

全國強震測站場址工程地質資料庫之建立

溫國樑（財團法人國家實驗研究院國家地震工程研究中心 組長）；謝宏灝（財團法人國家實驗研究院國家地震工程研究中心 助理研究員）

關鍵詞：鑽探、地質調查、強震儀、地層波速、懸盪式井測資料擷取系統

交通部中央氣象局為了解地震發生時之地動特性，在臺灣各人口集中的都會區、斷層附近及各種不同地質環境之自由場設置「強震儀」，以蒐集完整強震記錄。為使所設之六百多處自由場強震儀測站，量測到的地震記錄，在分析時可以考量到測站場址之地質特性，交通部中央氣象局與財團法人國家實驗研究院國家地震工程研究中心，自民國八十九年起合作，針對自由場強震儀測站之地質狀況進行調查。主要工作內容包括測站位置地表現況描述、工程地質鑽探試驗，以及利用懸盪式井測資料擷取系統(Suspension P-S Velocity Logging System)量測地層波速結構。

八十九年調查重點以速報站為主，總數量為 44 個；九十年則針對宜蘭縣、雲林縣、嘉義縣及台南縣市平原地區進行調查，共完成了 65 個測站的調查工作；九十一年至九十六年，則進行全臺各地共 268 個測站之調查，迄今已完成 377 個自由場強震儀測站之調查工作。在 377 個已完成調查測站中，有 22 個測站鑽探深度大於 50 公尺，鑽探深度最深的是彰化縣湳雅國小(TCU138)，深度達 150 公尺。

為了增加資料之可讀性與應用性，本計畫持續將包含波速、標準貫入試驗值、岩心、土壤試驗……等地層相關資料系統化，並結合經濟部中央地質調查所工程地質探勘資料庫系統(Geo2005)建構資料，適時地將成果公告於網頁上，提供資料查詢與申請服務，期使國內外學者皆能充分利用該資料庫之內容，提升相關研究之準確性。該場址工程地質資料庫網頁網址為 <http://geo.ncree.org.tw>，歡迎相關研究學者能多多利用。

一、前言

由於臺灣地處歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊交界處，地震頻繁，更有一些造成重大災害的地震。為使地震研究資料更為豐富，且在地震發生時，可迅速有效地提供各地之振動情形，交通部中央氣象局配合國建六年計畫，執行“建立地震測報觀測網—強地動觀測計畫”，已於全臺各地建立超過六百處的自由場強震儀測站，測站密度之高幾冠於全球，所收集到之資料對於地震相關之研究有非常大的幫助。

有感於臺灣擁有非常豐富的地震記錄，但由於場址地質資料尚未建立，使得強震資料之應用受到限制。因此中央氣象局與本中心於民國八十九年起逐年分區執行“全國強震測站場址工程地質資料庫之建立”計畫，針對各個地震測站進行地質調查，以及土壤波傳速度之量測工作。希望最終能建構臺灣本土之強震儀地質資料庫，提供相關研究更加豐富且完整之資訊。

二、資料庫內容

一般而言，與地震工程相關研究中所須之場址資料主要包括場址基本資料、土壤之基本物理性質資料以及土壤波傳速度資料等三大項。其中場址基本資料包括測站之座標、地下水位高程以及測站周圍環境（如地形、地貌以及與周遭結構物之相關位置）描述；土壤基本物理性質資料則包括各個深度之標準貫入值（SPT-N Value）、統一土壤分類、土壤描述、土壤組成結構、單位重、含水量、比重、塑性指數以及粒徑分佈曲線等。場址基本資料以及土壤基本物理性質資料可藉由於測站場址進行現地量測及鑽探調查取得。至於土壤波傳速度資料部份，則可藉由不同的探測方式加以量得。由於地層中之波速結構是為評估地盤波傳分類的重要因素，並將從而估算出地震時該地之地表振動情形，因此為整個地質資料庫的調查重點之一。

為得到上述場址資料，並使所得資料能充分提供研究者使用，本計畫主要工作項目如下：

1. 測站基本資料描述一

針對各個調查的強震儀測站進行相關地表地質與地形地物之描繪，製作測站與周遭結構之平面與剖面示意圖，如圖 1 所示。並利用 GPS 定位確認各測站位置，另輔以各測站附近地區之航照圖或地形圖，使該測站之現地狀況可以充分顯現，以利遠端使用測站地震記錄的研究人員，可以清楚地了解測站實際情況。

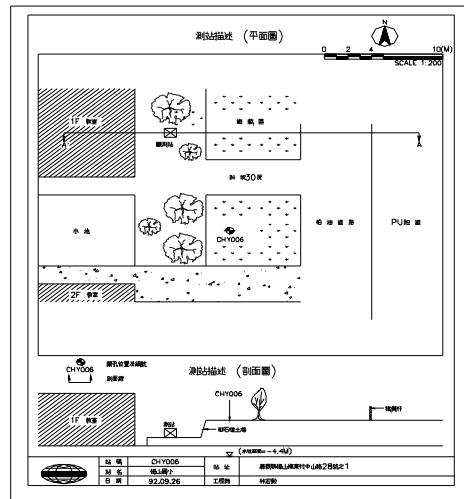


圖 1 測站平面與剖面示意圖

2. 測站地質鑽探與相關試驗一

在所選取之強震儀測站場址進行鑽探及量測工作，每一孔位鑽探至預定深度或堅硬土層為止，並進行土壤標準貫入試驗(SPT-N)、劈管取樣分析……等一般物理性質試驗。

3. 地層波速構造量測一

利用懸盪式井測資料擷取系統(Suspension P-S Velocity Logging System)進行土層波速分佈量測，由於該系統本身具有震源與受波器同體的特性，在量測時可提供較佳的解析度，且資料品質完全不受量測深度影響，所以在適當的鑽井作業配合下，可以連續、便利且較為準確地量測地層波速結構，對於本計畫建立各測站地層波速剖面資料助益良多。圖 2 為該系統試驗所得訊號深度序列圖(Depth Sequence)。另外，所得波速資料亦會與鑽孔岩心及標準貫入試驗結果，整理繪製成與深度對應之剖面圖，如圖 3 所示。

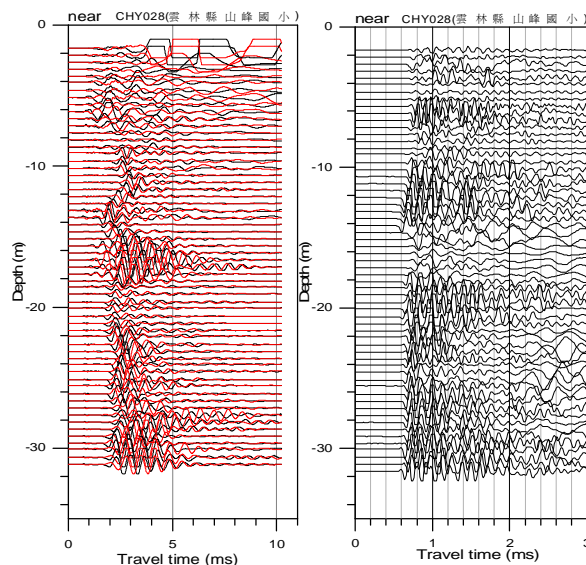


圖 2 懸盪式速度井測試驗所得訊號深度序列圖(Depth Sequence)

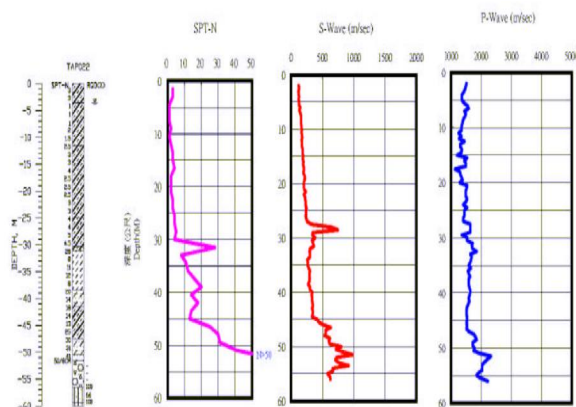


圖 3 岩心、SPT-N 值、P-S 波波速對應深度剖面圖

4. 建立地理資訊系統資料庫—

將調查結果整理並以地理資訊系統方式建立資料庫，以便結合相關地震資料做更進一步地分析。

三、懸盪式井測資料擷取系統簡介

一般進行土壤速度井測法，依震源與受波器之相對位置，可區分為孔間速度井測法(Crosshole Velocity Logging)、上井法速度井測 (Uphole Velocity Logging) 以及下井法速度井測。而本計畫則採用日本 OYO 公司所研發之懸盪式井測資料擷取系統進行土壤速度井測作法。此系統之最大特點在於將震源與受波器結合為一體，即使在不同的量測深度時震源與受波器依然保持固定距離，使系統在量測上不會因為深度增加或減少，而改變受波器接收之能量大小，因此在量測上更為方便且迅速。且由於此系統在施作時震源與受波器間相距不遠，因此可較易辨識小區域地層變化之影響，故其量測所得之訊號解析度較傳統量測方式清晰，同時準確性亦更佳。

懸盪式井測資料擷取器除置於地表之控制集錄電腦及捲揚器(winch)外，其探測器(sonde)由上而下可再分為放大器(head reducer)、上/下受波器(upper and lower receiver)、濾波管(filter tube)、振源(source)、振源驅動器(source driver)、及呆重(weight)。圖 4 所示為懸盪式井測資料擷取器量測之完整組構圖。

要進行懸盪式資料量測前首先需於量測目標場址進行鑽孔，在裸孔或套管保護的鑽孔（當現地土層的崩坍性較高時）中置入井測資料擷取器，同時保持鑽孔中充滿水以作為震波的傳播媒介，之後於地面上之控制電腦透過訊號線操作井測資料擷取器之震源發出震波，再集錄所回傳之訊號資料。量測時先由控制電腦將擷取器置於待測深度後，使震源發出單一之主要波 (Primary Wave) 或次要波 (Secondary Wave)，透過鑽孔中之水將震波傳遞至周圍土壤，再經由周圍土壤將震波輻射狀向外傳遞。由於上/下受波器與震源距離不同，上/下受波器將在不

同時間接受到震波訊號，此訊號經放大器放大後回傳並集錄於控制電腦中，因此分析時判讀出上/下受波器收錄到震波之時間間隔，即可計算出上/下受波器間土層的主要波及次要波的波速。

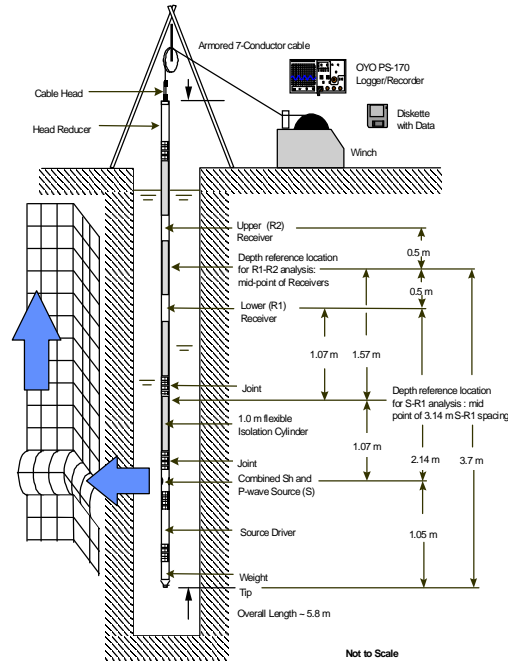


圖 4 懸盪式井測資料擷取器量測之完整組構圖

井測資料擷取系統之震源是由磁錘敲擊後產生一垂直於孔壁的震波，因為在半無限域的均質土層中振波的波長會遠大於鑽孔孔徑，因此該震源可視為一單點震源(point single force)。在此震源的作用下，其主要剪力波的傳播方向將會是沿著鑽孔軸向傳遞，而壓力波的傳播方向則是垂直於鑽孔軸向傳遞，如圖 5 所示。由於井測資料擷取系統之震源是懸於孔內的水中，當其震波產生後是先作用於孔內水，然後再向外影響到孔外土壤材料。嚴格來說「水」並無法傳遞剪力波，然而當震動行為傳達至土壤後，孔外土壤的剪力波運動行為將也同時帶動孔內水的運動，此二者的運動效果幾無二致。當震波經由土壤傳到受波器時將帶動該位置之孔內水的振動，利用與水密度相當的受波器感測出孔內水之振動行為便可從而記錄得待測剪力波波形。

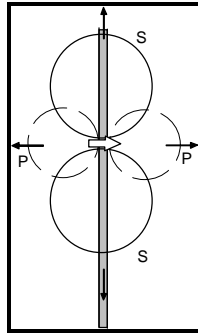


圖 5 懸盪式井測資料擷取系統振源作用下產生之壓力波及剪力波傳遞方向

由於壓力波與剪力波組成之頻率範圍不同，每一組受波器由一個壓電式地震檢波器（hydrophone）以及兩個地震檢波器（geophone）組成，其中壓電式地震檢波器收錄壓力波，另兩組地震檢波器則以反向配置，其目的在收錄剪力波並檢核其正確性，同時亦作為剪力波初達位置之研判使用。

圖 6 所示為井測資料擷取系統量測所得之一組試驗訊號資料，其中 H1、H1/以及 V1 與 H2、H2/以及 V2 分別為上/下受波器所集錄到之震波資料，圖中之橫座標為時間軸，因此判讀出上/下受波器集錄到壓力波與剪力波之初達時間，即可得知震波經過下受波器後到達上受波器之時間間隔（ $T_{p2}-T_{p1}$ ）以及（ $T_{s2}-T_{s1}$ ），從而算出上/下受波器間土壤的壓力波與剪力波的波傳速度。

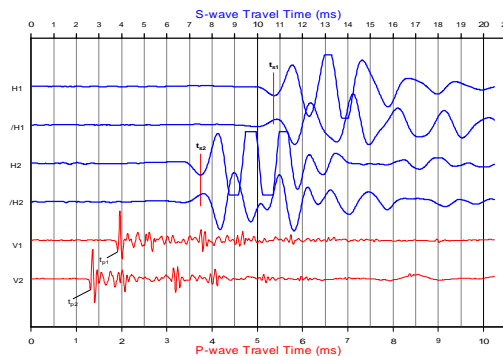


圖 6 井測資料擷取系統所得資料範例

四、結論與展望

本計畫自民國八十九年起開始，進行自由場強震儀測站調查及資料建置工作。八十九年調查重點以速報站為主，總數量為 44 個；九十年則針對宜蘭縣、雲林縣、嘉義縣及台南縣市平原地區進行調查，共完成了 65 個測站的調查工作；九十一年至九十六年，則進行全臺各地共 268 個測站之調查，迄今已完成 377 個自由場強震儀測站之調查工作，分佈情形如圖 7 所示。在 377 個已完成調查測站中，有 22 個測站鑽探深度大於 50 公尺，鑽探深度最深的是彰化縣湳雅國小 (TCU138)，深度達 150 公尺。

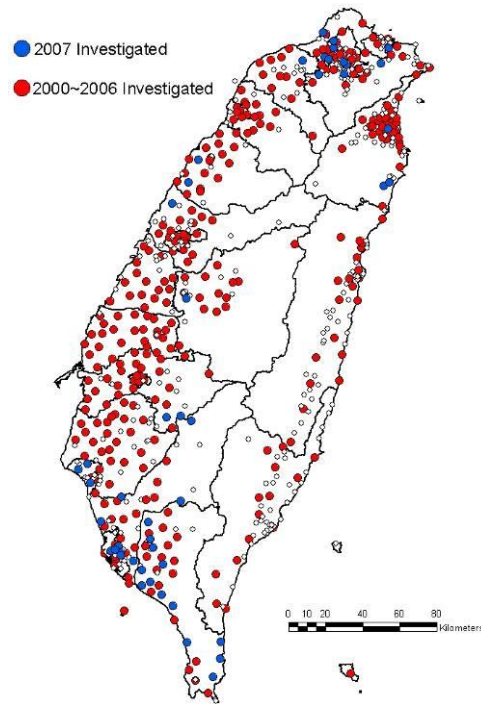


圖 7 已完成調查 377 座自由場強震儀測站分佈圖

為了增加資料之可讀性與應用性，本計畫持續將包含波速、標準貫入試驗值、岩心、土壤試驗……等地層相關資料系統化，並結合地理資訊系統建構資料庫，適時地將成果公告於網頁上，提供資料查詢與申請服務，期使國內外學者皆能充分利用該資料庫之內容，提升相關研究之準確性。該場址工程地質資料庫網頁網址為 <http://geo.ncree.org.tw>（如圖 8 所示），歡迎相關研究學者能多多利用。



圖 8 資料庫首頁 <http://geo.ncree.org.tw>

參考文獻

- Kuo, C. H., Wen, K. L., Hsieh, H. H., "Evaluating Vs30 assessors via borehole data in Taipei" Proceedings of the 2008 Taiwan-Japan Symposium on the Advancement of Urban Earthquake Hazard Mitigation Technology, pp.89-92, Taiwan, 2008.
- Wen, K.L., Hsieh, H.H. and Chiang H.J., "Strong Motion Observations and Geotechnical Database in Taiwan." The International Training Program for Seismic Design of Structures and Hazard Mitigation (ITP), Taipei, Taiwan, October 24-26, 2006. p.9-18.
- 陳銘鴻、謝宏灝、溫國樑，懸盪式井測法在軟硬地盤中之適用特性，2004 岩盤工程研討會論文集，558-565 頁，2004。
- 陳銘鴻、李榮瑞，「懸盪式井測資料擷取系統(Suspension PS Logger)之介紹及說明」，地工技術，第九十八期，民國九十二年十二月。
- 富國技術工程股份有限公司，「強震儀測站地質鑽探調查工程紀實報告書」，民國九十年~九十六年。
- COSMOS (2001), Guidelines for Installation of Advanced National Seismic System Strong Motion Reference Stations, Socument C-USGS-2000-01, Version 0.92.
- John Diehl, GEOVision P-S Log Notes & Procedures, 2001.
- Ward S. H., Geotechnical and Environmental Geophysics Volume I: Review and Tutorial, Society of Exploration Geophysics, pp. 303-304 (1990).