

# 臺灣校舍耐震評估與補強之推行

## Seismic Upgrading Project of Public School Buildings in Taiwan

主管單位：財團法人國家實驗研究院

沈文成 <sup>1</sup>	邱聰智 <sup>1</sup>	翁樸文 <sup>1</sup>	蕭輔沛 <sup>1</sup>
Shen, Wen-Cheng <sup>1</sup>	Chiou, Tsung-Chih <sup>1</sup>	Weng, Pu-Wen <sup>1</sup>	Hsiao, Fu-Pei <sup>1</sup>
葉勇凱 <sup>1</sup>	簡文郁 <sup>1</sup>	鍾立來 <sup>1</sup>	黃世建 <sup>1,2</sup>
Yeh, Yeong-Kae <sup>1</sup>	Chien, Wen-Yu <sup>1</sup>	Chung, Lap-Loi <sup>1</sup>	Hwang, Shyh-Jiann <sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> 國家地震工程研究中心

<sup>2</sup> 國立臺灣大學土木工程系

### 摘要

學校建築物與臨街式店鋪住宅是九二一集集大地震中受損最為嚴重的類型，其結構耐震是否安全應加以檢視，以確保生命之安全，又學校建築物為學童接受教育之場所，且於地震災害發生後須做為避難使用，更突顯其重要性。政府自2009年起大規模實施既有校舍耐震評估與補強計畫，目的在於提升結構安全並縮短辦理期程，期能於下一次大地震前做好準備。

2013年臺灣發生數起規模6以上之地震，雖未造成重大災害，但由震後勘查結果顯示，經過耐震補強之校舍，並未出現結構性損壞，可說是經得起大自然之考驗；反觀耐震能力不足且尚未執行補強之校舍，在地震後則出現結構性損壞，顯示校舍耐震補強之推動確實發揮其成效。本文將概略性介紹近年來之執行成效供讀者瞭解，並期望各界持續努力改善既有建築物之耐震能力。

**關鍵詞：**耐震評估、耐震補強、教育訓練、決策支援

### Abstract

The Chi-Chi earthquake caused serious damage on structures, especially school buildings and street-front houses. It is necessary to ensure all the buildings will be able to resist large earthquake. On the other hand, school buildings were arranged to be emergency shelters after a severe earthquake. Due to the above reasons, seismic performance of existing school building is a very important issue. In order to upgrade the seismic capacity of public school buildings and ensure the safety of students and teachers before the next severe earthquake, the seismic upgrading project was extensively executed since 2009. In 2013, several earthquakes with magnitude over 6 shook Taiwan. From the investigation data, it is observed obviously that less structural damage occurred on the school buildings with retrofit, but more structural damage occurred on school buildings which the seismic capacity was insufficient. It is a great accomplishment of the seismic upgrading project. Some results of the seismic upgrading project in the past years will be shown, the current progress and expectation will also be introduced in this paper. Our main goal is to improve the seismic

capacity of existing buildings before the disastrous earthquake.

**Keywords: seismic evaluation, seismic retrofit, decision making.**

## 一、前言

校園是政府提供學童接受教育、快樂學習成長的環境，又國中小校舍常做為震後緊急避難之場所，建築物之結構安全格外重要。目前臺灣國中小校舍以1960年代興建者居多，因政府開始實施九年義務教育，當時校舍數量嚴重不足，為快速提供學習環境，以標準圖方式大量興建，簡化規劃設計時間。以標準圖說施工之校舍(如圖1)，有以下幾點特色：

- (1) 摺版屋頂，正立面呈三角形；
- (2) 為增加學童走廊之活動空間，採懸臂式走廊教室單元；
- (3) 因通風、採光等使用需求，開窗率大。



圖1 以標準圖說興建之校舍

然而，上述特色卻隱藏著結構上的弱點，例如窗台旁之柱體受到窗台束制，其剪力需求大增，每當地震來襲，柱體無法承受剪力作用而出現斜向剪裂縫，最終破壞。又隨著國內耐震設計規範不斷更新，若以現行耐震設計法規檢核早期興建之校舍，普遍存在耐震能力不足之問題。

1999年臺灣發生芮氏規模7.3之集集大地震，造成許多建築物嚴重損壞，甚至倒塌，顯示既有建築物之耐震能力不足。行政院於2000年即頒布「建築物實施耐震能力評估及補強方案」，要求全面檢視公私有建築物之耐震能力。爾後，更延長該方案之實施期間，並將實施對象鎖定為公有建築物，期能成為民間表率，順利推動耐震評估與補強[1]。

教育部主要以拆除重建方式改善老舊校舍之耐震能力，然此舉除耗時且加重政府財政負擔。考量地震具有高度不確定性及瞬間發生之特性，必須於下一次大規模地震前做好震前整備，國家地震工程中心(以下簡稱國震中心)向教育部提出改以耐震補強方式，以縮短辦理期程，減少地震災害造成之損失。

2009年適逢全球面臨金融風暴造成經濟不景氣，政府為振興國內經濟而提出「振興經濟擴大公共建設特別預算案」，教育部趁此機會順利爭取到特別預算支持，自同年4月起全面針對公立高中職以下學校，展開「加速高中職及國中小老舊校舍及相關設備補強整建計畫」[2, 3]，全面針對1999年九二一地震以前興建之校舍進行耐震能力評估，並就評估結果不符現行耐震設計標準之校舍優先予以補強，加速提升既有校舍之耐震能力，保障學校師生之生命安全，並解除家長對於校舍結構不安全之疑慮。

前述特別預算案已於2011年結束，為持續改善既有校舍之耐震能力，自2012年起，教育部改向經建會申請經費，展開「101至105年度國中小校舍耐震能力評估、補強及設施設備改善計畫」[4, 5]，鎖定對象為經評估後有高度震損風險之校舍，給予耐震補強。由於高中職校舍數量較少且完成率較高，所需經費可由行政院一般性教育補助款支應，故該計畫之實施對象以國中小校舍為主。

由於教育部多屬教育領域之專業人才，鮮少具有土木結構專業背景之人員或單位可執行計畫，國震中心接受教育部委託成立專案辦公室，除提供耐震評估與補強技術支援，並協助推動該計畫相關事務，以確保計畫執行成效，達成計畫之推動目標。

## 二、執行方法

推動校舍耐震補強計畫應全面性展開，不應依學校之執行意願自行提報，故掌握校舍之數量為推動計畫之首要工作。國震中心與各地區大專院校土木、營建、建築等科系合作，逐一前往全國公立高中職及國中小學校進行現地調查[6]，除蒐集校舍耐震基本資料，並拍照記錄外觀照片，以便日後容易辨識。歷時3年餘時間，終於完成相關資料之蒐集與資料庫之建置，圖2為校舍耐震基本資料呈現畫面。

序號	○○○○○○○-○	縣市	○○縣
學校名稱	縣立○○國小	校舍名稱	專科教室
興建年代	1998	使用狀況	使用中
教室間數	5間	使用人數	30人
主要用途	教學	校舍類型	一般校舍
校舍長	28.1公尺	校舍寬	7.58公尺
地上層 總樓地板面積	426平方公尺	地下層 總樓地板面積	0平方公尺
地上樓層數	2層	地下樓層數	0層
校舍構造別	鋼筋混凝土(RC)		
平面耐震性	雙邊走廊，廊外無柱		
幾何立面規則性	規則		
備註			
上傳檔案	校舍外觀照片：		
			

圖2 校舍耐震基本資料網頁呈現畫面

根據資料庫顯示，全國公立高中職及國中小校舍總數近 26,000 棟，考量校舍數量龐大，且為兼顧經濟效益，國震中心提出一套解決方案，其提升策略程序包含篩選、評估、設計與施工等階段[7]，如圖 3 所示。第一階段為初步評估，由專業人員(土木技師、結構技師或建築師)至學校調查柱與牆之數量、尺寸後，得到其耐震能力，藉由初步評估結果篩選出耐震能力有疑慮之校舍，可縮小問題之規模。再來針對耐震能力有疑慮之校舍，依危險程度由專業人員進行詳細評估，倘若判定耐震能力確有不足，且尚符合補強之經濟效益時，經專業人員與學校充分溝通補強構想後，即進行細部設計，最後再予以補強施工；若不符補強之經濟效益，則將其調整為拆除重建。

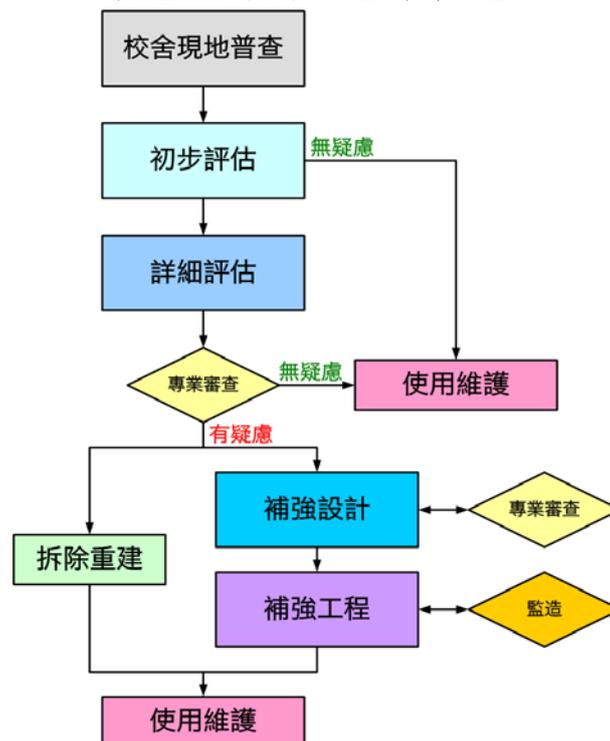


圖 3 校舍耐震能力提升策略

### 三、執行現況

#### 3.1 各階段作業

截至 2013 年 12 月底止，各階段執行現況如圖 4 所示，紅色區塊表示尚未處理，綠色區塊為解除列管(經評估後無耐震疑慮或工程竣工)。以初步評估階段為例，黃色區塊表示完成初步評估後須進入詳細評估確認其耐震能力，而紅色區塊為至今尚未執行初步評估檢視其耐震能力之校舍數，另綠色區塊則表示經過初步評估後，其耐震能力暫無疑慮之校舍數。

由圖 4 中可知，各階段作業仍有尚未處理之校舍，應盡速依圖 3 之程序逐步將執行進度移動至解除列管或下一階段，以達成全面提升校舍耐震能力之最終目標。

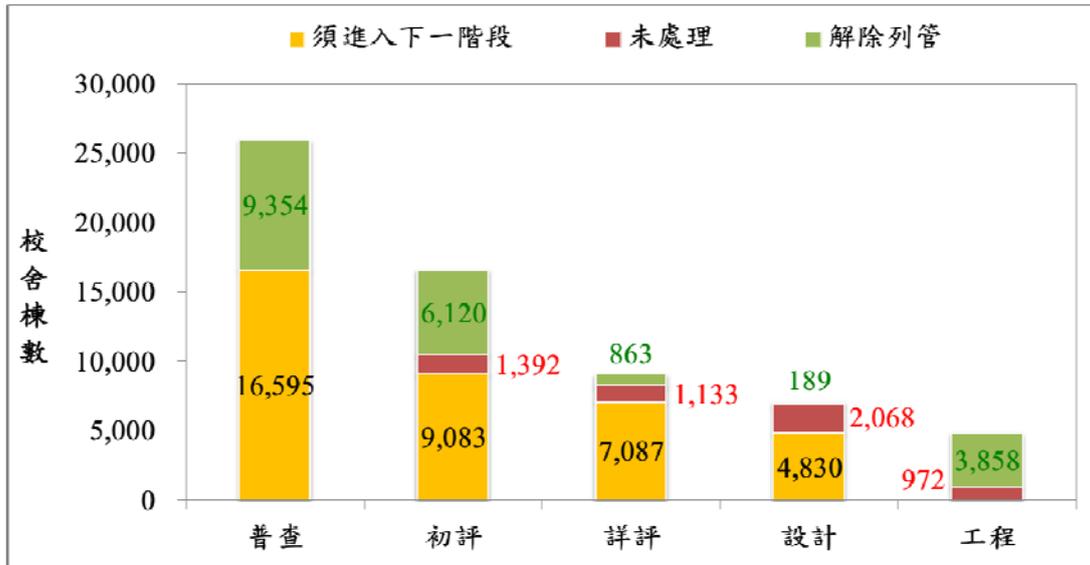
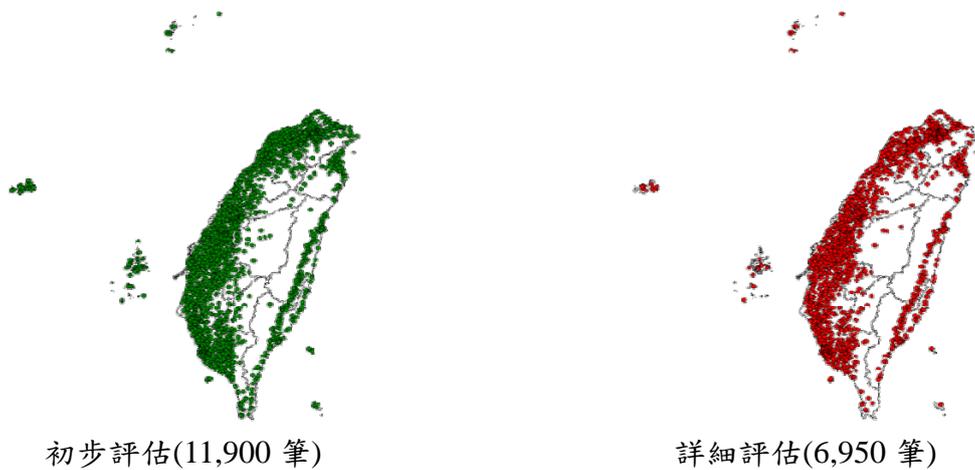


圖 4 各階段作業執行現況

### 3.2 資料蒐集與建置

此次政府大規模實施既有校舍耐震能力提升計畫，數據資料對於訂定執行策略或是增進校舍之耐震行為研究，均有非常大的幫助。為蒐集及儲存大量校舍耐震評估與補強資料，並使資料能發揮最大效益，提供後續增值應用服務，因此建置資料庫，其內容包含基本資料、評估報告、審查紀錄、工程監造、補強經費等，而最直接且快速方式即是透過網路系統將前述資料回傳至資料庫中儲存管理，圖 5 為各階段成果資料之分佈情形。



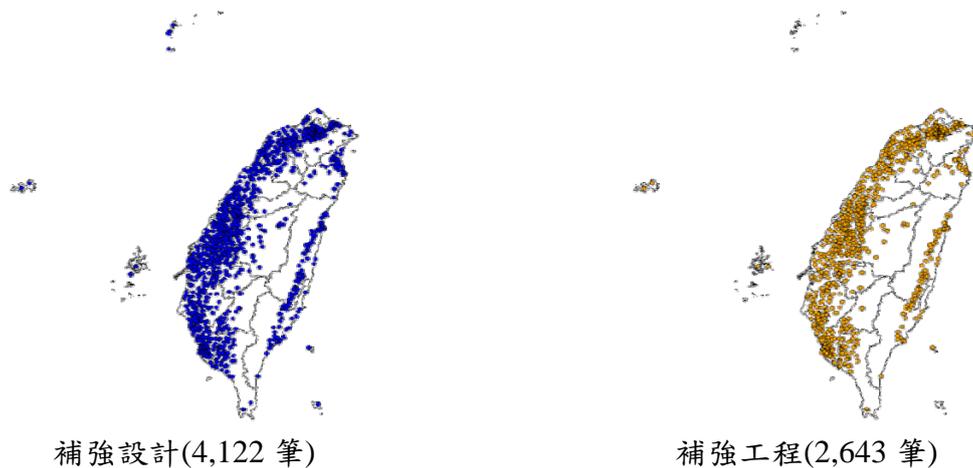


圖 5 校舍耐震評估與補強成果資料建置情形

### 3.3 教育訓練課程

學校承辦人員係屬教育體系，有關合約之發包內容、工程監造督導等部分，均缺乏土木結構或建築等之專業能力，且不瞭解整體校舍耐震能力提升策略以及相關規定。承攬耐震評估與補強業務之專業技師或建築師亦需再精進，加強訓練耐震評估分析理論與各種補強工法之設計細節。施工廠商為耐震補強施工第一線人員，其施工注意事項或植筋細節更應予以加強。以上所述須透過舉辦教育講習課程，強化各個執行面相關人員之專業能力。自 2009 年至今辦理之教育訓練場次與參加人次統計整理於表 1。

表 1 教育訓練辦理場次與參加人次

對象	辦理場次	參加人次
學校人員	128	8,424
專業人員	28	2,223
施工廠商	11	427

### 3.4 決策支援

每個人前往醫院看病後，醫院會詳實記錄病人之診療紀錄，作為每個人之健康履歷；而校舍經過專業人員之評估分析或補強施工，該程序亦類似於醫院看診之作法，應完整地記錄其耐震能力之提升情形。國震中心自 2011 年起利用校舍耐震資訊庫中的初步評估、詳細評估、補強設計以及竣工報告等耐震評估與補強紀錄，與各校現存校舍逐一進行比對，建立每一棟校舍之耐震評估與補強執行狀況(即為耐震履歷)，學校人員可即時透過校舍耐震資訊網查詢，快速掌握尚未解除列管之校舍，將相關資訊提報給主管單位申請經費，盡早完成耐震能力提升作業。

除此之外，國震中心每季定期更新各縣市政府所轄校舍之執行狀況，並估算所需經費，出版執行現況報告及耐震履歷一覽表(如圖 6)，供相關承辦人員掌握所轄校舍辦理耐震評估與補強之現況。報告中條列尚未辦理耐震評估或補強之校舍，縣市政府可針對危險度高之校舍優先撥款執行，將經費做出最有效之運用。



圖 6 校舍耐震評估與補強執行現況報告及耐震履歷一覽表

#### 四、真實地震之考驗

校舍耐震補強計畫推動期間，歷經多次規模 6 以上之地震，茲整理重要地震事件於表 2。高雄甲仙地震發生於 2010 年，許多學校正積極展開耐震評估與補強，此次地震發現已補強竣工之校舍未出現結構性損壞；未及時補強之校舍則有較嚴重之結構性損壞，如圖 7 所示。2013 年之南投仁愛地震造成之損壞大多為輕鋼架天花板擠壓掉落或鄰棟間碰撞，但未造成嚴重之結構性損壞，茲將中部地區校舍於南投仁愛地震之表現整理於圖 8，可發現待補強校舍之輕度結構損壞比例較已補強竣工校舍高出 5%。

表 2 近年來規模 6 以上之重大地震事件

時間	震央	芮氏規模	深度(公里)
2009.12.19	花蓮磯崎	6.9	43.8
2010.03.04	高雄甲仙	6.4	22.6
2013.03.27	南投仁愛	6.2	19.4
2013.06.02	南投魚池	6.5	14.5
2013.10.31	花蓮萬榮	6.4	15.0

已補強竣工校舍 (國立玉井工商)



待補強校舍 (臺南市玉井國中)



圖 7 校舍於高雄甲仙地震之表現

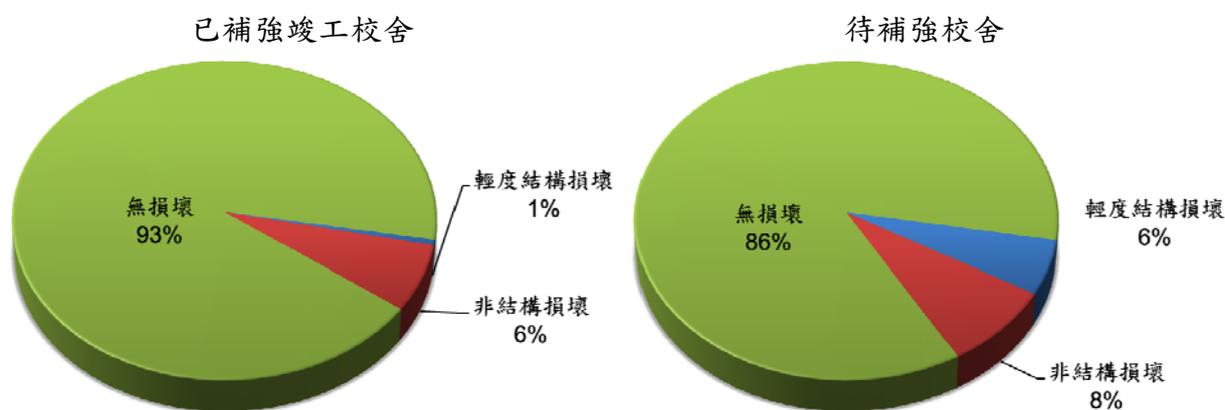


圖 8 中部地區校舍於南投仁愛地震之表現

## 五、結論與建議

近年來全球大規模地震頻傳，加強建築物之耐震能力已受到許多國家之重視，為做好震前整備，必須積極推動既有建築物之耐震能力改善計畫，尤其是經過評估確為高度震損風險之建築物更應優先辦理耐震補強，主管機關更應逐年編列經費盡早改善建築物之耐震能力，使建築物符合現行耐震設計法規之要求。而學校單位更應把握難得之經費，以排除萬難之決心來執行耐震補強。

## 參考文獻

1. 行政院，(2009)「建築物實施耐震能力評估及補強方案修正案」。
2. 教育部，(2010)「加速高中職老舊校舍及相關設備補強整建計畫(修正版)」。
3. 教育部，(2010)「加速國中小老舊校舍及相關設備補強整建計畫(修正版)」。
4. 教育部，(2012)「101 年度國中小校舍耐震能力評估、補強及設施設備改善計畫」。
5. 教育部，(2013)「102 至 105 年度國中小校舍耐震能力評估、補強及設施設備改善計畫」。

6. 翁樸文、沈文成，(2012)「校舍耐震基本資料現地普查作業於耐震能力提升策略之影響」，中華民國第十一屆結構工程研討會暨第一屆地震工程研討會，臺中。
7. 黃世建、鍾立來、簡文郁、蕭輔沛、陳鴻銘、沈文成、葉勇凱、莊清寶，(2012)「台灣校舍結構耐震評估與補強計畫之推動」，結構工程，第二十七卷，第一期，第 4-16 頁。