

發行人：黃世建

本期主編：翁元滔、林敏郎

發行所：財團法人國家實驗研究院

國家地震工程研究中心

地址：台北市辛亥路三段 200 號

電話：(02) 6630-0888

傳真：(02) 6630-0858

網址：<http://www.ncree.org.tw>

106 年 3 月出版

81 年 3 月創刊・季刊

目 錄

● 特別報導：

新任主任佈達典禮 1

● 專題報導：臺南實驗室新建設備

臺南實驗室 BATS 系統介紹 2

臺南實驗室之啟動研究實驗平台 3

● 研究動態

建築物耐震設計規範有關既有建物耐震
評估與補強之修訂現況 4

自來水池狀結構耐震設計規範研擬 5

● 中心活動

熊本地震考察說明會 6

與 MTS Systems Corporation 簽訂先進實驗
技術合作協議 6

● 研討會紀要

活性粉混凝土應用於橋梁工程之研究成果
發表會 7

流域防災監測預警技術落實應用研討會 7

高強度鋼筋混凝土(New RC) 結構設計與施
工技術研討會 8

第十六屆世界地震工程國際研討會 8

國家地震工程研究中心

簡 訊

2017.3 第一〇一期

特別報導

新任主任佈達典禮

國家地震工程研究中心（以下簡稱本中心）主任由臺灣大學土木工程學系黃世建教授接任，並於 2017 年 2 月 2 日於國家實驗研究院（以下簡稱國研院）舉行新任主任佈達典禮。國研院王永和院長主持佈達典禮時，期勉黃主任在既有的基礎下，配合南部實驗設施啟用，再創高峰，讓本中心成為世界級地震工程研究重鎮。

黃世建主任為美國加州大學柏克萊分校結構工程博士，1989 年取得博士學位後即返台貢獻所學，進入臺灣工業技術學院（現國立臺灣科技大學）營建工程系任教，2006 年轉任臺灣大學土木工程學系。於 2003 年擔任本中心建物組組長，2013 年應聘為本中心副主任至今。

黃世建主任專精於鋼筋混凝土行為學、鋼筋混凝土結構耐震設計、評估與補強，獲得許多獎項及殊榮，例如國科會傑出研究獎、中國工程師學會工程論文獎、臺灣大學教學優良教師獎，並因「校舍耐震能力評估與補強技術之研發」獲得行政院傑出科技貢獻獎。

國研院希望借重黃世建主任在結構耐震設計、評估與補強之專長，結合本中心南北兩大實驗設施，整合國內外研發能量，以近斷層地震耐震技術、複合型災害防治研究以及先進複合實驗技術為發展主軸，解決國內耐震問題，為下次地震做準備，並進一步強化產學研鏈結、開創防災新產業，以達到全球卓越、創造在地價值之目標。



由國研院王永和院長(中)監交，張國鎮前主任(左)將印信交接給黃世建主任(右)

黃瀚緯 助理工程師

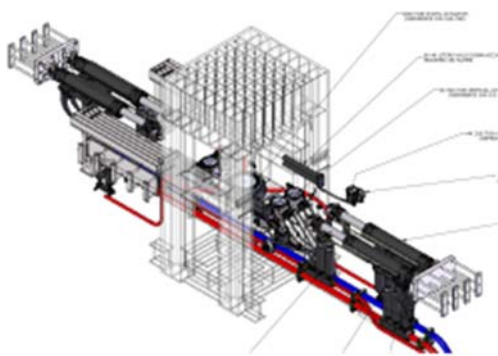
臺南實驗室 BATS 系統介紹

一、前言

近年來，結構反應控制的技術越來越受到重視，為提供學者與產業界能進行研究或性能測試，財團法人國家實驗研究院國家地震工程研究中心於 2007 年在台北實驗室之擴建工程中，設置多自由度多功能構件試驗系統(Multi-Axial Testing System，簡稱為 MATS 系統)。MATS 系統在多年的使用過程中，協助許多學者進行超過三百組之試驗，研究成果豐碩，為國內產學界爭相使用的重要實驗設備，但其原配置之長向制動器為靜態制動器，設備本身速度較慢，加上原先實驗室油壓硬體設備不能供應足夠的流量，無法單獨提升性能，因此在使用上受到了許多限制與不便。有鑑於此，此次國震中心於國立成功大學歸仁校區建置台南實驗室，除設置能研發近斷層抗震技術的高速長衝程地震模擬震動台及能進行大型結構實驗的強力地板與反力牆外，特別規劃雙自由度多功能構件試驗系統(Bi-Axial Testing System，簡稱為 BATS 系統)，能同時對試體施加垂直軸向力與高速大行程之側向力量與位移，以滿足高速長衝程雙軸向試驗計劃之需求。

二、BATS 系統介紹

BATS 系統如圖一所示，由基礎、側牆、反力構架、19 支制動器以及許多油壓設備所組成。水平向 4 支制動器可達到的最大位移為 ± 1.2 公尺，最大速度為 ± 1.0 公尺/秒，最大出力為 4MN，垂直向由中間 1 支靜態制動器與旁邊 6 支動態制動器所組成，最大位移為 ± 0.075 公尺，最大速度為 ± 0.15 公尺/秒，施加於試體之最大軸力為 60MN，包含 30MN 的靜態載重與 30MN 的動態載重，此外，BATS 亦可透過下壓制動器施加最大 8MN 之軸拉力於試體上，進行反覆軸向拉壓之試驗。

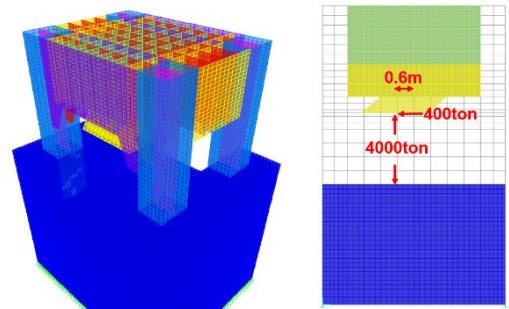


圖一 BATS 系統示意圖

三、BATS 系統設計與建造

BATS 系統由國震中心原 MATS 設計同仁負責規劃及構架之設計與分析，聯邦工程顧問股份有限公司負責基礎與側梁之配筋設計，國科企業有限公司與 MTS Systems Corporation 負責油壓伺服控制設備與載重平台分析，達輝機械有限公司負責製作鋼構架與載重平台，宏昇營造股份有限公司負責鋼筋混凝土施工，自開始規劃設計至完工歷時約三年。

BATS 鋼構架分析所使用之程式為 SAP2000，分析模型如圖二所示，鋼構架部分以 shell 元素模擬，其餘混凝土部分以 solid 元素模擬，限制其頂端的變形在 4000ton 軸壓力與 400ton 側向力同時作用下，不得超過淨高的千分之一，亦即 2mm，旋轉量亦不得超過 0.001rad，第一模態頻率需在 20Hz 以上。分析過程中除調整鋼板厚度及梁柱尺寸外，也同時探討內灌混凝土所造成之差異，最終選定全鋼型構架，其第一模態頻率為 23.36Hz，最大變形量為 1.6mm，最大旋轉量為 0.0004rad。



圖二 BATS 鋼構架分析模型

BATS 系統各項施工照片如圖三所示，鋼構架分為四個部分於工廠銲接完成後運至台南實驗室安裝於預留之基坑內，鋼構架定位後鋼筋混凝土部分分成基礎、第一昇層及第二昇層三次澆灌，並因需增加整體構架之阻尼而將鋼柱內灌滿混凝土，最後安裝油壓設備與載重平台。



(a) 鋼構架現場安裝



(b) 第一昇層模板組立



(c) 垂直向制動器



(d) 載重平台吊裝

圖三 BATS 系統施工照片

助理研究員 林德宏
研究員 林克強

臺南實驗室之啟動研究實驗平台

一、前言

在 0206 美濃地震中，共有 117 人罹難，其中 115 人之死亡乃肇因於單一棟住商混合大樓之倒塌。在過往震害中，具軟弱底層之住商混合大樓係損壞最為嚴重的一群建築物，因此找出一具可靠性及經濟性之建築抗倒塌技術，實屬必要。

國震中心過去對柱倒塌行為已有研究成果，但尚未擴及其他豎向構材及結構系統。再加上臺灣地區活動斷層甚多，若以第一類活動斷層兩側 10 公里範圍內為近斷層影響範圍，則其影響人口數超過 860 萬人，為全臺人數之 1/3，因近斷層地震具高速度脈衝、地表大位移等特性，建築物受到近斷層效應影響之危害恐較一般地震更為嚴重，倒塌機率亦大增。故對建築物受近斷層影響之倒塌行為，亟待進一步研究。目前國震中心於國立成功大學歸仁校區興建臺南實驗室並建置 8 m x 8 m 之高速度長衝程振動台系統，將於今年竣工啟用，此振動台系統具有重現近斷層震波之性能。本中心擬配合此一新建設備，建構中高樓建築物之抗倒塌技術研發平台，透過實驗研究與理論分析等方式，探討近斷層震波對房屋結構倒塌行為之影響與因應對策，未來將可依據本計畫所得研發成果，進一步修訂建築物耐近斷層地震之設計相關規範，及訂定中高樓建築物之抗倒塌評估及補強技術手冊，將可供業界工程師所使用。

二、啟動研究內容

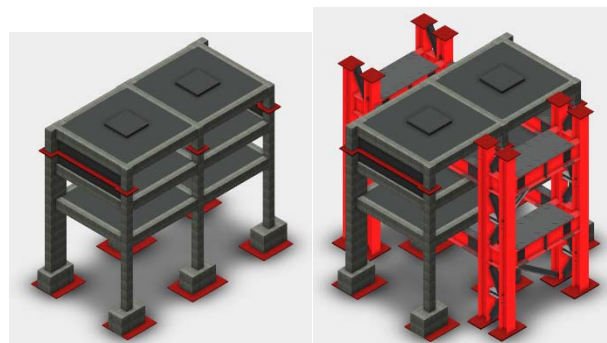
配合臺南實驗室之啟用，本中心將整合國內多位相關領域研究學者，共同執行大型實驗，規劃多項研究子題，探討主題包含近斷層地震動特性、結構構件倒塌行為、抗倒塌補強技術、振動台大型結構倒塌實驗、房屋系統倒塌行為及先進量測技術等研究。期能掌握建築物於近斷層地震作用下之行為，研擬防治對策，並研發建築物耐近斷層地震之設計相關規範與技術。

其中主要項目將執行 3 樓、7 樓及 9 樓等不同樓層數目試體之振動台倒塌實驗，實驗試體為 1/2 縮尺模型，採用模組化方式分割成數單元同時生產製作，再於地震模擬振動台上進行組立，具有可重複利用及快速裝卸之優勢，其分為 TYPE A(2.5 層樓)、TYPE B(2 層樓)及 TYPE C(0.5 層樓)共三種模組，可搭配組合成前述三種不同樓層。3 樓試體為 TYPE A 疊上 TYPE C 模組，7 樓試體為 TYPE A 疊上兩層 TYPE B 及一層 TYPE C 模組，9 樓試體為 TYPE A 疊上三層 TYPE B 及一層 TYPE C 模組，試體規劃細節如圖一至三所示。同時將進行中高樓建築之數值模擬分析方法開發，並與實驗結果相驗證，透過精準確校正之中高樓建築之數值模擬分析方法，將可補足倒塌實驗結果取得不易之困難處。

三、期程規劃

配合今年八月份國震中心臺南實驗室開幕研討會之舉辦，將同步進行 3 樓試體實驗及展示。接續將計畫於 107 年進行 7 樓試

體試驗，同時會舉辦國際性倒塌實驗結果預測競賽，吸引全球地震工程研究學者目光，增加國震中心新設臺南實驗室之國際能見度。



(a) 倒塌實驗大型試體外觀

(b) 含防倒塌鋼構架示意圖

圖一 3 樓 RC 結構之振動台倒塌實驗規劃



(a) 倒塌實驗大型試體外觀

(b) 含防倒塌鋼構架示意圖

圖二 7 樓 RC 結構之振動台倒塌實驗規劃



(a) 倒塌實驗大型試體外觀

(b) 含防倒塌鋼構架示意圖

圖三 9 樓 RC 結構之振動台倒塌實驗規劃

研究員 蕭輔沛

建築物耐震設計規範 有關既有建物耐震評估與補強之修訂現況

我國建築技術規則在民國 63 年修正後，才有較詳細的耐震設計規定，其後經民國 71 年、78 年、86 年、88 年、94 年及 100 年多次修訂，因此將有不少的老舊建築物之耐震能力不符最新規範之耐震需求。綜觀近年來發生之災害地震，發生破壞之案例多屬此類耐震性較差之建築，因此針對數量龐大之且未經耐震評估之老舊建築，將其篩選出並及時補強，為現今刻不容緩之重要課題。

行政院於民國 89 年 6 月 16 日核定「建築物實施耐震能力評估及補強方案」，並於 97 年及 103 年修正部分內容，以公有建築物先行實施，進而推動私有建築物之方式，期望能達成全面提升國內建築耐震安全，實施至今已逐步提升公有建物之耐震能力。另外，在 105 年 2 月 6 日高雄美濃地震之後，行政院於 105 年 4 月 29 日亦核定「安家固園計畫」，推動辦理私有住宅及私有供公眾使用建築物之耐震評估及補強相關工作。為使既有建築物之耐震評估及補強有一致之方法與基準，因此須修訂建築物耐震設計規範第八章既有建物耐震評估與補強之相關規定。

針對為數龐大的老舊建築物，若逐一進行詳細耐震能力評估，將需要相當的經費與時間，因此在規範草案中規定可先進行較快速之初步耐震評估予以初步篩選，初步耐震評估之結果較為保守，故經由初步評估判定為無疑慮者，可不必進行詳細評估。至於採用何種初步評估方法，評估者可依據標的建築物之結構特性及建築材質如木構造、磚構造、鋼構造、鋼筋混凝土構造、鋼骨鋼筋混凝土構造等，評估適合之評估方法以及採用合乎公認之學理認可的方式。

建築物經過初步耐震能力評估後判定為有耐震疑慮或確有疑慮的，除直接拆除重建外，應當進行詳細耐震能力評估或進行耐震設計補強。詳細評估需調查建築物目前的實際狀況以及損害情形，評估當地震來臨時其抵抗能力是否與原設計時相同，並且考量是否符合目前法規規定之地震抵抗能力及地震來時是否有立即倒塌之危險，以作為建築物如何補強的依據。主要分析內容包含原設計耐震能力評估、現況耐震能力評估以及評估結果綜合判斷及建築物繼續使用其應注意的事項。

國內外已發展數種建築物耐震能力的詳細評估法，利用建築物載重狀況、結構材料強度、斷面配筋、構件非線性行為模擬等，搭配結構的損傷控制或性能目標來獲得建築物之耐震能力。國內發展的強度韌性法、SERC 以及 TEASPA 等，適用於鋼筋混凝土建築物，並經內政部營建署認可為公有建築物耐震能力詳細評估工作共同供應契約之評估法；國外發展的容量震譜法以及位移係數法等，亦多為工程界採用，可針對各種構造建築物擇定合宜的性能表現以評估其耐震能力。

在此須特別注意的是，以靜力側推分析為基礎所發展的評估方式，在運用非線性靜力側推分析求得容量曲線的限制，因無法準確地估計在動態反應中結構勁度軟化的效應，以及模擬多自由度系統高模態的行為，因此在中高樓層建築因其高模態反應占比較高，僅以非線性靜力側推分析會產生較大誤差。因此在規範中

規定若第一振態之有效參與質量與結構總質量之比值低於 75% 以下時，或是結構任一樓層其 90% 質量參與之模態造成之層間剪力超過第一模態造成之 1.3 倍時，應以非線性動力歷時分析作為結構的詳細評估方式，且塑鉸之設定要能確實反應補強前及補強後構件之動態特性。如果建築物具有扭轉不規則性時，同樣應以非線性動力分析作為結構的詳細評估方式。

至於耐震能力的補強基準，即整體結構補強後的耐震性能應達 475 年設計地震之性能目標。補強後耐震性能點可依下列三項準則決定，並由其中之最小者所控制：

1. 強度準則：強度衰減為最大強度值之 0.85 倍時所對應之尖峰地表加速度值。
2. 位移準則：任一樓層之最大層間變位角為 2% 時所對應之尖峰地表加速度值。
3. 軸向承載力喪失準則：整體補強範圍內之任一主要構件達軸力喪失點。

準則一及準則二所對應尖峰地表加速度值(PGA)之較小者即為此結構所能抵抗之水平地表加速度，其必須大於回歸期 475 年之設計有效尖峰地表加速度值(即 $EPA=0.4S_{Ds}$)方能認定為具有足夠之耐震能力。並且在達到上述地表加速度之值以前結構物整體補強範圍內之任一主要構件均不能到達軸力喪失點(即準則 3)。

對於靜力分析方式而言，以上之分析流程可以經由非線性側推分析，求得強度衰減為最大強度值之 0.85 倍時以及最大層間變位角為 2% 時所對應之 S_a 及 S_d 值(即性能點)，經容量震譜法換算為等效地表加速度值，並在此過程中確認任一主要構件均未達軸力喪失點即可。

然而對於高樓層之建築物來說，靜力分析方式並不適用，因此須用非線性動力分析方式，選取至少 7 筆與反應譜相符之地震紀錄，連續縮放其尖峰地表加速度幅值，找出相對應於此 PGA 之層間變位角以及最大基底剪力值，建立 7 條以上之 PGA 相對於層間變位角以及最大基底剪力與最大強度衰減比值之關係，則對準則 1 而言，取 7 筆地震相對於層間變位為 2% 時之 PGA 並對其做幾何平均，即為準則 1 之控制值。對準則 2 而言，同一層間變位角下可對 7 筆紀錄之最大基底剪力與最大強度衰減比值作幾何平均值，同樣找出基底剪力為最大強度值之 0.85 倍時所對應之 PGA 值，即為準則 2 之控制值。同樣，在上述過程中均須確認任一主要構件均未達軸力喪失點(準則 3)。

目前本案仍為規劃階段之草案，仍待經由本中心邀集學者專家組成之規範研究發展委員會討論成案後，再送請營建署進行審議。

助理研究員 邱世彬
研究員 鄧崇任
副研究員 翁元滔

自來水池狀結構耐震設計規範研擬

本研究以一座既有配水池作為耐震能力詳細評估之對象，著手蒐集其竣工圖、結構計算書、地質相關資料等。耐震分析之依據，乃參酌我國「建築物耐震設計規範及解說」(設計地震力)、日本「水道施設耐震工法指針・解說」、美國 API 650 規範、美國 ACI 350 規範，以及台灣「自來水設施耐震設計指南及解說」等相關準則。據此，進行有限元素結構分析，檢核評估標的構件強度、變形能力是否足夠，或是損壞模式會否發生。分析結果顯示該案例配水池的液面晃動模式，極可能導致晃動浪高較預期為大，滿水時頂版有受流體衝擊而受損之虞，水位操作高度仍以保守為宜。

經由國、內外重大震災調查結果可知，自來水系統除地下管線外，池狀結構的損害亦常發生(參見圖一)，在地震力作用下，池狀結構發生水體與結構的互制效應，動水壓常為結構損壞之肇因，發生損壞的地方有池壁(邊柱)、內柱、伸縮縫、基礎、頂版、頂版與池壁搭接處，以及附屬抽水泵浦、進出水連接管等。然而地震災害發生後，自來水廠與供水直接有關之廠房與建築物，必須維持機能以救濟大眾，屬重要之維生設施，因此，自來水系統池狀結構的耐震安全十分重要。國內自來水池狀結構以鋼筋混凝土構造居多，為構築耐震永續的自來水設施，實有必要建立自來水池狀結構耐震設計規範，以為未來相關構造優質耐震設計之依據。

目前有關自來水設施池狀結構耐震設計與評估的規範或指針，屬日本「水道施設耐震工法指針・解說」(日本水道協會，2009)及美國「Seismic Design of Liquid-Containing Concrete Structures and Commentary」以下簡稱 ACI 350.3-06 規範(ACI, 2006)等較為完備，其中日本「水道施設耐震工法指針・解說」有較具體的耐震評估程序及案例解說，並訂定耐震評估程序應包括靜、動力分析方法選用原則及相關規定、地盤種類判定方式、載重估算方法、耐震性能檢核基準等；而美國 ACI 350.3-06 則主要提供混凝土池狀結構之設計地震力估算方法、強度檢核要求及液面晃動檢核方式，其中有關液體動態載重估算方法與原理主要依據 Haroun and Housner(1981)所建議之動力分析模型及運動方程式推導而得；中華民國自來水協會所訂「自來水設施耐震設計指南及解說」(2013)則主要參照日本「水道施設耐震工法指針・解說」(日本水道協會，2009)，其中闡述池狀結構物的耐震設計須考量結構物種類、重要度、結構型態、設置狀況、周邊地盤特性等，針對各項條件設定適合的地震等級以進行耐震分析，確保結構物在地震時能發揮應有的機能，並規定池狀結構的載重組合設定方式及各構材之設計要求，但其並未提供各類載重組合所對應的載重因子，且其用途係數所訂設施重要性區分之原則並不完全適用於台灣自來水設施之現狀。美國 ASCE 7-10 (ASCE, 2010)第 15 章針對非建築結構之結構系統分類、反應修正係數、設計地震力計算方法、承載液體之非建築結構基本週期估算方式、管線介面設計最小位移量限制、液面晃動高度計算方式及出水高度限制等加以規定，並針對各類非建築結構提供例如錨定、材料強度及接合等相對應之耐震設計細部要求；美國 ACI 350-06 (ACI, 2006)則針對環境工程混凝土結構設計提供例如裂縫控制、水密性要求等相關設計要求。

本計畫為期兩年，在第一年計畫中，蒐集國內外文獻或相關資料，參考國外池狀結構及國內建築物之耐震設計規範，探討池狀結構耐震設計之需求。另外，本計畫亦參考國內外相關結構設計規範，據以訂定各種載重要素及組合方式，以作為池狀結構分析及設計之依據。再以既有矩形及圓形 RC 池狀結構各一為例，檢討並說明池狀結構耐震需求之設定程序。最後，初步提出池狀結構耐震設計規範條文，作為第二年修訂與審查之基礎。

在第二年計畫中，將參考國外池狀結構及國內建築物之耐震設計規範，探討池狀結構耐震設計之容量計算方法，訂定池狀結構耐震性能之要求及其檢核之方法，檢核之對象包括池體及其進出水之管道。然後根據第一年計畫成果及第二年計畫進度，進一步訂定池狀結構耐震設計規範條文並撰寫解說，並以新建矩形及圓形 RC 池狀結構各一(容量 5,000~10,000 m^3)為例，完成耐震設計之示範例。



圖一 豐原第一淨水場膠羽池之震害
(台灣自來水公司第四區管理處提供)

副主任 鍾立來
副研究員 翁元滔

熊本地震考察說明會

2016 年 4 月 16 日 1 時 25 分(日本時間)，日本九州中部的熊本附近 $M_w=7.0$ 地震，深約 12km，本次前震與主震最大震度皆為震度 7，是日本自 1949 年設立震度 7 以來，繼 1995 年的阪神大地震、2004 年的新潟縣中越地震和 2011 年的 311 大地震後第四、五度觀測到震度 7 的地震，同時也是日本自 1949 年來第一次數日內在同一區域連續兩次觀測到震度 7 之地震。依據日本警察廳統計，本次地震造成眾多建築物損毀，以及道路、橋梁等設施的損壞，死亡人數近 150 人。

鑒於本次地震為繼東日本大地震後出現規模較大之地震，並造成熊本地區相當程度之災損，故由國家地震工程研究中心與台灣世曦工程顧問股份有限公司組成考察團隊，實地瞭解日本在此震災所得到的經驗、啟示、案例和目前概況，冀透過此說明研討會分享討論之議題，供國內防災相關研究和工程人員參考。

本次研討會，由財團法人國家實驗研究院國家地震工程研究中心主辦，中華民國結構工程學會、中華民國地震工程學會及台灣世曦工程顧問股份有限公司共同協辦，於 2016 年 3 月 2 日於本中心 101 會議室舉辦，會中邀請中華民國結構工程技師公會全聯會張荻薇理事長、本中心鍾立來副主任、黃俊鴻組長及台灣世曦工程顧問股份有限公司周坤賢計畫經理、林正偉工程師等，針對日本於 2016 熊本地震後之防災意識覺醒與防災新思維、建築物於熊本地震之耐震表現、熊本地震橋梁工程災害、熊本地震之大地工程災害勘查及大地工成災害等議題，邀請參與勘災團隊之專家和學者進行演講，就日本經歷熊本地震後得到之經驗，供台灣借鏡參考與學習，期待藉此說明研討會提升與會人員對於地震災害之因應對策議題的認識與瞭解。



說明會現場

助理研究員 許家銓

與 MTS Systems Corporation 簽訂先進實驗技術合作協議

國家地震工程研究中心(以下簡稱本中心)實驗室自 1998 年啟用以來，結合國內外與地震工程有關之學者及工程師，從事地震工程抗震技術與應用之研究，透過進行足尺寸或大尺寸的結構實驗與振動台實驗，配合實驗技術的發展與應用，有效提昇地震工程實驗之品質，多年來的研發與應用成果是國人有目共睹的。隨著今年(2017 年)三月台南實驗室即將完成建置，將增加具備六自由度高速度地震模擬振動台以及雙軸向動態測試系統等先進實驗設施，可大幅提升國內地震工程研究之能量，使我國一躍成為國際上著名的地震工程研究重鎮。

隨著地震工程研究的日新月異，為了完整地瞭解新型結構受到地震之真實反應，除了需要高性能之實驗設備外，先進實驗技術之開發是十分重要的。本中心過去十年在實驗技術組同仁的努力下，陸續完成許多先進實驗技術之開發，如 2003 年發展出地震工程網際網路模擬平台、2010 年完成擬靜態結構試驗軟體架構、以及 2012 年完成即時複合實驗技術之初步開發與驗證等。然而在本中心有限的研究人力下，先進實驗技術開發與應用之狀況，已開始慢慢失去國際上領先的地位。

美國 MTS Systems Corporation (以下簡稱 MTS) 為國際著名的地震工程測試系統之設計製造與組裝維護廠商，同時 MTS 亦投入大量人力協助先進實驗技術之軟硬體開發。過去十多年以來，MTS 與數個美國地震工程研究單位進行實驗技術開發之合作，例如協助美國加州柏克萊大學開發之 Openfresco，可聯結有限元素分析程式與結構實驗室中之致動器、控制器及資料擷取系統，可進行複雜結構系統之擬動態或即時複合實驗，目前已廣被許多實驗室所使用。

有鑑於此，為培訓國內實驗技術開發之人才，並提升國內先進實驗技術開發之效率，本中心張國鎮主任與 MTS Dr. Garth Su 於 2016 年 12 月 13 日正式簽訂實驗技術合作協議(圖一)，雙方在互信的前提下，透過技術交流與視訊會議，使本中心未來在先進實驗技術的開發與應用上，成為國際指標性的研究單位。



圖一 本中心與 MTS 簽訂先進實驗技術合作協議

副研究員 陳沛清

活性粉混凝土應用於橋梁工程之研究成果發表會

交通部國道新建工程局、財團法人臺灣營建研究院，及本院國家地震工程研究中心（簡稱國震中心），於 2016 年 12 月 13 日在國震中心舉辦「活性粉混凝土應用於橋梁工程之研究成果發表會」。講題包括：活性粉混凝土介紹與近期發展、本土活性粉混凝土性能與產製、活性粉混凝土應用公路橋梁設計分析。當天出席人數共 36 人，出席單位包含公路總局、國道新建工程局、新北市政府工務局、台北市捷運工程局、中興工程顧問、世曦工程顧問、中棧工程顧問、林同棧工程顧問、美商美聯科技、華光工程顧問等。

活性粉混凝土 (Reactive Powder Concrete, 簡稱 RPC) 為超高性能混凝土 (UHPC) 之一種，係以水泥、矽灰、石英粉、細石英砂、高性能減水劑及鋼纖維拌和而成，組成材料之顆粒一般小於 400 μm (ASTM 標準篩 No.40 孔徑為 0.425 mm=425 μm)，具有超高強度、高韌性及高耐久性之特色。自 1994 年法國首次發表以來，由於其優異的性質展現，引發歐美及日本等先進國家積極投入研究與發展。

本研討會係屬交通部國道新建工程局舉委託財團法人臺灣營建研究院之研究案的成果發表會。本研究案為兩年期之研究案，以 RPC 於公路橋梁結構之應用為發展重點。本期計畫依據第一期研究之材料試驗與試設計成果做為第二期橋梁設計與橋梁模型設計相關參數，並於亞利預鑄完成 RPC 橋梁結構實體模型製作，及國震中心完成試體組裝與結構性能實驗，回饋檢討設計成果及建構發展合適的 RPC 公路橋梁之結構分析與結構設計模式。研究成果同時彙編「活性粉混凝土材料應用於公路橋梁之設計手冊與施工注意事項」，作為實務設計參考。

研究結果顯示：(1)RPC 應用於橋梁上部結構設計時，因其抗壓與抗拉能力均優於一般混凝土，施拉預力與使用階段能有較大之容許應力，有利於預力系統配置與縮小斷面尺寸。(2)RPC 應用於橋梁上部結構能確實縮小梁斷面深度，除使得梁深跨徑比接近鋼橋外，另可減少上部結構自重與傳至下部結構之地震力，大幅減小下部結構尺寸與建造經費。(3)適當的 RPC 材料配比即可獲得良好流動性能，在無外力震動搗實下能有效充填至模內任何部位。(4)RPC 應用於預鑄工法中，可確保混凝土品質且節塊組裝過程精準與快速，符合近期橋梁快速施工(Accelerated Bridge Construction, ABC)之施工概念。(5)由貯鹽試驗與中性化試驗結果指出 RPC 之擴散係數及中性化反應遠低於一般混凝土材料，顯示其具有非常良好之耐久性，可有效降低結構體維護費用並延長使用年限，進而降低後續營運管理維護成本。

成功大學土木工程系副教授 劉光晏

流域防災監測預警技術 落實應用研討會

臺灣位處梅雨、夏季午後對流性雷陣雨、颱風以及東北季風等不同的降雨系統的區域，使得臺灣雨量豐沛、全年平均雨量可達 2,500 公釐，而且台灣地區地形陡峻、降雨強度集中，每年侵襲颱風平均約 3.5 次，豪大雨數十次，每年颱風所帶來的暴雨、豪雨所造成之土石流與積淹水，對人民的生命財產都造成巨大損害，尤其對流域中的橋梁、河道堤防與邊坡造成極大損害，橋梁因為洪水沖刷所導致的民眾傷亡，更是許多人心裡的痛，流域防災預警技術與橋梁沖刷預警系統是全世界每個國家都極為重要的技術。

聯合國發展計畫署(UNDP)指出，若能夠投資 1 元的防災，可減少 4-7 元的損失。然而，台灣防災的投入幾乎以政府為主體，民間防災投入不多，台灣學研界已研發出各式防災之雛形系統與技術，但卻難以落實應用到產業界；眾所周知，台灣 ICT 與半導體產業技術居於世界領先群，台灣 ICT 與半導體產業技術，若能結合相關防災技術，將可發展台灣獨特的防災互聯網技術；將防災研發成果，轉化為各式產業界所需之防災產品與服務，使工程顧問公司、保全業、設備商、系統業、電信業、雲端服務、物業管理、保險業等防災相關之產業具備相關防災產品，促進防災產業之凝聚與形成，因此，亟需產、官、學、研等跨領域整合，以便密切結合防災科技技術，發展防災互聯網感測產業、精密製造產業或工程顧問等相關產業技術。財團法人國家實驗研究院結合國內學界能量，組成防災研究團隊，發展流域預警預報防災關鍵整合系統，本研討會期望能藉由相關研究成果，縮短產學落差，創造防災服務新產業。



研討會現場

助理研究員 李柏翰、專案助理研究員 劉小勤

高強度鋼筋混凝土(New RC) 結構設計與施工技術研討會

台灣都會區地狹人稠，可利用之土地面積有限，建築物往高樓層發展是必然趨勢。超高層住宅建築可使用高強度鋼筋混凝土材料來縮減構件尺寸，以增加建築使用空間。日本對高強度鋼筋混凝土的超高層建築，已有成功的 59 層樓應用案例，值得國內效法。

自 2010 年起，國家地震工程研究中心結合國內學者與國內外產業界，合作推動台灣新一代鋼筋混凝土材料與結構系統研發，稱為「台灣新型高強度鋼筋混凝土(Taiwan New RC)結構系統計劃」，使用此種高強度材料可增加建築使用空間，並可兼顧環境永續發展議題。本高強度材料係指主筋降伏強度等級為 685MPa、箍筋降伏強度等級為 785MPa，而混凝土抗壓強度為 70MPa~100MPa。本計畫執行至今，現已完成高強度鋼筋及其配件之規範初稿制訂，透過一系列實驗確認高強度鋼筋混凝土構件性能，並將其試驗成果彙集成新型高強度鋼筋混凝土(New RC)結構設計手冊，且近期研擬新型高強度鋼筋混凝土(New RC)施工指針。

「高強度鋼筋混凝土(New RC)結構設計手冊研討會」於 2016 年 12 月 9 日於財團法人國家實驗研究院國家地震工程研究中心 101 會議室舉辦，主要將 New RC 構件耐震設計手冊及近期研擬新型高強度鋼筋混凝土(New RC)施工指針分享給國內工程界的先進。本次研討會邀請國內參與 New RC 研究計畫之 15 位講員進行演講，吸引了近百人出席參與，其研討會舉辦之現況如下面照片所示，期待透過此次研討會的舉辦，可與工程界共同討論台灣 New RC 相關耐震設計與施工技術議題，並廣納工程界之意見，此有助於未來高強度鋼筋混凝土(New RC)建築結構在台灣之推廣與應用。



助理研究員 莊勝智
研究員 林克強

第十六屆世界地震工程 國際研討會

世界地震工程國際研討會(World Conference on Earthquake Engineering, WCEE)為每四年舉辦一次的大型國際會議。本次會議係第 16 屆，於 2016 年 1 月 9 日起至 1 月 13 日假智利聖地牙哥市舉行。該研討會主要由 Chilean Association of Seismology and Earthquake Engineering 所主辦，會中彙集全世界各地的研究者與專家針對地震工程相關的研究成果，研討會將內容區分為不同主題進行深入討論與研究發表，諸如地震動研究、鋼筋混凝土結構、鋼結構、海嘯、核能結構、基礎設計、大地災害、土壤液化與災損分析評估等領域，實為一匯集世界各地地震工程相關領先研究之重要國際會議，總計超過有二千餘篇論文於會中進行口頭與海報發表。

有鑒於此，時任本中心主任張國鎮教授以及現任中心主任黃世建教授邀集本中心結構控制組、建物組、大地組、強地動組、實驗技術組等同仁一同前往，依據各組之研究領域與方向參加不同的主題演講與會議，並於議程中發表 5 篇論文，將中心研究成果展現與分享與各國專家學者；同時，在為期 5 日的研討會議程中充分把握機會與各國學者進行意見交流，並因應本中心臺南試驗室即將落成啟用，以可進行近斷層研究之振動台作為試驗室特色向各國學者介紹，帶動頂尖學者與本中心進行合作研究之意向，並推升本中心與國際間之雙向互動動能，期望能到相輔相成之效果。

藉由參與此次研討會，除分享研究成果與國外專家學者外，更藉由各國專家學者的研究議題與方向瞭解各國學者在地震工程之未來展望與發展目標，從他人研究中學習分析方法與技巧用以運用於現在工作與未來研究中，並將研討會中相關陳列資料與研究成果帶回國內提供與所需同仁參考，藉此達到最大運用之效益。下一屆世界地震工程國際研討會之舉辦地點亦於會議中決定將於 2020 年假日本仙台舉行。



本中心與會人員合影

副研究員 楊炫智