大學圖書館
8 卷 1 期（民國 93 年 3 月） 頁 130-146

國內大學圖書館書架強震破壞案例分析

Earthquake Damage to Library Cantilever Shelves：A Case Study Using Strong Motion Analysis

王昭然 **Jau-ran Wang**
國立成功大學建築學系研究生
Graduate Student, Department of Architecture,
National Cheng-Kung Univeristy
E-mail：jauranwang@yahoo.com.tw

姚昭智 **George. C. Yao**
國立成功大學建築學系教授
Professor, Department of Architecture,
National Cheng-Kung University
E-mail：gcyao@mail.ncku.edu.tw

【摘 要】

民國 88 年的 921 集集大地震，造成台灣中部圖書館書架損失慘重。位於新竹市甲大學圖書館與中壢市乙大學總圖書館之書架，也同樣遭受到嚴重的破壞。本文利用中央氣象局在此二棟圖書館各樓層已裝設之強震儀，分析這些強震儀於 921 地震中所記錄之地震反應資料，並輔以兩館之書架平面配置關係、圖書館結構系統與實際震害調查，從中研究圖書館書架在強震中之主要破壞模式與書架發生破壞之原因。本文並為館方提供一些考慮因素，減低書架再度遭受破壞之可能性。

【Abstract】

Earthquake damage is not limited merely to the structural integrity of buildings; indeed, the damage to nonstructural components can render facilities entirely inoperable in the aftermath of an earthquake, leading to loss of life or property. In two such instances in Taiwan, the Chi-Chi Earthquake and the Oct. 22 Earthquake of 1999, the cantilever library shelves in one University in Hsin-Chu City and one University in Jung-Li City were seriously damaged due to their lack of earthquake-resistant devices in the shelves.

In this paper, we examine floor vibration acceleration records from seismometers

臺灣大學學術期刊資料庫

installed in several floors of these two libraries by the Central Weather Bureau. The records are analyzed by comparing the shelf arrangement to the library's floor plan. The library's structural system is examined as well, to put these shelf failures in their context, clarifying the cause and pattern of the shelves' failure. The experiment also yields rules that librarians may use to plan ideal shelving for earthquake-resistant facilities.

關 鍵 詞： 大學圖書館；書架；地震；抗震設施；耐震補強
Keywords： Libraries; Shelves; Stacks; Earthquake-resistance; Retrofit

壹、前言

1999 年的 921 及 1022 地震對國內圖書館造成極大之損害，就位於中部地區的 38 所公共圖書館而言，其中 27 所的書架全倒，10 所圖書館被判定有安全顧慮（需進行整修），有 10 所被判定為危險建築必須拆除。（註 1）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間圖書館，無論其是否在地震區內，館內都受到不同程度的傷害。（註 2）

在地震來臨時，書架極易產生移動（slide）、擺動（rocking）、傾倒（overturning）等行為，並使書籍掉落，威脅到周邊之人事物。以往在圖書館結構設計中，焦點往往集中在結構體本身是否符合耐震設計規範，然而在近幾年的地震中（如 1994 年美國 Northridge、1987 美國 Whittier、國內 921 集集大地震以及 1022 嘉義瑞里）發現，圖書館在遭受地震攻擊時，雖然結構體本身沒有受到損壞，卻因倒塌的書架、散落的書籍，造成圖書館極大的困擾。除了可能危及館內人員生命安全外，圖書館在未修復前亦無法開館供大眾使用，影響其既定之功能。此一現象在 921 地震後中部地區數所大學圖書館（如中興大學，逢甲大學、彰化師大、朝陽科技大學、勤益技術學院等校）因破壞而無法正常提供閱覽功能，導致學生必須到他校借書的窘境中得知。（註 3）受創嚴重的圖書館，甚至得花數千小時的人力物力，停館二至三月，才得以逐步恢復原狀。

在地震中，書架的破壞是很常見的，但若只考慮結構體之耐震設計，是絕對無法完善達成圖書館書架耐震功能之要求。國內目前雖已有非結構物之耐震規範草案（註 4），但對書架耐震性能卻無一套完整之測試流程或明確之施工方式。

國內一般圖書館之懸臂式書架，為了方便更動書架配置，大多採用可輕易移動，且無錨錠於樓地板上之書架，當地震來臨時，很容易因而產生滑動，甚至橫向倒塌；且圖書館為了善用室內有限空間之需求，書架往往設計成細高型，或因應使用機能上的需要，深度大多不超過 55 公分，在地

臺灣大學圖書館 期刊資料庫

震來回擺動的過程中，高寬比愈大、擺動愈形激烈，此種書架傾覆之可能性亦為之提高。因此可知細長型期刊式懸臂式書架（高230cm）比一般圖書式書架（高210cm）更具有傾覆危險性。

國內目前僅有兩所大學的圖書館在各樓層裝設地震儀。921大地震時，此二圖書館也同時發生書架傾倒的情況；然而當時測出該地的地表加速度證實甲大學（79gal）尚不及震度五級，乙大學（115gal）震度僅五級的情形，可推知結構體震動放大作用或書架耐震性能太差，比較有可能造成書架倒塌。因此本研究擬對此一特殊狀況進行研究，利用此兩棟圖書館各樓層所裝設之強震儀紀錄，綜合結構系統分析，瞭解書架倒塌原因，以期減低圖書館發生此類問題的可能性。

貳、圖書館懸臂式書架動力特性

據書架的系統識別顯示，期刊合訂本懸臂式書架（高 230cm）依其裝書方式不同，自振頻率約在 1.40Hz. 39Hz之間（表一），而一般圖書懸臂式書架（高 210cm）主要自振頻率為2.15Hz（表二），可知此均易在地震中產生振動放大的問題。期刊合訂本懸臂式書架之耐震特性低於一般圖書自立式書架，原因有二：

1. 期刊合訂本懸臂式書架高度比一般圖書懸臂式書架高出20cm，寬度相同，因期刊合訂本懸臂式書架之細長比較大，故容易傾倒。
2. 期刊合訂本書籍比一般圖書重，尺寸亦較一般書籍為大。若期刊合訂本懸臂式書架上擺設為精裝期刊合訂本，重量則差距更大。書籍越重，表示書架所需承受之慣性力愈大，故期刊合訂本懸臂式書架較容易遭地震之破壞。

參、樓板振動特性

為瞭解地震振動加速度對建築物各層樓板的影響，及樓板振動對書架的影響，本研究以下列兩觀點，探討樓板振動與書架倒塌之關聯性：

表一　期刊合訂本懸臂式書架（高 230cm）面外方向系統識別

裝書方式	自振頻率
底部空置一層	1.40Hz
底部空置三層	1.73Hz
滿櫃	1.77Hz
單側擺滿，單側空置	2.39Hz

*書架底部基腳由斷面(3cm ×7cm)鋼方形管與鐵板彎曲成型

臺灣大學學術期刊資料庫

表二　一般圖書懸臂式書架（高 210cm）面外方向系統識別

裝書方式	自振頻率
空櫃	5.27Hz
滿櫃	2.15Hz
底部空置二層	2.15Hz

*書架底部基腳由斷面(3cm ×7cm)鋼方形管與鐵板彎曲成型

一、建築物樓高放大係數

當地表受地震作用時，其上層樓板反應並不會與地面層相同，一般而言，樓層位置愈高，樓板振動加速度之反應愈大，而其放大比例就是建築物樓高反應放大係數。邱（註 5）曾分析國內近幾年震度五級以上之建築物，合計共 364 筆強震記錄，歸納出對於台灣一般建築物而言，樓高加速度放大係數公式可為 1+2（H_x/H_r）。式中H_x為設備物所在位置的樓層高度，H_r為建築物高度。一般而言，位於同一棟建築物之樓層越高，樓板振動加速度反應越大，則書架越可能傾覆。

二、共振放大係數

假設書架為單一自由度質量，當書架受到相同的地震力作用時，不同自振頻率的書架其加速度反應未必相同。

當激振頻率與受振物自然頻率的頻率比為 1 時，就會產生共振現象，加速度反應也亦為最大。換言之，若設書架頻率為 f_s，建築物振動主要振動頻率為 f_f，當 f_s 等於 f_f 時（頻率比為 1），書架會與樓地板產生共振而形成極大之加速度反應，書架也愈容易破壞倒塌。

肆、大學圖書館書架破壞分析與書架破壞狀況

一、甲大學圖書館結構系統

甲大學新建圖書館（圖一）於民國 85 年完工啟用，該館共有八層樓及地下一層。結構系統屬於韌性 RC 立體剛構架，東西向 8 跨間，南北向 12 跨間，每跨間 8m。圖書館座落於不同高層之基地上，東側地表面比西側地表高出兩層樓（圖二、三），圖書館東側地下一樓，由於沒有受到土壤的束制，其結構行為有如一般建築物之一樓。而圖書館西側的一樓與地下室一樓，全都埋入於地底下承受土壤的束制，結構行為就如一般地下室般。圖書館的結構系統上部方整，下部則屬於不規則結構系統。北向為次入口處，立面呈弧線形造型，並向內凹入，形成地下一樓至地上三樓北側為大面積之挑空（圖五～八）。挑空範

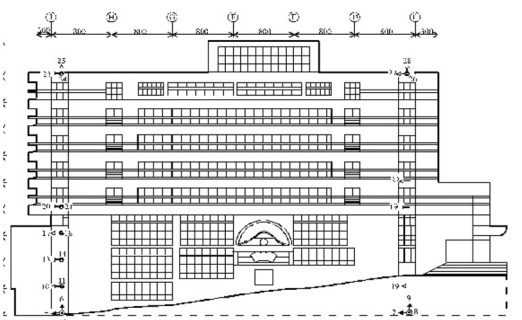
臺灣大學圖書館 期刊資料庫

圍內，結構柱無樓板與橫樑束制，長細比甚大（圖四）。此種不規則結構系統，易在地震中產生扭轉效應。

甲大學圖書館在 921 地震前，書架未有任何耐震措施，書架上部未裝設耐震橫拉桿，書架底部亦未錨定於



圖一　甲大學圖書館主入口



圖二　甲大學圖書館北向立面圖

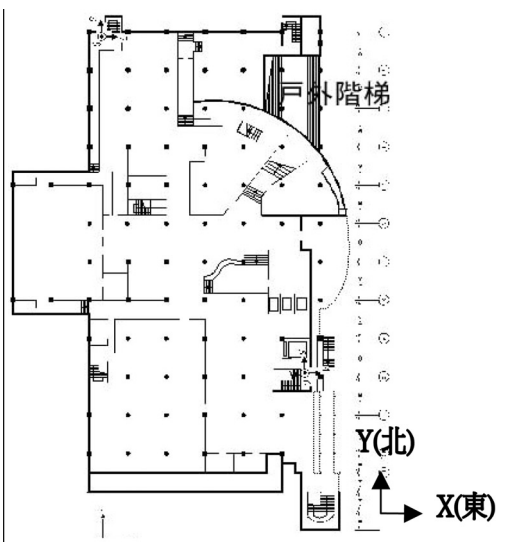


圖三　甲大學圖書館北側戶外階梯（由東側 B1 朝西側 F2 爬升），北向立面呈弧線且挑空造型

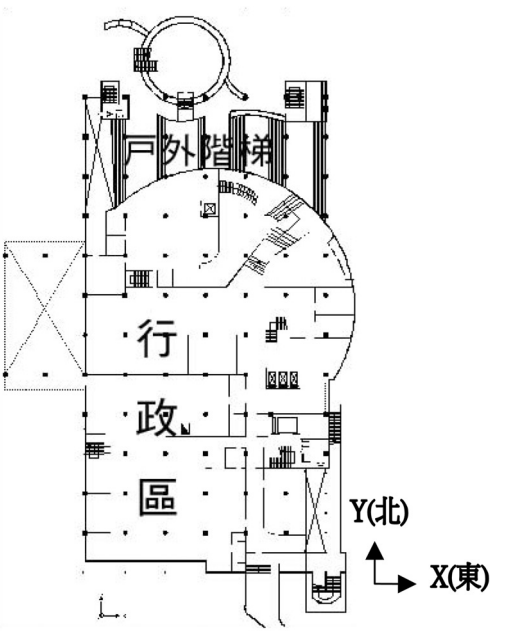


圖四　甲大學圖書館北側戶外階梯，結構柱長細比大

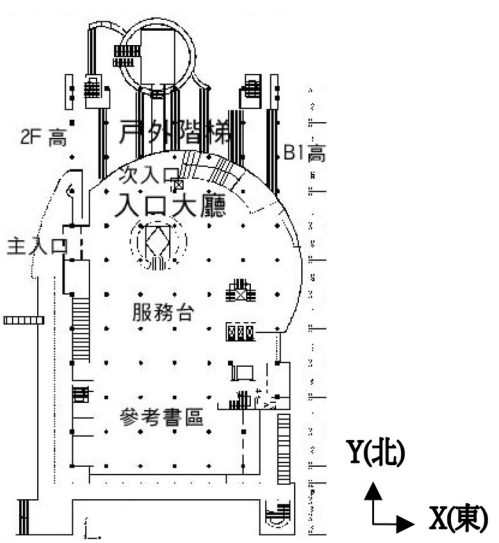
臺灣大學學術期刊資料庫



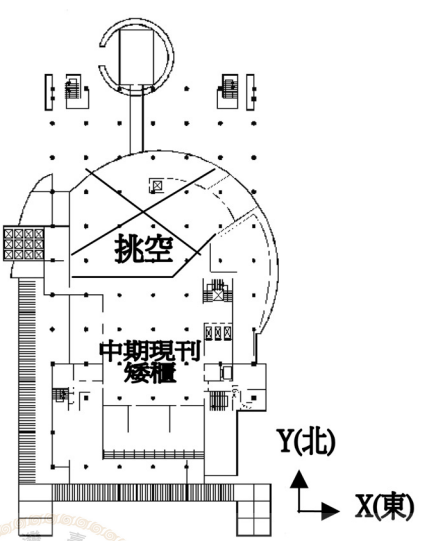
圖五　甲大學圖書館地下一樓



圖六　甲大學圖書館一樓



圖七　甲大學圖書館二樓



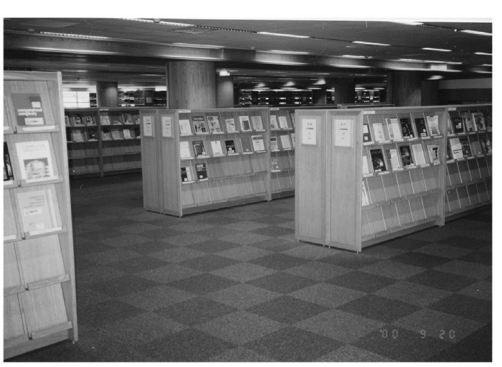
圖八　甲大學圖書館三樓

臺灣大學學術期刊資料庫

樓板，而是自由座落於樓地板上。921後分析其書架損壞現象，其圖書館地下一樓至地上三樓均無任何書架倒塌，原因是地下一樓與地上一樓為藝文中心與行政工作區，未擺設任何懸臂式書架，故無書架倒塌之慮；且本圖書館座落於高低差兩層樓之基地，出入口異於其他圖書館，主入口與次入口位於二樓，二樓的入口大廳與服務台未擺設任何書架；二樓參考書區與三樓中日文現期期刊區設有單面背對背放置之低（矮）期刊木書架（圖九），因低（矮）期刊木書架高寬比較小，抗震力強，書架不易傾倒。地下一樓至地上三樓之配置使得書架無傾覆之憂。

但其他樓層可未必如此幸運，甲大學期刊合訂本書架高230cm寬55cm，一般書庫書架高210cm寬55cm，高寬比約為4。在921地震中，書架受到破壞的全為較高（230cm）且重的期刊合訂本書架。在遭受921地震攻擊後，雖結構體並無明顯破壞，甲大學之書架卻以四樓西文期刊及七樓中文期刊的書架倒塌問題最為嚴重，共有三百餘期刊合訂本書架因骨排效應一一倒下，圖書亦散落一地。其中以四樓東側的44排書架（圖十）倒塌最為明顯（表六右圖），且以東北側最為嚴重，南側的書架反而未見其倒塌。

本圖書館北側因地下一樓至地上三樓挑空的因素，形成立面及平面不規則之結構特性。經由合併頂樓強震記錄，可找出頂樓中央的平移（Translation）加速度與扭轉（Rotation）加速度，再經傅立葉轉換（Fourier Transform）可得知平移與扭轉的主要自振頻率，Y 向平移自振頻率為 1.13Hz，X 向平移自振頻率為 1.13Hz，扭轉向自振頻率為 1.43Hz（表三），可知此



圖九　甲大學圖書館三樓中日文現期期刊區低（矮）期刊木書架



圖十　甲大學圖書館四樓東側西文期刊區書架未倒塌狀況

臺灣大學學術期刊資料庫

結構體在 921 時歷經平移與扭轉兩種行為（表四）。

因北方結構挑空剛度較小，以致結構的扭轉行為會導致北側X向（東西向）樓板加速度增大，在四至八樓北側X向樓地板加速度均比南側X向樓地板加速度大，因而四樓北側書架全面倒塌。

二、甲大學圖書館強震資料分析

甲大學圖書館在 921 地震時，書架經歷建築物扭矩力與遭受樓板振動特性的影響，造成四樓東側 44 排書架與七樓四排書架倒塌，以下為造成此二區倒塌之強震資料分析：

(一) 四樓書架傾倒分析

依據強震紀錄之分析與書架之特性，可知四樓書架倒塌主要原因可能有四：

1. 圖書館員習慣將書籍備用空間預留於書架下部，而精裝期刊合訂本重量為一般書籍重量之一・五至二倍，造成書架頭重腳輕的情形。
2. 期刊合訂本懸臂式書架（高 230cm）至少比其它書庫書架高 20cm，細長比大較易傾倒，應為造成此館只倒四樓西文與七樓中日文期刊合訂本書架的主要原因。而五樓西文書庫及六樓中文書庫內的低（矮）懸臂式書架（高 210cm）反而未見倒塌，只有許多書籍掉落地面的情況。
3. 樓板振動加速度過大造成書架倒塌。圖書館四樓設置有三個強震儀，其相關位置與在 921 地震中所收錄的樓地板最大加速度值可參見表 6。西北區X方向所受最大樓板加速度 130（gal）比東南區X方向 92（gal）大 48（gal），將近 1.5 倍，此應係圖書館東側及北側剛度較小造成的扭轉作用所致。北區期刊合訂本懸臂式書架受到較大之樓板加速度因而倒塌，南區低（矮）木書架受到較小之樓板加速度則安然無恙。
4. 四樓東側西文期刊合訂本書架面外一致朝Y向（南北向）。為瞭解東側 44 排書架倒塌原因，比較東南側 CH18(Y 向)與 CH17（X 向）最大加速度（表六），發現樓板Y加速度值比X向大 47gal，恰巧最大加速度與圖書館東側 44 排書架面外方向一致，因而導致東側書架全區全軍覆沒（表六右圖）。

(二) 七樓書架傾倒分析

圖書館七樓並未設置地震儀，為評估七樓樓地板振動特性，利用六樓樓地板強震儀最大加速度值（表八）與頂樓樓地板強震儀最大加速度值（表九）內差求出七樓樓地板最大加速度估計值（A、B、C）（表七）。

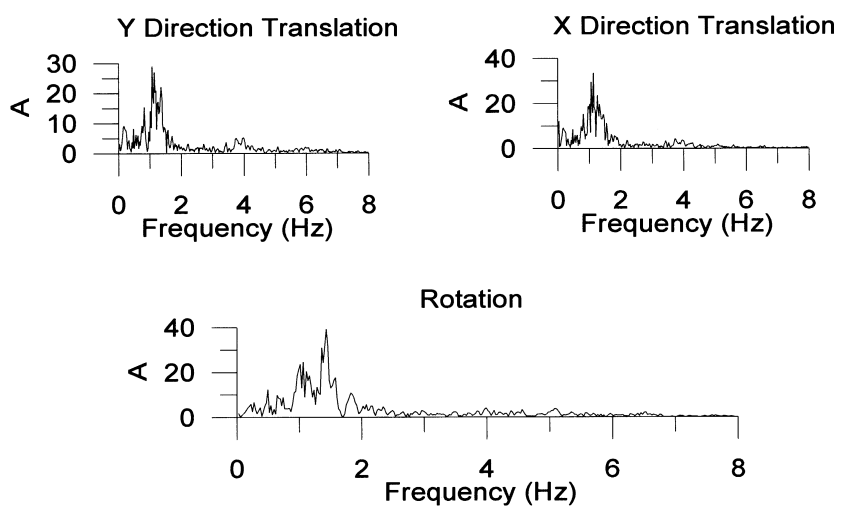
圖書館七樓主要倒塌發生在東南區之中日文期刊室，僅四排書架倒塌（表七）。一般七樓由於樓高放大的關係，樓地板加速度比四樓大，且建築物受扭矩作用，是越側邊離心力越大，但七樓的災情並不比四樓嚴重，經實地勘查此區每四排書架便相隔著

臺灣博碩士論文知識加值系統 期刊資料庫

表三　甲大學圖書館 X、Y 向平移與扭轉自振頻率

	主要自振頻率	1	2	3	4	5	6
Y 向平移 傅立葉譜	頻率值（Hz）	1.06	1.13	1.35	1.18	1.18	1.08
	峰值	29.0	27.1	22.1	21.0	20.3	18.7
X 向平移 傅立葉譜	頻率值（Hz）	1.13	1.06	1.26	1.08	1.01	1.33
	峰值	33.6	29.6	23.6	19.9	19.7	19.6
扭轉 傅立葉譜	頻率值（Hz）	1.43	1.45	1.40	1.35	1.06	1.38
	峰值	39.2	31.9	31.5	30.9	24.6	24.2

表四　921 地震頂樓中央平移與旋轉 Fourier Spectrum



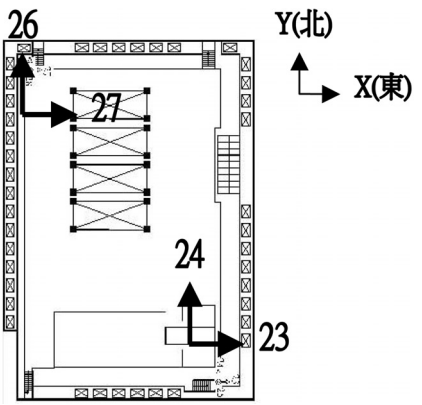
* X、Y 向平移與扭轉歷時記錄取得方法說明如下：（參考表五）

1. 頂樓中央 Y 向平移加速度歷時記錄係 CH24 與 CH26 歷時記錄平均值
2. 頂樓中央 X 向平移加速度歷時記錄係 CH23 與 CH27 歷時記錄平均值
3. 頂樓中央扭轉加速度歷時記錄公式如下：

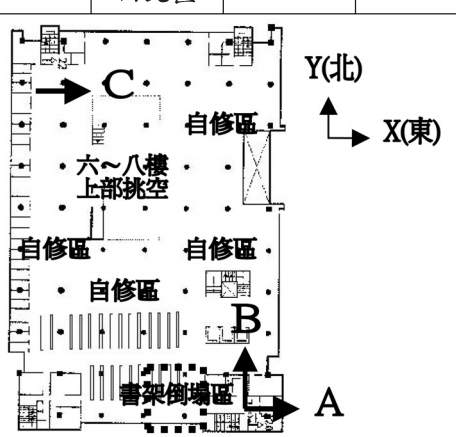
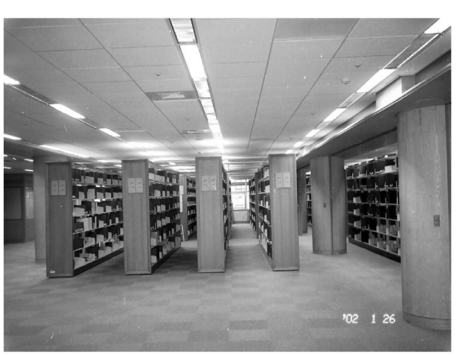
$$\frac{CH23\ \text{歷時紀錄} - CH27\ \text{歷時記錄}}{CH23\ \text{震儀至建築物長軸中央距離} - CH27\ \text{地震儀至建築物長軸中央距離}}$$

臺灣大學學術期刊資料庫

表五　甲大學頂樓強震儀配置

甲大學圖書館頂樓強震儀配置圖	強震儀編號	強震儀位置	軸向
	CH23	東南區	X
	CH27	西北區	X
	CH24	東南區	Y
	CH26	西北區	Y

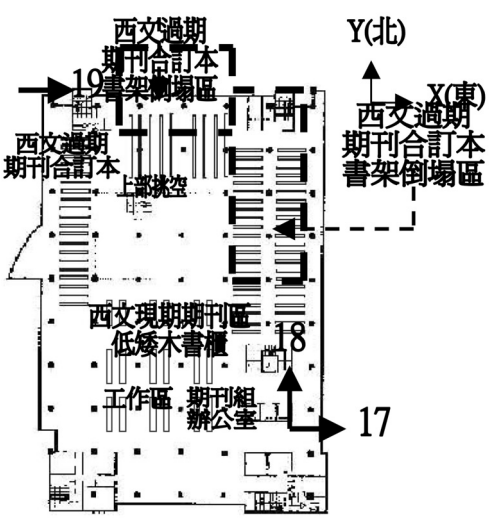
表六　甲大學四樓樓地板強震儀最大加速度值

甲大學圖書館四樓書架倒塌區與強震儀配置圖				甲大學圖書館七樓東南側書架未倒塌狀況
樓板加速度編號	位置	軸向	最大加速度（gal）	
A	東南區	X	190	
B		Y	240	
C	西北區	X	225	
				

*甲大學七樓樓地板最大加速度估計值（A、B、C）係由六樓樓地板強震儀最大加速度值（表八）與頂樓樓地板強震儀最大加速度值（表九）採用內差法求出。

臺灣大學學術典藏資料庫

表七　甲大學七樓樓地板最大加速度估計值

<table>
<tr><td colspan="4">甲大學圖書館四樓書架倒塌區
與強震儀配置圖</td><td>甲大學圖書館四樓東側書架倒塌狀況</td></tr>
<tr><td></td><td>強震儀
位置</td><td>軸向</td><td>最大加速
度（gal）</td><td rowspan="4"></td></tr>
<tr><td>CH17</td><td rowspan="2">東南區</td><td>X</td><td>92</td></tr>
<tr><td>CH18</td><td>Y</td><td>139</td></tr>
<tr><td>CH19</td><td>西北區</td><td>X</td><td>130</td></tr>
<tr><td colspan="4">
</td></tr>
</table>

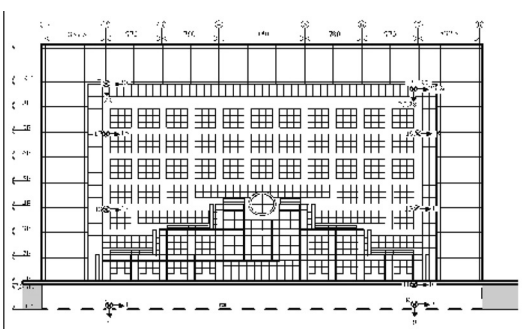
表八　甲大學六樓樓地板強震儀最大加速度值

強震儀編號	位置	軸向	最大加速度（gal）
CH20	東南區	X	135
CH21		Y	195
CH22	西北區	X	190

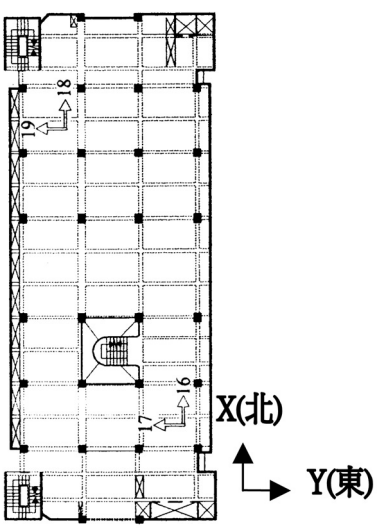
臺灣大學學術期刊資料庫

表九　甲大學頂樓樓地板強震儀最大加速度值

強震儀編號	位置	軸向	最大加速度（gal）
CH23	東南區	X	224
CH24		Y	263
CH27	西北區	X	242



圖十一　乙大學圖書館立面圖



圖十二　乙大學圖書館四$樓結構圖

一支結構柱（見表七右圖），阻擋骨牌效應繼續擴散。此外七樓北側樓板振動加速度比南側大，但北側為無書架之自修區，故七樓配置方式有利於防止書架破壞。

伍、乙大學圖書館書架破壞分析

一、乙大學圖書館結構系統與書架破壞狀況

乙大學總圖書館（圖十一）為一地下一層，地上八層的 RC 結構物，格局方正，屬規則形結構。建築物四角為服務核，開口少，形成抵抗剪力強度極大之剪力核，為一優良結構系統（圖十二）。乙大學圖書館書架倒塌破壞發生於七、八樓。七八樓為圖書館最高樓層，經樓高放大理論受到之樓板振動加速度為最大，因此破壞極慘重。

臺灣大學學術期刊資料庫

乙大學圖書館書架在地震前也未做任何耐震設計，書架倒塌主要發生於七八兩樓過期期刊合訂本區，該區書架高同為 230cm。八樓主要破壞於西文期刊合訂本書庫之東北角八排書架（表十二右圖）。東北角以外部分，亦發生書架側板掉落，期刊散落滿地的現象，顯示出書架受到極大振動，氣象局量測之樓板加速度見表 13 右圖。七樓西北角國科會物理中心合訂本期刊區，是圖書館書架遭受 921 地震倒塌最為嚴重之一區（表十四），計有十四排書架全數倒塌，倒塌區橫跨三個跨間，中間並不因結構柱的阻擋而停止，仍然整區倒塌（表十四右圖）。

二、乙大學圖書館 921 地震書架破壞情形與強震分析

期刊合訂本懸臂式書架（高 230cm），滿櫃時之自振頻率約為 1.77Hz（表一）。此自振頻率與 921 地震時在七樓、八樓天花板量測到的X向加速度之主要頻率 1.75Hz（表十、十一）接近，因此造成書架產生共振放大破壞之結果。放置於三至六樓之一般圖書懸臂式書架（高 210cm）主要自振頻率為 2.15Hz（表二），避開了圖書館自振頻率 1.75Hz，因此若將較容易倒塌 230cm 懸臂式書架放置於低樓層，210cm 懸臂式書架放置於高樓層，會為較佳之圖書館書架配置。

八樓並無裝設強震儀，因此無法收錄到八樓樓板加速度資料。但由於此圖書館屬於規則型結構物，七、八樓的結構系統相同，因此八樓樓板加速度可由八樓樓板上下樓層之加速度平均值推算。由表十二看出，在八樓樓地板最大加速度估計值中，東南區與西北區並無明顯差異；其樓地板最大加速度相差約 5 gal，可知此兩區所受到的振動量相等。據此推斷八樓東北區發生書架倒塌主要是因書架與樓板達成共振的效果。

七樓西北角合訂本期刊區，是圖書館書架遭受 921 地震倒塌最為嚴重之一區（表十四），計有十四排書架全數倒塌，倒塌區橫跨三個跨間，中間不因結構柱的阻擋而停止，仍然整區倒塌（表十四右圖）。由強震資料得知整層樓各區X向（南北向）加速度並沒有明顯變化。在此書籍重量影響書架的耐震特性更為明顯，因精裝期刊合訂本重量約為一般期刊合訂本的二倍，倒塌的十四排書架，更是七樓唯一僅有的精裝期刊合訂本區，整區無一倖免，其他未倒塌者為一般之書架（高 210cm）。一般圖書書架主要自振頻率 2.15Hz，剛好避開七樓樓板自振頻率 1.75Hz，因此未有任何書架倒塌。雖然七樓樓板加速度，並不一定比八樓樓板加速度值大，但書籍所帶來的慣性力明顯比八樓嚴重。

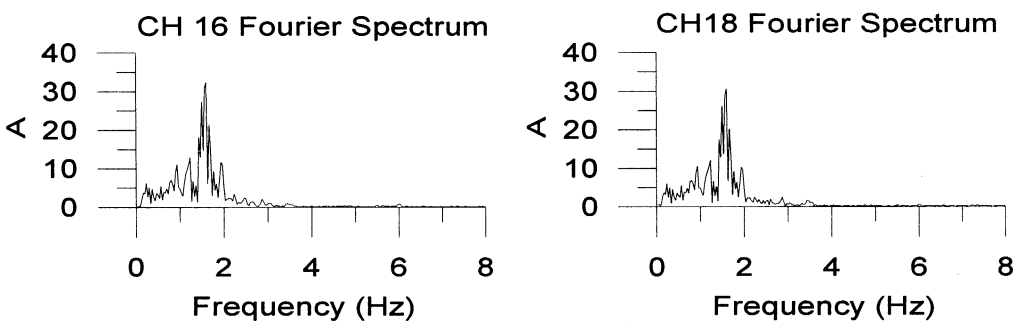
陸、 結論與建議

經由分析甲大學圖書館與乙大學圖書館書架倒塌原因，可以歸納以下幾點：

臺灣學術期刊資料庫

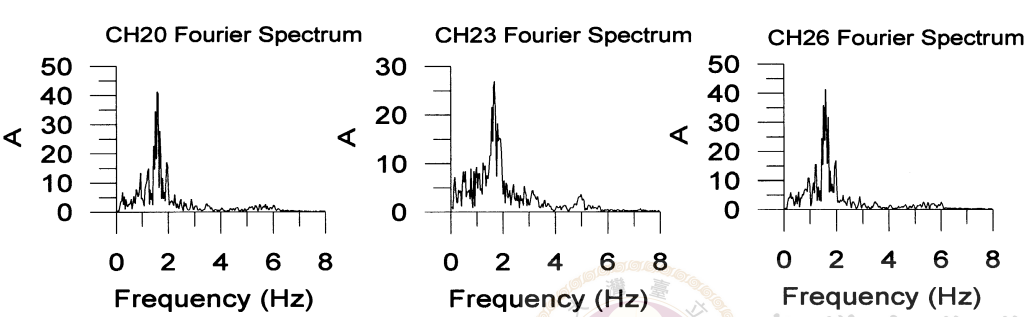
表十　乙大學圖書館七樓天花板X向（南北向）強震儀Fourier Spectrum

強震儀編號	位置	軸向	自振頻率
CH16	7F	X	1.75Hz
CH18	7F	X	1.75Hz



表十一　乙大學圖書館八樓天花板X向（南北向）
強震儀Fourier Spectrum

強震儀編號	位置	軸向	自振頻率
CH20	頂樓	X	1.75Hz
CH23	頂樓	X	1.75Hz
CH26	頂樓	X	1.75Hz



臺灣大學學術期刊資料庫

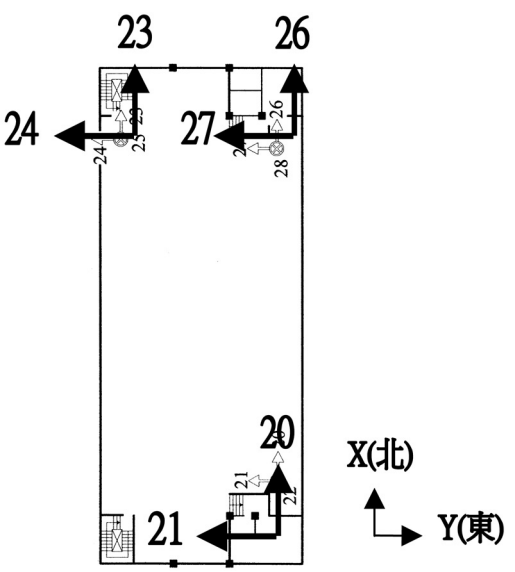
表十二　乙大學八樓樓地板最大加速度估計值（採用內差法）

<table>
<tr><td rowspan="6">乙大學圖書館八樓書架倒塌區
與預估樓板加速度位置圖</td><td>樓板加速度編號</td><td>位置</td><td>軸向</td><td>最大加速度（gal）</td></tr>
<tr><td>A</td><td rowspan="2">東南區</td><td>X</td><td>192</td></tr>
<tr><td>B</td><td>Y</td><td>229</td></tr>
<tr><td>C</td><td rowspan="2">西北區</td><td>X</td><td>185</td></tr>
<tr><td>D</td><td>Y</td><td>255</td></tr>
<tr><td colspan="4">圖書館八樓東北角八排書架倒塌狀況</td></tr>
<tr><td colspan="4"></td></tr>
</table>

1. 甲大學四樓 921 強震儀量測發現，結構體的扭轉，導致北側X向（東西向）樓板加速度為四樓最大之區域，因而造成四樓北側書架全面倒塌。解決方法則可將書架移離北側，或將南側無書架的行政工作區移至北側，以代替現有北側書架位置較為安全。
2. 應避免圖書館樓板自振頻率與書架自振頻率重合，期刊合訂本懸臂式書架（高 230cm），自震頻率約在1.40Hz.39Hz之間。若建築自振頻率在此範圍內，宜加強期刊懸臂式書架之耐震能力。
3. 書架應面向加速度較小的方向，或將易傾倒書架設置在較低的樓層，避免樓板加速度隨著樓高而放大。諸如甲大學圖書館易受到建築物扭轉而造成北區加速度過大，故書架擺設應避開此區。乙大學則可以考慮將目前放置於頂樓之較重且易與樓地板發生共振之過期期刊合訂本書籍的書架，改放置於低樓層，則書架遭受損失將會減小。
4. 書架上之書籍盡量往下擺，重心壓低，增加書架穩定度，避免頭重腳

臺灣大學學術期刊資料庫

表十三　乙大學八樓天花板強震儀最大加速度值

乙大學八樓天花板強震儀配置圖	強震儀編號	位置	軸向	最大加速度（gal）
	CH20	東南區	X	218
	CH21		Y	266
	CH22	西北區	X	211
	CH23		Y	269
	CH24	東北區	X	225
	CH25		Y	272
	乙大學圖書館八樓書籍掉落狀況			
				

輕之效果發生。

5. 圖書館應避免不規則結構系統，以防因建築物扭轉而產生額外加速度。

柒、致謝

本研究係在中央氣象局研究計畫MOTC—CWB—91E10贊助之下得以進行，特此致謝。

臺灣大學學術期刊資料庫

表十四　乙大學七樓樓地板強震儀最大加速度值

<table>
<tr><td rowspan="6">乙大學圖書館七樓書架倒塌區
與強震儀配置圖</td><td>強震儀
編號</td><td>位置</td><td>軸向</td><td>最大加速
度（gal）</td></tr>
<tr><td>CH16</td><td rowspan="2">東南區</td><td>X</td><td>165</td></tr>
<tr><td>CH17</td><td>Y</td><td>191</td></tr>
<tr><td>CH18</td><td rowspan="2">西北區</td><td>X</td><td>158</td></tr>
<tr><td>CH19</td><td>Y</td><td>241</td></tr>
<tr><td colspan="4">圖書館七樓西北角十四排書架倒塌</td></tr>
<tr><td colspan="4"></td></tr>
</table>

註釋

註 1： 陳格理，台灣地區圖書館書架抗震防災性研究，（台中市：六合出版社，民國 90 年），頁 1-2。

註 2： 同前註，頁 1

註 3：同前註，頁 1

註 2： 姚昭智，建築設備耐震規範條文與解說之研訂，內政部建築研究所研究計畫成果報告 MOIS891008，中華民國結構工程學會，民國 89 年。

註 3：邱瑜燕，「結構強震數據之系統識別與應用研究」（博士論文，國立成功大學建築研究所，民國 91 年）。

註 4：陳格理，「地震後對圖書館書架抗震省思」，書苑 44 期（民國 89 年 4 月），頁 25-39。

註 5：王昭然，「台灣地區圖書館書架與書檔耐震補強特性」（碩士論文，國立成功大學建築研究所，民國 92 年），頁 54。

臺灣大學學術期刊資料庫