



0403 地震 花蓮港區勘災 紀實

盧之偉* / 國立臺灣科技大學營建工程系 教授

Shinichiro Mori / 愛媛大學工學部工學科社會基盤工學 講座教授

林郁峰 / 國立臺灣科技大學營建工程系 博士班研究生

黃柏宇 / 國立臺灣科技大學營建工程系 碩士班研究生

Minh-Tam Doan / 國立臺灣科技大學營建工程系 博士班研究生

溫修程 / 國立臺灣科技大學營建工程系 博士後研究員

徐文信 / 國立屏東科技大學土木工程系 教授兼系主任

蔡嘉榮 / 國立屏東科技大學土木工程系 助理教授

Nozomu Yoshida / 關東學院大學工學綜合研究所 研究員

花蓮港區在 2018 年遭遇 0206 花蓮地震 (M_L 6.2) 以及 2024 年遭遇 0403 花蓮地震 (M_L 7.2)，此兩場地震皆造成港區內設施損壞；於 0403 花蓮地震發生後，臺灣科技大學研究團隊即偕同日本愛媛大學和國內屏東科技大學等單位，於 04 月 13 日前往花蓮港區執行勘災，並且諮詢關東學院大學地震災害學者相關意見。於花蓮港區內，地震引致之破壞包含道路差異沉陷、碼頭後線後線回填層震陷以及設施橋樑損壞等；碼頭後線回填層多以砂礫石填築，其滲透性和 SPT-N 值通常較高，一般認為其土壤液化潛勢低，然而已有學者 (Harder and Seed^[1], Yegian *et al.*^[2]) 提供相關案例回顧，發現部分砂礫石發生液化現象；Hatanaka *et al.*^[3] 則整理日本砂礫石之現地試驗與室內試驗之資訊，說明砂礫石之重模試體其抗液化強度會降低，以此推論 1995 年阪神地震於六甲島 (Rokko Island) 與港島 (Port island) 皆發生大規模土壤液化現象的原因，係皆以砂礫石回填造陸所產生人工新生地為由。鄰近花蓮港區的土壤液化潛勢皆顯示為低潛勢區，其區域地質屬於花蓮層，並分布於港區內及港區西方之窪地，整體以礫石、化石砂等組成，但由前述國外案例了解即使含礫石之礫質砂土與粉土質砂亦可能會發生液化，且國內亦有相關案例可循，如 921 地震之霧峰及南投地區、0206 花蓮地震等；本研究團隊於花蓮港區進行地土壤液化災害相關勘查，並取回土壤液化噴出物進行篩分析試驗，並且對比 2018 年 0206 年花蓮地震之採集土樣，以下將說明此次花蓮港區背景資料以及勘災紀實成果。

花蓮港區區域地質條件與 0403 地震概述 鄰近花蓮港區之區域地質

本次地震發生區域位於海岸山脈東側花蓮縣壽豐鄉之海陸交接處，震央位置依照臺灣地質構造區分類為海岸山脈地質區之外，其西側則屬於海岸山脈地質區，其組成以火成岩及沉積岩為主，其地貌地形、岩層等地質構造多以北 10 度至 20 度東走向，同時該區域地質構造

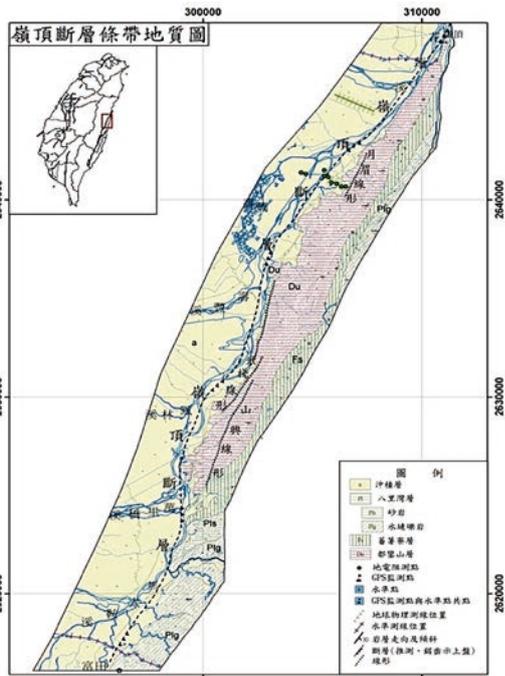
十分複雜^[4]；而花蓮港區正位於此複雜交界面附近的花東縱谷，夾雜於隱沒帶與碰撞帶之轉換處，並鄰近米崙斷層、縱谷斷層系統（包含嶺頂斷層、瑞穗斷層和池上斷層）等，附近經常發生地震，距離花蓮港區最近之活動斷層則為米崙斷層，屬於左移斷層兼具逆移分量，大約呈現南北走向，自花蓮縣七星潭向南延伸至花蓮市美崙山西南側，總長度約為 8 km，屬於第一類活動斷層^[5]；經濟部依據過往調查資料於 2016 年公告為活動地層地質敏感區：F0011 米崙斷層，並於 2020 年進行活動地層地質

* 通訊作者，cwlu@mail.ntust.edu.tw

敏感區變更：F1011 米崙斷層 [6]，如圖 1 所示。位於米崙斷層南方的嶺頂斷層，亦為左移斷層兼具逆移分量，斷層線約呈北北東走向，自花蓮溪出海口的嶺頂夾岬向南延伸至光復鄉東富村，總長度約為 30 km，屬於第二類活動斷層 [5]，經濟部於 2019 年公告為活動地層地質敏感區：F0020 嶺頂斷層 [7]。



(a) 米崙斷層



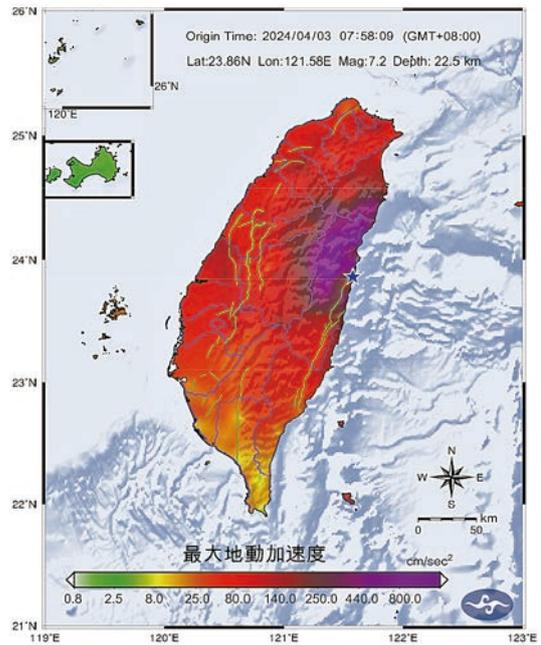
(b) 嶺頂斷層

圖 1 斷層條帶地質圖

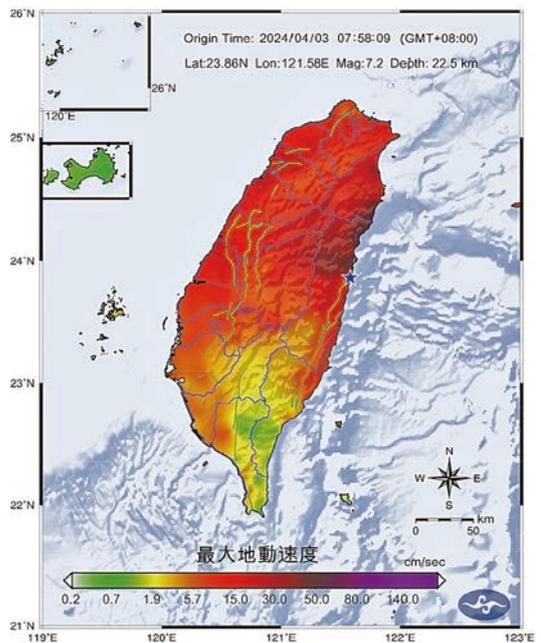
(資料來源：經濟部地質調查及礦業管理中心)

花蓮 0403 地震概述

依據交通部中央氣象署發布的編號 019 地震測報，0403 花蓮地震發生於民國 113 年 04 月 03 日，當地時間上午 07 時 58 分 09 秒，震央位置位於台灣花蓮縣壽豐鄉海陸交界處，芮氏規模 7.2，震源深度為 22.5 km (相關深度與位置已於民國 113 年 07 月 16 日中央氣象署發布更新)，地震測報資訊如圖 2 所示；並在花蓮和平地區觀測到最大震度 6 強的地震，依據中央氣象署資料，和平 (EHP) 測站之震度為 6 強，其垂直向、南北



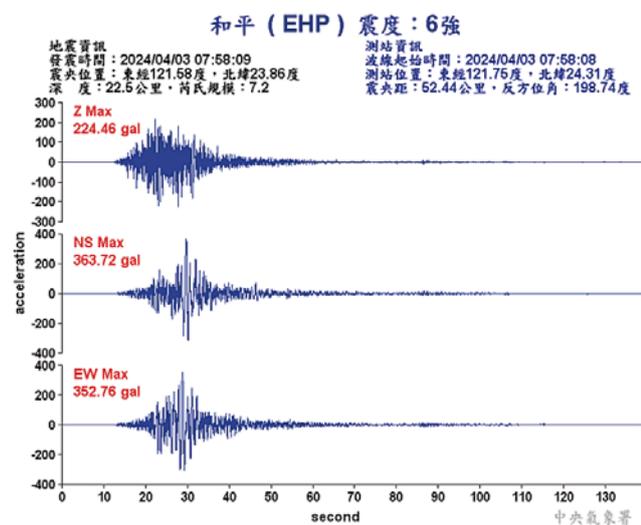
(a) 最大地動加速度圖



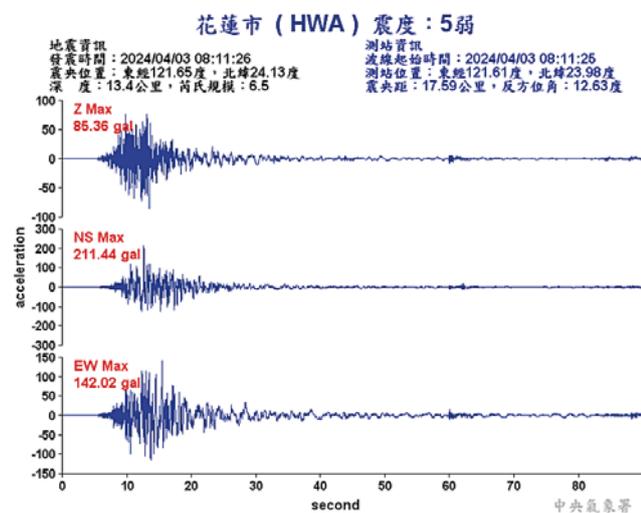
(b) 最大地動速度圖

圖 2 2024 年編號 019 地震測報 (資料來源：中央氣象署)

向、東西向以及之最大地表加速度分別為 224.48 gal、363.72 gal 以及 352.76 gal，如圖 3(a) 所示；由於震央於海陸交界處，故鄰國日本與菲律賓皆發出海嘯警報，最終於宜蘭縣烏石潮位站測得海嘯高度 0.82 m；另於當日 08 時 11 分 26 秒，位於上述地震北方發生芮氏規模 6.5 的地震，地震深度為 13.4 公里（編號 021 地震測報），最大震度以花蓮市（HWA）測站測得 5 弱，如圖 3(b) 所示；而之後持續發生一系列餘震，自 4 月 3 日至 4 月 10 日期間，發生有感的餘震事件超過 800 餘起，包含：顯著有感地震有 172 餘起（編號 19 至 190），小區域有感地震有 670 餘起，其中規模大於 6 的餘震有 2 起，且隨著時間推演，餘震規模與數量逐漸遞減，規模和地震深度統計如圖 4 所示。



(a) 和平
(2024 年編號 019 地震測報)



(b) 花蓮市
(2024 年編號 021 地震測報)

圖 3 強地動震波圖（資料來源：中央氣象署）

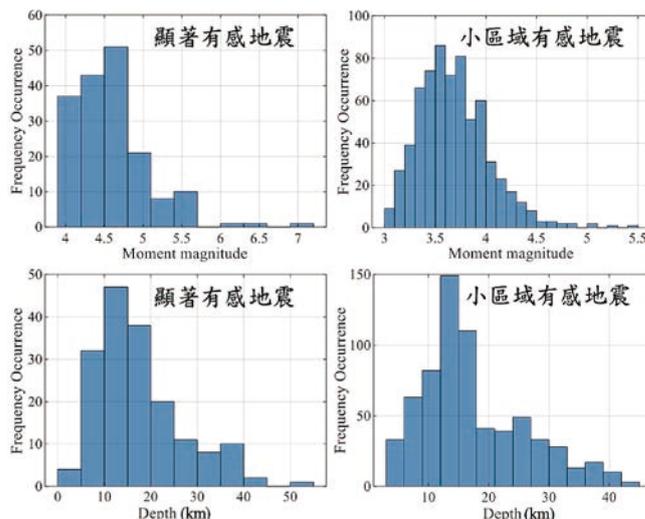
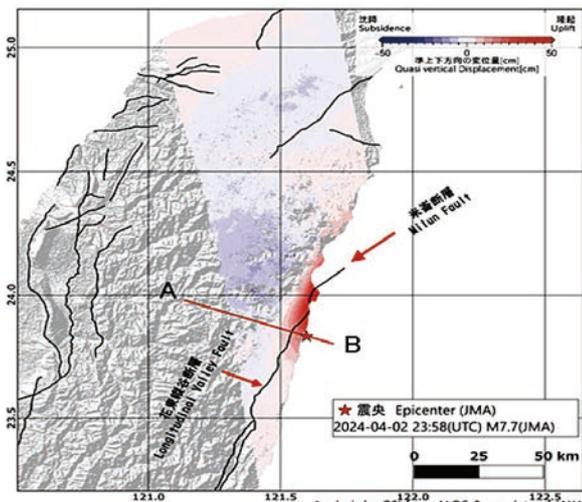


圖 4 顯著有感地震與小區域有感地震之統計資訊
(2024 年 04 月 03 日至 04 月 10 日期間)

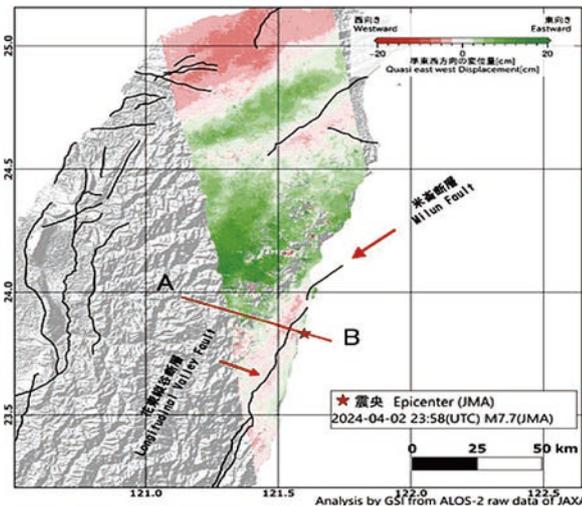
地表變形

運用地震前衛星所拍攝之干涉合成孔徑雷達影像（Interferometric Synthetic Aperture Radar, InSAR）當作參考影像，並以地震後影響作為主影像，進行干涉演算以計算地震前後影像之相位差，其方法稱為方法稱為合成孔徑雷達差分干涉技術（Differential Interferometric SAR, DInSAR），常用於判釋地震引致地表變形。運用日本地球觀測衛星 ALOS-2 上的合成孔徑雷達（PALSAR-2），進行雷達影像解算地表變形，由於該雷達屬於 L 波段，波長較長可穿透樹冠抵達地面，故回波訊號品質較佳；由於衛星行進方向略與南北方向偏離，其雷達波照射方向亦與東西方向偏離，日本國土交通省國土地理院定義此干涉演算可稱為 2.5-D 分析（2.5-D analysis）；如圖 5 所示，解算結果顯示視衛星方向（Line of sight, LoS）變動量約為 0.5 m，圖 6 則顯示其 A-B 斷面資訊，從米崙斷層到花東縱谷斷層系統當中的嶺頂斷層北部皆有顯著的地表變形。

地質調查及礦業管理中心於花蓮地區已設置 4 個 GNSS 連續追蹤站，用以獲取同震地表變形資訊，結果顯示最大水平位移為西寶（SPA0）測站，往東南方向位移 0.24 m；最大垂直位移量為花蓮縣花蓮市華東測站（U037 測站），垂直抬升量達 0.59 m，並且由精密水準測量結果，沿龍澗至嶺頂測線向東具有顯著抬升現象；綜合內政部國土測繪中心發布花蓮地震衛星導航系統地表位移成果資料顯示：相對於金門測站（KMNM）為基準，最大垂直抬升量達 0.45 m^[4]；綜上所述，現地勘查、GNSS 測量和干涉演算皆呈現類似結果。



(a) 鉛直分量



(b) 東西分量

圖 5 干涉演算 2.5D 分析成果
(資料來源：日本國土交通省國土地理院)

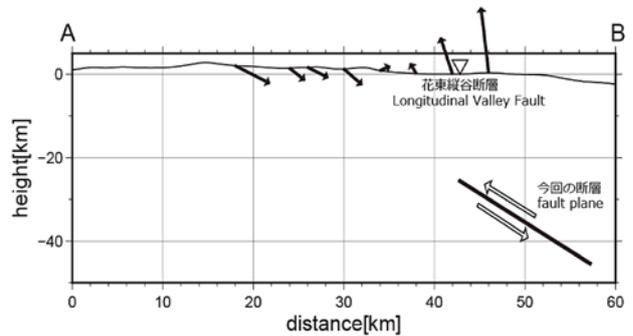


圖 6 參考美國地質調查所 CMT 解於 A-B 斷面之 2.5D 分析成果 (資料來源：日本國土交通省國土地理院)

花蓮港區概述

花蓮港港區以及碼頭組成介紹

花蓮港區位於花蓮市區東北方並且建於美崙溪出海口，東面太平洋，西側則緊臨美崙山，整體港區屬於人工開鑿，並且設有東西兩個防波堤，航道開口位於西南側，港區內則區分為內港區（1 至 16 號碼頭）與外港區（17 至 25 號碼頭），船隻可沿東防波堤，自外港往北經航道進入內港區；內港區高程略高於外港區，係因外港區陸地由砂礫石填築，港口水深約為 17 至 20 公尺，可提供 3 至 10 萬噸級船隻進出靠泊；內港區碼頭建造形式包含鋼板樁錨定式及消波方塊式，位於外港區的其中 19 號至 25 號碼頭，結構皆屬於消波沉箱式^[8]，如表 1 所示，花蓮港區碼頭分佈平面圖如圖 7 所示；細部深水碼頭設計斷面圖資訊，如圖 8 至圖 10 所示，由設計斷面圖了解，法線與後線間屬於



圖 7 花蓮港區碼頭分佈平面圖

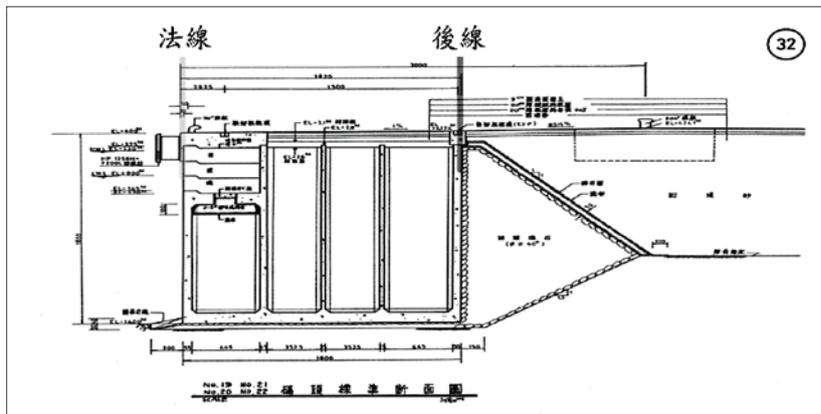


圖 8 花蓮港 19 至 22 號碼頭設計斷面圖 [8]

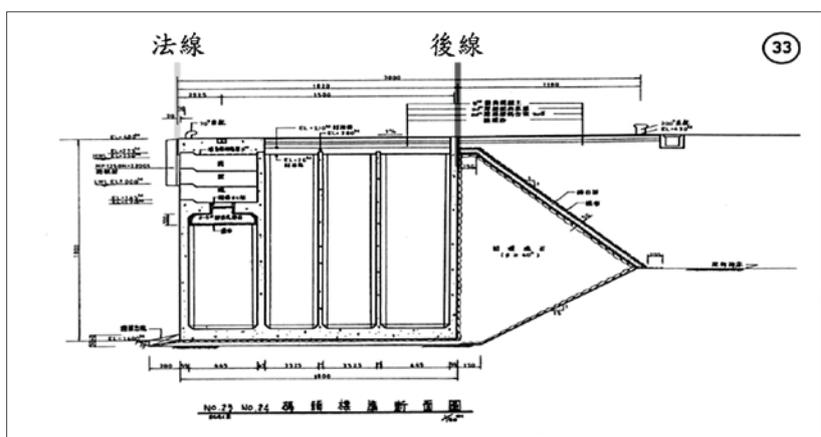


圖 9 花蓮港 23 至 24 號碼頭設計斷面圖 [8]

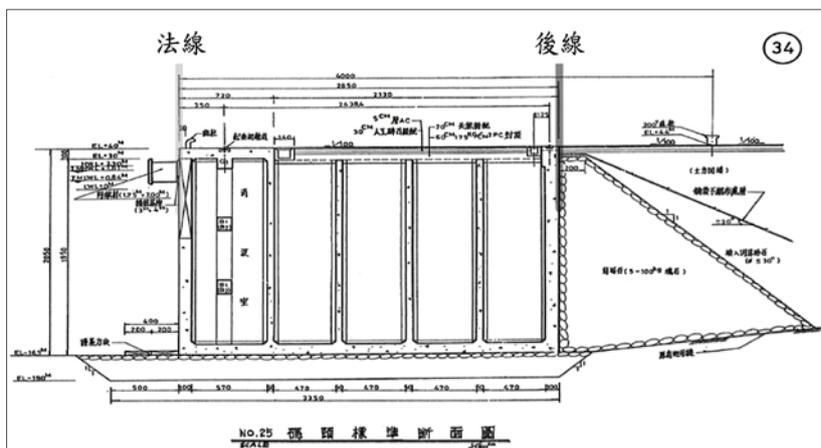


圖 10 花蓮港 25 號碼頭設計斷面圖 [8]

表 1 花蓮港區之外港區深水碼頭設計資訊

深水碼頭名稱	碼頭長度 (m)	設計水深 (m)	碼頭型式
19 號碼頭	310	14.0	消波沉箱式
20 號碼頭	302	14.0	消波沉箱式
21 號碼頭	200	14.0	消波沉箱式
22 號碼頭	200	14.0	消波沉箱式
23 號碼頭	272	14.0	消波沉箱式
24 號碼頭	271	14.0	消波沉箱式
25 號碼頭	332	16.5	消波沉箱式

碼頭沉箱區，沉箱結構寬度為 18.2 m 為一個單位，沉箱區前緣包含消波室構造，其中 19 號至 24 號與 25 號碼頭設計稍顯不同；於沉箱之外區域，即後線之後依序為碼頭通道和營運場地，屬於碼頭新生地，主要以花蓮地區河床砂礫填築而成，細粒料、砂與礫石大約佔比分別為 3.6%、55.2%、41.2%，其最大粒徑可達 0.1 m [9]。

花蓮港區土壤剖面與土壤液化潛勢說明

花蓮港區已經歷多期擴建以及地質調查鑽探，根據謝明志等人^[8]之標準貫入試驗鑽探資料，收集如表 2 所示；HL1201 以及 HL1202 位於港區陸地，於 20 m 不等深度即遇岩盤，其中 HL1202 位於美崙溪出海口北邊，為鄰近花蓮港務分公司大樓之鑽孔，根據收集資料顯示於該處地表以下約 6.5 m 處有厚度約為 2 m 之 SM 土層，其餘皆屬於 SPT-N 大於 87 之粉質砂礫石及中小卵石層；自「花蓮縣政府 109 年度土壤液化調查與風險評估計畫委託技術服務」資料了解，該計劃於碼頭新生地處新增一個鑽孔 HLS052，其地下水深度約

為 2.7 m，資料顯示於該處地表以下約 5.5 m 處有厚度約為 0.5 m 之 SM 土層；由「花蓮港務局 25 號碼頭規劃地質鑽探工程」了解，於 25 號碼頭有系列之地質鑽探資訊，於 25 號碼頭南側 HL1501，於地表以下約 1 m 及 4 m 處有 SM 土層，其餘地層大抵以 SP-SM 土層為主，地表以下 8 m 即為中小卵石層；另根據「花蓮港整體規劃及未來發展計畫」報告書了解基盤岩層自陸地向海逐漸加深，厚度變化為 5~20 m，基礎震波之探測結果顯示縱波波速約等於 1,650~2,350 m/s^[10]；花蓮港區鑽探孔位分布圖如圖 11 所示，並參閱鑽探報告資訊，以繪出花蓮港區土壤剖面，如圖 12 所示。

表 2 花蓮港區鑽探孔位列表

孔號	計畫名稱	年份	TWD97		深度 (m)	資料來源
			X	Y		
HL1201	花蓮港擴建工程地質鑽探	1987/05	312860	2653578	18.3	謝明志等人 ^[8]
HL1202		1987/06	312325	2653185	30.0	
HL1501	花蓮港務局 25 號碼頭規劃地質鑽探工程	1999/10	312884	2652578	10.0	
HL1502		1999/10	312905	2652617	10.0	
HL1503		1999/10	312925	2652656	10.0	
HL1504		1999/10	312946	2652695	10.0	
HL1505		1999/10	312967	2652733	10.0	
HL1506		1999/10	312987	2652772	10.0	
HL1601		1999/10	313008	2652811	10.0	
HLS052		花蓮縣政府 109 年度土壤液化調查與風險評估計畫委託技術服務	2022/04	313532	2652704	



圖 11 花蓮港區鑽探孔位分布圖

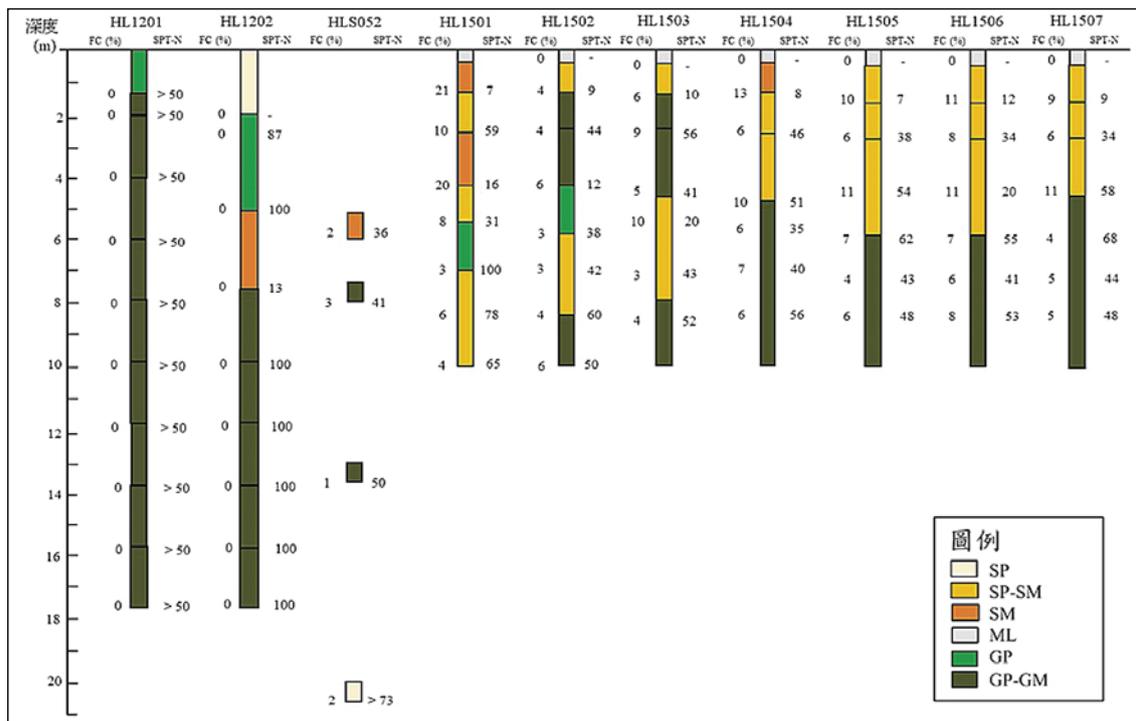


圖 12 花蓮港區土壤剖面
(改繪自謝明志等人^[8]以及工程地質探勘資料庫)

花蓮港區於 0403 地震之損壞

於 0403 地震中，花蓮港區內的破壞包含道路差異沉陷、沉箱結構與後線回填層交界開裂、設施橋樑損壞等，根據本次勘災點位，詳如列表 3 所示，並且根據本次勘災記錄以及花蓮港務分公司提供之資料，比較 2018 年 0206 地震和 2024 年 0403 地震，兩次地震間各碼頭區差異沉陷；港區內勘災點位分佈則如圖 13 所示，花蓮港區大抵位於土壤液化低潛勢區，僅有位於港區西邊之美崙溪沿岸和出海口部分，位於土壤液化中潛勢區。

港區內碼頭設施之破壞

19 至 22 號碼頭

19 至 22 號碼頭屬於消波沉箱式碼頭，其前緣具有消坡室構造；由於 19 號碼頭為木料及雜貨碼頭，20 至 21 號碼頭為砂石碼頭，因此於營運用場地設有裝船機以及輸送帶等機具。此次地震發生時，碼頭發生局部位移錯位，且沿碼頭背填部位，即碼頭通道部分之鋪面有裂損，如圖 14 所示；營運用場地上之裝船機則有損壞和軌道錯位情事發生，係因裝船機軌道一端設置於碼頭沉箱區，另一端則設置於背填區。造成碼頭背

表 3 花蓮港區勘災點位

點位編號	鄰近設施	災害描述	差異沉陷記錄 (2024 年 0403 地震)	差異沉陷記錄 (2018 年 0206 地震)
L1	19 至 22 號碼頭	裝船機略有傾斜	0.2 ~ 0.4 m	~ 0.1 m
L2	19 至 22 號碼頭	輸送帶旁鋪面下陷		
L3	23 與 24 號碼頭	碼頭差異沉陷	0.5 ~ 0.8 m	0.2 ~ 0.4 m
L4	24 號碼頭	後線後方鋪面沉陷		
L5	24 號碼頭	地下水箱上浮		
L6	西防波堤道路	鋪面下陷	-	-
L7	25 號碼頭	鋪面開裂	~ 0.7 m	0.5 ~ 0.6 m
L8	25 號碼頭	法線目視偏移		
L9	25 號碼頭	填土鋪面開裂		
S1	25 號碼頭	液化土壤噴砂		

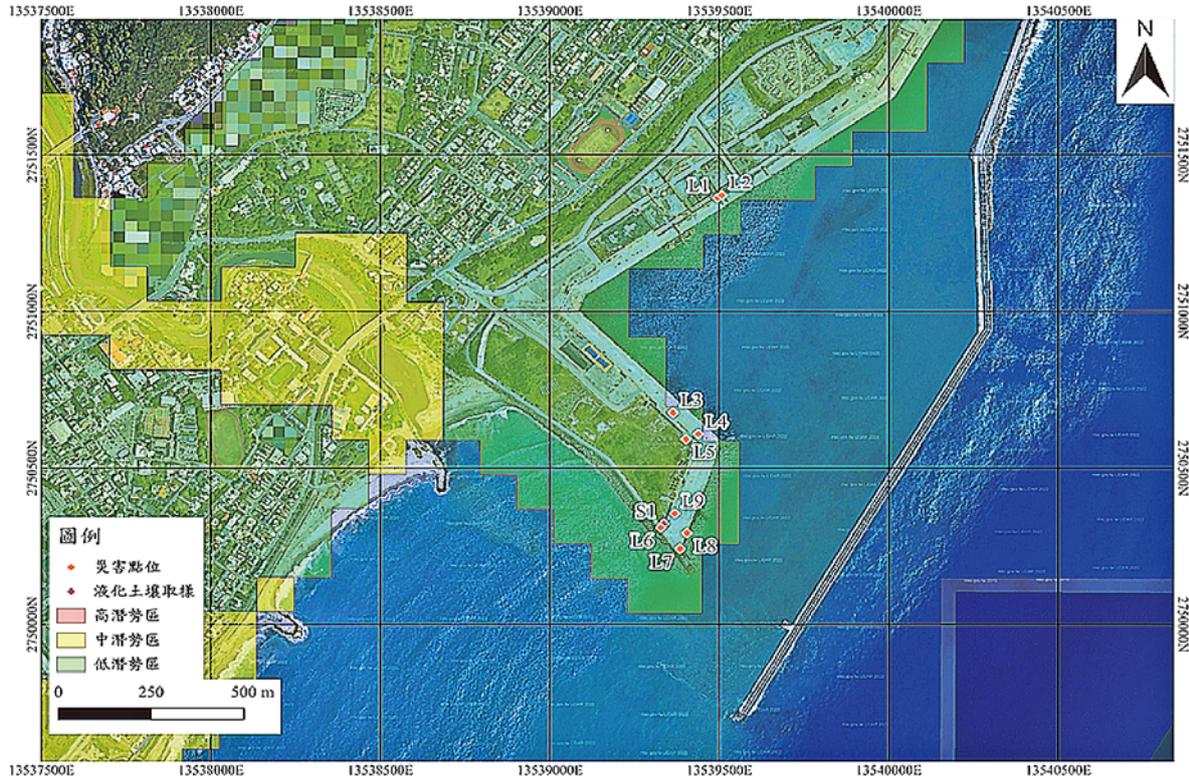


圖 13 花蓮港區勘災點位分佈



(a) 裝船機略有傾斜 (點位 L1)



(a) 輸送帶旁鋪面下陷約 0.2 m (點位 L2)

圖 14 19 至 22 號碼頭災損情形

填部位差異沉陷之原因，初步判斷為回填材料在地震力作用下震陷，可能原因為海水之漲退潮，使其回填材料浸潤於水中，受震後進而產生土壤液化現象。

23 與 24 號碼頭

23 與 24 號碼頭為消波沉箱式碼頭，本次地震造成碼頭後線背填區約 30 m 範圍內，整體下陷約 0.50 至 0.80 m，並且造成沉箱結構與後線回填層交界開裂；位於碼頭通道處開裂，並有噴出回填層之砂礫，包含細粒

料土壤以及部分顆粒較大砂礫；碼頭通道及營運場地有大規模沉陷與局部高差，差異沉陷達到 0.80 m，如圖 15 所示；於 24 號碼頭後方則有地下水箱上浮，其上浮量值約為 0.17 m，現場調查如圖 16 所示，於圖 16(a) 當中右側地面管線已明顯地錯位。

西防波堤道路與 25 號碼頭

整體西防波堤道路屬於沉箱道路，位於花蓮港區西側外緣，原為柔性鋪面，而部分路段進行修整時，改為



(a) 碼頭差異沉陷 (點位 L3)



(b) 後線後方鋪面沉陷約 0.8 m (點位 L4)

圖 15 23 至 24 號碼頭災損情形



(a) 地下水箱尺寸



(b) 上浮量量測 (點位 L5)

圖 16 24 號碼頭後方地下水箱上浮

剛性鋪面，於 0206 花蓮地震僅發生路面局部下陷，係因柔性鋪面則因基礎土壤液化而淘空；此次地震事件則紀錄到災害包含：道路剛性面板隆起、柔性鋪面下陷、排水溝損壞、沿道路側有液化噴砂，其受損長度約 250

餘公尺；西防波堤道路與 25 號碼頭沉箱結構交接處則有約 0.2 m 之開裂，如圖 17 所示。25 號碼頭法線目視局部偏移，另 25 號碼頭後線之後碼頭通道和營運場地皆有大範圍填土鋪面開裂和沉陷，如圖 18 所示。



(a) 西防波堤道路鋪面下陷 (點位 L6)



(b) 開裂約 0.2 m (點位 L7)

圖 17 西防波堤道路與 25 號碼頭交接處災損情形



(a) 法線目視局部偏移 (點位 L8)



(b) 後線後方填土鋪面開裂 (點位 L9)

圖 18 25 號碼頭災損情形

小結

鄰近日本的港口亦常受地震之影響，亦有類似相關災害發生；為了研究港口碼頭以及相關附屬結構之抗震能力，由日本港灣機場技術研究所^[11]針對歷史地震事件引致港口損壞調查、改善研究以及修復數據記錄，如表 4 所示；其中碼頭損壞案例多為重力式和板樁式，但即使碼頭存在局部損壞，其性能於震後若仍符合靠泊需求，大多不認為是重大問題，如港灣機場技術研究所報告指出於 1993 年釧路近海地震中受損的釧路港，其差異沉陷可達 0.3 m，但不視為損壞，係因車輛與起重仍可勉強作業，而本文提及之差異沉陷及地表開裂等，亦不會完全癱瘓港口之使用；因此於地震引致破壞之修復工作，可區分為兩個層面思考：(1) 營運面：進行快速修復以保持港口之營運；(2) 設計面：參酌國內外之案例，針對鄰近碼頭之地盤的通盤檢討與改良；避免當港區遭遇強度更大之地震，使其完全癱瘓和失去功能性。

液化土壤噴砂

本次地震事件之花蓮港區液化土壤噴砂採樣點位，如圖 13 所示，該點位於 25 號碼頭後線之回填區域，鄰近該點亦有多處土壤噴砂；如圖 19 所示為噴砂孔之外觀，於採樣過程中，首先輕撥欲採樣位置之表面，將揚塵砂土撥離後，開始向下挖掘直至採樣剖面直至明顯辨別，旨在避免土樣被揚塵細粒料及原位置地地表土壤所污染，以期室內篩分析試驗能夠更加準確；比較在 0206 地震和 0403 地震事件下，綜合比較於 23 號碼頭、24 號以及 25 號碼頭之液化土壤噴砂粒徑分佈差異，如表 5 和圖 20 所示；成果顯示 24 號以及 25 號碼頭液化土壤噴砂，其組成以砂性土壤為主，與 23 號碼頭噴出土壤組成不盡相同，同時於此三個碼頭現場噴砂土樣之粒徑分佈皆落在日本港灣技術標準所定義之潛在液化土壤粒徑之範圍內，表示該區域具有土壤液化潛勢；由鄰近鑽孔 HL1501 資訊得知，接近地表約 1 m 及 4 m 處皆含有 SM 土層，然而伴隨高孔隙水

表 4 日本港灣機場技術研究所災害案例報告編製清單

報告名稱	地震事件	發生年月
港灣技研資料 No. 325	宮城縣近海地震	1978.06.12
港灣技研資料 No. 511	日本海中部地震	1983.05.26
港灣技研資料 No. 766	釧路沖地震	1993.01.15
港灣技研資料 No. 791	北海道南西近海地震	1993.07.12
港灣技研資料 No. 856	北海道東方近海地震	1994.10.04
港灣技研資料 No. 813	兵庫縣南部地震	1995.01.17
港灣技研資料 No. 857	兵庫縣南部地震	1995.01.17
港灣機場技術研究所資料 No. 1015	鳥取縣西部地震	2000.10.06
港灣機場技術研究所資料 No. 1291	東北地方太平洋近海地震	2011.03.11

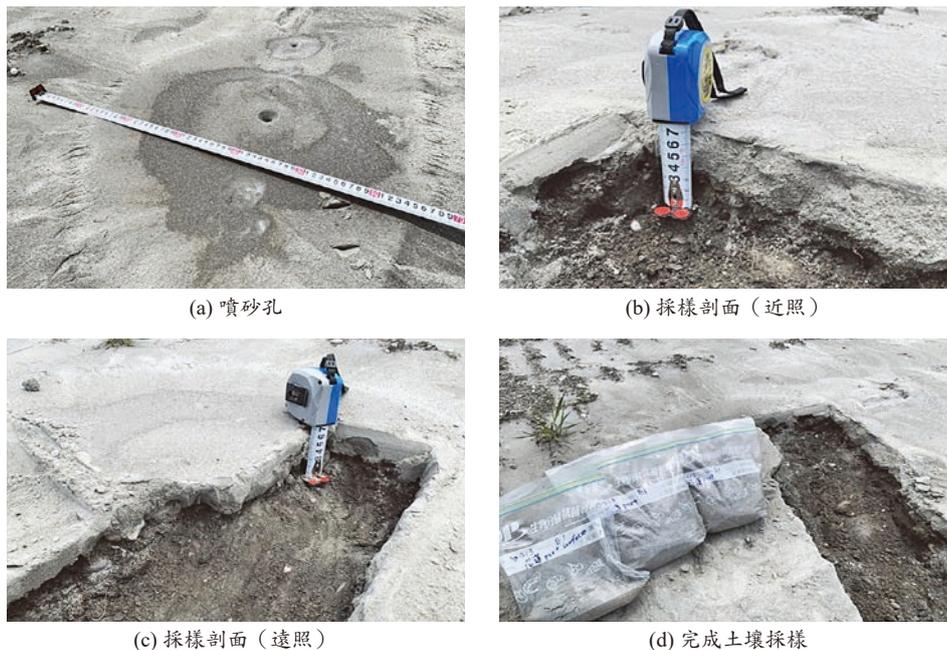


圖 19 25 號碼頭後方液化土壤噴砂 (點位 S1)

壓力噴出之土壤，通過其上部未液化土層時，可能將順勢帶出非液化土層之土壤，於鄰近噴砂孔之地面即有發現疑似 ML 土層之沉泥。

表 5 液化噴砂土樣物理性質之比較

位置	礫石含量 (%)	砂含量 (%)	粉土及黏土含量 (%)	D_{50} (mm)	資料來源
#23 碼頭	1.2%	46.8%	52%	0.073	國家地震工程研究中心 ^[12]
#24 碼頭-A	6.7%	89.4%	3.9%	0.650	
#24 碼頭-B	0.0%	84.6%	15.4%	0.180	
#25 碼頭	0.0%	71.5%	28.5%	0.118	本研究

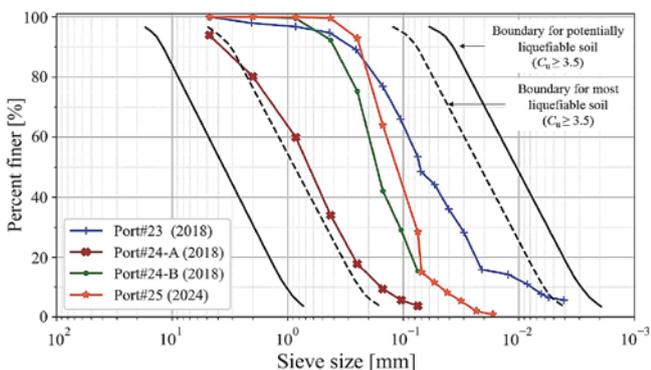


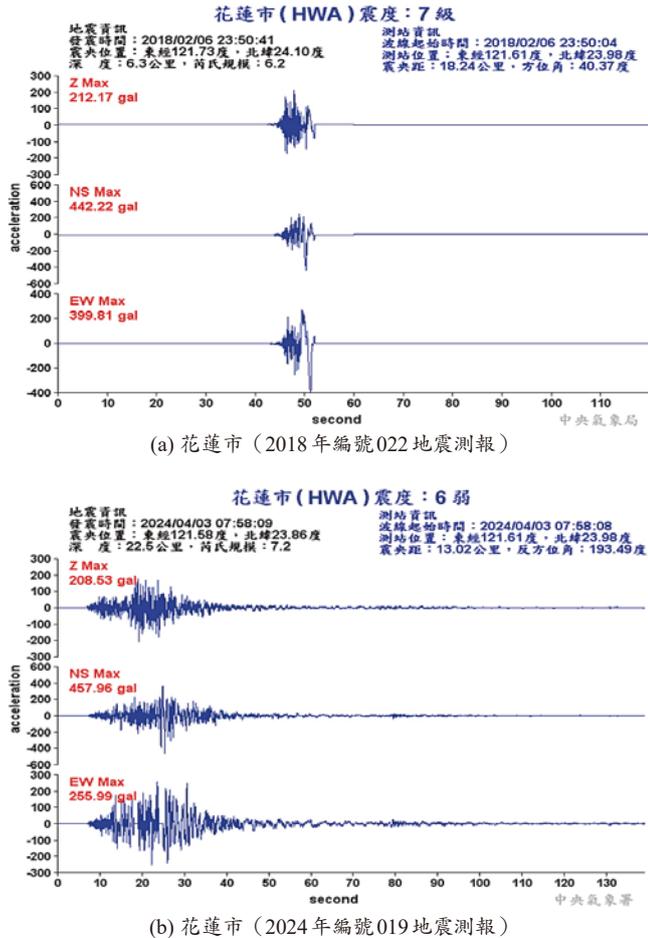
圖 20 噴砂粒徑分佈比較圖 (參考日本港灣技術標準典型液化噴砂土樣粒徑分佈曲線)

與過往地震歷史比較

花蓮地區近年已發生多次具災害性之地震事件，如表 6 所示，收集相關地震事件以供比較，包含近期台灣重大地震事件以及自 1900 年以來最強烈的花蓮地區之地震。2018 年 0206 花蓮地震，發生於花蓮近海之 M_L 6.2 地震，震央在花蓮東方立霧溪口之海上，震源深度 6.3 km，約呈北東走向、向西北傾斜 60 度的海域發震構造所誘發，此地震重創花蓮市區，並且造成 17 人罹難、291 人受傷、5 棟大樓倒塌及多棟房舍受損，於米崙斷層與嶺頂斷層沿線產生地表破裂與土壤液化噴沙現象等^[13]，在氣象署氣象署花蓮市測站測得垂直向 PGA 為 212.17 gal，此地震事件於花蓮港區之 19 至 25 號碼頭之背填區皆造成程度不一之土壤液化和地表震陷；2024 年 0403 花蓮地震則為發生於花蓮海陸交界之 M_L 7.2 地震，花蓮市測站測得垂直向 PGA 為 208.53 gal，亦對於花蓮港區造成災害發生，亦以 25 號碼頭損壞最為嚴重；由圖 21 可知此兩個地震事件測得 PGA 相當，然而持續時間於 0206 花蓮地震約為 10 餘秒，另

表 6 0403 花蓮地震與過往台灣歷史地震災害之比較

地震事件	2024 年 0403 花蓮地震	2018 年 0206 花蓮地震	2016 年 0206 美濃地震	1999 年 0921 集集地震	1920 年 0605 花蓮地震
地震規模	M_L 7.2 / M_w 7.4	M_L 6.2 / M_w 6.4	M_L 6.4 / M_w 6.4	M_L 7.3 / M_w 7.7	M_L 8.3 / M_w 8.7
震源深度	22.5 km	6.3 km	23 km	33 km	20 km
死亡人數	18	17	117	2,415	6



(b) 花蓮市 (2024年編號019地震測報)

圖 21 比較 2018 年 0206 與 2024 年 0403 花蓮地震

(資料來源: 中央氣象署)

0403 花蓮地震則持續 40 餘秒, 故造成整體港區受損程度增加, 參閱表 3 比較其差異沉陷影響程度。

結論

綜合本團隊 0403 花蓮地震之災害紀實與資料比較, 有以下結論與建議, 期許可以提供各界參考:

1. 花蓮港區自 0403 花蓮地震之後, 整體抬升約 0.5 m, 碼頭區因震陷而損壞, 最大差異沉陷約有 0.8 m, 對比 2018 年 0206 花蓮地震, 兩場地震的 PGA 強度相近, 受地震延時長短之影響, 此次相對長延時之地震事件肇生較大的災害影響; 並且由花蓮港區受震災害歷史點位的收集, 其發生土壤液化的區域與災害形式相似。
2. 花蓮港區的損壞包含: 碼頭道路差異沉陷、鋪面開裂、碼頭位移以及裝船機損壞等災害, 皆與地震引致土壤液化的發生有密切關聯; 因此, 對於重要港口, 建議在碼頭後線砂礫石回填區域施工時, 應確實進行滾壓夯實或進行相關地盤改良,

以避免在強震來臨時造成嚴重的沉陷, 影響碼頭的運作功能從而導致經濟損失。

3. 針對港區遭受地震影響時, 其針對港區損害控制與災害監測的順序為海嘯、掉落物危害、道路通阻以及碼頭震陷等; 若能有效率地進行損害控制, 將可減少港口營運中斷之可能性。
4. 本次港區土壤液化之現象與 0403 花蓮地震具有明確之關聯性, 尤指港區西防波堤道路與 25 號碼頭觀察之現象; 針對砂礫石層液化課題, 亦須透過進一步土壤動態試驗及數值模擬等方法, 持續探討針對此情境之液化潛能評估, 以及工程建設上常使用標準貫入試驗之適用性亦須予以留意; 綜觀台灣已有礫質砂土液化之案例, 唯尚有其它地區, 例如: 其他國際商港、海埔新生地及屏東平原等地, 若所在地層屬於礫質砂土之分佈, 亦須探討受震後之土壤液化潛能。

參考文獻

1. Harder, L.F. and Seed, H.B. (1986). "Determination of penetration resistance for coarse-grained soils using the Becker hammer drill." Berkeley, CA, USA: College of Engineering, University of California.
2. Yegian, M.K., Ghahraman, V.G., and Harutiunyan, R.N. (1994). "Liquefaction and embankment failure case histories, 1988 Armenia earthquake." *Journal of geotechnical engineering*, **120**(3), 581-596.
3. Hatanaka, M., Uchida, A., and Suzuki, Y. (1997). "Correlation between undrained cyclic shear strength and shear wave velocity for gravelly soils." *Soils and foundations*, **37**(4), 85-92.
4. 梁勝雄、陳盈璇、范力仁、謝有忠、林錫宏、黃志遠、鄭智仁、邵均靈、劉彥求、林啟文 (2024), 「20240403 花蓮地震地質調查報告」, 經濟部地質調查及礦業管理中心。
5. 林啟文、陳文山、劉彥求、陳柏村 (2009), 「臺灣東部與南部的活動斷層」, 經濟部中央地質調查所特刊第 23 號。
6. 經濟部 (2020), 「活動斷層地質敏感區劃定計畫書-F1011 米崙斷層」。
7. 經濟部 (2019), 「活動斷層地質敏感區劃定計畫書-F0020 嶺頂斷層」。
8. 謝明志、林雅雯、陳正興、黃富國、徐松圻、邱俊翔、鄭魁香、葉錦勳、簡文郁、柯永彥、許尚逸、楊鶴雄、張毓文 (2009), 「臺灣地區地震潛勢及港灣構造物耐震能力評估之研究(2/4)」, 交通部運輸研究所。
9. 王國隆、柯明淳、林聖琪、柯永彥、林承翰、周昕成、郭觀豪、林于超、陳俊樺、楊哲銘、吳重君、詹家賓、林俊廷 (2024), 「2024 年 0403 花蓮地震地工災害初步調查報告」, 地工技術, 180。
10. 花蓮港務局 (1996), 「花蓮港整體規劃及未來發展計畫」。
11. 日本港灣機場技術研究所 (2006), 「No. 1145 技術報告」。
12. 國家地震工程研究中心 (2018), 「2018 年 2 月 6 日花蓮地震勘災報告」。
13. 盧詩丁、陳建良、陳致言、劉彥求、陳柏村、許晉璋、莊鈞鳴、鄭智仁、陳思婷、黃志遠、呂貞怡 (2018), 「20180206 花蓮地震地質調查報告」, 經濟部中央地質調查所。