



# 應用先進科技 降低震害衝擊 — 國震中心研究發展與挑戰

張國鎮／國立台灣大學土木工程系 教授

臺灣位於歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊交界處，屬地震非常頻繁之地區。據統計，臺灣約每隔 15 年至 20 年即會發生一次劇災型地震災害，造成極重大之人員傷亡與經濟損失。

為有效推動我國震災科技之研究與發展，行政院國家科學委員會（現為科技部）擇定國立臺灣大學之校園，設立國家地震工程研究中心（以下簡稱國震中心），歷經多年之籌建，至民國 87 年 11 月正式啟用研究大樓，民國 92 年 6 月納入財團法人國家實驗研究院。其設立之宗旨為設置地震模擬試驗室，利用大比例尺或足尺寸靜動態試驗方式，提昇與落實地震工程之研究。另外也結合國內外與地震工程有關之學者及工程師，從事有關地震工程之基本研究和應用研究，分別從理論或試驗方面解決國內工程界之耐震問題，帶動地震工程科技研究之創新，提升學術研究地位。國震中心配合「震前準備」、「震時應變」、「震後復建」之需要，利用實驗設施、實驗方法、分析技術及地震相關資料庫之優勢，整合及培訓國內相關研究人才，強化國際合作管道，期為國際地震工程研究之重鎮。

以下就震前、震時及震後各階段敘述近年工作成果如下。

## 震前準備

推動耐震設計規範修訂、發展結構耐震評估補強、設備隔震技術以保障生命財產安全，並透過境況模擬技術，研擬防救災計畫。

### 帶領臺灣建築及橋梁耐震設計規範研擬與更新，提昇建築及橋梁耐震安全

整合產官學界成立規範委員會，主導建物、橋梁及管線耐震設計及補強規範之研擬，協助內政部、交通部及經濟部修正相關規範，確保橋梁建築及管線安全，近年成果包括：協助內政部營建署完成「建築物耐震設計規範」、「建築物實施耐震能力評估及補強方案」等相關規範研擬；協助交通部完成「鐵路及公路橋梁耐震設計規範」、「公路橋梁耐震能力評估與補強準則」等相關規範研擬修訂，此外，亦協助相關單位擬訂相關耐震設計規範、手冊、條文或重大工程設計之參數等，如「高強

度鋼筋混凝土結構設計手冊」、「既有加油站地下儲油槽與輸送管線耐震評估手冊」、「液體管線系統耐震設計指針」及「鉚接類儲油槽耐震設計指針」等。

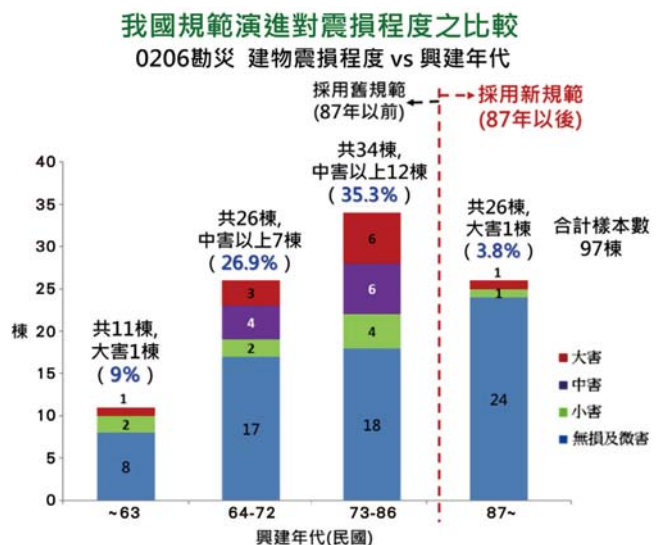


圖 1 依 0206 美濃地震勘災資料，適用民國 87 年以後耐震規範之建築物中，僅玉井國中專科教室因承受超過最大設計地震，一樓柱出現剪力裂縫，但未倒塌，耐震表現符合預設目標。

### 研發並落實耐震評估與補強技術，提昇既有建築與橋梁耐震能力

在既有建物耐震評估與補強方面，持續增進建築物耐震補強相關技術研究，例如鋼結構校舍耐震詳細評估方法之研擬、開口鋼筋混凝土牆補強之研究、臨街店舖式住宅結構耐震評估與補強技術準則之研究等，藉由研究輔以實驗之驗證，以建立既有建築物評估與補強之準則，有助於落實既有建築耐震補強之施行。

在校舍耐震評估補強服務方面，校舍結構安全與否攸關學校師生之生命財產安全，自98年至105年12月底止，經評估與補強後，確認耐震安全無虞之校舍計有13,959棟，可保障147萬名師生之生命安全、減低家長對於校舍耐震安全之疑慮，以提高社會大眾對於政府重視校園安全之正面形象。此外，透過耐震補強方式強化結構安全，可降低震後校舍損壞或倒塌之風險，並減輕震後政府於短期內籌措經費進行校舍復建之龐大財務壓力，加上耐震補強所需經費僅約拆除重建經費之11%，透過耐震補強方式可在達到同樣效益下大量節省政府經費。

在橋梁延壽技術研發方面，建構能忠實描述各項衰減特性之分析模型，並依此更廣泛且深入的探討不同震源特性之震動特性，將可有助於掌握橋梁在真實地震下之變形需求及受震反應，確保橋梁之耐震性能符合預期之設計目標，以精準評估與控制橋梁之震損，提昇國家運輸系統之安全與服務性。

### 建構優質耐震結構系統，研發先進抗震技術

為研發新材料、新工法及新技術，提昇重要結構之耐震性能，國震中心積極推動整合型計畫，整合學術界進行研究開發，並獲致豐碩成果。茲分為以下三方面敘述：

#### (1) 重要結構與設備應用之研究

發展隔、減震設計可應用於國內攸關民生發展甚鉅之基礎建設，如醫院、防救災單位與橋梁等，於震後確保用路人安全及確保醫療場所之使用功能性，亦可確保防救災體系於災害發生時能夠正常運作，同時亦可有效降低因結構物老化或震損等因素所造成之直、間接生命財產損失，並針對具高產值產業（如高科技廠房



圖2 在0206美濃地震中，臺南市歸仁國中已完成補強校舍均無損壞，待補強之校舍則發生結構性破壞。

等)，在地震發生時之損害與風險成本可降至最低。奈米碳纖維智能骨材感測器於結構內部應力量測技術，可建立鋼筋混凝土結構內部應力量測及橋梁特性識別與診斷技術；平面不對稱結構多尺度熵分析法之結構健康診斷系統可以避免錯估破壞位置而做出無效的補強，提升結構物之生命週期評估能力；醫院管線系統耐震性能補強機制研究，進行管線系統以本土化補強工法進行耐震性能補強設計，量化管線系統補強後提升之效益，並針對我國醫院管線系統之補強方法提出改善方案，研究成果將有助於震後緊急醫療能力之恢復與維持，提升醫院整體耐震性能。

### (2) 新型耐震結構工法之研發

發展鋼板阻尼器為間柱之型式，便於配置在建築空間中，有其建築設計上之便利性，可提供工程師在進行鋼骨建築耐震設計時多一項選擇；鋼造制震構件與 RC 構架複合之耐震系統為創新建築耐震系統，此複合系統在受震下之變形能力與消能容量較一般 RC 建物為佳，可確保結構在大地震作用下不會發生急劇破壞，除提升建築結構之耐震性能外，更能保障人民生命安全；進行應用高性能鋼材之耐震構造技術研發，可應用於各式結構系統，減低震後結構損傷，降低使用者之生命風險與財產損失；提出高強度鋼筋與其配件規格規範，目前已通過於臺灣混凝土學會審查，並提出高強度鋼筋混凝土結構設計手冊，現階段將致力於擬定高強度鋼筋混凝土結構系統之施工規範，預期透過完善的施工流程與管理方法，建立高品質、安全且經濟的新節能減碳建築結構系統。

新形式快速橋梁施工法屬於一種預鑄工法，相較於傳統高橋墩採現場澆注混凝土之施工方式，具有生產快速，節塊體小，運輸便利，所需之施工範圍小，因此在施工期間對既有環境之衝擊極低，且在都會區施工對現有交通影響也較小，不容易引起環保團體及民眾之反抗與阻撓，而產生社會觀感不佳之負面訊息及造成工程延誤與施工成本提高之損失。另外，也因其具上述之特點，本施工法亦可適用於山區救災臨時便橋之橋墩搭設使用，對於國防救災也極具貢獻。

「中間樓層隔震系統」保留傳統基礎隔震技術抗震性能的優點，同時提高隔震建築施工及基地空間使用效

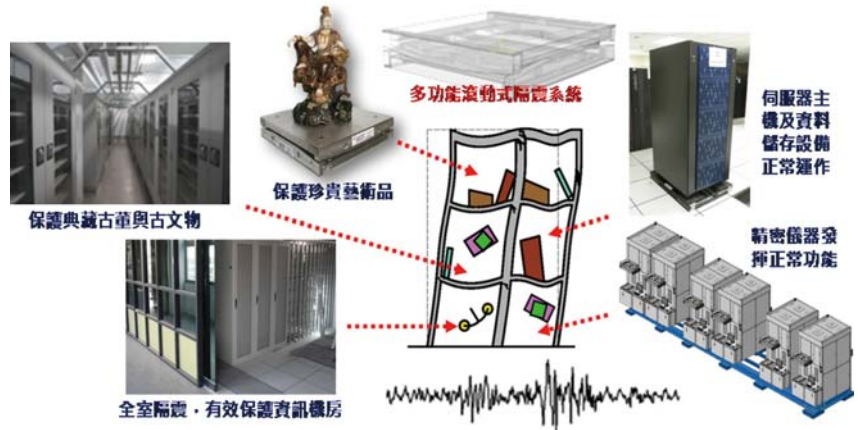


圖 3 滾動式隔震平台應用範圍

率，滿足建築多樣的考量與需求彈性，相關成果已建議於國內現行建築物耐震設計規範中。目前臺灣中間樓層隔震建築物的案件數量已超過所有隔震建築物案件數量一半以上，大幅提昇臺灣隔震技術水準。此外國震中心研發之「滾動式隔震平台」可有效降低地震對重要設備或貴重文物之影響，已實際應用於高科技廠房精密設備、資訊機房、文物典藏設施等，期間經歷多次真實地震考驗，設備均無任何損傷，成效顯著。

### (3) 智慧型結構技術研發

研發智慧型高科技廠房遠域地震減災技術，可在遠域地震來臨前數分鐘提出預警，並搭配自動控制技術，避免含有長週期震波之遠域強震，造成高科技廠房中震動敏感設備的失靈與故障，可大幅降低無預警停機所造成之鉅額損失。

#### 強化大地地震工程研究，落實結構物基礎耐震設計技術

檢討現行基礎設計分析方法，改進工程設計程序，有助於提升國內結構基礎耐震設計水準；為協助「安家固園計畫」之執行，開發 SPT 及 CPT 液化評估分析程式，提供各界正確及統一之液化評估分析程式，使各地方政府進行液化潛能圖製作時具有相同之標準。

#### 自主發展核能電廠耐震技術，降低震災風險

藉由累積相關研究成果建立核能電廠耐震分析評估能力，提昇本土技術人才能量，落實核能耐震安全本土化、自主化的目標，減少社會對於核電廠安全疑慮，增強民眾對國內現有核能研究發展之信心，並配合國家能源政策節能減碳，達到能源利用效益最大化之願景。

#### 強化地震動潛勢研究，提升地震基礎研究成果之應用

整合地震、地化及地質相關資料，探討區域的地震

背景活動特性透過時間及空間上的分析與比較，從而瞭解臺灣地震之震波傳遞行為，進入精細構造之探索，並且預估強地動分布，加強都會區重大建設之防震能力，從歸納彙整研究成果能提供斷層區孕震構造完整的輪廓與脈絡，作為地震危害評估的基本資料；透過整合相關技術所開發之強地動即時預估系統，期於強震後迅速提供地震動預估資訊，作為災害評估及救災應變之應用，配合地震活動觀測及前兆研究成果，期能提供全面性的防救災對策，減輕社會大眾對於不可預期之地震威脅的恐懼，促進社會之永續發展。

### 境況模擬與風險評估

國震中心開發之「台灣地震損失評估系統」，簡稱 TELES，可有效評估地震潛在的危險程度與可能引致的災難和損失，根據模擬地震的震源參數和活動斷層的屬性資料，推估各地地表震動強度、土層破壞機率與引致的永久變位，並可進行各項工程結構物，如一般建築物、橋梁、地下管線等的損害評估，以及對社會經濟的衝擊等等。藉由詳細的災損評估數據，防救專責機構可據以研擬妥適的減災對策和措施並應用在政府的防救災業務和民間企業的風險評估與管理上。根據 TELES 模擬的結果，可提供各縣市政府研擬防震減災的對策，如規劃救災人員和機具的數量、醫療的設施和病床數、臨時避難所的數量和分布、民生必需品的庫存和調度機制、自來水、瓦斯和電力系統的緊急搶修策略和人力物料的調度...等。透過早期損失評估模組，在震後可提供即時的災損推估數據，作為緊急應變的決策參考。結合地震危害度分析理論，可推估不同地區或設施所承受的地震風險，協助擬訂合理的地震保險費率或耐震補強策略...等。

### 震時應變

於強震來臨前提早預警，並即時進行災情評估與安全監測，進行緊急應變。

### 跨領域整合產學界，發展「現地型強震即時警報系統」及「斷橋預警 — 雲端防災互聯網」

與國家實驗研究院颯洪、晶片、儀科、國網、奈米六個中心以及台大、交大、中大、北科大共同合作，跨領域整合發展「現地型強震即時警報系統」及「斷橋預警 — 雲端防災互聯網」。

現地型強震即時警報系統係利用地震波傳遞的特性，偵測傳播速度較快的 P 波，計算評估後續地震的大小，對影響區域發佈地震警報，爭取數秒至數十秒的時間，提早進行地震防災應變。截至 105 年底，已實際建置於 548 所國中、小校園、中、科管理局、南科管理局、以及部分高科技廠房，並與中興保全公司合作推動研發成果商品化與商業模式之建立，共同推動地震防災相關研究以及應用推廣服務。

斷橋預警 — 雲端防災互聯網則跨領域整合 ICT 專業單位，可依據上游降雨量推估中下游橋梁沖刷情形，最早能於 6 小時前提出預警，並在中下游橋梁安裝耐久耐候現地型感測晶片，即時監測河川水位流速、橋墩沖刷深度、橋梁振動情形、河川現地影像等，同時發展高速網路傳輸及大數據處理技術，透過雲端告知管理單位橋梁現地狀況，可全年全天候監測橋梁安全，汛期作為封橋決策的依據，平時亦可作為橋梁保養維護之參考。目前已實際安裝於濁水河流域的公路與高速公路橋梁進行長期監測，提升大眾用路安全。



圖 4 斷橋預警 — 雲端防災互聯網系統畫面

### 早期損失評估

在強震後的短時間內，可能因電力或通訊系統中斷，地區性的災情資料無法即時回報中央，導致災害應變中心無法即時有效掌握災情的規模和分布。為克服上述困難，TELES 已結合中央氣象局的地震速報系統，一旦接收地震報告的電子郵件，震災早期評估模組將自動啟動，在極短時間內將推估的災害潛勢和損害與傷亡數量等資訊，以簡訊或其它方式供災害應變中心參考。



圖 5 複合材料輕量化便橋組立實體

### 震後復建

震後提供緊急救災設施，協助震後復建。

#### 複合材料輕量化便橋技術研發

與產學界合作完成緊急救災用複合材料輕便橋技術開發，可於 6 小時內組裝完成承載 5 噸，橋面寬 3 米，跨度 20 米之複合材料輕便橋，有效解決颱風地震導致橋梁毀損時，造成部分地區交通中斷之困境。

#### 橋梁安全監測與預警技術

發展光纖式橋梁安全監測技術，能即時監測橋梁變位，可提供橋梁管理單位進行封橋之依據，已與交通部高速公路局、台北市政府及台灣高鐵公司等合作，實際安裝於中山高五楊高架段、台北市大直橋以及高鐵部分路段進行長期監測，此外亦協助公路總局進行台 86 線 24 號橋地震災害橋梁修復工程安全評估及長期監測，並積極推廣至其他橋梁。

近年來國震中心致力於整合內外研發能量、成立專案小組並協助推動部會合作落實研發成果，協助解決耐震問題、跨領域整合產學界，加強產學鏈結以因應複合型災害課題，藉以提昇國震中心在地價值，曾經榮獲經濟部財產局 2013 年國家發明創作獎、中華民國管理學會 2012 年科技管理獎之肯定。在專業研發方面，已先後獲得中國工程師學會詹天佑論文獎及工程論文獎，

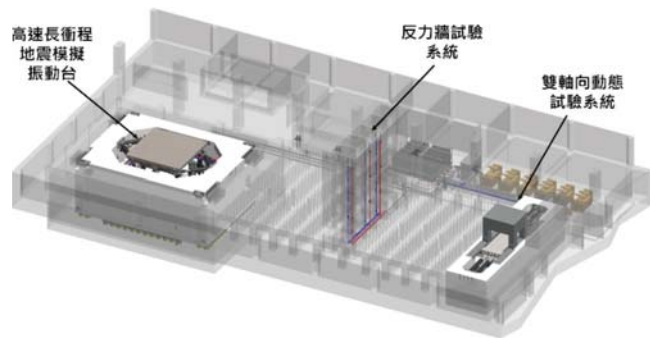


圖 6 國震中心南部實驗設施外觀與內部配置

國家實驗研究院傑出科技貢獻獎學術研究類與技術發展類首獎。除此之外，於 102 年正式籌建南部實驗設施，預計 106 年 8 月正式啟用營運，未來將可進行近斷層地震、高樓層地震模擬等相關研究，研擬經濟有效之耐震對策作為規範修訂參考，並建構世界級地震工程研究重鎮。期能從創造在地價值，邁向全球卓越。 