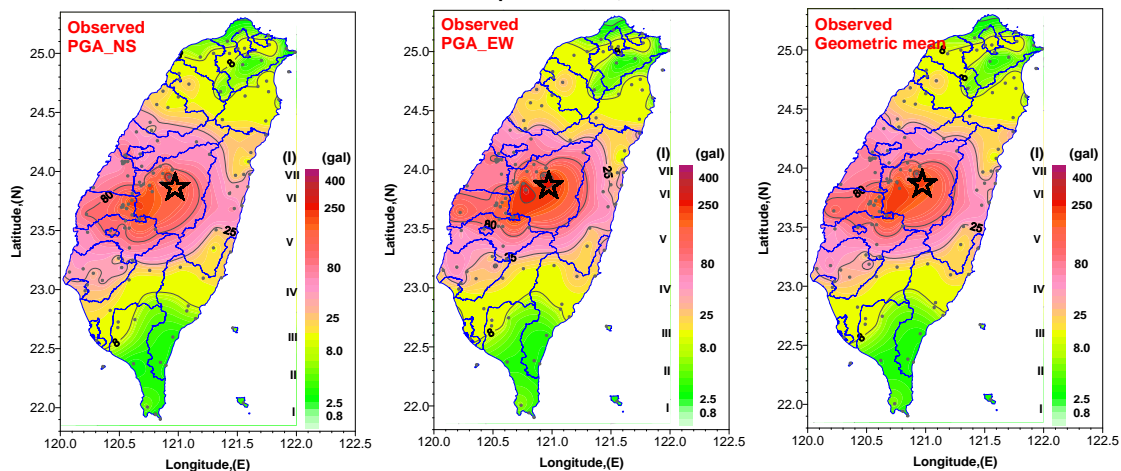
Station:CHY024 (No. of Data=40)
 E/N=120.61/ 23.76
 $M_L = 4.04 \sim 7.06$
 Depth(km)= 4.39~ 29.48
 Distance(km)= 8.74~177.70
 PGA(gal)= 3.37~246.72
 Sa1(gal)= 0.47~398.75
 Sas(gal)= 7.39~554.94
 $Vs30=1$

Station:CHY083 (No. of Data=16)
 E/N=120.58/ 23.72
 $M_L = 4.23 \sim 6.80$
 Depth(km)= 5.00~ 29.48
 Distance(km)= 26.60~181.19
 PGA(gal)= 4.25~143.43
 Sa1(gal)= 0.55~178.22
 Sas(gal)= 9.23~355.74
 $Vs30=1$

Station:CHY080 (No. of Data=21)
 E/N=120.67/ 23.60
 $M_L = 4.04 \sim 7.06$
 Depth(km)= 4.39~ 27.01
 Distance(km)= 6.01~190.19
 PGA(gal)= 3.78~815.76
 Sa1(gal)= 1.96~1773.14
 Sas(gal)= 11.10~2200.63
 $Vs30=1$

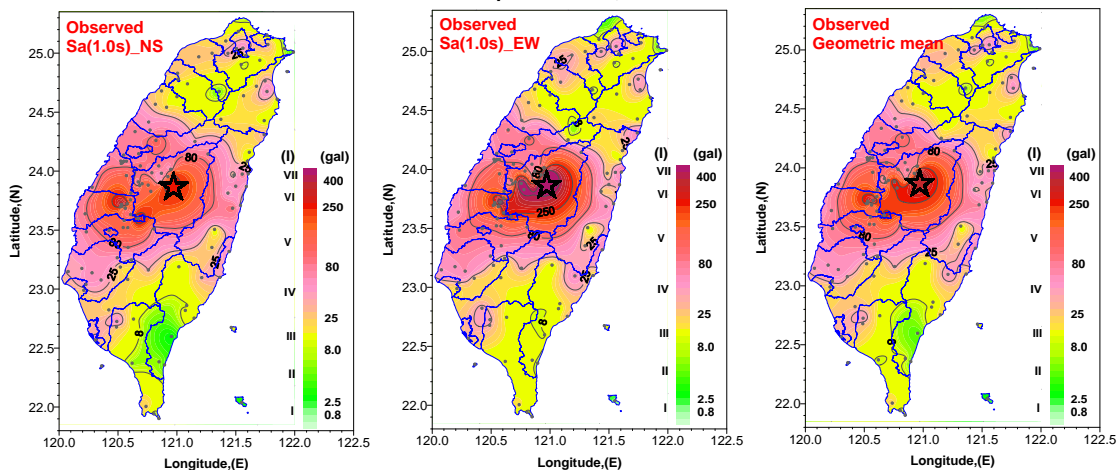
圖 3.8(續) 震央附近強震測站實測值與堅硬地盤衰減律計算值之關係

2013/06/02 13:43:03, Location=120.97E / 23.86N
ML=6.5 / Depth=14.54km, Data: 134 sites



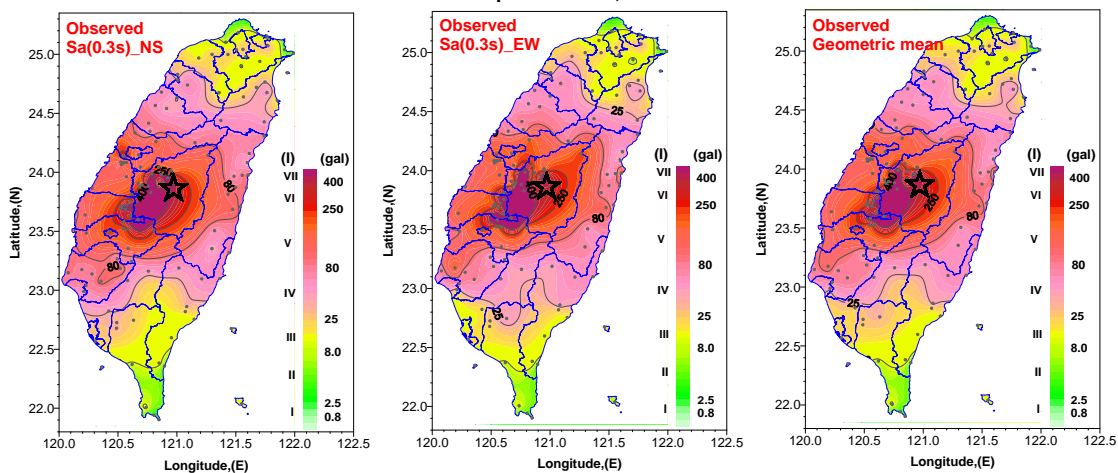
(a) 實際 PGA 觀測資料分佈

2013/06/02 13:43:03, Location=120.97E / 23.86N
ML=6.5 / Depth=14.54km, Data: 134 sites



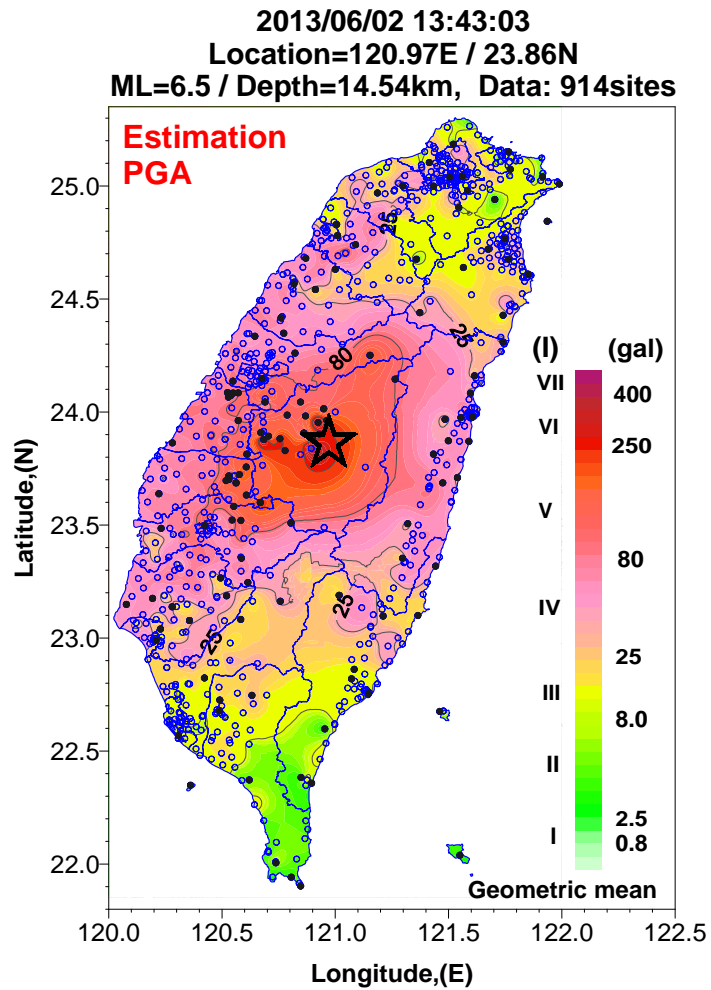
(b) 實際 S_{a1} 觀測資料分佈

2013/06/02 13:43:03, Location=120.97E / 23.86N
ML=6.5 / Depth=14.54km, Data: 134 sites

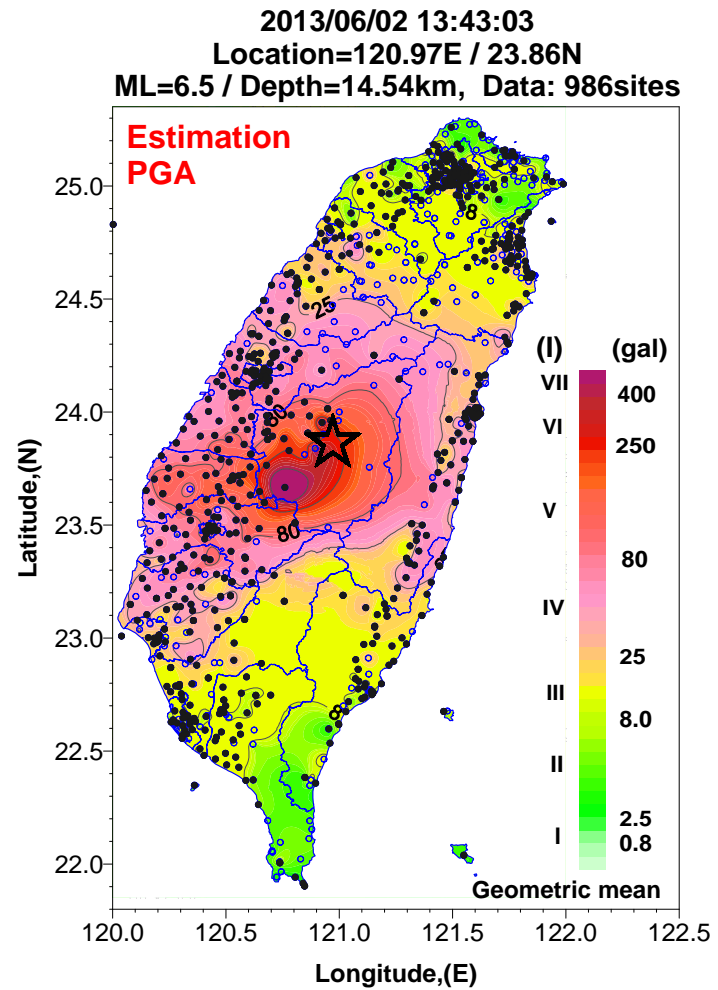


(c) 實際 $S_{a0.3}$ 觀測資料分佈

圖 3.9 0602 南投地震之實際紀錄之地震動分佈圖

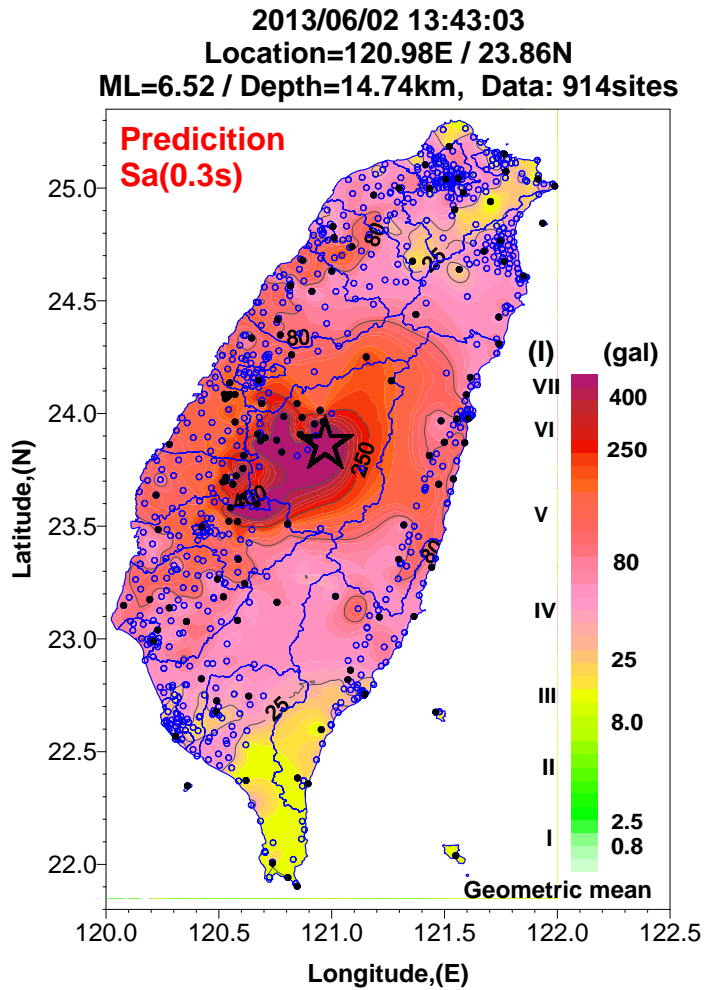


(a) 使用 134 筆實測紀錄值(圖中黑點)

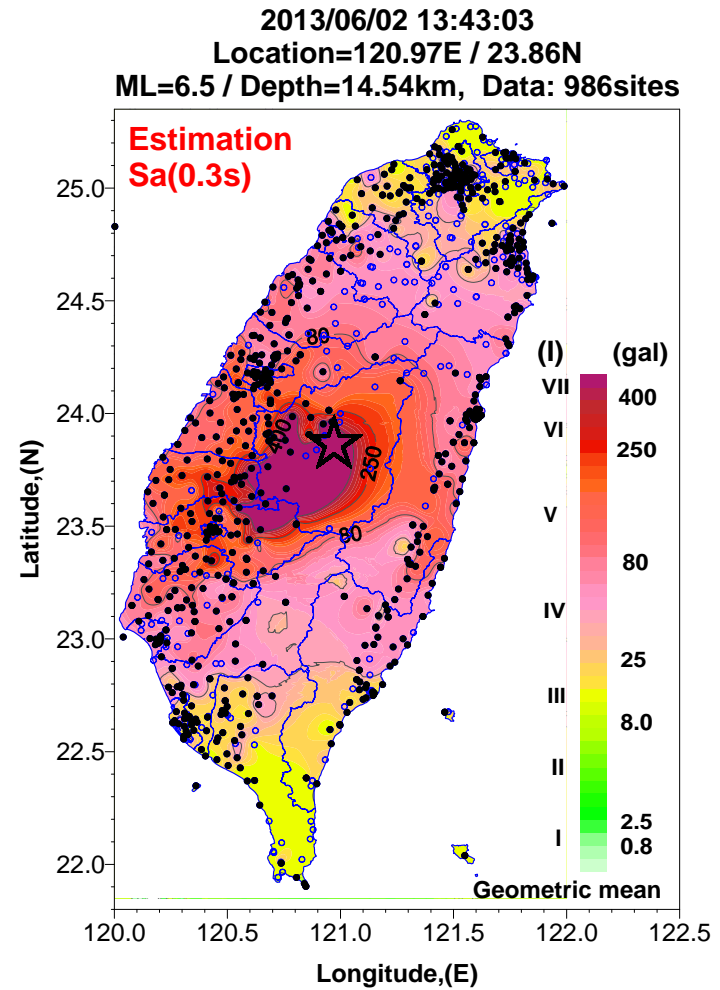


(b) 使用 720 筆實測紀錄值(圖中黑點)

圖 3.10 0602 南投地震之最大地表加速度(PGA)地震動潛勢分佈圖

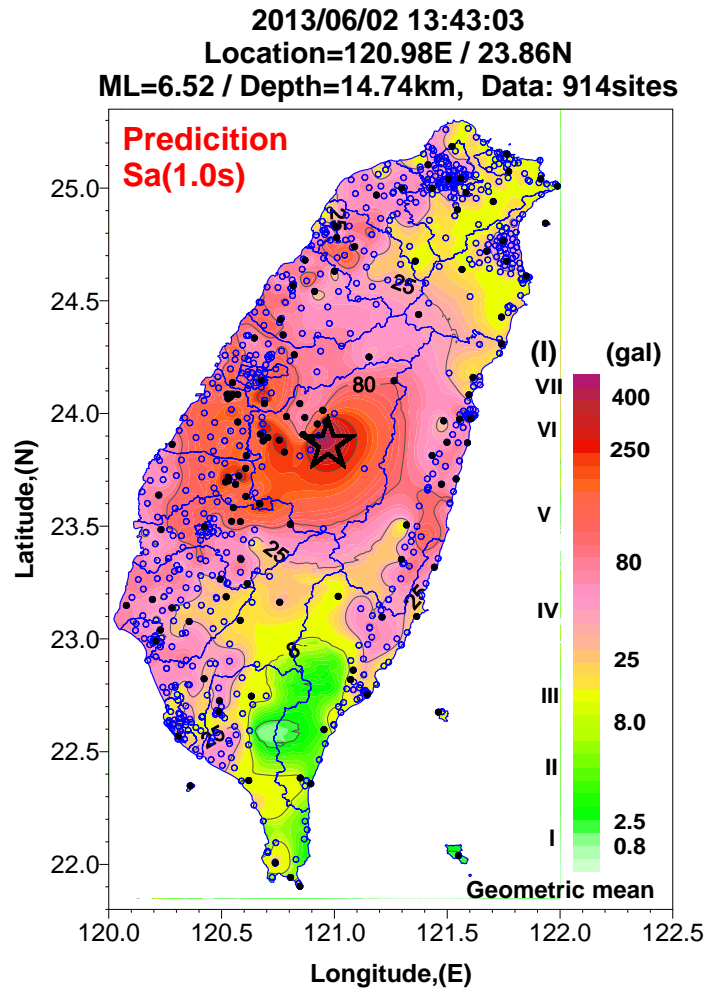


(a) 使用 134 筆實測紀錄值(圖中黑點)

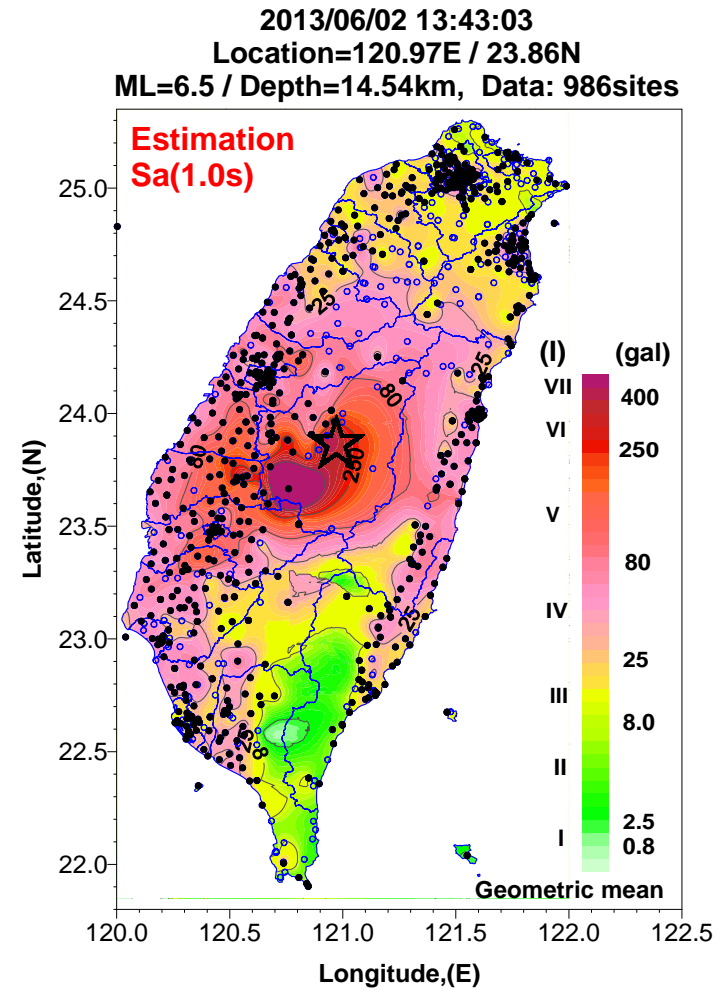


(b) 使用 720 筆實測紀錄值(圖中黑點)

圖 3.11 0602 南投地震之短週期譜加速度 S_{as} 地震動潛勢分佈圖

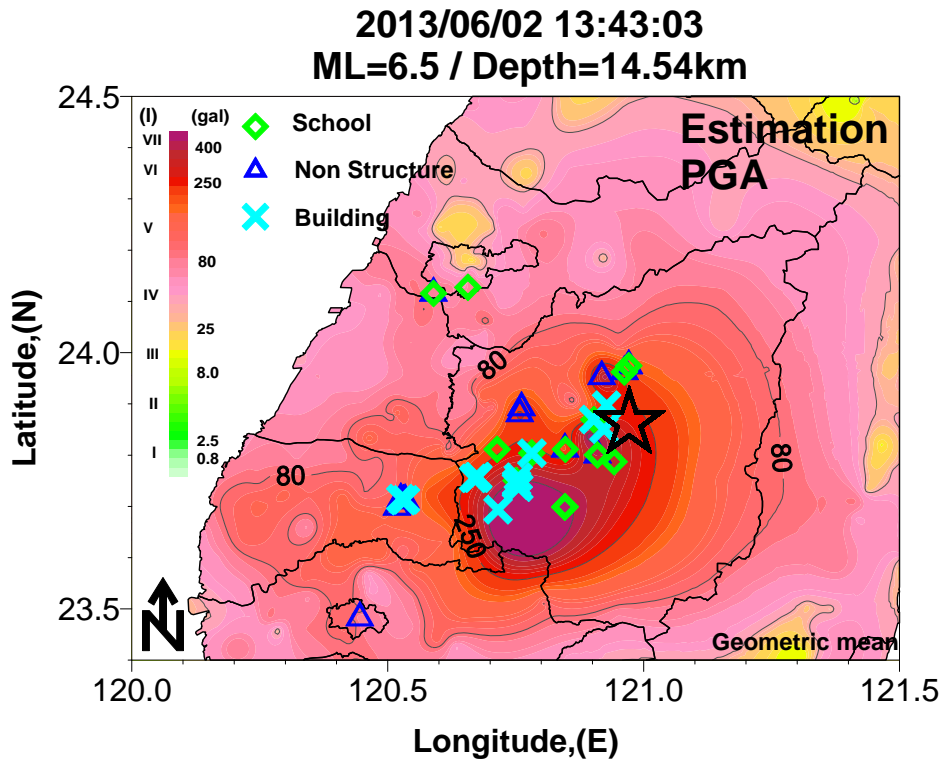


(a) 使用 134 筆實測紀錄值(圖中黑點)

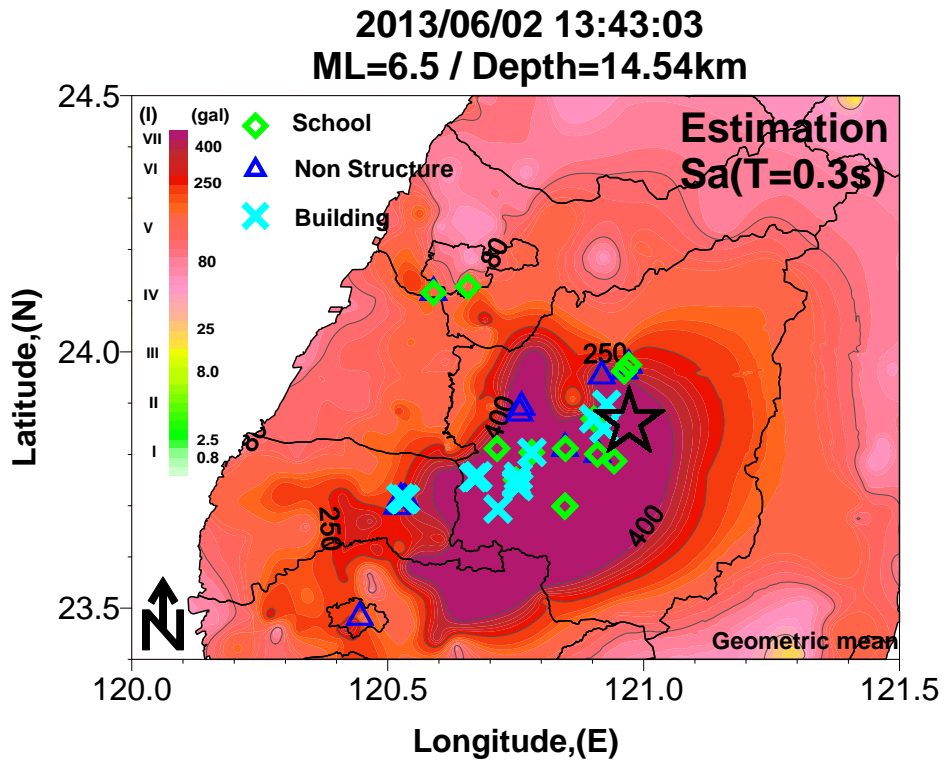


(b) 使用 720 筆實測紀錄值(圖中黑點)

圖 3.12 0602 南投地震之長週期譜加速度 S_{a1} 地震動潛勢分佈圖



(a) PGA



(b) S_{as}

圖 3.13 近震源地區可能之地震動分布及勘災位置比較圖

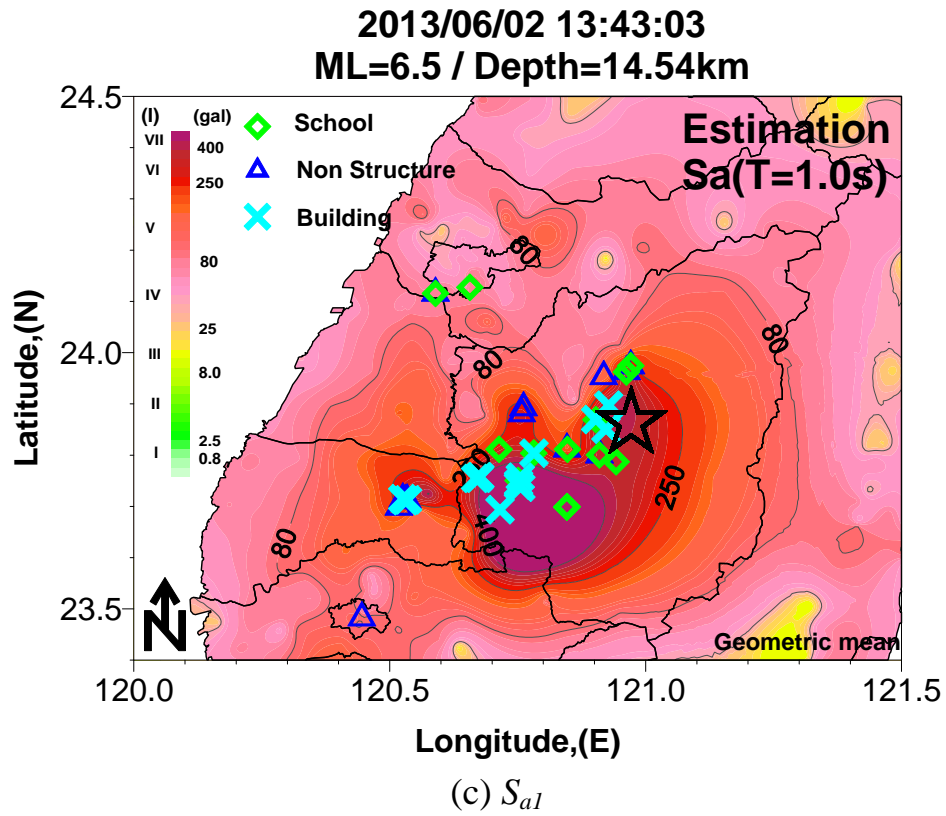


圖 3.13(續) 近震源地區可能之地震動分布及勘災位置比較圖

第四章 地震災情推估

國震中心長期以來持續發展震災境況模擬工具軟體—台灣地震損失評估系統(Taiwan Earthquake Loss Estimation System, TELES；葉錦勳，2003 [16])，同時並發展地震早期損失評估(Early Seismic Loss Estimation, ESLE)的技術(葉錦勳、陳緯蒼，2004 [17])，可於每一次地震發生後的短時間內，自動啟動並完成震災境況模擬，將地震可能引致之災害推估結果，以客製化的方式提供各級災害應變中心人員，作為災情分析研判和救災資源派遣的參考。

地震早期損失評估的流程如圖 4.1 所示，中央氣象局地震速報系統可在地震發生後的極短時間內，發布地震發生時間、規模、震央位置和震源深度等點震源參數；其地震報告電子郵件，則除了點震源參數外，也提供各強震即時測站的實測最大地表加速度。當 ESLE 伺服器接收中央氣象局的地震報告電子郵件後，即自動判讀與分析郵件內容，進行震源參數辨識，進而查詢事前已建置完成之地震損失模擬資料庫，搜尋出較合理的損失評估結果，並將災損資訊以電子郵件及簡訊方式通知防救災及相關應變人員。目前地震早期損失評估已有數項服務，諸如：中央災害應變中心(應變開設、災情分析研判)、國家災害防救科技中心(災情分析研判)、經濟部水利署、臺北自來水事業處、台灣自來水公司(自來水管線損害)、財團法人台灣住宅地震保險基金(理賠服務)等，如圖 4.2 所示。

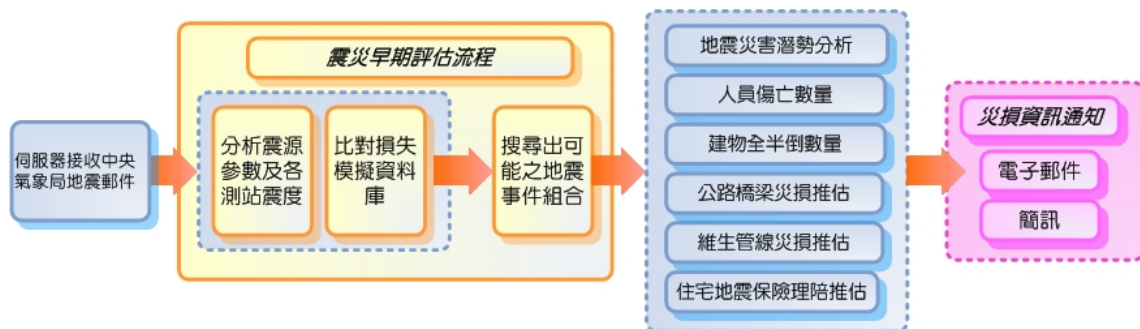


圖 4.1 地震早期損失評估之流程

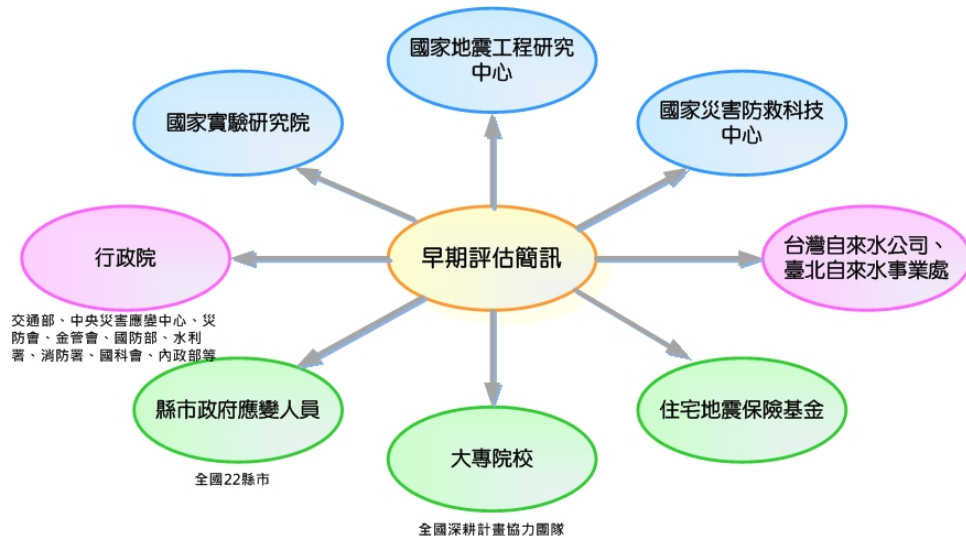


圖 4.2 地震早期損失評估通報服務

本中心於強震發生後，均利用中央氣象局之地震報告電子郵件，全自動完成 ESLE 地震早期損失評估，稱為第一階段自動評估，並完成所有通報服務。此外，亦視需要收集中央氣象局、美國地質調查所(USGS)等國內、外不同機構所發布的地震的斷層面解，研判一合理的面震源參數，並手動操作 TELES 軟體，於震後 2~6 小時內完成第二階段手動評估。強震發生後數日，隨著各機構完成資料分析並陸續更新詳細的震源參數，亦視需要，選擇一最終之震源參數(斷層面解)，進行 TELES 震災境況模擬並與實際的災損作一比對。

以下即就本次地震的評估結果進行說明。

4.1 第一階段自動評估

本次地震第一階段自動評估之流程與時間，如圖 4.3 所示。102 年 6 月 2 日南投地震，發生時間為下午 13 點 43 分，國震中心於 13 點 52 分接收到中央氣象局地震報告電子郵件後，ESLE 伺服器立即啟動自動評估，並於 1 分鐘內完成簡訊通報。之後，本中心人員於 13 點 53 分開始進行手動評估。

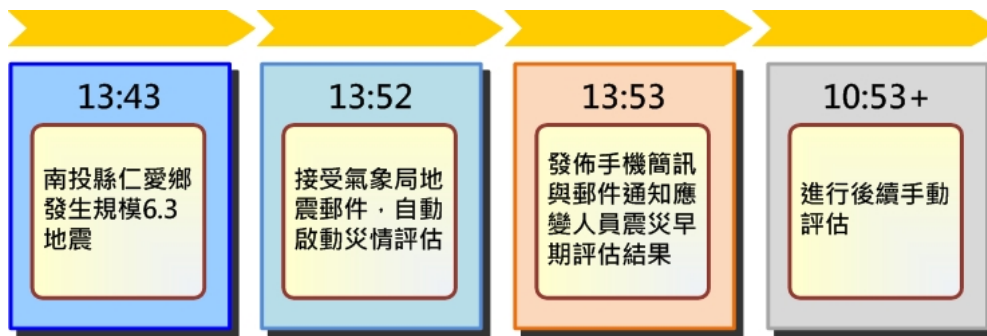


圖 4.3 南投地震第一階段自動評估之流程與時間

根據中央氣象局的南投地震的地震報告以及地震地震報告電子郵件，分別如圖 4.4、圖 4.5 所示，ELSE 自地震損失模擬資料庫中，篩選出四個最有可能的模擬地震事件，依序為事件一、事件二、事件三及事件四，震源分佈如圖 4.6 所示，其中事件一的震源參數與中央氣象局地震報告的條件最為吻合。ELSE 早期評估的各事件震源參數與評估結果如表 4.1 所列，第一時間的人員傷亡推估，死亡與重傷(指須立即送醫否則有生命危險者)人數合計為 2(0~3)人，代表事件一(最為吻合)推估為 2 人傷亡，事件一至事件四推估傷亡人數則介於 0~3 人之間。按過去經驗進行研判，本次地震可能導致極輕微人員傷亡的發生。

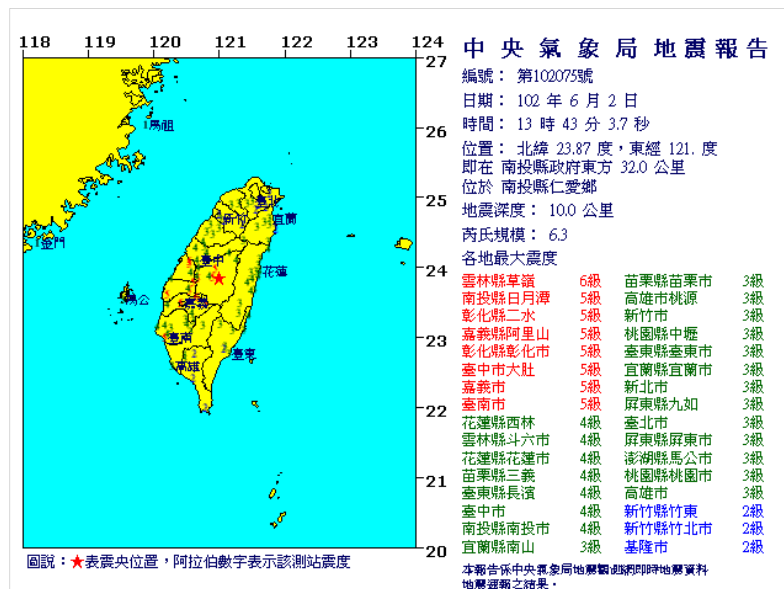


圖 4.4 中央氣象局南投地震之地震報告

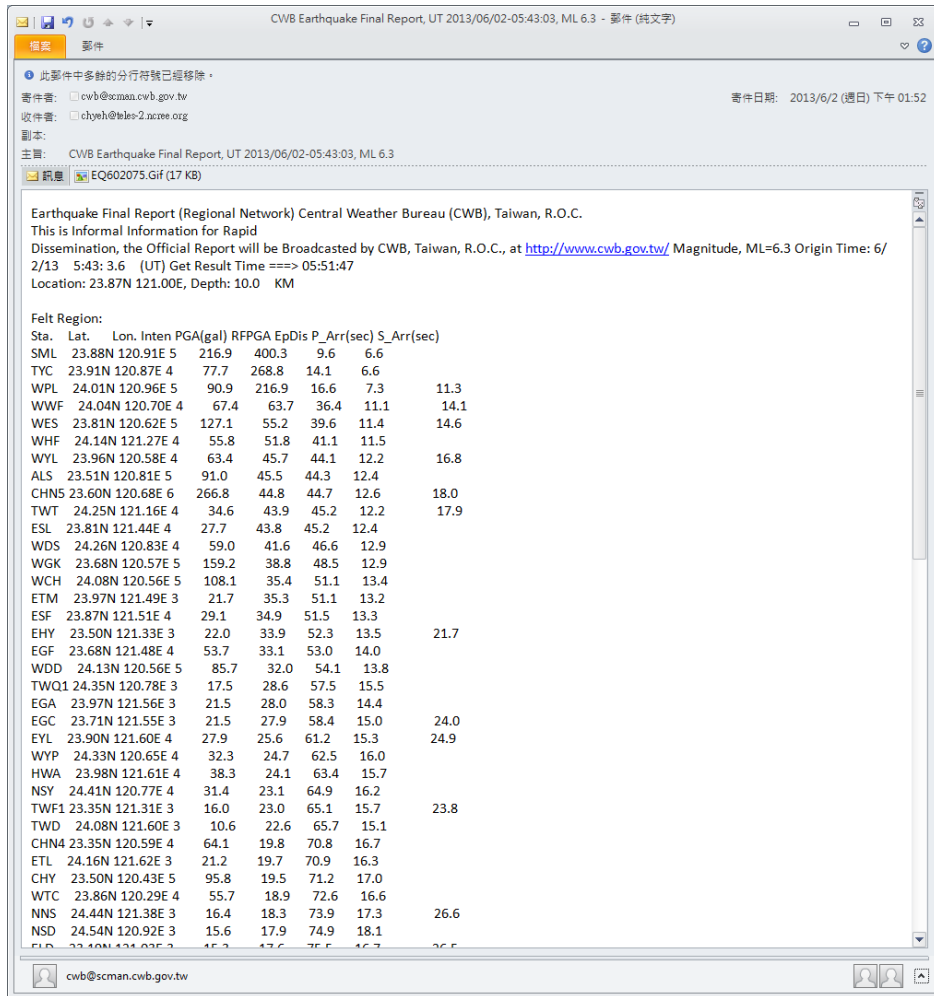


圖 4.5 中央氣象局南投地震之地震報告電子郵件



圖 4.6 第一階段自動評估最相符合模擬地震事件之震源分佈

表 4.1 第一階段自動評估之各事件震源參數與評估結果

震源參數/評估結果		中央氣象局 點震源資訊	事件 1	事件 2	事件 3	事件 4
芮氏規模		6.3	6.3	6.3	6.3	6.3
震央經度		121	120.90	120.90	121.025	121.00
震央緯度		23.87	23.75	23.75	24.75	23.95
震源深度(km)		10	5	5	5	5
震源模型		-	線震源	線震源	線震源	線震源
斷層 開裂 參數	開裂方向(度北偏東)	-	60	120	60	0
	長度(km)	-	18.70	18.70	18.70	18.70
	寬度(km)	-	-	-	-	-
	斷層面傾角(度)	-	-	-	-	-
人員傷亡(員)		-	2	3	0	0
建物損害(棟)		-	73	115	11	20

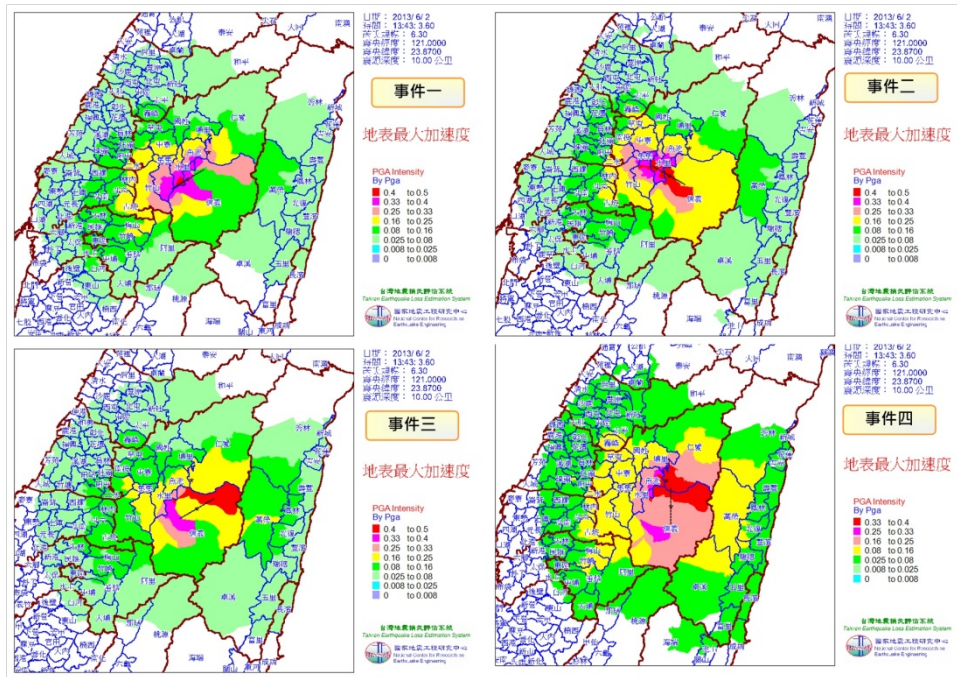


圖 4.7 第一階段自動評估各事件之 PGA 分佈主題圖

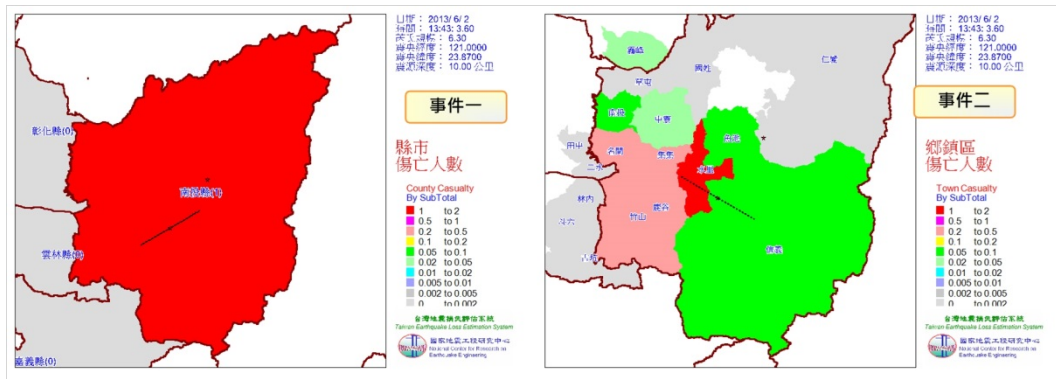


圖 4.8 第一階段自動評估之事件一及二人員傷亡分佈主題圖

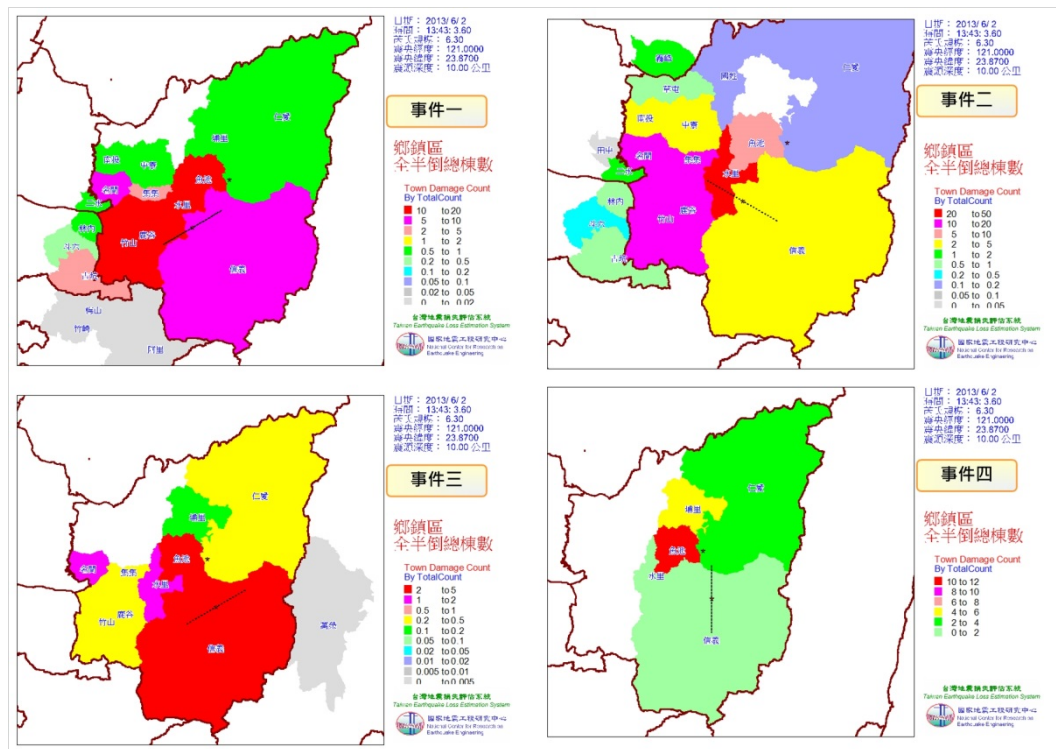


圖 4.9 第一階段自動評估各事件之建物全半倒分佈主題圖

此外，第一階段自動評估的各事件 PGA 分佈、人員傷亡分佈、建物全半倒分佈的主題圖，結果分別如圖 4.7、圖 4.8、圖 4.9 所示。許多鄉鎮市區的最大地表加速度 PGA 推估達 0.40~0.50g；人員傷亡方面，評估結果為 2 (0~3)人，傷亡可能出現在於水里；建築物損害方面，評估結果約有 11~115 棟發生完全或嚴重損害，損害地點集中於水里、魚池、信義一帶。

4.2 第二階段手動評估

第二階段的手動評估，須於最短時間內研判震源參數，選取合理的地震規模和可能的斷層開裂方向，以手動方式進行 TELES 震災境況模擬。此時，面震源參數為最重要的資訊，不同震源參數的設定會直接影響的地震災害潛勢分析以及災損推估結果。本次地震乃參考美國 USGS (US Geological Survey)所公佈之震源機制解，此次地震破裂面為接近南-北走向之逆斷層機制，如圖 4.10 所示。另外，因南投地區附近已知活斷層均為接近南北走向，故以南北走向作為手動評估之斷層走向。

實際進行手動評估時，根據地震規模 6.3 求取線震源的幾何大小，按 Wells and Coppersmith (1994) [18]所建議公式，概估斷層開裂長度 18.7 公里，震源深度 5 公里，按中央氣象局原先公布之震央位置，進行 TELES 震災境況模擬。所用的線震源參數與評估結果如表 4.2 所列。各事件對應的 PGA 分佈、人員傷亡分佈、建物全半倒分佈的主題圖，結果分別如圖 4.11、圖 4.12、圖 4.13 所示。綜合而言，所推估之人員傷亡(2 人)及建物損害(83 棟)的結果，與第一階段自動評估的結果差異不大。

Plane	Strike	Dip	Rake
NP1	198°	61°	92°
NP2	14°	29°	87°

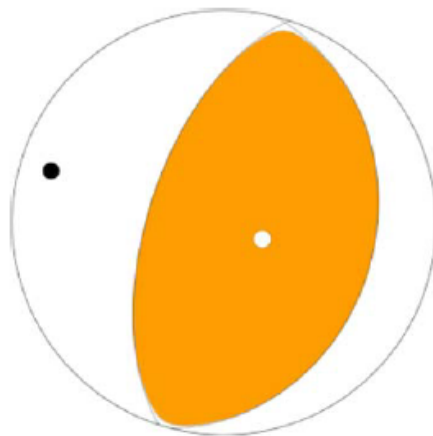


圖 4.10 USGS 之震源機制解

表 4.2 第二階段手動評估之震源參數與評估結果

震源參數/評估結果	事件一
震源模型	線震源
斷層開裂長度(km)	18.7
斷層開裂方向(度北偏東)	0
斷層面傾角(度)	90
震源深度(km)	5
人員傷亡(人)	2
建物損害(棟)	87

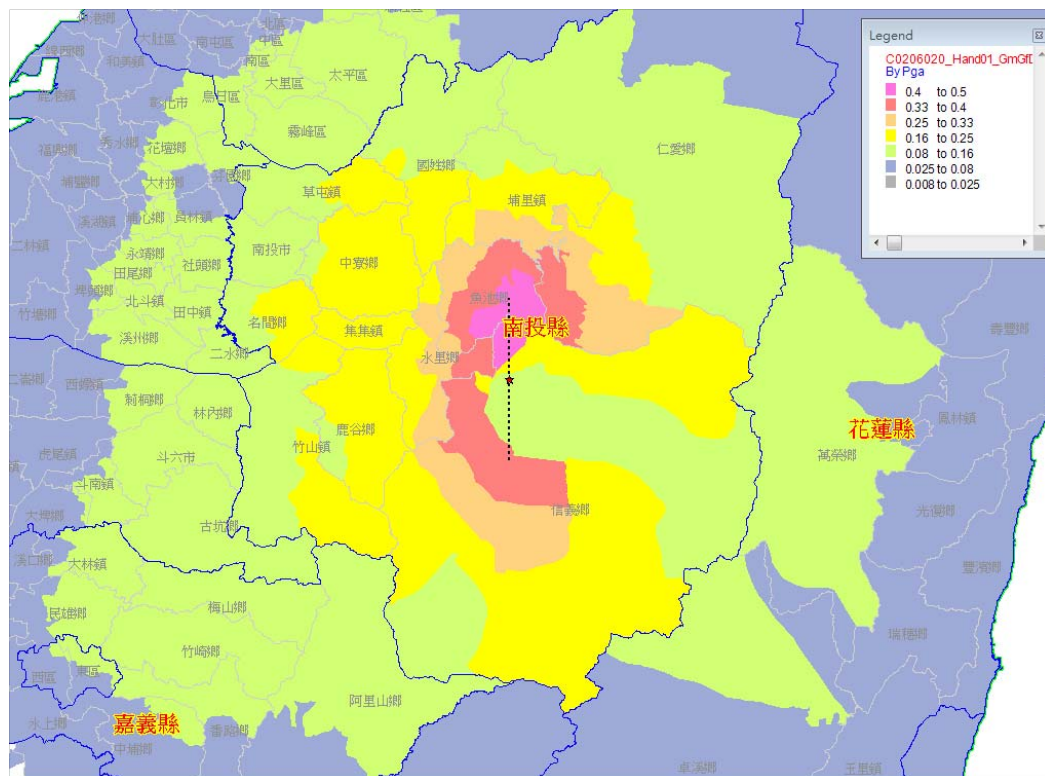


圖 4.11 第二階段手動評估之 PGA 分佈主題圖

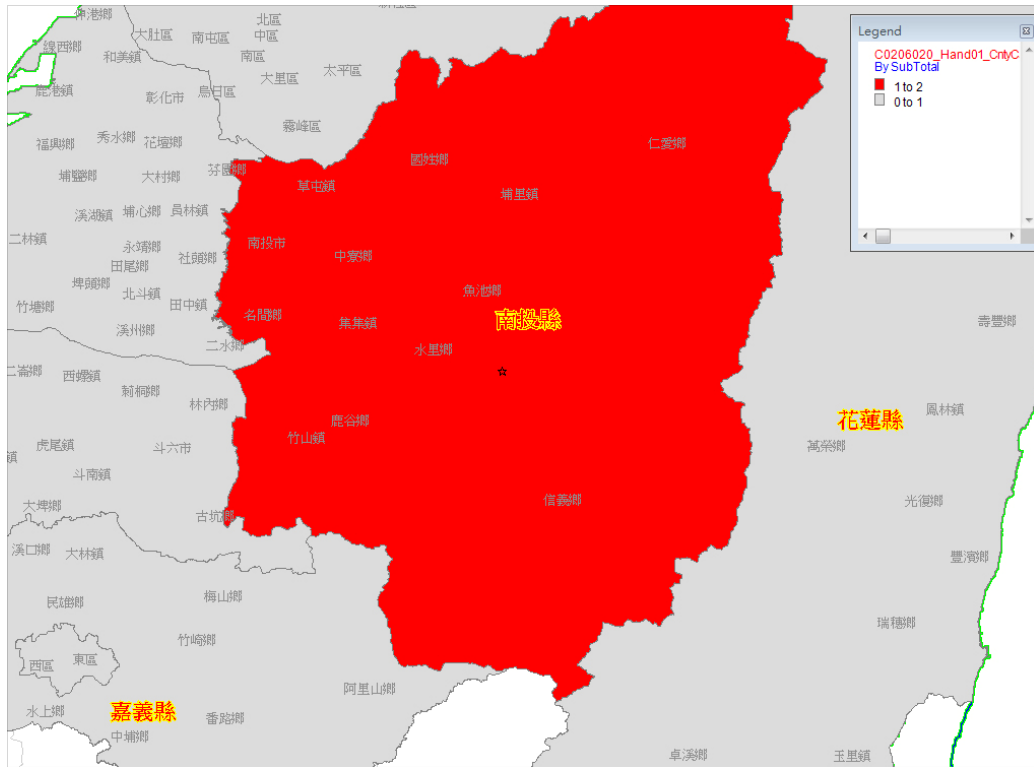


圖 4.12 第二階段手動評估之人員傷亡分佈主題圖

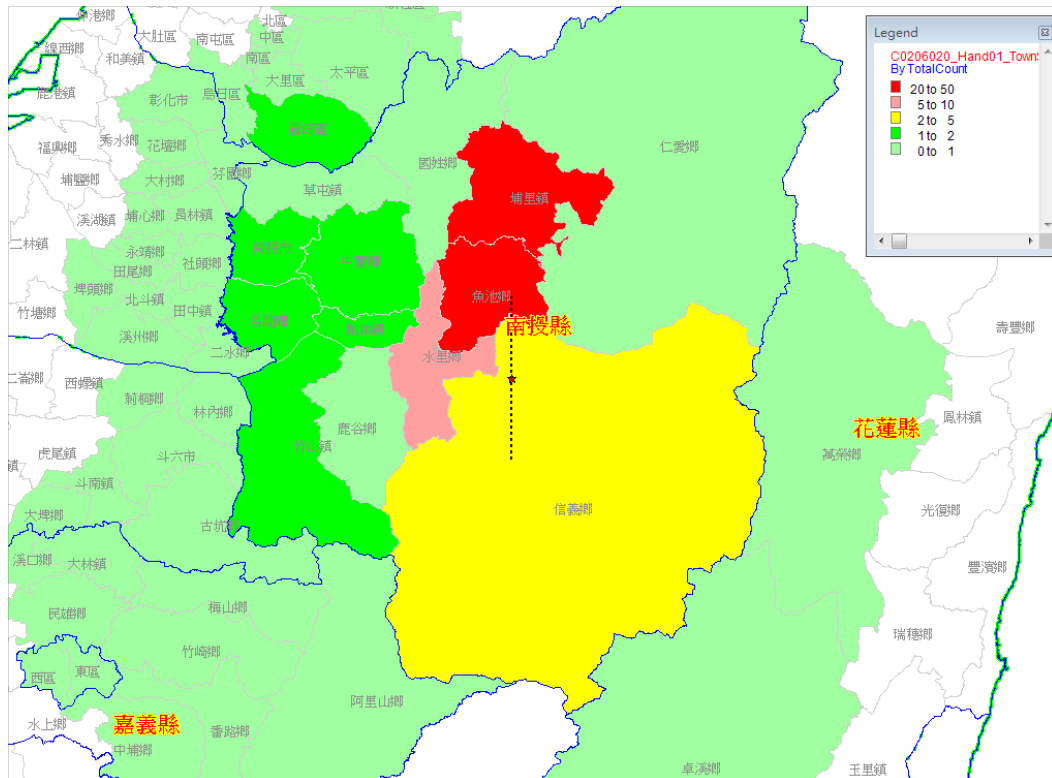


圖 4.13 第二階段手動評估之建物全半倒分佈主題圖

4.3 最終評估結果比較

由於中央氣象局等主要單位未進一步修正本次地震之震源參數，或是公布斷層面解，因此本中心未作最終震源參數之模擬評估。

最後，彙整以上各階段之震損評估結果，如表 4.4 所列，顯示本次規模並不太大的南投地震，各階段之震損評估結果彼此相近相近，乃一發生極輕微人員傷亡與建物損害之地震事件，此結果亦與實際災情相一致。

表 4.4 南投地震各階段震損評估結果比較

	第一階段 自動評估	第二階段 手動評估	最終震源 參數評估
人員傷亡(人)	0~3	2	無
建物損害(棟)	11~115	87	無

第五章 建物結構之震害

5.1 建物結構震害調查

民國 102 年 6 月 2 日 13 時 43 分 3.7 秒，南投縣仁愛鄉發生芮氏規模 6.5，深度 14.5 公里之地震，震央位於台灣南投縣政府東方 32.0 公里處（南投縣仁愛鄉境內，經緯座標為東經 120.97 度，北緯 23.86 度），其震動使全台都明顯感受到搖動，本次地震造成了雲林、南投等縣市部分地區建物受損。國震中心勘查非校舍建築震害地點共計 15 處，包含民宅、寺廟、圖書館及鄉鎮公所等，勘災地點與本次地震震央相對地理位置如圖 5.1 所示，勘災標的物之經緯度座標、地表加速度預估值與震央距離如表 5.1。以下各節將針對各勘查建物分別描述災損情況。

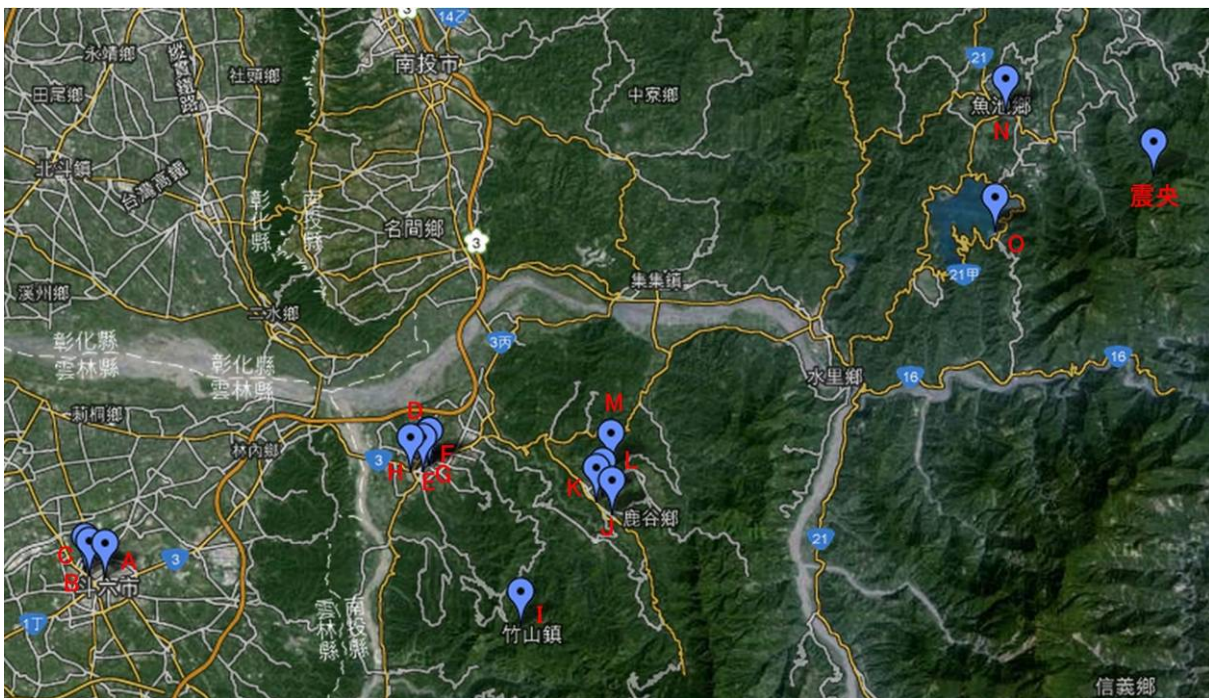


圖 5.1 0602 南投仁愛地震建物勘災地理位置圖

表 5.1 0602 南投仁愛地震建物勘災地理位置及受震程度

編號	建物名稱	經度	緯度	估算 PGA(gal)				震央距 (km)
				EW	NS	Geometric mean	Max (EW,NS)	
A	斗六商辦	120.5426	23.7110	72.0016	90.4679	80.4017	93.6365	49.89
B	斗六住商 1	120.5384	23.7094	82.2811	109.4815	94.6303	111.6855	50.35
C	斗六住商 2	120.5338	23.7133	91.1530	122.5774	105.6049	123.3014	50.82
D	竹山連棟民宅 1	120.6831	23.7558	131.7694	136.6074	133.9305	148.971	34.75
E	竹山連棟民宅 2	120.6816	23.7533	131.8421	138.5976	134.8683	150.4844	35.01
F	竹山連棟民宅 3	120.6816	23.7533	131.8421	138.5976	134.8683	150.4844	35.01
G	竹山民宅 1	120.6841	23.7562	132.8968	135.8008	134.1168	148.9669	34.64
H	竹山民宅 2	120.6760	23.7529	131.1906	143.9210	136.9712	154.173	35.56
I	竹山山區民宅	120.7236	23.6918	169.0479	150.6028	158.7915	181.0178	35.54
J	鹿谷鄉立圖書館	120.7642	23.7358	205.6562	167.5224	184.4512	216.8097	28.38
K	鹿谷鄉觀光服務所	120.7595	23.7394	205.9336	166.7009	184.1212	216.6568	28.57
L	鹿谷鄉銘恩堂 (靈骨塔)	120.7600	23.7436	209.4107	167.9219	186.3348	219.873	28.27
M	鹿谷鄉欣欣製茶 休閒農莊	120.7631	23.7553	217.6305	171.0910	191.7172	227.6339	27.37
N	魚池鄉公所大樓	120.9358	23.8958	244.291	236.0485	239.8615	268.4299	7.11
O	魚池鄉日月潭邊 住商樓	120.9306	23.8491	340.8046	319.1580	329.3598	374.1680	7.49

5.2 建物結構震後勘查結果

5.2.1 斗六商辦

斗六商辦位於雲林縣斗六市，經緯座標約為東經 120.5426 度，北緯 23.7110 度。經本中心強地動組整理中央氣象局強震即時速報站量測資料，推估該工址東西與南北向之地表加速度分別約為 72.00 與 90.47 gal，其最大地表加速度值為 93.64 gal，相當於 5 級震度。

該建物為地上 12 層、地下 2 層之商辦大樓，其大樓外觀如照片 5.1 所示，目前僅一樓及二樓由葡京娛樂城承租使用，三樓以上閒置，於民國 72 年~86 年間興建。

其建築外觀受震後之實際損壞情形如照片 5.2 所示，可明顯看到外牆採濕式施工的砂漿批覆層剝落，而此棟大樓於 921 大地震時亦有發生類似的損壞（照片 5.3）。此外在大樓側面則發生外牆保護層剝落，樓層與樓層之間的界面有明顯的混凝土剝落（照片 5.4），而位於更後側的部份，2 樓外牆有發現明顯的剪力裂縫（照片 5.5）。



照片 5.1 斗六商辦建物正面外觀實際情況



照片5.2 斗六商辦建物於本次地震後外觀實際情況



照片5.3 斗六商辦建物於921地震後外觀實際情況 (李宏仁教授提供)



照片5.4 斗六商辦建物側面外牆保護層剝落



照片5.5 斗六商辦建物側面外牆產生剪力裂縫

5.2.2 斗六住商 1

斗六住商 1 位於雲林縣斗六市，經緯座標約為東經 120.5384 度，北緯 23.7094 度。經本中心強地動組整理中央氣象局強震即時速報站量測資料，推估該工址東西與南北向之地表加速度分別約為 82.28 與 109.48 gal，其最大地表加速度值為 111.69 gal，相當於 5 級震度。

該建物為地上 14 層、地下 3 層之住商混合建築，其大樓外觀如照片 5.6 所示，一樓至四樓由銀行承租使用，五樓以上為一般住宅使用，於民國 72 年~86 年間興建。

斗六住商 1 大樓正面損壞情況，如照片 5.7 所示，大樓外牆有產生一些剪力裂縫或樓層間界面層的混凝土破壞（照片 5.8），主要破壞集中於 1 樓~4 樓之間。而實際進入大樓內，則發現前側臨近西平路的住家沒有明顯的破壞產生，反而是靠後側住家的隔間牆有明顯的剪力裂縫產生（照片 5.9 與照片 5.10），且主要破壞集中於 5 樓。由照片 5.11 大樓背面的外觀照片可

發現，4樓與5樓有產生明顯的剪力裂縫，而8樓~11樓間則有大面積的磁磚掉落。



照片5.6 斗六住商1大樓正面外觀實際情況



照片 5.7 斗六住商 1 大樓正面損壞情況



照片 5.8 斗六住商 1 大樓正面損壞情況(局部照片)



照片 5.9 斗六住商 1 大樓 5 樓後側住家的隔間牆產生剪力裂縫



照片 5.10 斗六住商 1 大樓 5 樓後側住家內的隔間磚牆產生剪力裂縫



照片 5.11 斗六住商 1 大樓背面損壞情況

5.2.3 斗六住商 2

斗六住商 2 位於雲林縣斗六市，經緯座標約為東經 120.5338 度，北緯 23.7133 度。經本中心強地動組整理中央氣象局強震即時速報站量測資料，推估該工址東西與南北向之地表加速度分別約為 91.15 與 122.58 gal，其最大地表加速度值為 123.30 gal，相當於 5 級震度。

斗六住商 2 為地上 16 層、地下 2 層之多棟大樓社區，其大樓外觀如照片 5.12 所示，其中臨近西平路的大樓一樓為店面使用，其它樓層皆為住宅使用。此社區震後的損壞不大，只有發現臨近西平路的大樓 4 樓處的磁磚牆整面掉落（照片 5.13），其磁磚的樣式如照片 5.14 所示。



照片 5.12 斗六住商 2 大樓正面外觀實際情況



照片5.13 斗六住商2大樓正面4樓，整片磁磚牆掉落



照片5.14 斗六住商2大樓掉落之磁磚

5.2.4 竹山連棟民宅 1

竹山連棟民宅 1 位於南投縣竹山鎮，經緯座標約為東經 120.6831 度，北緯 23.7558 度。經本中心強地動組整理中央氣象局強震即時速報站量測資料，推估該工址東西與南北向之地表加速度分別約為 131.77 與 136.61 gal，其最大地表加速度值為 148.97 gal，相當於 5 級震度。

竹山連棟民宅 1 為地上 4 層加強磚造傳統連棟式街屋，於民國 72 年～86 年間興建，其街屋正面外觀的實際情況如照片 5.15 所示。此次地震造成連棟民宅之間的磚牆產生剪力破壞（照片 5.16）。



照片 5.15 竹山連棟民宅正面外觀實際情況



照片5.16 竹山連棟民宅之間的磚牆產生剪力破壞

5.2.5 竹山連棟民宅 2

竹山連棟民宅 2 位於南投縣竹山鎮，經緯座標約為東經 120.6816 度，北緯 23.7533 度。經本中心強地動組整理中央氣象局強震即時速報站量測資料，推估該工址東西與南北向之地表加速度分別約為 131.84 與 138.60 gal，其最大地表加速度值為 150.48 gal，相當於 5 級震度。

竹山連棟民宅 2 為地上 3 層加強磚造傳統連棟式街屋，於民國 64 年～71 年間興建，其街屋正面外觀的實際情況如照片 5.17 所示。此連棟騎樓式街屋共有 4 戶，每戶震後於樓梯間兩側的隔間牆皆有發現剪力破壞的裂縫（照片 5.18），且與街道平行的隔間牆也大多有出現剪力裂縫（照片 5.19）。



照片5.17 竹山連棟民宅2正面外觀實際情況



照片5.18 樓梯間兩側的隔間牆產生剪力破壞的裂縫



照片5.19 與街道平行的隔間牆大多有出現剪力裂縫

5.2.6 竹山連棟民宅 3

竹山連棟民宅 3 位於南投縣竹山鎮，經緯座標約為東經 120.6816 度，北緯 23.7533 度。經本中心強地動組整理中央氣象局強震即時速報站量測資料，推估該工址東西與南北向之地表加速度分別約為 131.84 與 138.60 gal，其最大地表加速度值為 150.48 gal，相當於 5 級震度。

竹山連棟民宅 3 為地上 3 層加強磚造傳統連棟式街屋，於民國 64 年～71 年間興建，其街屋正面外觀的實際情況如照片 5.20 所示。此連棟民宅同樣於樓梯間兩側的隔間牆皆有產生剪力裂縫（照片 5.21），而其中一戶的樓梯轉折處有產生局部的破壞（照片 5.22）。



照片5.20 竹山連棟民宅3正面外觀實際情況



照片5.21 樓梯間兩側的隔間牆產生剪力破壞的裂縫



照片5.22 樓梯轉折處產生局部的破壞

5.2.7 竹山民宅 1

竹山民宅 1 位於南投縣竹山鎮，經緯座標約為東經 120.6841 度，北緯 23.7562 度。經本中心強地動組整理中央氣象局強震即時速報站量測資料，推估該工址東西與南北向之地表加速度分別約為 132.90 與 135.80 gal，其最大地表加速度值為 148.97 gal，相當於 5 級震度。

竹山民宅 1 為地上 4 層加強磚造街屋，於民國 72 年～86 年間興建，其街屋正面外觀的實際情況如照片 5.23 與照片 5.24 所示，左棟建築為原始的加強磚造街屋，右棟為後來加蓋的輕鋼構街屋。由平面示意圖（圖 5.2）可知，原始的加強磚造街屋屬非常狹長型的建築，且之前為了當做賣場使用，於原始街屋右側加蓋了一部份的輕鋼構街屋，並將兩棟相鄰的牆面拆除，因而造成兩柱交界處產生明顯的垂直裂縫（照片 5.25 與照片 5.26）。

值得注意的是，因為兩棟相鄰的牆面已拆除，這些拆除的區域只剩下柱子部份，建議應進行詳細的耐震評估，以確保耐震能力及垂直承載力是否滿足需求。



照片5.23 竹山民宅1正面外觀實際情況

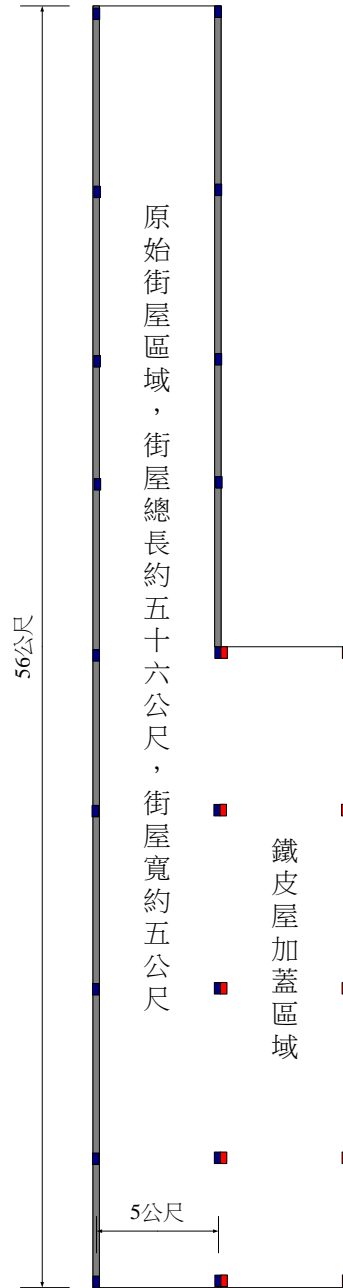


圖5.2 竹山民宅1平面示意圖



照片5.24 竹山民宅1正面及側面外觀實際情況



照片5.25 竹山民宅1產生明顯的兩柱界面裂縫（兩棟相鄰的牆面已拆除）



照片5.26 竹山民宅1產生明顯的兩柱界面裂縫（兩棟相鄰的牆面已拆除）

5.2.8 竹山民宅 2

竹山民宅 2 位於南投縣竹山鎮，經緯座標約為東經 120.6760 度，北緯 23.7529 度。經本中心強地動組整理中央氣象局強震即時速報站量測資料，推估該工址東西與南北向之地表加速度分別約為 131.19 與 143.92 gal，其最大地表加速度值為 154.17 gal，相當於 5 級震度。

竹山民宅 2 為地上 4 層加強磚造街屋，於民國 87 年後興建，其街屋正面外觀的實際情況如照片 5.27 所示，而平面示意圖可參考圖 5.3 所示。值得注意的是，此棟民宅於 921 集集大地震時同樣有受到破壞，且破壞的位置與此次地震相同，由照片 5.28 可看出左側柱產生剪力破壞的地方，仍可看到當年以碳纖維補強修復的部份。此外在室內樓梯間兩側的隔間牆，有明顯的剪力裂縫產生（照片 5.29 與照片 5.30）。

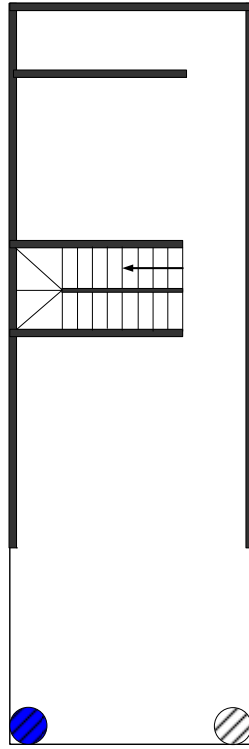


圖 5.3 竹山民宅 2 平面示意圖



照片 5.27 竹山民宅 2 正面外觀實際情況



圖 5.28 竹山民宅 2 左側柱產生剪力破壞



照片5.29 與街道平行的隔間牆出現剪力裂縫



照片5.30 樓梯間兩旁的隔間牆（與街道平行）出現剪力裂縫

5.2.9 竹山山區民宅

竹山山區民宅位於南投縣竹山鎮，經緯座標約為東經 120.7236 度，北緯 23.6918 度。經本中心強地動組整理中央氣象局強震即時速報站量測資料，推估該工址東西與南北向之地表加速度分別約為 169.05 與 150.60 gal，

其最大地表加速度值為 181.02 gal，相當於 5 級震度。

竹山山區民宅為地上 1 層木造民宅，於民國 72 年～86 年間興建，目前已無居民居住於此木造民宅，主要做為農民採收竹筍時休息之用，其民宅外觀的實際情況如照片 5.31 所示。由照片 5.32 可知，木造民宅的柱子部份已腐敗，因此造成此木造民宅的嚴重傾斜，其主因可能並非此次地震。此外，此木造民宅位處偏僻的山區，途中會經過投 49 縣 12K 處的山崩地點，地震發生後的隔天已搶通（照片 5.33）。



照片5.31 竹山山區民宅正面外觀實際情況



照片5.32 竹山山區木造民宅的柱子部份已腐敗



照片5.33 投49縣12K處的山崩地點（地震發生後的隔天已搶通）

5.2.10 鹿谷鄉立圖書館

鹿谷鄉立圖書館位於南投縣鹿谷鄉興產路96之4號，經緯座標約為東經120.7642度，北緯23.7358度。經本中心強地動組整理中央氣象局強震即時速報站量測資料，推估該工址東西與南北向之地表加速度分別約為205.66與167.52 gal，其最大地表加速度值為216.81 gal，相當於5級震度。

鹿谷鄉立圖書館為地上3層、地下1層之鋼筋混凝土造建築，於民國72年～86年間興建，該圖書館正面外觀的實際情況如照片5.34所示，而平面示意圖可參考圖5.4所示。921地震後有受損且修復過，而此次地震主要造成：一樓男廁與女廁的隔間磚牆產生剪力裂縫（照片5.35與照片5.36），一樓後側角落附近的外牆有局部的破壞發生（照片5.37），二樓藏書區共有五排書架側倒（照片5.38），三樓天花板大面積掉落（照片5.39），屋頂水塔傾斜，水管管線受損（照片5.40）。



照片5.34 鹿谷鄉立圖書館正面外觀實際情況

鹿谷鄉立圖書館



照片5.37

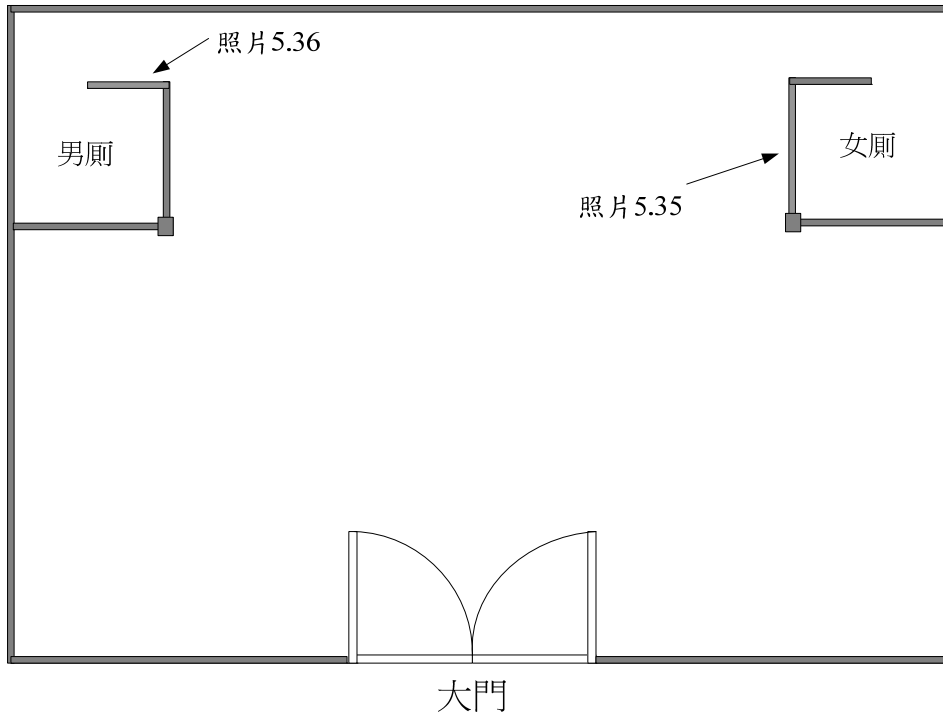


圖 5.4 鹿谷鄉立圖書館平面示意圖



照片5.35 一樓女廁之隔間磚牆產生剪力裂縫



照片5.36 一樓男廁之隔間磚牆產生剪力裂縫



照片5.37 一樓外牆產生局部破壞



照片5.38 二樓藏書區共有五排書架側倒



照片5.39 三樓天花板大面積掉落



照片5.40 頂樓水塔傾斜，水管管線受損

5.2.11 鹿谷鄉觀光服務所

鹿谷鄉觀光服務所位於南投縣鹿谷鄉中正路一段 118 號，經緯座標約為東經 120.7595 度，北緯 23.7394 度。經本中心強地動組整理中央氣象局強震即時速報站量測資料，推估該工址東西與南北向之地表加速度分別約為 205.93 與 166.70 gal，其最大地表加速度值為 216.66 gal，相當於 5 級震度。

鹿谷鄉觀光服務所為地上 1 層挑高約 8~9 公尺的鋼筋混凝土造建築，於民國 88 年 921 地震後興建，該建物正面外觀的實際情況如照片 5.41 所示。此次地震只造成鹿谷鄉觀光服務所天花板部份掉落（照片 5.42），而該建物本體並無發現明顯裂縫。



照片5.41 鹿谷鄉觀光服務所正面外觀實際情況



照片5.42 鹿谷鄉觀光服務所天花板部份掉落

5.2.12 鹿谷鄉銘恩堂(靈骨塔)

鹿谷鄉銘恩堂(靈骨塔)位於南投縣鹿谷鄉中正路一段，經緯座標約為東經 120.7600 度，北緯 23.7436 度。經本中心強地動組整理中央氣象局強震即時速報站量測資料，推估該工址東西與南北向之地表加速度分別約為 209.41 與 167.92 gal，其最大地表加速度值為 219.87 gal，相當於 5 級震度。

鹿谷鄉銘恩堂(靈骨塔)為地上 3 層地下 1 層的鋼構造建築，於民國 92 年興建，座落於山坡邊的小台地上，該建物正面外觀的實際情況如照片 5.43 所示。此次地震僅造成主建物外牆些微裂縫、局部區域的屋頂瓦片掉落，反倒是銘恩堂基礎周圍路面疑似因邊坡滑動，而造成嚴重路面隆起及裂縫（照片 5.44 與照片 5.45）、三座金亭倒塌破壞、以及土地公神像傾斜（照片 5.46）。



照片5.43 鹿谷鄉銘恩堂(靈骨塔) 正面外觀實際情況



照片5.44 鹿谷鄉銘恩堂基礎周圍路面隆起



照片5.45 鹿谷鄉銘恩堂基礎周圍路面發生嚴重裂縫



照片5.46 三座金亭倒塌破壞、土地公神像傾斜

5.2.13 鹿谷鄉欣欣製茶休閒農莊

鹿谷鄉欣欣製茶休閒農莊位於南投縣鹿谷鄉，經緯座標約為東經 120.7631 度，北緯 23.7553 度。經本中心強地動組整理中央氣象局強震即時速報站量測資料，推估該工址東西與南北向之地表加速度分別約為 217.63 與 171.09 gal，其最大地表加速度值為 227.63 gal，相當於 5 級震度。

鹿谷鄉欣欣製茶休閒農莊為地上 3 層的鋼筋混凝土造建築，於民國 88 年 921 集集大地震後，原建物拆除重建於邊坡上。而這次地震造成該建物產生明顯傾斜，建物周圍的擋土牆產生嚴重的滑動，造成擋土牆周圍出現明顯的大裂縫，為了避免大雨沖刷土壤，已初步進行填補及灌漿作業（照片 5.47），而建物後側的擋土牆則有兩處出現嚴重的滑動大裂縫，由照片 5.48 與照片 5.49 可發現，擋土牆之間連結處並沒有植筋處理，導致對土壤的側壓力承受不足，而造成擋土牆的滑動，建議應謹慎處理邊坡擋土牆的問題。



照片5.47 鹿谷鄉欣欣製茶休閒農莊正面外觀實際情況



照片5.48 擋土牆之間連結處產生嚴重的滑動大裂縫



照片5.49 擋土牆之間連結處產生嚴重的滑動大裂縫

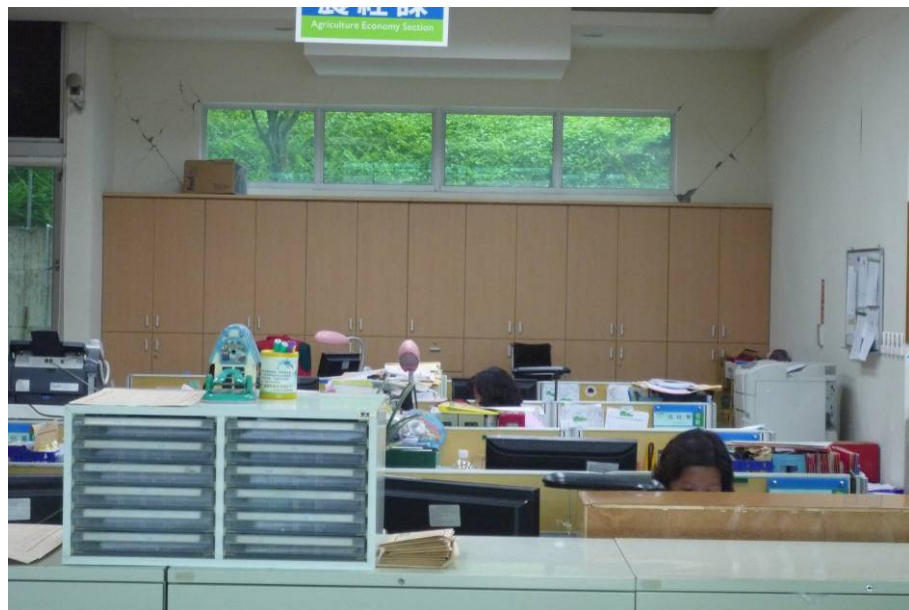
5.2.14 魚池鄉公所大樓

魚池鄉公所大樓位於南投縣魚池鄉秀水路 233 號，經緯座標約為東經 120.9358 度，北緯 23.8958 度。經本中心強地動組整理中央氣象局強震即時速報站量測資料，推估該工址東西與南北向之地表加速度分別約為 244.29 與 236.05 gal，其最大地表加速度值為 268.43 gal，相當於 6 級震度。

魚池鄉公所大樓為地上 4 層，地下 2 層鋼筋混凝土造之抗彎構架結構，於民國 93 年興建，該棟大樓正面外觀的實際情況如照片 5.50 所示。本次地震造成一樓三處鋼筋混凝土外牆開高窗兩側剪力開裂，整體結構屬輕微損壞（照片 5.51 及照片 5.52），此外於四樓發現屋頂裝飾材因焊接點斷裂而掉落（照片 5.53）。



照片5.50 魚池鄉公所大樓正面外觀實際情況



照片5.51 一樓RC外牆開高窗兩側剪力開裂(室內)



照片5.52 一樓RC外牆開高窗兩側剪力開裂(室內)



照片5.53 四樓屋頂裝飾材掉落(焊接點斷裂造成)

5.2.15 魚池鄉日月潭邊住商樓

魚池鄉日月潭邊住商樓位於南投縣魚池鄉，經緯座標約為東經 120.9306 度，北緯 23.8491 度。經本中心強地動組整理中央氣象局強震即時速報站量測資料，推估該工址東西與南北向之地表加速度分別約為 340.80 與 319.16 gal，其最大地表加速度值為 374.17 gal，相當於 6 級震度。

魚池鄉日月潭邊住商樓為地上 4 層的鋼筋混凝土造建築，於民國 72 年~86 年間興建，該棟住商樓正面外觀的實際情況如照片 5.54 所示，其中左側鄰棟為去年完工的飯店大樓（樓高九樓）。本建物疑似因棟距不足，導致地震發生時與鄰棟飯店大樓產生碰撞，而造成三樓水管破裂漏水（照片 5.55），四樓磚牆及屋瓦造型斜牆受損（照片 5.56）。



照片 5.54 日月潭邊住商樓正面外觀實際情況



照片5.55 日月潭邊住商樓三樓水管破裂而漏水



照片5.56 四樓受鄰棟碰撞導致磚牆及屋瓦造型斜牆受損

第六章 校舍建築之震害

6.1 校舍建築震害調查

民國 102 年 6 月 2 日下午 1 點 43 分，南投縣魚池鄉發生芮氏規模 6.5，深度 14.5 公里之地震，其震動使全台都明顯感受到搖動，地震後國震中心隨即組成勘查小組前往中部地區進行建築物以及非結構物震損情形之調查，其中一組人員主要針對南投縣受損校舍展開實地勘查，另考量本次地震距離 0327 南投仁愛地震僅約 2 個月時間，先前已產生震損之學校再度受到地震襲擊，為瞭解建築物受損情形是否加劇，故再度前往部分學校勘查，總計前往 13 所高中職及國中小學校，與震央之相對位置如圖 6.1 所示，各校之經緯度位置及受震程度整理於表 6.1。以下各節將針對各校分別描述校舍之災損情況。

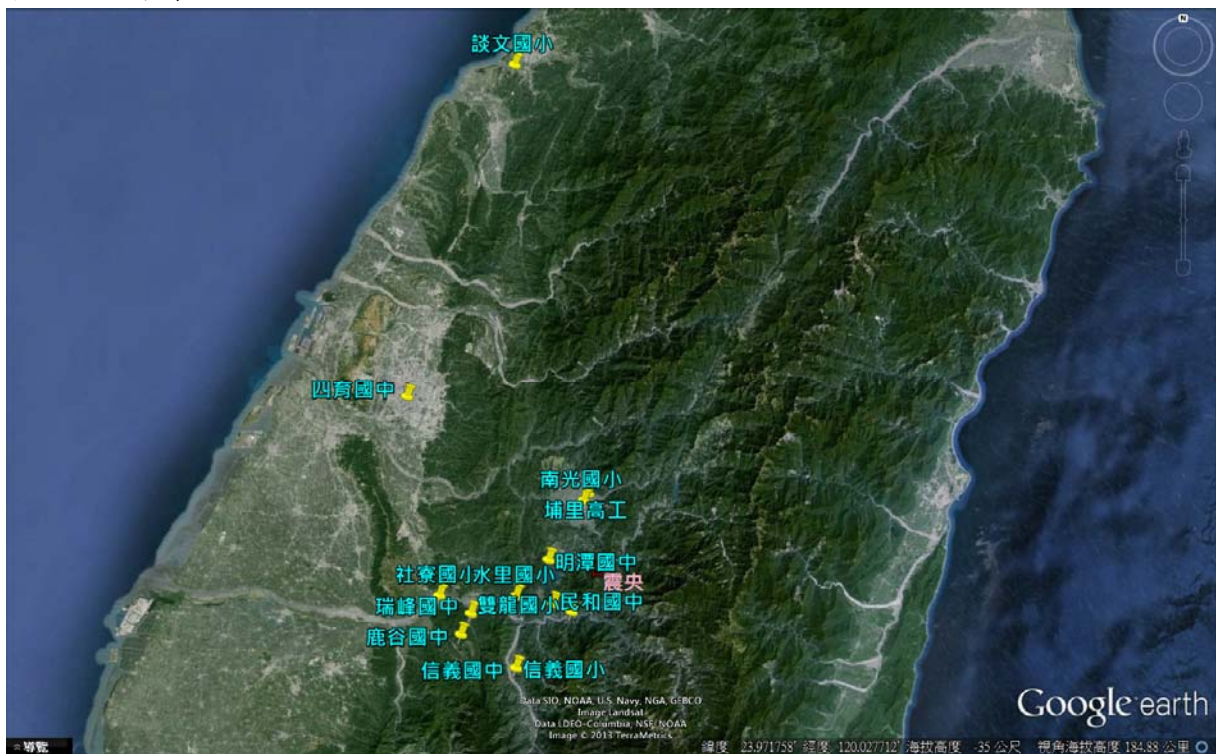


圖 6.1 0602 南投魚池地震校舍勘災地理位置圖

表 6.1 各校經緯度位置及受震程度

項次	縣市別	學校名稱	經度*	緯度*	最大地表加速度 [†] (PGA)
1	南投縣	鹿谷國中	120.7589	23.7488	400.21
2		社寮國小	120.7217	23.8096	238.98
3		雙龍國小	120.9502	23.7853	344.23
4		信義國中	120.8541	23.6966	435.35
5		信義國小	120.8547	23.6977	435.35
6		明潭國中	120.9108	23.8675	288.17
7		水里國小	120.8552	23.8097	201.23
8		民和國中	120.9179	23.7988	367.77
9		埔里高工	120.9792	23.9725	225.61
10		南光國小	120.9703	23.9606	281.01
11		瑞峰國中	120.7750	23.7827	348.68
12	臺中市	四育國中	120.6647	24.1256	58.04
13	苗栗縣	談文國小	120.8501	24.6522	21.13

*採 WGS84 座標系統。

[†]依據中央氣象局強震即時速報站量測資料內插計算所得。

6.2 校舍建築震後勘查結果

6.2.1 南投縣鹿谷國中

鹿谷國中位於南投縣鹿谷鄉彰雅村仁義路 94 之 1 號，經緯度座標為東經 120.7589 度，北緯 23.7488 度。該校現有「鐘樓」、「求真樓」、「勤學樓」、「敦品樓」、「活動中心」、「廚房」以及「教職員宿舍」，共計 7 棟校舍(圖 6.2)。依據中央氣象局強震即時速報站量測資料內插計算本校址之最大地表加速度值為 400.21 gal，相當於 7 級震度，本次地震震損校舍為「鐘樓」及「活動中心」，其餘多為邊坡擋土牆滑動破壞。

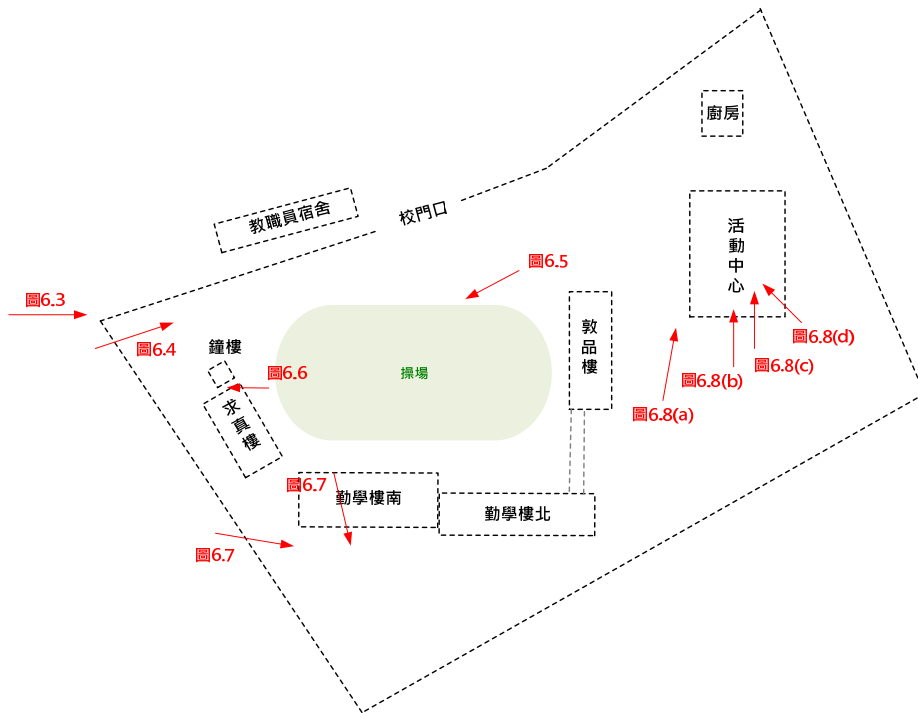


圖 6.2 南投縣鹿谷國中校園平面配置圖暨勘災照片拍攝位置圖

由現場勘查可知，學校大門旁道路靠近鐘樓處之擋土牆與側壁相接處開裂，開裂寬度達 20 公分以上(圖 6.3)。擋土牆之錯移並造成牆背後土體之滑動，鐘樓前方擋土牆與牆背土壤間有明顯間隙，如圖 6.4 所示，最大位移量高達 32 公分。

「求真樓」長 24.53 公尺、深 11.3 公尺，為鋼筋混凝土造之 3 層樓雙側走廊校舍，前側走廊外側有柱，興建年代約為民國 95 年。該棟建築結構體並未出現任何損壞，但因鐘樓於此次地震後明顯傾斜(圖 6.5)，與鐘樓間伸縮縫出現脫離(圖 6.6)，最大縫隙達 28 公分。

「勤學樓」依主要用途可分為「勤學樓南」與「勤學樓北」，其中「勤學樓南」做為教學使用，長 52.74 公尺、深 14 公尺，為鋼筋混凝土造之 2 層樓單側走廊校舍，走廊外側有柱，於民國 90 年興建，另「勤學樓北」長 58.32 公尺、深 11.2 公尺，亦為鋼筋混凝土造之 2 層樓單側走廊校舍，走廊外側有柱，於民國 90 年興建，用途為行政辦公使用。建築物並未出現震損，惟後方邊坡滑動造成地面出現多處裂縫(圖 6.7)，地震後學校已緊急封鎖該區域，避免師生進入。

「活動中心」長 44.6 公尺、深 27.8 公尺，為民國 86 年興建之 2 層樓鋼筋混凝土造建築，為該校唯一於九二一地震後仍得以保存之校舍。進行現場勘查時發現該棟校舍外牆磁磚於震後有部分掉落，學校已先行封鎖危險區域加以隔離，進入活動中心後，靠近門口處懸吊之木製飾品受震後散落於地面，牆體出現裂縫，另外建築物邊緣處有部分輕鋼架天花板掉落，地面出現大範圍裂縫，研判地面下方處土壤可能出現滑動趨勢(圖 6.8)。



圖 6.3 道路旁擋土牆開裂並造成邊坡滑動



圖 6.4 擋土牆與牆背土體間之明顯間隙



圖 6.5 鐘樓傾斜



圖 6.6 鐘樓與求真樓間伸縮縫脫離



圖 6.7 勤學樓背面邊坡滑動



(a)外牆磁磚掉落



(b)隔間牆損壞



(c)天花板損壞



(d)地板出現裂縫

圖 6.8 活動中心震損情形

6.2.2 南投縣社寮國小

社寮國小位於南投縣竹山鎮集山路一段 1723 號，經緯度座標為東經 120.7217 度，北緯 23.8096 度。該校現有「行政大樓」、「教學大樓」、「活動中心」、「餐廳」、「廚房」以及「資源回收室」，共計 6 棟校舍(圖 6.9)。依據中央氣象局強震即時速報站量測資料內插計算本校址之最大地表加速度值為 238.98gal，相當於 6 級震度，本次震損校舍為「活動中心」及「活動中心前的連接走廊」。

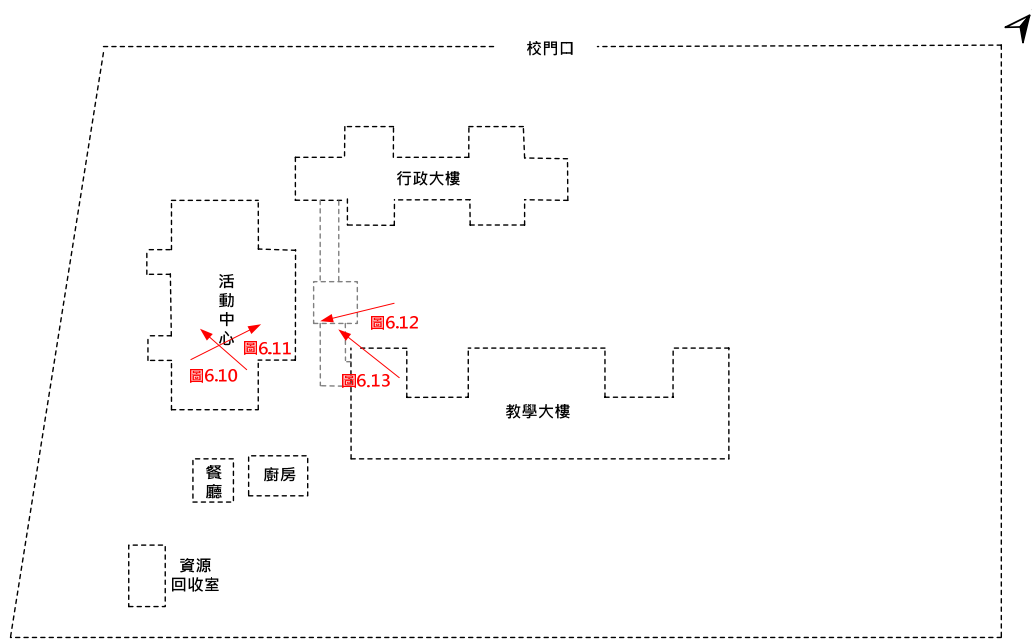


圖 6.9 南投縣社寮國小校園平面配置圖暨勘災照片拍攝位置圖

該校係屬九二一地震後重建之校園，此次地震後所有建築物並未出現裂縫，僅於「活動中心」內門口上方(圖 6.10)以及靠背面側(圖 6.11)之輕鋼架天花板因受擠壓掉落，原有管線則未妥善固定，地震後天花板無法承受擠壓與重量，以致大面積掉落與管線散落，已建議學校針對管線部分加以固定後，避免直接置於天花板上方，減輕天花板承受之重量，並建議全面進行天花板固定裝置之檢查與修復，或考量拆除輕鋼架天花板之方式，以維護師生使用安全。

「活動中心前的連接走廊」為連接「行政大樓」、「教學大樓」及「活動中心」的廊道，屬鋼筋混凝土造的構架，於本次地震後柱頂有輕微粉刷層開裂的現象發生(圖 6.12)，建議進行修復並持續觀察是否有持續掉落之現象，另原固定於活動中心之遮光罩，係採用螺栓固定之接合方式，因無法承受擠壓與拉扯，遮光罩滑落撞擊下方瓦片(圖 6.13)，所幸未傷及人員，已請學校於震後復原時，於遮光罩與活動中心間保留部分間距，避免前述情形再度發生。



圖 6.10 活動中心門口上方天花板與管線掉落



圖 6.11 活動中心輕鋼架天花板掉落



圖 6.12 柱頂粉刷層開裂



圖 6.13 遮光罩脫離後撞及屋瓦，造成大量屋瓦掉落

6.2.3 南投縣雙龍國小

雙龍國小位於南投縣信義鄉雙龍村光復巷 4 號，經緯度座標為東經 120.9502 度，北緯 23.7853 度。該校現有「普通教室 A」、「教學大樓」、「教室大樓 B」、「小木屋」、「廚房」、「宿舍」以及「宿舍二」等 7 棟校舍(圖 6.14)。依據中央氣象局強震即時速報站量測資料內插計算本校址之最大地表加速度值為 344.23 gal，相當於 6 級震度，本次地震震損校舍為「普通教室 A」以及「宿舍二」。

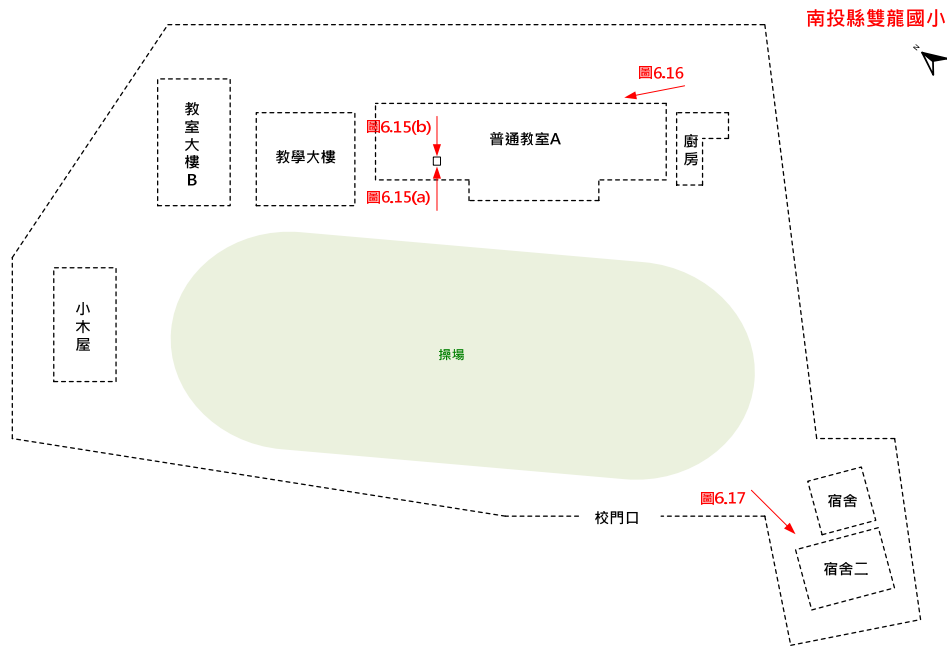


圖 6.14 南投縣雙龍國小校園平面配置圖暨勘災照片拍攝位置圖

「普通教室 A」約長 42.9 公尺、深 11.23 公尺，為鋼筋混凝土造之 2 層樓單側走廊校舍，走廊外側有柱，屬分期興建建築，最早之興建年代約為民國 53 年。該棟校舍已完成耐震補強，設計者考量該棟校舍屬多期興建，為減低最底層柱之負擔，故採取切割方式將一樓梁與柱連接處切割，形成兩棟獨立之個體。然推估該校於此次地震承受之地震力遠大於「建築物耐震設計規範及解說」要求之設計地震力，靠近辦公室位置柱體因窗台束制產生嚴重剪力裂縫，裂縫深度已達核心混凝土區域，已達中度破壞之程度(圖 6.15)，結構體已受到影響，若再次遭受規模較大之地震，該棟校舍恐有倒塌之虞，勘查當天已建議學校避免使用該棟校舍，並做好人員之妥善安置，並確實封鎖該區域。除此之外，建築物背面側併柱交界位置出現開裂(圖 6.16)，且樓板交界面出現輕微裂縫。

宿舍因緊鄰宿舍二，此次地震相互碰撞後造成宿舍二之女兒牆牆體受損(圖 6.17)，但不致於影響原有結構安全，惟須進行裂縫修補，避免雨水由此處滲入結構體，衍生後續耐久性問題，另建議可適當增加兩棟宿舍間之距離，以改善鄰棟碰撞的問題。



(a)走廊側



(b)教室側

圖 6.15 普通教室 A 柱體因窗台束制產生嚴重剪力裂縫，
開裂深度已達核心混凝土區



圖 6.16 普通教室 A 背面側併柱交界位置出現開裂



圖 6.17 宿舍之間相互碰撞，造成女兒牆牆體受損

6.2.4 南投縣信義國中

信義國中位於南投縣信義鄉明德村玉山路 20 號，經緯度座標為東經 120.8534 度，北緯 23.696 度。該校現有「A 棟」、「B 棟行政教學」、「C 棟專科教室」、「活動中心」以及「廚房」，共計 5 棟校舍(圖 6.18)。依據中央氣象局強震即時速報站量測資料內插計算本校址之最大地表加速度值為 435.35gal，相當於 7 級震度，本次震損校舍為「A 棟」、「B 棟行政教學」及「活動中心」。

本校係屬九二一地震後重建之校園，然「A 棟」與「B 棟行政教學」樓因間距不足，地震中相互碰撞，導致角落處混凝土表層掉落，且水管受擠壓發生漏水現象(圖 6.19)。另「B 棟行政教學」樓於興建時或未考量高窗短柱之問題，因此柱體上於地震後出現明顯之斜剪裂縫(圖 6.20)，已建議學校針對高窗短柱部分進行必要之結構補強。

「活動中心」為 1 層樓之鋼筋混凝土建築，興建年代約為民國 85 年，由現場勘查而知，外牆磁磚與屋頂屋瓦於震後有掉落之現象(圖 6.21)，且內部上方天花板因受擠壓有許多隔板掉落(圖 6.22)，已建議學校進行固定裝置之檢查與修復，或考量拆除輕鋼架天花板方式，以維護使用安全。

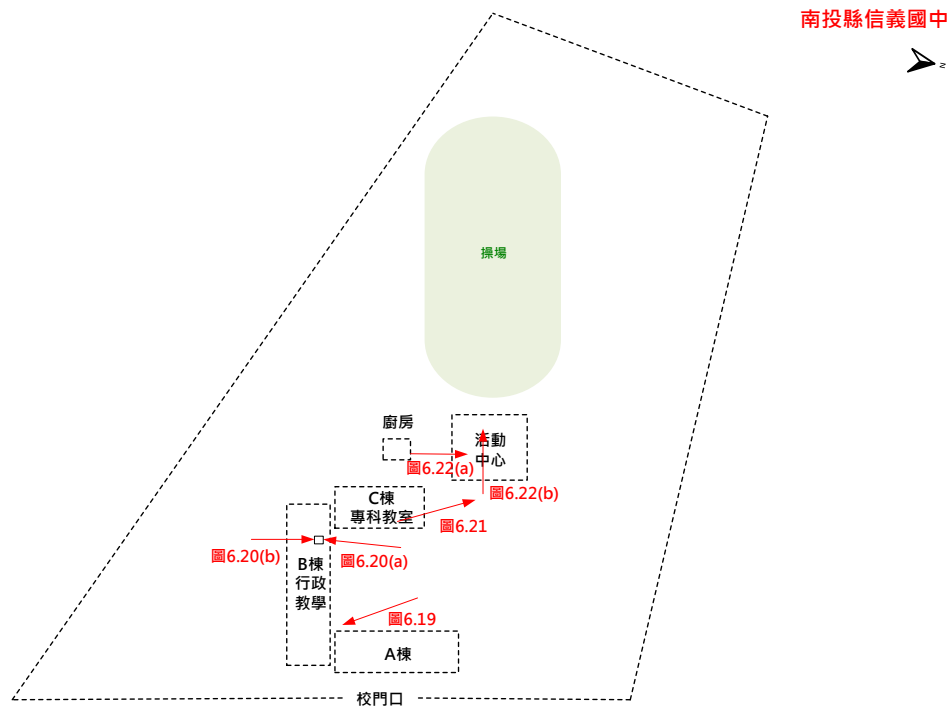


圖 6.18 南投縣信義國中校園平面配置圖暨勘災照片拍攝位置圖



圖 6.19 鄰棟碰撞造成水管破裂漏水



(a)走廊側



(b)教室側

圖 6.20 高窗短柱剪力破壞



圖 6.21 活動中心外牆磁磚掉落



(a)講臺側



(b)看臺側

圖 6.22 活動中心天花板掉落

6.2.5 南投縣信義國小

信義國小位於南投縣信義鄉明德村玉山路 24 號，經緯度座標為東經 120.8547 度，北緯 23.6977 度。該校現有「行政大樓」、「專科教室」、「樂群樓」、「宿舍 A」以及「宿舍 B」等 5 棟校舍(圖 6.23)。依據中央氣象局強震即時速報站量測資料內插計算本校址之最大地表加速度值為 435.35 gal，相當於 7 級震度，本次地震震損校舍為「行政大樓與專科教室間樓梯」、「專科教室」以及「樂群樓」。

行政大樓通往專科教室之樓梯間處已有長期滲水問題，已影響鄰近梁與柱之混凝土品質，因此碰撞後造成較大範圍之混凝土開裂與掉落(圖 6.24)，建議針對碰撞處進行結構性修復，並考量增加棟距，以改善鄰棟碰撞問題。

專科教室窗台柱出現輕微剪力裂縫(如箭頭處)(圖 6.25)，應不致於影響原有結構安全，惟須進行結構性裂縫修補，並注意該裂縫寬度於下次地震來襲後是否擴大。

樂群樓輕鋼架天花板受擠壓掉落，尤其是門口上方位置整片天花板掉落(如箭頭處)(圖 6.26)，至於靠講臺處則是有明顯擠壓變形，已請學校進行固定裝置之檢查與修復，或考量拆除輕鋼架天花板之方式，以維護使用安全，另該處天花板有滲漏水問題，亦請學校一併改善。

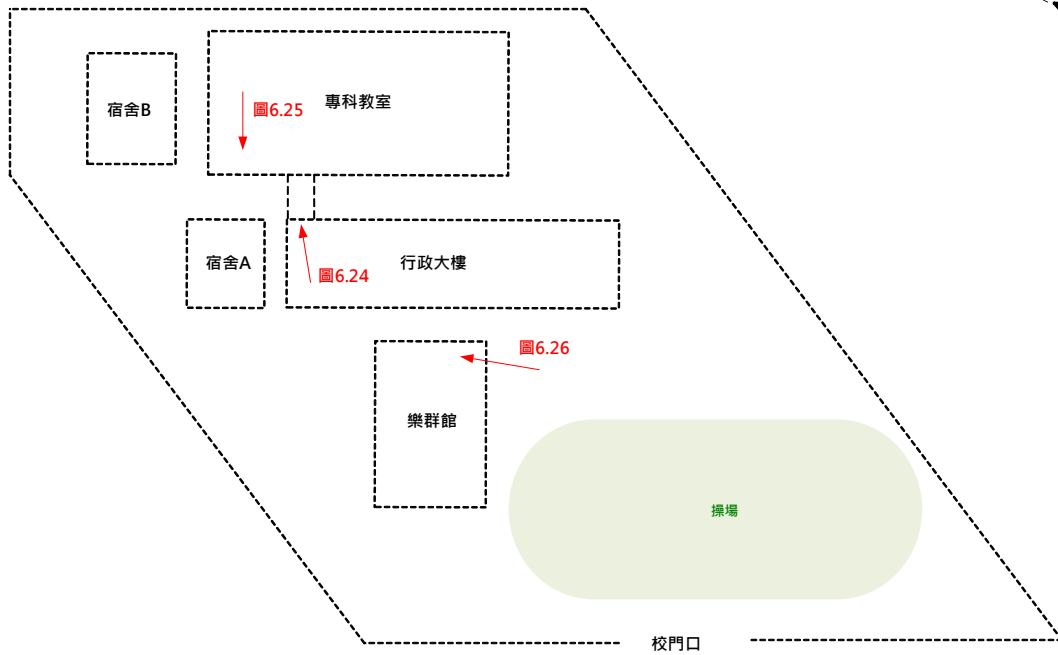


圖 6.23 南投縣信義國小校園平面配置圖暨勘災照片拍攝位置圖



圖 6.24 行政大樓與專科教室之樓梯間碰撞造成混凝土剝落



圖 6.25 專科教室柱頂出現輕微剪裂縫

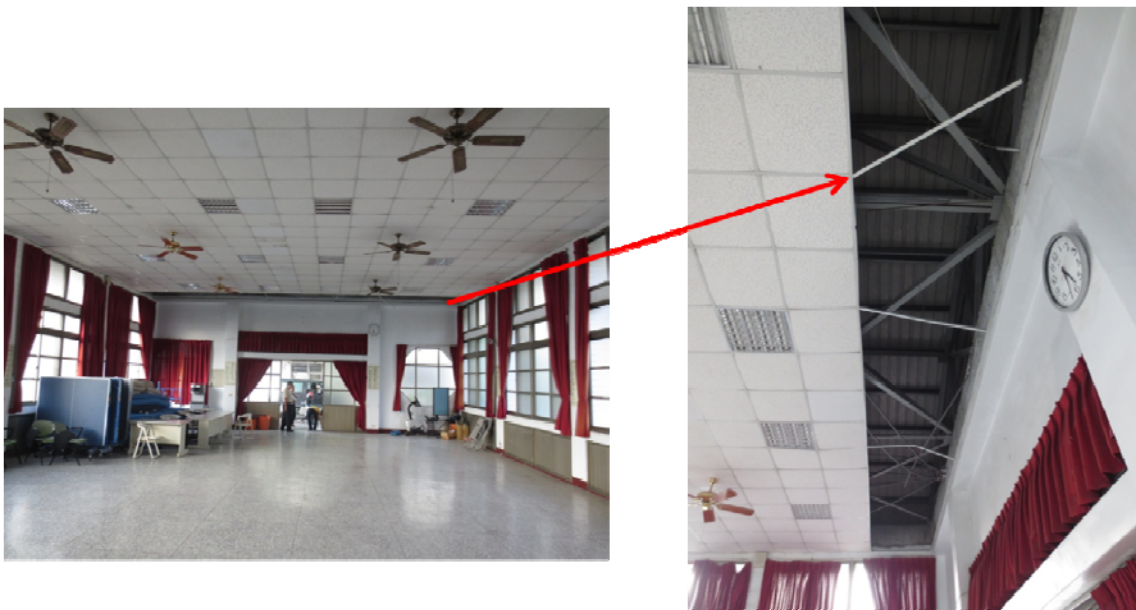


圖 6.26 樂群樓天花板因擠壓而掉落

6.2.6 南投縣明潭國中

明潭國中位於南投縣魚池鄉水社村中山路 190 號，經緯度座標為東經 120.9108 度，北緯 23.8675 度。該校現有「教學大樓」、「禮堂」、「餐廳」、「廚房」、「宿舍 A」以及「宿舍 B」，共計 6 棟校舍(圖 6.27)。依據中央氣象局強震即時速報站量測資料內插計算本校址之最大地表加速度值為 307.554

gal，相當於 6 級震度，本次震損校舍為「教學大樓」、「禮堂」及「餐廳」。

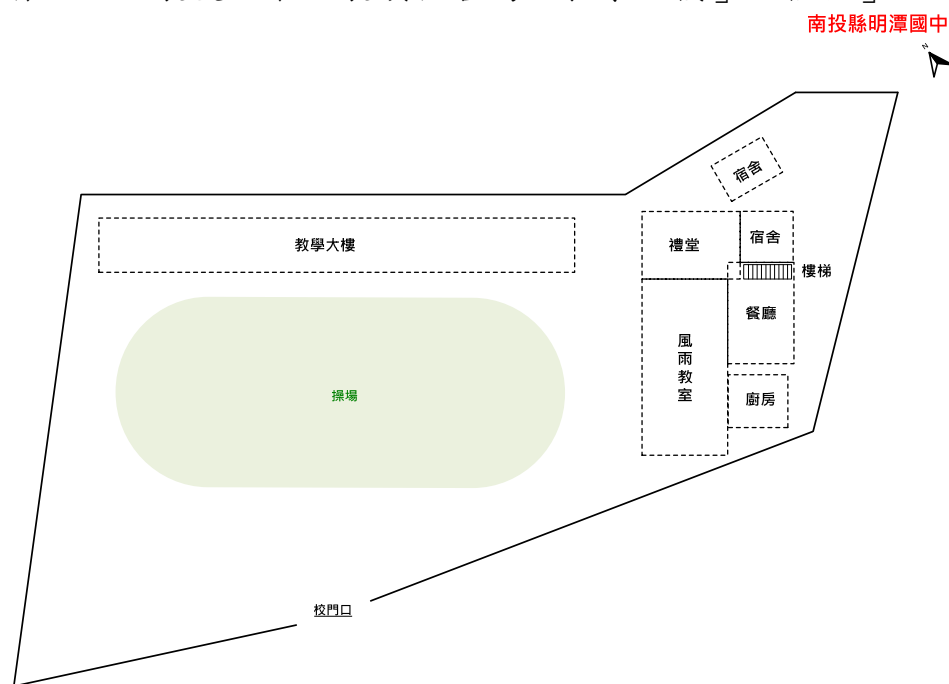


圖 6.27 南投縣明潭國中校園平面配置圖

「教學大樓」長 120.3 公尺、深 10.5 公尺，為地上 2 層之鋼筋混凝土造建築，屬單邊走廊但走廊無柱之結構型式，興建年代約為民國 60 年。由現場勘查可知，該棟校舍於九二一地震後已採擴大柱與增設翼牆等方式進行補強，故此次地震並未造成嚴重受損，僅走廊地板產生隆起破壞(圖 6.28)，經儀器測量後發現地板面有輕微向走廊側傾斜之跡象，雖無立即之傾倒危險，但應定期檢視傾斜角度是否增加。

「禮堂」長 22.6 公尺、深 17.7 公尺，為地上 2 層之鋼筋混凝土造建築，屬單邊走廊且廊外有柱之結構型式，於民國 86 年興建。由現場勘查結果，該棟校舍因與餐廳旁樓梯棟距不足，今年 0327 南投地震已造成伸縮縫附近柱體受鄰棟柱碰撞發生部分混凝土掉落，且地板處有明顯開裂(圖 6.29(a))，而此次 0602 南投魚池地震，使柱體碰撞的裂縫加大，保護層的混凝土嚴重剝落(圖 6.29(b))。一樓的美術教室，中間位置的梁產生明顯的撓曲裂縫(圖 6.30)，但上方二樓沒有承受明顯重量的物品，因此無法辨斷其裂縫產生原因。此外，位於二樓的圖書館，其右側的隔間磚牆則產生了明顯的剪力裂縫及局部的擠碎破壞(圖 6.31)。



圖 6.28 教學大樓之走廊地板產生隆起破壞



(a)柱體因碰撞產生裂縫
(0327 南投地震)



(b)柱體裂縫更加嚴重
(0602 南投地震)

圖 6.29 禮堂與餐廳間的柱體碰撞受損



圖 6.30 美術教室中間位置的梁產生明顯撓曲裂縫



圖 6.31 圖書館右側的隔間磚牆產生明顯剪力裂縫及局部擠碎破壞

6.2.7 南投縣水里國小

水里國小位於南投縣水里鄉南光村民族街 61 號，經緯度座標為東經 120.8552 度，北緯 23.8097 度。該校現有「教學大樓 A 棟」、「教學大樓 B 棟」、「教學大樓 C 棟」、「教學大樓 D 棟」、「活動中心」以及「生態教室」，共計 6 棟校舍(圖 6.32)。依據中央氣象局強震即時速報站量測資料內插計算本校址之最大地表加速度值為 201.23 gal，相當於 5 級震度，本次震損校舍敘述如後：

教學大樓為地上 3 層地下 1 層之混凝土建築物，於民國 91 年落成，主要震損為二樓圖書室輕鋼架天花板系統於兩側邊緣處板材掉落、骨架受損等(圖 6.33)。

體育館為地上 2 層鋼筋混凝土建築物，於民國 84 年落成，震損情形較教學大樓嚴重，主要受損為挑高空間之輕鋼架天花板系統，破壞區域集中於天花板系統邊緣區域，包括講臺前、兩側看臺上方(西側)、體育館入口(東側)上方等(圖 6.34)。

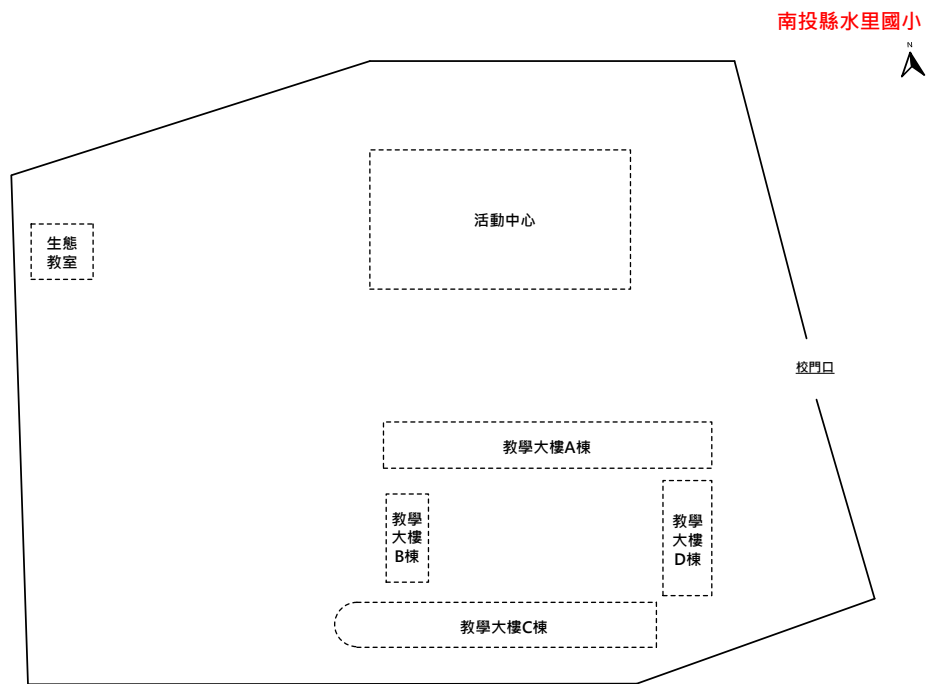


圖 6.32 南投縣水里國小校園平面配置圖



圖 6.33 教學大樓二樓圖書室天花板邊緣受損



圖 6.34 體育館兩側輕鋼架天花板損壞情況

6.2.8 南投縣民和國中

民和國中位於水里鄉民和村忠信巷 116 號，經緯度座標為東經 120.9179 度，北緯 23.7988 度。該校現有校舍建築有「普通教室」、「行政大樓」、「圖書館」、「行政宿舍」、「廚房」、「教師宿舍」、「男師宿舍」、「女師宿舍」、「學生宿舍 1」、「學生宿舍 2」以及「工藝教室」等 11 棟校舍(圖 6.35)。依據中央氣象局強震即時速報站量測資料內插計算本校址之最大地表加速度值為 367.77 gal，相當於 6 級震度，本次地震造成多棟校舍損壞，分述如後：

「行政大樓」與「普通教室」於民國 91 年竣工，皆為地上 2 層之鋼構造建築物。由於牆體採用輕隔間方式設置，本次地震於一樓男廁、女廁與健康中心之廁所等隔間牆產生多處裂損剝落(圖 6.36 至圖 6.39)。二樓綜合教室主要震損構件為天花板系統(圖 6.40)，其受損狀況為邊緣區域板材掉落，位於中間區域之天花板骨架破壞(圖 6.41)。電腦教室之震損情形除天花板板材掉落外，亦發生櫥櫃傾倒(圖 6.42)。另於一樓至二樓之戶外樓梯共有兩處，兩座樓梯於一樓之固定基座處，受地震影響而使基座鋪面層局部受損(圖 6.43)。

「廚房」為地上 1 層鋼筋混凝土構造，於民國 75 年興建，基地後方地面高於前方地面約 1.3 公尺。廚房屋頂磚砌女兒牆因受屋頂鋼架擠壓影響，粉刷層有剝落現象並有水平延伸裂縫(圖 6.44)。另廚房地板發現磁磚破裂現

象，裂縫長度約為 3 公尺，如圖 6.45 所示。

教師宿舍與學生宿舍皆為地上 3 層之鋼筋混凝土構造，「教師宿舍」於民國 75 年興建，「學生宿舍 1」於民國 92 年興建，「學生宿舍 2」於民國 101 年興建。「教師宿舍」一樓樓梯間鋼筋混凝土牆於震後發現輕微水平與垂直裂縫，部分水泥粉刷層剝落(圖 6.46)。學生宿舍之震損情形，包括「學生宿舍 1」、「學生宿舍 2」間樓板之隔離縫處擠壓破損(圖 6.47)，「學生宿舍 2」一樓大廳輕鋼架天花板鄰牆區域局部板材掉落(圖 6.48)。

除了上述建築裝修構件受損外，計有 6 座水塔於本次地震受損，包括學生宿舍、女師宿舍、廚房小型水塔等，如圖 6.49 所示。

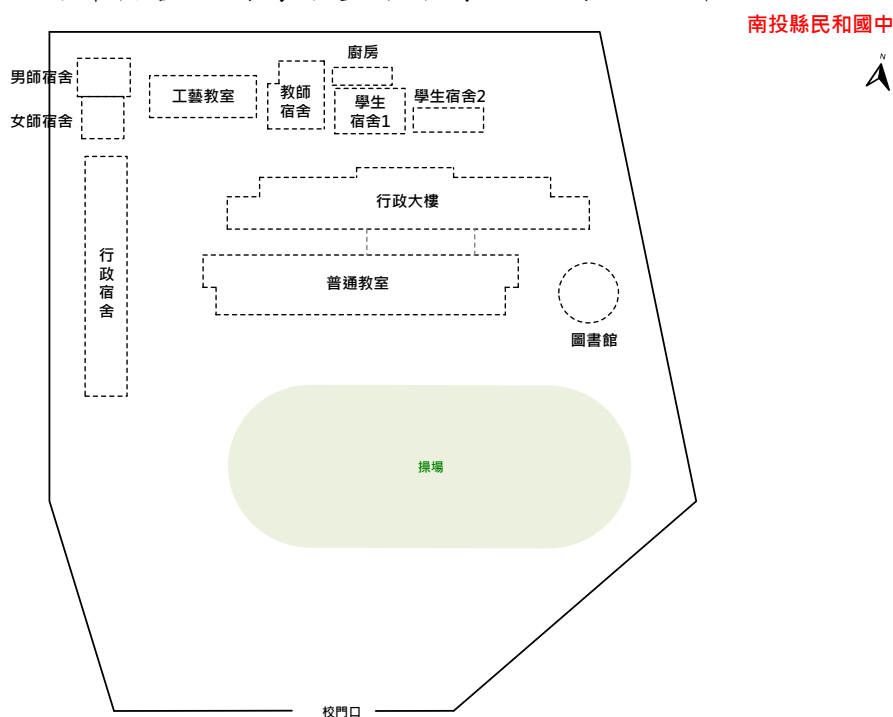


圖 6.35 南投縣民和國中校園平面配置圖



圖 6.36 一樓男廁輕隔間牆裂損



圖 6.37 一樓保健中心廁所輕隔間牆裂損



圖 6.38 一樓導師室與穿堂間牆面水平裂縫



圖 6.39 一樓女廁輕隔間牆裂損



圖 6.40 二樓綜合教室天花板受損



(a)位於中間區域之天花板骨架破壞



(b)邊緣區域

圖 6.41 二樓綜合教室天花板受損區域近照



圖 6.42 電腦教室櫥櫃傾倒(校方提供)



(a)東側戶外樓梯



(b)近穿堂樓梯

圖 6.43 一樓至二樓樓梯錨定處之基座鋪面層受損



圖 6.44 廚房屋頂磚砌女兒牆外粉刷層剝落、水平裂縫



圖 6.45 廚房地板磁磚破裂



圖 6.46 教師宿舍鋼筋混凝土牆體裂縫



圖 6.47 學生宿舍隔離縫處鋪面破損



圖 6.48 學生宿舍一樓大廳天花板系統之矽酸鈣板板材掉落



(a)學生宿舍



(b)女師宿舍

(c)廚房小型水塔

圖 6.49 民和國中多處水塔受損(照片為校方提供)

6.2.9 國立埔里高工

國立埔里高工位於南投縣埔里鎮中山路一段 435 號，經緯度座標為東經 120.9792 度，北緯 23.9725 度。該校現有「圖書館」、「行政大樓」、「教學大樓」、「綜合工廠」、「電機化工廠」、「校長宿舍」、「機械館」、「學生活動中心」、「建築館」、「教師宿舍」、「新學生宿舍」、「舊學生宿舍」、「警衛室」及「職務宿舍」等 14 棟校舍(圖 6.50)。依據中央氣象局強震即時速報站量測資料內插計算本校址之最大地表加速度值為 225.61 gal，相當於 5 級震度，本次地震造成多棟校舍損壞，分述如後：

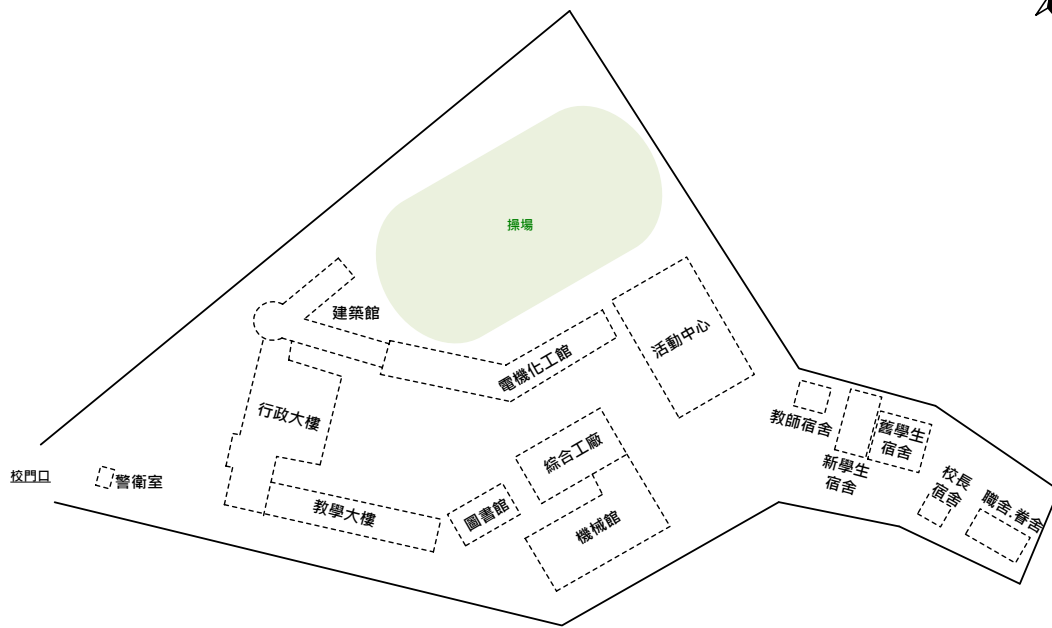


圖 6.50 國立埔里高工校園平面配置圖

教學大樓為地上4層地下1層之鋼筋混凝土造建物，於民國82年興建，本次震損情形較輕微，位於教學大樓與行政大樓、教學大樓與圖書館間的隔離縫鄰近構材受損(圖 6.51)，地下室埋於建築結構內之消防水管(消防栓用)破損，致使消防水由梁裂縫噴出，造成地下室局部範圍淹水(圖 6.52)，樓梯間牆體產生水平裂縫(圖 6.53)。

綜合工廠為地上4層之鋼筋混凝土造建物，兩階段分期興建，舊建物部分為民國78年興建，新建物部分為民國88年興建，本次地震受損情形主要為牆體裂縫與電梯受損，位於機械實習四廠之梁底與隔間磚牆水平裂縫(圖 6.54)，樓梯間牆體產生水平裂縫與局部粉刷層剝落，觀察其粉刷層剝落處，其裂縫位置疑為牆體模板之螺栓固定位置(圖 6.55)。位於機械實習四廠外之電梯受損無法於震後啟動(圖 6.56)，位於行政大樓與電機化工館之電梯亦有受損情形。

活動中心為地上1層地下1層之鋼筋混凝土造建物，於民國78年興建，本次震損為輕鋼架天花板系統，破壞區域集中於講臺兩側邊緣，受損情況如圖 6.57 所示。除以上大樓受損情況，學校也提供其他震損資訊，如水塔於此次地震損毀7座，包含綜合工廠2座、學生宿舍2座、圖書館、行政大樓與教學大樓各1座(圖 6.58)。



(a)教學大樓與行政大樓間



(b)教學大樓與圖書館之間(三樓)

圖 6.51 棟間隔離縫鄰近構材受損



圖 6.52 教學大樓地下室消防水管破損(紅圈為滲水處)



圖 6.53 教學大樓樓梯間牆體水平裂縫與樓梯間位置(紅圈標示處)



(a)破壞照片 1



(b)破壞照片 2

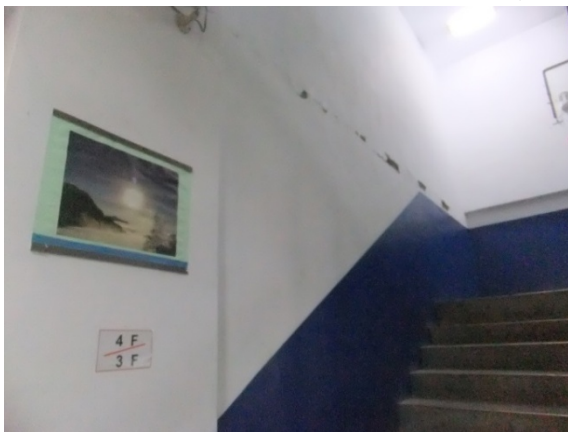


(c)破壞照片 3



(d)破壞照片 4

圖 6.54 機械實習四廠磚牆水平裂縫



(a)水平裂縫分布



(b)粉刷層剝落處放大照片

圖 6.55 綜合工廠樓梯間牆體水平裂縫



圖 6.56 綜合工廠大樓電梯受損



(a)破壞照片 1



(b)破壞照片 2



(c)破壞照片 3

圖 6.57 活動中心輕鋼架天花板系統邊緣區域受損



(a)教學大樓受損而拆卸的水塔



(b)圖書館水塔震損等待置換

圖 6.58 水塔受損情形

6.2.10 南投縣南光國小

南光國小位於埔里鎮中正路 251 號，經緯度座標為東經 120.9703 度，北緯 23.9606 度。該校現有「行政大樓」、「至真樓」、「至善樓」、「至美樓」、「專科教室」、「活動中心」、「餐廳廚房」及「幼稚園」等 8 棟校舍(圖 6.59)。依據中央氣象局強震即時速報站量測資料內插計算本校址之最大地表加速度值為 281.01 gal，相當於 6 級震度，此次震損較嚴重處為「活動中心」與「至真樓」及「專科教室」。

活動中心主要受損處為懸吊式天花板系統，由於地震當天學校正舉辦活動，輕鋼架天花板局部構材掉落造成少數民眾輕傷。天花板受損區域主要位於館場中央天窗周圍以及館場入口頂部(圖 6.60)。至真樓與專科教室二樓走廊間之隔離縫附近梁底部鋪面材料破損(圖 6.61)，一樓處廁所磁磚有剝落現象(圖 6.62)。至善樓與至美樓間之空地處有表面地磚或鋪面材剝落情況(圖 6.63)。

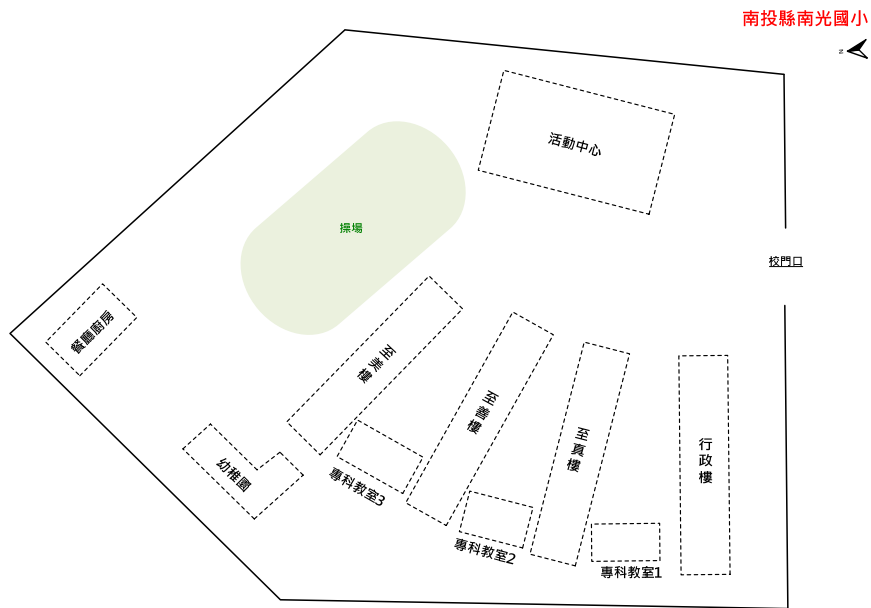


圖 6.59 南投縣南光國小校園平面配置圖



(a)館場天花板全貌



(b)入口處頂部破壞情形



(c)鄰近館場中央天窗破壞照片 1



(d)鄰近館場中央天窗破壞照片 2

圖 6.60 活動中心輕鋼架天花板掉落



圖 6.61 至真樓與專科教室二樓隔離縫附近梁底鋪面材破損



圖 6.62 至真樓一樓廁所磁磚掉落



圖 6.63 至善樓與至美樓間地面磁磚擠壓破裂

6.2.11 南投縣瑞峰國中

瑞峰國中位於鹿谷鄉仁愛路 154 之 1 號，經緯度座標為東經 120.7750 度，北緯 23.7827 度。該校現有「宿舍(A 棟)」、「教學大樓(B 棟)」、「行政

大樓(C棟)」以及「教室(D棟)」等4棟校舍(圖 6.64)。依據中央氣象局強震即時速報站量測資料內插計算本校址之最大地表加速度值為 348.68 gal，相當於 6 級震度。

南投縣瑞峰國中

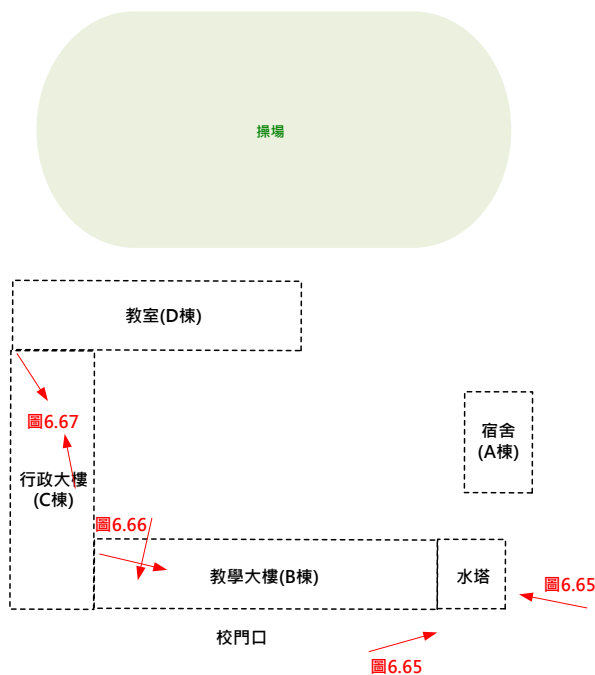


圖 6.64 南投縣瑞峰國中校園平面配置圖暨勘災照片拍攝位置圖

本校係屬九二一地震後重建之校園，校舍主體均為鋼結構之建築，其中教學大樓(B棟)旁水塔樓裝飾材於本次地震中受損，鋼結構外原有包覆材與花格磚受震後掉落(圖 6.65)，由照片研判，結構鋼材部分並未施作防火處理，建議學校改以輕量化材質進行後續復原，並加強鋼材之防火披覆處理。

教學大樓(B棟)天花板於本次地震中發生掉落現象，震後屋頂出現雨水滲漏問題，已建議學校檢查滲漏水原因(圖 6.66)，避免結構體與天花板長期受潮發生損壞，影響使用安全。

行政大樓(C棟)中做為禮堂使用之空間，其天花板大量掉落，部分電風扇僅靠電線懸吊(圖 6.67)，可能因無法承受重量而掉落，已建議學校全面將電風扇暫時移除，避免砸傷師生，並建議於修復時可考量不採用輕鋼架天花板之方式，以避免天花板受震掉落問題。



圖 6.65 梁柱包覆材、花格磚受震後掉落



圖 6.66 輕鋼架天花板掉落、出現雨水滲漏現象



圖 6.67 輕鋼架天花板擠壓掉落

6.2.12 臺中市四育國中

四育國中位於臺中市南區復興路二段 152 號，經緯度座標為東經 120.6647 度，北緯 24.1256 度。該校現有「樂群樓」、「敬業樓」、「書香樓」、「志學樓」、「專科教室」、「樹人館」、「四育館」以及「童軍園地」等 8 棟校舍(圖 6.68)，其中「書香樓」、「志學樓」預定進行拆除重建，第一期「書香樓」將先行拆除重建，完成後再進行「志學樓」之拆除重建。依據中央氣象局強震即時速報站量測資料內插計算本校址之最大地表加速度值為 58.04gal，相當於 4 級震度，本次地震主要受損校舍為「樹人館」、「樂群樓」及「志學樓」。

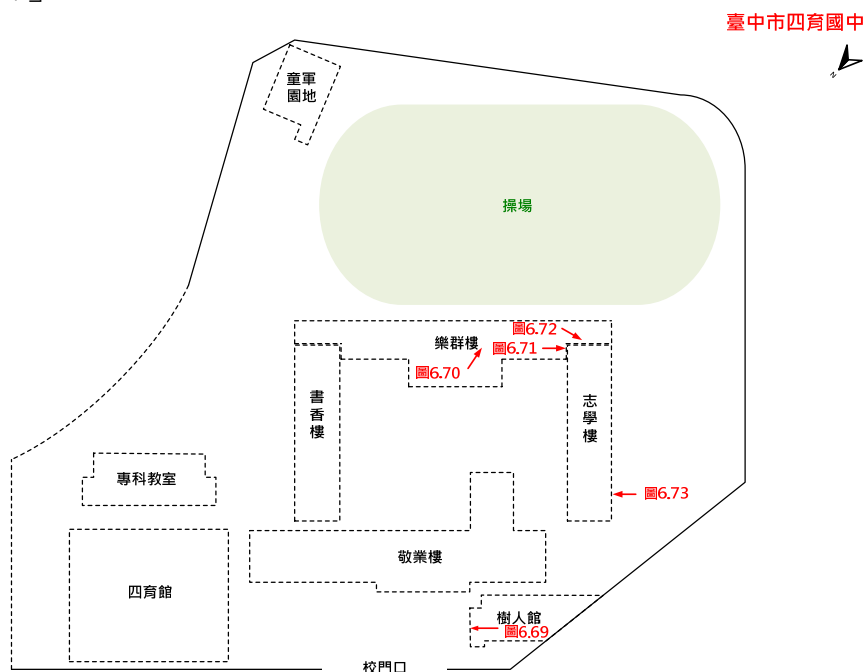


圖 6.68 臺中市四育國中校園平面配置圖暨勘災照片拍攝位置圖

「樹人館」為地上 7 層地下 1 層之鋼筋混凝土造校舍，興建年代約為民國 83 年。樹人館多處磚牆承受地震力作用，部分牆面如總務處外側磚牆出現輕微斜向裂縫(圖 6.69)，結構體應無安全疑慮，建議學校進行結構性裂縫修補。

「樂群樓」為地上 5 層地下 1 層之鋼筋混凝土造校舍，興建年代約為民國 80 年；而「志學樓」為地上 3 層地下 1 層之鋼筋混凝土造校舍，興建年代約為民國 61 年。本次地震中，於樂群樓穿堂發生磚牆與地梁交界面滑動現象(圖 6.70)，而一樓健康中心則發現隔間磚牆因承受剪力出現斜剪裂縫

情況(圖 6.71)。另樂群樓與志學樓因校舍鄰近，發生碰撞損壞之現象，於志學樓三樓位置因緊鄰樂群樓，不如一樓與二樓有較大間距，因此，碰撞後造成樂群樓梁體混凝土受損剝落(圖 6.72)，建議增加三樓伸縮縫寬度，避免爾後地震再度碰撞受損。志學樓背面側因高窗短柱效應，於柱面出現細微剪力裂縫(圖 6.73)，目前不致影響結構安全，但仍須注意後續地震後是否有加劇情形。



圖 6.69 樹人館總務處磚牆出現輕微剪力裂縫



圖 6.70 樂群樓穿堂磚牆與地梁交界面出現滑動



圖 6.71 樂群樓健康中心隔間磚牆承受剪力出現斜剪裂縫



圖 6.72 志學樓與樂群樓三樓相鄰處因碰撞造成梁體混凝土剝落



圖 6.73 志學樓背面側高窗短柱出現輕微剪力裂縫

6.2.13 苗栗縣談文國小

談文國小位於苗栗縣造橋鄉談文村六鄰 54 號，經緯度座標為東經 120.8501 度，北緯 24.6522 度。該校現有「宿舍」、「A 棟」、「B 棟」、「扯鈴館」以及「音樂教室」，共計 5 棟校舍(圖 6.74)。依據中央氣象局強震即時速報站量測資料內插計算本校址之最大地表加速度值為 21.13 gal，相當於 3 級震度，本次地震震損校舍為「宿舍」、「A 棟」、「B 棟」以及「扯鈴館」。

「宿舍」長 11.16 公尺、深 8.07 公尺，為地上 1 層之加強磚造建築，興建年代約為民國 69 年。該棟建築並無結構性損壞，主要為牆體與相鄰建築(A 棟)間柱交界面出現垂直裂縫(圖 6.75)。

「A 棟」長 51.55 公尺、深 12.28 公尺，為加強磚造之地上 2 層校舍，採單邊走廊且廊外有柱之型式，興建年代約為民國 71 年。由於分期興建之故，相鄰建築相互碰撞，且該處已存在滲漏水問題，導致梁體下方混凝土碰撞後剝落(圖 6.76)；另有二樓檔案室存放文件之鐵架櫥櫃受地震搖晃而傾倒，以致文件散落，鐵架已嚴重變形(圖 6.77)。

「B 棟」長 54.03 公尺、深 9.12 公尺，為加強磚造之地上 2 層校舍，採單邊走廊且廊外有柱之型式，興建年代約為民國 77 年。由現場勘查可知，該棟校舍多處有梁下方與剪力牆交界面開裂狀況(圖 6.78)，並不影響結構安全，應予以使用性修復。

「扯鈴館」長 53.48 公尺、深 30.48 公尺，為地上 1 層鋼筋混凝土造校

舍，興建年代約為民國 79 年。此次地震後，有幾處柱體與牆體交界位置出現裂縫，但未損及結構體，故以使用性修復予以處理即可。

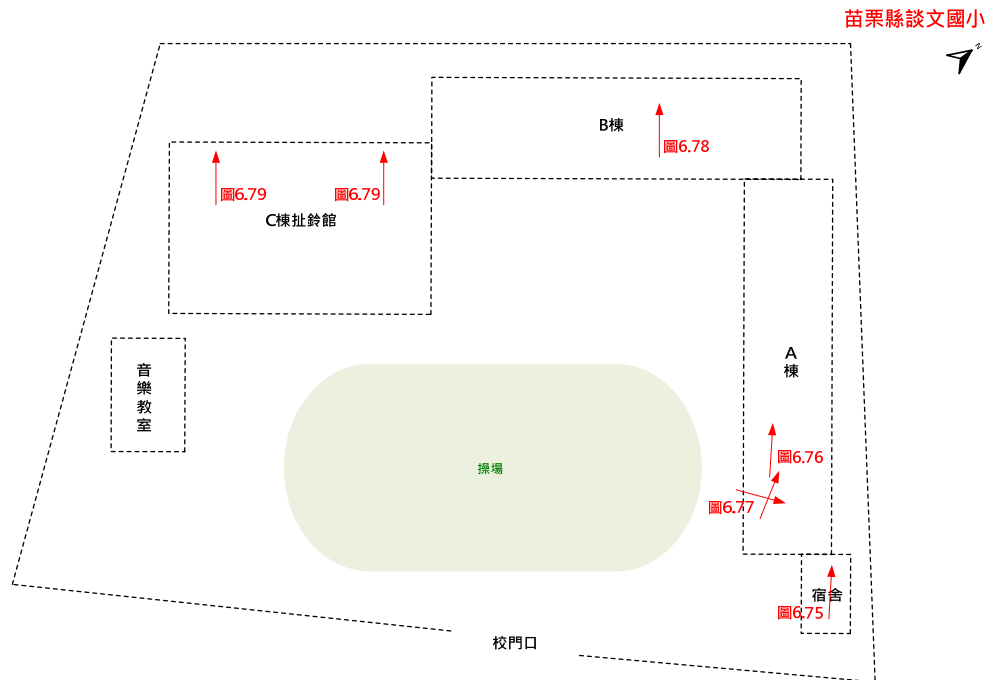


圖 6.74 苗栗縣談文國小校園平面配置圖暨勘災照片拍攝位置圖



圖 6.75 牆體與鄰棟建築柱體間交界面開裂



圖 6.76 鄰棟碰撞造成梁體混凝土剝落



圖 6.77 鐵架櫥櫃傾倒、文件散落

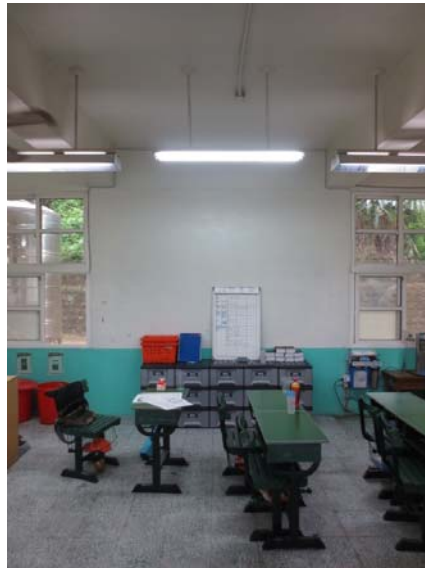


圖 6.78 梁下方與剪力牆交界面開裂



圖 6.79 扯鈴館柱體與牆體交界位置出現裂縫

6.3 小結

此次南投魚池地震距離 0327 地震僅有 2 個月時間，再度造成中部地區之學校建築受損，尤其以南投縣較為嚴重，其中一所學校之校舍柱體出現斜剪裂縫，已達中度損傷狀態，為維護師生安全，教育部已請學校進行拆除重建作業，另有學校因較大範圍之邊坡擋土牆體滑動，須投入經費以穩固擋土設施。

梁體下方與磚牆之交接面處因滑動而出現裂縫的情形，於本次勘查中仍處處可見，雖不致影響主要結構，但仍須針對裂縫處進行修補，以避免日後受雨產生滲漏問題。另外，亦可觀察到鄰棟校舍間未設置伸縮縫或伸縮縫距離不足，於地震時受鄰棟碰撞後而有磁磚掉落或混凝土剝落現象，此問題應妥善處理。多所學校建築之輕鋼架天花板系統受震而掉落，為避免二度損壞危及師生安全及財產損失，建議可於受震後將其全數移除，或可依「建築物耐震設計規範及解說」附錄 B 規定，重新施作輕鋼架天花板。

第七章 非結構物之震害

7.1 前言

本中心於 6 月 2 日當天蒐集台灣中南部重要建築與設施之非結構災情資訊，隨即於 6 月 3 日至 4 日赴現地勘察，勘察地點分佈與震央位置如表 7.1 與圖 7.1 所示，震央距離為使用 Google Maps 底圖與測距功能粗略估計之，水平地表加速度峰值(PGA)均依據本報告第三章研究結果推估而得。表 7.1 中，估算 PGA 值的衰減律採用本次地震各測站紀錄的兩水平向最大值修正。

表 7.1 勘災地點與震央距離

勘災地點	嘉義市政府	台大雲林分院	中寮鄉公所	中寮開閉所	水里國小	民和國中	埔里高工	暨南大學圖書館	南光國小	旭光國小
震央距離 (km)	70.4	51.9	23.8	23.6	16.2	11.5	11.5	11.7	10.5	49.0
估算 PGA (gal)	40.82	152.25	269.41	242.15	220.30	380.47	240.21	433.65	281.01	76.33



圖 7.1 勘災地點分布(地圖來源：Google 地圖網站)

7.2 嘉義市政府大樓

嘉義市政府大樓一共分為 A、B、C 三棟建物，主要辦公大樓為 A 棟，為地上十層、地下二層之鋼構造建築物，在民國 94 年後興建(圖 7.2)。建築二至八樓平面為口字型，九樓則為大禮堂 (圖 7.3)。本次地震主要災損區域位於九樓之大禮堂外側走廊上方 A、B 兩處(圖 7.3)，A 處消防管線斷裂導致消防水外洩(圖 7.4)、暗架式懸吊天花板系統之骨架與板材受損(圖 7.5)。B 處暗架式懸吊天花板系統之局部板材受損(圖 7.7)，推測其原因，為外洩之消防水致使局部板材脫落。

消防管線斷裂導致消防水外洩致使整層樓積水(圖 7.6)，雖已於 6 月 2 日稍晚以人工方式關閉消防閥門止住漏水，消防水已自九樓走廊流至電梯梯廳，洩落至一樓待機之電梯機廂上方，致使機廂上方機板受損。6 月 3 日早上九點至現地勘查時，四部電梯仍停駛三部。外洩之消防水亦沿管線流至各層樓，導致九樓以下部分天花板板材因消防水沿管流滲而受損(圖 7.8)。

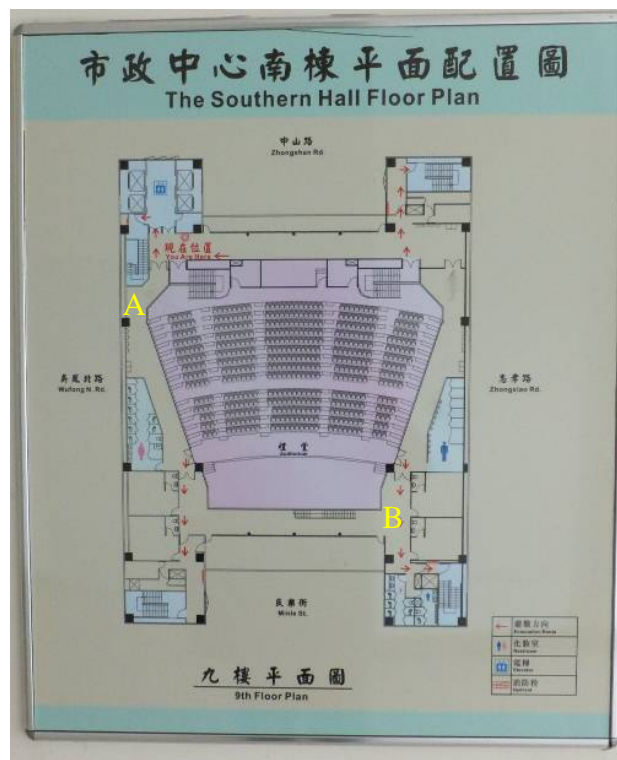


圖7.2 嘉義市政府外觀

圖7.3 嘉義市政府九樓配置圖



圖7.4 九樓 A 處消防管線斷裂



圖7.5 九樓 A 處暗架式天花板破損



圖7.6 九樓消防管線破損造成積水



圖7.7 九樓B處天花板系統局部板材脫落

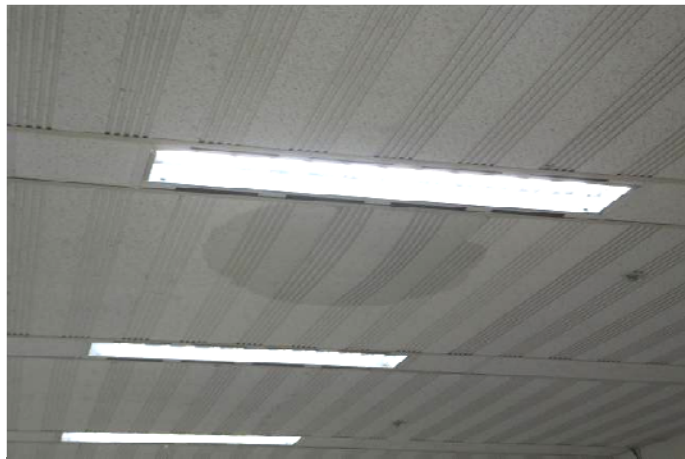


圖7.8 六樓天花板滲水

7.3 台大醫院雲林分院

台大醫院雲林分院新醫療大樓(圖 7.9)為地上八層、地下一層之鋼筋混凝土造建築物，建築平面為工字型(圖 7.10)。本次震損情形輕微，包括七樓與三樓儲物櫃翻倒(圖 7.11)、六樓與七樓部分消防灑水頭蓋板掉落(圖 7.12)、五樓天花板與排煙閘門相接處天花板構架些微變形(圖 7.13)等。



圖7.9 台大醫院雲林分院外觀



圖7.10 台大醫院雲林分院新醫療大樓七樓平面圖

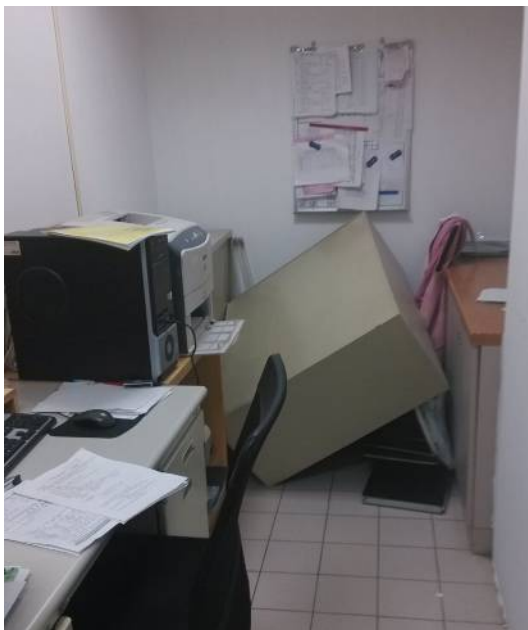


圖7.11 新醫療大樓七樓與三樓儲物櫃翻倒

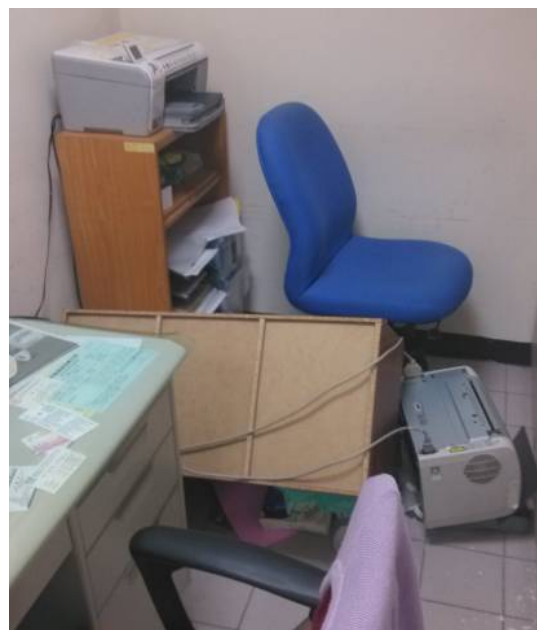




圖7.12 新醫療大樓七樓消防灑水頭蓋板掉落



圖7.13 新醫療大樓五樓天花板與排煙閘門相接處天花板構架些微變形

7.4 中寮超高壓開閉所

中寮超高壓開閉所位於南投縣中寮鄉(圖 7.14、圖 7.15)，距震央約 23.6 公里，本次地震之地表加速度峰值估計約為 242.15 gal。6 月 2 日地震之開閉所災損狀況包括南場之峨嵋線、明潭二路、嘉民三路等三條供電線路之 3 支 345 kV 避雷器、3 支比壓器損壞，以及南、北場之 29 支匯流排高空鋁管夾具受損(圖 7.16、圖 7.17)。本次地震震損未如 3 月 27 日南投仁愛地震情形嚴重，可能因素之一為本次地震之地表加速度峰值較低(3 月 27 日地震之地表加速度峰值估計約為 402.8 gal)，另一因素為 3 月 27 日地震後，台電人員將部分避雷器與比壓器相連之導管配置，改為避雷器與比壓器各自以導線與鋁管連接，降低強震下兩者相互作用之效應(圖 7.18、圖 7.19)。

三線路之避雷器與比壓器破壞情形如下所述：

- 一、 峨嵋線：3 月 27 日南投地震之後，避雷器已改為與比壓器各自以導線與鋁管連接。本次強震下單支避雷器因底部礙子受損而使避雷器斷折，幸未損及鄰近之比壓器。
- 二、 明潭二路：原配置為避雷器與比壓器以導線相連，單支避雷器底部端子受震斷裂後，避雷器上部撞擊比壓器致使其斷裂(圖 7.20)。
- 三、 嘉民三路：原配置為避雷器與比壓器以導線相連，本次地震中一座 R 相比壓器傾斜；一座 S 相比壓器中間斷裂掉落，相連的避雷器底部斷裂掉落。依據台電人員提供之震損照片，無法判定起因為比壓器或是避雷器何者先行受損而損及對方。



圖7.14 中寮超高壓開閉所受損之三條線路：峨嵋線(A處)、明潭二路(B處)、嘉民三路(C處)(衛星照片出處：Google Maps 網站)



圖7.15 中寮超高壓開閉所



圖7.16 高空匯流排鋁管夾具破壞



(a) 施工照片 1

(b) 施工照片 2

圖7.17 高空匯流排鋁管復位施工



圖7.18 原配置：避雷器與比壓器相連



圖7.19 改良後配置：避雷器與比壓器分離



(a) 破壞照片 1



(b) 破壞照片 2

圖7.20 明潭二路單支避雷器破壞情形(台電提供)



圖7.21 嘉民三路避雷器與比壓器破壞情形(台電提供)

7.5 中寮鄉公所

中寮鄉公所為地上六層、地下一層之鋼構造建築物(圖 7.22)，在民國 87 年後興建，於 92 年完工，標準平面圖如圖 7.23 所示。震損情形分述如下：

1. 東側磚砌山牆頂部毀損致使磚塊掉落。鄉公所人員表示，西側磚砌山牆已於 3 月 27 日南投地震中受損且磚塊掉落(圖 7.24、圖 7.25)。
2. 三樓至五樓多處天花板板材掉落(圖 7.26、圖 7.27、圖 7.28)。
3. 六樓空調系統壓縮機之錨錠處受損，疑因彈簧避振器支承之壓縮機於強震下慣性力過大，錨錠處混凝土強度不足，導致錨錠處混凝土破壞而使膨脹螺栓拔起(圖 7.30)。
4. 屋頂層部分鋼構屋瓦變形受損等(圖 7.31)。



圖7.22 中寮鄉公所外觀



圖7.23 中寮鄉公所五樓平面圖



圖7.24 東側磚砌山牆頂部毀損



圖7.25 西側磚砌山牆頂部毀損



圖7.26 五樓禮堂天花板掉落



圖7.27 三樓天花板掉落



圖7.28 四樓圖書室天花板掉落



圖7.29 檔案室天花板掉落



(a) 彈簧避振器



(b) 彈簧避振器之錨錠處受損

圖7.30 六樓空調系統壓縮機之錨錠螺栓拔起



圖7.31 屋頂層部分鋼構屋瓦變形受損

7.6 水里國小

水里國小主要建築為體育館及教學大樓，體育館為地上二層鋼筋混凝土建築物，於民國 84 年落成，位於校園北側(圖 7.32、圖 7.34)；教學大樓為地上三層地下一層之混凝土建築物，於民國 91 年落成(圖 7.33、圖 7.35)。

教學大樓主要震損為二樓圖書室輕鋼架天花板系統於兩側邊緣處板材掉落、骨架受損等(圖 7.36)。體育館震損情形較為嚴重，分述如下：

1. 體育館主要受損之非結構構件為挑高空間之輕鋼架天花板系統，破壞區域集中於天花板系統邊緣區域，包括講台前、兩側看台上方(西側)、體育館入口(東側)上方等(圖 7.37)。
2. 體育館一樓位於南側之水冷式空調系統受損，包括位於講台側之主控室外之埋牆冷卻水管破壞而使二樓冷卻水塔無法運作(圖 7.38)，另一冷卻水塔抽水馬達受損於震後無法運作(圖 7.39)。
3. 其他受損情形，包括體育館外側樓梯地面下陷(圖 7.40)，女廁與男廁外牆磁磚掉落等(圖 7.41)。



圖7.32 水里國小體育館外觀



圖7.33 水里國小外觀



圖7.34 水里國小校園平面圖



圖7.35 水里國小樓層平面圖



(a) 破壞照片 1



(b) 破壞照片 2

圖7.36 教學大樓二樓圖書室天花板邊緣受損



(a) 體育館入口(東側)上方



(b) 講台前兩側看台(西側)上方



(c) 體育館兩側邊緣上方

圖7.37 水里國小體育館天花板損壞情況



(a) 埋牆水管受損致使主控室滲水



(b) 水管業已修復

圖7.38 空調冷卻水管受損



(a) 水冷式空調系統



(b) 冷卻水塔



(c) 抽水馬達受損無法運作
圖7.39 水里國小體育館設備管線損壞情況



圖7.40 體育館外樓梯地面下陷(校方提供)



(a) 體育館女廁外牆磁磚掉落



(b) 體育館男廁外牆磁磚掉落

圖7.41 體育館非結構震損照片(校方提供)

7.7 民和國中

民和國中包括行政與專科教室區、廚房、老師宿舍與學生宿舍等建築(圖 7.42)，主要建築為行政區與教學區兩棟獨立結構(圖 7.43)，兩者之間並無通道等結構相連。



圖7.42 民和國中校園平面配置
(衛星照片出處：Google Maps 網站)



圖7.43 民和國中行政區與教學區外觀

一、 行政與專科教室區：

行政與專科教室區為地上二層之鋼構造建築物，於民國 90 年竣工(圖 7.43)。一樓使用用途包括男廁、健康中心、導師室及女廁。本次地震男廁與健康中心之廁所等隔間牆、女廁隔間牆與鋼骨柱間穿透性裂損且剝落嚴重(圖 7.44、圖 7.45、圖 7.46)，並產生多處窗角裂縫，其中女廁隔間牆具 45 度裂縫 (圖 7.47)。二樓使用用途包括綜合教室與電腦教室。綜合教室主要震損構件為天花板系統 (圖 7.48)，其受損狀況為邊緣區域板材掉落，位於中間區域之天花板骨架破壞(圖 7.49)。電腦教室之震損情形除天花板板材掉落外，亦發生櫥櫃傾倒(圖 7.50)。

本建築一樓至二樓之戶外樓梯共有兩處，兩座樓梯於一樓之固定基座處，受地震影響而使基座鋪面層局部受損(圖 7.51)。



圖7.44 一樓男廁鋼骨柱間穿透性裂損剝落



圖7.45 一樓保健中心廁所隔間牆穿透性裂損剝落



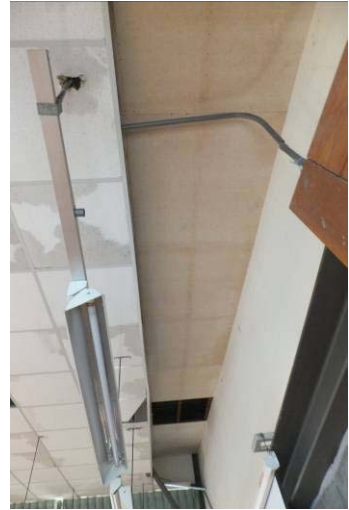
圖7.46 一樓導師室與穿堂間的水泥牆水平裂縫



圖7.47 一樓女廁鋼骨柱間與隔間牆穿透性裂損剝落



圖7.48 二樓綜合教室天花板受損



(a) 位於中間區域之天花板骨架破壞

(b) 邊緣區域

圖7.49 二樓綜合教室天花板受損區域近照



圖7.50 電腦教室櫥櫃傾倒(校方提供)



(a) 東側戶外樓梯

(b) 近穿堂樓梯

圖7.51 一樓至二樓樓梯錨定處之基座鋪面層受損

二、 廚房：

廚房為地上一層鋼筋混凝土造，於 921 地震前興建，基地後方地面高於前方地面約 1.3 米。屋頂磚砌女兒牆外粉刷層剝落並有水平裂縫，地板磁磚破裂約長 3 米，如圖 7.53 所示。



圖7.52 廚房屋頂磚砌女兒牆外粉刷層剝落、水平裂縫



圖7.53 廚房地板磁磚破裂

三、 宿舍區：

老師宿舍為地上三層鋼筋混凝土構造學生宿舍為地上三層鋼筋混凝土構造，舊宿舍於民國 90 年竣工，新宿舍於民國 101 年完工。

老師宿舍一樓樓梯間鋼筋混凝土牆於震後發現水平、垂直輕微裂縫，部分水泥粉刷層剝落(圖 7.54)。學生宿舍震損情形，包括新、舊樓板之間隔離縫處破損(圖 7.55)，新建區域的一樓大廳輕鋼架天花板鄰牆區域局部板材掉落(圖 7.56)。



圖7.54 老師宿舍鋼筋混凝土牆體
裂縫



圖7.55 學生宿舍隔離縫處鋪面破損



圖7.56 學生宿舍一樓大廳天花板系統之矽酸鈣板板材掉落

除了上述建築裝修構件受損外，民和國中共計六座水塔於本次地震受損，包括學生宿舍、女老師宿舍、廚房小型水塔等，如圖 7.57 所示。



(a) 學生宿舍



(b) 女老師宿舍

(c) 廚房小型水塔

圖7.57 民和國中多處水塔受損(照片為校方提供)

7.8 埔里高工

埔里高工位於南投縣埔里鎮，實地勘查區域包括教學大樓、圖書大樓、實習大樓與活動中心。埔里高工之外觀與校園空間平面配置如圖 7.58 與圖 7.59 所示。



圖7.58 埔里高工外觀



圖7.59 埔里高工校園平面配置

一、 教學大樓

教學大樓為地上四層、地下一層之鋼筋混凝土造建物，於民國 82 年興建。本次震損情形較輕微，分述如下：

1. 介於教學大樓與行政大樓、教學大樓與圖書館之間的隔離縫鄰近構材受損(圖 7.60)。
2. 地下室埋於建築結構內之消防水管(消防栓用)破損，致使消防水由梁裂縫噴出而造成地下室局部積水(圖 7.61)。
3. 教學大樓樓梯間牆體產生水平裂縫 (圖 7.62)。



(a) 教學大樓與行政大樓

(b) 教學大樓與圖書館之間(三樓)

間

圖7.60 棟間隔離縫鄰近構材受損

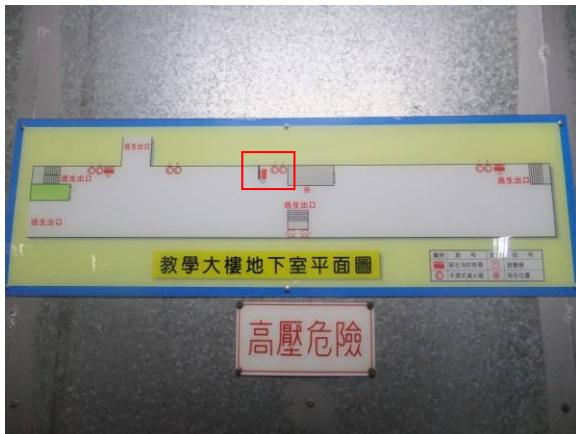


圖7.61 教學大樓地下室消防水管破損(紅圈為滲水處)



圖7.62 教學大樓樓梯間牆體水平裂縫與樓梯間位置(紅圈標示處)

二、 綜合實習大樓

綜合實習大樓為地上四層之鋼筋混凝土造建物(圖 7.63)，分為兩階段興建，舊建物部分為民國 78 年興建，新建物部分為民國 88 年興建。本次地震受損情形主要為牆體裂縫與電梯受損，包括：

1. 機械實習四廠(圖 7.64)之隔間磚牆，其為梁底與隔間磚牆之間水平裂縫(圖 7.65)。
2. 樓梯間牆體產生水平裂縫與局部粉刷層剝落，觀察其粉刷層剝落處，其裂縫位置疑為牆體模板之螺栓固定位置(圖 7.66)。
3. 位於機械實習四廠外之電梯受損無法於震後啟動(圖 7.67)；此外，位於行政大樓與電化大樓之電梯亦有受損情形。



圖7.63 綜合實習大樓外觀



圖7.64 機械實習四廠配置圖



(a) 破壞照片 1



(b) 破壞照片 2



(c) 破壞照片 3



(d) 破壞照片 4

圖7.65 機械實習四廠磚牆水平裂縫



(a) 水平裂縫分布



(b) 粉刷層剝落處放大照片

圖7.66 綜合實習大樓樓梯間牆體水平裂縫



圖7.67 綜合實習工廠大樓電梯受損

三、 活動中心

活動中心為地上一層、地下一層之鋼筋混凝土造建物，於民國 78 年興建。

本次震損為輕鋼架天花板系統，破壞區域集中於講台兩側邊緣，受損情況如圖 7.68 所示。



(a) 破壞照片 1



(b) 破壞照片 2



(c) 破壞照片 3

圖 7.68 活動中心輕鋼架天花板系統邊緣區域受損

除了以上大樓受損情況，校方也提供其他震損資訊，如水塔部分於此地震下損毀了七座，包含綜合實習大樓兩座、學生宿舍兩座、圖書館大樓、行政大樓與教學大樓各一座，(圖 7.69)。



(a) 教學大樓受損而拆卸的水塔



(b) 圖書館大樓水塔受損待置換

圖7.69 水塔受損情形

7.9 暨南大學圖資大樓

暨南大學位於南投縣埔里鎮，本次勘查地點為暨南大學圖資大樓，位於校園最內側(圖 7.70)，於 1995 年啟用。圖資大樓為地上五層、地下一層之鋼筋混凝土造建築物(圖 7.72)，平面為一矩形結構(圖 7.73)，建物走向為南北向(圖 7.71)。各樓層平面配置圖如圖 7.74 所示，地下一樓為自修室與電腦教室，一至二樓為行政區及多媒體視聽室，三至五樓則為放置期刊與圖書區。

本次地震當中，暨南大學測站測得之東西向地表加速度為 355.77 gal，南北向 433.65 gal。3 月 27 日南投地震時，東西向地表加速度為 499.62 gal，南北向 272.02 gal。當時地震損害以天花板系統為主，四樓至五樓天花板系統受損嚴重，且部分出風口、空調風管、防煙垂壁因天花板系統於強震下變位而受損、掉落。此外，一樓挑高大廳上方，位於約四樓位置之大片固定玻璃窗破損。

此次勘查除了蒐集震災資料，勘查結果亦可比對 3 月 27 日南投地震之災損情形。3 月 27 日南投地震後，圖資大樓於將原先五樓天花板系統之「半明架懸吊天花板系統」局部區域改為「明架式懸吊式天花板系統」(圖 7.75)。由本次震損狀況可發現，三樓(圖 7.77)、四樓與五樓(圖 7.76)局部天花板震損面板掉落，主要為半明架懸吊式天花板系統，少部分為明架式懸吊天花板系統。除了天花板系統震損外，亦發生支承於天花板系統之部分出風口與空調風管等掉落(圖 7.77(d)、圖 7.78)。

其他非結構構件方面，3 月 27 日南投地震後，一樓挑高大廳上方約四樓位置之大片固定玻璃窗多添加一窗間柱，本次地震並未發生玻璃受震破損情形(圖 7.78)。圖書架頂部原已架設防震連桿，本次地震中圖書架以及防震連桿連接處並未觀察到受損狀況。



圖7.70 暨南大學校園導覽圖(出處：暨南大學官方網站)



圖7.71 圖資大樓衛星照片(左側建物，出處：Google Maps 網站)



圖7.72 暨南大學圖資大樓外觀



圖7.73 圖資大樓平面配置



(a) 圖資大樓地下一樓



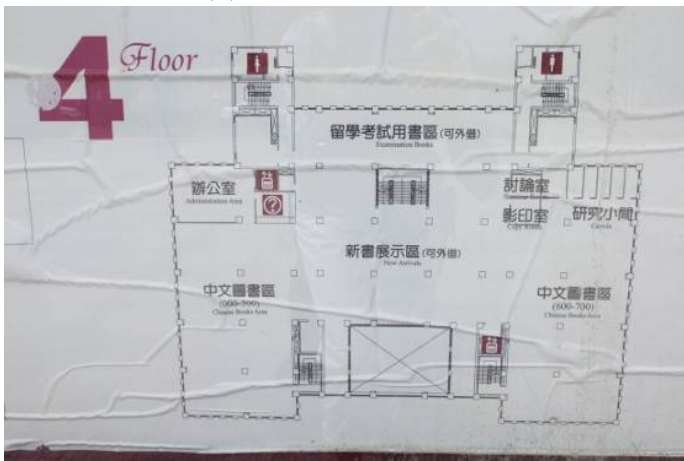
(b) 圖資大樓一樓



(c) 圖資大樓二樓



(d) 圖資大樓三樓



(e) 圖資大樓四樓



(f) 圖資大樓五樓

圖7.74 暨南大學圖資大樓各樓層平面圖



(a) 明架式天花板系統無損
(照片左上角處)



(b) 半明架式天花板材與骨架移位
(照片下半部處)

圖7.75 明架式與半明架懸吊天花板系統



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

圖7.76 本次地震之五樓天花板系統受損情況



(a) 三樓平面配置圖



(b) 破壞照片 1



(c) 破壞照片 2



(d) 破壞照片 3

圖7.77 三樓天花板系統受損情況



(a) 3月27日震損區域



(b) 外側多加設窗間柱

圖7.78 挑高大廳玻璃窗

7.10 南光國小

南光國小位於南投縣埔里鎮，其外觀與平面配置如圖 7.79 與圖 7.80 所示。此次震災較嚴重處為承德館(活動中心)與 B 棟(至真樓)、專科教室二樓。承德館(活動中心)外觀圖如圖 7.81 所示，此地震主要受損處為懸吊式天花板系統，由於地震當天學校於承德館舉辦活動，天花板局部構材掉落造成少數民眾輕傷。天花板受損區域主要位於館場中央天窗周圍以及館場入口頂部(圖 7.82)。

此外，B 棟(至真館)與專科教室二樓走廊間之隔離縫附近梁底部鋪面材料破損(圖 7.83)，一樓處廁所磁磚有剝落現象(圖 7.84)。C 棟(至善樓)與 D 棟(至美樓)間之空地處有表面地磚或鋪面材剝落情況(圖 7.85)。



圖7.79 南光國小外觀



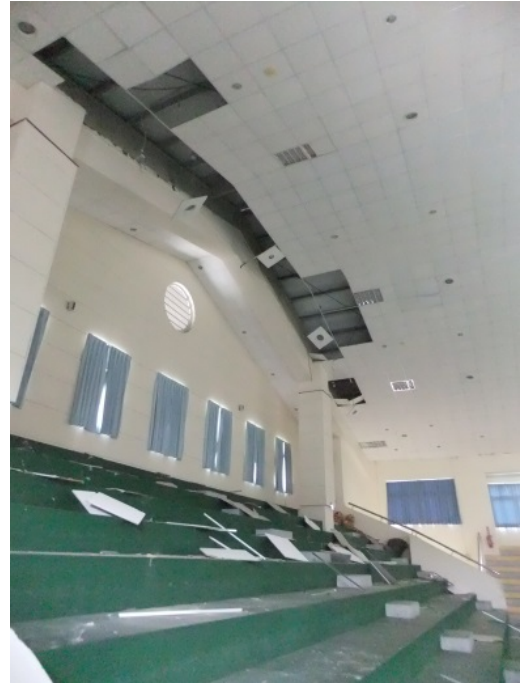
圖7.80 南光國小平面配置圖



圖7.81 南光國小承德館外觀



(a) 館場天花板全貌



(b) 入口處頂部破壞情形



(c) 鄰近館場中央天窗破壞照片 1



(d) 鄰近館場中央天窗破壞照片 2

圖7.82 承德館天花板掉落



圖7.83 B棟與專科教室二樓隔離縫附近梁底鋪面材破損



圖7.84 一樓廁所磁磚掉落



圖7.85 C棟與D棟間地面磁磚擠壓破裂

7.11 旭光國小

旭光國小位於台中市烏日區台中高鐵站附近，其外觀如圖 7.86 所示。旭光國小分為 A、B、C 三棟地上三層、地下一層之鋼筋混凝土造建築，此次地震主要破壞為消防管線接頭受損，如圖 7.87 中紅色框所示，消防管線受損處位於 A 棟地下室桌球教室(圖 7.88)。A 棟主要為地上三層地下一層之鋼筋混凝土結構物，於民國 86 年完工，此次地震主要為地下室消防管線伸縮接頭之橡膠部分破損，導致大量消防水噴出，致使地下室積水及部分設備(如：燈座、桌球桌)毀損。現場勘查時伸縮接頭部分已修復完畢，圖 7.89 為接頭破壞與修復後之情況。



圖7.86 旭光國小外觀

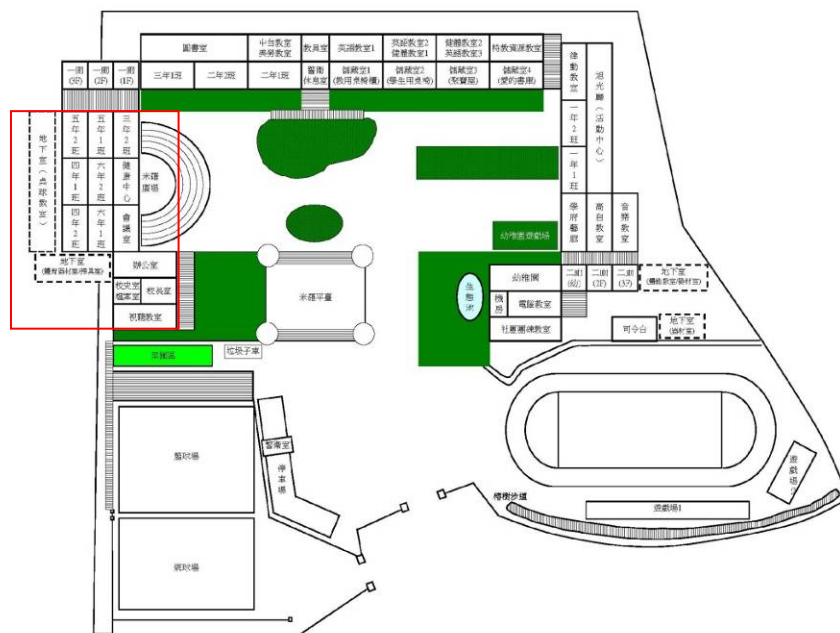


圖7.87 旭光國小教室平面圖



圖7.88 A棟地下室平面圖(紅點指示處為管線破壞位置)



(a) 接頭破損狀況
(校方提供之照片)



(b) 修復後

圖7.89 消防管線橡膠伸縮接頭破損

第八章 結論與建議

2013年6月2日下午1時43分3.2秒(世界時間5時43分3.2秒)於南投縣魚池鄉發生芮氏規模 M_L 6.5 之強烈地震，根據交通部中央氣象局進行地震定位和分析後所公布震源參數資料顯示，震央座標為北緯 23.86 度、東經 120.97 度，震源深度為 14.5 公里。經由中央氣象局震源破裂機制解顯示本次斷層錯動係一近乎南北走向的逆衝斷層型態，斷層面解為走向(Strike) 2 度、傾角(Dip) 22 度、滑移角(Slip 或稱 Rake) 83 度，是接近正南北走向，向東傾之破裂面。南投地震發生後，伴隨著許多餘震活動，最大餘震規模是 M_L 4.4。此次地震離 2013 年 3 月 27 日南投仁愛地震發生僅相隔約兩個月，特別引起社會大眾關切。

台灣島是由歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊互相碰撞擠壓所形成，菲律賓海板塊大約以每年 7 到 8 公分的速率向西北方擠壓歐亞大陸板塊。在台灣島的東北方，菲律賓海板塊向北隱沒進入歐亞大陸板塊之下，因而造成琉球海溝，並與其東北方的日本隱沒系統連接；歐亞大陸板塊在南段卻是向東沿著馬尼拉海溝隱沒進入菲律賓海板塊，並與菲律賓隱沒系統連接。如此複雜、活躍的板塊構造背景正是造成台灣地區地震活動頻繁的主要原因。台灣地區大致可分為三個主要地震帶，分別為東北部地震帶、東部地震帶和西部地震帶。此次南投地震之位置即屬西部地震帶，它約從台北南邊平行台灣島的長軸向台中、嘉義分布，約至台南為止，寬度約 80 公里，雖然大規模地震個數較少，但由於其震源較淺且西部地區人口稠密，因此最常造成嚴重災情，台灣十大災害地震中就有七個是位於此地震帶，例如 1906 年梅山地震、1935 年新竹台中烈震及 1999 年集集地震皆造成上千人死傷。本次地震發生位置位於台灣島正中央，此區域的構造活動受到西邊的北港高區阻擋，因而約在大茅埔一雙冬斷層以西處形成了一個半圓狀區域的地震活動低帶，北港高區以東之地震活動相當頻繁，其中更不乏規模 6 以上之強震。根據地調所出版的五十萬分之一地質圖，震央位置之地層約介於中新世(Miocene)或始新世至漸新世(Eocene to Oligocene)地層之交界處。有學者初步判斷此地震可能與梨山斷層有關，但仍有待進一步的研

究確認。

南投地震附近區域在近十幾年來曾有過兩次規模 6 以上之地震，分別為發生在 1999 年 9 月 21 日規模 M_L 7.3 的集集地震，與 2009 年 11 月 5 日規模 M_L 6.2 的名間地震。在集集地震與名間地震中，記錄到最大 PGA 值的都是位於新街國小內的 TCU129 強震站，此測站在集集地震時在東西向記錄到的 PGA 為 982.45 gal，名間地震中在南北向的 PGA 則是 399.15 gal，但此測站有相關研究顯示由於測站設置不適當，放置地震儀的平台可能因共振而造成 PGA 的異常放大，在 2007 年時對此測站進行地質鑽探和波速測量，其 V_{s30} 數值為 506.46 m/s，屬第一類地盤，此測站也在名間地震後經由專家建議改置儀器位置，因此在南投地震中其最大 PGA 已無異常放大現象。

地震發生後，「台灣地震損失評估系統(TELES)」在極短時間內即接收中央氣象局地震速報系統電子郵件傳送有關點震源參數與強震即時測站實測資料，立即自動啟動地震早期損失評估(Early Seismic Loss Estimation, ESLE)系統，進行第一階段的災損評估；國震中心同時蒐集中央氣象局、美國地質調查所(USGS)等國內、外不同機構所發布的地震斷層面解，研判一合理的面震源參數，並手動操作 TELES 軟體，於震後 2 小時內完成第二階段手動評估。因評估結果符合本中心地震災害應變作業手冊所規定震後「警戒階段」之動員條件，故隨即啟動本中心內部之震後應變程序，通知地震緊急應變作業小組各工作人員，依據所屬任務編派完成各項指派工作。

本次應變除了緊急動員進行地震歷時繪製、反應譜分析以及綜整震源參數進行震後各階段之災情評估並啟動協力機制外，也陸續派遣本中心勘災人員前往南投、雲林、台中、嘉義與苗栗等地區，分別針對校舍、公有建物與街屋民宅等建築結構、學校圖書館及超高壓開閉所之非結構物進行勘災，以利彙整地震資訊與災情。綜整本次勘災所得資訊，大都屬於山區坍方落石、非結構性災損或狀況輕微之結構性震損，主要結論與建議分述如下：

1. 此次南投地震造成五人不幸死亡，主要為山區落石坍方造成。嘉義縣阿里山鄉豐山村千人洞有一名登山民眾遭落石砸傷頭部死亡。嘉義縣

梅山鄉瑞里村於瑞水公路（縣道嘉 166 線）72 公里處，因地震造成落石，嘉義縣一婦女駕車經過，不幸遭落石砸中，受重傷昏迷，於 6 月 14 日宣告不治死亡。而於南投縣鹿谷鄉溪頭興產路附近則有一名老翁遊客於妖怪村遭落石砸傷頭部，傷重不治死亡。南投縣竹山鎮有一人在附近溪谷釣魚，因地震不幸遭土石掩埋死亡。南投縣水里鄉新倫路附近山區一人遭落石擊中死亡。

2. 本次地震並未造成任何建物發生嚴重倒塌情形，建物受震損害大多集中於非結構磚牆，因此並未對主要結構體造成嚴重破壞。
3. 此次南投地震造成南投、臺中、苗栗等縣市之中小學校舍建築受損，除南投縣鹿谷國中、雙龍國小及信義國中等受損較為嚴重外，其餘多屬輕度結構性損壞或非結構性損壞。災情大致為天花板系統受損、不鏽鋼水塔震損、隔間牆龜裂、櫃內物品掉落、天窗受損、圖書館書籍掉落、外牆磁磚掉落等。
4. 南投縣鹿谷國中位於鹿谷鄉山區，此次地震造成校區周圍多處擋土牆設施損壞、建築物基礎與地盤沈陷等情形。其中，鄰近鐘樓之擋土牆發生沿伸縮縫之錯移，擋土牆尾端牆體與側邊壁體相連處開裂，開裂寬度約 20~30 cm。該處側土牆之錯移造成牆背後方土體之變形，擋土牆與牆背土壤間有明顯間隙，牆背平行於擋土牆，亦可觀察到多處有明顯之地表裂縫。另一方面，震後鐘樓朝擋土牆方向傾斜，主要為基礎轉動所造成，另造成鐘樓與相鄰求真樓伸縮縫處損壞。由於鐘樓實際之基礎設計條件與下方土層條件無法得知，故鐘樓基礎之轉動與該處擋土設施損壞是否有直接關係，實需佐以相關細部資料方能予以研判。除上述校舍外，此次地震造成多所學校建築物之輕度結構體受損，主要為梁與牆體之交界面滑動而出現裂縫，或是因鄰棟建築物間並未設置伸縮縫或伸縮縫距離不足，導致地震來襲時發生碰撞損壞，與前次 0327 南投仁愛地震後觀察到之狀況類似。
5. 南投縣雙龍國小與信義國中之建築物均因短柱效應而發生柱體損壞的現象。其中，雙龍國小普通教室主要因柱體受窗台束制，於地震時承受側向剪力作用而產生斜剪裂縫，裂縫深度已達核心混凝土區，若再

次遭受地震侵襲，柱體可能有崩塌斷裂疑慮，故於勘災時已建議學校立即停止使用，並建立隔離範圍避免人員進入，以維護學校人員安全。信義國中受損校舍為 B 棟行政教學樓，部分柱體因教室側設置高窗，受震後柱體產生斜剪裂縫，已建議學校針對裂縫進行結構性修復，並將高窗之窗台與柱體進行切割處理，改善高窗短柱造成之震損結果再度發生。

6. 前項之伸縮縫問題亦發生於一般街屋或集合式住宅，可於耐震補強設計時予以考量並妥善處理。
7. 建築物外牆與室內牆之大理石或花崗岩壁磚，常見使用簡易濕式施工法，其耐震能力較差，以致受震後大量掉落或龜裂，建議以乾式錨定施工較能確保適當的抗震能力。
8. 此次南投地震造成山區多處坍方，交通受阻，亦造成邊坡擋土牆滑動破壞，危及鄰近建物安全。
9. 嘉義市政府主要辦公大樓 A 棟為地上十層、地下二層之鋼構造建築物。本次地震主要災損區域位於九樓大禮堂外側走廊，消防管線斷裂導致消防水外洩、暗架式懸吊天花板系統之骨架與板材受損，導致該樓層積水。消防水洩落至一樓電梯機廂，致使其機板受損而部分電梯停駛。外洩之消防水亦沿管線流至各層樓，九樓以下部分天花板板材因消防水沿管線滲流而受損。
10. 南投縣水里鄉民和國中行政區與教學區兩棟地上二層之鋼構造獨立結構，主要震損構件為隔間牆與懸吊式天花板系統。
11. 中寮鄉公所為地上六層、地下一層之鋼構造建築，主要震損包括東側磚砌山牆頂部毀損與磚塊掉落、三樓至五樓多處天花板板材掉落、六樓空調系統壓縮機之錨錠處受損、屋頂層部分鋼構屋瓦變形受損等。
12. 中寮超高壓開閉所災損狀況主要為戶外 345kV 避雷器、比壓器，以及高空匯流排高空鋁管夾具損壞。本次地震震損未如 3 月 27 日南投仁愛地震情形嚴重，可能因素之一為本次地震地表加速度峰值（約 242 gal）遠較 3 月 27 日地震地表加速度峰值（約 402 gal）為低，另一因素為 3 月 27 日地震後，台電人員將部分避雷器與比壓器相連之導管

配置，改為避雷器與比壓器各自以導線與鋁管連接，降低強震下兩者相互作用之效應。至於避雷器底部絕緣礙管及高空匯流排夾具之耐震能力在此次地震侵襲下仍顯不足，未來如何改善是一重要課題。

13. 內政部已於 2011 年頒布新版「建築物耐震設計規範及解說」，並於附錄 B 中敘明輕鋼架天花板之相關耐震規定，然而此一部份並未強制要求專業技師簽證，未具法律上之強制效力，以致目前新興建築案以及既有建物之裝修工程多未採用此最新之標準進行設計施工，希望經由此次地震經驗，輕鋼架天花板耐震問題更加受到相關工程單位及建物所有權人的重視。
14. 緊靠牆面之獨立書(貨)櫃和電視櫃可以加裝與牆面之抗震扣件，防止傾倒。
15. 建物頂樓不銹鋼水塔傾倒掉落多肇因於支架受震挫曲或斷裂，可透過相關耐震工法提升水塔耐震能力。
16. 台灣高鐵苗栗至嘉義區間災害告警系統因地震而啟動，部分路段電力暫時中斷，部分列車暫停於受影響區間（取消南下班次 15 班、北上班次 12 班）。台灣高鐵在完成軌道、土木橋樑結構及電力設施等巡檢作業後，全線於地震當日傍晚 6 時 44 分起恢復正常運行。

參考文獻

1. 中央氣象局網站，http://www.cwb.gov.tw/V7/earthquake/rtd_eq.htm。
2. 台灣寬頻地震網網站，<http://bats.earth.sinica.edu.tw/>。
3. 即時震矩張量觀測系統網站，<http://rmt.earth.sinica.edu.tw/>。
4. 美國地質調查所地震災害計畫網站，<http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/usb000ftgc#summary>。
5. 哈佛大學 CMT (全球地震矩張量震源解資料搜尋網站)，<http://www.globalcmt.org/CMTsearch.html>。
6. 張建興 (2013)，Background seismicity and earthquake parameters，0602 南投地震學術研討會，中央氣象局，台北。
7. Shin, T. C., Chang, C. H., Pu, H. C., Lin, H. W., and Leu P. L. (2013). The geophysical database management system in Taiwan, *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*, 24(1), 11-18.
8. 強震測站場址工程地質資料庫 (EGDT)，<http://egdt.ncree.org.tw/>。
9. Kuo, C. H., Wen, K. L., Hsieh, H. H., Lin, C. M., Chang, T. M., and Kuo, K. W. (2012). Site Classification and Vs30 estimation of free-field TSMIP stations using the logging data of EGDT, *Engineering Geology*. 129-130, 68-75.
10. 國家地震工程研究中心 (2013)，2013 年 0327 南投仁愛地震事件勘災報告，報告編號：NCREE-13-013。
11. Lin, C. M., Chang, T. M., Wen, K. L., Kuo, C. H., and Hsieh, H. H. (2013). Seismogenic Structure Beneath Decollement Inferred From 2009/11/5 M_L 6.2 Mingjian Earthquake in Central Taiwan. (Submitted to *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*)
12. 內政部營建署，2011，建築物耐震設計規範及解說，中華民國 100 年，台北。
13. Jean, Wen-Yu, Yu-Wen Chang, Kuo-Liang Wen, Chin-Hsiung Loh, 2006. "Early Estimation of Seismic Hazard for Strong Earthquakes in Taiwan",

Natural Hazards, Volume 37, Issue 1 - 2, Feb, Pages 39 – 53.

- 14.連冠華、張毓文、簡文郁、鍾立來、黃世建(2007)，「台灣中小學校舍震害調查分析」，土木工程防災專刊，中國土木水利，34(5)，pp.1-14。
- 15.Field, H. Edward, 2000.A Modified Ground-Motion Attenuation Relationship for Southern California that Accounts for Detailed Site Classification and a Basin-Depth Effect, Bull.Seism.Soc.Am., 90, 6b, S209-S221.
- 16.葉錦勳，2003，「台灣地震損失評估系統-TELES」，國家地震工程研究中心研究報告，NCREE-03-002，台北。
- 17.葉錦勳、陳緯蒼，2004，「台灣震災模擬資料庫的建置與應用」，第七屆結構工程學術研討會論文集，論文編號 F08，中華民國結構工程學會，桃園大溪。
- 18.Wells, D. L. and Coppersmith, K. J. (1994), "New Empirical Relationships Among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, and Surface Displacement", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 84, pp.974-1002.