

第伍章 結構安全分析

車站主體及附屬設施

目前臺中車站周邊的文化資產隸屬『車站主體及附屬設施』係指因應車站站體之主、次建築，空間機能涵蓋售票、等候或旅客服務(如諮詢、販賣等)；旅客或服務人員之動線通道(如月台、地下道等)；以及火車車廂、軌道等維修設施。

此一類型之依『合約要求』及『經甲乙雙方協議之工作項目』，如下：

第一節 臺中市後火車站(中南驛) 結構調查

第一節 臺中市後火車站（中南驛）結構調查

臺中市後火車站(中南驛)為單層樓磚造建築物，結構系統為承重牆系統，牆體厚度 1.5B 厚，並配置有鋼筋混凝土圈樑。本棟建築物包含原有建物與南側增建兩部分，原建物面寬約 22.4m，縱深約 8.2m(兩側縱深最深處)，屋頂寄棟式屋面，屋架為正同柱式木屋架。建築物牆高(含圈樑)約 4.25m，屋頂高度約 1.8m，屋面坡度約 25.8 度。

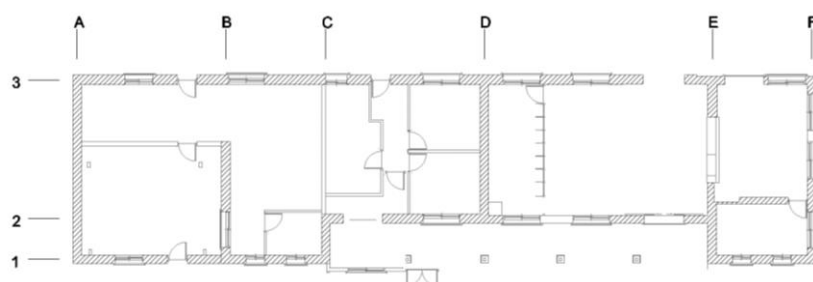


圖 5-1- 1 臺中市後火車站（中南驛）平面圖

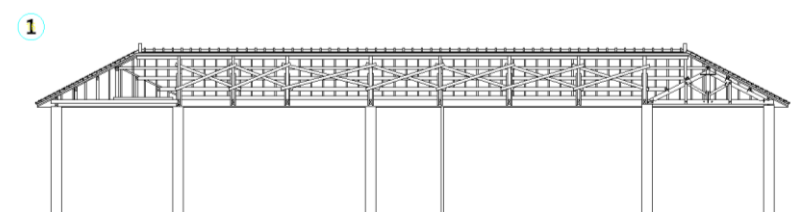


圖 5-1- 2 臺中市後火車站（中南驛）原建築之橫向剖面圖

一、結構安全性檢討

1. 法規地震力

本棟建築基本資訊如下：

基地位置：臺中市東區

地盤類別：第三類地盤

建築物高度(至屋頂質心) h_n ：5.425 公尺

法規之週期 $T=0.05h_n^{3/4}=0.178$ (sec)

與斷層距離：距離車籠埔斷層 5.04km(中央地質調查研究所)

經計算：

最小設計水平總橫力 $V=0.307W$

避免最大考量地震崩塌之設計地震 $V_m=0.338W$

故臺中市後火車站檢討地震力為 0.338W

第 伍 章 結 構 安 全 分 析

臺中火車站周邊文化資產 (市定古蹟及歷史建築)修復及再利用計畫

2. 構件編號與基本資料

表 5-1- 1 臺中市後火車站(中南驛)牆體基本資料表

牆體編號	牆			開口				開口				開口				開口			
	寬(m)	高(m)	厚(m)	寬(m)	高(m)		數量	寬(m)	高(m)		數量	寬(m)	高(m)		數量	寬(m)	高(m)		數量
1A-B	6.84	3.9	0.4	1.27	1	2.47	1	0.9	0.3	2.38	1								
1B-C	4.60	3.9	0.4	0.86	1	2.8	2												
1E-F	4.58	3.9	0.4	0.86	1	2.8	2												
2C-D	7.30	3.9	0.4	1.7	1	2.85	1	1.8	0	2.3	1					1.7	3.5	3.9	2
2D-E	10.50	3.9	0.4	1.7	1	2.85	2	1.8	0	2.3	1					1.7	3.5	3.9	3
3A-B	6.84	3.9	0.4	1.27	1	2.47	1	0.9	0.3	2.38	1								
3B-D	11.90	3.9	0.4	1.7	1	2.85	2	1	1	2.75	1	0.9	0	2	1	1.7	3.5	3.9	3
3D-E	10.50	3.9	0.4	1.7	1	2.85	2	1.8	0	2.3	1					1.7	3.5	3.9	3
3E-F	4.58	3.9	0.4	1.7	1	2.85	1	1.8	0	2.5	1					1.7	3.5	3.9	2
A1-3	8.23	3.9	0.4																
B1-3	8.23	3.9	0.4	1.65	1	2.85	1	2.6	0	2.85	1								
C1-2	1.87	3.9	0.4																
D2-3	6.40	3.9	0.4																
E1-2	1.87	3.9	0.4																
E2-3	6.40	3.9	0.4	3	0	2.85	1												
F1-3	8.23	3.9	0.4	1.7	1	2.85	3												

3. 建築物載重計畫

屋面載重依據修復規劃以水泥瓦計算。

表 5-1- 2 臺中市後火車站(中南驛)屋面載重計算表

屋面坡度		25. 8	0. 45
各層構造		斜面載重	投影面載重
		kgf/m ²	kgf/m ²
水泥瓦		45	49. 35
屋面板、防水、洩水條、掛瓦條、屋桁		10	10. 97
屋架			25
總計	86	評估取用	90

表 5-1- 3 牆體自重與分擔垂直載重計算表

	垂直載重				
	屋頂	RC 樑	上部結構	總計	自重
牆體編號	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf
1A-B	1626. 2	2298. 2	0. 0	3924. 4	8714. 2
1B-C	1012. 1	1545. 6	0. 0	2557. 7	6817. 2
1E-F	1026. 6	1538. 9	0. 0	2565. 5	6787. 6
2C-D	3015. 5	2452. 8	0. 0	5468. 3	6638. 6
2D-E	4337. 4	3528. 0	0. 0	7865. 4	10864. 2
3A-B	1626. 2	2298. 2	0. 0	3924. 4	8714. 2
3B-D	3868. 6	3998. 4	0. 0	7867. 0	14721. 2
3D-E	3793. 6	3528. 0	0. 0	7321. 6	10864. 2
3E-F	1242. 9	1538. 9	0. 0	2781. 8	2334. 0
A1-3	1626. 2	2765. 3	11373. 0	15764. 5	12196. 9
B1-3	3749. 3	2765. 3	11373. 0	17887. 6	6565. 3
C1-2	552. 0	628. 3	0. 0	1180. 3	2771. 3
D2-3	0. 0	2150. 4	0. 0	2150. 4	9484. 8
E1-2	569. 2	628. 3	0. 0	1197. 5	2771. 3
E2-3	0. 0	2150. 4	0. 0	2150. 4	9484. 8
F1-3	2121. 3	2765. 3	0. 0	4886. 6	12196. 9

4. 評估結果說明

(1) 面內向評估結果

表 5-1-4 為臺中市後火車站(中南驛)牆體面內安全評估結果詳細計算參數詳附錄 2-2-1，分析結果顯示，各牆體之面內指標均大於 1，各牆體在現行法規地震力作用下，牆體均能保有適切之耐震能力。

表 5-1- 4 臺中市後火車站(中南驛)牆體面內安全評估表

結構單元	總垂直載重	面內耐力	分擔最大地震力	面內指標
	kgf	kgf	kgf	
1A-B	12638. 6	38553. 8	4271. 8	9. 03
1B-C	9374. 9	22266. 8	3168. 7	7. 03
1E-F	9353. 1	22088. 5	3161. 3	6. 99
2C-D	12106. 9	28326. 4	4092. 1	6. 92
2D-E	18729. 6	37676. 5	6330. 6	5. 95
3A-B	12638. 6	38233. 1	4271. 8	8. 95
3B-D	22588. 2	37159. 3	7634. 8	4. 87
3D-E	18185. 8	36753. 1	6146. 8	5. 98
3E-F	5115. 7	7953. 4	1729. 1	4. 60
A1-3	27961. 4	72248. 8	9450. 9	7. 64
B1-3	24452. 9	37025. 5	8265. 1	4. 48
C1-2	3951. 6	16367. 6	1335. 7	12. 25
D2-3	11635. 2	52896. 9	3932. 7	13. 45
E1-2	3968. 8	16374. 8	1341. 5	12. 21
E2-3	11635. 2	29344. 7	3932. 7	7. 46
F1-3	17083. 4	22921. 4	5774. 2	3. 97

(2) 面外向評估結果

面外評估以正立面與背立面之開口間壁體為主，其為本棟磚牆面外之局部弱點，後方附錄之附錄 2-2-2，為各段牆體中開口間壁體之面外評估之計算說明。評估結果顯示各牆體面外指標均大於 1，顯示牆體在現行法規地震力作用下，牆體均能保有適切之耐震能力。

5. 綜合判斷

臺中市後火車站(中南驛)經本研究針對壁體面內向與面外向之安全檢討，在現有法規規範地震力作用下，結構安全評估說明如下：

- (1) 檢討壁體之面內指標與面外指標均大於 1，顯示可維持適切之耐震安全。
- (2) 開口間壁體之面外評估指標大於 1，顯示其具有適切之面外安全。
- (3) 本次調查在增建空間因天花板上無法進入觀察，無法確切掌握山牆之構造現況，建議後續修復時，應進一步解體調查。
- (4) 本次調查之材料強度受限於現今較為可靠之磚牆強度試驗均須採用破壞性檢測，因此未於本次調查進行相關之結構安全檢測。評估採用之強度乃依據參考文獻建議值，建議後續修復時，宜進行適切之材料強度檢驗，並與本次評估整合比較，以掌握確切之建築物安全。

倉儲資產

目前臺中車站周邊的文化資產隸屬『倉儲資產』係指建物因應火車運輸貨物存放而設的儲藏空間，以及因倉儲貨運管理而設之辦公室等機能。

此一類型之依合約要求及經甲乙雙方協議之工作項目，如下：

第二節 新民街倉庫群結構調查

第三節 20 號倉庫群結構調查

第二節 新民街倉庫群結構調查

新民街倉庫群包含兩區建築物，8 號倉庫與 10 號倉庫為一區，11 號至 17 以及 55 號倉庫則為另一區建築物，均屬於常見之單層樓廣間型倉庫建築。在結構系統方面，除 10 號倉庫為具有鋼筋混凝土柱之加強磚造建築物外，其餘各棟倉庫均為磚造承重牆系統，各棟牆體厚度以 1.5B 厚磚牆為主，並配置有鋼筋混凝土圈樑，以及磚砌扶壁。本章節主要針對本棟建築物之結構系統、受垂直載重與水平外力之傳力機制、以及相關結構弱點與耐震安全進行檢討評估與說明。

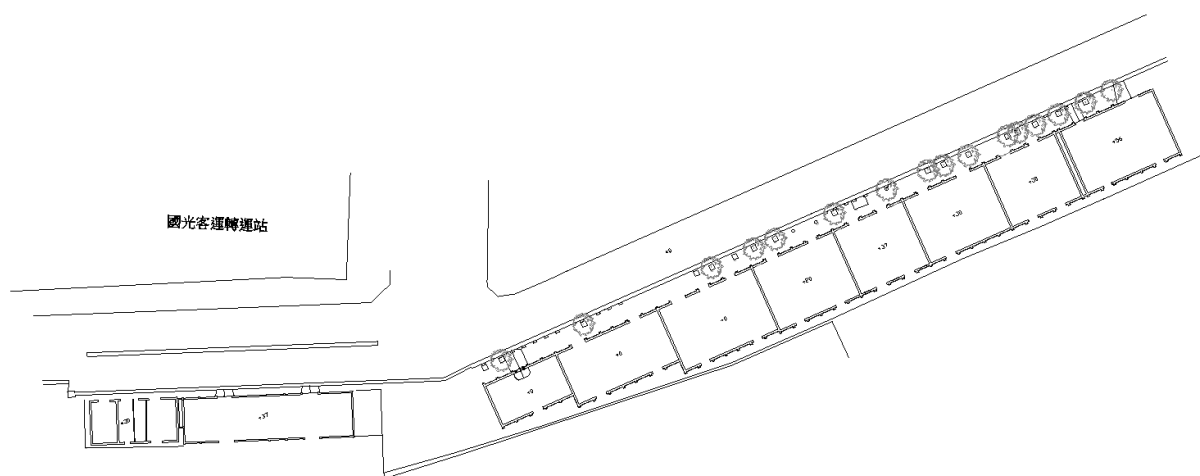


圖 5-2- 1 新民街倉庫群平面配置圖

一、倉庫建築結構概述

(一) 8 號與 10 號倉庫

8 號與 10 號倉庫為二連棟之倉庫，其中 8 號倉庫面寬約 17.8m，縱深約 8.9m，結構系統以 1.5B 之磚牆構成之承重牆系統。8 號倉庫屋頂為雙坡水屋面，屋架為正同柱式木屋架。圖 5-1-2 為 8 號倉庫之剖面圖，建築物牆高(含圈樑)約 4.55m，屋頂高度約 2.75m，屋面坡度約 27 度。對廣間型建築物，為了採光通風之考量均會於外立面配置有大量、連續之窗戶，本棟建築物之開口部配置主要配置於正立面與背立面，由圖 5-2-4 可知本棟倉庫之開口主要為門開口形式，並無配置窗戶。

10 號倉庫平面寬約 34.9m，縱深約 9.13m，本建築結構系統為加強磚造系統，主體結構由 1.5B 之磚牆與 37cm×37cm

第 伍 章 結 構 安 全 分 析

臺中火車站周邊文化資產 (市定古蹟及歷史建築)修復及再利用計畫

鋼筋混凝土加強柱組成，磚牆上方並有鋼筋混凝土樑。屋頂為雙坡水屋面，採用芬克式鋼桁架支撐。圖 5-2-3 為 10 號倉庫之剖面圖，建築物牆高(含圈樑)約 5m，屋頂高度約 2.78m，屋面坡度約 25 度。本棟建築物之開口部配置主要配置於正立面與背立面，由圖 5-2-4 可知本棟倉庫之開口包含立面門開口外，尚有配置高窗於鋼筋混凝土圈樑下方。

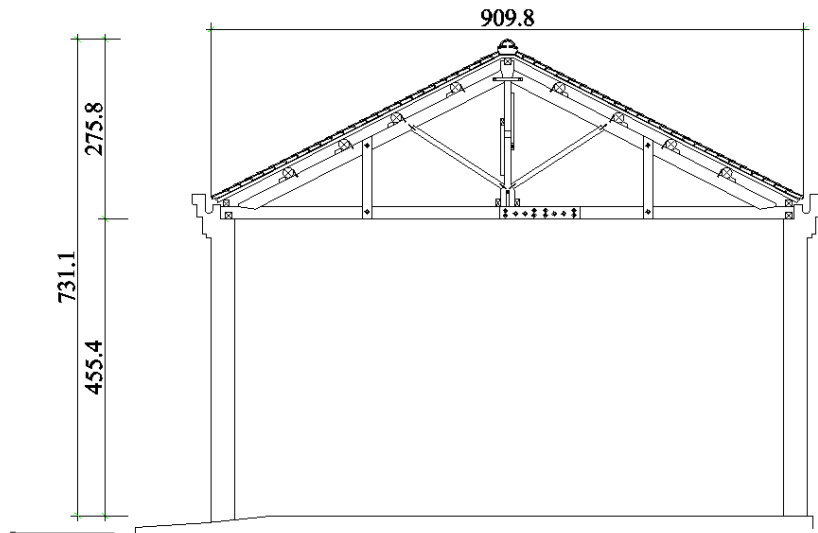


圖 5-2-2 8 號倉庫剖面圖

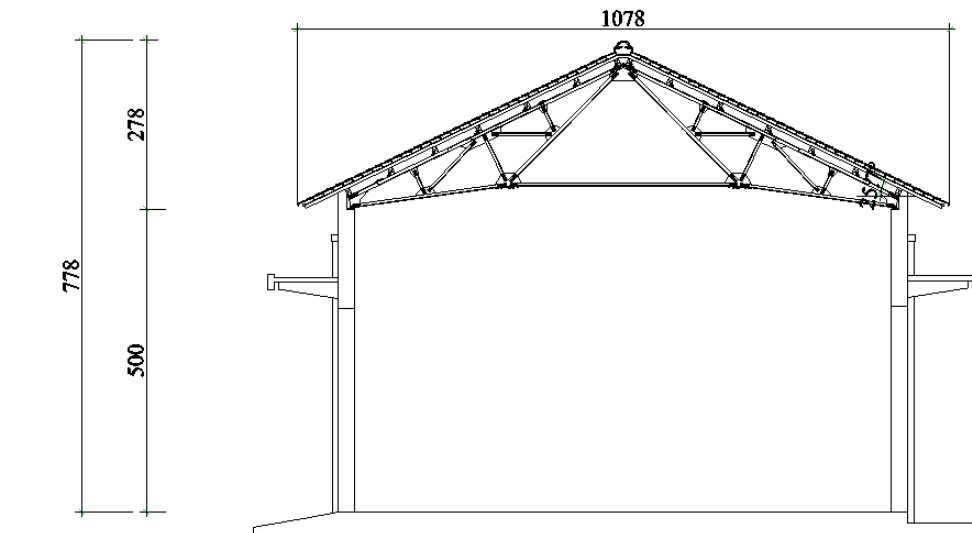
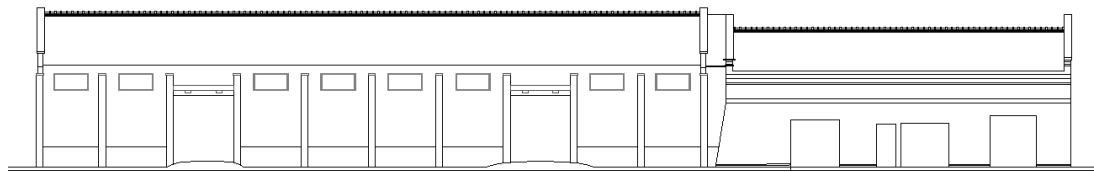


圖 5-2-3 10 號倉庫剖面圖



正立面

圖 5-2-4 8 號與 10 號倉庫立面圖

(二) 11 號至 17 號倉庫與 55 號倉庫

倉庫編號 11 號至 17 號間為八連棟建築物，這八棟倉庫均為磚造承重牆系統，其中最邊間之 17 號與 55 號倉庫，由現況觀之屋頂並未相連。

11 號倉庫平面寬約 16.1m，縱深約 9.1m，主體結構由 1.5B 之磚牆構成，間隔約 3.25m 增設有 25cm×38cm 之磚扶壁，磚牆上方有鋼筋混凝土樑。屋頂為雙坡水屋面，採用正同柱式木桁架支撐。建築物牆高(含圈樑)約 4.12m，屋頂高度約 2.6m，屋面坡度約 26 度。本棟建築物之開口部配置主要配置於正立面與背立面，開口包含立面門開口與 152cm 寬高窗於鋼筋混凝土圈樑下方，正向立面與背向立面之開口部大致對稱且開口配置規律，詳細開口配置詳測繪圖說。。

12 號倉庫平面寬約 22.9m，縱深約 11.55m，主體結構由 1.5B 之磚牆構成，間隔約 3.25m 增設有 25cm×38cm 之磚扶壁，磚牆上方有鋼筋混凝土樑。屋頂為雙坡水屋面，採用正同柱式木桁架支撐。建築物牆高(含圈樑)約 4.12m，屋頂高度約 3.42m，屋面坡度約 26 度。本棟建築物之開口部配置主要配置於正立面與背立面，包含立面門開口與高窗(寬度 152cm)，正向立面與背向立面之開口部大致對稱且開口配置規律。

第 五 章 結 構 安 全 分 析

臺中火車站周邊文化資產 (市定古蹟及歷史建築)修復及再利用計畫

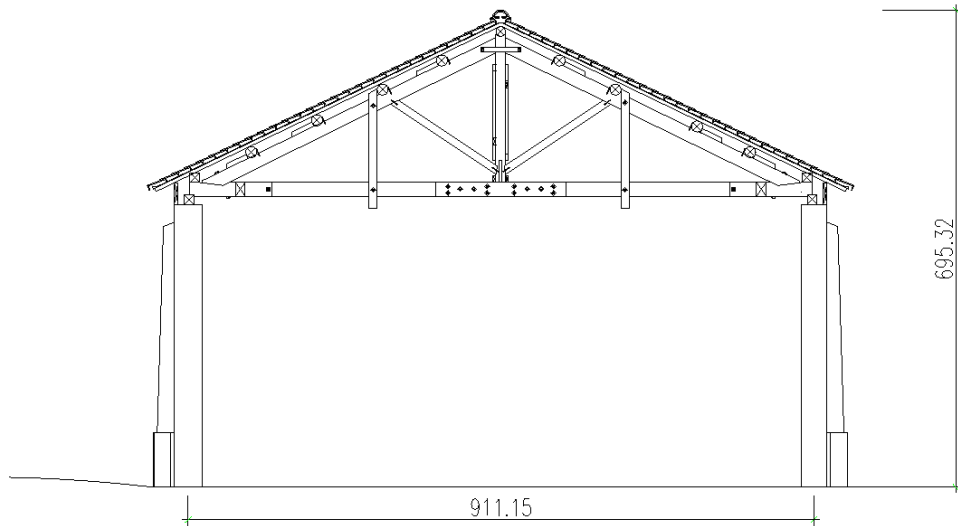


圖 5-2-5 11 號倉庫剖面圖

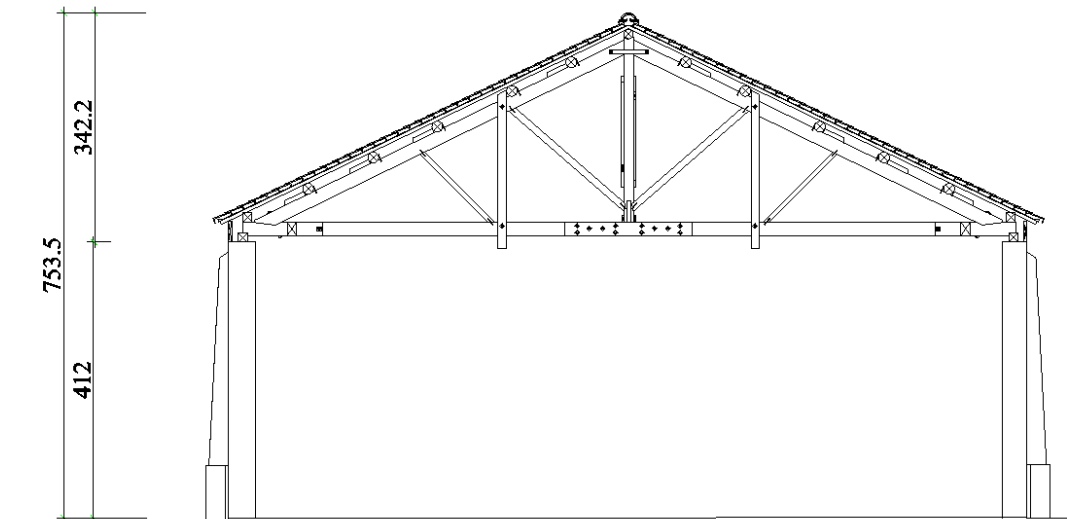


圖 5-2- 6 12 號倉庫剖面圖

13 號倉庫至 17 號倉庫，為縱深相同之六棟建築物。13 號倉庫平面寬約 20.6m，縱深約 14.06m，主體結構由 1.5B 之磚牆構成，間隔約 2.88m 增設有 22cm×38cm 之磚扶壁，磚牆上方有鋼筋混凝土樑。建築物牆高(含圈樑)約 4.31m，屋頂高度約 4.28m，屋面坡度約 26.5 度。

14 號倉庫平面寬約 18.4m，磚牆厚度 1.5B，磚砌扶壁尺寸為 27cm×38cm 之磚扶壁，配置原則乃配合開口部，施作於相鄰開口間牆體。建築物之開口部配置配置於正立面與背立面，包含立面門開口與 134cm 寬高窗於鋼筋混凝土圈樑下方，立面開口部大致對稱。

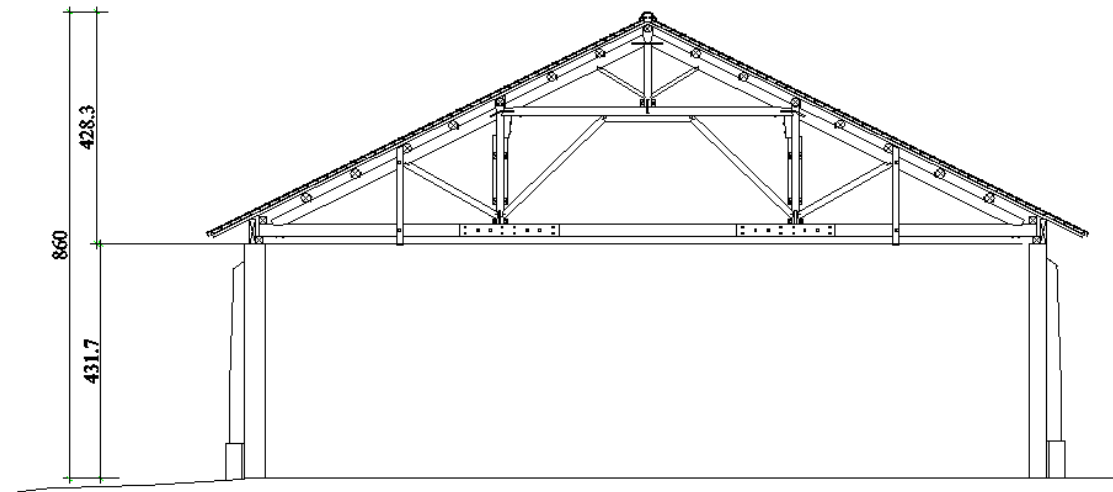


圖 5-2- 7 14 號倉庫剖面圖

15 倉庫平面寬約 15.28m，磚牆厚度 1.5B，磚砌扶壁尺寸為 28cm×38cm 之磚扶壁，配置原則乃配合開口部，施作於相鄰開口間牆體。建築物之開口部配置配置於正立面與背立面，正立面以門開口與長窗為主，背立面則是門開口與鋼筋混凝土圈樑下方高窗。

16 號倉庫平面寬約 18m，磚牆厚度 1.5B，磚砌扶壁尺寸為 28cm×38cm 之磚扶壁，配置原則乃配合開口部，施作於相鄰開口間牆體。建築物之開口部配置配置於正立面與背立面，正立面以門開口、高窗以及一扇長窗為主，背立面則是門開口與鋼筋混凝土圈樑下方高窗。

55 號倉庫平面寬約 15.95m，磚牆厚度 1.5B，磚砌扶壁尺寸為 28cm×38cm 之磚扶壁，配置原則乃配合開口部，施作於相鄰開口間牆體。開口部配置正立面與背立面對稱，均為兩處門開口與三處高窗。

17 號倉庫平面寬約 20.995m，磚牆厚度 1.5B，磚砌扶壁尺寸為 27cm×38cm 之磚扶壁，配置原則乃配合開口部，施作於相鄰開口間牆體。前述圖 5-1-1 之平面圖可以知道 17 號倉庫與 55 號倉庫僅有立面相連，兩間倉庫並無隔戶牆，而是以兩道牆體做為各自之側立面牆，現況以可觀察到屋頂並未相連。17 號倉庫之開口部配置正立面與背立面對稱，均為兩處門開口與三處高窗。

二、結構系統主要構成元素

(一) 磚牆

新民街倉庫群主要為廣間型空間，結構採磚造承重牆系統與加強磚造系統(除 10 號倉庫外)。廣間型空間僅有四向立面牆體，均具結構功能，其不僅須承擔來自上部之垂直載重外，亦為地震時抵抗水平力之主要結構元素。磚砌牆體對於直載重之抵抗能力，主要來自於材料本身之抗壓強度與其所受之壓應力之大小。對於牆體材料而言，主要依靠磚材與砌縫自身抗壓強度來抵抗垂直載重，兩者一般具有甚佳之抗壓強度。在斷面應力方面，各棟倉庫均為單層樓建築物，牆體厚度有 1.5B，牆體有較大之斷面積，因此大幅降低垂直載重造成之壓應力，牆體應具有足夠之抵抗垂直載重之能力。

砌體造牆體主要依靠牆體自身強度來抵抗水平外力，而牆體對地震力之抵抗能力，會因所受之地震力方向不同造成不同應力行為而有顯著差異，一般依據牆體受力方向可以分為面內力與面外力。當牆體受到面內力作用主要係指牆體受到平行牆面之水平力作用，此時牆體主要承受面內剪力，除牆體材料自身強度與抗剪斷面積是否足夠外，牆面高寬比、開口及邊界束制情況，均為影響牆體之抵抗強度。對於磚砌牆體，牆體自身之抗剪強度主要包含砌體與黏結材料之抗剪強度，以及砌體與黏結材料之介面抗剪強度，三者中以砌體與黏結材料之介面抗剪強度較低。雖然一般古蹟歷史建築之砌縫材料強度未若現代砌磚使用之水泥砂漿為佳，然依據現場屋頂無粉刷或粉刷剝落處之牆體觀察，砌縫應含有水泥成分於其中，砌縫與紅磚之介面抗剪強度應仍具有一定強度。

另一方面，各棟牆體之厚度較大，開口部間並配置有磚砌扶壁或鋼筋混凝土加強柱，可大幅降低廣間型常有牆體之無支撐長度過長之問題。整體而言，以各棟牆體之厚度應可大幅降低面內水平力造成剪應力，牆體應具有足夠抵抗面內嚴重破壞之能力。

當牆體受到面外向水平外力(地震力與牆面垂直)作用時，牆體主要受到撓曲應力，抵抗強度與紅磚與砌縫之介面抗拉強度直接相關。由於磚牆之抗撓曲能力為其最差之強度，因此磚牆面外強度為直接影響建築物使用安全之要素。牆體在面外力下之破壞模式會因開口配置、牆體側邊圍束、以及牆體上方是否具有剛性樓板或圈樑構造條件而有所不同。本倉

庫群建築除 8 號倉庫外，牆體上方均有鋼筋混凝土圈樑可提高牆體頂部面外變形束制時，外立面則有扶壁磚牆或鋼筋混凝土加強柱縮減牆體無支撐長度，均能大幅提高磚牆之面外強度。磚牆在此圍束條件下，常見之面外破壞主要有開口間牆體水平撓曲裂縫，以及磚牆對角角隅之撓剪裂縫等。8 號倉庫因未具有圈樑，缺乏頂緣面外變形束制，容易造成正立面與背立面面外破壞。

由於牆體面外撓曲變形會向外傾斜，若牆體撓曲裂縫過多，嚴重者會造成牆體崩塌。雖然本棟牆厚有 1.5B，正立面與背立面外部亦有磚砌扶壁或鋼筋混凝土柱、配合圈樑協助降低變形與破壞，但因磚牆自身撓曲應力較差，正立面與背立面現況均有連續開口部，大幅減損斷面積，並造成開口間牆體缺乏側邊變形束制，因此本棟之外立面牆體在抵抗面外破壞時，須特別注意開口間產生局部破壞。

另一方面，對於廣間型之倉庫建築，側立面山牆也是常見之面外弱點，本棟之側立面山牆高度較高，尤其是 14 號至 17 號倉庫之山牆。由於現況觀察山牆頂部亦無鋼筋混凝土樑，側立面亦無磚砌扶壁協助，在地震力作用下極為容易產生破壞，因此後續修復應加強改善其結構弱點。

（二）屋架安全

本建築物屋頂包括屋架、桁木、椽木、屋瓦等構件，本次調查之倉庫群屋架包含正同柱式、芬克式與副同柱式屋架三種，均為常見之桁架系統，屋架兩端則多固定於正立面與背立面牆上。依據各間倉庫空間之屋架結構安全，探討說明如下：

1. 屋架面內向之安全：本次調查屋架系統均屬於桁架系統，構件主要以軸力傳遞力量，可有效傳遞因垂直載重、水平側力造成之面內力。屋架透過修復材料劣化後，因可具有良好之面內抵抗力與穩定度。
2. 屋架面外之傾斜抵抗：當單一屋架受到面外力作用時，其僅依靠木樑端部之固定來抵抗面外傾倒，強度相當有限。為改善屋架之面外穩定度，在相鄰屋架間會施作補強構件，將個別屋架連繫成一立體構架，一同抵抗面外傾斜。依據現場調查，各棟屋架之間均配置有剪刀撐，當屋架產生面外向相對變位時，剪刀撐即可

發揮斜撐功用，降低屋架面外傾斜之可能性，大幅提高屋架之穩定性。

3. 屋架之平面剛度：屋架平面剛度會影響下方牆體之受力行為，對於廣間型木屋架系統，由於屋面長向過長，屋架本身雖具有足夠之面內剛度，但往往因為平面剛度不夠，地震時難以抵抗屋頂平面扭轉、甩動變形。本次調查並無法針對屋架端部之固定方式進行確認，然依據一般構造方式，應為採用水平樑端部藉由螺栓鎖固於下方鋼筋混凝土樑之方式。此固定方式雖可抵抗平面滑移，但無法抵抗平面轉動。因此為提高屋架端部與柱樑構架間之強度與穩定性，一般在平面上會設置火打樑。本次調查之各棟倉庫，除採用鋼桁架之 10 號倉庫外，其餘各間倉庫之屋架均有配置火打樑，該設計可有助於改善屋架之平面穩定性。

依據前述之討論，新民街倉庫群之結構系統行為大概可分為下列幾點：

1. 各倉庫為廣間型建築物，磚牆採用高窗與低窗配置，雖然開口數量眾多，但窗戶為矮窗，開口間牆體之高寬比皆約 1/3 間，牆體在面內向或面外向地震力作用下，均尚能有效抵抗撓曲或撓剪破壞。但由於本棟有開口部過多之問題，且在外力作用下，開口角隅形成應力集中破壞問題仍然存在風險，此亦為各倉庫正立面與背立面結構系統弱點，也是後續結構安全檢查之要點。
2. 對於廣間型建築物之長向立面牆體，地震時往往容易因木屋架的推擠，造成嚴重之面外裂損，繼而大範圍倒塌。本棟建築物牆體頂部設置有鋼筋混凝土圈樑，再輔以牆體外部磚砌扶壁或鋼筋混凝土柱，此方式可有效提供磚牆抵抗邊界變位之束制能力，亦有助於大幅降低牆體頂部，因屋架推擠面外力造成之變位與應力、改善廣間型長向牆體之結構弱點。然而對於未具有鋼筋混凝土圈樑與磚砌扶壁之 8 號倉庫，其長向立面之面外破壞，該棟可能性為各棟間較為偏高者。
3. 新民街倉庫群之各棟建築牆體配置大致對稱，建築物在兩向地震力作用下，牆體之質心與剛心亦並顯著之偏心行為，因此建築物受地震力作用時，牆體受在偏心效應影響不大。然而在 11 號至 17 號，等 8 棟連棟

倉庫連區，11 號至 13 號倉庫建築物均縱深不同，造成背立面有明顯退縮。此現象容易產生牆體軸向改變之問題，容易形成平面上產生應力集中之弱點處。

4. 各棟倉庫之山牆上方並無圈樑，外部亦無扶壁，上部山牆於地震時，容易在牆體與圈樑介面處產生水平面外破壞，此亦為當面臨地震時，最先被破壞之另一部位。

三、垂直載重之傳遞機制

建築物所受之垂直載重包括屋頂、圈樑與牆體等主體結構、附屬設備等之自重、以及人員、活動傢俱等之活載重。垂直載重傳遞在屋頂方面，外部載重經由椽子、木桁傳遞給屋架，屋架透過水平樑傳遞給其端部固定之鋼筋混凝土樑。在內部載重如天花板、照明、管線等，其上方固定於屋架者，載重亦會透過屋架水平樑傳遞於端部鋼筋混凝土樑。屋架傳遞至鋼筋混凝土樑之垂直載重，再經由樑下方之磚牆向下傳遞至基礎。

傳遞至鋼筋混凝土柱與磚牆之垂直載重，往下傳遞基礎後，藉由基礎將垂直載重分散至地盤，地盤以與垂直載重相同大小的反作用力維持牆體垂直向的力平衡。對於承重磚牆而言，其為垂直構件，受到來自上方之垂直載重主要受到壓應力作用，其承載能力構件之斷面積與材料抗壓強度有關。依據前述結構元素討論，本棟承重磚牆具有較大之斷面積與抗壓強度，因此承壓強度較佳。

另一方面，由於本次調查並未針對現場基礎開挖，因此無法確認下方土壤承載力、基礎形式與構造現況，然由現場並未觀察到顯著之因基礎承載不足，而引起之破壞模式，由此顯示本建築物於基礎方面，應有足夠之承載力。

四、結構系統對水平外力之抵抗

建築物所受到之水平外力，包含地震力與風力為主。當地震發生時，建築物產生水平加速度運動，建築物重量因加速度作用即產生地震力，風力則是與建築物所受之陣風大小有關。由於新民街倉庫群雖屬磚砌低矮建築物，但屋頂現況多為採用金屬屋面，此作法較不利於抵抗風力，因此後續之修復，建議採用水泥瓦或文化瓦等，單位質量較重之屋瓦葺之，此方式有利於改善屋面之耐風能力；在地震力方面，建築主體結構之磚牆則因為自重大，材料介面強度較低，因此地震力為最常造成建築物損壞之水平外力。當地震發生時，建築物因自身質量於地表加速度作用下，會對建築物本身產生一水

平作用力，而這些水平外力再經由建築物中之各結構元素傳遞之基礎。地震力之傳遞與結構系統息息相關，若傳遞過程構件所受之內應力，大於其材料之容許強度，則會造成構件裂損。

本次調查之各間倉庫抵抗水平地震力的強度，主要來自 1.5B 之磚牆。就水平力之傳遞而言，由於各棟倉庫屋頂均屬洋式桁架系統，屬柔性屋面，屋面重量產生的水平地震力，會藉由屋架水平樑兩端傳至固定之圈樑，該處同時產生反作用力，抵抗屋面與屋架的地震力。由前述之屋架穩定檢討，各倉庫每組屋架均具備有剪刀撐，除可提高每組屋架抵抗面外向地震力之能力，亦有助於將個別屋架聯繫成一整體系統，得以提高屋頂在水平地震力作用下之穩定性。本棟屋架所固定之鋼筋混凝土樑，其下方即為磚牆，因此大部分屋頂質量於地震時產生之水平力可直接由下方磚牆承擔。傳遞至磚牆之水平力，再加上磚牆自重產生水平地震力，會藉由下方基礎將地震力傳給地盤，地盤除以與地震力相同大小的反作用力維持牆體水平向的穩定。

在牆體配置方面，各倉庫牆體配置接近均勻對稱，建築物剛心與質心並無本棟牆體配置大致均勻，偏心效應影響甚小。此外本棟之鋼筋混凝土圈樑可於面外地震力作用時，提供牆體頂部面外平行束制，而外立面之扶壁則可增加斷面二次慣性矩，達到降低撓曲應力與提高抗撓強度，均可改善面外壁之破壞模式，提高抵抗強度，此為其結構系統上之優點。雖然鋼筋混凝土柱與圈樑、以及磚扶壁提高了牆體抵抗地震力之強度，然而本棟建築物就系統上，對於抵抗水平地震力亦有結構弱點：

1. 開口部過多：各棟倉庫之外牆因出入口、採光機能等，因此開口部眾多。其開口形式以門開口與高窗居多。雖牆體厚度僅有 1.5B 厚，但仍可有效降低因面內水平力或面外水平力，所產生的水平撓曲裂縫等風險。但由於門扇開口部與高窗開口下緣過於相近，因此容易造成開口部角隅間，產生應力集中破壞，亦為該建築物弱點風險較高之處。
2. 廣間型空間之山牆：各棟山牆高度多達 3m 以上，在東-西向地震力作用下，雖然屋頂有配置剪刀撐降低面外變形，但仍會對山牆造成推擠，提高面外破壞風險，尤其是連棟倉庫最外側之立面山牆，為本棟建築結構系統須要注意檢討之弱點。

五、倉庫結構安全性檢討

依據前述之結構系統，本次調查倉庫屬於磚造承重牆系統，平面屬於廣間型平面，建築物以磚牆為抵抗地震力之主體，檢討之結構弱點在正立面與背立面主要為上部開口間壁體之面內與面外破壞，以及側立面山牆之面外破壞。本次調查將以現行耐震規範為評估基準，採用陳拓男、張嘉祥提出之「磚造古蹟歷史建築耐震評估方法」，針對各棟倉庫牆體結構系統弱點，檢討面內向與面外向地震力安全，評估時假定現有損壞均已修復。

（一）評估方法與流程說明-磚造古蹟歷史建築耐震評估方法

有關本評估法之流程說明如下，詳細計算公式詳參考文獻。

1. 法規地震力計算
2. 計算各牆體承擔之垂直載重
3. 依據樓板或屋頂構造屬剛性樓板或柔性樓板而有所不同，本建築為傳統屋面，屬柔性樓板，其採下列程序評估牆體之耐震安全：

（1）牆體承擔地震力

牆體頂部為柔性樓板時，牆體承擔地震力由牆體承擔之垂直載重乘以法規加速度計算之。

（2）牆體之面內容許強度

依據牆體之開口部現況與前述材料性質，計算牆體面內向之極限容許強度與剛度。

（3）牆體面內安全檢討

由牆體計算極限水平耐力與承擔地震力之比計算牆體安全指標，若單元牆體所分擔之地震力超過牆體之極限水平耐力，亦即面內安全指標小於 1，則牆體為不安全之狀態。

（4）牆體面外安全檢討

依據牆體之開口部現況、前述材料性質、砌法與破壞線，平板降伏線分析法理論求得牆體面外地震力是否達到崩塌。

4. 建築物耐震安全

有關磚砌建築物之耐震安全之評估可分為兩部分：

- (1) 當有面外向牆體評估為不安全時，由於其可能導致牆體或屋頂崩塌，造成建築物其他部位受影響破壞，因此建築物判定為不安全。
- (2) 當面外向牆體評估均屬安全時，則建築物耐震安全依牆體破壞比例判斷：
 - 各牆體面內向之安全指標均大於 1，**建築物判定現況安全良好**。
 - 牆體面內向安全指標小於 1 之牆體佔總牆體數 25%以內，**建築物於地震時會有輕微損傷**。
 - 牆體面內向安全指標小於 1 之牆體佔總牆體數 25%~50 之間，**建築物於地震時會有嚴重破壞**。
 - 牆體面內向安全指標小於 1 之牆體超過總牆體數 50%，**建築物判定為不安全**。

(二) 基本資料

1. 結構材料強度與規格

- (1) 磚牆抗剪強度：本建築無取樣試驗強度，參考評估文獻之建議強度與現況，取 2 kgf/cm^2 。
- (2) 紅磚與砌縫抗拉強度：本建築無取樣試驗強度，參考評估文獻之建議強度與現況，取 1.5 kgf/cm^2 。
- (3) 紅磚抗壓強度：本建築無取樣試驗強度，評估強度假設 100 kgf/cm^2 。
- (4) 砌縫抗壓強度：本建築無取樣試驗強度，評估強度假設 10 kgf/cm^2 。
- (5) 牆體砌法：荷蘭式砌法，破裂角 59°

上述磚牆相關強度，建議於修復過程進行強度確認。

- (6) 鋼筋混凝土單位重： 2400 kgf/cm^3 。

(7) 磚牆單位重： $1900\text{kgf}/\text{cm}^3$ 。

(三) 法規地震力

地震力計算以 8 號倉庫為例說明：

1. 建築物法規設計地震力(V)

基地位置：臺中市東區

地盤類別：第三類地盤

建築物高度(至屋頂質心) h_n ：5.93 公尺

法規之週期 $T=0.05h_n^{3/4}=0.19$ (sec)

與斷層距離：距離車籠埔斷層 5.04km(中央地質調查研究所)

靜力分析之受地震之最小設計水平總橫力 V 依下式計算：

$$V = \frac{S_{aD} \cdot I}{1.4 \cdot \alpha_y F_u} \cdot W$$

S_{aD} ：工址設計水平譜加速度係數

I ：用途係數， $I=1.0$

起始降伏地震力放大倍數 α_y ：考慮木造建築取 1.2

工址設計水平譜加速度係數 S_{aD}

臺中市東區，其一般工址短週期及一秒週期之設計水平譜加速度係數 S_{DS} 如下規範

縣市	鄉鎮市區	S_S^D	S_1^D	臨近之斷層
臺中市	東區	0.8	0.45	車籠埔斷層

第 伍 章 結 構 安 全 分 析

臺中火車站周邊文化資產 (市定古蹟及歷史建築)修復及再利用計畫

計算工址短週期與一秒週期設計水平譜加速度係數

S_{DS} 與 S_{D1} ，須考慮近斷層效應，依下式計算：

$$S_{DS} = S_S^D F_a N_a$$

$$S_{D1} = S_1^D F_v N_v$$

式中 F_a 與 F_v 為反應譜等加速度與等速度段之工址放大係數，由工址所在位置之 S_S^D 、 S_1^D 與地盤分類查表求得，由於沒有相關鑽探報告，假設屬第三類地盤(軟弱地盤)， F_a 與 F_v 如下：

地盤分類	$F_a (S_S^D=0.8)$	$F_v (S_1^D=0.45)$
第三類地盤	1.0	1.5

N_a 與 N_v 為近斷層因子，基地距車籠埔斷層 5.04km， N_a 為 1.07 與 N_v 為 1.22。

因此可得本工址之 S_{DS} 與 S_{D1} ：

$$S_{DS} = S_S^D F_a N_a = 0.856$$

$$S_{D1} = S_1^D F_v N_v = 0.8235$$

工址設計水平譜加速度係數 S_{aD} ，以建築物基本振動週期 T 以及 T_0^D 可查表求出。其中短週期與中長週期之分界 $T_0^D = S_{D1}/S_{DS} = 0.962 \text{ sec}$ ，本建築屬短週期， $S_{aD} = 0.856$ 。

$T_0^D = S_{D1} / S_{DS}$	較短週期	短週期	中週期	長週期
0.933	$T \leq 0.2 T_0^D$	$0.2 T_0^D \leq T \leq T_0^D$	$T_0^D < T \leq 2.5 T_0^D$	$2.5 T_0^D < T$
	$S_{aD} = S_{DS}(0.4 + 3T/T_0^D)$	$S_{aD} = S_{DS}$	$S_{aD} = S_{D1}/T$	$S_{aD} = 0.4 S_{DS}$

結構系統地震力折減係數 F_u

磚造承重牆系統，韌性容量 R 取 2.0。

$$R_a = 1 + \frac{(R-1)}{1.5} = 1 + \frac{(2-1)}{1.5} = 1.667 ;$$

結構系統地震力折減係數 F_u 以結構系統韌性容量 R 與結構基本振動週期 T 來求得，其關係式如下：

$$F_{uD} = \sqrt{2R_a - 1} + (\sqrt{2R_a - 1} - 1) \times \frac{T - 0.2T_0^D}{0.2T_0^D} = 1.521 ;$$

$T \leq 0.2T_0^D$ 最小設計水平總橫力 V

由於 $0.3 < \frac{S_{aD}}{F_u} = 0.559 < 0.8$ $\frac{S_{aD}}{F_u}$ 應修正為

$$\left(\frac{S_{aD}}{F_u} \right)_m = 0.52 \frac{S_{aD}}{F_u} + 0.144 = 0.434$$

因 此

$$V = \frac{S_{aD} \cdot I}{1.4 \cdot \alpha_y F_u} \cdot W = \frac{I}{1.4 \alpha_y} \left(\frac{S_{aD}}{F_u} \right)_m \cdot W = \frac{1.0}{1.4 \cdot 1.2} \cdot 0.434 \cdot W = 0.31 W$$

避免最大考量地震崩塌之設計地震力

本案最大考量水平譜加速度係數 S_s^M 及 S_1^M 如下：

S_s^M	F_{aM}	N_a	S_1^M	F_{vM}	N_v
1	1.0	1.1	0.5	1.4	1.3

$$V_M = \frac{I}{1.4 \alpha_y} \cdot \left(\frac{S_{aM}}{F_{uM}} \right)_m \cdot W = \frac{1.25}{1.4 \times 1.2} \times 0.474 \times W = 0.339 W$$

故 8 號倉庫檢討地震力為 0.339W

2. 各棟倉庫檢討地震力

- (1) 8 號倉庫：建築物高 5.93m，檢討地震力 0.339W
- (2) 10 號倉庫：建築物高 6.39m，檢討地震力 0.339W
- (3) 11 號倉庫：建築物高 5.83m，檢討地震力 0.339W
- (4) 12 號倉庫：建築物高 5.83m，檢討地震力 0.339W
- (5) 13 號倉庫：建築物高 6.45m，檢討地震力 0.339W
- (6) 14 號倉庫：建築物高 6.45m，檢討地震力 0.339W
- (7) 15 號倉庫：建築物高 6.45m，檢討地震力 0.339W
- (8) 16 號倉庫：建築物高 6.45m，檢討地震力 0.339W
- (9) 55 號倉庫：建築物高 6.45m，檢討地震力 0.339W
- (10) 17 號倉庫：建築物高 6.45m，檢討地震力 0.339W

(四) 倉庫結構評估

本次評估主要針對結構系統弱點檢討，包括(1). 正立面與背立面上部開口間壁體之面內與面外破壞，以及(2). 側立面山牆之面外破壞與下部牆體之剪力破壞。

下圖 5-2-8 為以 11 號倉庫為例之立面評估說明，立面牆體主要取開口間壁體檢討面內與面外強度，說明如下：

- (1) 壁體分擔地震力範圍主要為兩側開口部之中心線至中心線距離，此範圍內之屋頂、壁體造成之外力。
- (2) 壁體之面內強度包含剪力破壞與撓剪破壞。
- (3) 面外破壞考量壁體上部有圈樑束制時，依據上下束制壁體極限崩塌模式，必須產生頂、中、底部三處面外撓曲裂縫。8 號倉庫沒有圈樑束制時，對於長距離之無支撐壁體，保守以產生壁體底部撓曲破壞模式評估。
- (4) 10 號倉庫具有加強柱，計算面內破壞時，假設鋼筋混凝土柱與磚牆剪力破壞一致。面外破壞則保守採用加強柱與磚牆分別貢獻。

- (5) 山牆評估時，因各棟在靠近山牆段均有屋架支撐，評估時保守不計屋桁對山牆之束制效應。

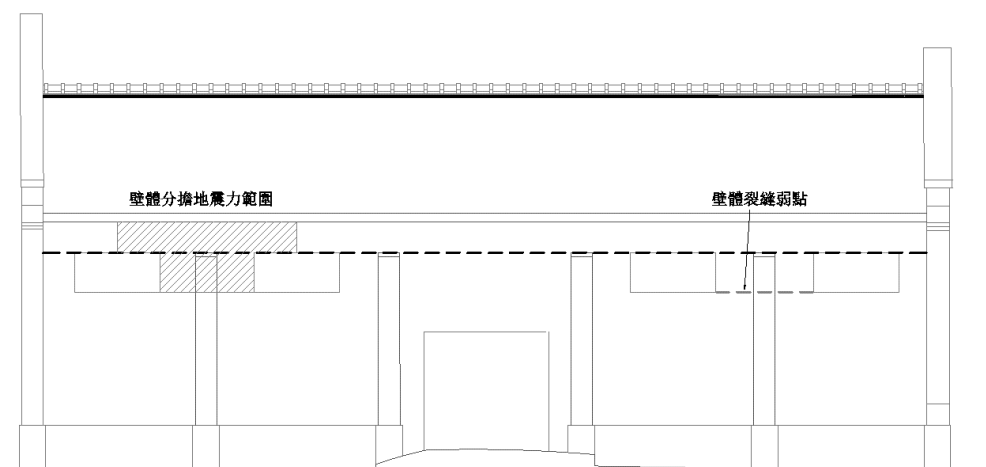


圖 5-2- 8 11 號倉庫立面評估說明

第 五 章 結 構 安 全 分 析

臺中火車站周邊文化資產 (市定古蹟及歷史建築)修復及再利用計畫

1. 構件編號與基本資料

表 5-2- 1 牆體基本資料表

牆體編號	牆			開口				開口				開口				開口			
	寬(m)	高(m)	厚(m)	寬(m)	高(m)		數量	寬(m)	高(m)		數量	寬(m)	高(m)		數量	寬(m)	高(m)		數量
8 號正立面	17.82	4.55	0.38	2.58	0	2.5	1	3.8	0	2.3	1	2.43	0	2.7	1				
8 號背立面	17.82	4.55	0.38	1.15	0	1.85	1	1.07	0	1.85	1	2.3	0	2.21	1				
8 號側立面	8.87	4.55	0.38																
10 號正立面	31.33	5	0.42	3.18	0	4.04	2	1.83	4.04	5	8								
10 號背立面	31.33	5	0.42	3.18	0	4.04	2	1.83	4.04	5	8								
10 號側立面	9.13	5	0.42																
10 號正立面柱	0.36	5	0.48																
10 號背立面柱	0.36	5	0.48																
11 號正立面	16.12	4.12	0.38	2.3	0	2.46	1	1.52	3.16	3.86	4								
11 號背立面	16.12	4.12	0.38	2.25	0	2.75	1	1.52	3.16	3.86	4								
11 號側立面	9.11	4.12	0.38																
12 號正立面	22.94	4.12	0.38	2.31	0	2.31	1	1.52	3.16	3.86	5	3.04	0	2.9	1				
12 號背立面	22.94	4.12	0.38	2.25	0	2.32	1	1.52	3.16	3.86	5	2.25	0	2.88	1				
11-12 隔戶牆	11.55	4.12	0.38																
13 號正立面	21.05	4.31	0.38	2	0	3.25	1	1.22	3.35	3.96	5	2.25	0	2.9	1	3.23	0	3.21	1
13 號背立面	21.05	4.31	0.38	2	0	3.4	2	1.22	3.35	3.96	5								
12-13 隔戶牆	14.06	4.31	0.38																
14 號正立面	18.37	4.31	0.38	2	0	3.4	1	1.31	3.45	3.96	3	2.6	0	3.4	1	1.2	1.3	4	1

牆體編號	牆			開口				開口				開口				開口			
	寬(m)	高(m)	厚(m)	寬(m)	高(m)		數量	寬(m)	高(m)		數量	寬(m)	高(m)		數量	寬(m)	高(m)		數量
14 號背立面	18.37	4.31	0.38	1.9	0	3.42	1	1.34	3.45	3.96	4	2	0	3.42	1				
13-14 隔戶牆	14.51	4.31	0.38																
15 號正立面	15.71	4.31	0.38	2.3	0	2.52	2					1.2	1.3	4	3				
15 號背立面	15.71	4.31	0.38	2.3	0	2.96	1					1.2	1.3	4	3	2.3	0	2.8	1
14-15 隔戶牆	14.51	4.31	0.38																
16 號正立面	18.40	4.31	0.38	3.15	0	3.54	1	1.14	3.15	3.86	3	2.28	0	2.5	1	1.2	1.3	4	1
16 號背立面	18.40	4.31	0.38	2.11	0	3.9	2	1.14	3.15	3.86	4								
15-16 隔戶牆	14.51	4.31	0.38																
55 號正立面	15.96	4.31	0.38	2.07	0	3.25	2	1.34	3.18	3.85	3								
55 號背立面	15.96	4.31	0.38	2.05	0	3.54	1	1.25	3.18	3.85	3	2.07	0	2.33	1				
16-55 隔戶牆	14.51	4.31	0.38																
55 號側立面	14.51	4.31	0.38																
17 號正立面	22.08	4.31	0.38	3.17	0	3.06	1	1.34	3.07	3.75	5	1.84	0	3.75	1				
17 號背立面	22.08	4.31	0.38	1.79	0	3	1	1.34	3.07	3.75	5	1.79	0	3.75	1				
17 號側立面	14.51	4.31	0.38																

第 伍 章 結 構 安 全 分 析

臺中火車站周邊文化資產(市定古蹟及歷史建築)修復及再利用計畫

2. 建築物載重計算

屋面載重依據修復規劃以水泥瓦計算，表 5-2-2 為以 8 號倉戶為例之計算說明。

8 號倉庫屋頂坡度 27 度，評估屋面載重 90 kgf/m^2 。

10 號倉庫屋頂坡度 25.7 度，評估屋面載重 90 kgf/m^2 。

11 號倉庫屋頂坡度 26 度，評估屋面載重 90 kgf/m^2 。

12 號倉庫屋頂坡度 26 度，評估屋面載重 90 kgf/m^2 。

13 號-17 號倉庫屋頂坡度 26.5 度，評估屋面載重 90 kgf/m^2 。

表 5-2-3 為各棟牆體垂直載重計算結果。

表 5-2- 2 8 號屋面載重計算表

屋面坡度		27	0.47
各層構造		斜面載重	投影面載重
		kgf/m^2	kgf/m^2
水泥瓦		45	49.75
屋面板、防水、洩水條、掛瓦條、屋桁		10	11.05
屋架			25
總計	86	評估取用	90

表 5-2- 3 牆體與 RC 柱自重、分擔垂直載重計算表

	垂直載重				自重	扶壁
	屋頂	RC 樑	上部結構	總計		
牆體編號	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf
8 號正立面	7137.6	0.0	0.0	0.0	22214.3	0.0
8 號背立面	7137.6	0.0	0.0	0.0	27949.0	0.0
8 號側立面	0.0	0.0	24443.3	0.0	14569.4	0.0
10 號正立面	0.0	14211.3	0.0	0.0	51287.9	0.0
10 號背立面	0.0	14211.3	0.0	0.0	51287.9	0.0
10 號側立面	0.0	4141.4	20496.1	0.0	18214.4	0.0
10 號正立面柱	1678.2	1073.1	0.0	0.0	1036.8	0.0
10 號背立面柱	1678.2	1073.1	0.0	425.0	1036.8	0.0
11 號正立面	7074.0	7312.0	0.0	14386.0	20902.8	1444.0
11 號背立面	7074.0	7312.0	0.0	14386.0	20902.8	1444.0
11 號側立面	0.0	4132.3	21194.3	25326.6	13549.5	0.0

牆體編號	垂直載重				自重	扶壁
	屋頂	RC 樑	上部結構	總計		
	kgf	kgf	kgf	kgf		
12 號正立面	12548.4	10405.6	0.0	22954.0	28434.4	2166.0
12 號背立面	12548.4	10405.6	0.0	22954.0	28946.0	2166.0
11-12 隔戶牆	0.0	5239.1	32472.7	37711.8	17178.5	0.0
13 號正立面	15082.3	9548.3	0.0	24630.6	26394.8	2166.0
13 號背立面	15082.3	9548.3	0.0	24630.6	30065.3	2166.0
12-13 隔戶牆	0.0	6377.6	45153.4	51531.1	21876.1	0.000
14 號正立面	13098.2	8332.6	0.0	21430.8	23199.3	1805.0
14 號背立面	13098.2	8332.6	0.0	21430.8	24781.7	1805.0
13-14 隔戶牆	0.0	6581.7	46312.8	52894.6	22576.3	0.000
15 號正立面	11187.3	7126.1	0.0	18313.3	19647.8	1444.0
15 號背立面	11187.3	7126.1	0.0	18313.3	18576.7	1444.0
14-15 隔戶牆	0.0	6581.7	46312.8	52894.6	22576.3	0.000
16 號正立面	13193.3	8346.2	0.0	21539.6	24709.2	1805.0
16 號背立面	13193.3	8346.2	0.0	21539.6	26291.2	1805.0
15-16 隔戶牆	0.0	6581.7	46312.8	52894.6	22576.3	0.000
55 號正立面	11414.2	7239.5	0.0	18653.7	22887.7	1444.0
55 號背立面	11414.2	7239.5	0.0	18653.7	22756.8	1444.0
16-55 隔戶牆	0.0	6581.7	46312.8	52894.6	22576.3	0.000
55 號側立面	0.0	6581.7	46312.8	52894.6	22576.3	0.000
17 號正立面	16173.2	10015.5	0.0	26188.7	28946.1	2527.0
17 號背立面	16173.2	10015.5	0.0	26188.7	29003.7	2527.0
17 號側立面	0.0	6581.7	46312.8	52894.6	22576.3	0.000

3. 評估結果說明

(1) 面內向評估結果

表 5-2-4 與表 5-2-5 為各棟倉庫牆體面內安全評估結果，其中表 5-2-4 為 8 號、11 號~17 號與 55 號倉庫等磚造結構系統建築，表 5-2-5 則為採用加強磚造系統之 10 號倉庫評估結果，各牆體與鋼筋混凝土柱之結構評估細節詳附錄 2-1-1¹與附錄 2-1-2。分析結果顯示，各牆體之面內指標均大於 1，各棟倉庫牆體在現行法規地震力作用下，牆體均能保有適切之耐震能力。

¹ 此附錄為期末報告書中，後方附錄二「新民街倉庫群及臺中後火車站之結構計算評估詳表」中，附錄 2-1-1 表格。此章節中所提之，附錄 2-1-2~附錄 2-1-4、附錄 2-2-1~附錄 2-2-2 亦同。

第 伍 章 結 構 安 全 分 析

臺中火車站周邊文化資產(市定古蹟及歷史建築)修復及再利用計畫

表 5-2- 4 8 號、11 號~17 號與 55 號倉庫牆體面內安全評估表

結構單元	總垂直載重	面內耐力	分擔最大地震力	面內指標
	kgf	kgf	kgf	
8 號正立面	29351. 90	72727. 82	9950. 29	7. 31
8 號背立面	35086. 57	112381. 91	11894. 35	9. 45
8 號側立面	39012. 73	80958. 18	13225. 31	6. 12
11 號正立面	3710. 32	11643. 00	1257. 80	9. 26
11 號背立面	3710. 32	11643. 00	1257. 80	9. 26
11 號側立面	38162. 96	82794. 97	12937. 24	6. 40
12 號正立面	3959. 03	9483. 00	1342. 11	7. 07
12 號背立面	3987. 76	9924. 00	1351. 85	7. 34
11-12 隔戶牆	53986. 24	106063. 64	18301. 33	5. 80
13 號正立面	3960. 93	7422. 00	1342. 75	5. 53
13 號背立面	4132. 00	10515. 00	1400. 75	7. 51
12-13 隔戶牆	72255. 78	130477. 51	24494. 71	5. 33
14 號正立面	3955. 52	8175. 00	1340. 92	6. 10
14 號背立面	4213. 39	9667. 00	1428. 34	6. 77
13-14 隔戶牆	73751. 95	131548. 29	25001. 91	5. 26
15 號正立面	5032. 03	8119. 00	1705. 86	4. 76
15 號背立面	5032. 03	8119. 00	1705. 86	4. 76
14-15 隔戶牆	73751. 95	131548. 29	25001. 91	5. 26
16 號正立面	4881. 05	7648. 00	1654. 68	4. 62
16 號背立面	4185. 69	8944. 00	1418. 95	6. 30
15-16 隔戶牆	74282. 60	134379. 83	25181. 80	5. 34
55 號正立面	4390. 66	10075. 00	1488. 43	6. 77
55 號背立面	4459. 61	9759. 00	1511. 81	6. 46
16-55 隔戶牆	74282. 60	134379. 83	25181. 80	5. 34
55 號側立面	74282. 60	134379. 83	25181. 80	5. 34
17 號正立面	4300. 34	8467. 00	1457. 82	5. 81
17 號背立面	4300. 34	8467. 00	1457. 82	5. 81
17 號側立面	74282. 60	134379. 83	25181. 80	5. 34

表 5-2- 5 10 號倉庫牆體與鋼筋混凝土柱面內安全評估表

結構單元	總垂直載重	分擔最大地震力	RC 柱	面內磚牆	面內強度	面內指標
	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	
10 號正面窗間壁體	6052. 41	2051. 77	3712. 15	11392. 62	15104. 77	7. 36
10 號背面窗開口壁體	6477. 41	2195. 84	3715. 99	11392. 62	15108. 61	6. 88
10 號正面門上方	11261. 58	3817. 68	7424. 30	11392. 62	18816. 92	4. 93
10 號背面門上方	12111. 58	4105. 83	7431. 97	11392. 62	18824. 59	4. 58

(2) 面外向評估結果

各棟倉庫之面外向地震力安全評估包括立面高窗開口間壁體以及山牆兩方面。對於 8 號、11 號~17 號與 55 號倉庫等磚造結構系統，評估結果詳附錄 2-1-3 之計算說明，採用加強磚造系統之 10 號倉庫評估結果則詳下表 5-2-6。評估結果顯示各牆體面外指標均大於 1，倉庫牆體在現行法規地震力作用下，牆體均能保有適切之耐震能力。

各棟倉庫之山牆面外評估結果詳附錄 2-1-4，各棟山牆之面外指標均明顯小於 1，顯示牆體在現行法規地震力作用下，牆體有相當高之面外傾倒風險，建議須於後須修復時規劃適切之補強。

表 5-2- 6 10 號倉庫牆體(含鋼筋混凝土柱貢獻)面外安全評估表

結構單元	總垂直載重	分擔最大地震力	面外 RC 柱	面外磚牆	面外強度	面外指標
	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	
10 號正面窗間壁體	6052. 41	2051. 77	2777. 53	11556. 9	14334. 40	7. 08
10 號背面窗開口壁體	6477. 41	2195. 84	2780. 24	11638. 6	14418. 83	6. 65
10 號正面門上方	11261. 58	3817. 68	5555. 1	11556. 87	17111. 93	4. 55
10 號背面門上方	12111. 58	4105. 83	5560. 5	11638. 59	17199. 06	4. 25

4. 綜合判斷與建議

新民街倉庫群之建築物為典型之廣間型倉庫建築，建築物僅有四道外牆，且正立面與背立面牆體具有眾多開窗。本次結構安全檢討，依據結構系統之弱點，針對連續開窗處造成之大範圍斷面積減損區域，以及側立面山牆，在現行法規規範地震力作用下，進行面內向與面外向之安全評估，結構安全評估說明如下：

- (1) 各棟倉庫之正立面與背立牆體在連續開口之影響下，經檢討壁體之面內指標與面外指標均大於 1，顯示可維持適切之耐震安全。惟牆體連續開口間之壁體因缺乏側邊圍束，較易產生局部面內撓剪或面外撓曲破壞，此為後續系統應該注意觀察之部位。
- (2) 側立面牆體在面內評估指標大於 1，顯示其具有適切之面內安全。但各棟山牆之面外指標均明顯低於 1，主要之原因在於各棟之山牆高度偏高，又無扶壁等構件輔助，建議後續修復時應納入補強規劃。
- (3) 本次調查之材料強度受限於現今較為可靠之磚牆強度試驗均須採用破壞性檢測，因此未於本次調查進行相關之結構安全檢測。評估採用之強度乃依據參考文獻建議值，建議後續修復時，宜進行適切之材料強度檢驗，並與本次評估整合比較，以掌握確切之建築物安全。

第三節 20 號倉庫群結構調查

安全性評估之目的及工作可分為兩方面進行，一是結構性之應力分析，二為非結構性。希望藉由現況調查、法規，以及文獻探查之應力分析來評估建物損壞程度，進而建議修補方式，以提供相關單位參考。

此節主要參考閻嘉義(1999)，《臺中車站貨運倉庫九二一地震後結構安全鑑定報告》整理及補充。

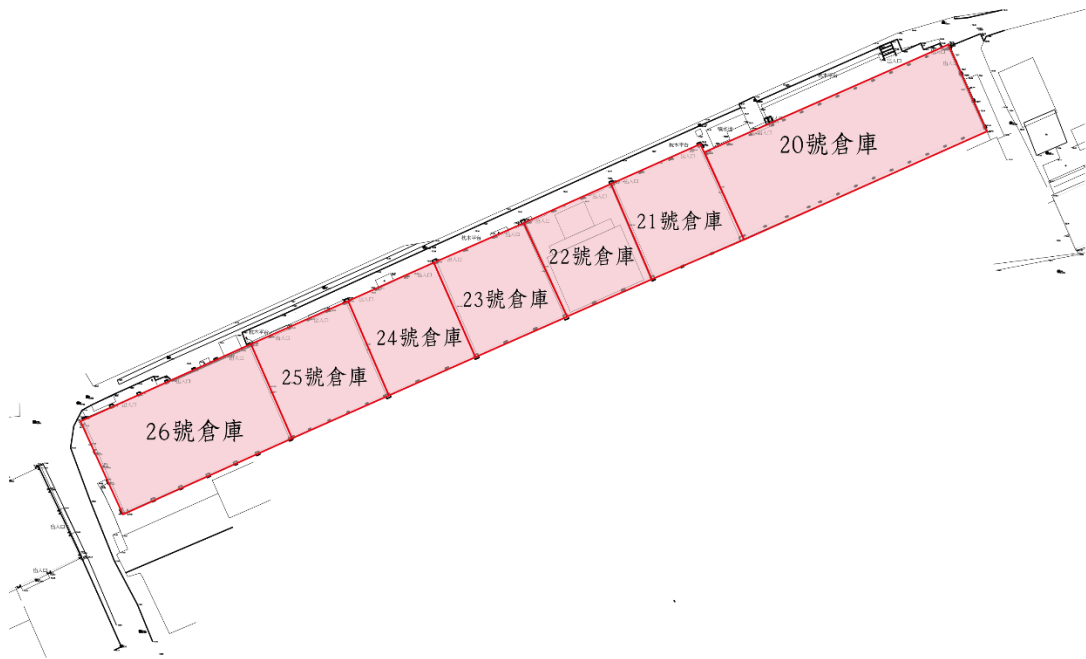


圖 5-3- 1 20 號倉庫群平面配置圖

一、倉庫建築外觀損壞情形概述

20 號倉庫群因年久之原因，有多處牆面已遭植物附著，而有部分根系則已經深入牆體內，進而造成紅磚風化；或因年久失修及 921 地震之原因造成倉庫群整體而言多處屋瓦剝落、損壞；牆面、牆角、屋簷或屋脊有開裂或分離之明顯痕跡；磚與磚之間砂漿介面開裂，並且有些已延伸至磚柱上…等之情況。

(一) 20 號倉庫

20 號倉庫北側面對臺中車站，其倉庫平面示意圖如圖 5-3-2，四面為磚砌外牆，屋頂以 30° 仰角，架設於十座鋼鐵形式行架上；桁架則支撐南、北兩側的磚造柱上；桁架與桁架之間並以

第 伍 章 結 構 安 全 分 析

臺中火車站周邊文化資產(市定古蹟及歷史建築)修復及再利用計畫

兩橫桿連接微側撐。倉庫的出入口分別位於北側、南側及東側靠近北方之牆面上（閻嘉義(1999)，P. 12）。

20 號倉庫牆高為 3.5m，屋頂淨載重為 980kg；磚牆自重依照建築技術規則所之建議經計算後為 1928kg；活載重依據斜屋頂活載重規定，經計算後為 662kg。

本倉庫較為明顯之缺失如下：

1. 與 21 號倉庫之隔間牆上之磚造柱有明顯之開裂痕跡
2. 南側牆面靠近 21 號倉庫附近，有植物附著，造成紅磚有嚴重風化之情形。

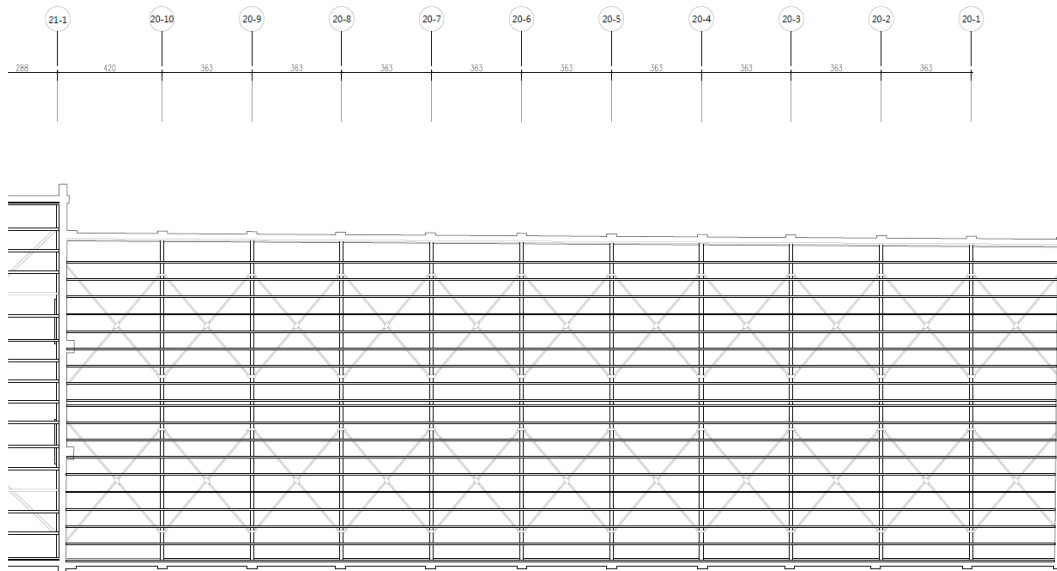


圖 5-3- 2 20 號倉庫屋架位置圖

(二)21 號倉庫

本倉庫尺寸與 22～25 號倉庫相同，其平面圖如圖 5-3-3。倉庫東接 20 號倉庫，西接 22 號倉庫，僅北側有兩出入口，屋頂斜率約為 1/2，架構於六座木構桁架上，並以磚造柱為桁架支撐。（閻嘉義(1999)，P. 12）

21 號倉庫牆高為 4.5m，屋頂淨載重為 1434kg；磚牆自重依照建築構造篇所之建議經計算後為 4359kg；活載重依據斜屋頂活載重規定，經計算後為 952kg。

本倉庫較為明顯之缺失如下：

1. 與 20 號倉庫共用磚柱梢與牆面分離。
2. 東向屋脊有嚴重開裂之情況，應是 921 地震後新生之裂縫。
3. 東北角磚柱柱腳附近紅磚風化且剝落。
4. 其南側牆上有植物附著於上，且植物根系已深入磚縫間之砂漿，此將影響磚牆與柱之承載力。

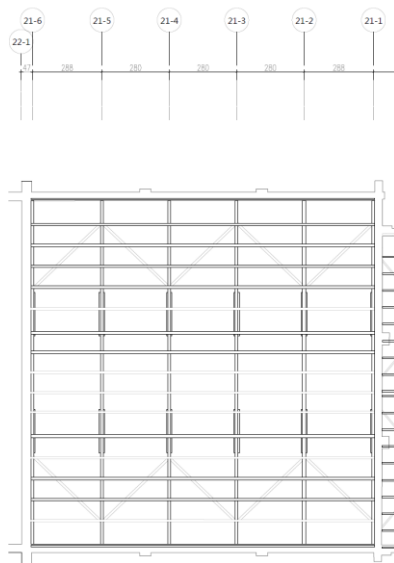


圖 5-3- 3 21 號倉庫屋架位置圖

(三)22 號倉庫

本倉庫原為 20 號倉庫群中損壞最嚴重者，其平面圖如圖 5-3-3。

其屋頂已倒塌至少三分之一以上，目前已將整座倉庫透空，並將內部整修後作為藝術家之工作室。

22 號倉庫牆高為 4.5m，屋頂淨載重為 1434kg；磚牆自重依照建築構造篇所之建議經計算後為 4359kg；活載重依據斜屋頂活載重規定，經計算後為 952kg。

本倉庫較為明顯之缺失如下：

1. 南側牆面有植物附著，其情況與 21 號倉庫相似。
2. 與 21 號倉庫共用之磚柱有明顯開裂情況。

(四)23 號倉庫

23 號倉庫牆高為 4.5m，屋頂淨載重為 1434kg；磚牆自重依照建築構造篇所之建議經計算後為 4359kg；活載重依據斜屋頂活載重規定，經計算後為 952kg。本倉庫平面圖如圖 5-3-3。

本倉庫較明顯之瑕疵有：

1. 東向牆面上（與 22 號倉庫之隔間牆）之屋瓦可能因 22 號倉庫於倒塌時即已損毀，並經年累月後導致該處屋瓦嚴重損壞，且嵌於該牆面上之桁架已脫離牆面。
2. 位於東南側角落處之南側牆面，略向外傾斜且有明顯與東側牆分離之情形。北側牆面損壞情況與此類似。
3. 西南角落處屋瓦明顯剝落。
4. 靠近東側出口處之牆面，有一字門楣處開始，延磚與砂漿之間之介面有裂縫，並延伸至磚柱上。

(五)24 號倉庫

此倉庫於修整後與 23 號倉庫相同，倉庫牆高為 4.5m，屋頂淨載重為 1434kg；磚牆自重依照建築構造篇所之建議經計算後為 4359kg；活載重依據斜屋頂活載重規定，經計算後為 952kg。本倉庫平面圖如圖 5-3-3。

本倉庫較明顯之瑕疵有：

1. 與 23 號倉庫相似，南北兩側牆面均略為向外傾斜。
2. 倉庫北側磚柱柱腳之紅磚有風化、剝落之情形。

(六)25 號倉庫

本倉庫牆高、屋頂淨重、磚牆自重、屋頂活載重與 21～25 號倉庫相同，本倉庫平面圖如圖 5-3-3。

本倉庫較明顯之瑕疵有：

1. 與 24 號倉庫之共用磚柱於靠近烏岩附近有明顯的裂縫產生。
2. 北側兩大門間之牆面靠近牆角附近有明顯裂縫，並延伸至靠西側之磚柱柱腳處。
3. 北側原有窗戶下方有明顯之水平裂縫。

4. 靠近北側出入口處，有一磚柱於大門楣樑下方，有一橫跨磚柱斷面之水平向裂縫，可能因地震發生時該處應力集中所致。
5. 北側磚柱柱腳有明顯開裂痕跡，並有橫向錯位發生。

(七)26 號倉庫

本倉庫屋頂斜率大於 30° 仰角，其架設於鋼鐵形式的 11 座桁架上；桁架則支撐於南、北兩側磚牆上。本倉庫平面圖如圖 5-3-4。

26 號倉庫牆高為 5.5m，屋頂淨載重為 1422kg；磚牆自重依照建築構造篇所之建議經計算後為 7205kg；活載重依據斜屋頂活載重規定，經計算後為 1172kg。

本倉庫較明顯之瑕疵有：

1. 北側磚柱柱腳有明顯開裂痕跡，並有橫向錯位發生。
2. 倉庫西側牆面有明顯開裂，且部分紅磚剝落。
3. 南側靠近東向之外牆磚頭，於地震時剝落。

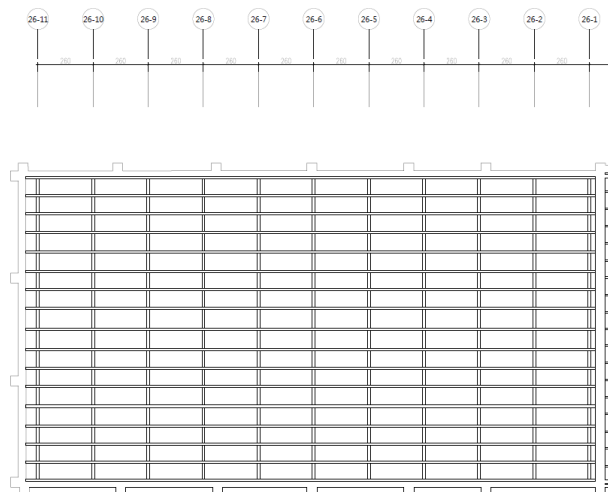


圖 5-3-4 新民街 26 號倉庫屋架位置圖

二、評估原則

1. 結構性評估原則：

就結構應力分析結果可為：構件經扶正可抵抗法規載重者。

2. 非結構性之評估原則：

(1) 拆除重建：有倒塌或外觀上破損達 50%以上者。

(2) 修補後仍可使用：外觀輕微風化、浸水腐蝕或微裂者

(3) 不需補強：外觀完好者

以下將參考閻嘉義(1999)，「臺中車站或運倉庫九二一地震後結構安全鑑定報告」一書作為結構安全性敘述及修復建議之依據。

三、應力分析結果

倉庫應力計算以安全係數，2.0 時、1.5 時、超過容許應力時來計算，並記錄該牆面拉力、壓力，或剪力不足以致破壞之情況，可作為重點修補構件時之參考。

經由文獻整理發現，在 20 號倉庫群中，26 號倉庫西側牆面為此倉庫群中最大偏移者，其約有 20 公分的偏移量。但由於該牆面並未直接支承桁架，此牆面僅需承受自重及風力或地震力，因此其重要性較南、北側面低。且該倉庫部分已於 921 大地震時倒塌，故此牆面應拆除重建。而該牆南、北兩側之承重牆則以 26 號倉庫之南側牆面傾斜較為嚴重。

以下將說明各倉庫之應力分析結果。

1. 20 號倉庫

(1)決定斷面自由體尺寸：20 號倉庫其有效翼緣寬度取為 90公分；斷面深度為 40 公分；腹寬為 40 公分；牆厚則為 28 公分，

(2)應力分析：當南側牆面安全係數 2.0 時及安全係數 1.5 時，其斷面之應力均於容許應力範圍內。

2. 21 號~25 號倉庫

(1)決定斷面自由體尺寸：有效翼緣寬度取為 102 公分；斷面深度為 52 公分；腹寬為 47 公分；牆厚為 40 公分。

(2)應力分析：當安全係數為以 2.0 計算時，北側牆面有林戒斷面的存在，其距離為約距地面 20~25 公分；當安全係數 1.5 時，則斷面應力均在容許範圍內。

3. 26 號倉庫

(1) 決定斷面自由體尺寸：有效翼緣寬度取為 138 公分；斷面深度為 60 公分；腹寬為 47 公分；牆厚為 34 公分。

(2) 應力分析：無論於安全係數 2.0 或 1.5 時均在容許應力範圍內。

經由計算後可知所有超過容許應力者，其容許應力之應力型態破壞均為剪應力，亦即各臨界斷面的產生均因剪應力不足導致。

因此除以測量所得數據計算牆面之應力大小外，應另假設當牆面在未有任何傾斜知情況下，分別計算該斷面可容許之最大高程及最大水平偏移量。

其中，20 號倉庫在安全係數 2.0 時其容許最大高程為 3.9m，最大容許偏移量為 21.7cm；當安全係數為 1.5 時最大高程為 4.5m，最大容許偏移量為 54.7cm。21 號~25 號倉庫在安全係數 2.0 時其容許最大高程為 4.6m，最大容許偏移量為 11.2cm；當安全係數為 1.5 時最大高程為 5.1m，最大容許偏移量為 34.7cm。26 號倉庫在安全係數 2.0 時其容許最大高程為 6.5m，最大容許偏移量為 73.5cm；當安全係數為 1.5 時最大高程為 7.5m，最大容許偏移量為 136.1cm。

以上結果顯示，當安全係數為 2.0 時，各倉庫牆面之最大容許高度，均超過牆面實際高度（20 號倉庫牆高 3.5m；21 號~25 號倉庫牆高 4.5m；26 號倉庫牆高 5.5m），即為若所有牆面均能保持其垂直度，即可抵抗任何外力的作用而不致傾斜。此外，當倉庫保持固定高度時，各倉庫均可容許一定程度上的水平偏移量。

四、小結

經閻嘉義(1999)學者的報告中得知，學者將 20 號倉庫群其損壞情形，分為結構性損壞及功能性損壞兩種，而破壞情況則如下述：

1. 功能性損壞：

- (1) 與 22 號倉庫相連接之 21 號倉庫，及 23 號倉庫之間處屋頂板之望版、椽條，由於年久失修及疏於保養，有明顯破損及潰爛之情形，應予以修復、更換或修補。
- (2) 20 號～25 號倉庫南側牆面，有大量植物附著於上。且其植物之氣根已造成建物牆面之破壞，應將植物連根剷除，以免加速紅磚風化進而影響結構安全
- (3) 各倉庫之外牆與市內之隔間空心磚，由於受地震影響，均略有分離之情形，而外牆經結構分析後雖為安全性，但為了未來建物因老舊或使用不當而造成之不良影響，建議應予以適當砂漿填補。

2. 結構性損壞：

- (1) 20 號倉庫群中損壞最嚴重之 26 號倉庫已剝落兩處磚牆，應將該處破損部分敲除重砌，並將之扶正。
- (2) 20 號倉庫群南側牆面有部分斷面應力已超過容許範圍，雖於安全係數 1.5 的情況下時，斷面臨界僅有 11cm 高，但因顧慮安全需求，建議應於牆角處予以補強。
- (3) 25 號～26 號倉庫北側外牆之磚柱柱腳，已有明顯之水平錯位，應於柱腳周圍以環氧樹脂填縫修補。
- (4) 各倉庫外牆上有部分磚柱已有明顯之開裂痕跡，建議應於開裂之處以環氧樹脂壓力灌注填縫。
- (5) 各倉庫屋頂桁架系統尚未有整修之動作，雖經 921 大地震後無明顯損壞。但為應考量日後使用及安全性，可適當替換合適之桿件。而若有開裂者，應予以環氧樹脂壓力灌注填縫補強。

綜合上述，20 號倉庫群就結構安全而言，無情況重大者。但就未來及使用上之心理考量上，均仍須進一步修飾保養。而其已嚴重損壞之處則應以適當方式處理，並在不可破壞其主結構及建物之情況下予以修復，且需盡量保留其原本之風格樣式。



生活資產

目前臺中車站周邊的文化資產隸屬『生活資產』係指因應臺中火車站之發展所延伸出的鐵道人員生活、防禦等建築本體，包括各時期及不同目的之宿舍群、因應戰時之人員避難空間等設施。

此一類型之依『合約要求』及『經甲乙雙方協議之工作項目』，如下：

第四節 碉堡群及防空掩體結構調查

第四節 防空掩體及機槍堡結構調查

一、結構安全性檢討

B 機槍堡、5 號機槍堡、64 號防空掩體、57 號防空掩體、崇倫碉堡，均屬與鋼筋混凝土造之建築物，結構系統為承重牆系統。碉堡及機槍堡上方，覆蓋約 2m~4m 之覆土層。

圖 5-4-1 為 B 機槍堡平面圖；圖 5-4-2 為 5 號機槍堡平面圖 B 機槍堡之平面圖；圖 5-4-3 為 64 號防空掩體之平面圖及剖面圖；圖 5-4-4 為 57 號防空掩體之平面圖、剖面圖；圖 5-4-5 為崇倫碉堡之平面圖、剖面圖，該建築物牆體厚度有 45cm。此部分詳細圖面請詳圖說。

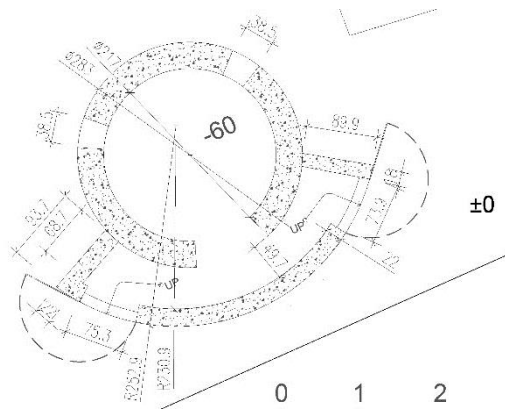


圖 5-4-1 B 機槍堡平面圖

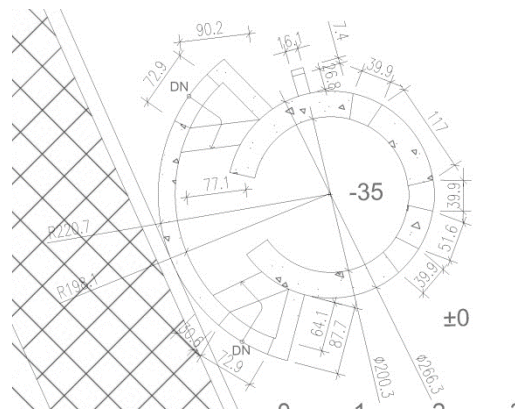
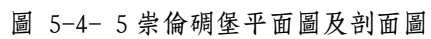
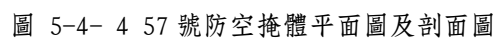
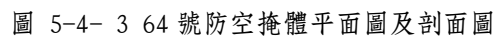


圖 5-4-2 5 號機槍堡平面圖

此類建築物屬於 RC 承重結構系統，牆體之垂直載重與水平外力均由牆體承擔，再經由樓板傳遞至 RC 強體，再向下傳遞至基礎，且其主要依靠牆體之抗剪強度來抵抗地震力。而當建築物上方覆有覆土層時，其會增加樓板所受之垂直載重，以及地震時之水平外力。本調查研究之結構評估，以現行耐震規範為評估基準，檢討個空間強體之抗剪強度與結構安全。



第五節 鋼筋掃描調查

本研究為了解新民街倉庫群、20 號倉庫群及臺中市後火車站之現況(如圖 5-5-1 至圖 5-5-2)，於民國 106 年 12 月 18 日和民國 107 年 5 月 17 日進行鋼筋掃描，鋼筋掃描之用意有二，確認各棟為磚造或為加強磚造之構造；其次是與歷史調查互相對照，以了解建築本體為日治時期所建或為後期所建。

如下表所示，每張鋼筋掃描大小約為 60cm*60cm 見方，各棟掃描之位置，包括建築本體之外柱樑、牆體、雨遮，以及柱樑、樓板交接處。鋼筋掃描調查，如下描述：



圖 5-5- 1 內牆鋼筋掃描



圖 5-5- 2 碉堡鋼筋掃描

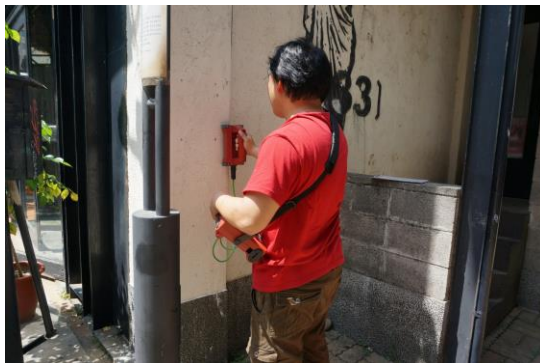


圖 5-5- 3 外部柱體掃描



圖 5-5- 4 外部雨遮掃描

一、新民街倉庫群鋼筋掃描成果

經鋼筋掃描結果，11~55 號倉庫均無鋼筋反應，8 號倉庫之圈樑，其垂直主筋號數#4(14mm)，而水平鋼筋則為#3(10mm)，間距為 40cm。10 號倉庫確認為鋼筋混凝土構造建築，其垂直主筋號數#5(15.9mm)，而水平鋼筋則為#3(10mm)，間距為 25cm。

而 17 號倉庫發現有圈樑，其垂直主筋號數#4(14mm)，而水平鋼筋則為#3(10mm)，間距為 27cm。

表 5-5- 1 新民街倉庫群鋼筋掃描

編號	探測位置	主筋號數及支數 (垂直向)	箍筋號數及間距 (水平向)	保護層深度 (含粉刷層)	備註
1	10倉庫 柱-1	約3-#5	約#3@25cm	約5.6cm	-
2	10倉庫 柱-2	約3-#5	約#3@25cm	約3.8cm	-
3	10倉庫 柱-3	約3-#5	約#3@25cm	約6.5cm	-
4	8倉庫 牆	約--#--	約--@--cm	約--cm	無鋼筋反應
5	10倉庫 雨遮	約#3@15cm	約#3@20cm	約5.2cm	-
6	11倉庫 柱-1	約--#--	約--@--cm	約--cm	探測範圍內 無鋼筋反應
7	11倉庫 柱-2	約--#--	約--@--cm	約--cm	探測範圍內 無鋼筋反應
8	12倉庫 柱-1	約--#--	約--@--cm	約--cm	探測範圍內 無鋼筋反應
9	12倉庫 柱-2	約--#--	約--@--cm	約--cm	探測範圍內 無鋼筋反應
10	13倉庫 柱-1	約--#--	約--@--cm	約--cm	探測範圍內 無鋼筋反應
11	13倉庫 柱-2	約--#--	約--@--cm	約--cm	探測範圍內 無鋼筋反應
12	14倉庫 柱-1	約--#--	約--@--cm	約--cm	探測範圍內 無鋼筋反應
13	14倉庫 柱-2	約--#--	約--@--cm	約--cm	探測範圍內 無鋼筋反應
14	15倉庫 柱-1	約--#--	約--@--cm	約--cm	探測範圍內 無鋼筋反應
15	15倉庫 柱-2	約--#--	約--@--cm	約--cm	探測範圍內 無鋼筋反應
16	16倉庫 柱-1	約--#--	約--@--cm	約--cm	探測範圍內 無鋼筋反應
17	16倉庫 柱-2	約--#--	約--@--cm	約--cm	探測範圍內 無鋼筋反應
18	16倉庫 柱-3	約--#--	約--@--cm	約--cm	探測範圍內 無鋼筋反應
19	17倉庫 柱-1	約--#--	約--@--cm	約--cm	探測範圍內 無鋼筋反應
20	17倉庫 柱-2	約--#--	約--@--cm	約--cm	探測範圍內 無鋼筋反應
21	17倉庫 樑-1(側)	約1-#4	約#3@27cm	約4.3cm	-
22	17倉庫 樑-2(側)	約1-#4	約#3@27cm	約4.6cm	-
23	圍樑(側)	約1-#4	約#3@40cm	約6.2cm	-

二、 20 號倉庫群鋼筋掃描成果

經鋼筋掃描結果，除 20 號倉庫之柱、牆有鋼筋反應，其餘倉庫均只有雨遮有掃到鋼筋，因雨遮結果相同，因此只取 21 號倉庫作為代表。20 號倉庫其垂直主筋號數介於#5(15.9mm)到#6(19.1mm)，而水平鋼筋則為#3(10mm)，間距為 28cm~30cm 之間。而各棟倉庫之雨遮，其垂直主筋號數和水平鋼筋均為#3(10mm)，間距為 17cm。

三、 臺中市後火車站(中南驛)鋼筋掃描成果

此外，本棟建築物於全面鋼筋掃描後，其鋼筋掃描結果如下圖 5-5-5 中，僅一處有鋼筋反應，且其箍筋之間距，與現代常見鋼筋混凝土箍筋間距相異，其垂直主筋號數介於#5(15.9mm)至約#6(19.1mm)之間，而水平箍筋則介於#3(10mm)，間距為 25cm。該掃描結果請詳表 5-5-2。

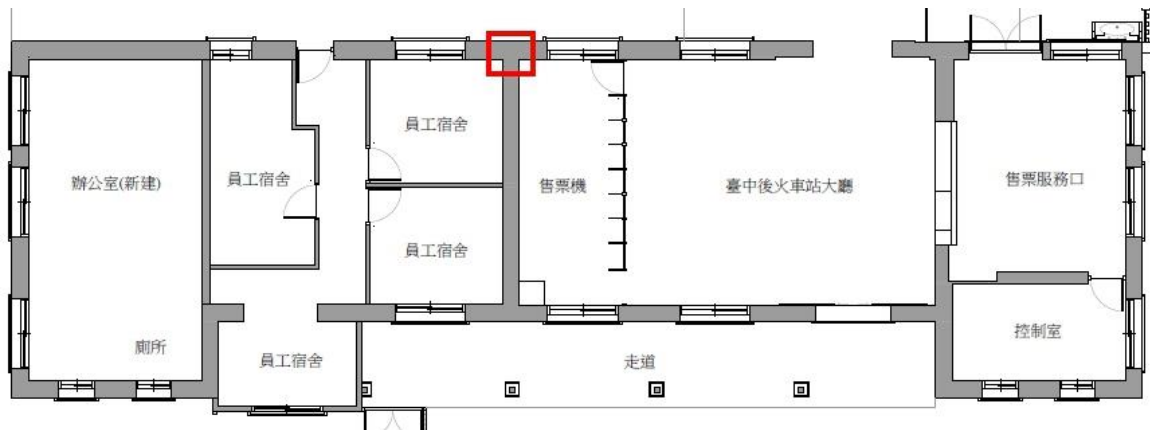


圖 5-5-5 臺中市後火車站（中南驛）鋼筋掃描結果位置

四、防空掩體及機槍堡鋼筋掃描成果

如表 5-5-2 所示，該檢測報告，其垂直主筋號數介於#3(10mm)至約#4(14mm)之間，而水平箍筋則介於#3(10mm)至#4(14mm)之間。其中，間距為 18cm~32cm，保護層約介於 3.2cm 至約 9.0cm。

表 5-5- 2 20 號倉庫群、臺中市後火車站(中南驛)與防空掩體及機槍堡之鋼筋掃描

編號	探測位置	主筋號數及支數 (垂直向)	箍筋號數及間距 (水平向)	保護層深度 (含粉刷層)	備註
1	20號倉庫-1	約3-#5-6	約#3@28cm	約3.6cm	-
2	20號倉庫-2	約2-#5	約#3@30cm	約4.9cm	-
3	21號倉庫(雨遮)	約#3@20cm	約#3@17cm	約4.5cm	-
4	臺中火車站後站-1	約2-#5-6	約#3@25cm	約7.1cm	-
5	臺中火車站後站-2	約--#--	約--#--	約--cm	疑似磚牆
6	B機槍堡-1	約3-#4-5	約#3@--cm	約3.2cm	-
7	B機槍堡-2	約#3@20cm	約#3@18cm	約7.3cm	-
8	5號機槍堡	約#4@20cm	約#4@20cm	約9.0cm	-
9	64號防空掩體	約#4@32cm	約#4@30cm	約8.5cm	-