

建築結構面臨自然災害之挑戰

II

摘要

臺灣地理環境特殊，地震頻繁，且幾乎年年春夏兩季颱風來襲。本文藉由近年地震與今年（2025）7月6日登陸嘉義布袋的丹娜絲（DANAS）颱風，探討建築結構面臨地震及颱風等自然災害之挑戰。今年1月21日，嘉南地區發生規模6.4強震，震央在臺南市楠西區，餘震則主要分布於嘉義縣大埔鄉及臺南市楠西區。該地區鄰近觸口斷層、六甲斷層及口宵里斷層等活動斷層。由於當地建築類型超過四分之三屬屋齡30年以上之低矮或傳統建物，耐震能力普遍不足，造成嘉南地區四千多棟房屋毀損，楠西逾半房屋受災，超過四分之一建築淪為紅、黃單危險建物，災情最慘重。此次地震震損與2016年0206美濃地震、2018年0206花蓮地震及2024年0403花蓮地震類型亦不同，值得探討。

今年7月6日深夜丹娜絲颱風中心登陸嘉義布袋，翻開百年來的颱風紀錄，颱風在嘉義布袋登陸，無論是路徑還是登陸點，都非常罕見。由於風力太大，造成鄰近八掌溪南北兩岸區域災情嚴重。根據中央災害應變中心統計，全國2人死亡，726人受傷，停電約98萬戶，農業產物及民間設施估計損失超過32億元。針對此次風災較嚴重的臺南北門、學甲、後壁及嘉義布袋等地區，相關受損之電力設施及建築物等之防颱抗風能力，有加以探討如何增強，以提升區域整體防災能力之必要。

1、前言

臺灣位於全世界最多地震的環太平洋地震帶及副熱帶地區，不但地震頻繁，且幾乎每年均遭受颱風侵襲，是天然災害的高風險區域。臺灣東邊鄰廣大的太平洋，而南邊的南海至菲律賓附近洋面上經常有低壓帶形成，均為孕育颱風的溫床，當颱風生成後，大多沿著太平洋副熱帶高壓邊緣（即西北方向）移動，故自古以來一直是颱風必經之路，在夏秋兩季經常受到颱風侵襲而發生災害。另外，由於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。

1895年日本開始統治臺灣後，在1896年選定了臺北、臺中、臺南、臺東及澎湖等五個地點設立第一批現代化的氣象站。其中，臺南測候所（現在的國定古蹟「原臺南測候所」，位於氣象局南區氣象中心旁），於1896年設立，並從1897年1月1日開始正式的氣象觀測。這些觀測資料就包含了每日的降雨量、風速、風向、氣溫及氣壓等數據，並且自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。

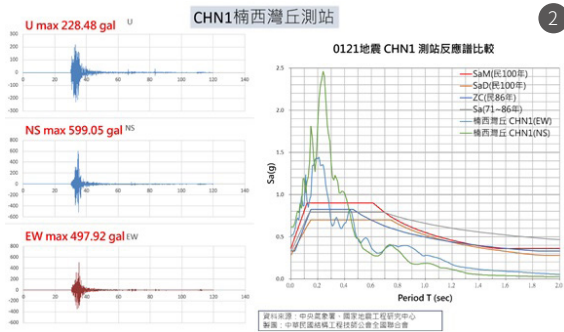
2、0121 楠西地震相關測站資料與反應譜分析
整個嘉南地區本就是臺灣西部地震活動最頻繁的區域之一，這是菲律賓海板塊與歐亞大陸板塊碰撞擠壓的直接結果。

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（Peak Ground Acceleration，最大地表加速度）外，震度計算同時將PGV（Peak Ground Velocity，最大地表速度）列入評估，對於超過震度4級（PGA 25~80 cm/sec²）之震度，改以PGV分級，震度越大通常災害也越嚴重。

今年（2025年）1月21日在嘉義縣與臺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地震報告。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，故依慣例稱為0121嘉義大埔地震。惟中央氣象署於後來更正原地震報告，震央位置修正為臺南市楠西區，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。

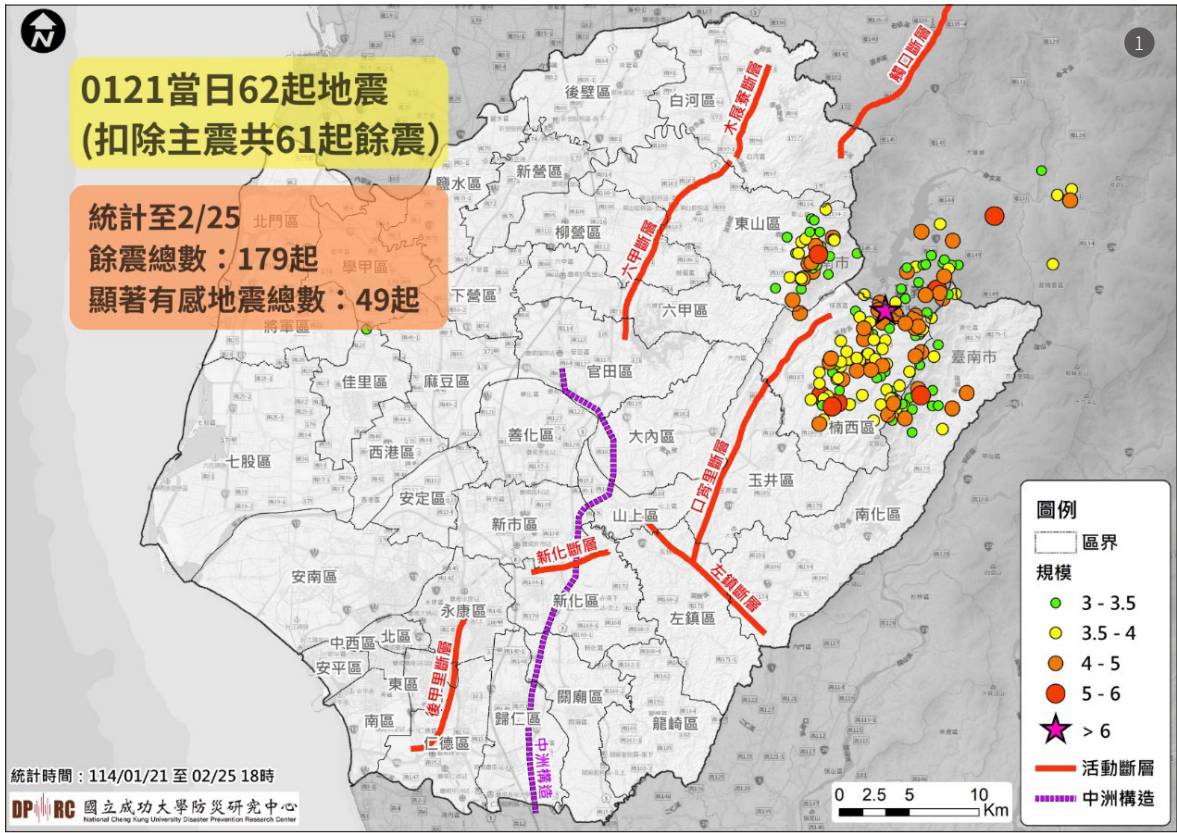
表1為0121楠西地震的基本概要表，根據中央氣象署的分類，屬震源深度30公里以內之極淺地震。0121楠西地震震央及後續的餘震震央位置（詳圖1），集中分布於口宵里斷層北端曾文水庫附近，建議可再進一步研究是否與該斷層或有其他未知斷層相關。值得注意的是，口宵里斷層並非現行建築物耐震設計規範必須考量的第一類活動斷層（距今一萬年內，全新世活動斷層），但屬於經濟部地質調查及礦業管理中心已公告25處活動斷層地質敏感區之一。建議未來耐震設計規範修訂時，相關活動斷層地質敏感區之設計地震力可酌予納入考量。

表 1. 地震基本概要表	
地震事件	0121 楠西地震
發生時間	2025 年 1 月 21 日 0:17
震央位置	臺南市楠西區
地震規模 (M _L)	6.4
震源深度	15.8 公里
最大震度	6 弱 (嘉義縣大埔)
主要災損	嘉南地區逾 1,800 棟房屋受損，其中楠西區超過 920 棟被列為紅黃單。多為老舊磚造民宅內部損壞或外牆龜裂。



② 0121 楠西地震 CHN1 測站各向歷時與水平向加速度反應譜 (施忠賢繪製)

本文選取位於臺南市楠西區灣丘之 CHN1 測站記錄 (中央氣象署提供) 進行反應譜分析。如圖 2 所示，其中東西 (EW) 向及南北 (NS) 向之最大地表加速度 (PGA) 均已超過 400 gal，並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 (Design Basis Earthquake, DBE) 設計反應譜及最大考量地震 (Maximum Credible Earthquake, 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 DBE 設計反應譜及 MCE 設計反應譜。另外與早期耐震設計規範或建築技術規則比較，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。



① 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)



③0206 美濃地震維冠金龍大樓震後南側外觀 (施忠賢攝)

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，但在 111 年版建築物耐震設計規範被刪除，建議未來規範修訂時，尤其針對短週期之低矮樓層設計地震力，楠西區及玉井區可納入苧里斷層之影響。

3、0121 楠西地震主要建築物震損特性

近幾年臺灣有發生造成大樓倒塌的地震包括 2016 年 0206 美濃地震、2018 年 0206 花蓮地震及 2024 年 0403 花蓮地震。這幾次地震都發生大樓倒塌，其中 0206 美濃地震造成多棟倒塌，維冠金龍大樓 (圖 3) 倒塌造成 115 人死亡，是臺灣單一建築倒塌死亡人數最多的案例。0206 花蓮地震亦造成雲門翠堤 (圖 4) 等大樓倒塌或損壞，

4



5



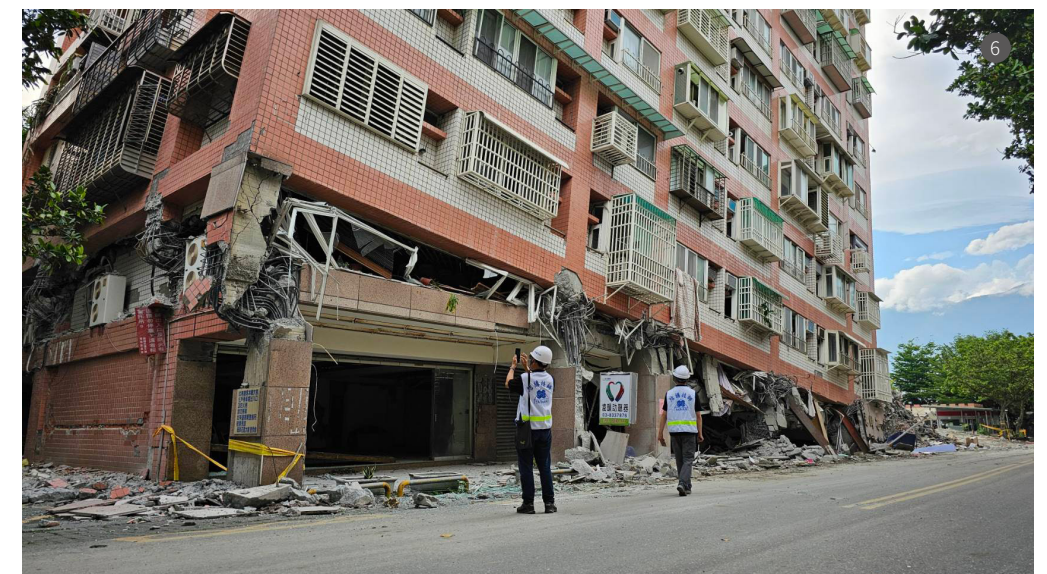
0403 花蓮地震則造成天王星大樓（圖 5）等多棟大樓倒塌或損壞。這些倒塌或貼紅單的大樓興建年代均屬 921 集集大地震之前，且幾乎都是具軟弱底層之所謂軟腳蝦大樓。我們研判 921 集集大地震以後不論設計或施工品質均相對耐震，另外，依現行規範補強設計施工的建築物，亦幾乎無發生嚴重震損，現行耐震設計規範從相關勘災震損統計可知至少已符合近年地震力之要求。

0403 花蓮芮氏規模 M_L 7.2 大地震後 20 日，於 4 月 23 日凌晨又發生兩起規模大於 6 之地震，兩起地震皆為南北向加速度較大，且地震深度為 10 公里以內之淺層地震。0403 震後花蓮統帥大樓已受損嚴重，使建築物向北傾斜。0423 餘震後花蓮統帥大樓之結構嚴重損壞已無法抵抗地震力，最終壓碎底層，向西北北方向傾倒（圖 6），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吻合。這個案例顯示地震後三週內尚可能發生已受損之建築物倒塌之餘震，如無適當緊急支撐加固，不宜冒險進入。

④0206 花蓮地震雲門翠堤大樓震後西南側外觀（施忠賢攝）

⑤0403 花蓮地震天王星大樓震後南側外觀（施忠賢攝）

⑥花蓮統帥大樓 0423 餘震倒塌後東側外觀（林家宏攝）





由圖 2 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，但對 4 層以上之樓房影響不大，尤以距離震央最近之臺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。圖 7 為磚造灣丘公廨各向牆體嚴重震裂照片，除了傳統建物本身耐震能力不佳而嚴重受損外，如圖 8～圖 9 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 10。

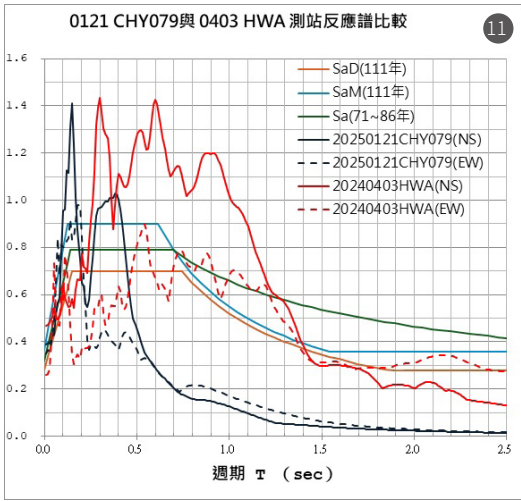
⑦磚造灣丘公廨各向牆體嚴重震裂（施忠賢攝）
⑧轉角騎樓柱頂混凝土完全碎落（施忠賢攝）
⑨頂樓 1/2B 磚牆傾倒（施忠賢攝）
⑩玉井文化大廈（施忠賢攝）



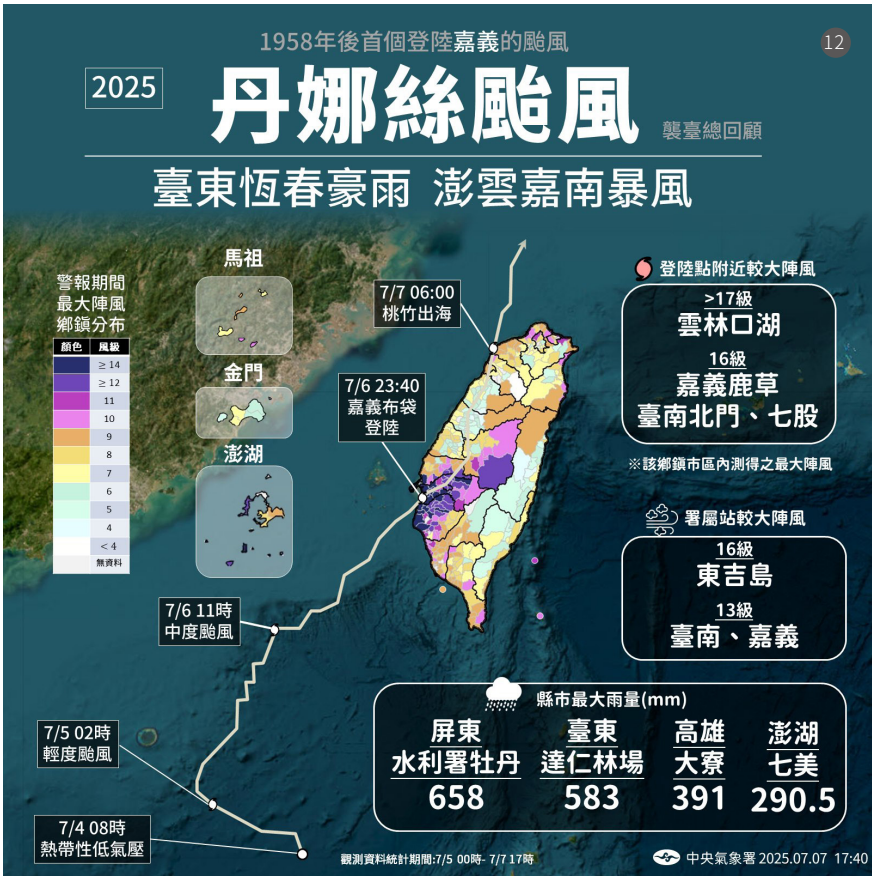
圖 11 為 0121 楠西地震 CHY079 測站與 0403 花蓮地震 HWA 測站水平向加速度反應譜之比較，很明顯可以看出此兩地震的主要週期內涵有所差異，0403 花蓮地震影響中高樓層建築物比 0121 楠西地震來得明顯，但 0121 楠西地震對低矮建築物結構之影響則相對嚴重。

4、丹娜絲颱風相關災情

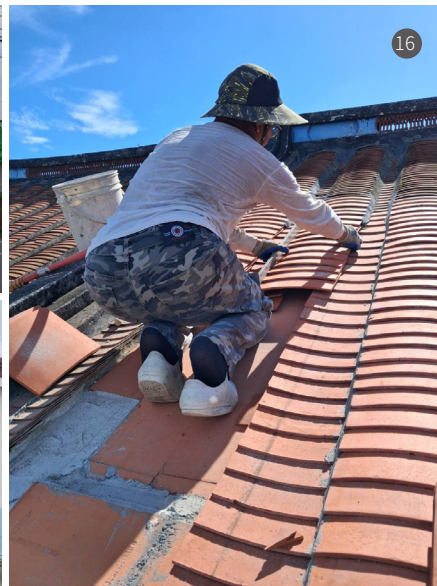
今年 7 月 5 日丹娜絲颱風於臺灣西南西方海面生成後向北北東移動，於 6 日夜間登陸嘉義布袋，詳圖 12。丹娜絲是自 1958 年氣象署有紀錄以來，首個從嘉義登陸的颱風，此外，不僅沿海空曠地區之蚵寮及七股出現 16 級 (51 m/sec) 以上的強陣風，颱風中心向東北移動時，臺南站、嘉義站更皆出現 13 級的強陣風，為臺南站 1897 年設站以來第三大的陣風紀錄 (41.1 m/sec)。



⑪0121 楠西地震 CHY079 測站與 0403 花蓮地震 HWA 測站水平向加速度反應譜比較（施忠賢繪製）



⑫丹娜絲颱風路徑圖（圖片來源：中央氣象署）



除位於八掌溪北岸的嘉義布袋、東石傳出災情，鄰近八掌溪南岸的臺南市北門、學甲及後壁等區亦災情嚴重，到處可見傳統屋頂屋瓦被強風破壞（圖 13），由於災區缺工缺料，居民大多以帆布緊急防護，後續豪雨不斷，一般帆布耐用性不佳。圖 14 是採用較厚的帆布並有加強固定設施，效果較佳。到了今年 9 月，颱風雖然已經過了 2 個月，但屋瓦工程尚在如火如荼進行中，一般以鋼浪板取代原傳統仰合瓦，建議可採造型鋼瓦，同時兼具減重及美觀（圖 15）。少數買得到材料找到匠師的屋主仍選擇原仰合瓦（圖 16）或水泥瓦（圖 17）修復。

另位於北門海邊的南鯤鯓代天府木造大牌樓因四周空曠，首當其衝，由於風昇力及側向力的同

時作用，應聲倒下（圖 18）。附近的蚵寮測站測得最大陣風風速 55.1 m/sec 達 16 級，附近之電線桿亦整排傾斜甚至傾倒，可見風力之大。南鯤鯓代天府面闊六柱五間，進深一間（單跨），共 12 柱，最大柱徑 81.8cm，柱高 14m，為全台最大木構大牌樓。由溪底派王益順堂侄子（堂弟王媽帶之子）王錦木匠師於民 69 年設計，民 71 年動工，民 74 年 3 月完工。因為相對於進深而言，樓高實在太高，越高風速越快，且歇山屋面會加速，側風壓又更小，反之屋面下二通三瓜疊斗極高，風速慢，側壓大（白努利定律），研判局部棟架被吹到龍邊前排先抬升飛起來，風力真的太大，層層屋頂疊斗密密麻麻，迎風面又太大，於是側風力也極大。



- ⑬傳統仰合瓦屋面加鋪帆布固定不佳（臺南市後壁區，2025 年 9 月施忠賢攝）
- ⑭傳統仰合瓦屋面加鋪臨時帆布並加強固定（臺南市後壁區，2025 年 9 月施忠賢攝）
- ⑮傳統仰合瓦屋面改鋪金屬瓦（臺南市後壁區，2025 年 9 月施忠賢攝）
- ⑯以傳統仰合瓦重鋪（臺南市學甲區，蔡德瑞匠師提供）
- ⑰水泥屋面瓦修復並上漆（臺南市後壁區，2025 年 9 月施忠賢攝）
- ⑱南鯤鯓代天府大牌樓倒塌（2025 年 7 月施忠賢攝）
- ⑲南鯤鯓代天府大牌樓明間疊斗高達 6 斗（2016 年 5 月施忠賢攝）



⑩菁寮聖十字架堂聖殿金字塔型角錐屋面板及屋面瓦飛落（2025 年 9 月施忠賢攝）

⑪國定古蹟「臺灣府城城門及城垣殘跡」之南門段城垣殘跡局部崩塌（2025 年 9 月施忠賢攝）

⑫國定古蹟馬宮古城局部崩塌（2025 年 8 月施忠賢攝）

未來重建時應設法將力量傳到基礎，如改善木柱基礎，應可防止受風力作用，避免柱子被拉抬上升而傾倒。廟方過去曾因應土壤液化做過地盤改良，這對「抗震」可能有用，但對抵禦強巨大風則無效益。

另外，位於後壁的菁寮聖十字架堂，教堂建物由方濟會德國籍創堂神父楊森（Father Eric Jansen）委託德國建築師哥特佛萊德·波姆（Gottfried Böhm）所設計，於 1956 年聖誕節設計完成，波姆於 1986 年獲得普利茲克建築獎，其聖殿金字塔型包鋁皮瓦屋頂亦遭強風所破壞（圖 20）。

颱風除了強風通常也伴隨著豪雨，本次颱風因豪雨沖刷及積水作用，國定古蹟「臺灣府城城門及城垣殘跡」之南門段城垣殘跡及媽宮古城均因豪大雨而局部坍塌，未來修復時應特別加強排水設計。



5、結論

臺灣地理位置特殊，幾乎每年都會受到大地震與強颱等自然災害的挑戰，低矮傳統建築或街屋結構因為耐震能力不足，一旦受到如 0121 楠西地震這種短週期為主的地震作用，損壞將極其嚴重。另一方面傳統屋瓦抗風能力不佳，重量又重，受地震作用時，慣性力亦較大，如改鋪較輕之金屬瓦，可同時解決耐震及抗風這兩大問題，不失為可行方案，惟屋瓦宜選用較接近原屋瓦風貌者為佳。

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，如同時具軟弱底層應儘速處理。0121 楠西地震相關反應譜分析顯示其短週期反應極大，對高樓層較長週期建物反而較無影響，針對此特性，未來規範修訂時，建議鄰近口宵里斷層之行政區，如楠西區及玉井區低矮樓層之設計地震力，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，p. 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

