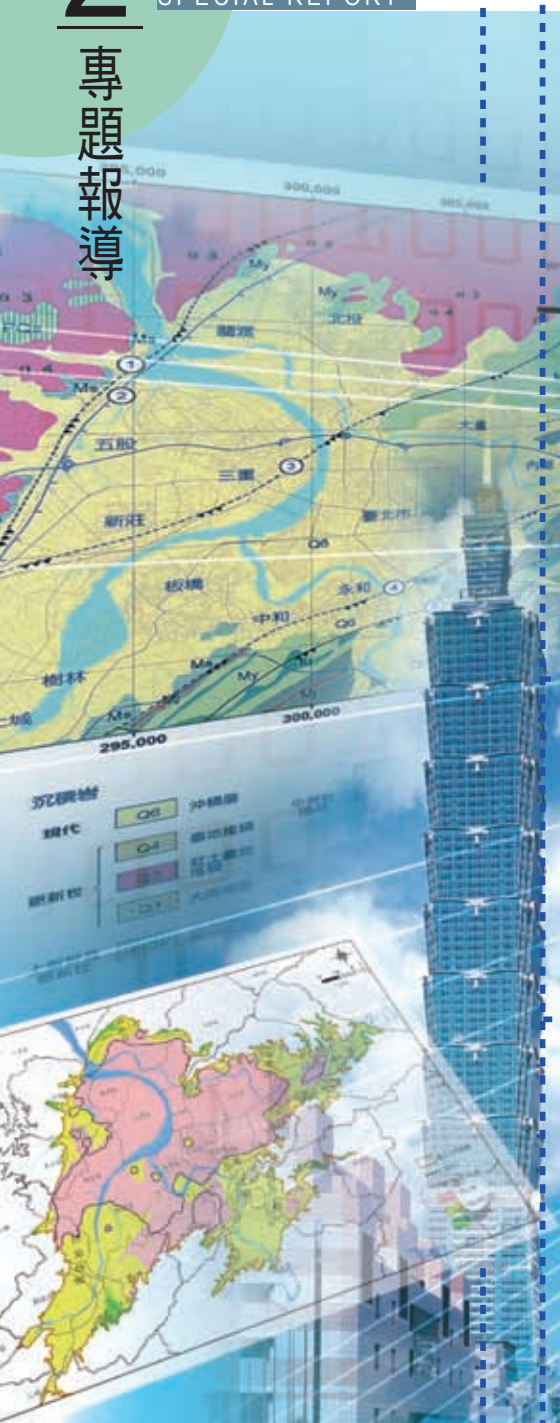
臺北盆地三維防災地質資料庫建置

關鍵詞：臺北盆地、地質防災、三維地質模型

經濟部中央地質調查所／組長／費立沅 ❶
經濟部中央地質調查所／科長／紀宗吉 ❷
經濟部中央地質調查所／技士／蘇品如 ❸
台灣世曦工程顧問股份有限公司／地工部／技術經理／吳文隆 ❹
台灣世曦工程顧問股份有限公司／地工部／工程師／謝文誠 ❺
台灣世曦工程顧問股份有限公司／空資部／正工程師／許智翔 ❻
台灣世曦工程顧問股份有限公司／地工部／正工程師／楊智堯 ❼



摘 要 ABSTRACT

臺北盆地包含臺北市及新北市兩個行政區，面積約240平方公里，雖僅佔臺灣的1/150，卻有高達三成的臺灣人口聚集在此。從都市防災的觀點，人口密集區域對於災害的敏感度相對較高，以臺北盆地平均每平方公里約2萬人的人口密度而言，一旦發生災害，將會造成重大損失，因此針對盆地內的災害防治或應變工作相當重要。依據臺北盆地沖積層之分布狀況及組成，最接近地表的松山層為各項工程建設常遭遇之地層，其厚度在各地區分布不等。松山層沉積物沉積時受原始地形、相對海水面變化以及河系影響，形成低至中塑性之泥層，以及泥質砂或砂礫等交互層次的土層，因此臺北盆地部分區域先天上已屬於相對軟弱、容易發生地質災害區域。本文在臺北盆地已建立都會區之三維防災地質資料庫，內容包含土壤液化、軟弱地盤等地質災害潛勢分析資料，其成果除了可呈現平面的災害潛能外，亦能呈現不同深度土層之潛勢分析結果，可做為都市防災與工程規劃之參考。

壹、臺北盆地地質架構

臺北盆地位於臺灣島的北端，面積約240 km^2，為大臺北都會區之中心，地質上原本屬於呂宋島弧和中國大陸碰撞所產生的造山帶，因菲律賓海板塊的向北隱沒及沖繩海槽的向西延展而移入琉球島弧系統，使得本區域的壓應力轉化為張裂性的地體構造環境，因而形成一半地塹型式之構造陷落盆地。

臺北盆地主體略呈三角形，周圍由丘陵及台地所圍繞，依地形及地質特性，盆地東側及南側為第三紀沉積岩地層所構成的褶皺衝斷丘陵；盆地北緣由大屯火山群屏障，以安山岩熔岩與火山碎屑岩不整合覆蓋於中新世地層上；盆地以西則為林口台地，地層以礫石層及砂泥岩互層為主。區域地質圖詳圖1所示。

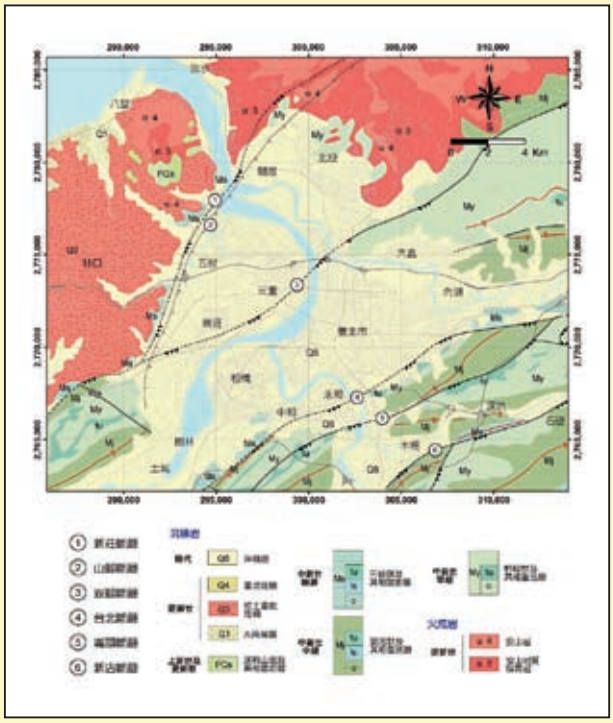


圖1 臺北都會區地質圖

表1 臺北盆地地層劃分表

年代	地層單位				
	丹桂之助(1939)	吳福泰(1965)	王執明等(1978)	鄧屬予等(1994)	
全新統	松山層	松山層	松山層	松山層	
更新統	林口層	新莊層	景美層	新莊群	景美層
			新莊層		
中新統	第三紀褶皺基盤				

臺北盆地地層學的研究，早從日據時代就已開始，最早丹桂之助(1939)在整理臺北盆地的水井紀錄時，發現盆地的表層是砂泥層，其下為一厚層紅土礫石。當時認為其可與林口台地的林口層對比，因此將盆地中的礫層定名為「林口層」，並將林口層以上的砂泥層定名為「松山層」。

之後隨著中油公司的石油探勘，在臺北盆地的西緣鑽了深入第三紀基盤的「新莊一號」深井。吳福泰(1965)依據岩性紀錄，發現在松山層之下尚有厚達 200公尺的礫石和砂泥層。而這些沉積物的岩性，和林口台地的林口層不同，不應視為同一層，因此他提出以「新莊層」來取代「林口層」，以涵蓋松山層以下、基盤以上所有的盆地沉積層。並於後續「新公園一號」井的施鑽以及井錄地層資料，做了進一步的證實。但王執明等(1978)認為其上部的紅土礫層岩性明顯，在盆地中分布廣泛，可以獨立劃出成一地層單位，因此他們提出以「景美層」來含括原「新莊層」上部的紅土礫層，而「新莊層」僅代表景美層以下的沉積層。

1992年後中央地質調查所開始在盆地內進行大規模的研究工作，陸續完成了「五股一號」、「板橋一號」和「板橋二號」等深井，取得了連續的岩芯與紀錄。鄧屬予等(1994)依據相關岩芯紀錄，將「景美層」以下沉積層(原「新莊層」)再詳細劃分為「五股層」與「板橋層」，以「板橋層」頂部的縞狀紋泥層為分界，並將吳福泰所劃分的「新莊層」升格為「新莊群」，用以包含「景美層」、「五股層」和「板橋層」3個單位，如表1所示。

松山層大致可分為6至7個次層(Huang,1962；洪如江,1966)，分層於接近盆地中心處，其分布越明顯而規則，在盆地邊緣則常受地形作用之影響，在岩性與厚度上變化甚大，造成地層對比之困難。

其中，上述分層中之第四次層普遍存在於臺北盆地內，為一厚而連續之泥層，以含有較多量之有孔蟲、介形類及貝類化石為其特性(黃德乾，1962)，可做為鑽井資料之指準層。依既有地質鑽井之定年資料顯示其沉積年代約在1~0.6萬年前，可對比為海水入侵臺北盆地最盛時期所造成之江灣沉積物。依據地層之特徵描述，比對前人研究資料，推估松山層各次層之沉積環境，依分布深度由淺而深如下分述之。

一、松六層(CL)

為松山層最上部次層，厚度約為3~8公尺，主要成份為地表黃棕土層與灰黑色粉土層。淡水河岸附近較薄，且有尖滅現象，關渡平原社子島一帶則未有此次層之發現。

第五及第六次層主要為海水退出臺北盆地後，河流所造成之沉積物，為同時異相之沉積情況，包括水道附近水流作用強的砂質沉積(第

五次層)，以及水流較弱或靜水狀態下的泥質沉積(第六次層)，呈現出曲流河及氾濫平原的沉積特徵。

二、松五層(SM)

厚度約2~20公尺，主要成份為灰色粉土質細砂，顆粒均勻且粉土含量約佔30~40%。本次層在盆地內幾乎皆出現，靠近新店、景美一帶，本次層含有粗砂與小礫石。其沉積時間大略與松六層相同，為同時異向之沉積情況，本次層主要以砂性土壤為主，主要為河道附近之沉積物。

三、松四層(CL)

厚度約為6~29公尺，主要成份為灰色粉土質黏土，砂含量小於10%，且含有貝殼及腐木片。本段幾乎存在於整個臺北盆地之中，為松山層分布最廣、厚度最厚的次層，是松山層中最主要的指準層。自然含水量約為30%，且接近液性限度。

本次層為海水入侵臺北盆地最盛時期所造成之江灣沉積物，以灰色緻密或具有紋理的泥質沉積為主，泥質的沉積物當中含有零星的碳質物，顯示水流能量較低的沉積狀況。其中局部有砂泥韻律互層，可能是潮道中受潮汐作用之沉積。

四、松三層(SM)

厚度約為0~19公尺，主要為中等堅實且含多量貝殼的黃灰色非塑性粉土質砂，粉土含量約為25%。本層於鄰近淡水河地區較厚，向東漸次遞減，在部分地區有尖滅的現象，致使第二及第四段相連接，成為深厚的黏土層。

屬於海水入侵臺北盆地初期的江灣沉積環境，而江灣局部鄰近河川及河川出口能量較強處，河川與潮汐堆積影響較大，因而局部有細砂之沉積。

五、松二層(CL)

厚度約0~19公尺，主要為低至中等塑性的灰色粉土質黏土，粉土含量約45~70%，自然含水量約在23~25%。

海水入侵盆地影響範圍愈來愈大，原本河川下游之泥質氾濫沉積物亦逐漸向上游退卻、堆積屬於中扇的砂質河相沉積層之上。

六、松一層(SM)

位於景美礫石層上方，厚度約0~15公尺，主要為中等緊密至緊密粉土質砂或礫石質砂，細料含量約20%或稍多。部分地區第一段與景美礫石層間含有紅棕色黏土層薄層。

海水開始入侵臺北盆地時，河川堆積影響範圍逐漸向上游退後，亦使原堆積於中扇之砂質沉積物逐漸向上游堆積，覆蓋屬於上扇的景美層礫石。

貳、臺北盆地三維防災地質資料庫

本研究之工程鑽井資料，主要來自地調所工程地質探勘資料庫(Geo2010)，該資料屬於Access資料庫系統。本系統目前設計為單機版之系統，採用之空間資料庫為ArcMap之Personal GeoDatabase，做為本系統之資料庫管理，並可與大型資料庫如SQL資料庫進行資料整合及資料交換，亦具備後續擴充之需求。

由於系統是透過工程地質探勘資料庫、補

充調查之地質資料，及蒐集相關災害圖資，目前對於地質災害之災害類型(軟弱地層、土壤液化)等進行分析、並對地下沉積物分類等，建置防災地質圖基本資料庫。

本資料庫可於GIS分析之評估模式進行土壤液化潛勢分析計算，達到輔助製作防災地質圖之目的。評估模式以三維網格為基礎進行，首先需先建立分析區域之三維網格資料庫，再針對每個網格計算，最後可將建置完成之三維網格資料庫，製作地下30公尺內各深度之岩性、剪力波速、抗液化安全係數 F_L資料，並可展示平均剪力波速、平均N值、液化潛能指數P_L(最大地震、中小地震、設計地震)等不同之分析結果。

本模式建立三維立體網格資料庫方式進行分析，首先將所蒐集之工程井，依據本研究所研擬之篩選條件，得出可供分析使用之井錄後，將各井錄之原始資料以加權平均法將資料進行標準化，重新產生以1公尺為間距之地質資料，並建立地下三維立體網格資料庫。最後再將各網格分別計算土壤液化分析模式(P_L值)，以產出土壤液化潛勢分析圖。本模式之優點，可將建置完成之三維網格資料庫，進行廣泛查詢與應用分析主題圖，如製作地下30公尺各深度之PI、r_t、N、USGS、V_S、F_L，並可展示平均剪力波速、平均N值、液化潛能指數P_L (最大地震、中小地震、設計地震)等分析結果圖，本模式之資料模式如圖2。

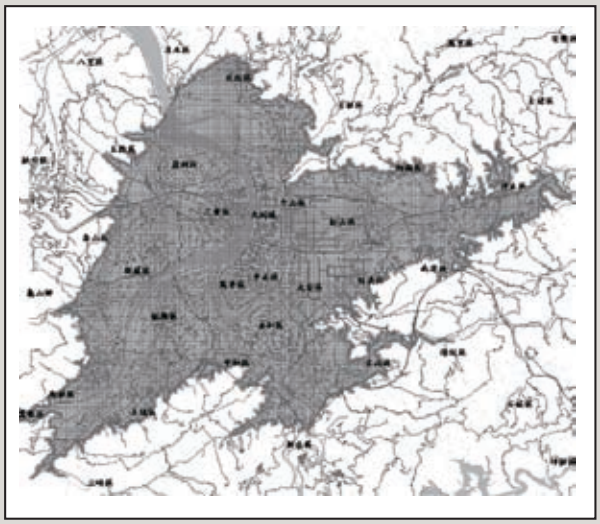


圖3 臺北盆地網格空間資料模式

臺北盆地三維網格資料庫(Polygon Layer)基本資料建置內容包含全臺北盆地範圍(如圖3)，每個立體網格單位為100m*100m*1m(平面長、寬及深度)，共有911,190個立體網格。由工程井錄資料篩選輸入後，每個網格經過分析計算後，產生之成果包括：

一、物理資料

N值(1-30公尺)、細粒料含量(1-30公尺)、塑性指數PI(1-30公尺)、單位重(1-30公尺)、岩性(1-30公尺)。

二、分析資料

抗液化安全係數 F_L (1-20公尺)、剪力波速V_S(1-30公尺)、液化潛能指數P_L(設計地震、最大

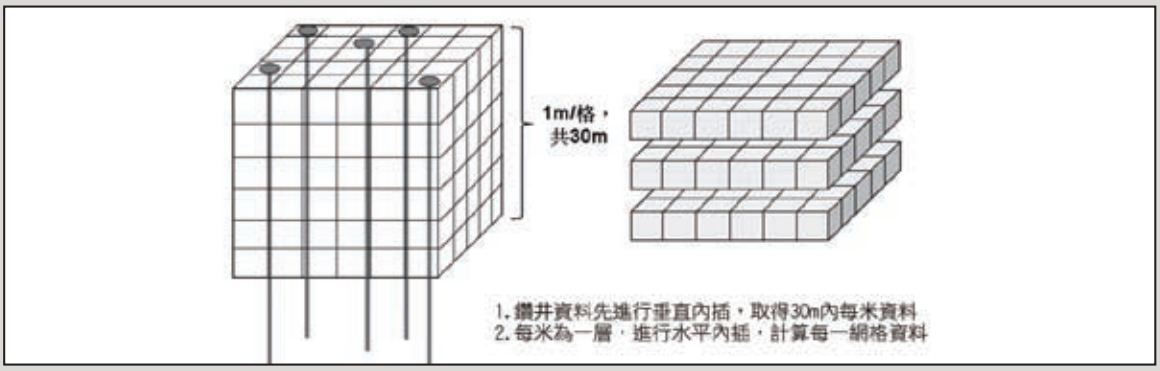


圖2 三維網格土壤液化分析模式之資料模式示意圖

地震、中小地震)、平均剪力波速(30公尺內平均V_S)、平均N值(30公尺內平均N)。

三、位置資料：網格中心點XY坐標等欄位

參、臺北盆地沖積層地質災害潛勢分析

依據地質法(99/11/16)，地質災害係指自然或人為引發之地震、海嘯、火山、斷層活動、山崩、地滑、土石流、地層下陷、海岸變遷或其他地質作用所造成之災害。而本文針對盆地內第四紀沉積地層(松山層)為探討對象，把地質災害之討論焦點放在盆地內土層可能產生之土壤液化及軟弱地盤等課題進行潛勢分析與探討。

一、土壤液化潛能分析

Iwasaki et al.(1982)曾經提出以分析區域之地質環境狀況與液化災害現象之間的關係，一般而言，飽和疏鬆的砂性土層如海岸區之沉積砂土層、河岸兩旁之沖積平原、舊河道區域及河谷盆地之沖積層區域等具有較高之液化潛能，如表3所述。

表3 液化潛能與地質環境之關係(Iwasaki et al, 1982)

地質環境	液化潛能
現有河道、古(舊)河道、沼澤、新生地、谷地	極可能發生液化潛能
沖積扇、天然土堤、沙丘、沖積平原、河灘、海灘、平原地	可能發生液化
台地、丘陵、山地	較不可能發生液化

土壤液化現象係指於地震之連續性反覆應力作用下，疏鬆之飽和細砂或砂質粉土內孔隙水壓逐漸上升，此上升之孔隙水壓使土壤之有效應力減低。當地震引致之剪應力大於土壤之抗剪強度時，土壤暫時喪失剪力強度而呈現連續性變形之液態行為，嚴重時將導致土層之承載力降低及結構物之損壞。影響土壤液化現象發生之因素包括：地震規模、地震延時、地表加速度、土壤顆粒特性、相對密度、飽和度、應力歷史、側向壓力等。

有關土壤液化判定的方法，依據內政部「建築技術規則建築構造篇－建築物基礎構造設計規範」及「建築物耐震設計規範及解說」之規定辦理。工址應分別檢核設計地震及中小度地震時工址之地表水平加速度情況下之液化潛能。

土壤於地震作用下是否會發生土壤液化現象，係以地震引致地層中之剪應力是否大於土壤之抗液化強度做為判斷之標準。依新日本道路橋液化評估法(日本道路協會,1996)進行土壤液化判定，抗液化安全係數F_L=R/L，其中R為土壤動態剪力強度比，L為地震引致之平均反覆剪應力比，當F_L<1時則視為該土層具有液化潛能。

依據土壤液化之基本條件，土壤若具塑性(CL及CH)或具凝聚力則直接判定不具液化潛能。若土壤位於地下水位面以上亦直接判定不具液化潛能。

依據建築物基礎構造設計規範第十章之規定，建築物基地若具有高液化潛能之土層，應評估其受地震作用時之可能損害程度，以進行地層改良設計或於結構物耐震設計時加以考量。

根據日本Iwasaki et al.(1982)所提之土壤液化潛能指數P_L來進行土壤液化損害評估。其定義如下：

$$P_L = \int_0^{20} F(z)W(z)dz$$

式中：

P_L：液化潛能指數，介於0~100之間

z：地盤深度(m)，考慮之深度範圍為地表下0~20m

F(z)：z深度之抗液化係數，介於0~1之間，以下式估計：$F(z)=1-F_L$，若$F_L>1$，則$F(z)=0$

W(z)：z深度權重係數，以下式計算$W(z)=10-0.5z$

參考Iwasaki et al.根據日本地震案例之研究，定義地盤液化之損害程度可分為以下三級：

$P_L \geqq 15$　　高液化潛勢

$5 \leqq P_L < 15$　中液化潛勢

$P_L < 5$　　低液化潛勢

除了土壤特性之外，地下水位對於液化評估影響亦大，地下水位愈高，則液化潛能愈高。然而，地下水位資料會隨著工址位置不同而不同，本計畫初步採用各鑽井鑽探期間之水位資料進行液化潛能分析。

依據「建築物耐震設計規範及解說」臺北盆地各地震微分區採用之地震力係數如表4所示。震區短週期設計水平譜加速度係數S^D_S=0.6，震區最大考量水平譜加速度係數S^M_S=0.8，用途係數採I=1.0。於設計地震時，地表水平加速度A=0.4*S^D_S*I*g=0.4x0.6x1.0g=0.24g。而在最大考量地震與中小地震時，其地表水平加速則分別採用A=0.4*0.8*I*g=0.32g與A=0.24g/3.5=0.07g。

表4 臺北盆地各微分區之地震力係數

地震微分區	S^D_S	S^M_S	T_0^D與T_0^M(秒)
臺北一區	0.6	0.8	1.60
臺北二區	0.6	0.8	1.30
臺北三區	0.6	0.8	1.05
臺北四區	0.6	0.8	0.85

本計畫於不同地震情況下之液化潛能判定結果(如圖4~6)，臺北盆地內主要高液化潛勢區以三重、新莊、大同、中山及松山一帶為主，主要位於基隆河中游以下、大漢溪、新店溪下游及淡水河附近，而局部於板橋市西側地區，經檢視其分析鑽井，於較淺部土層為較疏鬆之砂質泥層，因此具有較高之土壤液化潛能，針對設計地震狀態下之分析結果說明如下：

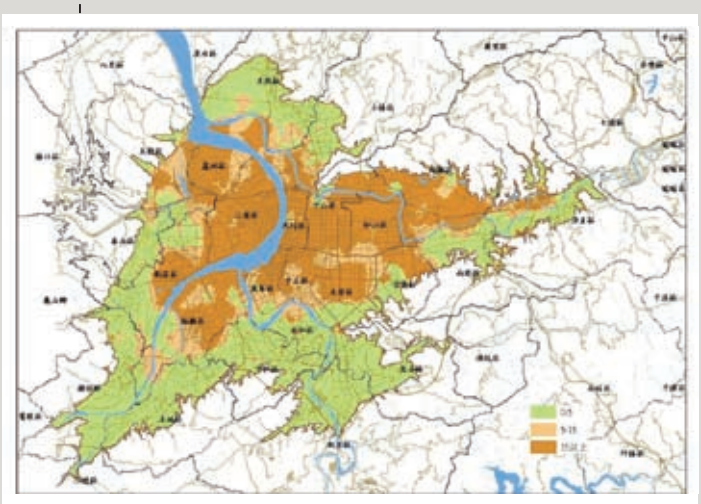


圖4 臺北盆地最大考量地震(0.32g)液化潛能分布圖

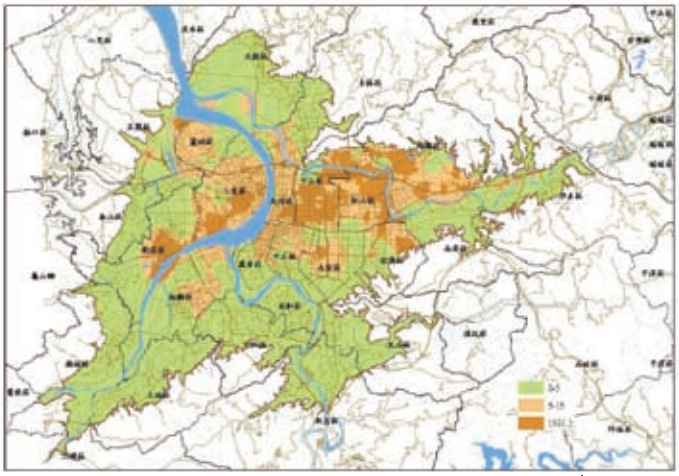


圖5 臺北盆地設計考量地震(0.24g)液化潛能分布圖

圖6 臺北盆地中小地震(0.07g)液化潛能分布圖

(一) 高液化潛勢區

臺北盆地於淡水河以及基隆河下游兩側，包括三重、新莊、板橋、大同、中山、松山區一帶其淺層沉積物(地表下0~20m)以淘選良好之砂質/泥質土壤為主要之地質材料，地下水位亦高，為臺北盆地液化潛能較高區域，為高液化潛勢區。

(二) 中液化潛勢區

主要分布於大漢溪及新店溪中上游處，包括板橋、新莊市以及局部五股、泰山、萬華及中正區，其地層之SPT-N值相對較高，且夾有黏土互層，故液化潛能較低，為中液化潛勢區。永和市及部分中和市亦有相同情況。

(三) 低液化潛勢區

於臺北盆地邊緣大部分輕度液化區，屬於低液化潛勢區。

二、軟弱地層評估

土木結構建築均構築於地盤上，荷重傳遞分散於地盤內，結構物傳遞至基礎的載重不可超越地盤強度，沉陷量也有一定的容許值。若原始地盤條件無法讓預定興建結構物達到穩定或設計要求之機能時，則將造成工程及地質災害。

一般而言，軟弱地盤之地層係由軟弱土壤形成，具有材料強度低、易於壓縮變形、受地震影響明顯之特性，在特定荷重作用下會造成剪力破壞、整體滑動破壞或過大沉陷等災害。但土層是否軟弱乃依據建造其上之結構物規模或荷重大小而定，故是一相對性考慮而非絕對性的標準。

在工程設計時，通常需要進行地質調查，藉以了解、掌握地層條件。一般調查的項目有：(1)在工程區及超載荷重影響範圍內之軟弱地質分布狀況，包括分布面積、深度及各層次的厚度；(2)各軟弱地質的組成及其工程性質。

工程上常用的調查方法為地質鑽探，透過鑽探、現地試驗或取樣進行室內試驗，進行土壤性質的評估以掌握地層狀況。茲整理相關土壤參數強度分類評估軟弱地層之方法如表5所示。

表5 軟弱土層分類評估準則一覽表

評估方法	作者	軟弱地層評估準則
自然含水量	日本道路協會	泥炭層大於100%、黏性土層大於50%、砂性土層大於30%。
SPT-N	Terzaghi(1948)	N<10為疏鬆砂土的判斷標準，而軟弱黏土則以N<4 為判斷標準。
SPT-N	國際建築基礎構造規範(2006)	地表下30公尺內，平均N值<15。
液性指數LI	Holtz(1981)	LI＞1之土壤在未受擾動前非常堅固，不過一旦受到剪力或土壤結構斷損時就像液體般流動。
稠度指數Ic	Ramiah(1984)	Ic<0.5屬於軟弱土壤。
CPT-qc	Meyerhof(1956) 林耀煌(1994)	黏性土qc<25 t/m^{2}屬於軟弱黏土、砂性土qc<35 t/m2屬於疏鬆砂土。
無圍壓縮強度qu	Terzaghi(1948)	黏性土qu<0.48 kg/cm^{2}屬於軟弱黏土。
無圍壓縮強度qc	建築物耐震設計規範(2005) 橋梁基礎(2008)	地盤面3m深度內之泥層，其單軸壓縮強度在0.2kgf/cm^{2}以下之土層。
不排水剪力強度Su	Craig(1978)	Su<40 kN/m^{2}屬於軟弱黏土。
剪力波速Vs	建築物耐震設計規範(2011)	地表面下 30 公尺內之土層平均剪力波速 VS30≦180m/s者為軟弱地盤。

一般而言，無圍壓縮強度在0.5 kgf/cm^{2}以下或SPT-N值在4 以下之黏性土壤皆可視為軟弱土壤。若為砂質土地盤，其SPT-N值小於臨界液化之N值，則受地震作用時亦可視為軟弱地盤，其判斷基準常按工程單位類別及構造物之種類不同而有所不同。

有關軟弱土層的判定，考量臺灣地區地質鑽探以標準貫入試驗SPT-N值隨深度變化之紀錄較為齊全，本計畫分別以SPT-N值以及採用最近建築物耐震設計規範所規定之剪力波速(V_{S30})作為本計畫軟弱土層的評估方法。以SPT-N值法之工址土壤分類定義，將地表下30公尺內之土壤平均N值小於15的土層視為軟弱土層；而以V_{S30}法之工址土壤分類定義，將地表下30公尺(100ft)內之土壤平均Vs值小於180m/sec的土層視為軟弱土層。

依據國際建築基礎構造規範(International Foundation Code, 2006)，將位於地表下深度30m內之SPT-N值作平均計算後，以等值圖展現，如圖7。

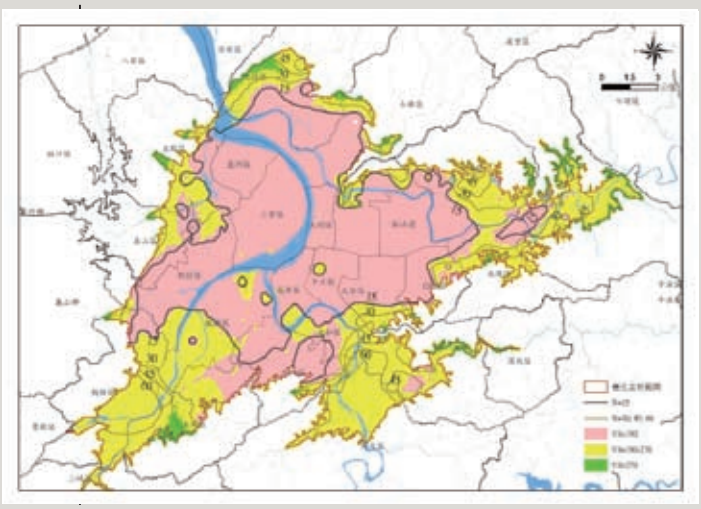


圖7 本計畫臺北盆地土層平均N值及平均剪力波速

而土層剪力波速(Vs)並非為一般地質調查之工作項目，因此直接量測之數據較少，依據內政部2011年所頒佈建築物耐震設計規範採用下列公式概估之，並將地表下深度30m內之Vs值作平均計算後，以等值圖展現，如圖8。

黏性土壤：

$$V_S = \begin{cases} 120q_u^{0.36} ; N < 2 \\ 100N^{1/3} ; 2 \le \mathrm{N} \le 25 \end{cases}$$

砂性土壤：

$$V_s = 80N^{1/3} ; 1 \le N \le 50$$

檢視分析結果，軟弱地盤主要位於淡水河及基隆河下游一帶，涵蓋臺北盆地將近2/3的區域範圍。而檢視其N值之分布，一般以黏土層之N值較小，故深度30m內黏土層所佔比例越大者，其土層性質亦相對軟弱。

三、三維地質資訊展示

本文所建置三維網格資料庫具有三維立體空間之防災地質資訊，使用者可任意指定深度或剖面位置，便可得到該深度之平面地質資訊(如圖9~11)或深度30公尺內的地層剖面(如圖12)，對於土層在立體空間分布的特性一目了然。

此外，該系統也連結工程地質探勘資料庫，兼具地下地質災害潛勢分析以及三維運算功能，藉由每個網格的工程地質屬性資料計算分析，突破過去二維資料運算之限制，並加快計算過程。因此，系統除能協助使用者整合都市防災以及國土資訊外，更具有完整之三維地質空間概念，讓複雜的地質環境轉化為淺顯易懂的圖示，有利於防災人員的規劃操作。

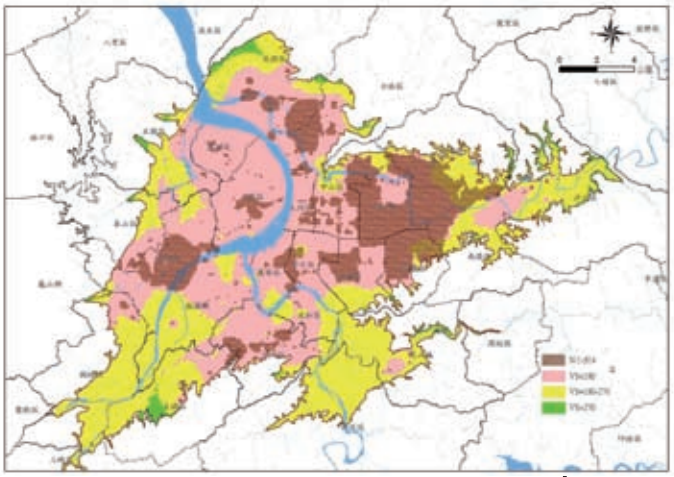


圖8 本計畫臺北盆地N值<4軟弱土層分布圖Vs(0~30m)等

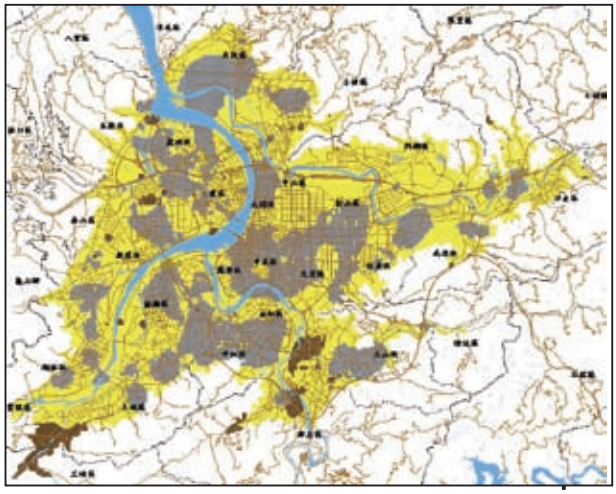


圖9 臺北盆地深度2公尺之土層分布等值圖

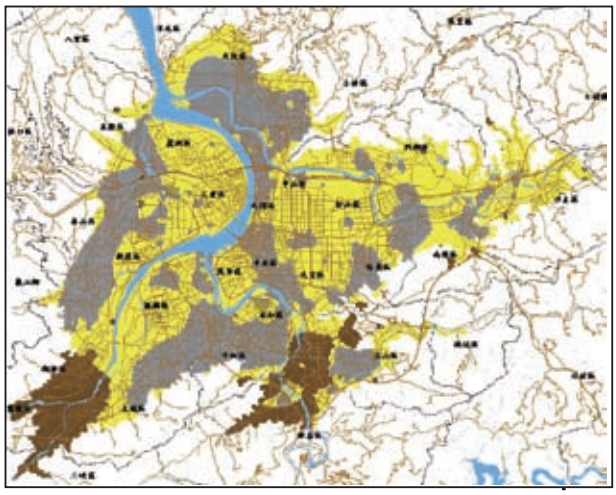


圖10 臺北盆地深度5公尺之土層分布等值圖

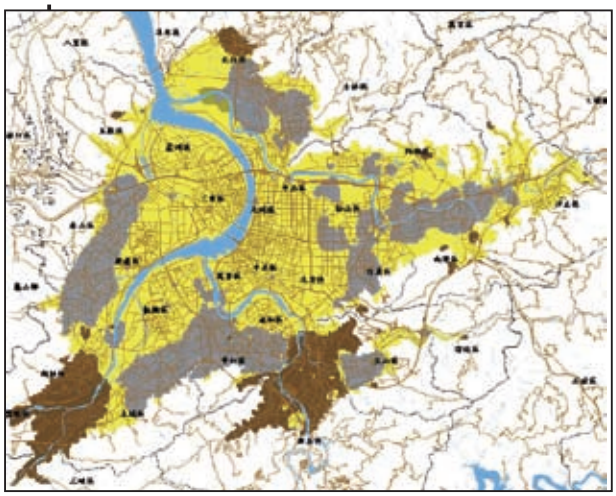


圖11 臺北盆地深度10公尺之土層分布

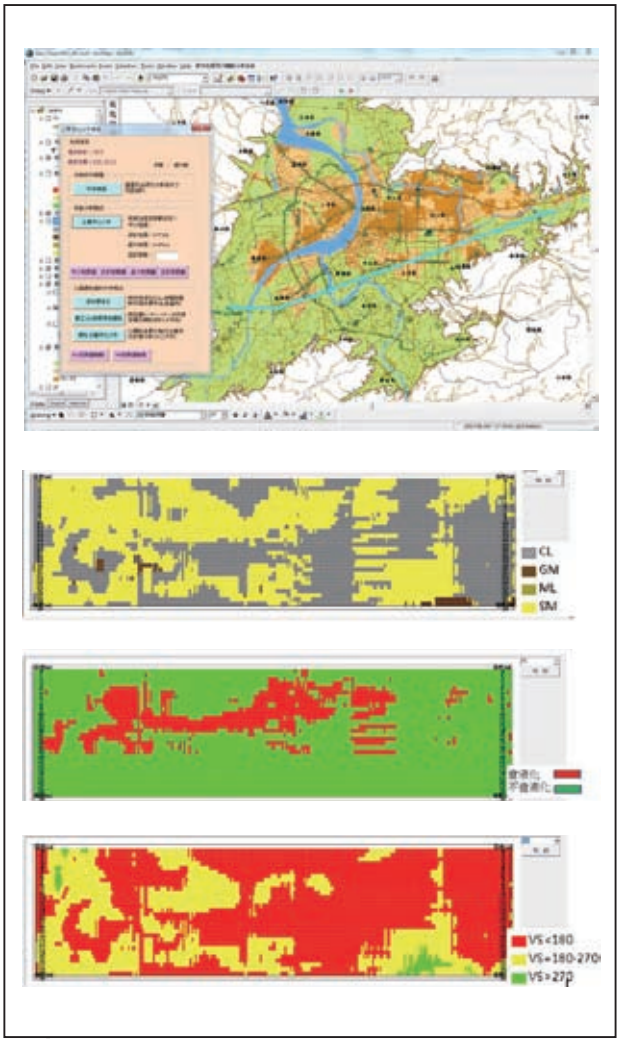


圖12 系統具備剖面分析及展示功能

肆、結論與建議

一、臺北盆地工程上可將松山層概分成6~7個次層，各次層之分布大致均勻平緩，且各次層厚度越接近盆地中央越為規則，其層次分布亦越為明顯，但靠近盆地邊緣因受山麓或河流沖積物之影響而較不規則。臺北盆地在可能發生土壤液化之地層(地表面下0~20公尺)，以第三次層與第五次層之砂質土壤為主。

二、臺北盆地內除局部大漢溪及新店溪上游地區地盤條件較佳外，大部分皆屬於軟弱地盤以及具土壤液化潛勢範圍，並以三重、新莊、中山、大同、松山一帶潛勢較高。

三、本文利用Geo 2010工程地質探勘資料庫資料結合三維網格技術建置台北盆地三維防災地質資料庫，並進一步分別辦理土壤液化潛能及軟弱地層之地質災害潛勢分析，經篩檢資料庫之鑽井資料，發現其平面分布並不甚均勻，部分地區之鑽井密度較低，建議後續可持續蒐集鑽井資料，以增加分析成果之精度。

四、本文已完成土壤液化三維之空間資料分析，並可於平面及剖面進行展示，惟考量硬體之限制以及鑽孔分布之密度，並無法將網格切得太細，後續搭配電腦技術之發展以及鑽井資料密度逐年增加，可再進行更高解析度之資料分析，提供更高精度之地質防災資訊。

參考文獻

1. 丹桂之助，1939，臺北盆地之地質學考察。矢部教授還曆紀念論文集，第1卷，第371-380頁。

2. 內政部營建署，2001，建築物基礎構造設計規範。

3. 內政部營建署，2011，建築物耐震設計規範及解說。

4. 王執明等，1978，臺北盆地之地質及沉積物之研究，臺灣礦業,30,p350-380.

5. 出口雄三，1911，臺北附近的鑽井，地質學雜誌，第18 卷，第216號，第260-262頁。

6. 吳偉特，1988，臺北盆地地盤分區土壤之工程特性，地工技術第22期，P.5~27。

7. 李咸亨，1996，台北市區工程地質分區，地工技術，54, 25-34.

8. 李錫堤，2001，臺北都會區活斷層與地震災害潛勢，臺北都會區地質災害研討會論文集，P.4-1~19。

9. 林朝宗，2001，臺北都會區地質環境，臺北都會區地質災害研討會，P1-1~19。

10. 洪如江，1966，臺北盆地各土層土壤之物理特性，國立臺灣大學工程學刊，第10期，第194-217 頁。

11. 洪如江、陳志浩 ，1999，臺北盆地地工特性之微分區研究，經濟部中央地質調查所特刊，第11號，第345-359 頁。

12. 洪奕星、彭慧蘭、劉桓吉、賴慈華、黃智昭、費立沅，2006，臺北盆地沉積相和沉積環境分析，西太平洋地質科學第六卷，P.59~86。

13. 許誠，1992，臺北盆地全新世松山層之層序地層初探，台灣大學地質學研究所碩士論文。

14. 郭鎧紋，1989，臺北盆地水文地質模式的發展與應用，國立臺灣大學地質學研究所博士論文，共457頁。

15. 游能悌、吳文隆、費立沅、紀宗吉、蘇品如、謝文誠、楊智堯，2011，淡水河以西與大漢溪流域的松山層層序，中華民國地球物理學會與中華民國地質學會100年年會暨學術研討會。

16. 黃德乾，1962，臺北盆地之松山層，臺北文獻第一期，P.77~95。

17. 黃鎮臺，1987，台北市地層大地工程性質分區研究，地工技術，第20期，第71-77頁。

18. 經濟部中央地質調查所，2008，都會區及周緣坡地環境地質資料庫圖集。

19. 鄧屬予，2006，臺北盆地之地質研究，西太平洋地質科學第六卷，P.1~19。

20. CHEN & LIN (2000) Distribution and Significance of Volcanic Materials in Sediments of the Taipei Basin. Journal of the Geological Society of China, 43, 287-310.

21. CHEN & LIU (1991) Radiocarbon Dates of River Terraces Along the Lower Tahanchi, Northern Taiwan : Their Tectonic and Geomorphic Implications. Proceedings of the Geological Society of China, 34, 337-347.