



發行人：蔡克銓

本期主編：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>

九十四年十二月出版

八十一年三月創刊·季刊

行政院新聞局局版臺誌第 10286 號

目錄

• 專題報導

2005 耐震設計國際訓練班圓滿閉幕 1

• 研究動態

地震前兆監測(土壤氣體調查)(上) 3

規範研究發展委員會之運作現況與展望 5

• 實驗室動態

含形狀記憶合金 RC 結構耐震
行為研究 7

振動台大型砂土試體受震試驗 9

• 出國會議報告

第七屆日本-台灣-韓國地震工程之房屋結
構聯合研討會 11

ANCER 2005 年會 12

專題報導

2005 耐震設計國際訓練班圓滿閉幕

一、前言

近年來，世界各先進國家諸如美國與日本等之地震工程研究單位，紛紛舉辦針對開發中國家之相關專業人士所設計之訓練課程，以達訓練與互相交流之目的。本中心身為亞洲區重要之地震工程研究機構，為了宣導與推廣我國在結構耐震設計方面的水準、研究成果與國內工程界實務經驗，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，本中心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)。而後陸續於 92 與 93 年成功的舉辦了第二屆及第三屆課程。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於耐震設計、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。並獲得良好且熱烈之迴響。

有鑑於此，本年度的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，於十月二十四日到二十八日假國家地震工程研究中心擴大舉行。為了順應時代的潮流，本次國際訓練班在報名程序上已完全採用電子化的流程，除了大幅節省書信往來的時間外，更藉由網際網路，使此活動廣為世界所知。上網報名的學員和歷屆相比，足足成長了一倍有餘。在經過審密的篩選後，最後的錄取人數為三十三人，此一數據除了創歷年新高之外，參與的國家，更多達十四個，(見表一)其中更包含了來自蒙古之的相關代表，足見此一國際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。



圖一 國研院李羅權院長於開幕致詞

表一 參與的國家與人數一覽

印度	3	印尼	3
薩爾瓦多	3	泰國	2
土耳其	1	菲律賓	2
瓜地馬拉	3	馬來西亞	3
墨西哥	2	玻利維亞	1
約旦	2	蒙古	2
越南	3	哥斯大黎加	3
總計：33			

本次課程會議於十月二十四日上午正式展開，會中國家實驗研究院李羅權院長（圖一）、國科會林光隆處長特蒞臨致詞。在訓練會議的課程安排上，本中心邀請國內學術界與工程界十餘位學者專家，包括國立臺灣大學陳正興教授、聯邦工程顧問公司蘇晴茂博士、國立臺灣科技大學黃世健教授、國立臺北科技大學宋裕祺教授、工業研究院葉芳耀博士、雲林科技大學李宏仁教授、淡江大學曾一平教授與本中心蔡克銓主任及相關之研究人員。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。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。藉由三天之密集課程，給予學員完整且詳細之抗震觀念。詳細的課程內容參見表二。

表二 ITP2005 課程內容與講員

蔡克銓主任	Recent Research Activities at National Center for Research on Earthquake Engineering (NCEE)
簡文郁博士	Strong Motion and Seismic Risk Analysis
林敏郎博士	Building Damages: Lessons Learned from Past Earthquakes
林子剛博士	Bridge Damages: Lessons Learned from Past Earthquakes
宋裕祺教授	Seismic Evaluation of Existing Bridges: Theory and Application
林柏州先生	Nonlinear Analysis Techniques of Structures (PISA3D)
葉錦勳博士	Application of Taiwan Earthquake Loss Estimation System (TELES)
李宏仁教授	Seismic Evaluation of Existing Buildings: Theory and Application
曾一平博士	Seismic Retrofit of Existing Buildings: Theory and Application
葉芳耀博士	Seismic Retrofit of Existing Bridges by Using Composite Materials: Theory and Application
柴駿甫博士	Analysis Procedures Specified by Seismic Design Code for Buildings in Taiwan
蘇晴茂博士	Seismic Resisting Systems and Seismic Design of Buildings in Taiwan
鍾立來博士	Seismic Design Codes of Bridges: Taiwan vs. U.S. and Japan
林沛暘博士	Introduction and Application of Seismic Passive Control

由於本次訓練會議的參與學員均為各國大學教授、研究人員與資深工程師，為了使學員間之互動能夠更為迅速與熱烈，本次

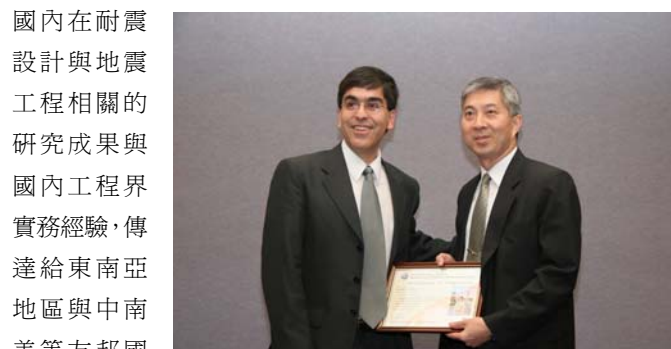
訓練班有別於以往，在訓練課程的第一天即安排所謂的 Country Presentation，讓各國學員輪番上台自我介紹並針對該國與耐震工程上之特殊問題，或是該國國內耐震設計方面的發展進行相關討論，以期先一步拉近彼此的距離。結果顯示此一安排獲致極好的效果，學員們透過較為輕鬆的第一天訓練課程，建立初步的友誼，這也使後續之課程中，每一課程主講結束後，學員們針對其所感興趣的部份，進行相當熱烈的討論，甚至嚴重超過預定時間。此外，由於各國之參與學員，需事先準備一套相關的簡報，各國的參與學員在與會前，即已進行密集之討論與溝通，這對於未來學員回國後之進一步聯絡與發展，更具有重大之意義。

除此之外，本會議在課程之第五天，更安排學員參觀世界最高摩天大樓的臺北金融中心與故宮博物院（圖二），其中故宮博物院讓學員一覽中華文化之美外，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為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諧調式阻尼器（TUNED MASS DAMPER），更可體驗到我國於抗震工程上之先進發展。



圖二 2005ITP 與會人員於 101 大樓 91 樓合影

本屆「耐震設計國際訓練班」課程會議在 10 月 28 日上午九點，由國家地震工程研究中心蔡克銓主任一一為學員頒發訓練證書後正式閉幕（圖三）。觀乎本次課程與會議，除了順利地將國內在耐震



圖三 國家地震中心蔡克銓主任於閉幕頒發結業證書與學員

設計與地震工程相關的研究成果與國內工程界實務經驗，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連繫，與分享彼此耐震設計與地震工程方面的最新訊息與成果，與未來各種合作的可能性。關於本次會議的相關資訊，請參考以下網頁：

<http://www.ncee.org.tw/itp2005/>。

專案副研究員 林子剛

地震前兆監測（土壤氣體調查）（上）

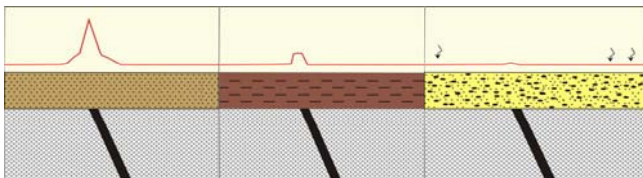
一、前言

關於地震前的異常現象，過去國內外有很多研究，包括生物、地下水、氣體、電磁、氣象、天象、電離層等，都可能與地震有關。台灣位於歐亞板塊與菲律賓海板塊交界處，隨著板塊的作用所造成斷層活動與地震也就特別多。地球化學變化常可以提供明顯的地震前兆（Sugisaki,1978），其中氣體成分的變化較為明顯而迅速，這些大部分與熱水作用相關的氣體如氡(Rn)、氦(He)、二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)、氫(H₂)、氬(Ar)、與氮(N₂)的地球化學異常，一般歸之於斷層活動過程造成的地下流體（水與氣）循環系統的改變而導致的這些流體的混合作用。

氦氣的異常是最早被用來作為地震前兆的地球化學方法之一，其相關研究可追溯到 1956 年，但最先發現地震可以經由地球化學前兆成功地預報地震則是在 1966 年蘇聯的塔什干地震（M=5.3），之後在中國和蘇聯的地震預報工作便都廣泛的使用地球化學方法監測，亦成功地預報了若干強烈的地震。隨後美、日等國亦展開了利用地球化學方法監測地震的工作（King,1986）。有關於利用氣體成份變化成功的研究案例包括：氦氣(Rn)、氦氣(He)、氮氣(N₂)、氬氣(Ar)、甲烷(CH₄)、二氧化碳(CO₂)、氫氣(H₂)及氦同位素比值(³He/⁴He)等。

二、土壤氣地球化學探勘原理

一般來說，空氣成分與源自地殼深處的氣體成分截然不同，而地殼深部氣體會藉由擴散作用逸散至地表，與土壤中之空氣達成平衡，致使土壤氣體與空氣組成有些微差異。若是地表下有深的斷層或破碎帶，可成爲一個通道，使地殼深處之氣體可以沿此路徑向上遷移，而使得地表土壤氣體產生異常的濃度變化（Etiope and Martinelli, 2002；Yang et al., 2003）。利用此原理針對盲斷層或人為活動而消失斷層跡之斷層，假設其上覆蓋相似孔隙度與厚度的土壤層，藉著氣體在斷層帶兩側逸氣量不同，偵檢地表各氣體的濃度來判斷斷層的走向和位置。據此，便可以判斷該處有斷層或破裂帶通過該處，此法便成爲一簡易有效的地球化學探勘方法。



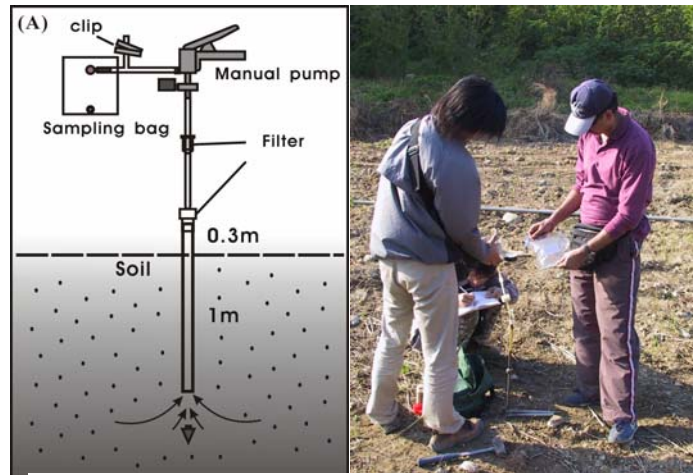
圖一 斷層帶上覆不同土壤層，對地表土壤氣成分影響示意圖，紅線代表橫跨斷層帶的地表土壤氣體濃度變化情形。(A) 斷層帶上覆孔隙度較大的砂質土壤層，有明顯的土壤異常值出現；(B) 上覆孔隙度較小的泥質土壤層，土壤異常值較不明顯；(C) 上覆礫質土壤層，因孔隙度過大，地表之空氣容易滲入土壤層，而大幅稀釋了異常值。

唯氣體成分異常的程度與斷層上覆土壤的孔隙度與厚度等有關，孔隙度較大的砂質土壤之氣體濃度異常程度往往較泥質土壤者爲大，而礫質土壤卻因爲有過大的孔隙度，使得地表的空氣反而易滲入土壤層，大幅稀釋了原有的異常氣體濃度，如圖一所示（傅慶州等,2005）。

三、探勘方法

土壤氣採樣方法是將一支長約 130 公分，直徑約 1 公分的中空鐵管，接上拋棄式鑽頭，將鐵管以垂直地表方向插入地表下約 100 公分深的土壤中（圖二）。接著用一根長約 135 公分的較細的鐵條，插入中空的鐵管中，利用重擊使得拋棄式鑽頭與鐵管分離，造成鐵管最下端與土壤中有空隙。再將鋼管套入已設計好的手動幫浦，先將原本存在管線中的空氣抽出，等待土壤氣體充滿整個管線後，最後將土壤氣抽入採樣袋中。

將採集的氣袋分別使用攜帶式氣相層析儀（Gas Chromatography）與氦氣偵測儀（Helium detector）進行分析，分別分析土壤氣體中 He、CO₂、CH₄、N₂、Ar、O₂ 等含量，並討論彼此間的相互關係。一般來說，上述各項氣體之濃度在大氣中皆有固定之含量，因此在採樣時必須同時採集當地地表之空氣（背景值）與所採集之土壤氣體樣品作比較，以判斷樣品中之氣體濃度是否有異常值。

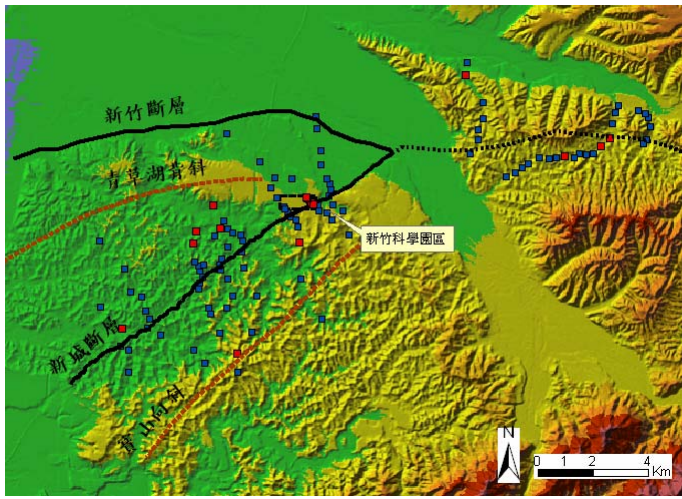


圖二 (A) 採樣工具示意圖 (B) 野外現地採樣圖

四、目前台灣幾個成功的探勘案例

A. 新城斷層

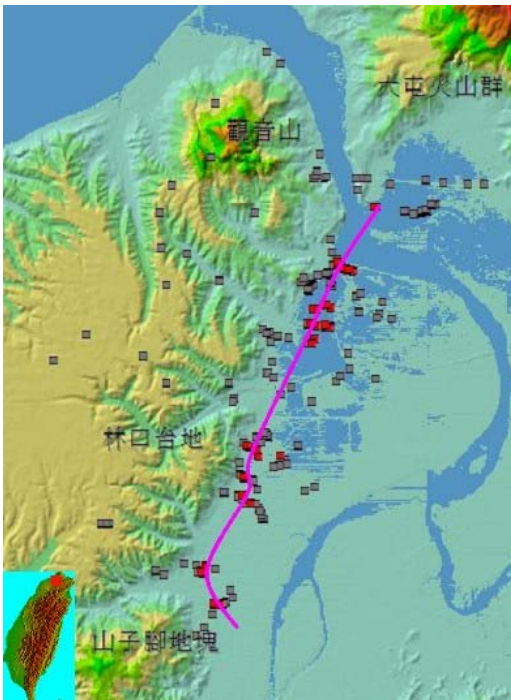
在新城斷層附近所採集 119 個土壤氣樣品，主要分佈於新竹科學園區以及從竹科向東延伸到關西的地區。受限於地形河流以及已開發地區的限制，採樣點集中於山區沒有河流經過的地方。在關西芎林一帶的採樣點的間距大約爲三百公尺，而新竹科學園區內部爲求更高的精確度，其採樣點間距大約爲 30 公尺。分析結果顯示，有些地方表現出極高的氦氣濃度異常，與地調所公布之新城斷層帶位置相近（圖三）。



圖三 新城斷層附近 He 氣濃度異常分佈圖。其中紅色方格為氦氣濃度大於 5.40ppm。

B. 山腳斷層

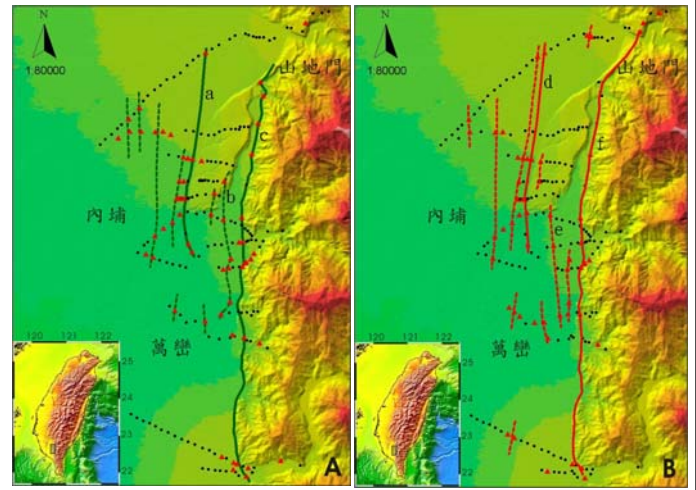
如圖四所示，綜合各採樣區各剖面的土壤氣體數值，以氦氣大於 5.40ppm 為異常值，配合 GPS 定位資料投影至地形圖上，初步分析結果顯示，土壤逸氣異常值與地調所公布山腳斷層可能通過位置相當吻合，可能修正斷層的位置為往南延伸切過丹鳳國中操場，至於斷層是否有繼續延伸至至樹林市大同山區仍須進一步調查。（蘇春旭，2005）



圖四 利用土壤氣體地球化學探勘台北山腳斷層之分佈。其中紅色方格為氦氣濃度大於 5.40ppm，與預期之斷層分佈相當一致。

C. 潮州斷層

於屏東地區所有分析結果投影至地形圖上，可顯示出土壤氣體異常成分的分佈情形（圖五）。初步研判本地區主要的斷層與破裂帶分佈應該為南北走向，且本地區土壤異常值分佈，無法由地底下僅有一個主要斷層或破碎帶所造成，需要多條破裂帶，才能解釋分析出來的土壤氣體異常分佈情形。（傅慶州等，2005）



圖五 綜合土壤氣調查結果，推測的斷層或破裂帶分佈圖。
(A) 為氦氣所得，(B) 為二氧化碳所得

參考資料

1. Etiope, G. and Martinelli, G. (2002) "Migration of carrier and trace gases in the geosphere: an overview." *Physics of the earth and planetary interiors*, 129, 185-204.
2. King, C.Y. (1986) "Gas geochemistry applied to earthquake prediction: an overview." *Journal of geophysical research*, 91, 12269-12281.
3. Sugisaki, R. (1978) "Changing He/Ar and N₂/Ar ratios of fault air may be earthquake precursors." *Nature*, 275, 209-211.
4. Yang, T.F., Chou, C.Y., Chen, C.H., Chyi, L.L. and Jiang, J.H. (2003) "Exhalation of radon and carrier gases in SW Taiwan." *Radiation measurements*, 36, 425-429.
5. 傅慶州，楊燦堯，陳正宏 (2005) 利用土壤逸氣調查掩覆斷氣及破裂帶之可能分佈：以潮州斷層為例。經濟部中央地質調查所特刊，第 15 號，第 147-160 頁。
6. 蘇春旭 (2005) 利用土壤逸氣成分調查台北地區山腳斷層在地表投影可能之分佈。國立臺灣大學地質科學研究所碩士論文。
7. 江政鴻 (2002) 嘉義中崙地區天然逸氣來源與自動化監測結果。國立臺灣大學地質科學研究所碩士論文。

副研究員 瓦里亞、研究助理 林世榮

規範研究發展委員會之運作現況與展望

一、前言

內政部最新頒布之「建築物耐震設計規範及解說」已於 94 年 7 月 1 日起正式施行，為能釐清或修訂新版規範中之各項疑點與缺失，並規劃新一代耐震設計規範之理念架構與發展方向，國家地震工程研究中心於 94 年邀集國內之學者專家以及業界與主管機關代表，共同成立「規範研究發展委員會」，作為產官學研各界針對規範相關議題之交流平台。期能藉由該委員會之運作，針對耐震設計規範之實務問題，共同研擬因應方案與改進對策，以解決工程實務之迫切需求，並落實修訂耐震設計規範使其更為合理完善。

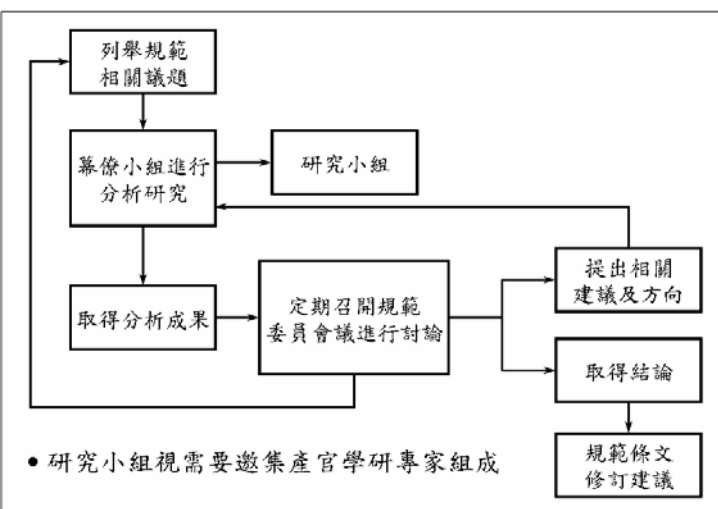
規範研究發展委員會已於 94 年 3 月舉行第一次會議，討論委員會之運作模式。會議中委員們針對各工作小組之工作項目與分工提出諸多建議，並決議簡化原先構想之各分組，改由國家地震工程研究中心組成幕僚小組，對規範相關議題進行初步研究後，於委員會中提出討論；各委員可針對議題提出建議或是修正研究方向，若有結論則可訂出規範條文之修訂建議，作為下一次修訂規範時的重要參考基礎。

二、運作現況

規範研究發展委員會第二次會議於 94 年 11 月召開，會議內容主要分為三部份，首先針對修正後之委員會運作模式提出報告，並提列出現階段幕僚小組之工作重點，徵詢各委員之意見，最後並針對兩項規範議題進行討論。主要之會議內容如下：

(1) 委員會運作模式：

委員會運作模式如附圖一所示，就短期而言可針對特定工程問題進行解釋，長期而言可提供研究方向及建議，最後針對規範條文提出相關修訂建議。國家地震工程研究中心亦可配合委員會之決議，調整相關研究方向，並對有關之議題提出研究時程及人力配置，以達成既定目標。



圖一 規範研究發展委員會運作模式

(2) 現階段工作重點：

目前幕僚小組在國家地震工程研究中心許健智副主任親自督導下，初步規劃之工作重點有：

- 基礎抗液化耐震設計
- 專供訂定工址放大係數之用的地盤分類準則
- 特徵地震分析及近斷層調整因子
- 設計用之輸入地震歷時
 - 地震紀錄選取原則
 - 非線性地震歷時之振幅強度調整方法
 - 地震輸入角度對多自由度結構系統地震反應之影響
 - 設計用之近斷層地震模擬歷時
- 隔震消能元件之品管及生產測試檢驗規定修正
- 公路橋梁耐震性能設計規範草案
- 高科技廠房設備之耐震設計準則

委員會中各委員對於現階段工作重點提出下列幾點意見：

- 指定各工址之輸入地震歷時有其必要性，惟不同工址之地震波形特性應加以分類，且仍須加以進一步研究；或可參照日本概念，指定代表性之地震紀錄作為歷時分析之依據。
- 應針對近斷層效應進行詳細研究，並檢討其必要性，以車籠埔斷層為例，因該斷層已在九二一集集地震中發生過錯動，在建築物使用期間再度發生之可能性已降低很多。
- 應訂定耐震設計及施工之品管審查制度，可另邀專家及相關人員進行討論。

(3) 初步研究報告：

本次會議幕僚小組提出兩項議題供委員會討論，由邱俊翔博士報告基礎抗液化耐震設計問題之初步探討，以及柴駿甫博士報告地盤分類準則與工址放大係數研究，各簡述如下：

(a) 基礎抗液化耐震設計：

經由初步分析及實例研究發現，依據最新耐震設計規範進行基礎抗液化設計時，具有以下特點與疑慮：

- 現行規範考量三級地震，相較於舊規範與日本建築規範之兩級地震，對於基礎設計之耐震需求提高。
- 在三級地震考量下，再將地表加速度乘上用途係數 I，所代表之物理意義不明確，係提高地震回歸期(地震需求)，或是反映結構物依其重要性所對應之不同性能水準？若為後者，由於液化潛能係指土層在指定之地表加速度下發生液化之可能性，不應依結構物重要性而不同。
- 以樁基礎進行抗液化設計，因液化程度增加引致垂直承載力減少，可透過增加樁長或樁數獲得解決；然而側向位移量並不能作有效控制。

因此，針對上述特點提出下列建議供委員會討論：

- 用途係數 I 係以結構重要性所對應之性能要求為考量目的，對於土壤液化分析時是否恰當值得商榷。
- 在最大考量地震作用下，將基礎結構限制在彈性範圍內之設計理念，會使基礎設計無法進行或基礎過於龐大。是否可引進耐震性能理念，允許基礎結構在最大考量地震下進入塑性，並發揮韌性。
- 另外亦就其他液化評估課題，如地震規模之修正及 D_E 折減因子之連續性等進行參數分析供委員會討論。

經由委員會討論後，綜合各委員之意見如下：

- 現行規範已考量三級地震與近斷層效應，較過去規範與日本規範大幅提高地震等級，且現今使用之 JRA(1996)液化評估方法本身即具相當程度之保守性，在無配套措施情形下，再以重要結構物乘上 I 值之加速度值，直接用於液化評估分析上，會使液化程度過大，設計確實會過於保守。
- 參考各國規範時，在液化評估方面參考美國規範之規定，在土質參數折減上又參考日本規範，故台灣現行規範條文就整體而言缺乏一致性。因此，應先完成設計規範之完整一致性後，再考慮檢討用途係數之必要性。
- 若需提出適合我國之土壤液化評估規範，國家地震工程研究中心可就液化議題提出研究案之人力配置及時程需求。
- 未來進行建物或橋梁之性能設計研究時，應與基礎構造相關規範一併考量。

(b)地盤分類準則與工址放大係數

經由初步分析及實例探討，可發現下列特性及建議：

- 藉由不同地震力輸入結果得知，地盤譜加速度之放大效應與輸入震波無關，而與工址地盤之性質相關。
- 將上部 30m 內之土層替換成波速為平均剪力波速 V_{S30} 之等值均勻土層，則中長週期之譜加速度放大效應與原土層結構之差異不大；而短週期區段則因高頻震波對土壤分層較為敏感而有些微差異，但差異不致過大。
- 藉由 30m 內之平均剪力波速做為考慮工址放大係數之地盤分類指標，則不同場址之地盤譜加速度放大效應可相互比較並進行分類。
- 藉由分析結果，建議將規範相關條文具體修正為：
用於決定工址地盤放大係數之地盤分類，除台北盆地區域外，餘依工址地表面下 30 公尺內之土層平均剪力波速 V_{S30} 決定之。 $V_{S30} \geq 270 \text{ m/s}$ 者為第一類地盤(堅實地盤)； $180 \text{ m/s} \leq V_{S30} < 270 \text{ m/s}$ 者，為第二類地盤(普通地盤)； $V_{S30} < 180 \text{ m/s}$ 者，為第三類地盤(軟弱地盤)。工址地表面下 30 公尺內之土層平均剪力波速 V_{S30} 依下列公式計算：

$$V_{S30} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n d_i / V_{si}}$$

其中， d_i 為第 i 層土層之厚度(m)，滿足 $\sum_{i=1}^n d_i = 30 \text{ m}$ 。 V_{si} 為第 i 層土層之平均剪力波速(m/s)，可使用實際量測值，或依下列經驗公式計算

$$\text{粘性土層： } V_{si} = \begin{cases} 120q_u^{0.36} & ; N_i < 2 \\ 100N_i^{1/3} & ; 2 \leq N_i \leq 25 \end{cases}$$

$$\text{砂質土層： } V_{si} = 80N_i^{1/3} \quad ; \quad 1 \leq N_i \leq 50$$

其中， N_i 為由標準貫入試驗所得之第 i 層土層之平均 N 值； q_u 為第 i 層土層之單壓無圍壓壓縮強度。

委員會討論後建議增加分析之地盤種類使統計樣本數增加，以進一步作出更明確之歸納結論。

(4)會議結論：

綜合本次規範研究發展委員會各委員之意見，可歸納出之具體結論有：

- 國家地震工程研究中心可配合委員會之決議，調整相關研究方向，並對相關議題提出研究時程及人力配置，以達成既定目標。
- 對我國之基礎抗液化耐震設計規範應考量設計之一致性，再考慮用途係數之必要性，並將基礎設計規範可納入未來性能設計規範中。
- 對於工址放大係數部分，擬請各顧問公司提供相關之鑽探資料供分析之用，以增加樣本數作更明確之歸納結論。
- 下次委員會召開時間預定於明年一月下旬。

會後針對各委員之意見，幕僚小組進行彙整及討論，並擬定地震規模分區以及特徵地震進行子題研究，預計於下次委員會召開時提出討論。

三、未來展望

長久以來，台灣欠缺一個常態性的組織，彙整並解決耐震設計規範之相關問題與疑慮，而如今藉由「規範研究發展委員會」之運作平台，對耐震設計之工程實務問題及未來耐震設計規範之發展方向，提供了有效解決的途徑。今後包括產官學研各界有關地震工程及耐震設計規範之相關議題，皆可納入委員會中討論。必要時，更可配合國家地震工程研究中心之中長程研究計畫，訂出明確目標以解決複雜難解之議題；對我國耐震設計規範之發展而言實有助益。性能導向設計已成爲未來地震工程發展之潮流與方向，本委員會可負責主導及推動國內耐震規範開始邁向以性能導向之設計理念與架構，促使國內工程界在耐震技術方面能持續增進。

此外，爲能有效連結各界訊息，規範研究發展委員會將建立專屬網頁，除可供業界上傳規範相關之工程實務問題外，亦可即時公告規範研究發展委員會研擬之因應方案與對策，解決工程實務之迫切需求。並擬定期舉辦研究成果發表會，並依據研究成果，研擬耐震設計規範之修訂草案，逐步推動我國之耐震設計相關法規以臻完備。

規範研究發展委員會幕僚小組
執筆：助理研究員 邱世彬、研究員 柴駿甫、鄧崇仁

一、前言

爲了增加或提昇混凝土材料之性能表現，多種新材料已被使用爲混凝土之加勁材，最近被廣爲運用到工程上之形狀記憶合金 (Shape Memory Alloy) 具有兩種有用之特性，當溫度低於材料變態點溫度時，其具有材料加熱至變態點時允許回覆到既定形狀之形狀記憶效應，另一特性爲溫度高於材料變態點溫度時，材料能承受約 8% 應變仍保持無塑性形變之超彈性 (superelastic) 效應。爲有效利用形狀記憶效應和超彈性效應，此些形狀記憶合金可於混凝土澆鑄時預埋於混凝土中或外加於結構體外而形成一個具智慧的加勁混凝土材料。此些形狀記憶合金於混凝土養護完成前施加預力，超彈性材料可明顯增加混凝土的阻尼性質及使其承受較大衝擊的能力。因此使得混凝土構造物爲具有智慧之材料，因爲它具有自我感測和自我修復的能力。透過監控此些埋入之形狀記憶合金的電阻變化，則能夠得到混凝土結構內的應變分佈情形。若由於爆炸或者地震而使混凝土產生開裂，則透過電流加熱形狀記憶合金可使此些合金收縮而產生一恢復力來使混凝土裂縫閉合，此一自我修復的能力可以處理到巨觀下之裂縫。此自我修復的能力及固有阻尼性質將明顯增進混凝土構造物受外力作用下的性能表現。

超彈性記憶合金於受力產生塑性變形再卸載後仍可回覆原來形狀，其所具有之遲滯迴圈行爲具有相當優良之耗能特性，此些特性使合金可作爲結構控制用之被動耗能或隔震裝置，其特性亦可應用於增加混凝土之阻尼比以達減震 (振) 功效，但此些應用皆須要先了解形狀記憶合金與混凝土互制行爲才可將其適當安裝於結構重要或關鍵部位以節省成本。

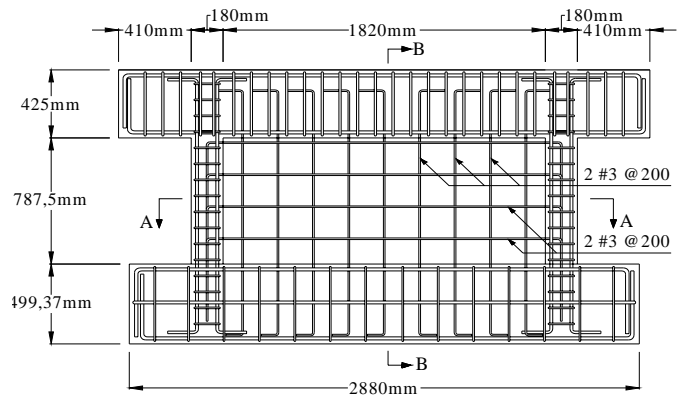
本研究主要爲探討以形狀記憶合金桿件爲 RC 結構之斜撐，其對 RC 結構於韌性容量與強度上影響之探討，用於研究之 RC 結構爲低矮型剪力牆與純構架爲主，現以完成低矮型 RC 剪力牆於兩側配置不同形狀記憶合金斜撐之試驗，含形狀記憶合金桿件之 RC 構架試驗則持續進行中。在低矮型 RC 剪力牆配置形狀記憶合金斜撐試驗中，形狀記憶合金桿件配置於牆體之兩側當作斜撐，並與水平成一 25 度之夾角。使用之形狀記憶合金爲超彈性記憶合金與麻田散鐵 (Martensite) 形狀記憶合金兩種，試驗所得之力與變位遲滯迴圈圖及破壞模式將與本文中探討，試驗結果得知剪力牆最大抗剪強度受到記憶合金桿件之影響。具有超彈性記憶合金斜撐牆體有較小之殘留位移，相對的具有麻田散鐵記憶合金斜撐牆體則有較多之殘留位移。

二、試驗程序

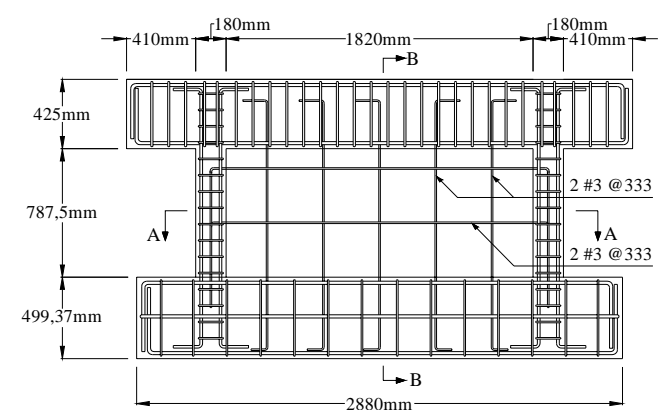
試驗試體爲三個低矮型剪力牆，並採用靜力循環加載之反力牆試驗，剪力牆試體之寬度爲 2 公尺、高度爲 1 公尺、厚度爲 12 公分，試體之兩側設置有端構材，端構材內配置有 4 支 5 號之主筋及 3 號之箍筋，試體剪力鋼筋採用 3 號鋼筋並配置於水平與垂直兩方向，圖一及圖二爲試體之尺寸與配筋圖，其中試體

SMAC 爲對照參考用之剪力牆試體，爲不配置記憶合金斜撐之試體，試體 SMAS 及 SMAM 則爲配置有不同記憶合金斜撐之試體。

本研究採用兩種不同變態點之形狀記憶合金爲混凝土剪力牆之斜撐，一種爲超彈性 (Superelastic) 形狀記憶合金 (試體 SMAS)，另一種爲麻田散鐵 (Martensite) 形狀記憶合金 (試體 SMAM)，兩種合金之密度皆爲 6.5 g/cm³，形狀記憶合金具有極佳之抗腐蝕性，採用之形狀記憶合金的機械性質如表一中所示，另圖三中所示則爲記憶合金斜撐安裝於牆體之典型照片。



圖一 對照試體 SMAC 圖



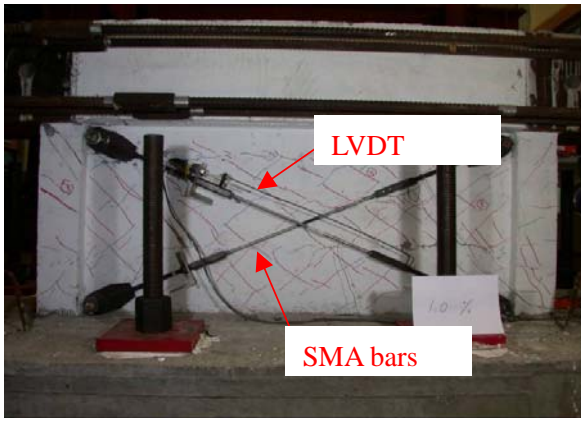
圖二 含形狀記憶合金試體 SMAS 及 SMAM 圖

表一 記憶合金之機械性質

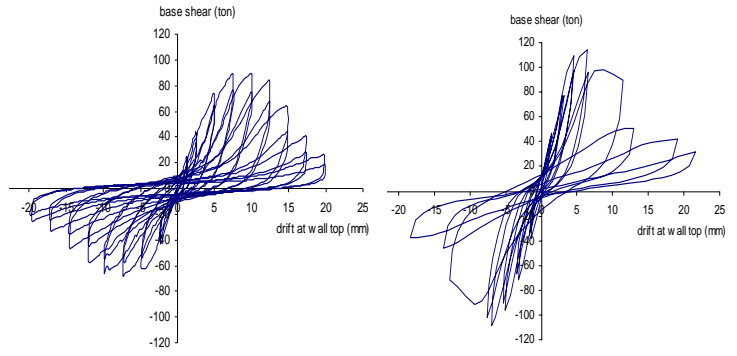
Property	SMA	
	Superelastic	Martensite
Maximum strain recovery	8%	8%
Young's modulus	30 - 83 GPa	21 - 41 GPa
Yield strength	195 - 690 MPa	70 - 140 MPa
Ultimate tensile strength	1068 MPa	1237 MPa
Elongation at failure	17.50%	12%
Poisson ratio	0.33	0.33

在對照參考用之剪力牆試體 SMAC 中其水平與垂直兩方向之使用鋼筋比 (steel ratio) 爲 0.48%，在含記憶合金試體 SMAS 及 SMAM 中之一般鋼筋的鋼筋比則僅爲 0.24%，其少於對照參考試體之 0.24% 的鋼筋比則由形狀記憶合金所提供。試驗剪力牆的水平變位採用 LVDT 進行測量，另 LVDT 亦放置於形狀記憶合金斜撐桿上以測量記憶合金桿件之軸向變形。圖三中顯示記憶合金

桿件之配置 LVDT 的位置及用於水平反覆循環加載測試的試驗配置，反覆循環加載測試採用位移控制方式進行。



圖三 試驗牆體與配置之 SMA 斜撐與 LVDT 圖



圖六 SMAC 之力-位移遲滯圈圖 圖七 SMAS 之力-位移遲滯圈圖

三、試驗結果

圖四和圖五分別為試驗試體 SMAC 和 SMAS 的混凝土開裂模式和最後破壞的模式。試驗期間混凝土的裂縫利用色筆繪於白色漆之牆面上，在試驗期間，所有混凝土試體之裂縫均為均勻的發展，在試驗試體 SMAS 及 SMAM 中並沒有發生剪力牆端構材破壞的情況，試體 SMAS 及 SMAM 最後破壞為剪力牆體中央部份之混凝土粹裂與剪力鋼筋屈屈；試體 SMAC 則最後破壞於剪力牆底部之端構材，如圖四所示，此現象亦使最終之試驗水平強度低於預期之強度。當試體 SMAM 的水平變位角到達 0.625% 時，混凝土牆體上之裂縫寬度大約為 1 個 mm，於此變位角下暫停試驗並移除水平千斤頂，後將麻田散鐵形狀記憶合金加熱至 150 度以觀察其因形狀記憶效果產生之回覆力對裂縫之影響，經量測得加熱後之合金僅使牆頂部的位移量減少 0.1 mm。



圖四 試體 SMAC 之破壞照片

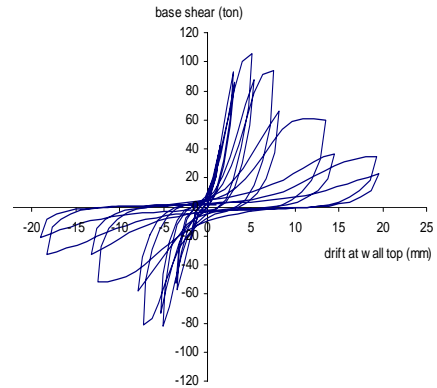


圖五 試體 SMAS 之破壞照片

圖六、圖七及圖八分別為試體 SMAC、SMAS 和 SMAM 的側力與位移遲滯迴圈圖，由圖中可以明顯發現 Pinching 效果非常之明顯，此為具水平與垂直剪力筋之低矮型剪力牆所具有的現象。試體 SMAC、SMAS 和 SMAM 的最大側力值與韌性如表二中所示，值得注意的是試體 SMAC 之破壞主要於端構材底部及端構材和基礎間的介面間，所以表二中 SMAC 的強度和韌性並不完全真實反映此牆體的最大容量值，若破壞非在端構材，則其強度和韌性應該會有所增加。

表二 試體之韌性與最大側力值

試體	降伏位移(mm)	最大位移	韌性	最大側力(t)
SMAC	4.97	13.93	2.80	89.67
SMAS	3.63	11.41	3.14	114.66
SMAM	3.03	10.91	3.60	105.41

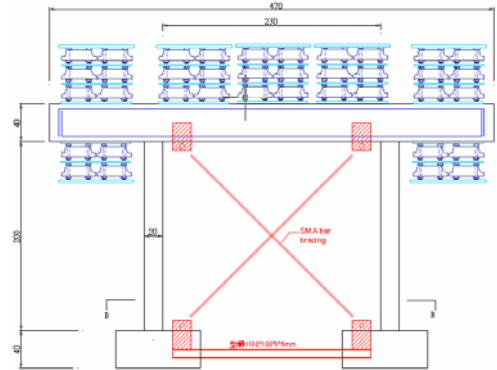


圖八 SMAM 之力-位移遲滯圈圖

四、結語與後續研究

本試驗結果得知剪力牆最大抗剪強度受到記憶合金桿件之影響。具有超彈性記憶合金斜撐牆體有較小之殘留位移，相對的具有 Martensite 記憶合金斜撐牆體則有較多之殘留位移。在試驗過程中，當具有超彈性記憶合金斜撐牆體趨近於其極限狀態時，其中一支合金斜撐產生挫屈之現象，也因此造成能量耗散值低於原預測值。

本研究之後續研究為進行具 SMA 消能斜撐裝置之 RC 構架試體振動台試驗探討記憶合金所提供之消能行為與 Martensite 記憶合金之自我修復與檢測行為，試體示意圖如圖九所示。藉由試驗結果來討論形狀記憶合金消能裝置之動態消能行為及其與混凝土構架之動態交互作用，此試驗之結果除可了解此先進消能裝置應用於混凝土構架之效能外，另可進一步修正所發展之應力應變分析模型，並藉以建立相關實務設計理論基礎。



圖九 含 SMA 之振動台試驗構架圖

高雄大學副教授 廖文義
美國休士頓大學教授 莫詒隆、臺灣大學教授 羅俊雄

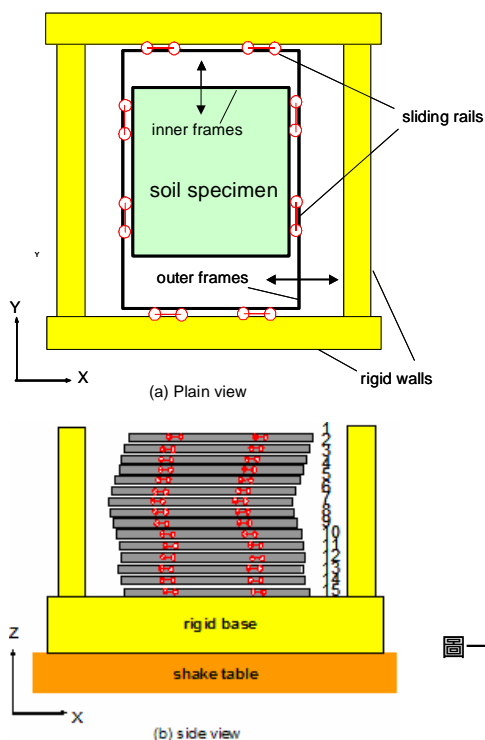
振動台大型砂土試體受震試驗

一、前言

在地震力作用下土壤反應行為之探討，最常見的實驗為小尺寸試體的元素(element)試驗，包括動力三軸試驗、直接剪力試驗、扭剪試驗等。因其試體尺寸小，以及試驗盒之邊界效應，常導致試體內應力及應變分佈無法反應現場土體之真實行為，而所施加之應力作用情況亦與現場地震作用時之實際狀況有所出入，使得試驗結果的應用受到限制。而大尺寸試體除了可得較合於現地土層受震狀況外，而且(1)邊界效應比較小；(2)量測儀器比較容易安裝；(3)儀器相對於試體而言比較小，故對土壤行為的影響也小；(4)由不同位置之量測數據，可得在受震時試體中不同深度與不同時間量測值之分佈與變化。再則，目前土壤動態試驗方法多將土壤之受震反應行為簡化為單向受剪振動問題，而現地土層所受之二維乃至於三維振動對於土壤動態行為之探討，不論是小元素試體或是大尺寸試體之試驗仍相當有限 (Pyke et al, 1975; Ishihara and Yamazaki, 1980; Ishihara and Nagase, 1988; Endo and Komanobe, 1995; Kammerer, 2002)。因此本研究利用國家地震工程研究中心所研發之大型雙軸向多層剪力試驗盒，在中心之大型振動台上進行大尺寸物理模型振動試驗，以模擬單向及雙向地震力作用下土壤之受震反應行為。本文以下簡要說明本年度試驗概況及初步的試驗結果。

二、振動台大型砂土試體準備

為考慮柔性邊界之運動機制，剪力試驗盒採用上下十五層內外複合框架組合而成，如圖一所示。試驗盒內框可裝置土壤試體，其尺寸為 1.880 m x 1.880 m x 1.520 m，有關此大型雙軸向多層剪力試驗盒研發及測試之詳細內容可參閱國家地震工程研究中心報告。(翁作新等人, 2001)



圖一 大型雙軸向剪力試驗盒示意圖

為配合本試驗盒之砂土試體準備工作，同時也發展一固定式大型砂土實落箱，採用濕沈降法(wet sedimentation method)進行試體準備，如圖二所示。濕沈降法是先在剪力盒中注水至一預定高度，然後將砂土從實落箱實落至剪力盒中，在實落過程中水面一直保持在砂面上。當試體準備完成之後，則進行試體水平向之壓力波波速量測以檢驗試體之飽和度。而試體之均勻度與密度檢測則可在試體準備完成後利用短薄管採取不擾動土樣來進行試驗。有關大型砂土試體準備的詳細探討可參考翁作新等人的研究成果。(翁作新等人, 2003; Ueng, et al., 2006)

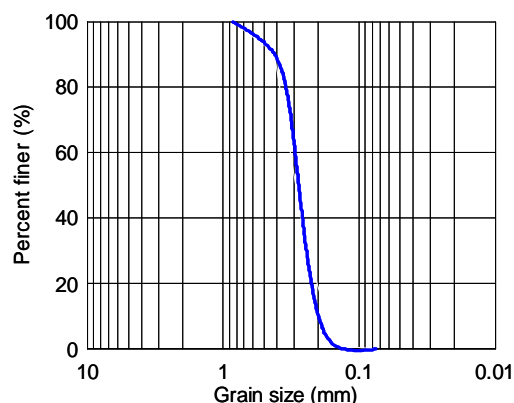


圖二 利用實落箱進行砂土試體準備情形

目前試驗用砂是採用較容易大量取得而且均勻之進口越南石英砂，其粒徑分佈曲線及基本物理性質如下圖三與表一所示。未來也計劃以台灣西部海岸沖填新生地區之砂土，如麥寮砂，作為試驗砂，以了解這些沖填地區土壤之受震反應，提供在此類地盤上的都會區及工業區開發之耐震設計與地震防災之參考。

表一 越南石英砂之基本物理性質

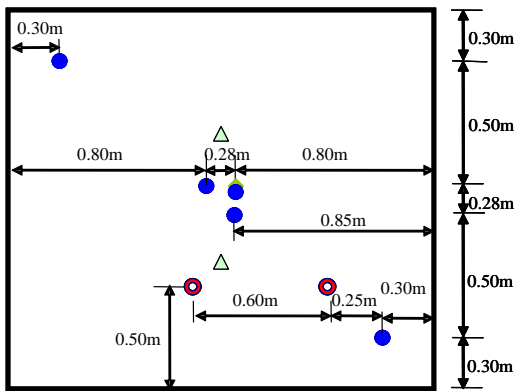
Shape	G_s	D_{50} (mm)	C_u	e_{max}	e_{min}	ρ_{max} (kg/cm^3)	ρ_{min} (kg/cm^3)
Subangular	2.65	0.32	1.52	0.912	0.612	1644	1386



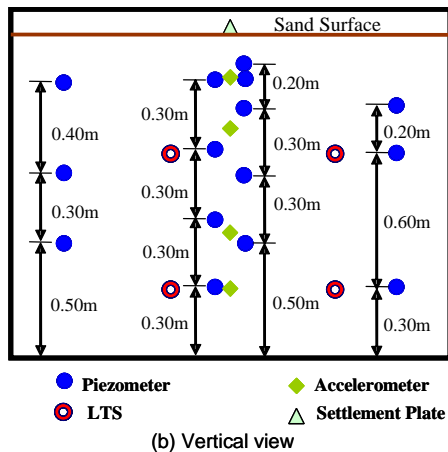
圖三 越南石英砂之粒徑分部曲線

三、量測儀器

飽和砂土受到震動時，超額孔隙水壓激發的狀況是一個重要的課題。而土層的受振運動狀況，包括位移、加速度及土層表面沈陷量亦為觀察的重點。因此除了在剪力試驗盒內外框上裝設有 X、Y 兩方向之位移計和加速度計外，在砂土試體內部不同深度與位置則埋設有水壓計、加速度計與液化感測子（Liquefaction Test Sensor, LTS）。同時亦在試體表面上裝設沈陷盤，以觀察振動時試驗砂土表面沈陷量之變化。剪力盒內之試驗儀器埋設情形則如圖四所示。其中所提及之液化感測子為暨南大學張文忠教授自行設計整合微型三向度加速度計與微型水壓計為一體，以加速度計量測土壤顆粒震動反應，配合以孔隙水壓計量測孔隙水壓變化，進行時間域(time domain) 土壤受震時土壤結構與孔隙水壓力激發之耦合(coupled)行為觀測，如圖五所示。此儀器亦曾試用於現地液化試驗。(張文忠等人, 2005) 而土壤中所埋設之儀器，在液化後其位置與方向皆可能有相當之變化，故其量測數據之應用必須謹慎。



(a) Plain view



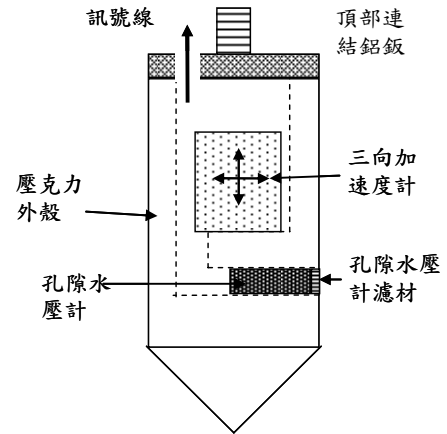
圖四 剪力盒內部量測儀器配置圖

四、振動台試驗

大型雙軸向多層剪力試驗盒是利用國家地震工程研究中心之振動台為震動力來源，進行大尺寸物理模型試驗來模擬水平向地震力作用下土壤之受震反應行為。

試驗之輸入振動模式為先進行一維振動後，再是二維振動；先施加 5~30 秒之正弦波，並變化其頻率，然後施加代表性地震記錄；先以小振幅振動，再加大振幅振動；進行至預定試體密度後，

加上載重版模擬較深層土層之應力狀況以探討其受震反應與液化等問題。每次振動試驗中皆量測不同深度內外框 X、Y 向的加速度與位移，以及試體之水壓力、加速度及砂面即時沈陷量。振動停止後，仍繼續量測水壓計之記錄，以觀測孔隙水壓之傳播與消散狀況。而且也在每次振動前後量測水面與砂面高度，以得到砂土沈陷量與試體密度的變化。圖六為砂土試體加載質量之試驗情況。



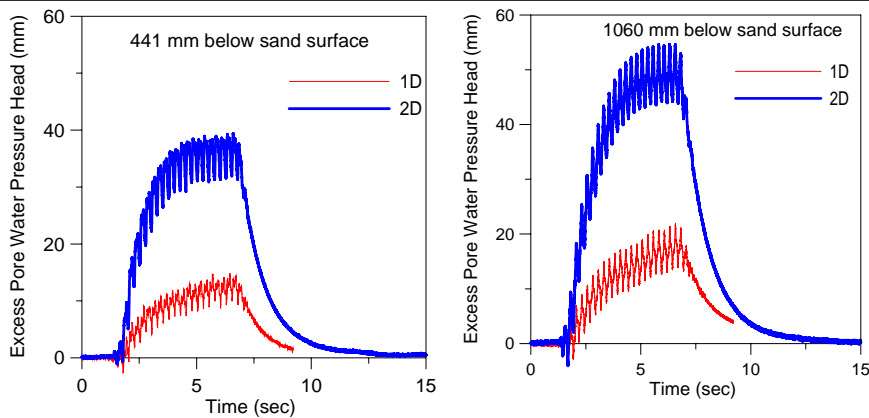
圖五 液化感測子示意圖



圖六 載重版加載於砂土試體之振動台試驗

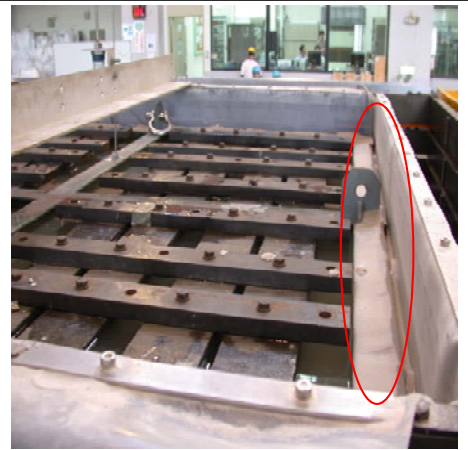
五、試驗結果與討論

本年度預定進行兩次振動台試驗，目前皆已完成，所得試驗數據數量非常龐大，需要相當時間與人力加以整理分析，目前正在進行中。目前僅就一維及二維振動作用下之水壓力反應及載重版試驗作一介紹。圖七為砂土試體在一維與二維振動作用下，最大加速度為 0.035g，延時 5 秒時，砂面下深度分別是 441mm 及 1060mm 處水壓力所變化歷時圖。由圖中觀察可知此兩次試驗皆未發生液化，且在相同的條件下，二維振動作用下所激發之超額孔隙水壓約為一維振動作用的 2.5~3.5 倍左右，由此也可以了解在相同相對密度、振動頻率及振動延時情況下，一維與二維振動作用所激發的超額孔隙水壓存在某一比例關係。在載重版振動台試驗方面，由於所設計之載重版較不易排水，因此可模擬淺層不透水的土體受震反應行為，在這樣的條件下如果發生較大規模的土壤液化，也就較可能產生所謂的液化噴砂現象，如圖八即是在今年 10 月的載重版振動台試驗，在載重版與防水膜間噴砂情形，此次試驗之輸入振動力為縮小振幅之水平雙向 Kobe 地震記錄 (PGA=0.2g)。



(a) 砂面下 441mm 處，孔隙水壓力激發情形 (b) 砂面下 1060mm 處，孔隙水壓力激發情形

圖七 一維與二維振動下孔隙水壓力變化 ($A_{max}=0.035g$)



圖八 振動台試驗液化噴砂情形

助理研究員 陳家漢、台灣大學土木系教授 翁作新
暨南大學土木系助理教授 張文忠、台灣大學土木系研究生 鄒承府

出國會議報告

第七屆日本-台灣-韓國地震工程之房屋結構聯合研討會

Proceedings of The 7th Japan-Taiwan-Korea Joint Seminar on Earthquake Engineering for Building Structures

第七屆“日本-台灣-韓國地震工程之房屋結構聯合研討會”（簡稱 SEEBUS）為日本台灣與韓國在地震工程領域上許多知名學者所共同發起，會議的主要目的在於對於這些國家的年輕學者，能夠提供一個針對房屋結構在地震工程領域進行討論交流的管道，藉此機會交換彼此的研究經驗與成果，本次會議是在今年 10 月 21 日於韓國首爾的高麗大學所舉行(如圖)，共有兩天的議程。本次研討會討論的主題包含牆、RC 構件、地震損害評估/控制、地震損害分析與模擬、複合材料/剛結構/土壤與接頭等。



全體參與會議人員合影

會中日本學者所提出的研究成果包含有：多樓層剪力牆及外部構材之側向力抵抗機制之研究、預鑄混凝土柱中無束制後拉式鋼棒之張力評估、使用複合鋼鍵之預鑄預力混凝土構件耐震行為研究、預鑄預力混凝土斜撐在耐震補強之研究及斜撐在鋼結構耐

震補強之接頭實驗研究…等等，皆已獲得不錯之成果。韓國學者提出的研究成果則有：模擬及分析過程對於高型 RC 含牆建築耐震設計之影響、不同寬厚比之中空斜撐構材行為研究、地震力作用下之鋼筋混凝土梁柱接頭強度衰退研究、使用割線勁度進行直接非線性設計之研究與低地震風險區域的反應修正因子之研究…等等，也獲得相當好的成就。

本次會議中，本中心同仁向與會學者詳細介紹今年在中心所完成之大型挫屈束制鋼構架之 3D 擬動態實驗與分析結果，新城國中現地試驗，高性能剪力牆之實驗與模擬及本中心地震工程實驗資料管理系統發展現況等研究成果，引起許多與會學者熱烈討論與迴響。

在為期兩天的會議之中，除了在高麗大學所舉辦的議程外，還包含有一個下午的工業參觀，觀摩位於首爾市中心的 Cheonggyecheon 復原計畫，Cheonggyecheon 是一條具有歷史意義的都市河流，由西向東穿過首爾的市中心，此計畫旨在恢復 Cheonggyecheon 遭受破壞的舊觀，2003 年 7 月開始執行並於今年 10 月結束，並於復原之後開放觀光活動。本次參與研討會除了向與會學者分享本中心研究成果外，對於本中心未來國際學術地位之提升有相當大之助益，由本次會議的論文集及與會簡報內容可知，利用預鑄及預力 RC 構件進行補強的實驗技術為國外學者的研究重點，業已取得相當多的研究心得與成果，本中心目前在此方面亦有許多相關的實驗正在進行，希望能夠藉由本次研討會的交流機會，作為中心未來研究方向上的參考。

副研究員 翁元滔、專案副研究員 蕭輔沛

ANCER 2005 年會 (ANCER 2005 Annual Meeting)

一、會議經過與內容紀要

ANCER (Asian-pacific Network of Centers for Earthquake Engineering Research)之創辦成員包括韓國 KERRC (Korea Earthquake Engineering Research Center at Seoul National University)、美國 MCEER (Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research)、MAE (Mid-America Earthquake Center)、PEER (Pacific Earthquake Engineering Research Center)、日本 DPRI (Disaster Prevention Research Institute)與台灣 NCREE (National Center for Research on Earthquake Engineer)，其成立之宗旨，為應用結合各地震工程相關研究中心之有限資源，基於一合作模式，研究應用創新之工程技術與方法，以降低日後地震造成之災害。

本屆 ANCER2005 年會由南韓 KEERC 中心主辦，時間是十一月十日至十四日，地點在著名的度假勝地南韓濟州島 KAL Hotel，主要目的為討論如何透過網路資訊與監測技術以降低地震造成之災害，以及探討下一世代之地震工程研究方向。本會議採用分場次不分組的方式，以期加強所有與會成員的交流與互動，各研討場次之相關議題區分如下：

1. Seismic Analysis and Design
2. Next Generation Earthquake Engineers
3. Strong Ground Motion
4. Earthquake Hazard Reduction through IN&T
5. Numerical Analysis and Simulation

台灣以蔡克銓主任代表本中心出席此會，其他參與同仁包括溫國樑教授、邱耀正教授、柴駿甫研究員、林子剛副研究員、林柏州助理研究員與汪向榮助理技術師，除發表本中心的研究成果外，並於會中積極與各中心成員進行交流，推廣介紹本中心相關地震工程之研究與活動(如大型擬動態網路實驗與抗震盃競賽)。

表一 本中心與會成員講題(依報告順序)

邱耀正	Experimental Study on Retrofit of Reinforced Concrete Buildings by Precast Walls
林柏州	3D Substructural Hybrid Tests of a Full Scale Buckling Restrained Braced Frame
汪向榮	Design Formulations for Supplemental Viscous Dampers to Highway Bridges
溫國樑	Comparison of Site Effects and Damage Distributions of the 1999 Chi-Chi Earthquake in the Western Taichung Area
柴駿甫	Simulation of Near-fault Ground Motions by Using a 3D Quasi-Dynamic Model with Variable Rupture Velocities
林子剛	Application of Artificial Intelligence in Structural Control

二、與會心得

利用本會議期間的成員交流，可以積極促成國際合作，藉由整合各地震工程研究團隊所累積的技術經驗、相互支援人力及軟硬體設備，以期更有效率地解決各國共同面臨的研究課題。此外本屆會議在場次 2- Next Generation Earthquake Engineers，更著重由各國的年輕研究學者向與會成員分享其研究內容與成果，對於

鼓勵下一世代的研究學者貢獻專長、深入地震工程研究，以及加強彼此的研究交流有相當高的啟發性。

與國際接軌一向是本中心所秉持的理念，今後應繼續鼓勵研究學者及工程技術人員和他國交流研究經驗與研究成果，並參與其他國外地區之學術研討會或及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。也應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安排專題講座，以達到國際學術合作與科技交流之目的。



照片一 會場 KAL Hotel



照片二 NCREE 與會成員於會場合影

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 ANCER 2005 Annual Meeting 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。

專案副研究員 林子剛

助理技術師 汪向榮、助理研究員 林柏州