

高雄文學館老建築結構耐震補強工程解析：在歷史延續與結構安全間的平衡與創新

陳勤傑

上屹土木結構技師事務所 執業土木/結構技師

一、前言

臺灣地處環太平洋地震帶，地震活動頻繁，自民國 88 年九二一集集大地震後，建築物耐震設計規範歷經大幅修正，特別是在民國 95 年 1 月修正建築技術規則，考慮地震微分區與近斷層效應，進一步提高設計地震力。這使得許多在舊有規範下興建的既有建築物，普遍存在耐震能力不足的隱憂，急需進行詳細評估與補強，以保障公共安全與建築資產的永續利用。

高雄文學館（原高雄市立圖書館）位於高雄市中央公園西北隅，1954 年落成，為二戰後首批具代表性的文教建設之一。這座地上兩層樓的建築，不僅是戰後高雄市主要文化教育公共設施的代表，更承載了數代高雄人的文化記憶。在高雄文學館的建築歷史中，它經歷了多次身份轉換與修繕：從市立圖書館到國民黨部，再重新回歸書香，改建為現今的文學館。其建築風格融合了現代主義樣式與西洋歷史樣式的痕跡，外觀簡潔、平頂設計，並以弧形轉角的塔樓作為視覺焦點，立面設計則融入附壁柱式等古典元素，極具歷史與美學價值。

高雄文學館老建築結構耐震補強工程解析： 在歷史延續與結構安全間的平衡與創新



圖1-1 文學館現址竣工照
(照片來源：高雄市歷史博物館)

本次「高雄市立圖書館高雄文學館建築物結構耐震補強工程」的執行，即是依循行政院頒布之「建築物實施耐震能力評估及補強方案」，旨在解決這棟七十年老建築在現行耐震規範下的結構安全問題。這項工程的挑戰不僅在於提升結構強度，更在於如何在不破壞其歷史風貌的前提下，實現「古蹟再生，永續新生」的目標。本專文將詳細解析本案從診斷評估、設計規劃到施工執行的全過程，期盼為全國公共圖書館的建築資產維護與活化，提供具體實務的參考經驗。

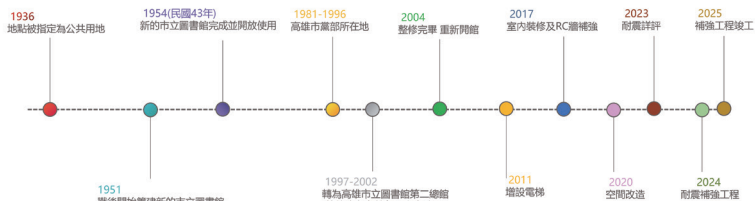


圖1-2 高雄文學館沿革史

二、建築物現況診斷與耐震能力詳細評估

一項成功的耐震補強工程，必須建立在對建築物現況的精準診斷之上。對於如高雄文學館這類缺乏完整原始結構圖的七十年老建築，其挑戰與風險更高。本案前期工作聚焦於「精準逆向工程與風險管控」，透過多重技術手段，全面掌握建築物的結構細節與材料劣化程度。

（一）建築物概述與結構系統

高雄文學館的結構型態為地上兩層樓（樓層高度 10.3 公尺），屬於鋼筋混凝土構架與加強磚造的複合系統。

- 主結構系統：建築主要由磚造承重牆（厚1.5B）搭配鋼筋混凝土梁、柱及樓板組成。
- 特殊結構：為了實現室內空間的通透性，中央區採用兩組巨大的柱梁斷面形成主框架結構，並搭配縱橫交錯的橫梁以支撐大面積樓板成為格子梁系統。沿習舊式大型倉儲或廠房結構，部份大梁端部採用斜導角方式，有效率抵抗彎矩並強化結構。
- 樓板面積：總樓地板面積約1,323.76平方公尺。
- 基礎型式：研判基礎型式為獨立基礎（磚布基礎）。
- 地盤分類：參考既有鑽探報告，基地地層屬第三類地盤。

（二）精準逆向工程與材料劣化檢測

由於缺乏原始結構圖，設計團隊採用了逆向工程技術來還原結構資訊。

1. 透地雷達與試挖探查：

在無原始結構圖說的情況下，設計前先採用透地雷達探測，及配合詳評報告中梁柱桿件的鋼筋配置與尺寸的掃描來重建整體結構

高雄文學館老建築結構耐震補強工程解析：
在歷史延續與結構安全間的平衡與創新

的骨架，施工前再輔以試挖探查驗證透地雷達的結果，確保後續補強設計方向與七十年前的建築現況完美契合，這是確保補強設計準確性的關鍵步驟。



圖2-1 設計前先以透地雷達檢閱地下結構物狀態



圖2-2 施工前再次試挖確認基礎形式及深度分佈

2. 混材料試驗結果彙整：

通過鑽心取樣及相關試驗，建築物材料的劣化狀況如下：

- 評估總結：混凝土結構經過長年日晒雨淋及大小地震洗禮，加上當時施工灌漿的技術、機具與品管觀念與現今不可同日而語，鑽心試體的強度遠低於設計標準是預期的現象。另外中性化深度普遍超出

梁柱保護層，顯示混凝土品質劣化已朝向嚴重方向發展也間接造成鋼筋的劣化，急需修復與補強以減緩劣化速度。此外，建物內部仍有多處新舊結構型裂縫也發現梁柱牆構件表面打除後有多處蜂窩現象，外牆亦有滲漏水問題。這些問題在表面裝潢的掩蓋下是很難發現這些問題，也由於這次的全面體檢與補強工程，這些結構內的大小缺點才會一一浮現。



圖2-3 現場打除後發現梁柱牆構件原施工品質不佳

（三）現況耐震能力評估結果

根據耐震能力詳細評估分析，本案依循最新的《建築物耐震設計規範》進行檢討。

- 設計耐震標準（AT）：依據111年版規範，考量本建築物的用途係數 $I=1.25$ ，工址回歸期475年的設計地震地表加速度，計算出本標的物本次補強應達到的耐震標準為 $AT=0.288g$ 。
- X方向（長向）現況耐震能力（ A_p ）= $0.150g$...（N.G）。
- Y方向（短向）現況耐震能力（ A_p ）= $0.207g$...（N.G）。

高雄文學館老建築結構耐震補強工程解析：
在歷史延續與結構安全間的平衡與創新

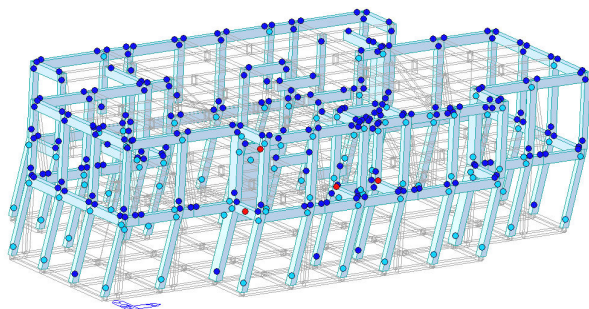


圖2-4 利用商用結構程式以側推方式分析建物耐震能力

兩方向的現況耐震能力 A_p 值皆遠小於法規要求的耐震標準 $AT=0.288g$ ，顯示建築物結構耐震能力嚴重不足，無法抵抗法規要求之中度地震，必須立即進行結構補強。

三、修復補強設計方案：極致美學與結構內化

面對歷史建築的耐震補強，最大的挑戰是如何在滿足結構安全要求的同時，最大限度地保留其獨特的歷史風貌與空間氛圍。本案的設計理念確立為「極致美學與結構內化」，將補強工作視為結構藝術的融合，而非簡單的加法。

（一）補強策略與工法選擇

由於高雄文學館的建築外觀具有特殊的歷史元素，設計團隊刻意避開在外觀元件上進行補強。主要的補強策略轉而選擇在室內少數內柱及牆體上進行，使補強工程前後，建築外觀幾乎無差異，實現了對歷史建築的零改變外觀保存。本案選用「擴柱 / 新增柱 + 置換 / 新增 RC 牆」的複合補強方案。

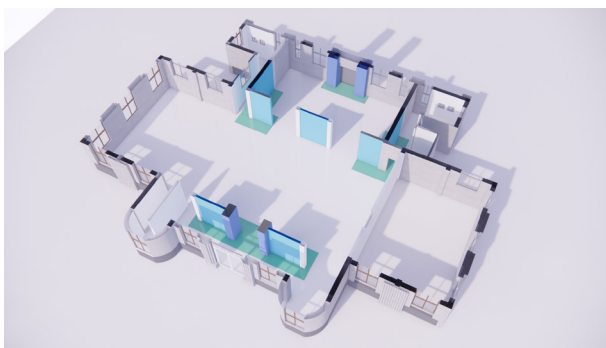


圖3-1 樓補強構件三維示意圖

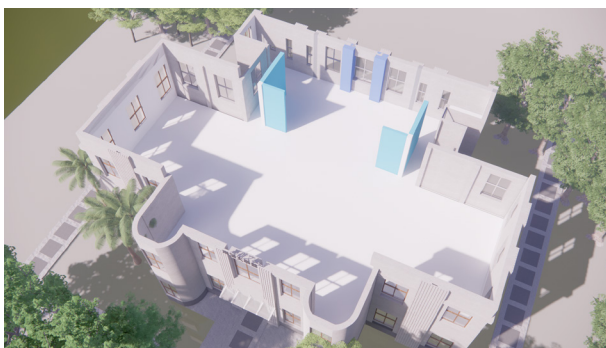


圖3-2 二樓補強構件三維示意圖

- 擴柱：擴柱方案為傳統補強方法中可同時增加柱體兩方向的抗震能力和韌性，最具經濟性且效果佳。
- 置換/新增RC牆：本建築原為加強磚造的承重牆系統，建物內部與四周多為1.5B之磚牆，將原磚牆改為RC牆不僅在結構強度上更具側向抗力，外觀上也與原貌相同（甚至更薄）。若仍有不足處則採用新增RC牆方式，其能快速且有效地增強結構的單向剛度與強度，特別是對於X方向（短向）剛度不足的問題，RC牆的增設是提升整體耐震能力的最佳手段。

高雄文學館老建築結構耐震補強工程解析：
在歷史延續與結構安全間的平衡與創新



圖3-3 補強元件1. 擴柱（左）2. RC牆（右）

- 綜合考量：由於建築物室內落柱較少，且須考量後續的展覽動線，此組合方案能在不嚴重破壞室內空間配置下，共同提升館舍的整體耐震能力。此皆為傳統常見補強工法，惟施工時仍需注意細節，如封模前加設鋼筋墊塊（圖3.3）或鋼筋彎勾的交錯配置等。

（二）結構補強設計細節

補強材料皆採用高強度混凝土 $f_c' = 280 \text{ kgf/cm}^2$ 及可鉚鋼筋 $SD420W = 4200 \text{ kgf/cm}^2$ ，以便於鋼筋可依需求鉚接延續長度。鋼筋皆依照現場放樣後確認再統一由工廠彎折，尺寸精度較高。

1. 柱補強（擴柱/新增柱）：

- 擴柱設計：針對既有柱體，採用擴大斷面補強。例如，部分原有尺寸為 $40 \times 60 \text{ cm}$ 的柱體，擴補強後尺寸達到 $90 \times 110 \text{ cm}$ 。
- 新增柱設計：於結構弱點處新增 RC 柱，補強後尺寸為 $70 \times 120 \text{ cm}$ 。

2. 牆補強（新增RC牆）：

- 置換/新增RC牆，牆厚度分別為 $T=20$ 、 30cm 。
- 這些新增的RC牆主要配置於建築物內部，並與原有梁柱系統緊密連接，以確保地震力能有效傳遞。

3. 結構基礎地盤補強：

- 基礎處理：新增RC牆及柱的基礎處理至關重要，原有日式時期的磚布基礎在改為RC牆及新增柱後補強構件下方則改為聯合基礎版方式，加大了基礎承载力。
- 地盤灌注：由於補強後基礎型式改變，為避免因新增重力載重及地震力傳遞導致不均勻沉陷，基礎補強採用微地盤改良方式，即將水泥漿灌注至基礎下方使其與土壤混合成較堅硬的土塊工法，藉以提升基礎承载力與防止不均勻沉陷確保新增結構能穩固地基。

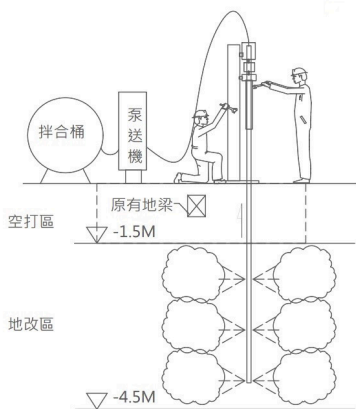


圖3-4 微地盤改良灌注1. 工法示意圖（左）2. 現場灌注（右）

高雄文學館老建築結構耐震補強工程解析：
在歷史延續與結構安全間的平衡與創新

4. 公共工程的減碳趨勢

因應 2050 年淨零排放目標，臺灣公共工程的碳中和策略包含在設計階段納入低碳建材、高能效設計，在施工階段採用綠色工法與管理，並在全生命週期中進行碳排監控。

本案在耐震補強工程中率先導入低碳混凝土的應用，以具體行動響應減碳趨勢。在各補強元件（包含擴柱、新增／置換 RC 牆）以及基礎地盤改良的灌注工程中，皆採用低碳水泥調合的混凝土來施作。

這項創新之舉不僅體現在材料選擇上，更落實於管理細節：每批低碳混凝土出貨單都明確揭露其碳排放量，確保了從設計到施工的減碳目標可量化、可追溯。相較於傳統混凝土，低碳混凝土具備以下優勢：

- 優異的工作性：相同的坍度下有更好的施工性有助於施工操作降低缺失。
- 更高的早期強度：在不犧牲結構長期強度的前提下，甚至能加快施工時程，提升整體效益。
- 減碳不減強度：證明了推動低碳建材不僅符合環境永續目標，亦能確保公共工程的結構安全與品質，為政府推動減碳方向提供更好的助力。

透過低碳混凝土的實踐，高雄文學館耐震補強工程不僅提升了建築的韌性，更為綠色公共工程樹立了新典範。

5. 磚牆修復與耐久延續：

- 針對原結構磚牆上因地震或年久劣化產生的大片斜剪裂縫，本案採用創新的複合工法：

- 內縫灌注防水填縫劑：針對裂隙內部進行灌注，阻斷水氣侵入，並防止壁癌產生，因內含聚脲成份，有一定的抗拉及容許高變形率。
- 表面碳纖維砂漿：原磚面刨除後外部另以碳纖維砂漿進行覆蓋修復，其水泥砂中混合了長短不一且不同方向的碳纖維，可提供額外拘束力與保護層使其外觀不容易再裂或惡化。
- 此複合工法有效延緩了老舊磚牆裂隙的進一步惡化，延長了其使用壽命與機能，同時保持了磚牆的原有質感。

四、施工挑戰與結構安全監控實務

老舊建築物的補強施工，潛藏著極高的結構風險，特別是在進行基礎開挖與結構解壓（如拆除舊有基礎或牆體）時，極有可能發生瞬時位移或不均勻沉陷。本工程將風險管控提升至「毫米級安全」的極高標準。

（一）分區解壓與即時預警機制

1. 施工風險：

在基礎工程中，部分舊有磚布基礎需要敲除以施作新基礎。設計團隊評估，在老建築結構體本身桿件裂損嚴重，強度不足的情況下，若同時間敲除或開挖範圍過大，將會導致結構體在未補強前發生不均勻沉陷的極高風險。

2. 分區施作策略：

為此，本工程採取了分區施作、分區開挖的謹慎策略。將施工區域劃分為多個單元，逐一進行開挖、補強、灌漿，有效控制每次解壓的面積與時間，將潛在風險降至最低。

高雄文學館老建築結構耐震補強工程解析：
在歷史延續與結構安全間的平衡與創新

3. 結構變位安全監控：

為確保歷史建物在補強過程中的結構穩定，實施了嚴格的即時監控預警機制。

- 監測設備：需於所有開挖或灌漿工項前，依圖說位置設置傾度盤。
- 水平雷射儀：在基礎施作當日，需全時派員監測，室內佈設水平雷射儀並做上計號，以即時監控柱體與牆體是否有微小沉陷或隆起。
- 監測流程：監測期間從地盤灌注前一日開始，持續至一樓基礎及擴柱完成。若監測人員發現結構有大變位，應即刻告知工地負責人及監造，並立即停止所有工程，待危害解除後才可復工。
- 效益：透過傾度盤與水平雷射儀的組合監測，本工程得以實現對結構體在解壓時可能發生瞬時位移的即時預警，確保了老舊結構在加強過程中的毫米級安全。



圖4-1 施工中監控, 傾度盤設置 (左) 2. 水準測量 (中) 3. 雷射水平儀 (右)

（二）施工前整備與動線規劃

為確保工程順利進行並將對周遭環境與民眾的影響降至最低，施工前的準備工作進行了嚴謹且細緻的規劃。

- 假設工程與場域區隔：高雄文學館位於中央公園一隅，平日即有大量行人及周邊居民往來，特別是每逢聖誕節，更會湧入數十萬遊客及各國觀光客。為此，工區採用甲種圍籬搭配警示燈進行嚴密區隔，以確保行人與施工區域的安全距離，防止誤入。同時，設置監視器系統，加強夜間工區安全管理，避免遊民或其他非工程人員擅自進入，有效降低潛在風險。
- 粉塵與噪音控制：考量到工程對周邊環境的影響，施工架外側全面鋪設高密度防塵網，以有效阻隔施工過程中產生的粉塵飄散至公園區域，並減少噪音對往來民眾健康的影響，力求將施工擾動控制在最小範圍。
- 施工動線與地面保護：施工動線規劃清晰明確，劃分了工程人員出入口、重型車輛專用路線，並規劃固定物料堆置區域與施工便道。特別針對工程初期大量物料運輸及廢棄物清運階段，在重型車輛行經的公園步道上鋪設厚實鐵板，以最大限度減少車輛行駛對公園地面的損害。為提升行人安全，這些鋪設的鐵板表面塗佈了防滑劑，邊緣亦設置了砂漿斜坡，避免路人因絆倒而發生意外。
- 高標準安全設施：施工架的搭設除了嚴格依循勞工安全衛生相關規定，採用符合CNS4750標準的架台結構並打設足夠的壁連桿外，更在每層樓設置至少五處符合距離規定的上下設備（逃生口）。這些上下設備採用了明顯對比色系的防塵網，旨在緊急情況下，架上施工人員能迅速辨識並找到逃生路徑，為現場作業人員提供更深一層的安全保障。

高雄文學館老建築結構耐震補強工程解析：
在歷史延續與結構安全間的平衡與創新



圖4-2 施工架上下設備被覆對比色防塵網方便逃生

五、非結構修繕與歷史建築元素的保存

耐震補強工程往往伴隨著非結構性的修繕與復原，對於歷史建築而言，這更是回復其原有風貌、提升使用機能與耐久性的重要環節。

（一）建築元素與外觀原貌的保留

本工程的核心價值之一是「外觀原貌零改變」。

- 建築風貌保存：透過將補強構件「內化」於室內，避免破壞高雄文學館外觀上簡潔的平頂、圓弧形的塔樓以及富有特色的立面大窗。
- 特色元素保存：建築外觀的特色，如兩側樓梯間的衛塔象徵、二樓的簷部裝飾、附壁柱式和塔樓旗桿座的龍珠造型等西洋古典元素，在工程中得到細心保存。

（二）非結構修繕與機能提升

在結構補強的同時，針對建築物老化的非結構部分進行全面修繕，以提升建築物的整體性能與耐久性。

- 外牆修繕：外牆全面剷除至紅磚面再重新塗佈防水層與仿石塗料，解決長期的外牆滲、漏水問題。
- 防水修復：針對建物有外牆滲、漏水現象，進行妥善的防水處理，並對混凝土剝落及油漆脫落部分進行重新油漆粉刷，減緩混凝土內部鋼筋鏽蝕速率，降低中性化惡化風險。
- 窗框修繕：本棟建築的另一顯著特色是其四立面皆設有大型窗戶（ $2\times 3\text{M}$ ）。然而，原有窗戶的密閉性、窗框水密性以及周圍的裂隙，皆是導致室內滲漏水問題的原因之一。為此，本次整修工程將原有窗框全面更換為現代化的氣密窗，並在外觀上選用木紋烤漆飾面，使其在改善室內環境安靜度、徹底解決窗框滲水問題的同時，亦能保持與建築整體相符的質樸美學。此舉成功達成了功能性與美學兼具的目標。



圖5-1 外牆施作防水層及仿石塗料杜絕滲水並搭配木紋氣密窗

- 室內裝修與排線重整：本次工程進行了全面的室內裝修，不僅改變了一樓空間的風格，同時也更新了空調與照明系統。過去因時代演進累積的各式電線佈滿頂版，造成排線錯亂且影響美觀。藉由本次

高雄文學館老建築結構耐震補強工程解析： 在歷史延續與結構安全間的平衡與創新

工程，徹底檢視並移除了已不再使用的線材，並將同向線材整合歸併輔以安裝遮擋板，使天花板管線配置更加整齊、美觀，大幅提升了室內空間的品質與整體性。



圖5-2 樓空間改變照明配置與動線並將線材隱藏或重新佈線

六、工程效益、經費與經驗傳承

（一）工程效益與目標達成

經過上述嚴謹的設計與施工補強方案，建築物原有較為薄弱的耐震能力獲得了質的改善。根據耐震能力詳細評估分析結果，補強後的建築物耐震能力 AP 值已全面超越法規要求的耐震標準 $AT=0.288g$ ，證明補強目標已符合甚至優於規範甚多。

- X方向（長向）現況耐震能力（ A_p ）= $0.331g$ （O.K）。
- Y方向（短向）現況耐震能力（ A_p ）= $0.312g$ （O.K）。
- 歷史延續與結構新生：藉由「結構內化」的設計策略，在不改變歷史建築外觀的前提下，成功實現了老建築的結構新生，確保這座七十年的文化載體得以永續利用。

（二）補強經費與工期

- 工程經費：本工程決標金額約為新臺幣29,490,213元。
- 工期：總工期約為120日曆天。
- 經費分配：補強工程經費主要分配於非結構修補工程費（約40%）、假設工程（約10%）及擴柱/RC牆等主體結構補強（約15%）。非結構修繕佔較高比例，突顯了老建築補強除了結構安全外，復原耐久性與使用機能的重要性。

（三）公共圖書館耐震補強實務的經驗傳承

本案的成功經驗，為公共圖書館在面臨老舊建築物結構安全問題時，提供了以下寶貴的實務參考：

1. 逆向工程的必要性：對於無原始圖說的老舊建築，透地雷達、試挖探查等「逆向工程」手段，或許是設計階段可以使用的方法，能確保設計的精準度與施工的可行性。
2. 歷史保存優先：補強設計應以「結構內化」為核心原則，將補強構件與室內裝修融合，最大限度保留建築物的歷史外觀與空間氛圍，避免將補強視為純粹的結構加法。
3. 分區解壓與即時監控：在基礎或牆體解壓等高風險工項中，必須採取分區施作策略，並搭配傾度盤、水平雷射儀等即時監測系統，建立毫秒級預警機制，確保施工期間的結構安全。
4. 複合工法解決耐久性問題：針對磚牆裂縫等，可採用較新工法（如本案的防水灌注與碳纖維砂漿），能有效解決老舊材料的耐久性問題，延長其使用壽命。
5. 跨專業合作：耐震補強涉及結構、建築、室設、機電與文資保存等多元專業，需建立緊密的跨專業合作機制，才能在技術、美學與法規之間取得最佳平衡。

高雄文學館老建築結構耐震補強工程解析：
在歷史延續與結構安全間的平衡與創新

七、結語

高雄文學館建築物結構耐震補強工程，不僅是一項成功的結構工程實踐，更是一場在結構安全與歷史延續間追求「平衡與創新」的典範案例。本案以嚴謹的逆向工程、創新的結構內化設計、以及高標準的施工風險即時監控，成功賦予了這棟七十餘年老建築新的結構生命。

藉由本次工程的經驗，公共圖書館管理者得以見證，老舊圖書館建築絕非只能面臨拆除重建的命運。透過精確的診斷與審慎的規劃，歷史建築得以抵抗更嚴苛的自然災害威脅，並在結構安全的基礎上，繼續作為城市的文化載體，承載閱讀的重量，傳承歷史的記憶。本次耐震補強工程不僅修復了它的老舊病兆，更以創新的技術與永續的理念，成功延續了它下一個七十年的歷史生命。一樣的文化溫度，帶來更堅實的安全守護。