

## 圖書館書架等設施的抗震防災性研究

—以 1999 台灣二次大地震的經驗為例

陳格理\*

### 摘要

1999 年的 921 和 1022 兩次大地震對台灣中部許多圖書館造成極嚴重的傷害。本文是針對受損較嚴重的三項設施：普通書架、密集書架和天花板架等的受損原因做較深入的分析。在各項原因中，最主要的是設計者和館員對館內相關設施抗震性的認識不足，以及沒有做好充分的準備工作。文中並介紹和討論各種補救和預防的措施，各館可根據本身的條件和需求採取適當的方式，以避免下次地震所帶來的傷害。

關鍵字：圖書館建築、抗震性、書架、密集書架、天花系統

### 壹、緒言

沒有經歷過地震的人很難體會到地震時的可怕，沒有親臨地震災區的人很難想像地震的破壞力，沒有勘查過地震後圖書館災情的人很難理解抗震防災工作對圖書館的重要性。

1999 年的 9 月 21 日和 10 月 22 日，在台灣中部分別發生了二次大地震，地震摧毀數百棟房舍，傷亡近萬人。從新聞報導上，大家看到的是牆裂屋倒的慘狀。由於沒有人員傷亡，所以大家都不知道在台灣中部幾乎每一個圖書館，無論是否位在地震區內，館內都受到嚴重的傷害。大學圖書館在災後三個月差不多都已恢復了正常的服務工作，但仍有很多地方性的鄉鎮圖書館，館舍至今尚未重建。

由於復原的工作由各館分別在進行，確實的復原經費還不清楚。粗略的估計，用在各類圖書館館舍的整建和新建經費將

達台幣近十億左右，而館內設備的修復和更新費用可能會超過台幣五億，這樣的損失不可謂之不大。為了記取這二次地震對圖書館的教訓，為了使未來，在下個世紀我國的圖書館不再因地震而遭受到嚴重的破壞，使館藏、館員、使用者及服務工作的安全性不再因地震而擔憂害怕。我們有責任把這二次的地震經驗公開出來，讓更多人能藉此得到幫助。

走訪了一些受災較嚴重的圖書館，發現館舍中最普遍的災況是書庫或閱覽室內書架的傾倒和書籍的掉落，其次是天花板和燈具的掉落，以及桌上設備的受損。也有不少圖書館因水塔移位或水管接頭破裂而漏水，導致室內積水使落書浸漬在水中。受創嚴重的圖書館甚至花了數千小時的人力，特別是依賴外界（如軍方）的支援才能逐步的恢復原狀，繼續為讀者提供服務。許多圖書館員和志工為了復原的工作，在無水無電的情形下，自紛亂的圖書、

\* 東海大學建築系副教授

支架和碎玻璃(燈管)中一本本書的清理、排比、搬運和上架，工作極為辛勞，有的甚至因而病倒或造成扭傷。這些情形皆反映出我們應重視圖書館中人員、各種資料和設備的安全性。這兩次地震對圖書館的傷害給了我們難得的經驗，讓我們瞭解地震對圖書館的資源和設備有著什麼樣的侵害性，並切身的體會到應立即加強圖書館的抗震準備。

調查中發現在台灣，圖書館設備的抗震防災工作是一個三不管的地帶。建築(結構)工程師認為他們注重是建築物本身的結構、材料與環境上的抗震工作，他們不管建築物中的非結構物。建築師認為圖書館內的服務設備多由館方自己決定、採買及安排，除非涉及到結構、水電和空調部分，否則他們也不過問。圖書館員對設備的抗震防災工作所知甚少，難以推動這方面的工作。結果，當災難出現時，沒有人願意(能)負責任，倒霉的是圖書館和使用者。

問題的癥結在於一連串的誤失。首先，沒有相關的法規或法令去規定誰必須對圖書館服務設備的安全性負責。其次，對圖書館服務設備的抗震防災觀念普遍不足，沒有想法自然也沒有什麼好的作法；一些錯誤的資訊和判斷更容易造成嚴重的損失。因此，對相關人員在這方面的教育工作便顯得格外重要；有了正確的認識，才可能有清楚的觀念，而完整的觀念正是產生周全作法的先決條件。

值得注意的是，所有的教育資源都必須根基於良好的研究成果。從災況中得到教訓和資料，可充實人們的認知，從而修正法規、改善設計內容和相關設備，逐步的將地震對圖書館的危險性減至最少。使圖書館在地震中的安全性得到館員、使用者和社會大眾的信賴。

對台灣而言，這樣的經驗是少有的。

1935年新竹縣的關西大地震死傷二萬多人，並沒有留下什麼建築物的損傷紀錄。1998年7月17日嘉義縣的端里大地震剛喚起人們對地震的注意力，1999年的二次地震又將人們帶回往昔的惡夢中。由於以往的地震資料中很少有圖書館的損害報告，也沒有建築或工程專家注意到這方面的問題；因此，在從事於圖書館設備的抗震防災研究時，便不得不借重國外的資料和經驗，使我們跳脫以往的思考模式和既成的作法，以較新的觀念和認識來處理圖書館內設備的抗震和館藏的維護問題。1975年加州 San Fernando 地震促使州政府修改一些法令規章，使其後 1989年加州的 Loma Prieta，1993年的關島大地震，乃至於對 1994年加州的北嶺大地震都減少了不少的災情。他們在這方面的努力是值得我們參考和學習的。

這篇文章是本人對“圖書館設備抗震防災工作”報告的一部份，其內容僅及於一般書架、密集書架和天花板系統三部分，因為這三部分在地震中損害最為嚴重。整個報告的重點在於自受災狀況中發掘各種問題，再探究造成問題的原因，進而思考或借重他人的經驗來處理這些問題。由於篇幅之限，本文先將部分設施的抗震防災問題做一簡要的說明，以就教於圖書館界的先進。

## 貳、地震與書架的關係

在台灣，過去的地震都是由歐亞大陸板塊和菲律賓海板塊的相互擠壓和推動所造成。板塊間長期以來在接縫處(即斷層部分)，由摩擦所累積的能量每到達一個臨界點時，便因釋放能量而造成地震。地震的運動是多方向的，包括水平(縱向和橫向)與垂直，或兩者的混合型態。地震的強度一般是以地表的振動程度來表示，

地震力的大小其實是以速度、加速度和移動等因素來表示。在一個小區域中，地震力的加速度是相同的，但是因為在那個區域中各棟建築物在許多方面，如形狀（平面與立面）、結構方式、高度、基礎、施工品質、及隔震消能性等因素的差異，使得建築物在地震時各有不同的反應；這也是為什麼有的建築物會出問題，有的卻安然無恙的原因。

圖書館是一種特殊的公共性建築物。基本上，因為它承載了書籍和設備，它在荷重上的要求已較其他的建築物為高，但是在抗震方面卻沒有這樣的要求。在這兩次大地震中，圖書館內的傷害都是以書籍的掉落和書架的傾倒為最嚴重。在台灣，建築師或結構工程師通常都沒有將書架視如圖書館建築的一部份，僅考慮到它們的重量對建築結構在平時（非地震）的影響。一旦發生較大的地震，書架就會出問題。因為書架極少被固定在建築物的結構體（非磚牆）上，因此，當地震來臨時，館舍無法將書架一起納入建築物的整體抗震和消能系統，而隨著建築物一起搖擺。這個振動對書架的影響會隨著振動的方向、書架的穩定性、及書架所在的樓層位置而有所不同。所以在地震後會出現一些有趣的現象，如為什麼位在高層樓的書架傾倒的比較多？同一層樓的書架為什麼一邊倒一邊不倒？同一館舍的書架為什麼木書架倒而鐵書架不倒？同一排書架中為什麼只倒中間幾座？同一排書架中為什麼有的向東倒有的向西倒？

要說明這些現象，先得解釋一下有哪些地震力會影響書架的穩定性。一般而言，以高層金屬雙面書架為例，它是一個細長型的物體，裝滿書籍時書架的穩定性較高。但是，它的重心仍有不足，特別是在書架未固定在建築物上而又有地震來臨時。基本上，書架的結構除了載重和方便

書籍的取閱外，當小地震來臨時，它應能抵抗造成搖動的水平力和垂直力。這二次地震的垂直力曾造成一些圖書館裡密集書架脫軌的情形。地震時水平的兩個力分別使得書架有下列的變化：

- 一、橫向的力量常會使得書架向側邊（放書的一側）晃動，晃動的大小視書架的重心位置和書架單元(shelving)間的連繫性而定。
- 二、因為書架重心的不穩或聯繫性的不夠，橫向的地震力常會使書架傾倒。情況輕的，則造成書籍的掉落，特別是書架上層的書籍。
- 三、縱向的力量會造成書架向長軸的方向傾倒或扭曲，最常見的是書架側面封板的掉落，此時書籍倒不一定會掉落下來。

綜合地震力的各種影響，其對一般書架所造成的損害有下列幾種：

- 一、書架往縱長的方向傾斜。書架未必會倒，但已造成書架形式的變化。
- 二、書架往橫向傾倒，即書架會壓倒另一個書架上，這種情形常會出現骨牌的連倒效應（圖一）。



圖一 書架的連續傾倒

- 三、書架的扭曲，這是由於書架的荷重不均勻，橫向的地震力造成某幾個書架單元的移動（地面的滑動），使單元之間出現扭曲變形的現象。

四、封(側)板掉落。當封板只是掛在側邊鐵桿上時，較容易發生此狀況，其中又以受縱向地震力時最易出現(圖二)。



圖二 書架封板的脫離

五、頂桿破壞。在書架上方橫向連接幾個書架的頂桿因無法承受(或傳遞)地震力而造成脫落的現象，此現象發生時，書架多已呈橫向的傾倒。

六、分層(側)傾倒。這多發生在木質書架(櫃)上，因上下兩層或左右二個書架間未用鐵件夾住(固定)，以致發生上層或一側書架傾倒的情形。

七、構件的破壞。書板、書檔、底板及頂板常因書籍的掉落和擠壓而破壞。

## 參、一般書架的受損原因和處理方式

### 一、獨立的金屬雙面高層書架

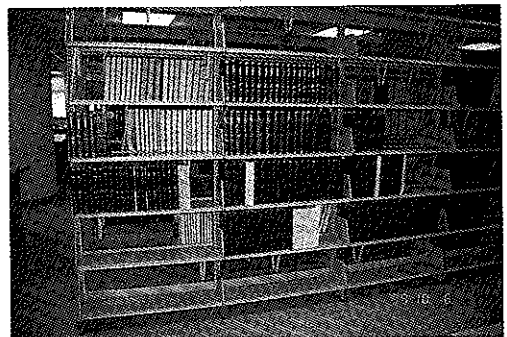
#### (一)穩定性不夠

書架在地震中遭到損害的最主要原因是書架的穩定性不夠。換言之，穩定性就是減少書架受地震力或其他外力影響，而免於傾倒或破壞的重要因素之一。簡單的說，書架的穩定性就是書架的重心低和重

心集中。一個(座)不穩定的書架是很容易在輕度的地震中就出現受創的情形。要使書架具有相當的穩定性，必須從書籍的放置和書架的構件兩方面著手。

1. 書籍的放置。一座獨立的雙面高層書架，它的高度(210cm)為寬度(50cm)的4倍多，這樣的長寬比是很不穩定的，遇有外力便很容易搖晃，因此書的放置方式便直接影響到書架的穩定性。書架所在的樓層愈高，愈應該注意這些事。從許多傾斜或受損的書架中發現，書籍的位置最先影響到書架的穩定性；有三種放書方式影響最大：

- (1) 底層不放書。根據一些館員的說法，在學校裡老師教他們書架的底層不必放置書籍，因為會造成讀者使用的不便，亦容易積灰塵。但事實上，書架底層不放書籍正是造成書架不穩的主要原因之一(圖三)。要增加書架的穩定性首先就是要在書架的底層放書，而且不能只放幾本，最好是能將底層放滿。至於讀者查書不便的情形，則可改變書籍放置的方式，將書的背脊(貼書號處)朝上，讓讀者可以稍微低頭或彎腰便可看見書號，而不必蹲下來查書。唯一可慮的是，這樣的放法對一些厚重的精裝書，日子久了，書本的裝訂(或書型)會受到影響。



圖三 空置的書架底層

(2) 中層不放書。有一些圖書館在排放書籍時，因書號或書籍量不夠而將書架的中間幾層空置著；這種情形亦容易造成書架的重心不穩，特別是當頂上幾層又放滿書籍時，更為危險。

(3) 空置一段書架。某些圖書館會在整排書架頂端（側）空置著全部（層）的書架，做為調整書籍時之用。這種情形在書架的另一側又放滿了書籍時特別的危險，在地震時這很容易造成書架的側翻（傾倒）。

2. 書檔的影響。書檔是書架上固定書籍的物件，一方面避免因書籍的傾倒而損及書籍，一方面也是維持書籍的整齊使讀者易於查找書籍。書檔也是選擇金屬書架時的考慮因素之一（林勇，1997：44）。從一些受災圖書館中發現，書檔亦是影響書架在地震時穩不穩，及書籍是否會掉落到地面上的重要原因。事實上，在地震時許多書架並未傾倒，但書架上的書卻掉落殆盡。

(1) 從抗震及防止書籍掉落的觀點來看，在選擇書檔時，對其形式和組構應注意以下幾點：

A. 書檔和書籍側面的接觸面愈大愈好。接觸面愈大相互的著力點愈多，施力也愈平均。這裡的接觸面不是指包圍出來的面積，而是指實際接觸到的面積。

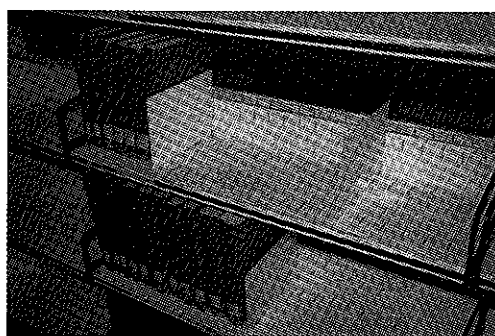
B. 接觸面的重心愈低愈好。重心愈低愈不容易造成書本的滑動或脫出。

C. 書檔和書架的聯接方式，垂直型優於水平型。這涉及到書檔夾書的施力方向和書籍的重力方向是否一致。依重力的關係，二者的接觸方式以上下較佳；為其效果又受到書板上下間距的影響。

D. 操作方式。書檔的操作方式是否方便，既要能不花什麼力氣去移動，又要能很穩定的固定住。

(2) 根據個人對書架書檔的實地觀察和測試後，對幾種常見書檔之特性和效能說明如下：

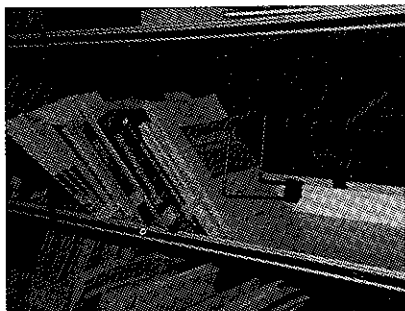
A. 插板式書檔。這種書檔僅出現在一些舊式的書架中，在某些情形下其固定（夾緊）書本的功效甚佳（圖四）。前提是，書籍的總厚度最好正如書架底（側）板上刻槽之間距，如果不能符合此一尺寸，書檔則夾不緊書籍；一旦留有空隙，書籍雖便於抽取也極易滑落。此外，此種書檔在抽取移動時較為不便（垂直與水平槽縫的抽取順序正好相反）。



圖四 插板式的書架

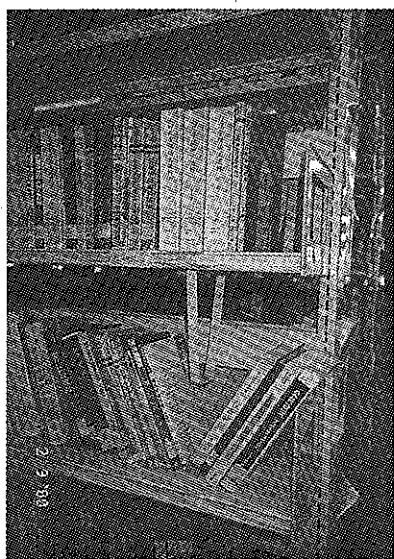
B. 書桌用書檔。這種書檔和書架間沒有任何固定裝置，全靠書籍的重量來壓住（固定）書檔，只有少數的圖書館採用此種書檔。柏克萊加州大學總圖書館新增地下室的書架即採用金屬製的這種書檔，其不同點是在底板上貼了一條頗寬的磁帶，使書檔能完全而堅實的固定（吸著）在書架的底板上。根據該館館員及建築師 Fred Yasaki 表示，此一書檔在調整及固定書籍方面頗為好用。

C.板型內夾式書檔。這種書檔的固定處是在書架內側的橫桿上（圖五）。當書背靠近書板的外緣，且書檔面未能接觸到書本的重心位置時，一旦書架有搖晃，書冊極易外滑，它的安全性並不高。由於一般讀者並不熟悉它的操作方式，很少會在拿書後用它去夾緊其他書籍。



圖五 內夾式的書檔

D.上夾式書檔。這是利用書板下方的軌道來固定（夾緊）書檔的位置，固定性和操作性十分良好。其缺點在於書檔和書面的接觸面（位置）太高，不易夾穩書冊，特別是對較小及平裝的書籍（圖六）。框型內



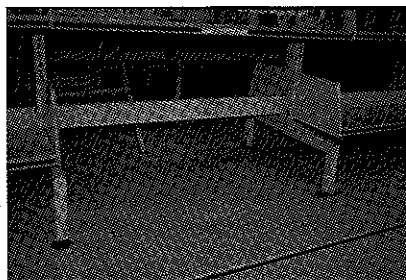
圖六 上夾式的書檔

夾式書檔。這種書檔在形式上和板型內夾式書檔十分相似。差異在於固定的方式和書檔的型式。這種書檔對書冊的固定性較低，只要書籍一多，特別是精裝書就常有夾不住的情形。

3.書架方面。除了書檔外，書架本身在構件與裝置上也影響到其穩定性。

(1) 在裝置方面：

A. 底板太高。許多書架最底層書板的位置都太高了，有的甚至高過地面 10 公分。愈高的底板，愈會提高書架的重心，而容易造成不穩的情形（圖七）。



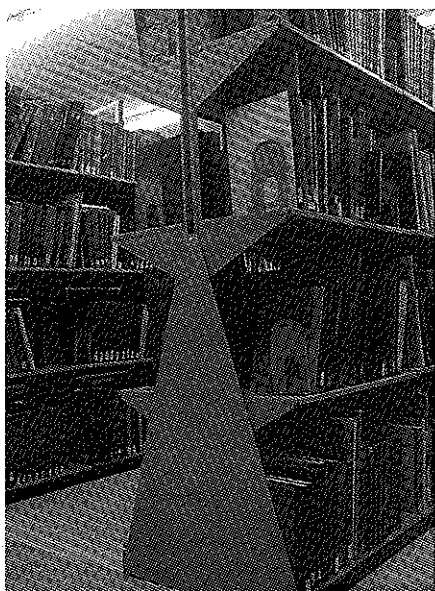
圖七 書架的底基（腳）太高

B. 書架單元間的聯繫性不夠。金屬書架幾乎都是由書架單元組構而成，各單元之間缺少足夠的聯繫桿件，大多是將二個相鄰的中央直桿用螺栓固定或焊接起來，其中以兩個書架單元間共用一支直立撐桿的情形為最糟。加上很少利用書架的頂板或踢腳板來聯繫各個單元，當地震來臨時，各個書架單元因荷重不同，彼此搖晃的程度也不同，使得書架極易造成扭曲、破壞、翻倒和移位，書籍亦容易受到傷害。低層的書架常用木板為頂板，其效果就不錯。

(2) 在構件方面。如何增加書架的穩定性，特別是在遭受到輕微的晃震時也不會有落書的情形出現，始終被大家

所忽略。美國舊金山的公共圖書館想出了一個方式，就是要求廠商將書板由原來的完全水平，改為將書板的外端（緣）抬高 1 公分，使書板形成外高內低的樣子。因為有此斜度，而有助於將書籍的重心往內移，使得在輕微的地震時，書籍也不易外滑；加上書檔的夾緊作用，書籍就更安全了。這種設施，目前在許多大賣場的貨品架上也可以看到。

- (3) 因為書架的形式瘦長，如何增加書架重心的穩定性便成爲一個設計上的訴求。日本的公共圖書館常將木書架的底層放大（加寬）以增加其穩定性，國內也有圖書館採此做法，成效亦不錯。惟在金屬書架上尙未見這種設計。美國史丹佛大學在重建因地震而損毀的 Green 圖書館時，在每個金屬書架單元的側面均加裝鋼板斜撐以增加書架的穩定性（圖八）。柏克萊加州大學的 Doe 圖書館則利用三角型的鐵板固定在書架的二側以增加其穩定性，效果都不錯。



圖八 三角形的側板

## (二)抗震性。

書架的抗震性也就是要在地震時增加其穩定性。金屬書架的抗震性措施，可依地震力所造成的破壞來探討：

1. 書架在縱向上的抗震措施。在去年的二次大地震中，圖書館中書架遭到縱向力破壞的情形並不普遍，至多是書架兩側的封板因縱向力而告鬆脫分離。原因是此地圖書館中金屬書架的橫向構件較多，在眾多的橫桿之中，通常也只有頂部和底部的橫桿真正用焊接的方式固定在主要的直立桿架上。除此之外，也有一些維繫書擋的橫桿安排在書架的內側，雖然那些橫桿和垂直骨架間是用搭接（或扣接）的方式，不似焊接的方式來的有效；但它們之間仍具有一些力的傳遞性並對整體有一點安定作用，但這仍然不夠。

美國在 1980' 年代以前，並未注意到縱向地震力對書架的破壞性，80 年代的幾次大地震激起了人們對這方面的重視，而極力宣導在書架中設置「交叉斜撐」的重要性(George et al, 1986 : 254 ; Butler, 1988 : 24; Johnson et al, 1990 : 930) :

- (1) 交叉斜撐如今已成爲美國在地震頻繁地區圖書館書架上的必備要件。交叉斜撐是在雙向書架的中央部份以二支相互交叉的桿件，聯接書架的四個角落，這種裝置對抗拒縱向的地震力有很大的幫助（許茂雄等，1997 : 63）。雖然如此，在裝設上也必須注意到以下幾點：

- A. 交叉斜撐以集中設置爲佳（圖九）。將二支交叉桿件分別裝設在二個書架單元上（方向不同），不如設置在同一個書架單元上來得理想，且可避免大冊書在安排上的不便。



圖九 書架內交叉的斜撐

- B. 交叉斜撐和垂直桿架的接合位置愈接近書架上下書（頂）板的端點，抗震效果愈佳。
- C. 交叉斜撐不必在每個書架單元上都安置。在一排書架中，每隔一個書架單元安置一個即已足夠。
- (2) 在書架單元中增加橫向的聯桿也很重要。在沒有交叉斜撐時，它們亦具有一些抗震的功能，惟效用不及前者。這些橫桿和直立桿件的接合方式以焊接為最佳，其次是螺栓固定，搭接方式較差。
- (3) 如能用適當的接合方式（如上述）處理書架的頂板和最下層的踢腳板，也會有助於抵抗縱向的地震力。
2. 書架在橫向上的抗震措施。在 921 及 1022 兩次大地震中，圖書館書架的受損情形以橫向的傾倒最為嚴重。雖然有的圖書館曾做了橫向的抗震措施，但因不夠理想而遭到更嚴重的傷害。造成書架在橫向上傾倒的主要原因是重心不穩和抓地力（和地表的緊扣力）不夠，其次才是書架間缺少橫向的聯繫或其效果不彰。

在增加書架的穩定性方面，前面已有說明。現在就其抗震措施加以說明：

- (1) 將書架固定在地板上。這是防止書架橫向傾倒的最重要措施 (Fierro et al, 1994:26)，也是美國圖書館建築師 C. Held 最推薦的方式 (Poole, 1990:66)。在書架單元的兩側分別加裝鐵製的三角架(板)固然可以增加書架的穩定性，如能再將三角架(板)固定在樓地板上，則書架的穩定性更能得到保障。美國加州的許多圖書館，不論是新館或舊館都採用此一方式以增加書架的穩定性，這對防止書架側翻有相當的功效。

根據個人的訪查，在台灣幾乎沒有圖書館將書架固定在地板上，主要的原因有下列幾項：

- A. 在觀念上，館員認為書架是可移動的。為了遷就館內書籍的增加，必要時因增加書架而調整位置，所以極少將書架固定在地板上，以免在調整時造成書架搬動的困難。其實，館方不可因為在建館之初書量少（書架少）而加大書架的間距，待書籍增加了再來移動書架位置以增加書架數量。正確的觀念和做法應在設計之初，建築師和館方就應依需求和規範訂定好書架的位置，在未設置書架的地點先放置閱覽桌椅，待有需要時，再移開桌椅在既定的位置上設立書架。如此一來，書架的位置便沒有什麼調整的必要，而可以固定在地板面上了。
- B. 怕破壞地板材料。許多圖書館的閱覽室是鋪地毯或大塊面磚，為了怕破壞地面材料而不將書架固定，是錯誤的想法。在閱覽室中

鋪設材料為的是美觀、消音和舒適，這都是為使用者好而非為書架所安排的。國外的圖書館，在書架下方是不鋪地毯的，書架可直接固定在樓地板上。這次地震中，某大學圖書館就因為書架未固定，造成書架移位破壞了鋪在地上的塑膠地毯。

- C. 書架未設計可固定之裝置。在書架廠商所提供的目錄資料中，幾乎看不到有可固定的書架形式，反倒是特別去強調書架的可拆解和可移動性。
- 將書架固定在地板上的做法中，值得注意的是要對每一個書架單元做好固定的工作，不可只在整排書架的二端加以固定。固定用的螺栓至少得有 1/4" (0.6 公分) 的直徑，螺栓須深入地面至少 1 吋 (2.54cm) (Shelton, 1990:27)。
- (2) 利用橫向拉桿連接書架。有的圖書館為了防止書架在地震時，在橫向上產生連續傾倒的骨牌效應，而用金屬桿件在橫向上將書架頂端連接起來。這種想法的本意很好 (Fierro et al, 1994:27)，但功效並不是最理想。原因是拉桿本身不能處理在外力下書架因重心不穩而引起的搖擺現象，但卻可以利用桿件彼此相互牽繫的關係，將書架的擺動力藉著拉桿而由其他較穩定的書架來吸收，彼此共同負擔地震力的影響，避免造成書架在橫向上的傾倒 (圖十)。在設置這種裝置時必須考慮到以下幾點：
- A. 此一措施最好是配合著將書架固定在地板上，功效較為顯著。當然，在地震不是很嚴重的區域，單獨採用此一方式也是可行的。
- B. 架頂的橫向拉桿所連接的書架數

目不可過多，以 3~5 排書架較理想。連桿過長，效用不會更好，因為拉桿之間的接頭一多，力的傳遞性就受會到影響。

- C. 書架的間距不可太寬。當間距太寬而受力時，拉桿會在中間先挫曲而無法將力傳遞好。
- D. 拉桿多為金屬製品，其中圓形鋼管較 L 形型鋼為佳，而 L 形型鋼較 L 形角鐵為佳，主要在於各型拉桿的抗壓性和接合方式對傳力有不同的影響。此外，亦不可將各種材料的拉桿混用。
- E. 拉桿和書架間的接合方式極為重要。某圖書館曾將拉桿的接合點以螺絲鎖在書架的頂板上，而頂板又是以螺栓鎖在書架的直立桿架上。當地震發生時，拉桿一受即便牽動頂板，可是螺絲卻吃不住這個力量而崩脫出來，結果造成拉桿彎了，頂板翹起來了，書架也倒了。拉桿和書架的接合工作應注意到二點，一是接合的部份應為直立桿架的頂部，二是接合方式以焊接為最理想，螺栓次之，螺絲或扣環均不佳。
- F. 拉桿的位置應考慮到書架單元的數目。許多圖書館簡單而直接的將拉桿安排在整排書架的兩端，



圖十 書架頂桿伸入天花板，固定在樓梯下

這並不理想。理想的位置應從外側算起自第二個書架單元開始，每隔二或三個書架單元設置一個橫向拉桿，如此才能充分發揮其傳遞和均衡地震力的功效。

- G. 拉桿亦可和牆面或樓頂板相接。拉桿不能直接清除書架所承受的地震力，這是拉桿裝置最大的缺點。舊金山有一家土木工程公司就將其圖書架的拉桿再接一段直立的桿件而固定在樓頂板上（穿過天花板）。柏克萊加州大學生命科學院的圖書館則以 45 度的斜桿將拉桿固定在「水泥牆」上。這些方式對增強拉桿的抗震功效均極有幫助。

3. 封板的固定性。許多圖書館在書架二側裝設封板都是以美觀為出發點，此外也有在上面張貼一些書號及說明文字。許多封板都只是掛在書架的外側（未固定），對書架毫無結構性的作用。有些圖書館則將封板以螺栓固定在書架兩側的桿架上，如此一來封板即發揮了穩定書架的功效，其作用有時較前述的三角形輔助構件還好。

## 二、靠牆的金屬與木質高層書架

這一類的書架在兩次地震中有不少傾倒，特別是一些木書架。事後，許多圖書館在處理這類書架時，多以 L 形的金屬片將書架固定在牆上（張嘉祥等，民 88 年，頁 6）。這種做法基本上是對的，但仍須注意到以下幾點：

- (一) 就書架而言，固定的位置愈高愈好，而且應在書架的主要構件如直立桿架的頂部或最高的橫桿上（圖十一）。
- (二) L 形的金屬片宜各以兩個螺栓分別固定在書架上及牆上。原則上，最好是每個書架單元用一個固定片。



圖十一 以 L 型扣件固定書架頂部在水泥牆上

- (三) 固定在水泥牆上。圖書館內多為磚牆，磚牆本身的耐震力不足。地震時，磚牆如出現裂縫就很難扣緊書架。

除了用金屬固定片外，木書架可將最下一層略為放大，可增加書架的穩定性（下層一定要放書才行）。此外，靠牆的木書架不宜由二層書架疊立而成，除非在疊立的部分有很緊密的固定裝置，不然即使用固定片將上層的書架固定好，下層的書架還是會受到影響的。

## 三、低層書架

在這兩次的地震中，低層書架較少傾倒。但是，低層書架亦有嚴重的落書情形。此外，亦有不少低層書架出現移位的現象。因此亦應注意如何增加低層書架的穩定性。

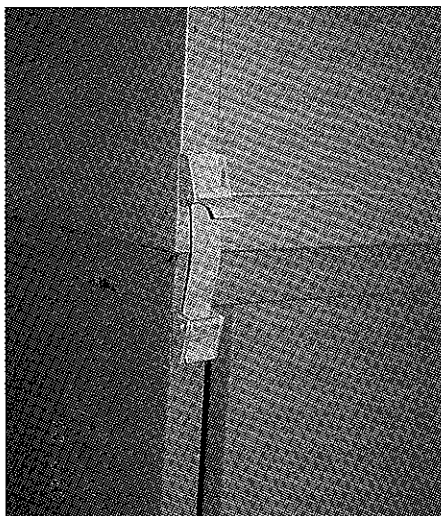
- (一) 低層金屬書架可用木板做外框（頂板和封板）將其包裹起來，如此一來，不但可藉木框使書架更形穩固並美化外觀，頂板部份亦利於使用。
- (二) 利用功能較佳的書檔及書板外緣昇高的做法，使書籍不易外滑掉落。

## 四、不靠牆的木書架

雖然許多圖書館在閱覽室或書庫中都已普遍的採用金屬製的書架，但仍有許多圖書館使用舊的或訂製新的木書架。這些木書架在地震中均有傾倒和落書的情形，究其

原因及防治之道應注意以下幾點：

- (一)書架不宜分為上下二部份。無論用什麼辦法連接上下兩部份均很難將二個部分完全結合成一體以抵抗外力。有些木書架甚至是上層比較細薄（單側放書），下層比較寬深（雙側放書），這就更難抗震了。
- (二)兩個單側書架宜在外側邊緣裝設「扣夾」（圖十二）。有些學校將期刊架做成單側木書架，而以二個木架彼此背靠背的放在一起。遇到地震時，這種書架輕則移位，重則傾倒。如能在木書架的上方及左右兩側各以扣板將書架結合在一起可增加彼此的穩定性。



圖十二 書架間的扣夾

- (三)木書架中不宜用活動書板。很多木書架設置活動書板是為了因應書本的大小，而彈性的安排不同高度的書層；也因為活動書板本身未能完全的固定，當地震來時，非常容易造成書板移動，書掉板也翻的情形。
- (四)慎選書檔。木書架不比金屬書架可利用一些構件來固定書檔以夾緊書籍。在缺少相關構件的支持與配合下，如何選擇適用的書檔是很重要的。

## 五、如何選擇抗震設施

為了保障圖書館內書籍資料和設備的使用性，及避免因書架倒塌而傷害到使用者，圖書館應為書架採取必要的抗震措施。在選擇抗震措施時宜考慮以下幾項因素：

- (一)地震機率。從地震區劃分圖上可查知圖書館位在那一區，附近有無斷層以及過去地震對此區域的傷害性等，藉此資料以研判圖書館受地震影響的機率與大小。機率愈高則愈需要做抗震措施。
- (二)財力多少。對一個既有的館舍而言，做書架的抗震設施，是很花錢的。有多少財力做多少事，重要的部分先做，次要的逐年分批進行。
- (三)館舍本身的條件：
1. 空間大小。書庫或閱覽室愈大，愈應該早做。經驗顯示，在地震中書架因易受彼此影響（如骨牌效應），常造成較大的損失。
  2. 書架多少。書架量多宜分批進行，書架少的可一次完成。
  3. 書架種類不同。對易受地震損害的書架優先採取抗震措施。
  4. 既有書架的限制。有些舊書架因材料和型式之限，不易採用較新式的抗震措施，而須在裝置或材料上做某些調整。
  5. 室內的地面材料。既有的地面材料可能會影響到抗震措施的選擇性。
  6. 室內天花板的高度。書架頂部和天花板相距太近，會影響某些抗震措施的採用性。
  7. 樓層高度。圖書館的樓層數愈多，愈需要注意到書架的抗震問題。書架愈在高層，愈應該採取抗震措施。
- (四)館舍的復原能力。如果地震後的復原能力（包括人力和財力）不是很充足，就

應該加強一些事前的抗震準備。

(五)數種兼行分期實施。書架的抗震措施並非只有一種，在考慮各種條件因素下，可分期設置不同的抗震措施，以達到最佳的抗震效果。

## 肆、密集書架

### 一、受災狀況和原因

在 921 大地震中，有三所大型圖書館的密集書架出現狀況，雖然情形並不嚴重，但也有相當的參考和警示作用。二所圖書館的密集書架發生「出軌」的情形，有一個是在地下室，另一個是在 2 樓。有一所大學圖書館在 2 樓的密集書架出現「傾倒」的現象。

密集書架的特性在於節省空間，除了方便使用者的利用外，在設置上甚重視安全與穩定性。由於密集書架在設置條件和本身構造上的特殊性，使得它在地震時，所產生的反應有異於一般的書架，特別是在對上下震動所造成的脫軌現象。

密集書架對地震的三種振動狀況（方向）均會有明顯的反應。1995 年日本的阪神淡路大地震，7.2 級的規模反映在 833 Gal 的地震加速度上，對密集書架造成很嚴重的損害。當時劇烈的上下振動，使得書架底部的輪子脫出軌道，特別是對一些放書並不多的書架。車輪在脫出軌道時也使得車輪旁的防傾倒裝置（滑軌）受到擠壓而變形（原義和，1995：910）。

當地震搖動的方向和書架底部軌道的方向相同時，書架會因應合著而前後搖動或前後移動而造成推擠的現象，對書架表面少有損傷，但架底的煞車系統和配電系統卻易造成損害。有一些書架因為載重不均衡，受到推擠而傾倒，架上的書籍掉落在軌道上（側），立刻影響到書架的移動

性，書架也會壓損到落下的書籍。

當地震力和書架軌道的方向垂直時（即側向力），書架上若載重不均衡又缺少防傾斜的裝置，則很容易造成書架的側向傾斜，底部的輪子也會因架身的搖晃而出軌。

### 二、抗震的觀念與裝置

密集書架的抗震裝置是抗破壞的設施，這種設施可分為抗傾斜和抗（書架）變形的二個部分。抗變形的設施（如交叉斜撐）和一般金屬高層書架相同，抗傾斜的裝置可分為二種。

(一)書架頂部的抗傾斜裝置。這種裝置是由日本發展出來的，其形式和一般書架頂端的橫向拉桿十分相似。它是在書架側邊直立桿件的頂端（非頂板上），以焊接的方式安置二個三角形的托匣，匣內有二個轉輪（或承軸），轉輪間可容一個圓管通過（圖十三）。就利用匣內轉輪和圓管的關係，使書架可以平穩在軌道上滑動。當地震來臨時，因藉著轉輪和圓管之間的摩擦力以吸收地震對書架的平行衝擊力，再利用書架在軌道上的滑行，而消除地震的影響力。在美國有規定，當密集書架的高度超過書架架基（carriage）寬度的 6 倍時，便不可設置一般標準型式的架頂防傾斜裝置。此外，密集書架頂上要裝設這種防傾斜裝置，至少和天花板之間得留出 13 公分的空間（Novak, 1999：660）。在日本的阪神大地震中，這種防傾斜裝置十分有效。因為有些密集書架將這種防傾斜裝置中圓管的端點固定在牆上，1989 年在美國加州的 Loma Prieta 大地震就造成書架結構上的扭曲與破壞，反倒是一些未裝設這種裝置的密集書架並未遭受到什麼損傷。這是因為在美國，工程人員相信將一般金屬書架頂

端的橫桿固定在牆上可有效的將地震的水平推力轉由建築物的結構體來支撐，而分散地震力對書架的衝擊；這種方式在一般書架的頂部橫桿上有很好的成效。也因為這個事例，使得美國加州衛生當局規定在醫院中，存放資料（病例或書籍）的密集書架不可裝設頂部的防傾斜裝置（Novak, 1999: 670）。

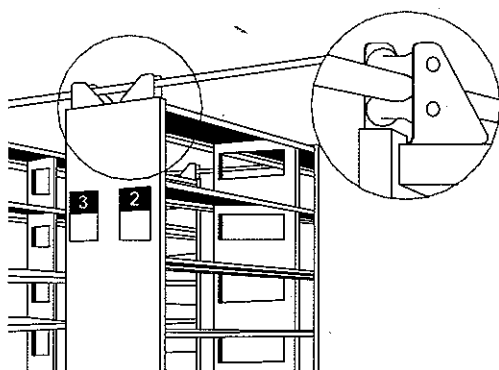
(二)書架底部的抗傾斜裝置。在美國，結構工程師認為當密集書架的高度超過架基寬度的 4 倍時就要加裝底部的抗傾斜裝置。在加州，甚至要求地震區的圖書館必須加裝這項裝置。這種裝置是在書架底部的車輪旁裝設一個 C 型的鋼板，並嵌入在軌道旁的 J 型金屬構板內（圖十四），用以達成防止傾斜的效果。特別是與軌道同方向的搖動時，這種裝置可以吸收一些搖動的力量，使得書架不會因搖晃的太厲害而傾倒。地震力若是很大且和書架軌道的方向垂直時，架底的防傾斜裝置會受損，書架在軌道上也不能滑行（消能），書架便會因此而變形、傾倒，書籍也會掉落下來。在密集書架中因為不可放置雙層梯（stop stool），所以常有使用者用攀爬邊框的方式去拿較高層的書籍資料。這種裝置在平時亦可防止因人攀爬書架

的邊框而造成書架的不穩。此外，它亦可防止因資料放置不當而造成書架不穩（不平衡）的現象。

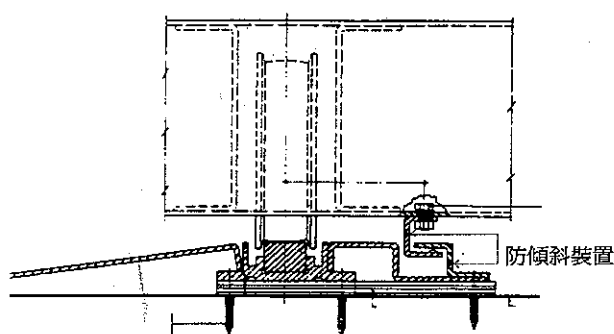
### 三、準備工作

雖然製造密集書架的廠商在工廠中都會對其產品做各種性能的測試，其測驗的嚴苛性終究不如真實地震狀況來得確實，很多廠商們也是根據地震後的損害情形去修改他們產品的設計。根據地震災後的檢討，對密集書架在抗震上的安全性要求，應做好幾項準備工作：（原義和，1995：912）

- (一)密集書架的四周應有適當的通道空間，使書架在遭受外力損害時，其變形或傾倒的書架不致阻礙人們的逃生和救援行動。
- (二)重視密集書架在軌道方向的抗震性，除了加裝上下二種防傾倒裝置外，使用無溝槽的車輪有利於車輪在受力時輕微的移動，避免脫槽性的出軌破壞。此外，應重視書架中垂直支架的剛性強度，避免因輕微的碰撞即造成扭曲與傾倒。
- (三)密集書架上亦應裝設交叉斜撐，防止因側向的地震力造成書架的傾倒和破壞。
- (四)美國和日本的專家們認為在地震區，密集書架應同時裝設上下二種防傾斜裝



圖十三 密集書架架頂防傾斜裝置



圖十四 密集書架底部的抗傾斜裝置

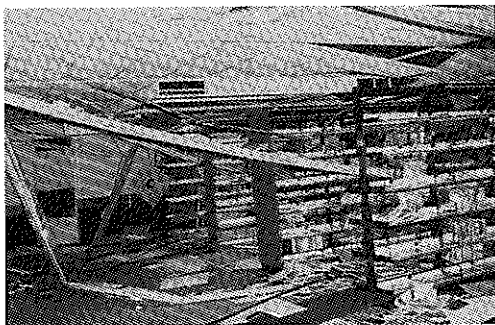
置；但在非地震區，一種裝置便已足夠。

## 伍、天花板系統

### 一、災況

在這二次大地震中，由於建築物的損毀和倒塌給人極為深刻的印象，因此很容易使人忽略了地震對室內所造成的各種破壞。在圖書館中除書架外，以天花板系統的損害情形最為嚴重，這可由下面幾點來說明：

- (一) 災區中幾乎所有裝設天花板的建築物，天花板皆受到損壞，只是程度的不同而已。重要的是同一棟建築物每次地震對天花板的破壞方式幾乎相同，顯示問題的原因極為相近。
- (二) 大空間（開敞式平面）中的天花板系統在邊緣處（和牆相接處）破壞的特別厲害；破壞處呈線型發展，中央部分尚呈完好（圖十五）。
- (三) 天花板系統中支架的破壞以扭曲為最多，其次是脫架。扭曲多發生在四周的主架上，脫落處多為副架。
- (四) 天花板的落下以在四周靠牆處最多，在非邊緣區域則出現天花板跳出框架的情形（圖十六）。
- (五) 天花板系統的附加物亦遭受到嚴重的破壞，其中以燈具最為嚴重。呈線型安排的燈架在地震中受天花板支架的擠壓，支架在扭曲並不堪負荷燈具重量的



圖十五 天花四周呈線性的破壞

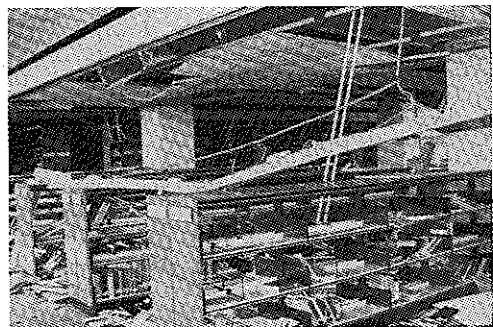
情形下，燈具呈連續性的掉落。單獨的燈具亦有掉落的情形，惟不及前者嚴重。

- (六) 除燈具外，洒水頭亦因天花板的移動而遭破壞，亦間接會造成輸水水管接頭處的破壞，圖書館因而遭致積水。
- (七) 天花板系統的破壞亦波及到空調管道的出風口。出風口的脫落亦將風管拉扯下來，形成天花板系列的大破壞。
- (八) 天花板系統的破壞中，吊架的垂落造成人行的障礙，特別是燈管和電線斷落的部分。天花板的掉落不僅損及下方的桌椅、傢俱和電腦設備，在地面上亦形成障礙，造成人員逃生和救難上的困難。

### 二、原因

對受災現場的多次勘檢，發現造成天花板系統在地震中有如此重大損傷的原因主要有以下幾點：

- (一) 設計工作上的疏失
  1. 建築設計者極少考慮到天花板系統在地震時的反應和影響。設計內容多依既有的施工習慣及廠商的材料說明書，有的甚至連施工圖都沒有繪製。
  2. 近代的圖書館喜以開敞性空間反應其在機能上的彈性。許多建築師將大空間的天花板設計成一大片，地震時的搖晃對天花系統造成極嚴重的傷



圖十六 天花高低接合處邊緣的破壞

害。

3. 高低差間距的處理不佳。有的建築師利用天花板的高低變化來改變室內的空間感，但卻未處理好高低天花板銜接處在地震時的抗震性。
4. 未考慮附加物的穩定性。天花板系統上常附加照明的燈具、空調出風口、洒水頭和偵煙器等，它們往往都安置在支架或天花板上，本身並沒有什麼懸吊（支撐）裝置。一旦地震來臨，天花支架在搖晃、鬆動或扭曲變形時，這些附加物就會掉落下來，輕者毀損物件，嚴重的甚至會引起火災或水災。
5. 設計者未要求天花板系統在牆邊加設吊線。因支架的吊線距邊緣太遠，當地震力較大時，支架被拉離收邊處，造成支架結構不穩定，在另一側則對天花板系統加以擠壓，使邊緣處的支架桿件遭受破壞。

(二) 施工方式馬虎。因為天花板系統的主要構件皆隱藏在天花板的上方（背後），不容易被人直接看到，因此施工極為馬虎；工人常用最經濟的材料和最簡單的方式來施工（如吊線位置不求整齊）。加上主架與副架間是以扣接方式組合，易於施工，也易於更替，使施工者輕視施工的品質。

(三) 材料簡便。業者不重視天花板系統的抗震性，主架和副架間的接合簡易而不够穩固。

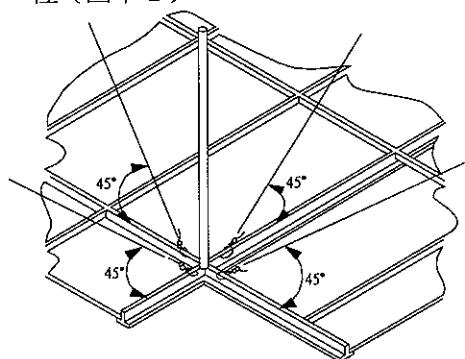
### 三、解決方式

天花板系統在地震中的損壞是許多地震帶上的國家都曾遭遇過的，各國對天花板系統耐震性的補強工作也有不盡相同的看法和做法：

(一) 美國在過去幾次大地震中，建築物在天花方面都遭受到程度不等的傷害，因此

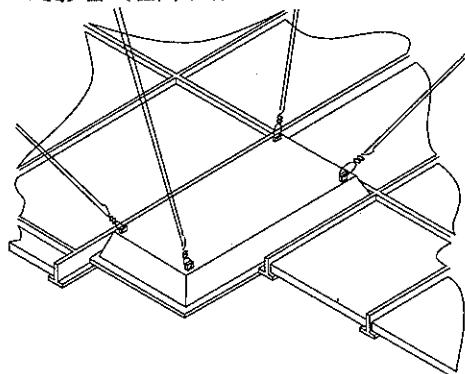
他們對天花板系統的抗震和防災性特別重視（Fierro et al, 1994）。

1. 天花板系統的懸吊物以桿件為主。特別重視利用垂直桿件將天花架連接/固定在樓板下方，以防止地震上下振動時對天花板系統的傷害。
2. 在天花板的支架系統中，每隔 4 公尺在立桿與主架相接處用 12 號的鐵絲，向四個方向依 45 度固定在樓板或結構體的底部。在鐵絲與主架的接合處鐵絲必須在反勾處上方的 4 公分內至少旋轉 3 次，以求接合的牢固性（圖十七）。



圖十七 天花支架的斜向固定

3. 物件的穩固性。在天花板上將燈具或空調出風口背面的 4 個角落（端點），用 12 號的鐵絲依 45 度的方向固定在上方的結構物（如樓板）上，使燈具的安全性不致受到支架搖晃的影響（圖十八）。

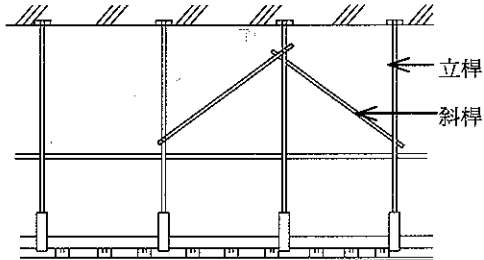


圖十八 天花板燈具背側的斜向固定

(二)日本也是位在地震帶上的國家，歷史上多次的地震使日本人對地震有著強烈的警覺性，使得他們對地震的研究和準備特別用心。

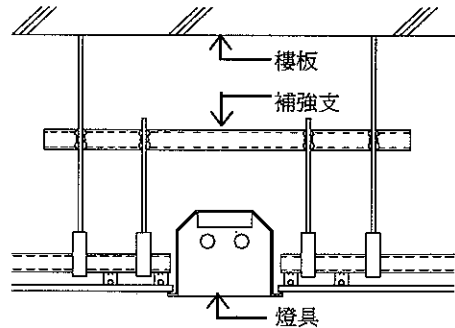
日本在過去的歷次大地震中，天花板系統都是損害甚嚴重的部分。基於對建築物抗震要求的不同，建築物內天花板的抗震性要求也隻做到對人員的安全的保障，及將其他物件和財物的損失減到最少而已。經過震災後的檢討，日本的建築工程師認為天花板系統的抗震性應著重在以下三方面（赤松俊夫等，1996：144-146）。

1. 重視吊架的穩定性。他們主張天花板支架的懸吊應用吊桿而非金屬線（鐵絲），除了在垂直的吊桿間加上水平的連桿外，更加添了一些 45 度的斜桿，防止地震時的搖晃（圖十九）。



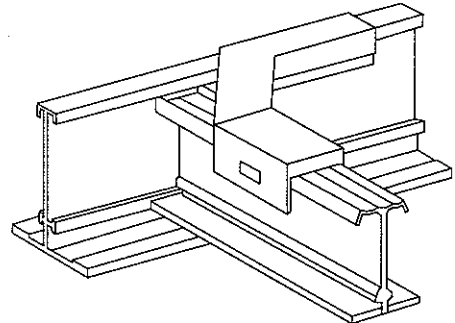
圖十九 天花支架的立桿和斜桿（剖面圖）

2. 開口處的補強。過去地震中，天花板的損害常和其附近開口部分有密切的關係。因此，日本人對在天花板上的各種開口，如燈具、出風口或出入口位置處的吊架都予以特別的加強。他們是將開口部分的支架另加連桿圍起來（圖二十），並和天花板支架形成一個整體。當地震來臨時，天花板系統和燈具部分會一起受力而搖晃，燈具部分不會因天花支架的扭曲起翹而脫落破壞。



圖二十 天花板燈具支架的補強（剖面圖）

3. 加強主架與副架之關係。在支架中每相隔一定距離在主架與副架間裝設 45 度的“夾扣”（圖廿一），藉此增加主副架之間的穩定性，避免支架間的扭曲和鬆脫。

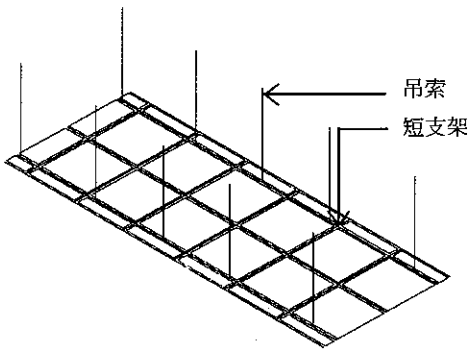


圖廿一 天花支架間的夾扣

(三)台灣因處地震帶上，學術界和工程界對建築物的抗震工作一向非常重視；但是對於建築物中非結構性物件的抗震研究則十分缺乏。成功大學建築系姚昭智教授是這方面少數的幾位專家。

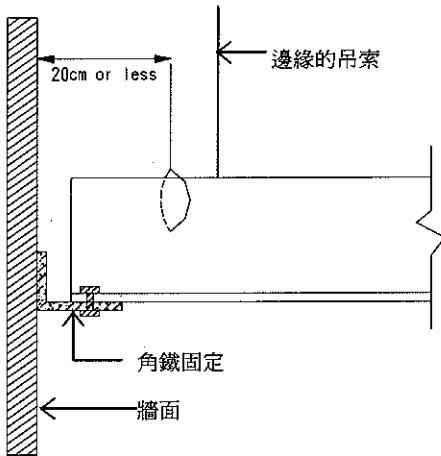
在觀察災情，研究學理及多次模擬實驗後，姚教授認為天花板在地震中是極為脆弱的部分，要減輕建築物天花板系統在地震中的損害性，有三項工作必須要做（Yao，2000：11）：

1. 在天花板四邊距牆 20 公分（以內）之處，在橫向的副架上增加一支吊線（索）（圖廿二），這支吊線對穩定天花板系統有很大的作用。



圖廿二 天花板側邊增加吊索和短支架

2. 在天花板的四邊中，有二邊不需要固定在牆上，另二邊則在副架的外端以鉸釘 (rivet) 和 L 型角鐵將天花固定在牆上 (圖廿三)，使得整個天花架更為穩固。



圖廿三 天花板邊緣的處理 (Yao, 2000: 6)

## 陸、應有的認識與作為

這二次地震帶給台灣中部許多圖書館慘痛的經驗，其他的圖書館雖然沒有這樣的遭遇，也應能體會出這些痛苦。為了避免在下次地震時遭受到任何財產和人員的損傷，圖書館方面應注意下列幾點：

### 一、做好事前的準備工作：

#### (一)在認知方面

1. 不是做消極的「防震」準備，而是做好積極的「抗震」措施。惟有妥善的抗震準備，才能安心的做服務工作。
2. 不要因為地震未曾來襲過而掉以輕心。
3. 不要因為上次地震時，館舍沒有什麼損失而慶幸。921 地震，中部某大學圖書館只有二個書架傾倒，損失很少；但在 1022 地震中卻損失慘重。
4. 不要以為自己對地震的準備已經足夠，隨時再做好檢查的工作。
5. 抗震的準備是全面性，包括書架、桌椅、櫃架、天花和燈具等等，缺一不可。

#### (二)在做法方面

1. 和建築師 (或室內設計師) 及廠商慎選書架的各種抗震措施。
2. 書架的安排：間距不可太窄，整排書架不可太長，不可靠近門窗或玻璃牆，數排書架間應有閱覽桌椅相隔。
3. 書籍的安排：底層不空置，中央層不空置，單 (側) 面不空置；並用書檔將書夾緊。
4. 利用電腦將各個書架的書籍序列 (書號) 紀錄下來，未來在整理或復原時皆較方便。
5. 為緊急救難狀況做好準備工作。如與附近圖書館的聯絡，館內同仁的救災任務編組，附近可提供救援的單位與聯絡人，館內的設備、逃生或急救路徑圖等。
6. 定期為抗震設施做檢查和養護的工作。

### 二、做好災後復原的計劃工作

地震是許多天然災害中的一種，它對圖書

館的傷害是難以預測和估算的，因此惟有對災後的復原工作有較完善的準備，才能很快的恢復館舍的服務工作。國外的案例顯示，當地震來臨時可能會引起火災（如電線走火），而救火時所造成的水患，會使書籍資料浸水，浸漬的書籍則需要特殊的冷凍乾燥處理。有些問題在這次地震中亦曾遭遇到，因為大家都沒有做好事前的準備，以致增加不少的損失。

## 柒、結論

921 和 1022 兩次大地震為台灣中部地區的許多圖書館帶來了嚴重的損傷，從館內書架的倒塌和書籍的散落情形可以瞭解到它所帶給我們的不只是震驚、疲累和憂懼，更是一次有驚無險的寶貴經驗。在此，個人對書架的抗震性，及有關抗震的各種措施做了一些分析，希望能提供一些資訊，以免在下次地震來臨時，圖書館仍遭受到書籍、書架或人員的傷害。

雖然本文主要是為館方提供一些參考資料，希望圖書館能依據其本身的條件，為書架採取適當的抗震措施以防範傷害於未然。但在這裡，個人亦要慎重地指出，圖書館在為書架等設施所做的任何抗震方面的努力，其成效尚需要多方面的協助與共同的努力方能完成。

首先，圖書館學會必須扮演一個統合和領導的角色。以一個專業團體的立場對書架抗震功能的重視，不但可喚醒國內各公私立大小圖書館對此事的注意力，由學會對災情所做的調查報告，以其公信力和專業性必能發揮對政府和相關廠商的影響力。

圖書館書架的抗震工作應是全國性的。在此情形下，政府公權力的發揮是非常重要的。由圖書館學會及其他相關專業性團體（如土木技師公會和建築師公會）

共同提出一些有關公共安全方面的建議，在政府的支持下，經過相關的程序而形成法律或規範性的文字，頒布於全國，使得抗震的準備成為法定的工作，如此方能更有效的實現書架抗震防災的理想。

第三，這個工作必須要有廠商來配合才能圓滿的達成。在政府相關規範（或法律）的要求及圖書館龐大市場的需求下，廠商應在書架的抗震設施上，從設計、裝置、養護到價位方面都有合理的安排。也唯有廠商在書架成品上的努力，才能使館方和設計者的期望得到實現。

惟有在這三方面的通力合作下，圖書館書架的抗震性理想才有實現的一天，圖書館的館藏、設備與使用者的安全才有保障。這個理想的實踐則必須從圖書館專業工作者對書架抗震性的重視開始。

## 參考書目

- 日本圖書館學會設施委員會 “阪神·淡路大地震中圖書館受災情形調查報告” 圖書館雜誌 (日) 89 (6) (June, 1995) : 443-452
- 赤松俊夫等 建築物之地震災害 (日) 鹿島出版社 (1996, 東京) 頁 142-147
- 林勇 圖書館家具與設備 漢美圖書有限公司 (1998, 台北市)
- 張嘉祥等 學校建築防震手冊 內政部建築研究所 (1999, 台北市)
- 原義和 “圖書館書架的受損情形及今後之對策” 圖書館雜誌 (日) 89 (11) (Nov, 1995) : 910-912
- 許茂雄等 新學校建築耐震規畫設計與既有學校建築耐震補強研究 內政部建築研究所 (1997, 台北市)
- 蕭江碧等 921 集集大地震建築物震害調查

- 初步報告 內政部建築研究所  
(1999·11月)
- Arnold, Christopher "The Narrow Shelf: Architectural Research on Seismic Halyards" in J. Snyder ed. Architectural Research, Environmental Resign Service (Jan, 1984) : 225-241
- Brown, Carod "Selecting Library Furnitures : A Guide for Librarians, Designers, and Architects " (Phoenix, Arijon ; Oryx Prese, 1989)
- Butler, Randall, "Earthquake! The Experience of Two California Libraries"  
Conservation Administration News #32 (January 1988): 1-2,24-25
- Fierro, Eduardo, Cynthia Perry, and Sigmund Freeman, "Reducing the risks of nonstructural earthquake damage: a practical guide". (Washington, D.C.: Federal Emergency Management Agency, 1994)
- George, Susan, and Cherry Naslund, "Library disasters: A Learning experience".  
College and Research Libraries News (April 1986): 251-257.
- Johnson, Linda , and Paul Jeff "Coping with a quake". College and Research Libraries (November 1990): 928-933.
- Novak, Gloria "Movable Compact Shelving Systems". Library Technology Repeat (Spt/Oct,1999) : 559-708
- Poole, Jay " An Interview with Charles J. Held". Library Administration and Management (Spring 1990): 65-66.
- Shelton, John "Seismic Safety Standards for Library Shelving. (Sacramento, Ca.: California State Library Foundation,1990)
- Sluter, Cathy, "Quake Zone" Library Mosaics. (Nov/Dec 1995) : 2-4
- Silver, Cy H. "Construction Standards for California Public Libraries". Library Administration & Management ( Spring, 1990 ) : 82-86
- Yao, G.C. "Seismic Performance of Direct Hung Suspended Ceiling Systems "Journal of Architectural Engineering ( March,2000 ) : 6-11
- "Los Angeles-area libraries damages by earthquake" Library Journal, 119(3) (February 15,1994) : 94

## **A Study on Earthquake Resistance in Library Facilities** **--After the Earthquakes in Taiwan, 1999**

Ko-Li Chen\*

### **Abstract**

The libraries in Taiwan suffered serious damages in two earthquakes in 1999. The purpose of this article is to analyze the main reasons of those damages in stacks, compact shelving, and suspended ceiling systems. The main reasons in those disasters were the librarians and designers lacked the awareness and ignored the precautions of earthquake resistance in libraries. This article also discussed some methods to retrofit those damaged facilities, and offered some criteria for librarians to choose the right facilities in earthquake resistance.

**Keywords:** Library building, Earthquake resistance, Stacks, Compact shelving, Suspended ceiling system.

---

\* Associate Professor, Department of Architecture, Tunghai University