

# 0121 楠西地震與 0403 花蓮地震特性之比較

施忠賢 理事長／台南市結構工程技師公會

## 摘要

本文以今年(2025年)0121楠西地震與去年(2024年)0403花蓮地震的相關測站歷時記錄與其加速度反應譜，試圖解釋加速度反應譜與建築物震損之關聯性，並與歷年耐震設計反應譜做比較。分析研究結果顯示，此兩次地震特性不同，其造成之損壞類型亦有所不同。

## 一、前言

臺灣位於全世界最多地震的環太平洋地震帶，而臺灣更地處於菲律賓海板塊與歐亞大陸板塊相互碰撞之樞紐點上，菲律賓海板塊不斷地向歐亞大陸板塊擠壓，此造陸運動迄今仍在進行，也持續引發頻繁的地震活動。臺灣自1897年開始設置第一套地震觀測站，並於1900年起即有記錄地震觀測資料。加速度反應譜是描述單自由度系統在不同自振週期和阻尼比在地震作用下的最大加速度反應，透過地震測站歷時記錄的加速度反應譜與歷年當地設計反應譜比較，除了可以了解該地震特性，也可以了解主要的震損模式。

我國內政部雖已於中華民國34年02月26日訂定公布建築技術規則，惟當時臺灣尚未光復，仍由日本統治，至民國63年2月15日建築技術規則修訂前之設計地震力，設計地震力未有嚴格執行之相關規定，故自民國63年2月15日起至86年6月5日止依據建築技術規則相關規定計算設計地震力。民國86年6月6日內政部頒布建築物耐震設計規範，才開始依據建築物耐震設計規範規定計算設計地震力，但未考量近斷層效應。1999年921集集大震之後，一直到民國95年版規範才考量近斷層效應。現行最新版規範為民國113年3月1日版，詳圖1。

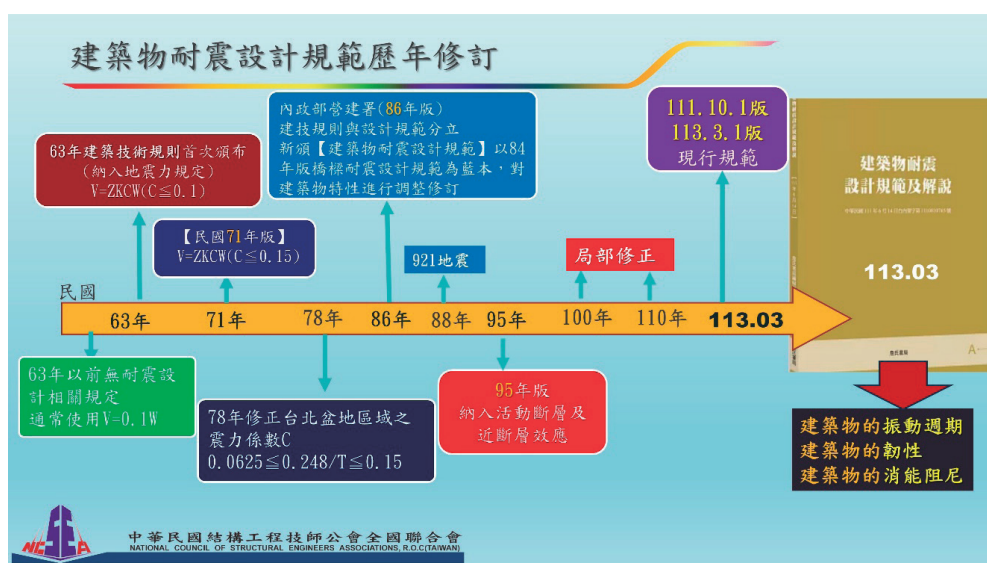


圖 1 建築物耐震設計規範歷年修訂示意圖  
(中華民國結構工程技師公會全國聯合會製作)

中央氣象局(現改為中央氣象署)於2020年1月1日起為強化震度與地震災害關聯性,除原PGA外,震度計算同時將PGV列入評估,對於超過震度4級(PGA 25~80 cm/sec<sup>2</sup>)之震度,改以PGV分級。震度越大災害越嚴重,大規模地震由於震動時間較長,震度4級的地區也有可能造成輕微的災害。通常震度4級以上即會造成民眾恐慌,而震度5弱(PGV 15~30 cm/sec)以上的地區即有機會發生災害,6弱(PGV 50~80 cm/sec)以上則可能造成顯著災害,最大震度7級(PGV >140 cm/sec)的地震將造成嚴重的災害。建議未來耐震設計規範修訂時可將工址PGV之影響予以納入考量。

今年(2025年)1月21日在嘉義縣與台南市交界處之曾文水庫附近發生一芮氏規模6.4之地震,中央氣象署隨即發布第114007號地震報告,詳圖2。當時推估之震央位於嘉義縣大埔鄉,最大震度為嘉義縣大埔6弱,故依慣例稱之為0121嘉義大埔地震。根據經濟部地質調查及礦業管理中心「20250121嘉義大埔地震地質調查報告」,該報告研判「此次地震相關參數與斷層特性指示地震與口宵里

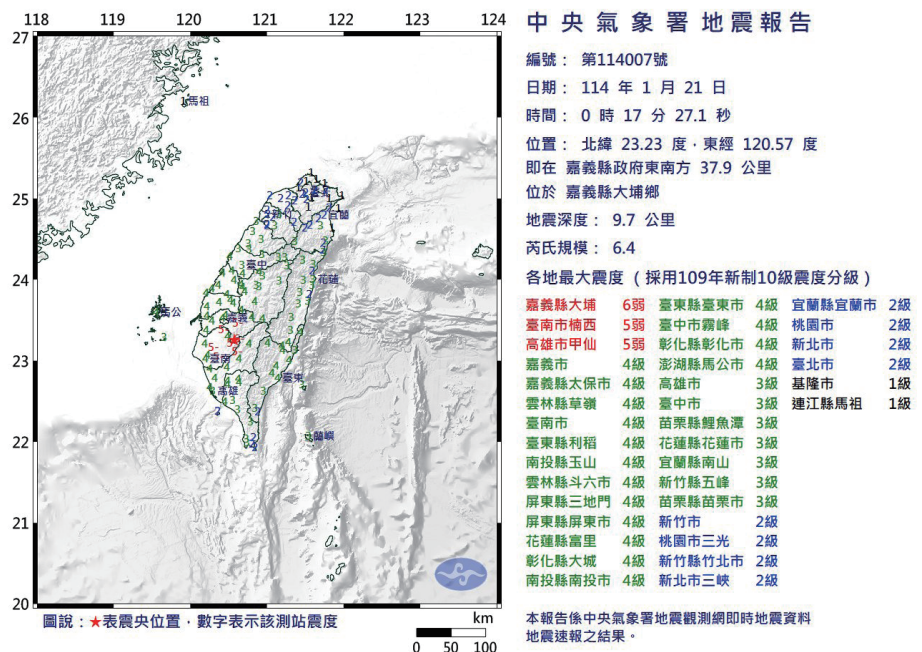


圖2 中央氣象署地震報告第114007號(第一版)  
(圖片來源：中央氣象署)

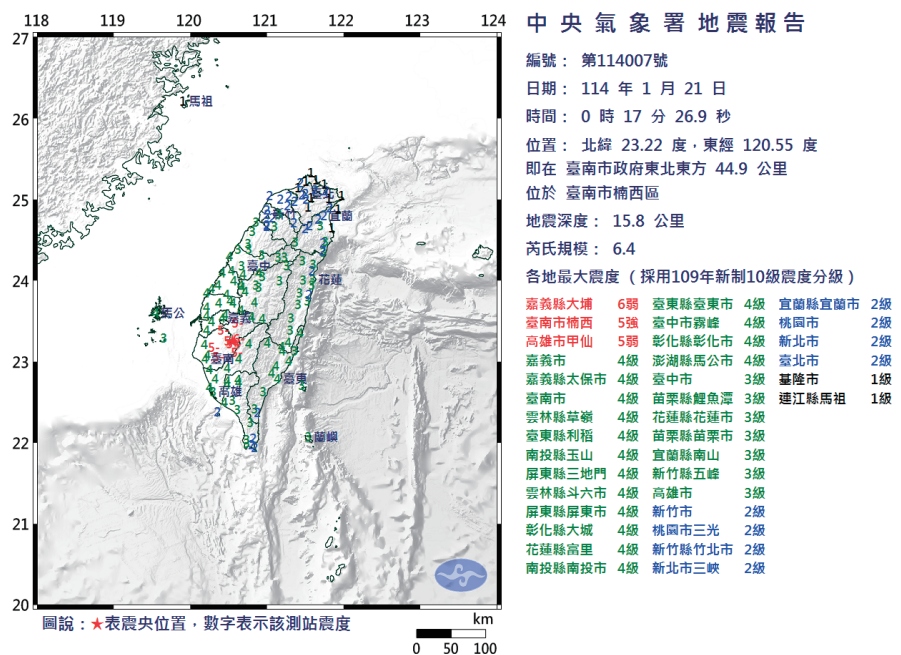


圖3 中央氣象署地震報告第114007號(更正版)  
(圖片來源：中央氣象署)

斷層無直接關係」<sup>[1]</sup>。惟中央氣象署於後來更正原地震報告,如圖3所示,震央位置修正位於臺南市楠西區,且楠西之震度亦由5弱修正為5強,故本文乃改稱本次地震為0121楠西地震,以符合歷年來地震名稱以震央行政區命名之慣例。



## 0121 楠西地震與 0403 花蓮地震特性之比較

表 1 地震基本概要表

地震事件	0403 花蓮地震	0121 楠西地震
發生時間	2024 年 4 月 3 日 7:58	2025 年 1 月 21 日 0:17
震央位置	花蓮縣近海	臺南市楠西區
地震規模( $M_L$ )	7.2	6.4
震源深度	15.5 公里	15.8 公里
最大震度	6 強 (花蓮縣和平)	6 弱 (嘉義縣大埔)
主要災損	<ul style="list-style-type: none"> <li>人員傷亡： 18 人死亡 1,155 人受傷</li> <li>建物毀損： 花蓮天王星大樓嚴重傾斜。 全台多處建物受損，出現紅黃單危樓。 蘇花公路中斷，多處山區發生嚴重坍方。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>人員傷亡： 無人死亡 有零星受傷報告</li> <li>建物毀損： 嘉南地區逾 1,800 棟房屋受損，其中楠西區超過 760 棟被列為紅黃單。 多為老舊磚造民宅內部損壞或外牆龜裂。</li> </ul>

表 1 為 0121 楠西地震與 0403 花蓮地震的基本概要表，根據中央氣象署的分類，均屬於震源深度 30 公里以內之極淺地震（very shallow earthquakes）。其中 0403 花蓮地震芮氏規模 ( $M_L$ ) 達 7.2，係臺灣自 1999 年 921 集集大震之後，規模最大的地震，引起國內外專家學者的關注。0403 花蓮地震由於多處山區發生嚴重坍方，造成人員傷亡較為嚴重，另位於花蓮市區的天王星大樓倒塌，更是全國民眾關心的焦點。而 0121 楠西地震震央及後續的餘震震央位置（詳圖 5），集中分布於口宵里斷層北端曾文水庫附近，建議可再進一步研究是否與該斷層或其他未知斷層相關。值得注意的是，口宵里斷層屬於第二類活動斷層（距今約 100,000 年內，更新世晚期活動斷層），並非現行建築物耐震設計規範必須考量的第一類活動斷層（距今 10,000 年內，全新世活動斷層），但屬於經濟部地質調查及礦業管理中心已公告 25 處活動斷層地質敏感區之一。未來耐震設計規範修

訂時，相關活動斷層地質敏感區是否亦需要予以納入考量？相信也會是一個重要的議題，建議有關單位可儘速研究是否應提升相關耐震設計規範之譜加速度係數。



圖 4 0403 花蓮地震天王星大樓倒塌

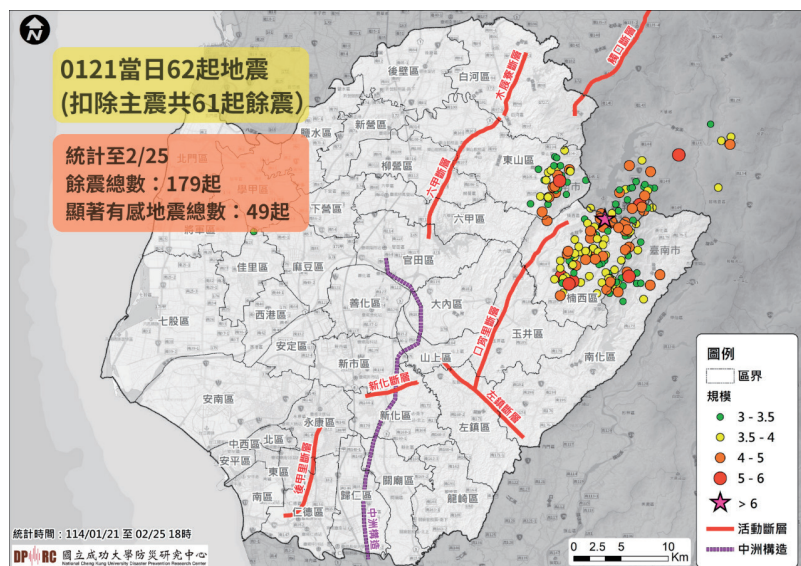


圖 5. 0121 楠西地震主震及其餘震震央位置圖  
（國立成功大學防災研究中心製作）

## 二、0403 花蓮地震 HWA 測站資料與反應譜分析

本文選取位於花蓮市區之 HWA 測站記錄(中央氣象署提供)進行分析,透過地震發生期間加速度計所測得的原始資料,經過反應譜分析後可獲取不同自振週期結構物之最大加速度反應。如圖 6 所示,其中 NS 向之最大地表加速度(PGA)達 458.01 gal,故選取該向反應譜與歷年設計反應譜進行比較,詳

圖 7。可以發現在週期 0.3 秒、0.6 秒附近及 0.8 秒~1.15 秒範圍,均已超過現行最大考量地震(Maximum Credible Earthquake, MCE)設計反應譜,在週期 0.3 秒附近及 0.5 秒~1.3 秒範圍,均已超過現行設計地震(Design Basis Earthquake, DBE)設計反應譜。另外對尚未考量近斷層效應之早期耐震設計或建築技術規則,顯示此向地震水平加速度反應將大量超越當年之設計反應譜。

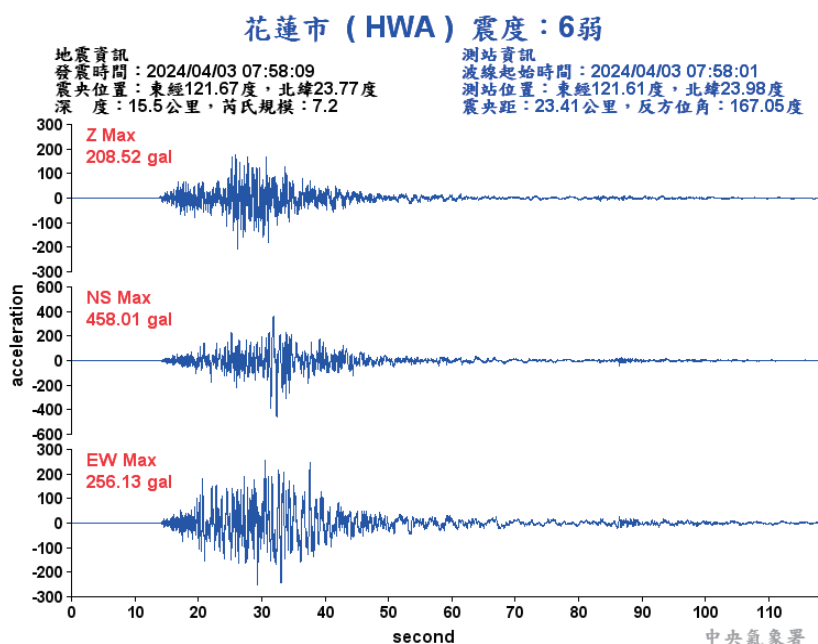


圖 6 0403 花蓮地震花蓮市測站(HWA)地表加速度歷時記錄  
(圖片來源：中央氣象署)

### 花蓮市HWA測站實測反應譜與歷年設計規範反應譜比較

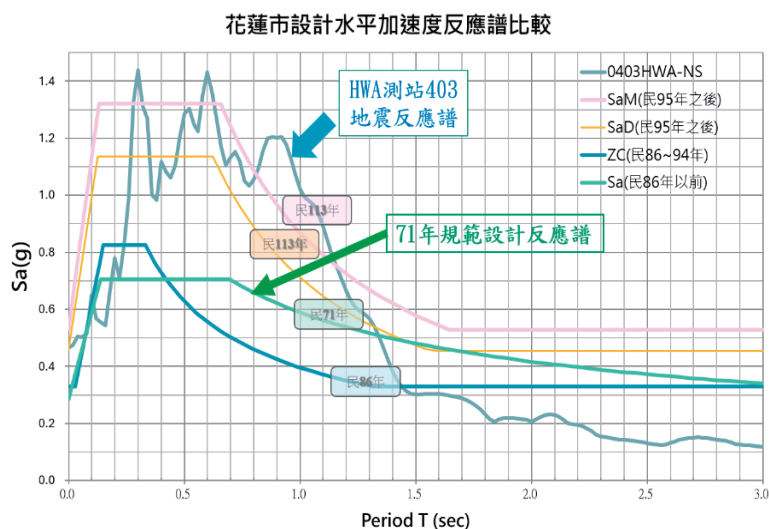


圖 7 0403 地震 HWA 測站 NS 向加速度反應譜與歷年設計反應譜之比較  
(中華民國結構工程技師公會全國聯合會製作)



### 三、0403 花蓮地震主要建築物震損

0403 花蓮地震，尤以距離震央最近之花蓮縣花蓮市區及吉安鄉災情最為嚴重，根據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。受損建物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。

如表 2 所示<sup>[2]</sup>，這些嚴重受損的建物，大都是具挑高夾層或軟弱層，即俗稱軟腳蝦的建物。另由主要損壞建物的樓層高度可以發現本次震害可分為樓高 4~6 層之建物，及 10~17 層之建物兩大群，其對應之自振週期與水平加速度反應譜分析結果亦相吻合。另外，從主要震

表 2 0403 花蓮地震主要建築物震損表

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
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
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	
3	北濱街 6 號	花蓮市北濱街 6 號	1988 年	RC 造 - 地上 5 層	紅單	
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	
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	
6	博愛街 52 號	花蓮市博愛街 52 號	-	RC 造 - 地上 5 層	紅單	
7	翰品酒店	花蓮市永興路 2 號	1981 年	RC 造 - 地上 10 層	紅單	
8	更生日報	花蓮市五權街 36 號	1970 年	RC 造 - 地上 6 層	黃單	
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	
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
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	
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	
13	鋼管紅茶	花蓮市中山路 201 號	-	RC 造 (加強磚造) - 地上 4 層	紅單	老舊街屋
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

損建築物之竣工年份可以發現沒有超過 2000 年之建物，可見在 921 集集大地震之後，不管是耐震設計規範的改進或是整體施工品質，均已有了長足進步，至少可以度過這次規模 7.2 的地震作用。本次倒塌的天王星大樓其實在 2018 年 0206 花蓮地震其結構已經受損，但未進行結構補強，不幸於本次地震倒塌，反觀其旁另一棟

一樣在 2018 年 0206 花蓮地震結構也受損之建物，由於進行耐震補強設計及施工，本次地震則未損壞。統帥花蓮大樓在餘震傾倒前（詳圖 8）結構已嚴重受損（詳圖 10~圖 12），但未施作緊急支撐，於餘震中倒塌（詳圖 9），此案例除了提醒民眾正視餘震的危險性也說明了緊急支撐的必要性。

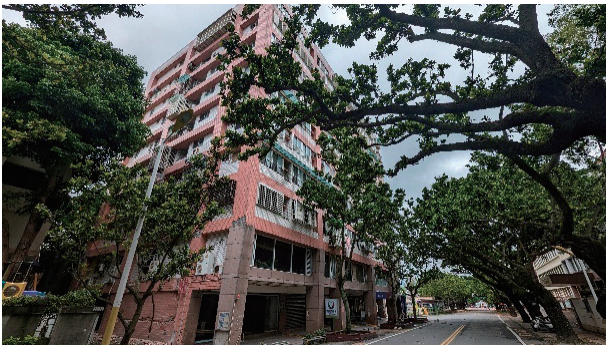


圖 8 0403 地震統帥花蓮大樓餘震倒塌前

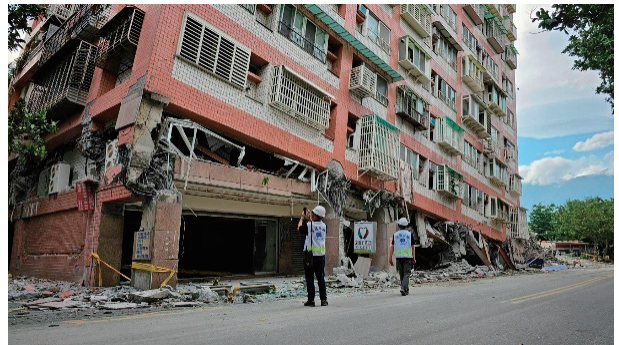


圖 9 0403 地震統帥花蓮大樓餘震後倒塌

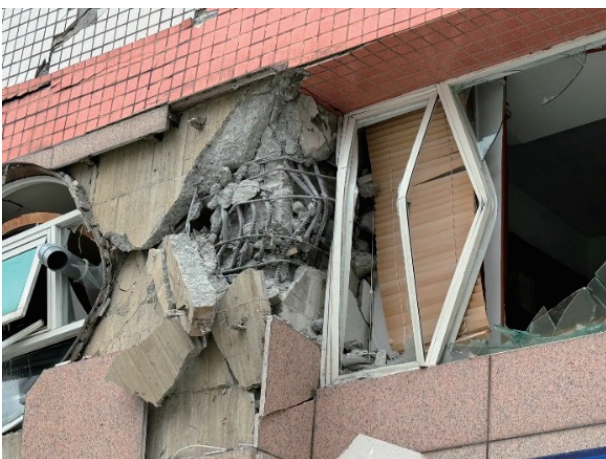


圖 10 短柱剪力破壞、主筋挫曲



圖 11 柱爆裂主筋挫曲呈洋蔥狀



圖 12. 轉角柱損壞嚴重



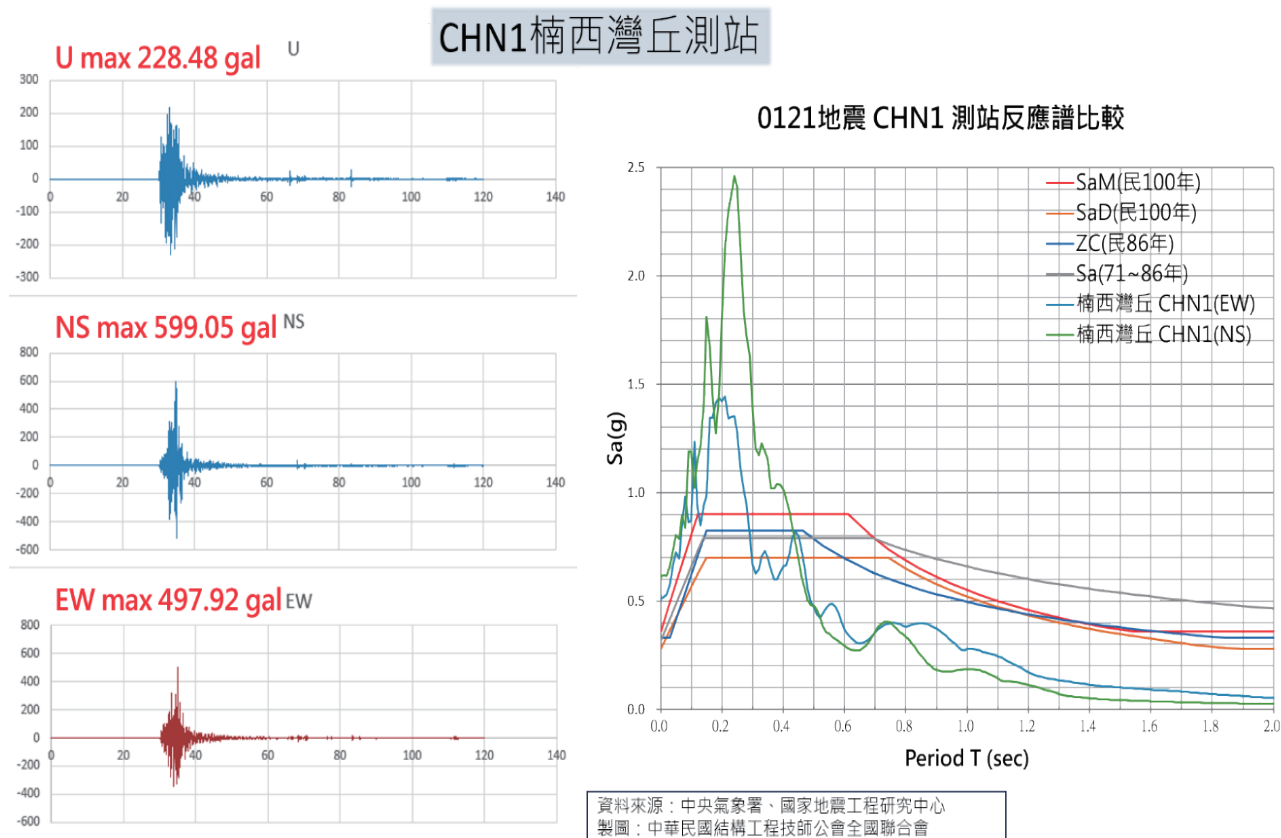


圖 13 0121 楠西地震 CHN1 測站各向歷時與水平向加速度反應譜

#### 四、0121 楠西地震相關測站資料與反應譜分析

本文選取位於台南市楠西區灣丘之 CHN1 測站記錄（中央氣象署提供）進行分析。如圖 13 所示，其中 NS 向之最大地表加速度 (PGA) 達 599.05 gal，EW 向之最大地表加速度 (PGA) 達 497.92 gal，故選取其雙向反應譜與歷年設計反應譜進行比較。可以發現在週期 0.4 秒以內範圍，NS 向歷時反應譜均已大幅超過現行設計地震 (DBE) 設計反應譜及最大考量地震 (MCE) 設計反應譜，EW 向歷時反應譜在週期 0.3 秒以內範圍亦已大幅超過現行設計地震 (DBE) 設計反應譜及最大考量地震 (MCE) 設計反應譜。另外對尚未考量近斷層效應之早期耐震設計或建築技術規則，顯示此雙向地震水平加速度反應亦已大量超越當年之設計反應譜。

玉井區在 111 年版之前的建築物耐震設計規範須考慮新化斷層，但因為距離該斷層較遠，在 111 年版建築物耐震設計規範被刪除，

未來規範修訂時，尤其低矮樓層短週期設計地震力，建議楠西區及玉井區可納入口宵里斷層之影響。

#### 五、0121 楠西地震主要建築物震損

由相關加速度反應譜分析可知，0121 楠西地震，對三層以下之低矮建物影響最大，尤以距離震央最近之台南市楠西區災情最為嚴重，不幸的是，楠西區幾乎全區均為 3 層以下之低矮建物，且尚存在大量木竹磚石土造之傳統建物及三合院，幾乎半數的住戶都申請緊急評估。除了之傳統建物本身耐震能力不佳而嚴重受損外，如圖 14~ 圖 17 所示，早期加強磚造之震損可大致分為騎樓柱頂彎壞、橫向牆體面內剪力裂縫及頂樓 1/2B 磚牆亦嚴重面外倒塌等震損。唯一受損較嚴重之大樓只有位於玉井區之文化大廈，該大樓一樓作為停車場使用，亦為典型具底層軟弱層之軟腳蝦建物，詳圖 18。



圖 14 騎樓柱頂混凝土剝落



圖 15 轉角騎樓柱頂混凝土完全碎落



圖 16 頂樓 1/2B 磚牆傾倒



圖 17 橫向牆體面內剪壞



圖 18 玉井文化大廈

表 3 0121 楠西地震楠西區損壞評估統計表

楠西區	紅單拆除		紅單修繕		黃單拆除		黃單修繕	
分級 (元)	件數	小計 (元)	件數	小計 (元)	件數	小計 (元)	件數	小計 (元)
≤300,000	5	982,081	35	7,519,910	2	326,477	402	62,379,934
≤600,000	15	6,731,841	76	32,718,837	1	519,075	133	55,228,456
≤1,000,000	6	4,468,651	32	24,219,350	2	1,400,070	28	20,207,724
≤1,500,000	5	5,651,254	12	14,112,547	1	1,155,857	3	3,905,779
≤2,000,000	1	1,767,636	2	3,130,187	-	-	1	1,788,152
合計	32	19,601,463	157	81,700,831	6	3,401,479	567	143,510,045



表 4 0121 楠西地震台南市損壞評估統計表

結構技師公會		建築師公會		土木技師公會		總計	
件數	修繕評估費用 (元)	件數	修繕評估費用 (元)	件數	修繕評估費用 (元)	件數	修繕評估費用 (元)
762	248,213,818	479	230,311,219	591	185,291,463	1,832	663,816,500

本次 0121 楠西地震由土木技師公會、建築師公會及結構技師公會等三大公會分工合作，共同協助台南市政府進行震後緊急評估、損壞評估及複評。如表 3 所示依修繕經費分級，台南市結構技師公會在楠西區勘查後紅黃單共 762 件（約為總戶口數之 1/4），損壞評估金額共 248,213,818 元。台南市各區（由土木技師公會、建築師公會及結構技師公會等三大公會分工合作）合計則共 1,832 件，損壞評估金額共 663,816,500 元（詳見表 4），平均而言，每件約 36 萬 2 千餘元。

## 六、結論

921 集集大地震前設計之老舊建築物，因當時設計之耐震標準較低、施工不夠嚴謹導致其耐震能力先天不足。既存結構系統不良建築物，例如天王星大樓具底層挑高形成所謂軟腳蝦之軟弱層建物耐震能力不佳，更是在前次地震中即已受損卻未經妥善補強，所以經不起本次的大地震作用而倒塌。具軟弱底層之老舊建築應儘速處理。921 以後設計施工之建物則相對耐震，現行規範對花蓮市區而言，從相關勘災震損統計可知至少已符合 0403 花蓮地震力之要求。

而 0121 楠西地震其地震反應譜顯示短週期反應極大，對高樓層較長週期建物反而較無影響，此特性對低矮樓層建物影響較大，未來規範修訂時，尤其是低矮樓層短週期之設計地震力，建議鄰近口宵里斷層之行政區，如楠西區及玉井區可納入口宵里斷層之影響。

## 參考文獻

- [1] 20250121 嘉義大埔地震地質調查報告，經濟部地質調查及礦業管理中心，中華民國 114 年 3 月，pp. 12
- [2] 花蓮災區建築物及橋梁勘災報告，施忠賢／楊耀昇／吳嘉偉／吳秉洋／賴昱志／陳皇佐，DOI: 10.6653/MoCICHE.202405\_51(2B).0001 土木水利·51 卷特刊(20240501)·pp. 3-29 