

發行人：蔡克銓

本期主編：翁元滔

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.ncee.org.tw>

九十五年十二月出版

八十一年三月創刊·季刊

行政院新聞局局版臺誌第 10286 號

中華郵政北台字第 4690 號執照登記為

雜誌交寄

## 目錄

### • 專題報導

實尺寸鋼板剪力牆構架擬動態試驗 1

RC 構架內填磚牆面外振動台試驗 3

RC 校舍建築柱構件受高軸力與雙曲率彎矩  
作用下之補強行為研究 5

國內外設備與非結構構材耐震  
設計規範發展 6

### • 中心活動

第四屆國際地震工程研討會活動報導 8

2006 近代工程計算論壇研討會 9

中華民國地震工程學會 2006 年地震工程  
傑出貢獻獎 10

預力建築構造耐震性能研究-台美研討會 10

2006 耐震設計國際訓練班圓滿閉幕 11

### • 出國報告

第二屆 NEES/E-Defense 之 RC 建築結構崩  
塌行為模擬專題研討會 12

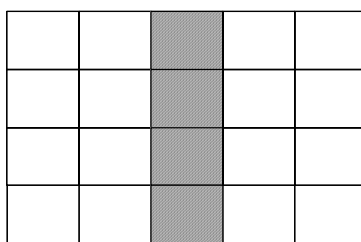
本刊免費贈閱，歡迎來電索取

## 專題報導

# 實尺寸鋼板剪力牆構架 擬動態試驗

## 一、前言

鋼板剪力牆構架為一種在結構構架中含有薄鋼板之抗側力系統(如圖一)，並藉由鋼板發生挫屈後產生之拉力場 (Tension Field) 機制(如圖二)來抵抗側力，且通過鋼板拉力降伏來消散外力所輸入的能量。有關鋼板剪力牆構架系統的研究，在國外已有許多學者進行研究，在國內則是處於剛起步的階段，近兩年在國家地震工程研究中心，針對單層鋼板剪力牆的耐震行為，與美國紐約水牛城大學土木工程研究所合作，進行一系列的研究與討論，本研究以先前的成果為基礎，進行一實尺寸兩層樓鋼板剪力牆構架的實驗，以期對於此種新型的耐震構架系統，能有更進一步的了解。



圖一 鋼板剪力牆構架系統



圖二 拉力場行為

## 二、試體介紹

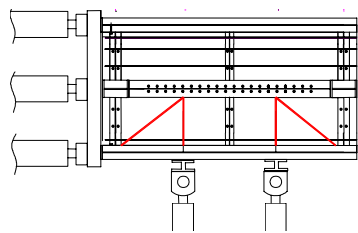
本次試驗所採用之試體為一實尺寸兩層樓的構架，跨度 4m，每層高度約 4m，試體所用之鋼板是採用 SS400 材質(材料性質與 A36 相近)，而外圍梁柱則是使用 A572 材料，鋼板厚度使用 2mm(2F)與 3mm(1F)，降伏強度分別為 335 與 338Mpa，詳細的試體尺寸設計見圖三。此外針對使用性的問題(鋼板剪力牆的面外變形及鋼板挫屈時所產生之巨大聲響)，本次試驗於每層鋼板牆之兩側加上矩型鋼管，提供側向的束制，每面鋼板牆均使用 6 根鋼管束制(一側各 3 根)，把鋼板分為四等份，至於束制鋼管斷面與接合的設計則是採用過去研究(林盈成與蔡克銓，2004)的建議，斷面設計的部分以鋼板面內 3%的剪力作為鋼管的設計力，可得所需之鋼管斷面(1 樓：125x75x4 mm，2 樓：125x75x2.3mm)，至於接合的設計是採栓接的形式，以螺絲讓兩根鋼管緊緊夾住鋼板，而鋼管的兩端則是與焊在柱翼上的支撐板採栓接形式，支撐板上打長條孔，使束制鋼管可以滑動，在提供束制的同時，不希望鋼管承受額外的力量。試驗之鋼板剪力牆構架如圖三所示。

## 三、試驗計畫

本次試驗每層樓使用 5 根 100 噸油壓千斤頂，其中面外方向的兩根千斤頂實驗時並不參與地震力的輸入，單純只當作側稱使用，試驗配置見圖四。



圖三 試體構架立面



圖四 試驗平面配置圖

試驗預計進行兩個階段，第一階段進行三個地震歷時，依序為 Chi-Chi(2/50)、Chi-Chi(10/50)與 Chi-Chi(50/50)，第一階段結束後，由於周圍梁柱構架並未發現明顯的破壞，因此更換鋼板進行第二階段試驗，兩階段試驗主要的差異在於第二階段的試體面外方向並未束制構件，用以驗證束制構件的效果，第二階段僅進行一個地震歷時 Chi-Chi(2/50)，之後將試體反覆測推直至破壞。

#### 四、試驗過程與結果

在第一階段試驗中，試體會兩度發生破壞狀況(混凝土樓板、柱底板接合)，因而暫時停止試驗並採取修補措施，待試體修復完成再繼續進行試驗，此外為求試驗資料之完整性，修復後皆以原來之地震歷時從頭開始進行試驗，故第一階段試驗，最終有 5 筆地震試驗紀錄，在第一階段試驗中，除了鋼板有挫屈及開裂的情形發生(圖五)之外，鋼板最大面外變形約 5cm，周圍梁柱與束制構件並未有明顯的破壞狀況。而在第二階段的試驗中，中間梁有斷裂的情況(圖六)，但並未對整體強度有太大的影響，試驗結束後，觀察試體情況，由於沒有面外束制，鋼板之面外變形量高達 25cm，其餘梁柱構件仍未有嚴重破壞現象。最後進行反覆側推，到達 3% drift 時，1 樓鋼板與周圍梁柱的接合有分離的狀況(圖七)，此時整體強度有明顯下滑的現象，而 5% drift 時，試體頂層樓板發生嚴重開裂(圖八)，試驗至此結束。

在 Chi-Chi(2/50)的地震作用之下，其最大樓層側位移角約為 2.5%，而在 Chi-Chi(10/50)地震作用下，其最大樓層側位移角則接近 2.0%，圖九為第一階段中各樓層在 2/50 地震作用下之遲滯迴圈圖，由圖中可看出，鋼板剪力牆系統在地震力的作用下仍有穩定而良好的消能能力，此外由試驗中的觀察可看出，在中間梁斷裂之後，試體的強度及消能情況並未有明顯下滑的狀況，這是

由於即使中間梁失去作用，外框的梁柱依舊能提供良好的錨定作用，讓拉力場機制發揮作用(兩片 4mx4m 鋼板牆 → 一片 4mx8m 鋼板牆)，此種系統強度會有明顯下滑的因素，主要在於拉力場無法發展(損失)，其原因來自於外框的強度不足，無法提供鋼板適當的錨定或者是如同本試驗中所見，鋼板與外框梁柱間有分離的現象。



圖五 鋼板挫屈開裂



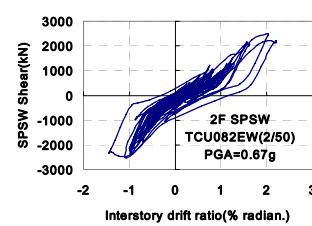
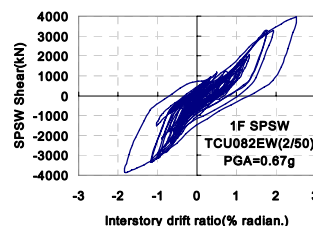
圖六 中間梁斷裂



圖七 鋼板與梁柱構件分離



圖八 混凝土樓板破壞



圖九 Phase 1 各樓層鋼板剪力牆遲滯迴圈圖 Chi-Chi(2/50)

#### 五、結論

1. 鋼板剪力牆有良好的消能且穩定的消能能力，又兼具經濟性，確為一實用之耐震消能元件。
2. 由實驗結果可看出束制構件的確能有效提升鋼板剪力牆系統的使用性，面外變形方面(有束制構件:5cm，無束制構件:25cm)，鋼板挫屈所發出之聲響亦能透過束制構件控制。
3. 經過第一階段 3 個地震歷時試驗後，周圍梁柱並未發生破壞狀況，而束制鋼管則是未發現任何降伏情形，可以推論梁柱構件及束制鋼管的尺寸設計適當，足以讓鋼板剪力牆發揮作用，並提供鋼板面外良好的束制。

專案助理研究員 林志翰、主任 蔡克銓

# RC 構架內填磚牆面外振動台試驗

## 一、前言

在台灣，磚牆是最常被用於 RC 建築，也是最為人所熟悉的牆壁構築方式。1960~70 年代開始盛行的加強磚造，即是以先砌好的磚牆為主體，再於磚牆周圍配置鋼筋，澆灌 RC 柱梁，利用混凝土的乾縮特性，為磚牆提供邊界圍束的構法。加強磚造多用於一般低層民宅、學校與公家建築，磚牆由於必須承擔水平載重，厚度通常為 1B 厚（24cm），過去許多研究與震害經驗已證實此類先砌式磚牆具有一定的面內強度，但面外強度則較不被期待。

1980 年代以後，由於建材價格下降而工資上漲，加上高度不得 10m 的限制使得加強磚造建築漸漸式微，磚牆構法亦變為較簡單的後砌式。後砌式磚牆由於是在 RC 構架完工後才填入，可便利隔間，多用於各種高度的住宅。但也由於無法與主結構體緊密連結，常被視為非結構體，厚度多為半 B（12cm），細薄的高厚比使後砌式磚牆受震時發生面外的風險更高於先砌式磚牆許多。

在國家地震工程研究中心利用待拆老舊典型校舍所進行的現地推垮試驗中，由於推垮方向位於校舍較弱的長向，而承受面外方向加載的先砌式 1B 隔間磚牆，由於磚與灰漿不擅於抗拉的天生材料缺陷，在加載初期，牆頂與牆底受撓應力最大處即已在拉力側出現橫越整個牆寬的水平裂縫。然而當載重增加，裂縫越變越寬的同時，如圖一所示，牆體卻仍與構架連結在一起，並在其他柱構件破壞時，提供部分垂直支撐，直至校舍崩塌。



圖一 校舍現地試驗之隔間磚牆面外破壞模式

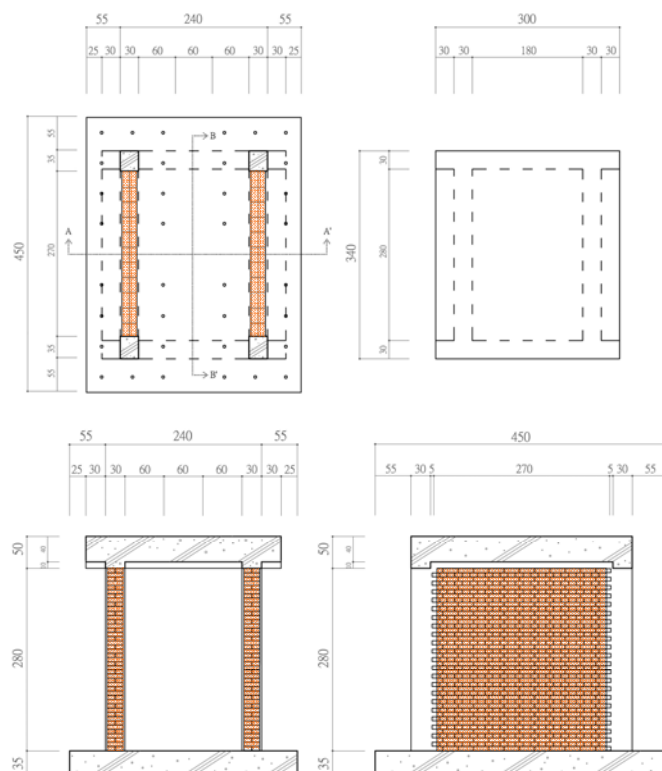
試驗結果顯示試體強度較理論分析强度高出了約 25%。在排除其他誤差可能後，為了確認此一差距是否來自磚牆之面外方向貢獻，並探討牆體本身慣性力引致之動態行為，延續上一年度的平面構架內填磚牆面外加載試驗，規劃了四座振動台試體如下。

## 二、試體與試驗簡介

圖二所示為試體之一的平面與立面圖。由於磚塊尺寸為固定規格，為避免尺寸效應之影響，採用足尺試體進行試驗。為了使磚牆和在實際建築物中一樣，能有效受到頂梁與樓版的束制，試體設計成有四根柱子的立體構架，內含兩片一模一樣的磚牆，頂部有梁與厚 40cm 的樓版，除提供束制與軸力外，也藉由其質量提供試體一頂部集中慣性力。

為比較磚牆之構法及高厚比對其面外行為之影響，四座試體分別為：後砌式半 B 磚牆試體 A1，代表典型公寓住宅的隔間牆、

先砌式 1B 磚牆試體 B2，代表典型加強磚造建築的隔戶牆、以及與上述兩座試體作為對照的先砌式半 B 磚牆試體 B1，與空構架試體 PF。除磚牆以外，四座試體之幾何尺寸與斷面配筋皆相同。



圖二 試體 B2 之平面圖

加載震波採用 921 地震之 TCU078 東西向記錄，由磚牆面外方向進行單軸激振。原本預計僅加載 4~5 次，每次逐漸放大震波 PGA，但實際試驗時發現試體超乎預計地剛強，PGA 加大至 1800gal 仍未出現嚴重破壞，最後採用正弦波激振，並將正弦波頻率調整至當時試體之顯著頻率，使試體發生共振並破壞。



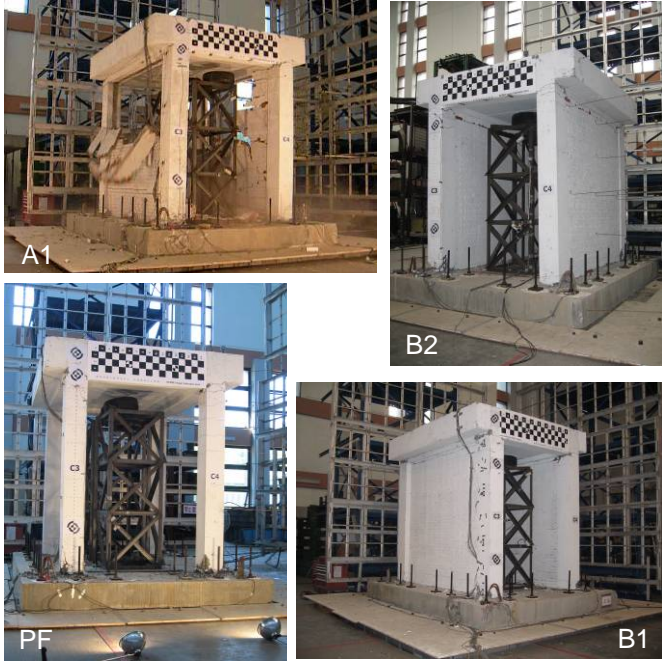
圖三 試體 B1 與內部防塌裝置

圖三所示為試體 B1 安裝於振動台上的狀態。為了防止試體完全崩塌，試體內部設置了一座防塌裝置，外部則加裝了突出振動台面的木板，以防止磚塊掉落至振動台下傷及設備。量測設備除了各層各向加速規、位移計與應變計外，磚牆面上亦配置了外部與內部面外位移計與加速規。部分試體還加上了羅俊雄教授團隊的無線量測系統，與張國鎮教授團隊的光纖量測設備。

在中心的協助下，四部內部與六部外部攝影機全程記錄試驗過程，除了將試驗畫面上傳至網路外，透過楊元森博士的影像量測技術，可將影像轉為變位等有效資料。

### 三、試驗結果

試體最後破壞照片如圖四所示，四座試體在最終加載結束後都沒有完全倒塌，但皆已發生柱主筋拉斷與壓力側混凝土剝落之嚴重破壞。雖然柱為非韌性配筋，但由於細長比較長，所有試體的柱構件皆為撓曲破壞。



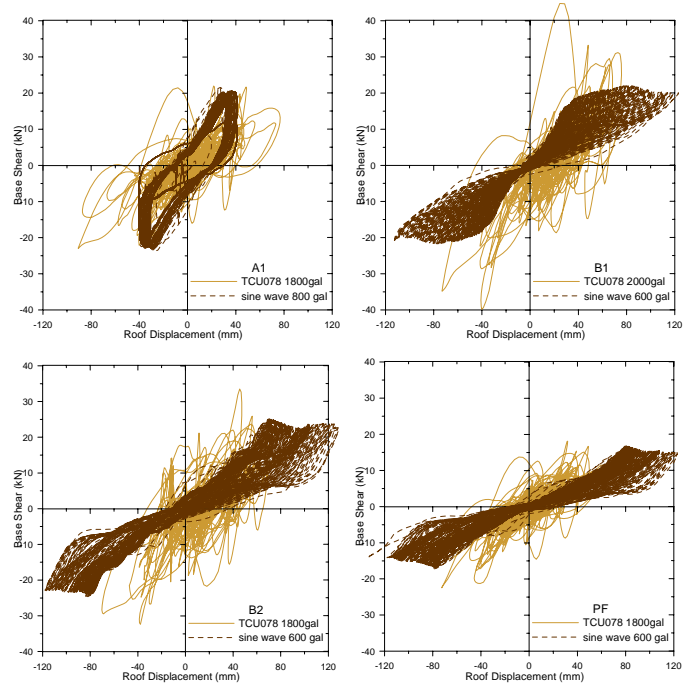
圖四 試體最終階段照片

磚牆的面外破壞模式與現地試驗類似，在加載初期即於牆頂與牆底兩面出現水平裂縫，伴隨著加載 PGA 的增加，牆頂與牆底開始有磚塊與灰漿碎屑受壓剝落，且水平裂縫出現位置逐漸往牆體中央高度接近。B1 與 B2 兩座先砌式磚牆試體的破壞情形非常相似，先砌式磚牆由於兩側邊界砌築成鋸齒狀，與邊界柱梁的連結良好，完全未與構架分離。B1 試體的柱構件破壞情形似較 B2 試體更為嚴重，可能是由於 1B 厚磚牆比半 B 厚磚牆為構架分擔的貢獻較多。

A1 試體的先砌式磚牆在第一次加載後與 B1、B2 一樣，於牆頂與牆底出現水平裂縫，但第二次加載後，牆與柱的邊界處即出現垂直裂縫，顯示磚牆開始有脫出構架的傾向；之後隨著加載 PGA 增大，牆體於不同高度處出現水平裂縫，且各裂縫處開始掉落磚牆碎屑。以震波 1500gal 加載時，已可明顯看見磚牆頂部與構架脫開，如直立懸臂般於面外方向振動，但尚未完全跑出構架外。進行正弦波加載時，磚牆本身由水平裂縫與中央的垂直裂縫分離成數片，發生嚴重面外擺動後從頂部開始崩落於試體內外，並造成部分量測儀器與控制室設備的損壞。

圖五所示為初步整理過後，四座試體於最後兩次以震波與正弦波加載時之基底剪力與屋頂位移曲線。大致上而言正弦波加載之反應強度與震波加載時差不多或較小，但正弦波加載因造成共振，變位通常較震波反應大得多，曲線也較規則。若以正弦波反應為準時，四座試體的強度順序為：B2 (25.3kN) > A1 (23.6kN)

> B1 (22.1kN) > PF (17.2kN)，顯示磚牆不管先砌或後砌，皆有可能提供面外強度貢獻。在本試驗中，差異最大的 1B 先砌式磚牆試體之強度較空構架試體增加了約 47%，而同樣為先砌式的半 B 磚牆貢獻則較 1B 磚牆少了約 18%。同樣為半 B 磚牆的先砌與後砌試體強度似乎差不多，但後砌式磚牆因缺乏與邊界構件的有效連結，一有裂縫出現就很容易發生面外崩塌。



圖五 試體基底剪力-屋頂位移曲線

### 四、結語

對於磚牆這種質量大而強度相對較低的材料，振動台試驗可呈現出一般靜態加載試驗難以呈現的結構細部動態反應。這次試驗在不斷挑戰振動台性能極限的同時，也再次肯定了振動台試驗的價值與必要性。

在這次試驗中取得的大量寶貴資料仍在整理分析中，但試驗結果初步確認了磚牆的可能面外強度貢獻，並顯示了高厚比與邊界圍束條件對磚牆面外受震行為的影響。提示了若增加後砌式磚牆的頂部與兩側束制，可能為一有效的補強措施。但當磚牆同時承受面內方向水平載重或扭轉，對於面外強度是否可能造成折減，或者如何量化評估磚牆面外行為在 RC 結構中的效應等，尚有許多問題等待後續研究。

### 五、誌謝

本計畫承蒙國家地震工程研究中心與 European Laboratories for Structural Assessment (ELSA)的資助，試驗期間承蒙中心、台灣大學土木系與台灣科技大學營建系同仁及同學的大力協助，特此感謝。

國立成功大學建築系助理教授 杜怡萱  
私立高苑科技大學建築系助理教授 劉白梅  
國家地震工程研究中心副主任 黃世建  
國立成功大學建築系碩士研究生 莊宗樺

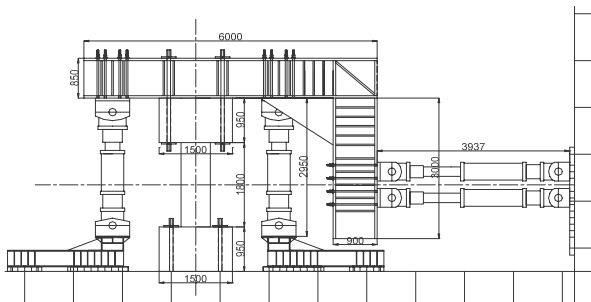
# RC 校舍建築柱構件受高軸力與雙曲率彎矩作用下之補強行為研究

## 一、簡介

921 地震過後，國內有許多專家學者投入了補強( retrofit) 研究，並有相當程度之研究成果。國內常見的補強方式，主要為碳纖維包覆補強、鋼板包覆補強，以及擴柱補強等。

校舍建築柱構件由於樓板承載力設計較一般房屋設計為高，柱構件會承受較大之軸壓力，並且在地震力之作用下，柱身承受雙曲率之彎矩，因此，高軸力與雙曲率彎矩是本研究的重點。為促進國際交流與引進先進國家之補強技術，本計劃與日本琉球大學合作，針對老舊校舍建築柱，製作了八支實尺寸 RC 柱試體，其中三支採用日本研發之預力箍筋補強模式；四支採用國內常見之補強方式，包括碳纖維包覆補強以及八角形鋼板包覆補強；最後一支試體則為標準試體(benchmark)，除了可作為比較補強前後行為差異之依據，亦可在標準試體剪力破壞之後進行緊急修復(emergency retrofit)，以驗證在震後進行緊急修復之效用。

為了使試體同時承受高軸力和雙曲率彎矩，本研究設計了一試驗構架，此構架為一 L 型雙腹板之鋼構造組合斷面，由一水平鋼梁與一垂直鋼梁組合而成，接合部分以全滲透焊接合，並以加勁板適當地加勁，鋼構架之水平勁度遠較試體為高，故在試驗過程中可視為一剛體(rigid body)。試驗構架水平鋼梁以高拉力螺桿與試體接合錨定，並裝設兩支可施載 250 ton 拉壓力之油壓致動伺服器，對試體施加軸向壓力，油壓致動伺服器底部與一轉接鋼造支承座錨定於強力地板上；垂直鋼梁上架設兩支可施載 100 ton 拉壓力之油壓致動伺服器，對試體施載側向之反覆位移歷時，透過 L 型鋼構架將力量傳遞至試體上基礎。由於 L 型鋼構架為水平移動，且可將柱上下端視為固端，如此可對柱身製造出一雙曲率彎矩。在整個試驗的過程中，RC 柱可同時承受高軸力與雙曲率彎矩作用，以達到本計畫實驗之要求，實驗架設如圖一所示。

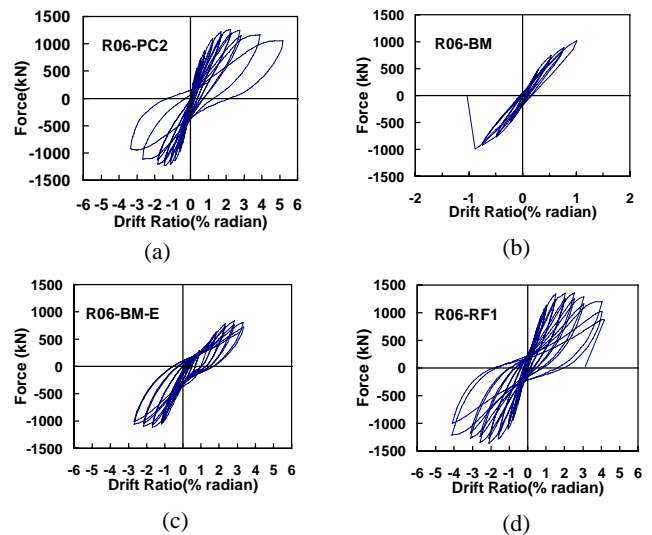


圖一 試驗架設圖

## 二、試驗結果

截至 2006 年 11 月初，共進行了三組試體之試驗，包含了日本琉球大學預力鋼棒補強試體(R06-PC2)、標準試體(R06-BM)、標準試體剪力破壞後進行緊急修復試體 (R06-BM-E)，以及本中心碳纖維包覆補強試體(R06-RF1)。在進行反覆位移載重試驗前，軸向致動器先慢慢施加 3800kN 於試體上，以測試試體是否健康。

試體 R06-PC2 為第一支進行試驗之試體，垂直向兩支致動器固定軸壓力和為 2200kN，水平向兩支致動器合力通過試體柱高程中心，試驗進行到樓層側位移角 5.0%時，由於 RC 柱面外拱，造成預力鋼棒產生面外撓曲，為了保護預力鋼棒留下組試體使用，試驗至此停止，試驗結果如圖二(a)所示。因為進行反覆位移載重時，以致動器內部位移計所量測到之位移作為目標位移量，透過 L 型鋼構架以及許多接合螺絲等介面後施加於試體上，故試體所量測到之位移量，較致動器量測到之位移小且不對稱。在檢討之後，其他的試體皆採用外部位移控制，以實際安裝於試體上之位移計作為目標位移量。試體 R06-BM 為標準試體，試驗方法與試體 R06-PC2 相同，試驗進行到樓層側位移角 1.0%時，試體產生剪力破壞，如圖二(b)所示。剪力破壞後隨即以 3mm 鋼板貼放柱面，並以預力鋼棒連同鋼板一同進行圍束緊急修復，緊急補強後稱為試體 R06-BM-E，進行反覆位移載重試驗至樓層側位移角 3.0%時，發現試驗構架產生嚴重的剛體旋轉，試體上下基礎無法維持相對水平位移，亦即試體不再承受雙曲率彎矩，試驗因此結束，試驗結果如圖二(c)所示。第三支試體 R06-RF1 更改試驗方式，軸向致動器在個別施加 1100kN，總軸壓力 2200kN 後，即維持住軸向位移，以確保試驗過程中試體上基礎仍保持水平移動，此方式會造成試體軸力隨著樓層側位移角增大而增大，試驗結果如圖二(d)所示。



圖二 試體側力與側位移角關係圖

## 三、結語

本計畫試驗截至 2006 年 11 月初，尚有五組試體待測試，包含不同間距之預力鋼棒補強，以及八角形鋼板包覆補強等，期望可以為業界引進導入新的補強工法。此外也因著國際交流與學術合作的關係，可推廣中心在國際的知名度與名聲。

助理研究員 陳沛清、副研究員 林敏郎

# 國內外設備與非結構構材耐震設計規範發展

## 一、前言

台灣位處於環太平洋地震帶，地震頻仍，建築結構耐震設計與規範備受矚目而有顯著的進步與改革，然國內設備與非結構構材因非屬主要抗震結構系統，且設備與非結構構材種類繁雜，其耐震設計仍未受建築師、結構技師等重視。近年來台灣重大震災的慘痛經驗，顯示重要建築之設備與非結構物若無良好的耐震設計，在強震時毀損，不但造成嚴重的經濟損失與傷及使用者，亦使醫院等功能性建築無法有效發揮其救災等機能。目前國內非結構物耐震設計之依據包括「建築物耐震設計規範及解說」與「建築設備耐震規範條文與解說之研訂」(內政部建研所研究案編號 MIOS 891008)，安裝施工則為依據「公共工程施工綱要規範」。「建築物耐震設計規範及解說」與「建築設備耐震規範條文與解說之研訂」之非結構耐震設計部分，為參酌美國 UBC、IBC2000 與 FEMA273 之規則訂定。本文主要介紹近年來美國非結構耐震設計演變以及走向，並與我國耐震規範比較，以期提供國內非結構耐震設計研究方向與參考。

## 二、美國非結構耐震設計規範沿革歷史

美國早期非結構規範之發展，以美國加州與西部各州採行之 Uniform Building Code (UBC) 為主流。UBC 於 1927 年發行第一版，每三年由 ICBO (International Conference of Building Officials) 修訂一次。UBC 對於非結構物的規定，起因為經歷 San Francisco(1906)與 Santa Barbara(1925)地震，美國意識到磚造女兒牆與外牆於強震崩塌時，可能造成重大傷亡，故於 UBC1927 的附錄中，以文字敘述一般建築非結構構件的耐震安裝措施規定。自 1927 年來，UBC 對於非結構物固定的耐震要求持續增加，UBC1935 將非結構構件最小設計水平總橫力以  $F=CW$  表示。直至 UBC1961，非結構構件耐震規定始正式納入耐震規範條文之中，並添加非結構構件的錨定要求。Alaska(1964)與 San Fernando(1971)地震後，非結構構件嚴重的災損情形使 UBC 的非結構構件陸續擴大其適用範圍，如外牆嵌板、懸吊式天花板、儲物櫃及機械設備等，1976 年版新增用途係數規定，1979 年版則提升了非結構構件 50% 的設計地震力。UBC1988 基於對柔性非結構物的了解，首次出現針對非剛性構件(non-rigid)要求。相對位移要求方面，由於外牆面板構件災損高達建物修復經費的 50%，且可能因掉落而造成危險，UBC1967 率先要求外牆面板構件必須容許至少兩倍層間變位設計值。UBC1991 則首度考量地震作用下，相對位移對於設備錨定的影響。

UBC1997 之設計地震力公式基本雛型，為採行 1994 NEHRP Recommended Provisions for the Development of Seismic Regulations for New Buildings(FEMA222A)，並將容許應力法(ASD)改以強度設計法(strength design)為基礎。UBC1997 使抗震設計更加複雜，如當建物基地為軟弱地盤或在近斷層範圍內時，必須考量基地特性並設計較大的降伏力。此外，建築較高樓層由於反應

加速度較大，也調整以較大的力量設計。

NEHRP(National Earthquake Hazards Reduction Program)耐震設計準則由聯邦政府資助，每三年經由 BSSC(Building Seismic Safety Council)修訂發行。1993 至 1994 年間，美國三大規範之 BOCA/National Building Code 與 SBCCI/SBC，均採用 NEHRP1991 年版作為耐震設計部分的規範，因而提升 NEHRP 準則對於美國耐震設計規範的影響力。NEHRP 首版(1985)為依據 1978 年 ATC3-06: Tentative Provisions for the Development of Seismic Regulations for Buildings 編修而成，其非結構規範部份直至 1991 年版，並未作明顯變更。早期的 NEHRP 非結構設計水平總橫力為根據 UBC 與 California Administrative Code，再調整為極限強度設計法，並在機械、電力設備方面，從原先主觀判斷之設計地震力係數( $C_p$  值)獨立出共振放大倍數(Equipment Amplification Factor)，考量設備與建築結構體共振放大效應。NEHRP1994 年版做了大幅度調整，除了非結構構件自重 ( $W_p$ )與用途係數( $I_p$ )外，將非結構設計地震力係數細分為樓高加速度係數( $A_p$ )、共振放大倍數( $a_p$ )與地震反應折減係數( $R_p$ )，並明確訂定設計地震力的上下限值，而形成現今(NEHRP2003 年版)公式的雛型。其中，樓高加速度係數( $A_p$ )與共振放大倍數( $a_p$ )訂定均參考 T. T. Song 之 Assessment of the 1991 NEHRP Provisions for Nonstructural Components and Recommended Revisions (NCEER 93-0003)。樓高加速度係數( $A_p$ )將各樓層設計加速度以倒梯形分布，屋頂層加速度可自地表加速度放大至四倍。共振放大倍數( $a_p$ )可依結構體與非結構構件自振週期比值決定，但為簡化設計，NEHRP 將剛性(自振週期小於 0.06 秒)與柔性兩類非結構構件之  $a_p$  設定為表列值 1.0 或 2.5。除了設計地震力之外，所有非結構構件亦須考量不同樓層或結構體間的相對位移值。

NEHRP1997 依據 UBC1997 與 Bachman 等報告，調整非結構設計水平總橫力之地震反應折減係數  $R_p$  值(範圍由 1.5~6.0 調降為 1.25~3.5)，並調降屋頂層加速度為地表加速度之三倍。雖然早期研究統計顯示屋頂層加速度最高可自地表加速度放大至四倍，但若觀察地表加速度峰值超過 0.1g 的強震紀錄資料，屋頂層加速度放大地表加速度三倍為較合理之邊界值。至此 NEHRP 非結構耐震設計地震力與位移要求大致底定，2000 年版與 2003 年版則作些微調整。NEHRP2000 除了新增玻璃材非結構構件耐震設計章節外，另要求支撐非結構構件的結構體局部構件必須證明有足夠的強度與勁度，作為非結構設計地震力之傳遞路徑。NEHRP2003 增加擬訂消防撒水頭耐震要求，與修正懸吊之非結構構件與螺栓錨定要求，並於附錄新增管線系統之耐震性能設計方法。

目前美國建築規範由昔日的三大規範合併為全國通行之單一規範 International Building Code(IBC)，而首版之 IBC2000 耐震設計部份即以 NEHRP1997 為基礎，並融合部分 UBC1997。最新之 IBC2006 與美國防火協會 NFPA5000-2006 的耐震設計部分均以 ASCE 7-05: Standard, Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures 為依據，而 ASCE 7-05 訂定基礎即為 NEHRP2003

(FEMA 450)。承上所述，本文將依據 NEHRP2003 規定，作為我國與美國設備與非結構構材最新耐震設計規範之比較。

### 三、我國與美國非結構耐震設計規範比較

我國建築耐震設計規範自民國七十一年建築技術規則(參考 UBC1976)，直至民國八十六年建築耐震設計規範(參考 UBC1994)非結構耐震規範部份僅修正部分條文，最小設計總橫力則均以  $F_p = ZIC_pW_p$  表示，Z、I 與建築物計算地震力使用之值相同， $C_p$  為局部震力係數，依據非結構構件脆性破壞與否區分為 2.0 或 0.75 兩種表列值。民國九十四年正式施行之建築物耐震設計規範之第四章「附屬於建築物之結構物部分構體、非結構構材與設備之地震力」，取材自 IBC2000 規範(參考 NEHRP1997)，將耐震要求作大幅度調整。近年來建築規範耐震設計所增加的複雜度，一般期望能使非結構物防震措施更具有經濟效益。

#### 適用範圍：設備與非結構構件定義

我國最新非結構耐震設計規範適用範圍，為沿用舊版耐震設計規範之規定(即參考 UBC 規範)，包括附屬於建築物之結構物部分構體(elements of structures)及附件、永久性非結構構材(nonstructural components)及附件、支承於結構體之設備(equipment)的附件，其中附件(attachments)包括錨定裝置(anchorages)及所需之支撐(bracing)。NEHRP2003 之非結構定義則依據結構特性及機能性，分為建築性構材(Architectural Components)與機械、電力設備(Mechanical and Electrical Components)兩大類。機電設備除了附件(attachments)之耐震設計外，尚須留意設備本身的破壞，是否影響使用者安全或震後重要機能運作。為反映設備與建築性構材的不同，我國最新規範的參數設定，將建築物部分構體及非結構構材附件歸類於 NEHRP 建築性構材(Architectural Components)範圍，支承於結構體之設備(equipment)即屬於 NEHRP 機械、電力設備(Mechanical and Electrical Components)部分。我國機電設備耐震設計，可參考內政部八十九年報告「建築設備耐震規範條文與解說之研訂」，除了設備之耐震設計要求外，並說明各重要設備系統之性能規劃準則，以供設備性能設計之參考。

#### 最小設計總橫力

我國與 NEHRP2003 非結構最小設計水平總橫力  $F_{ph}$  計算式均同，為以工址短週期設計水平譜加速度( $S_{DS}$ )、構體或構材自重或設備操作載重( $W_p$ )、構材共振放大倍數( $a_p$ )、構材地震反應折減係數( $R_p$ )、構體、構材或設備之用途係數( $I_p$ )決定，且最大值與最小值均為  $1.6S_{DS}I_pW_p$  及  $0.3S_{DS}I_pW_p$ 。非結構最小設計水平總橫力  $F_{ph}$  計算式為  $F_{ph} = 0.4S_{DS}I_p \frac{a_p}{R_{pa}} \cdot (1 + 2h_x/h_n)W_p$ ，式中  $R_{pa}$  為構體、構材或設備等之容許地震反應折減係數，如同結構系統韌性容量 R 與容許韌性容量  $R_a$  之關係，一般工址與近斷層區域  $R_{pa}$  為  $(1 + \frac{R_p - 1}{1.5})$ ，臺北盆地  $R_{pa}$  為  $(1 + \frac{R_p - 1}{2.0})$ 。NEHRP2003 之  $R_p$  值為依據構材與附件之韌性高低，分為 1.5、2.5 與 3.5 三種表列值(僅外牆面板固定繫件與配電系統  $R_p$  值為 1.0 與 5.0)，我國規範之  $R_p$  值與 NEHRP2003 大致相同，但因  $R_p$  值多為經驗值與主觀認定，為保守起見，將 NEHRP2003 之 1.5 者折減至 1.25，5.0 者折減至

3.5。 $F_{ph}$  計算式中  $0.4S_{DS}(1+2h_x/h_n)$  意義即為前文所述之樓高加速度係數，當設備在地面層時為輸入地表加速度  $0.4S_{DS}$ ，設備位於屋頂層時放大至地表加速度三倍即  $1.2S_{DS}$ 。若按上述之計算式，中低層與高層建築之屋頂樓層加速度放大倍數均同，與事實不符，故 NEHRP2003 建議高層建築可由式  $F_p = A_x \frac{a_i a_p W_p}{R_p / I_p}$  而非結構設計地震力，其中  $A_x$  為結構體意外扭矩放大係數， $a_i$  為經由模態分析而得之  $i$  樓層反應加速度。

我國規範之非結構構材或設備之垂直向地震力，為延續結構體垂直地震力精神，即一般震區與近斷層區域之垂直向設計譜加速度係數分別為水平向之 1/2 與 2/3 倍，但如此推導之非結構垂直地震力隨設備之樓高位置呈線性變化，尚存爭議。NEHRP2003 則延續其結構設計規定，非結構垂直地震力設為  $0.2S_{DS}W_p$ 。目前垂直地震力對於非結構物影響的相關研究並不多，規範亦未擬定垂直地震力反應譜(一般均假設為水平反應譜之 2/3 倍)，可以確定的是近斷層區域以及震波高頻域，必須留意垂直地震力的影響。

#### 最小設計位移

目前我國耐震設計規範僅敘述重要建築或儲存危險物品建築(即 I 值 1.5 之建築物)中的設備，須符合位移要求，較詳盡的規範內容則參考「建築設備耐震規範條文與解說之研訂」。建築物不同樓層或不同結構系統之設備，應可容納設計地震力下真正產生之層間變位或相對位移( $D_p$ )，故如結構體設計由  $V = S_{ad}IW/1.4\alpha_y F_u$  控制時，其彈性分析而得之位移應放大  $1.4\alpha_y F_u/I$  倍。NEHRP2003 之位移要求對象除了設備之外，尚包括支承於建築物不同樓層之建築性構材，如外牆面板，其與結構體上下錨定之固定繫件應能容許  $D_p$  值或 13mm 的相對位移量。另外，考量非結構設計時結構體之彈性分析位移尚不可得，NEHRP 建議可以規範訂定之結構體容許層間相對側向位移值，代替彈性分析計算。

### 四、非結構耐震設計規範未來走向

美國未來非結構構件與設備耐震設計規範發展最重大的改變，乃為使重要設施(如醫院)在震後應保持機能正常運作，重要建築之設備應依據 ICC-ES 之 AC-156 規定，進行非結構構件振動台試驗，設備供應商亦必須發展設備之易損函數(fragility function)。新規範 IBC 2006 之非結構構件耐震設計，將會要求建築師、工程師與供應商必須共同討論非結構構件的細部要求。重要非結構構件須考量地震力與層間變位影響，且須經由振動台試驗、試驗數據或數值分析，證明其滿足耐震需求。IBC 列舉部份特定非結構構件，須個別進行結構設計或有耐震性能證明。而申請建照之施工說明文件，應說明列舉的非結構構件及錨定之品質保證與耐震設計。未來耐震性能設計(PBEE)仍是非結構之耐震設計發展的主流，如 ATC-58 與 PEER 均開始進行非結構耐震性能設計的研究，PEER 之 Testbed 計畫更著手建立非結構物破壞與損失的資料庫。未來若能建立本土性非結構災損資料庫，將有助於我國非結構耐震性能設計之發展。

成功大學建築系教授 姚昭智  
助理研究員 林凡茹、研究員 柴駿甫

# 第四屆國際地震工程研討會 (4ICEE) 活動報導

「第四屆國際地震工程研討會」(4th International Conference on Earthquake Engineering, 以下簡稱 4ICEE) 活動業於今(2006)年 10 月 12 至 13 日假台北市福華國際文教會館圓滿舉行, 總計有來自世界各地 19 個國家或地區約 250 位專家學者與會, 台灣與會代表總計 85 人(發表 53 篇論文), 總計收錄了 214 篇科技論文。4ICEE 開幕典禮於 10 月 12 日假卓越堂舉行, 由大會主席葉超雄教授主持, 邀請國家實驗研究院莊哲原院長及美國 Joseph Penzien

博士致辭。開幕典禮結束後並由美國加州大學柏克萊分校 Masayoshi Tomizuka 及 Gregory Fenves 教授、日本 Akira Wada 教授進行專題演講, 10 月 13 日則由國立台灣大學羅俊雄教授、南韓首爾大學金在寬(Jae Kwan Kim)教授、美國聯邦高速公路總署顏文輝(Wen-Huei Phillip Yen)博士進行專題演講。隨後於卓越堂、前瞻廳兩間主廳及 6 間會議室依論文主題分組同步進行論文發表及討論。



4ICEE 10 月 12 日開幕典禮 (攝影: 林敏郎)

國際地震工程研討會(英文原名稱 International Conference on Earthquake Engineering) 屬於中型規模、地震工程相關之國際會議, 原則上每兩年舉辦一次, 自 2000 年舉辦以來與會國家及學者人數持續大幅成長。ICEE 系列國際會議主要由亞太地震工程研究中心聯盟(Asian-Pacific Network of Centers for Earthquake Engineering Research) 負責推動, 已由最初 7 個創始會員體擴增到目前有來自美國、日本、南韓、中國大陸、香港及台灣等 11 個地震工程研究機構參與, 而國家地震工程研究中心即屬於創始會員體。

4ICEE 是本(2006)年度地震工程科技類之主要國際性學術活動, 國家地震工程研究中心及中華民國地震工程學會共同主辦本屆研討會, 其目的係為「促進地震工程前瞻研究及實務應用之國際合作」, 成功建構一個促進尖端科技研究及實務經驗交流的論壇。4ICEE 囊括了地震工程領域各項重要課題, 其中包括結構控制、智慧型結構系統、結構健康診斷等, 以整合創新科技應用於建築耐震及公共基礎建設防救災規劃。此次來自 19 個國家或地區(包括澳洲、孟加拉、加拿大、中國大陸、德國、希臘、香港、印度、伊朗、日本、南韓、墨西哥、紐西蘭、西班牙、泰國、土耳其、英國、美國以及台灣)的傑出專家學者齊聚台北發表最新研究成果, 包含先進自回復結構系統、無線式結構健康診斷等尖端耐震科技實務應用, 對提升台灣地區地震工程科技及學術創新助益良多。藉由國內專家學者與國際學界意見交流的機會, 希望可促成更多國際合作研究案在台灣進行; 另一方面, 台灣長期以來對地震科學及耐震工程之研究即不遺餘力, 於 1999 年遭逢九二一集集地震受到重創後, 對於防救災規劃整備及結構抗震研究之需求因而益感殷切, 台灣近年來在建築與橋梁的先進抗震技術與耐震評估等方面更有長足進步, 累積了相當多國際級的研發成

果。台灣作為國際社會的一員, 當有其責任藉由本次會議將本土的耐震科技研發成果推廣與國際社會共享, 幫助同樣飽受地震威脅的開發中國家, 有效降低強烈地震所帶來的人民生命財產損失及對產業經濟的衝擊。本次會議亦邀集許多中國大陸院士級學者與資深教授與會, 與台灣傑出專家學者面對面進行地震工程研究及實務學術科技交流, 並發表雙方最新的研究成果, 將可更進一步促進海峽兩岸地震工程科技學術交流與未來合作, 有效降低兩岸人民於震災所遭受之生命財產損失及社會經濟衝擊。

此外, 4ICEE 亦安排柔性交誼場合, 包括 10 月 11 日晚間歡迎茶會及 10 月 12 日福華飯店晚宴, 提供各國與會代表互相認識、交換意見的機會, 聆賞台灣大學國樂演奏, 品嚐中華美食, 中華民國地震工程學會並於晚宴中頒發「地震工程傑出貢獻獎」予國立台灣大學葉超雄教授、美國 Joseph Penzien 教授、國立成功大學許茂雄教授及美國茅聲燾(S.T. Mau)教授。

4ICEE 活動於 10 月 13 日傍晚閉幕典禮後劃下完美句點, 典禮由籌備委員會主席蔡克銓教授主持。同時, 「第五屆國際地震工程研討會」經指導委員決議於 2009 年由日本主辦, 因為適逢台灣九二一地震十週年, 台灣產官學界菁英可藉此機會向全世界展示十年來重建成果。

10 月 13 日閉幕典禮結束後大會安排各國與會代表至國家地震工程研究中心實驗室參訪, 實地觀摩世界級的「實尺寸構架內磚牆面外崩塌」振動台實驗, 並由國家地震工程研究中心楊元森博士及國立台灣大學黃世建教授兩位計畫主持人負責統籌, 該研究團隊成功展現了高難度實驗技術的頂尖水平及整合跨領域研究的能力; 參觀項目「振動台試驗」, 由高苑技術學院劉白梅教授、國立成功大學杜怡萱教授研究團隊現場示範觀摩, 以及「無線量測、即時結構健康診斷技術」, 由羅俊雄教授研究團隊負責, 還

有「數位影像量測技術」、「實驗資料庫」等，整個實驗過程並透過網路同步直播 (<http://exp.ncee.org/bwall/webcasts.html>)，供無法親自與會之國內外專家學者線上觀摩。此外，各國與會代表並參觀在反力牆區域進行的各項大尺度擬靜態反復載重、擬動態實驗。

4ICEE 研討會後，台美雙方專家學者於 10 月 14 日同步進行

了兩場雙邊研討會（預力結構系統、以及智慧型結構系統於地震防減災之應用），會後總結未來台美雙方於地震工程科技研發合作的具體共識並擬訂行動方案，更強化了台美科技合作伙伴關係。4ICEE 總共收錄了逾 210 篇科技論文，研究領域廣泛，涵蓋理論推導、分析模擬及實驗。有關 4ICEE 研討會線上電子論文查詢、全文下載及各項活動剪影請詳專屬網站：<http://icee2006.ncee.org.tw/>。



4ICEE 10 月 12 日晚宴及中華民國地震工程學會地震工程傑出貢獻獎頒獎典禮（攝影：林敏郎）



4ICEE 閉幕典禮後國家地震工程研究中心實驗室參觀（攝影：林沛陽）

副研究員 吳俊霖

## 2006 近代工程計算論壇研討會

本中心今年特別與國立中央大學橋梁工程研究中心，共同主辦本屆 2006 近代工程計算論壇活動業於今（2006）年 12 月 21 至 22 日於國家地震工程研究中心會議室圓滿舉行。計算論壇第一屆是由國立中央大學橋梁工程研究中心於 2000 年所舉辦，內容便以工程計算為主題，旨在促進學術研究與工程研發及設計分析能力。首屆的成功舉辦之經驗，後續分別於 2001、2002、2004 年計算論壇活動，也均獲得廣大的迴響。

2006 近代工程計算論壇主要內容是為期兩天的演講發表活動，參與的對象涵蓋學術界的研究人員、顧問公司的工程師、以及公家事業部門的各級主管人士，所邀請的講者包括國內土木工程界從事先進工程計算力學研究多年之學者專家，以及兩位長年於國外執教丁承先與陳俊賢教授之重量級學者，論壇發表的內容可謂是各位講者多年研究心得的結晶。討論議題包括地震工程、高鐵分析、奈米計算、橋梁設計、鋼筋混凝土結構、工程最佳化設計、鋼結構火害、顆粒力學、邊界元素法、平行計算、薄膜結構、結構振動與聲學、工程材料非線性行為、結構被動控制等技術與理論。此外，為達到學術與實務界的充份交流，論壇中特別邀請工程實務界的重要領袖擔任主持人，藉此使得論壇的重要結論能有機會落實於工程應用上，並且也能將工程問題引入學術研

究的探討議題中。除此之外，2006 近代工程計算論壇之論文集由科技圖書公司印製發行於坊間，不但可提升國內工程計算水準，同時也提供不同領域之專家學者進行學術上交流與分享經驗。



2006 近代工程計算論壇參加人員合照（攝影：侯博元）

專案副研究員 王仁佐

# 中華民國地震工程學會

## 2006 年地震工程傑出貢獻獎

中華民國地震工程學會「地震工程傑出貢獻獎」旨在表揚對地震工程學術研究、技術發展、設計施工或相關事業等有特殊傑出貢獻者，2006 年首次頒授獎章予下列四位國際知名教授：

(1) 葉超雄教授目前任教於國立台灣大學，長期以來產官學界一致推崇為地震工程界研究先驅，先後創設「國立台灣大學工學院地震工程研究中心」及「國家地震工程研究中心」，並擔任該兩中心首屆主任，其早期受業學生現在正值青壯年，於產學界均扮演重要關鍵角色，為學界同仁尊稱為「台灣地震工程之父」，其卓越之貢獻對地震工程研究及實務具有深遠影響。

(2) Joseph Penzien 教授公認為 20 世紀全球最頂尖的地震工程專家，目前已自美國加州大學柏克萊分校退休，其與台灣之關係

起源於 1980 年於國立台灣大學教授研究所課程「散漫振動學」，為台灣培育了許多重量級的研究人材，也同時促進了台美雙方長期於地震工程研究的合作。

(3) 許茂雄教授創辦永峻工程顧問公司，帶領台灣超高層建築之發展厥功甚偉，目前已自國立成功大學退休，其在國科會服務期間，致力於引領防減災課題及地震工程相關研究，並熱心促成「國家地震工程研究中心」之建立。

(4) 茅聲燾 (S.T. Mau) 教授目前任教於 California State University, Northridge，對倡導地震工程研究不遺餘力。1972 年擔任國立台灣大學土木工程學系主任期間，致力提倡與國際接軌，並促成「國立台灣大學工學院地震工程研究中心」之建立。



葉超雄 教授



Joseph Penzien 教授



許茂雄 教授



茅聲燾 教授

副研究員 吳俊霖

## 預力建築構造耐震性能研究-台美研討會

預力建築構造為近幾年土木界研究的重點之一，利用施加於梁柱系統之預力以抵抗地震之效應，在受震過程中經由梁柱接頭產生變形及預力鋼鍵之拉力，使結構物具有良好之抗震性能，於地震過後因預力鋼鍵之預力作用而使結構物恢復原形，降低震後建築結構之殘餘變形量，所以亦稱為自我復位(self-centering)結構系統。國家地震工程研究中心於 2004 年開始為期四年之整合型計劃，集合國內有興趣及有經驗於結構實驗與數值分析之專家學者共同參與，有系統地進行基本與應用之研究，此外，本計畫亦與美國相關領域之學者保持緊密之聯繫，在 2005 年 6 月 6 日舉辦了第一次的台美研討會，會議中主要針對各種結構形式之預力梁柱接頭行為做深度的討論，包括預力 RC 梁柱構造系統、預力鋼梁與 CFT 柱構造系統、預力鋼梁與 RC 柱之 RCS 構造系統等。今年度(2006 年)，本計畫根據去年之研究成果，將研究的重點延伸至實尺寸預力 RCS 構架系統、預力 RC 剪力牆、雙向預力 RC 含樓板構架、預力消能鋼構架等，並針對預鑄 RC 柱與基礎之接合行為進行研究。2006 年 10 月 14 日在中心 103 會議室，擴大舉辦了第二次的預力建築構造台美研討會，雙方針對過去這一年的研究成果，做了一系列的簡報，並在會議中針對這一年來實驗的發現，

交換彼此的心得與想法。

由於預力式建築結構系統在強烈地震侵襲下，梁開始於柱面交界處交換支點搖擺(gap opening)，結構勁度來自預力鋼鍵之束制，因此樓版的存在會導致梁上部受到束制效應，造成支點搖擺無法順利產生。在研討會自由討論議程中，國內外學者一致認為樓版將是將來研究的重點項目，如何讓樓版經由適當的設計，在預力建築結構發生梁柱介面支點搖擺時，樓版不會束制其發生搖擺，又需避免樓版產生崩塌之危險，需要本研究團隊進一步的巧思與實驗驗證。未來，期許藉由產學界之交流與推廣，俾使工程界對該構造系統有更進一步的認識，並正確建立其設計概念，以提昇實際之工程營造品質與設計水準。

助理研究員 陳沛清

## 2006 耐震設計國際訓練班圓滿閉幕

近年來，美日等世界先進國家之地震工程研究單位，紛紛針對開發中國家舉辦替相關專業人士所設計之訓練課程，以達互相交流之目的。本中心身為亞洲地區重要地震工程研究機構，爲了宣導與推廣我國在結構耐震設計方面的水準、研究成果與工程實務經驗，同時提升東南亞地區與中南美等友邦國家在耐震設計方面的水準，並增加我國在這些地區的影響力，在國家科學委員會國際合作處的贊助之下，於民國 91 年開始舉辦「耐震設計國際訓練班」(International Training Programs for Seismic Design for Building Structures)，後續亦成功地舉辦了三屆訓練課程。曾參與的學員包括來自新加坡、泰國、菲律賓、印度、越南、印尼、哥斯大黎加、薩爾瓦多與瓜地馬拉等國家，皆是耐震設計、地震工程、都市建設等方面的專家學者、研究人員、政府官員與工程師，並且獲得良好與熱烈之迴響。

有鑑於此，本年度耐震設計國際訓練班在國家科學委員會國際合作處與民主太平洋聯盟的共同支持下，於十月二十三日到二十七日假國家地震工程研究中心擴大舉行。本次國際訓練班在報名程序上採用網路報名的方式，上網報名的學員和歷屆相比，足足成長了一倍有餘。在經過縝密的篩選後，最後的錄取人數爲三十六人，此一數據除了創歷年新高之外，參與的國家上，更多達十五個國家（見表一），其中更包含了來自蒙古的學員，足見此一訓練班在國際間已逐漸打開其知名度，並達到實質之訓練目的。

表一 本次耐震訓練班學員統計

參與國家	人數	參與國家	人數
玻利維亞	1	墨西哥	2
哥斯大黎加	5	蒙古	2
多明尼加	1	秘魯	1
瓜地馬拉	3	菲律賓	3
印度	3	泰國	2
印尼	4	土耳其	1
約旦	2	越南	4
馬來西亞	2		
總計		15	36

本次課程於十月二十三日上午正式展開（照片一），會中特邀國科會林光隆處長蒞臨致詞。在訓練課程的安排上，本中心邀請國內學術界與工程界十餘位學者專家，包括中央大學溫國樑教授、臺灣大學陳正興教授、臺北科技大學宋裕棋教授、雲林科技大學李宏仁教授、杜風工程顧問公司曾一平博士、工業研究院葉芳耀博士、聯邦工程顧問公司蘇晴茂博士及本中心蔡克銓主任與相關研究人員。講題則包括地震工程與耐震設計概論、震害經驗與震損評估、耐震評估、耐震補強、新結構設計與隔震消能技術介紹等六大主題，涵蓋國內工程界在耐震與結構工程方面的實際成果。此一課程由淺入深的導引學員們進入結構耐震之領域，並藉由三天之密集課程，給予學員完整且詳細之抗震觀念。

由於本次訓練課程的參與學員均爲各國大學講師、研究人員與資深工程師，爲了使學員間之互動能夠更爲迅速與熱烈，在訓練課程的第一天即安排各國學員輪番上台，介紹該國地震工程上所面臨的特殊問題與其國內耐震設計的發展，以期進一步拉近彼

此距離。結果顯示此一安排獲得極好的效果，學員們透過較爲輕鬆的第一天課程，建立初步的友誼，且使得後續課程主講結束之後，學員們亦針對其所感興趣的部份更積極地參與討論。此外，由於各國參與學員須事先準備相關簡報，各國的參與學員在與會前已進行密集之討論與溝通，這對於未來學員回國後之進一步聯絡與發展，更具有重大之意義。

本課程的第五天，安排了學員參觀世界最高的臺北金融中心與故宮博物院（照片二），其中故宮博物院讓學員一覽中華文化之美之外，也讓學員們瞭解我國除了在追求工程科技進步之餘，對於藝術價值與文化保存亦不遺餘力。學員們對於各種精細的藝術品均嘆爲觀止而直呼不虛此行。而在台北金融中心部份，學員藉由參觀世界最高大樓，並親臨位於八十八樓之協調式阻尼器（Tuned mass damper），更可體驗到我國於抗震工程上之先進發展。



照片一 本次耐震訓練班全體學員合影



照片二 2006ITP 與會人員於 101 大樓 91 樓合影

本屆「耐震設計國際訓練班」課程在國家實驗研究院莊哲男院長的閉幕致詞之後，由本中心蔡克銓主任一一爲學員頒發訓練證書。觀乎本次訓練課程，除了順利地將國內在耐震設計與地震工程相關的研究成果與工程實務經驗，傳達給東南亞地區與中南美等友邦國家之專家學者外，更增加我國與東南亞與中南美參與國家之間的交流。由歷屆的經驗顯示，參與學員亦均表示願意與我國繼續保持密切連繫，分享彼此耐震設計與地震工程方面的最新訊息和成果，以及未來各種合作的可能性。關於本次課程的各種資訊，可以參考以下網頁：<http://www.ncree.org.tw/itp2006/>。

專案副研究員 蕭輔沛

## 第二屆 NEES/E-Defense 之 RC 建築結構崩塌行為模擬專題研討會

「第二屆 NEES/E-Defense 之 RC 建築結構崩塌行為模擬專題研討會」為美國、日本等國地震工程領域的許多知名的學者與專家所共同發起，為一個極具學術研究水準的研討會，會中特別針對地震工程中有關建物遭受強震時系統或構件性能表現、崩塌行為模擬、既有建物之耐震評估與補強設計等專題加以研討交流。本研討會的主要專題如下：

- ◆ 強震下 RC 構件或系統之受震性能表現
- ◆ 數值模擬與崩塌分析
- ◆ 強震下建物性能之觀察
- ◆ 既有建物之行為、分析與補強設計
- ◆ 新創系統與應用技術
- ◆ 專業工程案例研討
- ◆ 減災策略
- ◆ 上述主題之研究計畫規劃

試驗觀察中，主要可看到若 RC 建物採用柔性基礎時結構與土壤互制行為對受震反應之影響，以及 RC 剪力牆、窗台柱等在進行鋼斜撐框架補強前後之破壞模式等，亦錄像及拍照作為中心未來研究及實驗設計規劃之參考。今年九月廿五日至十月二日已執行三層樓 RC 空構架振動台試驗，試驗後試體破壞狀態如照片一，可看出窗台旁短柱遭受嚴重剪力破壞，周邊土壤亦部份隆起，在試體短向之剪力牆亦出現明顯的剪力裂縫。RC 空構架如照片二。

在十月三十日到十一月一日，E-Defense 實驗室執行三層樓鋼斜撐框架補強 RC 構架試體之振動台試驗，陸續輸入地震波或隨機波進行測試，直至該振動台容量用盡，該試體構架並未產生顯著破壞，幾乎仍保持彈性。補強 RC 構架試體如照片三。

作者亦利用此一機會在此研討會中發表發表有關 RC 構件力傳遞機制與強度預測之研究成果，以及介紹中心今年夏年所完成的瑞埔國小現地試驗成果，接受到許多專家學者的回應與肯定，並鼓勵此類研究應持續進行，對於耐震評估程序之改良可提供相當之參考價值與驗證案例。

會中亦與美、日兩方的研究學者協商未來研究合作之初步構想，另攜回本研討會所有發表論文的講義或投影片稿件可供參考，尤其美國 NEES 專案計畫有系統地蒐集 RC 構件試驗資料以作為分析模型修正或統計分析之用，以適切改善 RC 構件降伏後強度估計與塑鉸設定方式，中心同仁可多做參酌，另外，會中亦有演講者介紹美國針對既有建物耐震評估與補強已完成之 ASCE-41 及 IEBC 等規範草案或技術報告內容，建議中心可蒐集該文獻作為同仁研究參考。故本次活動可對本中心未來業務之推展及國際學術地位之提昇有相當大之助益。



照片一 三層樓 RC 空構架振動台試驗後試體破壞狀態



照片二 RC 空構架牆體與軟土基礎破壞狀態



照片三 補強 RC 構架試體

副主任 黃世建  
副研究員 翁元滔