

臺灣校舍耐震補強暨 0206 花蓮地震之校舍表現

The School Building Reconnaissance Report in 0206 Hualien Earthquake

蔣佳懋¹、林筱菁²、林佳蓁³、陳孟妘⁴、鍾立來⁵、黃世建⁶

¹ 國家地震工程研究中心 專案技術員 E-mail: jhjiang@narlabs.org.tw, 02-6630-0238

² 國家地震工程研究中心 專案技術員

³ 國家地震工程研究中心 專案助理技術師

⁴ 國家地震工程研究中心 專案技術員

⁵ 國家地震工程研究中心 副主任

⁶ 國家地震工程研究中心 主任

摘要

2018 年 2 月 6 日臺灣時間 23 點 50 分發生芮氏規模 $M_L 6.2$ 的地震，震央位於花蓮縣政府北偏東方 18.3 公里(花蓮縣立霧溪東北方出海口)，震源深度僅 6.3 公里，全臺明顯感受到地震的搖晃，其中又以花蓮縣花蓮市及宜蘭縣南澳鄉震度最大為 7 級。為了解本次地震花蓮校舍耐震能力之表現，財團法人國家實驗研究院國家地震工程研究中心蒐集與彙整多方資訊，統計花蓮縣校舍震損情形，並進一步探討補強之有效性。經統計花蓮縣校舍震後表現，計有 29 校 57 棟校舍出現震損，占其所在鄉鎮公立國中小總校舍棟數的 8.6%，表示該區域大多數校舍並無災情發生，且在 57 棟震損校舍中，大多數為櫥櫃教具損壞或傾倒、輕鋼架天花板損毀等非結構性損傷，對於建築物耐震能力並無損傷，待修復完成後即可立即恢復其使用功能，未有校舍嚴重損害或倒塌。

本文除統計花蓮縣校舍震後表現外，亦針對損壞校舍探討其原因，期望提供未來執行耐震補強工程參考，強化耐震補強之有效性。

關鍵字: 0206 花蓮地震、校舍、耐震補強

Abstract

A major earthquake with magnitude of ML 6.0 occurred in Hualien City at 11:50PM on Feb. 6, 2018. According to the report from the Central Weather Bureau (CWB), the epicenter of the mainshock was north by east of Hualien County Government building about 18.3 km. The focal depth was 10 km. The earthquake was felt all over the island of Taiwan. The largest seismic intensity was up to 400gal above at Hualien City and Nan-ao Township. In order to understand the Hualien school buildings on 0206 Hualien Earthquake, National Center for Research on Earthquake Engineering collected the school building data after 0206 Hualien Earthquake. According to the data, 57 buildings in 29 schools were damaged. It accounts for 8.6 percent of all school buildings in the townships with damaged buildings. In other words, many school buildings were safe in 0206 Hualien Earthquake. The major types of building damage was nonstructural damage including overturning of cabinets due to lack of quakeproof anchorages, and excessive deformation or falling of light suspension ceilings.

In addition to analysis of the school buildings in 0206 Hualien Earthquake, the paper also discusses the cases of the damaged buildings. The objective is to upgrade the retrofitting construction.

Key Words : 0206 Hualien Earthquake, school building, strategy of seismic upgrading.

一、前言

臺灣位於歐亞大陸板塊和菲律賓海板塊交界處，屬於太平洋火環的一部分，依據經濟部中央地質調查所公告，臺灣總計 33 條活動斷層，其中 20 條屬第一類活動斷層；13 條屬第二類活動斷層，都具有錯動之可能，因此臺灣與地震的關係密不可分，我們應學習如何與地震和平共處。

1999 年 9 月 21 日上午 1 時 47 分一陣天搖地動，驚醒了睡夢中的臺灣人與寧靜的臺灣土地，芮氏規模 7.3，震源深度僅 8 公里，震央位於南投縣集集鎮境內，全臺持續搖晃約 102 秒，造成 2,415 人死亡、29 人失蹤、11,305 人受傷，51,711 間房屋全倒，53,768 間房屋半倒。不但人員傷亡慘重，也震毀許多道路與橋樑等交通設施、堰壩及堤防等水利設施，以及電力設備、維生管線、工業設施、醫院設施、學校等公共設施，更引發大規模的山崩與土壤液化災害，是近年臺灣地震史上最嚴重的損傷。

有鑑於地震對建築物的破壞力與生命安全的威脅，並考量校舍因採光與通風之使用需求，進而造成整體結構系統上形成倒塌弱點，尤其是一些在耐震設計規範尚未完備時期興建的校舍，更是地震中最易受損的建築。

爰此，教育部為確保校園安全，自 2009 年起委託財團法人國家實驗研究院國家地震工程研究中心(以下簡稱國震中心)協助辦理全臺老舊校舍耐震評估與補強計畫，分年規劃執行之目標，逐步改善老舊校舍耐震能力。

二、校舍耐震補強執行現況

2.1 全國執行現況

教育部自 2009 年起持續推動公立高中職與國中小校舍耐震評估與補強計畫，向中央政府爭取特別預算或專案經費，針對高中職以下校舍做全面性的耐震能力體檢。

凡 1999 年以前(含)興建之一般類(直接教學使用)校舍都須進入耐震能力提升之程序如圖 1 所示。當校舍透過初步評估求得耐震指標 I_s 值小於 80 分時，則須進行詳細評估作業。詳細評估作業是將校舍實際結構現況以 3D 模型建置後，利用非線性靜力側推分析，得該棟校舍耐震容量(Capacity)，及其與所在地耐震需求(Demand)之比值，即為耐震容量需求比 CDR 值($\text{Capacity} / \text{Demand}$)，CDR 值大於 1 則表示該棟校舍符合現行耐震法規，反之則表示耐震能力不足，須進一步執行耐震補強或拆除作業，以提升其耐震能力。

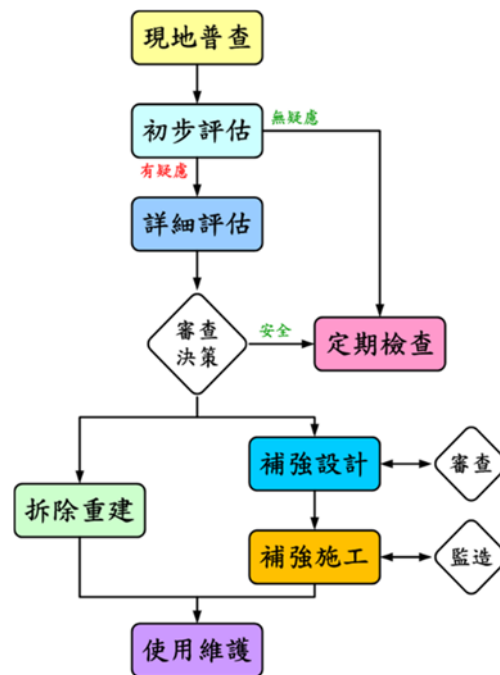


圖 1 臺灣校舍耐震能力提升策略

臺灣公立學校計有 26,615 棟校舍，計畫啟動之初，依據臺灣校舍耐震能力提升策略，2000 年(含)後興建校舍或其他非教學直接使用之校舍占整體總校舍數 21.1%。計畫執行之初三年，大量執行耐震初步評估與詳細評估作業，許多校舍經過評估階段後，其結果為耐震安全無疑慮，無需進行補強工程作業，2011 年底解除列管率已達 60.9%。

然大量校舍完成耐震評估作業後，後續應持續辦理耐震補強或拆除作業，以利提升耐震能力，保障師生安全，又補強工程所需時程與經費較多，自 2012 年起整體解除列管率以每年平均 5% 的成長率平穩爬升，截至 2017 年底，全國解除列管率已達 92%，各年度解除列管率如圖 2 所示。

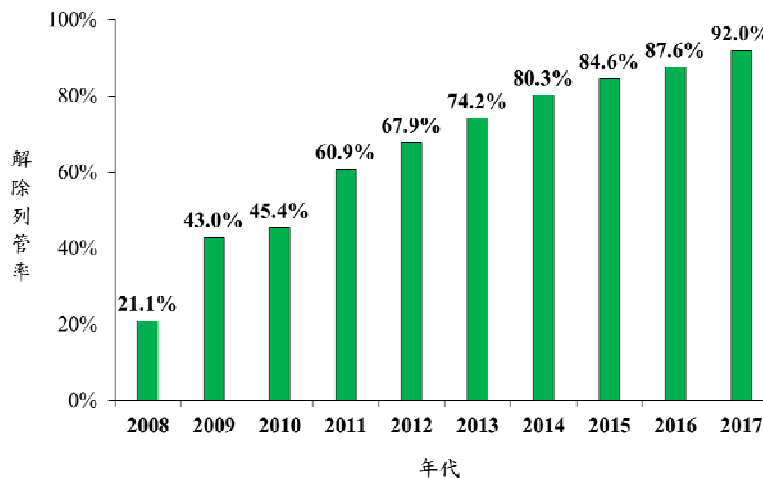


圖 2 全國歷年耐震補強解除列管率

2.2 花蓮縣執行現況

老舊校舍耐震評估與補強計畫執行至今已逾九年。回顧花蓮縣執行歷程，校舍普查於 2011 年完成，將各校基本資料建置於校舍耐震資訊網中，據以提供教育部與花蓮縣政府掌握各棟校舍執行現況。初步評估作業於 2014 年 12 月全數完成，詳細評估與補強設計作業於 2017 年同步執行完畢，預定於 2018 年前完成所有校舍耐震補強作業。

花蓮縣公立國中小校舍截至 2017 年底解除列管率為 97.3%，其中普查階段解除列管棟數占整體解除列管率 37.2%；初步評估階段占 33%；詳細評估階段占 1.2%；補強工程階段占 25.9%。與全國解除列管率相較，花蓮縣屬執行進度較佳之縣市。

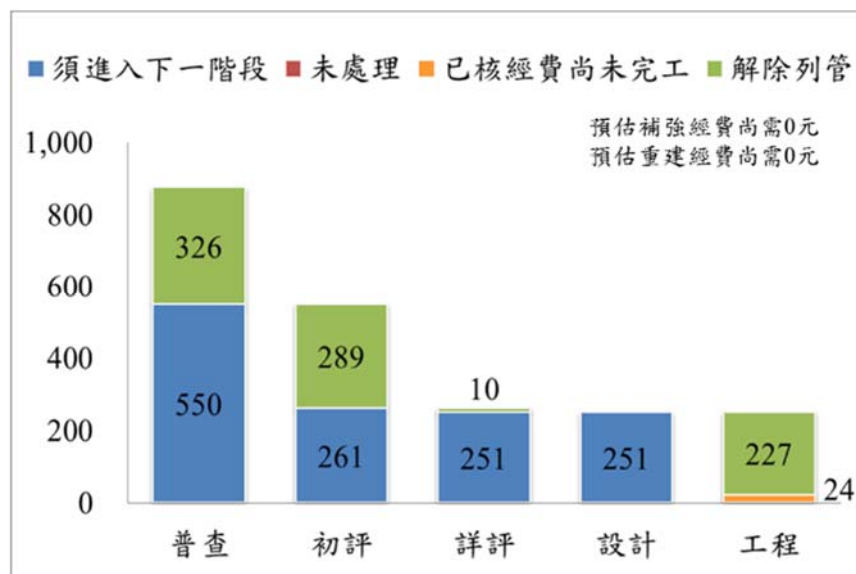


圖 3 花蓮縣公立國中小執行現況圖

由圖 3 可知，花蓮縣公立國中小總計 876 棟校舍，其中計有 326 棟校舍屬 2000 年(含)後興建或非屬教學直接使用校舍，為暫不需處理建物予以解除列管，其餘 550 棟校舍皆須進入初步評估階段。

550 棟須執行初步評估之校舍，經判定結果暫無安全疑慮($I_s \geq 80$)校舍計有 289 棟，另 261 棟校舍需進入詳細評估階段。經詳細評估作業後，判定校舍耐震安全暫無疑慮者($CDR \geq 1$)共計 10 棟，其餘 251 棟校舍為須辦理後續補強或拆除重建(整建)工作之校舍。由上圖可知，花蓮縣公立國中小校舍皆已完成耐震能力評估作業，已知各棟校舍耐震能力。

另需執行補強設計 251 棟校舍也已全數完成，而補強工程或拆除作業已完成 227 棟校舍，僅餘 24 棟為已核定補助經費，尚待完成補強工程，待工程完竣並上傳竣工成果後，花蓮縣公立國中小校舍可望全數解除耐震能力列管，完成計畫執行之目標。

三、過去地震案例校舍之表現

3.1 2010 年甲仙地震

在本計畫執行的一年後，老天爺給了補強校舍一個考驗的機會，2010 年 3 月 4 日上午 8 時 18 分，位於高雄縣桃源鄉和茂林鄉的交界處發生芮氏規模 6.4 的地震(又稱甲仙地震)，臺南楠西以及嘉義大埔測得最大震度為 6 級。

甲仙地震發生後，國震中心立即協助教育部投入校舍勘災作業，總計勘察了 10 所學校，該次地震未見有校舍發生倒塌，大部分校舍均為財產設備、伸縮縫等非結構體之破壞，僅有少數校舍有結構性損傷。其中又以玉井國中為受震破壞最嚴重的學校，該校距離震央約 30 公里，當時測得最大震度為 5 級。該校震後多棟建物梁柱及牆體出現明顯的裂縫，且各棟校舍大多已完成初步評估或詳細評估，其評估結果皆為耐震能力不足，後續須辦理補強工程以改善其耐震能力，惟尚未排定執行作業之期程，地震隨即發生，導致多棟校舍震後亦無法繼續使用，震後校舍如圖 4[1]。



圖 4 玉井國中震後情況

與玉井國中相鄰約 1 公里的玉井工商，其學生活動中心、商科大樓與圖書館皆於 2009 年 10 月完成耐震補強作業，補強施作的翼牆與剪力牆，在該次甲仙地震受震作用下，產生極大的效果。震後校舍仍完好無缺，均無結構性損傷，在地震發生後仍可供學生與教師使用，震後校舍如圖 5 所示。



圖 5 玉井工商震後情況

3.2 2016 年 0206 高雄美濃地震

2016 年 2 月 6 日上午 3 點 57 分暗夜地震，震央位於高雄市美濃區，芮氏規模 6.6，最大震度為臺南市新化 7 級，0206 高雄美濃地震造成南臺灣多棟既有建物倒塌損毀，災情十分嚴重，其中又以臺南市永康區維冠金龍大樓前撲式倒塌令臺灣人民永生難忘。

0206 高雄美濃地震發生隔日，國震中心除立即派員前往災區查看臺南市建物震損情況外，亦針對臺南市政府教育局所提之校舍震損名單進行校舍現勘，邀集專家學者至現場進行校舍勘災，並給予臺南市政府與校方人員最實質的幫助與建議。

該次地震造成臺南市歸仁國中兩棟校舍建築主體出現結構性損壞，分別為格致樓與光華樓，格致樓與光華樓分別於 2009 年與 2014 年完成詳細評估作業，其評估結果皆為耐震能力不足，需進行補強工程，但於該次地震中皆有產生結構性的破壞，多處柱體出現剪力裂縫。另外有 4 棟完成補強工程的校舍，分別為陽明樓、博學樓、勵志樓以及國樂教室，在該次地震時，皆無出現損壞的情況，達到補強後應發揮的耐震水準，震後校舍相關照片如圖 6[3]。

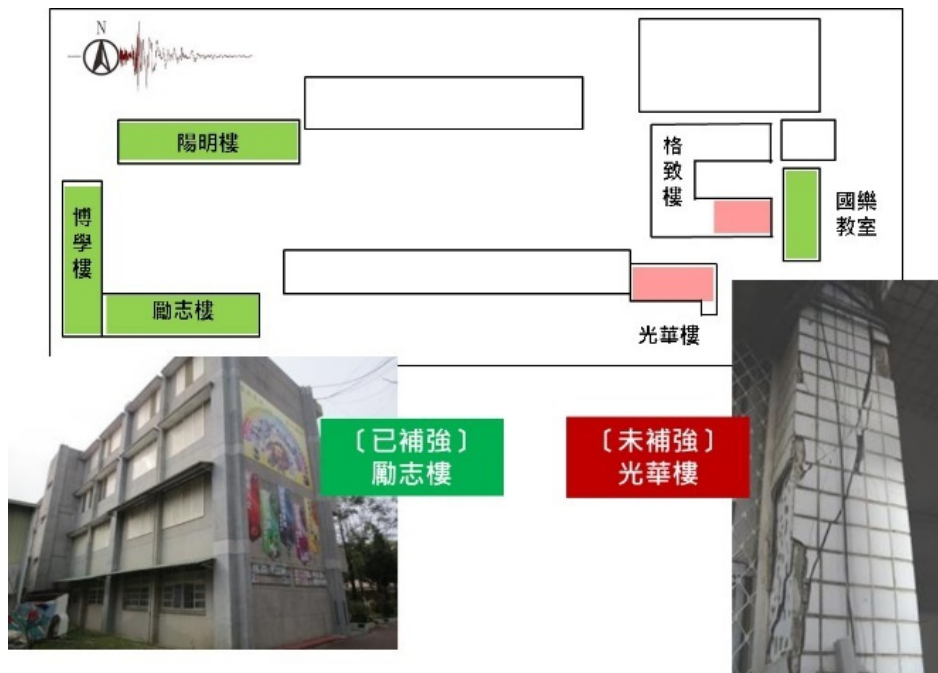


圖 6 臺南市歸仁國中震後校舍表現比較圖

教育部老舊校舍耐震評估與補強計畫，係同時兼顧經濟性與補強有效性，以保障師生安全為首要目的，耐震補強之目標係依據校舍不同使用用途而定，若屬緊急避難用途校舍，在設計地震力作用下，應為輕度損壞以內，震後仍可做為緊急避難用途；若非屬緊急避難用途之一般類校舍，在設計地震力之下，建築物為中度損壞以內，離崩塌尚有相當的安全餘裕空間，屋內人員可逃出建築物外進行緊急避難。

端看兩次震後校舍表現案例，可以輕易比較出補強後校舍確實有提升其耐震能力，保障師生之生命安全。

四、0206 花蓮地震校舍表現

2018 年 2 月 6 日臺灣時間 23 點 50 分秒發生芮氏規模 $M_L 6.2$ 的地震(以下稱 0206 花蓮地震)，震央位於花蓮縣政府北偏東方 18.3 公里(花蓮縣立霧溪東北方出海口)，北緯 24.14 度、東經 121.69 度，震源深度僅 6.3 公里，全臺明顯感受到地震的搖晃，其中又以花蓮縣花蓮市及宜蘭縣南澳鄉震度最大為 7 級，如圖 7 所示。

本文亦針對花蓮縣老舊校舍於 0206 花蓮地震後其震後表現情況進行分析，探討補強工程之有效性，以了解花蓮縣補強作業之成效。

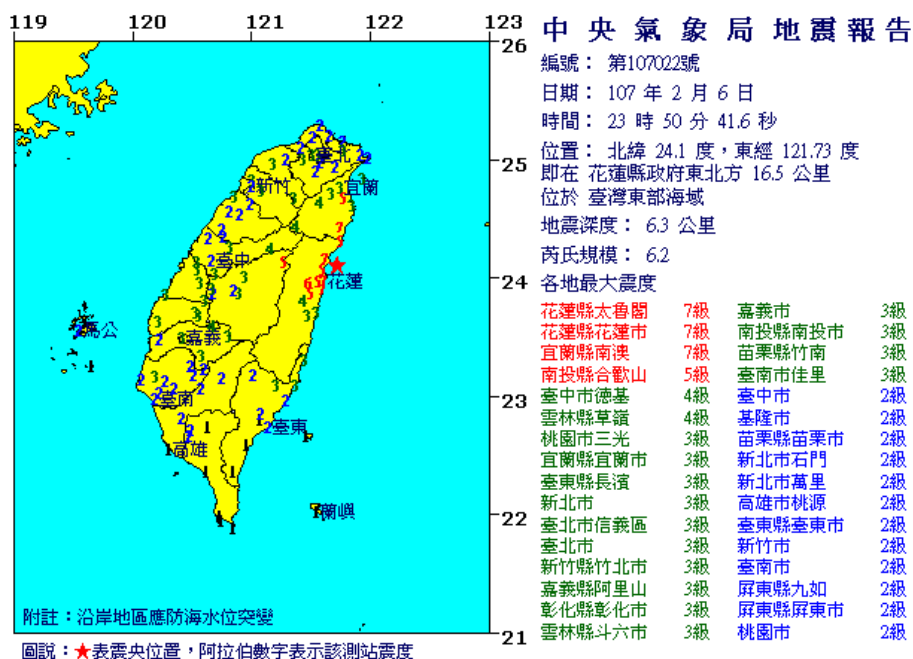


圖 7 2018 年 2 月 6 日中央氣象局地震報告

為了解花蓮縣校舍震損情況，必須透過多種管道取得花蓮縣校舍災損資料，因此，國震中心透過與國立成功大學合作之聯合勘災行程取得勘查結果、花蓮縣政府指派長期合作技師至現場勘驗報告以及學校人員自行填報之「校舍建築物耐震安全初步檢核表」等資訊，彙整各校災損情況，俾利了解本次地震對花蓮縣校舍之影響。

4.1 花蓮縣震損校舍資料回收結果分析

經彙整上述勘災結果，本次地震花蓮縣共有 29 校 57 棟校舍因地震產生損壞，其各校鄉鎮分布位置由北而南分別為秀林鄉、花蓮市、吉安鄉、鳳林鄉、光復鄉、豐濱鄉、卓溪鄉、玉里鎮以及富里鄉，其中又以花蓮縣花蓮市震損 37 棟校舍數最多，約占整體震損校舍 65%，其次為吉安鄉 6 棟，如圖 8 所示。由震損校舍所在位置分布可知，越靠近震央位置之鄉鎮區，其震損情況越明顯，反之則較不明顯。因此，本次回收的資料具分析數據與參考之價值。

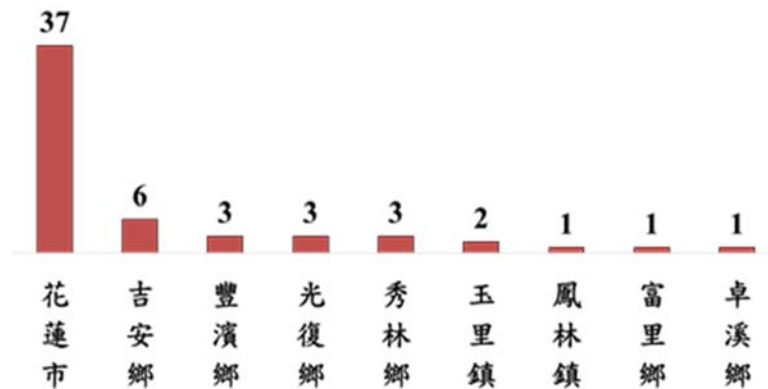


圖 8 花蓮縣各鄉鎮地區震損校舍棟數統計

4.2 花蓮縣校舍震損情況分析

本次震損 57 棟校舍所在鄉鎮其公立國中小總計 100 校 664 棟校舍，受損校舍占所在鄉鎮校舍總數 8.6%，換言之，約有 91.4% 校舍於本次地震中無出現震損。

為了解本次地震對校舍之震損情況，本章節針對花蓮市 15 校 37 棟受損校舍，繪製地理位置及鄰近測站所處之關係，於圖 9 可知，花蓮市本次所受之地震力範圍約為 220gal 至 380gal。依據交通部中央氣象局 2000 年 8 月 1 日公告地震震度分級表可知，約為 5 至 6 級震度，屬強震等級，其所造成的地表搖晃程度，可能造成建築物牆壁產生裂痕，重傢俱可能翻倒等情況。

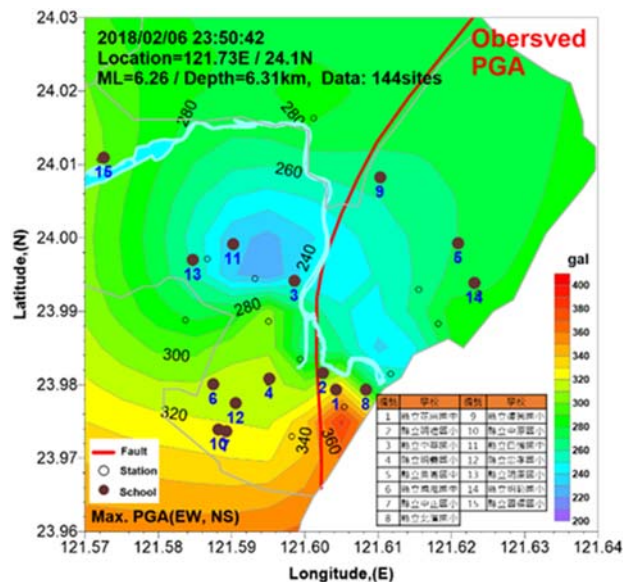


圖 9 花蓮市震損校舍 PGA 分布圖

57 棟震損校舍中，計有 55 棟校舍為非結構性損傷，例如水塔、書櫃、教具或燈具倒塌傾斜等，其校舍本體無結構性損傷，占整體震損校舍 96.5%。另 2 棟校舍在本次地震中出現結構性損傷，其分別為明義國小明義樓及忠孝國小思源樓，然損傷構件占整棟校舍構件量體總數低，且未造成校舍傾斜或倒塌，屬於輕微結構性損壞，僅需進行結構性修復即可恢復其耐震能力水準。

4.3 花蓮縣校舍震損模式數量統計

地震發生後，校舍可能出現新的裂縫，其大小裂縫類型大致可區分為結構性損壞或非結構性損壞兩種，結構損壞係指建築物柱體鋼筋外露、連續出現 X 形、V 形、倒 V 形、斜向或垂直向開裂；梁鋼筋外露；牆面鋼筋外露、加強磚造房屋承重牆或鋼筋混凝土建築物的隔間牆，整片倒塌、傾斜或大面積掉落等，震後建築物若出現以上情況皆歸屬於結構性損壞，建議應立即遠離建築物，以避免崩塌之虞。另外非結構性損壞係指窗台、輕鋼架天花板、水塔燈具等設備損毀，其損壞不影響建築物結構安全[2]。

為了解校舍於地震發生時可能產生之損壞類型，以作為未來執行耐震補強作業之參考，本次針對回收 57 棟校舍進行損壞模式之統計，採取一棟校舍多種損壞模式重複計算之方式，統計其數量，如圖 10 所示。

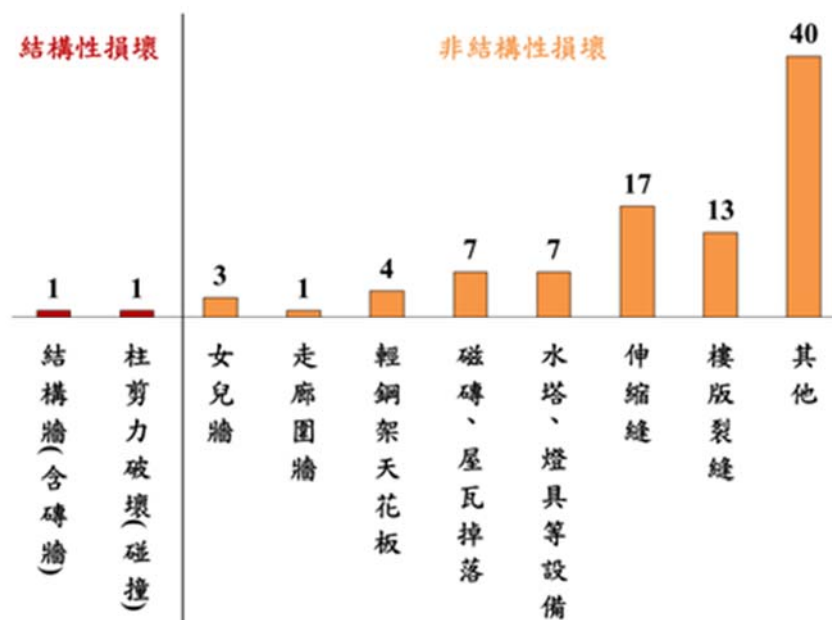


圖 10 校舍震損類型統計

據統計結果顯示，本次地震以非結構損壞占多數，其中又以伸縮縫、樓版裂縫為大宗，此類型震損情況不影響結構安全，但影響立即使用之功能。而其他非結構性損壞包含有地坪隆起導致梯間扶手破壞或柱、梁、牆面粉刷層出現細小龜裂等計有 40 處。

結構性損壞計有 2 處，為結構牆(含磚牆)的損壞與柱因碰撞造成之剪力破壞，其分別為明義國小明義樓以及忠孝國小思源樓，以下章節將針對該兩棟校舍進一步探討其震損原因。

五、0206 震後校舍案例說明

教育部所訂定之補強標準為「小震不壞、中震可修、大震不倒」，本章節利用本次震後校舍之表現來檢視上述補強標準，以了解補強後校舍具體之表現。

5.1 花蓮縣明義國小震損校舍說明

花蓮縣明義國小距震央約 20 公里，距離該校最近之測站為 HWA010，地震當時測得最大地表加速度為 314gal。

該校計有 7 棟校舍，分別為林森樓、廚房、仁愛樓、民國樓、活動中心 I 棟、明義樓、藝才樓等，其中已完成補強之校舍計有 4 棟、待補強之校舍計有 1 棟、2016 年興建之校舍計有 1 棟、非學生直接使用之校舍計有 1 棟，校園平面圖如圖 11 所示。

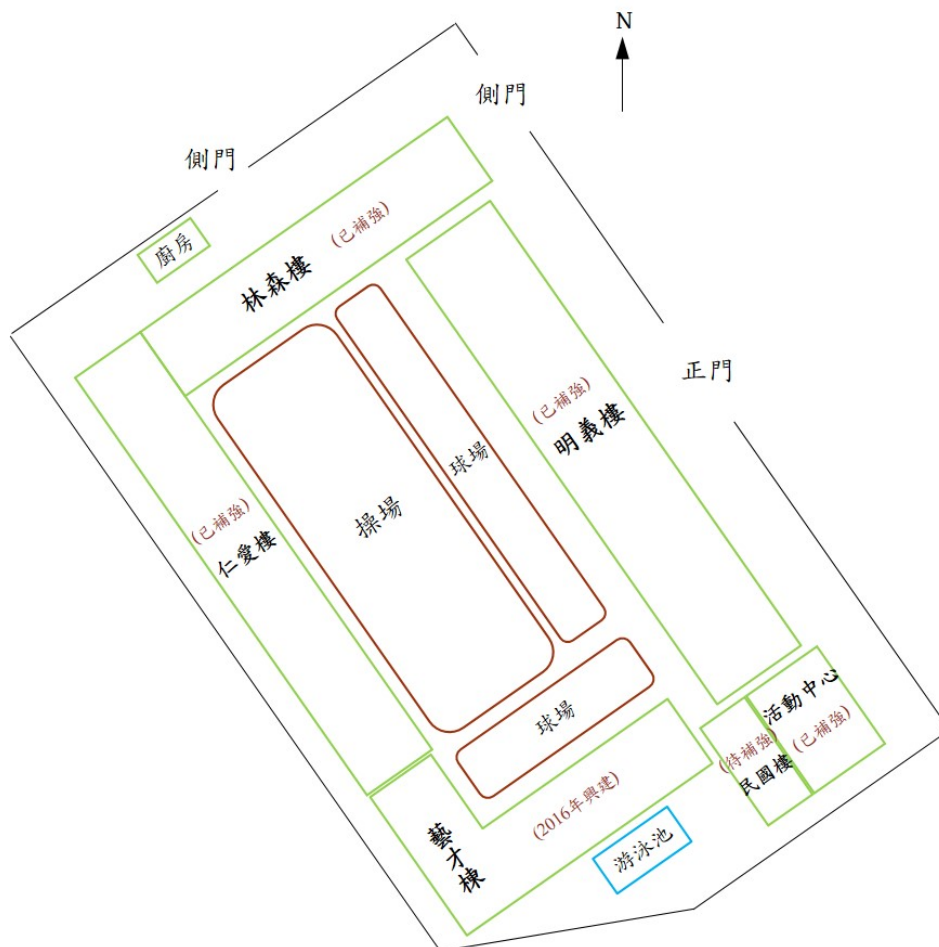


圖 11 明義國小校園平面圖

明義國小於 0206 花蓮地震申報有 4 棟校舍產生震損，分別為「林森樓」、「民國樓」、「明義樓」及「藝才樓」，以下針對各棟校舍震損類型進行說明。

「林森樓」為 1978 年興建之地上 2 層鋼筋混凝土造建築物，如圖 12 所示，於 2011 年 1 月採用翼牆工法完成校舍補強工程。本次地震該棟建築物無受損，僅 1F 階梯磁磚多處鼓起而破裂、伸縮縫產生裂縫如圖 13 所示。



圖 12 林森樓震後外觀照片



圖 13 林森樓 1F 階梯因地坪鼓起而破裂與伸縮縫裂縫

「藝才樓」為 2016 年興建之地上 5 層鋼筋混凝土造建築物，如圖 14 所示，本次地震該棟建築物並無受損，僅與仁愛樓 1F 坡道銜接處損壞，如圖 15 所示。



圖 14 藝才樓震後外觀照片



圖 15 藝才樓與仁愛樓一樓連接處坡道損壞

「民國樓」為 1984 年興建之地上 2 層鋼筋混凝土造建築物，該棟校舍於 2014 年完成詳細評估，其評估結果為耐震能力不足($CDR=0.770$)，目前尚待執行校舍補強工程。本次地震該棟建築物無受損，僅頂樓水塔傾倒，如圖 16 所示。



圖 16 民國樓頂樓水塔傾倒照[4]

「明義樓」為 1989 年興建之地上 4 層鋼筋混凝土造建築物，如圖 17 所示。該棟建築物於 2010 年 4 月採用剪力牆與斜撐之工法完成校舍補強工程，補強位置如圖 18 至 19 所示。



圖 17 明義樓震後外觀照片

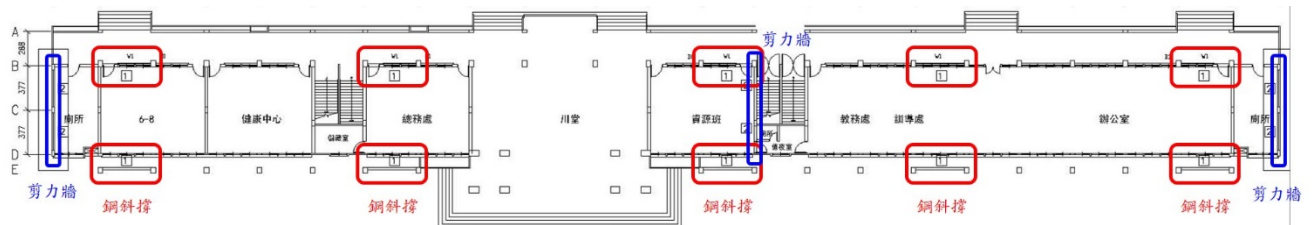


圖 18 明義樓補強位置平面圖[5]



圖 19 明義樓補強位置外觀現況

竣工後至今已歷經 8 年時間，本棟校舍經過此次地震，一樓左右兩旁廁所之管道間磚牆出現斜向剪力裂縫，如圖 20 至 22 所示，然端看整體明義樓震後表現，校舍未出現倒塌或傾倒之情況，雖磚牆有所損壞，但不影響整體建築結構，經修復後可恢復其原有耐震能力，符合教育部校舍耐震評估與補強之設定目標。

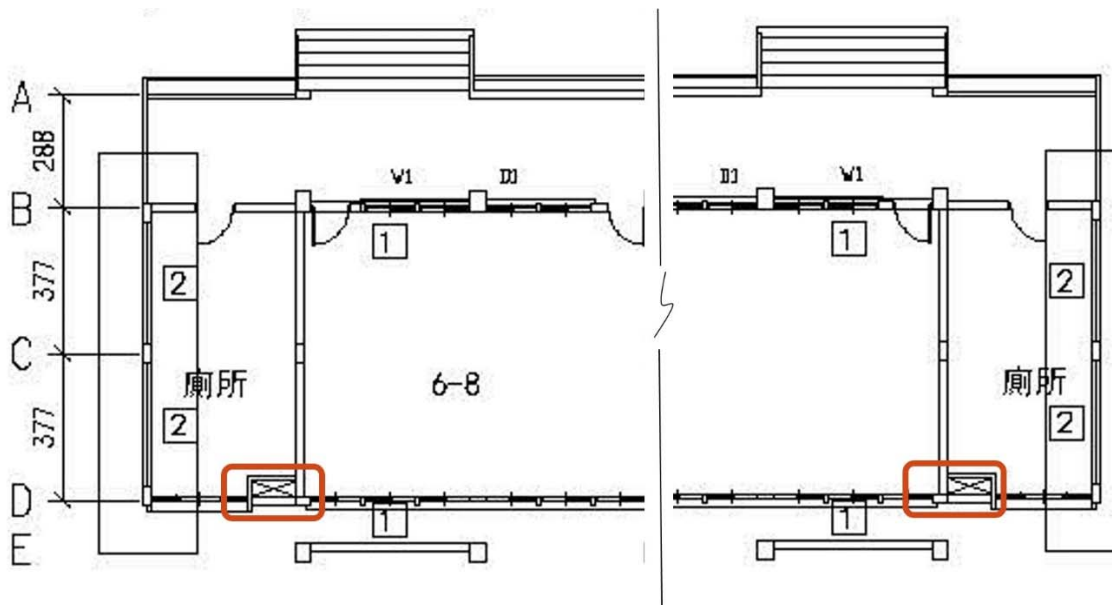


圖 20 明義樓左右兩側管道間受損位置平面圖[5]



圖 21 明義樓 1F 左右兩側廁所磚牆損壞

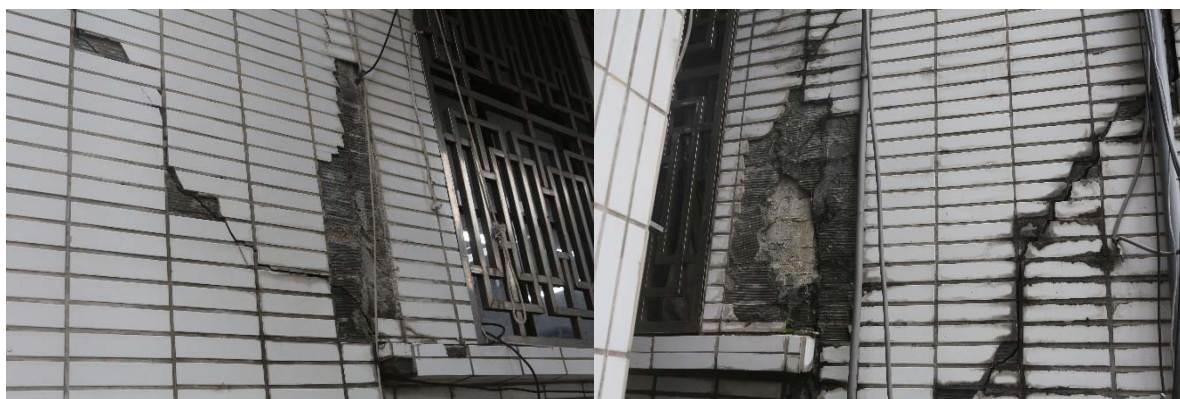


圖 22 明義樓 1F 左右兩側廁所磚牆損壞近照

5.2 花蓮縣忠孝國小震損校舍說明

花蓮縣忠孝國小距震央約 21 公里，距離該校最近之測站為 HWA013，地震當時測得最大地表加速度為 316gal。

花蓮縣忠孝國小共有 3 棟建築物，包含忠孝樓、思源樓及向上樓，如圖 23 所示，其中忠孝樓為 3 層樓建築物，於 1978 年興建；思源樓為 2 層樓建築物，於 1984 年興建；向上樓為 4 層樓建築物，於 1997 年興建。三棟建築物均已完成耐震補強工程，採取之補強工法為剪力牆補強，其思源樓補強位置如圖 24 所示。本次地震勘災中發現思源樓及向上樓交界處 1、2 樓柱有損壞現象。

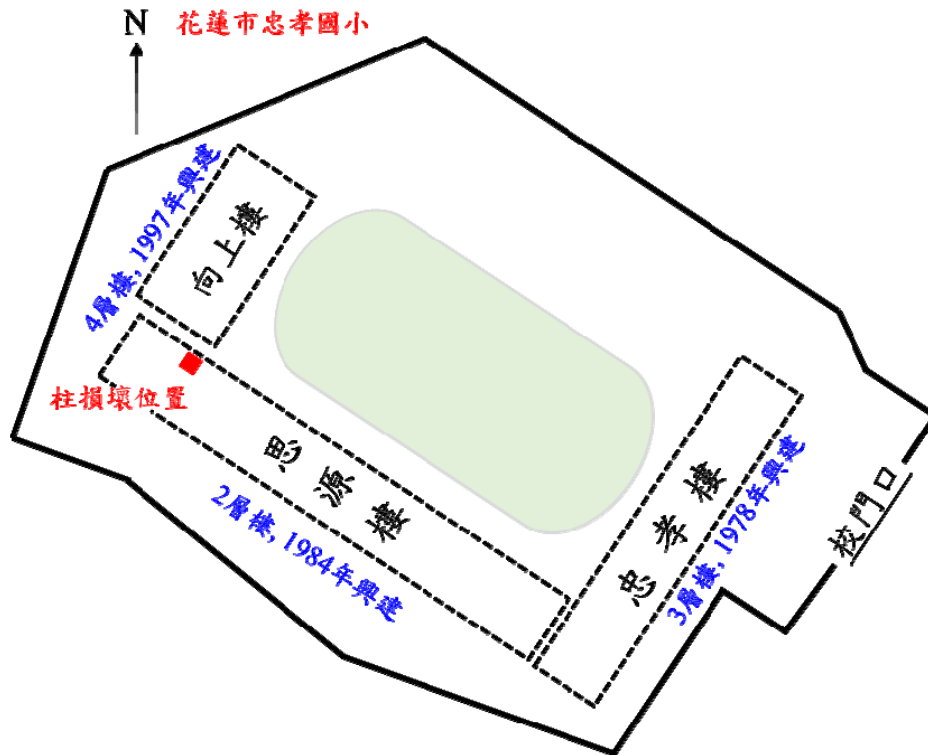


圖 23 忠孝國小校園平面圖與震損破壞位置

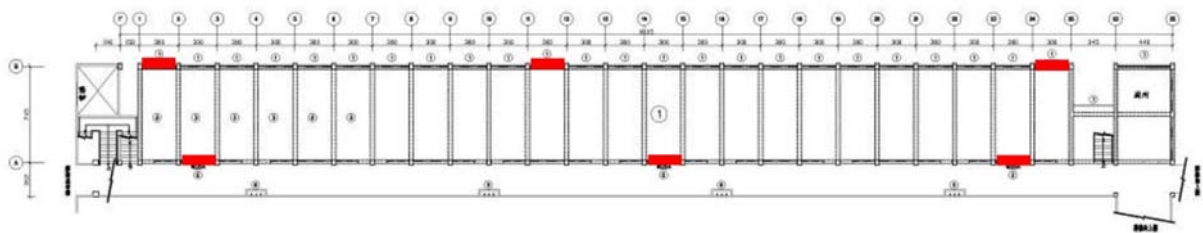


圖 24 思源樓補強位置一樓平面圖[6]

由思源樓及向上樓外觀照片顯示，如圖 25 所示，思源樓及向上樓為不同樓高之建築物，兩棟建築物之長向呈現 90 度交角。地震中思源樓一樓柱底發現磁磚破裂之損壞現象，且於一樓地坪發現裂縫，並呈現約一枚硬幣厚的高差，其地坪裂縫沿兩棟建築交界處延伸至柱腳處，推測應為兩棟建築交界處拉扯造成，並使柱底磁磚破壞，如圖 26 所示。



圖 25 向上樓、思源樓外觀交接處



圖 26 震後一樓柱底磁磚掉落與地坪裂縫

而思源樓二樓柱底發現斜向裂縫，於現場勘查時發現磁磚面層有凸起鬆動，且混凝土粉飾層則有掉落現象圖 27 所示。觀察本棟建築物之交界，推測其破壞原因為兩棟建築擠壓造成。



圖 27 思源樓二樓柱底震後出現斜向裂縫

向上樓於 1997 年興建設計時，為避免鄰棟碰撞問題，於向上樓及思源樓之間設置有伸縮縫，然於 2014 年向上樓補強時，新設 1、2 樓鋼筋混凝土造洗手台設施，洗手台係屬向上樓之附屬物，與思源樓間並未留置間隙，直接緊貼思源樓二樓柱。洗手台與其接觸之柱體分屬向上樓及思源樓兩棟建築，又因樓高差異及建築物長向不同之原因，較易產生不同步擺動之現象，兩棟

建築於此處緊貼而未保留適當間隙，因而發生擠壓碰撞問題，如圖 28 所示。



圖 28 二樓新設洗手台緊靠柱邊與震後產生之碰撞裂縫

本根柱子其一樓及二樓都出現輕微損壞，依會勘結果顯示一樓及二樓柱體所造成之損壞原因不同，一樓為地坪裂縫延伸所致；二樓為相鄰鋼筋混凝土造洗手台碰撞造成。然一樓柱旁亦設有洗手台，但為何未造成相同碰撞問題？依據現場勘查結果顯示，一樓洗手台與柱體尚留有空隙，地震發生時雖兩棟搖晃頻率與方向不同，然因其間隔空間足夠，因此未造成相互碰撞之問題，如圖 29 所示。

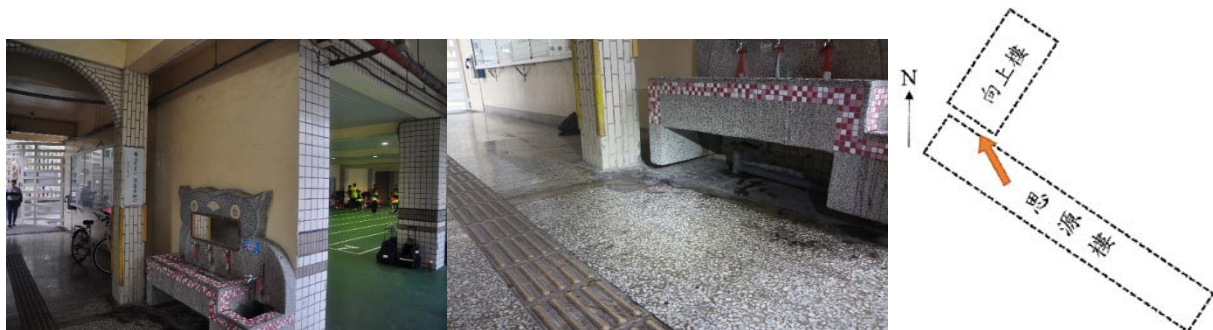


圖 29 一樓洗手台與柱體有明顯間距

5.3 近斷層校舍表現說明

依據經濟部中央地質調查所公布臺灣活動斷層分布圖可知，花蓮縣內共有四條第一類活動斷層，由北而南分別為米崙斷層、瑞穗斷層、玉里斷層以及池上斷層，教育部於計畫啟動後隔年，考量第一類活動斷層之危險性，且近斷層效應對建築物具有極大的破壞力，其耐震能力標準應與非鄰近斷層校舍有所差異，因此，依據 99 年經濟部中央地質調查所公布之第一類活動斷層資料，將全臺第一類活動斷層兩側 200 公尺內校舍，列為專案管理對象，據以優先補助補強經費。花蓮縣公立國中小校舍屬近斷層列管之對象共有 20 校 146 棟，如表 1 所示。

表 1 花蓮縣第一類活動斷層學校分布數

項次	花蓮縣第一類活動斷層	學校數
1	米崙斷層	2校
2	瑞穗斷層	1校
3	玉里斷層	6校
4	池上斷層	11校
合計		20校

明禮國小為教育部近斷層專案列管對象，全校僅一棟教學行政使用之校舍，該教學大樓為地上 4 層樓、地下 1 層樓鋼筋混凝土造建物，補強前耐震能力 CDR 值為 0.481，屬高度震損風險校舍，該校隨即於 2011 年 2 月執行補強工程作業，於該年度 5 月竣工，該棟校舍以剪力牆、翼牆及擴柱等三種傳統工法提升其耐震能力，補強後 CDR 為 1.003，符合現行耐震法規之標準。明禮國小教學大樓在本次地震中，僅出現磁磚脫落、校門圍牆倒塌以及櫥櫃傾倒等非結構性損傷，建物本身並無任何結構性損壞，如圖 30 所示。



圖 30 花蓮縣明禮國小教學大樓震後照片

依據上述勘驗結果，校舍~~未~~經過適當補強後，即使地震發生時產生裂縫，亦可確保師生免於校舍倒塌之危機，即使地震發生在上學期間，於地震發生後仍可提供師生逃避難空間與路線，保障師生生命安全。而上述校舍震損情況，期望透過本文之發表提供未來建物補強之參考，透過了解震損之原因，進一步提升耐震補強工程之有效性。

六、結語與建議

臺灣老舊校舍耐震能力提升作業已執行多年，且經過多次大自然的考驗，補強作業確實具備保障校舍與人員安全之功效，在本次 0206 花蓮地震，補強後校舍也展現其效果，雖部分校舍出現結構性裂縫，然其損傷之構件非為補強工程施工之結構體，且損傷之數量遠低於所有建物構件總數，在經過適當的修復作業後，即可恢復其耐震能力。

後續待全面提升校舍耐震能力後，未來應針對非結構體物件，例如櫥櫃、吊扇、吊掛式電

視、女兒牆(圍牆)等進行耐震評估與因應，避免地震發生時傾倒或損壞傷及他人，也降低震後復原所需之費用。

公有建築物提供大眾使用，為保障人民位處公有建築物內之安全性，中央政府積極推動公有建築物耐震評估與補強作業，依序完成耐震能力不足建築物補強作業，據以保障人民使用之安全。

參考文獻

- [1] 校舍補強專案辦公室.(2010). “由 0304 甲仙地震校舍勘災結果審視校舍補強之有效性”. 校舍耐震評估與補強電子報第 4 期。
- [2] 李政寬,張惠玲,邱世彬,黃育仁.(2009). “安全耐震的家-認識地震工程”. 財團法人國家實驗研究院國家地震工程研究中心。
- [3]黃瀚緯,蔣佳懋.(2016). “0206 美濃地震臺南市校舍震損狀況之統計分析”. 校舍耐震評估與補強電子報第 24 期. 19p。
- [4]明義國小所提供。
- [5]傳築建築師事務所繪製。
- [6]陳伯炤結構技師事務所提供。

致謝

本文承教育部國教署長官（許麗娟、劉季蓉）與花蓮縣政府教育設施科（盧谷碩樂、謝秉衍）提供相關校舍勘災資訊，以及國家地震工程研究中心同事（蕭輔沛、沈文成、翁樸文、李翼安、楊耀昇、張毓文、何郁姍）與校舍專案辦公室同仁（林延靜、陳敬潔、陳品綺、邱亭瑄、林維欣、廖家興）之協助，非常感謝。