

# 地工技術

## 研討會報導專欄

### 土壤液化防治之研究與發展趨勢

李維峰

台灣營建研究院

從早年的新瀉大地震到阪神、集集大地震，土壤液化（Soil Liquefaction）一直是大地地震工程（Geotechnical Earthquake Engineering）領域中重要的研究課題。而國際土壤力學與大地工程學會（International Society of Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, ISSMGE）中以研究地震工程的技術委員會TC4（Technical Committee 4）與研究天然災害的亞洲技術委員會ATC3（Asian Technical Committee 3）近年來也將土壤液化相關研究課題包括液化土壤性質、土壤液化機制、土壤液化引致的災害與補強對策等列為交流研討的重點。

在九二一地震屆滿五週年與阪神地震屆滿十週年之際，透過ATC3與TC4的組織，台、美、日等國研究土壤液化的專家學者藉由兩場國際研討會，試圖勾劃出土壤液化未來的研究重點發展與方向。第一場研討會是由ATC3、中華民國大地工程學會、台灣營建研究院與國家地震中心共同於2004年11月12日主辦的「地震及豪雨引致大地工程災害台日交流研討會」，於二天的議程中，台日雙方學者專家針對土壤液化相關問題共同發表了十八篇專論報告，並且也藉由雙方ATC3會員的圓桌會議，就土壤液化研究台日雙方未來合作的架構與重點達成重要共識。

而在前述會議之後，2005年元月13日，TC4也藉由阪神大地震十週年紀念研討會的舉辦，邀集美、日、加等國的代表發表近三十篇與土壤液化相關的報告，並且共同討論土壤液化研究未來的重點與方向。筆者有幸恭逢兩次盛會，特就個人與會的心得與會議研討的重點結論彙整提出下列土壤液化未來的研究重點供地工界的朋友參考：

#### 1.1 在減少地震液化災害方面

(1) 提升人們和規劃設計者對土壤液化災害風險之警覺性，特別強調臨界災害的風險評估與潛勢微分區之重要性；更多的努力應被投入教育一般民眾對土壤液化可能造成災害的嚴重性的了解，而土壤液化風險評估與微分區的研究成果也應兼重實務性，而能與保險制度結合，使規劃設計者能適切的擬定防治對策。

(2) 整合不同技術領域之資源以求土壤液化災害防治之最佳化；土壤液化現象的研究可能只限於大地工程領域之內，但是土壤液化災害的防治工程卻可以涵括地震學、大地工程、結構工程、材料工程與資訊科技等。因此，未來地震工程在災害防治方面的研究發展應著重於不同技術領域的技術、介面、甚至資源的整合。

(3) 協助發展中國家制定並落實相關土壤液化防治設計規範：由歷次地震災害中發現，防治設計要求越完備的國家其災害損失也越低，因此，如何彙整先進國家的研發成果與歷次災害紀錄以發展完備的土壤液化防治設計規範，並且協助尚未制訂相關規範的國家落實執行將可有效地降低災害損失。

(4) 重視既有結構物的風險評估與補強工作，包括策略面以及技術面：現有的土壤液化相關研究與設計仍以新建結構物為主，但是面對規模越來越大的地震與二次世界大戰後人造硬體設施的大型與複雜化，再加上人口與結構物密度的急遽增加，既有結構物的受損性（Vulnerability）評估與修復補強工程（Retrofit Engineering）將是未來土壤液化防治，甚或地震災害防治的重點。

## 1.2 在促進國際大地地震工程研究合作方面

(1) 地震可能災害規模預測與損失模擬：透過國際合作，彙整近年來世界各地發生的地震災害紀錄，希望藉此研發更有效的也更準確的災害預測與可能損失模擬，最重要的是建構區域防災網路。

(2) 國際間大地地震工程相關資料與訊息的交流以及先進技術的傳播紀錄：從舊金山大地震、阪神大地震、到集集大地震，國際間相關資料與訊息的交流一直是增進地震工程研究成果的重要因素。除此之外，包括預測，設計分析與防治修護工程等先進技術也可藉國際合作網路進行傳播。因此，如何建構一個即時與透明的資訊平台與共用資料庫也應是國際研究合作的重點。

(3) 針對地工構造物之經濟性補強技術與緊急反應對策的研發：土壤液化問題近三十年的研究努力已對土壤液化機制與土壤動力性質達成一定的成果，未來的研究重點，將會轉移到補強技術的開發與緊急反應對策的制定，而經濟性的考量也將是技術開發與對策研擬的重點。

(4) 土壤液化災害評估方法與防治技術的研究：

a. 含細粒料或含礫料土壤的液化潛能；

b. 在液化土壤和非液化土壤介面基樁與土壤的互制行為；

c. 特殊土壤環境，例如易損性土壤 (Collapsible Soil)、不飽和土壤 (Unsaturated Soil) 與凍土 (Frozen Soil) 等的動態邊坡穩定分析與液化承載破壞機制研究；

d. 近斷層與強震區的地工構造物設計。

(5) 針對場址特性設計的經濟型防災網路的建構：包括研發簡易實用的災害評估系統與即時高效能的預警系統。

(6) 土壤液化評估與防治之功能性設計準則的制定：包括以機率概念為基礎的可靠度與安全性分析，尤其著重規模七以上地震引致之土壤液化災害對重要設施的影響。

綜觀兩次國際會議的研討重點，土壤液化問題的相關研究已經從以往著重液化潛勢判別與土壤動力特性的研究，逐步轉換至以設施為主的結構物行為分析與修復補強工程，以及應用資訊科技的災害境況模擬分析與應用通訊科技的預警控制系統。面對此一轉變，大地工程師除了應積極增進本身地工方面的技術智能，也應多方充實結構、材料、甚至資訊與通訊方面的知識。



「地震及豪雨引致大地工程災害台日交流研討會」參與學者專家合影 (2004,11,12)



「阪神大地震十週年紀念研討會大地工程分組」參與學者專家合影(2005,1,13)

「阪神大地震十週年紀念研討會大地工程分組」圓桌會談結論原稿

### **“Towards the reductions of earthquake disaster”**

1. Raising people's (planner's) risk awareness on geotechnical hazards & disasters (ground amplification, liquefaction, land slides) including extreme events (huge landslides, volcanic eruptions, etc.) and importance of micro-zonation.
2. Interactions among specialists are need, (planners, earth scientist, geotechnical & structural engineers, social scientists, etc.) for effective hazard mitigation.
3. Provisions of design codes and implementations in developing countries.
4. Risk assessment or retrofit of existing structures.

### **“Towards better collaborative works among international experts of Geotechnical Earthquake Engineering”**

1. Identification of potential geotechnical hazards and their effects in the society.
2. Exchanges data and information and archiving of the state of art data of geotechnical earthquake engineering among international groups.
3. Establish the method of low cost retrofit and emergency repair strategies for geotechnical structures.
4. Ground failure hazard assessment and mitigation including:
  - a) Liquefaction potential of fines-containing or gravelly soils.
  - b) Pile-soil interaction in liquefied and non-liquefied ground.
  - c) Seismic stabilities of earth fills, natural slopes, and ground failures in region-specific topics; such as collapsible soil slopes, unsaturated soils, frozen ground etc.
  - d) Design of the structures crossing over active faults.
5. Development and deployment of low cost instrumentation networks for site response characterization, the damage assessment, and early warning.
6. Establishment of performance based design in earthquake geotechnical engineering including probabilistic approach for accountability of safety of important structures against destructive earthquakes to general public.