

發行人：蔡克銓

本期主編：張道明

本期副主編：瓦里亞

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>

九十七年六月出版

八十一年三月創刊·季刊

行政院新聞局局版臺誌第 10286 號

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

科學園區微地震觀測 1

地震前兆之地球化學研究-以竹科及南科園  
區附近之斷層為例 3

### ● 研究動態

台北盆地設計地震微分區研究 5

### ● 實驗室動態

MATS 試驗系統建造 6

### ● 中心活動

震災緊急應變演練規劃 8

「新一代橋梁建造工法—後拉式預鑄節塊  
橋墩」記者會報導 8

### ● 研討會紀要

台灣-日本橋梁與結構工程研討會 9

### ● 活動預告

2008 抗震盃-地震工程模型國際競賽 9

國際耐震訓練班 9

### ● 勘災報告

中國四川汶川地震勘災報告 10

本刊免費贈閱，歡迎來電索取。

## 專題報導

### 科學園區微地震觀測

#### 一、前言

現階段還無法預測地震，換言之我們無法準確的回答三個問題：大地震(1)何時發生、(2)何地發生、(3)如何發生？但是透過一些研究，我們觀察到一些現象，可以慢慢的將問題轉變成兩組研究方向：(1)如果我們能有效的觀測到地震前兆現象，未來是不是能在地震即將發生的數天到數小時前，判斷地震在何時何地發生？(2)地震發生通常與活動斷層及盲斷層有直接關聯性，而發生在相同斷層的大地震應該和平時小地震有相似的破裂特性，因此藉由研究小地震是不是能夠推估未來大地震的發生形態？

近年來三大科學園區產值已經超過台灣國民生產總值(GDP)的 16%，此外也是台灣的高科技人力聚集點，絕對稱得上是台灣的經濟命脈。然而觀察這些科學園區的地理位置，並不是非常理想，譬如竹科園區周邊 10 公里內有新城斷層、新竹斷層，南科附近有新化斷層、觸口斷層，中科附近有彰化斷層、車籠埔斷層，而且不斷地發生淺源地震。而台灣由於板塊擠壓造成災害性地震頻傳，過去百年間曾發生 1906 梅山地震、1935 新竹台中烈震、1999 集集地震，尤其於西元 1999 年發生的芮氏規模 7.6 之 921 集集大地震，造成共 2,505 人罹難，140 億美元經濟損失(佔 GDP 的 5%)。因此國家地震工程研究中心針對以上兩個研究方向，對三大科學園區進行(1)以地球化學氣體變化來觀測地震前兆現象；(2)以高精度寬頻地震儀進行觀測、研究小地震的破裂特性。

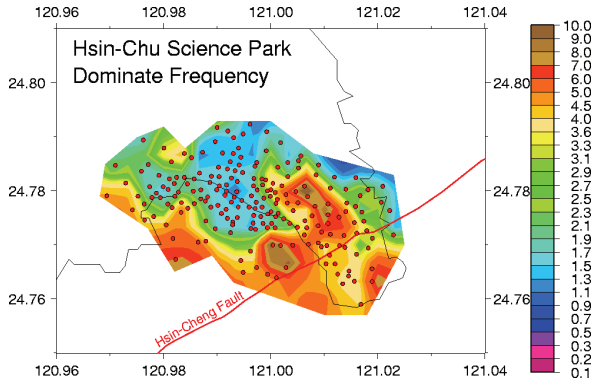
#### 二、研究方法

本計畫主要研究方法有二，第一是在科學園區及附屬園區利用密集的微地動量測，來確認場址振動主頻；第二是在科學園區附近佈設多部寬頻地震儀進行微震監測。藉由分析微震的時空分佈及破裂機制，找出園區附近斷層活動性及相關參數。

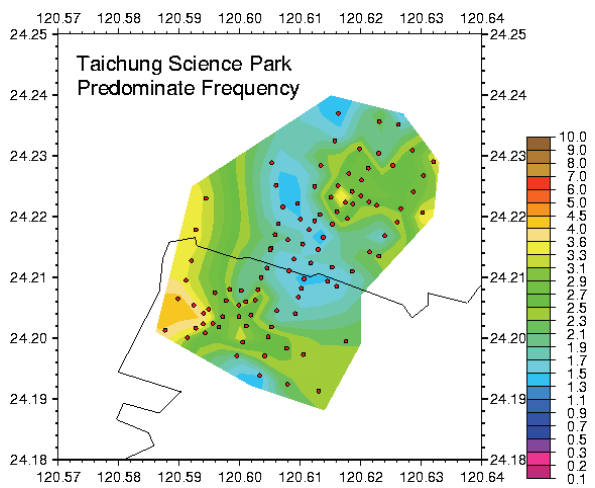
#### 科學園區密集微地動量測

由於科學園區以半導體廠、LCD 面板廠、生醫科技為主，對地動之敏感性極強，為瞭解園區內之微震動及地震動特性，必須在科學園區內外進行密集微地動量測，平均測點距離為 150~200 公尺(科學園區內)及 300~400 公尺(科學園區周遭)。各測點之微地動量測資料經 H/V 頻譜比法計算後，進行各測點位置之振動主頻辨識，可得微地動振動主頻分佈圖(圖一、圖二、圖三)。新竹科學園區下方之地層呈現南北走向的摺曲，而摺曲的峰一峰約為 2 公里。此一現象與附近地表丘陵起伏狀況相類似。此外由主頻分佈圖可以看出竹科東北方向(頭前溪南岸)的地層從地表至基盤之間並無明顯的界面存在(此處之界面為能有效捕獲地表傳下之震波能量)，而竹科西南南方向(國道一號及國道三號新竹系統交流道；雙溪、寶山)靠近地表則有一層明顯的界面能有效捕獲地表傳下之震波能量。比對地質圖可知竹科東北方向為更新世店子湖層(紅土、礫石、砂及粉砂之透鏡體)，而竹科西南南方向為

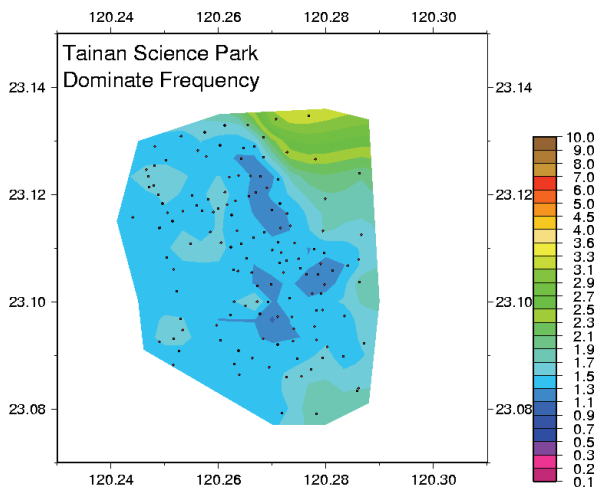
更新世頭料山層（砂岩、泥岩、頁岩）。上述之微地動特性正是反應此區地層特性之變化。圖二中黑色線條表示台中縣市在西屯區、沙鹿鄉、大雅鄉的行政分界，也正好是大肚山的東翼，由此圖可以推論台中園區下方之沉積物厚度大致呈現由西向東增厚的趨勢，與丘陵地起伏趨勢相符，但是其中有些地點其厚度增加不少。由圖三可以推論，台南園區下方之沉積物厚度大致呈現由東向西增厚的趨勢。此一現象與附近地表丘陵起伏狀況相類似。配合井下速度量測結果，顯示台南科學園區地表多為鬆軟膠結程度差的沙質土壤。因此，初步判斷台南科學園區必須注意地震發生時因鬆軟土層造成的場址效應。



圖一 竹科微地動場址主頻圖



圖二 中科微地動場址主頻圖

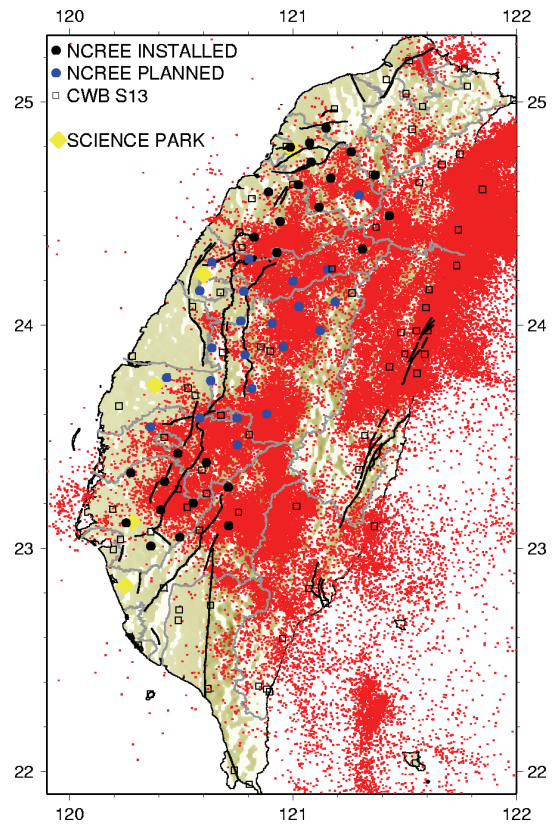


圖三 南科微地動場址主頻圖

## 科學園區微震網設置及觀測

就監測小區域地震活動而言，需小範圍之監測網。以目前氣象局全台地震網分佈而言，現有儀器無法有效偵測到一些微小地震；而強震網分佈雖然較密，但儀器之功能是在記錄較強之地面震動。但微小地震正是用以研究地震震源型態的重要依據，因此本計畫採購高靈敏度的寬頻地震儀，於2005年在新竹科學園區附近地區，2007年度在南部科學園區附近地區，設置了微震觀測網。觀測範圍包含新竹、新城、竹東、大平地、獅潭、神卓山、新化、左鎮、觸口、木屐寮、六甲等活動斷層。2008年底將在中部科學園區附近地區設置微震監測網，屆時受觀測的活動斷層將增加九芎坑、梅山、大尖山、屯子腳、彰化、車籠埔、大茅埔-雙冬等斷層(圖四)。

目前國震中心已克服地震觀測的難題，發展出在城市邊緣地帶進行高精度觀測能力，未來仍會持續改進野外觀測技術並持續改進資料處理方法。而對觀測到的地震紀錄，目前正在進行：(1)精密定位；(2)解算地震斷層面機制；(3)描繪斷層面之弱帶，因為這很可能是未來大地震的發震機制及形態；(4)更新各區域速度構造，提高數值模擬精度。除了微地震觀測、科學園區微地動量測，國震中心也進行土壤氣體地震前兆觀測、強震測站地質鑽探計畫、以SASW及微地動陣列法求取土層剪力波速等。並逐步統合這些研究成為「大地震強地動境況模擬系統」，作為落實應用於規模修訂及防災救災整備工作。國震中心了解只有落實應用，才能真正展現出這些研究的價值，也才是真正為大地震作準備。



圖四 國震中心寬頻地震觀測站之設置，是依據氣象局過去16年觀測到的淺源地震分佈，涵蓋對三個科學園區有直接影響的西部麓山帶

副研究員 張道明、助理研究員 謝宏瀨

# 地震前兆之地球化學研究-以竹科及南科園區附近之斷層為例

## 一、前言

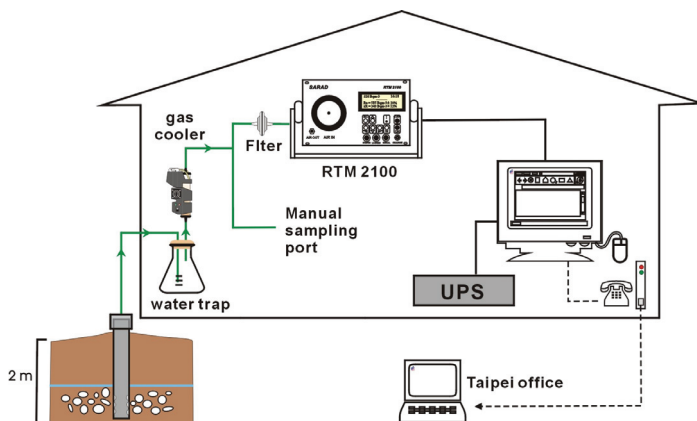
許多研究指出地底下的氣體藉由擴散 (diffusion) 或滲流 (advection) 行爲, 透過潛在的通道如斷層或破碎帶上升至地表。斷層因其截切過岩層, 可視爲一弱帶, 由高度破碎的材料所組成, 其破碎行爲爲地底下氣體提供一個遷移的通道, 有助於氣體逸散。因此調查土壤氣體濃度的分佈及變化可被用來辨認斷層帶的位置及偵測地震活動, 成爲有效的偵測活動斷層的工具。

此技術目前用於新城斷層及新化斷層的調查上, 並陸續在斷層帶上設置土壤氣體觀測站。

## 二、方法

爲設置土壤氣體觀測站, 第一階段需對斷層沿線進行土壤氣體採樣, 透過氮氣偵測儀分析氮氣含量; 攜帶式氣相層析儀分析 CO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>、O<sub>2</sub> 等含量; 氬氣氬析儀得到 Rn 含量, 討論彼此間的相互關係, 研判異常值與斷層帶分佈關係。隨後進行第二階段工作, 選取一剖面作定期採樣, 藉以瞭解該場址對地震活動事件之敏感性。

經過長期定期採樣分析, 選取一處具有高濃度的氮氣及氬氣值位置設置觀測站, 其內部放置氮氣分析儀、地震儀及一台個電腦, 透過網路連線, 即時將資料傳回台北辦公室中, 如圖一。



圖一 土壤氣體觀測站內部儀器配置圖

## 三、結果與討論

表一 兩測站異常訊號與地震事件統計

	Total Anomalies (a)	Total Event (b)	Anomalies related with events (c)	Anomalies not related with events (d)	Signal (%) (c/a)	Noise (%) (d/a)	Confidence level (Signal/Noise)
Hsinchu station	20	27	12	8	60%	40%	1.5
Hsinhua station	11	11	8	3	73%	27%	2.70

經過前兩階段的調查, 找出新城及新化斷層空間分佈後, 隨即在斷層帶上設置土壤氣體觀測站, 以便觀察本區地化氣體的異常與構造應力改變的關係。

初步觀測結果顯示本區域對主要地震活動有潛在的前兆異常訊號。

### A.新城斷層

竹科測站設置於新竹科學園區內, 於 2005 年 10 月底設置完成, 在 2005 年 11 月至 2007 年 9 月觀測期間 (圖二), 本區共發生 27 起地震事件, 土氬氣體連續觀測資料記錄到 20 起異常事件, 研判其中有 12 起異常事件可能與地震活動有關 (圖三及表一)。其餘地震事件未能反映出氣體異常, 主要原因是暴雨影響或儀器維護所造成資料暫時中斷, 另可能原因爲該地震屬深源地震, 無法反映出土氬氣體變化。

竹科測站在這段觀測期間, 大約有 6 成的氣體異常事件可反映出鄰近的地震活動事件, 如表一, 剩下的氣體異常事件可能是潛在小規模地殼活動造成。

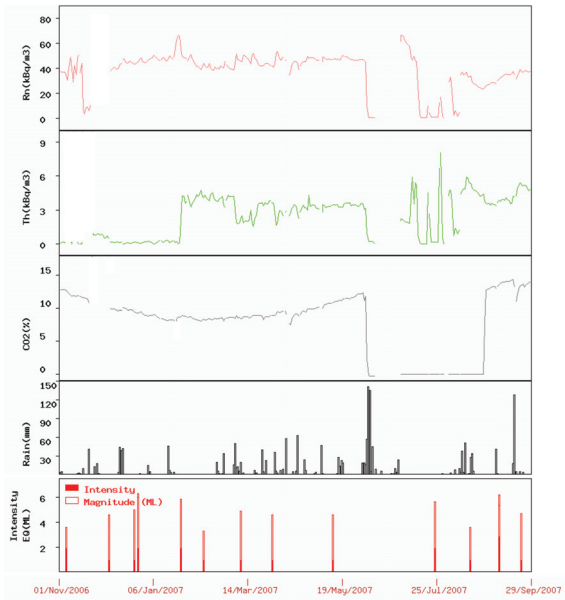
### B.新化斷層

新化站設置於新化畜產試驗所內, 於 2006 年 10 月底設置完成, 在 2006 年 11 月至 2007 年 9 月觀測期間 (圖四), 本區共發生 11 起地震事件, 土氬氣體連續觀測資料記錄到 11 起異常事件, 研判其中有 8 起異常事件可能與地震活動有關 (圖五)。其餘未能對應的地震事件, 主要受到如暴雨影響而造成資料暫時中斷。

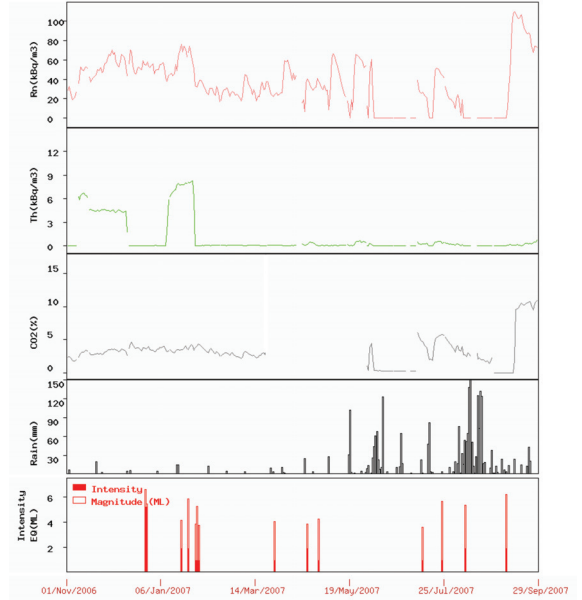
以 2006 年 12 月 26 日屏東地震爲例, 測站所記錄到的震度達到 4 級, 爲當地近兩年來最大的一次, 土氬氣體連續觀測資料顯示與該地震事件有良好的關係性 (圖六)。

## 四、結語

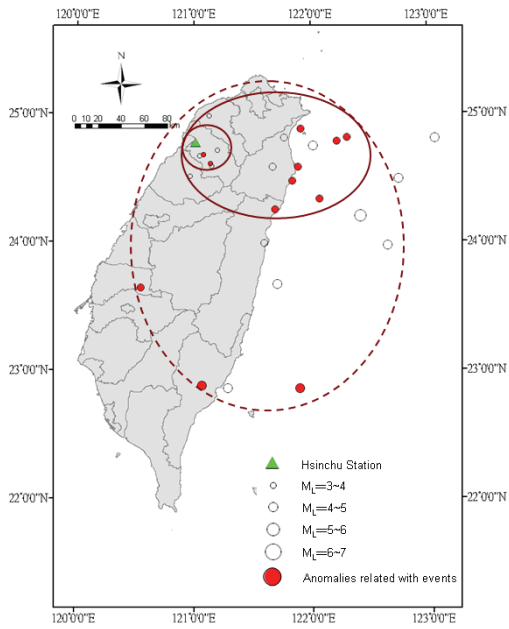
從以上結果可發現新城斷層及新化斷層反應不同的構造活動區。從新城斷層帶上的土壤氣體變化對應的地震事件主要在測站東南方及宜蘭外海處, 反映的是台灣東北部沖繩海槽及及東部琉球海槽擴張所造成的應力改變, 如圖七。而新化斷層帶上的土壤氣體變化對應的地震事件主要在台灣東南方及測站北方, 代表的是台灣東南部呂宋島弧或其他陸地上的構造活動所造成的應力改變。



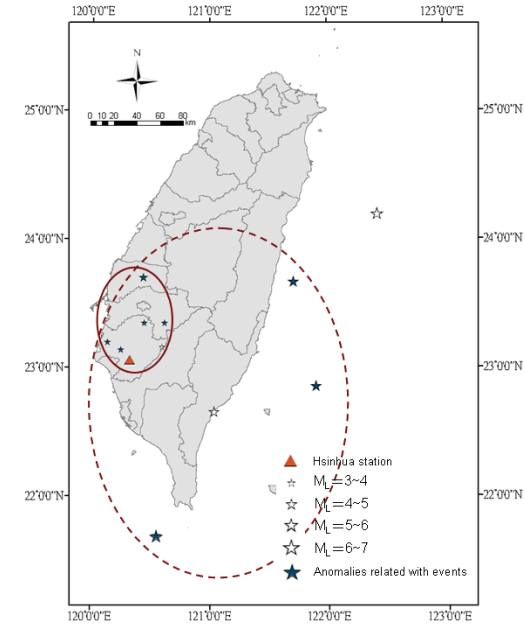
圖二 竹科土壤氣體觀測站於 2006/11/1~2007/9/30 期間，土壤氣中氡氣、二氧化碳與地震活動事件之關係



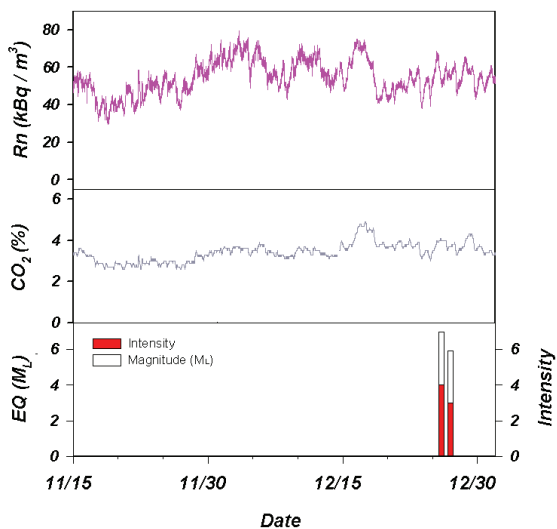
圖四 新化土壤氣體觀測站於 2006/11/1~2007/9/30 期間，土壤氣中氡氣、二氧化碳與地震活動事件之關係



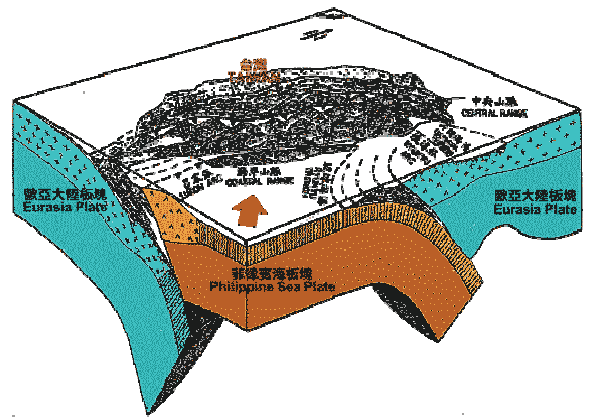
圖三 竹科測站氣體異常訊號所對應地震事件分佈圖



圖五 新化測站氣體異常訊號所對應地震事件分佈圖



圖六 新化測站在 2006/11/15 至 2006/12/31 期間，土壤異常變化與 1226 屏東地震事件之關係



圖七 台灣地區的地體構造

副研究員 瓦里亞、助理研究員 林世榮  
台大地質科學系教授 楊燦堯

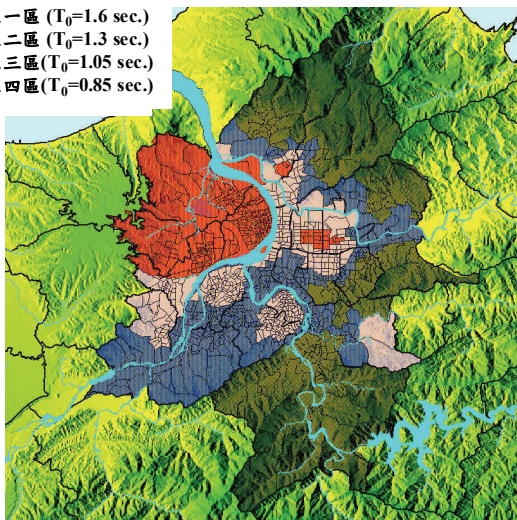
## 台北盆地設計地震微分區研究

地震時地表震動會受到地表土層的影響而產生程度不一的放大效應，這一現象在十九世紀以前即受到注意。Milne 在 1898 年出版的地震學即明白指出地表沖積層對地震動的顯著放大現象。而從近年世界各地許多重大地震災害調查中，也常可以發現許多人口眾多的城市因局部地盤效應，而導致震災規模加大加劇的例子。台北盆地附近是全台地震活動最低的區域之一，然而因盆地特有的地形與地質條件，使得地震波受到盆地效應的影響而嚴重放大，亦經常因遠域的大規模潛層地震而發生災害。因此，在耐震設計上必須特別考慮盆地效應對設計地震的影響。

我國 2005 年頒行之建築耐震設計規範，對於耐震設計地震之規定開始朝微分區之方向發展。配合行政區之劃分，設計地震以鄉鎮為單位，主要依據地震危害度分析之結果，分別指定 475 年、2500 年回歸期之設計地震，以長、短週期譜加速度值定義簡化之設計反應譜。而台北盆地更因歷次之大地震紀錄及震害顯示出其特殊之盆地效應，採用更小之行政區單位(里)劃定設計地震微分區。設計地震反應譜以轉角週期  $T_0$  來決定長週期譜值或調整其形狀，共分為四個設計震區，如圖一所示，部分盆地外之山區亦被列入盆地範圍。

Seismic Zone in Taipei Basin

- 台北一區 ( $T_0=1.6$  sec.)
- 台北二區 ( $T_0=1.3$  sec.)
- 台北三區 ( $T_0=1.05$  sec.)
- 台北四區 ( $T_0=0.85$  sec.)



圖一 台北盆地 2005 年耐震規範微分區圖

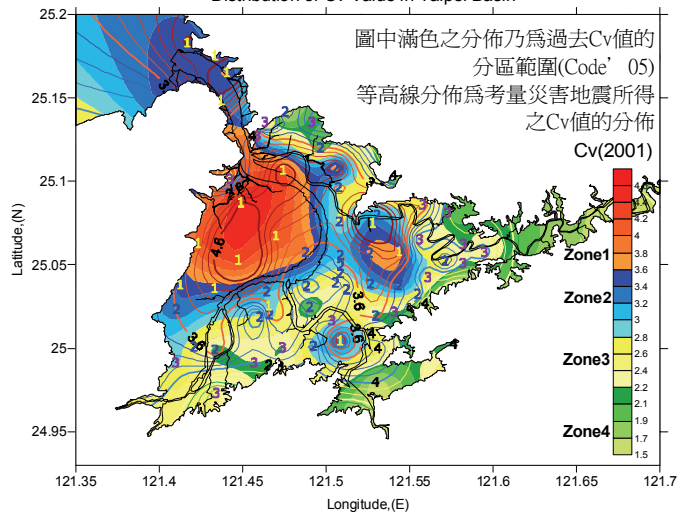
研究顯示地震動的峰值速度與加速度值之比值(V/A 值)與長週期反應譜值有極高之關連性，可以反映盆地對長週期波之放大效應。因此，可由實測地震紀錄中，篩選其 V/A 值最大的數筆地震紀錄，進行統計分析，決定設計反應譜轉角週期值之微分區。現行台北盆地設計地震微分區主要依據 1999 年 6 月以前之台北盆地地震紀錄分析結果劃定。近年台灣地區發生數個大規模災害地震，其中 1999 年的 921 集集地震及 2002 年的 331 花蓮地震，均在台北盆地造成災害。而中央氣象局在台北盆地內亦增設許多強震儀，使盆地內強震儀網站之密度提高。因此，有必要將近年蒐錄的大規模地震加入資料庫，重新分析台北盆地設計地震微分區之劃分。

以地震危害度參數拆解分析得到的控制地震作為設計地震是

一個未來發展的趨勢。分析得到台北盆地對應 475 年設計地震之控制地震，主要為遠域大規模潛層地震，這與台北盆地地震災害之紀錄相當一致。因此本研究依據控制地震之條件，另從資料庫中選出兩個最具災害潛勢地震事件之紀錄，分析比較盆地內所有測站紀錄之正規化反應譜，作為微分區調整之參考。

一、正規化場址相依係數  $C_v$ 

本研究以 1991 年至 2007 年 7 月間規模大於 5.5 的地震事件，以  $PGA > 10gal$  之地震紀錄作為分析正規化場址相依係數  $C_v$  之地震資料庫，包含近年來之造成台北盆地地震害的地震。由各測站資料篩選實際的 V/A 值較大、且激發長週期效應之地震紀錄，建立正規化場址相依係數  $C_v$  的等值曲線分佈圖，如圖二所示。圖中也將目前規範規定台北盆地地震微分區所依據的  $C_v$  值的等值分佈繪出比較(圖中色階)，結果顯示二者之長週期反應譜直或  $C_v$  值之分布趨勢類似，但本研究所得之略高於規範值，因此，建議微分區圖仍需略做調整，一區之範圍將略為擴大。 $C_v$  值之分布趨勢由西北向東南遞減，與盆地地盤深度變化相符合。地盤深度大的區域其  $C_v$  值較高，亦即其長週期反應譜轉角週期較大。

Distribution of  $C_v$  Value in Taipei Basin

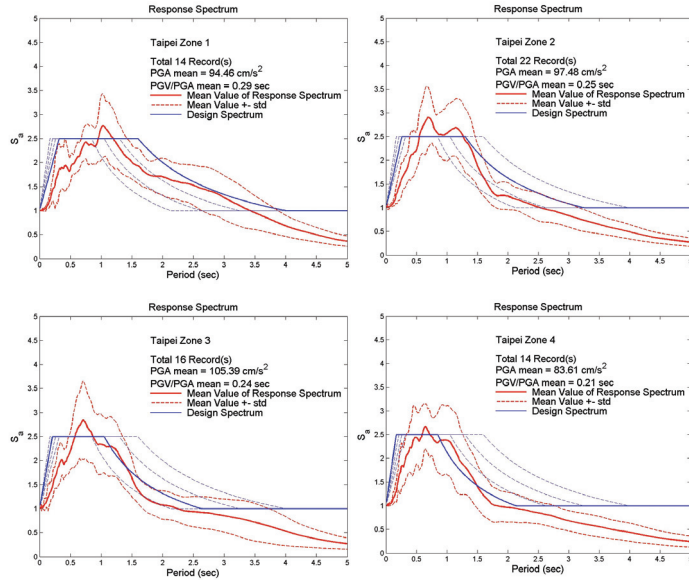
圖二 台北盆地設計地震微分區圖比較。(色階為 2005 年規範之  $C_v$  值分布圖；等高線為本研究之  $C_v$  值分布圖；數字為控制地震之反應譜形狀比較後建議之震區調整值。)

## 二、震譜轉角週期分析

台北盆地內地震動反應譜形狀或其轉角週期明顯受到地震震源特性之影響，尤其規模大於  $ML6.8$  之遠域淺層地震。這一類型地震的震波能量傳致台北盆地時尚未充分衰減，且震波入射角較大而容易產生長週期表面波，因此盆地效應非常容易對長週期波(盆地固有震動週期範圍)產生明顯地增幅現象。不論由災害地震或由地震危害度參數拆解分析，可以發現台北盆地所對應之控制地震均為大規模之遠距地震，由實測地震紀錄之比較亦顯示其影響明顯不同。為能反映控制地震之震源特性對設計地震反應譜之

影響，本研究從前述地震資料庫中篩選出之控制地震為 1999 年 921 集集地震及 2002 年 331 花蓮地震兩個事件之紀錄。

將 921 地震及 331 地震在台北盆地內測站之地震紀錄依據 2005 年版規範之微分區分成四個群組，計算平均正規化加速度反應譜，並分別與規範四個微分區之設計地震反應譜進行比較，如圖三所示。結果顯示在此二災害性地震作用下，台北盆地各測站實測紀錄之正規化反應譜皆與規範之設計反應譜吻合，顯示 2005 年版規範之四個分區的轉角週期或長週期設計譜加速度值之設定應是合理。



圖三 兩個地震事件(921、331 地震)之平均反應譜與設計反應譜比較。(左上：台北一區，右上：台北二區，左下：台北三區，右下：台北四區)

### 三、設計地震微分區之調整

為進一步檢討各測站之微分區範圍之適宜性，以作為微分區調整之參考，逐一檢視盆地內測站此二地震事件之正規化反應譜，並依據 2005 年版規範四個微分區之設計反應譜劃定其歸屬，為保守計比較時原則上採用前述兩個地震事件之反應譜之包絡線。分析結果顯示仍有部份測站的反應譜需作調整，建議調整的測站共 30 站，其分布情形及調整情況如圖二中數字所示，圖中數字即代表須調整的微分區編號。圖二中將反應長週期效應的正規化場址相依係數  $C_v$  值分佈與以控制地震資料分析反應譜形狀之微分區結果，在趨勢大致吻合。

### 四、建議

未來對於台北盆地微分區之調整，本研究建議以代表長週期效應之正規化場址相依係數  $C_v$  的等值曲線分佈為依據，參考微調後各測站之地震分區，將兩者結果配合行政區域進行台北盆地耐震地震微分區之調整。依據本研究之成果提出兩種建議案，分別將台北盆地微分區簡化為兩個地震分區及三個地震分區，提送耐震規範委員會進行審議。原地震四區取消，盆地外之山區則採用一般之設計震區劃分。

研究員 簡文郁、柴駿甫  
助理研究員 張毓文、邱世彬

## 實驗室動態

### MATS 試驗系統建造

#### 一、前言

近年來建築土木結構之隔制震技術日益進步，因此相關研究與測試的試驗設備需求亦日益迫切，以同步提昇國內研究與工程品質。本中心為提升隔制震裝置或元件的試驗能力，於 2006 年始著手規劃一多自由度多功能試驗系統(MATS)，經過一年的分析與設計之後，於 2007 年 9 月本中心擴建工程完工後開始建造，以下簡介 MATS 的建造與安裝過程。

#### 二、MATS 建造計畫

本中心為提升試驗能力，故於原實驗場反力牆後方擴建一 10m 跨距之空間，以建置更多元化之試驗設備及增加試驗空間。MATS 即位於此擴建空間中，利用本身新建之設備系統，並配合原有之反力牆構成之。

由於空間的限制、造型與面材的特別考慮、與設備精度的要求，MATS 在建造上必須克服許多困難，例如 MATS 坐落於新建之擴建空間，又須配合舊有反力牆孔位，因此導致放樣與基礎連結問題較為複雜，其次為 MATS 反力構架由反力梁(cross beam)、兩側 A 型預力 RC 構架與基礎 RC 底板構成，故反力梁、斜向預力鋼棒與其端錨的施作順序與安裝細節，均需特別考慮，同時也

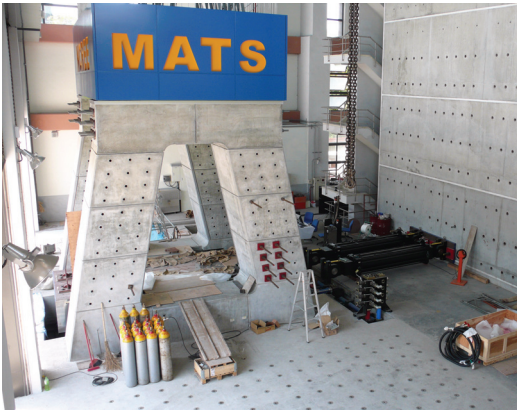
需考慮構建的吊裝空間與吊裝設備能力等。

經整體評估後，MATS 試驗系統以下列之程序進行建造與安裝：(1) MATS 平面中心點放樣，(2) 於工廠施工之鋼造反力梁部分完成品以臨時重型支撐架固定於正確位置、(3) 鋼造反力梁現場組裝與電焊、現場安裝與綁紮預力 RC 反力構架之預力鋼棒套管、預力鋼棒與鋼筋並分八次澆置 10000psi 自充填混凝土，(4) 澆置反力梁內混凝土，(5) 於工廠製作表面粗糙度特別要求之鋼造載重平台(platen)，並於現場澆置鋼造載重平台內之沙漿，(6) 安裝樓梯、欄杆與字版等配件(7) 施加預力，(8) 安裝油壓與千斤頂設備，(9) 吊裝載重平台，以完成建造工作，隨後進行測試驗收工作。MATS 建造完成後情形如照片一所示。

#### Cross Beam 製作

反力梁為長度 6.15m、寬度 4.3m、高度 1.8m，內部佈滿橫隔板與加勁板之鋼箱體，並於箱體內灌置混凝土，製作時因吊裝設備能力限制，故將底板與底板上部分開製作，必於現場組裝焊接。反力梁頂板與底板均為 50mm 厚度之鋼板，因鋼板素材寬度的限制，故由兩塊鋼板對接而成。底板與底板上部均於於工廠加工，底板上部於工廠採上下顛倒方式製造(見照片二)，製作過程中

必須隨時觀測箱體之焊接變形與收縮情形，以維持平整度，若變形過大則需整型或剷除重做。製作完成後於將箱體噴砂並塗漆底漆。然後運送至本中心現場安裝於臨時重型支撐架並定位，如照片三所示。底板與底板上部之接合，藉由預留於加勁板之人孔，由箱體中央往外焊接。完成後於箱體內灌入抗壓強度 10,000psi 之自充填混凝土增加強度與勁度。



照片一 施工完成後之 MATS 實際情形



照片二 反力梁上部於工廠加工狀況



照片三 反力梁吊裝於臨時重型支撐架情形

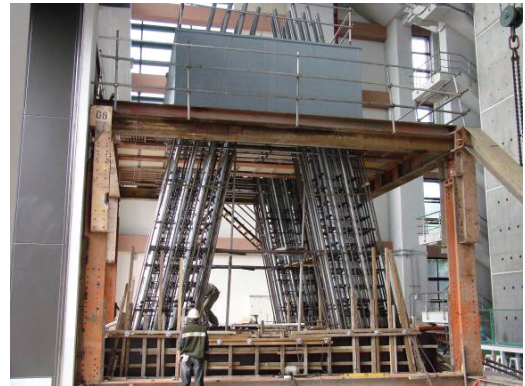
### A 型預力 RC 構架施工

A 型預力 RC 反力構架連同底板總高度為 9.95m，其中底板厚度 4m，首先將預力鋼棒之基座固定於基坑內（如照片四所示），再配置鋼筋，室內地板面以下分四次鋼筋綁紮及灌漿，A 型構架地面以上高度為 5.95m，使用芬蘭板做為清水混凝土之模版，以獲得混凝土原色之材質，室內地板面以上共分四次施灌。地板面以上預力鋼棒及部分鋼筋綁紮完成情形如照片五所示，最後一次之灌注與上方反力梁間 5cm 之高強度無收縮水泥砂漿，讓 A 型預力 RC 反力構架與反力梁間能密接，避免孔隙或蜂窩的發生。混凝土使用抗壓強度為 10000psi 之自充填混凝土(SCC)，經五次試

拌以確認強度達到後，再依該配比量產澆置。



照片四 預力鋼棒基座



照片五 預力鋼棒及部分鋼筋綁紮完成情形

### Platen 製作

載重平台長度 6.7 m、寬度 2.54 m、高度 0.9 m，外部由鋼板組成，內部有圓鋼管、鋼棒 T 形梁與加勁板，先將底板、四面側版、T 形梁與加勁版組合（照片六），再將間距 25cm 之鋼棒與底板焊接並組裝鋼管，隨後封上預先開設鋼棒直徑圓孔之頂板，將頂板與圓棒及四周側板焊接，完成載重平台組裝。最後將其表面加工銑平，且在平台頂面於每個鋼棒位置車牙。載重平台表面平均粗糙度要求分別為，底面 0.4~0.8 $\mu$ m，其餘各面 0.8~1.6 $\mu$ m 以便制動器能於其上順利滑動，銑平後灌入抗壓強度 8,000psi 之無收縮混凝土，以增加平台之強度與勁度。



照片六 Platen 於工廠加工狀況

### 三、結語

MATS 於 2007 年 9 月開始建造與安裝，至今已經過 9 個月，即將於 2008 年 6 月驗收完畢。此試驗設備的完成，有助於提升本中試驗能力，並預期能對國內地震工程相關領域之研究多所貢獻。

副研究員 林克強、助理研究員 林德宏、助理技術員 李牧軒

# 震災緊急應變演練規劃

國家地震工程研究中心(NCREE)與國家災害防救科技中心(NCDR)預計本年度中旬舉行聯合震災緊急應變演練，希望可以結合兩中心同仁相關人員共同成立地震災害應變支援小組並合作應變支援作業。演練目的乃希望兩中心同仁在未來台灣地區發生強震後數小時內有能力立即提供地震災情研判簡報予中央災害應變中心，並驗證中心震災緊急應變 SOP 手冊中各任務編組之應變能力與可行性。

目前兩中心規劃之合作演練劇本如下：演練日台灣地區發生震度六或七級以上強震，台灣地震損失評估系統(TELES)會自動接收模擬中央氣象局之地震通報郵件，並自動的啟動震災早期評估功能，將災損評估結果以手機簡訊方式發送至演練同仁手機，屆時同仁再依照任務編組進行應變。兩中心動員人力依功能與目的不同，分災情研判、勘災行動與災情匯整等三大組。

災情評估組負責震災損失評估、初期震源參數研判與強地動資料分析，預計演練內容如下：

1. 震災早期評估功能自動啟動。
2. 震災境況模擬分析。
3. 人員通聯動員機制。
4. 第一階段災情評估簡報製作(震後一小時)。
5. 氣象局速報數值資料。
6. 初期震源參數與強地動分析。

7. 第二階段災情評估簡報製作(震後三小時)。

勘災行動組負責災情現場的影像與照片收集以及各項工程建物的損壞調查，預計演練內容如下：

1. 勘災組人員動員機制，包含協力機構聯繫、車輛器材支援。
2. 勘災資料以網路災情上傳系統上傳。
3. 與 NCDR 進行衛星與微波電話連線測試。

災情彙整組負責媒體資訊收集、勘災災情匯整與地震報告製作等項目，預計演練內容如下：

1. 新增地震事件於災情上傳系統。
2. 審查、管理勘災行動組上傳至災情上傳系統之報告。
3. 側錄廣播媒體之災情報導，製作摘要，提供災情研判之用。
4. 收集國內外報章雜誌、電子媒體之災情報導資料建檔。
5. 初步災情彙整簡報資料(簡報對象為媒體)，並撰寫地震事件初步報告。

台灣位處於天然災害頻繁的環境中，建立完善的緊急應變機制是本中心最關切的重點業務之一，為求能於強震後快速提供災情研判結果，降低災害的損失及人命的傷亡，未來演練應確實落實 SOP 手冊內容，使得屆時地震來臨時能迅速動員，採取有效的緊急應變措施。

副研究員 林主潔、助理研究員 陳緯蒼

## 『新一代橋梁建造工法－後拉式預鑄節塊橋墩』記者會報導

『新一代橋梁建造工法－後拉式預鑄節塊橋墩』記者會於 2008 年 3 月 28 日在本中心 101 會議室舉行，與會人員包括國家實驗研究院莊哲男院長、國震中心蔡克銓主任、台大土木系張國鎮主任、國道新建工程局陳國隆副組長、中心研究團隊及多家新聞媒體記者共計 20 餘人。記者會當天由台大土木系張國鎮主任簡報，簡報中介紹本中心近年來與美國跨領域整合地震工程研究中心(MCEER)合作，所發展出適用於地震帶之預鑄節塊橋墩系統，該系統具備建造快速、高耐震能力及震後簡易修復即可通車等特性，且可將橋墩切分為數個節塊單元並於預鑄場預先製造，再運至施工現場進行組裝，相較傳統橋墩於現在綁紮鋼筋及組模灌漿的建造方式，大大的降低建造期間對周圍環境的衝擊及交通的阻斷。會中國道新建工程局陳國隆副組長亦表示，本項橋墩系統即將應用在國道三號霧峰交流道大里連絡道接台中生活圈四號線橋梁工程中，預計可較傳統工法減少 2~3%建造經費及縮短建造工期。最後為具體呈現本項研究成果，本中心製作了一座全預鑄節塊式橋梁展示模型，模型中納入了中心所發展的橋梁無線監測及預警系統，除了讓記者朋友們可以親手堆疊組裝橋梁外，亦可體驗橋梁在手動擾動下監測及預警系統的運作方式，期望藉由這次記者會來增加社會大眾對此新一代橋墩系統的安全認知及接受度。



專案助理研究員 王柄雄

## 台灣-日本橋梁與結構工程 研討會

本中心於2008年3月21日舉辦台灣-日本橋梁與結構工程研討會。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與台灣大學土木工程共同主辦，特邀請日本與國內相關學者專家，針對台灣甫通車之高速鐵路工程、日本橋梁管理與耐震補強現況、台灣與日本鋼橋發展、橋梁監測與健康診斷技術，以及各式新材料、新工法與新技術於橋梁工程之應用進行深入探討。邀請之日本專家包括日本國土交通省近畿地方整備局道路部地域道路調整官加藤先生 (Mr. T. Kato)、阪神高速道路株式會社田端主任 (Ms. A. Tabata)，以及日本京都大學杉浦教授 (Dr. K. Sugiura)、日本大阪大學大西助教 (Dr. H. Ohnishi)、日本大阪市立大學山口准教授 (Dr. T. Yamaguchi) 與日本大阪市立大學松村講師 (Dr. M. Matsumura) 等。而國內專家則包括台灣高鐵公司朱登子協理、台灣世曦張荻薇副總經理、台灣大學張國鎮教授、台灣科技大學黃震興教授，以及國家地震工程研究中心林詠彬博士，講題與講者均為一時之選。

台灣地區因地狹人稠、地勢崎嶇且河川密集，橋梁工程一直在國內建設中扮演重要關鍵角色，而與台灣有類似地理環境背景的日本，橋梁工程更是蓬勃發展，相關技術一直居於國際領先地位。近年來隨著新材料、新工法與新技術的湧現，台灣與日本在橋梁工程發展上，無論是學術界或工程界，均有長足進步。故本研討會邀請之講員涵蓋日本與國內工程界與學界，企盼藉由本次研討會之舉辦，不僅提供日本與臺灣技術溝通平台，也提供工程界與學界對話機會，汲取彼此工程技術與研發經驗，進而提升與精進國內相關技術水準，也期望本研討會能嘉惠國內工程界，對於國內工程界與研究人員在橋梁工程之技術與研究有實質之幫助與貢獻。



照片一 加藤調整官

照片二 杉浦教授

副研究員 洪曉慧

## 2008 抗震盃-地震工程模型 國際競賽

為鼓勵青年學生藉由參與科學競賽而激發創造力，國家地震工程研究中心於9月27~28日舉辦2008抗震盃-地震工程模型國際競賽。除了來自全台灣的各路英雄好漢外，更邀請英國、亞太地區等國際隊伍共襄盛舉，以增進青年學子間之國際科學交流。詳細資訊請參閱專屬網站：<http://w3.ncree.org.tw/ideers/2008>。



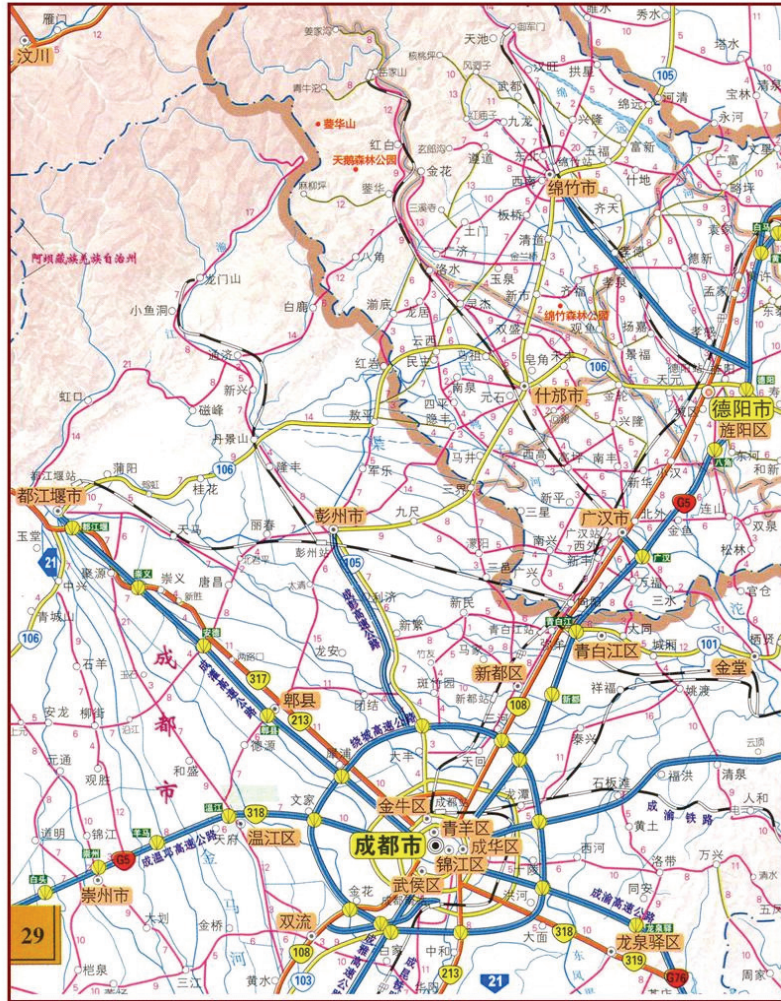
## 國際耐震訓練班

從世界各地近二十年來所發生的重大地震災害調查資料進行分析，可以發現地震災害所造成的人員傷亡有90%以上是因為建築物耐震能力不足而倒塌所致。因此在地震工程應用的領域裡，如何強化建築物耐震設計與施工，以提升建築物耐震能力，為減少地震災害最直接有效的方法。就結構耐震設計規範與設計方法而言，目前以美、日、紐、加和我國較為完備。位於環太平洋地震帶上或歐亞地震帶上，與我國同樣飽受地震威脅的亞太地區開發中國家，其建築物耐震設計規範與設計方法仍然十分不足。本計畫擬配合國科會與開發中國家之國際科技合作計畫—『研究暨培訓型國際合作規劃案』，針對建築物耐震設計以短期研討會課程形式，邀請亞太地區開發中國家的政府官員與工程師共同參與，除協助提升該國建築物耐震技術外，進一步交換意見以增進台灣的國際交流。本年度規劃之課程，預定於民國九十七年十月二十至十月二十四日共五日，在國家地震工程研究中心舉辦。會中預計邀請十五國共二十八位具相關背景之學者專家進行短期研習活動。為進一步促進我國與各國工程界之交流，國內亦開放三十位名額讓各方人士與會。關於本活動之最新訊息與報名資料請連結本研討會專屬網站查詢：<http://www.ncree.org/itp/2008/>

# 中國四川汶川地震勘災報告

2008年5月12日下午2時28分，中國四川省汶川縣發生規模8.0之地震，依據中國民政部統計，截至6月12日12時，已造成69159人罹難，374141人受傷，失蹤人口達17469人。為能蒐集此次汶川地震之震災資訊，國家地震工程研究中心特別派遣柴駿甫與林主潔兩位研究人員，與台灣工程界共同組團前往四川災區進行考察。基於安全與交通條件之考量，考察團在四川省科學技術協會以及四川省各級台辦的安排下，住宿於成都市區四川省人大會議中心的大成賓館，每天由成都市區出發前往各個重災

區進行考察，走訪之地區包括成都市轄區內的都江堰市與彭州市，德陽市下轄綿竹市的遵道、九龍、武都與漢旺等鄉鎮，並經由國道213線以及沿岷江兩岸臨時搶通之道路抵達震央汶川縣之漩口鎮與映秀鎮(屬阿壩藏族自治州)，實地考察岷江兩岸之山崩以及重災區建物(民宅、學校與醫院)與橋梁之震損情形。圖一為此行所考察市鎮之相關位置，而有關建物、橋梁與山崩等勘查紀錄則依行政區域與交通路線敘述如下：



圖一 考察鄉鎮分佈圖-成都市的都江堰市與彭州市，德陽市下轄之綿竹市的遵道、九龍、武都與漢旺等鄉鎮，阿壩州汶川縣之漩口鎮與映秀鎮。

(地圖資料來源：四川省交通圖冊/成都地圖出版社)



## 五月二十九日：都江堰市

在四川省科學技術協會以及省台辦的帶領下，我們於五月二十九日搭乘小巴士經由成灌高速公路抵達都江堰市。我們首先考察新建小學，進入校園後映入眼簾的是一堆廢墟與一棟四樓教室的斷垣殘壁(圖二)，檢視廢墟中的建材與仍懸吊在危樓上的混凝土樓版得知，其結構係以未加強磚造之非韌性牆柱作為承重系統，並搭配鋼筋混凝土梁支撐中空之預鑄混凝土樓版。由於結構沒有任何抗側力構材，故其磚造之非韌性牆柱在地震中崩垮，而預鑄混凝土樓版也因失去支撐而直接墜落在教室中的學童身上，造成學童極大的傷亡。校園另一側為一層樓的校舍，同樣為未加強磚造之牆柱承重系統，而屋頂則是以木材構成之橫梁支撐磚瓦，在地震中或是磚瓦掉落，或是整個屋頂連同木材與磚瓦砸落至教室之內(圖二)。四川地區典型的校舍結構系統大都與新建小學內的教室類似，同樣是以未加強磚造之非韌性牆柱作為承重系統，搭配鋼筋混凝土梁支撐預鑄混凝土樓版，故師生死亡人數在此次汶川地震中佔了相當大的比例，極為慘重！



圖二 都江堰市新建小學震毀之校舍結構

事實上，除了校舍之外，一般都市內的樓房也是採用相同的結構系統，如圖三中正在拆除的中國銀行及鄰近的民宅，都呈現類似的破壞機制。然而，若結構係為鋼筋混凝土造之構架系統，或是雖以未加強磚造之非韌性牆柱作為承重系統，但其牆的數量較多，則有較佳的耐震能力，在地震中仍能屹立不搖，或僅於牆面產生交叉之剪切裂縫但不致倒塌(圖四)。

車行沿路所見，街道兩側全倒或半倒的樓房已開始以重機械進行拆除工作。最後，考察團在台辦帶領下，參觀都江堰市的「幸福家園賑災居民安置點」(圖五)，災民在此已能跳脫帳篷時期而住進過渡安置的活動板屋之中。



圖三 都江堰市正在拆除的中國銀行及鄰近震毀之民宅



圖四 都江堰市輕微受損之公安廳舍與產生剪切裂縫未倒塌之民宅



圖五 都江堰市幸福家園賑災居民安置點

## 五月三十日：綿竹市

五月三十日，考察團在四川省科協以及台辦的帶領下，經由成綿高速公路前往德陽市轄區內的綿竹市，沿路考察綿竹市區、遵道、九龍、武都與漢旺等鄉鎮的災損情形。綿竹市盛產磷礦，且綿竹年畫與名酒「劍南春」使綿竹市成為四川省境內富庶的縣級市之一。然而，經過此次汶川大地震的侵襲，農村房舍幾乎全垮，市區樓房也不堪使用。初步統計，全市約 70% 的房舍嚴重受損或崩塌而需拆除重建，20% 的房舍中度受損需進行加固補強。

綿竹市區以及前往漢旺鎮途經各鄉鎮的房舍損毀情形與都江堰市極為類似，因其結構系統與破壞機制均大致相同。在前往漢旺鎮的途中經過棚花村，其原為綿竹市發展年畫產業的模範農舍，但在汶川大地震中所有房舍幾乎全毀，多年心血毀於一旦(圖六)。圖七為途經九龍鎮時發現的一所崩塌的小學教室廢墟，圖八則為武都鎮受損之廟宇。

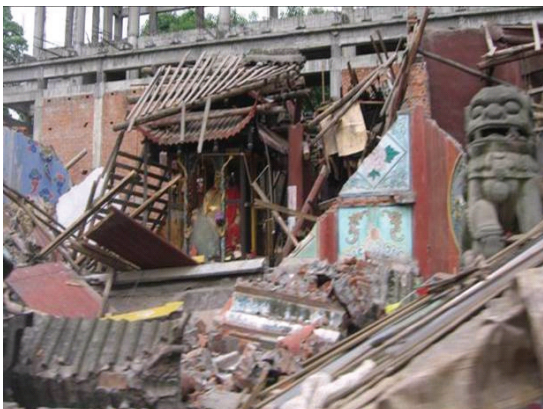
最後，考察團終於抵達漢旺鎮，但由於安全因素，台辦安排我們停靠在東方汽輪機廠前的鐘樓，附近建物的典型受損情形如圖九所示，而鐘樓的時鐘由於地震瞬間停擺，其指針永遠指著慘痛記憶的那一刻「2 時 28 分」(圖九)。此外，位在鐘樓對街的綿竹第三醫院受損情形非常嚴重，完全喪失其醫療功能(圖十)；而且，又是因其結構以未加強磚造之非韌性牆柱作為承重系統，搭配鋼筋混凝土梁支撐預鑄混凝土樓版惹的禍。



圖六 綿竹棚花村原為發展年畫之模範農舍，但於地震中全村毀於一旦



圖七 九龍鎮崩塌之小學校舍



圖八 武都鎮受損之醫療院所與廟宇



圖九 漢旺鎮東方汽輪機廠前的鐘樓以及附近建物的典型受損狀況



圖十 漢旺鎮綿竹第三醫院因建物倒塌而喪失其醫療功能

## 五月三十一日：彭州市

五月三十一日，考察團經由成彭高速公路來到彭州市。彭州市區以及通往小魚洞的道路兩側，其建物仍然是以未加強磚造牆柱搭配木樑、預鑄樓板與磚瓦屋頂之結構系統為主。在路途中，我們恰好發現武警與民工正在路旁的一大片空地上，協助居民搭建過渡安置用的活動板屋。如圖十一所示，民工先將空心磚塊以混凝土堆砌在事先挖掘的溝渠之上形成地基，然後在地基上架設鋼構架；接著，將分配至各單元之板牆與屋頂嵌入鋼構架之中，再以預力斜撐加固，即完成活動板屋之組裝，可供居民過渡安置之用。

考察團在四川省科協以及台辦的帶領下，來到小魚洞大橋，該橋於地震中嚴重受損並發生落橋。小魚洞所在位置已入山區，可發現附近山崩與巨石滑落之情形非常嚴重；同時，離小魚洞大橋不遠處已搭設便橋供人車通行(圖十二)。小魚洞大橋為四拱之拱橋，其破壞後之狀況如圖十三所示，橋台處鋼筋混凝土斜拱之上下端點均產生嚴重之挫屈現象；橋面沿車行方向之兩側陷落，橋面上之伸縮縫被拉伸開裂約 10cm，並在靠近對岸的兩拱產生落橋之嚴重損壞。

令當地居民原有農舍大多損毀，目前以木板搭配布篷居住，有一位村民很興奮的拿出一顆震後母雞生的雞蛋，比一般雞蛋大了約三倍之多(圖十四)；很可能是因為母雞在地震中受到驚嚇，腎上腺發作所致，而當地居民蔚為奇觀。



圖十一 過渡安置用活動板屋之組合過程



圖十二 小魚洞大橋鄰近已搭設便橋供人車通行



圖十三 彭州小魚洞大橋之破壞情形



圖十四 震後受驚嚇母雞所生的雞蛋，比一般雞蛋大了約三倍之多

## 六月一日：汶川縣映秀鎮

六月一日，當考察團之其他團員已陸續返台之際，本中心柴駿甫與林主潔兩位研究人員仍繼續留在四川深入考察災情。由於最近幾天並無下雨，且國道 213 線之百花大橋已於 5 月 28 日爆破拆除以維持都汶生命線之暢通，故在四川省科協之安排帶領下，

決定於今日換乘四輪傳動之休旅車，向震央所在之汶川縣映秀鎮挺進。

車行穿越都江堰市後，轉接國道 213 線沿岷江前往映秀鎮，行經紫坪鋪大壩後，車子已開始在搶通的道路上顛簸前進，沿路到處可見被山石砸毀的車輛(圖十五)。圖十六為成汶高速公路橫跨岷江之大橋(施工中)，其中有一跨橋台於地震時震落，而鄰近橋柱的支承卻僅有輕微損傷；同時，由照片中可發現岷江沿岸的山崩情形非常嚴重。沿著國道 213 線前往映秀鎮必須經過馬鞍山隧道、友誼隧道與白雲頂隧道，行經隧道時，發現除了友誼隧道內的路面稍有開裂成高低交錯兩部分外，所有隧道之主體結構均安然無恙，通行無阻。穿越白雲頂隧道後，回望漩口鎮，可由高處遠眺漩口鎮之地震損毀情形(圖十七)。事實上，國道 213 線仍因山石不斷滑落而必須隨時搶通，我們就在前往百花大橋替代道路上遇到正在搶通道路之士兵，待其搬運清除落石後，我們才又繼續前進(圖十八)。



圖十五 國沿道 213 線前往映秀鎮，车子在搶通的道路上顛簸前進，沿路到處可見被山石砸毀的車輛



圖十六 成汶高速公路橫跨岷江之大橋(施工中)震損情形，沿岸山崩情況極為嚴重

國道 213 線之百花大橋介於漩口鎮與映秀鎮之間，係穿越岷江岸邊之山谷而興建之一座橋梁，地震時在靠近漩口側發生嚴重之落橋災情，交通因而中斷。為能維持都汶生命線之暢通，救難指揮中心決定直接於橋下之岷江沿岸開鑿臨時道路，但為避免殘餘橋體在餘震中再度發生落橋意外，故決定於 5 月 28 日爆破拆除殘餘的橋體(圖十九)。因此，當我們來到此間時，只見爆破後的橋柱與橋面傾倒於岷江沿岸，觀察因爆破使保護層脫落的橋柱，可發現其主筋與箍筋完整，應屬韌性設計之橋柱。

由百花村遠眺映秀鎮漩口中學(圖二十)，表示映秀鎮已經不遠了；經過一路顛簸，巨石擋道的艱辛過程，終於抵達映秀鎮(圖二十一)。首先看到的是斷垣殘壁的漩口中學，其校舍平面圖、地

震後空拍圖，以及此次考察拍攝之各棟校舍損毀情形如圖二十二所示。在學校後方之空地，軍警已著手協助災民搭建過渡安置之活動板屋。

原本預計繼續前往映秀鎮內之重災區考察建物損毀情形，但在進入鎮區的橋前被武警擋下，告知映秀鎮已管制，即將進行爆破拆除鎮內所有三層樓以上之危樓。事實上，該橋梁原有結構已受損，而是在橋面上臨時修建之倍力橋，供小車限速通行；同時，橋頭旁之道路班房舍也幾乎完全倒塌(圖二十三)，圖二十四則為自橋頭向鎮內望去，坐落在橋旁兩側之三層樓以上危樓。



圖二十一 順著巨石阻撓之顛簸道路終於來到映秀鎮



圖十七 由國道 213 線遠眺漩口鎮之建物震毀情形



圖十八 國道 213 線仍因山石不斷滑落而必須隨時搶通



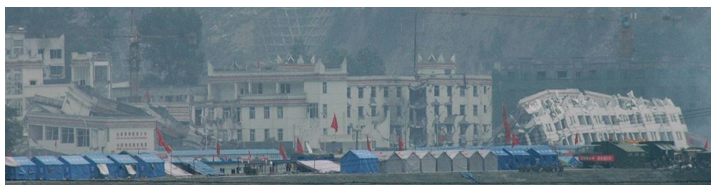
圖二十二 映秀鎮漩口中學各棟校舍之倒塌損毀情形 (空拍照取自新華網)



圖十九 國道 213 線之百花大橋於地震時發生落橋嚴重損傷，殘餘之橋體已於 5 月 28 日爆破拆除 (上排空拍照分別取自新華網與華西都市報)



圖二十三 通往映秀鎮內之臨時搭建倍力橋(上)，以及橋頭旁損毀之道路班廳舍



圖二十 由百花村遠眺映秀鎮漩口中學



圖二十四 自橋頭向對岸映秀鎮內望去之三層樓以上危樓

### 後記：緊急應變、生活安置與重建規劃

經過此次汶川地震之勘災考察結果發現，雖然災區民眾遭受了地震無情的打擊，但全國各地的解放軍、武警與醫療人員均於第一時間火速趕赴四川災區，搶通因山崩而受阻的道路，深入叢山峻嶺的山間鄉鎮搶救受困民眾，協助維持社會秩序。各單位均提供必要援助，替無家可歸的倖存者搭設帳棚；軍警與民工也聯手搭建過渡安置用的活動板屋以安置災民。為能維持救災人員與賑災物資之運送順暢，在成都或災區通往高速公路的主要交通幹道均設立緊急應變專用道，進行交通控管。同時，為了避免爆發狂犬病疫情，災區內的犬隻均需注射疫苗，而沒有疫苗供應站的鄉村居民只好忍痛處死愛犬(圖二十五)；為避免傳染病之蔓延，離開重災區的人車也必須於管制站進行消毒作業(圖二十六)。

考察團在川期間，發現居民於震後半個月已逐漸恢復原有之生活型態，城鎮中設置了臨時的醫療、郵局與電信通訊服務點(圖二十七)，農民已開始插秧從事農作生產，城鎮也出現了市集交易活動(圖二十八)。依照中國政府之規劃，將在三個月內完成約 3000 萬民眾的過渡安置作業，搭設每戶約 20 m<sup>2</sup> 之活動板屋供其居住 2-3 年；並在三個月內完成災區重建規劃，預計於三年內完成災區重建工作。



圖二十五 為了避免爆發狂犬病疫情，災區內的犬隻均需注射疫苗(彭州市)，沒有疫苗供應站的鄉村居民只好忍痛處死愛犬(漩口鎮)



圖二十六 離開重災區的人車必須於管制站進行消毒作業



圖二十七 震後半個月，城鎮已設置臨時之醫療、郵局與電信通訊服務點



最後，再次強調，地震災區大部分的學校與民宅等建物，係以未加強磚造之非韌性牆柱作為承重系統，並搭配鋼筋混凝土梁支撐中空之預鑄混凝土樓版，或是以木梁支撐磚瓦形成屋頂。由於這種結構系統並沒有任何抗側力構材，故其磚造之非韌性牆柱很容易在地震中崩垮，而讓預鑄樓板與磚瓦直接掉落在建物內的學童或居民身上，造成極大的傷亡。因此，在進行重建規劃時，必須特別注重結構耐震設計，選用較佳的結構系統，有效提升建物的耐震性能。

研究員 柴駿甫、副研究員 林主潔