

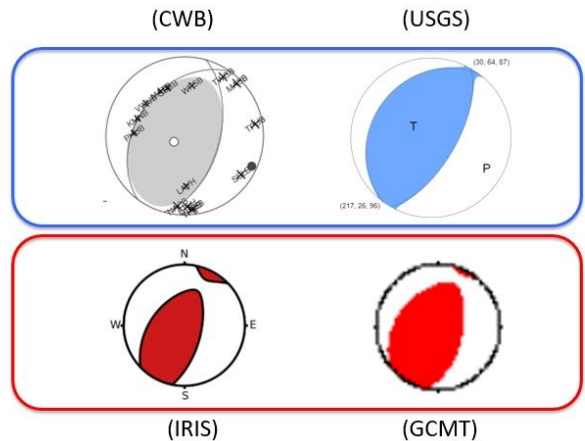
國家地震工程研究中心特別簡訊

2022 年 3 月 23 日花東近海地震事件紀要

一、地震與勘災行動概述

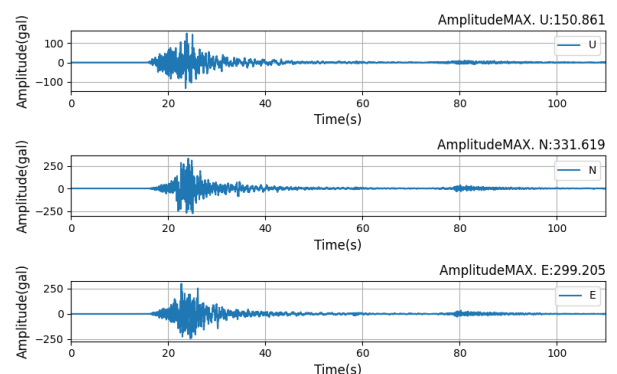
今 (2022) 年 3 月 23 日 1 時 41 分於臺東長濱外海發生芮氏規模 6.6 地震，由中央氣象局速報解所得之震央位於東經 121.52 度、北緯 23.43 度，震源深度 30.6 公里 (圖一) 。本次地震分別於臺東縣長濱鄉、花蓮縣玉里鎮觀測到震度 6 弱和 5 強，造成擴建中的玉興橋損壞等災情。國震中心 TELES 地震早期評估系統在震後接收到中央氣象局發送的地震報告電子郵件後，即在 2 分鐘內完成災損推估並發送簡訊 (圖二) ，評估結果顯示此次地震無人員傷亡，但有 64 個村里需警戒。

國震中心於 3 月 23 日彙整花東相關災損資訊後，隨即派員至花東進行災損調查。本次現地勘災作業共計調查 1 案橋梁、3 案學校校舍、2 案消防廳舍、3 案醫療設施、2 案宗教建築、1 案其他公共建築、4 棟民宅與 2 案非建築結構物。

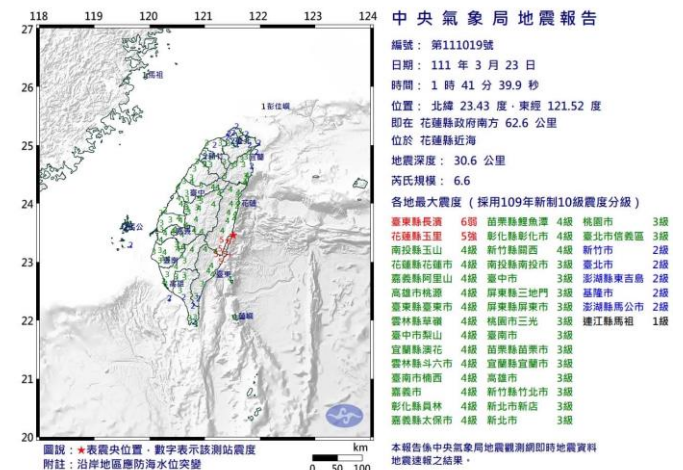


圖三 中央氣象局 (CWB)、美國地質調查所 (USGS)、地震學研究機構聯合會 (IRIS) 及全球地震張量解 (GCMT) 所發布之震源機制解

參考中央氣象局及國震中心於全台共 502 個測站之即時強震觀測紀錄顯示，本次地震所收錄最高震度級數為 6 弱，來自長濱 (ECB) 測站，其最大地表加速度 (PGA) 約為 335.2 gal，最大地表速度 (PGV) 約為 53.6 cm/s。長濱 (ECB) 測站所收錄到之加速度歷時如圖四所示。圖四為彙整即時測站地震動觀測紀錄，並佐以台灣地震動預估式 (Chao et al., 2020) 繪製所得之地震動分佈圖，其分佈圖包括 PGA、PGV、0.3 秒譜加速度 (Sa0.3) 及 1.0 秒譜加速度 (Sa1.0)，本文即依據此 PGA 分佈圖於第五節至第七節標註各地勘災災損之 PGA 值 (經由測站實測值的內插結果，為合成方向之最大地表加速度)，俾利於比對與各地結構物受震反應之關聯性。本次地震所造成之震度分布，由圖五中可發現，花東縱谷南段之震度高於北部，可能跟震源破裂方向有關。圖六將強震測站觀測反應譜及設計反應譜進行比較，測站包括震度最大的長濱 (ECB) 測站以及具有最大 1 秒週期譜加速度值的 HWA041 測站。由觀測反應譜發現長濱 (ECB) 測站在極短周期呈現較高之譜加速度值，但中長結構週期範圍內均低於設計反應譜；HWA041 測站的觀測反應譜則僅在 1 秒左右接近 MCE。由反應譜比較結果顯示，少數結構週期範圍的譜加速度值會超越設計反應譜，對應結構週期之建物可能有微小損傷。



圖四 本次震度最大的長濱 (ECB) 測站之加速度歷時圖：垂直向 (上)、南北向 (中)、東西向 (下)



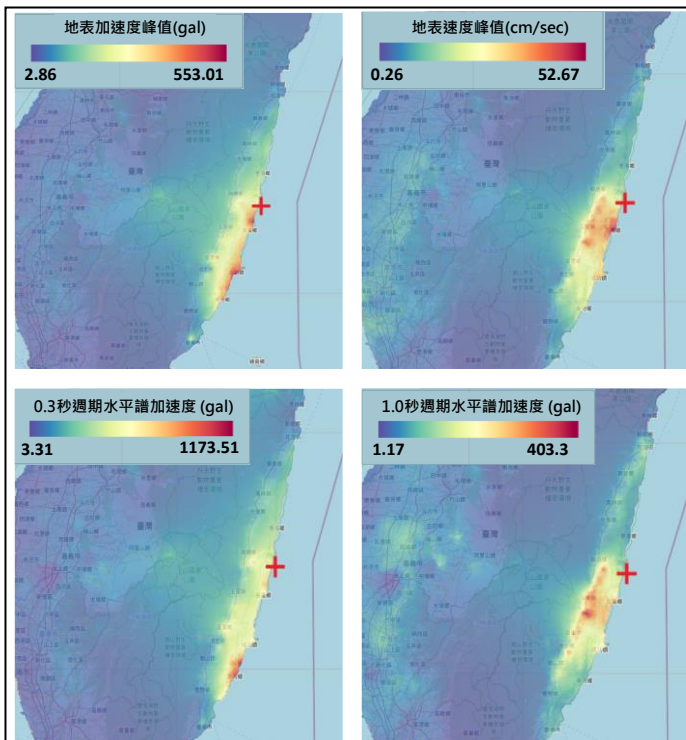
圖一 中央氣象局 3 月 23 日花東近海規模 $M_L 6.6$ 地震報告

T10：最大震度 6 弱_0323_0141_台東長濱外海 14 公里
_M6.6_D31km_傷亡 0(0-0)_64 村里警戒 (國震中心提供)

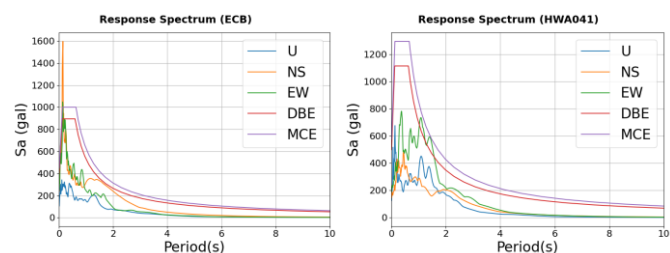
圖二 國震中心 TELES 地震早期評估系統發送之簡訊

二、震源與強地動分析

依據中央氣象局 (CWB)、美國地質調查所 (USGS)、地震學研究機構聯合會 (IRIS) 及全球地震張量解 (GCMT) 解算之震源機制解 (圖三) 顯示，本次規模 $M_L 6.6$ ($M_w 6.4$) 之地震為逆斷層機制，略帶走向滑移分量。本次地震之震源位於歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊聚合的縫合帶-縱谷斷層深部。此震源區域曾發生的重大歷史地震有兩次，分別為 2003 年的成功地震 (規模 $M_L 6.4$) 及 2013 年瑞穗地震 (規模 $M_L 6.4$)。臺灣地震科學中心 (TEC) 依據此地質背景、主餘震分布及震源機制，研判此次地震為東北-西南向、往東傾斜之高角度逆斷層，並與池上斷層北段的深部活動有關。



圖五 國震中心即時地震動資訊展示平台，整合 CWBSN、TSMIP、SANTA 及 EEWS 測站所推估之地震動（由左上起為 PGA、PGV，及左下 Sa0.3、右下 Sa1.0）分佈圖



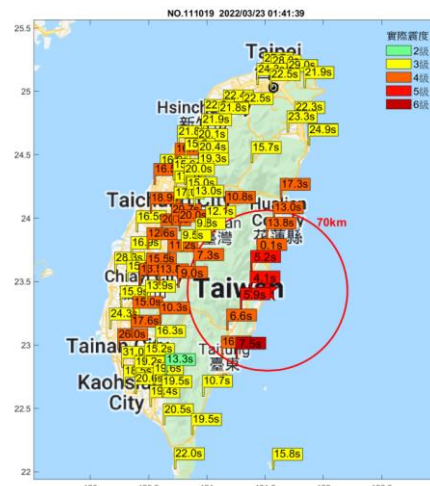
圖六 強震測站之三方觀測反應譜與設計反應譜之比較，包括震度最大的 ECB 測站與 1 秒週期譜加速度值最大之 HWA041 測站

三、複合式地震速報情形

本次地震現地型地震預警系統提供近震央區 4-13 秒不等的預警時間（圖七），其近震央區各站發布列表詳圖八。由複合式地震速報平台發報得知，地震發震時間在 01 時 41 分 39 秒，最近測站（距離震央約 15.4 公里）之第一次發報時間為 01 時 41 分 49.6 秒（圖九），針對花蓮縣玉里鎮、瑞穗鄉、卓溪鄉、臺東縣長濱鄉提出預估震度 6 弱的預警資訊；第二報為 01 時 41 分 50.4 秒，針對花蓮縣鳳林鎮、光復鄉、豐濱鄉、萬榮鄉提出預估震度 6 弱的預警資訊；第三報為 01 時 41 分 50.5 秒，針對花蓮縣富里鄉、臺東縣成功鎮提出預估震度 6 弱的預警資訊；第四至八報為針對花蓮縣與臺東縣提出預估震度 4 至 5 弱的預警資訊；第九報於 01 時 41 分 56 秒加入氣象局預警資訊，提供本島其他縣市預估震度 4 級之預警資訊，詳如圖十。

本次地震再次證明複合式地震速報之必要性，近震央區由國震中心現地型地震預警系統提供預警，距震央範圍 70 公里之外，則藉由氣象局區域型預警系統對全台發出警報，此二系統互補運作，可讓不論是靠近或遠離震央區的民眾都能爭取到更多預警時

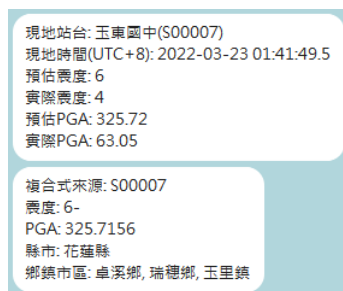
間進行避難。此外，接收複合式地震速報訊息的設備更可以在收到警訊時立即自動作動以減少災害產生。



圖七 現地型地震主站預警時間

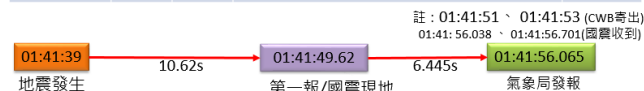
所轄縣市	測站名稱	現地型		區域型		實際 PGA	實際震度	震央距離
		預警時間	預估 PGA	預警時間	預估 PGA			
花蓮縣	玉東國中	4.1	325.7	6	504.5	199.1	5	15.4
花蓮縣	富源國小	5.2	290.3	6	391.2	111.8	5	22.1
花蓮縣	光復國小	0.1	253.8	6	355.1	76.6	4	28.6
花蓮縣	長良國小	5.9	257.9	6	295.4	121.6	5	28.9
花蓮縣	豐濱國小	13.8	43.4	4	204.4	52.3	4	45.6
台東縣	初來國小	6.6	79.5	4	178.4	61.6	4	49.9
花蓮縣	稻香國小	13.0	56.6	4	128.9	5	40.4	59.2
台東縣	興隆國小	7.5	88.1	5	152.8	278.2	6	65.4
南投縣	同富國小	7.3	76.8	4	115.2	28.1	4	67.1
台東縣	龍田國小	16.6	49.7	4	103.8	25.5	4	71.0

圖八 近震央區現地型地震預警詳細資訊



圖九 最近測站發報訊息

時 間	轉發主站	縣 市	警 報 提 供 新 聞 報 道 市 區	來源(影響範圍)
01:41:49.62	玉東國中	花蓮縣	玉里鎮(6-)、瑞穗鄉(6-)、卓溪鄉(6-)	國震中心 (4)
01:41:50.359	光復國小	花蓮縣	鳳林鎮(6-)、光復鄉(6-)、豐濱鄉(6-)、萬榮鄉(6-)	國震中心 (8)
01:41:50.522	長良國小	花蓮縣	富里鄉(6-)、成功鎮(6-)	國震中心 (10)
01:41:50.947	豐濱國小	花蓮縣	吉安鄉、壽豐鄉、秀林鄉	國震中心 (13)
01:41:52.687	初來國小	台東縣	關山鎮、池上鄉、海端鄉	國震中心 (16)
01:41:54.766	稻香國小	花蓮縣	花蓮市、新城鄉	國震中心 (18)
01:41:55.315	興隆國小	台東縣	臺東市(5-)、鹿野鄉(5-)、東河鄉(5-)、綠島鄉(5-)	國震中心 (22)
01:41:55.738	龍田國小	台東縣	卑南鄉、太麻里鄉、延平鄉	國震中心 (25)
01:41:56.065	氣象局	本島各縣市	氣象局全區加入，本島內暫4級以上 花蓮縣(5~6+)、臺東縣(4~6+)	氣象局 (334)



圖十 複合式地震速報平台發報狀態表

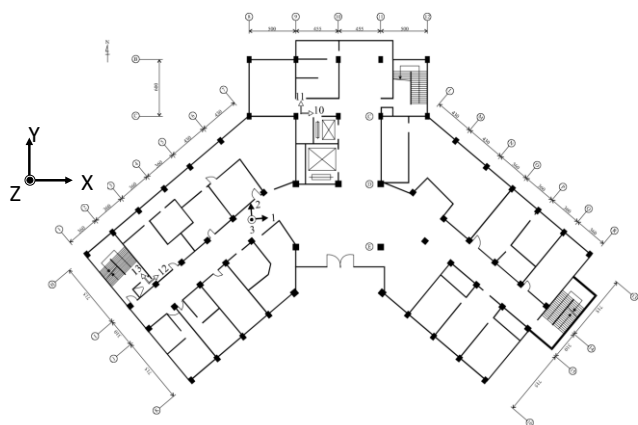
四、建築物強震監測

本次地震依中央氣象局所發布之地震報告，各地區域所測得之最大震度為臺東縣長濱測得 6 弱最大，花蓮玉里 5 強次之。於臺東縣內，兩棟建築結構配備建築強震紀錄儀，其為「臺東醫院」

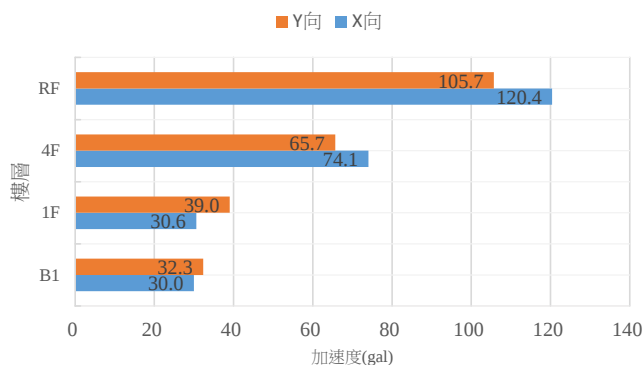
與「臺東縣消防局」，兩件建築結構與震央之直線距離分別約莫 85.33 與 83.46 公里。

臺東醫院為 6 層樓高之建築結構，該建築平面可參考下方圖十一。該平面配置類似一開口向下之 L 形，故於水平軸上並非對稱。本結構之強震紀錄儀，包含自由場在內，合計 25 個頻道量測水平兩向與垂直向的加速度反應。加速度規的配置，除了自由場外，主要裝設於地下室（B1）、一樓（1F）、四樓（4F）與頂層（RF）。於本次地震事件之結構加速度反應量測中，取接近結構中心梯廳附近之水平兩向量測之峰值彙整於圖十二。其中地下一樓（B1）之量測可視為該結構之地表輸入，水平兩向皆約莫 30 gal，隨著樓層增加至頂樓（RF），結構放大反應越見顯著，於 X 與 Y 向上，分別放大至輸入的 4 倍與 3.3 倍。

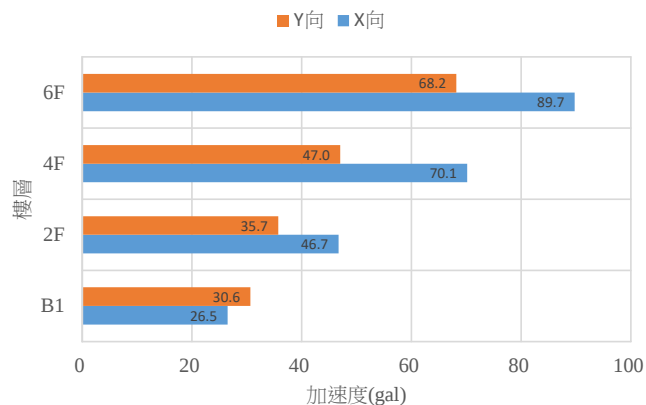
臺東消防局配合建築空間之使用，可拆分為兩棟結構物，其中 6 層樓高之 A 棟為主要辦公空間，4 層樓高之 B 棟為消防人員之備勤室，且 B 棟配合消防車之停車規劃，部分二樓為下方為挑空之設計。兩棟結構採 20 公分間距之伸縮縫切割，平面上仍類似 L 形，惟開口大於 90 度。本棟結構之強震紀錄儀，包含自由場在內，合計 32 個頻道量測加速度反應。扣掉 2 個頻道供自由場量測外，其餘分布於兩棟結構之地下一樓（B1）至六樓（6F），各樓層皆有。於本次地震事件中，取辦公棟（A 棟），且靠近 A、B 兩棟交界處之加速度量測做為參考，水平兩向之樓層最大加速度反應彙整於圖十三。類似地，地下一樓（B1）之量測可視為本結構於本地震事件中之地表輸入，兩向同樣約莫 30 gal 左右，隨著樓層增加，結構放大其加速度反應，於六樓（6F）處，加速度分別放大至 89.7 與 68.2 gal，換算倍率為 3.39 與 2.23 倍，較臺東醫院小。



圖十一 臺東醫院 1F 結構平面



圖十二 臺東醫院樓層加速度峰值



圖十三 臺東消防局樓層加速度峰值

五、建築物災情彙整

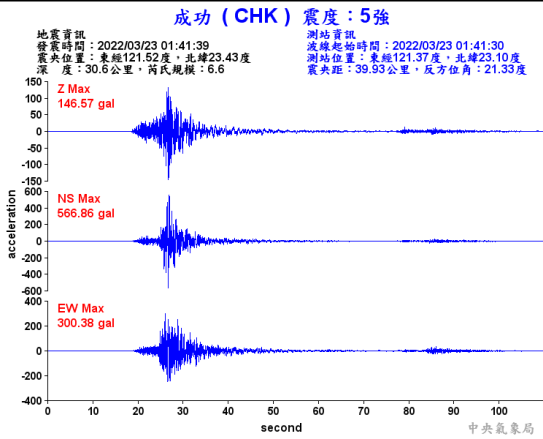
位於臺東縣成功鎮之成功國小，鄰近該校大門的西棟校舍的北側有一獨立廁所（圖十四），因該獨立廁所建築屬於非教學使用校舍，因此並未進行耐震評估與補強工程。成功國小距離地震震央約 38.9 公里（圖十五），與該校距離 1.16 公里之成功測站，其測得之 PGA 約為 567 gal（圖十六）。地震後本中心立即由校舍耐震補強專案辦公室透過與縣市承辦窗口聯繫，彙整校舍災情資訊，經縣府承辦人員告知此廁所於震後受損，圖十七與圖十八顯示因短柱效應，柱子產生剪力裂縫，且混凝土保護層剝落。



圖十四 臺東縣成功國小平面圖（取自校舍管理系統）



圖十五 臺東縣成功國小與 0323 震央位置關係圖



圖十六 0323 地震臺東成功測站即時強地震波圖 (取自中央氣象局)



圖十七 臺東縣成功國小廁所受損外觀 (臺東縣政府提供)



圖十八 臺東縣成功國小廁所內部短柱 (臺東縣政府提供)

成功國小之東棟及西棟校舍，分別於民國 77 年及民國 86 年取得使用執照，經耐震詳細評估得其 CDR 分別為 1.218 及 1.800，顯示校舍耐震能力無虞，該兩棟校舍在此次地震下並無結構性損壞。成功國小西棟校舍為地上三層 RC 構造，結構體分為南北兩部分，之間設有伸縮縫，如圖十九所示，原柱僅支撐南側結構體，學校僅對北側結構體懸臂部分進行鋼柱補強，且與南側柱使用螺栓相接，使得地震時北側補強鋼柱與南側結構體之原柱互相拉扯，造成三樓補強鋼柱上方螺栓脫落 (圖二十)，脫落之螺栓已遺失。



圖十九 成功國小西棟大樓南北側之間伸縮縫以及補強鋼柱與原柱螺栓相接 (PGA: 515 gal)



圖二十 成功國小西棟大樓三樓補強鋼柱上方螺栓脫落 (PGA: 515 gal)

臺東縣成功鎮忠孝國小，其南棟教學大樓興建於民國 85 年，北棟體育館興建於民國 87 年。體育館入口處面東，於民國 104 年 7 月 31 日以剪力牆補強工法完成建物耐震補強，該校距離震央約 32.7 公里，圖二十一為體育館內部向入口處拍攝照片。本次震損包括：正面牆體疑似向東面外傾斜，導致屋頂與牆螺栓脫落開裂產生間隙 (圖二十二)；入口處門框兩側頂角明顯龜裂 (圖二十三)；體育館地面多處龜裂，最大裂縫寬度約為 5 mm (圖二十四、圖二十五)。



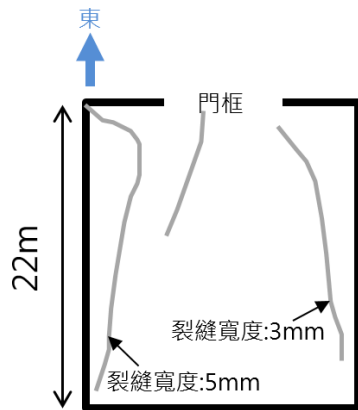
圖二十一 臺東縣忠孝國小體育館內部 (PGA: 401 gal)



圖二十二 體育館正面牆疑似向東傾斜致與屋頂產生間隙 (PGA: 401 gal)



圖二十三 體育館入口處門框兩側頂角水平裂縫。(PGA: 401 gal)



圖二十四 體育館地板龜裂示意圖



(a) 地板裂縫寬度



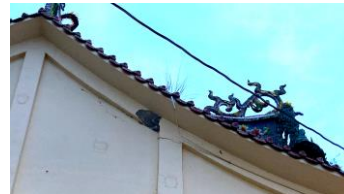
(b) 入口右側地板龜裂

圖二十五 體育館地板裂縫。(PGA: 401 gal)

臺東縣成功鎮福德宮為具有百年歷史之廟宇，現況為前中後三進分期興建之地上一層樓鋼筋混凝土結構，呈西北西-東南東走向，距離震央約 39.2 公里，地震地表 PGA 為 524 gal。本次結構震損主要發生於民國 82 年完成改建之第一進，主要集中於屋頂與第二排梁柱間之區域，即廟門上方處。該廟宇中脊採台灣廟宇常見兩側高、中央低形式，前後亦呈山形高低錯落排列，廟門上方牆體並未向上延伸與屋頂相接，而以裝飾用之混凝土鑄塑像夾於屋頂脊梁與下方橫梁之間，如圖二十六所示。於本次地震中，屋頂與第二排梁柱間發生錯位，造成兩側屋頂梁底與牆間產生剪切裂縫，東北側尤為嚴重，中廟門兩側柱上部之梁柱接頭亦有明顯破壞、鋼筋裸露，如圖二十七所示，此外第三排亦有一處梁柱接頭損傷，造成混凝土保護層剝落。

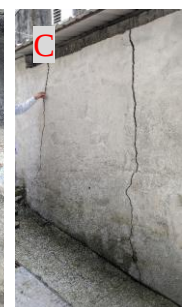


圖二十六 福德宮廟門上方橫梁至屋頂脊梁間並未相連，而以混凝土鑄造之塑像夾持於兩梁之間，形成勁度不連續之結構弱點 (PGA: 524 gal)



圖二十七 第二排柱頂與屋頂間結構震損 (左上：西南側外牆；右上：東北側外牆，可見屋頂梁下有明顯長裂縫與樑柱接頭破壞；左下：中廟門東北側柱頂接頭破壞、鋼筋裸露；右下：中廟門西南側柱頂接頭破壞、梁間裝飾塑像破壞掉落 (PGA: 524 gal))

花蓮縣玉里鎮樂合里多處民宅回報震損，新民 59 號平房西側臥室頂部樓板底面開裂，目視可見其鋼筋已鏽蝕 (圖二十八 A)；於山坡上之新民 98-1 號與 98-2 號分別為二層樓與三層樓 RC 構造民房，建築年代超過 50 年，且經歷多次增建，98-1 號一樓西側增建鐵皮屋與主屋間開裂，於主屋柱旁有垂直貫穿裂縫，然結構柱無受損 (圖二十八 D)；98-2 號地面多處裂縫，北側側屋以空心磚搭建之外牆垂直開裂，疑似是邊坡向西微幅滑落導致 (圖二十八 B、C)。13 鄰 66 號二層樓民房西北側一樓磚牆沿窗角嚴重開裂，且底部有向面外推移約 5 公分。此處震損多為無鋼筋結構開裂，或老舊建築鋼筋鏽蝕保護層不足，致混凝土剝落掉落 (圖二十八 E、F)。





圖二十八 A：臥室樓板底部開裂；B：民宅前混凝土地坪裂縫；C：空心磚搭建外牆垂直貫穿裂縫；D：民宅與增建鐵皮屋間垂直貫穿裂縫；E：民宅一樓窗戶角落上下斜裂縫長達 1.1 公尺；F：磚牆下端向面外推移 5 公分。（PGA: 175 gal）

臺東縣救國團位於臺東市區鯉魚山，為民國五十年代興建之地上二層樓 RC 建築物，建築物長向呈南北走向，入口面東，距離震央約 84 公里，如圖二十九所示。本次震損為入口處北側 RC 柱下方混凝土保護層脫落，部分鋼筋裸露鏽蝕，如圖三十所示，經調查此處混凝土保護層於震前即有輕微掉落，此次地震後愈趨嚴重，初步判斷此次地震非其破壞主因；此外，位於救國團南側之活動中心，震後發現其三樓梯間頂部樓板（屋頂層）下緣龜裂，如圖三十一所示。



圖二十九 臺東縣救國團外觀（取自 Google Map）。（PGA: 59 gal）



(a) 入口處北側 RC 柱

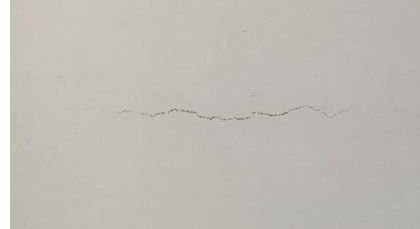


(b) 混凝土保護層脫落

圖三十 臺東縣救國團入口處北側 RC 柱垂直裂縫。（PGA: 59 gal）



(a) 活動中心外觀，紅圈為震損處。



(b) 東側梯間三樓頂部樓板下緣東西向裂縫，長約 1 公尺。

圖三十一 臺東縣救國團活動中心屋頂樓板震損。（PGA: 59 gal）

六、橋梁災情彙整

0323 地震後，國內電子媒體隨即發出相關災情報導，其中位於花蓮縣玉里鎮之玉興橋因正進行拓寬工程，兩側預力梁於震後斷裂倒塌，此處距離震央約 22 公里。現場探查後摘要如下：

- 蘇花改玉里玉興橋拓寬工程，係增設橋柱與架設預力梁。北上線，興建中的預力梁因背牆尚在施工中，支承尚未鎖固，地震時預力梁與背牆相對滑動，導致落橋。
- 南下線方面，增設架高的預力梁，翻落至主橋車道，幸未造成用路人傷亡。
- 原來的橋樑結構系統方面，梁柱伸縮縫並無異常。
- 公路總局已進場封鎖橋梁進出，並遣派怪手拆除毀壞的預力梁。

於 3 月 25 日再次前往現地勘查，瞭解玉興橋兩側拆除作業進度，當時震損結構已經陸續拆除，如圖三十二和圖三十三所示。



圖三十二 玉里鎮玉興橋東側拆除作業。（PGA: 135 gal）



圖三十三 玉里鎮玉興橋西側拆除作業。（PGA: 135 gal）

七、非建築結構災情彙整

花蓮縣玉里鎮之年昌碾米廠，於鎮郊設置稻穀乾燥中心與粗穀儲藏廠房，其中儲藏廠房受到震損。該廠房為建成約 10 年之鐵皮鋼構建築物，呈西北西-東南東走向，為長寬高約 40 公尺×20 公尺×20 公尺之無隔間大型倉儲廠房，負責人稱興建時以鋼柱貫入地盤 1.6 公尺深並錨定於混凝土基礎上。內部設置 24 個高約 12 公尺之粗穀槽，並以 3 公尺高鋼構支架支承於地面，各可裝載 200 噸粗穀。廠房內西南角為車輛進出作業處，故設置三道鐵捲門，地震發生時東北側之粗穀槽向西倒塌，撞擊廠房內西側外牆，並壓毀兩輛卡車，傾瀉而出之粗穀亦擠壓鐵捲門造成變形，如圖三十四所示。鐵捲門間三支鋼柱於撞擊後向西歪斜，使廠房西南半部向西移動，並於第四支鋼柱處產生錯位、鐵捲門上緣向下沉陷，其上之浪板外牆向下拉扯，致使南側屋頂中央產生 V 型凹陷，如圖三十五所示。



圖三十四 廠房西南側為車輛作業空間，東南側 15 公尺高滿載之粗穀槽向西倒塌時壓毀 2 輛卡車（左圖），並斷為兩截，上半部撞擊西側牆體導致結構變形、浪板外牆破損（右圖）。（PGA: 140 gal）



圖三十五 廠房結構鐵捲門間三支鋼柱向西歪斜，鐵捲門遭傾洩而出的粗穀擠壓產生面外變形，廠房西南半部整體向西偏移，並造成廠房南側屋頂中央受浪板拉扯產生 V 型沉陷。（PGA: 140 gal）

距離震央約 22 公里之大元砂石場，位於花蓮縣玉里鎮秀姑巒溪旁，南北兩側各有十數公尺高之砂石處理設備，其中南側儲料桶於震中向東倒塌，並使連接北側設備之輸送帶支撐結構倒塌或扭轉變形，亦損壞其下之發電機與配电箱等設備，幸未波及一旁之工作人員居舍，如圖三十六所示。儲料桶外為約 8 公尺高之方

形箱體所包圍，據新聞報導稱當時內有 1200 噸重砂石，下方四周以立於 2 公尺高混凝土墩柱上之 5.8 公尺高圓管支柱支撐，其直徑 26 公分、管壁厚 1 公分，共計 12 支圓管支柱。現場勘災發現圓管鋼柱頂部與底部皆有發現平整之斷面，頂部多由轉接板處斷裂，底部則破壞狀況不一，西側圓柱中，轉接底板受拉拔變形者有之、於轉接板處平整斷裂者有之、於加勁板上緣平整斷裂者有之，亦有斷裂於底板起算 50 公分者，應是圓管續接或與轉接板焊接處鏽蝕導致強度降低，故於強震下從該弱點破壞導致構架崩塌，如圖三十七所示。



圖三十六 南側儲料桶與東側輸送帶支撐結構向西倒塌（左圖），西側輸送帶支撐結構則扭轉變形（右圖）（PGA: 175 gal）



圖三十七 支撐圓柱上端受拉扯與儲料桶結構下端分離（左圖），西側四支圓柱有平整斷裂、轉接板變形、螺栓拔脫等震損（右圖）（PGA: 175 gal）

八、建築附屬非結構構材與設備災情彙整

1. 懸吊式輕鋼架天花板系統

懸吊式輕鋼架天花板系統長期以來都是國內最為常見之震害類型之一，本次地震中也觀察到許多相關案例。

造型天花板：

臺東縣成功鎮部立臺東醫院成功分院為地上五層、地下一層之 RC 構造，興建於民國 90 年，其地上各樓層之梯廳皆設置有造型天花板，為明架與暗架系統之複合型式（圖三十八）。三至五樓之天花板系統於本次地震中發生嚴重破壞，主要原因有二，一為此造型天花板之構造系統並無鎖固，包含高低天花板間之骨架系統以及骨架與板材之介面，導致受震過程中天花板構件易脫開掉落（圖三十九）；二為暗架天花板系統與明架天花板系統交界處並無固定，一旦彼此間發生相對運動即導致天花板骨架及板材掉落（圖四十）。



圖三十八 一樓梯廳處之造型天花板。(PGA: 535 gal)



圖三十九 三樓梯廳處之造型天花板。(PGA: 535 gal)



圖四十 明架與暗架天花板系統交界處破壞型式。(PGA: 535 gal)

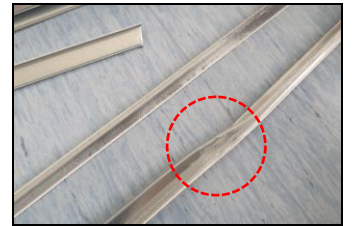
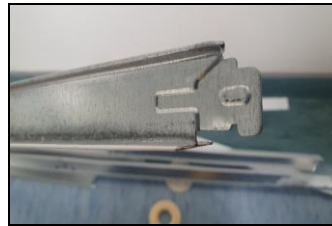
明架天花板系統：

本次地震勘災中發現明架天花板破壞之地點包括部立臺東醫院成功分院五樓及六樓之會議室與走廊、三仙國小自然史教育館三樓展覽室、忠孝國小中棟各年級教室及辦公室等共計 11 處、長濱國小辦公室及幼稚園教室等共計 4 處、永福基督長老教會天主堂、部立玉里醫院萬寧院區一樓大廳以及部立玉里醫院本院區，其中部立玉里醫院萬寧院區、部立玉里醫院本院區、忠孝國小及長濱國小皆已完成耐震結構補強。然而，忠孝國小之非結構構材震損情形最為嚴重，其地上二層建築之中棟 11 處教室中，墜落物除天花板板材與骨架外，還包括燈具及吊扇等（圖四十一）。本次地震中明架天花板系統破壞原因主要係使用傳統非耐震型骨架，骨架接頭構造簡單且抗拉強度不足（圖四十二，左），副架高度尺寸過小，受震過程中易變形（圖四十二，右）。此外，骨架與收邊材未固定且骨架末端鄰近收邊處 20 公分內並未設有懸吊線，導致骨架在受震過程中因水平晃動脫離收邊材之支撐而下

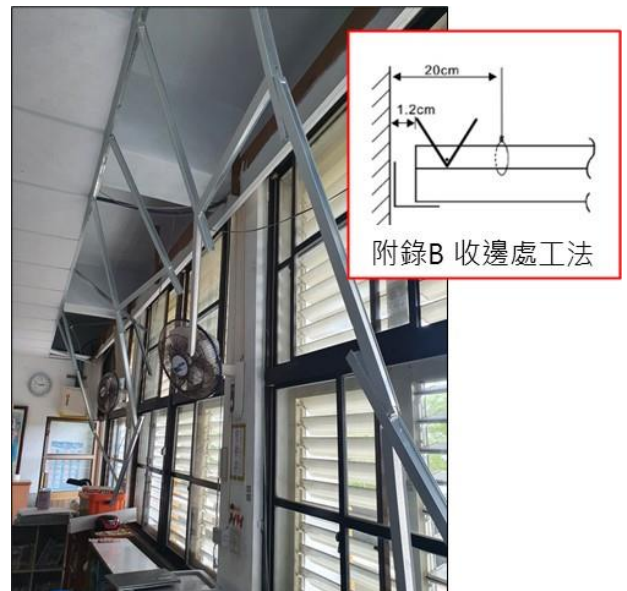
墜（圖四十三）。其他震損原因如永福基督長老教會天主堂之天花板，其懸吊線以自攻螺絲與上方木質裝修材進行鎖固（並非與結構樓板直接鎖固），因螺絲錨定深度不足（圖四十四，左），且木質裝修材早已老化（921 地震前已興建），致使天花板主架及燈具掉落（圖四十四，右）。



圖四十一 忠孝國小視聽教室天花板破壞情形。(PGA: 401 gal)



圖四十二 骨架接頭抗拉強度不足（左圖），天花板副架變形（右圖）（PGA: 401 gal）



圖四十三 收邊處 20 公分內未設有懸吊線導致天花板掉落（PGA: 401 gal）



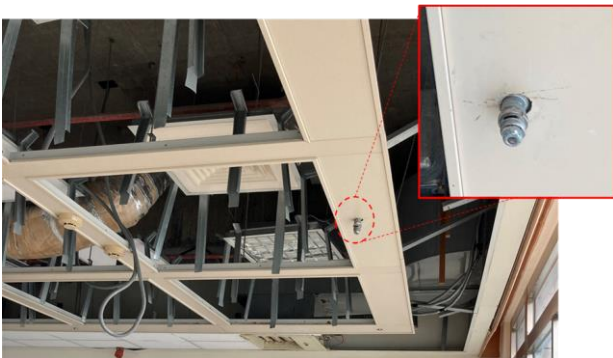
圖四十四 永福基督長老教會天主堂天花板破壞情形 (PGA: 336 gal)

2. 消防撒水系統

消防撒水系統須維持常壓確保火災時持續撒水，故因地震而管線受損時，在維護人員關閉送水前，消防撒水系統會持續洩水導致下方區域淹水，故而影響使用機能甚至精密設備受損。本次地震當中，消防撒水系統洩水案例可依破壞原因分為兩類，一為撒水系統與相鄰系統過近而互相碰撞，導致一吋管之三通接頭處受損洩水，如部立臺東醫院成功分院五樓（實為四樓）病房外廊道（圖四十五）與部立玉里醫院本院區一樓 X 光室外之消防撒水系統；另一類撒水系統破壞案例，為撒水頭處受較為堅硬之天花板材撞擊而導致管線破壞，如部立臺東醫院成功分院三樓梯廳處造型天花板與消防撒水頭相互箝制而管線失壓洩水（圖四十六）。



圖四十五 部立臺東醫院成功分院五樓廊道處消防撒水系統洩水 (PGA: 535 gal)



圖四十六 部立臺東醫院成功分院三樓梯廳處撒水頭破壞洩水 (PGA: 535 gal)

3. 水塔與液體儲槽

本次地震過後，有多項水塔或熱水器等液體儲槽類非結構物震損報導或回報，其中影響較嚴重者為部立臺東醫院成功分院之 RO 系統備用水塔與過濾系統 UPVC 管線破壞，造成洗腎服務停擺，必須轉介病人至其他醫療院所，即便 UPVC 管線已緊急搶修完成，仍須等待水質檢測通過標準方能恢復洗腎服務。位於屋突第二層之 RO 備用水塔為直徑與高約 1.5 公尺之不鏽鋼桶槽，其下有四隻腳座焊接於圓形環上，水塔桶身則扣於環上，地震中三隻腳座焊接斷裂或挫曲變形、西北角之腳座則未錨定於地面，導致水塔向東南傾斜，並有桶身挫曲與遭斷裂腳座刺破桶身之情形，同時造成底部之 PVC 管線斷裂，如圖四十七所示。



圖四十七 水塔向東南傾斜，桶身底部挫曲、腳座倒塌（左圖），水塔底部管線斷裂，焊接破壞之腳座悍件刺破桶身（右圖） (PGA: 535 gal)

部立臺東醫院成功分院三樓洗腎室之造水設備使用之 RO 濾心高約 140 公分，底部無固定、頂部以 UPVC 管相連，受震時因濾心前後擺動導致管線於東南側剪斷，現場勘災時已修復完成，如圖四十八所示。



圖四十八 造水設備室內一覽（左圖）。濾心頂部相連之 UPVC 管線受震斷裂於圖中圈選處，勘災時已修復（右圖） (PGA: 535 gal)

部立臺東醫院成功分院位於屋頂層之空調系統 FRP 膨脹水箱傾倒破裂，現場勘查其破壞原因，疑似因其 40 公分之抬高腳柱頂部銲接處鏽蝕而受震斷裂。而 FRP 膨脹水箱翻覆亦拉破其給水管，導致全院空調系統停擺（圖四十九）。現場勘查期間，機電廠商正進行其修復作業，空調系統仍未恢復運作。

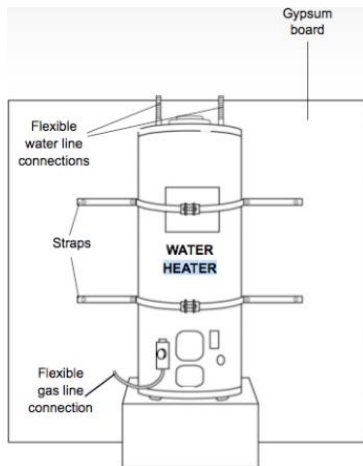


圖四十九 部立臺東醫院成功分院屋頂層空調系統膨脹水箱傾倒破裂 (PGA: 535 gal)

部立臺東醫院成功分院五樓無支撐熱水器於震時傾倒，造成管線破壞。震後重新修復底座，並在熱水器頂端以角鋼支撐（圖五十）。經實地現勘，認為僅在桶頂薄鋼板處支撐，抵抗底部水體慣性力效果不佳，建議參考國外做法，除固定基腳，應在重心處（桶中段）以圍束方式提供反力（圖五十一），抵抗地震慣性力。



圖五十 部立臺東醫院成功分院五樓熱水器底座修復（左圖）以及頂端以角鋼支撐（右圖）情形 (PGA: 535 gal)



圖五十一 熱水器建議改善方式，於重心處以兩條皮帶圍束之示意圖（取自於 <https://buyersask.com/plumbing/water-heater/strapping-of-water-heaters-for-earthquakes/>）

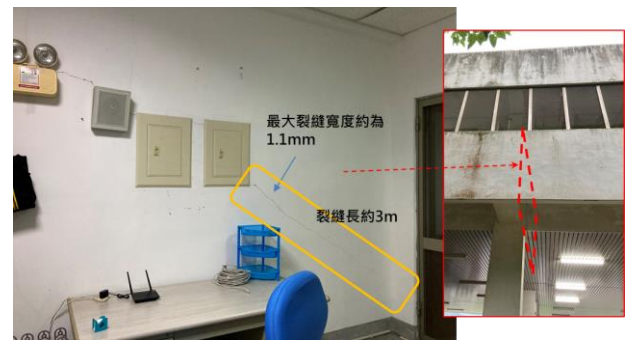
4. 非結構牆

依據臺東緊急應變中心網站所列之資訊，本次地震多所公有建築回報非結構牆裂損事件，包括學校校舍、消防廳舍、醫療院所等。本次現場勘查建築當中，以消防廳舍之非結構牆震損較為顯著。臺東消防成功大隊東河分隊之消防廳舍為地上三層鋼筋混凝土構造，正在進行結構補強工程，但仍維持消防隊救災機能運作（圖五十二左）。本次地震當中，一至三樓多處牆壁龜裂（圖

五十二右）。此外，該廳舍三樓因樓板保護層厚度不足，於本次地震剝落 RC 塊而擠壓下方輕鋼架天花板。臺東消防關山大隊鹿野分隊方面，本次地震回報二樓多處隔間牆裂縫，較為明顯之斜向裂縫為二樓消防員寢室磚造隔間牆之斜向裂縫。如圖五十三所示，其最大裂縫寬度約為 1.1 mm，裂縫長度約 3 公尺，該隔間牆受梁柱圍束，隔間牆下方一樓則為挑高 4.2 公尺之消防車庫。



圖五十二 臺東消防成功大隊東河分隊結構補強工程施作當中。圖右為 1F 值班室外牆龜裂，門框變形致使門扇無法開啟使用 (PGA: 409 gal)

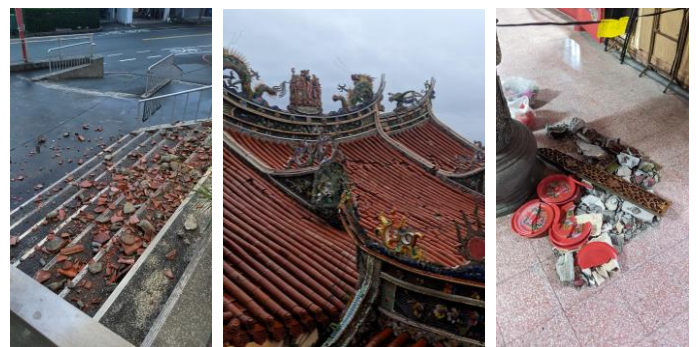


圖五十三 臺東消防關山大隊鹿野分隊回報二樓多處隔間牆裂縫 (PGA: 409 gal)

5. 其他非結構構件

除了上述懸吊式系統（天花板、消防撒水系統）、水塔等液體儲槽、非結構牆等災損，其他非結構構件勘查情形如下所述，勘查對象包括易墜落物（屋瓦、空調冷氣盒等）、建築內容物（馬桶、電腦螢幕等）、建築裝修材（外牆面板等）、電梯等。

臺東縣成功鎮福德宮於震時第一進東側屋頂瓦片掉落至廟前階梯、西側屋頂瓦片破損，牆面及梁間大量混凝土鑄之裝飾物掉落至地面，如圖五十四所示。



圖五十四 東側屋瓦掉落（左圖），西側屋瓦破損（中圖），廟內多處混凝土鑄飾材掉落（右圖）。(PGA: 524 gal)

部立玉里醫院本院區員工餐廳出入口處之裝修材（為固定空

調冷氣盒架設之角材) 掉落, 因部分天花板骨架固定於裝修材上之 L 型收邊架 (圖五十五, 左虛線標註處), 故導致天花板系統連帶受到影響而破壞 (圖五十五, 右)。



圖五十五 玉里醫院空調冷氣盒掉落導致天花板破壞 (PGA: 135 gal)

三仙國小自然史教育館三樓展示櫃內儲放岩石樣本, 地震中岩樣撞擊展示櫃玻璃造成玻璃碎裂掉落 (圖五十六)。



圖五十六 三仙國小自然史教育館之展示櫃玻璃破壞 (PGA: 465 gal)

部立臺東醫院成功分院, 震後院方第一時間勘查院內受損情形, 統計出受損之非結構構件包括: 五、六樓 (實為四、五樓) 計 14 處馬桶水箱或本體破裂、位移 (圖五十七左); 一、三樓多處磁磚翹曲、破裂或掉落, 並發現多處建築內容物傾倒, 如堆放物、電腦螢幕以及防潮箱等。在花蓮縣玉里鎮玉里醫院萬寧院區, 亦有多處電腦螢幕傾倒的情形, 此外入口圍牆處兩片 80 公分×80 公分花崗石材面板掉落, 其施工方式為傳統濕式團漿工法 (圖五十七右)。

電梯受損方面, 全台約有百台電梯報修, 但僅有接獲通報疑慮, 並無實際震損狀況, 檢修保養共計臺東 2 件, 花蓮 3 件。



圖五十七 部立臺東醫院成功分院馬桶震損 (左) (PGA: 535 gal) 以及玉里醫院萬寧院區圍牆石材面板掉落 (右) (PGA: 218 gal)

國震中心地震災害應變作業小組成員

周中哲、吳俊霖、柴駿甫、姚昭智

葉芳耀、林瑞良、王孔君

林凡茹、黃百誼、陳威中、徐瑋鴻、許宸珮 (成功大學助理)

李政寬、許家銓、陳俊仲、林敏郎、陳品綺、關立奇

楊卓諺、張毓文、陳冠宇、黃靖閑、林哲民、林祺皓

2022/04/08