



花蓮災區建築物及橋梁勘災報告

施忠賢／台南市結構工程技師公會 理事長、施忠賢結構技師事務所 負責人

楊耀昇／永安土木技師事務所 負責人

吳嘉偉／台南市結構工程技師公會 結構技師

吳秉洋／台南市結構工程技師公會 結構技師

賴昱志／台南市結構工程技師公會 結構技師

陳皇佐／施忠賢結構技師事務所 工程師

前言

我國於 2024 年 4 月 3 日上午 7:58:09 發生芮氏規模 7.2 之地震，此次地震係 921 大地震後迄今 25 年所發生規模最大的地震，導致各地有災情產生，尤以距離震央最近之花蓮縣災情最為嚴重。依據中央氣象署資料，花蓮市（HWA）測站之震度為 6 弱，其南北向、東西向以及垂直向之最大地表加速度分別為 458.01 gal、256.13 gal 以及 208.52 gal（圖 1）。參考國家地震工程研究中心由 HWA 測站之地震歷時之地震動反應譜（圖 2），此次地震在南北向地震力反應相對較東西向大，且對於 1 秒週期前後之建物反應影響仍顯著，具較長週期近斷層地震之明顯特徵。民國 88 年 921 大地震造成中部地區災情嚴重，人員重大傷亡，當年即緊急修訂第一類活動斷層數量及修正地震分區，並提高設計地震力。而後，耐震設計規範經過多次改版，民國 95 年規範將近斷層效應納入規範中，耐震能力大幅提升。以花蓮市之設計水平加速度為例，由圖 3 歷年規範設計反應譜之比較即可看出，民國 95 年後之耐震基準提高甚多。

全國各縣市消防隊近年陸續成立特種搜救大隊，結合警、義消、土木技師、結構技師、醫師及護理師等各項專業人員，在災難發生後即可投入搜救任務。本次地震發生後，各縣市特搜大隊於震後隨即前往災區協助救災，台南市結構工程技師公會與台南市土木技師公會亦組派 7 名特搜大隊編列技師立即前往臺南市政府消防局特搜大隊完成集結，後因台南市特搜大隊負責之倒塌

建物特搜任務結束，台南市結構工程技師公會轉而投入勘災行列。除此之外，地震後民眾之住家產生震損即向縣府通報，土木技師、結構技師與建築師等三大公會隨即投入勘災行列，協助確認震損之嚴重性。

本團隊首先於 4/5 ~ 4/7 日至花蓮災區調查主要建築物或橋梁之震損及可能破壞機制，包含 14 處鋼筋混凝土或加強磚造構造物、1 處古蹟木構以及 2 座橋梁。而後因餘震不斷，於 4/23 再發生兩次規模達 6.0 及 6.3 之餘震，甚至造成數棟於 0403 主震已震損之大樓倒塌。於是再次前往災區勘災，除勘查前次已勘災之建物震損變化，再補充 5 處 RC 及 1 座鋼構橋梁，亦發現地表有地裂現象。本文報告此兩次勘災經驗，期為未來防災及救災之參考。

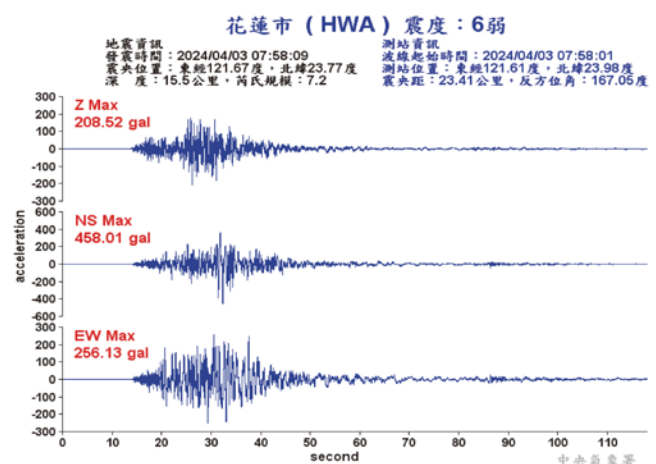


圖 1 0403 花蓮地震花蓮市測站（HWA）地表加速度歷時
（圖片來源：中央氣象署）

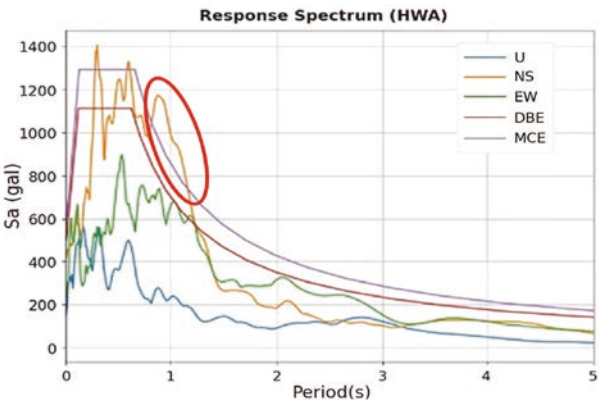


圖 2 0403 花蓮地震花蓮市測站（HWA）地震動反應譜
（HWA 測站位置：「23.9772,121.6052」）
（圖片來源：國家地震工程研究中心）

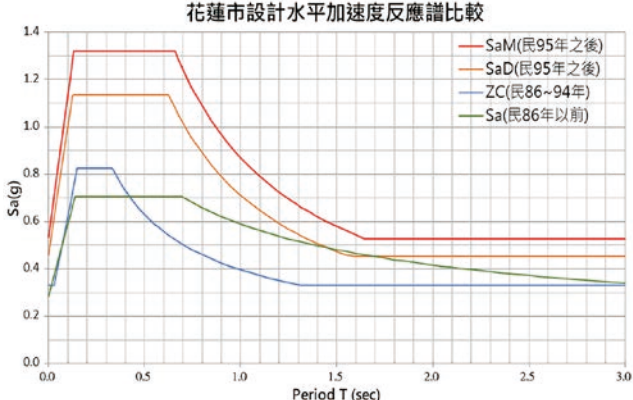


圖 3 花蓮市歷年設計水平加速度反應譜比較

勘災概要

2024 年 4 月 3 日發生芮氏規模 7.2 之地震，尤以距離震央最近之花蓮縣災情最為嚴重，本團隊前往花蓮縣花蓮市區及吉安鄉勘災，本次勘災調查受損建築物可分為五大類型，分別為底層挑高具夾層建物、具軟弱層高樓建物、老舊街屋、校舍及古蹟木構，另也現勘兩座橋梁。17 處受損建物及橋梁基本資料詳表 1。各受損建物外觀詳表 2 至表 18。表 19 及圖 4 為各受損建物距離及分佈圖。本次勘災受損建物及橋梁主要破壞模式類型如下：

1. 底層挑高夾層建物：軟弱底層、柱撓剪破壞及偏心

扭轉等。

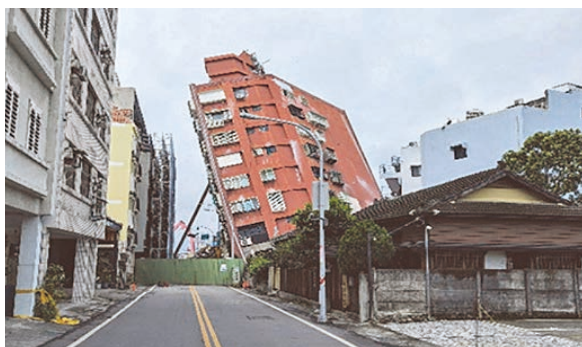
- 2. 具軟弱層高樓建物：牆面開口（窗）斜向裂縫、外牆 X 型裂縫及梯間踏步處水平斷裂等。其中華爾街大樓原本貼黃單，後來因為 3F 柱牆損壞較嚴重改貼紅單。
- 3. 老舊街屋：內部鋼筋已鏽蝕、箍筋圍束不佳及柱端部核心混凝土碎裂等。
- 4. 校舍：窗台短柱剪力破壞、混凝土保護層剝落及柱主筋挫屈等。
- 5. 古蹟木構：構件接頭局部脫榫及壁體灰泥剝落等。
- 6. 橋梁：鋼梁鉚道斷裂、伸縮縫錯動等。

表 1 勘災建物基本資料表

項次	建物名稱	位置（花蓮縣）	竣工年份	構造概況	紅黃單	受損建物分類	外觀
1	天王星大樓	花蓮市軒轅路 2 號 9 樓	1986 年	RC 造－地上 10 層、地下 1 層	紅單	挑高夾層建物	表 2
2	統帥花蓮大樓	花蓮市明禮路 5 號	1997 年	RC 造－地上 10 層、地下 1 層	紅單		表 3
3	北濱街 6 號	花蓮市北濱街 6 號	1988 年	RC 造－地上 5 層	紅單		表 4
4	吉安麥當勞	吉安鄉中華路二段 11 之 1 號	－	RC 造－地上 6 層	紅單		表 5
5	國軍英雄館	花蓮市花崗街 56 號	1987 年	RC 造－地上 6 層、地下 1 層	紅單		表 6
6	博愛街 52 號	花蓮市博愛街 52 號	－	RC 造－地上 5 層	紅單		表 7
7	翰品酒店	花蓮市永興路 2 號	1981 年	RC 造－地上 10 層	紅單		表 8
8	更生日報	花蓮市五權街 36 號	1970 年	RC 造－地上 6 層	黃單		表 9
9	馥邑京華	花蓮市中和街 209 號	2000 年	RC 造－地上 10、12、15 層、地下 2 層	紅單		表 10
10	山海觀大樓	吉安鄉仁里五街 177 號	1996 年	RC 造－地上 15 層、地下 2 層	紅單	具軟弱層高樓建物	表 11
11	蓮花大樓	花蓮市德安六街 63 號 70 號	1995 年	RC 造－地上 17 層、地下 1 層	黃單		表 12
12	華爾街大樓	花蓮市公正街 37 號	1994 年	RC 造－地上 12 層、地下 2 層	黃單 改紅單		表 13
13	銅管紅茶	花蓮市中山路 201 號	－	RC 造（加強磚造）－地上 4 層	紅單	老舊街屋	表 14
14	花蓮女中綜合大樓	花蓮市菁華街 2 號	1988 年	RC 造－地上 4 層	紅單	校舍	表 15
15	慶修院	吉安鄉中興路 345-1 號	1916 年	木構造－地上 1 層	－	古蹟木構	表 16
16	美崙溪橋	24.001614,121.610658	－	鋼構造	封橋	橋梁	表 17
17	花蓮大橋	23.923487,121.598449	1968 年	鋼筋混凝土造	－		表 18



表 2 天王星大樓外觀（向南傾倒）



天王星大樓震後北側外觀



天王星大樓震後南側外觀



天王星大樓震後東北側外觀



天王星大樓震後西側外觀

表 3 統帥花蓮大樓外觀（向北傾斜）



統帥花蓮震後西側外觀



統帥花蓮震後東側外觀



統帥花蓮震後西北側外觀



統帥花蓮震後東南側外觀

表 4 北濱街 6 號民宅外觀（向東北傾斜）



北濱街 6 號民宅震後北側外觀



北濱街 6 號民宅震後西側外觀



北濱街 6 號民宅震後東北側外觀



北濱街 6 號民宅震後西南側外觀

表 5 吉安麥當勞外觀（主要損害方向－北南）



吉安麥當勞震後北側外觀



吉安麥當勞震後南側外觀



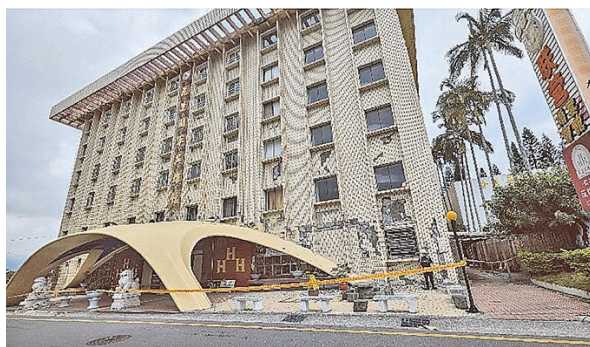
吉安麥當勞震後東南側外觀



吉安麥當勞震後西北側外觀



表 6 國軍英雄館外觀（主要損害方向－西北、東南）



國軍英雄館震後西側外觀



國軍英雄館震後西側外觀



國軍英雄館震後東北側外觀



國軍英雄館震後北側外觀

表 7 博愛街 52 號民宅外觀（向北傾斜）



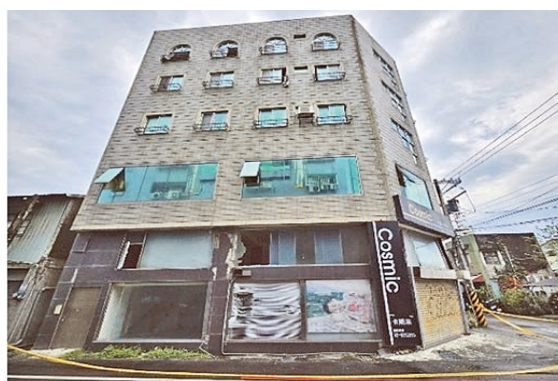
博愛街 52 號民宅震後東北側外觀



博愛街 52 號民宅震後西側外觀



博愛街 52 號民宅震後西南側外觀



博愛街 52 號民宅震後北側外觀

表 8 翰品酒店外觀



翰品酒店震後西側外觀



翰品酒店震後北側外觀

表 9 更生日報外觀（主要損害方向－東北、西南）



更生日報震後西南側外觀



更生日報震後南側外觀

表 10 馥邑京華外觀（主要損害方向－北、南）



馥邑京華震後北側外觀



馥邑京華震後西側外觀

表 11 山海觀大樓外觀（主要損害方向－北、南）



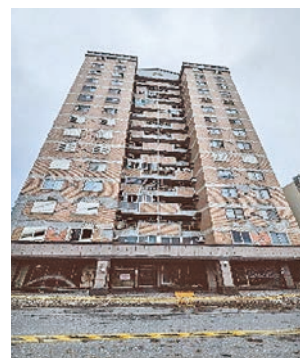
山海觀大樓震後西北側外觀



山海觀大樓震後東北側外觀



山海觀大樓震後西側外觀



山海觀大樓震後西南側外觀



表 12 蓮花大樓外觀（主要損害方向－東北、西南）



蓮花大樓震後西側外觀



蓮花大樓震後西南側外觀



蓮花大樓震後東南側外觀



蓮花大樓震後東側外觀

表 13 華爾街大樓外觀（要損害方向－北、南）



華爾街大樓震後南側外觀



華爾街大樓震後西側外觀

表 14 銅管紅茶店外觀（主要損害方向－北、南）



銅管紅茶店震後東北側外觀



銅管紅茶店震後西側外觀

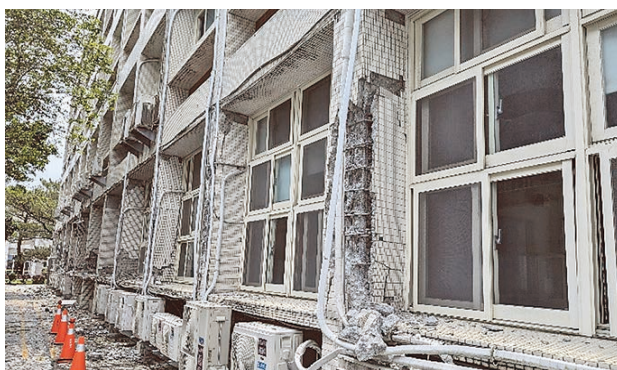
表 15 花蓮女中綜合大樓外觀（主要損害方向－東、西（校舍長向））



花蓮女中綜合大樓震後西側外觀



花蓮女中綜合大樓震後南側外觀



花蓮女中綜合大樓震後北側外觀



花蓮女中綜合大樓震後東側外觀

表 16 慶修院外觀



慶修院震後東南側外觀



慶修院震後南側外觀



慶修院震後北側外觀



慶修院震後西側外觀



表 17 美崙溪橋



美崙溪橋震後東北側外觀



美崙溪橋震後西側外觀



美崙溪橋震後內部向東側外觀

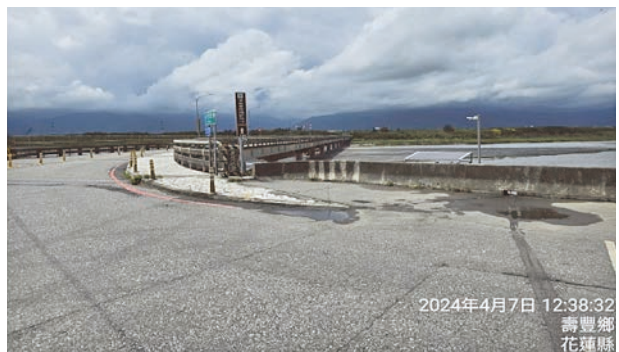


美崙溪橋震後西側外觀

表 18 花蓮大橋



花蓮大橋震後南側外觀



花蓮大橋震後東側外觀



花蓮大橋震後東側外觀



花蓮大橋震後東側外觀

表 19 勘災建物距離與損害面向關係表

項次	建物名稱	距測站 HWA 距離 (m)	距震央距離 (km)	距米崙斷層距離 (m)	主要損害面向
1	天王星大樓	191	23.17	55	向南傾倒
2	統帥花蓮大樓	433	23.61	73	向北傾斜
3	北濱街 6 號	212	22.99	115	向東北傾斜
4	吉安麥當勞	2,653	23.76	2,250	北－南
5	國軍英雄館	416	23.62	104	西北－東南
6	博愛街 52 號	483	23.21	37	向北傾斜
7	翰品酒店	2,263	24.78	1,590	－
8	更生日報	95	23.13	79	東北－西南
9	馥邑京華	1,574	23.51	1,160	北－南
10	山海觀大樓	2,823	23.33	2,350	北－南
11	蓮花大樓	2,244	23.35	1,800	東北－西南
12	華爾街大樓	482	23.60	63	北－南
13	銅管紅茶	515	23.53	33	北－南
14	花蓮女中綜合大樓	556	23.65	302	東－西（校舍長向）
15	慶修院	4,962	24.55	4,450	－
16	美崙溪橋	2,953	26.14	294	－
17	花蓮大橋	5,917	18.12	5,110	－



圖 4 0403 勘災標的物分佈圖（底圖來源：經濟部地質調查及礦業管理中心）

破壞模式

底層挑高夾層建物

1. 底層挑高夾層建物分別為：天王星大樓、統帥花蓮大樓、北濱街 6 號民宅、博愛街 52 號民宅、吉安麥當勞、翰品酒店、更生日報及馥邑京華等，共 9 處，數量佔 15 處勘災建築物之比例超過一半。

2. 各建物調查現況及破壞模式：

- (1) 天王星大樓：「三角窗建築平面不規則，底層挑高設有夾層，底層牆量少形成軟弱底層」。

南側騎樓頂梁平面彎折且為懸臂梁版（圖 5），更造成質心與剛心之偏心加大，地震時產生較大之偏心扭矩，使底層柱更易受剪力破壞。

同時因本次南北向地震力震度較大，北側 1F 柱體其柱頂與梁柱接頭受剪力破壞後，混凝土被壓碎後，梁柱接頭主筋受壓力作用而向外挫屈，造成箍筋被撐開甚至斷裂。北側 1F 角柱亦呈現類似先被地震力剪壞後，混凝土被壓碎後柱主筋產生嚴重彎折變形，因地震力往返作用，北側柱體喪失抗拉強度無法發揮拉力穩定建物，且南側柱體也因破壞後無法提供強度支撐上部建物之重量，最後引致建築物向南傾倒（圖 6、圖 7）。

調閱原設計圖發現（圖 8），由於平面極度不規則，諸多配置未正交於柱體之斜梁，其主筋錨定不良施工不易，研判梁柱接頭韌性不佳。甚至有部分大梁未錨定於柱內之搭梁接合，地震力作用時梁



端彎矩加大，另一方面又同時受垂直地震力作用造成受搭大梁可能被扭壞，進而造成支撐該梁之主柱失去原有側撐，細長比放大，強度降低。

其 1F 挑高且有設置夾層（圖 9、圖 10），經調閱原設計圖北側夾層研判為二次增建施工，與結構體接合不良，地震過程中易損壞。

北側 1F 梁柱接頭受剪力破壞後，柱主筋受壓向外挫屈，箍筋有脫開與斷裂現象，也發現主筋彎鉤設置不當，圖 11、圖 12。

北側 1F 角隅柱底部受剪力破壞（壓力破壞）後，柱主筋嚴重彎折，箍筋也有脫開與斷裂現象，如圖 13、圖 14。

因地震力往返關係，柱體喪失強度後在北側發揮拉力穩定建物，且南側柱體也因破壞後無法提供強度支撐上部建物之重量（南側柱可能會被偏心扭矩剪力加大而被剪壞），引致建築物傾倒。

反觀同一街道之建物，無重大損傷，其為地上 6 層飯店且一樓牆量少也具底層挑高特性，因該建物於底層已完成挫屈束制支撐（buckling-restrained brace, BRB「取得國家地震工程研究中心 - 槽接式挫屈束制支撐專利」）補強，形成鮮明對比，如圖 15、圖 16。

(2) 統帥花蓮大樓：「底層挑高設有夾層、柱嚴重破壞」。

建築物 1F 挑高 + 設置夾層關係形成短柱，短柱體因剪力破壞，柱主筋呈向外挫屈狀態，如圖 17；1F 建物內部柱有柱爆裂主筋呈洋蔥狀（圖 18）、柱體扭轉剪力破壞（圖 19）；1F 夾層圓洞造型頂梁，於梁斷面最小處發生剪力破壞（圖 20）；如圖 21 所示之 1F 騎樓轉角柱，其損壞狀況明顯較其他柱嚴重，幾乎已失去支撐能力，可能轉角處受最大軸力及近斷層垂直地震力較大有關，值得後續再深入研究探討。圖 22 所示之夾層圓洞開口旁之夾層柱、梁及牆體有明顯受地震剪力破壞之嚴重斜向裂縫。另柱混凝土破壞後，上部結構下陷嚴重，以致鋼筋受到嚴重擠壓（圖 23），由於夾層柱破壞，無法支撐上部重量，引致建築物向北傾斜（現況目測研判）。除外周圍結構破壞，內部梯間牆亦發現嚴重之震損（圖 24）。

(3) 北濱街 6 號民宅：「柱嚴重破壞、三角窗建築平面不規則、底層挑高 5.5 m、底層牆量少」。

建築物 1F 挑高柱體端部剪力破壞，柱主筋挫屈、箍筋有脫開現象（圖 25）；1F 短柱端部剪

力破壞，柱主筋同呈挫屈狀態（圖 26）；現況目測研判柱體剪力方向與門變形狀態，建物有向東北側傾斜狀態（圖 27）。與其他大樓損壞現象類似，本棟樓梯間亦有嚴重剪力裂縫（圖 28）。

(4) 吉安麥當勞：「柱嚴重破壞、三角窗建築平面不規則、底層挑高設有夾層」。

店面損害嚴重（圖 29），1F 柱構件端部嚴重損壞、主筋挫屈、箍筋脫鉤、核心混凝土碎裂，如圖 30、圖 31 及圖 32 所示，除柱構件嚴重受損外，外牆亦有諸多斜向剪力、橫向裂縫，現況目測受損牆為南北方向。

(5) 國軍英雄館：「底層挑高、短柱」。

其建物西南側設置造型拱門，使 1F 外圍部份柱形成短柱，間接導柱剪力破壞；現況研判西北 - 東南（南北分量較多），為主要受損方向，建物南北向牆體具斜向裂縫、X 型裂縫。

(6) 博愛街 52 號民宅：「三角窗建築平面不規則、底層挑高、底層牆量少、傾斜」。

現況目測研判其建物有向西北（向北分量較多）傾斜情形（圖 33）；1F 柱構件端部損壞、主筋挫屈，部分增建鋼柱傾斜（圖 34）；室內牆面開口斜向裂縫。

(7) 翰品酒店：「柱嚴重破壞、底層挑高、底層牆量少」。

建築物 1F 挑高柱體端部剪力裂縫、柱端部之箍筋有脫開現象、其主筋於端部搭接（鋼筋密集），如圖 35，使混凝土握裹力無法發揮，引致端部破壞。

(8) 更生日報：「平面不規則、底層挑高」。

底層牆面開口斜向裂縫，牆面破壞方向為東北 - 西南方向，如圖 36。

(9) 馥邑京華：「地上 10 層（A、F 棟）、12 層（B、E 棟）、15 層（C、D 棟）、一字型建築物、底層挑高」。

馥邑京華各棟外觀與平面配置如圖 37、圖 38。

1F 柱構件部分損壞，包含保護層剝落、柱主筋變形、柱核心混凝土受損，如圖 39 至圖 41。

主要損壞係梯間牆斜向與 X 型裂縫、窗間牆斜角裂縫、RC 牆體水平裂縫、樓梯版體相接梁構件周圍裂縫，詳圖 42 至圖 44；牆體先破壞消散部分地震力，其中位於南側的 A 棟柱損壞最為嚴重。

※ 底層挑高夾層建物勘災關鍵字：底層挑高、底層夾層、底層牆量少、短柱、長細柱破壞

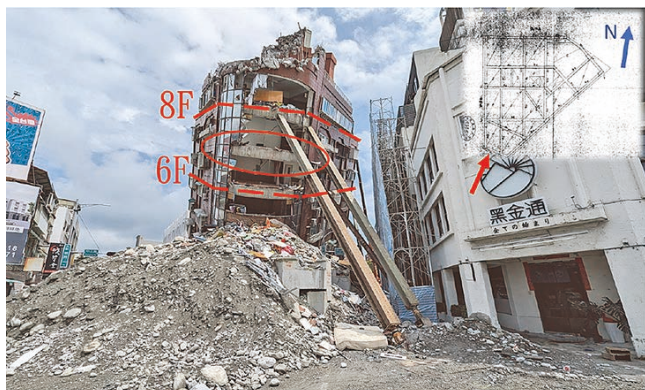


圖 5 天王星大樓南側懸臂梁版

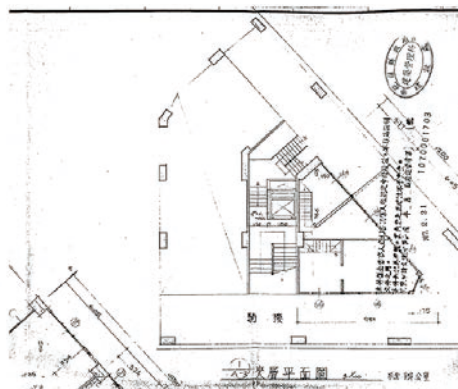


圖 9 天王星大樓原設計圖（夾層平面圖）



圖 6 天王星大樓樓層線（西南側拍攝）



圖 10 天王星大樓夾層與結構體接合不良（北側拍攝）



圖 7 天王星大樓南側 1F 壓碎（西北側拍攝）



圖 11 天王星大樓標準彎鉤不當設置（北側拍攝）

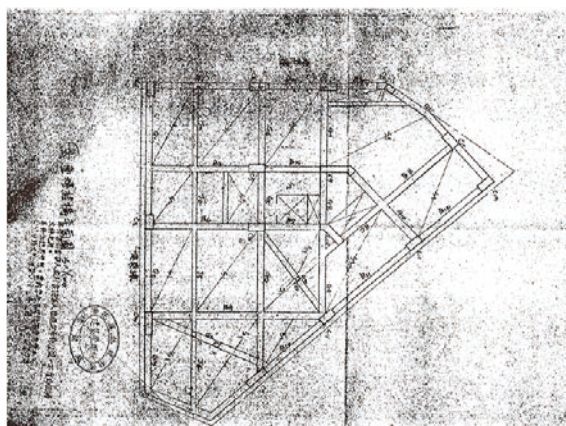


圖 8 天王星大樓原設計圖（1F 結構平面）

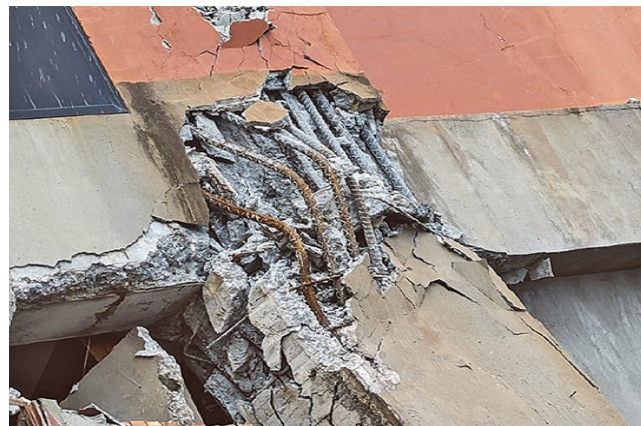


圖 12 天王星大樓接頭主筋挫屈、箍筋脫開（北側拍攝）



圖 13 天王星大樓柱端部嚴重破壞、主筋彎折（北側拍攝）



圖 17 統帥花蓮大樓短柱剪力破壞、主筋挫屈



圖 14 天王星大樓柱主筋彎折、箍筋脫開（北側拍攝）



圖 18 統帥花蓮大樓柱爆裂主筋挫屈呈洋蔥狀



圖 15 鄰天王星大樓東南側已補強建物



圖 19 統帥花蓮大樓柱體扭轉剪力破壞



圖 16 BRB 150tonf 級單管單核心槽接式挫屈束制支撐
「國家地震工程研究中心－槽接式挫屈束制支撐專利」



圖 20 統帥花蓮大樓梁斷面最小處剪力破壞



圖 21 統帥花蓮大樓轉角柱損壞嚴重



圖 22 統帥花蓮大樓夾層柱破壞



圖 23 統帥花蓮大樓損壞嚴重



圖 24 統帥花蓮大樓梯間牆破壞



圖 25 北濱街 6 號民宅柱端部受撓剪破壞後，主筋受壓挫屈、箍筋脫開



圖 26 北濱街 6 號民宅夾層柱剪力破壞



圖 27 北濱街 6 號民宅外觀已傾斜



圖 28 北濱街 6 號梯間牆剪力破壞



圖 33 博愛街 52 號民宅外觀已向北傾斜

圖 29 吉安麥當勞大樓
損害外觀

圖 30 吉安麥當勞東南側柱底損壞、主筋挫屈



圖 34 博愛街 52 號民宅騎樓增建鋼柱傾斜



圖 31 吉安麥當勞柱嚴重損害、主筋挫屈

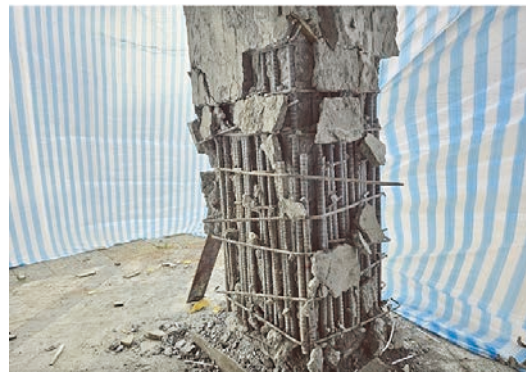


圖 35 翰品酒店柱底搭接（鋼筋密集）



圖 32 吉安麥當勞柱核心混凝土碎裂



圖 36 更生日報底層牆面窗斜向裂縫



圖 37 鏡邑京華各棟外觀



圖 41 鏡邑京華梯間柱體嚴重剝落

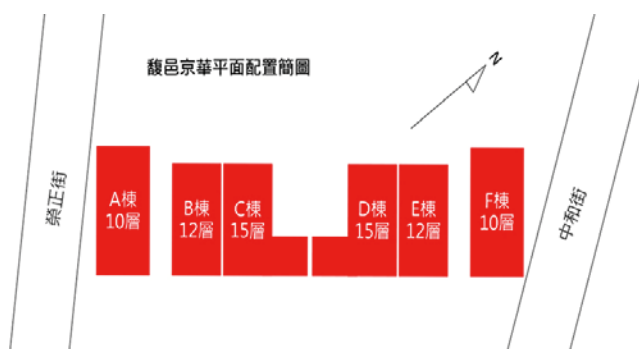


圖 38 鏡邑京華平面配置簡圖



圖 42 鏡邑京華梯間牆斜向裂縫、樓梯版周圍裂縫



圖 39 鏡邑京華柱損壞（保護層過厚之虞）



圖 43 鏡邑京華梯間牆 X 型裂縫 / 剝落



圖 40 鏡邑京華柱核心混凝土碎裂、主筋變形



圖 44 鏡邑京華梯間牆 X 型 + 水平裂縫



具軟弱層高樓建物

1. 具軟弱層高樓建物分別為：山海觀大樓、蓮花大樓及華爾街大樓，共 3 處。

2. 建物調查現況及破壞模式：

(1) 山海觀大樓：「地上 15 層、丁字型建築物平面不規則、底層店面挑高」。

底層梁柱構件損壞情形並不顯著，主要損壞係梯間牆剪力裂縫、窗間牆斜角裂縫、RC 牆體水平裂縫，詳圖 45 至圖 50。

山海觀大樓外牆窗間牆斜角裂縫，建物西南側損害高度達 9F、北側外牆受損至 9F、東南入口側外牆受損至 8F、東側入口外牆受損至 6F，除了剪力破壞該構件，同時也受到扭轉之剪力，也因牆體破壞消散部分地震力，進而保護構架梁柱系統只受低度損傷。

(2) 蓮花大樓：「地上 17 層、凹字型建築物平面不規則」。

整體梁柱構件損壞情形並不顯著，主要損壞係梯間牆 X 型裂縫、窗間牆斜角裂縫、RC 牆體水平裂縫及梯間樓版水平斷裂，其餘之損壞多以隔間牆為主。

蓮花大樓外牆窗間牆斜角裂縫，於建物東側窗間牆與西南側女兒牆損害最大高度有達 15F，而西側窗台牆損害高度達 11F，研判除了剪力破壞該構件，同時也因平面不規則特性與地震力交互作用使外牆構件受到扭轉之剪力，詳圖 51 至圖 55。

(3) 華爾街大樓：「地上 12 層、一字型建築物、立面不連續性、底層店面牆量少」。

華爾街大樓具外牆 X 型裂縫、RC 牆體水平裂縫，損害之牆面為西北－東南向（南北分量較大）也為該建物之長軸方向（圖 56、圖 57），其損害與此次較大之地表加速度方向（南北向）吻合；如圖 58 及圖 59 所示，為北側外圍柱底端部之損害。華爾街大樓 1、2F 做為市場使用，如圖 60 所示，其 3F 以上退縮，3F 又是開放空間，所以 3F 為軟弱層，導致 3F RC 牆損壞特別嚴重（圖 61 及圖 62），是比較特殊的案例。另外，如圖 63 所示，華爾街大樓 3F 圓柱保護層厚度不足、箍筋間距過大且未箍於主筋外側，也會導致柱底損壞較嚴重。

※ 具軟弱層高樓建物勘災關鍵字：剪力裂縫、X 型裂縫、窗間牆斜角裂縫、RC 牆體水平裂縫、牆體破壞消散部分地震力



圖 45 山海觀大樓西南側外牆受損至 9F



圖 46 山海觀大樓西南側窗間牆 X 型裂縫

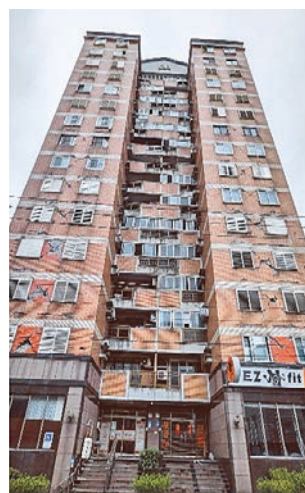


圖 47 山海觀大樓北側外牆受損至 9F

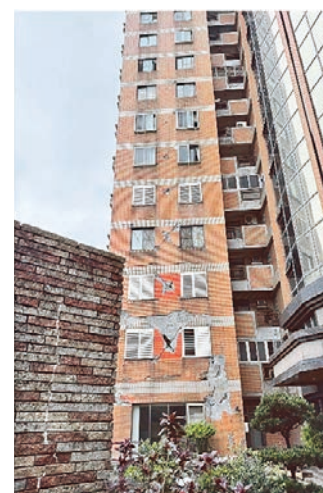


圖 48 山海觀大樓東南入口側外牆受損至 8F



圖 49 山海觀大樓東側入口外牆受損至 6F

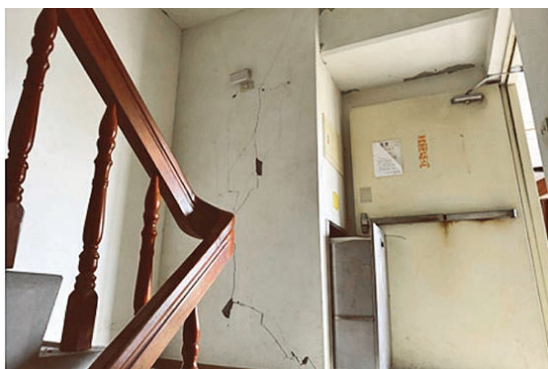


圖 50 山海觀大樓梯間牆剪力裂縫



圖 51 蓮花大樓窗台牆斜向裂縫達 11F (西側)



圖 52 蓮花大樓女兒牆水平+斜向裂縫達 15F (西南側)



圖 53 蓮花大樓窗間牆斜向裂縫達 15F (東側)

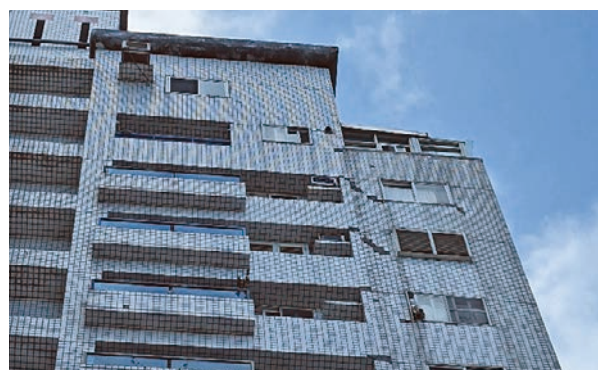


圖 54 蓮花大樓窗間牆斜向裂縫 15F 近照 (東側)

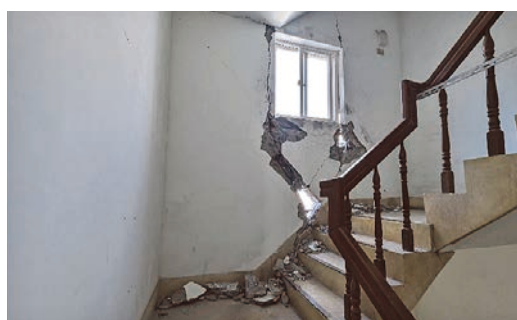


圖 55 蓮花大樓梯間牆 X 型裂縫 (建物內部拍攝)



圖 56 華爾街大樓東北側外觀（損害牆體呈南北向）



圖 60 華爾街大樓 3F 為開放空間軟弱層



圖 57 華爾街大樓 RC 牆體水平裂縫（南北向）



圖 61 華爾街大樓 3F RC 牆損壞嚴重

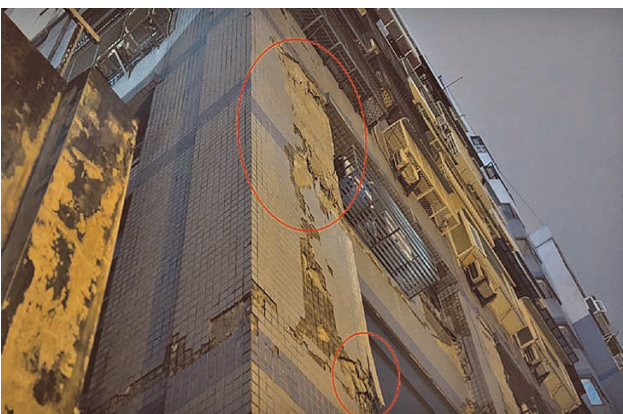


圖 58 華爾街大樓柱體端部損害（北側）

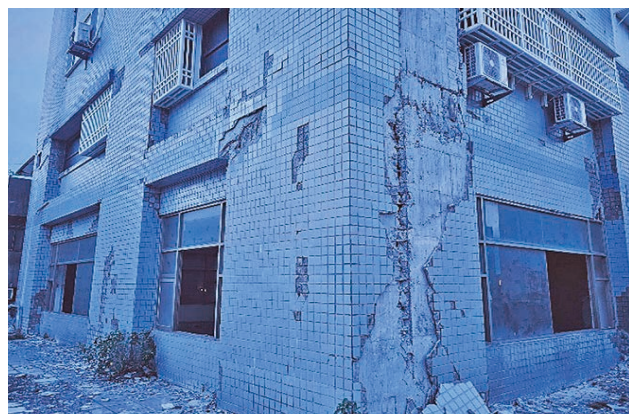


圖 62 華爾街大樓 3F RC 外牆損壞嚴重

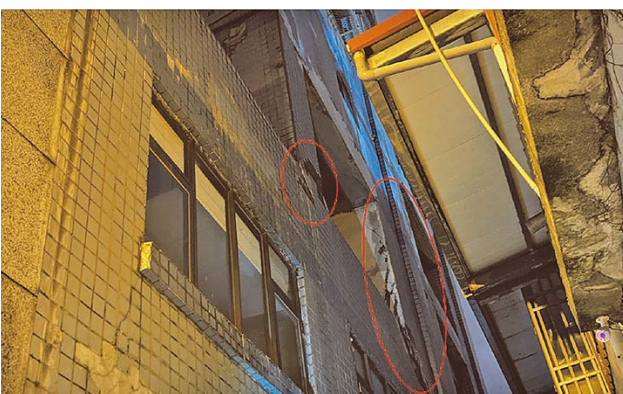


圖 59 華爾街大樓柱體端部損害（北側）

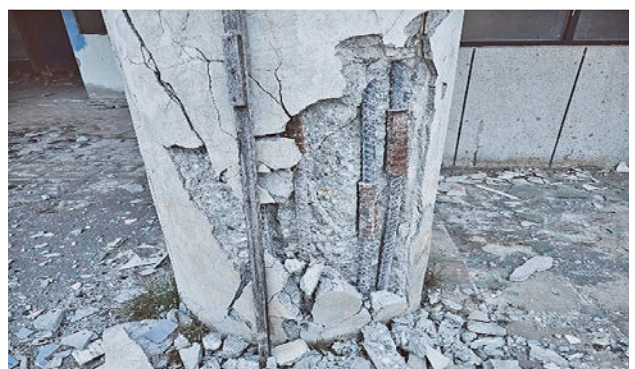


圖 63 華爾街大樓 3F 圓柱保護層厚度不足、箍筋間距過大且未箍於主筋外側

老舊街屋

1. 老舊街屋為：鋼管紅茶店。
2. 建物調查現況及破壞模式：

- (1) 鋼管紅茶店：「柱嚴重破壞、騎樓店面軟弱底層、店面垮度大（柱量少）、牆量」。

騎樓店面因開闢店鋪考量減少柱量，地震發生使少部分柱承載建物重量，使底層柱構件損壞情形顯著。

詳如圖 64 至圖 67 所示，圓柱主筋於柱底端部搭接，因鋼筋密集間距不足，混凝土無法有效發揮其對鋼筋之握裹，地震過程在受較大彎矩作用時，表面混凝土保護層開裂甚至剝落，進而導致柱底端部核心混凝土被壓碎破壞。另外圓柱箍筋端部未施作彎鉤，搭接長度太短亦無銲接，間距又大於 30 cm，箍筋不但抗剪強度不佳且無法提供對柱核心混凝土之圍束能力。

※ 老舊街屋勘災關鍵字：柱量少、柱底端部搭接、箍筋間距大、圓箍筋圍束不確實



圖 64 鋼管紅茶店騎樓少量柱



圖 65 鋼管紅茶店柱端部核心混凝土破壞（柱底端部搭接）



圖 66 鋼管紅茶店圓柱箍筋端部無彎鉤

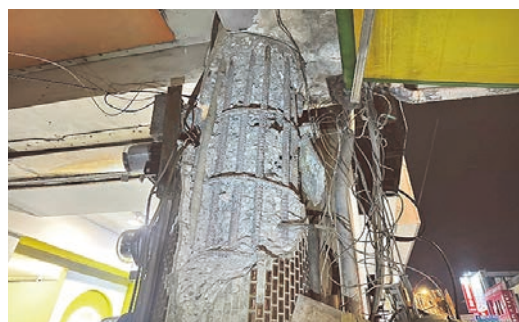


圖 67 鋼管紅茶店箍筋間距過大

校舍

1. 校舍為：花蓮女中綜合大樓。
2. 建物調查現況及破壞模式：

- (1) 花蓮女中綜合大樓：「柱嚴重破壞、底層挑高、窗台牆短柱、尚未完成校舍耐震補強」。

經勘災覺察綜合大樓底層具挑高約 4.5 m，其上方樓高約 3 m，因挑高關係與底層牆量不足，其 1F 為典型軟弱層，校舍長向為主要破壞方向。

底層窗台牆造成短柱效應，底層柱發生剪力破壞、外觀呈 X 型裂縫，柱箍筋有脫開與彎鉤角度不足，其間距約為 20 至 25 cm，圍束能力欠佳，使柱主筋有受壓挫屈之現象，如圖 68 至圖 70。

花蓮女中大部分校舍已完成校舍耐震補強，如圖 71 可見已完成補強之建物並無顯著損傷（翼牆補強），此類跡象在花蓮女中形成強烈對比。

※ 校舍勘災關鍵字：底層挑高、短柱、校舍耐震補強



圖 68 花蓮女中窗台牆短柱破壞



圖 69 花蓮女中窗台牆短柱破壞



圖 70 花蓮女中柱箍筋脫開、彎鉤角度不足

古蹟木構

1. 古蹟木構為：慶修院。
2. 建物調查現況及破壞模式：
 - (1) 慶修院：「損害輕微，整體無傾斜」。

經勘災發現木構造建築物僅有脫樑、偏移與剝落類輕微破壞，且環顧標的物周圍觀察整體並無傾斜之虞，如圖 72 至圖 75。

※ 古蹟木構勘災關鍵字：脫樑、剝落



圖 71 花蓮女中已補強之校舍



圖 72 慶修院木構樑接錯位



圖 73 慶修院木構脫樑



圖 74 慶修院柱坐斗偏移



圖 75 慶修院壁體灰泥剝落

橋梁

1. 橋梁分別為：美崙溪橋與花蓮大橋。

2. 建物調查現況及破壞模式：

(2) 美崙溪橋：「鉚道損害」。

經現地調查於橋梁西南側之梁體鉚道斷裂，已呈見光狀態與明顯梁端接合處錯位，如圖 76、圖 77。

(3) 花蓮大橋：「無損害」。

經現地伸縮縫調查與目視檢查無明顯損害，如圖 78、圖 79。此座橋梁之管理單位已在伸縮縫處安裝位移計 6 處、橋面板正中央安裝傾斜計 4 處，另於兩端加裝蜂鳴器、燈光警示器及 LED 告示牌。本次地震發生後，發揮告警通知之功效。

※ 橋梁勘災關鍵字：鉚道損害

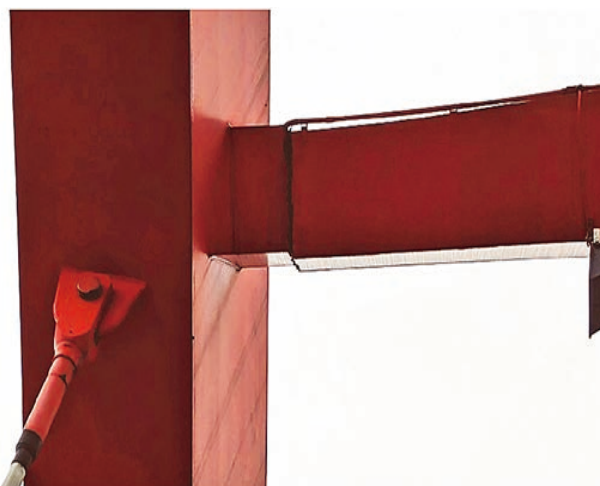


圖 76 美崙溪橋西南側梁構件鉚道斷裂（錯位）



圖 77 美崙溪橋西南側梁構件鉚道斷裂（見光）



圖 78 花蓮大橋伸縮縫調查



圖 79 花蓮大橋伸縮縫調查



勘災工作人員向工程會吳澤成主委彙報災情

0423 餘震勘災

於 0403 花蓮 M_L 7.2 大地震後 20 日，4 月 23 日凌晨又發生兩起規模大於 6 之地震；首先為上午 2:26:52 發生芮氏規模 6.0 地震，花蓮市（HWA）測站之震度為 5 弱，其南北向、東西向以及垂直向之最大地表加速度分別為 178.54 gal、156.74 gal 以及 42.71 gal（圖 80）；接著於上午 2:32:49 發生芮氏規模 6.3 地震，花蓮市（HWA）測站之震度為 5 弱，其南北向、東西向以及垂直向之最大地表加速度分別為 191.66gal、156.68gal



以及 36.50 gal (圖 81)；兩起地震皆為南北向加速度最大，且地震深度為 10 公里以內之淺層地震。本團隊於 4/27 ~ 28 第二次前往花蓮進行勘災，0423 後出現新震損標的物，其損害型態分別為具軟弱層高樓、橋梁及斷層錯動。詳表 20、表 21，圖 82 為勘查位置。

在花蓮市區已被 0403 主震震損的藍天麗池飯店 (圖 83)，當時於 1F 北側以鋼構做緊急支撐 (圖 84)，在 0423 震後向南傾斜，第二次現勘發現其柱體與牆體剪力裂縫損害嚴重 (圖 85、圖 86)；富凱大飯店 (圖 87、圖 88) 於 0423 震後發生向南傾斜倒塌。吉安鄉自強路一間廢棄工廠發生倒塌 (圖 89、圖 90)，以上三者皆於 0403 主震後無張貼紅黃單，為 0423 震後新列紅單。而菁華橋於 0403 主震後因橋端錯位封橋，橋身外觀結構狀態雖尚無損壞，但其北側橋端嚴重錯位且支承錯動脫落，經現場量測錯動量東西向約 86cm、南北向約 18 cm、垂直向約 19 cm (圖 91 至圖 94)。

壽豐鄉鹽寮村曙光假期也傳出 1F 崩塌向東南傾倒之嚴重震損 (圖 95)，鄰近地表出現明顯裂縫 (圖 96)；東山安樂園 (圖 97) 1F 柱頂剪力破壞且主筋嚴重彎折 (圖 98)，其鄰近柏油路面亦出現約 3cm 之裂縫 (圖 99、圖 100)。其中曙光假期於 0403 震後已張貼紅單，東山安樂園為 0423 震後新列紅單，兩者鄰近地表皆出現明顯裂縫，其裂縫方向與嶺頂斷層一致。

0403 震後花蓮統帥大樓已受損嚴重，包括夾層短柱體剪力破壞、柱體爆裂與柱扭轉剪力破壞，造成夾層柱無法支撐上部重量，使建築物向北傾斜。0423 震後花蓮統帥大樓之夾層梁柱系統嚴重損壞已無法抵抗地震力，最終壓碎底層，向西北向傾倒 (北向分量多) 被震垮，傾倒方向與前次主震受損轉角騎樓柱及此次較大之地表加速度方向 (南北向) 吻合。震後已在建物西北側支撐型鋼，防止再傾倒 (圖 101、圖 102)。如圖 103 至圖 106 所示，花蓮統帥大樓前一次地震在夾層柱頂端與

底端已發生嚴重破壞，再經本次連續兩大餘震使其完全破壞。除 1F 轉角騎樓柱嚴重損害，部分柱梁主筋彎折嚴重，甚至構件被折斷，其梁柱接頭也與相連接之結構體斷開 (圖 107 至圖 109)。

台灣地震瞬息萬變數不勝數，地震災害後除了迅速進行緊急危險評估之外，仍需要高效率緊急支撐加固與拆除工程配合，本次花蓮地震之相關經驗，可提供未來防災及救災之參考。

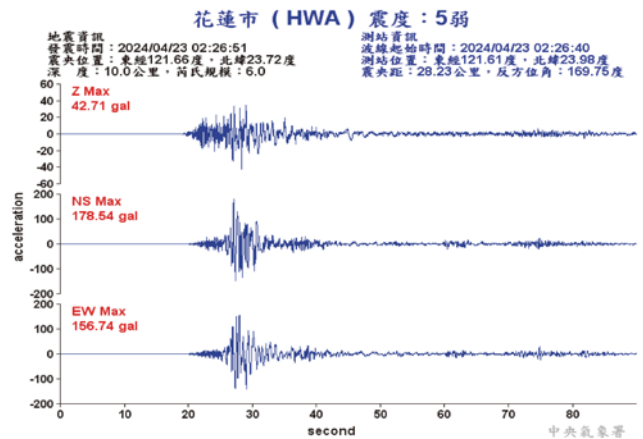


圖 80 0423.02:26 花蓮地震花蓮市測站 (HWA) 地表加速度歷時 (圖片來源：中央氣象署)

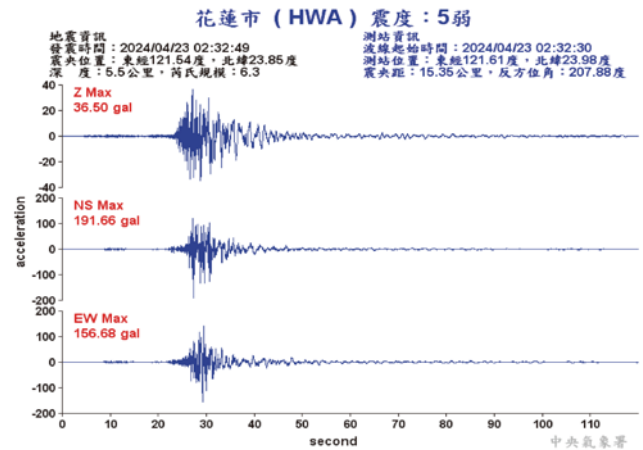


圖 81 0423.02:32 花蓮地震花蓮市測站 (HWA) 地表加速度歷時 (圖片來源：中央氣象署)

表 20 0423 勘災建物基本資料表

項次	建物名稱	位置 (花蓮縣)	竣工年份	構造概況	0403	0423	受損建物分類
18	藍天麗池飯店	花蓮市中正路 590 號	2000 年	RC 造 - 地上 12 層、地下 2 層	—	紅單	具軟弱層高樓
19	富凱大飯店	花蓮市中山路 154 號	1980 年	RC 造 - 地上 9 層、地下 1 層	—	紅單	具軟弱層高樓
20	地 6 攤牛排館後方廢棄工廠	吉安鄉自強路 367-1 號	—	RC 造 (加強磚造) - 地上 2 層	—	紅單	老舊街屋
21	菁華橋	23.981585, 121.616508	—	鋼構造	封橋	封橋	橋梁
22	曙光假期	壽豐鄉鹽寮村大坑 64 號	—	RC 造 - 地上 2 層	紅單	紅單	斷層錯動
23	東山安樂園門口建物	壽豐鄉山嶺 1 號	—	RC 造 - 地上 2 層	—	紅單	
24	柏油路面地裂錯動	23.914267, 121.600074	—	—	—	—	

表 21 0423 勘災建物距離與損害面向關係表

項次	建物名稱	距測站 HWA 距離 (m)	距震央距離 (km)		距近斷層距離 (m)		主要損害面向
			0423 02:26 M6.0	0423 02:32 M6.3	米崙	嶺頂	
18	藍天麗池飯店	529	27.44	13.88	71		向南傾斜
19	富凱大飯店	501	27.29	13.69	16		向南傾倒
20	地 6 攤牛排館後方廢棄工廠	2,645	28.14	13.76	2,160		向南傾斜
21	菁華橋	793	27.68	14.38	529		北側錯位
22	曙光假期	7,123	20.14	6.76		1,112	向東南傾倒
23	東山安樂園門口建物	7,158	24.27	6.58		740	向南傾倒
24	柏油路面地裂錯動	6,935	20.47	6.81		718	北－南

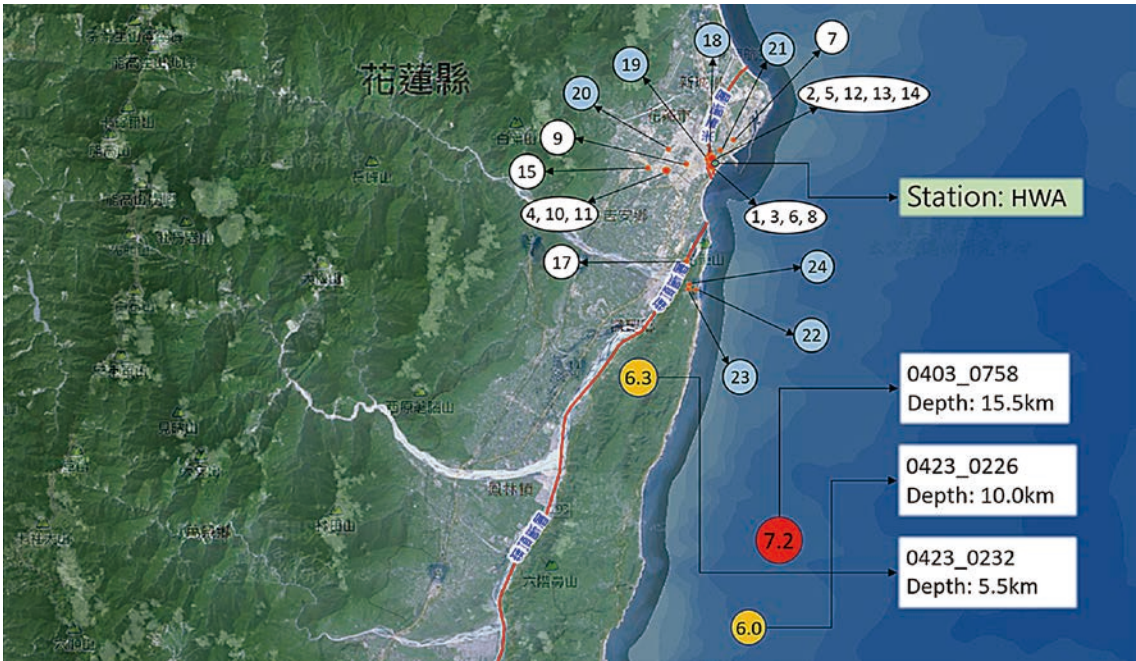


圖 82 0423 勘災標的物分佈圖（底圖來源：經濟部地質調查及礦業管理中心）



圖 83 0423 藍天麗池飯店東北側外觀



圖 84 0423 藍天麗池北側鋼構支撐



圖 85 0423 藍天麗池飯店柱體剪力破壞



圖 86 0423 藍天麗池飯店牆體剪力破壞



圖 91 菁華橋西側外觀



圖 87 0423 富凱大飯店嚴重傾斜 (攝影：林家宏)



圖 88 0423 富凱大飯店嚴重傾斜



圖 92 菁華橋北側橋端錯位



圖 89 0423 吉安鄉自強路廢棄工廠倒塌 (攝影：林家宏)



圖 93 菁華橋北側橋端東西向錯位約 86 cm



圖 90 0423 吉安鄉自強路廢棄工廠倒塌



圖 94 菁華橋北側支承錯動脫落



圖 95 0423 曙光假期崩塌外觀



圖 96 0423 曙光假期鄰近地表裂縫

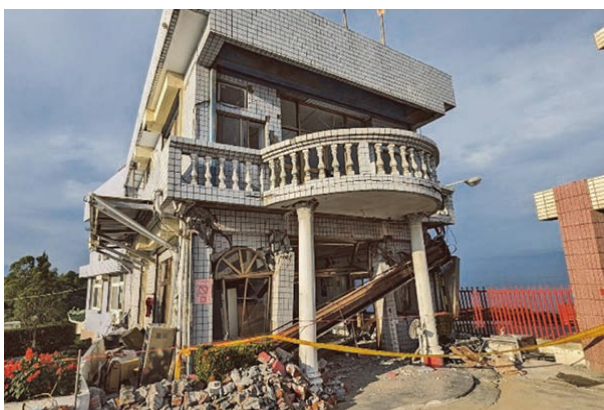


圖 97 0423 東山安樂園震損建物外觀



圖 98 0423 東山安樂園柱頂剪力破壞、主筋嚴重彎折



圖 99 0423 東山安樂園鄰近柏油路面裂縫



圖 100 東山安樂園鄰近柏油路面裂縫約 3 cm



圖 101 0423 統帥花蓮西北側震後外觀 (攝影：林家宏)



圖 102 0423 統帥花蓮大樓西側震後外觀 (攝影：林家宏)



圖 103 0423 統帥花蓮大樓夾層粉碎 (攝影：林家宏)



圖 104 0423 統帥花蓮大樓夾層粉碎



圖 108 0423 統帥花蓮大樓夾層嚴重損害 (攝影：林家宏)



圖 109 統帥花蓮大樓 1F 騎樓柱嚴重破壞

結語

本團隊兩次勘災之標的物合計共 19 處加強磚造或鋼筋混凝土構造物、1 處古蹟木構及 3 座橋梁，前述 20 處建物又可分為五大類型，分別為底層挑高夾層建物、具軟弱層高樓建物、老舊街屋、校舍及古蹟木構。

由主要震損較為嚴重之建築物可知主要為底層挑高建物及具軟弱層高樓建物為主。其中，高樓層建築物在本次地震中損壞明顯，亦與本次花蓮市測站反應譜在 1 秒週期前後之反應相符合。地震受損建物以底層挑高且具夾層之建築形式為最，另由損壞結果可發現，老舊建物低矮樓層老舊建築普遍有箍筋間距較大之情形、高樓層建築則多以窗間牆及梯間牆破壞為主。其中早期柱搭接於柱底端部，圓柱箍筋幾乎均未施作螺箍筋，且箍筋端部無彎鉤，聊勝於無的搭接完全無法提供足夠之抗剪強度及圍束作用，建議宜先列入震前補強對象。與過往震災之損壞構造物相比，比如 2016 年 0206 美濃地震台南維冠大樓及 2018 年 0206 花蓮地震雲門翠堤大樓倒塌，本次受損建物亦多集中於常見之底層挑高（增設夾層）、三角窗建築及平立面不規則偏心扭矩較大等情形，顯現結構系統對於建築物之耐震能力扮演極重要因素。除此之外，挑高夾層騎樓轉角柱震損嚴重之原因，研判因結構系統不佳，所以地震時可能承受最大軸力，又與本次近斷層垂直地震力較大有關，值得再深入探討研究。

我國位於板塊交界帶，地震係無可避免，期透過歷次震災之經驗記取教訓。期許國內政府、學界、業界與民眾共同面對地震挑戰，針對既有建物耐震能不足時加以耐震補強、新建建築在設計與施工品質加以提升，讓往後地震之災情能夠逐漸減少。



圖 105 0423 統帥花蓮大樓夾層粉碎 (攝影：林家宏)



圖 106 統帥花蓮大樓 1F 騎樓柱嚴重破壞



圖 107 0423 統帥花蓮大樓 1F 騎樓柱嚴重破壞 (攝影：林家宏)