

NCDR 113-A25

0403花蓮地震應變作業、地質特性 及災情資料綜整



行政法人

國家災害防救科技中心

National Science and Technology Center
for Disaster Reduction

國家災害防救科技中心

中華民國 114 年 01 月

0403花蓮地震應變作業、地質特性 及災情資料綜整

楊清淵、塗冠婷、柯明淳、黃明偉

吳子修、吳佳容、吳秉儒、林佳瑩

許智豪、劉淑燕、鄧敏政、謝蕙如、柯孝勳



國家災害防救科技中心

中華民國 114 年 01 月

摘要

本報告為由國家災害防救科技中心統整之 0403 花蓮地震報告，內容包含花東地區之區域地質背景、本次地震序列地質與地球物理特性、完整的地震應變圖資與作業流程、地震引發的各種災情與人員傷亡統計數據、以及藉由本次地震反應的花東縱谷構造活動特性。希冀透過這本報告，詳實記錄本次地震造成的各種衝擊，為地震防減災與地震科學教育提供更多素材。

關鍵字：0403 花蓮地震、地震應變、地震災害、活動斷層

ABSTRACT

This is the official April 3rd Hualien Earthquake report compiled by the National Science and Technology Center for Disaster Reduction, Taiwan. The report covers various aspects of the event, including the geological background of eastern Taiwan, the geological and geophysical characteristics of the earthquake sequence, comprehensive emergency mapping and response procedures, the types of disasters caused by strong ground shaking, statistics on injuries and fatalities, and the characteristics of the active structures in the Longitudinal Valley revealed by this event. Our goal is to document the full impact of the April 3rd Hualien Earthquake to serve as a valuable case study for both education and earthquake disaster mitigation.

Keywords : April 3rd Hualien Earthquake, Earthquake Emergency Response, Earthquake Disaster, Active Fault

目錄

摘要	i
ABSTRACT	ii
目錄	iii
圖目錄	iv
表目錄	viii
第一章、前言	9
第二章、地質背景	11
第三章、地震物理特性	20
第四章、地震應變作業流程	37
第五章、地震災害	70
第六章、討論與結論	87
第七章、致謝	99
第八章、參考文獻	99

圖目錄

圖 1-1、0403 花蓮地震地震報告.....	10
圖 2-1、臺灣地體構造示意圖.....	12
圖 2-2、臺灣鄰近板塊移動速率示意圖.....	12
圖 2-3、臺灣東部至南部之地體構造狀態示意圖.....	14
圖 2-4、花東縱谷之主要斷層系統.....	15
圖 2-5、2003 年成功地震震央位置與災情.....	17
圖 2-6、中央山脈斷層與鹿野斷層及利吉斷層之關係.....	17
圖 2-7、中央山脈斷層系統分段與各分段名稱.....	18
圖 2-8、2018 年花蓮地震震央位置與災情.....	19
圖 2-9、2022 年關山—池上地震序列震央位置與災情.....	19
圖 3-1、原先公告之 0403 花蓮地震地震報告.....	21
圖 3-2、人工重定位修正後之 0403 花蓮地震地震報告.....	21
圖 3-3、0403 花蓮地震地震逐日數量變化圖.....	22
圖 3-4、0403 地震鄰近縣市鄉鎮、活動斷層與整體地震分布.....	24
圖 3-5、各地震群地震分布.....	25
圖 3-6、主震地表震度圖與震源機制解.....	27
圖 3-7、AutoBATS 震源機制參數圖.....	28
圖 3-8、本次主震之海嘯警報.....	29
圖 3-9、海嘯警報解除報告.....	29
圖 3-10、各港口潮位站量測之海嘯波波高與到時.....	30
圖 3-11、花蓮港築港高程水位高度觀測值與模擬值.....	31
圖 3-12、地震前後花蓮港水位高度變化.....	32
圖 3-13、太平洋公園南濱水閘門鄰近溪流的魚類巢穴被抬升上岸....	32
圖 3-14、GNSS 演算之花蓮地震地表橢球高位移圖.....	34
圖 3-15、GNSS 演算之花蓮地震地表平面位移圖.....	35
圖 3-16、合成孔徑雷達影像演算之花蓮地震地表垂直變形位移圖....	36
圖 4-1、震源鄰近區域地質剖面圖.....	38

圖 4-2、鄰近活動斷層分布圖	38
圖 4-3、主震之震度分布圖	39
圖 4-4、行動人流演算之各震區即時受影響人數圖	39
圖 4-5、強震區受影響之交通設施圖	40
圖 4-6、受損高風險設施圖	40
圖 4-7、坡地致災高風險區域圖	41
圖 4-8、坡地高風險區域內之鄰近聚落與人口分布圖	41
圖 4-9、土壤液化致災高風險區域圖	42
圖 4-10、系統預設之綜合建議事項	42
圖 4-11、以大區域的琉球海溝隱沒帶呈現本次地震位置地質剖面圖	43
圖 4-12、以區域斷層的詳細剖面呈現本次地震位置之地質剖面圖 ...	44
圖 4-13、主震之震度分布圖	44
圖 4-14、大範圍之坡地致災高風險區域分布圖	45
圖 4-15、花蓮地區房屋毀損災情	45
圖 4-16、花蓮市建物災情	46
圖 4-17、花蓮縣秀林鄉銅門村山崩影像	46
圖 4-18、新北市環狀線災情照片	47
圖 4-19、台 9 線災情照片	47
圖 4-20、台 8 線至台 14 線汽車遭落石砸中照片	48
圖 4-21、第一次工作會報之綜合建議事項	48
圖 4-22、持續更新餘震資料之地質剖面圖	49
圖 4-23、本次地震與 2018 年花蓮地震之水平空間分布比較圖	50
圖 4-24、主震與餘震分布圖	50
圖 4-25、主震與後續規模較大餘震之震度分布比較圖	51
圖 4-26、花蓮地區建物災情	51
圖 4-27、花蓮地區交通設施與車輛災情	52
圖 4-28、花蓮地區山崩與港口土壤液化災情	52
圖 4-29、新北市建物與交通設施災情	53
圖 4-30、桃園市建物災情	53

圖 4-31、苗栗縣落石災情	54
圖 4-32、地震後之氣象情資	54
圖 4-33、第二次工作會報之綜合建議事項	55
圖 4-34、主震於規模大於 5 之餘震於地質剖面圖呈現	56
圖 4-35、主震於規模大於 5 之餘震水平分布圖	56
圖 4-36、主餘震分布與數量統計圖	57
圖 4-37、全臺地震災情分布圖	57
圖 4-38、藉由中央大學太遙中心 Pléiades 衛星影像判釋之花蓮萬里溪 上游堰塞湖	58
圖 4-39、未來四日降雨分布與災情位置比較圖	58
圖 4-40、第三次工作會報之綜合建議事項	59
圖 4-41、副指揮官第二次工作會報指示事項回覆說明	59
圖 4-42、主震與餘震分布之地質剖面圖	60
圖 4-43、主震與餘震之空間分布圖	61
圖 4-44、主餘震空間分布、規模變化及各規模地震個數統計圖	61
圖 4-45、藉由國科會國家太空中心衛星影像資料判釋之花蓮山區大規 模崩塌分布範圍	62
圖 4-46、第四次工作會報之氣象情資	62
圖 4-47、第四次工作會報之綜合建議事項	63
圖 4-48、0403 花蓮地震應變作業時序圖	63
圖 4-49、0403 地震與 0423 地震之地震位置投影於地質剖面圖	64
圖 4-50、0403 地震與 0423 地震之震度分布比較圖	65
圖 4-51、0403-23 地震數量逐日變化圖	65
圖 4-52、0423 地震之水平空間分布圖	66
圖 4-53、0422-23 地震與 0403-21 地震之空間分布比較圖	66
圖 4-54、0423 地震之花蓮市新生建物災情	67
圖 4-55、0423 地震之花蓮地區新生鐵公路災情	67
圖 4-56、04 月 23 日至 28 日之強降雨氣象情資提醒	68
圖 4-57、結合地震山崩與降雨情資研判之坡地易致災區域	68

圖 4-58、0423 地震及豪雨應變會議之綜合建議事項	69
圖 5-1、0403 花蓮地震全臺紅黃單建物分布圖	71
圖 5-2、以長條圖呈現全臺各縣市鄉鎮之紅黃單數量比較圖	73
圖 5-3、花蓮市與吉安鄉紅黃單建物分布	75
圖 5-4、勘查之 5 棟紅黃單建物分布位置.....	76
圖 5-5、華爾街大樓建物簡介、外觀與內部受損狀況	76
圖 5-6、鋼管紅茶建物簡介、外觀與柱體受損狀況	77
圖 5-7、蓮花大樓建物簡介、外觀與內部受損狀況	77
圖 5-8、山海觀大樓建物簡介、外觀與內部受損狀況	78
圖 5-9、馥邑京華建物簡介、外觀與內部受損狀況	78
圖 5-10、0403 地震後花蓮港碼頭出現小範圍噴泥	79
圖 5-11、0423 地震後花蓮溪溪床之噴砂裂隙.....	80
圖 5-12、台 9 線受災狀況.....	81
圖 5-13、清水溪位置、橋體受損與工程修復狀況	82
圖 5-14、交通部公路局統計之台 8 線道路通阻分布圖	82
圖 5-15、太魯閣國家公園各景點受災狀況	83
圖 5-16、太魯閣國家公園復原計畫	83
圖 5-17、2024 花蓮地震與 1999 集集地震崩塌比較.....	84
圖 5-18、0403 花蓮地震全臺傷亡與失蹤人數圓餅圖	85
圖 5-19、0403 花蓮地震全臺受傷人數分布圖.....	86
圖 6-1、初始公告與重定位修正後震央位置比較圖	88
圖 6-2、中央氣象署地震觀測網站位分布圖	90
圖 6-3、USGS 反演之地震破裂歷程與斷層面滑移量	91
圖 6-4、主震與規模 M_L 5.5 以上餘震投影於地質剖面	92
圖 6-5、豐濱地震帶之不同深度地震分布	94
圖 6-6、黃信樺與王昱之縱谷斷層與中央山脈斷層模式圖	94
圖 6-7、2024 年 0403 花蓮地震之主餘震分布與震源機制解.....	96
圖 6-8、2018 年 0206 花蓮地震之主餘震分布與震源機制解.....	97

表目錄

表 1、各規模地震數量統計.....	26
表 2、主震之 AutoBATS 震源與機制解參數.....	27
表 3、全臺各縣市紅黃單數量統計.....	71
表 4、各縣市鄉鎮行政區紅黃單數量統計.....	72
表 5、初始公告與重定位修正後震央位置修正距離與方向.....	89

第一章、前言

本(2024)年04月03日上午07點58分，臺灣東部花蓮地區發生規模 M_L 7.2強震(圖 1-1)，稱為0403花蓮地震，為1999年09月21日集集地震後，25年來臺灣陸上發生的最大規模地震事件。強震震撼全臺，強地動除了造成東臺灣與北臺灣大量的公私有建物與交通設施毀損，受主震與後續餘震持續影響而引致的大範圍山崩也造成鐵公路系統遭受衝擊，使山區人員受困，東臺灣及北臺灣也因為山區崩塌與建物毀損而造成大量人員傷亡。

國家災害防救科技中心(以下簡稱災防科技中心)於地震後即刻啟動地震緊急應變作業，由應變人員進駐應變中心並蒐整地震災情，地震應變系統亦自動化產製地震應變簡報，提供應變人員即時而正確的地震情資，協助進行高風險區域之災情研判。在本報告中，將呈現臺灣東部的地體構造，並詳細介紹本次主餘震的地震物理特性，以及詳述本次地震應變作業流程，災防科技中心在應變初期提供多元類型圖資，支援中央災害應變中心的地震應變作業。因本次地震並無明顯的陸上地表破裂、災區毀損之建物亦拆除迅速、台8線與台9縣等山崩區域也受到嚴格的交通管制，本報告蒐整由公民回報及其他部會合作夥伴提供之災情資料，並加上地震4個月後的勘災結果，嘗試呈現本次地震造成的災害衝擊。同時將於最後一章節討論本次地震觀察到的一些地震現象、以及近年來於花東地區發生之災害性地震，其地震分布與地質構造間蘊含的意義。

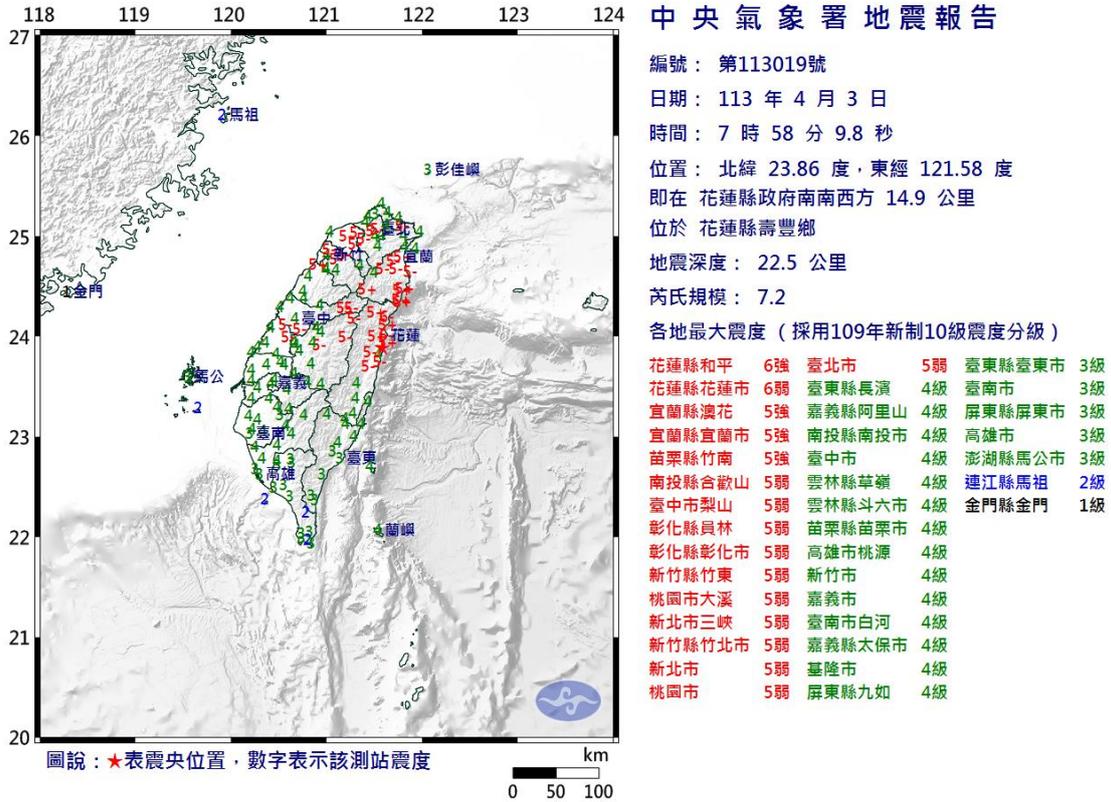


圖 1-1、0403 花蓮地震地震報告。(資料來源：中央氣象署)

第二章、地質背景

2.1 臺灣大地構造

臺灣位於菲律賓海板塊與歐亞板塊交界（圖 2-1），根據全球衛星定位系統（Global Positioning System；GPS）的量測結果顯示，菲律賓海板塊以每年 82 mm 的速度朝向西北方前進（Yu *et al.*, 1997），而在琉球海溝一帶，歐亞板塊則是以每年 40 mm 的速度朝南方聚合（Thomas *et al.*, 2004）（圖 2-2），如此快速的聚合造成臺灣島的碰撞隆升，累積的大量應力則以頻繁而密集的地震事件消耗。根據中央氣象署的統計資料顯示，臺灣在過去的地震紀錄中（1990-2011），每年約有 20,000 起地震發生於臺灣陸上及鄰近海域；在 2012 年後中央氣象局（現今的中央氣象署）全面更新全島地震站之地震儀，地震監測數量大幅提升至每年 40,000 起地震（2012-2024）。在每年數萬起的地震中，約有 700-1,000 起為有感地震，這些讓社會大眾可以直接感覺到明顯晃動的有感地震通常規模大於 M_L 3.0，其中每年又約有數十起規模大於 M_L 6.0 的中大型地震存在致災的可能。

本次地震發生於臺灣東部，根據中央氣象署統計之地震發生位置數據，全臺每年約有 70% 的地震發生在臺灣東部。大量地震發生的原因源自於臺灣東部複雜的地體構造，以菲律賓海板塊為主體來討論臺灣鄰近的地體作用，首先，菲律賓海板塊在花蓮東部外海向北隱沒至歐亞板塊之下，形成大量深度分布範圍廣闊的隱沒帶地震；第二，菲律賓海板塊在花東縱谷與歐亞板塊形成縫合帶，記錄著歐亞板塊（以及前緣隱沒完成的南中國海板塊）向西隱沒、並於臺灣陸上完成隱沒、轉為強烈的碰撞作用，除了於臺灣南部及南部外海形成馬尼拉隱沒帶，臺灣中

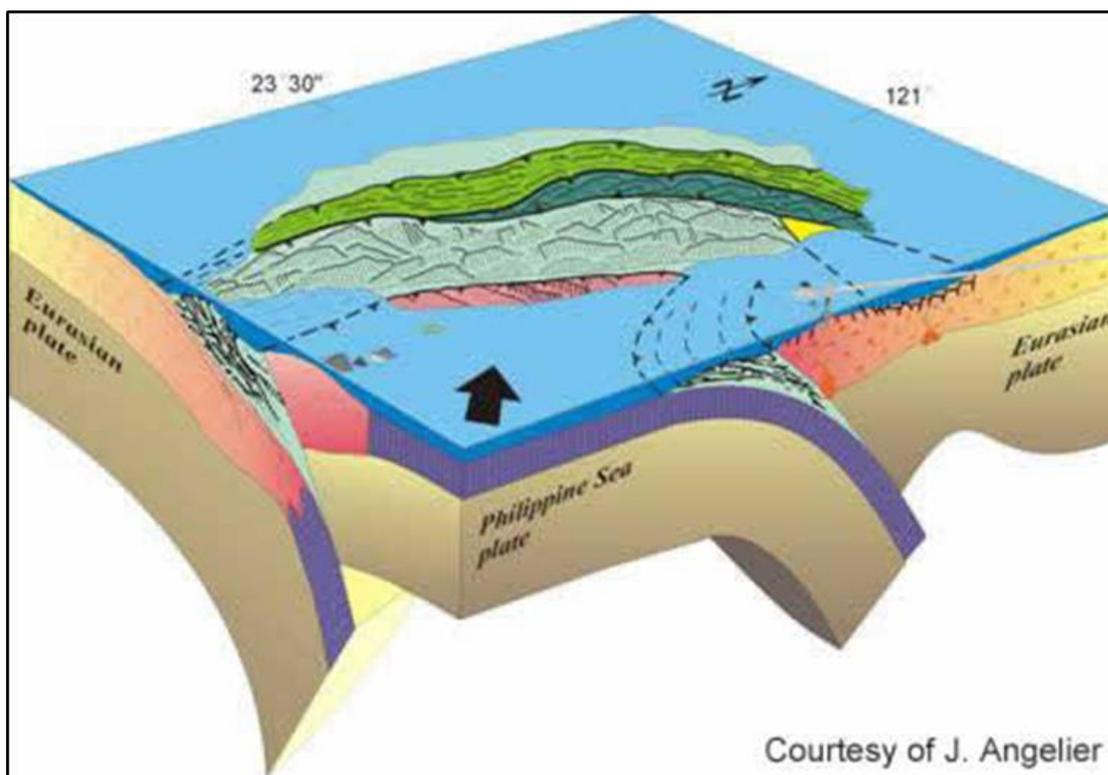


圖 2-1、臺灣地體構造示意圖。(資料來源：Angelier, 1986)

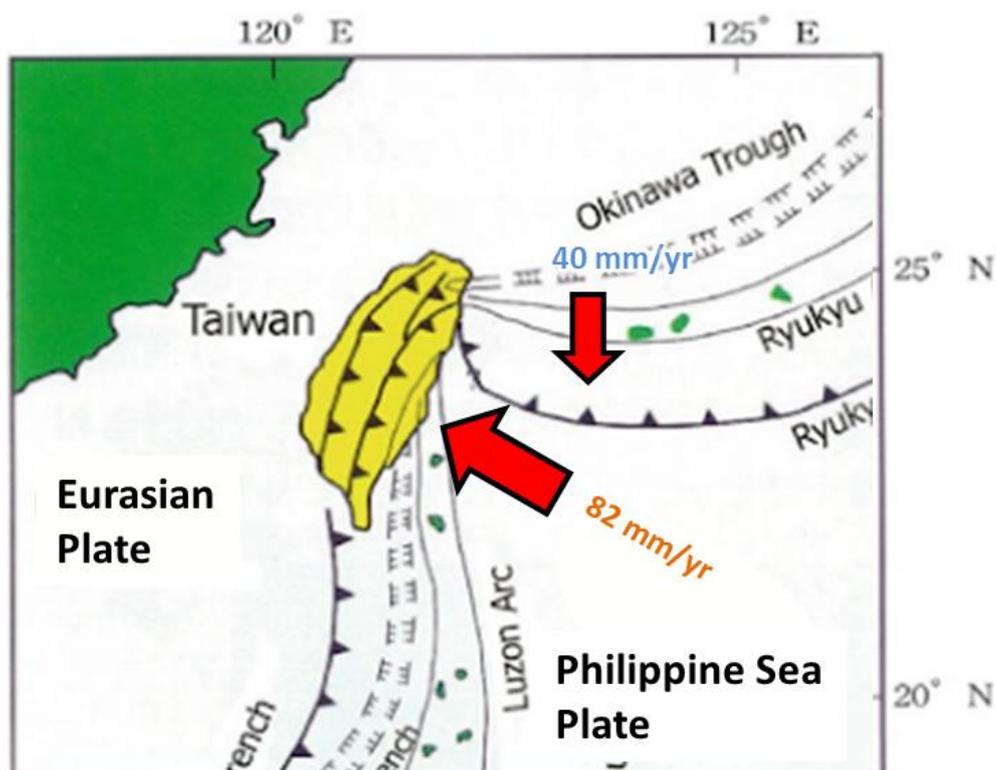


圖 2-2、臺灣鄰近板塊移動速率示意圖。(資料來源：Yu *et al.*, 1997 ; Thomas *et al.*, 2004)

部則逐漸轉為碰撞作用，產生大量的地震，並造出高聳的山脈；第三，由臺灣陸上的碰撞作用銜接至花蓮外海的隱沒作用，之間隱沒—碰撞轉換帶的複雜而頻發的地震。從臺灣南部的隱沒帶，連接到花東縱谷的碰撞帶，再接續至宜花交界外海的隱沒—碰撞轉換帶，最後接到花蓮東部外海的隱沒帶，如此複雜的地體構造，加上快速的板塊聚合，正是造成每年大量而特性迥異地震發生的主要原因（圖 2-3）。

2.2 花東縱谷活動斷層

若要探討東臺灣陸上地震的發生，首先必須由縱谷的主要活動構造—縱谷斷層系統與中央山脈斷層系統談起（圖 2-4）。藉由大量的野外工作、地表地質調查、遙測分析、地球物體探勘、地震分布、震源機制分析與震波層析成像，學界對於縱谷斷層系統的地表斷層跡，與其斷層面的地下形貌基本上已經有較為詳盡的了解。縱谷斷層系統在縱谷中由五段性質稍微有差異的斷層組成，由北至南依序為嶺頂斷層、瑞穗斷層、池上斷層、利吉斷層與鹿野斷層，其中鹿野斷層與利吉斷層近乎平行，分布於縱谷最南端，由鹿野高台至卑南山一系列的丘陵地分隔。縱谷斷層系統的地表斷層跡坐落在海岸山脈西側的山腳，並以高角度向東傾，斷層面整體穿過海岸山脈直至東部外海，整個海岸山脈都坐落在縱谷斷層的上盤。藉由過去發生的地震事件，縱谷斷層系統全段皆是以逆斷層或左移斷層的地震事件為主，唯每個區段的活動特性稍有不同。最北端的嶺頂斷層是以左移活動為主，帶有逆衝分量的左移斷層；瑞穗斷層則是以逆衝分量為主，帶有左移分量的逆斷層；池上斷層則是帶有明顯的地表潛移（Creeping）作用的逆斷層；利吉斷層與鹿野斷層則是以逆衝分量為主的逆斷層。整個縱谷斷層系統是臺灣最為活躍的

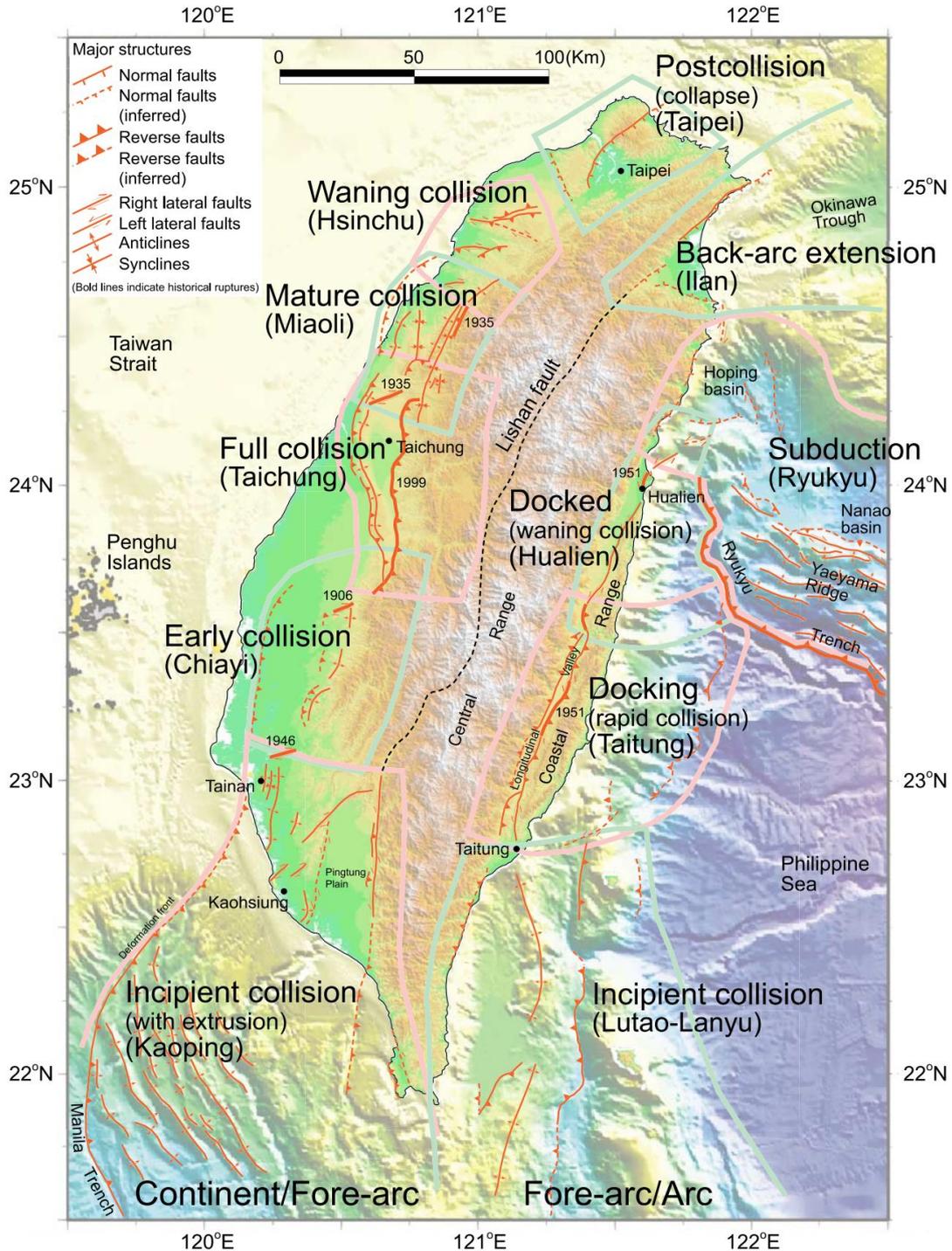


圖 2-3、臺灣東部至南部之地體構造狀態示意圖。如同前述，由南部的隱沒作用 (Subduction to Incipient Collision)、到上陸後的碰撞作用 (Rapid Collision to Waning Collision)、再到東部外海的隱沒作用 (Subduction)，臺灣南部到東部複雜的地體構造造就了大量地震的發生。(資料來源：Shyu *et al.*, 2005)

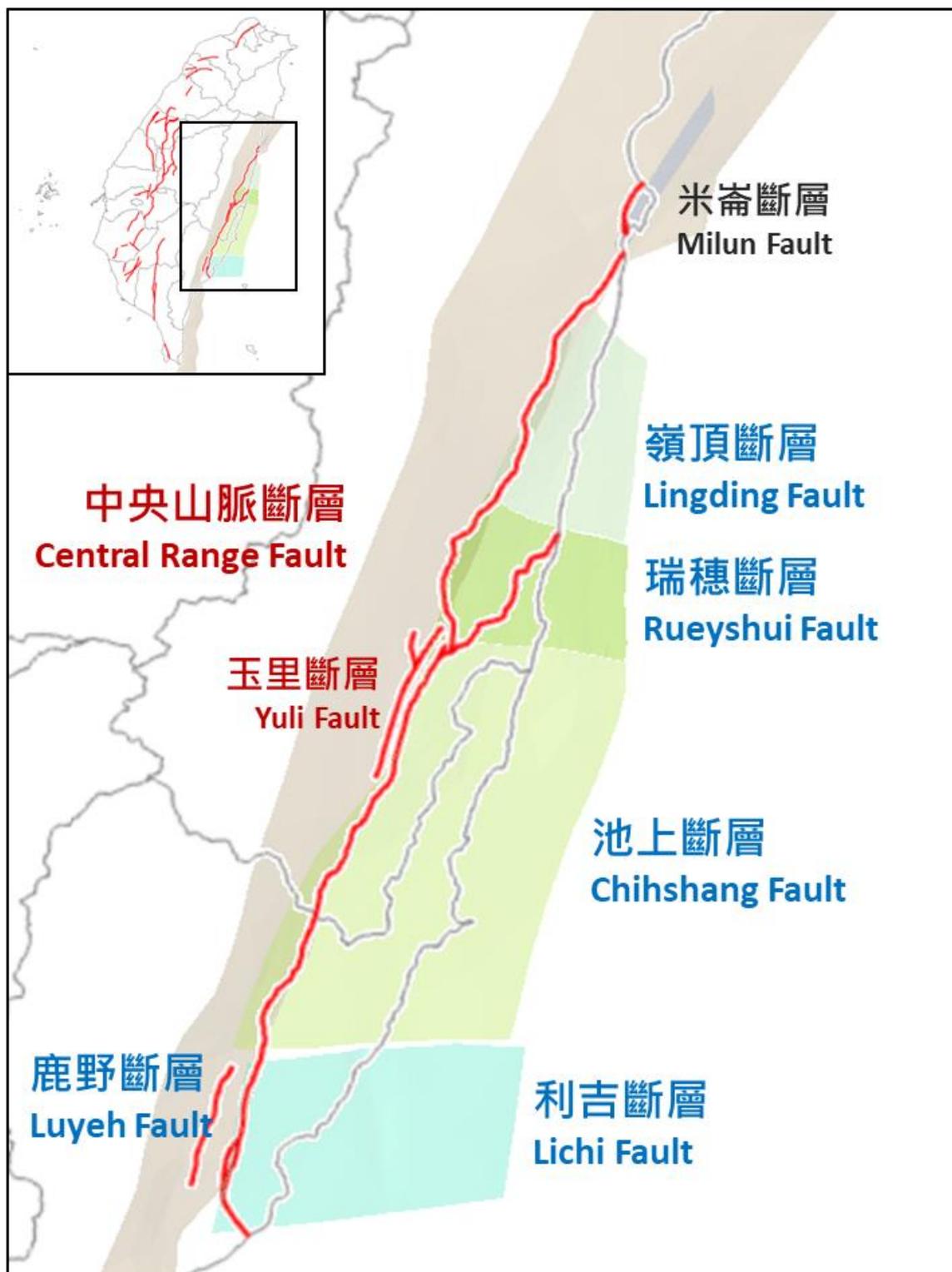


圖 2-4、花東縱谷之主要斷層系統。縱谷內由縱谷斷層系統與中央山脈斷層系統構成，其中藍色字體為縱谷斷層系統，包含嶺頂斷層、瑞穗斷層、池上斷層、利吉斷層與鹿野斷層。棕色字體為中央山脈斷層系統，包含中央山脈斷層與玉里斷層。

斷層，每年有大量的地震發生於此，其中近年來最著名的災害性地震為 2003 年，規模 M_L 6.4、發生於臺東縣成功鎮外海的成功地震（圖 2-5），該地震發生於池上斷層，顯示池上斷層地表淺部雖然有明顯的潛移作用消耗累積應力，但斷層深部仍有能量累積，產生地震。

相較於我們對縱谷斷層有相對充足的認知，中央山脈斷層系統則是一條在近幾年來才廣泛獲得學界共識的斷層系統。中央山脈斷層在地表上並無地表破裂或地表斷層跡的產生，雖然前人有透過構造地形學的研究概念將斷層線位置畫在中央山脈東緣的山麓與縱谷平原的交界處（Shyu *et al.*, 2006），然而過去的槽溝挖掘工作在山麓與平原交界一直沒有挖掘到明確的斷層錯動面。郭陳浩等（Kuochen *et al.*, 2023）在花東縱谷盆地內的淺層震測結果亦顯示在 1-2 公里的深度範圍內，縱谷西緣的沉積物並未受到來自西側斷層的擾動，代表中央山脈斷層並未影響到表層的沉積層，顯示該斷層並未破裂至地表。吳逸民等（Wu *et al.*, 2006）透過 2006 年規模 M_L 6.2 的臺東地震，指出此地震應為西傾的高傾角逆衝斷層—中央山脈斷層錯動所致。陳文山等（2018）嘗試利用地震分布、震源機制與震波層析成像結果，定義中央山脈斷層之斷層面，為一向西傾斜，斷層尖端與縱谷斷層在縱谷內交會，中央山脈斷層落於縱谷斷層之下，兩斷層呈現「入」字型之型態（圖 2-6）。該研究指出中央山脈斷層系統北起花蓮外海，向南延續至臺東市外海，斷層全長大於 300 公里，並依照地震活動型態分為和平段、鳳林段、玉里段、初鹿段與檳榔段（圖 2-7）。中央山脈斷層系統在近 20 年內活動活躍，最嚴重的災害性地震包含 2018 年規模 M_L 6.2 的花蓮地震（圖 2-8），與 2022 年規模 M_L 6.8 的關山—池上地震序列（圖 2-9）。



圖 2-5、2003 年成功地震震央位置與災情。

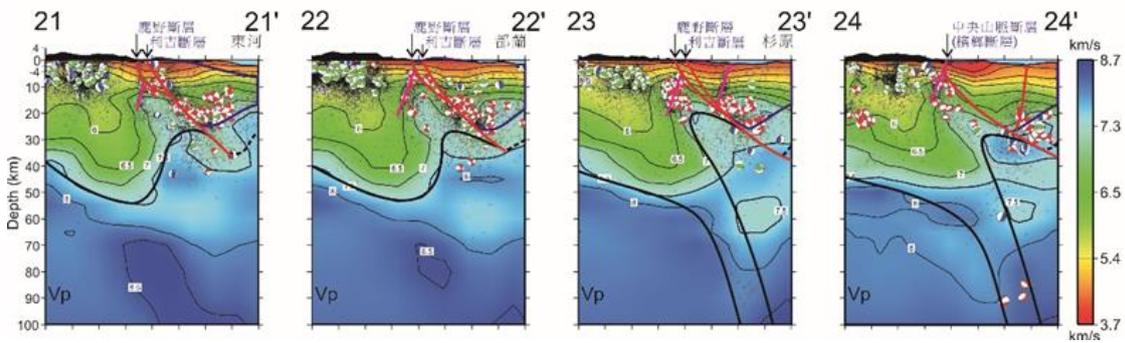


圖 2-6、中央山脈斷層與鹿野斷層及利吉斷層之關係。此圖展示中央山脈斷層為西傾之逆斷層，斷層最淺部與縱谷斷層接觸，兩斷層系統成入字型。(資料來源：陳文山等，2018)

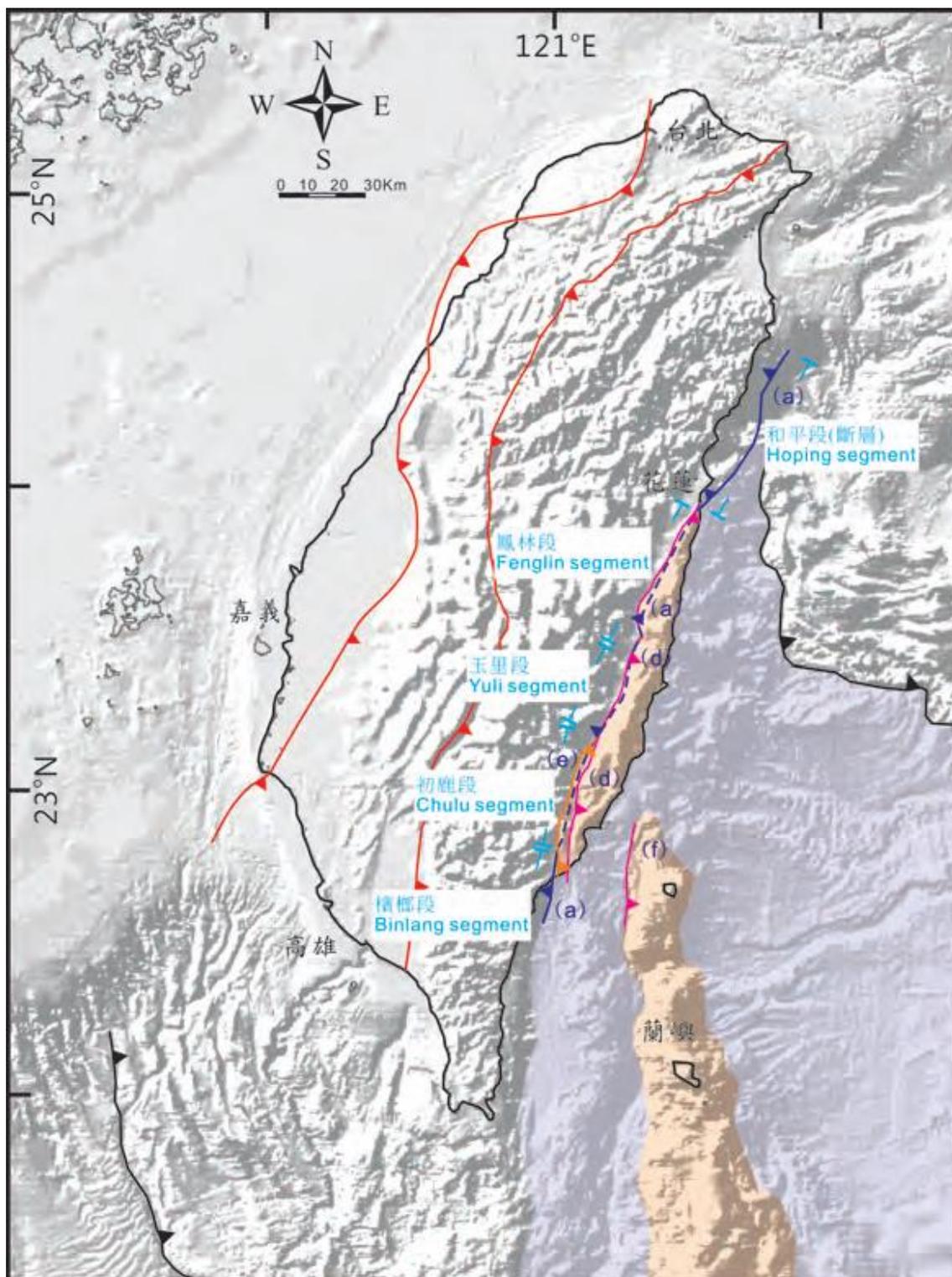


圖 2-7、中央山脈斷層系統分段與各分段名稱。(資料來源：陳文山等，2018)



圖 2-8、2018 年花蓮地震震央位置與災情。



圖 2-9、2022 年關山—池上地震序列震央位置與災情。

第三章、地震物理特性

本章節講述 0403 花蓮地震的各項物理特性，包含主餘震空間分布狀況、地震規模、震度與由地球物理資料反演之破裂歷程，以及後續透過野外地質調查及大地測量與衛星資料觀測到的地表變形。

3.1 主餘震規模與空間分布

0403 地震主震發生於 2024 年 04 月 03 日上午 07 時 58 分，震後中央氣象署公告地震震央位於北緯 23.77 度、東經 121.67 度，震源深度 15.5 公里，規模達 M_L 7.2，為一起東部近海的強烈淺層地震（圖 3-1）。之後透過人工重定位，中央氣象署公告修正地震參數，震央修正至北緯 23.86 度、東經 121.58 度，震源深度加深為 22.5 公里，規模不變，震央由本來的近海轉為落在花蓮縣壽豐鄉，鄰近鹽寮村，為一起落在海岸山脈北段海陸交界區域的強烈淺層地震事件（圖 3-2）。

由 04 月 03 日至 11 月 30 日，本次花蓮地震的主餘震（包含宜蘭至花蓮與東部外海）共計包含 1,872 起規模 M_L 3.0 以上地震，地震的逐日數量變化如圖 3-3 所示。觀察地震的逐日數量變化，可以發現主震發生當日，單日規模 M_L 3.0 以上之地震事件超過 240 起，而後地震數量穩定下降，震後 2 週（04 月 15 日後）單日地震數量便穩定降至 10 起以下。然而在 04 月 22 日，地震數量又出現另一高峰，並於 04 月 23 日到達頂峰，在 04 月 23 日發生 3 起規模大於 M_L 6.0 以上地震，單日地震數量直逼 200 起。04 月 30 日後地震數量便穩定下降、趨於平衡，除了偶有規模 M_L 6.0 以上地震造成小的地震數量峰值（單日地震達 20 起），但再無如 04 月 23 日之大量地震群集的發生。

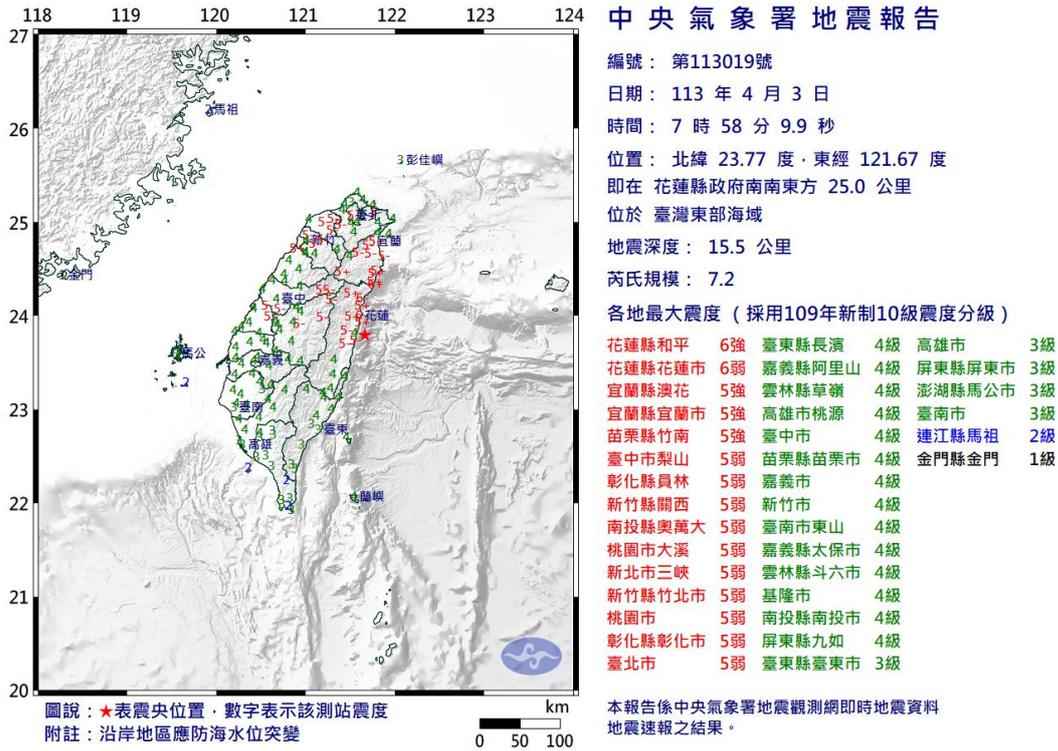


圖 3-1、原先公告之 0403 花蓮地震地震報告。(資料來源：中央氣象署)

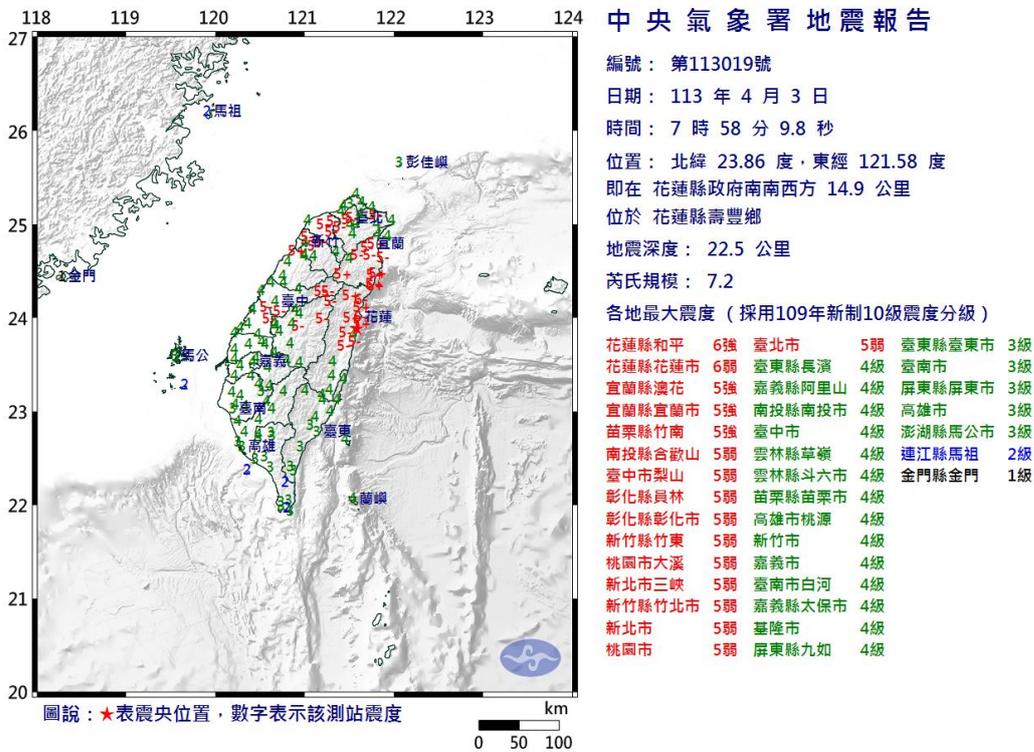


圖 3-2、人工重定位修正後之 0403 花蓮地震地震報告。(資料來源：中央氣象署)

0403花蓮地震-地震數量逐日變化圖

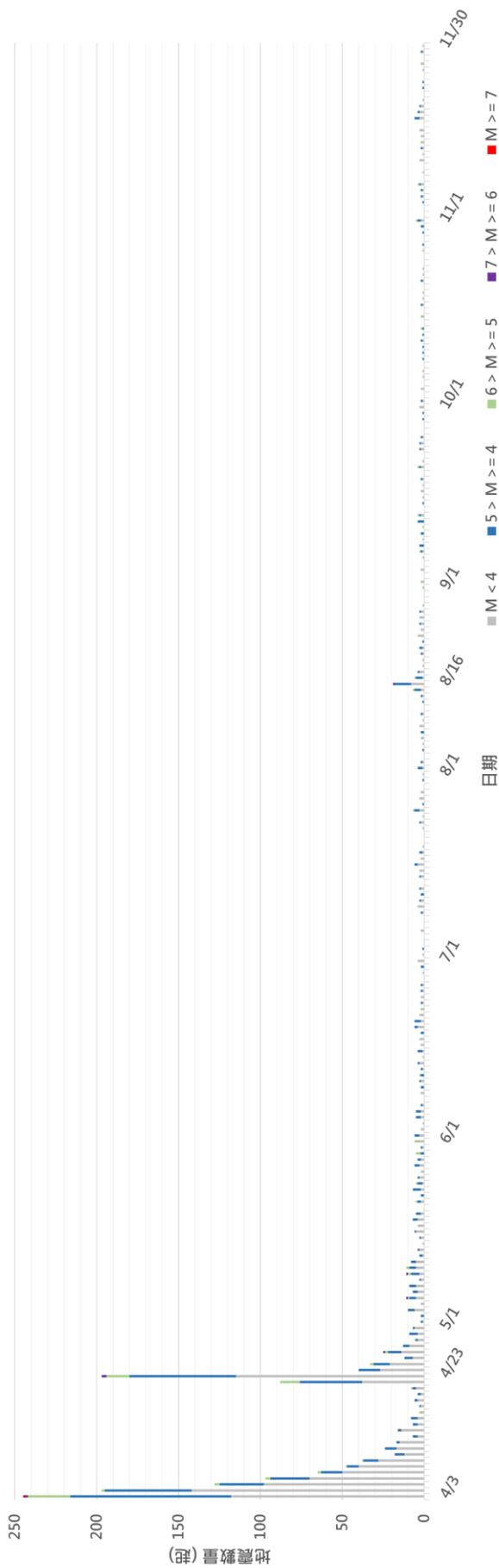


圖 3-3、0403 花蓮地震地震逐日數量變化圖。地震統計時間為 04 月 03 日至 11 月 30 日，共 1,872

由上述的地震逐日數量變化，本報告嘗試藉由單日地震數量的高峰到平穩狀態（單日地震數量穩定降至 10 起以下），將 04 月 30 日至 11 月 30 日之地震事件分為三群，04/03-04/21 為第一群，04/22-04/30 為第二群，05/01-11/30 為第三群，是第一、二群後零星出現的餘震事件。在此討論的分類並不代表將三群地震個自獨立為單一的獨立地震事件，而是透過地震的數量變化、發震位置及深度差異給予區分，所有地震應都屬於 0403 主震與餘震活動。圖 3-4A 標示了本次地震周遭的主要縣市鄉鎮與鄰近活動斷層；圖 3-4B 將全部震央共同呈現，以不同顏色做不同分群；圖 3-5 則分別展示三群地震；表 1 呈現各地震分群與整體的各規模地震數量。在 04/03-04/21 的第一群地震（以紅色表示），規模 M_L 7.2 主震發生於海岸山脈北段、鄰近鹽寮村，後續餘震則分布於和平至水璉間，並以和平至新城外海最為密集，花蓮市以南的地震則相對北邊較少，另外有少部分地震發生於外海 20-30 公里處。04/22-04/30 的第二群地震（以綠色表示），其地震分布在三群中最為集中，主要發生於鄰近主震的海岸山脈北段，另有零星地震分布於和平至崇德之間。05/01-11/30 的第三群地震（以藍色表示）則最為分散，南北方向上由宜蘭烏石鼻至花蓮水璉南端皆有零星散布，東西方同樣非常零散，有部分地震已進入花東縱谷西側的中央山脈東緣，至東部外海隱沒帶也有零星散布，整體無特別密集地震群集的出現。比較三群地震震央的分布狀況，第一群與第二群地震皆有明顯的東北—西南向帶狀分布，與花東地區主要的活動構造走向一致，第三群地震則零星分布，無明顯的帶狀趨勢出現。地震分布應與引發地震破裂的活動構造，以及震後的應力變化與轉移相關，詳細地質構造的分析於第六章再行討論。

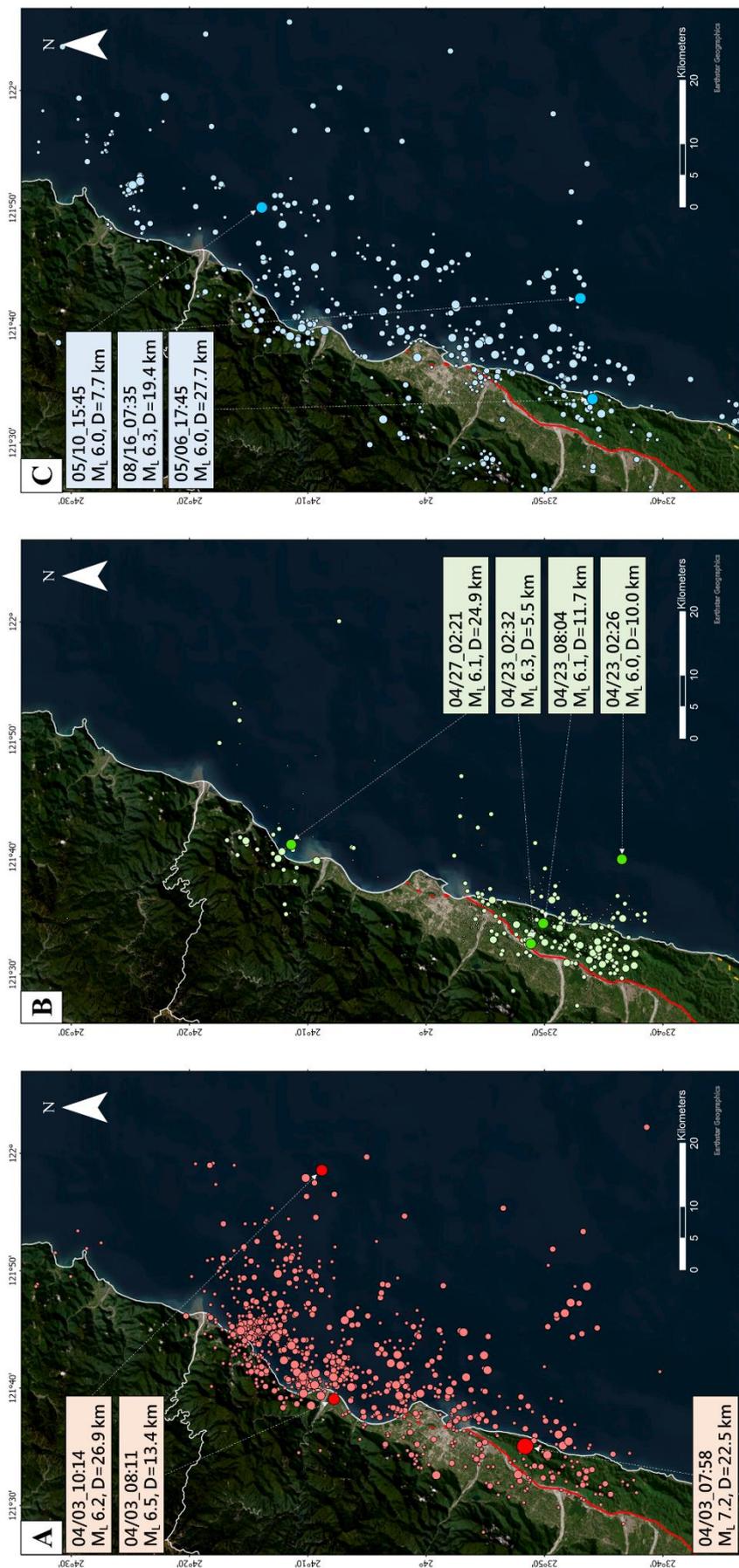


圖 3-5、各地震群地震分布。A、B、C 為以時間區段區分之第一、第二與第三群地震，圖例詳見圖 3-4。

表 1、各規模地震數量統計。(資料來源：中央氣象署)

地震規模	地震數量			
	04/03-04/21	04/22-04/30	05/01-11/30	總計
>7	1	0	0	1
7-6	2	4	3	9
6-5	41	31	34	106
5-4	265	149	196	610
4-3	630	239	277	1,146
總計	939	423	510	1,872

3.2 主震地表震度分布與震源機制解

藉由中央氣象署地震觀測網量測之主震震度分布圖與解析之斷層機制解呈現如圖 3-6。本次地震全臺有感，共 11 個位於東臺灣與北臺灣的縣市有量測到 5 弱以上、達致災等級的地表震度；其中最大震度位於花蓮縣和平地區，達 6 強（最大地表速度 PGV 達 83.95 cm/s），花蓮市、新城鄉與秀林鄉等北花蓮也多落於 6 弱至 5 強的震度範圍。位於太魯閣的 ETL 測站量測到本次地震的地表最大加速度(PGA)最大值，達 1101.99 gal；鄰近震央的壽豐鄉月眉國小 F051 測站也量測到 PGA 586.39 gal 的高峰。

震源機制解顯示本次地震為逆斷層的破裂，解析出的兩組破裂面參數 [Strike/ Dip/ Slip] 為 [212.86/ 40.33/ 103.11] 與 [15.87/ 50.92/ 79.10] (AutoBATS CMT)，顯示主要的破裂面是東北—西南走向，有可能是向東南方傾約 50 度的構造，或是向西北方傾約 40 度的構造，兩組破裂面皆為高角度的逆斷層系統。本次地震之震源深度為 22.5 公里，地震矩中心深度 (Centroid depth) 為 35 公里，代表斷層的破裂起始於較淺處，主要的破裂則位於較深處。詳細參數如表 2、圖 3-7。

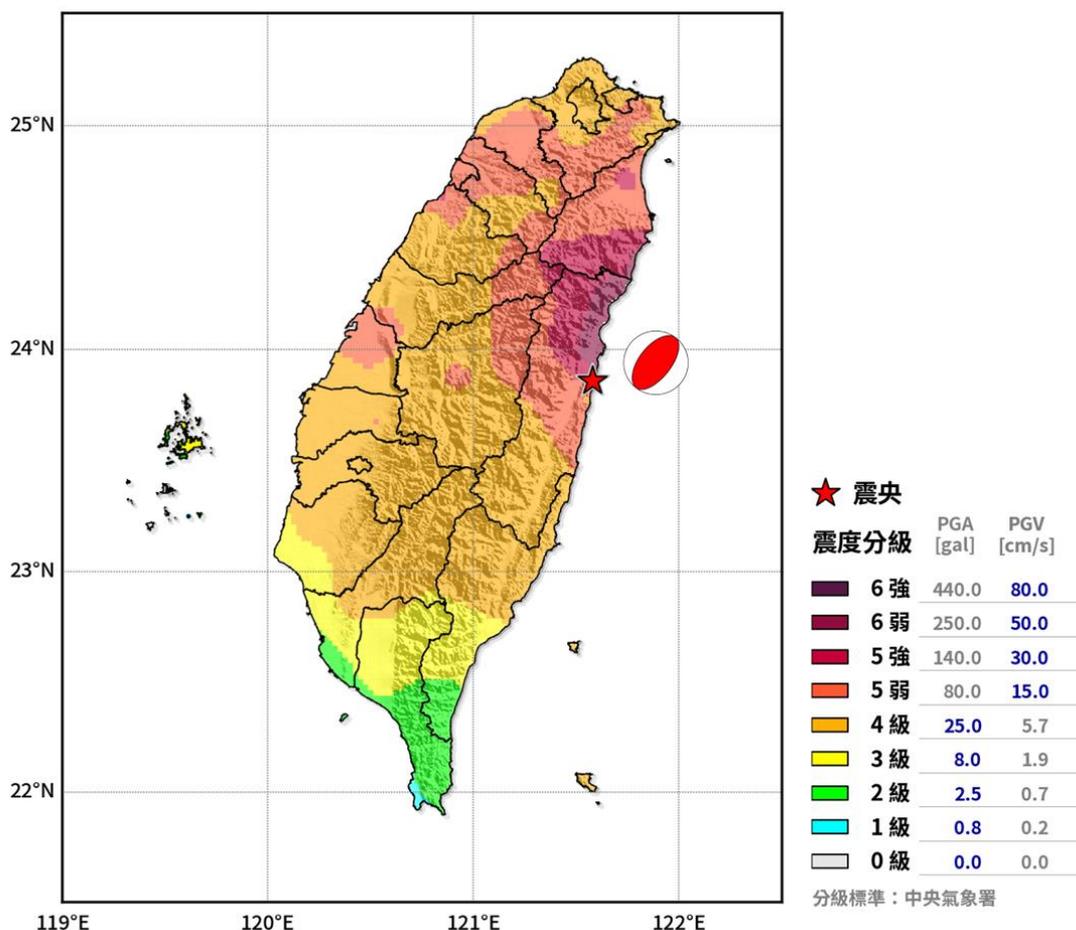


圖 3-6、主震地表震度圖與震源機制解。(資料來源：中央氣象署)

表 2、主震之 AutoBATS 震源與機制解參數。地震編號的 A 代表震源位置、深度與發震時間已由中央氣象署重定位修正完成。(資料來源：AutoBATS 網頁；Heidbach *et al.*, 2022；Jian *et al.*, 2018)

20240402235809A (Revised hypocentral location and origin time by CWA)

Origin Time = 2024/04/02 23:58:09.89 (UT)

Hypocenter : Lat. = 23.8607 Long. = 121.5837

Depth = 22.52 km $M_L = 7.21$

AutoBATS Solution : gap / nsta / misfit / QC = 215.3 / 5 / 0.408 / B4

Centroid Depth = 35 km $M_w = 7.30$ CLVD(%) = 15.9 ISO(%) = 16.4

Fault Plane #1 : strike = 212.86 / dip = 40.33 / slip = 103.11

Fault Plane #2 : strike = 15.87 / dip = 50.92 / slip = 79.10

Moment Tensor : Expo = 27

1.2751 -0.0067 -0.6183 -0.0806 0.2472 -0.3539

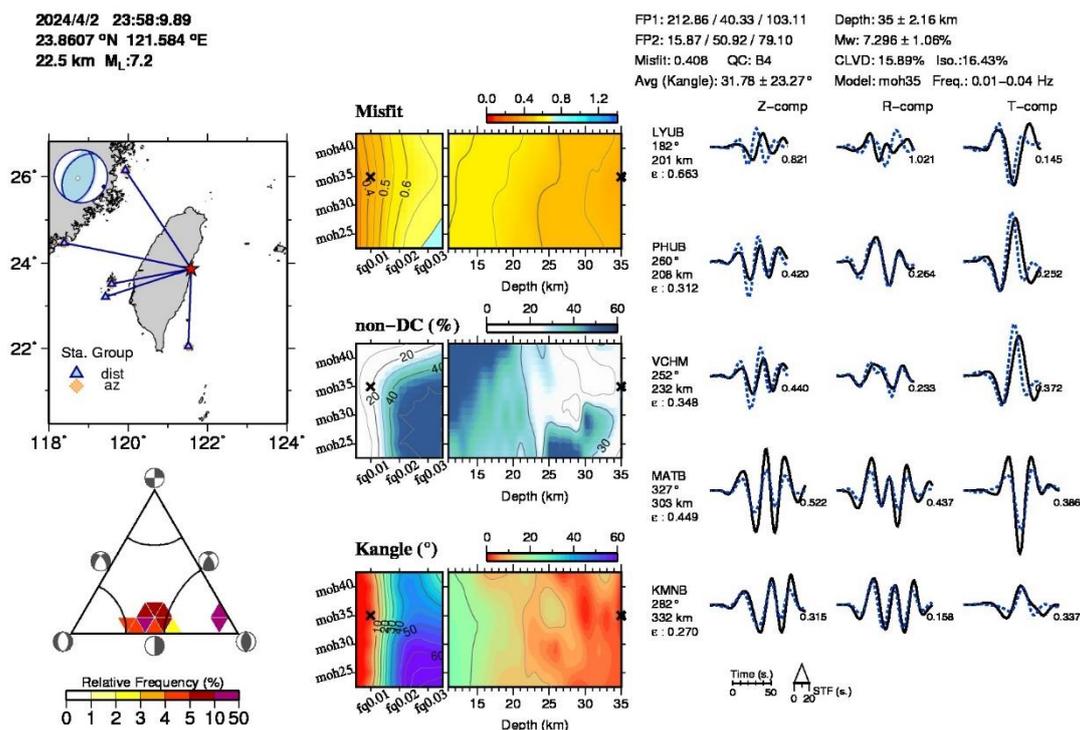


圖 3-7、AutoBATS 震源機制參數圖。(資料來源：AutoBATS 網頁；Heidbach *et al.*, 2022；Jian *et al.*, 2018)

3.3 海嘯與地表變形

主震於 04 月 03 日上午 07 時 58 分發生，中央氣象署於上午 08 時 11 分針對全臺沿海發布海嘯警報（圖 3-8），預估全臺沿海皆有可能受小於 1 公尺之海嘯影響，提醒沿海地區民眾需防範海嘯侵襲，而後於上午 11 時 10 分待各港口潮位站陸續量測到海嘯波波高後便解除海嘯警報（圖 3-9）。各港口潮位站量測的海嘯波高與到時如圖 3-10 所示。東海岸量測的海嘯波高普遍較北海岸與西海岸高，除了鄰近震央的花蓮港可能受地表變形影響而量測到僅 27 公分的波高高度，其餘東海岸漁港皆有量測到 40 公分以上的海嘯波。最高值出現在宜蘭烏石港，為 82 公分，推測可能有地形效應影響。

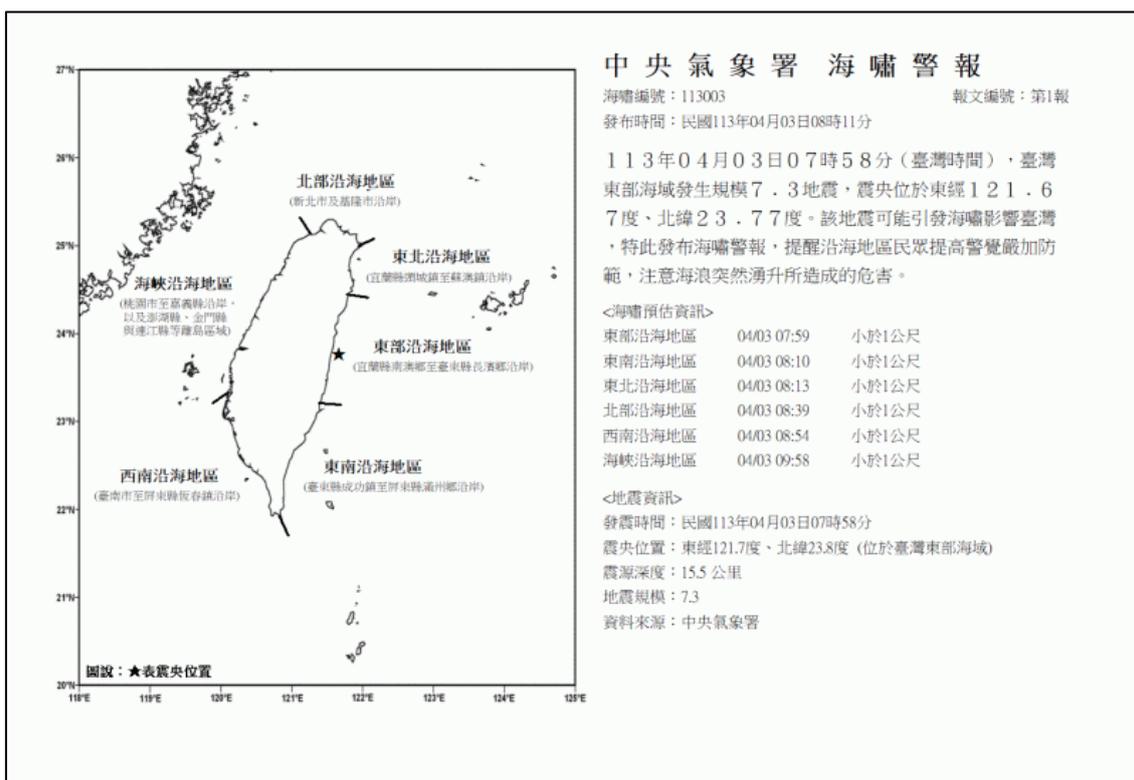


圖 3-8、本次主震之海嘯警報。(資料來源：中央氣象署)

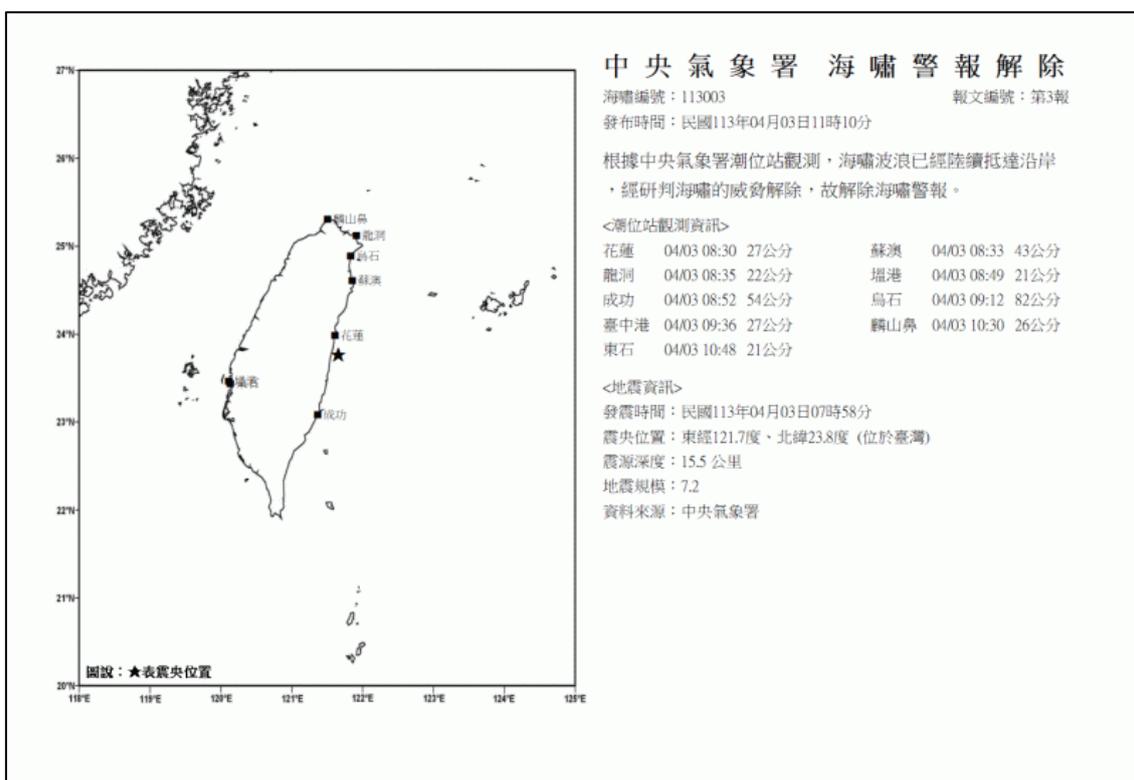


圖 3-9、海嘯警報解除報告。(資料來源：中央氣象署)

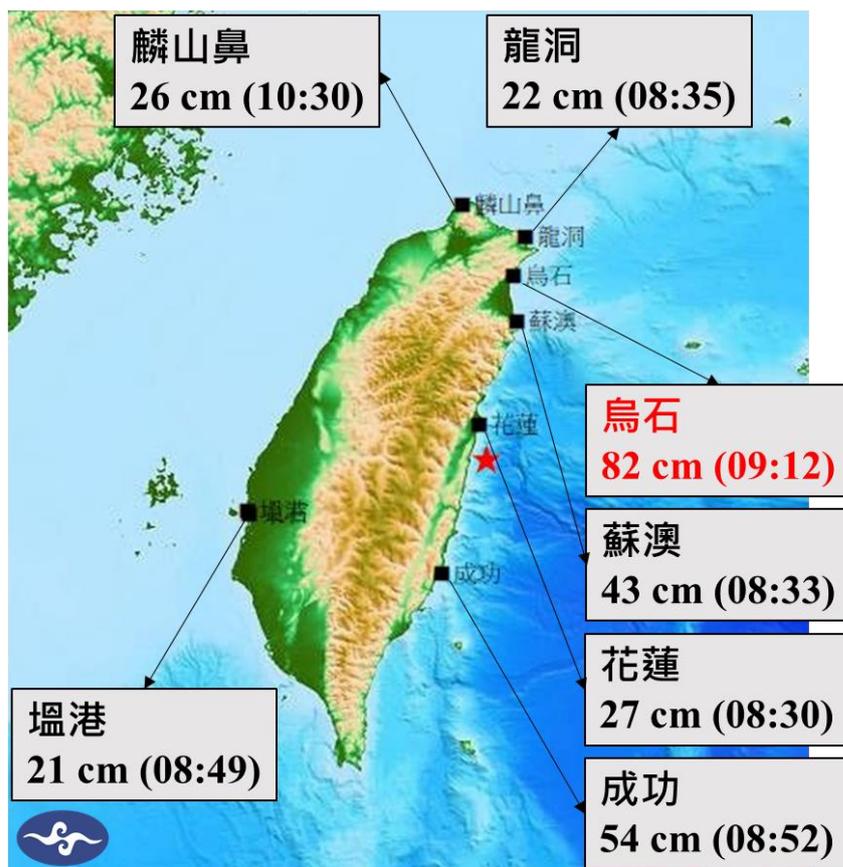


圖 3-10、各港口潮位站量測之海嘯波波高與到時。

港口之潮位站除了記錄了海嘯波以外，同時也記錄了地震後之地表變形。在港口中，將會透過壓力式潮位計、以港口內固定高度之築港高程為基準，計算相對於築港高程的潮位高度，稱為築港高程基準水位資料。因潮汐資料可透過數據模擬，因此築港高程基準水位資料又會分為模擬值與觀測值。觀察花蓮港的潮位觀測資料（圖 3-11），可以發現在地震發生前模擬值（棕色點）與觀測值（綠色點）重合良好，但主震發生後觀測水位由上午 08 時的 94 公分，突然下降至上午 09 時的 45 公分，高度突然下降 49 公分，自此後觀測水位便穩定低於模擬水位，且此高度差異並非短暫出現，而是於地震後便穩定存在，顯示潮位出現相對下降的現象。相對潮位的下降有可能由區域海水面下降或陸地抬升造成，本年 04 月時並無花蓮地區區域海水面下降的任何觀測結果或研

究報導，因此僅有可能是由花蓮區域的陸地抬升、花蓮港的相對築港高程被抬升了 49 公分，解釋此觀測值突然下降的數據變化（經濟部地質調查及礦業管理中心，2024）。

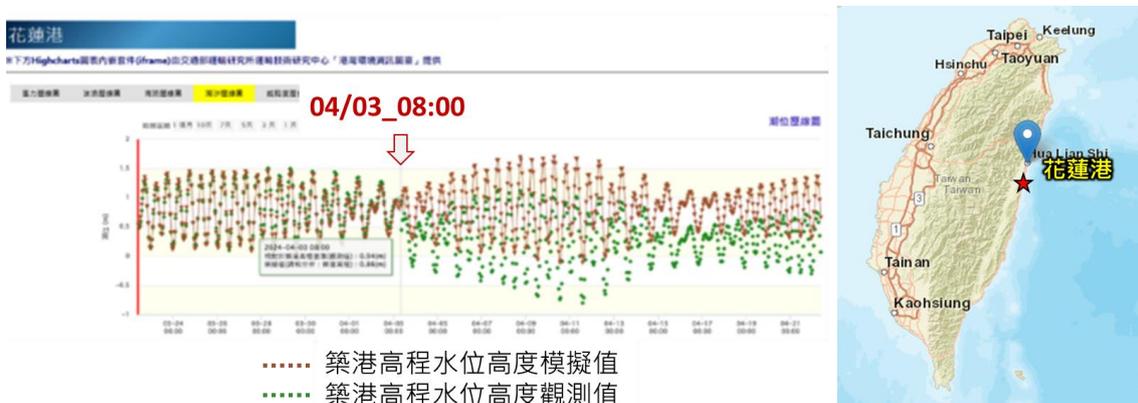


圖 3-11、花蓮港築港高程水位高度觀測值與模擬值。（資料來源：交通部運輸研究所運輸技術研究中心—港灣環境資訊網；經濟部地質調查及礦業管理中心，2024）

除了花蓮港有透過潮位資料記錄到港口的抬升，港口內的生物痕跡與花蓮北部的溪流也記錄了區域的垂直抬升。圖 3-12 為地震後的花蓮港區，紅線為地震前的潮水最高水位線、橘線為地震前潮間帶生物的最高生長上限，藍線則為觀察日（04 月 17 日）滿潮時的最高水位線。潮間帶生物雖然會於潮水漲退的範圍內生存，但並不會高過最高高潮線，花蓮港內於震後可以觀察到藤壺與牡蠣出露於震後新的最高高潮線之上，顯示這些生物被向上抬升，抬升高度約為 40-50 公分。另一個生物生存痕跡指示抬升現象的範例為太平洋公園南濱水閘門鄰近溪流的慈鯛科魚類巢穴（圖 3-13），慈鯛科魚類、如吳郭魚會在低潮線下築巢，防止退潮時巢穴露出水面，然而地震後此處的吳郭魚巢穴出露水面，顯示此處應也有抬升現象，將魚類巢穴抬升至低潮線之上（經濟部地質調查及礦業管理中心，2024）。



地震前最高高潮線
地震前生物生存上限
地震後最高高潮線

圖 3-12、地震前後花蓮港水位高度變化。(資料來源：經濟部地質調查及礦業管理中心，2024；梁勝雄拍攝)



圖 3-13、太平洋公園南濱水閘門鄰近溪流的魚類巢穴被抬升上岸。(資料來源：經濟部地質調查及礦業管理中心，2024；黃志遠拍攝)

除了花蓮港鄰近區域透過上述幾項證據顯示地表抬升，衛星觀測下的地表變形也顯示了相似的結果。透過全球衛星導航系統（Global Navigation Satellite System；GNSS）的觀測，在比較震前 23 小時（04 月 02 日 00 時至 23 時）與震後 22 小時（04 月 03 日 02 時至 24 時）之數據，並以金門衛星追蹤站（KMNM）做為最小制約，演算之全臺地表橢球高位移量與平面位移量如圖 3-14 及圖 3-15。垂直抬升量的最大值位於花蓮站（HUAL），約為 45.1 公分；其餘鄰近北花蓮的垂直抬升量可達 20 公分，向西進入中央山脈後便迅速下降，轉為數公分的沉降。水平變形量的最大值為東管處站（YENL），約為 22.2 公分；臺北、新北、桃園、新竹等北臺灣與西北臺灣向東南位移；苗栗、台中、彰化、雲林等臺灣中部向西位移；新城以北至宜蘭則向東北位移；花蓮一帶的位移最為複雜，由花蓮市北部的向南，進入海岸山脈後則有順時針旋轉，轉而向西南位移。整體而言，高抬升區域僅發生在北花蓮，北部、西部與南部臺灣的垂直位移量都在 6 公分以內。

合成孔徑雷達影像（Synthetic Aperture Radar；SAR）重建之地震三為變形場數據（圖 3-16）顯示與 GNSS 量測值相似的垂直變形結果；透過四組大地二號衛星（ALOS-2）的不同衛星視方向所建立的三維變形場資料顯示花蓮地區的垂直抬升變形，在南北方向上主要分布於花蓮新城至水璉一帶，東西方向上則以中央山脈為界，山脈東側的平原地區皆有垂直抬升。最大的垂直抬升發生於花蓮市東側，包含整個米崙台地，抬升量可達 45-50 公分，與野外的觀測值及 GNSS 演算值相似（資料來源：中央研究院地球科學研究所林玉儂副研究員公開分享）。

113年4月3日花蓮地震地表位移動圖(橢球高)

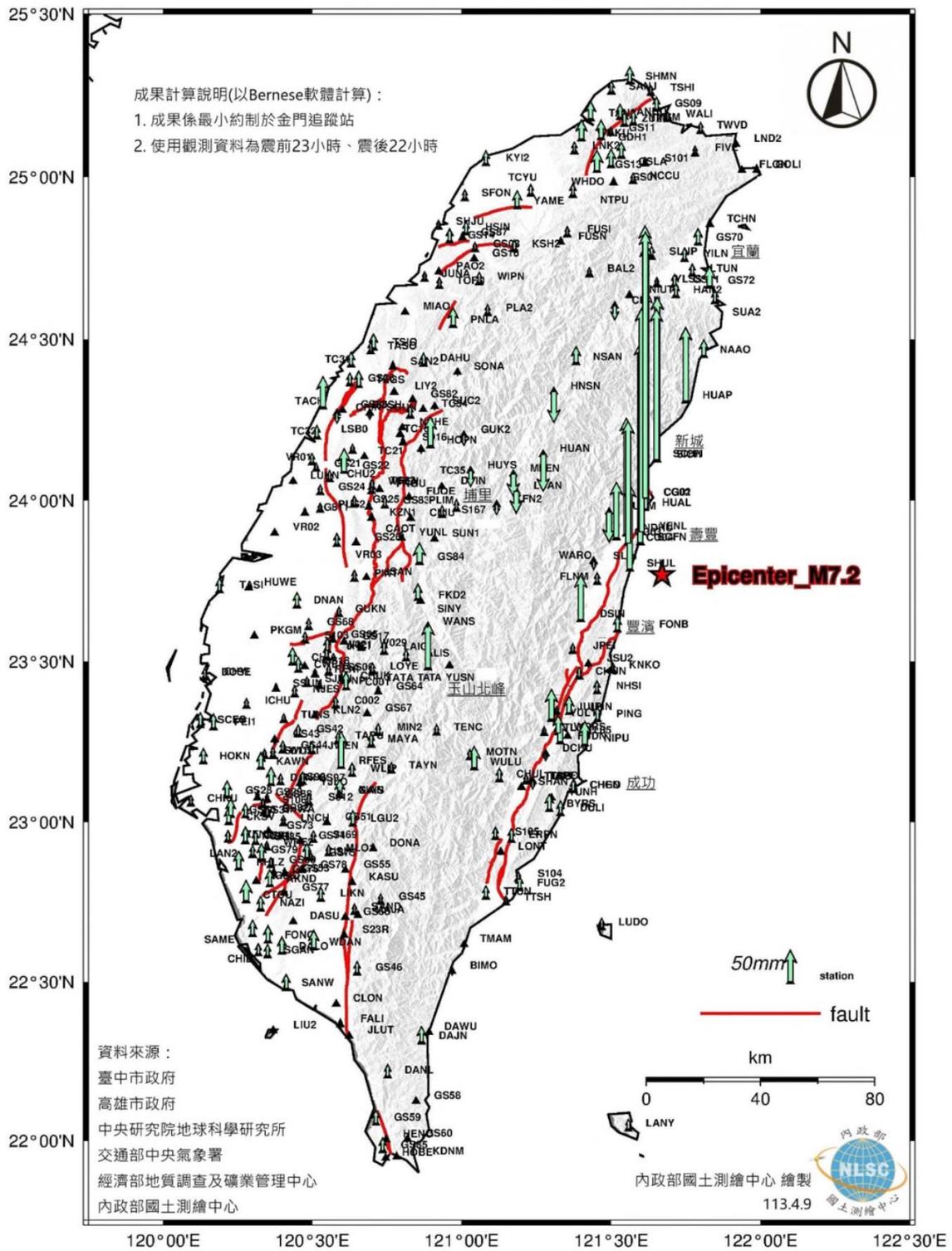


圖 3-14、GNSS 演算之花蓮地震地表橢球高位移圖。(資料來源：內政部國土測繪中心)

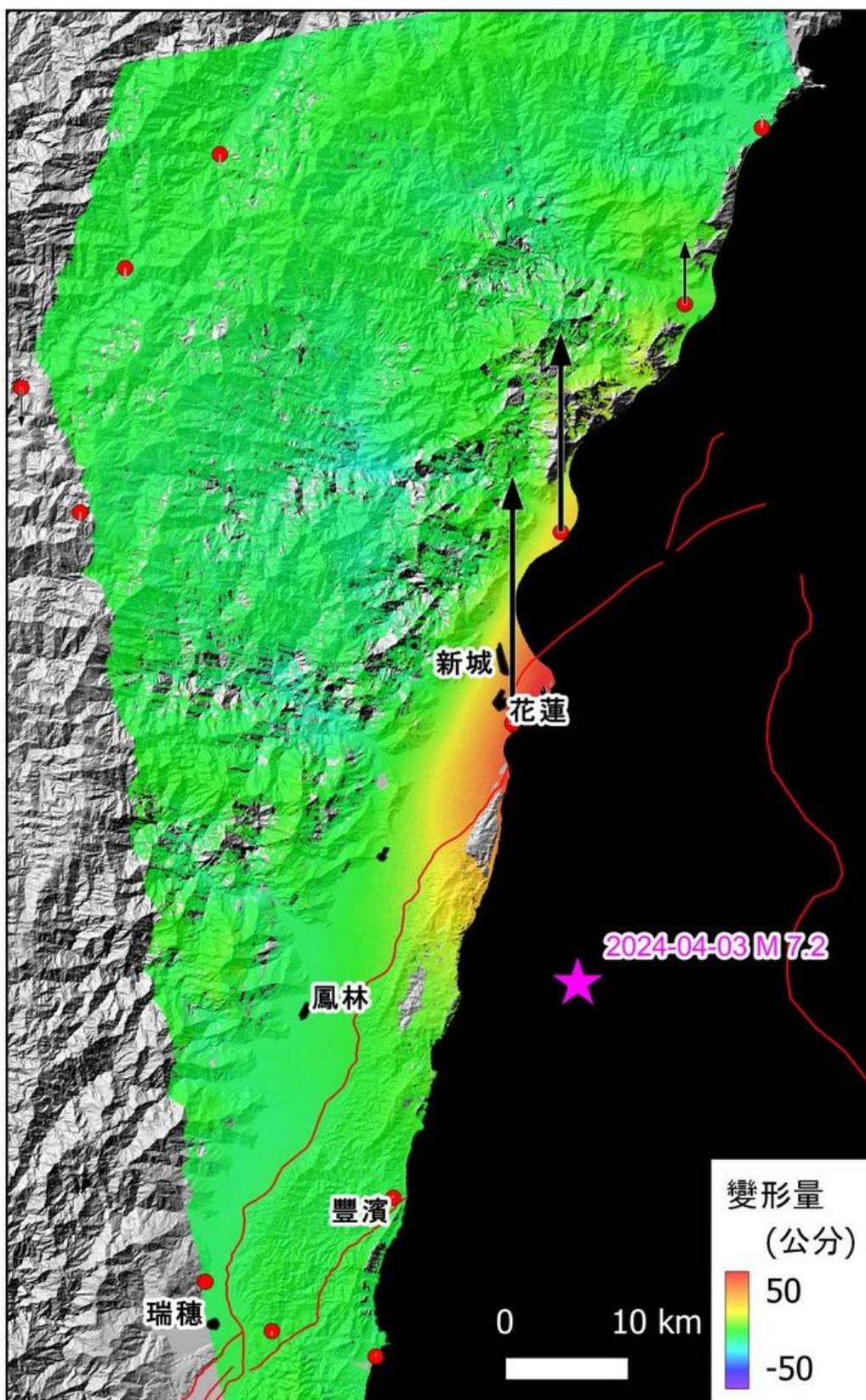


圖 3-16、合成孔徑雷達影像演算之花蓮地震地表垂直變形位移圖。(資料來源：中央研究院地球科學研究所林玉儂副研究員公開分享)

第四章、地震應變作業流程

當地震事件發生，陸上有任何區域地表震度達 5 弱（地表最大加速度 PGA 達 80 cm/sec²、地表最大速度 PGV 達 15 cm/sec）以上時，就被認為可能存在致災風險，災防科技中心會由地震守視轉為災情蒐整，由應變值班人員整合大眾媒體、公民回報、系統回報、消防署接獲民眾報案等多元管道之地震災情，研判是否需要進一步啟動災防科技中心內部之地震應變作業，並隨時配合中央災害應變中心之操作，支援地震應變工作。0403 花蓮地震發生後，國家災害防救科技中心即刻啟動中心內部之應變作業，由值班之應變人員蒐集地震情資，並且配合中央災害應變中心之地震應變作業，於工作會報提供地震情資。本章節呈現 0403 花蓮地震 4 次工作會議之會議簡報與重點內容，以及 0423 餘震之工作會議簡報，其中地震資料與地動觀測數據來源為中央氣象署，災區受影響人數之數據評估資料來源為災防科技中心開發之行動通訊人流數據，災情影像資料來源則多為公民回報，其餘未標示來源之圖資皆為災防科技中心自行產製之成果。

4.1 0403 花蓮地震自動化應變簡報

當災防科技中心自動化應變系統接收到中央氣象署的地震資訊後，應變系統會自行啟動，藉由地震位置、地動資訊、地表震度分布快速評估本次地震之高風險的災害及災害分布區域，以下呈現系統自動產製之原始簡報，包含地震及地動資訊（地質剖面、斷層分布、震度分布；圖 4-1 至圖 4-3），與災害潛勢圖資（受損高風險交通設施、重要設施、影響人數、坡地致災高風險區、土壤液化高風險區；圖 4-4 至圖 4-10）。

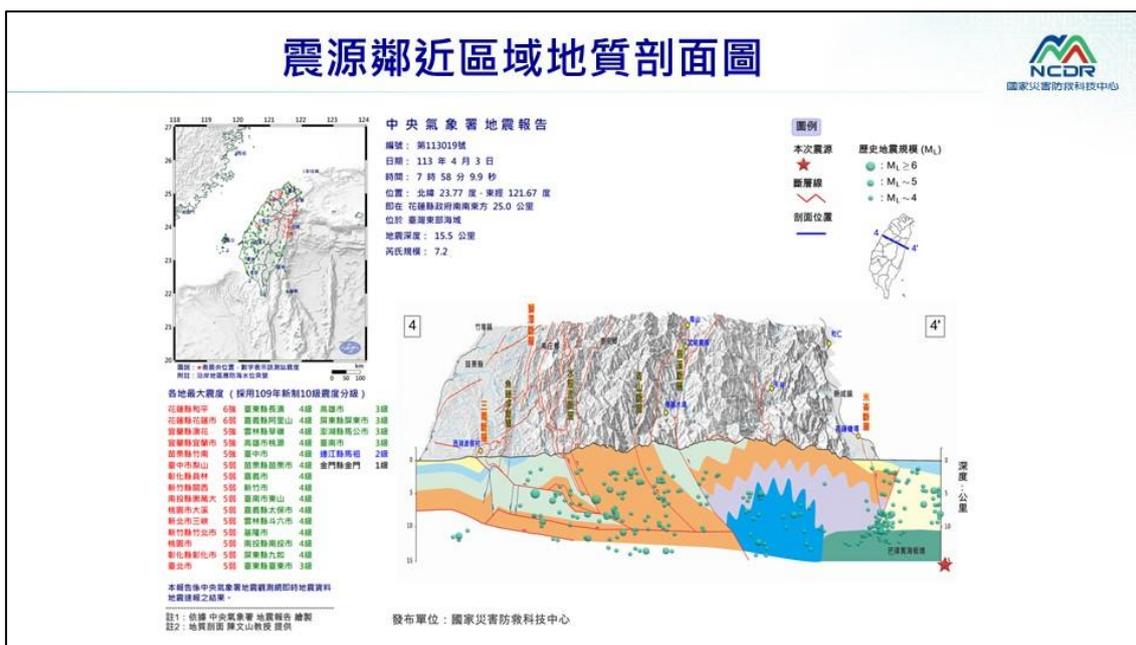


圖 4-1、震源鄰近區域地質剖面圖。



圖 4-2、鄰近活動斷層分布圖。

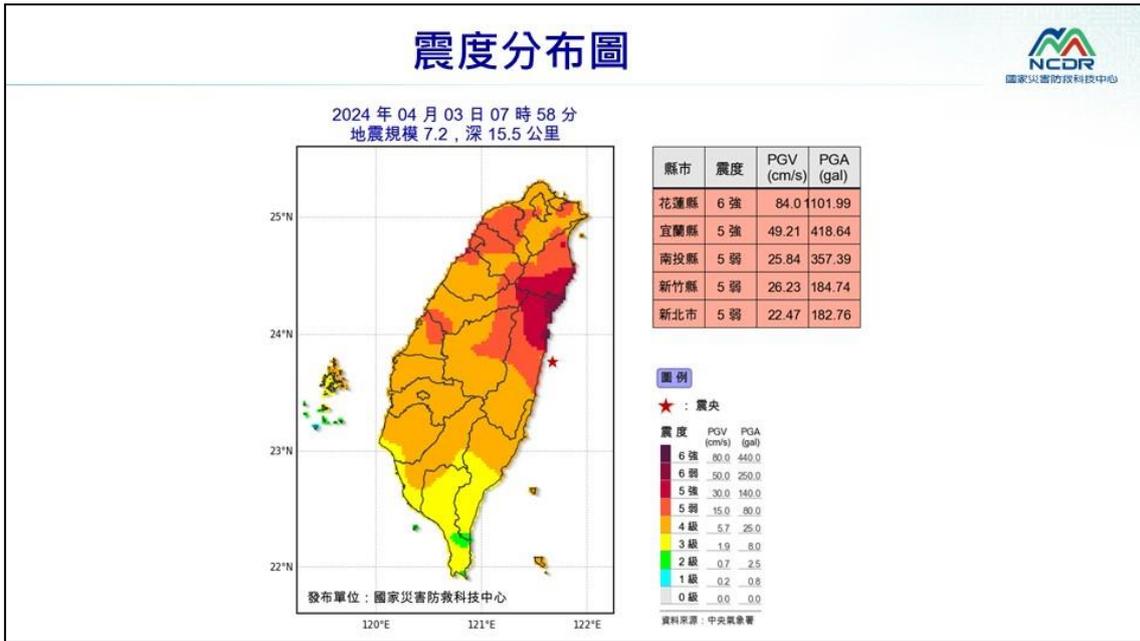


圖 4-3、主震之震度分布圖。

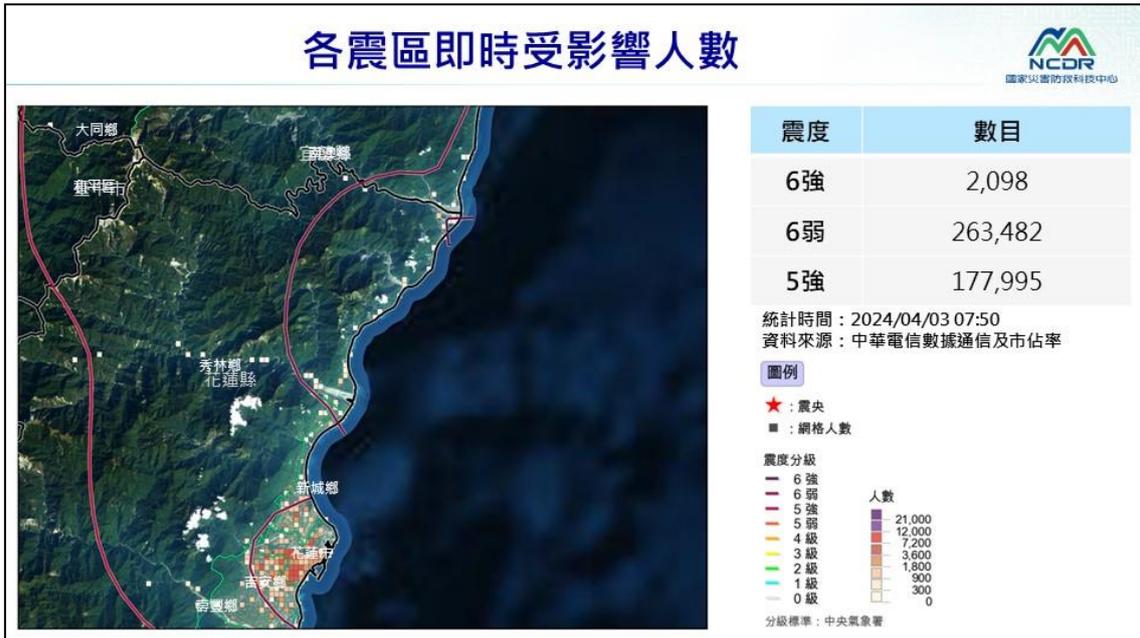


圖 4-4、行動人流演算之各震區即時受影響人數圖。



圖 4-5、強震區受影響之交通設施圖。



圖 4-6、受損高風險設施圖。

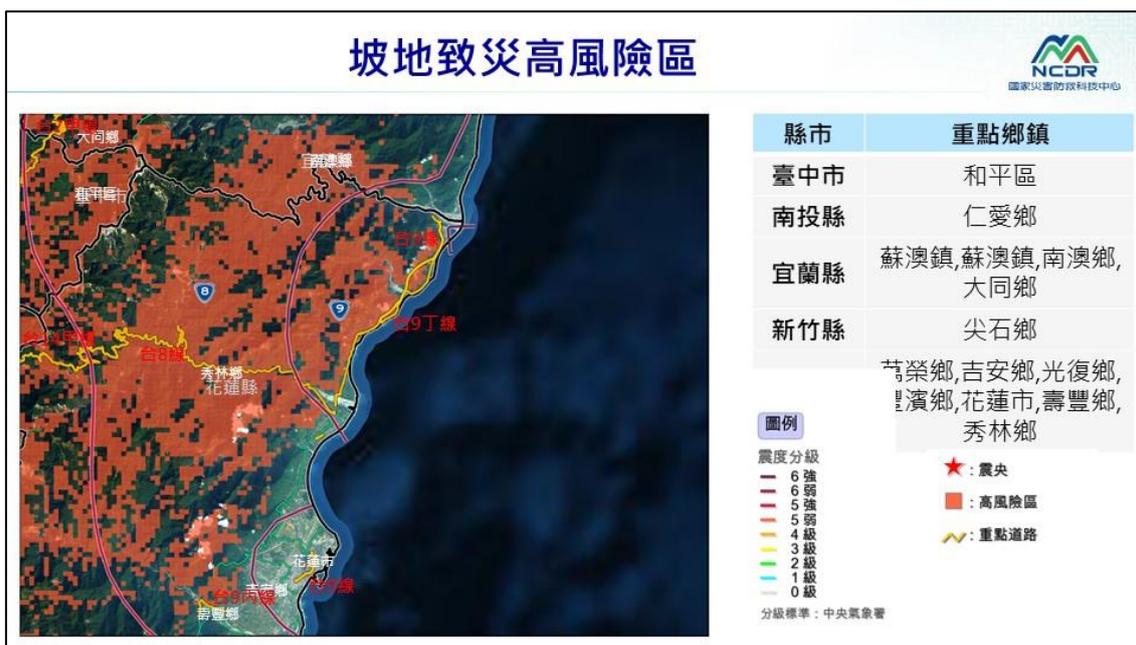


圖 4-7、坡地致災高風險區域圖。



圖 4-8、坡地高風險區域內之鄰近聚落與人口分布圖。



圖 4-9、土壤液化致災高風險區域圖。

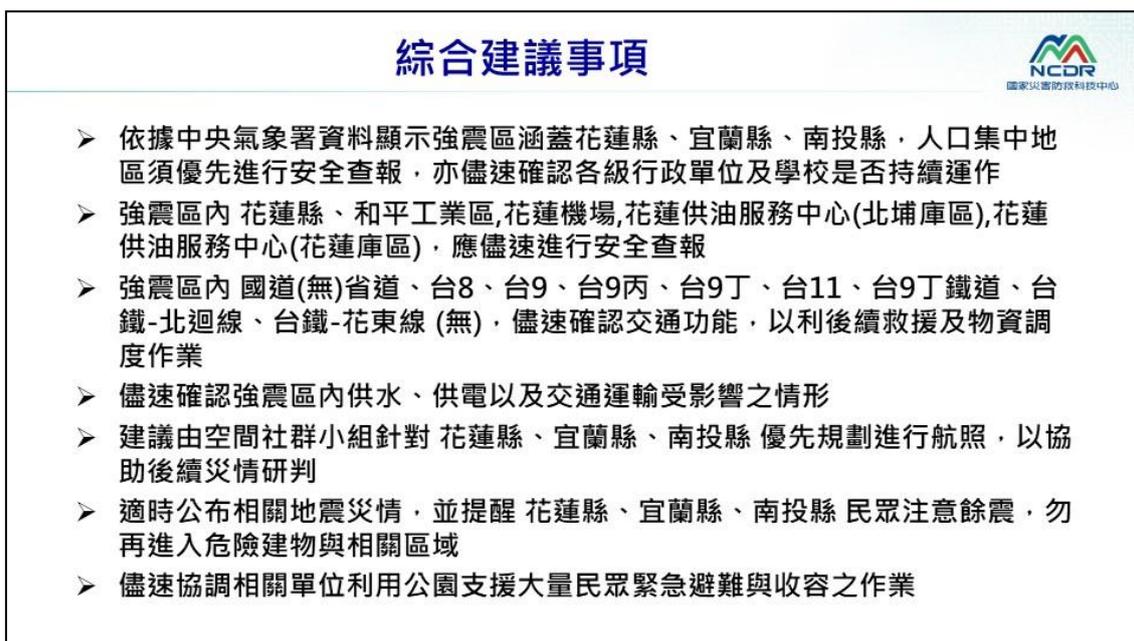


圖 4-10、系統預設之綜合建議事項。

4.2 0403 花蓮地震工作會議

地震應變自動化系統完成簡報產製後，會由應變人員挑選適宜圖資進行檢查修正，並增加必要資訊，於中央災害應變中心之工作會報呈現。0403 地震發生於 04 月 03 日上午 07 時 58 分，中央災害應變中心於地震發生後即刻啟動，並於上午 10 時召開第一次工作會報暨情資研判會議，之後共進行 16 次工作會報暨情資研判會議。災防科技中心於災害初期即立即進駐中央災害應變中心，並於第一次至第四次工作會報提供災害情資研判簡報。

(1) 第一次工作會報

第一次工作會報於地震後兩小時，上午 10 時召開。災防科技中心於此階段主要提供震後第一時間快速取得的地質資訊、高風險區域評估結果，以及透過公民回報、災情蒐整所獲得的災害現場災情資訊，並於綜合建議事項提醒受地震衝擊影響之高風險縣市鄉鎮需盡速進行安全查報作業（圖 4-11 至圖 4-21）。

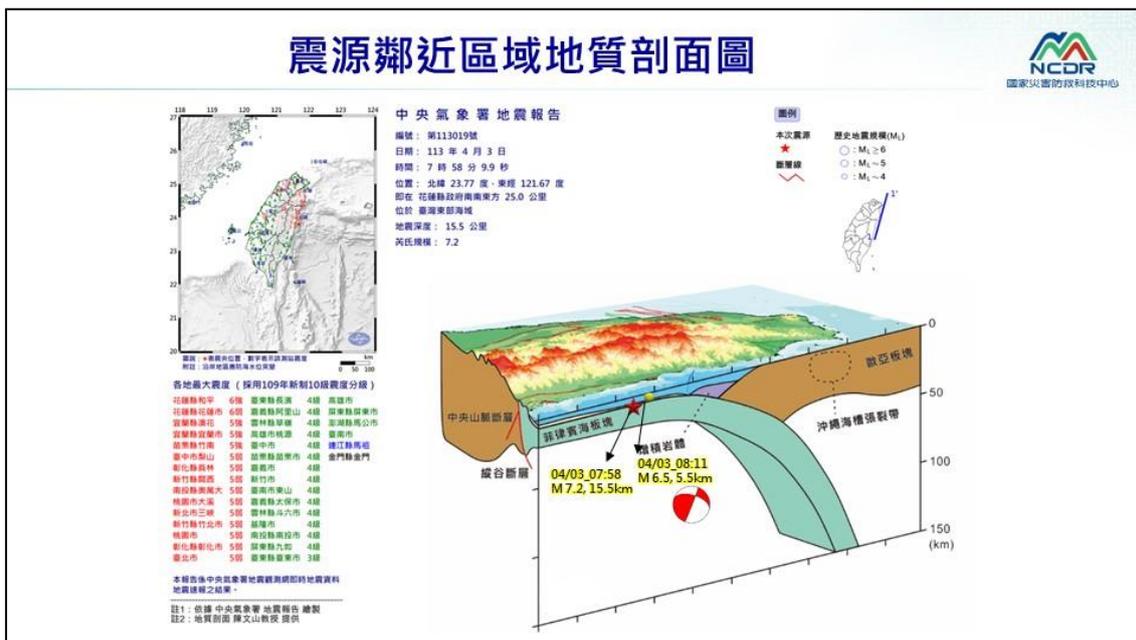


圖 4-11、以大區域的琉球海溝隱沒帶呈現本次地震位置地質剖面圖。

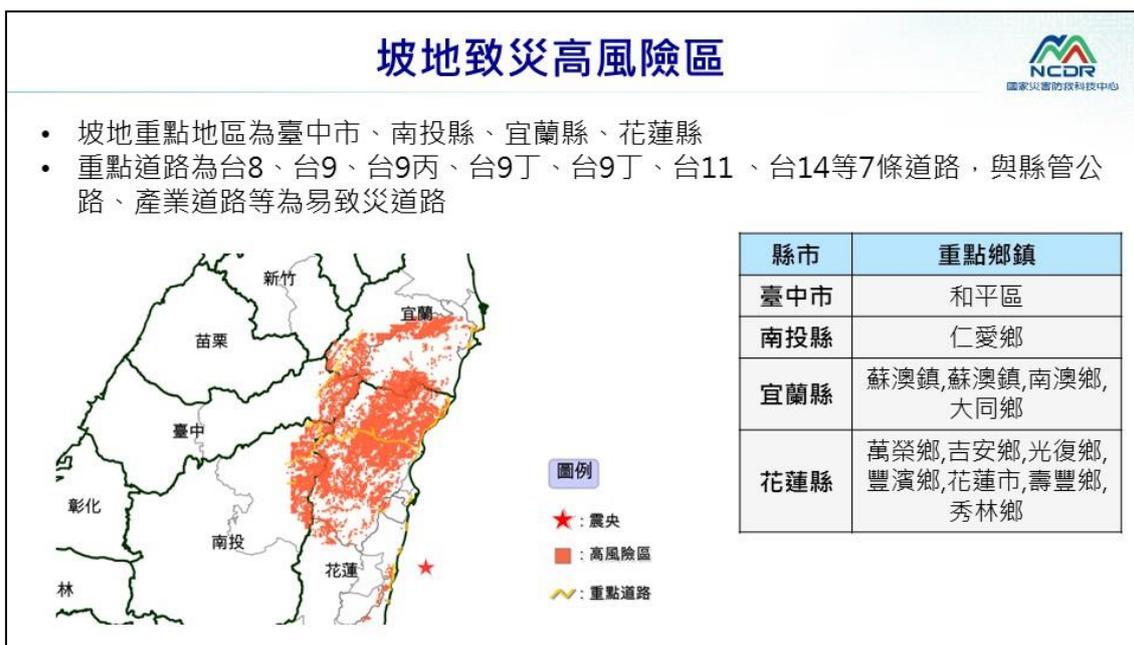


圖 4-14、大範圍之坡地致災高風險區域分布圖。



圖 4-15、花蓮地區房屋毀損災情。



圖 4-16、花蓮市建物災情。



圖 4-17、花蓮縣秀林鄉銅門村山崩影像。



圖 4-18、新北市環狀線災情照片。



圖 4-19、台 9 線災情照片。



圖 4-20、台 8 線至台 14 線汽車遭落石砸中照片。

綜合建議事項



國家災害防救科技中心

- 依據中央氣象署資料顯示強震區涵蓋**全國各地**，人口集中地區須優先進行安全查報，亦儘速確認各級行政單位及學校是否持續運作
- 強震區內 **花蓮和平工業區、花蓮機場、花蓮供油服務中心(北埔庫區)、花蓮供油服務中心(花蓮庫區)**，應儘速進行安全查報
- 強震區內**台8、台9、台9丙、台9丁、台11、台鐵-北迴線、台鐵-花東線**，儘速確認交通功能，以利後續救援及物資調度作業
- 儘速確認強震區內供水、供電以及交通運輸受影響之情形
- 建議由空間社群小組針對花蓮縣、宜蘭縣、南投縣優先規劃進行航照，以協助後續災情研判
- 適時公布相關地震災情，並**提醒全國民眾注意餘震**，勿再進入危險建物與相關區域
- 儘速協調相關單位利用**公園及空曠地區**支援大量民眾緊急避難與收容之作業

圖 4-21、第一次工作會報之綜合建議事項。

(2) 第二次工作會報

第二次工作會報於主震當日下午 15 時召開。在本次工作會報中，災防科技中心除了持續更新餘震資料、利用多元圖資展示主餘震之空間分布、地震數量統計與震度比較（圖 4-22 至圖 4-25），同時持續蒐整災情資料，確認本次震災除了鄰近震央的花蓮地區有大量建物毀損災情外，北臺灣（台北市、新北市、桃園市與苗栗縣）皆有零星建物毀損、倒塌或山崩災情傳出；地震山崩也造成東部山區道路通阻、車輛遭落石砸毀等災情（圖 4-26 至圖 4-31）。災防科技中心於此階段也提供氣象情資，提醒 04 月 04 日起將有兩道鋒面通過，需嚴防降雨引致之山崩等二次災害（圖 4-32、圖 4-33）。



圖 4-22、持續更新餘震資料之地質剖面圖。



圖 4-23、本次地震與 2018 年花蓮地震之水平空間分布比較圖。

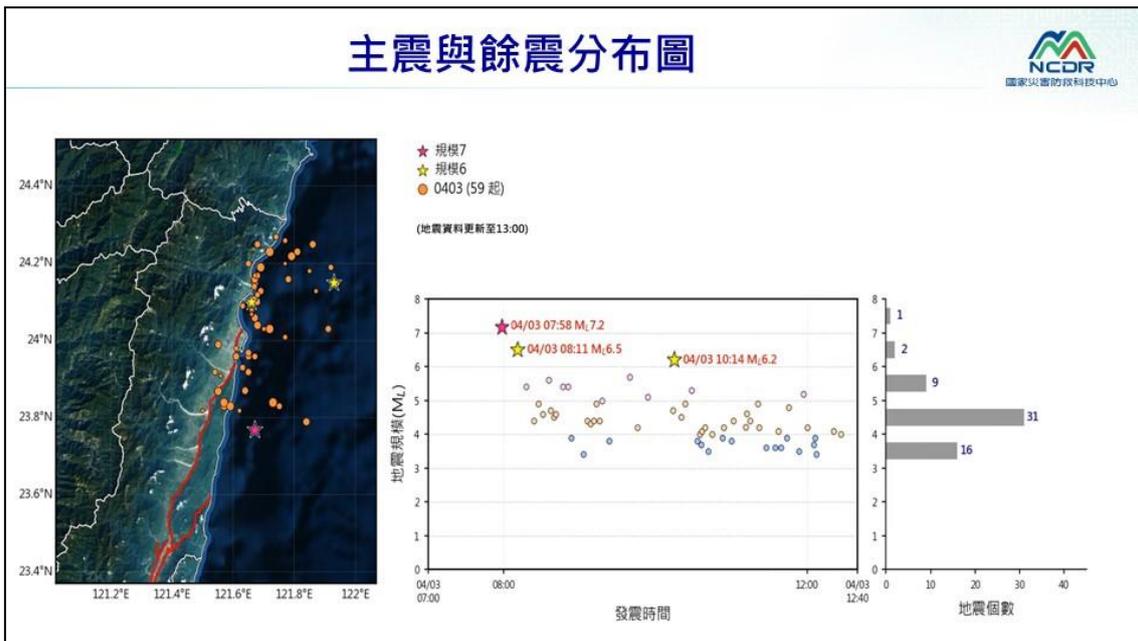


圖 4-24、主震與餘震分布圖。此圖資於 2022 年關山—池上序列地震後開發完成，目前系統已能夠藉由主震之空間分布位置、自動選擇繪製範圍，抓取餘震資料，並繪製隨著時間地震規模之變化圖，以及各規模地震個數圖。

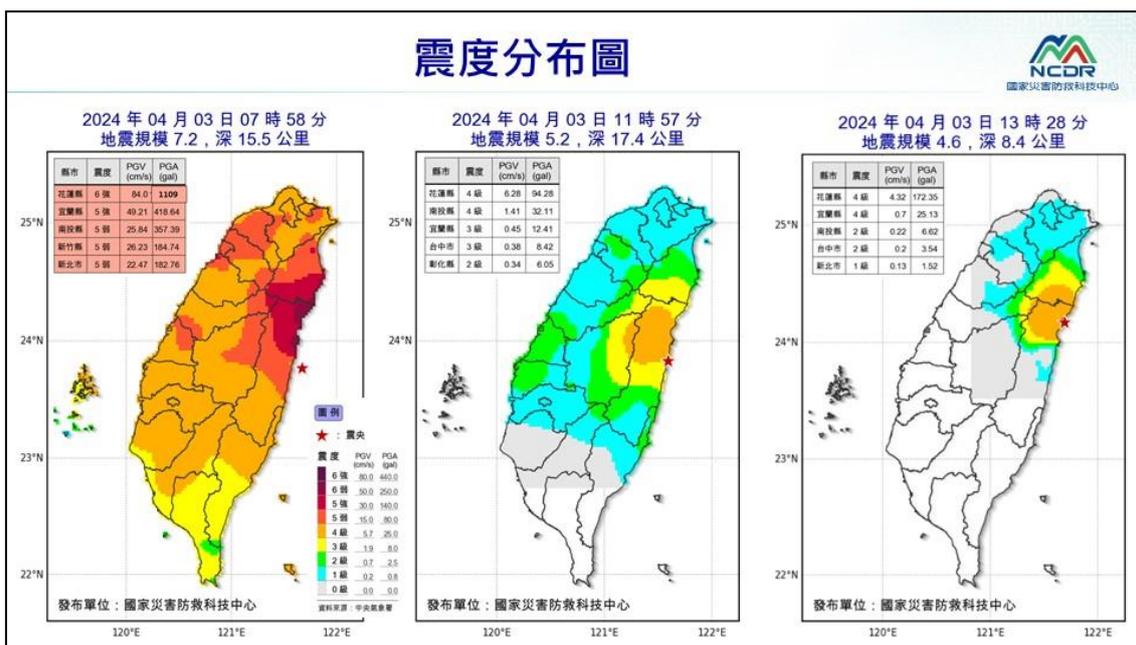


圖 4-25、主震與後續規模較大餘震之震度分布比較圖。



圖 4-26、花蓮地區建物災情。



圖 4-27、花蓮地區交通設施與車輛災情。



圖 4-28、花蓮地區山崩與港口土壤液化災情。



圖 4-29、新北市建物與交通設施災情。



圖 4-30、桃園市建物災情。



圖 4-31、苗栗縣落石災情。

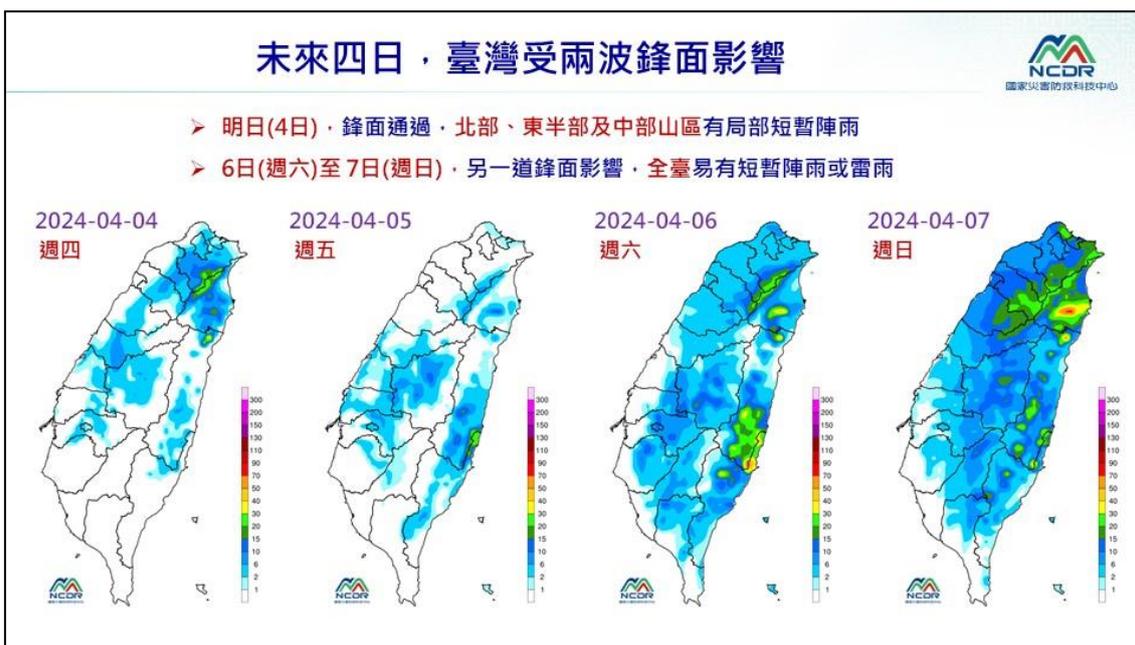


圖 4-32、地震後之氣象情資。

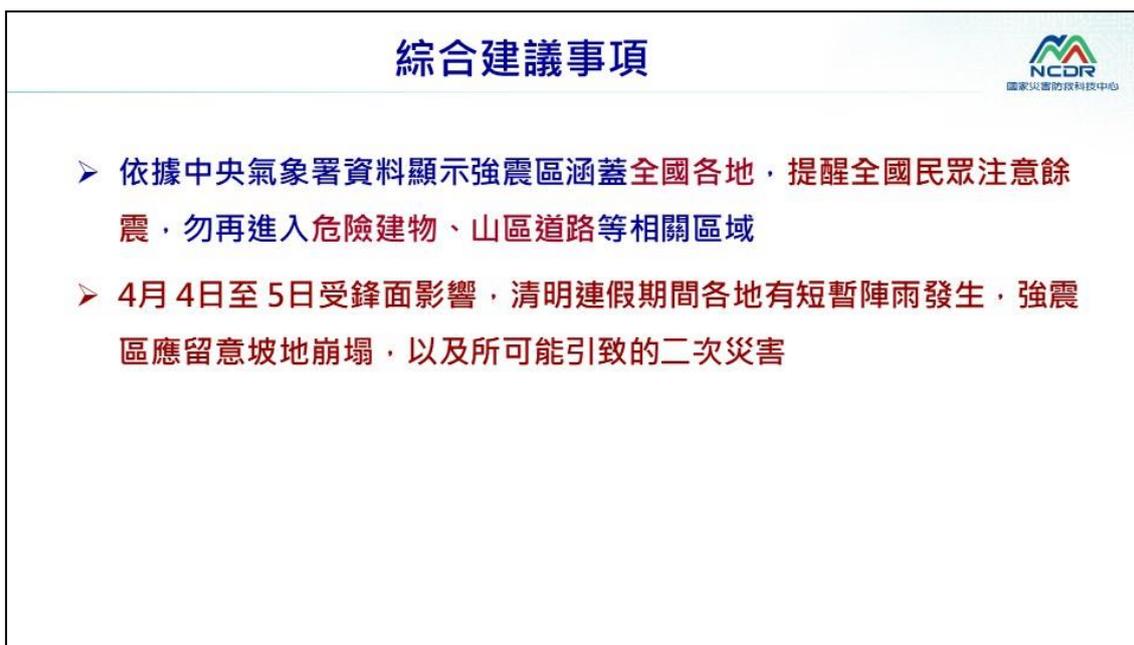


圖 4-33、第二次工作會報之綜合建議事項。

(3) 第三次工作會報

第三次工作會報於主震當日晚上 21 時召開。受益於公民回報與其他部會合作夥伴提供之資料，全臺之地震災情已逐漸明朗，應變作業由一開始的災情分布調查進展至救災階段。災防科技中心於此階段除了持續更新餘震資料、災情分布與氣象情資外(圖 4-34 至圖 4-37、圖 4-39、圖 4-40)，也利用中央大學太遙中心之衛星影像資料，協助製作堰塞湖主題圖，提醒相關部會與下游民眾需注意堰塞湖潰堤可能造成之災害衝擊(圖 4-38)。針對副指揮官於第二次工作會報指示，需建立公民回報資料檢驗機制，避免提供錯誤資訊，協助應變作業執行，災防科技中心亦於第三次工作會報時回應，所有的公民回報資料都必須經過四個標準步驟：攀爬、過濾、定位、製圖，在攀爬與過濾的階段即會進行資料檢查，詳細檢視災情影像是否為本次地震災情所致，剔除舊資料及假資料，確認資料無誤後才會送出(圖 4-41)。

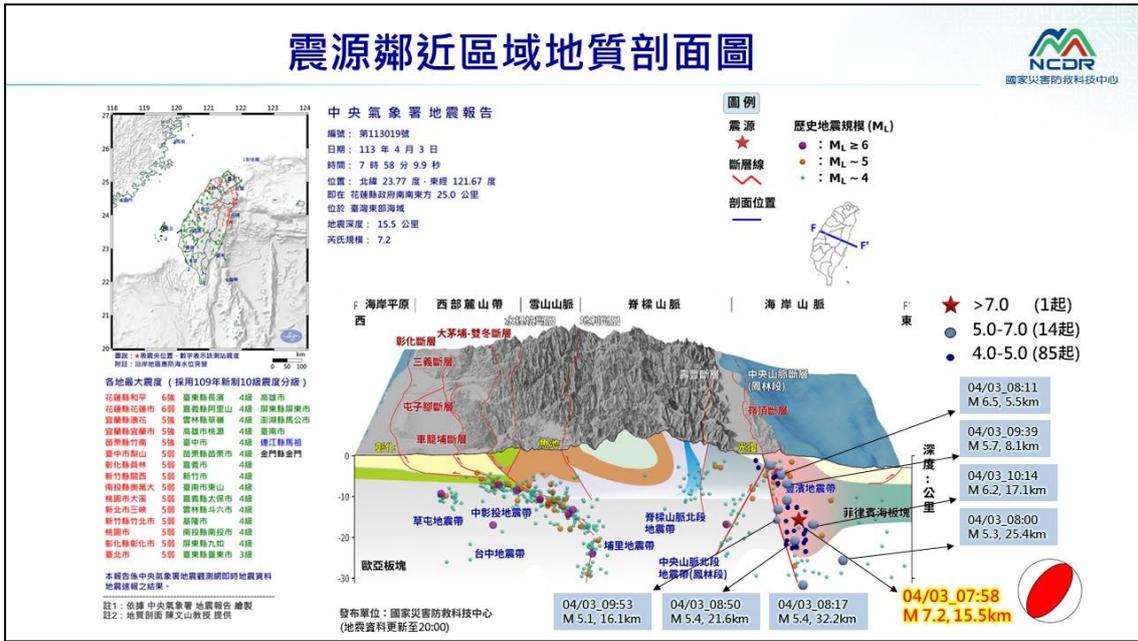


圖 4-34、主震於規模大於 5 之餘震於地質剖面圖呈現。



圖 4-35、主震於規模大於 5 之餘震水平分布圖。

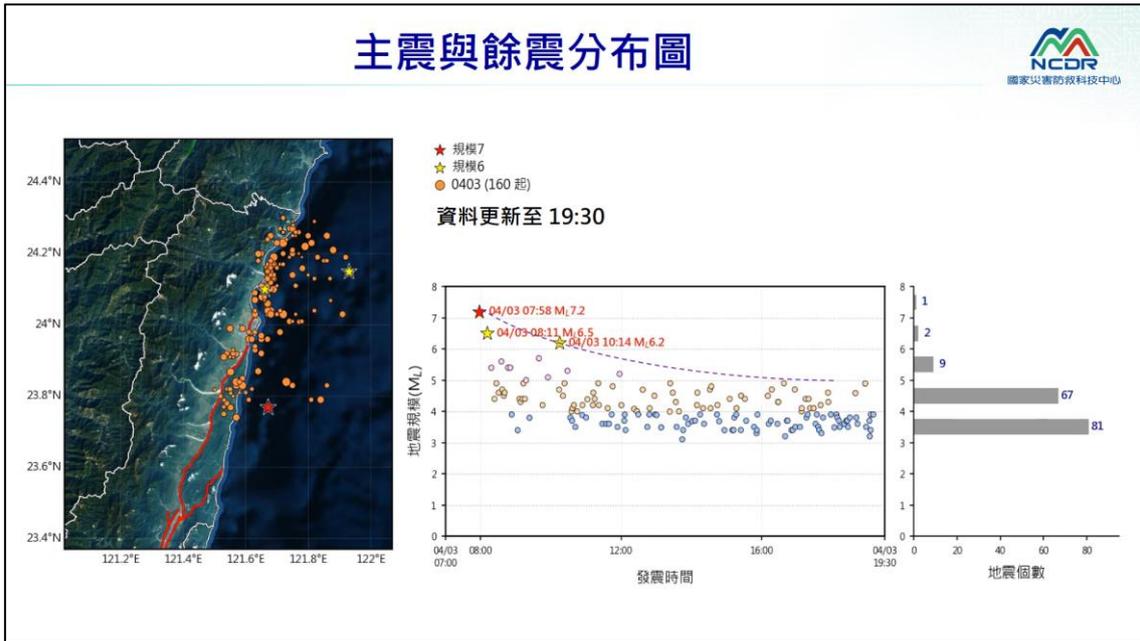


圖 4-36、主餘震分布與數量統計圖。



圖 4-37、全臺地震災情分布圖。

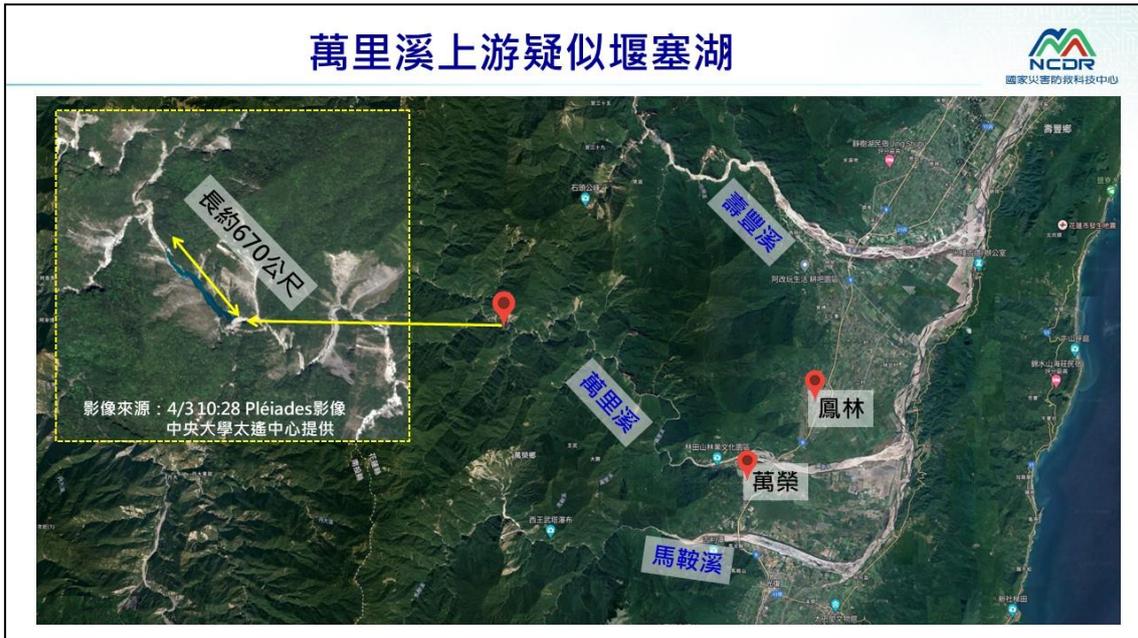


圖 4-38、藉由中央大學太遙中心 Pléiades 衛星影像判釋之花蓮萬里溪上游堰塞湖。

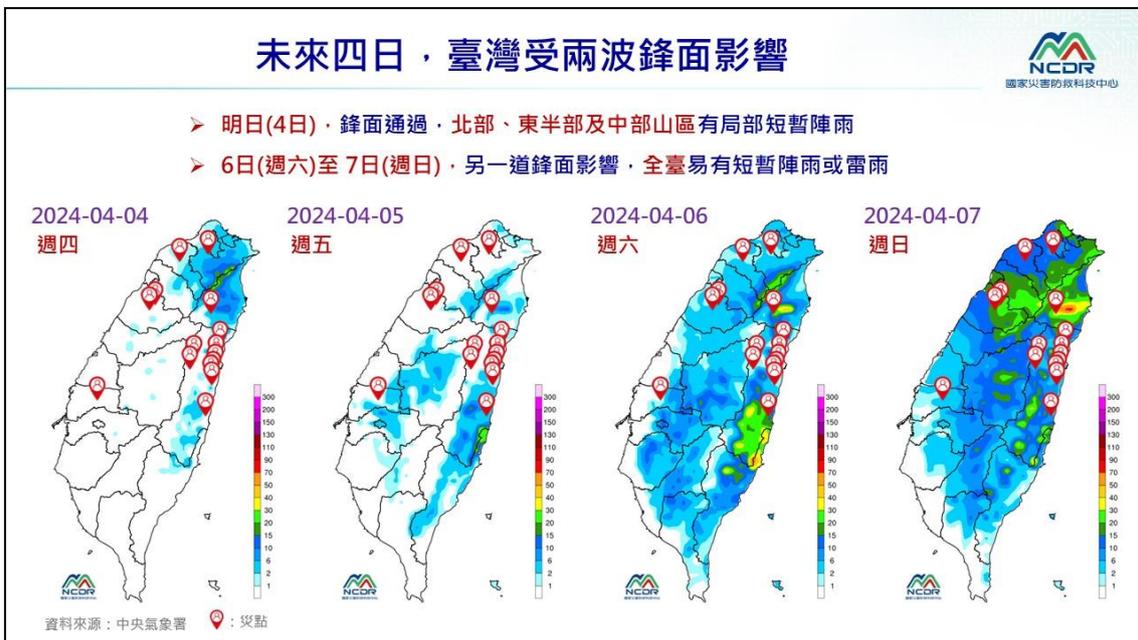


圖 4-39、未來四日降雨分布與災情位置比較圖。提醒目前的災情分布區域可能有大的降雨發生，除了請民眾避免前往山區等高風險區域外，救災單位亦需注意二次災害之發生。



國家災害防救科技中心

綜合建議事項

- 目前餘震仍頻繁發生，相關救援工作仍應留意餘震的影響
- 適逢清明連假，4月4日至5日受鋒面影響，連假期間各地有短暫陣雨發生，強震區應留意坡地崩塌以及所引致的二次災害

圖 4-40、第三次工作會報之綜合建議事項。



國家災害防救科技中心

副指揮官指示事項回覆說明

指示事項	回覆說明
依據第二次工作會報暨情資研判會議副指揮官指示：請災防中心建立公民回報檢驗機制，協助應變作業執行	災防科技中心已建立一套檢驗機制，公民回報資料都必須經過四個標準步驟(SOP)：(1)攀爬、(2)過濾、(3)定位、(4)製圖，確認資料無誤後送出

圖 4-41、副指揮官第二次工作會報指示事項回覆說明。

(4) 第四次工作會報

第四次工作會報於主震發生隔日，04月04日上午09時召開。在第四次工作會報中，除了提供持續更新之餘震與氣象情資（圖4-42至圖4-44、圖4-46、圖4-47），本中心也利用國科會國家太空中心之衛星影像資料，研判花蓮山區，由新城、和仁至和平一帶（台9線），以及由新城進入太魯閣國家公園的台8線，皆發生大規模的崩塌破壞（圖4-45）。此項資料亦與交通工程組在第三次與第四次工作會報提出台8線有至少12處災阻路段，造成人員受困之區域相符。因災情資訊逐漸明朗，各地方縣市政府也轉而將人力投入救災工作中，災防科技中心在中央災害應變中心內之情資研判組作業也告一段落，於第四次工作會報後轉回災情守視階段，持續蒐整並更新主餘震及災情資料，不用於中央災害應變中心報告。總結而言，本次0403地震應變作業，災防中心共支援4次工作會報，共計121.5小時，90人次（圖4-48）。



圖 4-42、主震與餘震分布之地質剖面圖。以黃框表示第三次工作會報後之規模較大地震事件，三個黃框標示之地震可對應圖 4-43 之分布圖。

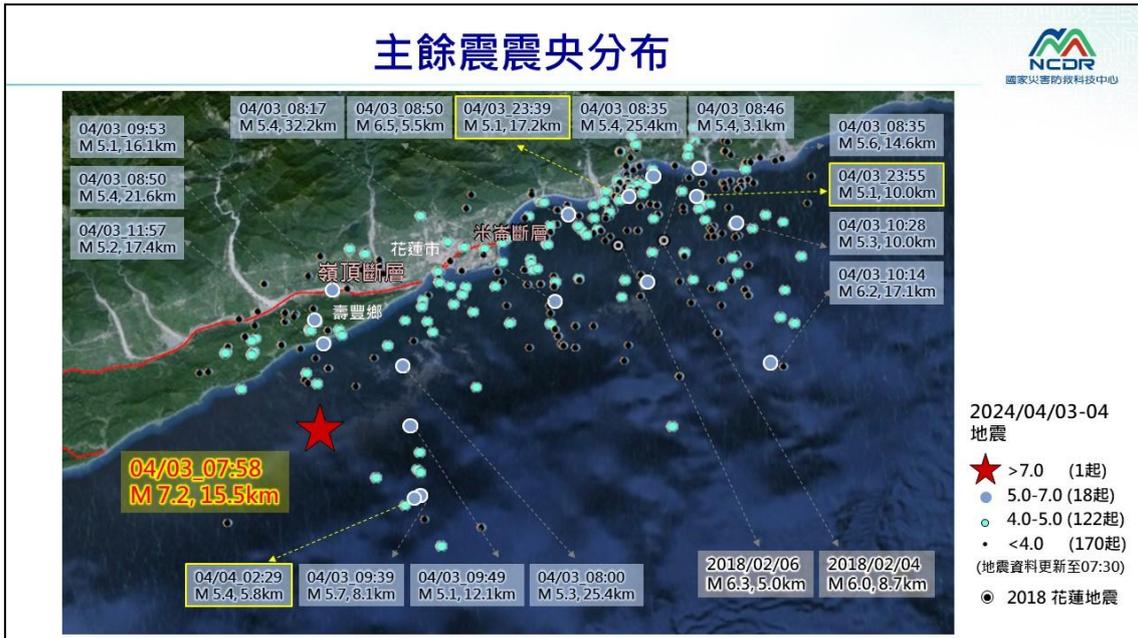


圖 4-43、主震與餘震之空間分布圖。以黃框表示第三次工作會報後之規模較大地震事件，三個黃框標示之地震可對應圖 4-42 之剖面。

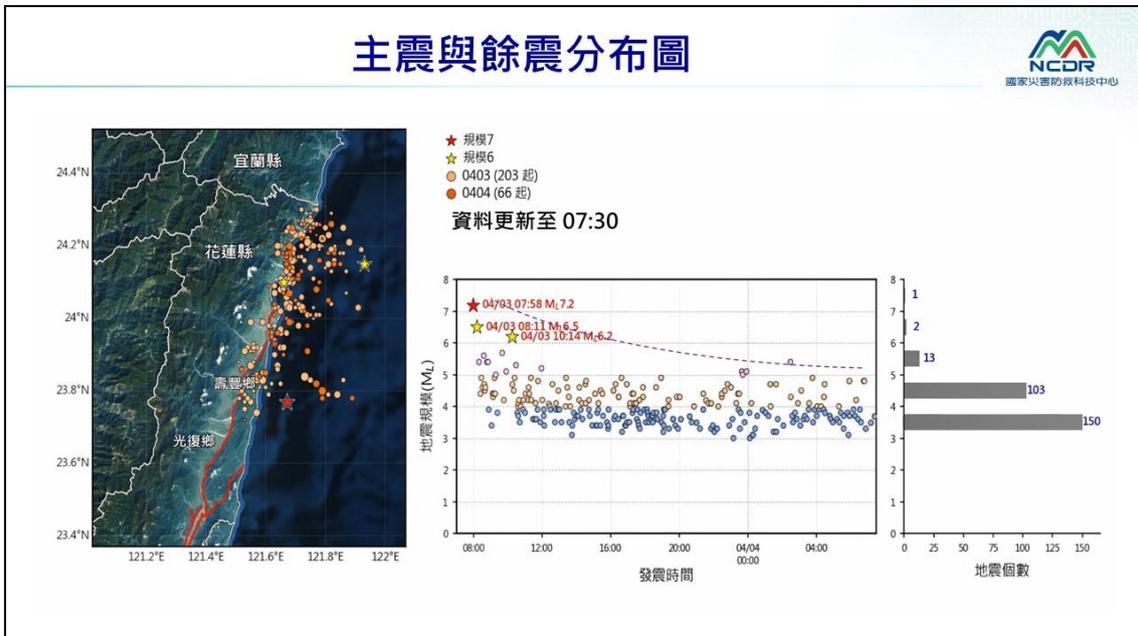


圖 4-44、主餘震空間分布、規模變化及各規模地震個數統計圖。

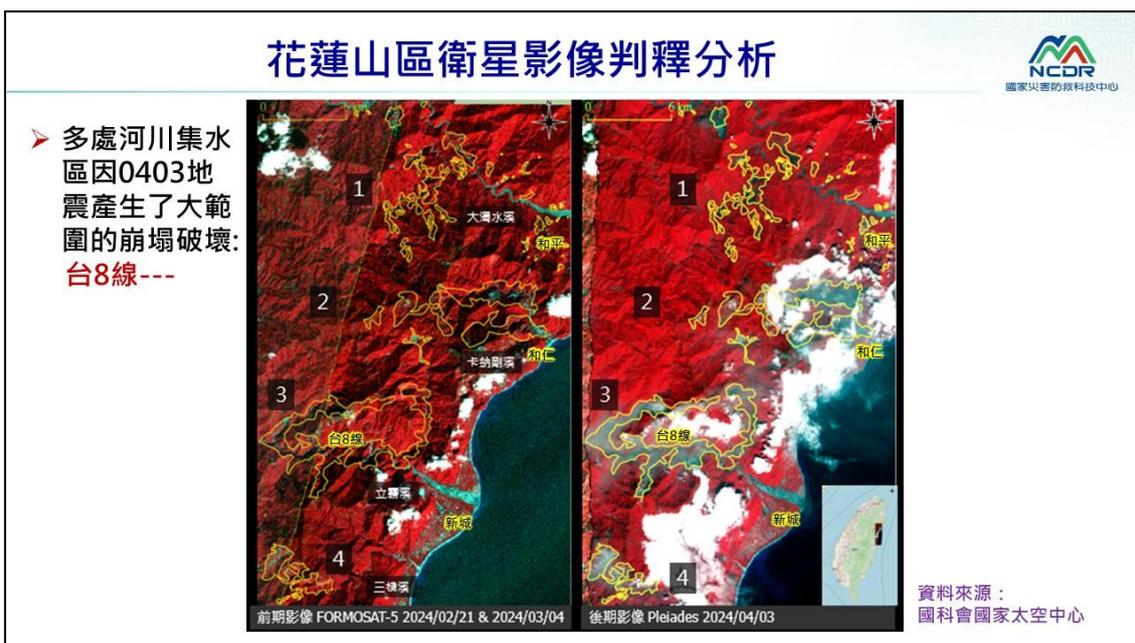


圖 4-45、藉由國科會國家太空中心衛星影像資料判釋之花蓮山區大規模崩塌分布範圍。

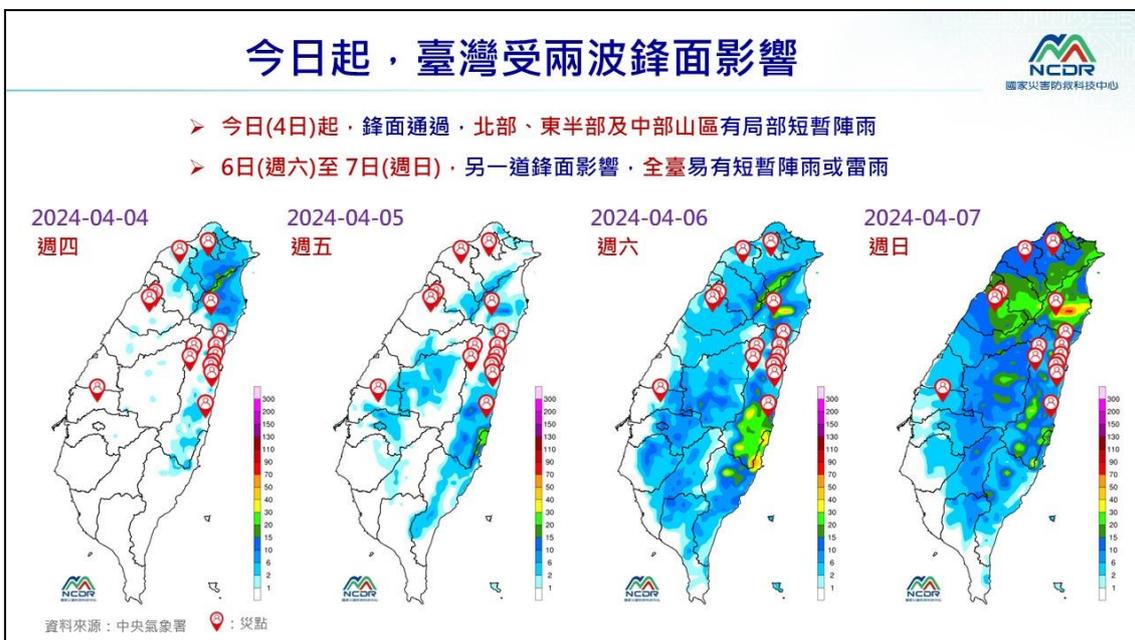


圖 4-46、第四次工作會報之氣象情資。



國家災害防救科技中心

綜合建議事項

➤ 目前餘震仍頻繁發生，相關救援工作必須留意餘震對於損壞建物的影響，以及山坡地落石、崩塌所可能引致的二次災害

圖 4-47、第四次工作會報之綜合建議事項。



國家災害防救科技中心

0403花蓮地震應變作業時序

4/3

初期應變

- 07:58 花蓮發生規模7.2地震，中央災害應變中心即時啟動
- 08:10 災防中心進駐應變中心
- 10:00 第一次工作會報暨情資研判會議 (總統視導)
- 11:00 中央災害應變中心第一次記者會
- 15:00 第二次工作會報暨情資研判會議
- 21:00 第三次工作會報暨情資研判會議

4/4

- 09:00 第四次工作會報暨情資研判會議
- 15:00 第五次工作會報暨情資研判會議

⋮

4/8

救災階段

- 09:00 第十六次工作會報暨情資研判會議
- 09:30 應變中心縮編

共計支援 121.5 小時 · 90人次



總統視導



災防中心報告

圖 4-48、0403 花蓮地震應變作業時序圖。

4.3 0423 地震及豪雨應變會議

花蓮地震主震發生兩週後，整體之地震數量與餘震規模有明顯下降趨勢。但於 04 月 22 日時，於主震鄰近區域，海岸山脈上盤（花蓮縣壽豐鄉鹽寮一帶）之地震數量明顯變多，且規模變大，大於規模 M_L 4.0 以上之地震單日達數十起。04 月 23 日凌晨 02 時 26 分與 02 時 32 分連續發生兩起規模 M_L 6.0 與 M_L 6.3 之地震，造成花蓮市再次傳出建物倒塌災情。災防科技中心於凌晨即刻啟動地震應變作業，並於上午 11 時中央災害應變中心召開之 0423 地震及豪雨應變會議進行簡報。本次報告除了呈現 0423 地震與 0403 地震之空間分布關係、震度分布比較，利用地震逐日數量變化圖來呈現 0423 地震為另一群密集分布的 0403 地震餘震(圖 4-49 至圖 4-53)，也即時蒐整新生災情(圖 4-54 至圖 4-55)，並針對未來一週持續可能發生的豪雨進行坡地易致災區域，含花蓮、宜蘭、臺中、南投等中部至東部山區重點鄉鎮的提醒(圖 4-56 至圖 4-58)。

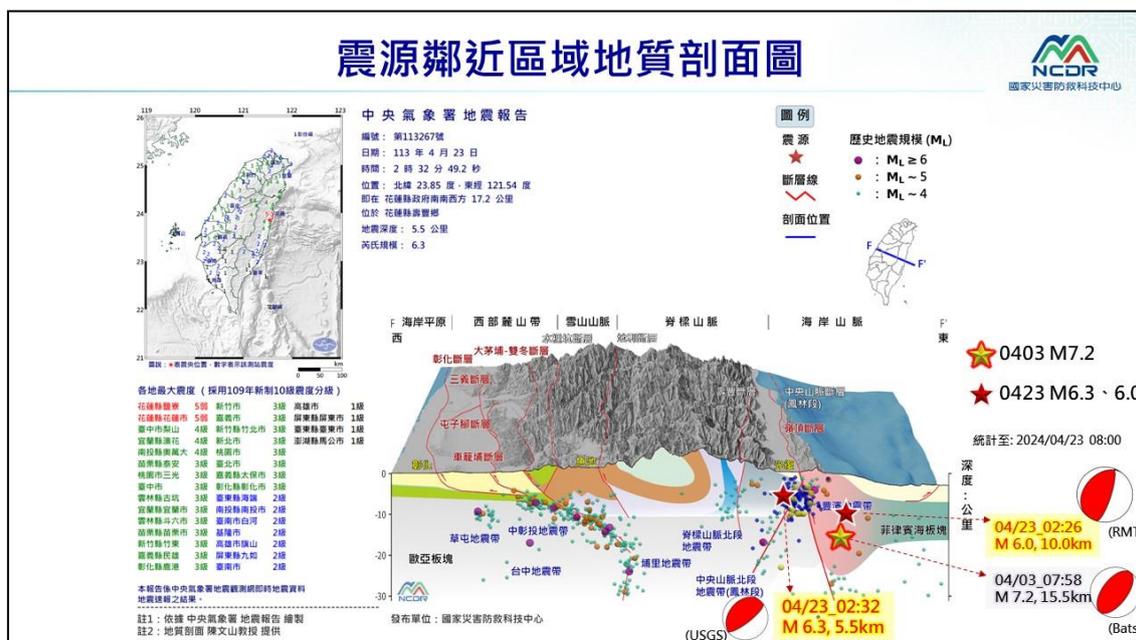


圖 4-49、0403 地震與 0423 地震之地震位置投影於地質剖面圖。

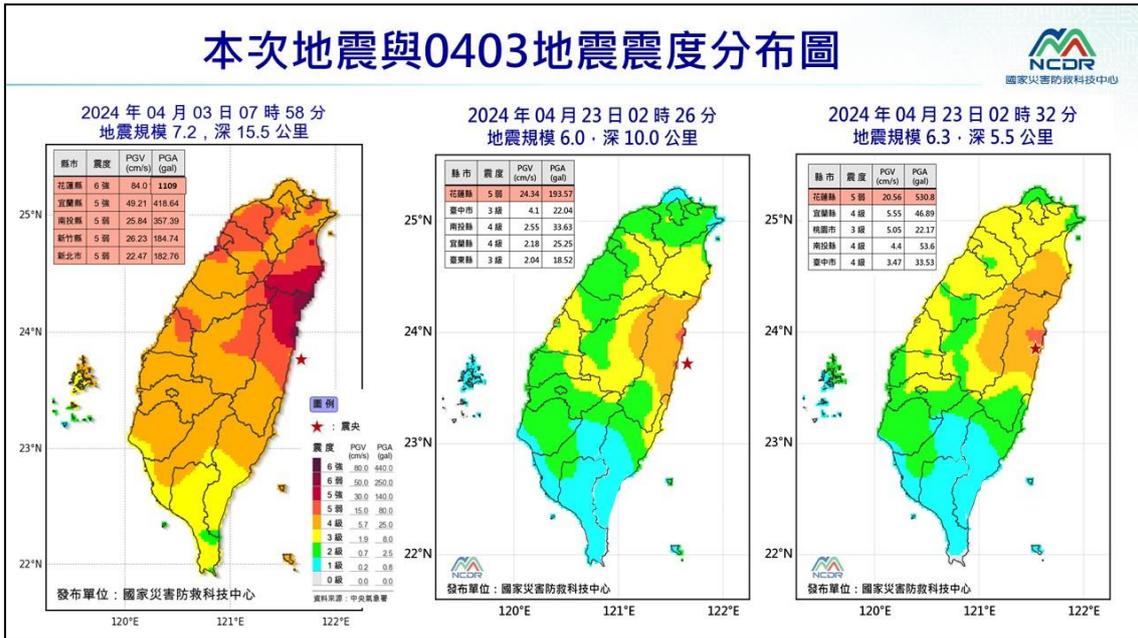


圖 4-50、0403 地震與 0423 地震之震度分布比較圖。

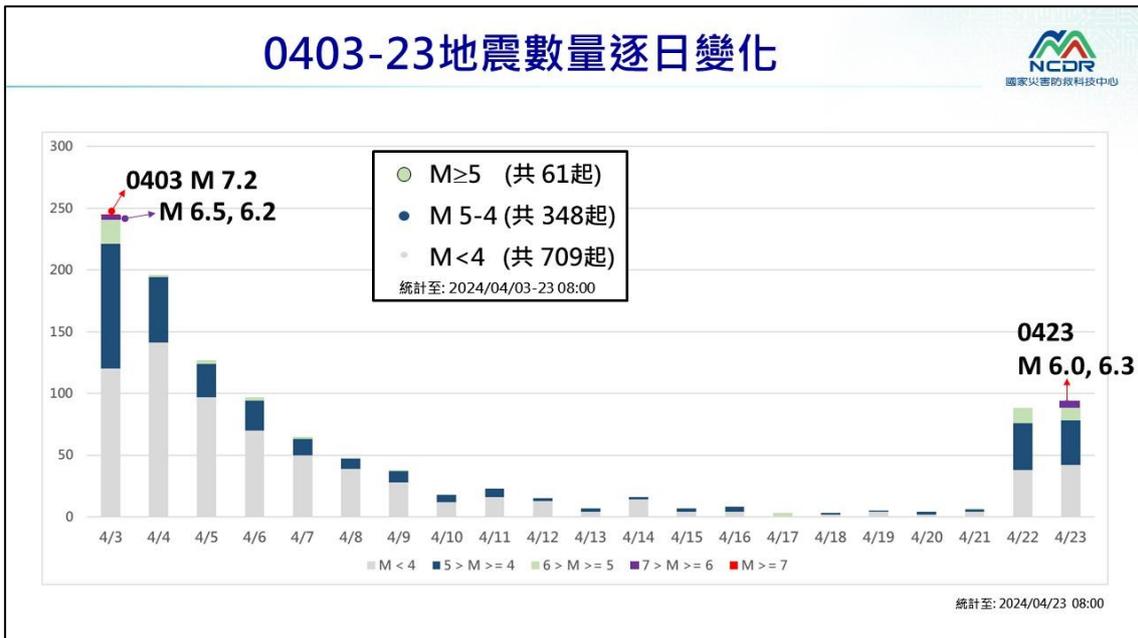


圖 4-51、0403-23 地震數量逐日變化圖。



圖 4-52、0423 地震之水平空間分布圖。

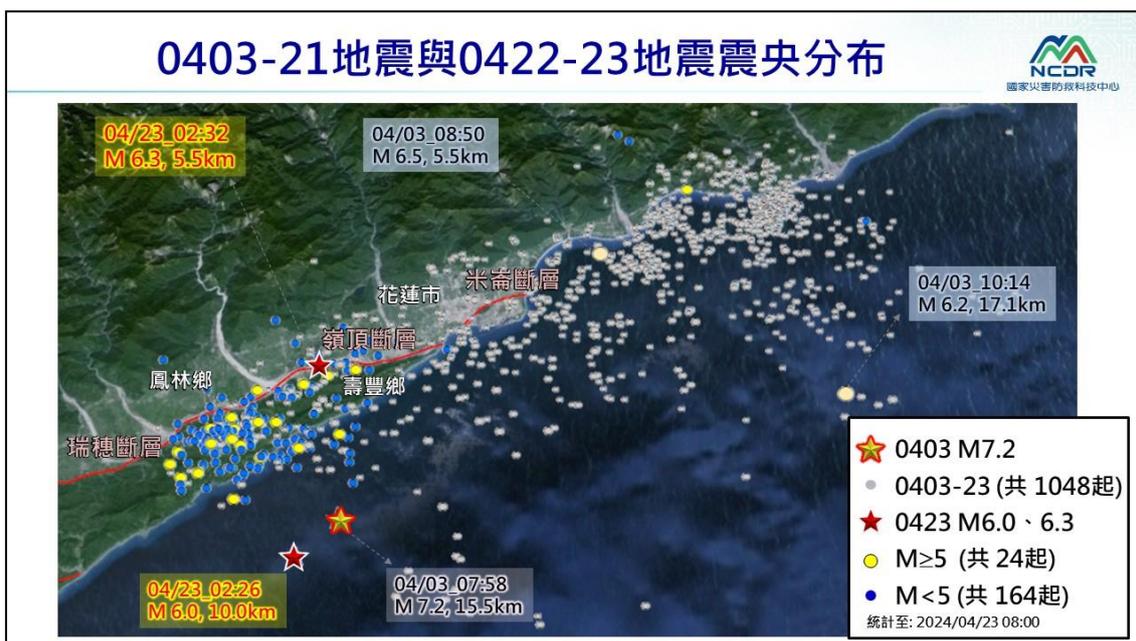


圖 4-53、0422-23 地震與 0403-21 地震之空間分布比較圖。



圖 4-54、0423 地震之花蓮市新生建物災情。



圖 4-55、0423 地震之花蓮地區新生鐵公路災情。

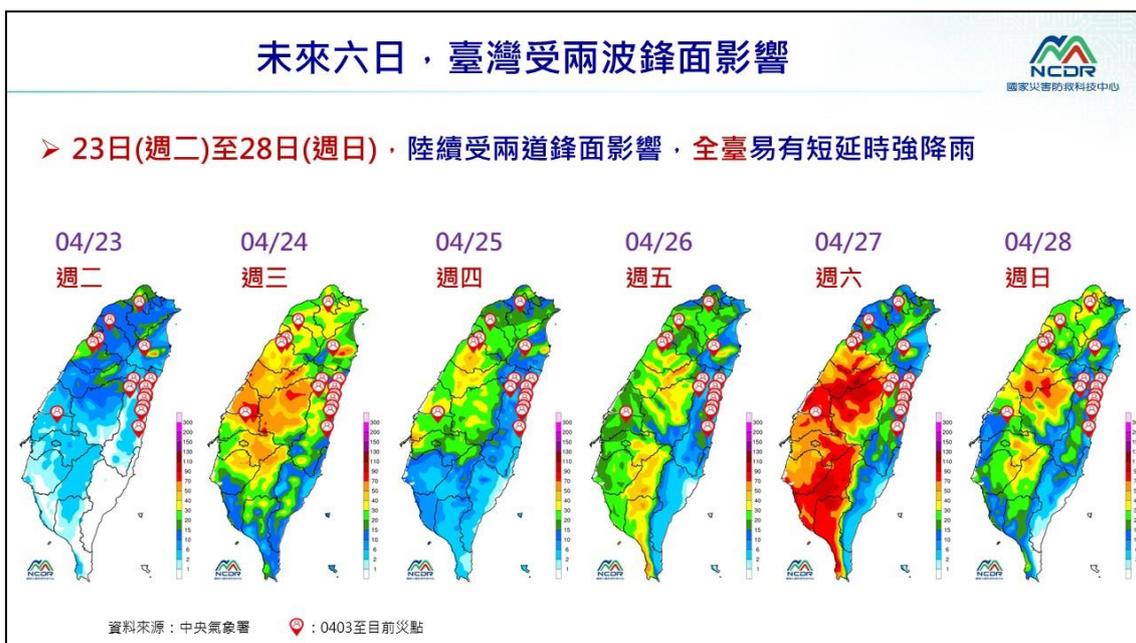


圖 4-56、04 月 23 日至 28 日之強降雨氣象情資提醒。



圖 4-57、結合地震山崩與降雨情資研判之坡地易致災區域。

綜合建議事項


國家災害防救科技中心

- 餘震仍頻繁發生，持續提醒民眾勿再進入危險建物(尤其已列為紅單建物)與相關區域
- 今日起受鋒面影響，花蓮地區將有局部短暫陣雨或雷雨，山區受地震影響，邊坡與道路應留意降雨造成之土砂災害

圖 4-58、0423 地震及豪雨應變會議之綜合建議事項。

第五章、地震災害

本章節簡介本次 0403 花蓮地震因強地動造成的各項地震災害，包含公私有建物毀損、鐵公路等交通系統衝擊、地震山崩、人員傷亡等災情資料。本次地震雖然規模大，地震震央亦落在陸地上，然而震後經過詳細的野外地質調查與衛星影像判釋，於臺灣陸上地區並未找到大規模的地表破裂，鄰近震央的米崙斷層與嶺頂斷層和瑞穗斷層等縱谷斷層沿線也沒有明顯的地表破裂或建物沿斷層線毀損狀況，因此本次地震災情無地表破裂一節。

5.1 建物災情

0403 花蓮地震後，內政部國土管理署派請專業技師前往災後現場，針對受損建物進行判斷；紅單代表建築物主結構受損且結構有安全顧慮或是地基不穩者；黃單代表建築物主無結構安全顧慮，但內部非主結構的物件有掉落傾倒傷人顧慮或鄰近區域有建築物傾倒疑慮可能被波及等情形。截至 2024 年 07 月 28 日止，包含 0403 主震與 0423 餘震事件造成之建物破壞，全臺共張貼 311 張紅黃單，分布如圖 5-1，其中花蓮縣達 180 張、台北市 28 張、新北市 31 張、桃園市 69 張，基隆市 2 張、南投縣 1 張，各縣市詳細的紅黃單數量如表 3。鄰近震央的花蓮縣有 91 棟紅單建物、89 棟黃單建物，全臺超過一半的紅黃單建物分布於花蓮縣，而花蓮縣的各鄉鎮中又以花蓮市的紅黃單棟數最多，約占花蓮整體 5 成，各縣市鄉鎮的紅黃單數量詳細數據如表 4 及圖 5-2。

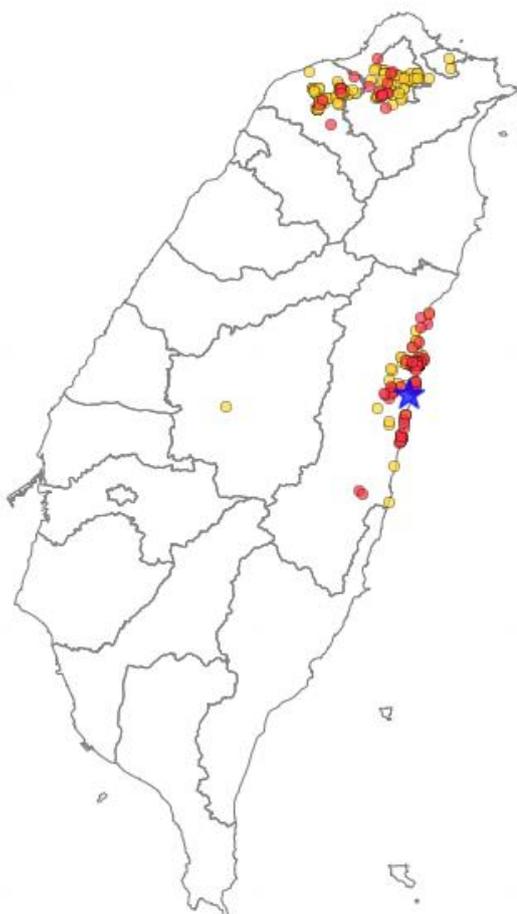


圖 5-1、0403 花蓮地震全臺紅黃單建物分布圖。紅色與黃色圈代表建物位置，藍色星星為規模 M_L 7.2 主震震央位置。(資料來源：內政部國土管理署)

表 3、全臺各縣市紅黃單數量統計。(資料來源：內政部國土管理署)

縣市	紅單	黃單	總數
花蓮縣	91	89	180
臺北市	2	26	28
新北市	11	20	31
桃園市	7	62	69
基隆市	0	2	2
南投縣	0	1	1
總數	111	200	311

表 4、各縣市鄉鎮行政區紅黃單數量統計。(資料來源：內政部國土管理署)

縣市	鄉鎮	紅單	黃單
花蓮縣	壽豐鄉	17	14
	瑞穗鄉	2	0
	豐濱鄉	7	7
	花蓮市	53	36
	鳳林鎮	0	3
	秀林鄉	3	9
	吉安鄉	6	15
	新城鄉	3	5
臺北市	萬華區	1	1
	南港區	0	6
	松山區	0	5
	大安區	0	2
	文山區	0	1
	信義區	0	1
	內湖區	0	4
	士林區	1	0
	中山區	0	3
	中正區	0	3
新北市	中和區	2	3
	蘆洲區	0	1
	板橋區	1	1
	泰山區	0	1
	新店區	1	3
	五股區	0	2
	土城區	4	4
	汐止區	0	1
	三重區	1	4
	新莊區	1	0
八里區	1	0	
桃園市	大溪區	1	0
	大園區	0	2
	蘆竹區	0	1
	八德區	0	3
	龜山區	1	3
	平鎮區	0	9
	中壢區	2	29
	桃園區	3	15
基隆市	暖暖區	0	1
	仁愛區	0	1
南投縣	水里鄉	0	1

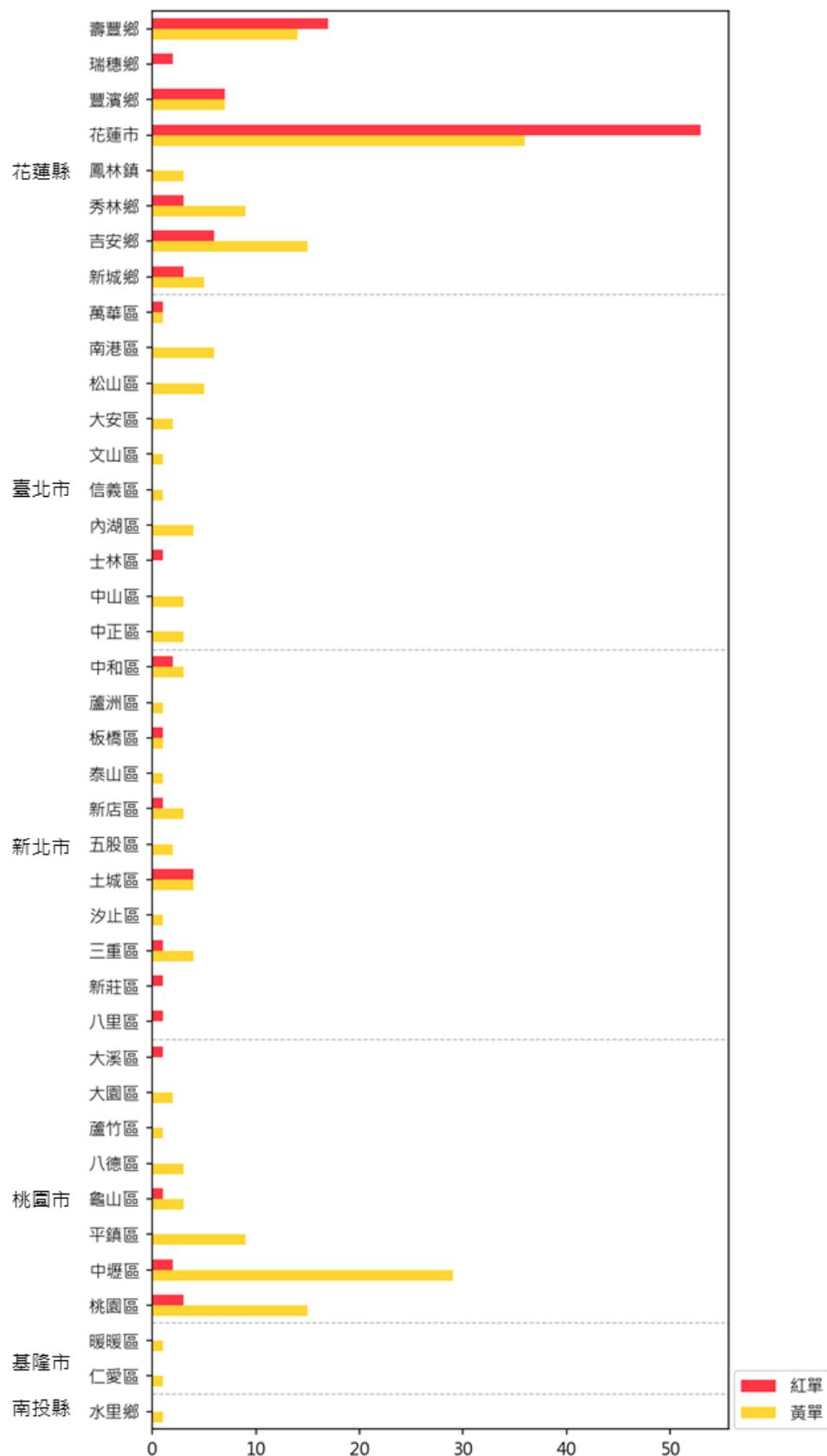


圖 5-2、以長條圖呈現全臺各縣市鄉鎮之紅黃單數量比較圖。(資料來源：內政部國土管理署)

災防科技中心除了透過公民回報資料及消防署等部會合作夥伴提供即時災情資訊，蒐整全臺建物受損狀況，並於工作會報以簡報資料呈現（圖 4-15、圖 4-16、圖 4-18、圖 4-26、圖 4-28、圖 4-29、圖 4-30、圖 4-37、圖 4-54），地震後也積極彙整其他學研團隊的調查報告（國家地震工程研究中心，2024；施忠賢等，2024），並於地震 4 個月後（2024 年 08 月 07 日）前進花蓮災區，現地勘查尚未拆除的紅黃單建物。花蓮市與吉安鄉詳細的紅黃單建物分布如圖 5-3，可以發現本次花蓮市與吉安鄉地區的紅黃單建物與 2018 年的花蓮地震建物災損分布有明顯差異，本次地震受損建物並無沿著斷層沿線分布的狀況。在 08 月的勘災作業中，共調查 5 棟位於花蓮市與吉安鄉尚未拆除的紅黃單建物，5 棟建物名稱與分布如圖 5-4，包含華爾街大樓（紅單，圖 5-5）、鋼管紅茶（紅單，圖 5-6）、蓮花大樓（黃單，圖 5-7）、山海觀大樓（紅單，圖 5-8）與馥邑京華（紅單，圖 5-9），各個建物的簡介資訊與受損狀況呈現如圖。花蓮市與吉安鄉因鄰近本次地震震央，中央氣象署之 HWA 地震站於此處處量測達 6 弱等級的高震度（PGA 達 448.65 gal、PGV 達 69.21 cm/sec），乃是建物受到衝擊毀損的主因；其中鋼管紅茶的案例顯示老舊街屋、一樓騎樓柱體數量不足與柱體箍筋間距過長等多重問題，缺乏適當支撐、設計不良的柱體明顯無法承受強地動；華爾街大樓則是於三樓存在提供居民使用的開放空間，因為牆體過少、支撐力不足而導致三樓與四樓等低樓層出現嚴重破壞；蓮花大樓、山海觀大樓與馥邑京華雖然是相對年輕的高層建築，但不規則或是存在單一長軸的建物形狀，與建物底層的挑高、底層夾層等設計，皆使建物底部的一、二樓產生嚴重毀損，並於大樓外牆及內部樓梯間出現大量的 X 型破壞（施忠賢等，2024）。本次花蓮地震造成的建物破壞形式多元，受破壞的建物建造年

代亦橫跨很長的時間跨度，顯示除了老舊建物需要注意房屋的耐震狀況、加速危老建物的整體翻新速度與進度以外，相對年輕的新式建物亦要適時進行檢測、確認建物的耐震係數，並透過近年來地震後的災害破壞狀況，檢核建築物是否存在一樣的弱點與風險，如上述的開放空間、柱體不足、牆體不足、底層挑高、底層夾層等反覆造成破壞的因子，檢測出問題也不要慌張，施以適當的耐震補強工法，方可增強建物的抗震能力。

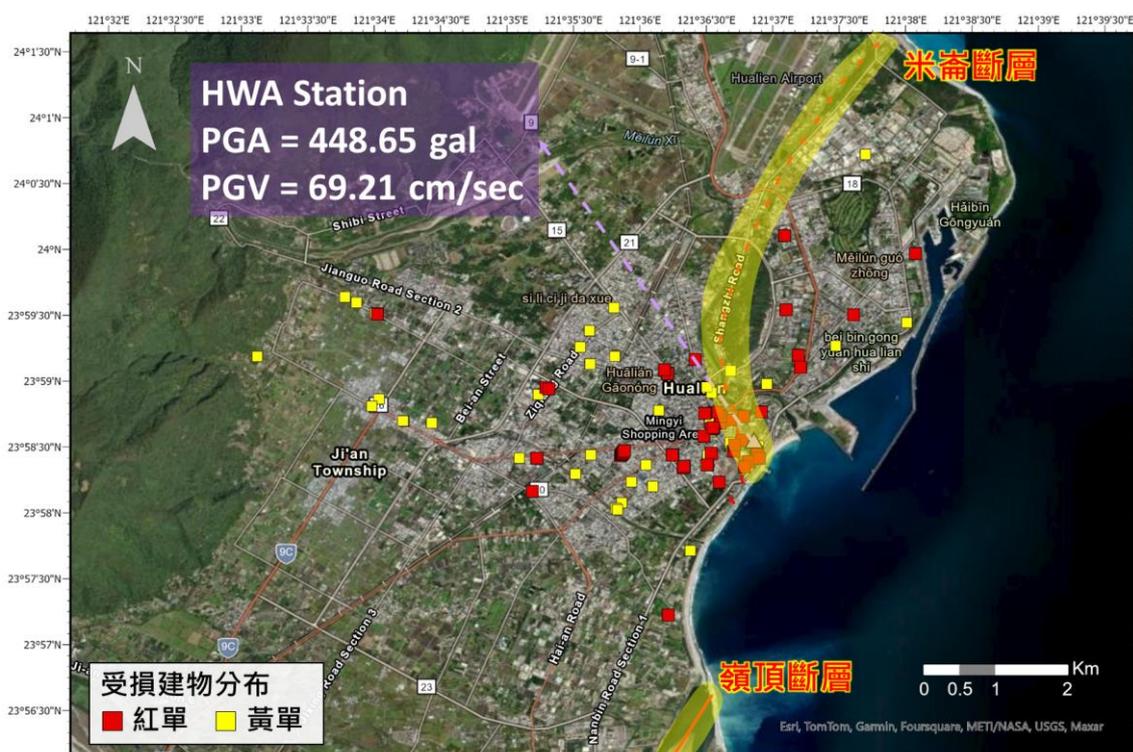


圖 5-3、花蓮市與吉安鄉紅黃單建物分布。鄰近的兩條活動斷層（米崙斷層與嶺頂斷層），以及鄰近地震站（HWA）位置與量測到的主震強地動數據標示如圖。（資料來源：內政部國土管理署、經濟部地質調查及礦業管理中心、中央氣象署）



圖 5-4、勘查之 5 棟紅黃單建物分布位置。(資料來源：內政部國土管理署)

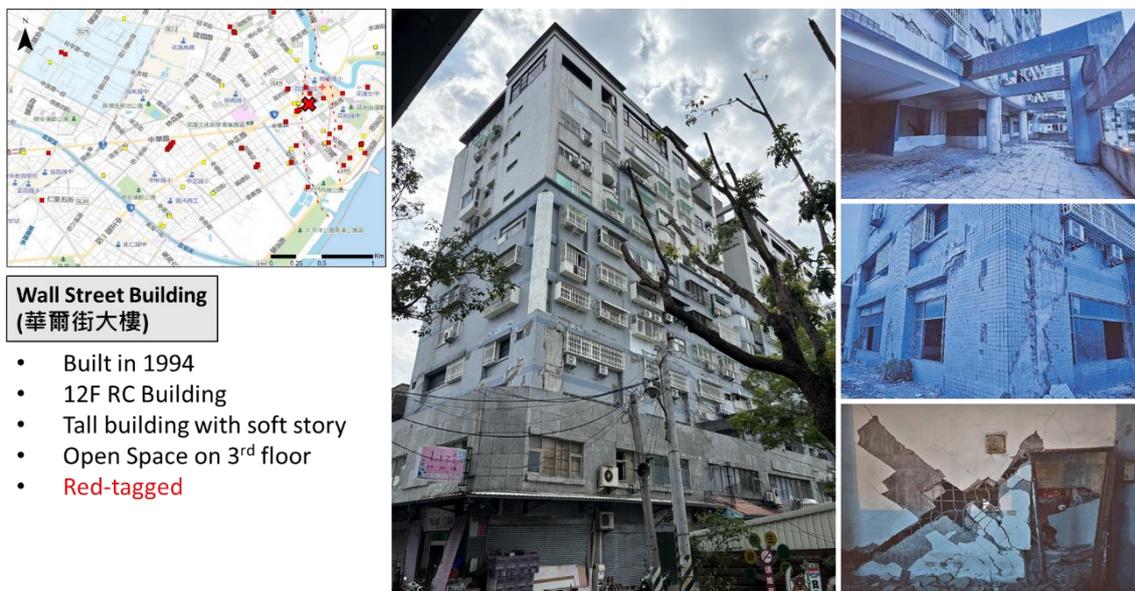


圖 5-5、華爾街大樓建物簡介、外觀與內部受損狀況。(資料來源：施忠賢等，2024；建物資料由吳秉儒博士整理、建物外觀由楊清淵拍攝)

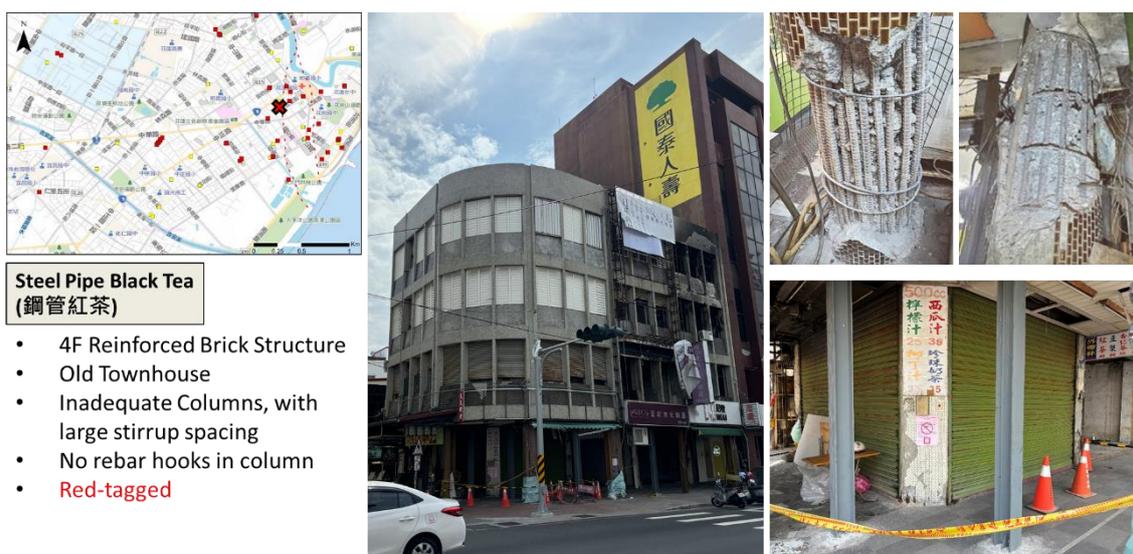


圖 5-6、鋼管紅茶建物簡介、外觀與柱體受損狀況。(資料來源：施忠賢等，2024；建物資料由吳秉儒博士整理、建物外觀由楊清淵拍攝)



圖 5-7、蓮花大樓建物簡介、外觀與內部受損狀況。(資料來源：施忠賢等，2024；建物資料由吳秉儒博士整理、建物外觀由楊清淵拍攝)

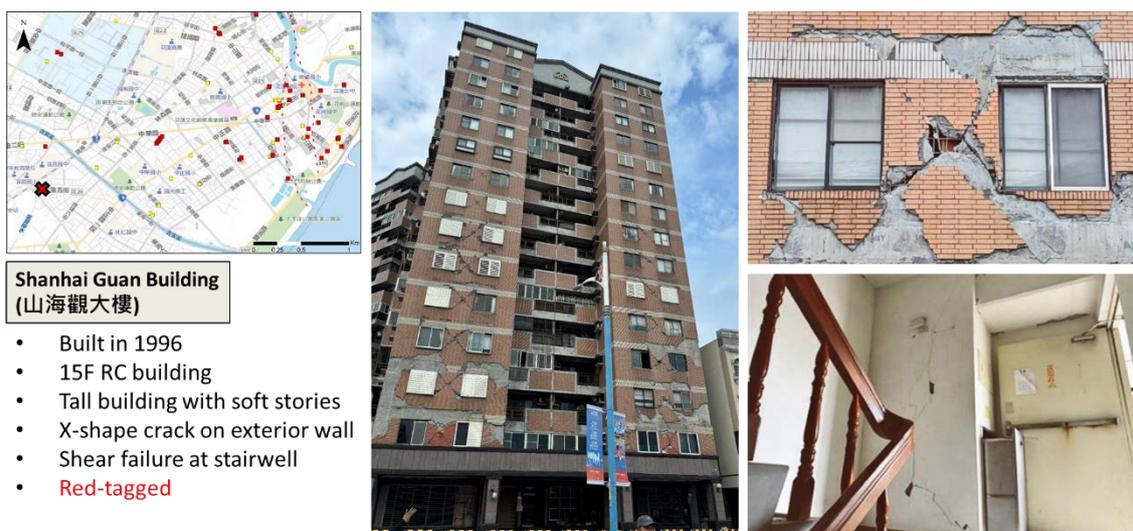


圖 5-8、山海觀大樓建物簡介、外觀與內部受損狀況。(資料來源：施忠賢等，2024；建物資料由吳秉儒博士整理、建物外觀由楊清淵拍攝)

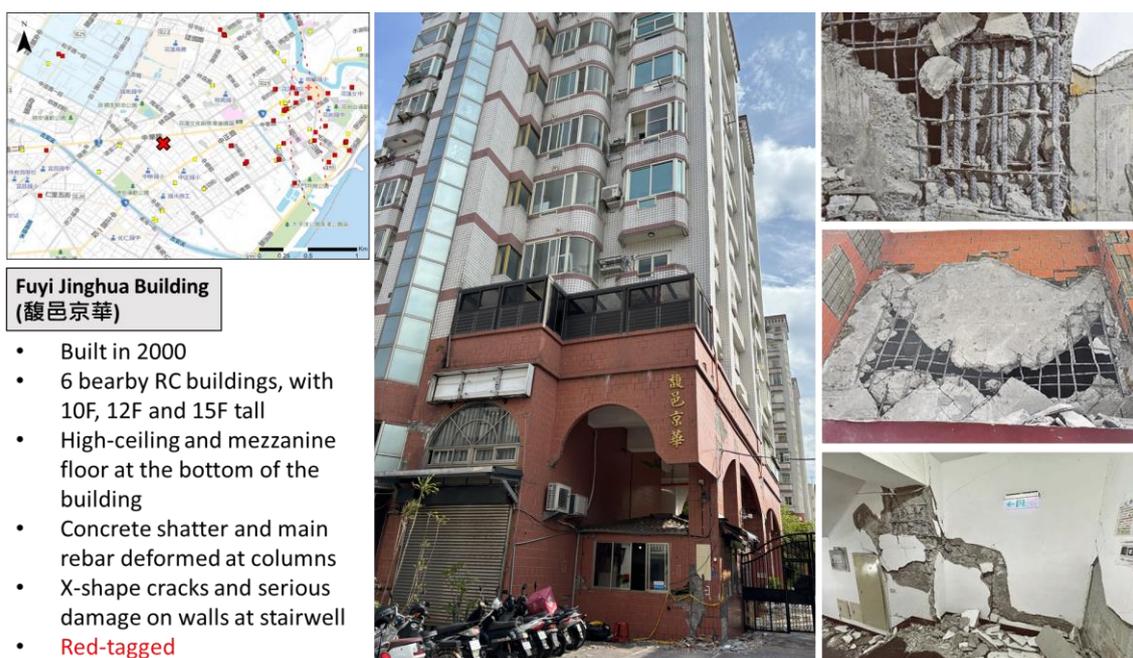


圖 5-9、馥邑京華建物簡介、外觀與內部受損狀況。(資料來源：施忠賢等，2024；建物資料由吳秉儒博士整理、建物外觀由楊清淵拍攝)

5.2 土壤液化災情

根據公民回報資料與現地地質調查結果（經濟部地質調查及礦業管理中心，2024），本次 0403 地震與 0423 餘震事件後並無大範圍之土壤液化災情發生，僅於部分河床與花蓮港區（圖 5-10）出現小範圍的噴砂現象。在花蓮大橋之下的花蓮溪河床有於 0423 地震後出現小範圍的東北—西南走向裂隙，可由溪床與新生噴砂的顏色差異觀察出數公尺的噴砂（圖 5-11），另外於花蓮大橋西南方約 6 公里的月眉大橋橋底溪床，與再往西南側約 10 公里的箭瑛大橋橋底溪床也可以觀察到噴砂分布。雖然這些噴砂看似沿著縱谷分布，然而並無明顯的方向性排列、分布亦不連續（經濟部地質調查及礦業管理中心，2024），推測並非受特定構造活動或斷層破裂導致底部受壓砂泥層上湧，應與強地動造成地底含水層壓力不平衡而使泥砂噴出相關。



圖 5-10、0403 地震後花蓮港碼頭出現小範圍噴泥。（資料來源：公民回報）

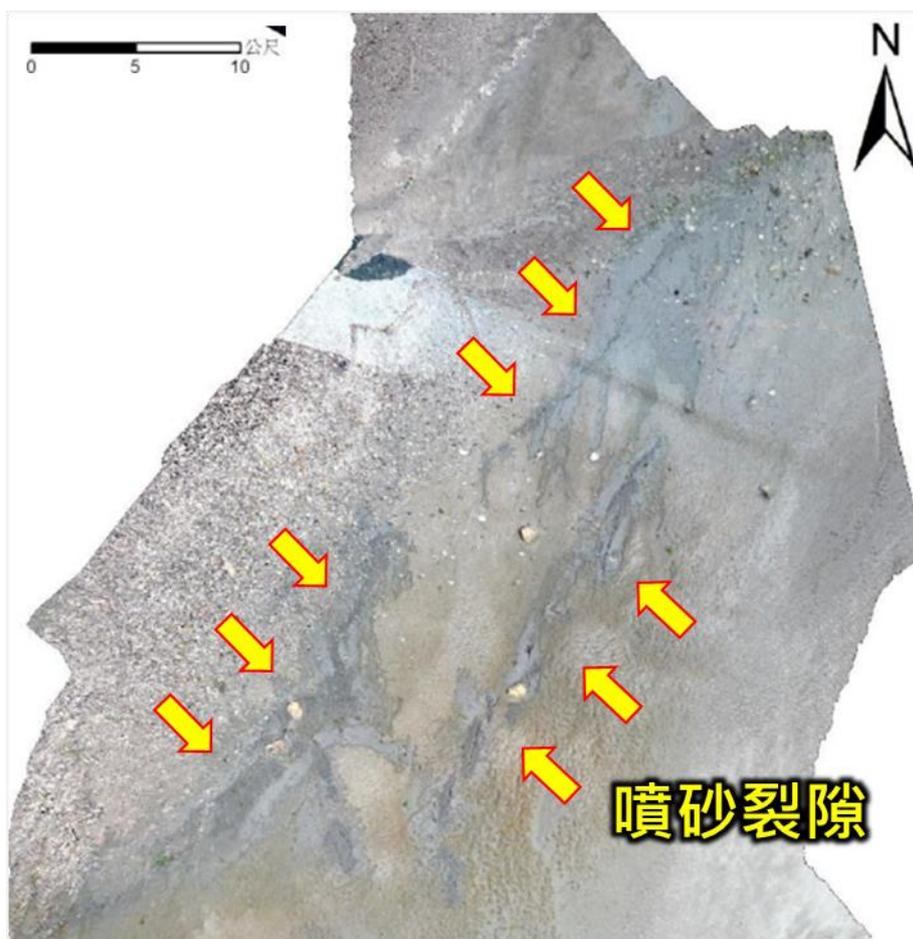


圖 5-11、0423 地震後花蓮溪溪床之噴砂裂隙。(資料來源：經濟部地質調查及礦業管理中心，2024；謝有忠拍攝)

5.3 地震山崩與道路通阻災情

0403 地震後，災防科技中心於中央災害應變中心的第一次工作會報簡報內有透過地震應變系統快速產製之應變圖資提醒花蓮北部山區可能存在大範圍的高風險崩塌區域（圖 4-7），此項評估成果也在後續的災情資料中獲得證實，台 8 線、台 9 線與台 14 線確實有多處受到山崩落石衝擊（圖 4-17、圖 4-19、圖 4-20、圖 4-27、圖 4-28、圖 4-31、圖 4-45），造成大範圍的鐵公路遭受道路通阻災情，並使山區人員 600-700 人受困、部分傷亡。在眾多遭受衝擊的公路系統中，以台 9 線與台 8 線最為嚴重，鐵公路與橋梁遭受落石崩落及碎屑崩塌，致使許多路段

中斷、橋梁斷裂。台 9 線（圖 5-12）漢本、和平、崇德區域皆有山崩阻斷道路與落石掉落於鐵軌使鐵路中斷狀況，其中以位於清水、大清水隧道旁的清水橋受損最為嚴重（圖 5-13），橋體於 04 月 03 日地震時直接遭大型岩塊砸斷（鄭宏達等，2024），後續工程人員透過斷橋旁的日治時期舊橋加固，於 3 日後（04 月 06 日）成功搶通。

台 8 線之道路通阻狀況則更為嚴重，根據交通部公路局於主震當日晚間 18 時之統計資料，台 8 線至少 12 處受落石與崩塌嚴重阻斷（圖 5-14），需要出動救災人員與重型機具進行搶通。受強地動造成的大量崩塌影響，太魯閣國家公園亦嚴重受創，天祥以東，含各個步道、大小景點與遊憩區皆受災嚴重（圖 5-15），推估後續將分為 3 期，需要至少 1-7 年時間、整體於民國 120 年才有機會再行開放（圖 5-16）。



圖 5-12、台 9 線受災狀況。左側地圖之紅色區域為農業部農村發展及水土保持署之 0403 花蓮地震崩塌判釋成果。A 圖：和平地區在主震後民眾拍攝之大量山崩造成大規模揚塵。B 圖：漢本至和平間的台鐵鐵軌被落石阻斷。C 圖：崇德隧道口被落石阻斷。D 圖：主震 4 個月後（2024 年 08 月 05 日），崇德地區仍然有大量的落石與崩塌碎屑堆積於公路與鐵軌旁，清理作業持續進行中。（資料來源：公民回報、農業部農村發展及水土保持署。D 圖由楊清淵拍攝）



圖 5-13、清水溪位置、橋體受損與工程修復狀況。左側地圖之紅色區域為農業部農村發展及水土保持署之 0403 花蓮地震崩塌判釋成果。(資料來源：公民回報、鄭宏達等，2024)



圖 5-14、交通部公路局統計之台 8 線道路通阻分布圖。(資料來源：交通部公路局)



圖 5-15、太魯閣國家公園各景點受災狀況。(資料來源：內政部國家公園署太魯閣國家公園管理處)



圖 5-16、太魯閣國家公園復原計畫。(資料來源：內政部國家公園署)

透過彙整農業部農村發展及水土保持署以及張睿明等 (Chang *et al.*, 2024) 藉由衛星影像辨識之 0403 花蓮地震崩塌判釋成果，包含既有崩塌地的擴大與新生崩塌的生成，本次地震共造成約 2000-3000 處的地震崩塌，崩塌面積介於 62-523,114 平方公尺。其中張睿明等 (Chang *et al.*, 2024) 指出本次崩塌的發生位置大部分落於 PGA 大於 250 gal 的區域，與柯明淳等 (2016) 研究 1999 年集集地震，提出地震山崩於 240 gal 後便快速增加有相似結果 (圖 5-17)。

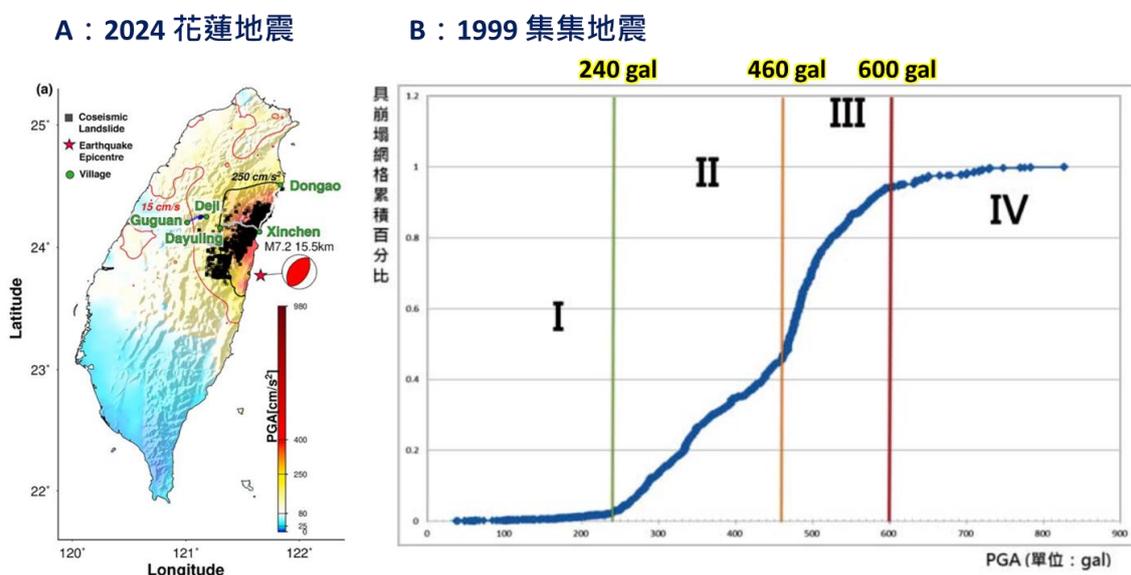


圖 5-17、2024 花蓮地震與 1999 集集地震崩塌比較。A 圖：張睿明等 (Chang *et al.*, 2024) 辨識之崩塌分布與 PGA 比較。B 圖：柯明淳等 (2016) 提出之集集地震山崩，具有地震山崩之網格 PGA 累積圖。

5.4 維生管線災情與人員傷亡

根據中央災害應變中心於 04 月 10 日公告之 0403 花蓮地震災情統計資料 (中央災害應變中心, 2024)，本次地震影響之維生管線災情如下：自來水 122,241 戶、電力 372,947 戶、瓦斯 523 戶、市話電信 0 戶、電信基地台 80 台。在 0423 的餘震事件中，電力災情則有 1,117 戶 (中

央災害應變中心—0423 地震及豪雨應變會議直播影片)。

根據消防署之統計，本次地震共造成全臺 18 人死亡、3 人失蹤、1,115 人受傷；死亡與失蹤事件皆發生於花蓮縣，死亡的 18 人中僅有 1 人是受建物（天王星大樓）倒塌所致，其餘 17 人皆是山區山崩落石導致的死亡事件；失蹤的 3 起案件都是在太魯閣國家公園內的失蹤，各數據比例統計如圖 5-18。全臺受傷人數的分布呈現如圖 5-19，以紅色與綠色文字標示全臺受傷人數最多的前六名區域，包含新北市、花蓮縣、台北市、桃園市、宜蘭縣與新竹縣市，這六個區域的受傷人數已達全臺受傷人數的 90%。觀察受傷人數的分布狀況，可以發現分布明顯與主震之震度分布（圖 3-6）呈現高度相關，高震度的東臺灣與北臺灣有大量的受傷人口，震度向南逐漸減弱後，雲林縣以南至屏東縣，以及臺東縣則僅有零星的受傷人數。地震事件中造成人員傷亡的主要原因為建物倒塌、山崩落石造成的直接砸傷與壓傷，或是於地震當下避難逃竄不慎跌倒或被物品砸傷，因此傷亡人數往往與震度分布呈高度相關，此現象也在本次 0403 花蓮地震中被觀察到。

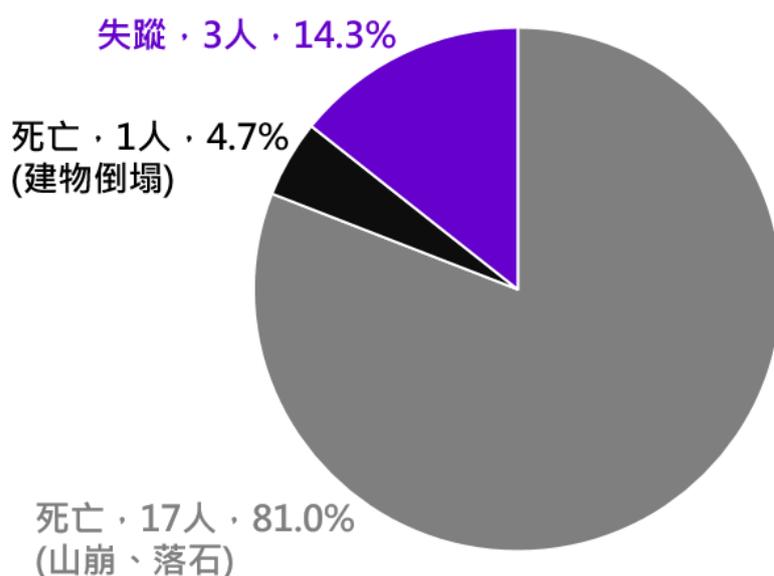


圖 5-18、0403 花蓮地震全臺傷亡與失蹤人數圓餅圖。

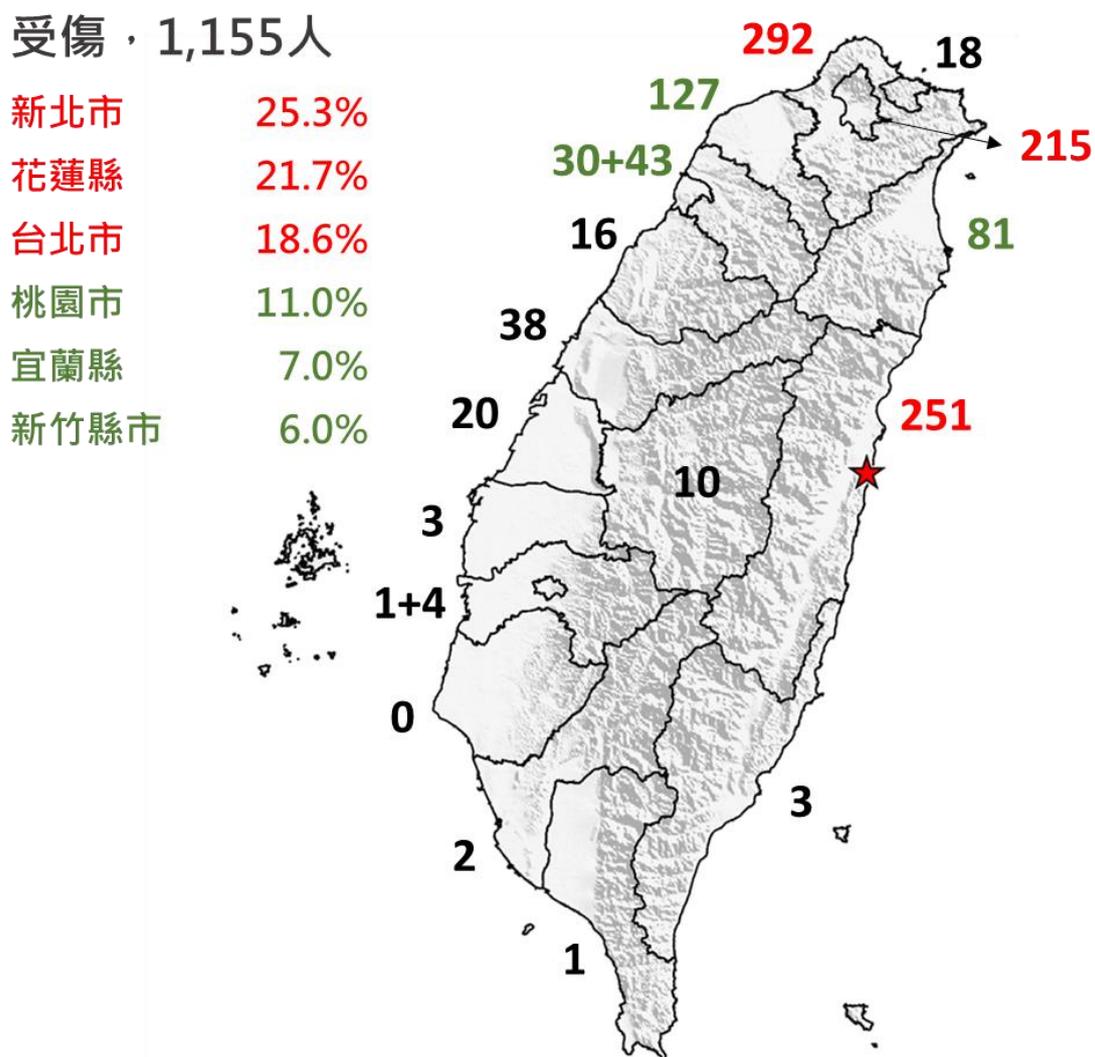


圖 5-19、0403 花蓮地震全臺受傷人數分布圖。各縣市之受傷人數分布以數字標示於縣市地圖，紅字為受傷人數最多的三縣市區域、綠色為受傷人數次多的三縣市，可對應圖片左上方表格。表格之比例為該縣市占全臺受傷人數比例。

第六章、討論與結論

6.1 花蓮近海地震震央位置之不確定性

中央氣象署公告之地震報告分為兩種，地震發生第一時間時，會公告系統自動定位的結果，後續透過人為檢視、人工重定位後將會對地震震源進行修正，為重定位結果。通常此項作業需耗時 3-4 日，對於較大規模之地震事件則可能需耗時 1-1.5 個月。本次地震主震震央由原始公告的花蓮近海，於人工重定位後修正至海陸交界(詳細內容請見 3.1 節)，雖然地震之震度分布皆是由各地震站實際觀測數值計算並公告，因此震央位置的修正並不會對震度分布有所影響，然後對於發震構造的研判、後續斷層破裂模擬反演演算與主餘震序列分析則會有決定性的差異。除了規模 M_L 7.2 的主震位置於重定位後有所調整，本報告比較自 04 月 03 日至 06 月 30 日，規模大於 M_L 5.5 之所有地震事件，中央氣象署公告之地震震央位置差異，原始位置採用 04 月 28 日與 07 月 01 日下載之地震資料，重定位後結果則採用 07 月 19 日下載之地震資料，並逐一比較相同地震的重定位前後差異，共比較 28 起地震事件，結果呈現於圖 6-1，詳細各個地震的修正距離與方向則呈現於表 5。

在比較的 28 起地震中，共有 10 起地震有重定位作業的調整，其中位置差異最大者為規模 M_L 7.2 主震，向西北方修正約 13.1 公里，其餘事件除了編號 20，修正距離達 11.2 公里外，其他皆小於 10 公里。整體的修正方向則包含西北方、西南方、東南方及東方，無明顯之趨勢。針對重定位後地震位置有明顯差異的現象，郭陳濤等 (Kuo-Chen *et al.*, 2004) 透過花東地區的地震重定位作業，提出此區域於重定位後有系統性的向西移動 5 公里的現象。針對此現象，本報告認為應與臺灣地震站

的空間分布有關。臺灣為南北狹長的島嶼，雖然地震站於陸上廣布（圖 6-2），但當地震發生在東部外海時，會因為地震站的包覆性不足，缺乏地震震央東側的站位資料來做控制，導致外海之地震定位有系統性誤差。針對此問題，中央氣象署已於 2020 年完成東部至南部外海之海纜鋪設及地震與海嘯觀測系統安裝，目前共增加 9 個海底地震站（圖 6-2），然而相較於陸上的地震站站位數量，目前外海地震站數量仍是偏少，因此地震定位上仍存在許多挑戰，需留意外海地震的定位結果存在一定誤差。

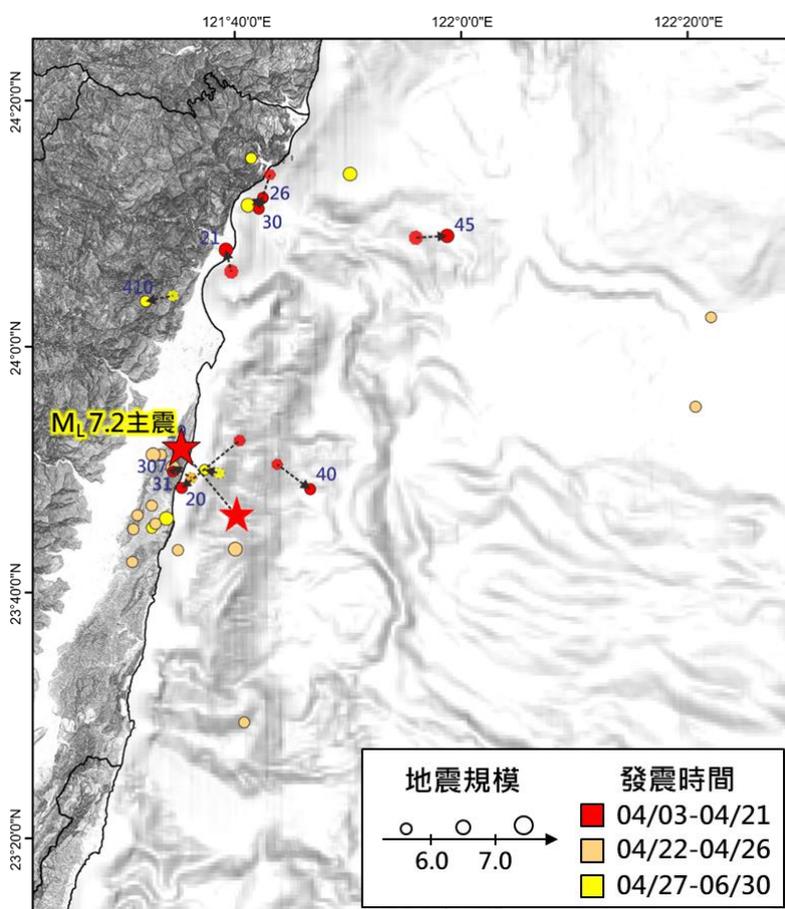


圖 6-1、初始公告與重定位修正後震央位置比較圖。地震含 04/03-06/30，規模大於 M_L 5.5 之所有事件。紅色為 04/03-04/21，橘色為 04/22-04/26，黃色為 04/27-06/30；符號大小代表地震規模；無黑色框線圖形為初始公告位置，有框線圖形為重定位後位置，以帶箭頭之虛線連接重定位前後之同一起地震。詳細水平修正距離與修正方向見表 6-1。

表 5、初始公告與重定位修正後震央位置修正距離與方向。(資料來源：中央氣象署)

地震編號	日期/時間	規模	震央水平 修正距離(km)	修正方向
19	04/03/07:58	7.2	13.1	西北
20	04/03/08:00	5.7	11.2	西南
21	04/03/08:11	6.5	3.4	西北
26	04/03/08:35	5.7	3.6	西南
30	04/03/08:46	5.6	1.2	東南
31	04/03/08:50	5.5	0.7	東南
40	04/03/09:39	5.6	6.2	東南
45	04/03/10:14	6.2	4.7	東
211	04/21/10:40	5.6	0.0	-
218	04/22/17:08	5.5	0.0	-
228	04/22/18:50	5.7	0.0	-
248	04/22/22:11	5.9	0.0	-
266	04/23/02:26	6.0	0.0	-
267	04/23/02:32	6.3	0.0	-
285	04/23/04:49	5.9	0.0	-
289	04/23/05:04	5.5	0.0	-
295	04/23/05:19	5.7	0.0	-
300	04/23/05:31	5.7	0.0	-
307	04/23/08:04	6.1	3.5	西北
339	04/25/02:11	5.6	0.0	-
340	04/25/02:12	5.5	0.0	-
351	04/27/02:21	6.1	0.0	-
353	04/27/02:49	5.8	0.0	-
372	05/06/17:45	6.0	0.0	-
373	05/06/17:52	5.9	0.0	-
382	05/10/15:45	6.0	0.0	-
410	06/01/01:10	5.5	4.1	西南
425	06/23/22:27	5.5	0.0	-

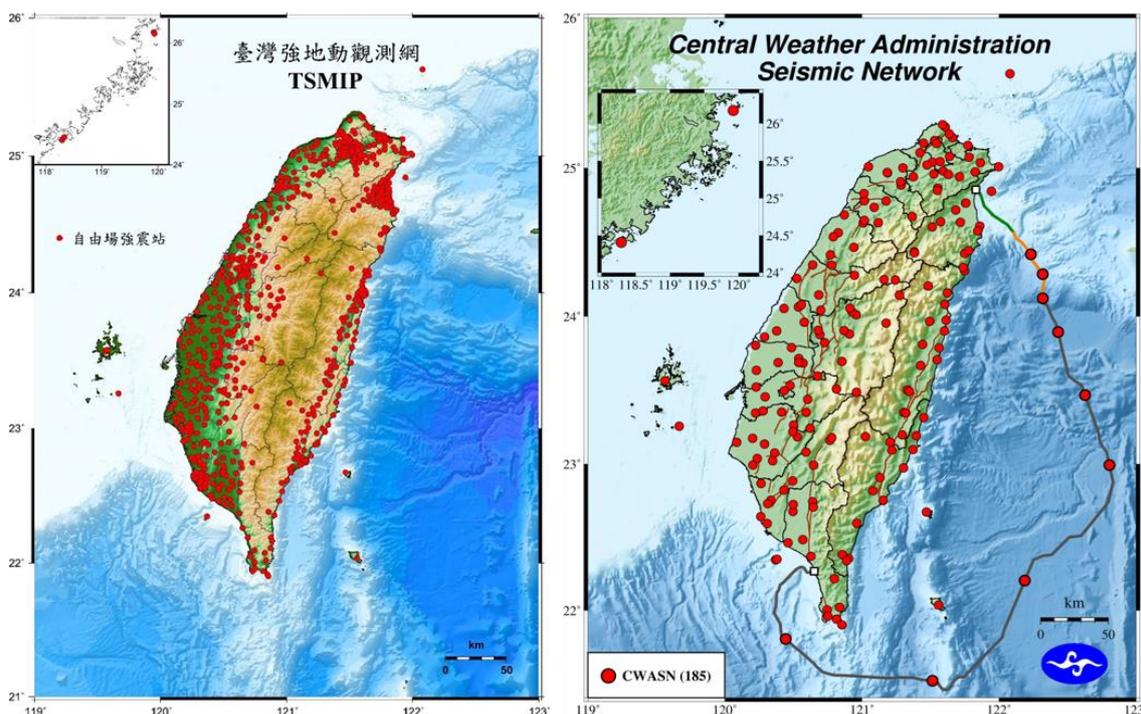


圖 6-2、中央氣象署地震觀測網站位分布圖。左圖為臺灣強地動觀測網 (Taiwan Strong Motion Instrumentation Program network; TSMIP) 之測站分布，右圖為中央氣象署地震觀測網 (CWASN) 之測站分布，CWASN 測站包含由 2007 年開始執行、2020 年完成建置之臺灣東部海域電纜式海底地震儀及海洋物理觀測系統 (Marine Cable Hosted Observatory; MACHO)，俗稱媽祖計畫，為由海底電纜連接而成的 9 座海底地震與海嘯觀測系統。(資料來源：中央氣象署)

6.2 高震度分布區域與斷層破裂方向

本次規模 M_L 7.2 主震震央位於花蓮縣壽豐鄉，然而震度分布並非以震央為圓心向兩側遞減，而是呈現北大南小的明顯差異 (圖 3-6)。此現象應與地震的破裂方向與歷程相關。透過美國地質調查局 (United States Geological Survey; USGS) 公開之本次主震的有限斷層破裂反演結果 (圖 6-3)，可以發現主震的破裂起始於假定斷層面的南側，之後便穩定向北破裂發展 (圖 6-3A、圖 6-3B)，向南並無明顯的破裂發生。斷層破裂具有方向性效應，在斷層破裂前方區域會因震波的疊加而受到較大震幅的地震動，使得地表震度擴大。在本次事件中，因為斷層主要

為向北破裂，因此造成震央北側的地動會被放大，因而在鄰近震央的東臺灣，和與破裂方向相同的北臺灣形成 5 弱以上震度廣布的現象。本次地震透過破裂反演顯示出的能量釋放時間達 40 秒以上（圖 6-3C），其中第一個主要地破裂能量高峰位於破裂起始後 15 秒，於 20 秒時釋放完成，第二個能量高峰位於 22 秒後，於 45 秒左右完成釋放。根據地震釋放能量的分布狀況，推測本次主震可能至少有 2 個地栓（asperity）的破裂，此現象亦有在一些國內的地震會議中被討論，然而詳細的破裂歷程，目前被劃分為一起主震的地動訊號是否是由多起地震破裂共同組合而成，則留待更多地震學的研究才能知曉。

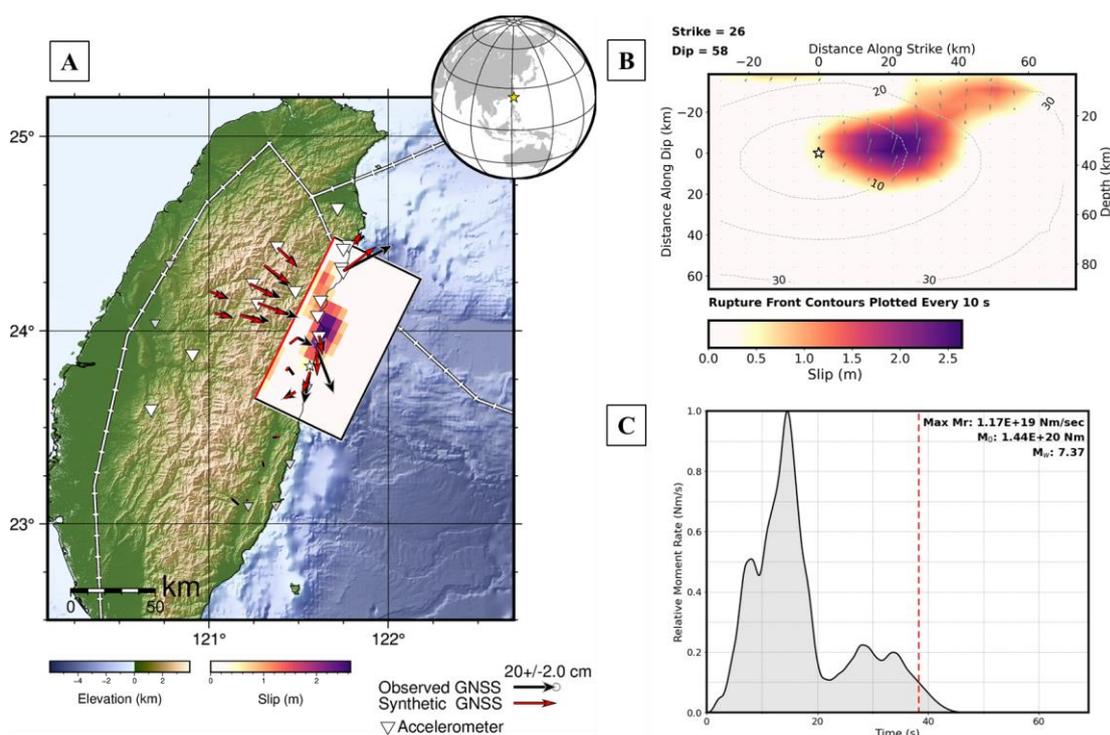


圖 6-3、USGS 反演之地震破裂歷程與斷層面滑移量。A 圖：本次反演使用之 GNSS 測站位置與擬合結果。B 圖：反演之斷層面滑動量，虛線為每 10 秒之破裂前緣分布位置。C 圖：破裂歷程與能量釋放圖。（資料來源：USGS）

6.3 藉由主餘震分布探討本次構造活動

藉由主餘震的空間分布（圖 3-5），以及將主震與規模 M_L 5.5 以上之餘震投影於地質剖面（圖 6-4），本次 0403 地震序列明顯受兩組斷層系統的影響。首先，主震落在東傾的縱谷斷層系統——嶺頂斷層之上，且嶺頂斷層並非由淺至深皆有大量活動，而是主要以深部（大於 15 公里）的活動為主；西傾的中央山脈斷層系統也有大量的地震活動產生，主要則是以淺部（小於 10 公里）的斷層區段活動為主，向西的深部地震事件數量明顯降低。考慮主餘震發生的先後順序，可以明確定義本次的地震活動乃是由嶺頂斷層深部地破裂開始，連帶影響鄰近的中央山脈斷層系統，造成後續大量的地震發生。

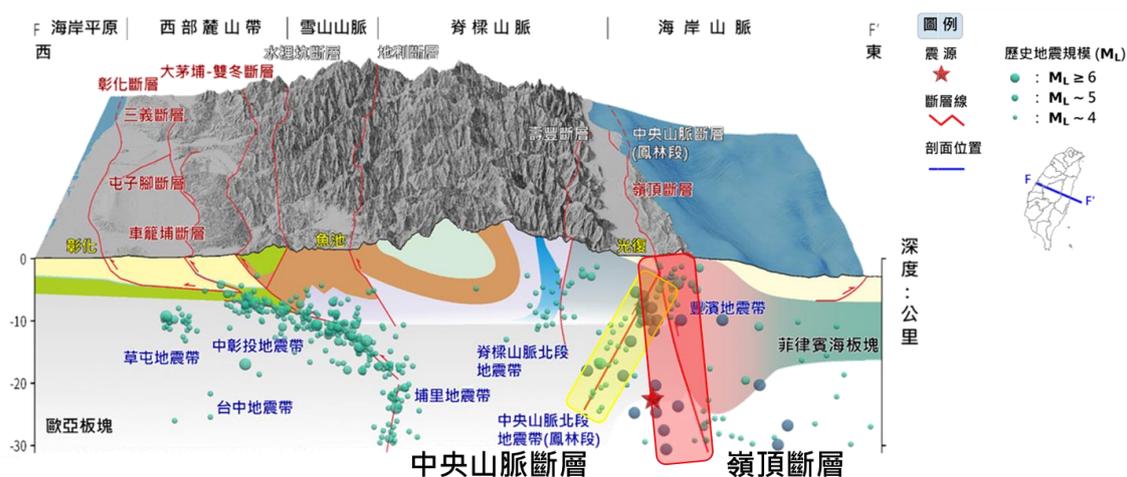


圖 6-4、主震與規模 M_L 5.5 以上餘震投影於地質剖面。

針對第三章描述地震分布，透過時間區段將地震分為三群的分類（圖 3-5、表 1），第一群（0403-0421，圖 3-5A）即包含大部分嶺頂斷層與中央山脈斷層的地震事件，這兩組斷層系統的地震因為斷層的幾何型態於水平分布時在縱谷內與花蓮外海皆有所重疊，因此無法以水平空間分布區分，需要考慮震源深度才能做明確劃分。在此次的事件中，

屬於縱谷斷層的地震事件普遍深度大於 15 公里，而中央山脈斷層的地震則普遍為 10 公里內的錯動。第二群（0422-0430，圖 3-5B）地震可明確分為南北兩群，北側的地震震源淺，皆應屬於中央山脈斷層的錯動；南側的地震雖然震央位置鄰近主震，然而震源深度有明顯差異，主震深度達 22.5 公里，但第二群地震普遍小於 10 公里，為落在縱谷斷層上盤的地震事件。關於此群地震的地質解釋，陳文山等（2024）有透過全臺 1990-2020 的地震序列資料，將之劃分為豐濱地震帶（圖 6-5），認為此地震帶在大的構造分區上仍屬於嶺頂斷層活動的範圍，但也有受到中央山脈斷層逆衝作用的影響，當中央山脈斷層錯動時，會連帶造成豐濱地震帶出現地震；黃信樺與王昱（Huang and Wang, 2022）則透過地震重定位的工作，認為中央山脈斷層在縱谷北段有切穿縱谷斷層向東延伸的現象（圖 6-6），位於海岸山脈內、縱谷斷層上盤的地震應屬於中央山脈斷層系統。第三群（0501-1130，圖 3-5C）則地震分散，無特定地震群聚集的趨勢，除了零星的縱谷斷層與中央山脈斷層破裂，外海亦有許多深度大於 20-25 公里的地震事件，應屬於琉球海溝隱沒帶的地震。

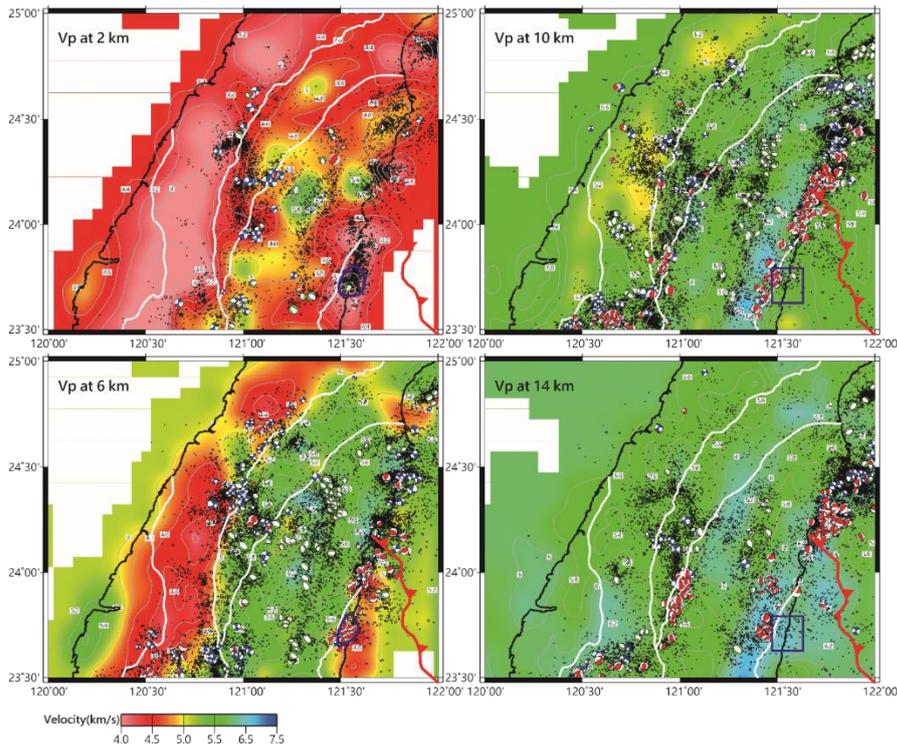


圖 6-5、豐濱地震帶之不同深度地震分布。各圖之底圖為不同深度的 P 波波速，各圖右下角的藍色圈選範圍為陳文山等 (2024) 研判之豐濱地震帶分布位置，可以觀察到豐濱地震帶地震僅分布在 10 公里之上，10 公里之下便無明顯地震分布。(資料來源：陳文山等，2024)

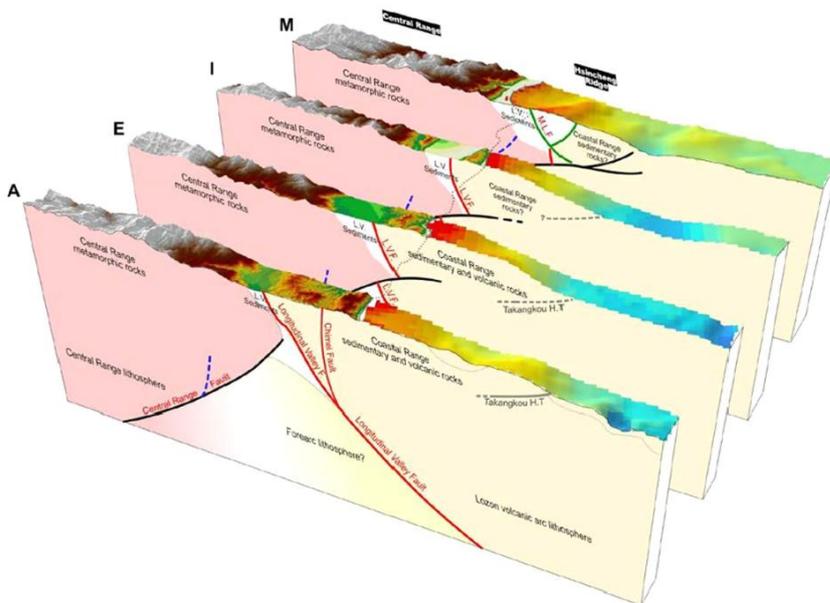


圖 6-6、黃信樺與王昱之縱谷斷層與中央山脈斷層模式圖。A、E、I、M 為縱谷由南至北地不同剖面，中央山脈斷層由原本的下伏於縱谷斷層之下，往北逐漸穿過縱谷斷層，使縱谷斷層變為上下兩段。(資料來源：Huang and Wang, 2022)

6.4 本次 2024 年 0403 花蓮地震與 2018 年 0206 花蓮地震比較

圖 6-7 與圖 6-8 分別展示了依照震源深度繪製的 2024 年 0403 花蓮地震與 2018 年 0206 花蓮地震主餘震序列分布。在本小節中將以 0403 地震與 0206 地震分別稱呼之。這兩起地震都是發生在北花蓮的災害性地震事件，然而在地震數量與震源深度有明顯的差異，首先，地震數量上，0403 地震明顯較 0206 地震數量多，且分布範圍更廣，數量的差異可能是由主震規模不同所致 (M_L 7.2 與 M_L 6.3)，但地震分布範圍則應與破裂的構造相關。在 0206 地震中 (圖 6-8)，地震於陸上主要分布於花蓮市一帶，並向東北外海延伸，整體也以淺層、20 公里內的地震事件為主 (紅色與橘色)；在 0403 地震中 (圖 6-7)，陸上區域則以吉安鄉至海岸山脈與花蓮新城有較多的地震分布，花蓮市反而地震較少，同時在 0403 地震中有一群深度大於 20-30 公里的地震出現 (黃色與灰色)，分布於海岸山脈東側的海岸線，並向北北東方向延伸，直至新城外海。這些深部的地震事件在 0206 地震中並未出現，顯示 2018 年的花蓮地震並未影響此區域的深部構造，僅造成淺部的中央山脈斷層、位於中央山脈斷層上盤的米崙斷層，以及與中央山脈斷層在縱谷北段皆壤處的嶺頂斷層淺部有破裂發生。0403 地震則因地震規模大，且震源起始於嶺頂斷層的深部，除了造成前述的深部地震群，即嶺頂斷層深部的破裂，同時也讓淺部的中央山脈斷層被驅動，形成大量的地震。這個由單一斷層破裂，引發鄰近的另一條斷層破裂，不管是中央山脈斷層先破、導致縱谷斷層與米崙斷層被錯動 (0206 地震)，或是縱谷斷層先破，導致中央山脈斷層被驅動 (0403 地震)，都是近年來在縱谷區域發生地震時常見的現象，也是花東地區未來進行地震防災時，需要考量的重要因子。

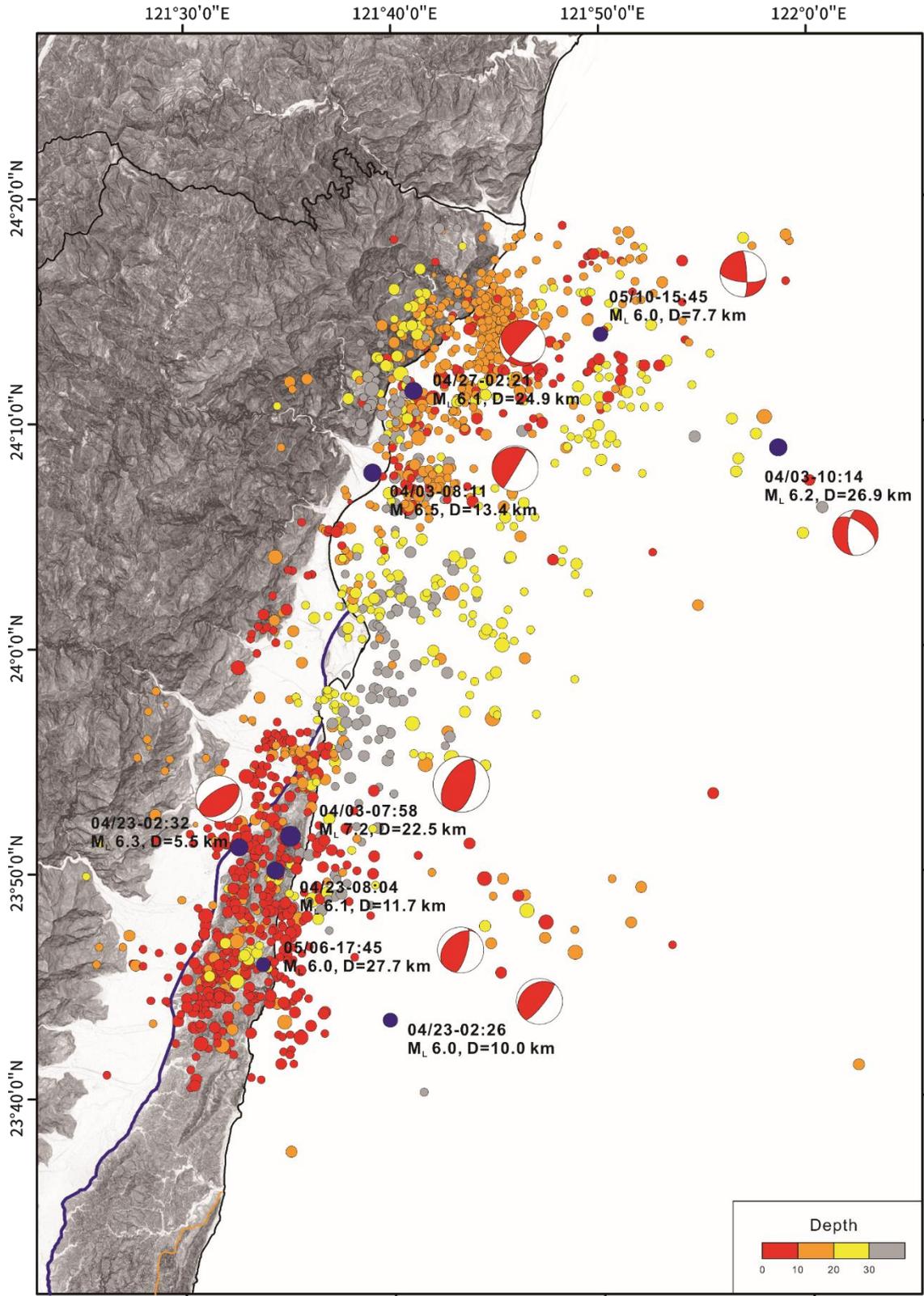


圖 6-7、2024 年 0403 花蓮地震之主餘震分布與震源機制解。地震時間區間包含 2024 年 04 月 03 日至 05 月 31 日之地震事件，顏色代表震源深度。(資料來源：陳文山等，2024；中央氣象署)

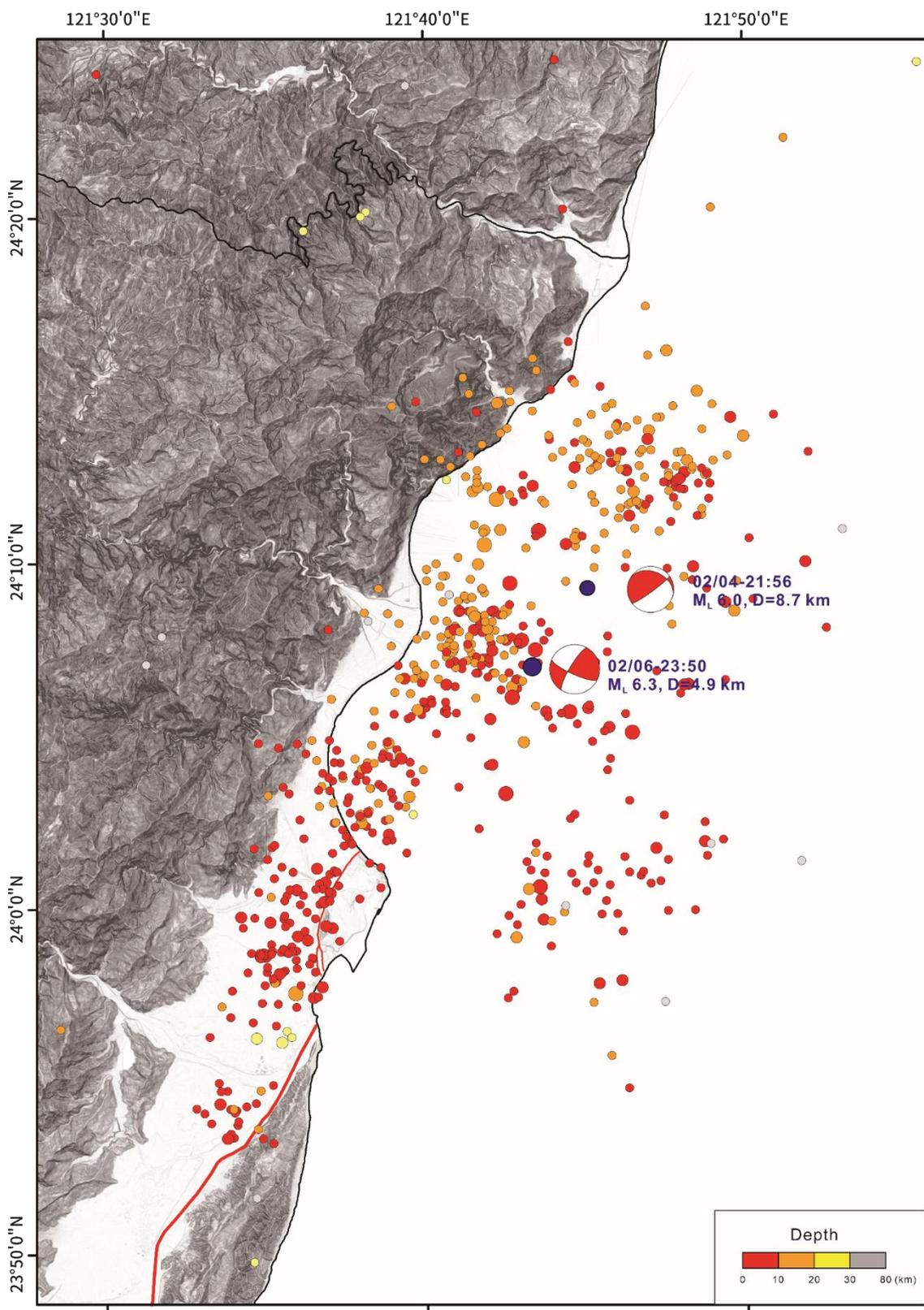


圖 6-8、2018 年 0206 花蓮地震之主餘震分布與震源機制解。地震時間區間包含 2018 年 02 月 06 日至 05 月 31 日之地震事件，顏色代表震源深度。(資料來源：陳文山等，2024；中央氣象署)

6.5 結論

本報告彙整本（2024）年 0403 地震之主餘震序列資訊、地震應變完整圖資、應變流程及地震災害資料，並嘗試以地質學的角度切入，分析、比較近年來在花東縱谷發生的地震事件，地震分布與活動斷層之間的關聯。首先，雖然學界針對本次地震到底是東傾或西傾斷層地破裂尚無共識，但藉由主餘震的分布，本報告推斷本次事件應是由縱谷斷層系統的嶺頂斷層錯動，並驅動中央山脈斷層之和平段與鳳林段的錯動，所引發的大量地震。東臺灣與北臺灣觀察到的強地動分布可由斷層向北的破裂方向性解釋，同時也說明了地震山崩、紅黃單建物與人員傷亡於東臺灣及北臺灣廣布的現象。北花蓮地區除了受到已知的米崙斷層，與近年來較為明確的中央山脈斷層影響外，本次深部地震的分布似乎也暗示了嶺頂斷層可能於深部 20-40 公里影響北花蓮，而這些活動構造又會相互影響，故本區域的地震防災規劃、震源設定、情境模擬，乃至都市計畫都需要考量更多也更複雜的因子。同時，針對目前尚無定論的主斷層面，本報告認為需要更多地震學的分析，以及斷層破裂的模擬來進行兩組假設的佐證，並搭配目前尚未公告的海底地形變動資料，才有機會了解本次規模 M_L 7.2 花蓮地震的主餘震全貌，提供更多板塊複雜構造區，由碰撞帶轉至隱沒帶的過度帶地質活動特性。

第七章、致謝

感謝中央氣象署提供地震資料。感謝國家科學及技術委員會國家太空中心與國立中央大學太空及遙測研究中心提供衛星影像資料。感謝內政部消防署提供災情及人員傷亡數據資料。感謝交通部提供地震災情道路通阻資料。感謝內政部國土管理署提供建物黃紅單資料。感謝中央研究院地球科學研究所林玉儂副研究員公開分享合成孔徑雷達影像研判之三維變形場資料。感謝國立臺灣大學地質科學系陳文山教授提供研究內容討論與協助。

第八章、參考文獻

- 中央災害應變中心 (2024) 0403 花蓮地震災害應變處置報告第 21 報。
- 中央災害應變中心公告，共 6 頁。
- 施忠賢、楊耀昇、吳嘉偉、吳秉洋、賴昱志、陳皇佐 (2024) 花蓮災區建築物及橋梁勘災報告。土木水利，第 51 卷，第 3-29 頁。
- 柯明淳、黃明偉、林聖琪 (2016) 地震山崩快速潛勢評估建立與應用。土木水利，第 43 卷，第 17-26 頁。
- 國家地震工程研究中心 (2024) 2024-04-03 臺灣花蓮地震事件彙整報告 (第二版 v2.0)。國家地震工程研究中心簡報資料，共 99 頁。
- 陳文山、吳逸民、楊耿明、葉柏逸、洪嘉佳、楊清淵、柯明淳、柯孝勳 (2024)。臺灣地震帶。國家災害防救科技中心出版，共 280 頁。
- 陳文山、吳逸民、葉柏逸、賴奕修、柯明淳、柯孝勳、林義凱 (2018) 臺灣東部碰撞帶孕震構造。經濟部中央地質調查所特刊，第 33 號，第 123-155 頁。

經濟部地質調查及礦業管理中心 (2024) 20240403 花蓮地震地質調查報告 (修訂本)。經濟部地質調查及礦業管理中心, 共 105 頁。

鄭宏達、李明儒、周孜恆、郭俊麟 (2024) 以 UAV 空拍技術進行地震災損 3D 地形環境快速建模及 StoryMaps 網站分享。土木水利, 第 51 卷, 第 30-37 頁。

Chang, J.M., W.A. Chao, C.M. Yang, and M.W. Huang (2024) Coseismic and subsequent landslides of the 2024 Hualien earthquake (M7.2) on April 3 in Taiwan. *Landslides*, **21**, 2591–2595, <https://doi.org/10.1007/s10346-024-02312-x>

Heidbach, O., W.T. Liang, S. Morawietz, S. von Specht, K.F. Ma (2022) Stress Map of Taiwan 2022. GFZ German Research Center for Geosciences, <https://doi.org/10.5880/WSM.Taiwan2022>

Huang, H.H., and Y. Wang (2022) Seismogenic structure beneath the northern Longitudinal Valley revealed by the 2018–2021 Hualien earthquake sequences and 3-D velocity model. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*, **33**(1), 17, <https://doi.org/10.1007/s44195-022-00017-z>

Jian, P.R., T.L. Tseng, W.T. Liang, P.H. Huang (2018) A New Automatic Full Waveform Regional Moment Tensor Inversion Algorithm and Its Applications in the Taiwan Area. *Bulletin of the Seismological Society of America*, **108**(2), 573-587, <https://doi.org/10.1785/0120170231>

Kuo-Chen H., Y.M. Wu, C.H. Chang, J.C. Hu, and W.S. Chen (2004) Relocation of eastern Taiwan earthquakes and tectonic implications. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*, **15**(4), 647-666.

-
- Kuo-Chen, H., D. Brown, S.Y. Lai, and J.Y. Chen (2023) Reflection seismic profiling along the Longitudinal Valley Basin, Eastern Taiwan: in search of the Central Range fault. *Tectonophysics*, **869**, 230129, <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2023.230129>.
- Shyu, J.B.H., K. Sieh, Y.G. Chen, and C.S. Liu (2005) Neotectonic architecture of Taiwan and its implications for future large earthquakes. *Journal of Geophysical Research*, **110**, B08402, <https://doi.org/10.1029/2004JB003251>
- Shyu, J.B.H., K. Sieh, Y.G. Chen, and L.H. Chung (2006) Geomorphic analysis of the Central Range fault, the second major active structure of the Longitudinal Valley suture, eastern Taiwan. *Geological Society of America Bulletin*, **118**(11-12), 1447-1462.
- Thomas, M.Y., J.P. Avouac, J. Champenois, J.C. Lee, and L.C. Kuo (2014) Spatiotemporal evolution of seismic and aseismic slip on the Longitudinal Valley Fault, Taiwan. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, **119**, 5114–5139, doi:10.1002/2013JB010603
- Wu, Y.M., Y.G. Chen, C.H. Chang, L.H. Chung, T.L. Teng, F.T. Wu, and C.F. Wu (2006) Seismogenic structure in a tectonic suture zone: With new constraints from 2006 Mw 6.1 Taitung earthquake. *Geophysical Research Letters*, **33**(22), L22305, doi:10.1029/2006GL027572
- Yu, S.B., H.Y. Chen, and L.C. Kuo (1997) Velocity field of GPS stations in the Taiwan area. *Tectonophysics*, **274**(1-3), 41-59.

本報告使用之網站資料連結(網站排序按本報告使用資料出現順序,各網站檢視日期皆為 2024/12/07)

- 中央氣象署：0403 花蓮地震主震資料
 - <https://scweb.cwa.gov.tw/zh-tw/earthquake/details/2024040307580972019>
- AutoBATS CMT：0403 花蓮地震主震震源與機制解參數
 - <https://tecdc.earth.sinica.edu.tw/FM/AutoBATS/eventInfo.php?date=2024-04-02&time=23:58:09&type=0>
- 中央氣象署：海嘯警報資訊
 - <https://scweb.cwa.gov.tw/zh-tw/tsunami>
- 經濟部地質調查及礦業管理中心：20240403 花蓮地震地質調查報告(修訂本)
 - <https://fault.gsmma.gov.tw/News/More/e277f4522c39444f9f4cce7912cc7dcb>
- 交通部運輸研究所運輸技術研究中心—港灣環境資訊網
 - <https://isohe.ihmt.gov.tw/Frontend/index.aspx>
- 內政部國土測繪中心：1130403 花蓮地震
 - <https://www.nlsc.gov.tw/cp.aspx?n=1485#1130403%E8%8A%B1%E8%93%AE%E5%9C%B0%E9%9C%87>
- 中央研究院地球科學研究所林玉儂副研究員公開分享合成孔徑雷達重建之三維變形場 Facebook 貼文
 - https://www.facebook.com/permalink.php?story_fbid=pfbid02Jte5p6jcfpKVZjVouujExcdbd2djRnpvJdP9jY8nHwZKi9SNuCbyJpaMhQShZ3JFE1&id=1040910742
- 中國土木工程學會：土木水利第 51 卷，0403 花蓮地震特刊
 - <http://www.ciche.org.tw/wordpress/?p=14978>

- 財團法人地工技術研究發展基金會：地工技術第 180 期：2024 年 0403 花蓮地震地工災害初步調查報告、0403 花蓮地震即時論壇
 - <https://www.geotech.org.tw/purchase-inner.php?id=214>
- USGS：0403 花蓮地震主震資料
 - <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us7000m9g4/executive>
- 內政部消防署全民防災 e 點通：0403 花蓮地震與 0403 花蓮地震災害應變處置報告第 21 報
 - <https://bear.emic.gov.tw/MY2/disasterInfo/hsitory/99205/2014330714>
 - https://bear.emic.gov.tw/UploadFiles/Dfile/D_DOC/9002389/2ACAEAAAT7S4FED7T.PDF
- 中央災害應變中心：0423 地震及豪雨應變會議（Youtube 直播）
 - <https://www.youtube.com/watch?v=R5cn5hO1p2M>
- 國家地震工程研究中心：0403 花蓮地震相關報告
 - <https://www.ncree.narl.org.tw/news/earthquakeinformation>
 - https://www.ncree.narl.org.tw/assets/file/20240403_Hualien_TW_EQ_V2.0.pdf
 - https://www.ncree.narl.org.tw/assets/file/20240403_EarthquakeEventC.pdf
- 農業部農村發展及水土保持署 BigGIS 巨量空間資訊系統：0403 花蓮地震衛星影像及崩塌判釋成果
 - <https://gis.ardswc.gov.tw/>
- 太魯閣國家公園管理處：0403 花蓮地震太魯閣國家公園災情紀實
 - https://www.taroko.gov.tw/News_Content.aspx?n=5402&sms=10313&s=323862
 - <https://storymaps.arcgis.com/collections/9ae480e2c56d4b448650fda007374f2e>

0403 花蓮地震應變作業、地質特性及災情資料綜整

發行人：陳宏宇

出版機關：國家災害防救科技中心

地址：新北市新店區北新路三段 200 號 9 樓

電話：02-8195-8600

報告完成日期：中華民國 113 年 12 月

出版年月：中華民國 114 年 01 月

版 次：第一版

非賣品

(本報告內容僅供中心內部參考不對外公開，請勿轉載)

地址： 23143 新北市新店區北新路三段 200 號 9 樓

電話： ++886-2-8195-8600

傳真： ++886-2-8912-7766

網址： <https://www.ncdr.nat.gov.tw>