地工技術, 第74期（民國88年8月）第118-122頁
SINO-GEOTECHNICS , NO.74（AUG., 1999）PP.118-122

讀者回響

第二屆國際地震大地工程會議紀要

張德文

一、會議背景

國際地震大地工程會議始於1995年，由國際土壤力學與大地工程協會(ISSMGE)學術委員會TC4 (Technical Committee on Earthquake Geotechnical Engineering) 所籌辦。首屆會議在東京舉行，由日本大地工程學會承辦，同時紀念TC4前主席Prof. Ishihara自東大土木系榮退。本屆會議則由委員會續任主席葡籍之Prof. Pinto 擔任召集人，於1999年6月21~25日在葡萄牙里斯本召開，會議地點為葡京土木工程國家實驗室。大會討論主題包括:

1. 土壤動力性質(Dynamic Soil Characterization)
2. 強震和地盤放大反應(Strong Motion & Site Amplification)
3. 土壤結構互制和擋土結構(SSI & Retaining Structure)
4. 地下和掩埋結構(Underground & Buried Structures)
5. 液化(Liquefaction)
6. 邊坡和路堤 (Slopes and Embankments)
7. 規範、標準和安全評估(Codes, Standards and Safety Evaluation),
8. 近期地震研討 (Recent EQ Workshop)。

論文投稿截止日程為，摘要：97年11月30日，初稿：98年10月15日，完稿：99年2月28日。投稿文章計173篇(28個國家)，經委員會審查篩選後收錄論文126篇(24個國家)，分別刊於會議論文集第1、2冊。由於大會議程以單一主題方式舉行，除少數論文受邀以口頭發表外，其餘文章均以海報議程發表。我國與會三篇論文除台大土木系陳正興教授於地盤反應議程中以口頭發表外，台科大陳堯中教授和筆者論文則分別於第二場次與第一場次海報議程發表，供與會者討論。論文集第3冊則收錄了大會專題演說、各議程主講、報告及引言等文章。會議議程除4天的室內議程外，尚包括25日的工程參觀活動。本屆會議論文分布概況，參與者人數及國別以及主要演說人員及題目詳見表一、二、三。

二、與會心得

本屆會議所論主題均為地震工程中屬於大地學門的重要工程議題。主辦單位沿襲第一屆會議議程安排，採主題議程方式進行，由委員會邀請學術聲望卓著的學者專家擔任不同議程主講人和引言人，其中各議程之綜合報告安排對意見交流貢獻甚厥，使與會者能在最短時間內明瞭各文章內容重點。另口頭報告儘量安排與討論之議題相關，以增進會議討論氣氛。筆者以為此議程策劃立意甚佳，與會中無一

表一　會議論文（不含主要演說者）分佈概況

類別	議程主題	論文篇數
1	Dynamic Characterization of Soils	22
2	Strong Motion and Site Amplification	20
3	Soil-Structure Interaction and Retaining Structure	32
4	Underground and Buried Structure	7
5	Liquefaction	23
6	Slopes and Embankments	12
7	Codes、Standards and Safety Evaluation	2
8	Recent Earthquake	8

表二　參與會議人士國別與人數

國家名稱	人數	國家名稱	人數
ALBANIA	5	NEW GUINEA	1
AUSTRALIA	1	NEW ZEALAND	1
AUSTRIA	1	NORWAY	1
CANADA	4	PERU	1
COLOMBIA	2	PORTUGAL	104
DENMARK	1	R.O.C.	3
ECUADOR	1	ROMANIA	1
FRANCE	5	RUSSIA	2
GERMANY	1	SAUDI ARABIA	1
GREECE	5	SOUTH KOREA	1
HUNGARY	1	SPAIN	4
ICELAND	1	THAILLAND	1
IRAN	1	THE NETHERLANDS	1
ISREAL	1	TURKEY	1
ITALY	6	UNITED KINGDOM	7
JAPAN	56	USA	20
MEXICO	2	VENEZUELA	1
總計　34 國			245人

般會議冷場或發表、討論者各說各話、毫無交集的狀況發生。國內大地工程界人才近年迭增，各項議題精研者亦不少，學術會議舉行或許可參考此模式進行，鼓勵國內相關議題研究者針對相同主題進行報告，促進專業交流，提昇研究專精與深入程度；並加強產、官、學的研發合作關係，使學術成果兼具廣幅，並能落實於實務應用之上。如此深耕若干年後，我國亦應有實力承接如此專業性一致之國際學術會議。除上述感想外，針對部份討論主題摘述要點如下：

有關土壤動力性質研究部份，頻率對於小應變土壤動力模數和阻尼值影響仍為討論主題。其中部份學者認為振頻影響現象係由試驗儀器和試體共振所導致，而含水土壤亦因孔隙水粘滯性而產生振頻相依特性；另有學者認為微小應變下之土壤動力勁度應與振頻無關，理論上其阻尼亦應趨近於零，唯部份論文數據確實顯示振頻重要性。筆者以為振頻和應變幅度之共同影響應以應變速率討論，而該項因子事實上對於黏土類土壤變形性質影響相當明顯。

彎曲元素(Bender Element)於三軸土壤試體剪力波速量測成為近年土壤性質研究之熱門議題。部份學者著重於數據解析，以便得到正確的傳遞時間。其中包括建議使用單一或數個正弦波進行實驗以避免近場效應者；使用波訊之峰、谷或輸出波訊之回彈波判讀時間差者。近年則有學者使用該法探討試體非等向性問題，亦有學者質疑由該項試驗儀器所得之剪力波速與傳統之CTT、RCT、CTST、

表三　會議各議程主要演講和引言人員、題目

議 程	職 務	講 員	題 目
OPENING	Keynote Speaker	Prof. K. Ishihara	Performances of storage tanks during the 1998 Kobe Earthquake
主題一	Theme Lecturer	Prof. K. Stokoe II	Dynamic soil properties: field and correlation studies
	Discussion Leader	Prof. J. Bray	On the Dynamic characterization of soils
	Panelists	Prof. B. Kutter	Visualization of soil behavior from dynamic centrifuge models tests
		Prof. M. Maugeri	Dynamic characterization of soil from laboratory tests
主題二	Keynote Speaker	Prof. A. Ansal	Strong ground motions and site amplification
	Discussion Leader	Dr. P. Bard	Strong motion and site effects: general report
	Panelists	Prof. A. Elgamal	Modeling of liquefaction-induced shear deformation
		Prof. K. Pitialakis	Site effects recent considerations and design provisions
		Prof. T. Kokousho	Effects of nonlinear soil properties on seismic amplification in surface layers
		Prof. J. Justo	Site amplification
主題三	Keynote Speaker	Prof. S. Iai	Soil-structure interaction studies through shaking tables tests
	Discussion Leader	Prof. G. Gazetas	Soil-structure interaction and retaining structure
	Panelists	Prof. S. Savidis	Dynamic soil-structure interaction of adjacent structures
		Prof. S. Steedman	Seismic soil-structure interaction of rigid and flexible retaining walls
		Prof. K. Tokimatsu	Performance of pile foundations in laterally spreading soils
		Prof. R. Boulanger	Seismic soil-pile-structure interaction in soft clay
主題四	Keynote Speaker	Prof. J. Bardet	Response of large-diameter buried pipes to earthquake
	Discussion Leader	Dr. N. Yoshida	Underground and buried structures
	Panelists	Prof. M. Romo	Dynamic analysis of tunnel-shaft-soil system using FEM and ANN
		Prof. N. Fotieva	Design and technologies for improvement of tunnels in seismic areas
		Prof. Y. Shimizu	Super-dense real-time disaster pipes to earthquake
		Prof. S. Ostadan	San Francisco airport extension
主題五	Theme Lecturer	Prof. I. Idriss	Analysis and evaluation of Liquefaction
	Discussion Leader	Prof. L. Youd	Liquefaction and deformation and fine-grained soils
	Panelists	Prof. J. Robertson	Estimation of minimum undrained shear strength for flow liquefaction using the CPT
		Prof. S. Kramer	Constitutive modeling of cyclic mobility and implication for site Response
		Prof. J. Aiva	Soil liquefaction in Peru
主題六	Theme Lecturer	Prof. I. Towhata	Effect of subsurface liquefaction on stability of embankment resting upon surface
	Discussion Leader	Prof. P. Seco e Pinto	Slopes and Embankment
	Panelists	Prof. P. Byme	Assessment of residual strength for embankment
		Prof. S. Sarma	Seismic slope stability – the critical acceleration
		Prof. N. Sitar	A review of experimental studies of seismic of reinforced soil structure
主題七	Theme Lecturer	Prof. W. Finn	Codes, standards and seismic safety evaluation of earth structures
	Discussion Leader	Prof. A. Pecker	Codes, standards and safety evaluation
	Panelists	Prof. R. Seed	Recent advances in US codes and policy with regard seismic geotechnics
		Prof. S. Yssuda	Seismic design codes for liquefaction in Asia
		Prof. M. Pender	Geotechnical earthquake engineering design practice in New Zealand
		Prof. V. Cuellar	Codes and standards for Europe

CSST等試驗所得波速不儘相同，因為波動所產生的機制不同，剪應力、剪應變所存在的方向、意義亦不相同，在解讀及使用上均需注意以避免誤差。近年來，有關於土壤動力性質之重大突破並不多見，研究內容雖趨精細但多偏向討論微觀性質，就工程應用而言，土壤中不同波傳機制所引發的波動互制問題值得吾人注意。

動力離心機模型試驗和振動台模型試驗為模擬土層液化和土壤結構互制地震行為之熱門研究。由於結構體幾何、材料之複雜性，嚴謹之力學分析有如有限元素法者亦有未逮之處。故使用上述試驗模擬結構物耐震行為勢將成未來公共建物設計安全評估之重要方法。國內學界應鼓勵相關研究進行，並促使不同研發單位在相關議題上合作，以使上述試驗技術能力在台灣落實生根。

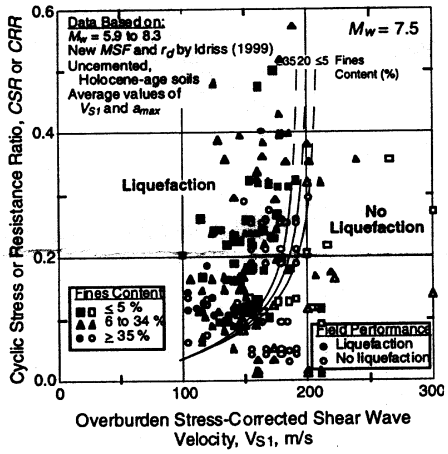
基樁動力行為分析亦為討論重點之一。樁基礎中基樁互制效應和群樁土壤於地震下所產生的側向流動影響為數篇論文所提及。其中使用非線性p-y 曲線，非線性t-z和Q-z曲線，擬靜力分析或動力分析配合數值法(FD、FE)之應用成為主要的分析方式。筆者所發展之分析模式係以波動方程為主體，使用差分法分析。樁周及樁底土壤所提供支承力係以t-z、p-y以及Q-z曲線所提供之彈簧常數以及筆者所建立能包含互制影響之時域阻尼函數為主而模擬。該項分析模式相當簡易，可用於模擬基樁或群樁基礎受振之動理(kinematic)或慣性(inertia)互制行為。目前筆者所從事者為側樁行為以及不同分析模式之比較研究，希望能於日後引介相關研究成果，供工程界參考。

地下結構物包括隧道和涵管等設施之動力行為研究對地震防災設計助益甚鉅。結構物破壞非僅因過大的地盤加速度、土壤液化而引發，土層所存在之應變亦可作為破壞指標。其中在日本廣被使用的地震變形法 (seismic deformation method)係由地層速度頻譜S_v和結構物基盤上方土層自然週期Ts決定其相對位移量u(z)。有學者建議將該法另以公式取代，直接取地表加速度頻譜 S_A，配合 T_s 求解地表最大位移量 u_{max}，求取不同深度z點的位移引為設計之需。另有學者建議地表速度應比加速度更適合用於評估管線安全性。綜言之，地下埋設物破壞型式可歸納為1.由結構體本身不連續或不同結構互制所造成者，2.不同介質介面或邊界所造成者。其中2-D法可有效地模擬平面結構受震之局部行為，3-D分析則可全面地觀察管線連結狀態，以便對尺寸、長度、埋深、保護設施有所建議，根據模型試驗顯示，適當的隔震施工可減少地震力衝擊影響。

使用有效的組構律以模擬土壤液化和反覆流動性(cyclic mobility)成為掌握土壤液化對地盤或結構體影響之重要工具。為此，較為周全的Prevost模式逐被改良於模擬飽和土壤軸差-體積彈塑性應變在不排水循環荷重下之行為。此次會議中使用此一模式進行土壤液化行為研究者包括Parry and Dobry (RPI), Kramer and Avduino (U. of Washington), Elgamal (UC. San Diego), 和Iai (PHRI, Japan)等人。有關液化潛能評估，除由SPT和CPT等試驗數據配合循環應力比值(CSR)或循環阻抗比值(CRR)關係圖判定土層液化潛能外，亦可使用剪力波速V_s判定土層液化特性 (如圖

一)。在使用V_s值時，需注意大氣壓力和施測點原始有效覆土壓力之校正問題。隨著國內現場震波試驗之日趨普及，該項評估方法可供國內工程界參考。

在邊坡和路堤的議程中，較受筆者注意的論文包括討論垃圾掩埋場坡地耐震之安全評估(Pinto et al, Rathje and Bray)以及對加勁地工結構動力實驗研究的回顧(Sitar and Nova-Roessiq)。另有乙篇使用擬靜態力學概念配合極限平衡法進行邊坡動力穩定性研究之論文(Sarma)，該文建議臨界加速度係數計算方法，並將其應用於滑動塊體分析中。對極限平衡法動力應用有興趣的同好，不妨一讀。



圖一　反覆剪應力或反覆阻抗比值和校正剪力波速關係圖 (摘自 Stokoe et al, 1999)

三、後記

筆者於會後赴英國由U. of Bristol土木系博士生熊彬成君安排，參訪該系大地及地震工程實驗室並與相關負責老師晤談。該系規模雖不大(師資共16人，大學部各年級單班，約四十人/班，碩、博士學生約四、五十人)，但聲名卓著，在英國土木系評鑑排列前五名。大地組教師三人，包括Prof. D. M. Wood (Soil Behavior and Critical State Soil Mechanics 乙書作者), Senior Lecturers D.F.T. Nash and M.L. Lings。筆者造訪日適逢Prof. Wood出國開會，無緣與其謀面，但仍和另兩位老師交換意見，商談合作交流可能性，回程途中亦駐足倫敦帝國學院和皇家土木工程學會。英國對現代土木工程科技貢獻良多，其領導地位向為國際學術界推崇。近年來，許多英國知名學府積極赴海外尋覓留學生以解決其人力、經費困境。我國可順勢加強與英國之學術交流，除強化相關技術品質外，亦能提昇台灣之國際學術地位。