

### 第五章 建築物調查方法與修復方針

#### 第一節 基礎性的調查

基礎性的調查是藉由建築物實體的觀察、測繪、記錄、分析，從而由建築物獲得整體性的基本認識。在台灣日治時期近代建築的修復個案仍然很少，對於近代建築的研究也有限。尤其許多近代建築隨著其設計者、施工者的不同，以及地域性建築材料，施工構法的不同，而具有其獨特的構造與式樣，在修復上無法完全以別棟建築的知識應用在這棟建築上。例如與台中火車站同時期建造的新竹火車站、總統府等在構造上，室內空間風貌與做法上就與台中火車站有極大的不同。

因此對於每棟建築的基礎性調查便十分重要，亦即全面性的調查了解關於這棟建築物的一切基礎資料，才能輔助修復計劃的建立，作為修復方針判斷的依據。同時這些基礎性調查的資料，成為修復工作進行後，了解修復工程前建築物狀況的重要依據，並且由此基礎性資料可以整理出原設計者的尺寸計劃，平面構成觀念，和構造上的設計意匠。

台中火車站之空間平面較其他同時期大型車站單純，外觀造形亦使用簡單的樣式，然而在經過仔細調查後發現此棟建築之構造方式與設計手法為相當特殊之方式。例如外牆面為洗石子與紅色無釉小口磁磚之裝修與磚牆構造之構造方式為少見之材料搭配；此外，外觀造型與室內之空間不一致，建築物之構造方式必須配合外觀設計，以致於造成出現一些特殊之構造手法，此以外觀設計為主要思考導向之方式乃造成構造負擔之主要原因。

#### 第二節 破損調查

破損調查主要藉由觀察、詳細紀錄各破損的處所、破損的程度、範圍，以及破損的特徵等內容。並藉以整理分析破損的原因及種類，明白何處的破損是經年累月的朽壞老化，或是原設計上的錯誤造成之損壞；是動植物蟲害，天然地震風雨災害造成的破損，或者為人為使用上造成的破損；是結構體上的破壞或是構造上的破損，而構造上的破損是否會間接危及結構體的安全；是經常使用造成的破損，或是管理不當、維修不當造成的破損；是經常性的同一處所破損，或是偶發性的破損等等。

透過這些原因和破損現況的調查分析，作為修復工作的依據，除了將破損處加以修復復原之外，並要徹底檢討破損原因，以防修復後同一處所因相同的原因再次的破損。

根據 921 地震破壞之痕跡了解整體火車站之構造形為，判斷此車站在設計當初即有結構上的不完善之處，尤其以大廳柱子上方之 RC 構造與上方磚牆之構造並非以固接之方式，或加上鐵件補強兩個不同構材，以致於在地震來臨時，兩者震動的大小不一而造成破壞，值得注意的是此牆面為承重牆與 RC 梁/磚柱之混合構造，此構造承受來自中央大廳上方屋架以及屋塔之重量，為主要的結構承重系統之一，然而在當初設計時並無考量到側向力，例如地震或基礎不均勻沉陷所造成的破壞，目前從整體地震破壞的方式可以看出構造方式的不當乃屬於台中火車站最大的結構致命傷。

此外，由於長時間火車班次經過南面，因此造成南面之土壤日漸鬆軟，地基下方之土方可能有局部掏空而造成基礎不均衡沉陷，此亦可能為目前推論為何台中火車站南面之破壞較北面嚴重之主要原因。

各破損處在經過調查紀錄與破損原因的分析後，在第五章分別檢討提出修復計劃。

## 第二級古蹟台中火車站整體修復工程調查研究及修護計劃

### 第三節 構造診斷調查

構造診斷調查主要是針對於建築物整體的主要結構體的現況加以調查，掌握分析整體結構體的結構行為，以了解原結構系統在設計上有無缺陷，並調查了解是否因而造成結構性方面破壞，據以提出結構補強之對策。

台中火車站是屬於近代建築，採用近代之建築結構材料與結構技術構築而成。

近代建築之主要結構材主要為磚、石，已疊砌方式組構而成的結構系統一般而言對於地震等側向外力的抵柱力強弱，同時也容易因地盤基礎之不穩固而產生不均勻沉陷的結構性破壞。部分近代建築混合磚石構造、木構造、鋼筋混凝土構造、鐵骨構造等不同之構造材料，形成不同結構系統行為的搭接，是為混合性結構系統。不同構材在系統中的選擇搭接組合是否明智，結合處的力學傳遞是否合理，是否因設計處理不當而造成結構性之破壞，都是構造診斷調查工作的內容。此外大跨距空間上使用的木構或鐵構之屋架、桁架是否設計得當，是否因年代久遠產生構材的彈性疲乏與變形等等安全性上的調查是必要的。

台中火車站之構造診斷之結果於第五章各項目詳述，整體而言磚構壁體缺乏整體之安全性，容易因外力或不均勻沉陷產生龜裂，歷年之整修改建行為是否造成火車站建築體構造行為的缺失，將於磚、RC 構造裡詳述。

### 第四節 仕樣調查

仕樣調查是關於該棟建築物的構造、設計意匠、施工技術、方法與材料的調查。一般而言，原始文獻「仕樣書」(施工說明書)以及原始設計圖說、施工圖最能使人了解一棟建築物的仕樣，但即使原始文獻與設計施工圖說現存，仍需進行現存建築物的仕樣調查，以調查建築物實際施工時是否依仕樣書及設計施工圖說施工建造，同時用以了解建築物落成以後，歷年修繕更改原構造，材料的處所及其仕樣。

仕樣調查部分在非解體破壞的情況下藉由觀察可以得知，但許多仕樣需要藉由觀察可以得知，但許多仕樣需要藉由建築物本身的解體過程，一層層剝離建築物之構造細部，才能看清楚原有的建築仕樣，以及歷年修改建築仕樣之位置、範圍以及其新仕樣之作法。並可由此判斷，該建築在構造、施工、技術、材料上之建築藝術價值，可以了解設計者當時的構造仕樣設計觀念，以及當時工匠之施工技術與方法。而部分材料又需藉著科學性之分析才能理解。

台中火車站之原始設計相關文獻及圖說至今尚未發現，故藉此無法得知任何該建築仕樣的知識，現場調查成為重要的工作。

### 第五節 修復方針擬定

#### 一、修復方針考慮要因

一般的建築工程不會在工程進行中停工去檢討工程內容甚至變更設計，然而在古蹟修復上，為避免後來不斷的停工或隨意變更設計，最好的方式是將修復工程分為前半段的解體調查與後半段的實施工程。將解體調查後對建築物更詳細的認知、破損狀況的確實掌握，反映在後半段的實施工程上。

## 第二級古蹟台中火車站整體修復工程調查研究及修護計劃

台中火車站在目前修復計劃的階段上，雖未能像解體調查工程能對建築物的狀況掌握的更詳細、更明確，但在非破壞的調查後，仍應就所知的範圍，釐清建築物各部份的構造、仕樣與施工技術，訂定基本的修復方針。若未來台中火車站能以理想的二階段「解體調查」，「實施修復工程」來進行修復工作，則在解體調查後可再依據調查結果，調整目前的修復方針。

古蹟修復方針的擬定是要決定整體修復的大方向，其決定的考慮要因有：

- (1) 建築物的特色與歷史價值何在：亦即本建築物最值得保存的建築物的特色在哪些部分，由歷史、文化、藝術的角度來判斷該建築物最值得保存的部份是在那些部份等等。
- (2) 原貌與舊材、構法的保存現況與修復問題：亦即能夠傳承文化的原貌、舊有建材、原有的構造技術有那些被保存下來，有那些有足夠的實證依據可以復原，有些部份有修復上的困難點等等。
- (3) 構造與結構補強的問題：原有那些構造有設計上的缺陷，有那些部份的結構系統無法正常作用抵抗外力，需要補強者，以及這些措施是否會影響修復的結果等等。
- (4) 再利用的方向與原則：亦即此建築物在修復之後作為何種機能使用，有那些設備、室內裝修隔間的新需求等等。

以上這些問題的決定與判斷，都影響到基本修復方針的擬定。

### 二、修復方針

根據上述修復方針考慮的要因，依照建築物原貌的修繕與復原程度，可大致將修復工作分為三大基本方針，亦即：

- (1) 原貌復原：將建築物復原至落成當初的原貌。
- (2) 某時期狀態的復原：將建築物復原至某一特定時期的狀態。
- (3) 現況維持：維持保存良好的現況。

依照前述修復方針考慮因素的分析評估，台中火車站之原建部份外觀樣式與構造材料大部份仍保存著落成當初的做法和形式，除了一些表面裝修材的改變或部份的修建，可回復到原貌之外，左右側立面已於光復增建右翼時拆除，右側立面之結構系統更於之後由承重磚造系統改建為 RC 梁/磚柱之結構，其原有的壁體與門作窗作構造已完全被拆除，並未留下足夠的痕跡，足以作為復原的依據，故以現階段之調查結果之考證對照，台中火車站無法亦無需要採取(1)原貌復原的修復方針；然而保存現況因後來售票室的增建、二層休息室與空調機房等，但由於有保留了修繕痕跡，可簡單修復復原，同時保存現況亦有許多問題，故不宜以(3)現況維持為修復方針，最佳的修復方針應是採取(2)某時期狀態的復原。由於無足夠的文獻圖面史料證明各時期台中火車站的演變情形，但可以明確判斷光復後與日治時期做法的差異。光復後增建之右翼在設計在外觀及構造方式皆尊重原建築之仕樣，故建議以此增建部份應視同原建部份一併保存，此外，調查結果發現台中火車站左側，現站長與總務辦公室之建築原為第一代台中火車站(木造時期)之事務所，第一、二月台，以及其上方之木造及鐵骨造雨庇均保留各個時期之原建樣式，最早的甚至有大正3年，即目前第二代台中火車站未興建以前之月台雨庇，保存狀況相當完整，建議此鐵路設施應視如建築體之歷史價值而加以保存。

## 第二級古蹟台中火車站整體修復工程調查研究及修護計劃



照片 5-5-1 調查工作照片



照片 5-5-2 調查工作照片



照片 5-5-3 調查工作照片



照片 5-5-4 調查工作照片

### 第六節 復原圖面繪製

一般而言，古蹟或歷史建築物經過調查及考證後，所搜集到的舊圖面、舊照片、或興改建之文字紀錄乃提供了最完整之歷史資訊，在綜合以上資訊後，可以追溯其原來之外貌並重新建立其設計之原型。因此，文獻蒐集的成果乃決定一幢古蹟或歷史建築物的修復成果的好壞。然而，由於古蹟或歷史建築物興建的年代久遠，這些原始文獻資料未必完整保存，而且所提供的資訊為零碎的片斷，距離此建築物之完整歷程之資訊有相當大的落差，因此，此調查研究尚須藉由現況測繪以及痕跡調查，以補文獻資料所遺漏的部份；將這些資訊拼湊出此棟建築之原貌，同時有助於了解此建築多年空間異動及修改建過程。

修原圖面的繪製即以圖面繪製的方式，將以上種種調查結果具體呈現，同時有助於下一階段的解體調查、修復或再利用設計案的進行。為求修復圖面更接近事實，其繪製原則如下：

- 1、以原設計圖面為標準，繪製復原圖面底圖；
- 2、將各時間增修改建之文獻資料以及圖面資訊彙整至圖面中，再比對現況，檢視調查成果以及尚未釐清的部份；
- 3、忠實呈現文獻及現況調查成果，對於模糊不清之部份不做過份臆測。

## 第二級古蹟台中火車站整體修復工程調查研究及修護計劃

由於台中火車站原設計資料目前僅有一張藍晒圖面保存，其中包含半張平面(南側)、一張正向立面、一張左向立面。此為最接近原建站體之圖面資料，本調查研究乃以此圖作為修復圖面繪製之參考。然而由於台中火車站興建迄今已逾 80 年，因種種原因而進行多次修改建工程，這些異動工程遂使台中火車站失去原來的外貌。這些異動工程所保留下來的文獻資料不多，因為增加了復原圖面繪製的困難度。

此外，在進行構造診斷調查後，經過詳細測繪及研究，判斷目前現況保存之建築體中，何者為原建部份？何者為日後之異動，？經由調查人員研究討論結果，針對目前所知道的資訊，繪製台中火車站復原圖面如下：

台中火車站修復圖面繪製說明：

### 一、正立面：

- 1、對照原設計圖面，得知原建部份之正立面左側一樓出口處原為木作窗作，其形式與原建部份右側正立面之窗作同，因此參考右側部份將左側之窗作以及其壁體復原。
- 2、對照原設計圖面以及舊照片，得知台中火車站原建部份之二樓窗戶皆為鑄鐵窗框之密閉式窗戶，正立面之窗戶僅剩最左邊一扇窗戶仍保留部份鑄鐵窗框(可由測繪得知其分割尺寸)，遂利用此項資訊將原建部份二層正立面左右側鑄鐵窗作復原。

### 二、背立面：

- 1、大廳南向出入口(原大廳售票室)左右兩側之長條形窗戶目前僅有右側保存，左側已拆除，擬以右側之形式復原左側窗戶。
- 2、原建部份右側(原壹、貳等候車室)之兩處出入口壁體復原為原設計圖面之大小，裝修材料以相同色澤與尺寸之紅色無釉面磚貼敷。
- 3、原建部份左側(原參等候車室)之三處出入口壁體復原為原設計圖面之大小，裝修材料以相同色澤與尺寸之紅色無釉面磚貼敷。
- 4、二樓右側至增建處之風管拆除。

### 三、左側立面：

- 1、對照原設計圖面得知左側立面之原貌，一樓原有三處開口部設計，左右各位一組雙扇上下推拉窗作，其形式和尺寸與背立面右側唯一的窗作相同，因此取目前保存之背立面右側窗作將此二處復原。
- 2、中間開口部原為側面出入口，門作已拆除且沒有保存，因此僅將其壁體以及外牆磁磚復原。
- 3、二樓部份之窗作與背立面二樓之窗作相同，因此採用目前現況保存之背立面窗戶的形式加以復原。
- 4、二樓部份山牆之窗戶下段已改為鋁窗，應復原為完整之鑄鐵窗框。

### 四、右側立面：

- 1、復原木作窗戶及十字壓花玻璃。
- 2、外牆去漆，復原原外牆裝修面。

### 第七節 台中火車站本體建築耐震補強探討

由前述之構造現況調查結果可歸納出台中火車站構造之損壞原因，包括地震力、蟲害、環境風化、以及歷年來整修之人為破壞，這些構造上之損壞遍及主要之結構磚牆、屋架、以及其他非結構之裝修材等，其中以承重磚牆所受到的地震損害最為嚴重，且最急迫需要妥善加以處理。為避免震損後之承重磚牆在下次地震中產生崩塌而造成嚴重之人員傷亡及財產損失，除了緊急以鋼棚架隔離震損部位與人員使用空間外，針對震損部位施以加固亦是保護台中火車站本體之必要措施。

台中火車站本體建築在九二一集集地震後雖已緊急施以加固保護措施，但由於主要之結構磚牆已受到損傷，再加上建築物使用時間已久，材料老化以及其他之損壞情形，使得整棟建築之耐震能力勢必不足，單靠緊急加固之措施顯然無法確保建築物之耐震安全，因此有必要藉此修復機會，在文資法等相關法令規範之前提下，利用合適之耐震補強方法來增強其耐震能力，以延續台中火車站本體建築使用之年限。

由於台中火車站屬於第二級古蹟，且為重要之交通樞紐，其在文化資產向度的價值及重要程度遠高於一般建築工程，因此在選擇耐震補強工法時，除了需達成最基本的耐震能力提昇以符合建築相關法令之規定外，有關補強工程可能對建築物構造、立面、裝飾、空間使用產生的損壞，補強材料及補強工法之可逆程度，及補強工程的施工造價、工期、以及施工期間對於建築物使用之影響，都需要詳加考慮後方能進行。

有關台中火車站本體建築之結構系統、損壞原因，以及未來耐震補強施作之對策，將在下面小節中詳加說明。

#### 一、結構系統

現存的台中火車站為 1917 年建造之磚造部份，以及 1950 年增建之右翼部份（圖 5-7-1），樓高二層，平面呈一字型，長向主要承重磚牆有二道，配置在建築物之前後二側，短向部份之主要承重磚牆共有五道，配置在建築物左右二側、大廳中央、以及與增建交接處，就牆體數量而言，長向牆體數量明顯多於短向。本建築物大廳中央部份由於牆高較高，牆厚約為 87cm（3B 左右），大廳磚柱為正方形，長度及寬度皆為 64cm（推測為 2.5B），而其餘磚牆厚度則為 52cm（推測為 2B）。本建築在增建過程中，曾將一樓部份承重磚牆敲除，包括右翼增建處一樓之承重磚牆，以及左翼前側一樓部份之承重磚牆。



## 第二級古蹟台中火車站整體修復工程調查研究及修護計劃

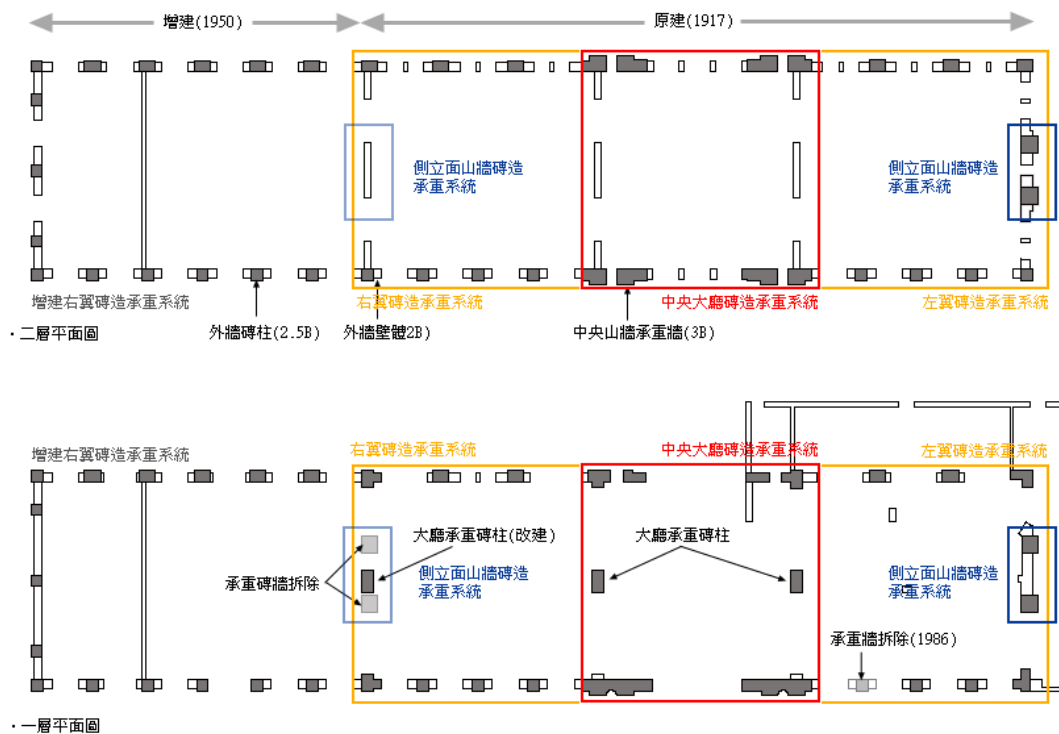


圖 5-7-1 台中火車站承重牆體配置圖

台中火車站本體建築主要結構構材為承重磚牆，牆體內並無鋼筋或其他加強之構材，係屬於典型的承重磚牆系統，亦即建築物所承受到的任何載重（包括地震力、風力、自重及其他載重）皆需要由承重磚牆來承載及傳遞，因此承重磚牆的尺寸、開口大小、分佈位置以及材料性質便會影響建築物的載重承載能力。綜觀台中火車站本體建築承重磚牆的配置，可發現其平面組成係以長條形為基本模式，亦即牆體主要配置在建築物之周圍，但由於長短向尺寸懸殊以及空間使用之需求，逐漸次第的在短向方面配置牆體以分割空間。

建築物各軸向的耐震性能與平行該軸向牆體面內方向的抗剪容量（ $T$ ）與地震層剪力（ $V_i$ ）之比值，以及垂直該軸向牆體面外方向的撓曲強度（ $f_b$ ）與地震撓曲應力（ $\sigma_i$ ）之比值有關，比值越高代表其耐震性能越佳。台中火車站本體建築長軸之耐震性能取決於長向縱牆面內方向抗剪能力與短向橫牆抵抗撓曲應力之能力，而短軸向之耐震性能則受短向橫牆抗剪能力與長向縱牆抵抗撓曲應力之能力影響；將前述之文字以運算式表示時，則建築物長、短向之耐震性能可簡化為(1)、(2)式，其關係為

$$\text{長向耐震性能：} T_L/V_{iL} + f_{bT}/\sigma_{iT} \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{短向耐震性能：} T_T/V_{iT} + f_{bL}/\sigma_{iL} \dots \dots \dots (2)$$

其中

$T_L$ 、 $T_T$ ：建築物長向、短向牆體面內方向抗剪容量

$V_{iL}$ 、 $V_{iT}$ ：建築物長向、短向地震層剪力

$f_{bL}$ 、 $f_{bT}$ ：建築物長向、短向牆體撓曲強度， $f_{bL}=f_{bT}$

$\sigma_{iL}$ 、 $\sigma_{iT}$ ：建築物長向、短向牆體受面外地震力作用時產生之撓曲應力

假設建築物長、短向受到相同地震力作用（即  $V_{iL}=V_{iT}$ ），由於長向縱牆有效水平斷面積（扣除開口部後之水平斷面積）與有效寬度（相鄰直交牆支承距離）都較短向橫牆大，故長向縱牆所提供的面內方向抗剪容量會較短向橫牆多（即  $T_L>T_T$ ），但另一方面，其因面外地震力作用所引起的面外彎矩與撓曲應力也會比短向橫牆大（即  $\sigma_{iL}>\sigma_{iT}$ ）。所以  $T_L/V_{iL}>T_T/V_{iT}$ 、 $f_{bT}/\sigma_{iT}>f_{bL}/\sigma_{iL}$ ，即建築物長、短向受到相同地震力作用時，(1)式的值會大於(2)式，也就是建築物長向之耐震性能會比短向來得大。

另外，由本團隊相關的研究結果<sup>1</sup>，亦能發現磚牆幾何形狀的連續性及開口數量亦是影響整個結構耐震性能的主要因素之一，由於台中火車站本體建築增建時曾將一樓部份承重磚牆敲除，此敲除部位主要集中在一樓右翼與增建部份交接處之短向承重磚牆，此舉對整個建築物之結構系統及耐震能力所產生的影響包括短向牆體剪力承載容量減少、敲除後剩餘磚柱垂直載重應力集中等，都將會折減整個結構系統之耐震性能。

為驗證前述結構系統長短向及立面高度上耐震能力所產生之差異，本團隊亦曾利用有限元素分析軟體（SAP2000）輸入集集地震震波來分析其應力分佈情形<sup>1</sup>，分析結果亦顯示在相同大小地震作用下，比較的幾處位置（節點）在短向地震作用時所產生之應力明顯較大，且中央大廳上方牆體分析之應力值亦遠大於其餘部位之牆體，分析所得之結果與前述系統之弱點不謀而合。

### 二、承重磚牆損壞原因

經由第一節結構系統之探討以及先前所作之結構分析、材料試驗等結果<sup>1</sup>，有關台中火車站本體建築主要承重磚牆損壞之原因推估說明如下：

#### （一）結構系統不佳

台中火車站本體建築之結構為承重磚牆系統，對於垂直方向的載重，可利用牆體有效加以承載與傳遞，但由於承重牆體內部並無抵抗拉張應力之構件，因此對於水平方向的載重，顯然有其系統上之缺陷，再加上第一節所提之平面、立面等向度牆體配置之缺點，故容易在地震中產生損壞。



### （二）材料老化

台中火車站本體建築興建於 1917 年，距今已有八十餘年，且建築物緊鄰鐵道旁，鎮日的火車振動以及風雨的侵蝕，其牆體材料之強度當然已經產生改變；由本團隊所做的材料試驗結果，得到台中火車站磚牆上的磚塊抗壓強度約為  $276.25\text{kg/cm}^2$ 、吸水率 9.4%，而牆體磚塊與灰縫介面無垂直應力之剪力強度（initial shear bond strength）則為  $7.72\text{kg/cm}^2$ ，雖然都比國內其他幾棟磚造古蹟或歷史建築物之牆體來得大<sup>2、3</sup>，但相較於日治時期的磚牆材料性質，即可發現其強度遠遠不及，以磚塊抗壓強度為例，相較於 1939 年時台灣地區二十處磚窯廠剛生產的磚塊而言，其強度約只剩一半左右<sup>4</sup>。

九二一集集地震發生時，若參考鄰近台中市省三國小測站之紀錄值，可發現作用在台中火車站本體建築的最大水平地震加速度（約為 190.38gal）約與 1917 年推估之設計值（約為 196.2gal）<sup>5</sup>相當；雖然台中火車站本體建築在九二一地震中所受到的地震力與設計時之地震力相當，但由於主要結構材料強度顯然已不及興建時之強度，因此推論為震損原因之一。

### （三）人為之破壞

台中火車站本體建築係做為交通使用之結構物，在乘客大幅增加之現況下，空間需求所導致的改變乃正常之現象，但使用單位囿於相關知識之缺乏，往往都會在主要結構磚牆上動手腳以達成其空間增長之目的，常見的手法便是將承重磚牆敲除或是增大開口部，以台中火車站本體建築為例，右翼增建部份與原建築交接處一樓承重磚牆被敲除即是一例，此舉不但造成短向承載地震剪力之容量降低，且也容易改變整個結構物之耐震行為。

## 三、耐震補強對策

台中火車站屬於第二級古蹟，且為重要之交通運輸樞紐，無論在文化資產向度或是公共運輸之向度都有其不可忽略之價值，因此在選擇耐震補強工法時，除考慮基本之耐震安全成效外，對於建築物在文化、美學、工藝等方面的影響，以及工程進行所產生的交通衝擊亦需仔細評估與考量。因此，有關台中火車站本體建築耐震補強對策之擬定時，應先了解建築物本身之條件，以及各種耐震補強工法之優缺點以及適用性，由整個建築物結構上系統性的改善，然後深入構材之修復與補強，以達成耐震補強及提昇耐震能力之目的。由於本章第一、二節已針對台中火車站本體建築之條件及破壞原因作探討，因此本小節將針對現有各種磚造建築物耐震補強工法之原理及適用性加以討論，並針對台中火車站之耐震補強對策提出合適之應用補強工法。

### （一）磚造建築耐震補強方法及原理

磚造建築物各種耐震補強方法，其補強之原理<sup>6、7、8</sup>可概略區分成 1.提高建築物材料強度 2.減少輸入建築物之地震力 3.改變建築物結構系統等，就提高磚牆材料強度方面，

## 第二級古蹟台中火車站整體修復工程調查研究及修護計劃

可利用黏貼碳纖維、玻璃纖維及增加磚塊與灰縫界面垂直應力等方式來增加材料強度；利用減少輸入建築物地震力之補強方法，則包括基礎免震、基礎土壤改善等方式；而利用補強構材分攤磚牆吸收地震力而達成補強目的的方式，則有鋼筋混凝土牆補強、鋼板補強、鋼構架補強；至於改變建築物結構系統來達成補強效果的方法，則包括基礎免震工法、增加牆體上方臥樑<sup>9</sup>等方式。茲分別說明目前常用的幾種耐震補強方法之原理與適用性：

### 1. 增設鋼板補強

鋼板補強（圖 5-7-2）主要是利用鋼板來分攤原有磚牆所承載的地震力，對於原磚牆之強度並未提升，因此鋼板的配置位置及補強後整體牆體所產生的剛度變化，對於補強效果將有明顯之影響。以鋼板補強時，補強鋼板的基礎可依附在原磚牆之放腳基礎上施作，且鋼板厚度較 RC 牆薄，對建築物空間之影響較小，惟補強鋼板需將原磚牆面覆蓋，故對建築物立面將有相當大的破壞。

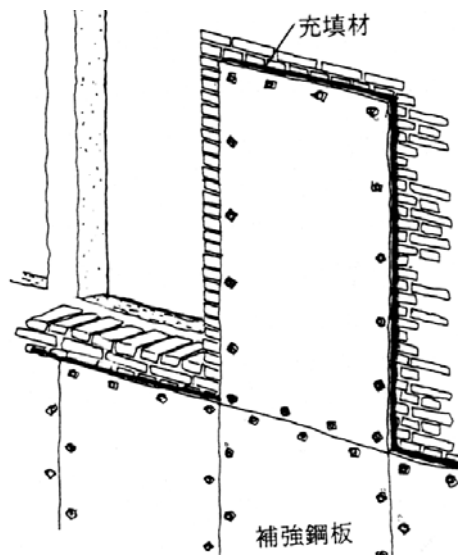


圖 5-7-2 鋼板補強示意圖<sup>10</sup>

### 2. 增設鋼骨構架補強

鋼骨構架補強係假設原建築物磚牆並無抵抗水平地震力的能力，而利用鋼骨構架來承載原建築物所有的面內與面外水平地震力<sup>11</sup>；由於鋼骨構架的剛度遠大於磚牆之剛度，因此鋼骨構架的配置位置及補強後整體所產生的剛度變化，對於補強之效果將有很大的影響。以鋼骨構架補強時，由於建築物大部份的水平地震力都由構架中的鋼柱傳遞至土壤，為避免應力集中在構架中之鋼柱，而造成原磚牆放腳基礎之破壞，故補強鋼構架的基礎須獨立設置，且柱腳斷面應能夠有效傳遞鋼柱所承載的地震力，此舉將使得鋼柱之基礎變得非常龐大，因此對於原有建築物之基礎將產生很大的破壞，而鋼構架通常都敷設在建築物內部（圖 5-7-3），對於原建築物空間使用也會造成影響。

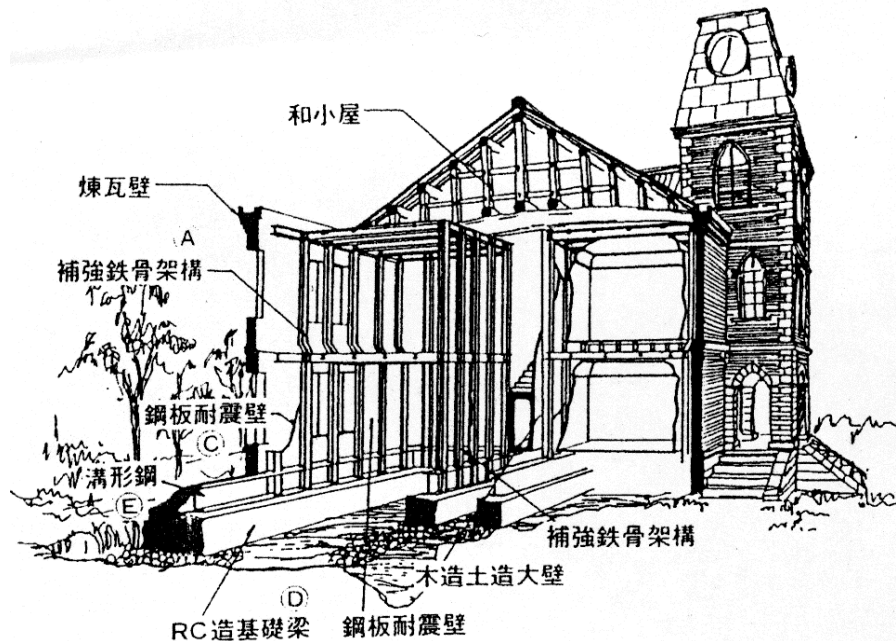


圖 5-7-3 同志社大學彰榮館鋼骨補強示意圖<sup>12</sup>

### 3. 粘貼碳纖維（或玻璃纖維）補強

碳纖維或玻璃纖維為高強度之材料，其抗拉強度約為一般軟鋼的 6~10 倍，而黏貼碳纖維或玻璃纖維之補強方法（圖 5-7-4）可應用在磚牆面內與面外方面之補強，其原理是藉由碳纖維或玻璃纖維之高強度，來提升黏結後磚牆之強度，由於補強後牆體剛度變化不若鋼板補強鋼構架補強來得明顯，且施工性遠較其他方法方便，故可做整體性與局部性牆體之補強。

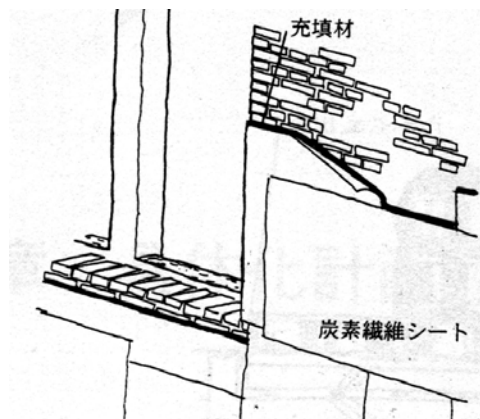


圖 5-7-4 碳纖維補強示意圖<sup>10</sup>

### 4.植筋補強

植筋補強（圖 5-7-5）是一種不會對磚牆立面產生影響的補強方法，可應用於抵抗面內地震力與面外地震力，其原理係利用植入磚牆內部的鋼筋及水泥砂漿形成的垂直柱，用以增加整體磚牆所能承載的地震力。

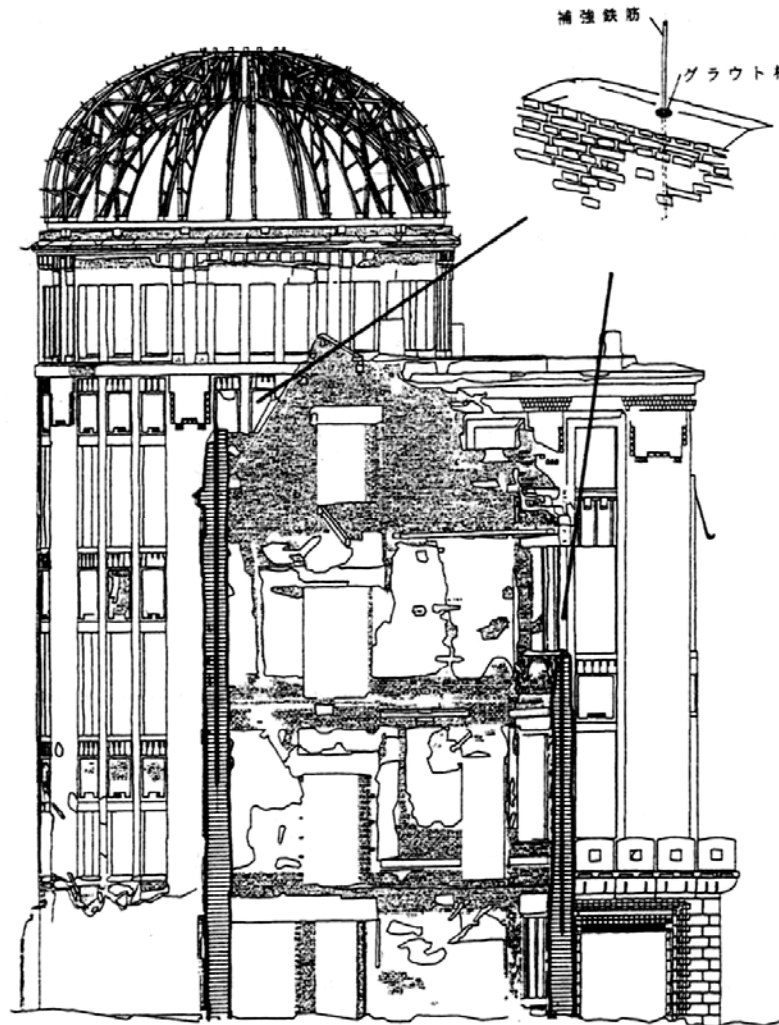


圖 5-7-5 植筋補強示意圖<sup>10</sup>

### 5.增設鋼筋混凝土牆（或鋼絲網牆）補強

以鋼筋混凝土牆或鋼絲網牆補強時（圖 5-7-6），是利用增設鋼筋混凝土牆來分攤原有磚牆所承載的地震力，至於原磚牆之強度則仍無提升，補強後整體牆體剛度會明顯提升，因此增設的鋼筋混凝土牆配置位置及補強後整體牆體所產生的剛度變化，對於補強效果將有明顯之影響；另外，由於增築鋼筋混凝土牆厚度較大，所增加的重量也相當可觀，因此對於原建築物將額外增加不少的地震力，故補強設計時，須針對此額外地震力



加以檢討。以增設鋼筋混凝土牆補強時，增設鋼筋混凝土牆的牆面與基礎可利用植筋與原磚牆之牆面及放腳基礎連結，由於鋼筋混凝土牆厚度較厚，對建築物空間之影響相對較大，且補強後會將原磚牆面覆蓋，故對建築物立面將有相當大的破壞；另外，由於鋼筋混凝土材料與磚牆材料之性質不同，以溼式工法接合後，對於原磚牆牆面磚塊恐將產生化學變化而出現損壞，此其為此種補強方法之另一缺失。

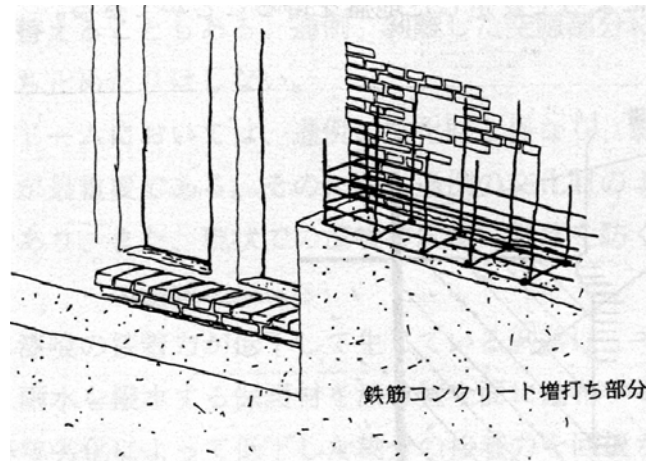


圖 5-7-6 磚牆增設鋼筋混凝土牆之補強示意圖<sup>10</sup>

### 6.基礎免震工法補強

免震基礎補強工法（圖 5-7-7）之補強原理與上述幾種補強方法有很大之差異，上述幾種方法之原理係以提升建築物磚牆強度、變形能力為目的，或以加入的補強構件來減少磚牆吸收的地震力為目的，都屬於針對建築物本身牆體或系統的改善方式，而基礎免震工法之補強，則是利用地震力在作用於建築物前就將建築物所受的地震力加以降低的一種補強工法，也是一種補強效果非常良好的工法。此種補強方法補強時，須將基礎下方土壤全面開挖，然後在原建築基礎下增設免震措施，施工過程中，如何減少對原建築物之破壞，則是相當需要注意的問題。

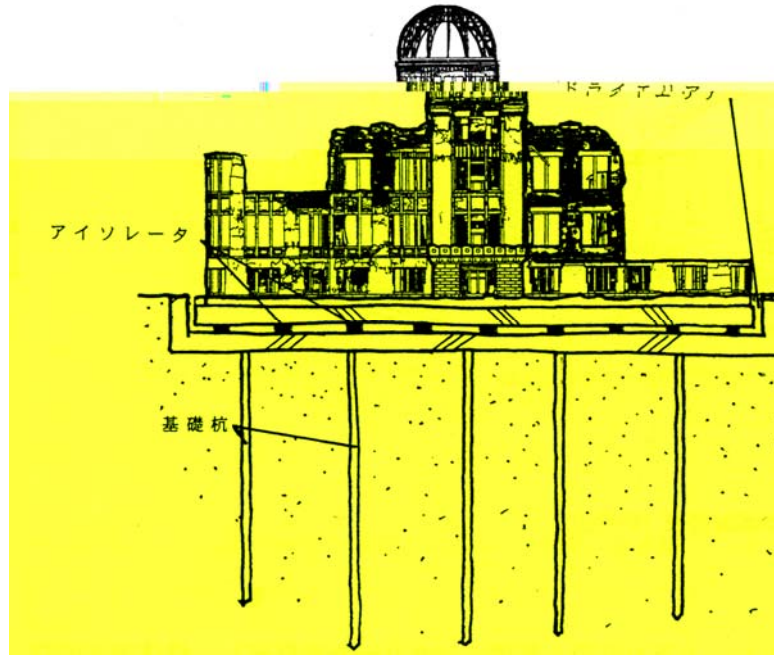


圖 5-7-7 基礎免震工法補強示意圖<sup>10</sup>

### （二）耐震補強對策與建議

由本章之結構系統探討以及先前之結構分析結果，有關台中火車站本體建築承重磚牆損壞主要原因應可歸納為結構系統不佳、地震力太大、材料老化、人為不當破壞等幾項，其中以結構系統不佳、地震力太大產生的損壞最為直接與嚴重，因此在選擇耐震補強工法及擬定耐震補強對策時，應先解決整體結構系統之缺失，然後再針對損壞部位進行修復。有關台中火車站本體建築耐震補強之程序及對策建議說明如下：

#### 1. 結構系統缺失之改善與補強

台中火車站本體建築長、短向耐震能力皆不足，尤以短向最嚴重，且大廳部份與兩翼部份剛柔程度不一，為震害嚴重之主要因素。為改善整體結構系統缺失，以符合現有耐震法規規定的地震力要求（0.33g），最佳的補強對策即是選擇降低輸入地震力之補強方法或是改變結構系統之補強方法，以解決結構系統不佳且材料強度老化等問題。

以前述的幾種補強方法來改善台中火車站結構系統缺失時，若依一般工程之條件來考慮時，表 5-7-1 各項補強工法之比較將有助於台中火車站結構系統補強工法之選擇，表中之鋼板補強、鋼構架補強、RC 牆補強、免震裝置補強都可改變原有建築物之結構系統並降低原有建築物所吸收的地震力。其中，利用免震（或隔震）裝置補強時，其將能降低最多的地震力、且對原建築物立面、空間使用的影響最少、並能同時解決二向耐震能力提昇值不一之問題，但相對的其造價最高、對基礎的破壞程度最嚴重、施工工期最長、對交通的衝擊與影響最大、且台灣地區未有應用到古蹟建築之經驗，因此若單考慮補強成效而言，隔震裝置之補強工法將是最佳的選擇；但由於本建築物為第二級古



## 第二級古蹟台中火車站整體修復工程調查研究及修護計劃

蹟，尚不是最珍貴之第一級古蹟，且做為中部主要之交通運輸樞紐，是否值得犧牲交通運輸方面之功能，以花費較高的補強經費來施作，則是值得商榷。而其餘的補強工法（鋼板補強、鋼構架補強、RC 牆補強）中，只要補強構材配置方式得當（短向配置補強構材數量應較多），其補強所能提昇的耐震能力亦都能滿足相關耐震法規所要求之地震力，惟對於補強材料可逆程度、空間及立面的影響、以及施工性的難易程度則需要加以評估，由於台中火車站本體建築內部皆有粉刷，且目前已施作緊急加固之鋼棚架，故選擇鋼骨構架搭配鋼板補強之方法，將能有效降低施工工期、減少對交通之衝擊，以及對空間的影響程度。

根據前面之說明，有關台中火車站之耐震補強（圖 5-7-8）建議如下：

### (1)中央大廳部分

- a. 鋼柱立於圖 5-7-8 大廳四個角隅及兩側支柱旁，鋼柱柱腳須與原磚牆放腳基礎相連結，柱頭通達牆頂，柱頂及曲樑高度處分別以鋼樑相連結；短向近曲樑高度之鋼樑形狀須與 RC 曲樑配合，長向山牆部分底部須配置鋼樑；頂層水平鋼樑角隅須以斜撐補強，使頂層鋼樑形成類似 RC 樓板之二維構材。

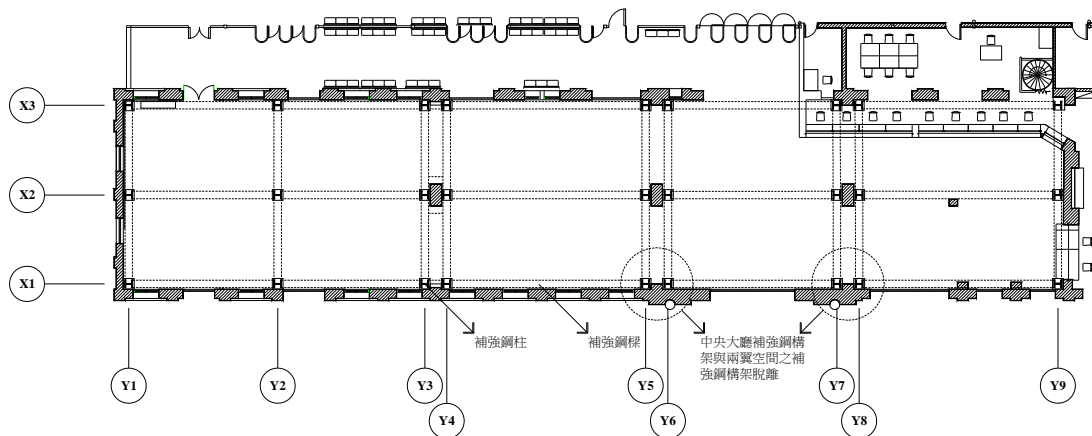


圖 5-7-8 台中火車站一樓補強平面配置圖

- b. 大廳周圍一、二樓牆面 Y6、Y7 軸二側及 X1、X3 軸內側以鋼板補強（圖 5-7-9），鋼板與鋼骨構架利用焊接方式聯結，而鋼板則需配合開口位置利用螺栓與牆面連結（圖 5-7-10）。

### (2)兩翼部分

- a. 鋼柱位置如圖 5-7-8 所示，除角隅處立柱外，部分配合附壁柱位置亦配置鋼柱，鋼柱柱腳須與原磚牆放腳基礎相連結，鋼柱通達牆頂，柱頂及曲樑高度處分別以鋼樑相連結；短向近曲樑高度之鋼樑形狀須與 RC 曲樑配合，短向山牆部分除底部配置鋼樑外，山牆三角形頂部亦需配置鋼樑；頂層水平鋼樑角隅須以斜撐補強，使頂層鋼樑形成類似 RC 樓板之二維構材。

## 第二級古蹟台中火車站整體修復工程調查研究及修護計劃

b.短向 Y1、Y3、Y4、Y5、Y8、Y9 軸牆面部分，須配合牆面開口部位置配置鋼板補強(圖 5-7-9)，鋼板與鋼骨構架以焊接方式連接，而牆體與鋼板則以螺栓接合。

上述補強構架中，Y5、Y6 軸與 Y7、Y8 軸之間 X 向之鋼樑須脫離，以使中央大廳與兩翼之補強構架互為獨立構架。

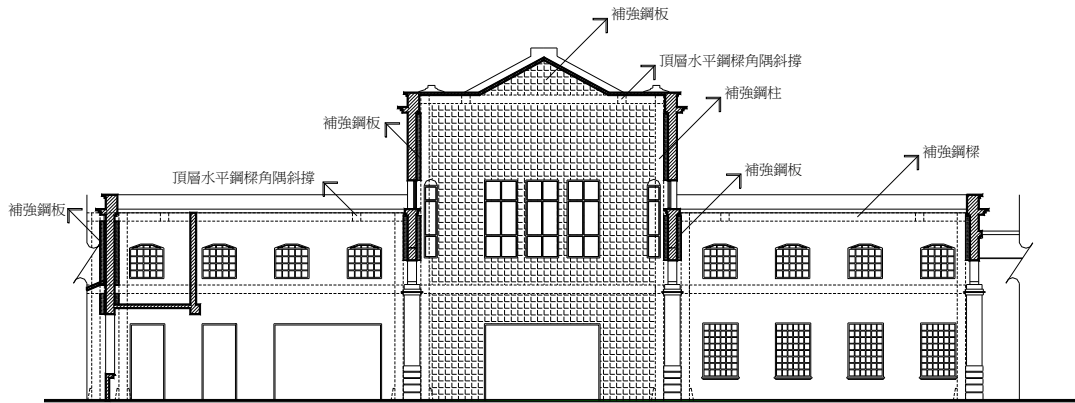


圖 5-7-9 台中火車站本體建築長向剖面暨補強示意圖

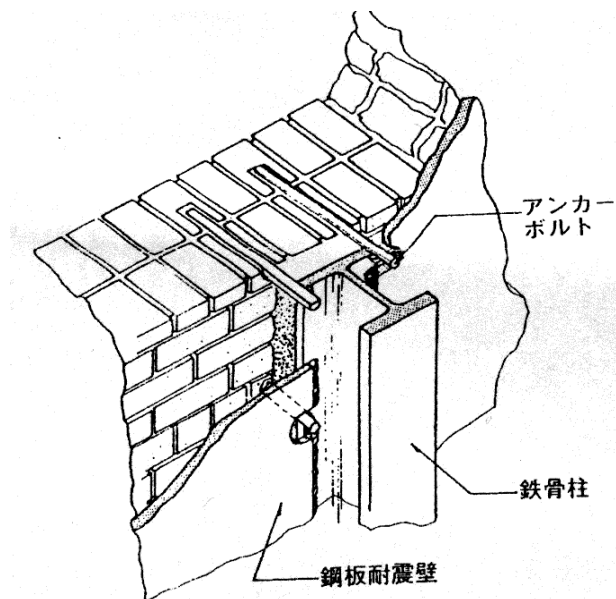


圖 5-7-10 補強鋼柱、鋼板與磚牆間之連結做法

## 第二級古蹟台中火車站整體修復工程調查研究及修護計劃

表 5-7-1 各種磚造建築耐震補強方法之特點<sup>3</sup>

特點 \ 補強方法	鋼板(或鋼構架)補強	RC 牆(或鋼絲網牆)補強	碳纖維(或玻璃纖維)補強	植筋補強	免震裝置
補強費用 高(1)→低(5)	4	5	3	2	1
耐震性能 佳(1)→不佳(5)	2	2	4	5	1
補強材料可逆性 高(1)→低(5)	1	5	4	1	1
空間、立面影響性 高(1)→低(5)	1	1	1	4	5
構造影響性 高(1)→低(5)	1	1	4	5	1
施工性 佳(1)→不佳(5)	3	2	1	4	5

### 2.構材之補強

透過前述改善結構系統之耐震補強工法降低作用在整個建築物之地震力後，即可針對受損之構材或是材料強度不佳的部位進行修復與補強之工作，由於作用在建築物的地震力已獲得改善，因此構材的補強將以修復及不破壞原建築物外觀或構造為原則。針對構造現況所發現的開裂磚牆，應視其裂縫寬度、長度、及所在部位，以灌注補強材料或敲除重砌等方式為之，其判別為灌注補強或敲除重砌之時機可參考前面幾章之修復建議，惟重砌時所使用之磚塊應以性質相近、尺寸相同、顏色相仿之材料為之，必要時可在有粉刷層的牆體外側或牆體厚度較大的牆體內部施作鋼絲網或 RC 等補強材，以解決重砌時新舊材料性質不一所產生的溫度或膨脹拉張裂縫。

## 第二級古蹟台中火車站整體修復工程調查研究及修護計劃

### 參考文獻

1. 何肇喜建築師事務所、永興結構土木聯合技師事務所，「第二級古蹟台中火車站整體修護工程調查研究及修護規劃設計監造」結構安全分析評估階段報告，2002 年 9 月。
2. 王貞富，「磚造歷史建築物震害及耐震評估研究」，國立成功大學建築研究所博士論文，2002 年 1 月。
3. 王貞富，「日治時期磚造歷史建築物修復補強設計研究」，行政院文化建設委員會、國立文化資產保存研究中心籌備處，2001 年 8 月。
4. 藤澤國太郎，「台灣產普通煉瓦 試驗成績」，台灣建築會誌，第十一輯第四號，pp. 281-286，昭和十四年（1939 年）十二月。
5. 左野利器，「高等建築學」，第 26 卷，東京常盤書房，1937 年。
6. 張嘉祥、王貞富，「既有鋼筋混凝土建築物之耐震補強」，建築師雜誌，第 299 期，1999 年。
7. 張嘉祥、王貞富，「建築物耐震補強」，「九二一集集大地震建築物災害調查分析」，財團法人成大建築文教基金會，2000 年。
8. 陳惠慈，「現有鋼筋混凝土建築物補強之初步研究」，內政部建築研究所，1991 年。
9. 日本建築學會東海支部構造委員會，「歷史的建築物 實例集」，1998 年。
10. 金多潔、甲津功夫、西澤英和，「鐵骨構造 話」，學藝出版社，昭和 56 年（1981 年）。
11. Technical Consulting Services Advanced Composite Materials。
12. 西澤英和、平田文孝、金多潔，「重要文化財同志社禮拜堂 構造 構造補強 （煉瓦建築 鐵骨 耐震補強 試 ）」，建築史學第 20 號，1993 年。

## 第二級古蹟台中火車站整體修復工程調查研究及修護計畫

### 第八節 修復經費估算表(本表所描述之項目細節可參考第四章各部位之調查報告)

表 5-8-1 修復經費估算表

項次	項 目	經費預估(元)	備註
甲	工程發包費		
壹	假設工程	14,400,000	
貳	火車站整體修復工程	45,900,000	
參	水電及消防工程	4,000,000	
	計	64,300,000	
肆	勞工安全及衛生管理費	643,000	約 1%
伍	營造管理費及雜費	5,144,000	約 8%
	小計	70,087,000	
陸	工地保險費	322,000	約 0.5%
陸	加值營業稅	3,521,000	
	合計	73,930,000	
乙	行政作業管理費	700,000	約 1%
丙	空污費	210,000	
丁	服務酬金	8,560,000	調查研究 (建築、結構) 設計監造、工作報告書
	總計	83,400,000	

## 第二級古蹟台中火車站整體修復工程調查研究及修護計畫

### 壹、假設工程

項次	項目	修復建議	經費預估(元)
1	安全防護施工圍籬	二次分段施工	1,500,000
2	防護鋼架		8,500,000
3	臨時水電、消防、庫寮	預計 15 個月下段二次施工，上段乙次施工	2,500,000
4	施工架		1,500,000
5	雜項拆除		400,000
小 計			14,400,000

### 貳、火車站整體修復工程

項次	項目		修復建議	經費預估(元)
1	敷地		配合未來再利用規劃設計，進行規劃，唯妨礙火車站外觀以及歷史空間之構造物應予以拆除。	400,000
2	基礎		基礎開挖以檢測是否有不均勻沉陷，評估未來修復之結構安全，探討是否利用免震系統之基礎構造以解決原結構設計之缺失。	4,500,000
3	磚結構	正背立面山牆	承重磚結構修補工程，將地震錯裂之磚構壁體復原，並加以補強。	2,000,000
		原建部份左右翼牆面	1.以環亞樹脂填補地震所造成之裂縫，裂縫過大者以鐵件補強。 2.左翼正面已拆除之承重磚牆重作。(共計四個承重磚牆單元) 3.一層左側之開口部磚構壁體重作	600,000
		增建部份牆面	開口部已拆除次磚牆壁體重作(共計一處)	260,000
		大廳柱子上方牆面	1.RC 構造上方之磚牆面因地震破壞嚴重而必須重新砌造。 2.磚牆與 RC 構造以鐵件補強，使兩者成為固接之混合式構造。	350,000
4	RC 結構	柱子上方 RC 梁	與上項磚牆修復一起施作。	300,000
		開口部上方 RC 眉梁	無修復之必要。	140,000
5	屋架木構	中央大廳木構	1.木構材因外力破壞之裂縫應以予填補。 2.木構材防蟲蟻處理。 3.部份構材因漏水而凝朽之部份以新材替換。 4.鐵件防銹處理。	2,800,000
		左右翼木構	如上	700,000



## 第二級古蹟台中火車站整體修復工程調查研究及修護計畫

		增建右翼木構	如上	1,200,000
		木構屋塔	如上	300,000
6	外牆	紅色無釉磁磚	1.表面去漆處理。 2.脫落之磁磚替換。	4,800,000
		洗石子	1.表面去漆以及清洗砂漿層。 2.部份洗石子重作。	1,200,000
		泥塑	1.表面去漆以及清洗砂漿層。 2.部份洗石子重作。	400,000
		一層壁龕	表面去漆	700,000
7	內牆		1.大廳部份剝落之內裝重作。(灰泥) 2.表面去漆工程。 3.以原色澤之白色水泥漆重新粉刷	2,300,000
8	門窗開口部	門作	1.大門口之門作以滑車及軌道修復 2.門作表面去漆以及表面防護處理	400,000
		窗作	1.正立面木窗作 wA 仿作(4 組) 2.背立面木窗作 wB 仿造(4 組) 3.背立面木窗作 wC 仿造(1 組) 4.正立面上層鑄鐵窗作 wD 復原(8 組) 5.側背立面上層鑄鐵窗作 wE 復原(10 組) 6.增建上層木窗作 wF 復原(12 組) 7.山牆面窗作 wH、wI 修理及重作(共 10 組) 8.側立面山牆鑄鐵窗作復原(2 組)	2,750,000
9	天花板		1.參考設備室上方之天花板，復原至整體車站之左右翼。 2.中央大廳之天花板應有一中心飾，目前無舊照片可仿造，建議以左右翼形式之天花板先復原，以配合整體室內空間感。	2,800,000
10	屋頂面		1.建議重作石板瓦屋面。 2.屋頂襯板(野地板)防水處理。	3,600,000
11	雨庇		1.木造雨庇防腐處理(參考雨庇調查) 2.鑄鐵雨庇防銹處理(參考雨庇調查)	2,600,000
12	土庇		銅板屋面修復	1,500,000
13	設備		1.原設備管線清理保存。 2.拆除後加之設備管道(空調、管線)	7,500,000
14	雜項		1.排水溝清理。 2.銅製排水管防銹處理，部份重作 3.屋架空間清潔。	1,800,000
小計				45,900,000

# 附錄

---

附錄一 主要工作人員簡歷及所擔任之工作分項

附錄二 實測墨線圖

## 附錄一 主要工作人員簡歷及所擔任之工作分項

職稱	姓名／簡歷	於本研究計畫內所擔任之任務	撰寫部份
計劃主持人	何肇喜 建築師 台灣大學土木所工學博士	協助研究工作之策劃、監督 協助調查工作規劃 調查人員之訓練及現場工作指導 相關文獻收集及研究	統籌、督導
協同主持人	莊敏信 中原大學建築研究所研究生	協助工作之策劃、監督、統籌 協助調查工作規劃 現況測繪與破壞調查 編列修復經費預估 相關文獻收集及研究	第三、四、五章審核
	黃俊銘 中原大學建築系專任副教授	協助研究工作之策劃、監督 協助調查工作規劃 調查人員之訓練及現場工作指導 相關文獻收集及研究	第四、五章審核
	張宇彤 正修技術學院建築系副教授	協助研究工作之策劃、監督 協助調查工作規劃 相關文獻收集及研究	第三章審核
	林世超 高苑技術學院建築系講師	協助研究工作之策劃、監督 協助調查工作規劃 相關文獻收集及研究	第三章撰寫
	曾國棟 成功大學歷史語言研究所碩士	協助研究工作之策劃、監督 協助調查工作規劃 相關文獻收集及研究	第一章撰寫
	王貞富 雲林科技大學空間設計系 助理教授	協助研究工作之策劃、監督 協助調查工作規劃 相關文獻收集及研究	第五章第七節 撰寫

## 第二級古蹟台中火車站整體修復工程調查研究及修護計畫

結構主持人	蕭興臺 結構補強工程師 國立台灣大學土木工程研究所 結構博士	現有結構勘查 結構補強設計 關於結構補強之建議	另行編制結構 安全鑑定與補 強設計報告書
專任研究員	張集強 中原大學建築研究所	研究工作之進度及品質控制 現場勘查(痕跡、構造調查) 研究工作行政事務執行 調查資料之分析及比對 調查人員編組訓練 管理及進度控制 報告書之編輯完稿	第四章第二、 三、四、六、 七、八節、第 五章撰寫
專任研究員	李國玄 逢甲大學建築系畢業	調查員分組之組長 執行調查 文獻資料之建檔及整理 調查資料及攝影記錄之整理 督導調查員繪圖	第四章第一、 五、九、十、 十一、十二、 十三、十四節 撰寫
	陳敬傑 逢甲大學建築系研究生		第二章撰寫
歷史調查員	連慧華		
建築調查員	卓雯雯		
基層工作人員	蔡慧玲 吳芷菁 林文清 曾煥彬 塗順智 劉佳涵 楊子瑩 廖卉菁 胡力人 楊添財	建築測繪 損壞調查 整體規劃 報告書整理	現況圖、損壞 圖、修復計劃 圖
	中原大學建築研究所 葉俊麟 蔡日祥 洪樹顯 黃茂榮 林澤昇 王彥龍 陳彥男	建築測繪 損壞調查	

## 第二級古蹟台中火車站整體修復工程調查研究及修護計畫

建築顧問	李乾朗 副教授	古蹟歷史建築研究	
	劉舜仁 副教授	古蹟歷史建築研究	
結構顧問	黃德琳 結構補強工程師 橫濱國立大學工學部建築學科 建築力學工學博士	關於結構補強之建議	
電機空調消防顧問	盧炳勳 電機技師 國立台灣科技大學電機碩士 柯明宗 空調技師 台北工專電機科冷凍組畢 張育誠 電機技師 台灣工業技術學院電機碩士	協助有關電機、空調、消防管線 機械配置之諮詢	修復圖說

## 附錄二 實測墨線圖