

嘉義瑞里地震 學校設備震害及教訓

陳嘉基

台南女子技術學院室內設計系專任講師

壹、前言

校舍是防救災重要建築物之一，其耐震能力本應較一般建築物為高。但是在台灣地區，每次地震受害最嚴重的卻常常是校舍建築。民國87年7月17日中午12點51分，嘉義瑞里地區發生規模 $M=6.2$ 之強烈地震。除了瑞里飯店以及許多民宅倒塌外，共有30多所中小學也受到部分損壞。其中以梅山鄉（太興國小、龍眼國小、梅圳國小、梅山國中）及竹崎鄉（培英國小、內埔國小、龍山國小金獅分校、仁壽國小、竹崎國中）以及番路鄉（大湖國小、民和國小）等11所學校較為嚴重。筆者參與調查災區學校建築之損害情況，發現許多校舍及附屬設施之震害，只要在規劃設計及施工過程加以注意，都是可以避免的。故本文將設備震害部份加以整理，以提供相關人員參考。

貳、設備震害情況

本次地震除了造成校舍結構體破壞以外，非結構及設施部份亦受到嚴重的損傷。教室裡到處是翻倒的教具櫃七橫八豎的交疊在一起，而搖搖欲墜的燈座，以及破碎的日光燈管、天花板散落在地面。有的視聽設備、電視亦脫離吊架，從高處墜落到地上。而不幸中的大幸是正逢暑假，教室裡並沒有師生在上課，否則傾倒物及墜落物所造成的傷亡人數，一定非常的可觀。特別是擠壓變形的門框，導致教室大門無法打開，而門口內外散佈著尖銳的玻璃碎片，亦阻礙了師生的逃生避難。若地震發生時恰巧在上實驗課，打翻的酒精燈引起火災，在求救無門下所衍生的二次災害則不堪想像。以下將11所學校建築的設備遭受震害的情況與原因說明如下：

（一）教具櫃與雙層櫃

1. 靠牆擺置之櫥櫃，若長向邊與地震搖動同方向者，只有滑動和擠壓現象。櫥櫃內的物品雖有傾覆，但大致還能保留在層板上，只有少數物品掉落。而櫥櫃短向邊與地震搖動同方向者，除了少數矮櫃（高度90公分以下）外，大部分教具櫃都翻倒在地（照片1）。特別是雙層鐵櫃和上下相疊的櫥櫃，其上部櫃因為搖動或跳動，幾乎都已傾倒翻覆在地上。特別是太興國小宿舍內的木製衣櫃，上下櫃之間雖以楔木連結，但是上層櫃因垂直跳動而脫離，導致翻覆。

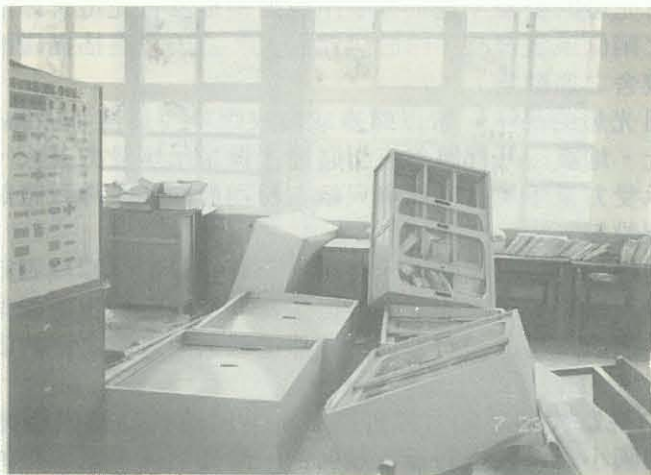
2. 太興、培英、梅圳國小之專科教室，以儲藏或展示櫥櫃作為室內隔間。這些獨立於室中的櫃子，因無橫向支承，所以傾倒受損情況更加嚴重，門扇玻璃破裂，抽屜全部拉出，資料、標本散落一地（照片2）。

(二)天花板

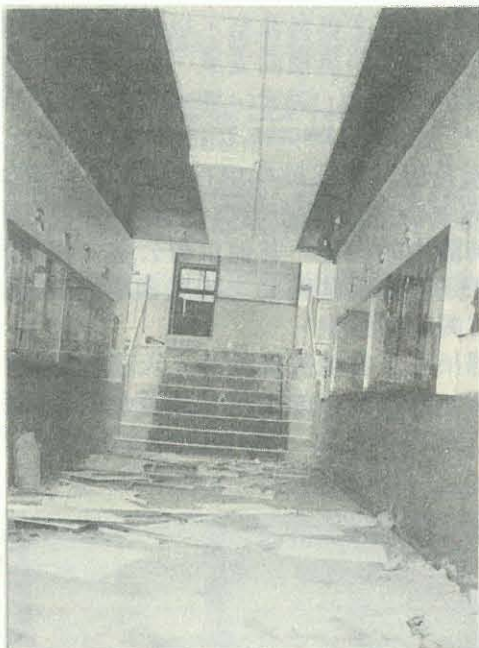
1. 本次地震受損天花板，全部是採用T-Bar工法之明架礦纖板或石膏板，單元尺寸分為2台尺×2台尺與2台尺×4台尺兩種。大面積使用的學校是明和、內埔國小和竹崎國中的禮堂。其他以辦公室、視聽教室、電腦教室使用居多。受損較輕者是板塊脫落破裂；嚴重者是輕鋼架組合單元脫離，造成面狀連鎖損壞如竹崎國中禮堂。
2. 輕鋼架以鐵絲懸吊者，當地震搖動時，天花板邊緣骨架因撞擊牆邊而挫屈變形，造成周圍一側板塊首先脫落，甚至骨架連接點彼此分離而引起整片天花板崩塌（仁壽國小走廊，照片3）；以及嵌入式系統日光燈座掉落



照片1. 太興國小自然科教室教具櫃傾倒



照片2. 培英國小雙層鐵櫃翻覆受損



照片3. 仁壽國小走廊天花板與燈具掉落

(大湖國小辦公室)。

3. 受損天花板之骨架懸吊鐵絲的間距太大皆在120公分以上，而且靠牆側之第一列鐵絲皆被省略，再加上周圍骨架沒有圍束及固定。此種疏忽導致天花板搖擺弧度擴大而造成碰撞破壞。

(三)日光燈

1. 吸頂式日光燈的受害，主要是燈管兩端因為沒有防落的環套或是防護罩，造成燈管脫離燈座而掉落；部份燈座亦因固定方式不佳而整座墜落（梅圳國小音樂教室）。
2. 懸吊式日光燈的受害，是吊桿基座脫離樓板及日光燈管掉落。特別是吊桿靠近樑之兩側或牆壁時，由於擺臂過大，造成燈座搖擺碰撞而脫落（太興國小舊校舍之運動室）。
3. 懸吊式日光燈的吊座，皆以螺絲或自攻螺絲（長度小於9mm）鎖在出線盒或樓板上。地震時吊桿雖然沒有碰撞，但是吊座受力甚大，在施工品質無法確保承受力量下（自攻螺絲只鎖在粉刷層內），導致整個燈座掉落。

(四)懸吊的視聽設備

1. 重量大的懸吊物如電視機等，其吊座一般皆以膨脹螺絲固定。本次地震雖然沒有發現吊座被破壞的案例，但是在梅圳國小發生電視機脫離懸吊的承載底盤，造成墜落地面而損害。顯然電視機與底盤之間的固定與防落裝置被忽略了。
2. 懸吊式的視聽設備不能太靠近牆壁，地震時容易造成碰撞而損害或摔落（如太興國小視聽教室的音響設備）。而梅圳國小電視機的掉落，即是壁掛式電視機碰撞到牆壁所引起。

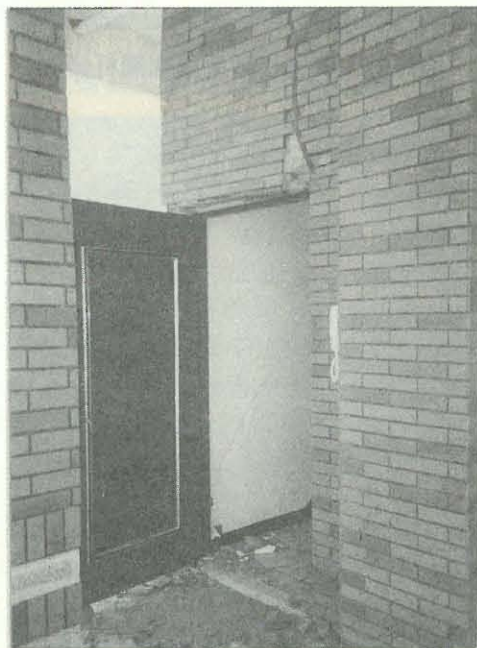
3. 內埔國小禮堂之舞台斜上方天花板，吊有三隻燈架連桿，每隻連桿上裝置10盞投射燈，再懸吊在屋頂的鋼架上。地震後可能因為固定鋼索鬆脫，而造成連桿傾斜。

(五)水平置放型設備

1. 置放於面積較小之矮櫃桌面的物品，幾乎全部滑落地面（培英國小部份矮櫃沒有翻覆，但平移滑動60~75公分）。而梅圳國小自然科教室內一個1尺半×1尺半×4尺的魚缸亦翻倒破裂，滿地是強化玻璃的碎粒。
2. 桌上置放型的貴重儀器與設備亦受損嚴重，如梅圳與太興國小電腦教室的主機與螢幕滑落在地上，而部份翻覆在桌面上。另外，梅圳國小主控室的攝影照相器材，以及音樂教室的樂器亦掉落在地上；而太興國小宿舍交誼室的桌上電視機亦滑落地面受損。
3. 大湖國小廚房牆邊之六個瓦斯筒因無固定，所以全部傾倒在地面，幸虧因為暑假期間沒有使用瓦斯，開關閥閉鎖，所以管路接頭脫落、扯斷後沒有造成二次災害。

(六)大門及樓梯

1. 本次地震後，建築物受損最嚴重的培英、梅圳、太興三所學校，教室的大門幾乎皆已無法再打開（暑假期間，教室皆閉鎖）。主要原因是結構體的破壞與傾斜。造成門框受到擠壓而變形，使得門扇或鎖頭卡住而無法開啓。尤其是太興國小專科教室一、二樓共13扇鋁製大門皆無法開啓。
2. 鋼製門（硫化銅門）之門框比其他鋁製、塑鋼、木製門框堅固，所以變形角較小。如梅圳國小視聽圖書教室通往屋頂之安全門並無受損；而太興國小宿舍一樓之硫化銅門，震後雖然無法閉合但仍能開啓（照片4）。



照片4. 太興國小宿舍鋼門無法閉合

3. 太興國小教職員宿舍的樓梯扶手欄杆底部並未與踏步做固定，而是置放在一個金屬淺凹槽上，地震時左右搖晃的力量將欄杆拔起，造成一樓至四樓的樓梯扶手傾倒，甚至斷成數截，妨礙逃生（照片5）。

(七)玻璃

1. 窗戶在地震時，受到結構體擠壓而導致窗框變形，造成許多紗窗扇彈落（培英國小是塑鋼窗戶，照片6）。而窗扇玻璃亦破損不輕，尤其是固定



照片5. 太興國小宿舍樓梯欄杆傾倒



照片6. 培英國小柱子受損窗戶彈落

窗的玻璃受害最大。太興國小專科教室13扇大門上方的固定窗玻璃全部破碎，而容許變形空間較大的活動窗扇玻璃，其破碎情況較不嚴重。

2. 同一學校或同一棟教室，由於分期分區施工，所以窗扇分隔的方式(pattern)與尺寸亦不同，玻璃單元面積較大者比較容易破裂。如梅圳國小二層之專科教室與三層的圖書視聽中心緊臨，雖然二棟結構體受損的嚴重情況相類似，但是專科教室玻璃較小（60公分×40公分）則完全沒有破損。
3. 玻璃破損的案例裡，皆使用厚度3mm（最薄的）普通玻璃，因此碎片銳利且容易傷人。而且不分單元尺寸大小，窗戶皆一律使用相同厚度的玻璃，如梅圳國小餐廳入口上方之固定玻璃為90公分×150公分，但仍使用3mm普通玻璃，顯然已不合要求之規範。

（八）內外牆面裝修材

1. 本次勘查學校當中，各校或多或少皆有表面瓷磚脫落的現象。特別是結構體震害較輕微者，其局部牆面瓷磚的脫落是主要損害的表徵之一。如太興國小二樓專科教室的廊柱受損輕微，但是二丁掛瓷磚掉落甚多。
2. 內牆瓷磚破裂脫落較嚴重者，一般位在廁所者較多，如太興國小宿舍的廁所是使用20公分×25公分的面磚；竹崎國中值夜室是10公分×20公分的面磚。共同特徵是使用硬底施工法，而且瓷磚單元之間的灰縫線皆小於2.5mm，容易造成脆性瓷磚彼此擠壓而破裂或剝離脫落。

（九）屋頂水塔

1. 仁壽國小廁所屋頂不鏽鋼之1噸水塔，其塔身與腳座分離而翻倒，供水系統中斷；培英國小的1.5噸不鏽鋼水塔，雖然沒有翻覆，但是塔身凹陷，與腳座環形連接處的焊接點部分脫離。
2. 本次震害，雖然沒有發現膨脹螺絲被拉拔而破壞的設施，但是在龍山國小金獅分校，校門口牌樓門固定的不鏽鋼自攻螺絲（6mm ϕ ）被拉拔而鬆脫。另外，在仁壽國小後棟加蓋的角鐵棚架，自攻螺絲亦被地震拉鬆。可見施工快速、方便的自攻螺絲其承受力明顯不足。

（十）圍牆與擋土牆

1. 校舍圍牆倒塌較嚴重者，為太興、龍眼、梅圳三所國小。而圍牆裂縫明顯者為民國國小與龍山國小金獅分校。其中圍牆倒塌者，除了龍眼國小是跟隨擋土牆下滑而崩塌以外，太興與梅圳國小的圍牆皆為磚造，而且沒有設計及施作放腳基礎（直接砌於水溝邊緣上）與補強RC柱及上緣的過樑。
2. 擋土牆震害中，龍眼國小是塊石疊砌，所以受到嚴重的滑落破壞。其他是培英、太興與龍山國小金獅分校，皆是擋土RC牆開裂，特別是太興國小通往宿舍區是接近垂直的擋土牆（高度約4公尺），在直角轉折處並無水平橫向配筋，因此造成10~12公分的貫穿開裂。

參、此次震害所得到之教訓

校舍非結構部份以及設施受到地震損害時，雖然與結構體的安全沒有直接關係，但是對於教學功能以及校園使用卻有很大的影響。從此次震害經驗中所得到的心得與檢討，發現學校建築之設備易遭地震損壞，其原因可能來自設計不良，也可能是由於採用的構法或材料不適當，工程施工品質欠佳或是校舍完成後人為的使用維護不當所致。因此為了防震安全，對於工程人員應如何正確的設計與施

工；學校行政人員應如何妥善使用，這些過程都不能有所忽略。以下就此方面討論學校建築設備在防震安全上應注意的事項。希望在防範宣導上能夠不再重蹈覆轍，以達震害教訓之功效。

(一)設計上要考慮防震安全

校舍完成後，非結構設施如門窗、玻璃、照明日光燈等應與結構體形成一體。地震時結構體產生來回振動，非結構體及設施亦無法保持靜止狀態，因此校舍附屬之設備及設施要有容許振動變形或避免碰撞的考慮；傢俱也需要有不被震倒、震落的考慮。由各校災害現場教訓得到設計上要考慮的六項要點：

1. 校舍室內空間設計上，不要將高櫃或雙層疊櫃的位置靠近學生座位或出入口附近。高度較高或位置固定的櫥櫃及傢俱最好採用建入式 (build in) 的現場施工方式。
2. 防止日光燈管震落，這些照明燈管應採用有保護罩或兩端設計有防落環套的燈座。
3. 懸吊式日光燈的安裝位置，燈座不要靠近樑的兩側或是牆壁60公分以內，以免地震搖動時造成碰撞損害。
4. 在安全考量上減少固定窗及玻璃面積過大的設計，設計圖註明玻璃厚度。而主要出入口及落地窗，須設計使用安全玻璃（強化或膠合玻璃），或用自黏式的面貼膠膜保護。
5. 重要出入口之門窗開口部高度最好及於樑下緣，高度未及樑下緣時，上方須有楣樑構造。
6. 校舍圍牆之設計須有結構計算，特別是磚造圍牆必須設計基礎及垂直、水平向的補強筋。軟弱土質或位在陡坡旁之圍牆要放大及加深基礎，且設計適當的型式。若圍牆較長時，每隔一段距離須規劃伸縮縫。

(二)施工上要考慮防震安全

校舍施工單位為爭取工期，常擅自將設計圖上之固定方式、材料規格、施作過程加以改變。這些改變在平時或許問題不顯著，但一到地震時，破壞及危險可能就此發生。因此施工上要考慮下述三項要點：

1. 輕鋼架天花垂直、水平鐵件之固定，避免使用鋼釘、火藥鋼釘施工。垂直吊筋須以預埋法或膨脹螺絲錨定，以免地震時天花板會從固定處脫落。另外，骨架懸吊鐵絲的長度及間距宜在90公分以下較佳，而且靠牆側之第一列鐵絲（應位在牆邊30公分以內）不可省略，骨架周圍的圍束與固定須確實。特別是承載嵌入式燈具的骨架，在四個角落須加掛鐵絲外，並增吊45°斜向補強鐵絲。
2. 重量較大的懸吊物或是壁掛物，其固定方式，須採用預埋固定基座的工法。若無事先施作，則須採用錨定強度足夠的膨脹螺絲固定。其錨定點須深入混凝土結構體內，不可錨定在粉刷層。而膨脹螺絲之尺寸與固定數量均須合乎耐震強度的要求。禁止使用鋼釘或自攻螺絲等無法確保強度的材料施工。
3. 大面積組合式的內外牆裝修材或美化物（如玻璃帷幕、浮雕等），其固定方式與週邊須考慮地震作用所產生變形的餘裕空間。牆壁面貼磁磚時，應採用背溝較具附著力的耐震型面磚，並注意灰縫線合理寬度的留設。牆壁面貼大片石材時，石片須懸吊鋼絲或固定鐵件，並採彈性材接縫法施工。

(三)使用維護上要考慮防震安全

學校中，底面平滑的設備或櫥櫃、傢俱，置放位置太高或缺乏適當止滑設施時，在地震時的水平及垂直振動下，這些傢俱設備及物品很容易產生滑動或自高處翻落。使用維護上要考慮的四項要點如下：

1. 上下兩層相疊或是左右緊鄰的櫥櫃、鐵櫃等，須以鐵件連結成一體。並將櫥櫃以五金零件固定在牆壁上。門扇、抽屜需用鎖扣防止物品掉落。
2. 不可隨意敲除或更改校舍室內的隔局，禁止以高大且深度淺的儲藏櫃、展示櫃獨立而無依靠牆體的放置於室內，以作為室內隔間。較重物品或實驗室的化學藥品如強酸等應放置在櫥櫃的下方；開放式的層板櫃可加裝橫擋如鐵條、壓克力板，以防止瓶罐、器皿等掉落。櫥櫃上方避免擺設獎盃、相框等容易滑落的物品。
3. 重量大的懸吊物如電視機、冷氣機之承載底盤與機體之間需有固定器或防滑落構造的裝置。另外，懸吊桿之固定五金需定期檢查是否鬆脫或生鏽，若有，應儘速維修。
4. 置放貴重精密儀器與設備（如電腦、錄影、照相器材、樂器）的桌面，須使用止滑效果較佳的鋪面材料，及防落押線板，或是使用固定黏扣帶等防護器物滑落的安全措施。

肆、結語

本次地震為嘉南地區自民國五十三年白河地震以來災害最為嚴重的一次。在這次地震中，校舍結構的損壞，不論是損壞模式或發生原因，基本上與過去歷次並沒有太大的差別，但很多非結構設備的損壞是過去所沒有的。其發生原因大多是施工過程一味講求快速，卻忽略地震安全所致。

本次地震中，學校建築雖受到嚴重損壞，所幸發生時間在暑假，故未造成師生傷亡。但類似之地震仍可在嘉南地區以及本省各地發生。因此建築界及學校都應以此次地震做為警訊，除了新建校舍時嚴格注意耐震安全外，對於既有校舍的結構以及設備也應全面進行檢修並做改善，以防類似此次地震之震害再發生。

參考文獻

- 嘉義縣政府（民81）。嘉義縣國民中小學87年7月17日地震災害損失情況表。
- 張嘉祥、陳嘉基、葉旭原、王貞富（民87）。規劃設計階段學校建築耐震相關事項評估中華民國建築學報。
- 張嘉祥、陳嘉基、曹文琥等（民86）。校舍耐震安全作業參考手冊。台南市政府委託成功大學建築系編印。

附記：本文經成功大學建築系張嘉祥教授之指導與斧正，特致謝意。