

澎湖縣政府
澎湖縣立烏嶼國民中學 辦公室
校舍耐震能力詳細評估工作

定稿報告書

(共一冊)

委託單位：澎湖縣政府

承攬單位：永安土木技師事務所

評估技師：楊耀昇

日期：105 年 9 月

澎湖縣立烏嶼國民中學 辦公室

耐震詳細評估彙整表

建物名稱		辦公室
建築概述		■地上一層、無地下室之鋼筋混凝土造建築物 ■現況地上一樓為辦公室
現況損壞概述		建築物之柱、梁、樓版均有 混凝土剝落 狀況。主結構 12 根柱中有 6 根柱有結構性裂損，其中 1 根柱可判斷為中度損傷，其餘屬輕度損傷。柱構件受損比例約為 50%。另樓版及樑均有多處沿鋼筋走向之裂縫。
地質概述		第一類地盤。無鄰近 第一類活動斷層 ，無需考慮近斷層效應。
混凝土鑽心取樣及試驗結果	取樣數	混凝土檢測共計 4 顆試體進行抗壓試驗、中性化深度試驗 4 個試體及氯離子含量檢測 4 個試體
	設計值	假設原設計混凝土強度 210 kgf/cm^2 。
	試驗平均值	$144.3 \text{ kgf/cm}^2(1F)$
	評估採用值	$144.3 \text{ kgf/cm}^2(1F)$
氯離子	規範容許值	0.15 kg/m^3
	試驗平均值	$2.588 \text{ kg/m}^3(1F)$
中性化	本案建物中性化試驗結果平均為 0.1cm 小於 4cm。	
鋼筋	評估採用 f_y 值	$f_y=2800 \text{ kgf/cm}^2$
	梁	依照鋼筋掃描結果及原始圖說比對判斷之
	柱	依照鋼筋掃描結果及原始圖說比對判斷之
耐震能力評估結果	+X 向	現況： $A_p=0.182$
	-X 向	現況： $A_p=0.179$
	+Y 向	現況： $A_p=0.221$
	-Y 向	現況： $A_p=0.221$
現行法規需求	啟用年	約民國 73 年
	A_T 目標值	0.20g
是否合乎需求	X 向耐震能力不足，需提補強方案；Y 向耐震能力不足，需提補強方案。	
耐震能力評估結果	X 向	方案一(擴柱工法)： $A_p=0.28$
	X 向	方案二(翼牆工法)： $A_p=0.269$

『澎湖縣立烏嶼國民中學 辦公室』
校舍耐震能力詳細評估工作 定稿報告書

目 錄

一、建築物基本資料蒐集	1
1.1 建築物現況概述.....	1
1.2 原始建築、結構設計圖說蒐集成果.....	2
1.3 各樓層分期興建調查成果.....	2
二、現況調查紀錄	3
2.1 現況外觀及鄰棟現況調查.....	3
2.2 結構尺寸調查記錄.....	3
2.3 重繪建築及結構設計圖說.....	3
2.4 基礎形式.....	3
2.5 鋼筋配置查核.....	4
2.6 地盤種類及近斷層調查.....	4
三、建築物損害調查	6
3.1 現況損壞調查內容與方式.....	6
3.2 現況損壞調查工作流程.....	6
3.3 結構體損壞調查彙整.....	7
3.4 構件受損比例.....	7

3.5 損壞修復建議.....	7
四、材料試驗及材料強度判斷	9
4.1 鑽心取樣及位置	9
4.2 抗壓強度試驗.....	9
4.3 混凝土中性化試驗.....	9
4.4 氯離子含量檢測.....	10
4.5 鋼筋強度.....	11
4.6 磚強度.....	11
五、結構物基本分析資料.....	12
5.1 結構物概述.....	12
5.2 結構材料規格.....	12
5.3 樓層載重計算.....	12
5.4 基地地盤分類及近斷層	12
5.5 建築物基本震動周期.....	13
5.6 磚牆及 RC 牆模擬方式.....	13
六、現況耐震能力評估.....	14
6.1 分析方法及結構模擬.....	14
6.2 耐震合格標準.....	15
6.3 現況耐震能力評估.....	16

6.4 評估結果綜合判斷及建築物繼續使用應注意事項.....	17
七、結構耐震補強方案.....	18
7.1 結構補強工法概述.....	18
7.2 校方訪談過程.....	21
7.3 補強建議方案與補強後結構耐震能力評估.....	22
7.4 耐久性損壞修復方式.....	23
7.5 補強經費估算及建議.....	24
八、結論與建議.....	27
附件一：使用執照、原始建築圖、結構圖蒐集成果	
附件二：建築物現況外觀照片	
附件三：建築物結構斷面尺寸調查記錄資料	
附件四：重繪建築設計圖及結構設計圖	
附件五：鋼筋檢測位置示意圖及檢測報告	
附件六：地質資料調查成果	
附件七：建築物現況損壞調查資料	
附件八：混凝土抗壓試驗報告、中性化反應測試報告、可溶性氯離子含量測試報告及混 凝土鑽心位置示意圖	
附件九：現況分析輸入檔	
附件十：現況側推分析成果	
附件十一、訪談會議記錄	
附件十二、補強施工圖說	
附件十三、補強側推分析成果	

附件十四、補強分析輸入輸出檔

附件十五、分析結果檢核

附件十六、國震中心上傳資料表

期初審查意見回覆

審查意見	回覆內容
1. P1 本案使用執照構造為加強磚造而非鋼筋混凝土造建築物。	感謝委員意見。已重新修正。
2. P4 地盤分類請再考慮引用 30M 左右，用剪力波速檢核。	感謝委員意見。依耐震設計規範，地盤種類之研判乃藉由地表面下 30 公尺之土層平均特性決定之，其判斷方式可採用(1)依工址地表面下 30 公尺內之土層平均剪力波速 V_s 判斷(2)依工址地表面下 30 m 內之土層平均標準貫入試驗 N 值判斷(3)依工址地表面下 30 m 內砂質土層之平均標準貫入試驗 N_{CH} 值及粘性土層的平均不排水剪力強度 S_u 。 由本案原鑽探報告中之鑽探結果，於地表下 4m 處之 N 值即超過 100，重新計算至 30M，研判其為第一類地盤。詳 p.4。
3. P4 單一文字檔第一層鋼筋位置，請依實際保護層深度輸入。	感謝委員意見。本案分析時，梁、柱斷面之第一層鋼筋係由實際之平均保護層深度進行輸入。詳附件九。
4. P6 3.4 構件受損比例，建議列出各類柱破壞型式簡圖。	感謝委員意見。本案之構件受損主要為混凝土剝落、鋼筋鏽蝕之型態。另補附損壞照片位置標示圖。
5. P9 保護層可依實際撰寫。	感謝委員意見。本案分析時，梁、柱斷面之第一層鋼筋係由實際之平均保護層深度進行輸入。
6. P9 表 4-3 氯離子 CNS 規範已修正。	感謝委員意見。已修正為 0.15kg/m ³ 。
7. P12 15cmRC 牆之模擬請說明採 4 倍 RC 牆厚以磚牆模擬分析之依據。	感謝委員意見。本案無 RC 牆，故將此段文字刪除。
8. 圖 1/RCJ 樑柱接頭處剖面 3 請考慮植筋，以免日後地震混凝土掉下來。	感謝委員意見。已重新修正擴柱補強之剖面圖。
9. 請將本棟破壞照片詳列出(版、樑、柱等)。	感謝委員意見。補附損壞照片位置標示圖。
10. P1 1.1 節中說明本棟校舍現做為辦公室使用，但於表 1.1 中用途又表示為活動中心，請確認。	感謝委員意見。已修正表中文字。

11. P4 表 2.3 鋼筋配置查核表中，部分文字無法完整顯示，請修正。	感謝委員意見。已重新修正。
12. P4 鋼筋配置查核共計 24 處是否有誤？請確認及修正。	感謝委員意見。已修正誤植之文字。
13. P6 3.4 節中說明構件受損比例約 62.5%，比例偏高但卻無法說明是幾級損壞分別佔幾%，且若有較嚴重損壞之柱位，建議以平面圖之方式標示佐以照片為輔，以利辨識。	感謝委員意見。本棟構件損壞主要為混凝土開裂及剝落、鋼筋鏽蝕。已補附損壞照片位置標示圖。
14. P9 氯離子含量檢測共計 17 處是否有誤？請確認及修正。	感謝委員意見。已修正誤植之文字。
15. P12 經驗公式之週期 $T_{code,y}$ 是 $0.07H_n \Lambda(0.75)$ 是否有誤？是否為 $0.05 H_n \Lambda(0.75)$ ？請確認。	感謝委員意見。已改採 $0.05 H_n \Lambda(0.75)$ 計算週期。
16. 附件十一依照校舍耐震詳細評估作業規範，廠商應於期初及期末皆與校方進行訪談並做成相關紀錄，並非只進行一次期末訪談，請確認。	感謝委員意見。補附訪談紀錄，詳附件。
17. P4 判定為第二類地盤之依規、附件六鑽探報告、判斷地盤應用剪力波速 V_s 而非 N 值。	感謝委員意見。依耐震設計規範，地盤種類之研判乃藉由地表面下 30 公尺之土層平均特性決定之，其判斷方式可採用(1)依工址地表面下 30 公尺內之土層平均剪力波速 V_s 判斷(2)依工址地表面下 30 m 內之土層平均標準貫入試驗 N 值判斷(3)依工址地表面下 30 m 內砂質土層之平均標準貫入試驗 N_{CH} 值及粘性土層的平均不排水剪力強度 S_u 。 由本案原鑽探報告中之鑽探結果，於地表下 4m 處之 N 值即超過 100，重新計算至 30M，研判其為第一類地盤。詳 p.4。
18. 圖 1/RCJ 擴柱基礎應作承載力檢核？植筋？	感謝委員意見。圖 1/RCJ 擴柱基礎為大樣圖，未來補強設計時再檢核其基礎之尺寸。另接頭處植筋，已修正圖說。
19. 校方問題亦一起考慮，如屋頂滲水。	感謝委員意見。已將屋頂防水工程編列經費。
20. 應提出補強及重建之經費比較，若無法補強，則應重建。	感謝委員意見。已補充以原樓地板面積重建之經費概估。

期末審查意見回覆

審查意見	回覆內容
1. 意見回覆 2 請再檢查地盤分類，依目前規範之判定	感謝委員意見。已重新修正為以剪力波速作為判斷依據。
2. 單一文字檔的保護層 6cm，請再檢查與實際掃描結果做出最合適之取用(1F 柱 4，要特別考慮)。	感謝委員意見。1F 柱 2 之保護層為 2.8cm，明顯低於其他柱位，故不予計入平均。由其它 9 處之探測值取平均，保護層厚度約為 5.5cm。另觀察 1F 柱 4 之掃描結果，主筋明顯偏向一側，其兩側之平均值亦接近 6cm。故分析時保守採用 6cm。
3. 請補充八大檢核。	感謝委員意見。已補充八大檢核，詳附件十五。
4. 日後定稿版塑鉸模擬圖等需用彩色影印。	感謝委員意見。遵照辦理。
5. 1/A3 有擴柱，其他柱補強採用雲狀圖，建請修改表示方式，避免與變更設計之表示混淆，請補柱貼覆 6mm(含)以上 15cm 雙向之鋼絲網之細部圖。	感謝委員意見。本案為清楚標示補強位置，故建議仍採用雲狀圖標示之。另，圖說上標示之熔接鋼絲網為市場可購買之規格品，故未再加註細部圖。
6. 預算書有數量部分請儘量用數量與單價呈現。	感謝委員意見。已修正。
7. P12 請補法規週期與動力週期之比較。	感謝委員意見。已補充。詳 P.13。
8. 樓版請考慮高氯離子含量，對鋼筋影響編列修復補強費用及方式。	感謝委員意見。有關耐久性修復經費，已納入經費預估中。
9. 本棟損害較嚴重，分析可反應依實際現況作折減。	感謝委員意見。本棟損害狀況嚴重，分析時，乃將柱斷面之 EI 值折減為 0.1 倍。
10. 若補強無法一勞永逸，建議可考慮重建。	感謝委員意見。考量現況損害嚴重，且若進行補強，仍無法改變高氯離子含量所造成之損害，建議進行重建。
11. P6 3.4 節中說明柱構件受損比例約 50%，比例偏高，但卻無說明幾級損壞分別佔幾%？應依規定相關震損等級說明各結構(柱、樑、板及牆)構件震損百分比(鋼筋號數降 1 號)，同時說明如何反應於程式模擬中。	感謝委員意見。本案標的物共 12 根柱，其中 6 根柱有明顯開裂，其中 1 根柱可判斷為中度損傷，其餘屬輕度損傷。因氯離子含量偏高，鋼筋鏽蝕後將減少鋼筋斷面積，故分析時乃將號數降 1 號。

<p>12.P9 應於本文說明，氯離子含量與結構構件損壞之關係；若為氯離子造成，應考量相關耐久性工項於修復工程中，並同時檢討全面損壞發生之修復費用。</p>	<p>感謝委員意見。依現況損壞，研判其原因乃氯離子含量偏高，鋼筋鏽蝕後膨脹造成混凝土開裂。另有關耐久性修復經費，已納入經費預估中。</p>
<p>13.P9 氯離子含量遠比規定 0.15kg/m³ 高出許多，應說明處理之方式。</p>	<p>感謝委員意見。本案氯離子含量遠比規定 0.15kg/m³ 高出許多，建議校方可將混凝土全數打除，依損壞狀況補足鋼筋後，重新澆置混凝土。惟此方式所需經費甚大，故建議可拆除重建，進行整體規劃。</p>
<p>14.P26 結論處一、二補強方案未提出建議最佳補強方案；混凝土強度偏低，應再評估翼牆補強(植筋量大)工法之可行性。</p>	<p>感謝委員意見。已於結論中補述，倘採用翼牆補強，其植筋深度較深，且植筋效果欠佳，建議採用方案一「擴柱補強」或拆除重建。</p>
<p>15.P24、P25 應補充補強與修復工程之比例，於報告書本文中，若超過 30%，應於本文中說明修復工程之必要性。</p>	<p>感謝委員意見。因本案混凝土氯離子含量偏高，其修繕及屋頂防水為減緩損壞惡化之必要作為。</p>
<p>16. 預算應寬列修復費用，並加入植筋拉拔試驗費用。</p>	<p>感謝委員意見。本報告之經費概算已包含植筋拉拔、混凝土抗壓試驗、鋼筋拉伸試驗等費用。</p>
<p>17. 應加入嚴重損壞照片，如鋼筋外露等，若無法補強則應重建。</p>	<p>感謝委員意見。現況損壞照片詳附件 7。另於報告結論中補述，建議可採拆除重建方式重新進行校園整體規劃。</p>

期末書面審查意見回覆

審查意見	回覆內容
1. 本文 P.25、26，針對氯離子過高造成鋼筋鏽蝕，建議另外於預算中增列修繕處理工項 (EX:鋼筋除鏽)。	感謝委員意見。預算中已將耐久性損壞之費用納入。細部工項，建議於補強設計階段再予詳列。
2. 本文 P.25、26，請評估辦公室補強是否影響網路及各式辦公設備，如有，請加入預算中。	感謝委員意見。預算中已將網路移線及復原費用等假設工程納入。細部工項，建議於補強設計階段再予詳列。
3. 本文 P.23，補強後耐震能力分析僅提供+X 向，應加入-X 向補強後分析結果。	感謝委員意見。補強後之耐震能力分析乃依正、負向中較弱之方向進行分析。
4. 附件 13、14，補強後程式分析結果僅提供+X 向，應補上-X 向分析結果。	感謝委員意見。補強後之耐震能力分析乃依正、負向中較弱之方向進行分析。
5. 附件 11，訪談紀錄中合格標準顯示為 0.22g，報告書本文中計算為 0.20g，應依正確 A_T 值修正。	感謝委員意見。訪談紀錄表中為誤植。報告書內容均為 0.2g。

一、建築物基本資料蒐集

1.1 建築物現況概述

本案進行耐震評估之校舍為澎湖縣烏嶼國民中學「辦公室」，位於澎湖縣白沙鄉烏嶼村1號(如圖1)，為地上一層、無地下室之加強磚造建築物，於民國82年開始興建(82澎府建許字第122號)，於民國83年竣工(83澎府建使字第74號)。校舍使用執照及原設計圖說詳附件一。本棟校舍為典型之一字型校舍，現作為辦公室使用。按建物使用執照，總樓地板面積為179.5 m²，總樓高為3.4m。

表 1.1 現況概述彙整表

項 目	內 容
構 造	加強磚造
興 建 年 代	82 年興建(82 澎府建許字第 122 號) 83 年竣工(83 澎府建使字第 74 號)
樓 層 數	地上一層、無地下室
總樓地板面積	地上 179.5 m ²
樓 層	1F
樓 層 高 度	3.4
用 途	活動中心(原設計)；辦公室(現況)



圖 1.1 校區位置圖

1.2 原始建築、結構設計圖說蒐集成果

經本事務所向校舍所有權人詢問後，本案留有原始建築設計圖說，詳附件一。

1.3 各樓層分期興建調查成果

本事務所經現場勘查結果，本棟標的物屬一期興建，於民國 82 年開始興建，民國 83 年竣工。

二、現況調查紀錄

2.1 現況外觀及鄰棟現況調查

澎湖縣烏嶼國民中學位於澎湖縣白沙鄉烏嶼村 1 號。本案標的物「辦公室」未與其他校舍相鄰。現況調查照片詳附件二。

2.2 結構尺寸調查記錄

本事務所經現場進行梁柱尺寸調查(照片詳附件三)，尺寸資料整理如下表：

表 2.1 構件尺寸量測對照表

樓層	構件編號	桿件型態	原圖說尺寸(cm)	量測尺寸	分析採用尺寸(cm)
1F	C2	柱正面	30*55	32	30*55
1F	C2	柱側面	30*55	62	30*55
1F	C2	柱正面	30*55	33	30*55
1F	CB1	樑深	30*55	48 (不含版厚)	30*55
1F	CB1	樑寬	30*55	33	30*55
1F	b	樑寬	20*55	23	20*55

表 2.2 梁柱構件主要尺寸表

	X 向	Y 向
標準跨度(m)	4.0	6.5
大梁主要尺寸(cm)	30*55	30*55
柱尺寸(cm)	30*55	
樓版厚度(cm)	15	
牆尺寸	1B 磚牆	

2.3 重繪建築及結構設計圖說

本事務所經現場調查及彙整後，重繪現況建築圖及結構圖詳附件四。

2.4 基礎形式

依原始建造執照圖說，本建築物基礎為獨立基腳。

2.5 鋼筋配置查核

鋼筋探測試驗目的，是為了探討鋼筋配置與設計圖說之差異程度，以作為耐震評估之參考。目前非破壞性檢測方法中，利用電磁波探測鋼筋最為廣泛，本案採用 HILTI-FS200 儀器進行試驗，抽樣探測梁柱鋼筋配置、間距及保護層厚度，共計 24 處。探測位置及結果詳附件五，比對結果如下表 2.3 所示。另，平均保護層深度約為 5.17cm。

表 2.3 鋼筋配置查核表

編號	探測位置	柱、梁 版、牆	主筋號數及 支數	箍筋號數及 間距	保護層深度 (含粉刷層)	原設計		分析使用		備註
			垂直向鋼筋 號數及間距	水平向鋼筋 號數及間距		主筋	箍筋	主筋	箍筋	
1	1F柱1		4-#6~#7	約#3@21cm	約5.5cm	4-#6	#3@20cm	4-#6	#3@20cm	C2側
2	1F柱2		2-#6~#7	約#3@21cm	約2.8cm	2-#6	#3@20cm	2-#6	#3@20cm	C2
3	1F柱3		2-#6~#7	約#3@19cm	約6.3cm	2-#6	#3@20cm	2-#6	#3@20cm	C2
4	1F柱4		2-#6~#7	約#3@20cm	約4.7cm	2-#6	#3@20cm	2-#6	#3@20cm	C2
5	1F柱5		4-#6~#7	約#3@13cm	約6.8cm	4-#6	#3@20cm	4-#6	#3@20cm	C2側
6	RFL梁1(端部)		2-#6~#7	約#3@12cm	約4.4cm	2-#6	#3@12cm	2-#6	#3@20cm	B2
7	RFL梁2(端部)		2-#6~#7	約#3@13cm	約4.5cm	2-#6	#3@12cm	2-#6	#3@20cm	B2
8	RFL梁3(端部)		3-#6~#7	約#3@21cm	約5.5cm	3-#6	#3@12cm	3-#6	#3@20cm	B2
9	RFL梁3(央部)		3-#6~#7	約#3@13cm	約4.7cm	3-#6	#3@20cm	3-#6	#3@20cm	B2
10	RFL梁4(端部)		1-#6~#7	約#3@14cm	約6.5cm	1-#6	#3@12cm	1-#6	#3@20cm	G2

2.6 地盤種類及近斷層調查

經查校方提供之地質鑽探報告，地層分佈狀況如下：

深度	N	地質狀況
G.L.-0.0m ~ G.L.-4.0m	17	白色砂質沉泥
G.L.-3.6m ~ G.L.-10.0m	>100	土色岩石層

$$N = \frac{\sum d_i}{\sum d_i / N_i} = \frac{30}{\frac{4}{17} + \frac{26}{100}} = 60.57 > 50$$

另依據最新耐震設計規範與解說，地盤依其堅實或軟弱程度分為三類，而地盤軟硬之界定，規範則建議依土層性質，藉由地表面下 30 公尺之土層平均特性決定之，其判斷方式可用「依工址地表面下 30 公尺內之土層平均剪力波速 \bar{V}_s 判斷」，並依下式進行判斷：

$$V_{s30} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n d_i / V_{si}}$$

第一類地盤(堅實地盤)： $V_{s30} \geq 270m/s$
 第二類地盤(普通地盤)： $180m/s \leq V_{s30} < 270m/s$
 第三類地盤(軟弱地盤)： $V_{s30} < 180m/s$

其中，

黏性土層：
$$V_{si} = \begin{cases} 120q_u^{0.36}; N_i < 2 \\ 100N_i^{1/3}; 2 \leq N_i \leq 25 \end{cases}$$

砂質土層
$$V_{si} = 80N_i^{1/3}; 1 \leq N_i \leq 50$$

V_{si} ：第 i 層土層之平均剪力波速(m/sec)

d_i ：第 i 層土層之厚度(m)

N_i ：各土層之標準貫入試驗 N 值，但不得大於 100

深度(m)	N	V _{si} (m/s)
0~4	17	205.7025
4~30	100	294.7225

$$V_{s30} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n d_i / V_{si}} = 278.6443 \text{ m/s}$$

依 100 年建築物耐震設計規範，可判定為第一類地盤。

另依 100 年建築物耐震設計規範及鄰近鑽探報告，本標的物無鄰近第一類活動斷層，故無需考慮近斷層效應。地質資料詳附件六。

三、建築物損害調查

3.1 現況損壞調查內容與方式

(1). 記錄與拍照原則：

對於建築物龜裂、混凝土裂縫、鋼筋暴露及銹蝕、滲水...等異常情形依序紀錄與拍照。

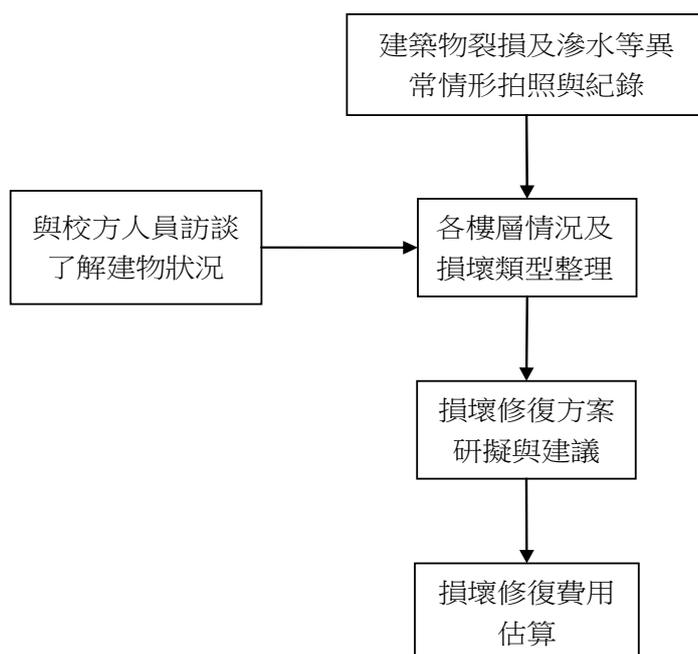
(2). 記錄方式：

技師對於標的物內部先行觀察，再以裂縫量尺及測尺現場丈量龜裂寬度及長度、剝落或異樣之範圍，以白板筆書寫目標照片位置之編號，並同時對於目標區範圍拍照存證，隨後於紀錄表內說明照片內容；同時繪製現場平面位置示意圖，並標示照片位置點。

(3). 記錄內容：

詳細紀錄牆、梁、柱、版、地坪、樓梯及裝飾面等目前損壞情形。對於結構體因其他目視所不及之隱蔽部份不能鑑定處，僅能對表面拍照存證並加以說明。

3.2 現況損壞調查工作流程



3.3 結構體損壞調查彙整

辦公室經目視檢查結果，建築物之柱有混凝土剝落狀況。現況損壞調查照片詳附件七。參考校方說明，本標的物業經多次修繕，裂縫仍持續發生。



3.4 構件受損比例

標的建築物之結構構件經詳細現場調查後，主結構 12 根柱中有 6 根柱有結構性裂損，其中 1 根柱可判斷為中度損傷，其餘屬輕度損傷。柱構件受損比例約為 50%。另樓版及樑均有多處沿鋼筋走向之裂縫。

本案混凝土中氯離子含量較高，現況亦有因鋼筋鏽蝕所造成之裂縫。分析時，乃將鋼筋號數降 1 號。



3.5 損壞修復建議

- (1). 裂縫寬度大於 0.3mm 以上者之梁、柱、剪力牆等結構性構材修復，以壓力灌注法灌入環氧樹脂(Epoxy)填補裂縫修復後，再以環氧樹脂砂漿填補受損

剝落部份。

- (2). 裂縫寬度小於 0.3mm 以下者之梁、柱、牆等修復方式，可採用重新補土後粉刷處理。
- (3). 地坪之修復：受損嚴重部份可敲除依原飾面材料重做；受損輕微者，可採用局部整修方式處理。
- (4). 牆之修復：受損嚴重部份應敲除重做；受損輕微者，可採用局部整修方式處理。
- (5). 外牆滲水之修復：找出滲水位置，先依上述第(一)項及第(二)項原則將其裂縫修補後，再行施作建物外牆之防水處理，惟外牆滲水之修復施工需由外部搭設鷹架為宜。
- (6). 牆及平頂滲水之修復：找出滲水位置，再依上述第(一)項及第(二)項原則處理。
- (7). 牆、柱或地坪磁磚剝落之修復：敲除尚未剝落磁磚(若有必要時)之表面層再以原飾面之材料修復之。
- (8). 門、窗受損嚴重部份，無法予以修復者，建議敲除重做；受損輕微者，可採用局部修理方式處理。
- (9). 主建物與土壤接合介面分離處建議採灌漿方式予以填實。
- (10). 部分裂縫寬度大於 0.3mm 以上之磚牆修復，建議以壓力灌注法灌入超細粒無收縮水泥(micro-cementation non-shrinkage grout)填補裂縫修復後，重新補土後粉刷處理或貼磁磚(依其恢復原現況為處理原則)。
- (11). 補強施工建議委由專業廠商辦理，結構補強設計及監造建議委由專業技師辦理。

四、材料試驗及材料強度判斷

4.1 鑽心取樣及位置

本案建築物總計取 4 個試體（並於鑽孔位置回補無收縮水泥砂漿），於現場進行鑽心取樣，並進行中性化試驗，另於實驗室進行抗壓強度及水溶性氯離子含量檢測。鑽心取樣位置圖及混凝土系列相關檢測報告詳附件八。

4.2 抗壓強度試驗

依據「結構混凝土施工規範」第十八章第 18.5.5 節規定【鑽心試體合格之標準為同組試體之平均強度不低於規定強度 f_c' 之 85%，且任一試體之強度不低於規定強度 f_c' 之 75%。】本案混凝土之規定強度為 $f_c'=210\text{kgf/cm}^2$ ；故 $0.85\times f_c'=178.50\text{kgf/cm}^2$ 及 $0.75\times f_c'=157.50\text{kgf/cm}^2$ ；混凝土鑽心圓柱試體抗壓強度經整理如下表所示：

項次	樓層別	試體編號	試驗抗壓強度 kgf/cm^2	平均強度 (kgf/cm^2)	最小強度/0.75 (kgf/cm^2)	原設計強度 kgf/cm^2	耐震評估抗壓強度採用值 kgf/cm^2
1	1FL	1	131	144.3	174.7	210	144.3
2	1FL	2	175		233.3		
3	1FL	3	154		205.3		
4	1FL	4	117		156.0		

4.3 混凝土中性化試驗

混凝土硬化過程中，水和水泥會起水化作用而產成鹼性之氫氧化鈣，在鋼筋表面形成鈍化膜(Fe_2O_3)保護鋼筋不生銹。當混凝土材料暴露在大氣中，尤其是工業污染環境下，二氧化硫或二氧化碳會侵入混凝土和氫氧化鈣起反應，生成溶解性較低呈中性的碳酸鈣，會使混凝土 pH 值慢慢降低，由原來鹼性降低到接近中性之 pH9 左右，即混凝土碳化作用，一般稱為混凝土中性化。

主要之傷害係能分解混凝土強度提供者膠體，以致於降低混凝土之強度，若繼續碳化，則碳酸鈣會轉變成溶解性較高的碳酸氫鈣，析出混凝土而增加混凝土的孔隙，亦會使裂縫加寬，致使鋼筋易受腐蝕。

混凝土在發生中性化過程，是由表面漸漸向內侵入，當中性化到鋼筋時，鋼筋則失去混凝土保護而有生銹疑慮。混凝土中性化程度目的即在測知混凝土目前 pH 值降低情形及範圍深度。現場係以鑽取之混凝土試體，待試體乾燥隨即以酚鈦試液噴灑於試體表面，呈粉紅色為鹼性，無色則為中性，量取鑽心試體未變色部份深度即所謂中性化深度，下表中性化深度均已扣除粉刷層，試驗結果詳附件八及統計如下表所示：

表 4.1 混凝土鑽心試體中性化試驗統計表

項次	樓層別	試體編號	中性化深度 (cm)	保護層厚度 (cm)	檢核
1	1FL	1	0.1	4.0	OK
2	1FL	2	0.1	4.0	OK
3	1FL	3	0.1	4.0	OK
4	1FL	4	0.1	4.0	OK

由中性化深度試驗結果顯示 4 顆試體之中性化深度平均為 0.1cm，試體中性化深度均未超過規範梁、柱鋼筋保護層之 4cm 之規定，亦小於實際保護層深度 5.17cm。

4.4 氯離子含量檢測

本事務所委託台灣聯合材料實驗研究中心至現場辦理混凝土鑽心試體取樣後，取一樓之混凝土鑽心試樣施作混凝土氯離子含量試驗，試驗結果詳附件八及下表所示。本棟建築物氯離子含量結果顯示，本次取樣之 4 處混凝土試驗氯離子含量均超過 CNS3090 規定之範圍。本案標的物共 12 根柱，其中 6 根柱有明顯開裂，其中 1 根柱可判斷為中度損傷，其餘屬輕度損傷。依現況損壞，研判其原因乃氯離子含量偏高，鋼筋鏽蝕後膨脹造成混凝土開裂。

表 4.3 混凝土鑽心試體氯離子含量試驗統計表

項次	樓層別	試體編號	氯離子含量 (kg/m ³)	CNS3090 規定	檢核
				0.15kg/m ³	
1	1FL	1	2.714	0.15	NG
2	1FL	2	2.558	0.15	NG

3	1FL	3	2.590	0.15	NG
4	1FL	4	2.489	0.15	NG

4.5 鋼筋強度

由於鋼筋之變異性較小，且為避免造成梁、柱之結構傷害，因此並未進行鋼筋之取樣及拉伸試驗。本案於耐震評估分析時，將依原設計值取鋼筋強度為 2800 kgf/cm²。

4.6 磚強度

磚牆係以模擬等值斜撐方式計算耐震分析，依內政部建築研究所「鋼筋混凝土建築物耐震能力評估法及推廣」建議，其強度如下，砂漿單軸抗壓強度為 100kgf/cm²(窗台部份採 150kgf/cm²)，紅磚單軸抗壓強度採用 150kgf/cm²作為分析之用。

1B 磚隔間牆依國家地震工程研究中心建議磚牆分析時砂漿單軸抗壓強度可採用 100 kgf/cm²。但針對 1B 磚牆窗台、高窗之砂漿單軸抗壓強度，為保守計，採用 150 kgf/cm²。1/2B 磚牆則不納入耐震評估分析。

五、結構物基本分析資料

5.1 結構物概述

本案進行耐震評估之校舍為澎湖縣烏嶼國民中學「辦公室」，位於澎湖縣白沙鄉烏嶼村1號，為地上一層、無地下室之鋼筋混凝土造建築物，於民國82年開始興建(82澎府建許字第122號)，於民國83年竣工(83澎府建使字第74號)。本棟校舍為典型之一字型校舍，現作為辦公室使用。按建物使用執照，總樓地板面積為179.5 m²，總樓高為3.4m。參考原設計圖說，基礎為獨立基腳及繫梁。柱尺寸為30cmX55cm，梁尺寸為30cmX55cm。

5.2 結構材料規格

鋼筋強度：由於鋼筋之變異性較小，且避免造成梁柱結構傷害，故未進行鋼筋取樣及拉伸試驗，因此耐震評估分析時採用鋼筋強度為 $f_y=2800 \text{ kgf/cm}^2$ 。

磚強度：砂漿單軸抗壓強度為 100 kgf/cm^2 (窗台部份採 150 kgf/cm^2)，紅磚單軸抗壓強度採用 150 kgf/cm^2 作為分析之用。1B隔間磚牆分析時砂漿單軸抗壓強度採用 100 kgf/cm^2 ；1B磚牆窗台、高窗之砂漿單軸抗壓強度採用 150 kgf/cm^2 以上。

混凝土強度：依試驗結果，採用值如下表所示：

樓層	混凝土平均強度(kgf/cm ²)	混凝土分析採用強度(kgf/cm ²)
1F	144.3	144.3

5.3 樓層載重計算

樓層活載重表(依據建築技術規則構造篇)

樓層	活重(tf/m ²)
RF	0.3(RC屋頂)

5.4 基地地盤分類及近斷層

依第二章調查資料得知，本標的物所處地盤為第一類地盤，所處之地震微分區為澎湖縣白沙鄉，且標的物無鄰近第一類活動斷層。

5.5 建築物基本震動周期

本案建築物之現況耐震能力評估，以考慮原結構設計之梁柱抗彎矩構架及既有非結構牆之電腦分析模式辦理耐震能力評估工作。

結構基本週期 (含經驗值及動力分析值)

經驗公式之週期：

$$T_{\text{code},x} = 0.07Hn^{0.75} = 0.07*3.4^{0.75} = 0.175 \text{ 秒}$$

$$T_{\text{code},y} = 0.05Hn^{0.75} = 0.05*3.4^{0.75} = 0.125 \text{ 秒}$$

動力分析之週期：

$$T_x = 0.8615 \text{ 秒}$$

$$T_y = 0.5454 \text{ 秒}$$

5.6 磚牆及 RC 牆模擬方式

(1) 若翼牆與窗台同時存在時以模擬窗台分析為主：

由台灣地區歷年地震災害顯示窗台不易損壞，若僅單獨模擬翼牆存在，分析結果不易顯示其旁柱之破壞。故分析時，乃以模擬窗台分析為主，若能同時模擬翼牆與窗台更佳。

(2) 1B 磚牆須注意模擬及分析方式：

1B 磚牆重量須計入樓層重量及地震力之計算。由於 1B 磚牆旁的柱及教室窗台旁中間柱之軸力狀態及塑鉸能力之不同。但是 ETABS 輸入時樓板重量不宜含 1B 磚牆重；磚牆載重模擬，需區分：(a) 1B 磚隔間牆未中斷狀況；及 (b) 1B 磚隔間牆中斷狀況。

(3) 1/2B 磚牆模擬及分析方式：1/2B 教室隔間牆不納入分析，1/2B 窗台牆需納入分析。

六、現況耐震能力評估

6.1 分析方法及結構模擬

本耐震詳細評估工作依據國家地震工程研究中心「校舍結構耐震評估及補強技術手冊」中建議的方法，配合 ETABS 結構應用軟體的非線性靜力側推分析 (PUSHOVER ANALYSIS) 進行標的物的耐震能力評估。

本標的物屬「一般教室」用途之建築物， $I=1.25$ ，故根據此手冊規定在 475 年回歸期設計地震作用下之結構內力反應不得超過最大強度 V_{\max} (強度準則)，且任一樓層之最大層間變位角不得大於 2% (位移準則)，以及不容許有任一構件發生軸力破壞 (軸力破壞準則)，如下表所示：

用途分類	性能目標地表加速度 A_p			475 年設計地震等效地表加速度 A_T
	強度準則 (結構最大強度)	位移準則 (最大樓層位移比) D_R^T	垂直承載構件軸向破壞準則(柱、牆)	
I=1.25 第三類建築	V_{\max}	$D_R^T \leq 2\%$	1. 柱彎矩塑鉸超過 D 點 (取 C-D 間)	$0.4S_{DS}$
I=1.50 緊急避難用	$0.8V_{\max}^-$	$D_R^T \leq 1\%$	2. 柱剪力塑鉸超過 C 點 (取 B-C 間) 3. 四面圍束磚牆軸力塑鉸 超過 E 點(取 D-E 間)	$0.4S_{DS}$

分析過程為藉由側推分析求得該結構基底剪力 V 與屋頂位移 Δ_{roof} 之容量曲線，並藉由此容量曲線求取目標性能點 P_1 ，其中若此結構在所有樓層之最大層間變位角均未達 2% 之前，其基底剪力已達最大基底剪力強度 (V_{\max})，則將定義基底剪力達到最大基底剪力強度 (V_{\max}) 之性能點為目標性能點 P_1 (強度準則控制)，若此結構在基底剪力尚未達到最大基底剪力強度 (V_{\max}) 之前，任一樓層之最大層間變位角已達 2%，則將定義該樓層最大層間變位角達 2% 之性能點為目標性能點 P_1 (位移準則控制)，再藉由該結構之容量曲線轉換成等效單自由度系統之容量震譜，進而轉換為該結構之耐震性能曲線，並求得與目標性能點 P_1 相對應之地表加速度 A_p 值。

最後須再檢核當性能目標由最大基底剪力強度 (V_{\max}) 或最大層間變位角 2% 時所

控制之性能目標點發生時，是否有任一構件發生軸力破壞，若無任一構件發生軸力破壞，則該性能目標點 P_1 所對應之地表加速度 A_p 值即為所求；而若有任一構件發生軸力破壞時，則性能目標須回推至尚無任一構件發生軸力破壞時之目標性能點 P_1 (軸力破壞準則控制)，而以該點來計算相對應之地表加速度 A_p 值。

分析步驟如下：

- a. 採用商用軟體 ETABS 8.5.4 版本建立建築物的數值模型。
- b. 採用國家地震中心發展程式(NCREE V.1.11.30)進行構件非線性鉸之計算。
- c. 考慮構件之非線性鉸，於 ETABS 8.5.4 中進行側推分析(Pushover Analysis)，獲得建築物之容量曲線(V- Δ roof 曲線)。
- d. 將建築物之容量曲線透過國家地震中心發展程式(PGA.exe)轉換為容量震譜，得性能目標地表加速度。

6.2 耐震合格標準

本案標的物座落於澎湖縣白沙鄉，工址地震微分區屬澎湖縣白沙鄉，依 100 年建築物耐震設計規範之表 2-1 可得 $S_S^D=0.5$ ， $S_1^D=0.3$ ，查規範表 2-2(a)及 2-2(b)可得 $F_a=1.0$ ， $F_v=1.0$ 故 $S_{DS}=F_a \times S_S^D=1.0 \times 0.5=0.5$ ， $S_{D1}=F_v \times S_1^D=1.0 \times 0.3=0.3$ 。由 $S_{DS}=0.50$ ， **$A_T=0.4 \times S_{DS}=0.20g$** 。故若目標性能點 P_1 相對應之地表加速度 A_p 值大於設計地震等效地表加速度 A_T 值，表示本案校舍結構符合耐震性能目標；反之，則需進行結構補強。

表 6.1 本案性能目標標準

本案性能目標標準	
強度準則	V_{max}
位移準則	最大層間變位角 2 %
軸力破壞準則	不允許軸力構件發生破壞

表 6.2 短週期結構之工址放大係數 Fa (線性內插求值)

地盤分類	震區短週期水平譜加速度係數 S_S (S_S^D 或 S_S^M)				
	$S_S \leq 0.5$	$S_S = 0.6$	$S_S = 0.7$	$S_S = 0.8$	$S_S \geq 0.9$
第一類地盤	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
第二類地盤	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
第三類地盤	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0

表 6.3 長週期結構之工址放大係數 Fv (線性內插求值)

地盤分類	震區短週期水平譜加速度係數 S_I (S_I^D 或 S_I^M)				
	$S_I \leq 0.30$	$S_I = 0.35$	$S_I = 0.40$	$S_I = 0.45$	$S_I \geq 0.50$
第一類地盤	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
第二類地盤	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1
第三類地盤	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4

6.3 現況耐震能力評估

主體建築物現況耐震能力評估結果，彙整如下表：

I=1.25	+X 方向	-X 方向	+Y 方向	-Y 方向
性能點之屋頂最大位移 Disp.(cm)	6.503	6.5674	2.1738	2.1831
性能點之等校阻尼比 $\beta_{eq}(\%)$	6.78	6.84	7.81	7.85
性能點之等校基本周期 $T_{eq}(\text{sec})$	1.04	1.076	0.433	0.434
性能點之基底剪力 V(kgf)	91931.5	87087.9	177844	177816
1F 層間變位角(%)	1.91	1.93	0.52	0.52
性能目標地表加速度 $A_p(g)$	0.182	0.179	0.221	0.221
控制之步數：	6	6	2	2
控制之準則	強度	位移	強度	強度
耐震需求(Demand, $0.4S_{SD}(g)$):	0.2	0.2	0.2	0.2
是否符合耐震需求：	不合格	不合格	合格	合格
本案之耐震容量(Capacity)(g):	0.179			
本案之耐震容量需求比 (Capacity/Demand):	0.895			
本案之基底剪力及自重比(V/W):	0.2408	0.2281	0.4659	0.4658

6.4 評估結果綜合判斷及建築物繼續使用應注意事項

本案建築物現況之 X 向最小耐震能力 $A_{PX}=0.179g$ ，小於耐震設計規範要求之 $A_T=0.2g$ ，耐震安全將有疑慮，必須辦理結構補強；Y 向現況最小耐震能力 $A_{PY}=0.221g$ ，大於耐震設計規範要求之 $A_T=0.20g$ ，不需補強。

七、結構耐震補強方案

7.1 結構補強工法概述

一般結構物之耐震補強工法繁多，大致可分為下列方法：

- (1). 補強建築物結構元件：擴大原有梁斷面補強、RC 梁之下緣貼片包覆補強、擴大原有柱斷面補強、既有柱貼片包覆補強、既有柱增設翼牆、既有 RC 牆加厚或碳纖布包覆、增設耐震 RC 剪力牆、改善柱可變形長度等。
- (2). 改善建築物結構系統：增設耐力構架、增設 RC 翼牆、增設 RC 剪力牆或加厚原有剪力牆、增設 PC 版或鋼板等之補強壁體、增設含鋼骨斜撐之 X 型、K 型或◇型框架、基礎或地盤改良、增設連續壁或群樁、基樁本身之補強等。
- (3). 降低建築物設計地震力：減輕重量、增設制震裝置、增設隔震裝置等。

然而，並非所有補強工法均適用於校舍建築，設計者應考量實際情況，選擇合適的工法。本報告建議適用於校舍結構耐震補強之工法有擴柱補強、增設 RC 翼牆補強、增設 RC 剪力牆補強以及隔間牆複合柱補強，這些工法均經過國家地震中心的實驗室及現地實驗測試驗證，證實為適用校舍耐震補強之可行工法，簡介如下：

7.1.1 擴柱補強

擴大柱斷面補強乃增加結構構件面積之補強方式，可提高補強構件的承載能力與構件剛度，改善其耐震性能，該方法可增加柱剪力強度，同時又可提升撓曲強度、軸向強度，因而對韌性亦有補強，係屬強度及韌性同時補強的工法。雖然擴柱補強可同時提升強度及韌性，但是進行初步設計時，可單純以提升強度為考量，視提升韌性為額外貢獻。補強示意圖如下圖 7.1 所示：

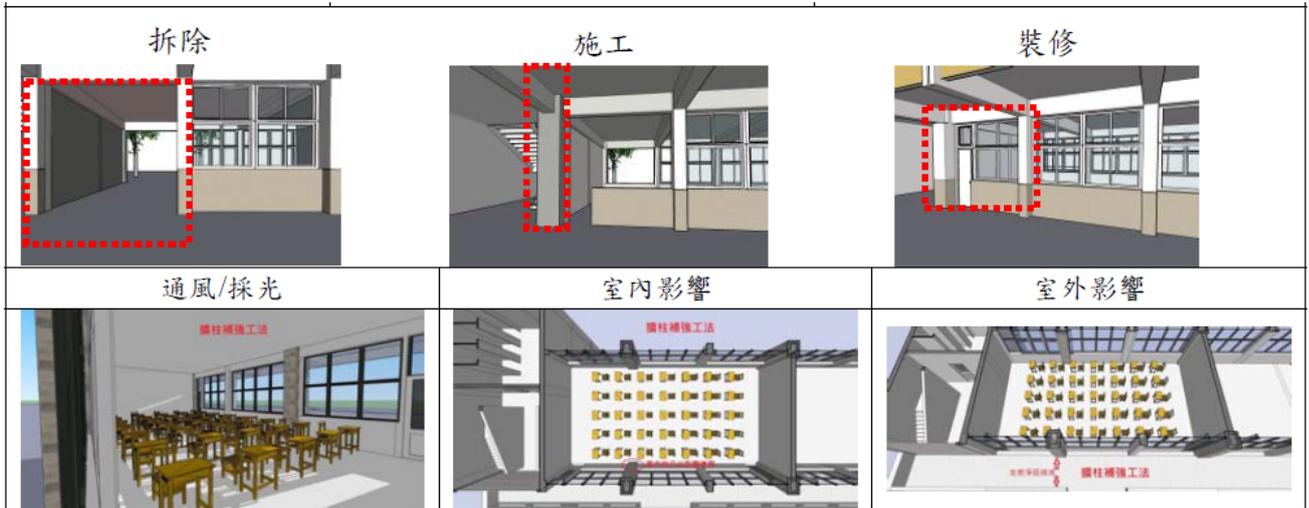


圖 7.1 擴柱補強斷面示意圖

7.1.2 翼牆補強

增設翼牆補強乃在結構物弱向增加翼牆的方式進行補強，提高整體結構物在耐震能力不足方向上的強度，以抵抗地震力。此補強方法為將既有獨立柱改變為附加 RC 翼牆之柱以增加其強度與勁度。然而，即使柱之耐震性能可藉由增設翼牆的方式提升，但破壞模式可能由原來的強梁弱柱型式轉換為由既有梁之破壞所控制，因此設計時須檢核既有梁的斷面強度，應避免因增設翼牆降低梁之有效長度，而導致梁產生脆性剪力破壞。

增設翼牆補強可提高柱構件的剪力強度與勁度，同時又因改變結構系統，將原有柱構件剪力破壞模式轉移到梁非線性鉸撓曲破壞模式，進而提升整體結構韌性表現，係屬強度補強的原則。本補強工法適合用於強梁弱柱或具有軟弱底層的結構型式，當柱以剪力破壞模式來抵抗側向力時，此補強方法可藉由直接提升柱剪力強度來提供足夠側向承载力；此外當柱以撓剪破壞控制且其韌性不足時，或補強柱韌性對於耐震性能亦無有效提升時，此補強方法即適用於改善結構系統，將破壞機制由柱轉移到梁，進而提升耐震性能；補強示意圖如下圖 7.2 所示：

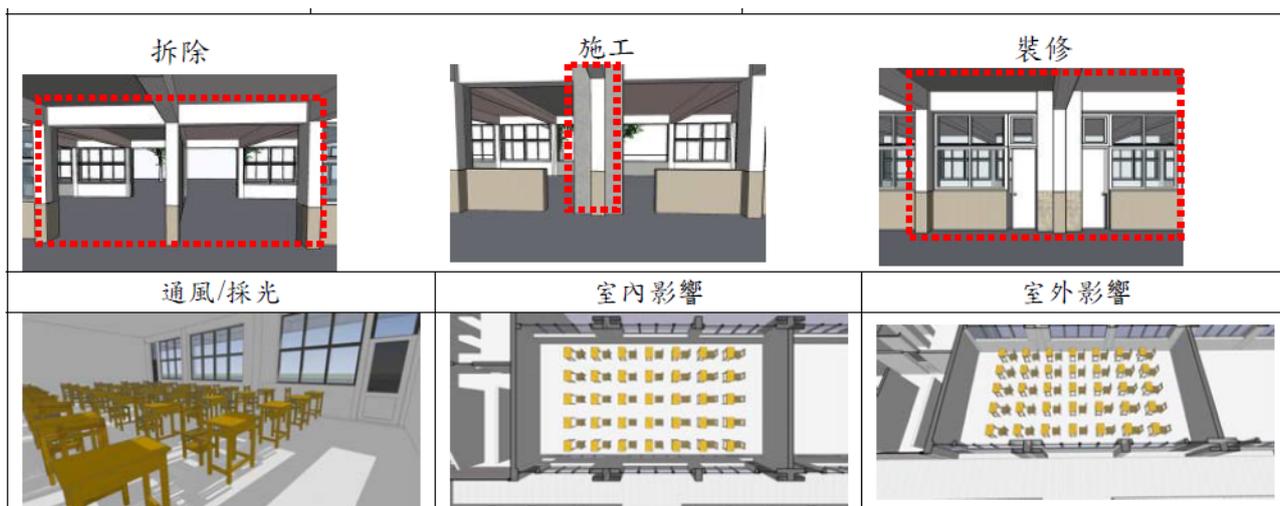


圖 7.2 翼牆補強斷面示意圖

7.1.3 剪力牆補強

對於耐震性能明顯不足之校舍，可採用增設 RC 剪力牆補強方式來提升結構物之整體強度，由於剪力牆具有很高的強度與勁度，因此對於抗側力強度需求高的老舊校舍，有極佳的補強效果。然而，也因為剪力牆具有很高的強度與勁度，因此剪力牆的配置位置就顯得相當重要，尤其當建築物具有軟弱底層或是質心與剛心具有較大之偏心量時，就相當適合採用剪力牆來改善結構抗側力系統平立面分布之均勻性。

增設剪力牆補強可提高整體結構抗側力強度，同時又可改善結構系統，排除軟弱底層之破壞模式，更可降低因結構平面偏心所造成的扭轉效應，係屬強度補強的原則；補強示意圖如下圖 7.3 所示：

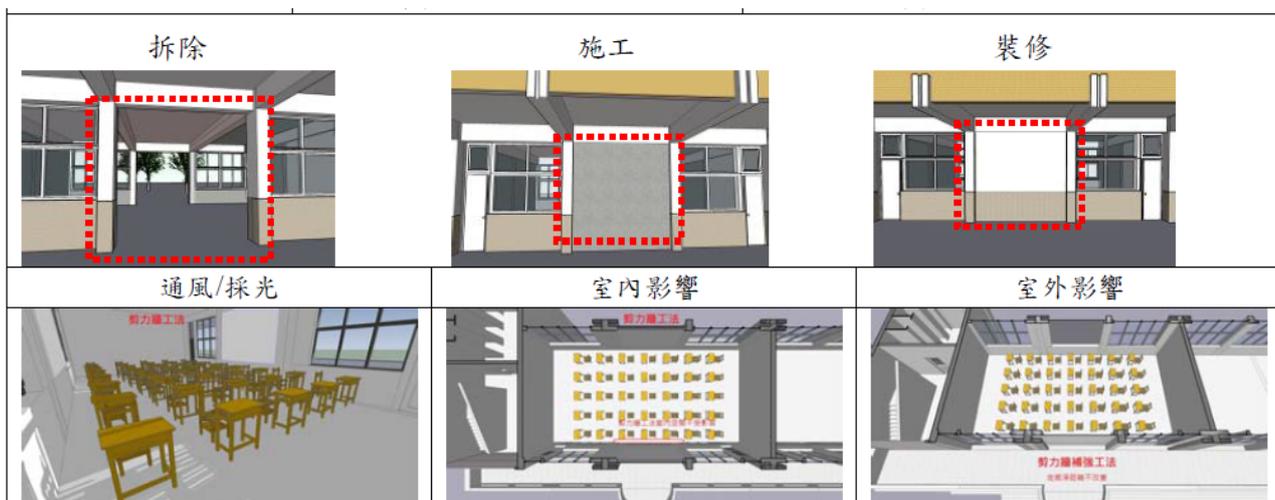


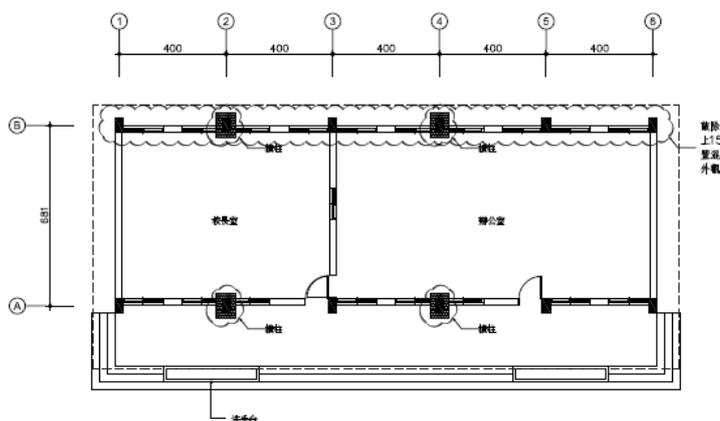
圖 7.3 剪力牆補強斷面示意圖

7.2 校方訪談過程

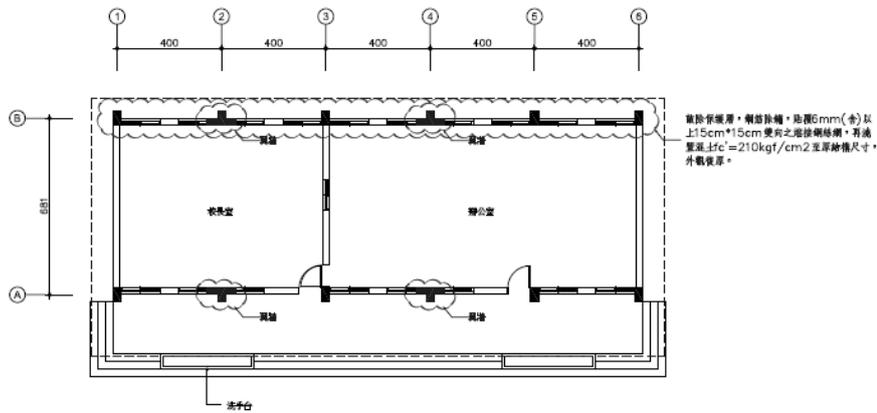
本事務所於 104 年 12 月 7 日及 12 月 29 日至標的物進行現地勘察，針對標的物之原設計圖說進行彙整，另針對標的物之損壞及過去曾有之修繕狀況進行瞭解。

經現地勘察後，確認本棟「辦公室」為同期興建，現況有部份柱、梁及版構件有因鋼筋鏽蝕膨脹之破壞。建議未來若進行補強時，除補強構件外，應將開裂之梁、柱、版進行除鏽，以提昇校舍之耐久性。

對於未來補強施作工法及位置，依現況耐震能力分析結果，本事務所建議可採 (1)擴柱補強；(2)單側翼牆補強，補強位置如下：



□ 為興國中辦公室補強方案一樓層平面圖 S:1/100



1 為興國中辦公室補強方案二壹層平面圖 S:1/100

7.3 補強建議方案與補強後結構耐震能力評估

針對前揭補強位置，重新計算其補強後之耐震能力，彙整如下：

I=1.25	方案一 X 方向	方案二 X 方向
性能點之屋頂最大位移 Disp.(cm)	6.3297	6.1614
性能點之等校阻尼比 $\beta_{eq}(\%)$	9.09	9.085
性能點之等校基本周期 $T_{eq}(\text{sec})$	0.73	0.739
性能點之基底剪力 V(kgf)	184881	174793
1F 層間變位角(%)	1.85	1.80
性能目標地表加速度 $A_p(g)$	0.28	0.269
控制之步數：	9	8
控制之準則	強度	強度
耐震需求(Demand,0.4S _{SD})(g)：	0.20	0.20
是否符合耐震需求：	合格	合格
本案之耐震容量(Capacity)(g)：	0.269	
本案之耐震容量需求比 (Capacity/Demand)：	1.345	
本案之基底剪力及自重比(V/W)：	0.4777	0.4542

7.4 耐久性損壞修復方式

本案氯離子含量遠比規定 0.15kg/m³ 高出許多，建議校方可將混凝土全數打除，重新補足鋼筋後，重新澆置混凝土，惟此方式所需經費甚大。另針對建築物其它破壞現象及受損龜裂梁、柱、板結構元件，依破壞程度，以修復工法作修補，修復工法主要分述如下：

(1) 損壞修復類型 TYPE-A

【Epoxy 低壓裂縫灌注】

- a. 構材之損壞情形：裂縫寬度 3mm 以下之結構性裂縫。
- b. 適用：鋼筋混凝土構材之梁、柱、頂版、地版、RC 牆。

(2) 損壞修復類型 TYPE-B

【澆置新拌混凝土】

- a. 構材之損壞情形：混凝土裂縫寬度大於 3 mm 之結構性裂縫。
- b. 適用：鋼筋混凝土構材之梁、柱、頂版、地版、RC 牆。

(3) 損壞修復類型 TYPE-C

【V 型槽陽離子樹脂砂漿填補】

- a. 構材之損壞情形：裂縫寬度 0.2mm 以上之磚牆裂縫。
- b. 適用：磚牆。

(4) 損壞修復類型 TYPE-D

【塗佈壓克力系油漆】

- a. 構材之損壞情形：混凝土表面油漆脫落。
- b. 適用：頂版、梁、柱、牆。

(5) 損壞修復類型 TYPE-E

【壓克力系樹脂砂漿修補】

- a. 構材之損壞情形：混凝土滲水、白華現象。
- b. 適用：鋼筋混凝土構材之梁、柱、頂版、地版、RC 牆。

(6)損壞修復類型 TYPE-F

【鋼筋除鏽和陽離子樹脂沙漿回補】

- a.構材之損壞情形：鋼筋銹蝕。
- b.適用：鋼筋混凝土構材之梁、柱、樓版、RC 牆。

(7)損壞修復類型 TYPE-G

【陽離子樹脂砂漿回補】

- a.構材之損壞情形：被覆層剝落。
- b.適用：鋼筋混凝土構材之梁、柱、頂版、地板、RC 牆或磚牆。

(8)損壞修復類型 TYPE-H

【防水工程】

- a.構材之損壞情形：漏水現象修復。
- b.適用：地板。

7.5 補強經費估算及建議

針對(1)擴柱補強及(2)單側翼牆補強，其補強經費概估如下：

工程預算 (方案一：擴柱工法)						
鳥嶼國中 辦公室			總樓地板面積(m ²): 179.5			
項 目	名 稱	單 位	數 量	單 價	複 價	備 註
甲、	施工費					
一、	擴柱工法					
1	擴柱	處	4	200,000	800,000	(含材料試驗費用)
2	基礎補強	處	4	150,000	600,000	
3	屋頂防水工程	處	179.5	1,400	251,300	
4	修繕工程	式	1	250,000	250,000	(含白華及裂縫等處理)
	小 計				1,901,300	
二、	配合結構體補強外觀修復費	式	1	40,000	40,000	(包含窗戶地坪天花板復原)
三、	水電管線現況修繕及復舊費	式	1	40,000	40,000	
四、	假設工程費(含運費)	式	1	300,000	300,000	
五、	施工品質管制作業費	式	1		22,813	約一至四項之1%
六、	勞工安全衛生及設備費	式	1		22,813	約一至四項之1%
七、	營造綜合保險費	式	1		13,688	約一至四項之0.6%
八、	包商管理及利潤	式	1		136,878	約一至四項之7%
九、	稅捐	式	1		117,031	約一至七項之5%
十、	施工費合計(一~九項)				2,594,522	
乙、	空氣污染防制費	式	1		7,784	約為施工費之0.3%
丙、	委託規劃設計費	式	1		85,619	約為施工費之6%x55%
丁、	施工監造服務費	式	1		70,052	約為施工費之6%x45%
戊、	主辦機關工程管理費	式	1		77,836	約為施工費之3%
	總計(甲~戊項)				2,835,813	
	補強單位造價	元/m ²			15,798	

註：倘採用擴柱補強工法，補強與修復工程之比例為 2.8:1，補強工程佔總工程費之 73.7%，補強工程費用尚未超過總工程費之 30%。

工程預算(方案二：增設RC翼牆)						
鳥嶼國中 辦公室			總樓地板面積(m ²)： 179.5			
項 目	名 稱	單 位	數 量	單 價	複 價	備 註
甲、	施工費					
一、	增設翼牆					
1	單側翼牆	處	4	250,000	1,000,000	(含材料試驗及植筋拉拔)
2	屋頂防水工程	處	179.5	1,400	251,300	
3	修繕工程	式	1	250,000	250,000	(含白華及裂縫等處理)
	小 計				1,501,300	
二、	配合結構體補強外觀修復費	式	1	40,000	40,000	
三、	水電管線現況修繕及復舊費	式	1	40,000	40,000	
四、	假設工程費(含運費)	式	1	300,000	300,000	
五、	施工品質管制作業費	式	1		18,813	約一至四項之1%
六、	勞工安全衛生及設備費	式	1		18,813	約一至四項之1%
七、	營造綜合保險費	式	1		11,288	約一至四項之0.6%
八、	包商管理及利潤	式	1		112,878	約一至四項之7%
九、	稅捐	式	1		96,511	約一至七項之5%
十、	施工費合計(一~九項)				2,139,602	
乙、	空氣污染防制費	式	1		6,419	約為施工費之0.3%
丙、	委託規劃設計費	式	1		70,607	約為施工費之6% \times 55%
丁、	施工監造服務費	式	1		57,769	約為施工費之6% \times 45%
戊、	主辦機關工程管理費	式	1		64,188	約為施工費之3%
	總計(甲~戊項)				2,338,586	
	補強單位造價	元/m ²			13,028	

註：倘採用翼牆補強工法，補強與修復工程之比例為 2:1，補強工程佔總工程費之 66.67%，補強工程費用超過總工程費之 30%。因本案混凝土氯離子含量偏高，其修繕及屋頂防水為減緩損壞惡化之必要作為。

本案總樓地板面積為 179.5m²，倘以原樓地板面積重建，重建之單價採 40,000 元/m² 計算，其重建經費約需 7,180,000 元。若以擴柱補強，則其補強經費約為重建經費之 40%；若以 RC 翼牆補強，其補強經費約為重建經費之 32.5%。

八、結論與建議

1. 本標的物之中性化深度約 0.1cm，混凝土平均抗壓強度 $f'_c=144.3 \text{ kgf/cm}^2$ ，分析時採用(1)樓層平均抗壓強度；(2)最小強度/0.75；(3)原設計強度中之最小值，1FL 取為 $f'_c=144.3 \text{ kgf/cm}^2$ 。
2. 標的物所取樣 4 處混凝土試體之氯離子含量均超過規範值。

項次	樓層別	試體編號	試驗抗壓強度 kgf/cm ²	中性化深度 (cm)	氯離子含量 (kg/m ³)
1	1FL	1	131	0.1	2.714
2	1FL	2	175	0.1	2.558
3	1FL	3	154	0.1	2.590
4	1FL	4	117	0.1	2.489

3. 本案建築物現況之 X 向最小耐震能力 $A_{PX}=0.179g$ ，小於耐震設計規範要求之 $A_T=0.20g$ ，耐震安全將有疑慮，必須辦理結構補強；Y 向現況最小耐震能力 $A_{PY}=0.221g$ ，大於耐震設計規範要求之 $A_T=0.20g$ ，不需補強。故本案之耐震容量需求比(CDR)為 0.895。
4. 為使耐震能力能達到要求，依現場現況及考慮安全、施工容易度、且不影響使用機能及美觀等原則下，初步規畫採用以下二種方案，較符合建物現況之補強可行性：
方案一：採「擴柱補強」方式，以提升建築物 X 向及 Y 向之勁度及強度。補強後之耐震能力可提升 A_p 值為 0.28g(耐震容量需求比 CDR 為 1.4)，所需經費約 2,860,674 元，補強單位造價為 15,937 元/m²。
方案二：採「翼牆補強工法」，以提升建築物 X 向之勁度及強度。補強後之耐震能力可提升 A_p 值為 0.269g(耐震容量需求比 CDR 為 1.345)，所需經費約 2,338,586 元，補強單位造價為 13,028 元/m²。
5. 本案因位處離島且現況耐久性損壞嚴重，適合補強工程使用之砂石料成本高，工程用水及來源不易取得，且需再加計工程運輸成本，致使補強工程

單位面積造價較高。

6. 重建之單價採 40,000 元/m² 計算。本案總樓地板面積為 179.5m²，倘以原樓地板面積重建，其重建經費約需 7,180,000 元。若以擴柱補強，則其補強經費約為重建經費之 40%；若以單側翼牆補強，其補強經費約為重建經費之 32.5%。
7. 因本案與鄰棟(廚房、中年級教室)均有混凝土中氯離子含量偏高，現況耐久性損壞嚴重，其單位面積補強經費亦高，建議可考慮校園重新規劃，將本與鄰棟(廚房、中年級教室)一併拆除重建。
8. 因混凝土強度偏低，倘採用翼牆補強工法，其植筋深度需較深，植筋效果亦較差。倘本案無法拆除重建，建議採用方案一「擴柱補強」工法，使建築物之耐震能力提昇。惟耐久性損壞仍會持續發生。
9. 現況柱、梁、版均有混凝土剝落及鋼筋外露鏽蝕等破壞，未來進行補強工程時，應優先進行補強。
10. 本評估報告係評估結構物之性能目標地表加速度 A_p 值，因此結構補強之原則為大震不倒，惟無法保證結構體、設備及桿件等不會受損，若規範要求提高或結構有所異動時，應重新評估其耐震安全性。
11. 整體建築物須特別注意止水及排水，若有結構裂損及滲水現象發生時，應立即排除。本案建築物結構元件裂損之修復方法建議如下：
 - a. 梁柱之裂縫大於 0.3mm 者，宜以低壓灌注法灌入環氧樹脂填補以恢復原狀，俾防止水份滲入造成鋼筋銹蝕；對於微裂部份，可重新粉刷或油漆。
 - b. 其他牆及頂版裂縫之修復，可將其表層砂漿粉刷層敲除並以水泥砂漿填補，重新再做表層粉刷及油漆。
 - c. 地坪裂縫之修復可以水泥砂漿填補縫隙。
 - d. 屋頂平台應定期檢查維護，以維持正常排水功能。
 - e. 滲水部份應找出滲水原因，予以妥善處理。

以上構件修復之建議方法，其細節仍可視實際狀況加以適當修正，修復工程應委由專業工程人員辦理修復設計及施工作業。