

2006.6 第五十八期

發行人：蔡克銓  
本期主編：林詠彬  
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>  
九十五年六月出版  
八十一年三月創刊·季刊  
行政院新聞局局版臺誌第 10286 號

### 專題報導

## 2006 年 4 月 1 日臺東地震

### 一、台東地震事件描述

臺灣地區於 2006 年 4 月 1 日下午 6 時 2 分發生芮氏規模 6.35 的地震，震央位置在東經 121.12 度、北緯 22.83 度，即台東市北邊卑南山的正下方，震源深度僅 10 公里，臺東市達到 6 級震度，臺東卑南 5 級。截至 4 月 5 日止，共陸續發生 35 起芮氏規模介於 3 至 4.8 之間的餘震，震源深度皆小於 20 公里，主餘震震央位置見圖一。不過綜合各單位算出的數據，可以知道發生地震的斷層面是南北走向，以 60~70 度向西傾斜，斷層錯動方向是東邊的海岸山脈向北移動。而地震初始破裂的位置是在比較淺的位置（8-10km），而最大破裂位置是在比較深的地方（18-26km）。此次台東地震距 1951/11/25 台東  $M_L=7.3$  地震僅 30 公里。但這個地震所處的位置，很明顯的不是容易發生大地震的「向東彎曲的面狀構造」，而是面狀構造的下方；而且由於最大破裂位置是遠離地表，所以對台東市的破壞力相對比較弱。如果地震斷層是位於面狀構造內，則當地震初始破裂的位置是在比較淺的位置（8-10km），極可能會順著菲律賓海板塊推擠的方向，而使最大破裂位置在近地表處發生，正如 921 地震時車籠埔斷層在東勢、豐原產生的巨大錯動及破壞力。

### 目錄

#### • 專題報導

2006 年 4 月 1 日臺東地震 1

#### • 研究動態

ZigBee 無線感測網路系統於結構監測預警之研究與應用 4

無線感應器於結構物控制之應用 5

預力建築構造系統研究 6

預力系統於橋梁工程之應用 7

#### • 出國報告

參訪日本橫濱防災館、人與未來館 8

紀念舊金山地震第一百週年研討會 9

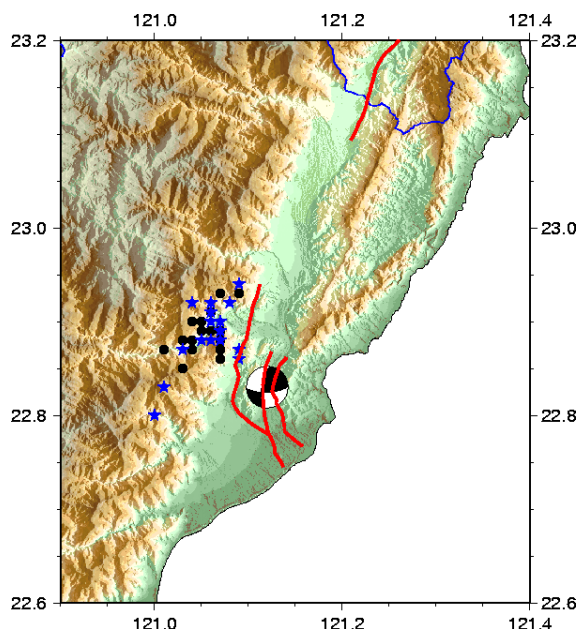
赴歐盟 ELSA 實驗室進行技術合作與交流 10

#### • 中心活動

參觀中心活動報導 11

2006 亞太抗震盃活動預告 12

#### • 研討會預告



圖一 2006/04/01 臺東地震之主餘震位置分佈。紅線為中央地質調查所認定的第一類活動斷層，鹿野斷層及利吉斷層。主震發生在卑南山正下方，餘震很明顯的幾乎都是發生在中央山脈區域。

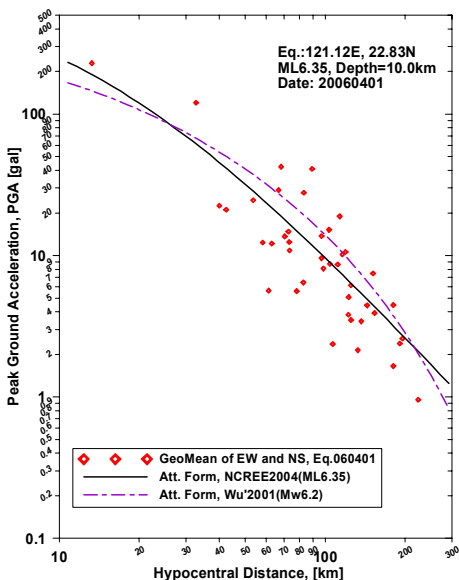
### 二、強地動與地震動分布圖

由強地動衰減特性評估地震動分布圖，為評估地震災害潛勢與災損評估之重要依據，受到震源機制、波傳路徑與局部地盤效應等之影響。應用上，以實測地震動

參數建立堅硬地盤衰減律之經驗式，再由局部地盤放大係數或函數修正地盤效應。然而，每次地震的地震動分布圖(shake map)的胚體(pattern)並不一致，必須再利用即時觀測資料修正前述的經驗模型，以獲得較佳的評估成果。

目前中央氣象局在全台佈設的地震觀測速報網，共設置了超過一百個的即時地震測站，在大地震後可以即時提供資料做為修正地震動分布圖的依據。地震過後，即可由中央氣象局自動發送之地震報告電子郵件或其全球資訊網站，下載部分速報站之地震動參數，而速報站的地表加速度歷時資料亦可在地震約二小後取得。

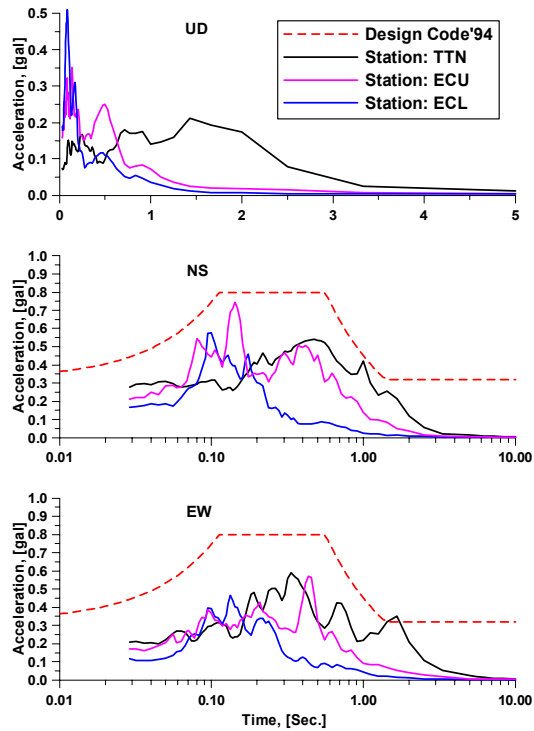
由中央氣象局速報站地震網資料分析本次地震所觀測之 PGA 值隨震源距離衰減變化之關係如圖二所示。圖中之 PGA 值為兩個水平向 PGA 值之幾何平均值，並將近年來不同學者依據地震資料回歸分析所得之地震動 PGA 衰減律繪於圖中以供比較。結果顯示，NCREE' 2004 的 PGA 衰減律可以適當地描述本次地震的 PGA 值，換言之，由此一衰減律再配合局部地盤放大係數應可合理地評估出地震動分布圖。



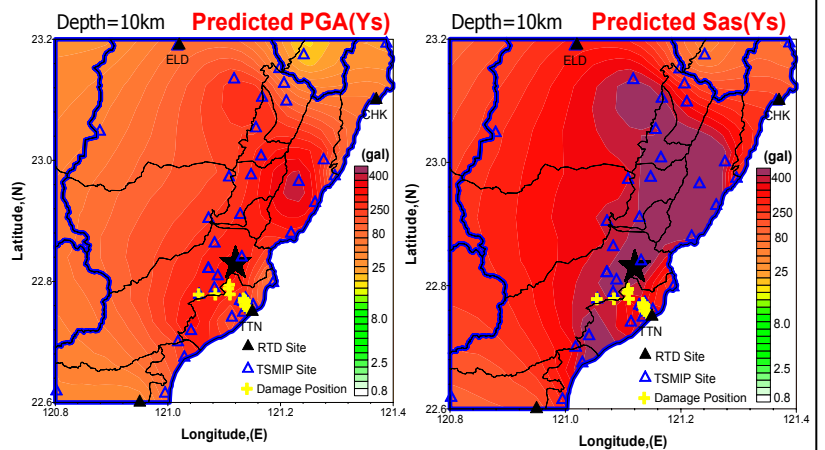
圖二 速報站之最大地表加速度 PGA 值隨距離變化特性與衰減律之比較

結構物的損害與地震動的延時及其反應譜有關，地震動歷時的形狀有助於對地震動特性的了解，本次地震在 TTN 測站記錄到的最大水平加速度雖然超過六級震度，但因其歷時相當短暫，不到一秒，其破壞性也相對減小。圖三將三個 PGA 大於 100gal 的測站所觀測的地表震動的反應譜與規範的設計反應譜比較。由圖中可以發現反應譜值在結構週期 0.1 秒至 1 秒的區間的值都相當接近建築物 475 年回歸期(50 年內 10%超越機率)設計反應譜。依據耐震設計規範的考量，若不考慮超額設計及其他安全因子的話，設計反應譜代表著建築物受震時，控制建築物在嚴重受損程度(韌性用掉一半)以下的地震需求。圖三的南北向的反應譜值，在結構週期 0.1 秒及 1 秒附近均相當接近設計反應譜，這意味著中低層樓的房子可能會受到輕微或中度損害。

由地震動潛勢即時評估系統，針對本次地震計算出台東市附近的地震動潛勢 PGA 及 Sas 分布，如圖四所示，圖中的空心三角形為氣象局 TSMIP 強震網的測站位置，實心三角形則為即時站(RTD 測站)的位置，有許多地點因地盤效應而推估出較大的地



圖三 速報站之加速度反應譜比較。(TTN、ECU 及 ECL)



圖四 台東市附近震源地區的最大地表加速度及短週期譜加速度分布圖

震值，待日後取得 TSMIP 測站資料後，可以再進一步驗證地震動潛勢即時評估系統之可靠度。

此次地震在台東市傳出許多建築物損壞的災情，其位置亦標示於圖四之地震動分布圖中，多數災損點位於震央之南側。由圖四之結果內插推估出各災損點之地震動值，其推估之 PGA 值約在 200- 230 gal 之間，而短週期譜加速度值約 400- 440 gal 之間，變化不大；而長週期譜加速度值約 200- 340 gal 之間，變化較大。

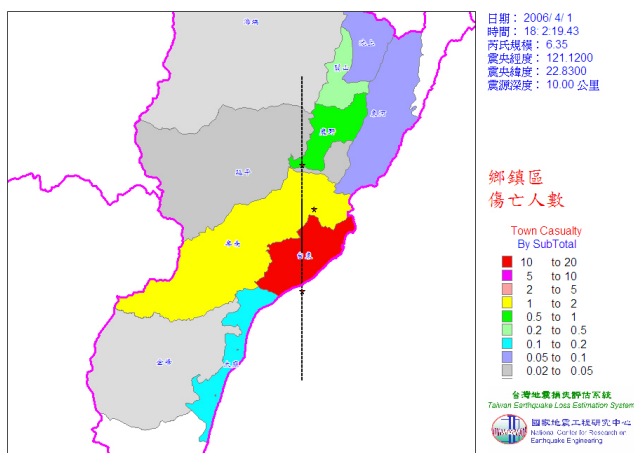
### 三、應變階段的震災早期評估

地震發生後，台灣地震損失評估系統立即接收到中央氣象局地震通報郵件，並依據郵件內之震源參數自動啟動震災早期評估功能。評估結果顯示約有 15 (9-19)人的傷亡，且多集中於台東市(圖五)；一般建築物損壞方面，TELES 推估結果顯示至少嚴重損壞的建築物多集中在台東市，數量約為 200-500 棟(圖六)。然而，根據當天新聞媒體的報導，台東地區僅有零星災情，如消防局建物損害、部分民宅瓦斯漏氣等；且實測之震度超過六級的時

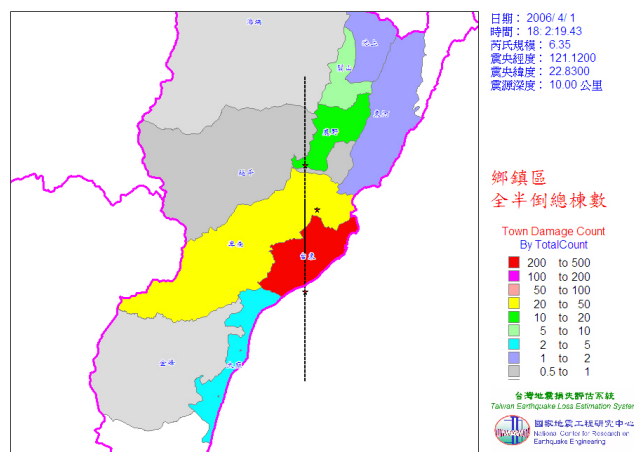
間僅 0.4 秒，超過五級的時間約 10 秒。綜合上述推論，實際地震規模可能小於 6.4。在獲得更精確的震源資訊與斷層面解之前，假設地震規模介於 6.0~6.35，震源深度介於 10~20 公里，震央位於北緯 22.83 度，東經 121.12 度，進行多次的震災境況模擬，人員傷亡推估結果詳列表 1。各次震災境況模擬採線震源模式，斷層開裂方向假設為南北向，開裂長度隨地震規模而變化。

表一 第二階段推估人員傷亡數量

	M=6.35	M=6.2	M=6.1	M=6.0
D=10 km	11	6	4	3
D=12km	7		2	
D=15km	3			
D=20km			0	



圖五 震災早期評估人員傷亡分布



圖六 震災早期評估建物全半倒塌分布

綜合中央氣象局與中央研究院之斷層面解，推論本次地震事件的震源參數可能為：芮氏規模 6.2，震源深度在 18~22 公里間，震央位置為北緯 22.83 度，東經 121.12 度。根據上述震源參數，設定震源深度為 20 公里，線斷層開裂長度為 11 公里進行震災境況模擬。模擬結果顯示傷亡人數為 0 人，一般建築物至少嚴重損壞的棟數為 8 棟，其中低矮樓層損壞數量為 7 棟；震後火災數量則為 2 起。

#### 四、台東縣消防局勘災結果

此次勘災地點計有台東縣消防局、台東縣卑南消防分隊、台東縣警局人訓大樓、利嘉國小、史前館、台東地政事務所、新生

國小、台東商職、宏東世貿大樓、傳慶路 447 號鄭麗貞縣長競選總部、傳慶路 261 號陳瑩立委服務處、台東中央市場及台東東方望族大樓。大部分建物多為非結構磚牆破壞，其中台東縣消防局有主要結構破壞，其破壞狀況在下列說明。

台東縣消防局依現行耐震設計規範規定之水平地表設計加速度為 0.32g，為四層樓 RC 造之建築物。大地座標為(N 264052，E 2518567)，位於此次地震震央南南東方 7.2 公里處，推估最大地表加速度為 0.225g。其地址為台東市四維路三段 1 號，該消防局由兩棟建築物連結而成，共分三期興建，第一期係其左側建物於 72 年建造至 2 樓，第二期係其右側建物於 78 年建造地下室至 1 樓，第三期兩側整體建物於 80 年增建至 4 樓。由現場勘察可看出台東縣消防局平面配置為五跨以上且一樓挑高的建築物，右側為消防車輛停車場，樓梯位於建築物中間，左前方則為警衛值班室，樓梯間出口上方有一夾層。

消防局主要破壞集中於四處，右側器材室、中央一樓半高之夾層值勤室及中央與右側的樓梯間，其他則是磚牆與梁柱介面的分離與牆面破壞。災情敘述如下：器材室結構及門窗受損(照片一)；器材室造型邊柱剪力破壞，該柱為#3 箍筋間距 20 cm 及 90 度彎勾，主筋搭接 90 cm，內埋水管，為典型非韌性配筋(照片二)；器材室邊柱受上部磚牆束制，導致短柱效應，且屬典型非韌性配筋，造成剪力破壞(照片三)；一樓夾層處，梁束制形成短柱效應(照片四)。



照片一 轉角柱因造型需求，配筋不對稱易造成破壞



照片二 #3 箍筋間距 20 cm，90 度彎勾，主筋搭接 90 cm，內埋水管，典型非韌性配筋，圖束箍筋不足，造成剪力破壞



照片三 上部翼牆束制，導致柱有效長度明顯低於其他挑高柱，因此承擔剪力需求較大，且屬典型非韌性配筋，故造成剪力破壞

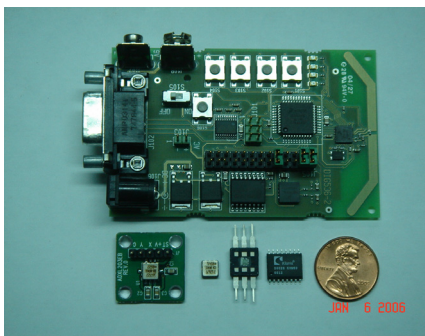


照片四 一樓夾層處，形成短柱效應

副研究員 張道明、研究員 簡文郁  
助理研究員 陳緯蒼、研究員 葉勇凱

## ZigBee 無線感測網路系統於結構監測預警之研究與應用

無線通訊技術及嵌入式系統的蓬勃發展，使得無線感測網路已成為未來感測系統的主流，除大幅提升使用及安裝的便利性外，其軟硬體設備成本也隨著技術提升及市場擴張逐年下降極具競爭優勢。尤其在台灣的半導體科技研發技術能力，已讓台灣半導體產業在世界市場中佔有重要的地位，無論產值及獲利都相當耀眼，也使得它成為投資的焦點。然而現階段無線感測網路主要應用領域仍偏重於數位家庭控制、生活空間監控、工業控制、物流追蹤與醫療照護等領域，對於建築橋梁等構造結構反應監測的研究仍處在初步研究階段，本文將概要說明研究團隊應用 ZigBee 無線傳輸模組(如圖一)，整合微機電製程技術製作感測器模組，預期建構應用無線感測網路之結構監測預警系統。



圖一 ZigBee 無線傳輸及感測

ZigBee 一詞源自於蜜蜂(Bee)，係因蜜蜂看似無意飛跳的字形舞，其實是在將所發現花和蜂蜜的位置，正確傳達給其他蜜蜂，而 ZigBee 正是採用這種通訊方式。ZigBee 無線通訊技術堆疊是依 IEEE 802.15.4 標準基礎所建立，此技術開發的目的是為了建構能在任何時間、任何地點，都能傳遞訊息並能處理工作的高度資訊化環境網路架構，目前因受限於頻寬，仍以資料傳輸量需求較低的應用為主。而無線感測網路為了達到大量佈建的目的，必須同時具備低成本、低功耗、小體積、容易佈建，並具備可程式化、可動態組成等特性，ZigBee 無線通訊技術正符合上述種種需求。對於建築橋梁構造結構反應監測而言，所需傳輸資料量的頻寬並不會達到如多媒體檔案資訊所需頻寬，因此仍可以 ZigBee 通訊技術作為監測網路之資料傳輸系統。且目前市場發展的趨勢，ZigBee 傾向於今年推出較大頻寬的第二代標準，勢必將大幅提高其在無線感測網路發展的競爭力。

而微機電、積體電路及軟體技術的發展，早已將感測器製作技術引入半導體製程，應用半導體製程製造之感測元件，不僅



圖二 預計進行之 ZigBee 及微壓力感測器之橋梁冲刷感測系統

可批次生產，降低生產成本以及價格，因體積小相對的所需耗用的能量大幅減少，並且可將此微小的感測器、機構以及微小的電子電路進行整合，成為一個很小的微機電裝置，便

於高速公路淡水河橋(左)集鹿斜張橋(右)ZigBee 無線監測

於高速公路淡水河橋(左)集鹿斜張橋(右)ZigBee 無線監測

於高速公路淡水河橋(左)集鹿斜張橋(右)ZigBee 無線監測

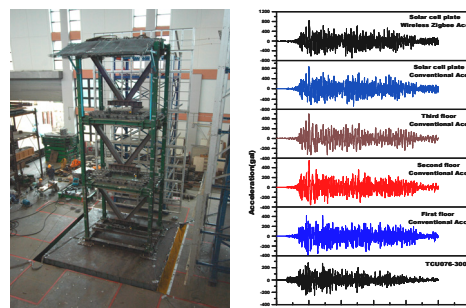
可以成為集合感測及控制功能的微機電系統，大幅提高感測器的應用前景。並將感測訊號以 ZigBee 無線通訊傳輸技術並引入適當的結構分析預警模式，則構成以無線感測網路架構為系統，同時整合微機電製程感測元件之結構監測預警系統。

過去幾年，研究團隊於光纖結構感測系統的研究與應用已獲得相當的成果，並藉由過去結構感測系統研發的經驗與技術，現階段正積極投入將 ZigBee 無線感測網路系統與微機電感測元件進行整合測試，期待能於今年底前順利進入初期現地應用試驗階段。而針對目前市面上常見的溫度感測器、濕度感測器、加速度感測器、傾斜感測器、壓力感測器及光度感測器等已商品化的微機電製程感測元件，均規劃應用於所建構的無線感測網路系統，雖然現階段技術仍有部分尚未能達感測解析度需求標準的微型感測元件，不過藉由應用電子電路系統技術，可將傳統高精度的機械式感測元件之訊號，也能透過 ZigBee 無線傳輸模組將感測資料傳回，用來彌補微型感測器所提供資訊品質上的不足。

目前研究團隊已於實驗室成功將微型壓力感測元件應用於橋梁基礎冲刷深度的監測系統，以及將微加速度感測器與傳統高精度微振感測器之訊號經由 ZigBee 系統回傳接收並比較，結果顯示兩者訊號具有相當的一致性。下一階段規劃進行更多感測器的訊號校正及無線傳輸系統驗證工作，並以嵌入式系統程式設計針對晶片系統進行控制與訊號處理，達成感測元件智慧化的目標。因此，本研究主題旨在將 ZigBee 無線感測架構整合微機電製程感測元件應用於結構監測預警系統，將包括 MEMS 感測器之製備、設計與封裝及其應用之開發，相關現地試驗如圖所示，此技術於台灣地區的防減救災，必能提供進一步的功效，所研發的產品與技術對國家經濟的貢獻極大，此研究方向極具潛力。



圖三 高速公路淡水河橋(左)集鹿斜張橋(右)ZigBee 無線監測



圖四 建築結構物 ZigBee 無線監測

副研究員 林詠彬、組長 張國鎮、助理研究員 王柄雄  
副技術師 李路生、台灣大學土木工程系博士班研究生 陳俊仲

# 無線感應器於結構物控制之應用

## 一、前言

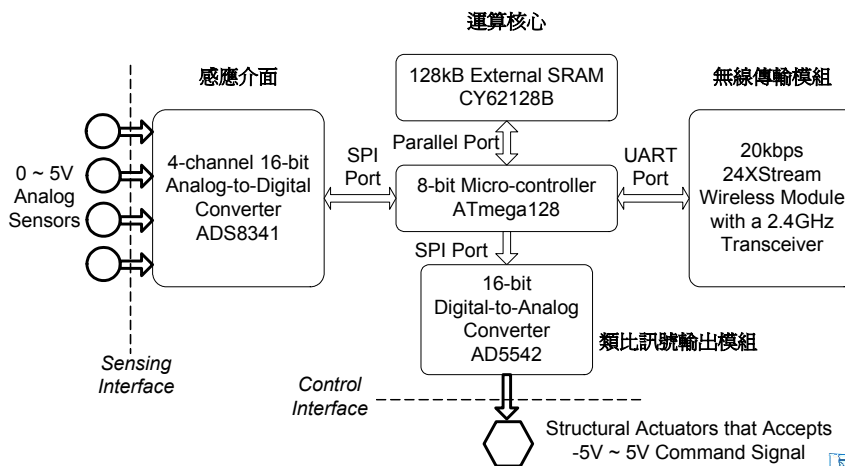
隨著近年來無線傳輸技術與嵌入式系統的蓬勃發展，在土木工程領域也引起高度的興趣。本報告將針對於應用無線感應器於結構物控制之應用與系統開發。本次實驗所採用的無線感應器 (WiMMS) 是由史丹佛大學引進，再依據結構物控制上的需求撰寫嵌入式系統程式及對硬體做適當的調整。此次實驗欲控制的結構物為國家地震中心的二分之一縮尺三層樓鋼結構試體，在其各樓層間安裝磁流變流體阻尼器(MR Damper)，共採用了三套磁流變流體阻尼器，六個速度計用來量測阻尼器的相對速度，三個加速度計用來量測樓層頂加速度反應。在控制方法上，本次實驗實踐了兩種控制模式，集中式控制與分散式控制。

## 二、無線控制系統簡介

關於無線控制系統將針對該系統的硬體架構與軟體概觀及在結構物上的安裝，三部份介紹如下：

### (一) 硬體架構

如圖一所示，硬體架構包含四大核心，分別為運算核心、感應介面、無線傳輸模組及類比訊號輸出模組。



圖一 硬體架構

運算核心，其功能為控制整體嵌入式系統周邊硬體運作及結構控制演算法的運算，為整體嵌入式系統的核心。本系統運算核心主要架構採用 8-bit ATmega128 微控制器，包含 128kb 快閃記憶體，用來儲存植入程式。128kb SRAM 也屬於運算核心的一部份，其功能為儲存大量的系統量測資料及運算結果。

感應介面，該介面的功能為轉換外界感應器類比的量測訊號成為數位訊號，再將數位格式的資料傳輸至微控制器（運算核心）。該感應介面主要架構為 ADS8341，該功能為四頻道 16-bits 高解析的類比數位轉換器。

無線傳輸模組，整個系統無線傳輸溝通皆依賴該模組的運作，所採用的無線模組為 24XStream。該模組為標準 2.4GHz 傳輸頻率，資料傳輸速度為 19.2kbits。在結構物控制過程中負責資料的交換與控制結果的傳輸。

類比訊號輸出模組，該模組的功能是將數位的計算結果轉換成真實的電壓訊號與 VCCS 溝通，改變阻尼器的特性。

### (二) 軟體概觀

整體無線控制系統包含兩大部分軟體，嵌入式系統軟體與伺服器端軟體，介紹如下：

嵌入式系統程式，該程式執行於無線感應器上的微控制器，主要包含週邊硬體的驅動程式、無線傳輸協定、結構物控制邏輯及控制力的運算。

伺服器軟體，該功能為啟動整體無線控制系統及監控整體無線系統的狀態，最後將控制過程中的結果及運算控制力儲存於電腦硬碟上。

### (三) 結構物上的安裝

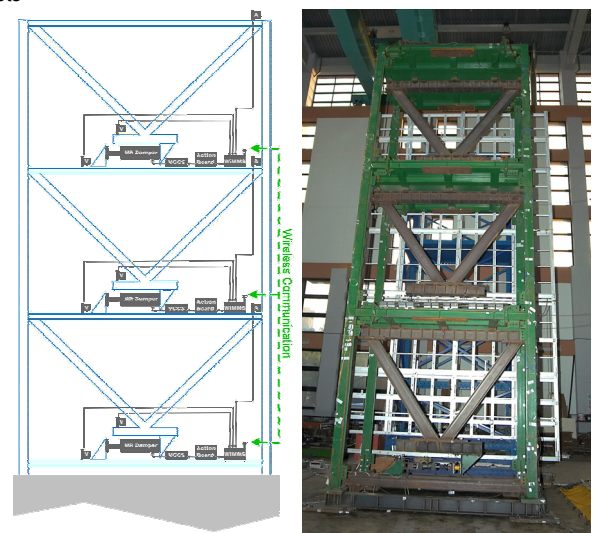
將上述的無線傳輸系統安裝於三層樓的鋼結構上，如圖二所示。依結構物三個樓層做區別，共安裝三套無線控制子系統於各樓層，各子系統接就由無線傳輸方式溝通，藉此方法獲得其他樓層之反應訊號。一套子系統包含一個樓層頂加數計、兩個速度計用來獲得 MR damper 速度狀態、一個無線感應器搭配類比輸出模組及一套半主動控制 MR damper。整體控制流程如下：無線感應單元量

測結構物反應，嵌入式系統程式計算所需的控制力，並針對 MR damper 速度狀態，計算出控制電壓訊號，輸出至 MR damper 對結構物進行控制。

## 三、結論

震動台實驗結果顯示，無線控制系統與有線控制系統於結構物控制上的效果非常接近，同時比較控制與未控制的結構物三樓頂加速度反應，可以得知無線控制有效，且可以取代傳統有線控制方式。

本研究將鋼筋混凝土牆模擬為等值寬柱；磚牆模擬為等值斜撐。並以兩棟消防廳舍為例，進行耐震詳評。



圖二 系統裝置示意圖與震動台試驗照片

台灣大學土木所研究生 盧恭君、教授 羅俊雄  
副研究員 林沛陽

# 預力建築構造系統研究

## 一、前言

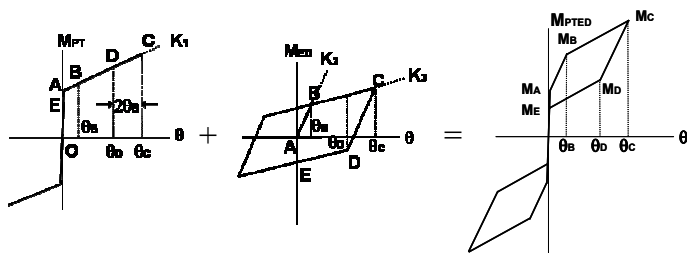
耐震結構物的主要設計概念，是讓結構體在中小度地震力作用下維持彈性反應，在設計地震力（回歸期 475 年）作用下不得發生嚴重破壞，在最大考量地震（回歸期 2500 年）作用下不可崩塌，此結構物韌性以兼顧安全與經濟因素，在此設計觀念下，傳統結構物在設計地震力作用下可能進入塑性變形，地震作用後結構物將發生永久殘留變形，而無法恢復受震前的原來位置，但此殘留變形過大時，將導致結構構件服務性的阻礙、修補的困難、及結構再次受震時可能造成應力疊加而提早破壞等缺點，此結構物之殘留變形可利用後拉式預力法（post-tensioned, PT）達到結構物自行回復原來位置（self-centering, SC）之目的。因此結構物回復原位（SC）為本研究之主要訴求議題。

## 二、預力建築結構之構造與力學原理

為確保結構物不發生塑性變形，梁、柱等主要結構構件必須維持彈性反應，且在接合處結構構材不可固接。就抗彎構架之梁柱接頭而言如（圖一所示），接頭是以預力鋼鍵或鋼絞線施以預力將梁與柱構件結合在一起，梁端剪力由梁柱介面間之摩擦力提供，梁端彎矩由預力鋼鍵或鋼絞線提供之預力與額外裝設之消能元件共同承擔（如圖二所示）。而結構物恢復原來位置之能力，由鋼絞線或鋼鍵施加適當的預力來提供。在結構物預期之最大變形下，主要結構構材（如梁、柱等）及預力鋼鍵或鋼絞線均維持彈性反應，因此結構物之阻尼由增加之消能元件提供。由於預力結構系統需提供回復原位之目的，故與傳統韌性構架系統比較，系統阻尼特性有上限的限制，其阻尼比最大為傳統構架系統之半。



圖一 預力建築抗彎構架系統梁柱接頭之實際接合情形



圖二 預力梁柱接頭受力與變形由預力鋼材與消能元件疊加

此預力建築結構系統有另一特點，即結構體在側向力作用下，梁與柱間會有間隙（gap）產生，此間隙可能導致 RC 樓版於柱兩側變形不一致而產生翹曲或龜裂現象，如此是否將修正傳統建築結構分析中剛性樓版之假設，或研發符合此特性之樓版系統亦為本研究之主要目標。

## 三、國內外相關研究近況

過去十幾年美國 Lehigh 大學 Ricles 與 Sause 等教授進行一系列有關預力建築結構系統之相關研究，並也獲得相的研究成果，進一步的相關研究目前也正在進行中。本中心於 2004 年開始進行此先進預力建築結構系統之研究，本研究為規劃四年之整合型計畫，由蔡克銓主任主持，召集國內相關領域研究人員進行研發，參與本研究人員除本中心鍾立來博士、葉勇凱博士、林克強博士、陳沛清先生、莊勝智先生、陳家乾先生與周志雄先生外，另外包括交大土木系陳誠直與周中哲教授、中央土木系許協隆教授、台科大營建系黃世建與陳正誠教授、及高雄第一科大營建系鄭錦銅教授。本研究內容包括 RC、SC、鋼梁與 CFT 柱複合、及鋼梁與 RC 柱之 RCS 複合等構造系統，本計畫主要探討抗彎構架與剪力牆結構系統。本整合型計畫之分年內容如下：

第一年：主要進行抗彎構架之預力梁柱接頭，及預力柱與基礎接合之行為研究，研發各種可行之梁柱接頭及柱基礎消能元件，並開始進行解析模型與數值模擬技術之研究。

第二年：進行雙向預力梁柱接頭之行為研究，並針對預鑄預力 RCS 平面構架之耐震性能進行研究與實驗，同時也進行含牆之預鑄預力 RC 構架、含耐震間柱之預力鋼造抗彎構架行為研究、及利用預鑄樓版消能之 RC 造抗彎構架行為研究。

第三年：預定進行一實尺寸預力 CFT 平面構架之耐震性能實驗，另外持續研究雙向預力式含樓版或含剪力牆梁柱接頭之行為，並與解析結果相互比較，除此之外，配合預力 CFT 實尺寸平面構架耐震試驗進行網路擬動態試驗與分析。

第四年：進行實尺寸三維預力構架系統耐震行為之印證試驗與研究、進行預力系統解析模型研究、預力建築構造分析程式之研發。最後希望能提出預力建築構造系統之設計與製造建議。

過去相關之預力梁柱接頭與柱基礎子結構研究成果顯示，設計適當之鋼材預力與消能元件，可提供梁柱接頭或柱基礎接頭具有優良之恢復原來位置的能力，然而對於預力構架是否能同樣具有此優良行為，正進行實尺寸構架試驗驗證之。至於樓版之變形諧和與使用性問題也正尋求較佳之可行方案中。研究中也顯示，現有之結構分析程式，仍無完全符合預力構造系統之分析需求，此也正進行 PISA3D 相關元素的修改或新元素研發之相關研究。

副研究員 林克強

# 預力系統於橋梁工程之應用

## 一、橋梁工程應用

過去幾年來國內陸續引進許多新式橋梁工法，從北二高時期頭前溪橋的節塊推進工法、桃園高架橋的支撐先進工法，到二高後續計畫高雄環線 C393Z 標的預鑄節塊懸臂吊裝工法等。除了工法的提升外，在造型景觀方面，也有碧潭橋的預力混凝土弧形拱橋設計、竹東雲南路的  $\pi$  型剛構橋，以及高屏溪的兩跨不對稱斜張橋。此外烏日交流道穿越橋採用高性能混凝土設計，及八座鉛心橡膠支承墊橋梁的設計施工等，都是國內橋梁工程發展的重要里程碑，這些工法除了技術提昇考量外之，也越來越重視景觀及生態的維護。

以目前國內橋梁而言，預力系統已大量的使用於上部結構，最常見的為一般公路橋梁及高速公路橋梁常使用的預力預鑄 I 型（見圖一）、T 型梁及預力場鑄箱型梁，其原理為混凝土梁中預先埋入預力鋼腱，於混凝土澆灌前或後施予適當預力並錨定而成之結構樑體，為期使混凝土材料能夠充分發揮高抗壓力而鋼腱材料能提功高張力之複合型材料結構。也因此特性，在相似樑深之情形下，樑跨距長度可較一般混凝土樑更為延長，於橋梁系統中可以減少橋墩數目。另一種近幾年來常見的應用為斜張橋（見圖二），斜張橋的興起歸功於第二次世界大戰結束後，當時歐洲各固百廢待舉又物資短缺，因此工程師便想到斜張橋相對於其他橋梁形式而言，可以擁有較長的跨距、製造成本較低等優點。在結構行為上，斜張橋藉由預力鋼索連接橋塔與主梁，將承載於主梁上之自重及車行載重傳遞至橋塔，而橋塔再將力量傳至墩柱及基礎，構成力系的傳遞。



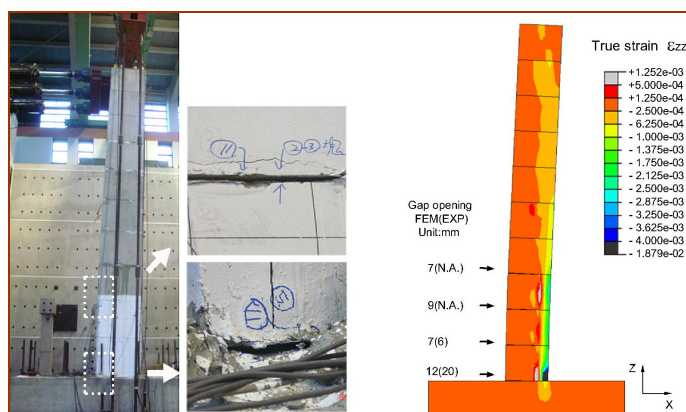
圖一 預力 I 型梁



圖二 斜張橋

對於未來的中橫、南橫及東部等國道公路網計畫，由於大多位處山岳地帶，且通過生態保護區，在生態保育及施工條件考量之下，後拉式預鑄節塊橋墩便成為極佳的選擇。首先在施工上，預鑄節塊橋墩之節塊可於預鑄場事先鑄造，鋼筋彎紮及混凝土澆注可以自動化、機械化方式進行，再配合現場組裝，相較於傳統

模版工法之鋼筋彎紮不易及混凝土澆注之費事耗時，有施工迅速及工期縮短之優點。其次在生態環保方面，由於預鑄橋墩可不經施工便道施工，對環境或交通所造成的干擾較少，因此在保護區或都會區的效益特別明顯。為了解預鑄節塊橋柱的耐震能力並提供可實際應用於台灣的預鑄節塊組立法，交通部國道新建工程局委託國立台灣大學進行四座大尺寸預鑄節塊橋柱研究，並於國家地震工程研究中心進行試體的組裝與測試。（見圖三）



圖三 預鑄節塊橋柱

## 二、台灣與美國合作後拉式預鑄節塊橋柱試驗研究計畫

在過去的二十年間，以預鑄節塊工法來縮短橋梁建造時間的方式在歐美各國已逐漸受到重視。橋梁預鑄節塊工法讓橋梁工程師除了在可以降低施工期間的意外事件、免除施工期間對交通的中斷及加快建造的速度外，亦可同時確保應有的建造品質及降低橋梁使用年限間的維護費用與建造期間對週遭環境的衝擊。但是，目前大多數的應用多在低地震威脅的地區，且如美國加州及台灣這些屬於中高地震區的地方都沒有任何採用預鑄節塊工法建造的橋柱。為了解採預鑄節塊工法建造的橋梁在強震區的耐震行為，本中心(National Center for Research on Earthquake Engineering, NCEE)與美國 University at Buffalo 的地震相關工程研究中心(Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research, MCEER)共同建立合作研究計畫。

此計畫將承續先前節塊橋柱試驗於製作及組立法上的經驗，進而改進握裹式鋼鍵及消能鋼筋灌漿填實作業不實導致永久變形仍大與消能能力不甚理想的問題，試驗分為兩階段，第一階段針對節塊間消能鋼筋的基本行為及實際組裝作業進行一系列的構件測試，第二階段將進行縮尺節塊橋柱之反覆載重試驗與擬動態試驗，並將第一階段構件測試結果回饋至整體橋柱的設計與組立法，目的為共同發展一套具備充分消能能力與強震後產生最小的殘餘變位之預鑄節塊橋柱系統。

計畫參與人員：張國鎮教授、George C. Lee、歐昱辰、王柄雄

專案助理研究員 王柄雄

# 參訪日本橫濱防災館、人與未來館

## 一、前言

日本神戶大地震後，日本防災中心（Disaster Reduction and human renovation Institution --DRI）在橫濱市設立防災館以及人與未來館。這是一個能讓人體會到神戶大地震當時的景象，並能從中學習如何能在重大災難中存活的一個展覽館。為避免未來有相似的災難發生，日本防災中心提供一套完整的教育內容，幫助社會大眾了解大自然的法則以及如何做最佳的準備。藉由本次的參訪，希望能提供國內 921 教育園區規劃參考。

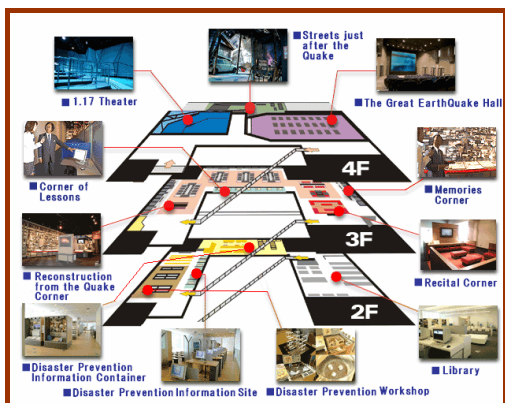


阪神・淡路大震災記念  
**人と防災未来センター**  
The Great Hanshin-Awaji Earthquake Memorial Disaster Reduction and Human Renovation Institution  
한신·아와지대지진기념사람과방재미래센터 阪神・淡路大震災記念人と防災未来センター

圖一 防災館（左）與人與未來館（右）照片

## 二、防災館

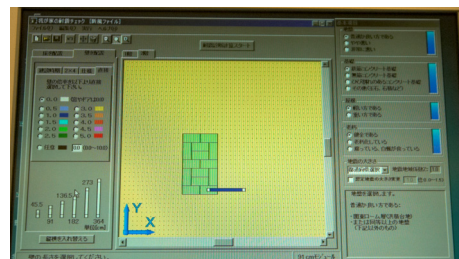
防災館（Disaster Reduction Museum）外觀為玻璃帷幕，展館位於 2F~4F。參觀動線由四樓一路往下至二樓，經由天橋可繼續接至人與未來館參觀。



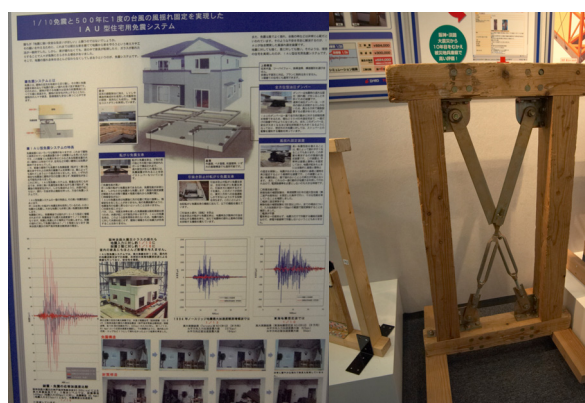
圖二 防災館參觀動線圖

四樓展覽的內容以重現神戶地震時的景象，其中包含：1.17 劇場（描述當時地震發生情境）、震後街道實景重現以及大震災廳（描述震後重建的過程）。三樓的展示為災民於重建時期的生活點滴，以及防災資訊中心。二樓的展區規劃為有圖書館：提供各式各樣與防災相關的圖書。防災情報站資訊站：提供電腦讓參觀者可以以互動方式得到最新的防災資訊。防災工作館：以模型方式提供防災知識，包含土壤液化、基礎隔震系統，以及結構補

強方式。其中結構補強的展示相當完整與全面。其中包含實際民房補強建議（提供一套互動式軟體作簡易評估與補強試算如圖三）、政府補助方式、實際施工範例、補強效益分析以及相關廠商資訊如圖四。



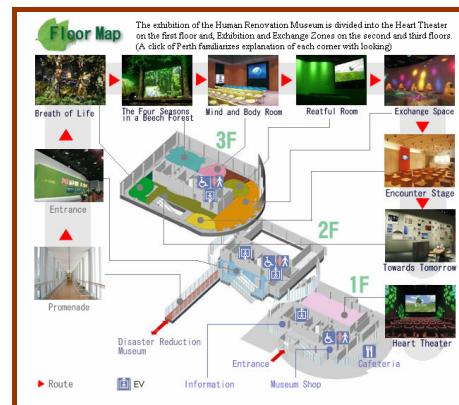
圖三 互動式簡易評估與補強試算軟體



圖四 實際結構補強建議、實際施工範例、以及相關廠商資訊展示

## 三、人與未來館

人與未來館（Human Renovation Museum）緊鄰防災館，其展館空間位於 1F~3F。其空間配置圖如圖五。其展示內容以介紹大自然開始，緊接著討論人與自然界的互存關係，以一些互動式的展覽提供人類未來的生活方式參考。最後為 3D 劇場（Heart Theater），以一片名為 Freddie 的葉子為主角，介紹 Freddie 於四季變化中所經歷的事物，藉由 Freddie 的故事來提醒人們生命的美麗並激勵人們生存的勇氣。



圖五 人與未來館空間配置圖

副研究員 林沛陽

# 紀念舊金山地震第一百週年研討會 (The 100th Anniversary Earthquake Conference)

## 一、會議經過與內容紀要

紀念舊金山地震第一百週年研討會 (The 100th Anniversary Earthquake Conference) 於 2006 年 4/18-4/23 於舊金山舉行，本次會議主要包含由 EERI 所主辦的第八屆美國國家地震工程會議 (8th US National Conference on Earthquake Engineering)，及 the OES Disaster Resistant California Conference，與 the SSA Annual Meeting。藉由本次的會議，將可集合全世界兩千名以上的地震學家、地震工程研究人員急難救助管理者與工程師們，並藉彼此交換訊息，達到群策群力之功效。有鑑於此，本中心本次一共有柴駿甫等九位同仁參與本次會議，所研究之成果亦將於會議中與各國代表分享。以下僅將本會議之特點作一描述：

### Joint Plenary Sessions

本會議針對不同的主題，於會議的每日 4/18-4/22 均規劃 Joint Plenary Sessions，所包含之項目除了地震工程外，更有關於人文與管理等不同議題，將可進一步提升與會人員之視野與素養

### Tutorials

除了與會之專業人士之外，Tutorial 之部分更針對老師與商業團體進行地震相關之演講與指導。

### Social Events

本次會議將有數個大型之社交晚會，對於提升地震中心於國際之知名度將有重大之幫助。

### Exhibitor Information

會議中除了專業知識的分享外，亦將有參展廠商展示各種災害防治，急難救助與防震系統等之相關展覽，相信中心之與會人員將可從中獲益良多。

### 100+ Technical Sessions

超過一千種以上的技術交流議程，將可提供最豐富與最多元的與會選擇，並可擴大與會人員之國際觀與視野，以下將中心參與人員之講題表列如右。

## 二、與會心得

The 100th Anniversary Earthquake Conference 為美國地震工程界之重要盛事，除了美國之專家學者外，世界各國之頂尖人才，亦都參與此項盛會以分享其研究成果。透過此類大型會議，將可迅速的瞭解現今世界於地震工程上最頂尖之研究概況與技術開發，並獲得快速經驗累積與培養研究構想之功效。除此之外，利用會議期間與各國成員的學術交流，更可望積極促成國際合作，以期更有效率地解決各國共同面臨的研究課題。

藉由參與本次盛會，使個人對新一代結構混合控制、智慧型結構概念、與性能設計法之最新發展趨勢等相關議題均有了更深一步的認識與瞭解。值得一提的是，在現場觀摩由 Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER) 所舉辦的第三屆

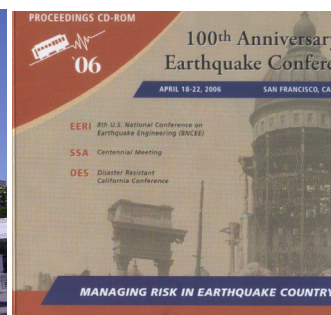
結構物抗震競賽，更提供中心每年持續舉辦的 IDEERS 抗震盃活動許多寶貴的改善構想。而透過四天之議程中各國代表間之直接交流與溝通，亦能增進彼此之情誼與奠定未來合作之契機。展望未來，針對類似此次大型會議，國內應持續鼓勵相關研究學者及工程技術人員參與學術研討會或參訪相關之研究機構及技術開發之公司，以了解國外地區之最新研究動態及相關技術之開發現況。除此之外，中心持續邀請國外地區之卓越學者來台灣進行參觀訪問或就其專長進行專題講座，相信對於促進國際學術合作與科技交流，亦具有重大之貢獻。

### 本中心參與人員及講題

Title	Authors
Dynamic Gravity Load Collapse of Non-ductile RC Frames I: Experimental Approach	吳俊霖
Application of VE dampers in Multi-purpose Vibration Prevention System	林子剛
Dynamic Gravity Load Collapse of Non-ductile RC Frames II: Computational Approach	楊元森
Dynamic Responses of Saturated Sand in the Bi-axial Laminar Box under Multi-directional Shaking Table Tests	陳家漢
Development of Dynamic Slip Model for A Shear Crack	柴駿甫
Experimental Study on Displacement Based Seismic Retrofit Design of Structures with Energy Dissipation Devices	陳長佑
Bi-directional Sub-structural Pseudo-dynamic Tests of A Full-scale 2-Story BRBF, Part 2: Compressive Behavior of Gusset Plates	林敏郎
Development of an Object-oriented Platform and Graphical User Interface for Nonlinear Structural Analysis	林柏州
Seismic Responses of Structural Systems Using Steel Post-tensioned Members	莊勝智



照片一 會場外觀



圖一 論文光碟封面

## 三、攜回資料名稱及內容

此次會議攜回數片主辦單位發給之 The 100th Anniversary Earthquake Conference CD-ROM。所攜回資料已存放於中心五樓圖書館中，歡迎查閱參考。

副研究員 林子剛、助理研究員 陳長佑

## 赴歐盟 ELSA 實驗室進行技術合作與交流

本中心於今年 5 月 15-18 日，由蔡克銓主任率林克強博士、楊元森博士與涂文祥先生，赴歐盟聯合研究中心設於義大利 Ispra 鎮的 ELSA (European Laboratory for Structural Assessment) 實驗室，進行為期四天的多項實驗技術簡報與討論，洽談合作細節與簽訂協議。合作主題包括：大型橋柱疲勞實驗、斜張橋纜索接頭實驗、網路合作實驗、連續性擬動態實驗技術、實驗資料管理與影像式位移變形量測技術。雙方的交流乃基於過去本中心與歐盟建立的多項合作決議，包括 2003 年本中心與歐方於台北簽定的合作決議，2004 年歐盟執行的結構檢測監測與控制國際合作計畫(I-SAMCO) 各參與國家代表於歐洲簽定的協議，以及 2004 年由國科會國合處補助本中心與歐盟之「地震工程實驗模擬技術與資訊格網系統」兩年合作計畫。

ELSA 實驗室的任務主要為合作與研究支援為導向，促進國際與歐盟合作並建立標準，扮演合作研究支援、技術支援的角色。該實驗室亦是歐盟最主要的地震工程實驗室，其大型設備包括反力牆、強力地板與大型高應變率動態試驗機。有關 ELSA 實驗室更多的細節，請參閱本中心簡訊第 51 期「歐盟 ELSA 實驗室簡介」，或參考 ELSA 官方網址 <http://elsa.jrc.it/>。

在大型橋柱與斜張橋纜索接頭疲勞實驗方面，ELSA 實驗室建立一座大型的斜張橋試體，且斜張纜索之張力可以利用致動器加以控制，以進行各式結構控制與監測技術的研究。本中心在大型橋柱與帽梁接頭的疲勞實驗具相當的經驗。透過與 ELSA 實驗室的持續交流，將有助於提升本中心在斜張橋纜索接頭疲勞實驗的技術。藉實驗室實地參訪，本中心亦學習 ELSA 實驗室各項試體設計與架設、實驗儀器設備組裝設計、儀器保養與實驗室整體規劃等細節。

在網路合作式實驗方面，本中心向 ELSA 實驗室人員簡介本中心的網路實驗平台 ISEE 與甫於今年三月完成的台灣-加拿大跨國大型橋柱實驗(詳見簡訊 57 期)，以及未來在我國建立分散式實驗環境的構想。ELSA 對於合作實驗表明相當高的興趣，並將尋求具研究與實務需求的實驗作為雙方合作範例。目前 ELSA 已經將美國 NEES (Network for Earthquake Engineering Simulation) 計畫開發的即時資料監視系統(Real-time Data Viewer)，依據 ELSA 軟硬體環境加以修改並使用。在網路合作實驗的部份，雖然目前 ELSA 實驗室在短期內並無立即經費可以製作新的大型試體，但雙方在網路合作實驗技術的交流與分析軟體與網路相關軟體與技術的開發，仍會持續進行。

在擬動態實驗技術的部份，本中心與 ELSA 採用不同的計算與控制方法。藉由本次參訪，我們學習到 ELSA 所採用的連續性控制演算法，並定為未來本中心將開發的實驗技術之一。該方法最大的優點在於，擬動態實驗可以完全依照一個既定且固定的速率來進行。

在實驗資料管理方面，ELSA 已有基本的資料模型(data model)與管理機制，而未來亦打算再進一步改良與發展。另外，在結構監測資料管理方面具豐富經驗，也是歐盟 I-SAMCO 計畫主持者

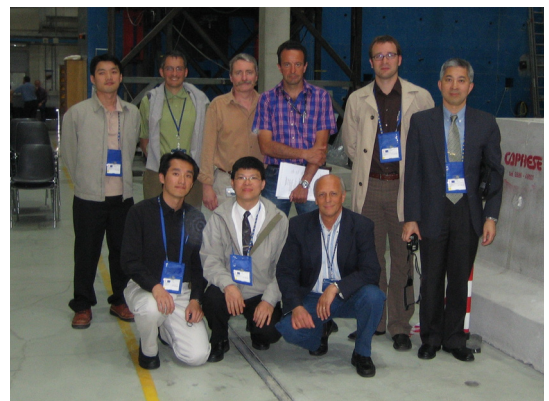
的奧地利 VCE 顧問公司，亦派員參與本次會議，並簡報橋樑監測資料管理系統 BRIMOS 與決策支援與專家知識整合型系統 VCDECIS。在場專家學者一致認同，未來在實驗資料管理與資料交換方面，將朝一個共同標準(communication format)的概念來發展，一方面各實驗室仍保有資料格式與管理的自主權，另一方面當進行資料交換時，則透過共同標準的交換格式或虛擬的資料中心來進行實驗資料的交換與共享。

影像式量測技術也是本次會議中的議題之一。該技術最大的好處在於可以量測的範圍較大，且透過影像分析技術，可以掌握的資訊更多元化。ELSA 已開始利用高畫素數位相機，搭配影像分析技術，作為實驗試體變形的量測工作。量測的物理量包括特定點的位移、樑柱變形曲率、平面應變場等。本中心正著手開發以攝影機畫面量測振動台實驗的試體位移歷時。對於影像式量測技術所牽涉到的空間校正、影像扭曲等問題，雙方將更進一步進行技術交流，以提高影像式量測的精度，擴大其在實驗與工程方面的應用範圍。

最後，藉由本次交流，由本中心蔡克銓主任與 ELSA 實驗室 Vito Renda 博士為代表，雙方共同訂定本中心與歐盟聯合研究中心的五年合作同意書，奠定本中心與歐盟長期合作與研究成果共享的共識。本次參訪經費由國科會國合處、本中心與歐盟聯合研究中心共同補助。



ELSA 實驗室與大型結構試體



本中心代表與歐方人員於 ELSA 實驗室合影

副研究員 楊元森、研究助理 涂文祥、副研究員 林克強  
主任 蔡克銓

## 參觀中心活動報導

### 一、前言

近十年來國內外地震災害不斷，經由資訊媒體報導，防震災的議題逐漸受到國人的重視，各級學校逐漸將「地震防災教育」列為生活教育的一環，教師們尋找相關的資料或資源以作為教材。教育界對「地震防災教育」的重視和需求日益增加，本中心「地震防災教育」推廣服務工作也逐日擴大。

### 二、中心「地震防災教育」推廣服務事例

近日各級學校參觀拜訪地震中心，與地震中心受邀參展地震防災教育服務事例，整理如下：

- (1) 自然科學博物館，地震週活動，2005.07.07~2005.07.24
- (2) 內政部營建署地震雙年展協辦，2006.01.20~2006.02.12
- (3) 高雄正修科技大學參訪，2006.03.31
- (4) 北市大安國小參訪，2006.04.07
- (5) 明新科技大學參訪，2006.04.07
- (6) 苗縣私立建臺高級中學，2006.04.22
- (7) 北市龍安國小參訪，2006.04.28
- (8) 桃園縣高原國小參訪，2006.05.17
- (9) 桃園縣瑞埔國小參訪本中心，2006.05.24
- (10) 雲林科技大學演講，2006.06.02



### 三、目前「地震防災教育」內容

目前「地震防災教育」內容，主要為中小學師生而設計，主題為 (1)921 集集地震大樓地震震害害解說 (2)土壤液化實驗 (3) 地震規模與震度體驗 (4) 盆地對房樓之共振現象 (5)義大利麵屋抗震競賽。上述教案多強調實驗與活動，利用互動的方式，將地震防災知識表現和傳達。

### 四、未來「地震防災教育內容」改進方向

未來中心的「地震防災教育」有以下的增進空間，包括

- (1) 增設實用性教案
  - (a) 鋼筋混凝土結構搭接、箍筋間距與彎鉤角度等實用且易理解之模型。
  - (b) 山坡地地震穩定模型
  - (c) 地震與公共工程關係模型
- (2) 擴大「地震防災教育」範疇，納入海砂屋、瓦斯等與地震相關議題。
- (3) 資訊化管理和傳播，讓更多的學校可得獲中心「地震防災教育」資源。
- (4) 若未來中心擴建加蓋，宜有專屬科普教室。

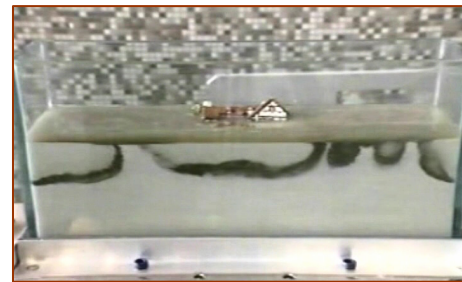
### 五、結語

「地震防災教育推廣」為中心的既定服務目標，未來加強結合中心的實驗室、儀器設備、勘災經驗、圖書資料、專職研究人員等能量，以提供更完整的地震防災教育，將是中心繼續努力的方向。

參觀本中心活動導員包括：林憲忠、陳家漢、邱世彬、林金祿



圖一 921 集集地震大樓地震震害害解說(新莊博士的家)



圖二 土壤液化噴砂模擬試驗

←圖三 地震量測互動遊戲



圖四 高低樓房與盆地共振實驗



圖五 義大利麵屋抗震競賽

副研究員 李政寬

## 2006 亞太抗震盃活動預告

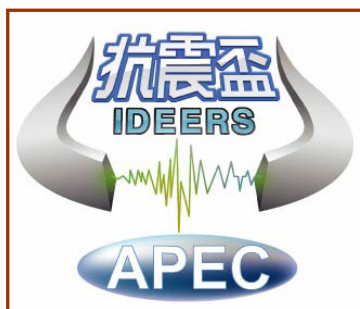
為增進學生地震工程之防災知識，藉由競賽活動及互動式參與增進結構抗震觀念，國家地震工程研究中心自 2001 年起舉辦「抗震盃—地震工程模型製作校際競賽」，活動分成高中、大專及研究生三組，邀請國內外學生隊伍參賽。至本年度為止，已歷經五屆競賽，參加學生人數超過 1300 多人，參賽國際隊伍包含英、美、日、香港、馬來西亞等國。

為使本活動進一步推向國際舞台，提昇台灣地震工程國際知名度，於今年 3 月 28~30 日在菲律賓首都馬尼拉舉辦 APEC 年度工作會議中，在行政院國家科學委員會大力協助及本中心蔡克銓主任努力之下，順利通過該會審查，列名為 APEC 所屬活動項目之一。因此，本年度活動針對國際隊伍擴大邀請範圍，邀請對象包含英、美、日、東南亞及其他亞太地區等國際隊伍。活動內容則延續往年朝創意提升與工程應用結合，參賽隊伍需在活動期間製作抗震結構模型，通過相關耐震測試。另在研究生隊伍部分，則

增列舉辦研究生國際研討會，參賽隊伍須簡報該隊之設計原理與隔減震方式，並經由與裁判及國內外參賽隊伍之討論，以增加競賽之教育意義。本次活動亦邀請英國裁判及越南、菲律賓兩國 APEC 觀察員以協助活動進行。

此外，鑑於本活動模型設計與製作困難度較高，報名對象受限高中生以上才能參賽，國中小學及一般社會大眾無法有效參與。據此本中心與國立高雄科學工藝博物館合作，於 9/23(六)~24(日)兩天，在高雄科學工藝博物館舉辦「非常搖擺、義大利麵造屋競賽」，開放有興趣之社會大眾參與，以落實地震教育之普及。

2006 APEC 抗震盃預計將於 9 月 22 日(五)~24 日(日)舉辦(活動規劃詳如下表)，期望透過此活動之舉辦，能讓青年學子有更多國際交流機會，同時對耐結構震設計產生興趣，進而於未來投入地震工程相關領域貢獻一己之力。



時間	工作	說明
9月20日(三)		國外隊伍抵達台北
9月21日(四)	國外隊伍地震教育之旅	介紹 921 地震教育園區、石崗壩、集集震害景點等
9月22日(五)	研究生組研討會	各隊簡報其設計與構想並討論、溝通規則
	國際隊伍歡迎晚宴	歡迎國外隊伍、加強國內外交流活動
9月23日(六)	抗震盃 (IDEERS) 競賽	模型製作、模型審查
9月24日(日)	抗震盃 (IDEERS) 競賽	振動台測試、頒獎典禮
9月25日(一)		國外隊伍離開台北



國家地震工程研究中心將於今年 10 月 12 日至 13 日假台北市福華國際文教會館舉辦第四屆國際地震工程研討會(本會議全程使用英文)。會議主題強調『加強地震工程前瞻研究之國際合作及防救災實務應用』，屆時將有來自 20 個國家約 250 位專家學者與會發表最新研發成果；會議並將安排實地觀摩世界罕見的「構架內磚牆面外崩塌振動台試驗」。本會議歡迎國內產官學研各界先進報名與會。發表論文課題涵蓋：工程地震學、大地工程、結構工程、先進科技、維生管線、非結構元件行為及儀器設備隔減震、耐震設計及規範、地震工程應用、地震災損評估、基礎建設減災、資訊及數值計算科技、地震勘災及海嘯、社會經濟議題、地震引致火災等。已獲摘要接受通知之學者專家，請於 2006 年 7 月 31 日前利用 4ICEE 專屬網頁上傳論文全文。如需更多本研討會相關資訊，請至 4ICEE 專屬網頁閱覽或 email 4ICEE 秘書處 ([icee@ncree.org.tw](mailto:icee@ncree.org.tw)) 查詢。

### Important Dates

Item	Content
Deadline for abstracts	February 20, 2006
Notification of abstract acceptance	April 1, 2006
Open for uploading full paper	May 1, 2006
Deadline for full papers	July 31, 2006
Notification of full paper acceptance	August 16, 2006
Conference Date	October 12-13, 2006