

臺中市立長億高級中學
圖書館資訊暨教學大樓新建工程

鑽探報告書



業 主：臺中市立長億高級中學
規劃設計監造單位：吳嘉栩建築師事務所
中華民國110年09月 (定稿版)

臺中市立長億高級中學
圖書館資訊暨教學大樓新建工程

地基調查報告書



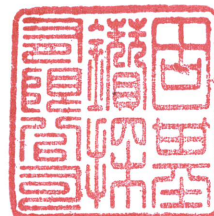
宋岫毅
手簽

承辦單位：固基鑽探有限公司

台中市大雅區永和路5-15號

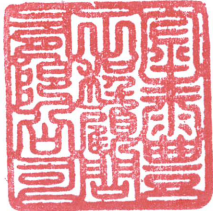
TEL：(04) 2560-4101

FAX：(04) 2560-3935



中華民國 110 年 7 月

建築物結構與設計專業技師簽證報告

建築位置	地 號:臺中市太平區福星段841、844 及858 地號		
	地 址:		
建築規模	地上 4 層、地下 1 層		
簽證內容	地基調查部分由本技師事務所簽證負責		
簽證技師	姓 名:宋岫毅 執業執照號碼:技執字第003436號 內政部許可文號:登記號碼-234254 內授營建管字第1090801104號 事務所名稱:金泰豐工程顧問有限公司 事務所地址:臺中市大雅區永和路5-15號 事務所電話:(04)25604101 執業圖記:    宋岫毅		
結構程式			
日期	民國 110 年 07 月 20 日		
備註			

目 錄

目 次	頁 次
第 一 章 前 言	1-1
第 二 章 工 作 內 容	2-1
2-1 基地概況	2-1
2-2 鑽探位置	2-1
2-3 現場地質鑽探	2-1
2-4 土壤試體取樣與岩心整理	2-4
2-5 現場試驗工作	2-5
2-6 地下水位觀測井埋設與觀測	2-5
2-7 室內試驗	2-6
第 三 章 區 域 地 質 資 料 調 查	3-1
3-1 地形概況	3-1
3-2 地層構造	3-1
3-3 區域地質構造	3-5
3-4 地震與活動斷層研判	3-8
3-5 環境地質影響評估	3-8

第 四 章 基地地質及工程性質	4-1
4-1 地層分佈	4-1
4-2 基地地質	4-1
4-3 地下水位概況	4-5
4-4 工程性質參數建議	4-5
4-5 地盤種類	4-8
第 五 章 地震液化潛能評估	5-1
5-1 台灣地區地震概況	5-1
5-2 土壤液化的機制	5-3
5-3 水平譜加速度係數	5-4
5-4 液化潛能評估結果	5-4
5-5 地震力分析	5-8
5-6 液化地層土質參數之折減	5-8
5-7 液化危害度分析	5-8
第 六 章 大地工程分析	6-1
6-1 基礎型式選擇及建議	6-1
6-2 基礎承载力分析	6-1
6-3 沉陷量分析	6-5
6-4 基礎底部上舉力分析	6-8

6-5 側向土壓力分析及開挖底面穩定性之檢討.....	6-9
6-6 基礎施工應注意事項建議.....	6-19
6-7 地盤改良之需要性及對改良方式建議.....	6-19
 第 七 章 結 論 與 建 議	 7-1
7-1 綜合結論	7-1
7-2 建議事項	7-6
 附 錄 :	
附錄 A 鑽探報告表.....	A
附錄 B 試驗報告	B
附錄 C 施工照片	B
附錄 D 強震測站場址工程地質資料庫	C

圖 目 錄

圖號說明	頁 次
第二章	
圖 2-1 基地位置圖	2-2
圖 2-2 鑽孔位置圖	2-3
第三章	
圖 3-1 基地區域地質圖	3-9
圖 3-2 基地鄰近斷層圖	3-10
圖 3-3 環境地質圖	3-14
第四章	
圖 4-1 基地地質圖	4-2
圖 4-2a 地層柱狀剖面圖(A-A')	4-3
圖 4-2b 地層柱狀剖面圖(B-B')	4-4
第五章	
圖 5-1 臺灣地區地震活動七分區邊界圖	5-3
圖 5-2 基地土壤液化潛勢查詢	5-6
圖 5-3 新日本道路橋液化評估法分析流程圖	5-7
第六章	
圖 6-1 壓密沉陷量計算示意圖	6-6

圖 6-2 擋土設施土壓力平衡	6-11
圖 6-3 臨時性開挖底面穩定性分析圖	6-13
圖 6-4 隆起檢討	6-13
圖 6-5 砂湧檢討	6-14
圖 6-6 臨時土壓力及水壓力	6-18
圖 6-7 永久土壓力及水壓力	6-18

表 目 錄

表號說明	頁 次
第三章	
表 3-1 距離場址半徑 20 Km 圖幅範圍內活斷層一覽表	3-11
表 3-2 一般工址短週期與一秒週期之設計水平譜加速度係數 S_s^D 與 S_1^D ，以及工址短週期與一秒週期之最大考量水平 譜加速度係數 S_s^M 與 S_1^M	3-11
表 3-3(a) 短週期結構之工址放大係數 F_a	3-12
表 3-3(b) 長週期結構之工址放大係數 F_v	3-12
表 3-4 中央地質調查所調查第一類活動斷層性質表	3-12
表 3-5(a) 一般工址或近斷層區域之工址設計水平譜加速度係 數 S_{aD}	3-13
表 3-5(b) 一般工址或近斷層區域之工址最大水平譜加速度係 數 S_{aM}	3-13
表 3-6 近車龍埔斷層調整因子 N_A 與 N_v	3-13
第四章	
表 4-1 黏性土壤 N 值與無圍壓縮強度之關係	4-5
表 4-2 砂性土壤 N 值與摩擦角之關係	4-6
表 4-3 垂直地盤反力係數 K_v 與 SPT-N 值關係	4-7
表 4-4 各地層簡化設計用建議參數表	4-7
第五章	

表 5-1 液化潛能指數危害度及抗液化措施	5-9
-----------------------------	-----

第六章

表 6-1 基礎不同深度之容許承载力	6-3
--------------------------	-----

表 6-2 支承力因數	6-4
-------------------	-----

表 6-3 容許沉陷量	6-8
-------------------	-----

表 6-4 角變量與建築物損壞程度	6-8
-------------------------	-----

第一章 前言

建築及工程規劃設計之初，最重要為掌握基地之工程性質，因此先期的地基調查是首要工作。

本案為臺中市太平區長億高中圖書館及資源回收室新建工程，擬新建圖書館建築物為地上 5 層、地下 1 層之鋼筋混凝土構造。資源回收室建築物為地上 1 層、無地下 1 層之建築物。

業主為辦理「臺中市太平區長億高中圖書館及資源回收室新建工程」地基調查，乃委託固基鑽探有限公司（以下簡稱本公司）辦理地質鑽探及試驗工作，評估工址之地層狀況，以作為日後設計及施工之依據。

本報告書即針對「臺中市太平區長億高中圖書館及資源回收室新建工程」地基調查之工作成果彙編成地基調查報告書，包含工作內容、區域地質資料調查、基地地質及工程性質、地震液化潛能評估、大地工程分析等敘述如後，最後綜合上述結果提出結論與建議，以供參考。

第二章 工作內容

2-1 基地概況

申請基地位於臺中市太平區長億高中現址，地址為臺中市太平區長億六街 1 號，於太平區長億六街及太堤西路旁（位置詳見圖 2-1），出入交通良好。基地於台中盆地，地勢平緩，計畫新建位置現為停車場及植草皮之空地。

2-2 鑽探位置

於圖書館新建位置總共施作 4 孔，其中 1 孔鑽孔深度為 30M (BH-3)，其他 3 孔鑽孔深度為 9M (BH-1，BH-2 及 BH-4)；於資源回收室新建位置總共施作 2 孔，2 孔鑽孔深度皆為 9M (BH-1 及 BH-2)；鑽探孔位詳見圖 2-2。

2-3 現場地質鑽探

現場地質鑽探工作採用衝擊式鑽堡施作，有關施鑽方式說明如下。

1. 鑽探方法於一般土層及卵礫石層係採用衝擊法 (Percussion Boring) 進行。如遇岩層則採用旋鑽 HQ wireline 三套岩心管取樣。
2. 遇水或塌孔時以皂土，或施放套管保護孔壁。

鑽探完成後隨即進行鑽孔地質記錄，製作鑽孔地質柱狀剖面圖詳見附錄 A。

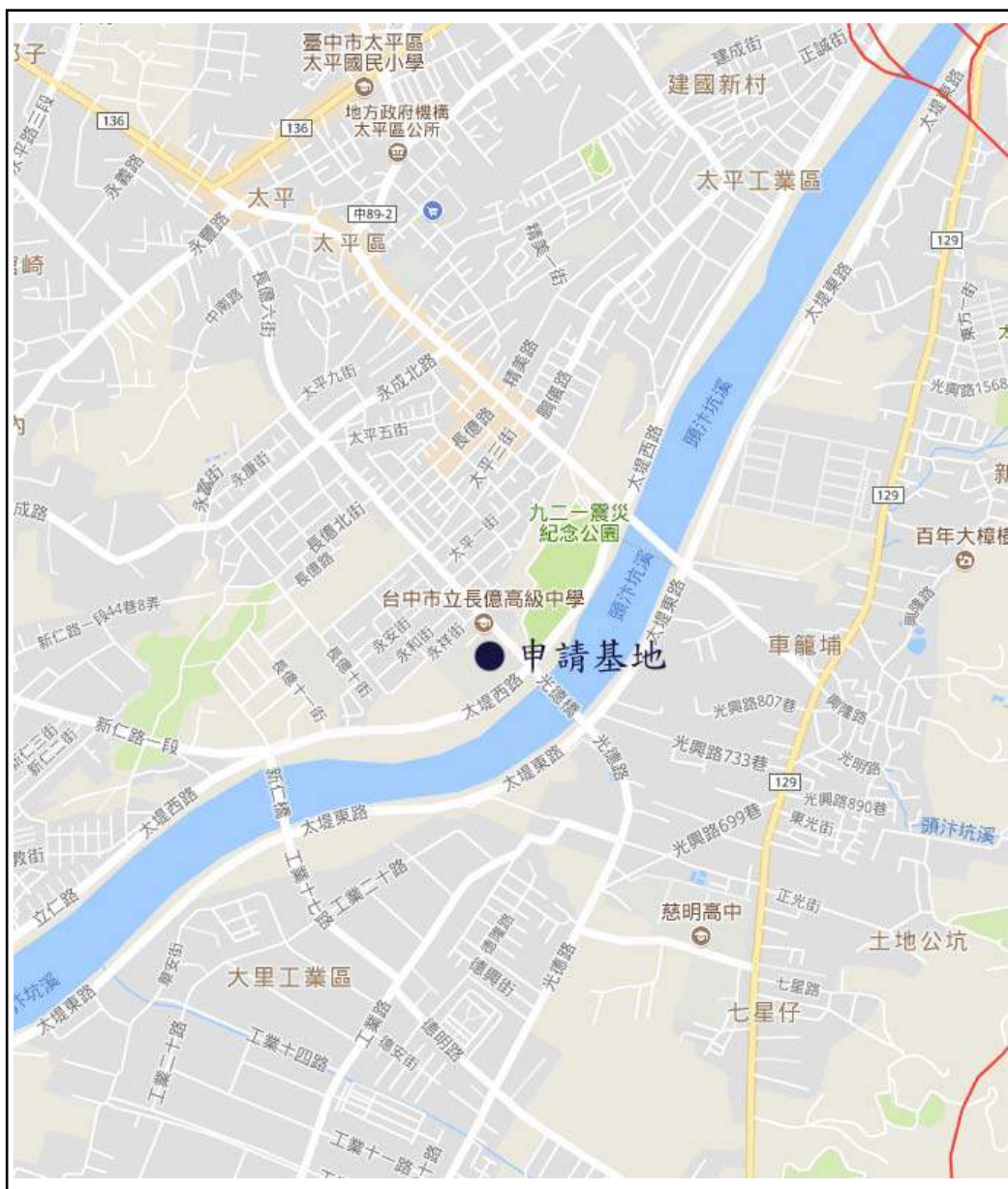


圖 2-1 基地位置圖

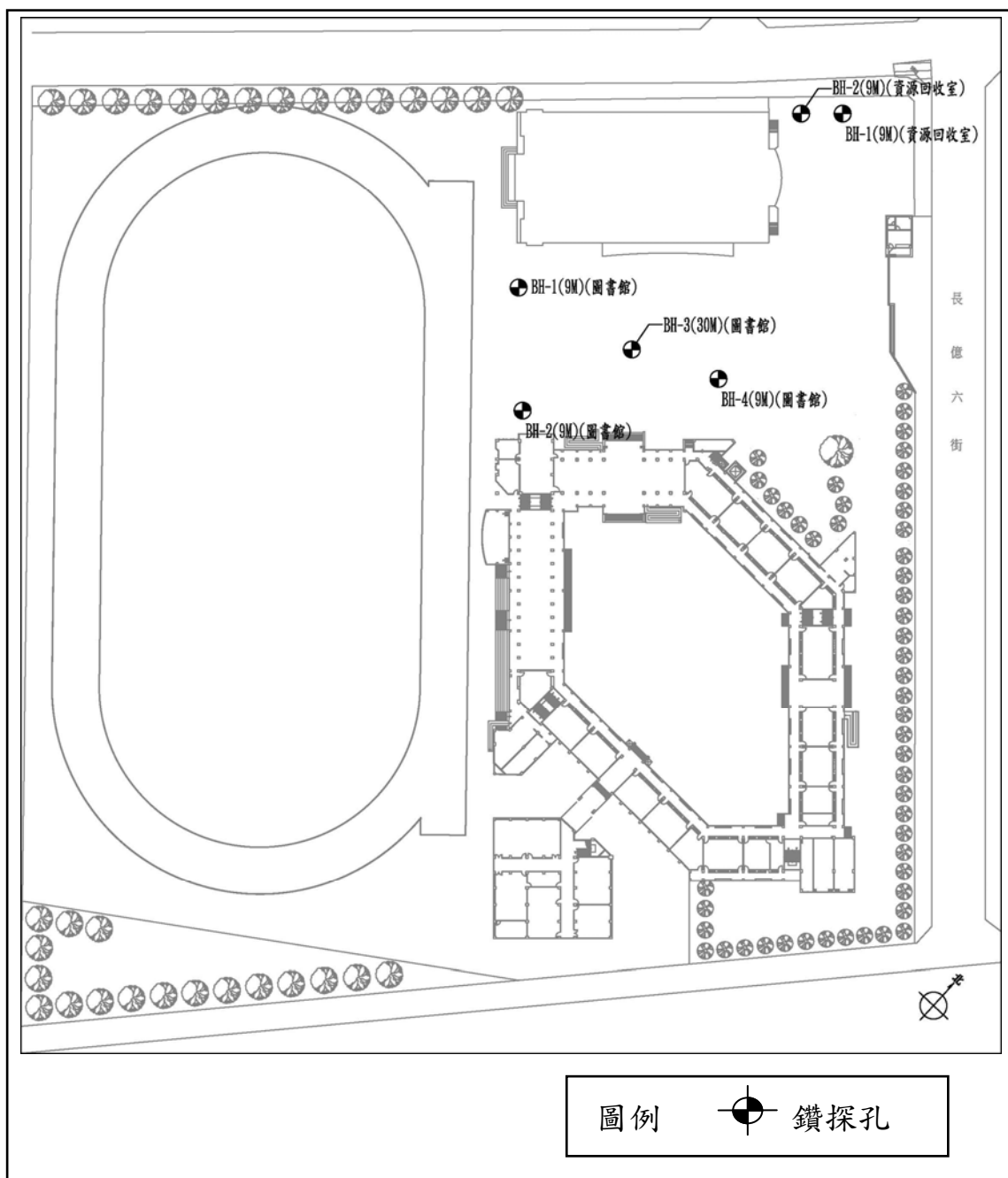


圖 2-2 鑽孔位置圖

2-4 土壤試體取樣與岩心整理

1. 土壤試體取樣

土壤試驗之試體，係依試驗種類而分為擾動及不擾動取樣，一般擾動取樣係供土壤一般物理性試驗之用，茲將其分別敘述如下：

1.1 擾動取樣

依 ASTM D-1586 之規定，先將套管打入預定取樣位置上六十公分，以側向沖水之魚尾鑽清孔至預定取樣位置，改用標準分裂式取樣器打入土層中，採取原狀土樣，取樣區間通常不超過 2 公尺，且取樣處均在套管底端六十公分以下。每次取得土樣除將代表性部份（通常為中間二個銅圈）立即密封標示送回試驗室，供一般物理指數性質試驗外，其餘部份當場以目視或手指觸覺，檢視土樣之組織、稠度、結構、顏色、深度、數量及其他特徵記錄於工地報表中。

1.2 不擾動取樣

按上述方式清孔至預定取樣位置後，用油壓機將合乎 ASTM 規定採取不擾動土樣，壓入深度不大於薄管長度，經五分鐘後將薄管取樣器扭轉 180 度再緩緩抽出。取樣器拔出後立即將上端鬆軟部份清除，下端則挖取長 25 公釐之土樣供現場目視分類用，然後丈量樣品長度、標示孔號、深度及位置，再於兩端放置不透水墊板封臘及封套後送回試驗室，以提供土壤力學試驗之用。

2. 岩心整理

連續取樣鑽得之岩心，均依序逐米放置岩心箱內，放置過程中，遇岩心流失或取作試驗時，均以保麗龍填補並註明原因，並於箱上標明工程名稱、孔號、箱號及深度。

2-5 現場試驗工作

1. 標準貫入試驗

鑽探過程中，依規定於土礫石層鑽孔中，每隔 1.5 公尺及土層變化處辦理標準貫入試驗一次。施行標準貫入試驗之前，孔底之鑽屑均需清除乾淨，再將符合 ASTM-1586 之標準分裂式取樣器裝上鑽桿，放至孔底，於鑽桿上端連接附裝鐵墊之滑桿，再將 140 磅重夯錘套入滑桿內，使其自由落下且均勻夯擊鐵墊。

每次夯錘自由落下之高度為 760 公釐，並計算夯擊標準分裂式取樣器貫入土層 305 公釐之錘擊數。夯擊之錘擊數分二次計算，先預打貫入土層 153 公釐後再重新開始計數，每貫入 153 公釐分別記錄一次，直到再貫入總深度 459 公釐為止，後兩次貫入 153 公釐之錘擊數超過 100 次時，則記錄 100 次所貫入之深度。標準貫入試驗結果，請參見附錄 A。

2-6 地下水位觀測井埋設與觀測

為瞭解基地內地下水位分佈情形，乃在各針孔完成後分別埋設 25.4 公釐之 PVC 管，管底端約 1.5 公尺長之管壁加鑽透水孔六排，孔徑 3 公釐，上下子距約 8 公分且被覆細目尼龍網。觀測井於安置妥當後翌日即觀測並持續觀測約 24 小時並記錄之，地下水位之量測以電子水位計放入孔內，當接觸水時由地面之指示器的指針、燈號、音響感知由電纜線上之標示讀出水面深度。

為瞭解基地之地下水位及水壓分佈情形，在各孔鑽探工作完成後皆埋設觀測井。觀測井觀測結果各個鑽探孔之地下水位於調查期間之結果詳見第四章。

2-7 室內試驗

現場鑽探所取得之劈管土樣、薄管土樣，經妥善之裝運後，隨即送回合格試驗室以進行各項試驗，茲將室內一般物理性質試驗詳述於後。

1. 一般物理性質試驗：

試驗項目包括含水量測定、單位重測定、孔隙比測定、比重計分析、篩分析、比重測定及阿太堡限度測定等。

1.1 含水量測定：

依照 CNS 5091 及 ASTM D2216 規定步驟進行，選取約一百公克左右土樣，置於烘箱（ $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ）內二十四小時後測定。

1.2 單位重測定：

由精密上皿天平量取試驗土樣之重量除以量得試樣體積得之。

1.3 顆粒粒徑分佈曲線：

顆粒粒徑分佈試驗包括比重計分析與篩分析試驗。試驗步驟依照 CNS 11776 及 ASTM D421 與 ASTM D422 規定進行。試驗時取烘乾土樣 45 公克置於抗凝劑（Sodium Hexametaphosphate）溶液中 24 小時後再經電動攪拌後置入 1000 cc 沉澱筒內，並於不同歷時量取比重計讀數。經 24 小時之沉澱後，再將水土混合液倒入 200 號篩網內洗去過篩顆粒，再予烘乾置於篩網系列搖晃 5~10 分鐘進行篩分析試驗。

1.4 比重測定：

土樣之比重為土粒重量與同體積蒸餾過水重量之比值。測定比重之試樣均為烘乾試樣，其重量為 45 公克，試驗步驟依照 CNS 5090 及美國材料試驗學會標準 (ASTM D854) 規定實施。

1.5 阿太堡限度試驗：

本試驗係依照 CNS 5088 及 ASTM D4318 規定進行。取通過 40 號篩之自然土樣放入容器加水拌合，放入液性試驗儀擊打以測定液性限度。而塑性限度則係在毛玻璃上將土樣揉搓成直徑 3mm 之圓柱條狀，並且正好龜裂之含水量。

1.6 孔隙比測定：

孔隙比測定係由單位重、含水量及比重等計算而得，其計算式如下所示：

$$e = \frac{(1+w) \times G_s \times \gamma_w}{\gamma_t} - 1$$

式內

e = 孔隙比

γ_t = 土壤之單位重

w = 含水量

G_s = 土粒之比重

γ_w = 水之單位重

1.7 土壤工程分類：

依照 CNS 12387 及 ASTM D2487 之統一分類法進行。

第三章 區域地質資料調查

3-1 地形概況

本基地位於台中盆地中央偏東位置，東倚西部麓山帶地形分區，地形主體為台中盆地。

台中盆地係一細長之盆地，為西側大肚山、八卦山與東側麓山帶所環繞而成，南北縱長約 48 公里，於北端豐原附近寬約 9.5 公里，中央約 14 公里，然後往南至濁水溪北岸逐漸縮減。盆地面以西側大肚溪缺口為最低點，呈向西傾斜面。

臺中盆地高度多在 200 公尺以下。盆地外西側有兩個主要沖積平原，分別為清水沖積平原及彰化沖積平原，但兩者以大肚溪為界。

基地地表高程約為 75m，基地地形平坦，基地內無陡坡或低凹等地形，亦無鄰近斷崖及陡坡，現階段並無地形災害發生潛能。唯東南側鄰頭汴坑溪，仍有洪患發生可能。

3-2 地層構造

基地位於台中盆地，地表地層依附近調查結果屬全新世沖積層所覆蓋，為未固結沉積物，主要由礫石、砂及泥所組成。（參見圖 3-1 基地區域地質圖）。

茲將本區地層性質逐一系列述如下：

1. 錦水頁岩(Cs)

本層具特殊岩性與化石群，且普遍出露於西部麓山帶中，可作為臺灣西部地區地層對比上的一重要指標層。本層主要分布在與臺中盆地相鄰之麓山帶的最西緣，約略呈南北方向零星出露，本層底部因被車籠埔斷層截斷而未見出露。

由厚層深灰色的泥岩及砂頁岩薄互層為主的地層，富含生物化石及生痕化石。厚層泥岩中，通常夾有灰色凸鏡狀砂岩薄層，層厚約一公分左右，且其延伸性甚差。砂岩主要為單層厚度小於 5 公分的風暴層，常具平行紋理、波狀紋理或低角度交錯紋理。區內錦水頁岩僅見上部局部出露，以草湖溪及北溝溪出露的厚度最廣，岩性上以泥岩與砂頁岩薄互層為主，偶而出現數十公分砂層（最厚不超過 50 公分），但岩層中未見大量貝類化石。

在苗栗地區，本層的最大厚度約 400 公尺左右。但在臺中地區，以草湖溪剖面錦水頁岩出露較佳，出露厚度約 140 公尺，底部並未完全出露。蟹、單體珊瑚及貝類化石多分布於本層下部，惟本圖幅區內僅出露上部，故上述化石不易發現。

本層上下各與卓蘭層及桂竹林層呈整合接觸。但其與桂竹林層的界線並未在本區中出露地表。於草湖溪剖面，錦水頁岩與卓蘭層的接觸面以下為厚約 20 公尺的厚層泥岩夾細薄層粉砂岩，界面以上卓蘭層為厚層具強烈生物擾動的砂岩與具平行層理、大型交錯層理的砂岩，總厚度約為 15 公尺。

由於本層延伸廣泛且岩性特殊，為以厚層深灰色的泥岩為主的岩石地層單位，故在臺灣中北部的調查報告中皆使用錦水頁岩名稱。

2. 卓蘭層(C1)

卓蘭層是車籠埔斷層上盤最厚的岩層，估計約 2000 公尺。地層命名由烏居敬造（1935）所提出。年代為上新世晚期至更新世早期。與下伏的錦水頁岩，上覆的頭嵙山層分別呈整合接觸。分佈於麓山帶西側，下部局部因受車籠埔斷層上盤擾動之影響，岩層變形或錯動。岩性有泥岩、頁岩與細砂岩互層、粉砂岩與泥岩薄互層、

粉砂岩夾薄透鏡狀細砂岩、粉砂岩與細砂薄互層、粉砂岩、細砂與頁岩紋層薄互層及細砂岩，除部份細砂岩層外，多數岩層均有生物擾動現象或有生痕化石，部份粉砂岩層或泥岩層含貝類化石。沉積環境則可能於上遠濱至中遠濱之間變動(陳華玟、2004)。在卓蘭層上部可發現局部富含板岩碎屑，因此推測沈積物來源有部分是來自於古中央山脈。

卓蘭層的岩性主要以灰色泥質砂岩、砂質頁岩及頁岩之互層所構成，層理明顯。砂岩單層之厚度 30~60 公分居多，有時複合成數公尺的厚層砂岩，尤其在本層上部，可見數層厚約十幾公尺的複合砂層。砂質頁岩較薄，砂岩比較堅硬，呈板狀，對風化的抵抗力較強，其層面在地面常常形成順向坡。砂頁岩比例(或砂岩出現頻率)與砂岩單層厚度往上漸增，沈積物顆粒度也隨之變粗。砂岩呈淡青灰色或淡灰色，由細至粗粒的混濁砂岩所組成。由於砂岩和頁岩的抗蝕力不等，因此本區卓蘭層出露地區常出現單斜脊地形，或稱單面山的地形。砂岩的沉積構造主要以平行層理、低角度交錯層、圓丘狀交錯層理、波狀與壓扁狀構造為主，次生的沈積構造有崩移構造及荷重造成的球枕狀構造。頁岩呈青灰色或暗灰色，層厚一般自數公分至半公尺皆有。本層生物擾動的現象頗為普遍，常破壞岩層中的原生沈積構造。本區常見的青灰色「塊狀」泥質砂岩，便是經劇烈生物擾動作用的岩層外觀，乃生物之活動將砂頁岩互層層理攪亂所致。若詳細觀察塊狀泥質砂岩的沉積構造，常見不規則狀或管狀的生物擾動遺痕散佈其中。若岩層受到強烈的生物擾動，由於生物的作用或殼體溶解出的碳酸鈣成份，有時能提高此種岩層的膠結程度，在地形上常能凸顯成山嶺。

3. 紅土化階地堆積層 (1)

由礫石、砂、黏土組成，礫石以砂岩及石英砂岩為主，在岩性上，此層是由層理不顯的礫石所組成，大多數是由未膠結的礫石及夾在其中的平緩的砂質或粉砂質凸鏡體組成，一般層理和淘選度都很差。礫石直徑由數公厘至一公尺，小於二公厘的顆粒，則為礦物和少量的岩石碎屑。礫石通常和各種不同比例的砂、粉砂、粘土混在一起，和其下的頭嵛山層或較老的地層成明顯的交角不整合。粘土以及粉砂等的填充物是主要色劑，礫石層一般都呈土黃色，由於局部受褐鐵礦的浸染，也常變為褐黃色。一般厚度在 10 公尺以下，最後可達十幾公尺，為古河相沉積物或山麓堆積，頂面普遍有紅土化現象，本層分布於麓山帶與台中盆地交界處，大肚山中北段沙鹿東側鄰近大甲溪的廣大平緩區域。本層不整合覆於卓蘭層或頭嵛山層之上，並未發現生物地層資料，推測為早於更新世晚期的堆積物。

4. 階地堆積層 (t)

階地堆積層分布在區內各主要河流之沿岸，呈零星而側向不連續的分布，一般為河床下切或側向遷移所遺留之舊河道堆積，不整合覆於較老的地層之上。由未膠結之礫石為主，間夾透鏡狀薄砂層，層理面不明，偶可見到疊瓦狀的礫石排列，普遍淘選度不佳，未受紅土化作用影響，推測為更新世晚期以後的堆積物。有一地區出現紅土化現象，可能是侵蝕自紅土化地層之再積性紅土礫石階地，如大肚山東側的階地。

5. 全新世沖積層 (a)：

分布在現生河流的河床、台中盆地、大肚山-八卦山西側的沖積平原，主要為現代沖積層，沉積物以砂礫為主，偶爾夾有厚薄不一的泥層，地表有一層 1-3 公尺的表土，蓋在十公尺之數十公尺厚而普遍分布的砂質礫石層之上。由地形等高線呈現扇狀分布可知，

盆地的沉積物實由數個山麓沖積扇所充填，靠近扇頂及麓山帶邊緣的地區沉積較厚的礫石層，越往沖積扇邊緣則越薄，如位於主河道附近，則礫石層亦會厚些。

3-3 區域地質構造

本區域主要構造線為車籠埔斷層（參見圖 3-2），約略呈南北走向，車籠埔斷層以東依序出露錦水頁岩、卓蘭層與頭嵙山層，形成單斜的地質構造。其中，錦水頁岩下部未出露地表，其上部岩性以厚層或塊狀泥岩為主，夾薄砂頁岩互層，偶見厚數十公分之風暴層。卓蘭層出露較為完整，岩性以砂頁岩互層為主。頭嵙山層在東南緣僅見複合厚層砂岩間夾砂頁岩薄互層及薄泥層，且厚層砂岩中常見以泥紋層為層理，屬頭嵙山層下部，而大肚山及八卦山所見之頭嵙山層，頂部有明顯紅土化，由厚層砂岩與頁岩互層往上漸變為以礫石為主之岩段，屬頭嵙山層上部。車籠埔斷層以西屬台中盆地，以現代沖積層與零星分布於麓山帶最西緣的階地堆積層所覆蓋。清水斷層與彰化斷層西側則為沉積現代沖積層之沖積平原。

台中盆地位於本省中西部，南北長約 40 公里，東西最寬約 16 公里，總面積 370 平方公里，係本省最大盆地，介於大安溪與濁水溪之間，東側是雪山山脈西側的山麓帶，西側是大肚山、八卦山，北端起於大安溪、大甲溪的氾濫平原，南接后里台地，經豐原、台中、大里、南投，止於民間以南 800 公尺的風峽；東側係一排複合沖積扇，地質上的界限是車籠埔構造，西側為大肚山背斜至八卦山背斜。

盆地本身係一向下凹曲之地塊，四周大小溪流攜帶泥砂進入盆地而構成沖積地層之平原，此等溪流主要有大肚溪、大里溪、筏子溪、頭汴坑溪、貓羅溪及平林溪等。

台中盆地為一構造盆地，係台灣西部晚新生代沉積盆地之一部分，其上部由未固結之粘土、泥砂、卵礫石所構成。台中盆地自中新世經上新世以迄更新世，其間地層沉積由西向東逐漸增厚，尤其自上更新世台灣島發生主要之造山運動以來，由於來自東方之擠壓力增強，使車籠埔逆斷層東側地塊加緊向西推擠及向上逆衝，迫使台中盆地產生向下撓曲現象，因此盆地加速下降，而使盆地中心逐漸西移，再於晚更新世發生上昇運動，逐漸形成今日之台中盆地。

茲將本區地質構造逐一列述如下：

1. 車籠埔斷層

為臺中盆地與豐原、南投兩丘陵的交界線，自豐原至名間，呈南北走向，長約 50 公里。車籠埔斷層兩側地層接觸關係為錦水頁岩逆衝覆蓋在較新的地層之上，且為三義逆掩斷層向南的延伸（Meng, 1963）。林朝榮（1957）觀察到更新世形成的河階面受此斷層的引曳而向西下撓（down-warping），因而推斷此斷層及臺中盆地均形成於更新世晚期。依地表調查與重力測勘推斷車籠埔斷層為低角度逆掩斷層（Lee, 1949; Pan, 1967; Chang, 1971）。張錫齡並認為此斷層的斷層面向東傾斜 40° 且延伸至地表，並沿著臺中盆地東緣南北延伸。竹子坑西南方約一公里處發現車籠埔斷層的露頭，觀察到錦水頁岩逆衝至近代河階礫石層之上，斷層面相當平整且未觀察到明顯的擦痕，地表傾角向東大約 25° ，斷層東側的錦水頁岩呈現剪碎斷裂與褶皺的現象，且斷層西側的礫石層未受明顯的傾動而維持近乎水平而略向西傾的位態（可能是原始沈積面）。距上述露頭北方不遠處草湖溪河床導溝開挖堆置在側的岩塊，由頁岩岩塊變成礫石堆，顯示該處應為車籠埔斷層的行徑位置。調查臺中盆地東側麓山帶西緣數條溪流河岸的岩層出露情形，尚無發現其他的斷

層露頭，但普遍有以下的現象：臺中盆地與麓山帶交界處附近，往西行進常見高於地表 3-6 公尺且近乎水平的河階礫石層，東側則未見相當高度的礫石堆積，而是見到位態不一的岩層出露；其交界處可能為車籠埔斷層通過處。上述調查與觀察的結果，應可作為調查車籠埔斷層延伸分布的基礎。豐原南方 3 公里處至大坑軍功國小附近，出露南北延伸的帶狀紅土礫石堆積，長 6 公里寬不超過 500 公尺，層厚可達二十公尺，且因明顯紅土化現象，應屬較早期的山麓堆積，受近期車籠埔斷層活動而形成階地。本區在地形上向西突出，可能是鑒於礫石層的抗侵蝕性質所致，而非全由車籠埔斷層的轉折造成。推論車籠埔斷層應通過此一紅土礫石堆積偏西緣的位置。某些地區（大坑、竹子坑地區）可能因橫移斷層的錯移而有轉折的現象，目前發現兩處橫移斷層露頭，通過大坑地區者屬左移性質為主，竹子坑地區則屬右移性質。於上述露頭所見，車籠埔斷層切穿地表相當年輕的河階礫石層或現代沖積層而出露地表，其上次活動年代應相當接近現代或斷層現今仍持續活動。

3-4 地震與活動斷層研判

根據資料研判(經濟部中央地質調查所台灣活斷層查詢系統網站)，東側約 1.77 公里處有車籠埔斷層，東側約 8.38 公里處有大茅埔-雙冬斷層。根據「建築物耐震設計規範」(100. 7.1)，必需考慮車籠埔斷層之近斷層效應的影響。

根據「建築物耐震設計規範」(100. 7.1)，表 3-1，設計水平譜加速度係數 $S_S^D=0.8$ ， $S_I^D=0.45$ ；最大考量水平譜加速度係數 $S_S^M=1.0$ ， $S_I^M=0.55$ 。

近車籠埔斷層設計地震之調整因子 $N_A=1.23$ ， $N_V=1.36$ ；最大考量地震之調整因子 $N_A=1.25$ ， $N_V=1.50$ 。

3-5 環境地質影響評估

經查詢經濟部中央地質調查所出版地質資料整合網站查詢系統圖 3-3)，及勘察基地現況，本基地並未發現順向坡、惡地、土石流流動區、土石流扇狀地、岩屑崩滑、棄填土區及落石等環境地質災害。

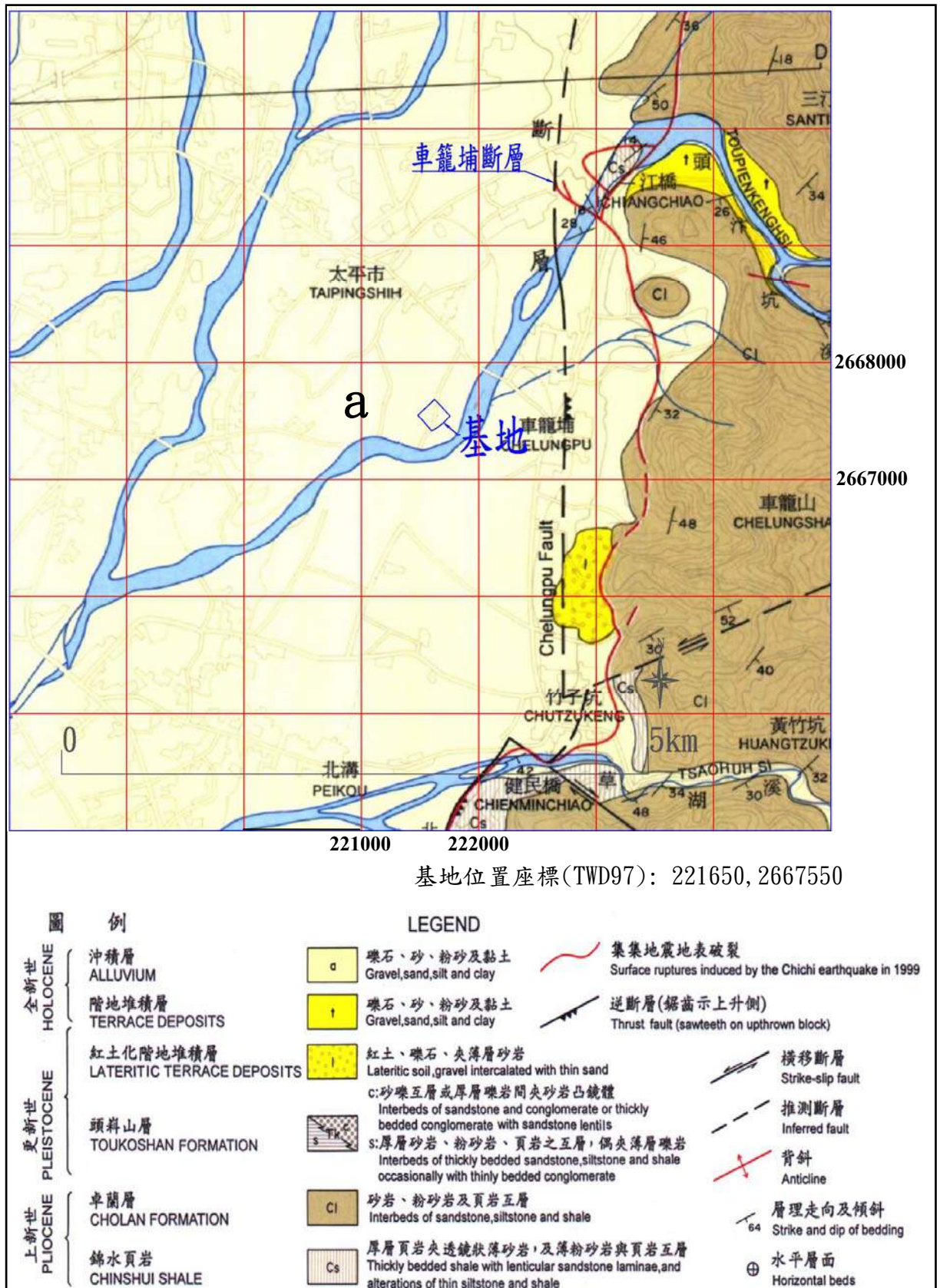


圖 3-1 基地區域地質圖- 參考中央地質調查所出版五萬分之一台中地質圖(2000)。

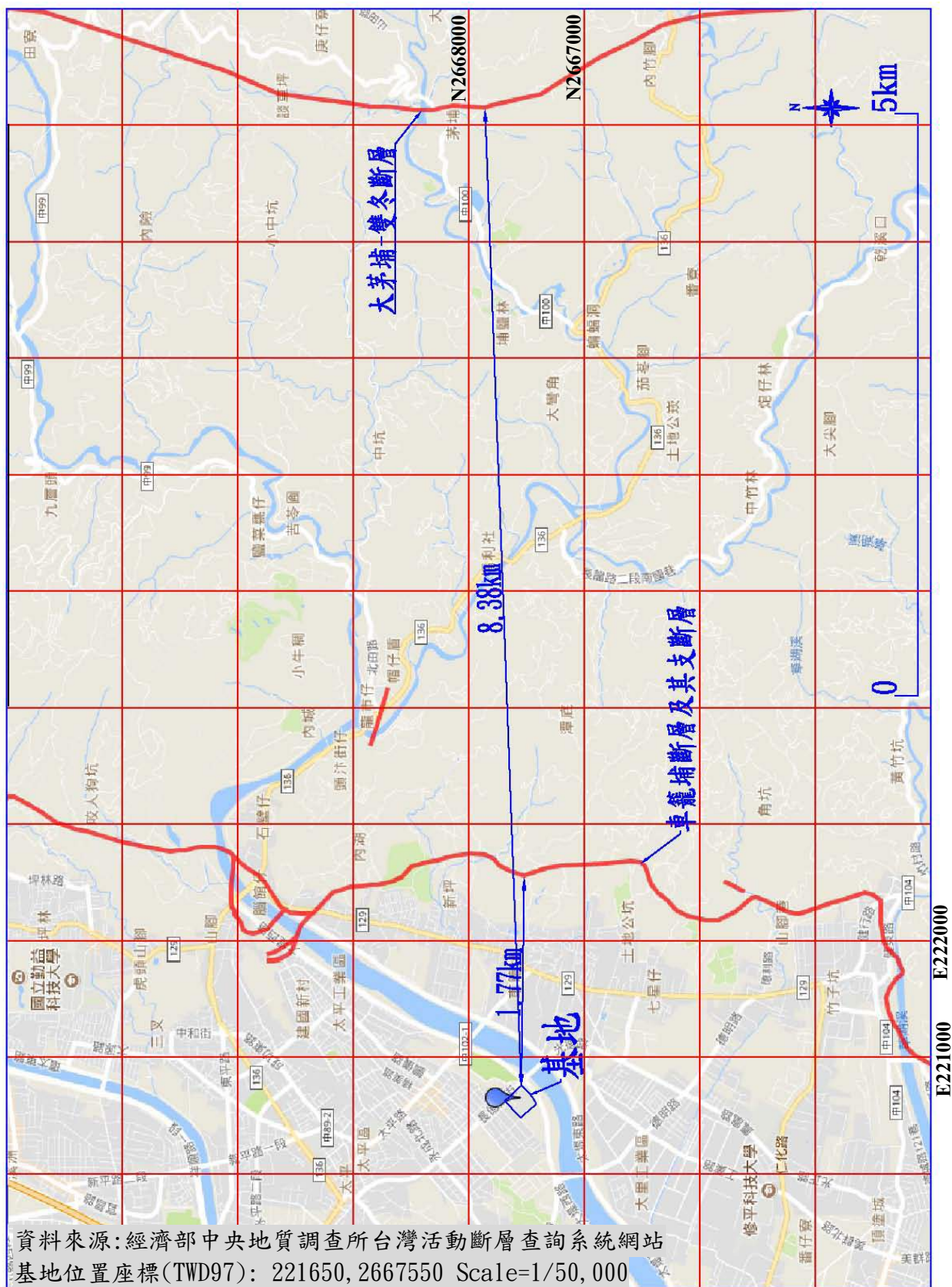


圖 3-2 基地鄰近斷層圖

表 3-1 距離場址半徑 20 Km 圖幅範圍內活斷層一覽表

斷層名稱	距離 Km	斷層名稱	距離 Km
車籠埔斷層及其支斷層	1.77	大茅埔-雙冬斷層	8.38

表 3-2 一般工址短週期與一秒週期之設計水平譜加速度係數 S_s^D 與 S_1^D ，以及工址短週期與一秒週期之最大考量水平譜加速度係數 S_s^M 與 S_1^M

縣市	鄉鎮市區	S_s^D	S_1^D	S_s^M	S_1^M	鄰近之斷層
台中市	豐原區	0.8	0.45	1.0	0.55	屯子腳、車龍埔斷層
	東勢區	0.8	0.45	1.0	0.55	屯子腳、車龍埔斷層
	大甲區	0.7	0.40	0.9	0.50	屯子腳斷層
	清水區	0.8	0.45	1.0	0.55	屯子腳斷層
	沙鹿區	0.8	0.45	1.0	0.55	屯子腳斷層
	梧棲區	0.7	0.40	0.9	0.50	屯子腳斷層
	后里區	0.8	0.45	1.0	0.55	屯子腳、車龍埔斷層
	神岡區	0.8	0.45	1.0	0.55	屯子腳、車龍埔斷層
	潭子區	0.8	0.45	1.0	0.55	屯子腳、車龍埔斷層
	大雅區	0.8	0.45	1.0	0.55	屯子腳、車龍埔斷層
	新社區	0.8	0.45	1.0	0.55	屯子腳、車龍埔斷層
	石岡區	0.8	0.45	1.0	0.55	屯子腳、車龍埔斷層
	外埔區	0.7	0.40	0.9	0.50	屯子腳、車龍埔斷層
	大安區	0.7	0.40	0.9	0.50	屯子腳、車龍埔斷層
	烏日區	0.7	0.40	0.9	0.50	車龍埔斷層
	大肚區	0.7	0.40	0.9	0.50	
	龍井區	0.7	0.40	0.9	0.50	屯子腳斷層
	霧峰區	0.8	0.45	1.0	0.55	車龍埔斷層
	太平區	0.8	0.45	1.0	0.55	車龍埔斷層
	大里區	0.8	0.45	1.0	0.55	車龍埔斷層
	和平區	0.7	0.40	0.9	0.50	車龍埔斷層
	中區	0.8	0.45	1.0	0.50	車龍埔斷層
	東區	0.8	0.45	1.0	0.55	車龍埔斷層
	南區	0.7	0.45	1.0	0.50	車龍埔斷層
	西區	0.8	0.45	1.0	0.50	車龍埔斷層
	北區	0.8	0.45	1.0	0.50	車龍埔斷層
	西屯區	0.7	0.40	0.9	0.50	屯子腳、車龍埔斷層
	南屯區	0.7	0.40	0.9	0.50	車龍埔斷層
	北屯區	0.8	0.45	1.0	0.55	屯子腳、車龍埔斷層

表 3-3(a) 短週期結構之工址放大係數 F_a (線性內插求值)

地盤分類	震區短週期水平譜加速度係數 S_s (S_s^D 或 S_s^M)				
	$S_s \leq 0.5$	$S_s = 0.6$	$S_s = 0.7$	$S_s = 0.8$	$S_s \geq 0.9$
第一類地盤	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
第二類地盤	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
第三類地盤	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0

表 3-3(b) 長週期結構之工址放大係數 F_v (線性內插求值)

地盤分類	震區一秒週期水平譜加速度係數 S_1 (S_1^D 或 S_1^M)				
	$S_1 \leq 0.30$	$S_1 = 0.35$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.45$	$S_1 \geq 0.50$
第一類地盤	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
第二類地盤	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1
第三類地盤	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4

表 3-4 中央地質調查所調查第一類活動斷層性質表

斷層名稱	斷層性質	地表破裂長度	歷史最大地震	備註
1.獅潭斷層 神卓山斷層	逆斷層	15 公里 5 公里	M7.1 (1935.04.21)	
2 屯子腳斷層	右移兼逆斷層	7 公里	M7.1 (1935.04.21)	
3.車龍埔斷層	逆斷層	105 公里	M7.3 (1999.09.21)	
4.梅山斷層	右移斷層	13 公里	M7.0 (1906.03.17)	
5.大尖山斷層 觸口斷層	逆斷層	25 公里 67 公里	M7.1 (1941.12.17)	以中埔地震為歷史最大地震
6.新化斷層	右移逆斷層	6 公里	M6.3 (1946.12.05)	
7 米崙斷層 玉里斷層 池上斷層 奇美斷層	右移兼逆斷層	>25 公里 37 公里 11 公里 18 公里	M7.3 (1951.11.25)	

表 3-5(a)一般工址或近斷層區域之工址設計水平譜加速度係數 S_{aD}

較短週期	短週期	中週期	長週期
$T \leq 0.2T_0^D$	$0.2T_0^D \leq T \leq T_0^D$	$T_0^D < T \leq 2.5T_0^D$	$2.5T_0^D < T$
$S_{aD} = S_{DS}(0.4 + 3T/T_0^D)$	$S_{aD} = S_{DS}$	$S_{aD} = S_{D1}/T$	$S_{aD} = 0.4S_{DS}$

表 3-5(b)一般工址或近斷層區域之工址最大水平譜加速度係數 S_{aM}

較短週期	短週期	中週期	長週期
$T \leq 0.2T_0^M$	$0.2T_0^M \leq T \leq T_0^M$	$T_0^M < T \leq 2.5T_0^M$	$2.5T_0^M < T$
$S_{aM} = S_{MS}(0.4 + 3T/T_0^M)$	$S_{aM} = S_{MS}$	$S_{aM} = S_{M1}/T$	$S_{aM} = 0.4S_{MS}$

表 3-6 近車龍埔斷層調整因子 N_A 與 N_V

(a)設計地震之調整因子

N_A	$r \leq 2\text{km}$	$2\text{km} < r \leq 5\text{km}$	$5\text{km} < r \leq 8\text{km}$	$8\text{km} < r \leq 12\text{km}$	$R \geq 12\text{km}$
	1.23	1.16	1.07	1.03	1.00
N_V	$R \leq 2\text{km}$	$2\text{km} < r \leq 5\text{km}$	$5\text{km} < r \leq 8\text{km}$	$8\text{km} < r \leq 12\text{km}$	$R \geq 12\text{km}$
	1.36	1.32	1.22	1.10	1.00

(b)最大考量地震之調整因子

N_A	$r \leq 2\text{km}$	$2\text{km} < r \leq 5\text{km}$	$5\text{km} < r \leq 8\text{km}$	$8\text{km} < r \leq 12\text{km}$	$R \geq 12\text{km}$
	1.25	1.20	1.10	1.03	1.00
N_V	$R \leq 2\text{km}$	$2\text{km} < r \leq 5\text{km}$	$5\text{km} < r \leq 8\text{km}$	$8\text{km} < r \leq 12\text{km}$	$R \geq 12\text{km}$
	1.50	1.45	1.30	1.15	1.00

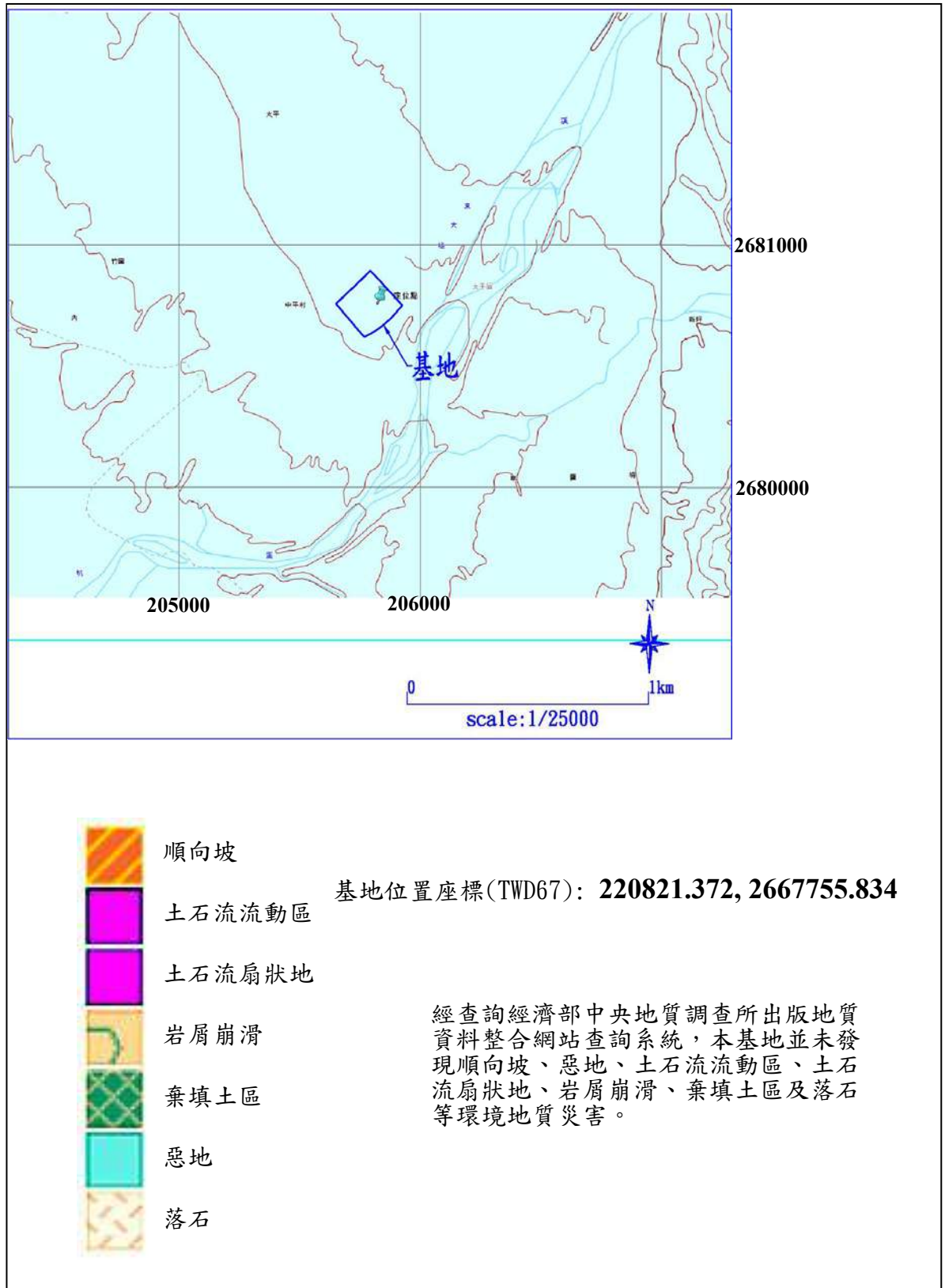


圖 3-3 環境地質圖- 經濟部中央地質調查所出版地質資料整合網站查詢系統。

第四章 基地地質及工程性質

4-1 地層分佈

由現場 0~30m 鑽探深度（最大鑽探深度為 30m）之地質紀錄來看，將地層區分 2 個層次。地層分佈情形請參考地層柱狀剖面圖（圖 4-2）。茲將各層之特性，分別敘述如下：

第 1 層：回填層(SF)：

自地表起算至 G.L. -1.8m 之間主要為回填層，表層為植草皮、瀝青鋪面、混凝土鋪面或地磚鋪面，下方由棕色粉土質砂夾礫石所組成。

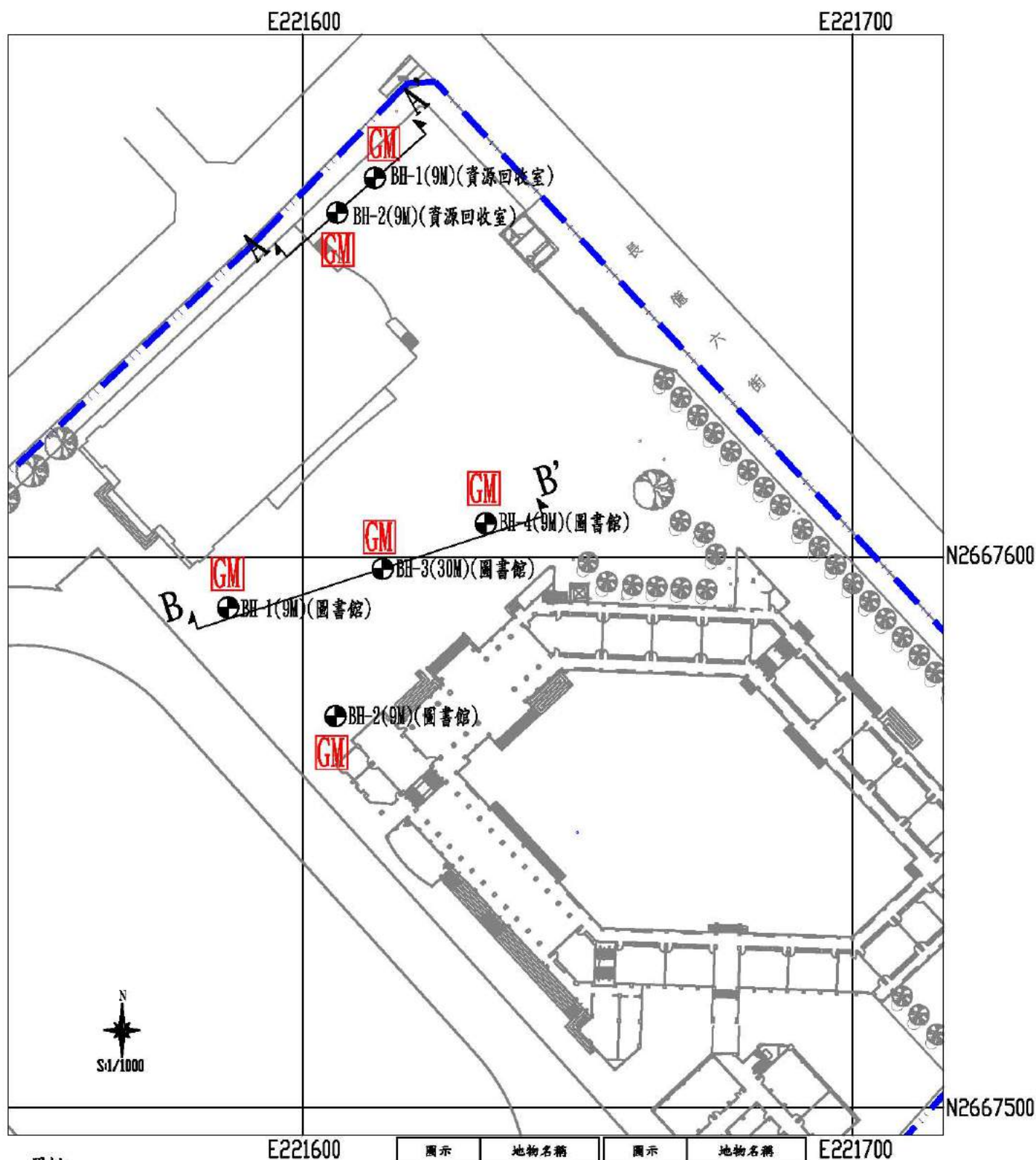
第 2 層：卵礫石層(GP/GM)：

自回填層下方至 G.L. -30m 之間主要為卵礫石層夾黃棕色粉土質砂所組成，偶間夾砂土薄層，現場標準貫入試驗 N 值大於 50。

4-2 基地地質

基地內無岩層露頭可供觀測，經鑽探結果地表為回填層，下伏為卵礫石層。基地地質情況詳見圖 4-1 基地地質圖。

基地地層剖面圖如圖 4-2。



圖例:

基地範圍

卵礫石層。

孔號 鑽孔位置

剖面線。

圖 4-1 基地地質圖

圖示	地物名稱	圖示	地物名稱
.....	坡腳線		界格
TTTTTT	土坎		圍欄點
~~~~~	PC擋土牆	A.C.	AC路面
.....	金屬欄杆		電信桿
~~~~~	施工圍籬		電力桿
-x-x-x-	鐵絲網	□	門(柱)
~~~~~	暗溝	P.C.	PC路面
~~~~~	明溝	T	臨時屋(棚)
	永久房屋	(空)	空地
~~~~~	整路面道路	G	交通標誌
~~~~~	硬路面道路		街道名牌
~~~~~	結構線		花園
~~~~~	水邊線	☆	路燈

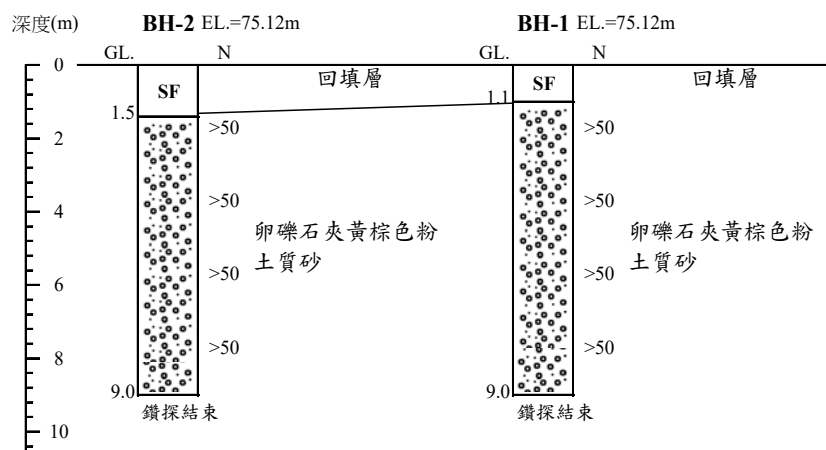


圖 4-2a 地層柱狀剖面圖 (A-A')

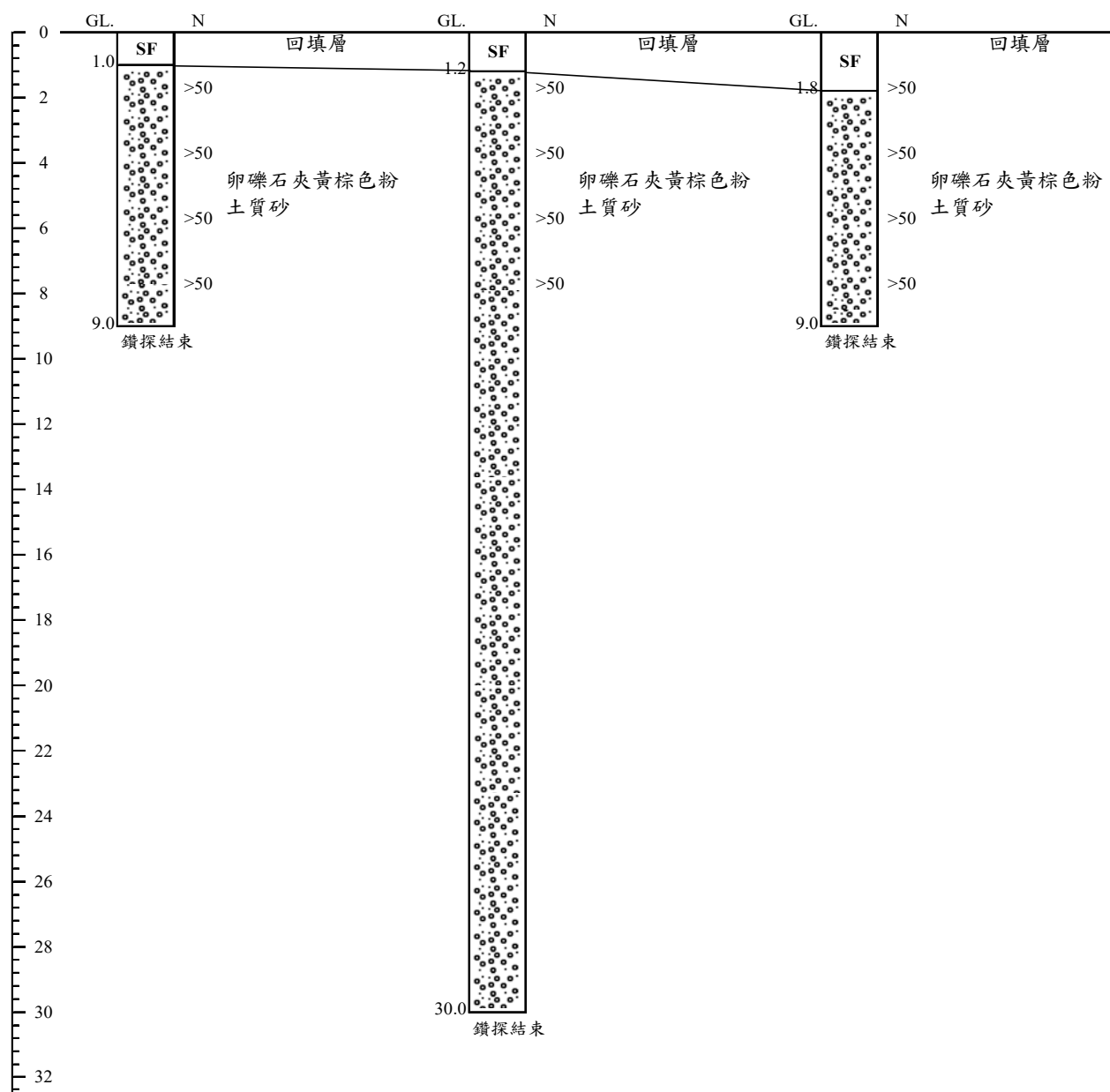


圖 4-2b 地層柱狀剖面圖 (B-B')

4-3 地下水位概況

由現場鑽探結束後，經 24 小時觀測，僅於圖書館區之鑽孔 BH-3 觀測地下水位為 G.L. -18.5m。其他各孔於深度內(9M)皆未發現地下水位。此水位為鑽探當時水位，僅供參考，開挖實際水位須依據長期觀測結果。現場留有水位觀測井，開挖實際水位業主需於開挖前再行確認。設計水位建議採用 G.L. -18m。

經查詢經濟部台灣水文年報地下水井建平測站(06190111)及建平測站(06200111)，歷年水文資料(1998 年~2014 年)，地下水位為 G.L. -10.62~-25.67m 之間。彙整上述結果，設計高水位建議採用 G.L. -10m，常水位為 G.L. -15m。

4-4 工程性質參數建議

力學性質亦可依貫入試驗 N 值進行推估，依據文獻如下：

1. 粘土 $C_c=0.009(LL-10)$ 、 $C_s=0.05\sim0.10C_c$ ；依 Principles of Foundation Engineering(Chap.2, Braja M. Das, 1990)，粘性土壤之無圍壓縮強度 q_u 與標準貫入試驗 N 值之關係如下表：

表 4-1 黏性土壤 N 值與無圍壓縮強度之關係

SPT,N 值	土壤狀態	q_u , (T/M ²)
0~2	Very soft	0~2.55
2~5	Soft	2.55~5.10
5~10	Medium stiff	5.10~10.2
10~20	Stiff	10.2~20.4
20~30	Very stiff	20.4~40.8
>30	Hard	>40.8
*可取 $S_u=0.5\sim0.7q_u$ 。		
**於台北盆地區可取 $S_u/\sigma'=0.22$ 。		

2. 標準貫入試驗 N 值與砂性土壤摩擦角 ϕ 之關係詳見表 4-2，Braja M. Das(1990)

表 4-2 砂性土壤 N 值與摩擦角之關係

SPT, N 值	相對密度, $D_r(\%)$	摩擦角, ϕ
0~5	0~5	$26^\circ \sim 30^\circ$
5~10	5~30	$28^\circ \sim 35^\circ$
10~30	30~60	$35^\circ \sim 42^\circ$
30~50	60~95	$38^\circ \sim 46^\circ$

*於地下開挖時，可採擋土結構結構背側之 $\beta = 1/3 \sim 2/3 \phi$ 。

3. K_v 及 K_h 值之建議依據：

(1). K_h 值之計算依據如以下所述：

- a. 砂土之值與其緊密度(SPT-N)成正比，因此 $K_h = 150 \sim 100 \times N$ (t/m^3)。實務上可採 $K_h = 100 \times N$ (t/m^3)，所以砂土之 K_h 大概介於 $400 t/m^3$ ($N=4$ ，疏鬆砂土)至 $5000 t/m^3$ ($N=50$ ，卵礫石)。
- b. 粘土之 K_h 值與其稠度(S_u)成正比，因此 $K_h = 200 \sim 300 \times S_u$ (t/m^3)。實務上可採 $K_h = 200 \times S_u$ (t/m^3)，所以粘土之 K_h 大概介於 $250 t/m^3$ ($N=2$ ，極軟弱粘土)至 $1000 t/m^3$ ($N=8$ ，中等堅實粘土)。

(2). K_v 值之計算依據如以下所述：

- a. 依謝旭昇等(1996)之建議，遇堅實之承載層時可採用 $K_v = 8000 \sim 10000 T/M^3$ 進行基礎設計。
- b. K_v 值基本上與SPT-N值約略有一正比例之關係 ($K_v = 150N \sim 300N$)，詳見表4-3所示，謝旭昇等(1996)。

表 4-3 垂直地盤反力係數 K_v 與 SPT-N 值關係

土壤種類	SPT-N 值	K_v 值
<u>粘性土壤</u>		
極軟	0~2	<500
軟弱	2~4	500~1000
中等堅實	4~8	1000~2000
堅實	8~15	2000~4000
極堅實	15~30	4000~8000
堅硬	>30	8000
<u>砂質土壤</u>		
極疏鬆	0~4	<800
疏鬆	4~10	800~2000
中等緊密	10~30	2000~6000
緊密	30~50	6000~8000
極緊密	>50	>8000
承載層	>50	8000~10000
註：1. 承載層包括礫石層、岩塊層及岩盤等。 2. 本表適用於有連續壁束制之狀況。		

綜合整理所蒐集之地質調查資料，並參考國內、外學者針對相類似土壤或區域性土層之工程參數研究，可初步推估本基地之土壤工程參數，推估之各土壤工程性質參數建議如下表 4-4。

表4-4 各地層簡化設計用建議參數表

層次	分類	層底深度 G. L. (m)	建議SPT-N值	統體單位重 (t/m^3)	K_h (t/m^3)	K_v (t/m^3)	c (t/m^2)	ϕ ($^\circ$)
1	SF	-1.8	- -	1.80	-	-	0*	26*
2	GP/GM	-30.0	>50 (50)	2.2 註3	5000	8000	Cp=3~4 Cr=0~4 註3 (1)	$\phi_p=26\sim42$ $\phi_r=25\sim42$ 註3 (40)

依實際開挖結果調整土壤參數。

註 1. ()：內為表示建議值，採用平均值或保守值。

註 2. *：參考如下文獻，擷錄謝旭昇等 2013TORSa 研討會土壤參數選擇之建議。

註 3. 參考地工技術，第 55 期，台灣地區中北部卵礫石層工程性質及施工探討，第 35~46 頁。

本報告中所建議之參數主要係根據試驗結果並參考文獻及類

似地層之試驗結果及經驗值而研判，卵礫石層因無現地試驗，故僅能參考相關文獻。有關參數使用說明如下：

1. 謝旭昇等之建議回填土之組成鬆散雜亂，分析上可視為疏鬆砂土(即使 SPT-N 值很高)，摩擦角可採 $26^{\circ}\sim 28^{\circ}$ 。
2. 謝旭昇等之建議砂土層之摩擦角依其緊密度，介於 $28^{\circ}\sim 33^{\circ}$ 之間(疏鬆至緊密，SPT-N = 10~30)。摩擦角可以試驗方法求得，但因取樣擾動之影響，必須配合經驗作必要之修正。砂土
3. 由於中部地區礫石常大於 10 公分，受尺寸效應的影響，無法進行室內實驗求取正確的參數，一般均進行大型現地直剪試驗來決定剪力強度參數。黃崇仁、司徒銳文在台中大肚山台地卵礫石層進行現地直接剪力試驗，結果顯示在 $1\text{kg}/\text{cm}^2$ 之正向應力作用下，卵礫石層凝聚力 C 約為 $0.4\text{kg}/\text{cm}^2$ ，內摩擦角 ϕ 值約為 37° 。任德煜、壽克堅，等人於台中市北屯區進行現地直剪試驗，結果顯示在 $2\text{kg}/\text{cm}^2$ 之正向應力作用下所得之卵礫石層凝聚力 C 約為 $0.15\text{kg}/\text{cm}^2$ ，內摩擦角 ϕ 約為 48.7° 。顯示台中地區卵礫石層具有低凝聚力及高內摩擦角的特性。

4-5 地盤種類

依據「建築物耐震設計規範」第 2.4 節規定，地盤之分類除台北盆地區域外，用於決定工址地盤放大係數之地盤分類，除臺北盆地區域外，餘依工址地表面下 30 m 內之土層平均剪力波速 V_{s30} 決定之。其中， $V_{s30} \geq 270 \text{ m/s}$ 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 30m 內之土層平均剪力波速 V_{s30} 依下列公式計算：

$$V_{s30} = \left[\sum_{i=1}^n di \right] / \left[\sum_{i=1}^n (di / V_{si}) \right], \text{ 其中}$$

式內

1. 粘性土壤：

$$V_{si} = 120 q_u^{0.36}; N_i < 2$$

$$= 100 N_i^{1/3}; 2 \leq N_i \leq 25$$

2. 砂質土壤：

$$V_{si} = 80 N_i^{1/3}, 1 \leq N_i \leq 50$$

由鑽探資料，依上述公式計算如下表。

地層編號	層次	G. L. (m)	厚度 d(m)	N	V _{si}	di / V _{si}
1	SF	-1.8	1.8	5	136.80	0.0132
2	GP/GM	-30.0	28.2	50	294.72	0.0957
$\left[\sum_{i=1}^n (di / V_{si}) \right] =$						0.1088
$V_{s30} = \left[\sum_{i=1}^n di \right] / \left[\sum_{i=1}^n (di / V_{si}) \right] =$						275.6307

$V_{s30} > 270\text{m/s}$ ，經研判基地屬第一類地盤(堅實地盤)。

第五章 地震液化潛能評估

5-1 台灣地區地震概況

臺灣的地震活躍帶大致可分為東北部、東部及西部 3 個地震帶。西部地震帶自臺北南方經臺中、嘉義至臺南，寬度約 80 公里，其特色為震源深度淺（約 10 餘公里）、地震個數較少但餘震較頻繁，影響範圍較廣，造成災情較重。東部地震帶北起宜蘭東北海底向南南西延伸，經過花蓮、成功到臺東，遙指呂宋島，寬度約 130 公里，其特色為地震個數多且震源較西部地震帶為深。東北部地震帶由琉球群島向西南延伸，經花蓮、宜蘭至蘭陽溪上游附近，屬淺層震源活動帶。此三大地震帶的形成機制均與板塊構造息息相關，且各地震帶內的地震活動有其不同的活動特性及發震形態，於本文中將再細分為臺北、臺中、嘉南、高屏、臺東、花蓮及宜蘭等 7 分區（7 分區之邊界參見圖 5-1），針對本基地所在的臺中分區探討相關地震活動特性如下。

1、區域概述

臺中分區於地理位置上隸屬於臺灣西北部與中部，範圍涵蓋桃園、新竹、苗栗、臺中、南投與彰化北邊等地區，地體構造上橫跨濱海、平原、丘陵與麓山帶，為歐亞大陸板塊的一部份。本區受到歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊之碰撞推擠的影響，斷層分布相當密集，且多為逆衝斷層，地震活動以淺源地震為主，因人口分布密集，歷史上曾發生過幾次嚴重的災害地震，如 1916~1917 年的南投地震系列、1935 年的新竹-臺中地震等。

根據中央地質調查所的斷層分類標準，本區共計有 4 條第一類活動斷層，包括獅潭斷層、神桌山斷層、屯子腳斷層與車籠埔斷層；

另有多條第二類活動斷層與存疑性活動斷層，例如新城斷層、三義斷層、大茅埔-雙冬斷層、雙連坡斷層與彰化斷層等。

2、時空分布與特性

本區在地震活動的時序統計上，若以 1999 年 9 月 21 日集集地震為界，於大地震發生之前本區每月平均地震個數僅約 85 個，但大地震發生之後至 2008 年止每月平均地震個數則為 221 個，兩者有非常明顯的差別。而從每年及每月個數統計圖，更可明顯發現 1999 年以前每年地震個數約為 1 千個左右，但 1999 年已暴增至 20248 筆地震，至 2008 年尚有 1482 筆地震，顯示因受到集集地震餘震影響，本區整體地震活動度較過去增加許多，而至 2008 年底每月地震個數已有逐漸遞減接近集集地震發生之背景形態。Wu and Chiao (2006) 曾針對集集地震發生前 (1999 年 1 月至 1999 年 9 月) 之全臺灣規模大於 2 之地震個數進行時序統計分析，其結果顯示主震發生前持續數個月每月地震個數都有明顯偏低趨勢。

從長期觀測 (1901~2008 年) 資料分析，顯示本區地震活動有 91% 集中在規模 3 以下，即多數為微小地震；至於在地震深度剖面與統計方面，則有 86% 的地震震源位在淺層 20 公里範圍內。從空間分布的角度而言，本區地震活動密集區主要位於通霄-埔里地震帶，成西北-東南走向之線形分布，地震規模小而且淺，應與板塊碰撞前緣的斷層作用有關。另外，位於彰化-員林一帶之北港高區與桃園西側之觀音高區，在地質條件上因受基盤高區影響，屬於地震活動稀少的區域，可能是因為這些地區地底下地溫梯度較同深度之其他地區高，岩石剛性較弱，變得比較具有塑性，不容易累積地震變形能量於岩石之中，因此就不易引發地震 (王乾盈，1997)。

3、災害與特殊地震回顧概述

根據臺灣地區自 1901 年迄今臺中分區規模大於 5.5 之地震時序圖顯示，本區災害性地震發生之頻率並不如嘉南分區高。但由災害性地震發生的位置顯示，本區較大地震多發生在島內陸地且深度都淺，再加上臺中分區為人口稠密區，使得近百年來臺灣本島災情最慘重的兩次地震（1935 新竹-臺中地震、1999 集集地震），都給臺中分區帶來嚴重災情。

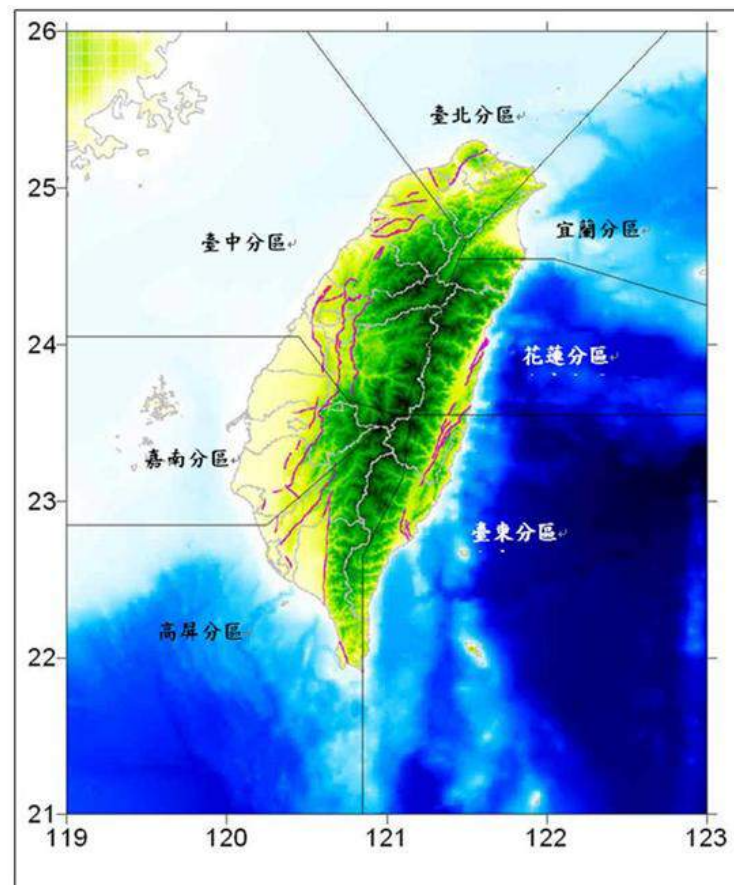


圖 5-1 臺灣地區地震活動七分區邊界圖

5-2 土壤液化的機制

飽和土壤產生液化之基本機制為土壤內孔隙水壓因受地盤震動作用而上升，引致土壤剪力強度減小，當孔隙水壓上升至與土壤

之有效應力相等時，即產生土壤液化現象，而造成嚴重之損壞，諸如基礎支承力的喪失，崩瀉、建築物坍塌、地盤側向擴張及下陷等現象，依土壤變形程度常分為液化（Liquefaction）及反覆流動（Cyclic Mobility）兩種情況。

5-3 水平譜加速度係數

根據「建築物耐震設計規範」，工址應分別檢核中小度地震（一般工址與近斷層工址之水平地表加速度 $A=0.4 S_{DS} I_g/4.2$ 、設計地震（ $A=0.4 S_{DS} I_g$ ）及最大考量地震（ $A=0.4 S_{MS} I_g$ ）時發生液化的可能性。

本基地位台中市太平區，工址之短週期水平譜加速度係數 $S_{DS}=S_s^D \times Fa \times Na=0.984$ 、 $S_{MS}=S_s^M \times Fa \times Na=1.25$ ；建築物用途係數 I 採用 1.25（第三類建築物），則

$$\begin{aligned}\text{中小度地震時 } A_{MIN} &= 0.4 \times I \times S_{DS} g / 4.2 = 0.4 \times 1.25 \times 0.984 g / 4.2 \\ &= 0.1172 g.\end{aligned}$$

$$\text{設計地震時 } A_{DES} = 0.4 \times I \times S_{DS} g = 0.4 \times 1.25 \times 0.984 g = 0.492 g.$$

$$\text{最大地震時 } A_{MS} = 0.4 \times I \times S_{MS} g = 0.4 \times 1.25 \times 1.25 g = 0.625 g.$$

5-4 液化潛能評估結果

1. 基地土壤液化潛勢查詢

經查詢經濟部中央地質調查所土壤液化潛勢查詢系統之結果如圖 5-2 所示，本基地為低潛勢土壤液化區域。

2. 新日本道路橋(1996)液化分析法

液化潛能評估方法與分析結果參考「建築物基礎構造設計規範」之建議方法，依新日本道路橋液化評估法（日本道路協會，

1996)，土壤液化之評估由抗液化安全係數 FL 決定之。 $FL=R/L$ ， R ：土壤抵抗液化剪力強度比， L ：地震時尖峰剪應力與有效覆土應力比； FL 值小於 1.0 時，即表示該土層可能液化。有關新日本道路橋液化評估法分析流程如圖 5-3。

依據「建築物耐震設計規範及解說」，建築物基礎以下土壤，在中小度地震時，工址不得有液化之可能，即液化抵抗率 FL 值不得小於 1.0。在設計地震與最大考量地震時，容許發生土壤液化，但建築物應採用適當之基礎形式，並檢核液化後之安全性。

3. SPT-based HBF 液化評估分析程式

本土 SPT-based HBF 液化評估分析程式(V03)由國研院國家地震工程研究中心)開發建置，程式提供三種地震條件下之分析計算，並提供土壤液化潛能評估使用之設計地震規模分區，方便分析者查詢台灣各地震分區之設計地震規模。

本版本程式依規範修訂趨勢，更新建議之土壤液化潛能評估使用之設計地震規模分區；另進行土壤液化評估前，除了排除統一土壤分類屬 CH、CL、SC、MH 土壤外，依最新規範修訂趨勢，亦將 PI 值超過 7 之 ML 土壤排除。

依據上述分析法針對本案地層進行液化分析，因該地層並非「建築物耐震設計規範及解說」所述之分析法認定應進行液化潛能判定之飽和砂質土層，不符合土壤液化之機制，經研判並無液化發生之潛能。

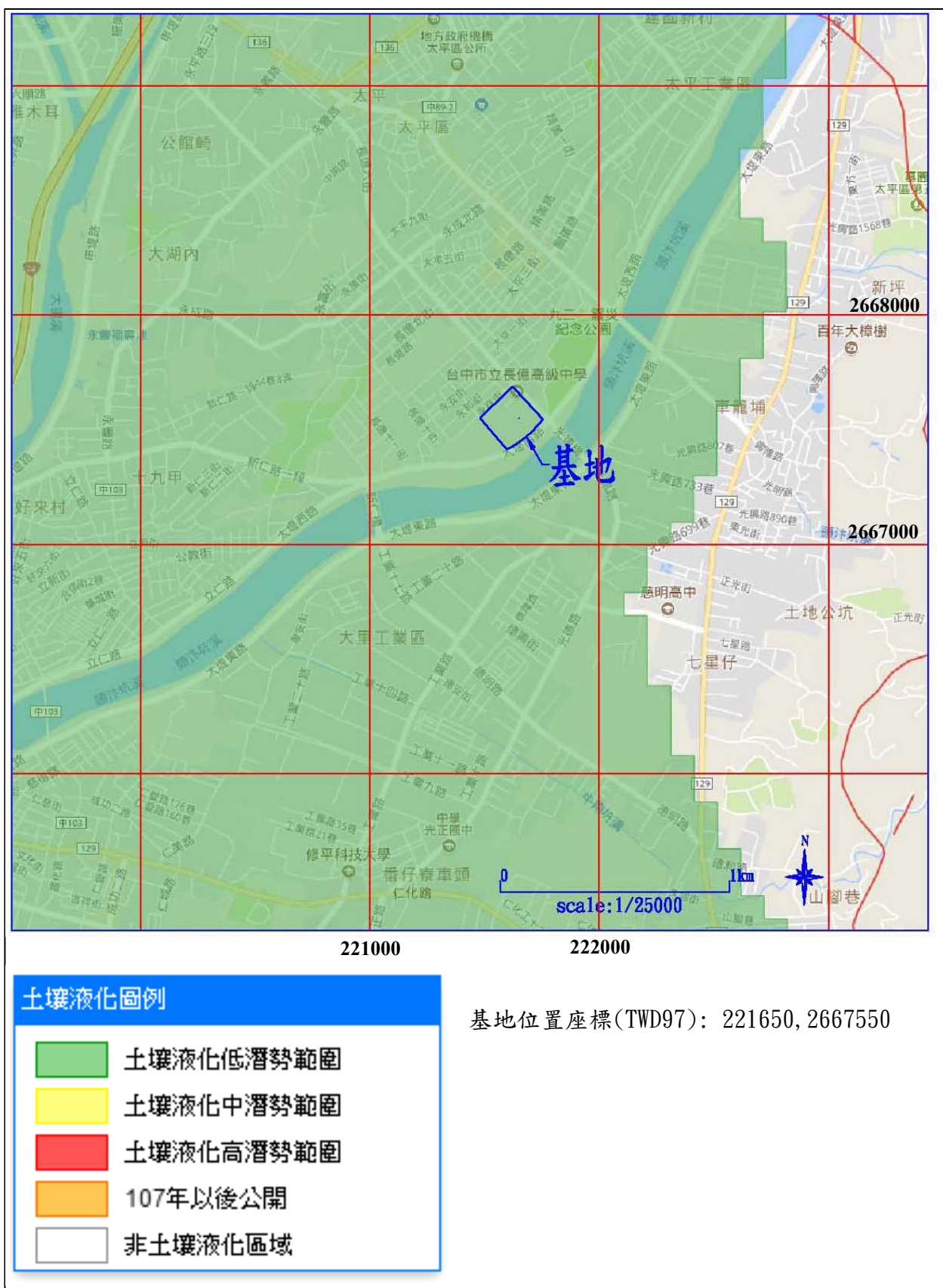


圖 5-2 基地土壤液化潛勢查詢（擷取經濟部中央地質調查所土壤液化潛勢查詢系統）

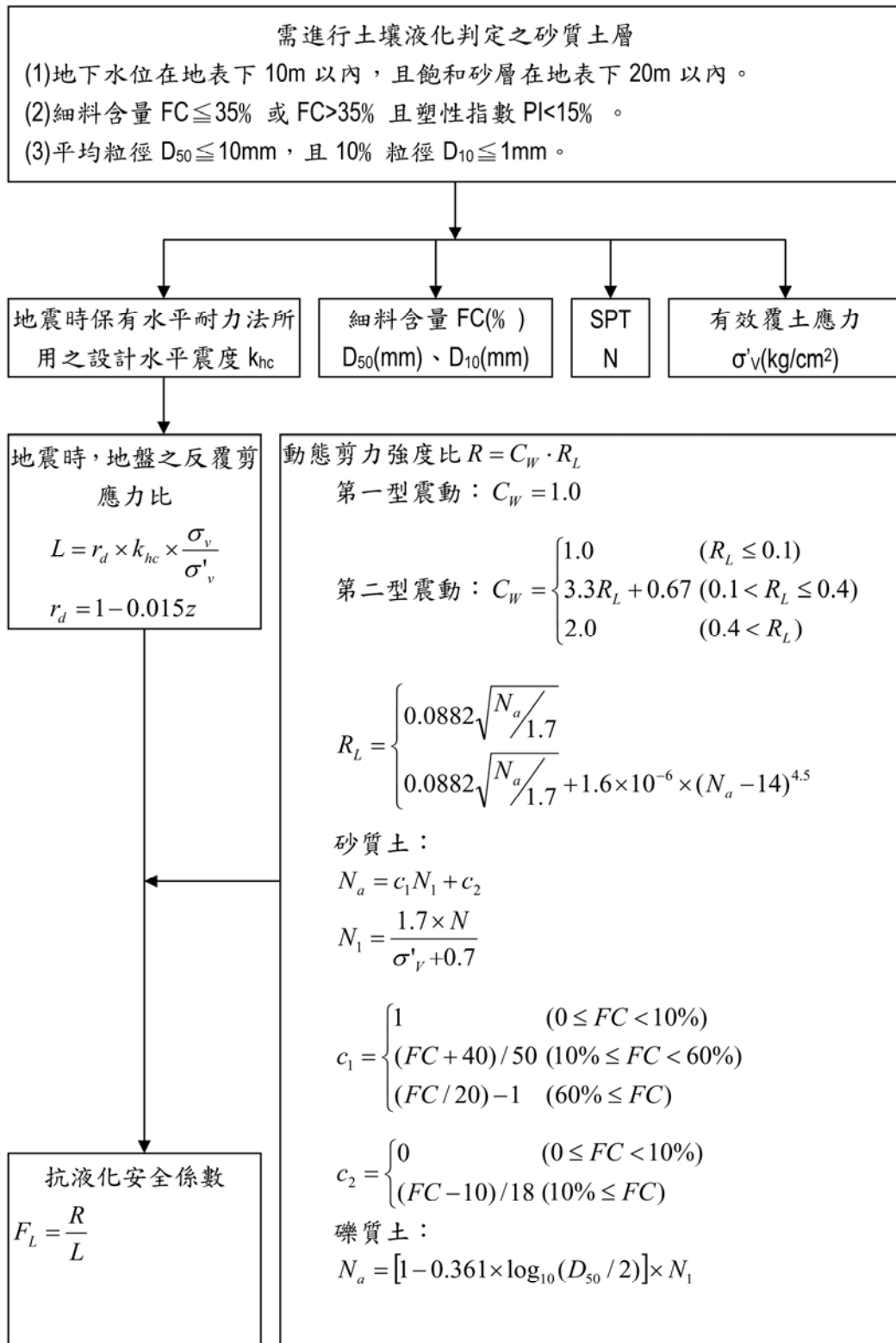


圖 5-3 新日本道路橋液化評估法分析流程圖

5-5 地震力分析

依據「建築物耐震設計規範」，建築物地下各層施加之設計水平地震力為該層靜載重乘以該層深度對應之水平震度 K。水平震度 K 依下式計算：

$$K \geq 0.1 \left(1 - \frac{H}{40} \right) S_{DS} I = 0.1 \left(1 - \frac{H}{40} \right) \times 0.984 \times 1.0$$

式內

H 為自地表面往下算之深度。H 大於 20m 時以 20m 計。

5-6 液化地層土質參數之折減

本案地層於設計地震及最大地震來襲時，尚無發生地層液化之潛能，於進行基礎及結構耐震設計時尚不需對基礎地層之剪力強度參數進行折減。

5-7 液化危害度分析

本案地層於設計地震及最大地震來襲時，尚無發生地層液化之潛能。

一般位於高度及中度液化潛能地區，建築物的設計與施工應注意事項如下：

1. 地下結構較深的開挖，鼓勵採用永久性擋土結構，且擋土結構深度宜深入非液化土層中。
2. 建築物宜先進行地盤改良，否則應以樁基礎或考慮其他處置措施，可降減高度液化潛能對建築物的影響。
3. 地下開挖時，若採用臨時擋土結構，如鋼板樁施工時，開挖完成後不宜拆除，否則也應予以灌漿填實。若擋土結構與建築物間留有空隙，也應以適當材料填實。
4. 筏式基礎若位於地下水位以下或接近地下水位時，應考慮承受

地震時所產生的額外水壓。

表 5-1 液化潛能指數危害度及抗液化措施

液化等級	液化潛能指數 (PL)	噴水冒砂特點	由液化引起的建築物震害	抗液化措施選擇原則		
				重要建築	一般建築	次要建築
I 輕微	<5	無噴水冒砂現象或在局部低窪地、池邊有零星噴水冒砂點。	液化危害性小，一般不致引起明顯的震害。	部份消除液化沉陷，或對基礎和上部結構處理，	基礎和上部結構處理，亦可不採取措施。	可不採取措施。
II 中等	5~15	噴水冒砂的可能性很大，多數屬於中等程序的噴水冒砂。	液化危害性較大，可能造成不均勻沉降或開裂。	全部消除液化沉陷，或部份消除液化沉陷且對基礎和上部結構處理。	基礎和上部結構處理，或更高要求的措施。	可不採取措施。
III 嚴重	>15	噴水冒砂嚴重，地裂縫較多，地表型態發生很大變化。	液化危害性大，一般可使建築物產生10-30cm的不均勻沉降，高重心建築物可能嚴重傾斜。	全部消除液化沉陷。	全部消除液化沉陷。或部份消除液化沉陷且對基礎和上部結構處理。	基礎和上部結構處理，或其他經濟的措施。

第六章 大地工程分析

6-1 基礎型式選擇及建議

一般而言，基礎型式的選擇必須根據基地土壤及地下水狀況、結構物載重與分佈等條件，而為滿足安全與經濟之要求，則需考慮下列因素：

1. 基礎下土層所能提供之容許承载力。
2. 基礎下土層因建築物載重而可能發生的最大沉陷與差異沉陷。
3. 地下水位與水壓狀況。
4. 基地鄰近既有建築物之重要性及其基礎型式與位置。
5. 基礎開挖方式。
6. 建築物之重要性與用途。
7. 基礎本身之構築費用。

建築物具有地下室空間，建議採用筏式基礎。

6-2 基礎承载力分析

承载力依「建築物基礎構造設計規範」，以下列公式計算：

$$q_{ult} = cN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + \gamma_2 D_f N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + 0.5\gamma_1 B N_r F_{rs} F_{rd} F_{ri}$$

$$q_{ult} = \text{極限承载力 (tf/m}^2\text{)}$$

$$c = \text{基礎版底面以下之土壤凝聚力 (tf/m}^2\text{)}$$

$$\gamma_1 = \text{基礎版底以下B深度範圍內之土壤平均單位重，在地下水位以下者，應為其有效單位重 (tf/m}^3\text{)}$$

$$\gamma_2 = \text{基礎版底以上之土壤平均單位重，在地下水位以下者，應為其有效單位重 (tf/m}^3\text{)}$$

$$D_f = \text{基礎附近之最低地面至基礎版底面之深度，如鄰近有開挖，須考慮其可能之影響 (m)}$$

B = 矩形基腳之短邊長度，如屬圓形基腳則指其直徑 (m)

L = 矩形基腳之長邊長度 (m)

β = 載重方向與鉛直線之夾角 ($^{\circ}$)

N_c , N_q , N_{γ} = 支承力因數，與土壤摩擦角(φ)之關係

如「建築物基礎構造設計規範」表6-2所示

F_{cs} , F_{qs} , F_{rs} = 形狀影響因素

F_{cd} , F_{qd} , F_{rd} = 埋置深度影響因素

F_{ci} , F_{qi} , F_{ri} = 載重傾斜影響因素

筏式基礎之容許承载力，以下列公式計算：

$$q_{all} = (q_{ult} - \gamma_s D_f) / FS + \gamma_s D_f$$

本案涵蓋資源回收室及圖書館等建築物，有關承载力分析如下。

1. 圖書館：

基礎座落於第 2 層：卵礫石層 (GP/GM) 中。簡化計算過程，保守假設， $D_f = 0$ ， $B/L = 0$ ，承载力計算如下表：

$c =$	0.00	$\gamma_2 =$	2.06	$\gamma_1 =$	1.45
$\phi =$	40.00	$D_f =$	0.00	$B =$	20.00
$N_c =$	95.70	$N_q =$	81.20	$N_r =$	114.00
$F_{cs} =$	1.00	$F_{qs} =$	1.00	$F_{rs} =$	1.00
$F_{cd} =$	1.00	$F_{qd} =$	1.00	$F_{rd} =$	1.00
$F_{ci} =$	1.00	$F_{qi} =$	1.00	$F_{ri} =$	1.00
$q_{ult} =$	1653.00 tf/m ²				

$$\begin{aligned} q_{ult} &= cN_cF_{cs}F_{cd}F_{ci} + \gamma_2D_fN_qF_{qs}F_{qd}F_{qi} + 0.5\gamma_1BN_rF_{rs}F_{rd}F_{ri} \\ &= 1653\text{t/m}^2 \end{aligned}$$

上述承载力公式，採用安全係數 F.S. 為 3。

不考慮挖除土水重，保守計算容許承载力：

$$q_{all} = (q_{ult} - \gamma_s D_f) / 3 = 551 \text{ tf/m}^2$$

另參考林炳森、魏水木(1995)。由台中地區卵礫石層之現地平鉞載重試驗結果，極限承载力約為 555tf/m²。

綜合以上結果，建築物總載重 < q_{all}，承载力足夠。

考慮設計地震時之基礎承载力，因無液化發生潛能，基礎以下之土壤參數尚不需要折減，故基礎承载力如前計算，地震發生時承载力足夠。

2. 資源回收室：

基礎之容許承载力，以下列公式計算：

$$q_{all} = q_{ult} / FS$$

同前假設回填土壤參數，資源回收室基礎承载力分析如下。

表 6-1 基礎不同深度之容許承载力

基礎深度 G. L. (m)	容許承载力 (tf/m ²)	
	Qa(平時)	Qa(地震時)
-1.5	203.71	
-2.0	375.45	
-3.0	504.50	

B×L=3m×3m

表 6-2 支承力因數-摘錄「建築物基礎構造設計規範」

ϕ (度)	N_c	N_q	N_γ	N_r^*
0	5.3	1.0	0.0	0.0
1	5.3	1.1	0.0	0.0
2	5.3	1.1	0.0	0.0
3	5.3	1.2	0.0	0.0
4	5.3	1.3	0.0	0.0
5	5.3	1.4	0.0	0.0
6	5.3	1.5	0.0	0.0
7	5.3	1.6	0.0	0.0
8	5.3	1.7	0.0	0.0
9	5.3	1.8	0.0	0.0
10	5.3	1.9	0.0	0.0
11	5.5	2.1	0.0	0.0
12	5.8	2.2	0.0	0.0
13	6.0	2.4	0.0	0.0
14	6.2	2.5	1.1	0.9
15	6.5	2.7	1.2	1.1
16	6.7	2.9	1.3	1.4
17	7.0	3.1	1.5	1.7
18	7.3	3.4	1.6	2.0
19	7.6	3.6	1.8	2.4
20	7.9	3.9	2.0	2.9
21	8.2	4.2	2.2	3.4
22	8.6	4.5	2.4	4.1
23	9.0	4.8	2.7	4.8
24	9.4	5.2	3.0	5.7
25	9.9	5.6	3.3	6.8
26	10.4	6.0	3.6	8.0
27	10.9	6.5	4.0	9.6
28	11.4	7.1	4.4	11.2
29	13.2	8.3	5.4	13.5
30	15.3	9.8	6.6	15.7
31	17.9	11.7	8.4	18.9
32	20.9	14.1	10.6	22.0
33	24.7	17.0	13.7	25.6
34	29.3	20.8	17.8	31.1
35	35.1	25.5	23.2	37.8
36	42.2	31.6	30.5	44.4
37	51.2	39.6	41.4	54.2
38	62.5	49.8	57.6	64.0
39	77.0	63.4	80.0	78.8
40以上	95.7	81.2	114.0	93.6

註： N_r^* 為偏心載重基礎使用

6-3 沉陷量分析

基礎載重所引致之沉陷量包含瞬時沉陷、壓密沉陷及次壓縮沉陷，以及塑性流潛移等造成之沉陷。砂性土壤以瞬時沉陷為主，黏性土壤則以壓密沉陷及次要壓縮沉陷量為主，特殊軟弱土壤如極軟弱黏土、腐植土及有機土等應另加考慮塑性流及潛移導致之沉陷。

對於承受均佈載重之地層，用於計算瞬時沉陷之彈性理論基本公式為：

$$\Delta H_i = \frac{1-\nu^2}{E} qBI$$

式中 ΔH_i = 瞬時沉陷量(m)

q = 載重面作用之均佈載重(tf/m²)

B = 載重面寬度或直徑(m)

E = 土層之變形模數(tf/m²)

I = 影響係數，與載重面形狀、沉陷點位置、基礎剛度及埋置深度、壓縮層厚度等因素有關。

ν = 柏松比

針對飽和黏土層上之淺基礎，基礎平均之瞬時沉陷量亦得以 Janbu(1956)等所建議之修正彈性理論公式計算之，即

$$\Delta H_i = \frac{4}{3} \mu_0 \mu_1 \frac{qB}{E} (1-\nu^2)$$

式中 ΔH_i = 瞬時沉陷量(m)

μ_0, μ_1 = 影響係數

q = 載重 (tf/m²)

B = 基礎寬度 (m)

E = 不排水變形模數應考慮過壓密比之影響(tf/m²)

黏性土層之單向度壓密沉陷量，原則上可由壓密前後之孔隙比變化，依下式推估之：

$$H_c = \sum_{i=1}^n \frac{e_{oi} - e_{fi}}{1 + e_{oi}} H_i$$

式內

H_c = 壓密沉陷量(cm)

e_{oi} = 第i層土壤初始正向應力為 σ'_{oi} 時之孔隙比

e_{fi} = 第i層土壤正向應力增加為 σ'_{fi} 時之孔隙比

σ'_{oi} = 第i層中央點之初始正向有效垂直應力(tf/m²)

σ'_{fi} = 第i層中央點之最終正向有效垂直應力(tf/m²)

H_i = 第i層之厚度(cm)

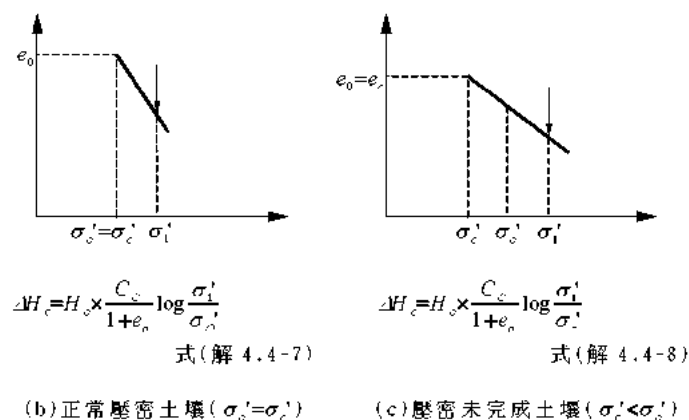
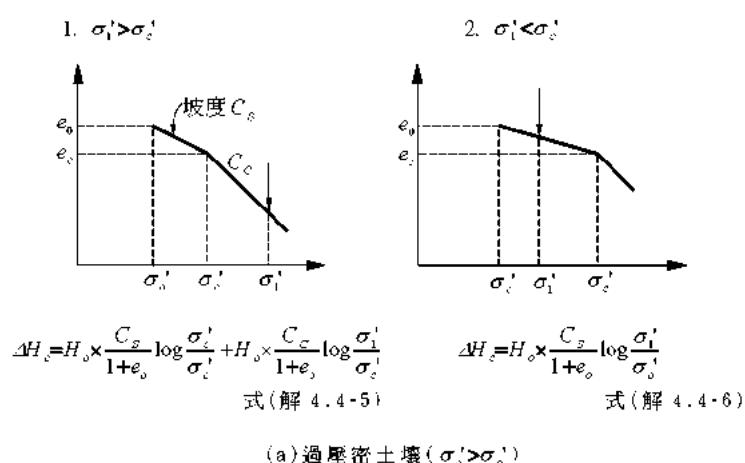


圖 6-1 壓密沉陷量計算示意圖

有關基礎沉陷種類包括瞬時沉陷及壓密沉陷兩部份，各階段沉陷量分述如下：

(1). 瞬時沉陷：

$$\text{中央 } \Delta H_i = \frac{1-\nu^2}{E} qBI$$

$$\text{角隅 } \Delta H_i = \frac{1-\nu^2}{E} qBI$$

式內

E=土壤的彈性模數。

B=基礎寬度。

(2). 壓密沉陷：

開挖後至建物構築完成之解壓再壓密沈陷量。

(3). 容許角變量：

建築物相鄰兩柱或相鄰兩支點間，因差異沉陷引致之角變量，應不得使建築物發生有害之裂縫，或影響其使用功能。角變量與建築物損壞程度之關係詳見表 6-4，此表僅係一般之原則，對於特定之構造物應視其狀況而定。

假設建築物平均單位總載重 10.8t/m^2 ，挖除土水重 10.28t/m^2 ，為解壓後再壓但較原覆土壓力為大。有關基礎沉陷種類包括彈性沉陷(即時沉陷)及壓密沉陷兩部份，各階段沉陷量分述如下：

(1). 彈性沉陷：

建築物平均單位總載重 10.8t/m^2 ，垂直地盤反力係數 Kv 值約 8000 t/m^3 ，彈性沉陷量為 $10.8/8000 \times 100 = 0.14\text{cm}$

(2). 壓密沉陷：

鑽探深度內並未發現厚黏土層，其他更深層可能之黏土層受建築物載重增量微小，可忽略不計。

預估彈性沉陷約 0.14cm，惟對數值之不確定性，建議建物沉陷量以 4cm 以上設計，預估沉陷量小於「建築物基礎設計規範」規定筏式基礎容許沉陷量 30cm，符合要求。

表 6-3 容許沉陷量 (單位：公分)

構造物種類	混 凝 土	鋼 筋 混 凝 土		
基礎型式	連續基腳	獨立及聯合基腳	連續基腳	筏式基礎
總沉陷量	4.0	10.0	20.0	30.0

表 6-4 角變量與建築物損壞程度(Bjerrum, 1963)

角變量	建 築 物 損 壞 程 度
1/600	斜撐之構架有受損之危險
1/500	建築物不容許裂縫產生的安全限度(含安全係數)
1/300	隔間牆開始發生裂縫(不含安全係數)
1/250	剛性之高層建築物開始有明顯的傾斜
1/150	隔間牆及磚牆產生相當多的裂縫
1/150	可撓性磚牆之安全限度(含安全係數)
1/150	建築物產生結構性損壞

6-4 基礎底部上舉力分析

在地下水壓呈靜水壓狀態之地層，基礎版底所受之上舉水壓力可由地下水位之高程直接估得，惟地下水位常隨季節呈起伏變化，易遭淹水之地區，水位可能達地表面甚或高於地表面，設計者應針對基地實際狀況作保守之估計，最好能根據長期觀測資料以及區域之洪水預測資料作合理保守評估，作為設計之依據。對於含受壓水層之基地，應考慮其滲流壓力。另有某些地區可能因地下水超抽而使得地下水壓降低，甚或低於靜水壓，設計者亦應考慮將來地下水

位回升之可能性，作保守之估計。

本案開挖深度在地下水位以上，無基礎底部上舉問題。本案基礎深度在地下水位以上，亦無上浮問題。

6-5 側向土壓力分析及開挖底面穩定性之檢討

6-5-1 基礎開挖工法建議

未來評估本基地基礎開挖方式與擋土設施之選擇需考慮下列因素：

1. 土層分佈狀況。
2. 地下水位分佈狀況。
3. 開挖規模：如開挖深度與開挖面積。
4. 擋土結構之材料性質及其水密性。
5. 擋土結構施工及開挖之可行性、安全性、進度與經濟性。
6. 擋土結構施工對基地周圍環境之影響如污染、噪音與振動等公害問題，尤其是振動可能造成之影響。
7. 配合開挖作業時擋土設施側移對周圍環境與建築物可能造成之沉陷破壞問題。
8. 建築物的配置。

本基地下伏為承载力良好但透水性極高之卵礫石層，未來可能採用之開挖及擋土工法分述如後

1. 兵樁工法

可採用主樁及橫板條為擋土牆，主樁可採用鋼軌以錘擊方式貫入。或主樁採鋼劈礫工法施做，利用鉚於樁尖的特殊鋼材的高強度特性，並用高壓噴射水流作用，以鋼劈礫機將 H 型鋼樁直接貫入堅硬地層中。完成後在樁頂部灌注鋼筋混凝土圈梁，可降低變形量。

主樁完成後再行開挖，開挖時不時於鋼樁間插入橫板條。開挖至預定深度後再由下而上逐層完成地下結構體。

2. 斜坡明挖工法

開挖區有足夠之空間，則可採用明挖工法，為確保開挖邊坡之穩定，覆土層建議採用之臨時開挖坡度為 1:1(H:V)，或是於覆土層部分設一道地下護牆；卵礫石層採用 1:1.5~1:2(H:V)，長期開挖坡面需鋪設鋼線網打土釘固定後噴凝漿，短期開挖坡面可不掛網噴凝即可維持平衡。於開挖邊坡坡頂需設置一道護牆、安全柵欄及截水溝，防止民眾誤入工地發生意外及阻止基地外之地表水流入基地內。坡面開挖後隨即進行護坡工程及排水措施，以減少水分滲入及沖刷破壞，而坡面上之孤石亦應先予排除。因本層含砂量甚高，遇水極易崩塌，故坡面開挖後之護坡工程需確實執行，以利施工安全。此種工法之優點為基地建築物之基礎可一次施工分階開挖至底面，缺點為其開挖土方量較大，且日後地下室構築完成後，其背側需加以回填夯實。

3. 機械擋土柱 + 順打工法

機械式擋土柱作業的主要工作為柱坑挖掘及構築柱體，首先以機械(挖土機)開挖取土，將擋土柱依其設計尺寸位置挖掘至預定深度高程，之後進行吊放鋼筋籠以及封模等作業，並以土方背填方式作為模板側向支撐，接著進行擋土柱體灌漿作業，在完成一定數量之擋土柱後，最後進行相鄰擋土柱頂部壓(繫)樑施工等作業即告完成。

如開挖面較深時，機械式擋土柱受限於機具可挖掘深度，無法一次挖掘至設計底部深度，此時需採分層(次)施工，以施作二層機械式擋土柱為例，其施工步驟：(一)第一層柱體開挖完成後，吊入

鋼筋籠，鋼筋籠底需預留約 1.5m~2.0m 之鋼筋搭接長度，並以填砂方式填充(鋼筋搭接範圍及空間；與下層擋土柱銜接之分界面)後，第一層擋土柱組模並澆置混凝土。(二)開挖基地面至應支撐處，即設置水平支撐系統或施作背拉地錨，以此維持第一層柱體之穩定性，繼續降挖，降挖至鋼筋搭接範圍之填砂即自然掉落，露出與第二層柱體搭接之鋼筋。(三)第二層柱體開挖，吊放第二層擋土柱鋼筋籠並與第一層預留鋼筋搭接、組模並澆置混凝土(柱體即施作完成)。

以上基礎開挖擋土方式為一般原則性之建議，未來規劃單位應考量實際情況再做進一步之工法選擇及細部施工方法之調整。倘開挖面四周之施工條件不同，亦可將前述之工法綜合使用。

6-5-2 擋土支撐穩定性分析

1. 貫入深度內擠分析

依「建築物基礎構造設計規範」擋土壁應有足夠之貫入深度，使其於兩側之側向壓力作用下，具足夠之穩定性。擋土壁之貫入深度 D ，可依下列公式計算其安全性：

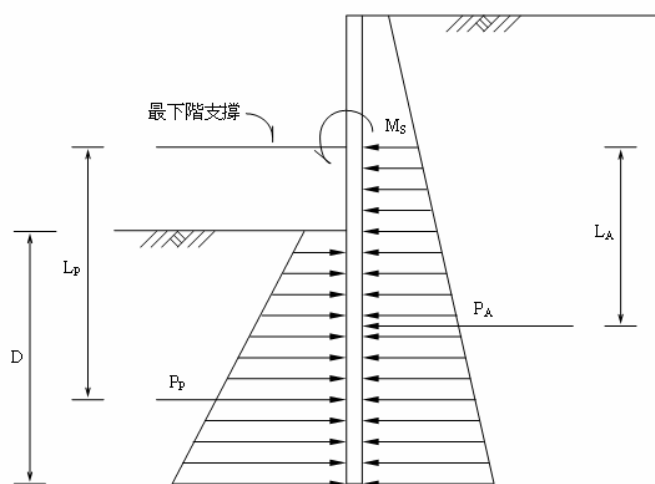


圖6-2 擋土設施土壓力平衡

$$F.S. = \frac{F_p L_p + M_s}{F_A L_A}$$

式內

F_A = 最下階支撐以下之外側作用側壓力（有效土壓力＋水壓力之淨值）之合力（tf/m）

L_A = F_A 作用點距最下階支撐之距離（m）

M_s = 擋土設施結構體之容許彎矩值（tf-m/m）

F_p = 最下階支撐以下之內側作用側土壓力之合力（tf/m）

$L_p = F_p$ 作用點距最下階支撐之距離（m）

本案採用 TORSAs 2.0 程式作為開挖穩定分析時之電腦輔助程式。依據開挖底面穩定性分析成果顯示，基地開挖工程採行 2 階段開挖和 1 階段支撐架設，擋土結構採用擋土柱，貫入深度 $D=1.9\text{m}$ ，檢核擋土設施貫入深度向內擠進破壞之安全係數為 5.25(大於 1.50，OK)。開挖底面穩定性分析結果請詳見圖 6-3。

基地開挖步驟如後說明：

- (1) 第一階段開挖至深度 1.8m，四周留設寬 3m 高 1.5m 之土堤，並於地表下 1.1m 處架設第一層支撐。
- (3) 第二階段開挖至深度 5.1m。

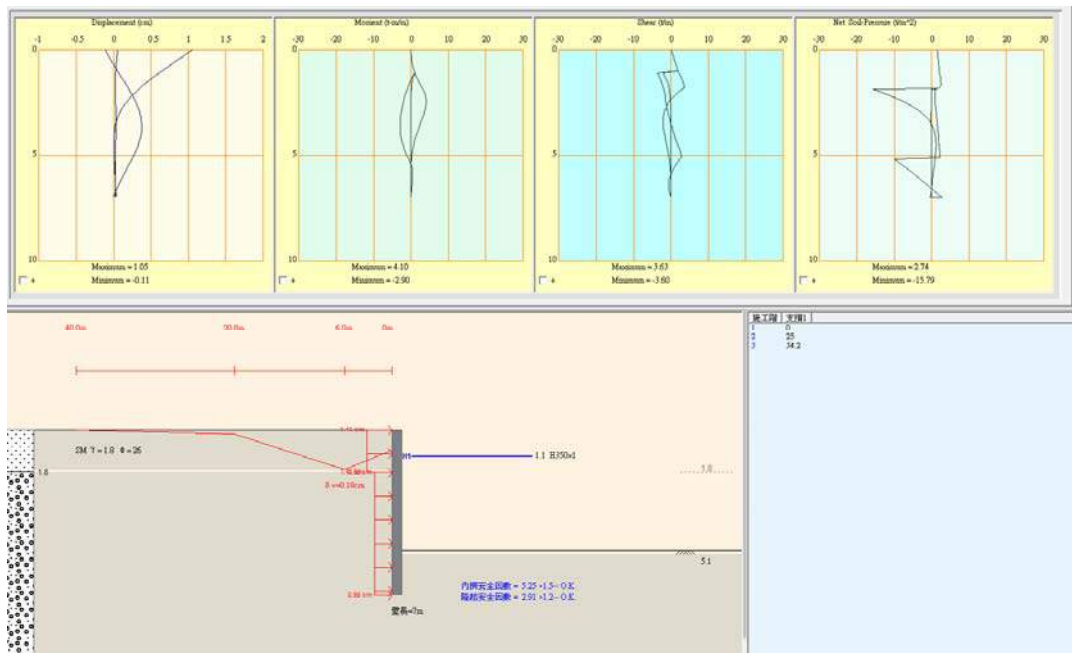


圖 6-3 臨時性開挖底面穩定性分析圖

2. 隆起分析

開挖底面下方土層係軟弱黏土時，應檢討其抵抗底面隆起之穩定性。可依下列公式計算其安全性：

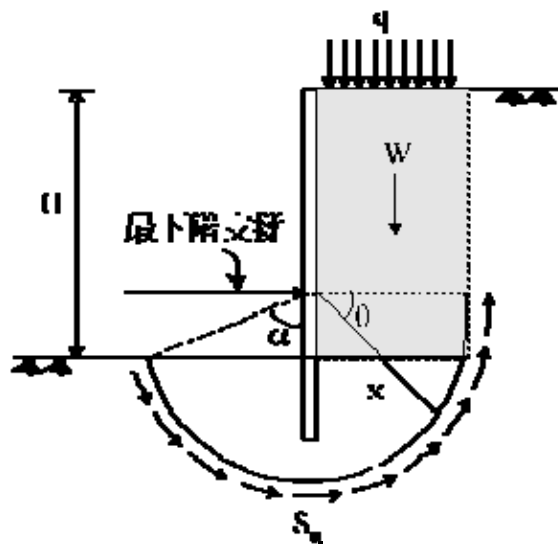


圖 6-4 隆起檢討

$$F.S. = \frac{M_r}{M_d} = \frac{X \int_0^{\frac{\pi}{2} + \alpha} S_u(x) d\theta}{W \cdot \frac{X}{2}} \geq 1.2$$

式內

M ＝抵抗力矩 (tf-m/m)

M_d ＝傾覆力矩 (tf-m/m)

S_u ＝黏土之不排水剪力強度 (tf/m²)

R ＝半徑 (m)

W ＝開挖底面以上，於擋土設施外側 X 寬度範圍內土壤重量與地表上方載重(q)之重量和(tf/m)

3. 砂湧分析

依「建築物基礎構造設計規範」，如擋土壁下方為透水性佳之砂質土壤，且擋土壁未貫入不透水層時，即應檢討其抵抗砂湧之安全性。分析方法可用滲流解析方式、臨界水力坡降解析方式、或以下列兩公式分別計算之，擇其中貫入深度最大者為設計依據。

如擋土壁下方為透水性佳之砂質土壤，且擋土壁未貫入不透水層時，即應檢討其抵抗砂湧之安全性。分析方法可用滲流解析方式、臨界水力坡降解析方式、或以下列兩公式分別計算之，擇其中貫入深度最大者為設計依據。

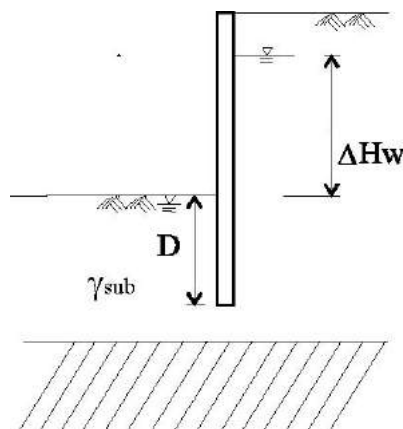


圖 6-5 砂湧檢討

$$F.S. = \frac{2\gamma_{sub}(D)}{\gamma_w(\Delta H_w)} > 1.5 \quad O.K.$$

$$F.S. = \frac{\gamma_{sub}(\Delta H_w + 2D)}{\gamma_w(\Delta H_w)} > 2.0 \quad O.K.$$

式內

γ_{sub} = 砂質土壤之有效單位重 (tf/m³)

D = 擋土設施之貫入深度 (m)

γ_w = 地下水之單位重 (tf/m³)

ΔH_w = 擋土設施內外兩側地下水位之水頭差 (m)

本案開挖深度未達地下水位，且採用非阻水型擋土設施， $\Delta H_w=0$ ，無砂湧發生可能。

6-5-3 側向土壓力分析

擋土結構設計時，其考慮之側向壓力可分為施工時臨時擋土結構物之側壓力及永久性結構物之側壓力，臨時性擋土結構物之側壓力與土壤性質、地下水位、擋土結構性質、支撐形式及鄰近建築物荷重等均有密切關係，主動土壓力及被動土壓力可依照 C.A.Coulomb(1776)土壓力理論及 Rankine 之土壓力理論，計算得臨時擋土結構物側壓力。如開挖期間甚長時，則考慮地震對擋土設施所造成之側壓力。永久性結構物之側壓力除考慮靜止側向土壓力外，亦包括地表超荷重、地震力及地下水壓等所造成之側壓力。

1. 地下水位：

建議臨時性開挖設計：暫採 G.L.：-15m 設計，開挖施工前必須再確認。

永久性結構：採 G.L.：-10m 設計。

2. 超載：鄰房超載以 4t/m^2 之垂直地表載重；

茲將本工程中所可能採用之擋土結構系統所受之側向壓力情形詳細分析如後：

1. 開挖時臨時擋土結構所受之土壤側壓力

地下室開挖之臨時擋土措施，不論係採用剛性較高之連續壁、擋土排樁，抑或採用柔性之鋼版樁、鋼軌橫板條，用於分析設計擋土壁體之斷面、支撐系統之斷面，所考慮之主動土壓力及被動土壓力依照 C. A. Coulomb(1776) 土壓力理論及 Rankine 之土壓力理論，計算所得之臨時性擋土措施設計用側壓力分佈圖如圖 6-6 所示。

(1) 回填層 (SF)：

$$K_a = \frac{\cos^2(\phi - \theta)}{\cos^2 \theta \cdot \cos(\theta + \delta) \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \alpha)}{\cos(\delta + \theta) \cos(\theta - \alpha)}} \right]^2} = 0.353$$

$$K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{26^\circ}{2} \right) = 0.39$$

$$K_p = \frac{\cos^2(\theta + \phi)}{\cos^2 \theta \cdot \cos(\theta - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi + \alpha)}{\cos(\theta - \delta) \cos(\theta - \alpha)}} \right]^2} = 3.787$$

$$K_p = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{26^\circ}{2} \right) = 2.561$$

(2) 卵礫石層 (GP/GM)：

$$K_A = \frac{\cos^2(\phi - \theta)}{\cos^2 \theta \cdot \cos(\theta + \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \alpha)}{\cos(\delta + \theta) \cos(\theta - \alpha)}} \right]^2} = 0.199$$

$$K_A = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{40^\circ}{2} \right) = 0.217$$

$$K_p = \frac{\cos^2(\theta + \phi)}{\cos^2 \theta \cdot \cos(\theta - \delta) \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi + \alpha)}{\cos(\theta - \delta) \cos(\theta - \alpha)}} \right]^2} = 11.771$$

$$K_p = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{40^\circ}{2} \right) = 4.599$$

2. 地下結構完成後，外緣所受之土壤側壓力

地下室牆體於平常時，不會發生任何水平位移，其所受土壓力，乃係靜止狀態之土壓力，另於地震時土壤與牆體間會有相當數量之相對位移，因此牆體所受之土壓力，應以動態土壓力分析之。另於地震時所致動態土壓力，參考Seed and Whitman(1970)總力採用 $\Delta P_{AE} = \frac{3}{8} \times \gamma H^2 \times A_{max}$ 進行計算，應力 $P_{aeq} = \frac{3}{8} \times \gamma H \times A_{max}$ ，式內 A_{max} ，永久性設施採用設計地震力加速度，臨時性設施採用中小度地震力加速度。永久設施地下側壓力分佈圖如圖6-7。

(1) 回填層 (BF)：

$$K_o = 1 - \sin \phi = 1 - \sin(26^\circ) = 0.562$$

(2) 卵礫石層 (GP/GM)：

$$K_o = 1 - \sin \phi = 1 - \sin(40^\circ) = 0.357，依規範採用 0.5。$$



圖 6-6 臨時土壓力及水壓力

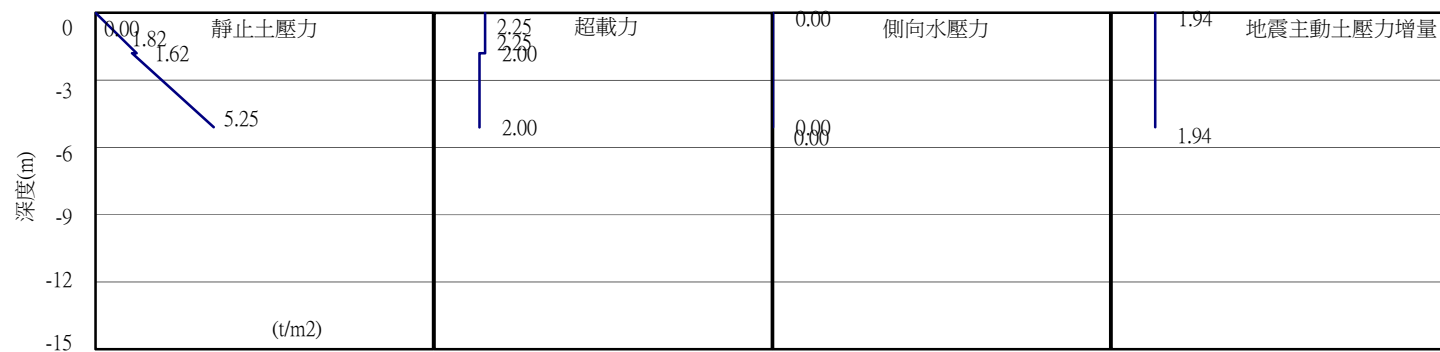


圖 6-7 永久土壓力及水壓力

6-6 基礎施工應注意事項建議

1. 下伏地盤為卵礫石層，開挖使用挖土機等機具，應不致造成開挖上的困擾。
2. 圖書館南側為 4F 校舍，北側為體育館，依情況於施工階段注意基礎保護，設置安全監測系統。
3. 可優先考慮擋土柱工法配合內型鋼支撐，對於無鄰房側可考慮明挖工法降挖再搭配兵樁工法配合內型鋼支撐。
4. 基地開挖面在地下水位以上，尚不須考慮抽水計畫。但須考慮施工期間遇雨季來臨及惡劣天候時應增加設置排水設施，如打設集水坑、溝渠等，將外來水抽出施工區域。
5. 回填層及覆土層於開挖時再行確認，應置換優良砂石並分層夯實，以減少地表之沉陷量。

6-7 地盤改良之需要性及對改良方式建議

地質良好，尚不需地盤改良。

第七章 結論與建議

7-1 綜合結論

1. 地層概況：

由現場 0~30m 鑽探深度（最大鑽探深度為 30m）之地質紀錄來看，將地層區分 2 個層次。地層分佈情形請參考地層柱狀剖面圖（圖 4-2）。茲將各層之特性，分別敘述如下：

第 1 層：回填層(SF)：

自地表起算至 G.L. -1.8m 之間主要為回填層，表層為植草皮、瀝青鋪面、混凝土鋪面或地磚鋪面，下方由棕色粉土質砂夾礫石所組成。

第 2 層：卵礫石層(GP/GM)：

自回填層下方至 G.L. -30m 之間主要為卵礫石層夾黃棕色粉土質砂所組成，偶間夾砂土薄層，現場標準貫入試驗 N 值大於 50。

2. 地下水位：

由現場鑽探結束後，經 24 小時觀測，僅於圖書館區之鑽孔 BH-3 觀測地下水位為 G.L. -18.5m。其他各孔於深度內(9M)皆未發現地下水位。此水位為鑽探當時水位，僅供參考，開挖實際水位須依據長期觀測結果。現場留有水位觀測井，開挖實際水位業主需於開挖前再行確認。設計水位建議採用 G.L. -18m。

經查詢經濟部台灣水文年報地下水井建平測站(06190111)及建平測站(06200111)，歷年水文資料(1998 年~2014 年)，地下水位為 G.L. -10.62~-25.67m 之間。彙整上述結果，設計高水位建議採用 G.L. -10m，常水位為 G.L. -15m。

3. 工程性質參數：

層次	分類	層底深度 G. L. (m)	建議SPT-N值	統體單位重 (t/m^3)	K_h (t/m^3)	K_v (t/m^3)	c (t/m^2)	ϕ ($^\circ$)
1	SF	-1.8	- -	1.80	-	-	0*	26*
2	GP/GM	-30.0	>50 (50)	2.2 註3	5000	8000	$C_p=3\sim4$ $C_r=0\sim4$ 註3 (1)	$\phi_p=26\sim42$ $\phi_r=25\sim42$ 註3 (40)

依實際開挖結果調整土壤參數。

註 1. ()：內為表示建議值，採用平均值或保守值。

註 2. *：參考如下文獻，擷錄謝旭昇等 2013TORSAS 研討會土壤參數選擇之建議。

註 3. 參考地工技術，第 55 期，台灣地區中北部卵礫石層工程性質及施工探討，第 35~46 頁。

4. 地盤種類：

$V_{s30} \geq 270 \text{ m/s}$ 者為第一類地盤（堅實地盤）。

5. 斷層查詢：

根據資料研判（經濟部中央地質調查所台灣活斷層查詢系統網站），東側約 1.77 公里處有車籠埔斷層，東側約 8.38 公里處有大茅埔-雙冬斷層。根據「建築物耐震設計規範」(100. 7.1)，必需考慮車籠埔斷層之近斷層效應的影響。

6. 地震參數：

(1) 水平譜加速度係數：

設計水平譜加速度係數 $S_s^D=0.8$ ， $S_1^D=0.45$ 。

最大考量水平譜加速度係數 $S_s^M=1.0$ ， $S_1^M=0.55$ 。

(2) 考慮近車籠埔斷層效應調整因子：

設計地震之調整因子 $N_A=1.23$ ， $N_V=1.36$ 。

最大考量地震之調整因子 $N_A=1.25$ ， $N_V=1.50$ 。

(3) 工址放大係數：

短週期結構之工址放大係數 $F_{ad}= 1$ ， $F_{am}= 1$ 。

長週期結構之工址放大係數 $F_{vd}= 1$ ， $F_{vm}= 1$ 。

7. 液化分析：

經查詢經濟部中央地質調查所土壤液化潛勢查詢系統之結果如圖 5-2 所示，本基地為低潛勢土壤液化區域。

本案並非「建築物耐震設計規範及解說」所述之分析法認定應進行液化潛能判定之飽和砂質土層，不符合土壤液化之機制，並無液化發生之潛能。

8. 抽水計畫：

基地開挖面在地下水位以上，尚不需考慮抽水計畫。

9. 基礎形式建議：

建築物具有地下室空間，建議採用筏式基礎。

10. 承載力分析：

本案涵蓋資源回收室及圖書館等建築物，有關承載力分析如下。

(1) 圖書館：

基礎座落於第 2 層：卵礫石層 (GP/GM) 中。簡化計算過程，保守假設， $D_f= 0$ ， $B/L= 0$ ，承載力計算如下表：

$c=$	0.00	$\gamma_2=$	2.06	$\gamma_1=$	1.45
$\phi=$	40.00	$D_f=$	0.00	$B=$	20.00
$N_c=$	95.70	$N_q=$	81.20	$N_r=$	114.00
$F_{cs}=$	1.00	$F_{qs}=$	1.00	$F_{rs}=$	1.00
$F_{cd}=$	1.00	$F_{qd}=$	1.00	$F_{rd}=$	1.00
$F_{ci}=$	1.00	$F_{qi}=$	1.00	$F_{ri}=$	1.00
$q_{ult}=$	1653.00 tf/m ²				

$$q_{ult} = cN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + \gamma_2 D_f N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + 0.5\gamma_1 B N_r F_{rs} F_{rd} F_{ri}$$

$$= 1653 \text{ t/m}^2$$

上述承載力公式，採用安全係數 F.S. 為 3。

不考慮挖除土水重，保守計算容許承載力：

$$q_{all} = (q_{ult} - \gamma_s D_f) / 3 = 551 \text{ t/m}^2$$

另參考林炳森、魏水木(1995)。由台中地區卵礫石層之現地平鈹載重試驗結果，極限承載力約為 555 tf/m²。

綜合以上結果，建築物總載重 < q_{all}，承載力足夠。

考慮設計地震時之基礎承載力，因無液化發生潛能，基礎以下之土壤參數尚不需要折減，故基礎承載力如前計算，地震發生時承載力足夠。

(2) 資源回收室：

基礎之容許承載力，以下列公式計算：

$$q_{all} = q_{ult} / FS$$

同前假設回填土壤參數，資源回收室基礎承載力分析如下。

表 6-1 基礎不同深度之容許承載力

基礎深度 G. L. (m)	容許承載力 (tf/m ²)	
	Qa(平時)	Qa(地震時)
-1.5	203.71	
-2.0	375.45	
-3.0	504.50	

B×L=3m×3m

11. 沉陷量分析：

建議建物沉陷量以 4cm 以上設計，沉陷量必須小於「建築物基礎設計規範」規定筏式基礎容許沉陷量 30cm，以符合要求。

12. 上浮力分析：

本案開挖深度在地下水位以上，無基礎底部上舉問題。基礎深度在地下水位以上，無上浮問題。

13. 砂湧分析：

本案開挖深度未達地下水位，且採用非阻水型擋土設施， $\Delta H_w=0$ ，無砂湧發生可能。

14. 未來規劃之基礎開挖擋土方式：

可優先考慮擋土柱工法配合內型鋼支撐，對於無鄰房側可考慮明挖工法降挖再搭配兵樁工法配合內型鋼支撐。

7-2 建議事項

1. 下伏地盤為卵礫石層，開挖使用挖土機等機具，應不致造成開挖上的困擾。
2. 圖書館南側為 4F 校舍，北側為體育館，依情況於施工階段注意基礎保護，設置安全監測系統。
3. 可優先考慮擋土柱工法配合內型鋼支撐，對於無鄰房側可考慮明挖工法降挖再搭配兵樁工法配合內型鋼支撐。
4. 基地開挖面在地下水位以上，尚不須考慮抽水計畫。但須考慮施工期間遇雨季來臨及惡劣天候時應增加設置排水設施，如打設集水坑、溝渠等，將外來水抽出施工區域。
5. 回填層及覆土層於開挖時再行確認，應置換優良砂石並分層夯實，以減少地表之沉陷量。
6. 地質良好，尚不需地盤改良。

附錄 A：

鑽探報告表

土壤試驗結果報告表

工程名稱：台中市太平區長億高中資源回收場													孔口高程：75.12M				
鑽孔編號：BH-1					鑽孔深度：9M			地下水位：未達水位				鑽探時間：107年09月15日					
樣號	深度 (公尺)	SPT 標準貫入試驗			柱狀圖	地質說明	土壤分類	粒徑分析				含水量 W%	比重 Gs	統體單位重 γ_t (t/m ³)	孔隙比 e	液性限度 L.L.	塑性指數 P.I.
		15cm	15cm	15cm				礫石 (%)	砂土 (%)	粉土 (%)	黏土 (%)						
S-1-0	1	50/8			SF	回填層, 混凝土、礫石、砂土	GP/GM				NO	SAMPLE					
	2				1.1												
S-2-0	3	50/7				卵礫石夾黃棕色粉土質砂，偶間夾砂土薄層	GP/GM				NO	SAMPLE					
	4																
S-3-0	5	50/7					GP/GM				NO	SAMPLE					
	6																
S-4-0	7	50/6					GP/GM				NO	SAMPLE					
	8																
	9					鑽探結束											
	10																

土壤試驗結果報告表

工程名稱：台中市太平區長億高中資源回收場												孔口高程：75.12M						
鑽孔編號：BH-2					鑽孔深度：9M				地下水位：未達水位				鑽探時間：107年09月15日					
樣號	深度 (公尺)	標準貫入 SPT 試驗			柱狀圖	地質說明	土壤分類	粒徑分析				含水量	比重	統體單位 重	孔隙比	液性 限度	塑性 指數	
		15cm	15cm	15cm				礫石	砂土	粉土	黏土							
								(%)	(%)	(%)	(%)	W%	Gs	γ_t (t/m ³)	e	L.L.	P.I.	
S-1-0	1	15	50/8		SF	回填層, 混凝土、礫石、砂土	GP/GM					NO	SAMPLE					
	2				1.5													
S-2-0	4	50/6				卵礫石夾黃棕色粉土質砂，偶間夾砂土薄層	GP/GM					NO	SAMPLE					
S-3-0	6	50/8					GP/GM					NO	SAMPLE					
S-4-0	8	50/6					GP/GM					NO	SAMPLE					
	9					鑽探結束												
	10																	

土壤試驗結果報告表

工程名稱：台中市太平區長億高中圖書館												孔口高程：74.85M						
鑽孔編號：BH-1					鑽孔深度：9M				地下水位：未達水位				鑽探時間：107年09月15日					
樣號	深度 (公尺)	標準貫入 SPT 試驗			柱狀圖	地質說明	土壤分類	粒徑分析				含水量 W%	比重 Gs	統體單位 重 γ_t (t/m ³)	孔隙比 e	液性 限度 L.L.	塑性 指數 P.I.	
		15cm	15cm	15cm				礫石 (%)	砂土 (%)	粉土 (%)	黏土 (%)							
S-1-0	1	50/7			SF	回填層,AC鋪面、礫石、砂土	GP/GM					NO	SAMPLE					
	2				1.0													
S-2-0	4	50/7				卵礫石夾黃棕色粉土質砂，偶間夾砂土薄層	GP/GM					NO	SAMPLE					
	5																	
S-3-0	6	50/6					GP/GM					NO	SAMPLE					
	7																	
S-4-0	8	50/6					GP/GM					NO	SAMPLE					
	9																	9.0
	10					鑽探結束												

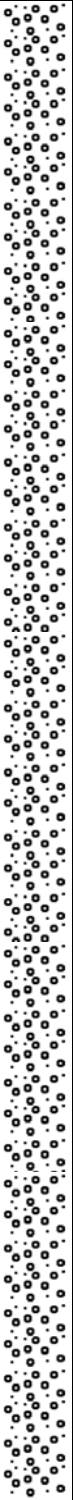
土壤試驗結果報告表

工程名稱：台中市太平區長億高中圖書館												孔口高程：74.95M						
鑽孔編號：BH-2					鑽孔深度：9M				地下水位：未達水位				鑽探時間：107年09月16日					
樣號	深度 (公尺)	SPT 標準貫入試驗			柱狀圖	地質說明	土壤分類	粒徑分析				含水量 W%	比重 Gs	統體單位重 γ_t (t/m ³)	孔隙比 e	液性限度 L.L.	塑性指數 P.I.	
		15cm	15cm	15cm				礫石 (%)	砂土 (%)	粉土 (%)	黏土 (%)							
S-1-0	1	50/8			SF	回填層,地磚、礫石、砂土	GP/GM				NO	SAMPLE						
	2				1.1													
S-2-0	4	50/8				卵礫石夾黃棕色粉土質砂，偶間夾砂土薄層	GP/GM				NO	SAMPLE						
S-3-0	6	22	50/7				GP/GM				NO	SAMPLE						
S-4-0	8	50/11					GP/GM				NO	SAMPLE						
	9					鑽探結束												
	10																	

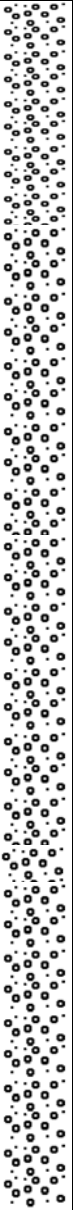
土壤試驗結果報告表

工程名稱： 台中市太平區長億高中圖書館												孔口高程：75.08M					
鑽孔編號：BH-3					鑽孔深度：30M			地下水位：GL.-18.5M				鑽探時間：107年09月16日					
樣號	深度 (公尺)	標準貫入 SPT 試驗			柱狀圖	地質說明	土壤分類	粒徑分析				含水量 W%	比重 Gs	統體單位 y _t (t/m ³)	孔隙比 e	液性 限度 L.L.	塑性 指數 P.I.
		15cm	15cm	15cm				礫石 (%)	砂土 (%)	粉土 (%)	黏土 (%)						
S-1-0	1	28	50/6		SF	回填層, 地磚、礫石、砂土	GP/GM				NO	SAMPLE					
	2				1.2												
S-2-0	4	50/7				卵礫石夾黃棕色粉土質砂, 偶間夾砂土薄層	GP/GM				NO	SAMPLE					
S-3-0	6	50/12				GP/GM					NO	SAMPLE					
S-4-0	8	50/8				GP/GM					NO	SAMPLE					
	9																
	10																

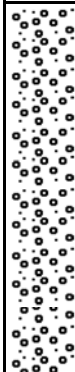
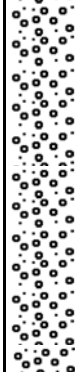
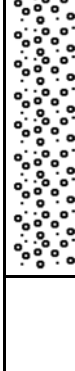
土壤試驗結果報告表

工程名稱：台中市太平區長億高中圖書館											孔口高程：75.08M							
鑽孔編號：BH-3					鑽孔深度：30M			地下水位：GL.-18.5M			鑽探時間：107年09月16日							
樣號	深度 (公尺)	標準貫入 SPT 試驗			柱狀圖	地質說明	土壤分類	粒徑分析				含水量 W%	比重 Gs	統體單位 重 γ_t (t/m ³)	孔隙比 e	液性限度 L.L.	塑性指數 P.I.	
		15cm	15cm	15cm				礫石 (%)	砂土 (%)	粉土 (%)	黏土 (%)							
	11					卵礫石夾黃棕色粉土質砂，偶間夾砂土薄層												
	12																	
	13																	
	14																	
	15																	
	16																	
	17																	
	18																	
	19																	
	20																	
	21																	

土壤試驗結果報告表

工程名稱：台中市太平區長億高中圖書館										孔口高程：75.08M							
鑽孔編號：BH-3					鑽孔深度：30M			地下水位：GL.-18.5M			鑽探時間：107年09月16日						
樣號	深度 (公尺)	標準貫入 SPT 試驗			柱狀圖	地質說明	土壤分類	粒徑分析				含水量 W%	比重 Gs	統體單位 重 γ_t (t/m ³)	孔隙比 e	液性限度 L.L.	塑性指數 P.I.
		15cm	15cm	15cm				礫石 (%)	砂土 (%)	粉土 (%)	黏土 (%)						
	22					卵礫石夾黃棕色粉土質砂，偶間夾砂土薄層											
	23																
	24																
	25																
	26																
	27																
	28																
	29																
	30																

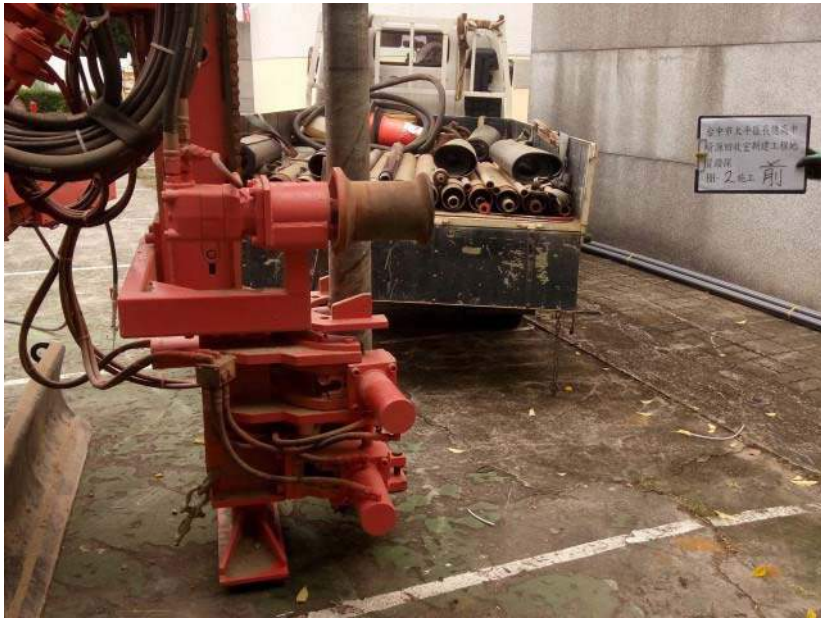
土壤試驗結果報告表

工程名稱：台中市太平區長億高中圖書館												孔口高程：74.82M						
鑽孔編號：BH-4					鑽孔深度：9M				地下水位：未達水位				鑽探時間：107年09月16日					
樣號	深度 (公尺)	SPT 標準貫入試驗			柱狀圖	地質說明	土壤分類	粒徑分析				含水量 W%	比重 Gs	統體單位重 γ_t (t/m ³)	孔隙比 e	液性限度 L.L.	塑性指數 P.I.	
		15cm	15cm	15cm				礫石 (%)	砂土 (%)	粉土 (%)	黏土 (%)							
S-1-0	1	5	25	50/8	SF	回填層, 草地、棕色砂質土壤	GP/GM					NO	SAMPLE					
	2				1.8													
S-2-0	3	50/10				卵礫石夾黃棕色粉土質砂，偶間夾砂土薄層	GP/GM					NO	SAMPLE					
	4																	
S-3-0	5	50/7					GP/GM					NO	SAMPLE					
	6																	
S-4-0	7	50/6					GP/GM					NO	SAMPLE					
	8																	
	9					鑽探結束												
	10																	

附錄 B：

施工照片

	資源回收 室 BH-1 施工前
	資源回收 室 BH-1 施工中
	資源回收 室 BH-1 施工後



資源回收
室
BH-2
施工前



資源回收
室
BH-2
施工中



資源回收
室
BH-2
施工後



圖書館
BH-1
施工前



圖書館
BH-1
施工中



圖書館
BH-1
施工後