春安國小校舍新建工程

地質鑽探調查報告書

宏利工程顧問有限公司
HomeLi Engineering Consultants Ltd
臺中市南屯區公益路二段61號4樓之3
04-23212350

中　華　民　國　1　1　4　年　1　月　1　7　日

臺中市建造執照（含變更設計）專業工程部分專業技師辦理簽證案件 地基調查報告自主檢查表

工程位置：臺中市南屯區春安段801,803,806,807等4筆地號

項次		檢查項目	檢查結果			備註
			應附	免附	頁次	
紀實	1.	基地與建築工程之概述（應包含建築用途、地上及地下樓層數）	V		1	
		基地是否有土地位於地質敏感區? □否 ■是(□活動斷層 □山崩與地滑 ■地下水補	V		15	
		基地是否有土地位於液化潛勢區? ■否 □是(□低潛勢 □中潛勢 □高潛勢)	V		15	
	2.	鑽探調查點檢核：				
		2.1 調查點數是否符合規定? □否 ■是(調查點數：總共 7 孔)（基地面積每六百平方公尺或建築物基礎所涵蓋面積每三百平方公尺者，應設一調查點。）	V		1	
		2.2 調查點深度是否符合規定? □否 ■是 （基礎型式：□淺基礎 ■筏式基礎 □樁基礎 □其它基礎)(可複選) （基礎預定開挖深度： -2.4 公尺） （調查點最深深度: 20公尺...(達可確認之承載地層深度： -2.22 公尺）	V		1	基礎型式與預定開挖深度應檢視與申請建照圖說
		2.3 鑽探調查點之位置、高程及柱狀圖	V		36	
	3.	基地地下水位調查情形？ （應說明短期及長期地下水位，用以評估上浮力、液化潛能及擋土支撐分析）	V		20	
	4.	現地試驗及室內試驗結果（現地試驗及室內試驗項目及成果應足夠供基礎設計及施工各階段分析、計算所需。）	V		-	無取得任何鋼圈及薄管進行實驗室分析
	5.	基地地質平面圖及剖面圖（地質平面圖應包括比例尺、指北、圖例、地表覆蓋層之 材料類別及分佈、剖面線位置；地質剖面圖應與鑽探柱狀圖地層紀錄相符合，並應有高程及地下水位標示。）	V		37-39	
	6.	地層分類及描述 （是否與基地地質平面圖、剖面圖相符）	V		17-18	
	7.	現場調查照片(鑽探施工前、中、後照片或地層取樣照片，岩心照片應附標準色卡)，照片呈現重點詳備註第 2 點。	V		附錄B	

項次		檢查項目	檢查結果			備註
			應附	免附	頁次	
分析	8.	是否具有潛在地質不利因素並提出因應對策 (基地是否鄰近活動斷層、山坡地、廢土堆、地質結構不良、地層破碎或順向坡有滑動、河岸或向源侵蝕、洪患、斷崖、海埔新生地者情形應詳加說明並提出因應對策)	V		15	
	9.	簡化之地層剖面及承載層	V		36	
	10.	建議之地層大地工程參數 (建議大地工程參數應說明採用來源或依據)	V		35	
	11.	建議之基礎型式及設計準則 (至少應包括建議之基礎型式與基礎深度、支承力計算成果、對鄰地與建築物之影響。) (基地是否位於軟弱土層？■否 □是 是否檢附建築物最大沉陷量、差異沉陷量，及對建築物之影響■否 □是)	V		45	基礎型式與預定挖深度檢視與請建照說相符。
	12.	基礎開挖、擋土及支撐方式及施工建議 (開挖深度與建照圖說是否差異過大? ■否 □是) (屬深開挖者：■否 □是 是否檢附開挖擋土穩定性分析? □否 ■是 是否說明基礎施工安全監測項目? □否 ■是)	V		45~51	
	13.	建築物位於砂土層有液化之虞者，應辦理基地地層之液化潛能分析。 (屬中、高潛勢區是否具液化潛能分析? ■否 □是) (是否提出因應對策? ■否 □是)		V	-	

備註：

1. 請於檢查結果欄位勾選檢附情形，本表填寫完成後，併同地基調查報告送審。

2. 鑽探施工前、中、後照片注意事項如下。

(1)施工前、中、後照片應有基地背景，背景應盡量一致；照片內應有白板並標示鑽孔編號及拍照日期。

(2)施工中照片應須判釋為施工階段。建議如：傳統鑽機應有迴水，如採乾鑽應有套管打設；鑽堡於鑽孔周圍會有殘留土碴等情形。

(3)施工後照片可供判釋，建議照片內應有施工後完成孔位、水位觀測井或測深管埋設等。

(4)岩心照片應附標準色卡。

目　錄

第一章、前言 1
第二章、工作項目 3
2.1、現場基地鑽探作業 3
2.2、實驗室試驗 5
第三章、工作項目 9
3.1、區域地質概況 9
3.1-1、台中盆地之地形與地質 9
3.1-2、地質構造 10
3.1-3、其他潛在地質不利因素 15
3.2、基地地層分佈及其工程特性 17
3.3、基地地下水位 20
3.4、 設計常數及地層簡化 21
3.4-1、耐震設計係數 21
3.4-2、彈性係數ES及柏松比 μ 32
第四章、大地力學分析 40
4.1、基礎承載力 40
4.2、推估地層受載重作用之可能沉陷量 42
4.3、 基礎型式建議 45
4.4、開挖穩定分析 45
4.5、側向應力分析 49
第四章、施工及安全觀測系統建議 52
5.1、開挖及擋土措施方式 52
5.2、開挖及施工期間注意事項 56
5.3、安全觀測系統建議 56
5.4、地下水位監測 58
弟六章、結論與建議 59

附　錄

附錄A：地層描述及記錄 61
附錄B：鑽探施工照片 69
附錄C：地質柱狀圖 75
附錄D：貫入深度安全係數計算 83
附錄E：技師執業執照 91

圖　目　錄

圖 1-1　本案調查範圍圖 2
圖 2-1　各鑽孔衛星影像分佈示意圖 7
圖 2-2　各鑽孔於地籍圖之分佈示意圖 8
圖 3-1　基地區域地質圖 15
圖 3-2　基地環境地質圖 16
圖 3-3　距離場址15公里內之活動斷層分佈圖 17
圖 3-4　地質剖面線及各鑽孔地質柱狀圖 36
圖 3-5　A-A’地質剖面 37
圖 3-6　B-B’地質剖面 38
圖 3-7　C-C’地質剖面 39
圖 4-1　開挖穩定分析示意圖 48
圖 5-1　擋土柱施工法示意圖 54

表　目　錄

表 2-1　現場鑽探作業統計表 4
表 2-2　實驗室暨現地試驗數量統計表 5
表 3-1　距離基地15 km範圍內活斷層一覽表 14
表 3-2　砂土之N值與內摩擦角φ、相對密度Dr之關係 19
表 3-3　礫石層現地直剪強度評估表 20

表 3-4 地盤分類表 22
表 3-5 本基地相關係數SsD、$S1D$及、SsM、$S1M$ 23
表 3-6 近第一類活動斷層性質表 24
表 3-7 本基地短週期結構之工址放大係數 25
表 3-8 本基地長週期結構之工址放大係數 26
表 3-9 近斷層區域短週期之設計水平譜加速度係數SsD 27
表 3-10 近斷層區域一秒週期之設計水平譜加速度係數$S1D$ 28
表 3-11 近斷層區域短週期之最大考量水平譜加速度係數SsM 29
表 3-12 近斷層區域一秒週期之最大考量水平譜加速度係數$S1M$ 30
表 3-13 各層次垂直地盤反力係數分析表 34
表 3-14 各層次之水平地盤反力係數 34
表 3-15 基地地層簡化及其設計用參數綜合表 35
表 4-1 回填層基礎極限承載力(Qu)及容許承載力(Qa)承載力彙整表 41
表 4-2 荷重與沉陷量關係表 43
表 4-3 側向土壓力參數(回填層) 50
表 4-4 側向土壓力參數(卵礫石層) 51
表 5-1 各種擋土工法之比較 55

第一章、前言

本基地位於臺中市南屯區春安段801,803,806,807等4筆地號，基地鄰台中市南屯區春安路及春安二街交叉路段範圍(春安國小東北側)，基地調查範圍如圖1-1所示。

●建物面積：約1333 ㎡。

●建築物用途：D-3國小校舍。

●建築物樓層數及地下室層數：地上3層無地下層。

●開挖深度：開挖深度約1.48 m。

●鑽孔數及深度：鑽孔數7孔，深度為8-20 m。

為了解基地地質狀況，委由顧問有限公司進行鑽探工作，並於施鑽過程中進行現地試驗、水位觀測，並依現況地層鑽取土樣施作一般物理性質試驗。依現地試驗、室內試驗等成果進行報告分析及建議。

鑽孔數量依建築技術規則建築構造編第65條規定，基地面積每600 ㎡或建築物基礎所涵蓋面積每300 ㎡者，應設一調查點。但基地面積超過6000 ㎡及建築物基礎所涵蓋面積超過3000 ㎡之部分 ，得視基地之地形、地層複雜性及建築物結構設計之需求，決定其調查點數。本案依建築面積計算故全區共需佈設7孔地質鑽探。

另參考建築物基礎構造設計規範3.2.3節，淺基礎基腳之調查深度應達基腳底面以下至少四倍基腳寬度之深度，或達可確認之承載層深度；對於深開挖工程，

調查深度應視地層性質、軟硬程度及地下水文條件而定，至少應達1.5 ～2.5倍開挖深度之範圍，或達可確認之承載層或不透水層深度。故最淺鑽孔深度應大於1.48m*1.5=2.22 m，或達可確認之承載層。

本工作於113年06月14日進場施作，全部內、外業於113年06月15日完成，並提報告供設計及施工單位參考。

圖 1-1　本案調查範圍圖

第二章、工作項目

本調查計劃之主要目的在於瞭解基地內地質、土層以及地下水位分佈狀況，以評估設計時所需之土壤工程特性及土壤參數，並研判深開挖及基礎施工時所可能遭遇之情況以及施工的安全性。為達到上述目的，此項調查計劃所進行之工作包括現有資料的收集及參閱、現場基地鑽探作業、實驗室試驗以及大地工程分析等工作，茲分述於後。

2.1、現場基地鑽探作業

為瞭解基地內土壤之性質、類別及土層分佈狀況，本次調查選擇7處適當地點進行鑽探作業，鑽孔位置經現場施測及佈點，鑽孔位置如圖2-1及圖2-2所示。此外為瞭解基地內地下水位之分佈狀況，於鑽孔結束後埋設1" φ 之水位觀測井，以觀測地下水位分佈概況。

現場鑽探作業係利用油壓打擊式大型鑽孔機進行，所有取樣工作均依照美國材料試驗協會標準(ASTM)規範進行。在鑽孔過程中，每隔2.0公尺，施行標準貫入試驗(Standard Penetration Test)，記錄其打擊數(N值)，並兼取劈管進行一般性物理試驗，貫入式驗採用140磅重之自動落槌，落距30吋之高度自由落下,連續打擊使劈管取樣器貫入土層18吋(45公分)或打擊數超過50下入土深不及18吋為止，惟第一個6吋(15公分)之打擊為定位打擊數，取第二個及第三個貫入6吋之打擊數總和為貫入阻抗(N值)。

現場鑽探作業之各項細目列於表2-1，各鑽孔之土層及標準貫入試驗結果詳列於附錄A鑽探成果表。

表2-1 現場鑽探作業統計表

孔號 (TWD97座標)	鑽孔深度(M)	深度(M)		SPT試驗(次)	劈管取樣(組)	水位觀測井(支)	高程(EL.M)
		回填及砂土層(M)	卵礫石層(M)				
BH1(210164.687、2669998.592)	8	1.4	6.6	4	0	0	66.367
BH2(210173.102、2669997.761)	8	1.2	6.8	4	0	0	66.626
BH3(210197.45、2669993.188)	8	0.8	7.2	4	0	0	66.585
BH4(210169.756、2670020.891)	8	3.5	4.5	4	0	0	66.882
BH5(210179.632、2670014.413)	8	1.2	6.8	4	0	0	66.762
BH6(210189.904、2670011.5)	8	1.2	6.8	4	0	0	66.765
BH7(210201.174、2670009.988)	20	2.2	17.8	10	0	1	66.393
合計	**68**	**11.5**	**56.5**	**34**	**0**	**1**	

2.2、實驗室試驗

為瞭解基地內土層之工程性質及設計所需之土壤參數，以供分析及設計之用，所有於鑽探作業所取得之土樣均在現場臘封或以保鮮膜密封後，一併送回本公司之大地工程實驗室進行各項試驗。由於本案基地回填層及卵礫石層皆無法取得劈管，因此無任何樣品供執行土壤一般物理性試驗，實驗室規範詳列於表2-2。

表2-2　實驗室暨現地試驗數量統計表

一般物理性質試驗(土壤)			
項次	試驗項目	數量(組)	試驗規範
1	單位重、含水量	0	ASTM D2216
2	顆粒分析	0	ASTM D422
3	比重	0	ASTM D854
4	阿太堡液塑限試驗	0	ASTM D423,D424

●含水量與單位重測定：

測定含水量所選取之土樣重量約100公克,將其置於恆溫(105℃)箱內24小時烘乾後取出量測乾土樣重,試驗步驟均參照中華民國國家標準(CNS 5091)規範實施。單位重體積之測定係直接量取試體之大小尺寸而得之。

●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：

$$e=\frac{G_S\gamma_\omega}{\gamma/(1+\omega)}-1$$

式中

e =孔隙比

γ=土壤單位重(t/m^3)

w =含水量(%)

γw =水單位重

Gs =土壤比重

●土壤粒徑分析試驗：

土壤粒徑分析試驗包括比重計分析與篩分析試驗。試驗時取50公克置於矽酸鈉溶液中24小時後再經電動攪拌機攪拌後置入沉澱筒內，並於不同歷時量取比重計讀數，經24小時之沉澱後，倒入200號篩網內洗去小於200號篩網之土壤顆粒經烘乾後置於篩網系列上進行篩分析試驗。本項試驗之操作步驟參照，試驗步驟均參照中華民國國家標準(CNS 11776)規範實施。

●比重分析：

測定比重之土樣均為烘乾土樣，其重量為45公克，試驗步驟參照中華民國國家標準(CNS 5090)規範實施規定實施。

●阿太堡限度 (Atterberg Limits)試驗：

測定阿太堡限度之土樣為自然土樣而非烘乾土樣，試驗之方法均依照中華民國國家標準(CNS 5088)規範實施。

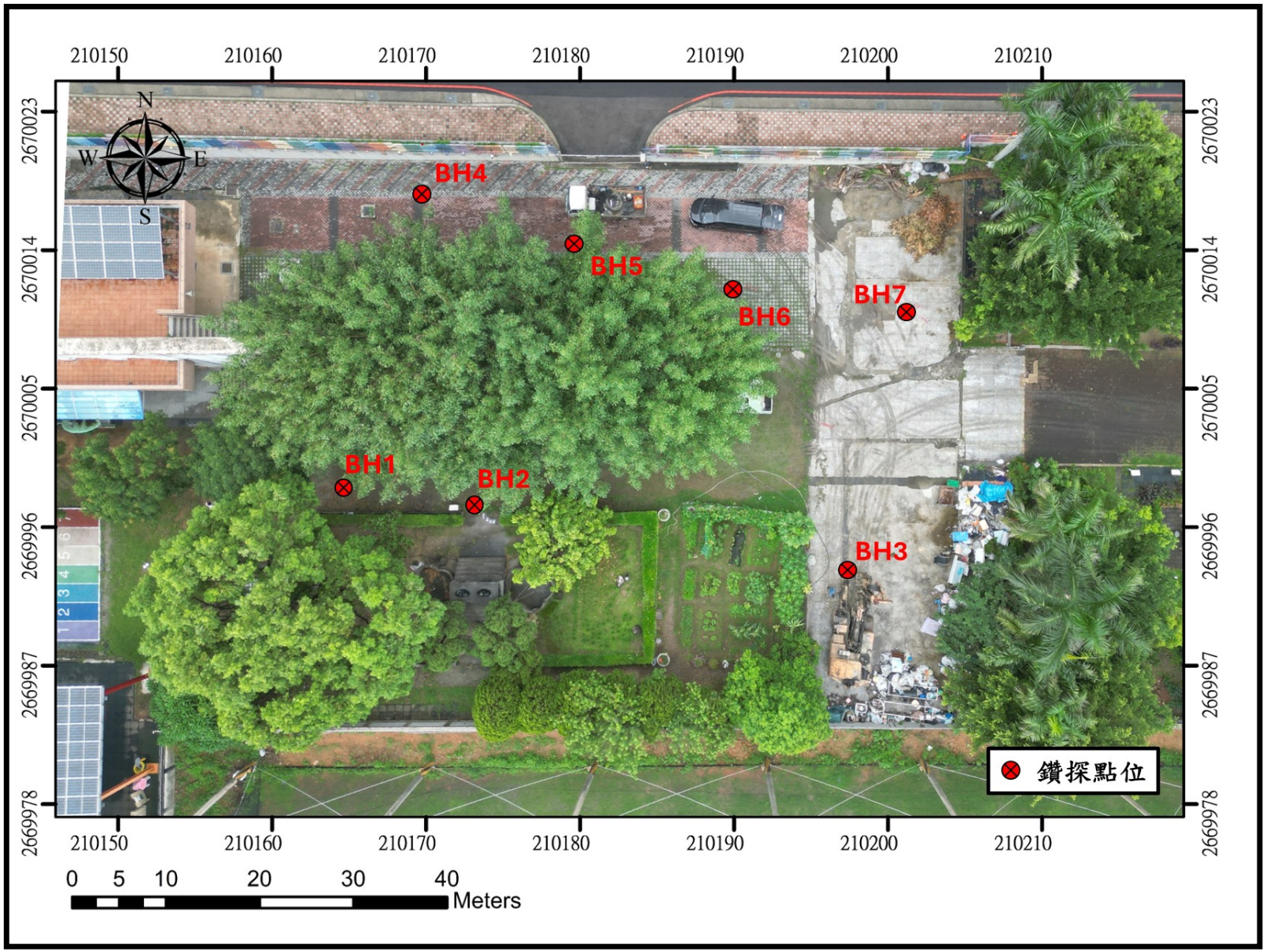


圖2-1、各鑽孔衛星影像分佈示意圖

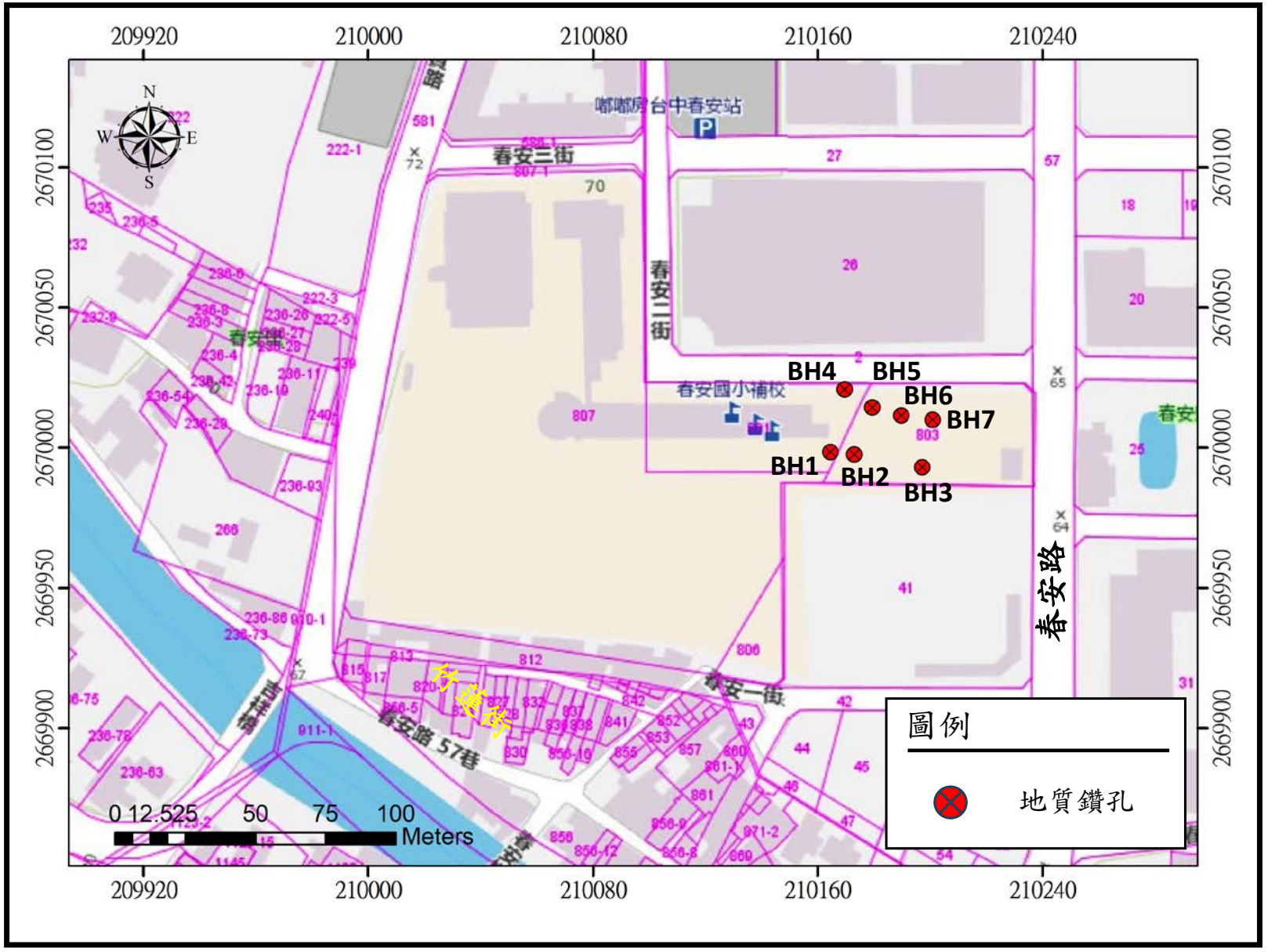


圖2-2、各鑽孔於地籍圖之分佈示意圖

第三章、基地區域地質

3.1、區域地質概況

3.1-1、台中盆地之地形與地質

台中盆地位於台灣西部麓山帶之側，位於台中豐原至南投名間之間，盆地北界為大甲溪，南界是濁水溪，東側以中寮丘陵為界，西以大肚台地與八卦山台地為界。台中盆地南北長約48公 里，東西最大寬約14公里，面積約為400平方公里。盆地本身是一個向下凹曲之地塊，地勢以盆地中部為最低，向北及向南漸高，四周大小溪流攜帶泥砂進入盆地而構成沖積層。以地質構造而言，盆地東側以車籠埔斷層為界限，西側及北側均與隆起台地 為界，此中盆地乃一構造盆地，可能由其東之車籠埔斷層構成，此斷層為台灣西部之主要構造線，斷層之活動除造成台中盆地外，並使大肚、八卦山等紅土礫石台地成為向東傾斜之傾動地塊。台中盆地之發育，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發生主要的造山運動以來，由於來自東方的擠壓力增強，乃使車籠埔逆衝斷層東側 地塊加緊其向西推擠及向上逆衝，迫使台中盆地產生向撓曲現象，因此盆地加速下降，而盆地中心逐漸西移，復於晚更新世發 生上昇運動，逐漸形成今日之台中盆地。台中盆地之地層由上向下依次為沖積層、紅土層、礫石層及 砂岩層，台中盆地上部由未固結之卵礫石、泥砂及黏土等構成，卵礫石之直徑可由數公厘至2公尺以上，而此堆積層與其下部基 盤之接觸情形及厚度不明。

依據經濟部地質調查及礦業管理中心(地質資料整合查詢)(如圖1.3本案基地區域地質圖所示)，基地淺層地層屬更新世頭嵙山層為主，本層上部主要以厚層礫石及砂礫互層為主；出露於大肚山丘陵的部份以厚層礫岩為主，內夾延續性不佳的透鏡狀砂層，相較於八卦山丘陵的砂礫互層與厚層礫石，前者的礫石粒徑平均較大，而砂岩部份，大肚山丘陵南段與八卦山丘陵含有較多的板岩岩屑，而大肚山丘陵中北段的砂岩中所含之板岩岩屑明顯偏低，究其原因，兩區可能為相異河系的沈積系統（柯炯德，1997），基地地質如圖3-1所示。根據胡忠恆（Hu, 1977; 1978）對於苗栗地區頭嵙山層中，介形蟲生態分類之研究，推論本層為河口至深度約20公尺的淺海沈積環境之產物；大肚山丘陵與八卦山丘陵的頭嵙山層以岩相分析的方法推論為海岸平原至礫質辮狀河的環境(柯炯德,1997)。由礫石的排列堆疊，與疏鬆而充填在礫石間的砂兩者之間的工程性質而言，礫石層在地形上常能形成陡峭的岩壁，但受雨水沖刷侵蝕帶走疏鬆砂質後，將掏空礫石之間的支撐力，極易崩落而形成既窄且深的侵蝕溝；若礫石層層理傾斜較大，受蝕崩落的現象將益形顯著，常形成成群尖峰或孤峰的壯觀地景，此地形常稱為鋸齒狀（zig-zag）地形。

3.1-2、地質構造

●三義斷層

本斷層最初稱三叉斷層（張麗旭，1951），後來，Meng（1963）重新調查，並改稱三義斷層，Tang（1969）亦根據航照判釋，指認其存在。斷層係在豐原以

東約0.6公里處，呈約N10°E走向，延伸至三義附近後突轉向N70°E，續延約10公里至大湖以西，全長約26公里，惟在本圖幅區僅延伸約18公里，自圖幅區南緣豐原附近往北經后里、勝興附近即出圖幅之外。本斷層為第四紀斷層，具有再活動之潛能，乃一逆斷層，斷層東側或東南側為升側。在本圖幅區，本斷層有約8公里段為大甲溪及大安溪沖積層所掩覆,其餘東側出露主要地層為關刀山砂岩、十六份頁岩、東坑層及紅土台地堆積層。西側出露主要地層為紅土台地堆積層。於后豐公路以東之大甲溪北岸，也就是鐵路新線之隧道口一帶，本斷層露頭清晰可見,斷層帶寬約100公尺,上盤出露地層為十六份頁岩及下伏之關刀山砂岩，傾斜稍陡；下盤則為頭嵙山層火炎山礫岩，傾角平緩，約在10°以下，且見有一平緩之拖曳褶皺及一切穿上覆紅土台地堆積層之年代甚新之低角度前峰逆衝小斷層。此外，於大安溪北岸火炎山以東之伯公坑附近一小溪谷出口之四份橋下，亦可見一露頭現象，即三義斷層上盤之東坑層向西逆衝至頭嵙山層礫岩之上；在此所見東坑層，並因受斷層運動影響而具拖曳褶皺現象。

●車籠埔斷層

車籠埔斷層南自雲林斗六鎮的桶頭橋，北至苗栗卓蘭，南北延伸約105公里長。1999年921集集大地震，規模7.3， 主要是由車籠埔逆斷層東側的地層向西疊覆(逆衝)錯動所致 ，斷層面向東傾斜約30度進入地下。位於車籠埔斷層線以東3-3 約15公里內的地盤，整體向西北水平移動達3~4公尺，最大在東勢，達8.5公尺，並上升達0.5公尺(南段)至9.8公尺(北段)。此次逆斷層活動，使中部地區

水平面積減少了約16萬平方公尺，本斷層沿台中市東緣，呈南北延伸，屬第一類活動斷層。

●屯子腳斷層

屯子腳斷層為彰化(清水)斷層(林朝棨，1957)之副斷層，平行於清水斷層東方約半公里處，由苗栗縣甲南東方的客3-4莊，經橫山和清水第一公墓，到沙鹿東方的竹林，呈東北走向，長8.5公里。林朝棨(1957)稱之為橫山斷層，並認為是后里台地西側大甲東斷層向南延伸的部份。本斷層亦為湯振 輝(Tang，1969)所稱之鐵砧山斷層之南段。目前，在地表並無發現斷層露頭，因此，本斷層主要是以地形特徵來判斷。孫習之(Sun，1965)研判本斷層屬逆斷 層，西側為上盤，頂面紅土層的最大變位量為20m。清水第 一公墓以南至竹林之間，斷層西側因推擠隆起造成背斜狀壓力脊，其東側成為反斜斷層小崖；清水第一公墓以北則沿斷層傾蝕擴寬，形成斷層線谷(楊貴三，1986) 。本斷層於1935年421台中大地震，規模7.1，屬第一類活動斷層。

●大甲斷層

大甲斷層，為逆移斷層，呈北北東走向，由苗栗縣通霄附近經大甲、甲南、清水、沙鹿至臺中縣大肚，長約30公 里。斷層南段由甲南至大肚的部分，以往稱為清水斷層（張徽正等，1998；林啟文等，2000b），長約22公里。大甲斷層有明顯的線狀崖，但是野外尚未發現斷層露頭。由野外調查與鑽探岩芯中的岩層比對結果，地表淺處大甲斷 層的垂直移距約50~70公尺，斷層前緣已截切穿出

地表，但 斷層跡可能為崩積層或沖積層所覆蓋，因此在地表未發現露頭。大甲斷層南段,野外也未發現斷層露頭,而由鑽探結果 顯示斷層的前緣已接近地表,並造成階地崖前緣局部剪切帶。大甲斷層截切更新世晚期的地層，可能在全新世活動過，暫列為第一類活動斷層。

●彰化斷層

全長應為85公里左右,自台灣西部通霄附近,呈N至N25°E走向,往南延展,經大甲再至彰化、二水間。斷層通過北端通霄及南緣鹿寮一帶，長凡33公里，除於鐵砧山西側切穿紅土台地堆積層及於大坪頂北端隘口寮一帶切穿階地堆積層等略有跡可尋者外，其餘則絕大部份為沖積層所掩覆，局部通過頭嵙山層火炎山礫岩之部份，則均屬推測斷層。據石再添等(1983)調查，本斷層於后里台地西側之部份，直線狀崖穿透過六個地形面，崖高25～145公尺，屬A級活動斷層，而Hsu及Chang(1979)則將本斷層收錄於具可能活動性之第四紀斷層，且認為可能為一逆斷層，東側為升側。本斷層之北段為大坪頂左移斷層錯移約2.0公里。

經濟部地質調查及礦業管理中心斷層查詢系統，本基地距離大甲斷層約6.46公里，彰化斷層全段7.14公里，車籠埔斷層全段13.26公里，三義斷層13.87公里，屯子腳斷層14.12公里，詳圖3-3距離場址15公里內之活動斷層分佈圖。

表3-1 距離基地15 km範圍內活斷層一覽表

斷層名稱	活動性	方位	距離(KM)
大甲斷層	第一類活動斷層	東北-西南	6.46
彰化斷層	第一類活動斷層	南-北	7.14
車籠埔斷層	第一類活動斷層	南-北	13.26
三義斷層	第一類活動斷層	南-北	13.87
屯子腳斷層	第一類活動斷層	東北-西南	14.12

*上述活動斷層之距離係根據中央地質調查所活動斷層查詢系統

3.1-3、其他潛在地質不利因素

基地位處已開發市區，排水良好，非屬山坡地，且地形平整、高差較小，另經中央地質調查所土壤液化潛勢查詢系統，屬低潛勢區，綜合上述除前節所述斷層外應無潛在地質不利因素影響。基地範圍內屬地下水補注地質敏感區；詳圖3-2所示。

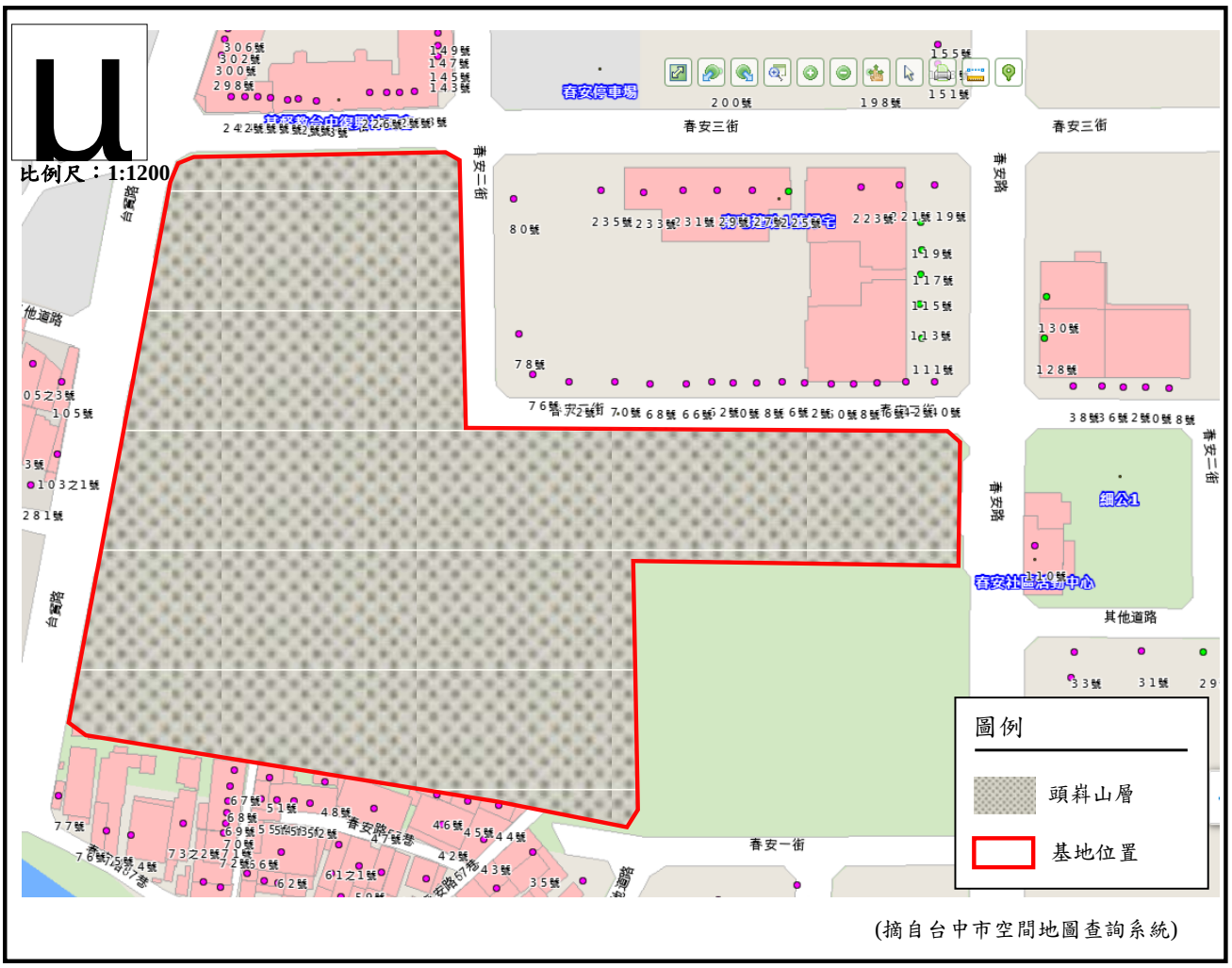

比例尺：1:1200
春安停車場
春安三街
春安二街
春安路
其他道路
春安一街
細公1
春安社區活動中心
圖例
頭嵙山層
基地位置
(摘自台中市空間地圖查詢系統)

圖3-1　基地地質圖

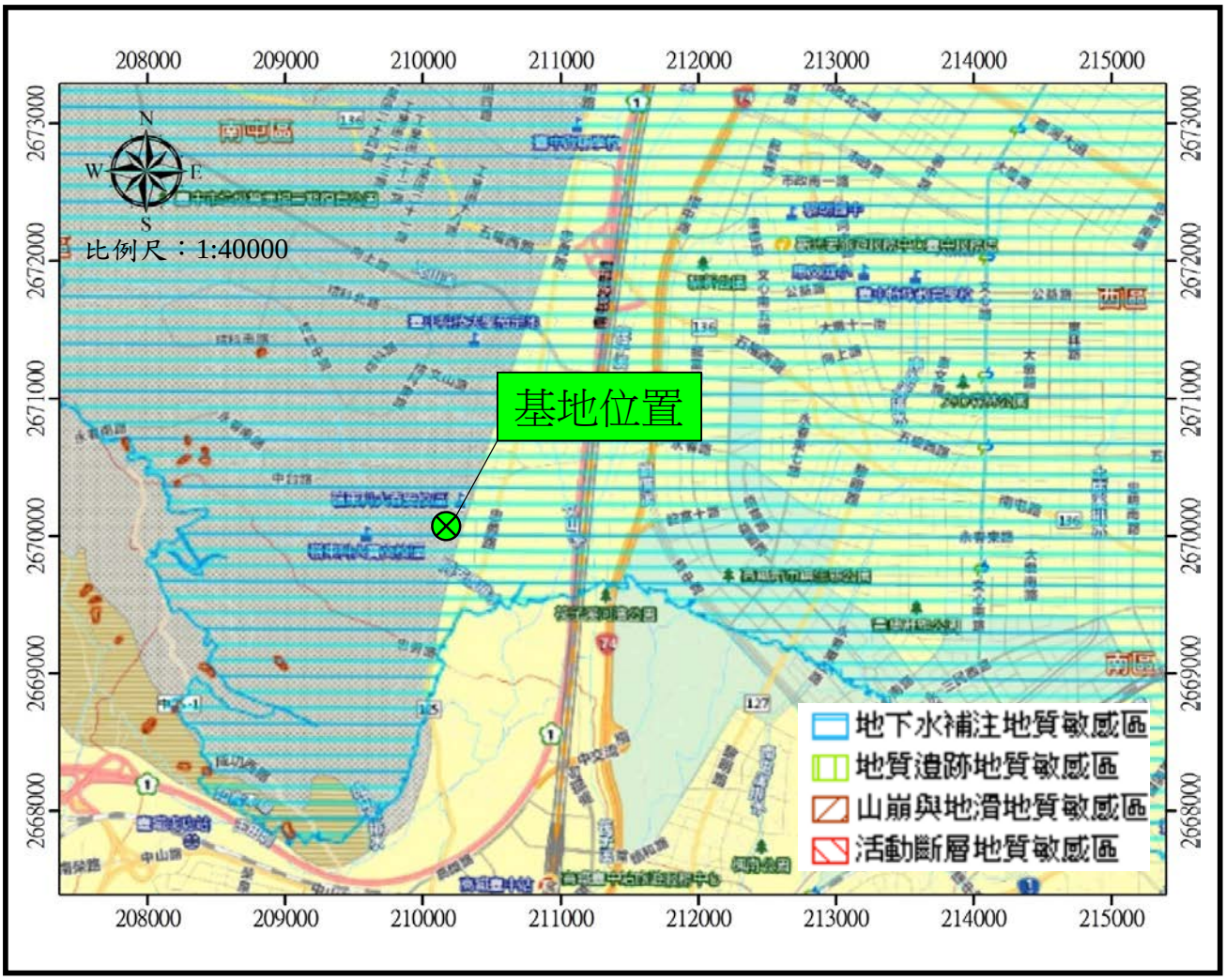

208000
209000
210000
211000
212000
213000
214000
215000
2673000
2672000
2671000
2670000
2669000
2668000
N
W
E
S
比例尺：1:40000
基地位置
地下水補注地質敏感區
地質遺跡地質敏感區
山崩與地滑地質敏感區
活動斷層地質敏感區

圖3-2　基地環境地質圖

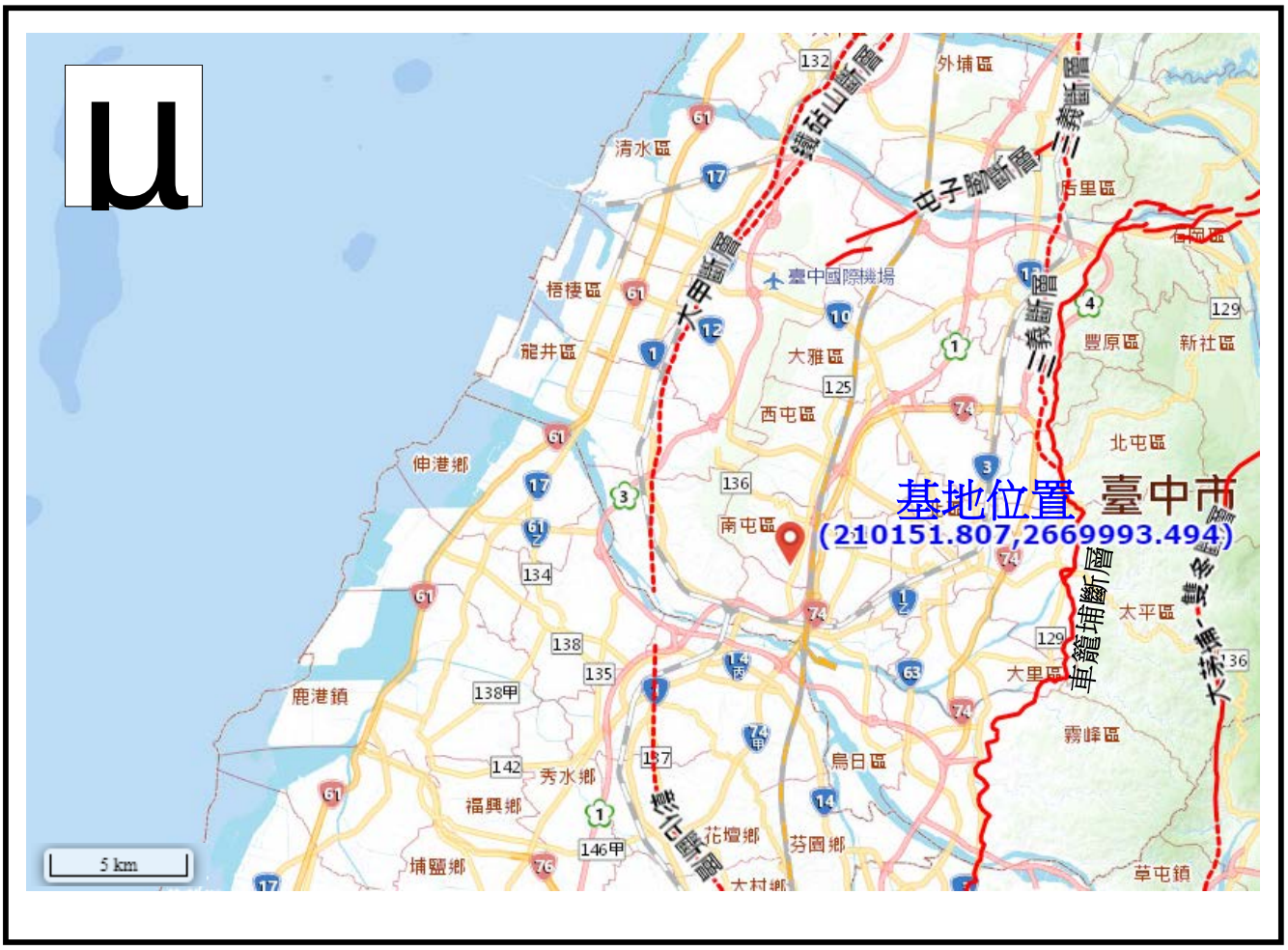


圖3-3 距離場址 15公里內之活動斷層分佈圖

3.2、基地地層分佈及其工程特性

本案綜合現場鑽探、取樣及試驗室結果，在最大鑽探調查深度20M內，可概分為二層地層層次，得基地內地層由上至下依次為(1)回填層 (2)卵礫石層，各地層之工程性質如下所述：

1.第一層：回填層

本層於基地內分佈於GL.M-0~3.5 M，平均厚度約1.64 M，由回填土、磚塊、木頭及卵礫石組成，N值約12，無取得劈管土樣。

2. 第二層：卵礫石層

本層分佈在回填層下，於基地內分佈於GL.M-0~3.5 M~GL.M-20.0 M，平均厚度約18.36 M，於鑽探深度範圍內(20.0公尺)皆為卵礫石層夾薄層粉土質砂層；其實際之厚度不詳。本層主要由卵礫石所組成，並夾多量紅棕色至黃棕色粉土質中、細砂。卵礫石顆粒大小不一，其N值均大於50，卵礫石夾中、細砂，地盤緊密，卵礫石顆粒大都約10公分~20公分。由於卵礫石分佈極為緊密，無法利用3" φ直徑薄管取得不擾動性土樣進行土壤強度試驗，惟參考國內外學者之研究，利用N值推估其力學性質：

(1) 依據卵礫石現地直接剪力試驗參考國內重大建設及學者研究資料，卵礫石層之力學性質依當地卵礫石顆粒、形狀、結合土質之性質有關，且各地不同差異性大，今引用台中市附近之研究資料，參考表3-3，依據蔡明欣等(1995)所收集台灣西部卵礫石層現地直接剪力試驗結果，卵礫石層之內摩擦角介於32°~45°，平均為39.5°。

(2) 依據Terzaghi&Peck(1967)之建議 依據Peck Hanson & Thornburn(1974)如表3-2，得知本地之內摩擦角可取40°。

(3) 採用經驗公式(N取50)

Dunham(1954) $\varphi = 12N + 20$ $\varphi = 44°$

大崎 (1959) $\varphi = 20N + 15$ $\varphi = 46°$

日本道路下部結構委員會：$\varphi = 15N + 15$ $\varphi = 42°$

由於本基地之卵礫石屬緊密狀態，且夾黏土質砂或粉土，考慮卵礫石

顆粒間之連鎖反應(Interlocking effect)，建議分析時凝聚力(C)取0.0 t/m2，內摩擦角(φ)則綜合上述經驗公式及相關現地試驗結果估計後取38°，平均單位重2.2t/m³。假設工程建議採用C＝0.5 t/m²，φ＝42°。

表3-2 砂土之N值與內摩擦角φ、相對密度Dr之關係

砂質土性質	相對密度 (Dr,%)	N 值	內摩擦角 (φ°)
極疏鬆 (Very loose)	<20	<4	<30
疏鬆 (Loose)	20~40	4~10	30~35
中等緊密 (Compact)	40~60	10~30	35~40
緊 密 (Dense)	60~80	30~50	40~45
極緊密 (Very dense)	>80	>50	>45

表3-3 礫石層現地直剪強度評估表

地 區	礫石含量 (%)	γ_t (t/m³)	C_p (kg/cm²)	Φ_p (deg)	C_γ (kg/cm²)	Φ_γ (deg)	資 料 來 源
苗栗三義	70-85	2.00	0.15	54	0.00	45	褚炳麟等 (民國78年)
台中大甲	80	1.97	0.30	28	0.10	28	中興工程顧問社 (民國84年)
台中外埔	80	1.96	0.30	33	0.30	29	中興工程顧問社 (民國84年)
台中大肚山	75	2.10	0.30	42	0.00	42	中興工程顧問社 (民國84年)
台中大肚山	84	2.08	0.40	30	0.40	28	中興工程顧問社 (民國82年)
彰化芬園	72	2.29	0.20	37	0.00	32	中興工程顧問社 (民國83年)
台中都會區	>75	2.00 ∫ 2.35	0.15	45 ∫ 50	0.00	35	中興大學 褚炳麟等 (民國90年)

3.3 基地地下水位

地質鑽探調查期間，鑽孔BH7孔深達20公尺，鑽探其間有量得地下水位，因此以此鑽孔作為水位觀測井，量得之地下水位約在既有地表面下GL.-14.5 M，在基地範圍內地下水位深度相當平均。考量長期水文及季節性降雨因素，本文建議分析用地下水位，可依調查得之水位酌予提升至GL.-14.0M(長時)、GL.-11.0M(暴雨)，以為相關基礎設施設計需求。

3.4 設計常數及地層簡化

3.4-1、耐震設計係數

本文相關耐震設計之係數依據內政部111.6.14台內營字第 1110810765號令修正「建築物耐震設計規範及解說」部分規定，自中華民國一百十一年十月一日生效。本規範考量的三種地震水準及耐震設計目標為：

(1)中小度地震：為回歸期約30年之地震，其50年超越機率約為80%左右，所以在建築物使用年限中發生的機率相當高，因此要求建築物於此中小度地震下結構體保持在彈性限度內，使地震過後，建築物結構體沒有任何損壞，以避免建築物需在中小度地震後修補之麻煩。一般而言，對高韌性容量的建築物而言，此一目標常控制其耐震設計。

(2)設計地震：為回歸期475 年之地震，其50年超越機率約為10 %左右。於此地震水準下建築物不得產生嚴重損壞，以避免造 成嚴重的人命及財產損失。對重要建築物而言，其對應的回歸期更長。於設計地震下若限制建築物仍須保持彈性，殊不 經濟，因此容許建築物在一些特定位置如梁之端部產生塑鉸，藉以消耗地震能量，並降低建築物所受之地震反應，乃對付地震的經濟做法。為防止過於嚴重之不可修護的損壞，建築物產生的韌性比不得超過容許韌性容量。

(3)最大考量地震：為回歸期2500年之地震，其50年超越機率約為2%左右。設計目標在使建築物於此罕見之烈震下不產生崩塌，以避免造成嚴重之損失或造

成二次災害。因為地震之水準已經為最大考量地震，若還限制其韌性容量之使用，殊不經濟，所以允許結構物使用之韌性可以達到其韌性容量。台灣地區各類地盤設計及最大考量水平譜加速度係數分別根據50年10%與2%超越機率之均佈危害分析所得。均佈危害度須考慮工址200公里以內過去發生地震之規模、震央、震源深度以及活動斷層之地震規模潛勢，並利用地震水平譜地表加速度及結構水平譜加速度，隨距離、地震規模變化之衰減率及其他地體構造等資料，經複雜的或然率理論分析而得，由於要能較精細的將近斷層影響區域劃分出來，必須進行震區微分化。以下各項依法規規定列舉如下：

●地震分區規範之震區係直接以鄉、鎮、市等行政區域劃分。本工址之震區屬**台中市南屯區**。

●地盤種類依建築物耐震設計規範，地盤種類以工址表面下30公尺之土層平均特性決定之，可依以下公式判別地盤種類：

表3-4、地盤分類表

地盤種類	第一類地盤 (堅實地盤)	第二類地盤 (普通地盤)	第三類地盤 (軟弱地盤)
平均剪力波速 (m/sec)	$V_{S30} \geqq 270$	$180 \leqq V_{S30} \leqq 270$	$180 \geqq V_{S30}$

*摘自建築物耐震設計規範(111.10.1)。

工址地表面下30公尺內之土層平均剪力波速VS30可依下列 公式計算：

$$V_{S30} = \frac{\sum_{i=1}^{n} d_i}{\sum_{i=1}^{n} d_i / V_{Si}}$$

其中，di為第i層土層之厚度(m)，滿足$\Sigma_{i=1}^{n} d_i$＝30m。Vsi為 第i層土層之平均剪力波速(m/sec)，可使用實際量測值，或依下列經驗公式計算：

粘性土層：

$$V_{si} = \begin{cases} 120 q_u^{0.36} & ; \quad N_i < 2 \\ 100 N_i^{1/3} & ; 2 \le N_i \le 25 \end{cases}$$

砂性土層：

$$V_{si} = 80 N_i^{1/3} \quad ; 1 \le N_i \le 50$$

其中，Ni為由標準貫入試驗所得之第i層土層之平均N值；q_u為第i層土層之單壓無圍壓縮強度(kgf/cm^2)。

依現地N值推估本基地30公尺內之地層取

回填層平均深度 d1=1.64m，N1=12，Vsi=80 $N_i^{1/3}$=183.15m/s；

卵礫石層 d2=18.36m，N2=50，Vsi=80$N_i^{1/3}$=294.72m/s。

得本基地20公尺內土層之平均剪力波速為285.57m/s≧270m/s，屬**第一類地盤(堅實地盤)**。

●震區短週期與一秒週期設計水平譜加速度係數S_sD與S_1D及最大考量水平譜加速度係數S_sM與S_1M

表3-5、本基地相關係數S_sD、S_1D及、S_sM、S_1M

縣市	鄉鎮區	S_S^D	S_1^D	S_S^M	S_1^M
台中市	南屯區	0.8	0.45	1.0	0.55
鄰近之斷層					
大甲斷層全段、鐵砧山斷層、彰化斷層、車籠埔斷層全段					

*摘自建築物耐震設計規範(110.10.1)

●近第一類活動斷層性質如表3-6所示：

表3-6、近第一類活動斷層性質表

編號	斷層名稱	長度(公里)	斷層性質	歷史地震規模
1	新城斷層	29	逆移斷層	
2	獅潭斷層	11	逆移斷層	M_L7.3** (1935.04.21) 新竹-台中地震
	屯子腳斷層	14	右移斷層	
3	三義斷層	34	逆移斷層	
4	大甲斷層	8	逆移斷層	
	大甲斷層(清水，南段)	23		
	鐵砧山斷層	13		
	彰化斷層	36		
5	車籠埔斷層(北段)	38	逆移斷層	M_L7.3 (1999.09.21) 集集地震
	車籠埔斷層(南段)	38		
6	大茅埔-雙冬斷層	69	逆移斷層	
7	梅山斷層	15	右移斷層	M_L7.1 (1906.03.17) 梅山地震
8	大尖山斷層	29	逆移兼右移斷層	M_L7.1 (1941.12.17) 中埔地震
	觸口斷層	27	逆移斷層	

9	六甲斷層	16	逆移兼左移斷層	
10	新化斷層	6	右移斷層	ML6.1 (1946.12.05) 新化地震
11	旗山斷層	26	逆移斷層	ML7.3 (1951.11.25) 縱谷地震序列
12	米崙斷層	8	左移兼逆移斷層	
	瑞穗斷層	24	逆移兼左移斷層	
	玉里斷層	23	左移兼逆移斷層	
	池上斷層	64	逆移兼左移斷層	
	鹿野斷層	18	逆移斷層	
	嶺頂斷層***	30	左移兼逆移斷層	
	利吉斷層***	20	逆移斷層	

*摘自建築物耐震設計規範(111.10.1)。

●短週期結構之工址放大係數F_a，如表3-7所示：

表3-7、本基地短週期結構之工址放大係數

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Ss(S_S^D或S_S^M)				
	Ss≦0.5	Ss=0.6	Ss=0.7	Ss=0.8	Ss≧0.9
第一類地盤	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

*摘自建築物耐震設計規範(111.10.1)。

故本工址F_a=1.0、1.0。

●長週期結構之工址放大係數F_v，如表3-8所示：

表3-8、本基地長週期結構之工址放大係數

長週期結構之工址放大係數FV（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≦0.30	S_1=0.35	S_1=0.40	S_1=0.45	S_1≧0.50
第一類地盤	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

*摘自建築物耐震設計規範(111.10.1)。

故本工址F_v=1.0、1.0。

表3-9、近斷層區域短週期之設計水平譜加速度係數S_sD

斷層名稱	工址與斷層距離 r							
	r ≤ 1 km	3 km	5 km	7 km	9 km	11 km	13 km	r ≥ 14 km
新城斷層	0.88	0.84	0.81	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
					0.70	0.70	0.70	0.70
獅潭斷層	1.02	0.97	0.93	0.89	0.85	0.80	0.80	0.80
							0.70	0.70
三義斷層	0.88	0.84	0.81	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
					0.70	0.70	0.70	0.70
大甲斷層全段 鐵砧山斷層 彰化斷層	1.08	1.02	0.94	0.87	0.85	0.83	0.80	0.80
								0.70
屯子腳斷層	1.02	0.97	0.93	0.89	0.85	0.80	0.80	0.80
							0.70	0.70
車籠埔斷層 全段	0.98	0.94	0.89	0.85	0.83	0.82	0.80	0.80
								0.70
大茅埔-雙冬 斷層	1.08	1.02	0.94	0.87	0.85	0.83	0.80	0.80
								0.70
梅山斷層	1.10	1.04	0.97	0.90	0.80	0.80	0.80	0.80
						0.70	0.70	0.70
大尖山斷層 觸口斷層	0.92	0.88	0.83	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
						0.70	0.70	0.70
六甲斷層	0.88	0.84	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
新化斷層	0.98	0.88	0.82	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
					0.70	0.70	0.70	0.70
旗山斷層	0.92	0.88	0.84	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
					0.70	0.70	0.70	0.70
米崙斷層 嶺頂斷層* 瑞穗斷層 玉里斷層 池上斷層 鹿野斷層 利吉斷層*	1.14	1.10	1.06	1.01	0.94	0.87	0.80	0.80

表3-10、近斷層區域一秒週期之設計水平譜加速度係數S_1D

斷層名稱	工址與斷層距離r							
	r ≤ 1 km	3 km	5 km	7 km	9 km	11 km	13 km	r ≥ 14 km
新城斷層	0.52	0.50	0.47	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
					0.40	0.40	0.40	0.40
獅潭斷層	0.60	0.58	0.54	0.50	0.48	0.45	0.45	0.45
							0.40	0.40
三義斷層	0.52	0.50	0.47	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
					0.40	0.40	0.40	0.40
大甲斷層全段 鐵砧山斷層 彰化斷層	0.63	0.58	0.53	0.49	0.48	0.46	0.45	0.45
								0.40
屯子腳斷層	0.59	0.57	0.55	0.52	0.49	0.45	0.45	0.45
							0.40	0.40
車籠埔斷層 全段	0.61	0.60	0.57	0.54	0.51	0.48	0.45	0.45
								0.40
大茅埔-雙冬 斷層	0.63	0.58	0.53	0.49	0.48	0.46	0.45	0.45
								0.40
梅山斷層	0.65	0.62	0.58	0.52	0.45	0.45	0.45	0.45
						0.40	0.40	0.40
大尖山斷層 觸口斷層	0.52	0.50	0.48	0.46	0.45	0.45	0.45	0.45
						0.40	0.40	0.40
六甲斷層	0.52	0.50	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
新化斷層	0.52	0.48	0.46	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
					0.40	0.40	0.40	0.40
旗山斷層	0.54	0.50	0.47	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
					0.40	0.40	0.40	0.40
米崙斷層 嶺頂斷層* 瑞穗斷層 玉里斷層 池上斷層 鹿野斷層 利吉斷層*	0.71	0.69	0.65	0.61	0.56	0.51	0.45	0.45

表3-11、近斷層區域短週期之最大考量水平譜加速度係數S_sM

斷層名稱	工址與斷層距離 r							
	r ≤ 1 km	3 km	5 km	7 km	9 km	11 km	13 km	r ≥ 14 km
新城斷層	1.20	1.10	1.05	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
					0.90	0.90	0.90	0.90
獅潭斷層	1.26	1.20	1.13	1.07	1.03	1.00	1.00	1.00
							0.90	0.90
三義斷層	1.20	1.10	1.05	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
					0.90	0.90	0.90	0.90
大甲斷層全段 鐵砧山斷層 彰化斷層	1.33	1.21	1.14	1.09	1.06	1.03	1.00	1.00
								0.90
屯子腳斷層	1.26	1.19	1.13	1.07	1.03	1.00	1.00	1.00
							0.90	0.90
車籠埔斷層 全段	1.25	1.21	1.15	1.09	1.05	1.02	1.00	1.00
								0.90
大茅埔-雙冬 斷層	1.25	1.17	1.13	1.09	1.06	1.03	1.00	1.00
								0.90
梅山斷層	1.30	1.22	1.13	1.04	1.00	1.00	1.00	1.00
						0.90	0.90	0.90
大尖山斷層 觸口斷層	1.21	1.18	1.11	1.04	1.00	1.00	1.00	1.00
						0.90	0.90	0.90
六甲斷層	1.10	1.05	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
新化斷層	1.29	1.14	1.05	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
					0.90	0.90	0.90	0.90
旗山斷層	1.20	1.10	1.05	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
					0.90	0.90	0.90	0.90
米崙斷層 嶺頂斷層* 瑞穗斷層 玉里斷層 池上斷層 鹿野斷層 利吉斷層*	1.32	1.27	1.18	1.09	1.04	1.01	1.00	1.00

表3-12、近斷層區域一秒週期之最大考量水平譜加速度係數S_1M

斷層名稱	工址與斷層距離r							
	r ≤ 1 km	3 km	5 km	7 km	9 km	11 km	13 km	r ≥ 14 km
新城斷層	0.74	0.66	0.61	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
					0.50	0.50	0.50	0.50
獅潭斷層	0.78	0.74	0.69	0.64	0.60	0.55	0.55	0.55
							0.50	0.50
三義斷層	0.74	0.66	0.61	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
					0.50	0.50	0.50	0.50
大甲斷層全段 鐵砧山斷層 彰化斷層	0.83	0.75	0.69	0.65	0.62	0.59	0.55	0.55
								0.50
屯子腳斷層	0.78	0.74	0.69	0.64	0.60	0.55	0.55	0.55
							0.50	0.50
車籠埔斷層 全段	0.83	0.80	0.76	0.70	0.66	0.61	0.55	0.55
								0.50
大茅埔-雙冬 斷層	0.83	0.76	0.70	0.65	0.62	0.59	0.55	0.55
								0.50
梅山斷層	0.81	0.76	0.69	0.62	0.55	0.55	0.55	0.55
						0.50	0.50	0.50
大尖山斷層 觸口斷層	0.78	0.75	0.69	0.62	0.55	0.55	0.55	0.55
						0.50	0.50	0.50
六甲斷層	0.69	0.61	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
新化斷層	0.72	0.65	0.59	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
					0.50	0.50	0.50	0.50
旗山斷層	0.74	0.66	0.61	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
					0.50	0.50	0.50	0.50
米崙斷層 嶺頂斷層* 瑞穗斷層 玉里斷層 池上斷層 鹿野斷層 利吉斷層*	0.87	0.83	0.76	0.70	0.66	0.61	0.55	0.55

參考前述表3-7~3-10，故本工址震區短週期與一秒週期設計水平譜加速度係數S_sD與S_1D及最大考量水平譜加速度係數S_sM與S_1M考慮近斷層效應後，查表結果如下：

S_sD =0.8889、$S_1D = 0.5008$ 、$S_sM = 1.1035$ 、$S_1M = 0.6608$

●耐震設計係數

依據111.10.01建築物耐震設計規範，本基地位於台中市南屯區，鄰近之活動斷層距離為大甲斷層約6.46公里，鐵砧山斷層15.33公里、彰化斷層全段7.14公里，車籠埔斷層全段13.26公里。依規範規定，震區短週期與一秒週期之設計水平譜加速度係數S_sD =0.8，S_1D =0.45，與震區短週期與一秒週期之最大考量水平譜加速度係數S_sM =1.0，S_1M =0.55，參考前述表3-7~3-10，考慮近斷層效應後，查表結果修正如下：

S_sD =0.8889、$S_1D = 0.5008$ 、$S_sM = 1.1035$ 、$S_1M = 0.6608$

本基地地盤分類屬第一類地盤(堅實地盤)，短週期結構之工址放大係數Fa=1.0，長週期結構之工址放大係數Fv=1.0。一般工址區域之工址短週期與一秒週期設計水平譜加速度 係數S_sD與S_1D及工址短週期與一秒週期最大考量水平譜加速 度係數S_sM與S_1M依下式計算：

$S_{DS} = F_a^D S_S^D = 0.8889 \times 1.0 = 0.8889$

$S_{MS} = F_a^M S_S^M = 1.1035 \times 1.0 = 1.1035$

$S_{D1} = F_v^D S_1^D = 0.5008 \times 1.0 = 0.5008$

$S_{M1} = F_v^M S_1^M = 0.6608 \times 1.0 = 0.6608$

●用途係數

本建築物屬第三類建築物，I=1.25。

3.4-2、彈性係數ES及柏松比μ

1、彈性係數ES及柏松比μ

●彈性係數

土壤之彈性係數涉及土粒重新排列、土粒之變形、孔隙水及空氣等影響，一般可由平鈑載重得之。採用N值推估彈性係數可由以下各公式得之。 依D’ Appolonia et.al.(1968)之建議值：

Es = 196+7.9N（tsf）正常壓密砂

Es = 416+10.9N（tsf）過壓密砂

對一般砂質土壤Es值可依以上公式推估，本基地回填層土壤依N=12，建議Es取2900t/m^2。

卵礫石層依建議值：卵礫石層因N值遠大於100，依土壤之工程性質可視為甚堅實土壤，其彈性係數宜由平鈑載重試驗得之。台中市卵礫石層之彈性係數經學者專家之研究，與卵礫石含量有關，在卵礫石成份大於75%~79%，靜彈性模數可達90000t/m^2~100000t/m^2，動彈性模數約110000t/m^2（建議當上限參考值）。本公司曾於台中市施作下孔式速度井測 (Downhole Velocity Logging)，動彈性模數由37000t/m^2~140000t/m

^{2}，隨深度而遞增，動態柏松比約0.42~0.45，建議卵礫石層Es取21000 t/m^2。

●柏松比

依Barkan(1962)所建議之柏松比如下：

飽和黏土 μ=0.5

未飽和黏土 μ=0.35~0.4

砂土 μ=0.3~0.35

建議採用回填層 μ=0.35。卵礫石層 μ=0.35。

2、土壤垂直地盤反力係數

土壤垂直地盤反力係數為土壤於彈性範圍內加載時，其單位面積受加載應力與土壤變形量之比值，一般以現場平板載重試驗求得，工址並無規劃施作，無法以現場載重求得，故採用下列經驗公式概估：

$$Ks = 0.65\sqrt[12]{\frac{EsB^4}{E_F I_F}}\frac{Es}{B(1-\mu^2)}$$ ・・・・Ｖesic (1961)

E_s：土壤楊氏係數(t/m^2)

B：基礎分析影響寬度，採B=2m

μ：土壤柏松比，採卵礫石層 μ=0.3，砂土層 μ=0.4，黏土層 μ=0.5。

E_F：基礎材料之楊氏係數

I_F：基礎斷面之慣性力矩

對於一般工程應用，前式可近似為 $Ks = \frac{Es}{B(1-\mu^2)}$

各層次垂直地盤反力係數分析如下表所示

表3-13、各層次垂直地盤反力係數分析表

參數 / 地層	SPT N	Es =280N	Ks t/m³
回填層	12	3360	2000
卵礫石層	50	14000	7692

*B：基礎分析影響寬度，採B=2m，回填層、礫石夾砂層N值折減一半計算

3、水平地盤反力係數K_h值

工程應用上，一般水平地盤反力係數是由現場孔內側向載重求得(如LLT 或 PMT)，亦可藉由標準貫入試驗推估，公式如下：

1.赤井、高橋公式　$K_h = 0.502N^{0.37}$

2.福岡、宇都公式　$K_h = 0.691N^{0.406}$

依上式，工址土層之水平地盤反力係數Kh 值如下：

表3-14 各層次之水平地盤反力係數

項目 / 地層	水平地盤反力係數(kg/cm³)		
	N值	赤井、高橋公式	福岡、宇都公式
回填層	12	1.259	1.895
卵礫石層	50	2.135	3.383

3-15、基地地層簡化及其設計用參數綜合表

土層概況	分佈範圍 (GL.M)	N值	單位重 (t/m^3)	含水量 (%)	孔隙比e	凝聚力C (t/m^2)	摩擦角Φ (deg)	K_v (t/m^3)	K_h (t/m^3)	備註
回填層	GL.0~GL.-3.5M	12	1.9	-	-	*0.0 **0.0	*32 **35	2000	1200	
卵礫石層	GL-3.5~GL.-20M	>50	2.0	*10.0	*0.35	*0.0 **0.5	*38 **42	7692	2100	
地盤種類			第一類地盤(堅實地盤)							
最近之活動斷層及設計係數			大甲斷層，距離為6.46公里。 $S_{DS} = 0.8889$，$S_{MS} = 1.1035$。 $S_{D1} = 0.5008$，$S_{M1} = 0.6608$。 用途係數I=1.25。							
地下水位			GL.-14.0M(常時)，GL.-11.0M(暴雨)							

備註：

*：推估值。

**：假設工程之C、Φ值

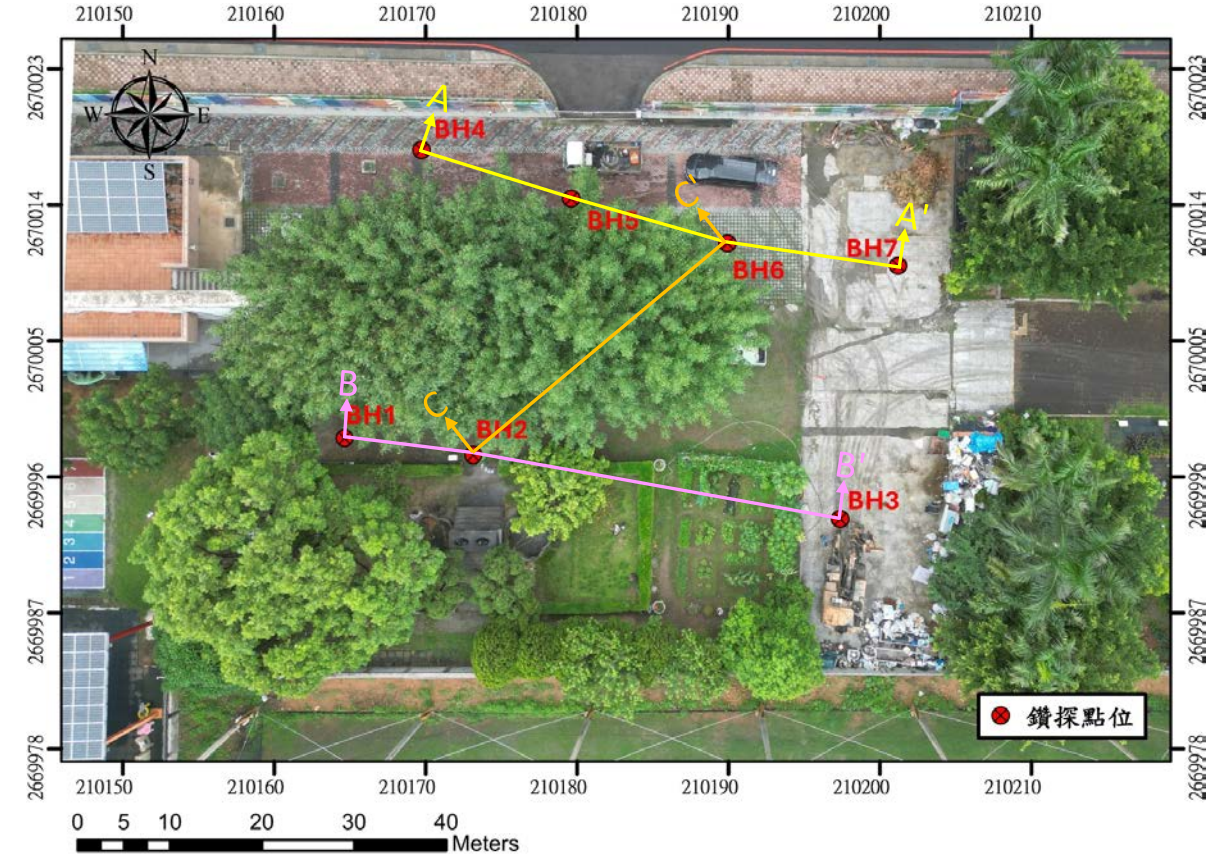
K_v：垂直地盤反力係數。

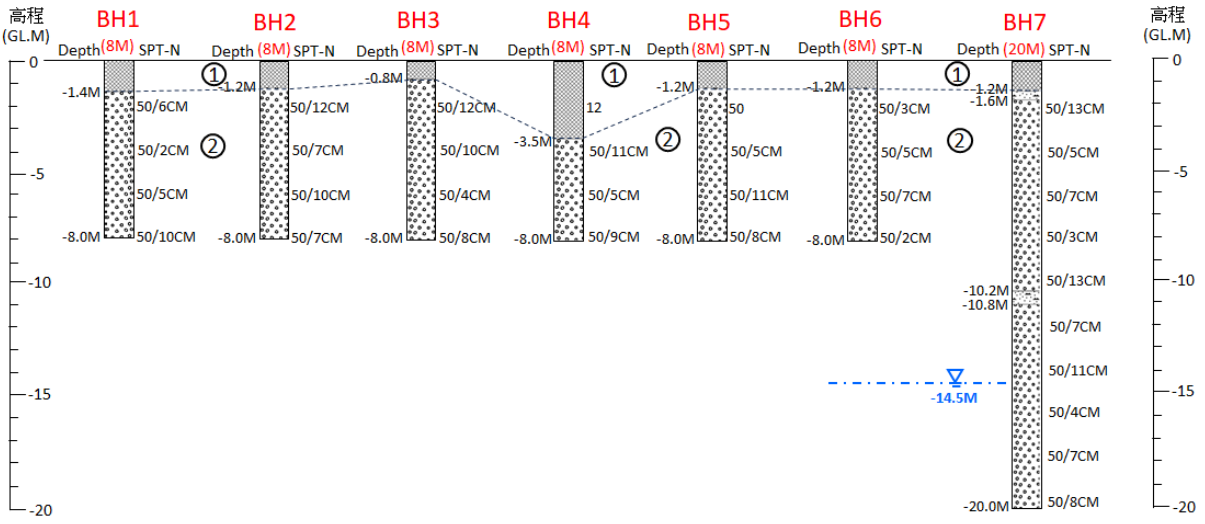
K_h：水平地盤反力係數。

I：用途係數。

S_{DS}，S_{MS}：近斷層區域之工址短週期水平譜加速度係數。

S_{D1}，S_{M1}：近斷層區域之工址一秒週期水平譜加速度係數。



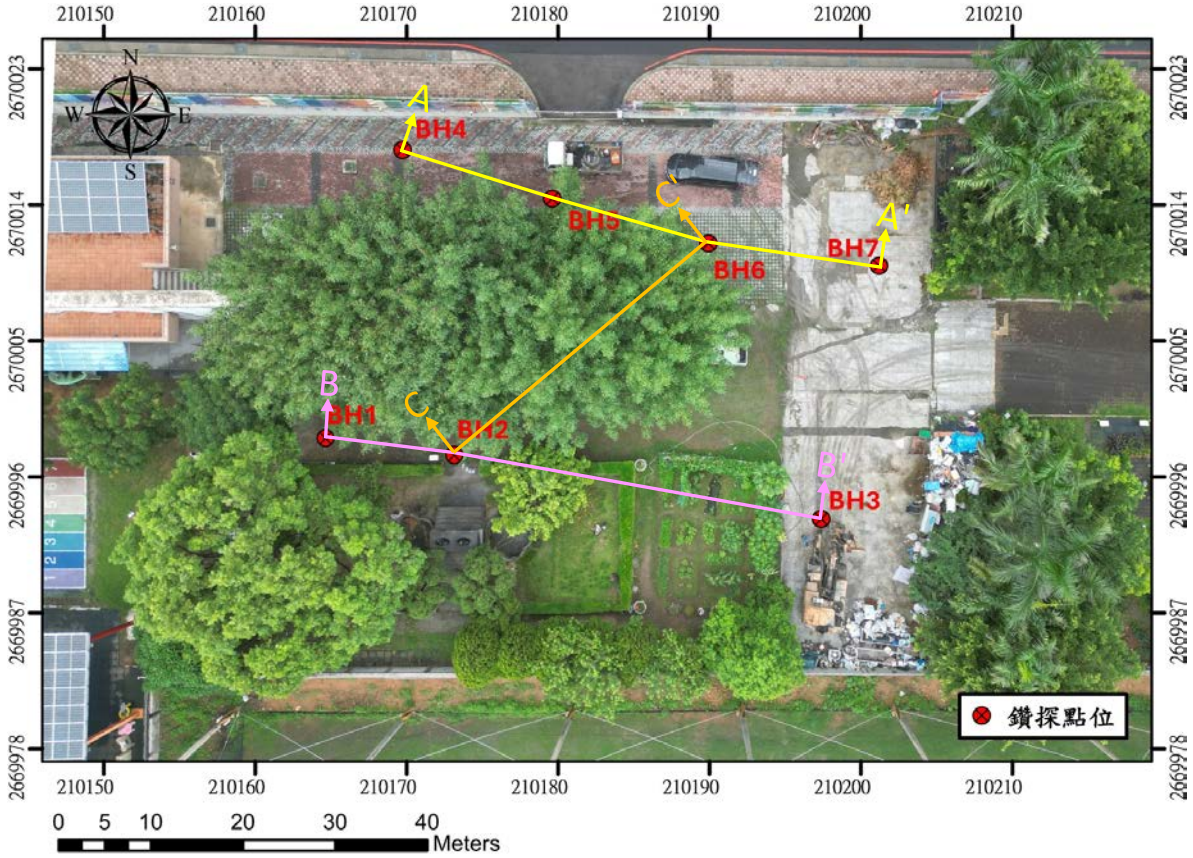


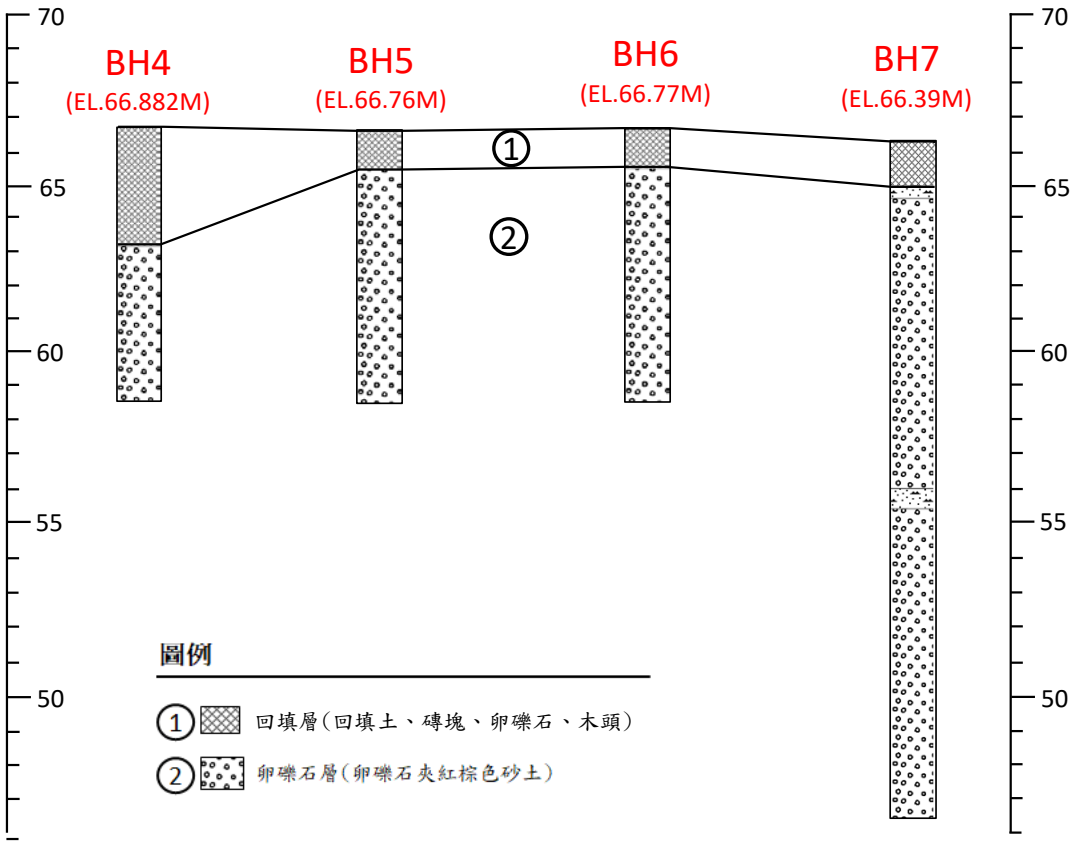
圖例

① 回填層(回填土、磚塊、卵礫石、木頭)

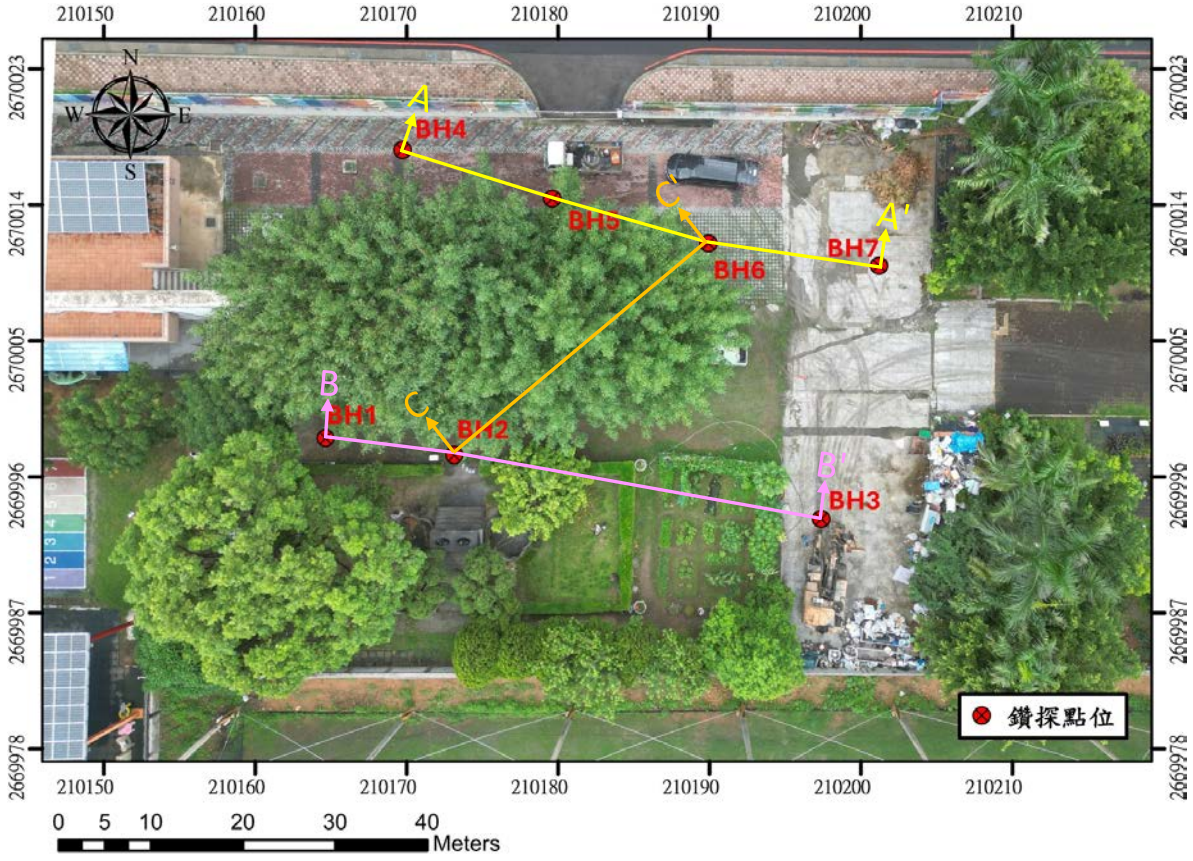
② 卵礫石層(卵礫石夾紅棕色砂土)

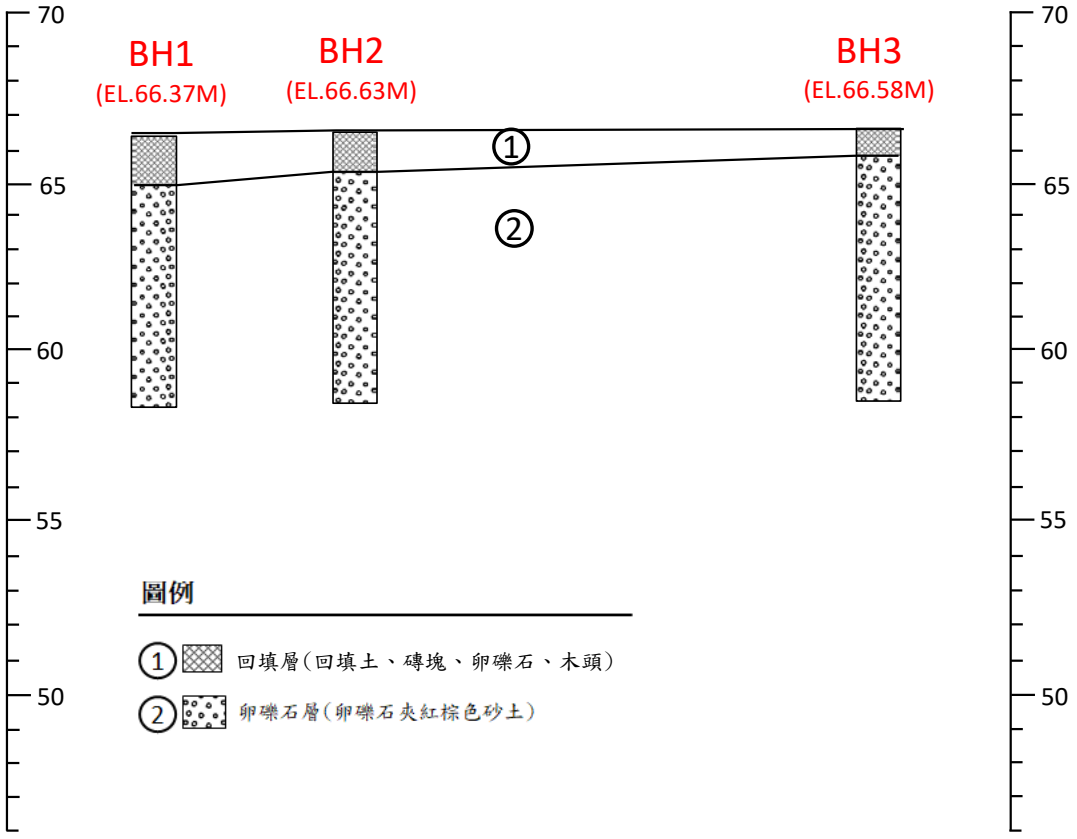
計畫名稱：春安國小校舍興建工程	圖3-4 地質剖面線及各鑽孔地質柱狀圖



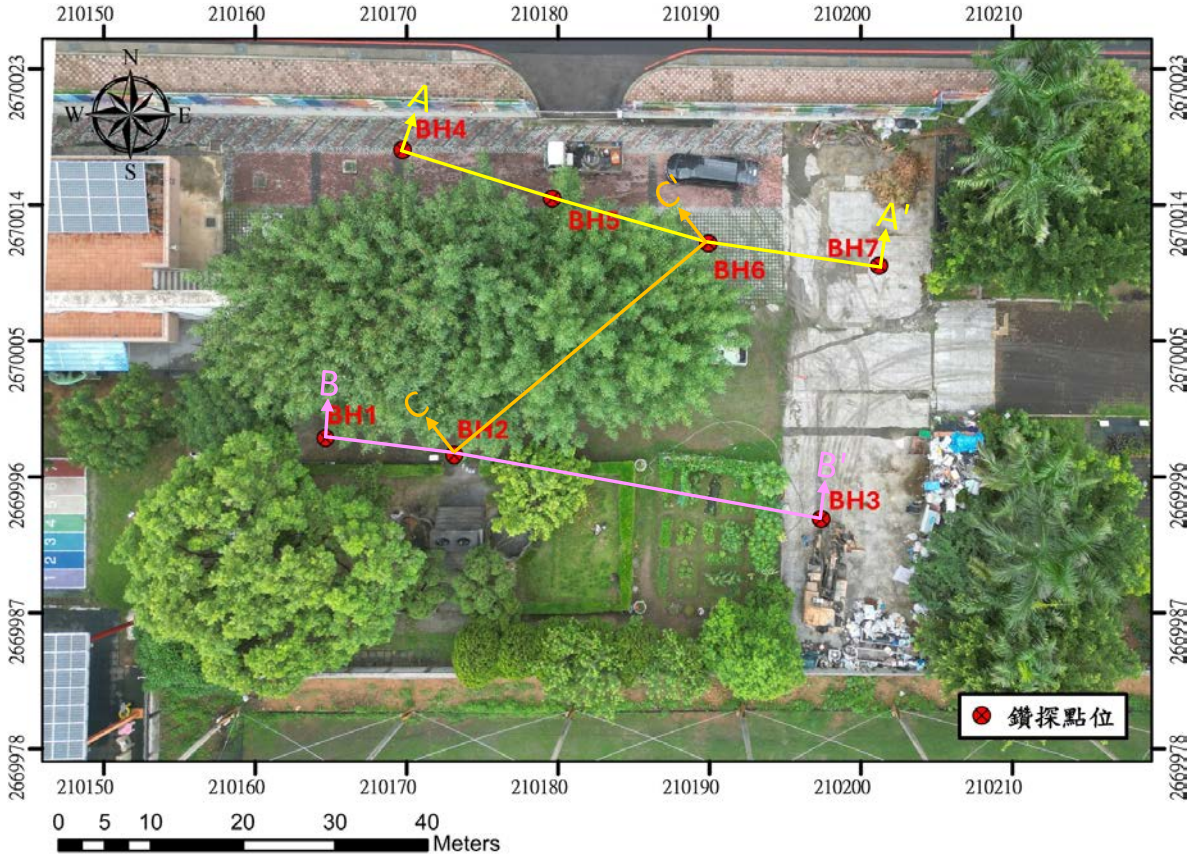


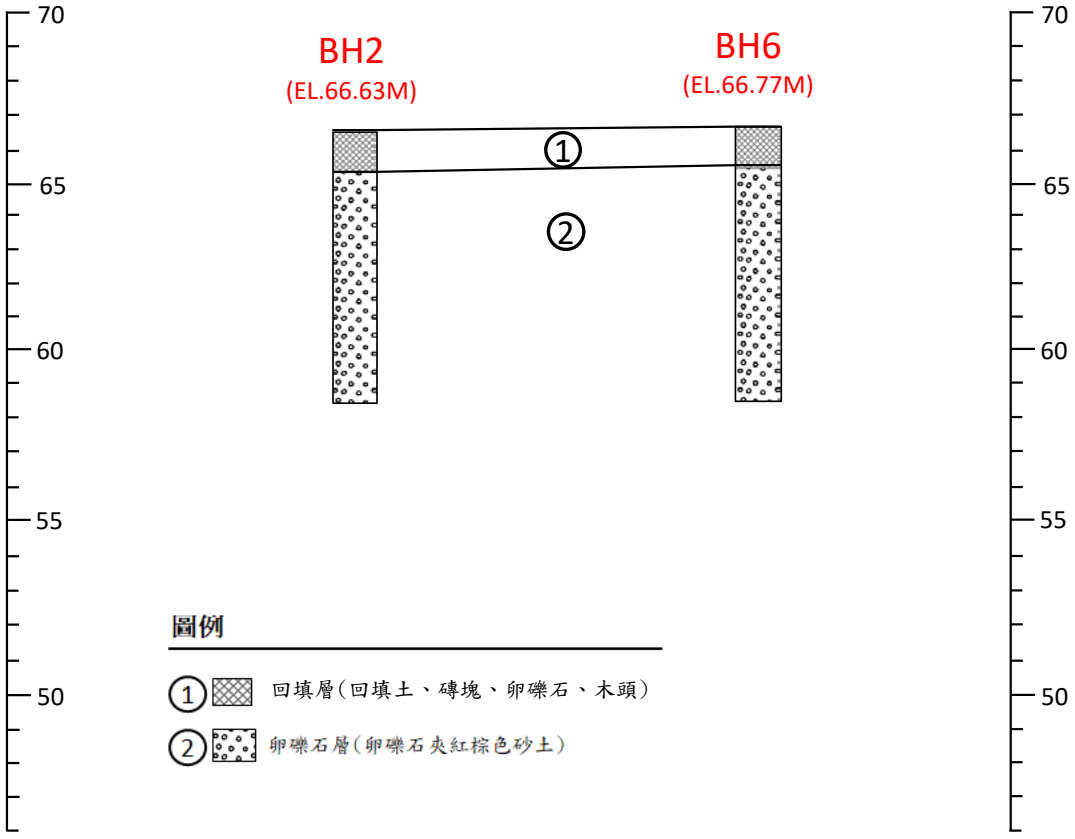
計畫名稱：春安國小校舍興建工程	圖3-5 A-A'地質剖面





計畫名稱：春安國小校舍興建工程	圖3-6 B-B'地質剖面





計畫名稱：春安國小校舍興建工程	圖3-7 C-C'地質剖面

第四章 大地力學分析

4.1、基礎承載力

基礎底面以下地層所具有之承載力係視該地層之剪力強度、基礎型式大小、基礎底面埋置深度及地下水位高度而定。回填層(0~3.5m)之參數採用：c’=0t/m²，ϕ’=32°，卵礫石層(3.5~20m)之參數採用：c’=0t/m²，ϕ’=38°，承載力依「建築物基礎構造設計規範」第四章淺基礎中建議之極限承載力(qu)為式(1)，另建議工址建築基礎設計安全係數(F.S)=3，因此容許承載力(qa)為式(2)：

$$q_u = CN_cF_{cs}F_{cd}F_{ci}+r_2D_fN_qF_{qs}F_{qd}F_{qi}+0.5r_1BN_rF_{rs}F_{rd}F_{ri} \quad \cdots\cdots.(1)$$

$$q_a = q_u / F.S \quad \cdots\cdots.(2)$$

式中

q_u = 極限承載力(t/m²)

q_a = 容許承載力(tf/m²)

C = 基礎版底面下之土壤凝聚力(tf/m²)

r_1 = 基礎版底面以下之土壤平均單位重，在地下水位以下者，應為其有效單位重(tf/m³)

r_2 = 基礎版底面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/m³)

D_f = 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(°)

Nc， Nq ，Nr = 支承力因數，與土壤摩擦角(ϕ)之關係

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

假設基礎深度D_f為1.48m，基礎主要坐落於回填層，不考慮載重傾斜影響因素，計算常時容許承載力如表4-1所示。

表 4-1　回填層基礎極限承載力(Qu)及容許承載力(Qa)承載力彙整表

B(m)	L(m)	D_f(m)	Q_u(tf/m^2)（長期）	Q_u(tf/m^2)（短期）	Q_a(tf/m^2)（極限限界）	基礎型式
28.87	62.88	1.48	106.14	157.81	284.62	筏式基礎

註：計算參數：c’ =0t/m^2，ϕ’ =32°

4.2、推估地層受載重作用之可能沉陷量

(一)地層沉陷量

依據「建築物基礎構造設計規範」，基礎設計時除需考慮土壤容許承載力需符合安全係數之要求外，尚須考慮基礎沉陷量是否亦符合設計規範容許沉陷量之要求；而基礎之沉陷量可分為(1)瞬時沉陷、(2)主要壓密沉陷、(3)次要壓密沉陷。

(1)瞬時沉陷

瞬時沉陷一般發生在非凝聚性土壤上，其發生延時極為短暫，可能於施工完成前已達到其瞬時沉陷量；壓密沉陷僅發生於黏性土層，完成壓密時間與黏性土層厚度及土壤透水性有關。

根據Meyerhof(1965)所提出N值與容許承載力關係初步估計基礎沉陷，公式如下：

$$\delta = \frac{1.9}{N} \times q，B < 1.25m$$

$$\delta = \frac{2.84}{N} q[\frac{B}{B+0.33}]2，B > 1.25m$$

$$\delta = \frac{2.84}{N} \times q，大型筏式基礎$$

式中

δ=沉陷量，cm

q=建築物荷重，t/m^2

N=表標準貫入值

依Meyerhof(1965)所提出N值與容許承載力關係初步估計，瞬時沉陷量計算詳表4-2。

表 4-2　荷重與沉陷量關係表

回填層 (B=1m)	荷重(t/m²)	1	2	3	4	5
	沉陷量(cm)	0.16	0.32	0.48	0.63	0.79
回填層 (B=2m)	荷重(t/m²)	1	2	3	4	5
	沉陷量(cm)	0.09	0.17	0.26	0.35	0.44
回填層 (B=大型筏基)	荷重(t/m²)	1	2	3	4	5
	沉陷量(cm)	0.24	0.47	0.71	0.95	1.18

(2)壓密沉陷

黏性土層承受隧道體或建築體載重而產生之壓密沉陷量可依據Terzaghi 單向度壓密埋論，以下列公式估算：

$(\sigma_0' + \triangle\sigma') < \sigma_c'$

$$S_c = \frac{C_r H}{1+e_0}\log\left(\frac{\sigma_0' + \Delta\sigma'}{\sigma_0'}\right)$$

$\sigma_0' > \sigma_c'$

$$S_c = \frac{C_c H}{1+e_0}\log\left(\frac{\sigma_0' + \Delta\sigma'}{\sigma_0'}\right)$$

$\sigma_0' < \sigma_c'$ ；$(\sigma_0' + \triangle\sigma') > \sigma_c'$

$$S_c = \frac{C_r H}{1+e_0}\log\left(\frac{\sigma_c'}{\sigma_0'}\right) + \frac{C_c H}{1+e_0}\log\left(\frac{\sigma_0' + \Delta\sigma'}{\sigma_c'}\right)$$

式中

σ_0'=基礎建造前粘土層之平均有效應力

σ_c'=預壓密應力

$\triangle\sigma'$=粘土層上基礎建造引致的平均壓應力增量

e_0=粘土層之初始孔隙比

C_c=壓縮指數

C_r=回漲指數

H=粘土層厚度

本基地主要由回填層及卵礫石層組成，假設基礎開挖深度約1.48m，基礎下方為主要回填層，非粘性土層，無壓密沉陷量產生之虞。

(3)次壓縮沉陷

一般土壤之次壓縮沉陷很小，設計上可略而不計，惟對於特殊軟弱土壤， 如腐植土、有機土等則應特別考慮。

基地未固結地層主要由回填層、卵礫石層所組成，架設基礎開挖深度約1.48m，建築結構基礎坐落於回填層，地層總沉陷量主要來自瞬時沉陷，於施工完成前即已達到其全部可能瞬時沉陷量。基地施工時確實施以分層夯實回填，則應無沉陷量過大之問題。

(二)基礎沉陷量、基礎差異沉陷量

有關基礎沉陷量及基礎差異沉陷量，由設計單位依實際設計之基

礎予以計算檢核，基礎容許沉陷量、差異沉陷量端視要求標準而定，設計者應視結構型式審慎評估之，除結構美觀或結構上有特殊需求者外，基礎沉陷導致角變位應符合容許標準。

4.3、基礎型式建議

基礎設計時，主要須考慮的因素有三：

1. 須有足夠安全係數以確保基礎土壤不發生剪力破壞。
2. 基礎沉陷量須在容許範圍內。
3. 須有足夠埋置深度，以防止沖刷。

由4.1~4.2節分析，工址為建築基地，其總載重假設約4t/m^2(包括活載重與呆載重)，基礎預定開挖深度為1.48m (D_f=1.48m)，則地層容許承載力分析能滿足需求，初步建議基礎型式採筏式基礎設計，惟規畫設計單位需就現場實際載重分佈進行更進一步分析。

4.4、開挖穩定性分析

根據“建築物基礎構造設計規範”，擋土措施之開挖穩定性分析，包括(1)貫入深度分析；(2)塑性隆起；(3)砂湧及(4)上舉，各項分析方法參考圖2.4。其中『塑性隆起』主要針對開挖面下方土層係軟弱粘性土層狀況進行檢核；而『砂湧』及『上舉』則是在開挖面下方土層存在高地下水位狀況下需進行檢核。以下針對本基地開挖進行各項穩定性分析：

(1)貫入深度

一般基礎開挖時，擋土設施外之側向壓力隨開挖深度增加而逐漸增大，所產生之主動土壓力由開挖內側土壤之被動土壓相抗衡，若擋土設施貫入深度不足時，開挖至某一深度時，外側主動土壓及水壓力將大於內側之被動土壓，以致整個擋土設施失去穩定性向開挖面內擠進造成破壞，因此，足夠貫入深度對擋土設施的穩定性而言十分重要。

根據建築技術規則基礎構造設計規範，計算擋土措施貫入深度側向壓力平衡穩定性。其理論分析結果顯示：假設開挖深度1.48 m，建議擋土措施貫入開挖面下2.02m(臨時擋土措施總長度為3.5 m)，則貫入深度符於規範要求，詳附錄D。

(2)塑性隆起

根據現場鑽探結果，基礎開挖面下方主要為回填層及卵礫石層，開挖範圍土層非粘性土層或軟弱土層，故應無開挖隆起破壞之虞。

(3)砂湧

本工址假設基礎開挖深度約1.48m，基礎開挖面下方主要為回填層，根據現場地下水位量測結果，建議之常時地下水位於地表下14.0m(暴雨為地表下11.0m)，地下水位低於開挖面，故工址應無砂湧之虞。

(4)上舉

開挖底面下方之土層中，如具有不透水層，且此不透水層下方存在受壓水時，則該不透水層底部將承受上舉水壓力，此時應檢核其抵抗上舉破壞之安全性。

由工址之地層研判，基礎開挖面下方主要為回填層及卵礫石層，假設地下水約位於地表下11.0m(暴雨)，回填層及卵礫石層非為不透水層，故開挖時應無土壤上舉之虞。

(5)上浮

基地假設規劃地上3層之建築，根據基地調查期間地下水位量測結果，建議之常時水位為地表下14.0m，假設最不利之情況(暴雨水位)為地表下11.0m，故工址假設基礎開挖1.48m，應無地下水造成建築結構物上浮之虞，惟地下水將因雨季或汛期之變化提升，未來規劃設計與施工單位，應於規劃及施工期間予以監測地下水位，以防水位提升造成建築結構物上浮。

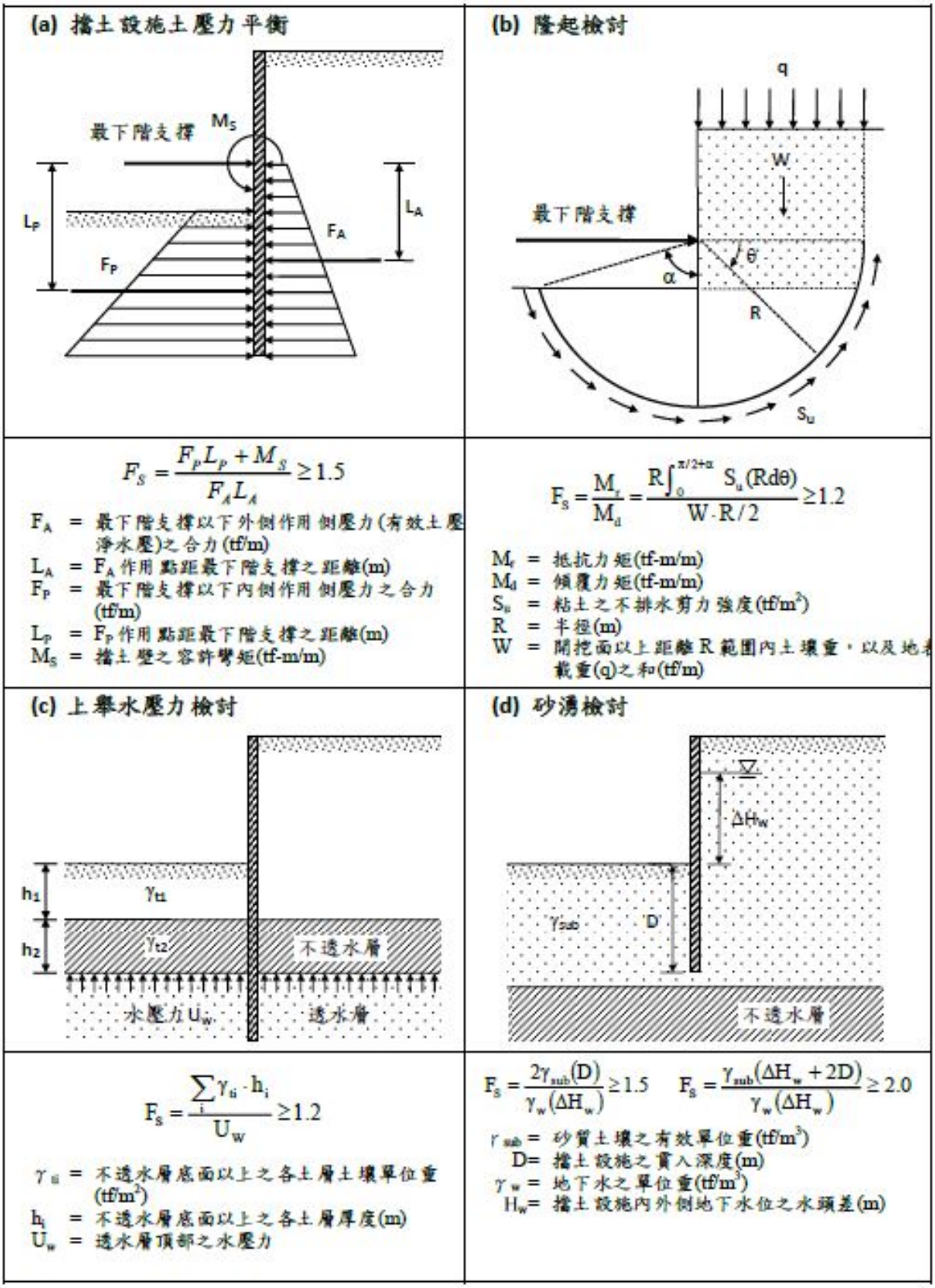


圖 4-1 開挖穩定性分析示意圖

4.5、側向應力分析

基礎開挖之擋土結構承受之側向應力可分為有效土壓力、水壓力、地表超載重及地震力，其大小及分佈型態決定於地下水位面，土壤單位重，土壤剪力強度，開挖深度等因素，而就結構設計之需應分二階段考慮，第一階段為施工期間之臨時性擋土設施之側向應力；第二階段為永久性地下牆的側向應力。

上述各項側向土壓力參數計算依不同土層分佈，依予計算如下，相關結果詳表 4-3~表 4-4 所示。以下分析提供初步參考，設計時應由結構技師參酌各項外力條件之影響而作適度調整。

表4-3 側向土壓力參數(回填層)

臨時性擋土結構側向土壓力分析參數表		說明
土體單位重 γ	1.9（tf/m^3）	
有效凝聚力 C'	0（tf/m^2）	
有效摩擦角 φ'	32°	
界面摩擦角δ	21.3	=(2/3) φ'
主動土壓力係數k_a	0.31	假設牆背土為水平 牆背為垂直
被動土壓力係數k_p	3.25	
工址水平加速度係數 Z	0.356	Z=0.4 x S_{DS} g
水平向地震係數K_h	0.178	=1/2 Z(側向)
垂直向地震係數K_v	0.089	=2/3 K_h（近斷層）
動態主動土壓力係數k_{ae}	0.42	假設牆背土為水平 牆背為垂直
動態被動土壓力係數k_{pe}	6.04	
長久性擋土結構側向土壓力分析參數表		說明
土體單位重γ	1.9（tf/m^3）	
有效凝聚力 C'	0（tf/m^2）	
有效摩擦角 φ'	32°	
界面摩擦角δ	21.3	=(2/3) φ'
靜止土壓力係數k_0	0.42	=0.95-sinφ' ≧0.5
工址水平加速度係數 Z	0.356	Z=0.4 x S_{DS} g
水平向地震係數K_h	0.178	=1/2 Z(側向)
垂直向地震係數K_v	0.089	=2/3 K_h（近斷層）
動態主動土壓力係數k_{ae}	0.42	假設牆背土為水平 牆背為垂直
動態被動土壓力係數k_{pe}	6.04	

表4-4 側向土壓力參數(卵礫石層)

臨時性擋土結構側向土壓力分析參數表		說明
土體單位重 γ	2.0 (tf/m^3)	
有效凝聚力 C'	0 (tf/m^2)	
有效摩擦角 φ'	38°	
界面摩擦角 δ	25.3	=(2/3) φ'
主動土壓力係數k_a	0.24	假設牆背土為水平 牆背為垂直
被動土壓力係數k_p	4.2	
工址水平加速度係數 Z	0.356	Z=0.4 x S_{DS} g
水平向地震係數K_h	0.178	=1/2 Z(側向)
垂直向地震係數K_v	0.089	=2/3 K_h (近斷層)
動態主動土壓力係數k_{ae}	0.34	假設牆背土為水平 牆背為垂直
動態被動土壓力係數k_{pe}	11.87	
長久性擋土結構側向土壓力分析參數表		說明
土體單位重γ	2.0 (tf/m^3)	
有效凝聚力 C'	0 (tf/m^2)	
有效摩擦角 φ'	38°	
界面摩擦角 δ	25.3	=(2/3) φ'
靜止土壓力係數k_0	0.33	=0.95-sinφ' ≧0.5
工址水平加速度係數 Z	0.356	Z=0.4 x S_{DS} g
水平向地震係數K_h	0.178	=1/2 Z(側向)
垂直向地震係數K_v	0.089	=2/3 K_h (近斷層)
動態主動土壓力係數k_{ae}	0.34	假設牆背土為水平 牆背為垂直
動態被動土壓力係數k_{pe}	11.87	

第五章 施工及安全觀測系統建議

根據本調查計劃所獲得之基地現況資料與試驗結果，本基地 之地下土層主要為承載力良好之卵礫石層。綜合整理本基地之調查資料及分析結果，考慮基礎施工期間的安全性及減低環境之影響，謹提出下列有關基礎施工之建議及注意事項，並提出安全觀測系統之建議，以供設計及施工時之參考。

5.1、開挖及擋土措施方式

根據初步分析結果及基於經濟效益及工期等考量，可能適合本基地之地下室開挖與擋土工法如下：本案開挖較淺，擋土方式可採主樁橫板條工法，或鋼板樁工法等。各施工工法建議參考表 5-1 開挖擋土工法比較，實際施工則依設計單位評估為主。深開挖部分可採機挖(人工)檔土柱，或部分採用斜坡明挖。參考圖 5-1 擋土柱施工法。

●人工擋土柱支撐工法(或機挖擋土柱工法)

本地盤屬卵礫石層，偶而更有體積龐大的卵石出現，所以一般的板樁和鋼軌十分難打入，預壘樁又不易施工，所以形成採人工挖掘擋土柱的獨特現象，每組施工人員是以二人為一組，一人於坑內挖掘，一人在坑口控制馬達及倒運土方，直至計劃深度吊放紮好之鋼筋籠、封模、再搗灌混凝土。本工法之優點在於其施工費用較經濟，且可多組施工人員同 時分區進行挖掘擋土柱作業，而不受施工機械之數量及作業空間限制。另多人工挖掘時噪音與振動皆小，不致影響鄰近居民安寧。其缺點為施工人員於地底下工作，環境非

常惡劣，不易控制崩落石塊而可能導致嚴重的意外事件及工作人員的傷亡。為避免崩塌發生，於人工挖掘過程中，應以薄層混凝土砂漿塗抹孔壁，或適時加入沉箱環，擋土柱於挖掘完成後應立即吊放鋼筋籠、封模及搗灌混凝土。擋土柱應採每 5 柱一單元之跳挖方 式或隔 5 柱跳挖施作。擋土柱之柱頭宜施作繫樑，支撐可採用 H 型鋼。大跨距之開挖，側向支撐亦可採用地錨背拉方式。參考圖 5-1 擋土柱施工法。

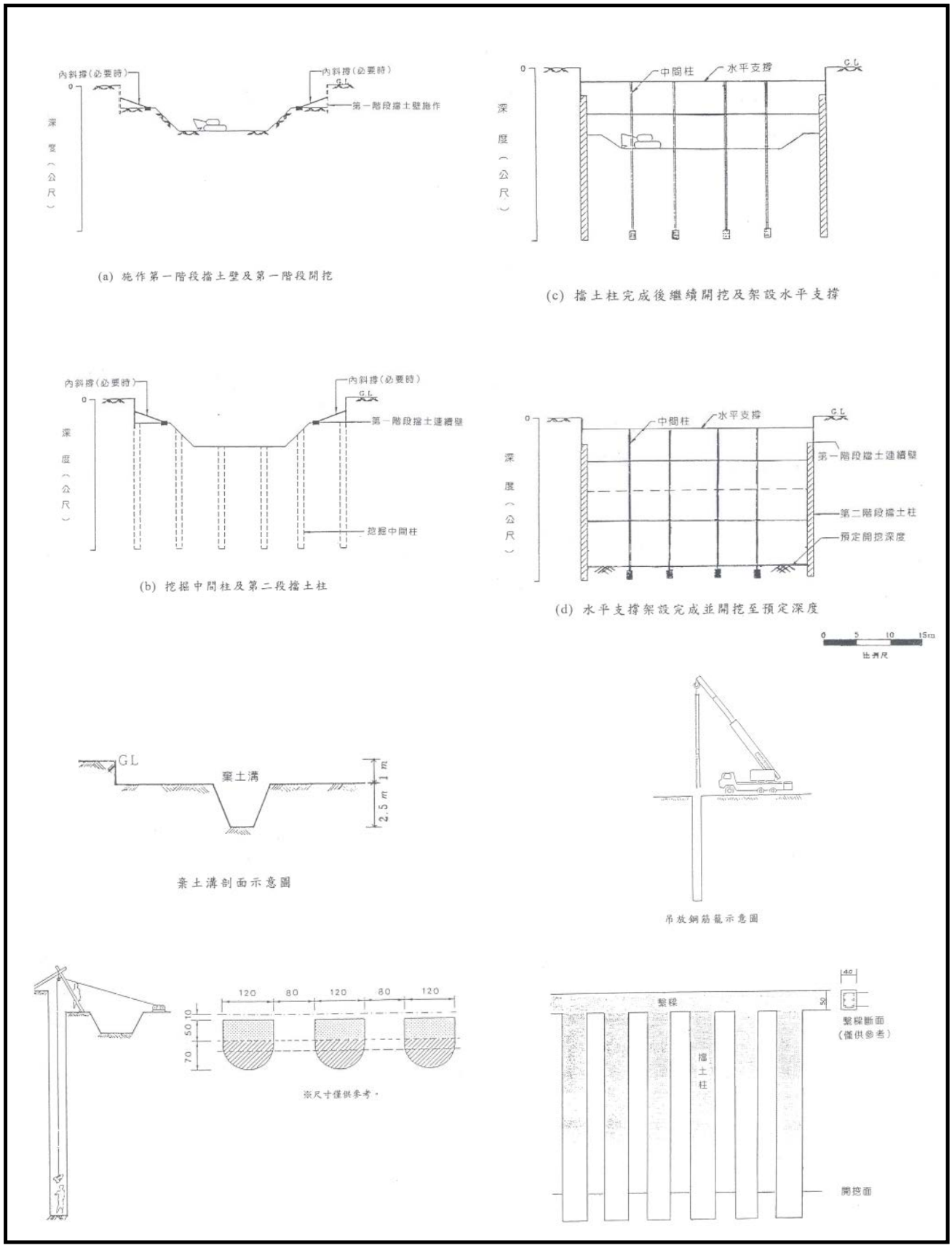


圖 5-1、擋土柱施工法示意圖

表5-1 各種擋土工法之比較

擋土工法	施工方法	適用地層	優點	缺點
主樁橫板條工法(鋼軌H型鋼)	打擊式 震動式 油壓貫入 預鑽孔	堅實粘土層 開挖深度<8m	1.施工簡單，安裝迅速 2.成本較低 3.鋼樁可拔起可重覆使用 4.位置可調整 5.允許排水，減少側壓力 6.隔板可配合開挖，逐步安裝	1.施工中易於產生噪音及震動 2.開挖面下方被動土壓小 3.隔板不能完全防止細粒土壤漏失 4.排水後，地下水位降低造成鄰近地表沉陷 5.隔板必須迅速安裝，若工程進度不能配合，易使大量土方漏失 6.鋼樁拔除後，遺留空隙易造成鄰近地表沉陷 7.須配合降水作業 8.垂直精度差 9.拔除後常留下空洞
鋼板樁	打擊式 震動式 油壓貫入	軟弱土層 開挖深度<8m	1.如施工良好，可達阻水效果 2.適用多種土壤情況，施工容易 3.可重覆使用 4.強度高，可具相當擋土能力 5.具柔性，可減低側向土壓力 6.品質控制容易	1.施工易有噪音及震動 2.變形量大 3.深度變大時，防水效果常無法達成 4.礫質土層中無法應用 5.拔樁時，遺留空隙大，必須迅速回填，且易造成鄰近地表沉陷
預壘排樁	螺旋鑽	軟弱土層 開挖深度<10m	1.施工簡單 2.成本較低 3.快捷	1.水密性不良 2.垂直精度差 3.不宜超過 15m 長度 4.深度增加時，排樁容易參差不齊，偏差變大 5.樁間之孔隙常導致土壤漏失 6.對較深之開挖，排樁勁度不足，將產生較大之變位
鑽掘排樁	衝擊式 鑽掘-無套管 鑽掘-有套管	各類土層 卵礫石地層較不宜 開挖深度<15m	1.剛性良好 2.施工技術要求不高 3.具相當之被動土壓力 4.堅硬之地層亦可裝設	1.水密性不良 2.垂直度差 3.昂貴 4.用地較多
人工手掘樁(擋土柱)	人工挖掘	卵礫石地層	1.噪音、震動、污染等問題較小 2.造價較省 3.施工簡單可依工期需要增設工作面，可多組人員同時在多處位置同時施工	1.安全性差 2.工作條件差 3.須要降水配合 4.止水性差 5.工期較長 6.不適用於軟弱地層
連續壁	抓斗式 反循環式	各類土層 卵礫石地層較不宜 開挖深度不限	1.噪音低、無震動 2.施工良好時，防水及擋土效果極佳 3.剛性良好勁度高、變形小，可減少外側土壤移動 4.可用作永久性結構牆 5.利用不同施工法，可適用於多種地層情況	1.成本高 2.需高精度施工技術及管理 3.用地較多

5.2、開挖及施工期間注意事項

基礎開挖時，應先開挖基地中央部份，再向四周開挖。由於擋土措施隨開挖深度加深而受累積側向壓力的作用，產生側向位移，引致開挖面四周地面沉陷，因此支撐應於開挖至預定深度內 立即安裝支撐並施加壓力，決不容許超挖或開挖至預定深度時未 立即安裝支撐等情況產生；而擋土柱之間隙應於開挖後立即噴漿保護壁面，防止地表水或層積之地下水滲入造成坡面之不穩定或泥砂、土壤崩落與淘空之現象，若此情況不斷產生時，則須構築R.C壁面以阻擋土石流失，並須插管引導水流向適當地方，以免造成重大損害。開挖時由於上覆土壓之解除，使得下層土壤回脹及含水量增加，導致剪力強度降低，因此應儘量縮短開挖工期，以減少開挖底部土壤之暴露時間，減低因開挖而產生之不良影響，當開挖至預定深度後，宜鋪設一層約10公分厚之混凝土，防止開挖面土壤再次受到擾動，並方便基礎施工。於基礎施工期間，應隨時注意開挖面四周之變形或任何異常狀況。一般上每日至少一次巡視支撐擋土壁面及四周，施以龜 及滲水觀察，尤其是雨天，更須頻加觀察。開挖坡面遇有浮石及障礙物時，應立即加以清除，當壁面或四周地面發現有龜裂或浮 動等不良現象時，應立即加以適當之處理：(1)如產生龜裂現象，可立即以泥漿填充或灌漿，防止水之滲透；(2)將四周地面上之載重轉放置在開挖面上；(3)於開挖坡趾堆放砂包等重物，防止邊坡滑動。(一)

5-3、安全觀測系統建議

由於基礎開挖工程設計中，所應用的各種分析理論大都根據經驗累積而成，加上鑽孔數量之有限，實際土層之分佈情況與設計土層之不一致性，工程進行中的種種變數，皆可能造成分析設 計結果與實際情形有所差別，為確保施工之安全，可經由安全觀測系統之建立，在施工期間及施工後進行觀測並立即執行回饋分 析，以掌握工程狀況。本公司針對本基地基礎開挖至施工期間各種可能狀況提出下列各項安全觀測系統的規劃建議。

由於施工方式的不同或設計之變更，此建議應隨之作適當修正。建議之安全觀測系統細目如下所述：

(1)應變計(Strain Gauges)

此等應變計可安裝於支撐上，以求得作用於擋土支撐上之 應力，防止支撐之失敗，所測得之支撐之應變量，可反算作用 於擋土措施上之土壓力，並判斷擋土措施之安全性。

(2)傾斜變位計(Inclinometer) 開挖面四周之土壤，由於基地開挖而有向開挖面變化之傾 向，可利用傾斜變位計觀測開挖面之變位情形，及時分析而防 止其過度變形而遭致破壞。

(3)隆起桿(Heave Rod)

基地開挖時因解壓作用，土層必然回脹，不同開挖深度之隆起量與隆起率，可用以推算於開挖後，建築物興建後之隆起 值及其作用於基礎之上舉力。異常之回脹量及回脹率，一般表 示開挖面或擋土措施產生問題，

可立即加以分析且採應變措 施。

(4)鄰房觀測部分

A.傾斜度儀(Tiltmeter)

主要係安裝在基地周圍之鄰房，以觀測基礎開挖時其是否 受影響而傾斜，及時分析而防止破壞。

B.沉陷觀測釘(Settlement Marker)

可安裝在開挖面四周，觀測基礎開挖時四周之沉陷量，此 觀測釘亦可於地下室完成後安裝在重要位置上，作建築物 之長期觀測。 以上觀測項目所需使用儀器數量、配置及觀測頻率，則需由 監測系統細部設計與施工計劃做進一步詳細分析。

5-4、地下水位監測

施工時受地下水位影響大，裝設水位觀測井，以了解各階段開挖時之地下水位，做為抽水機能量控制之依據，以確定施工期間開挖安全，進而控制施工之安全。

於開挖前應先行量測建立初始值，自開挖工作進行起，至結構物完工為止，約每日監測乙次，必要時可隨時進行監測。

第六章 結論及建議

1.本案共進行7孔地質連續取樣鑽孔；分別為BH1~BH6(皆8M)及BH7(20M)；總進尺68M。

2. 本案綜合現場鑽探、取樣及試驗室結果，在最大鑽探調查深度20M內，可概分為二層地層層次，得基地內地層由上至下依次為(1)回填層 (2)卵礫石層，回填層下為卵礫石層，卵礫石層地質良好，屬第一類地盤(堅實地盤)。各地層之工程性質如下所述：

(1)第一層：回填層

本層於基地內分佈於GL.M-0~3.5 M，平均厚度約1.64 M，由回填土、 磚塊、木頭及卵礫石組成，N值約12，無取得劈管土樣。

(2)第二層：卵礫石層

本層分佈在回填層下，於基地內分佈於GL.M-0~3.5 M~GL.M-20.0 M，平均厚度約18.36 M，於鑽探深度範圍內(20.0公尺)皆為卵礫石層夾薄層粉土質砂層；其實際之厚度不詳。本層主要由卵礫石所組成，並夾多量紅棕色至黃棕色粉土質中、細砂。卵礫石顆粒大小不一，其N值均大於50，卵礫石夾中、細砂，地盤緊密，卵礫石顆粒大都約10公分~20公分。

3.基礎置於回填層與卵礫石層上，回填及承載力及沉陷量尚可，卵礫石層則承載力良好、沉陷量低。

4.本案於鑽孔BH7測得地下水位為GL.-14.5M。

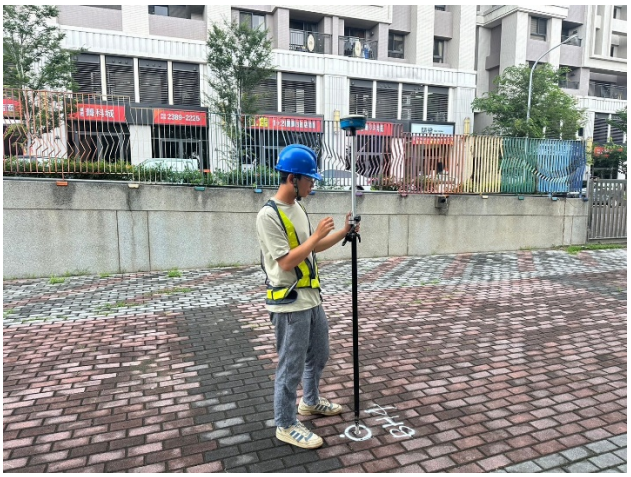
5.本基地距離大甲斷層約6.46公里，彰化斷層全段7.14公里，車籠埔斷層全段13.26公里，三義斷層13.87公里，屯子腳斷層14.12公里。均由地調所列為第一類活動斷層，設計時宜一併考慮。

6.基地臨道路及鄰房大樓，開挖時宜加強監測工作。

附錄A：鑽探施工照片

BH1(施工前)	BH1(施工中)
BH1(施工後)	BH1(RTK定位)
BH2(施工前)	BH2(施工中)
BH2(施工後)	BH2(RTK定位)

BH3(施工前)	BH3(施工中)
BH3(施工後)	BH3(RTK定位)
BH4(施工前)	BH4(施工中)

BH4(施工後)	BH4(RTK定位)
	
BH5(施工前)	BH5(施工中)
BH5(施工後)	BH5(RTK定位)

BH6(施工前)	BH6(施工中)
BH6(施工後)	BH6(RTK定位)
BH7(施工前)	BH7(施工中)

BH7(施工後)	BH7(RTK定位)

附錄B： 地質柱狀圖

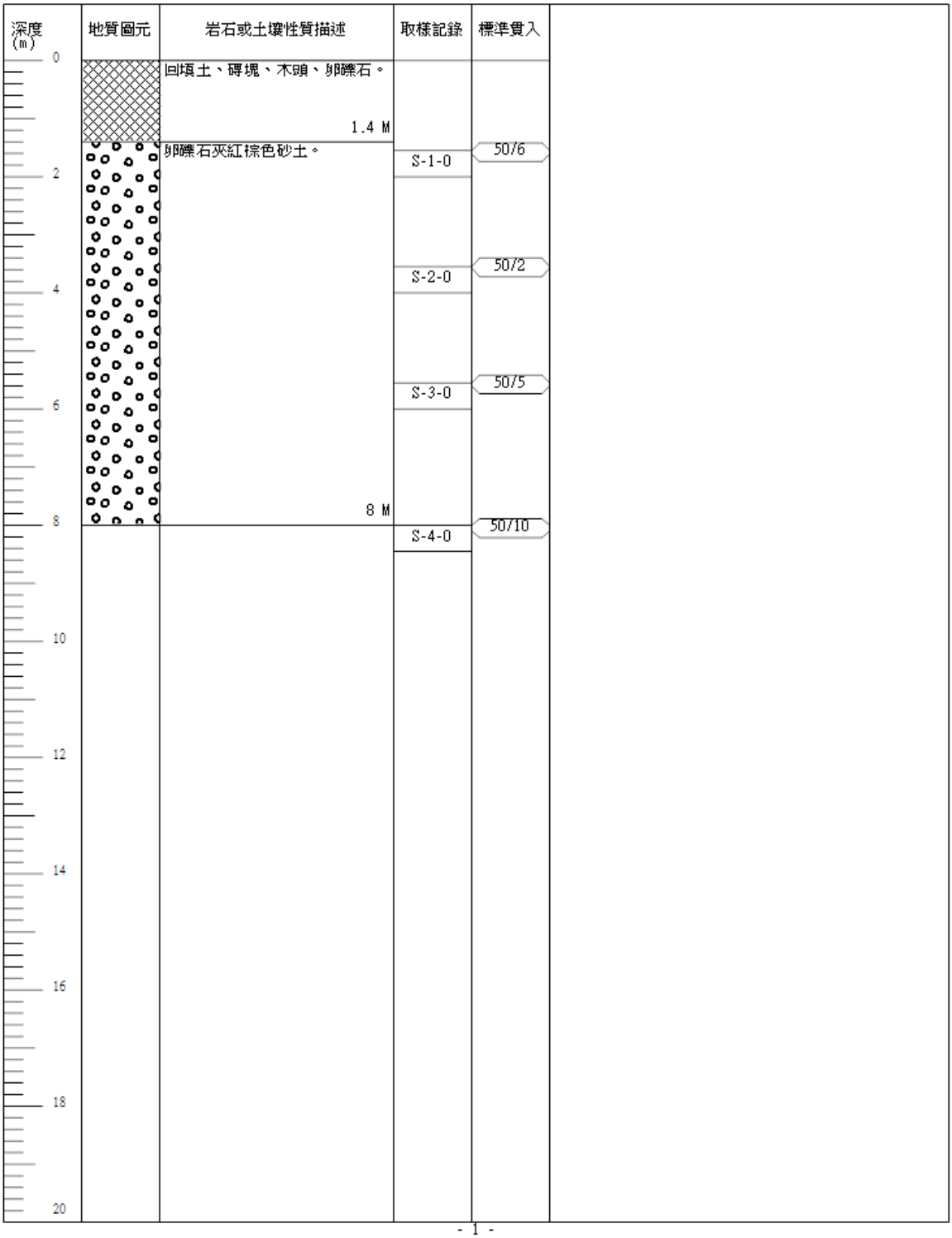
鑽孔地質柱狀圖

工程名稱：春安國小校舍新建工程

地點：台中市南屯區　　日　　期：1130615~1130615

鑽孔編號：BH1　　鑽孔標高：66.37 M　地下水位：　　專業技師：潘宏璋　　輸入人員：江國源

深　　度：8.00 M　　坐標系統：TW97　　坐　標 N：2669998.59 坐　標 E：210164.69　鑽探公司：偉域工程實業有限公司



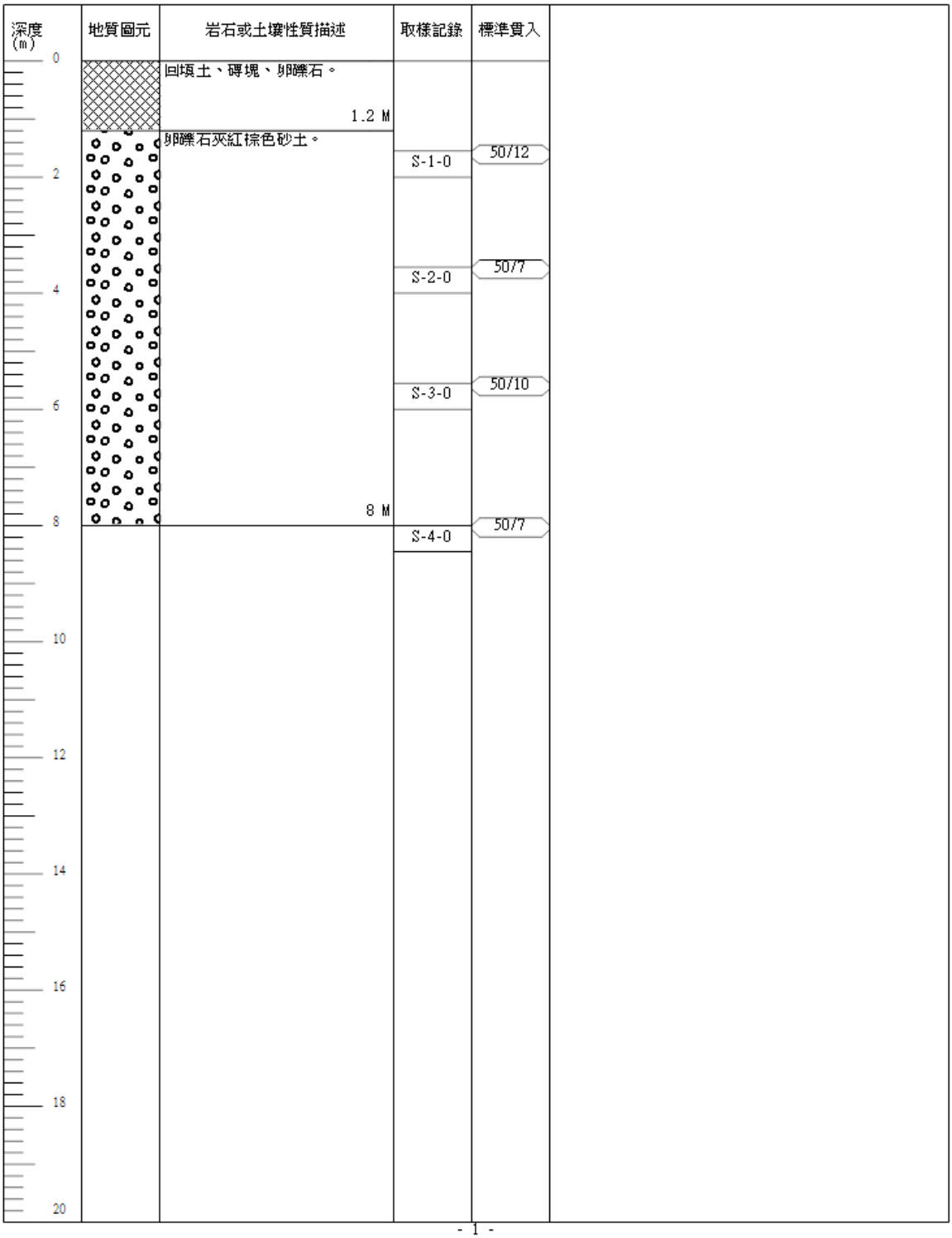
鑽孔地質柱狀圖

工程名稱：春安國小校舍新建工程

地點：台中市南屯區　　日　　期：1130615~1130615

鑽孔編號：BH2　　鑽孔標高：66.63　M　地下水位：　　專業技師：潘宏璋　　輸入人員：江國源

深　　度：8.00　M　　坐標系統：TW97　　坐　標 N：2669997.76 坐　標 E：210173.10　鑽探公司：偉域工程實業有限公司



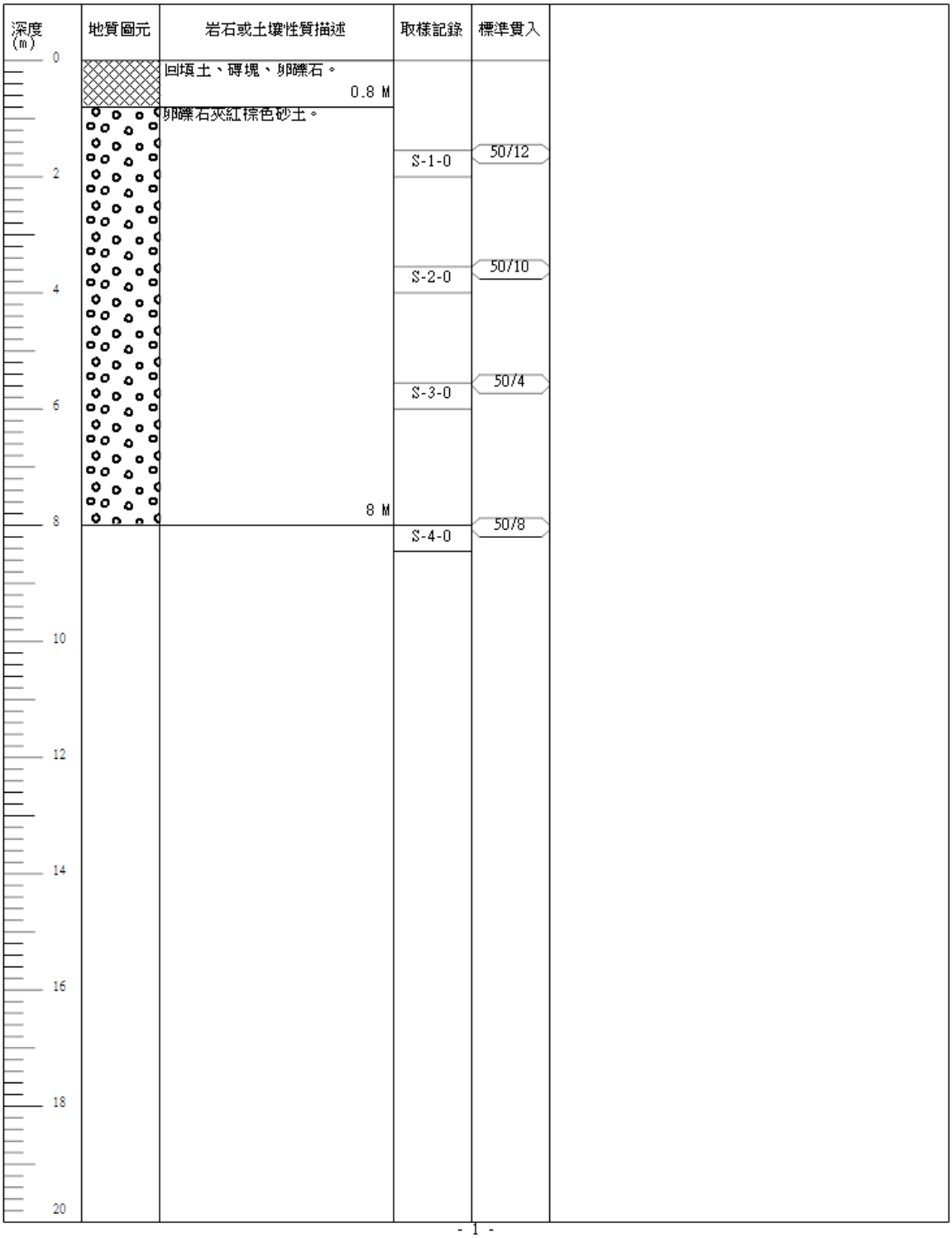
鑽孔地質柱狀圖

工程名稱：春安國小校舍新建工程

地點：台中市南屯區　　日　　期：1130614~1130614

鑽孔編號：BH3　　鑽孔標高：66.58 M　地下水位：　　專業技師：潘宏璋　　輸入人員：江國源

深　　度：8.00 M　　坐標系統：TW97　　坐　標 N：2669993.19 坐　標 E：210197.45　鑽探公司：偉域工程實業有限公司



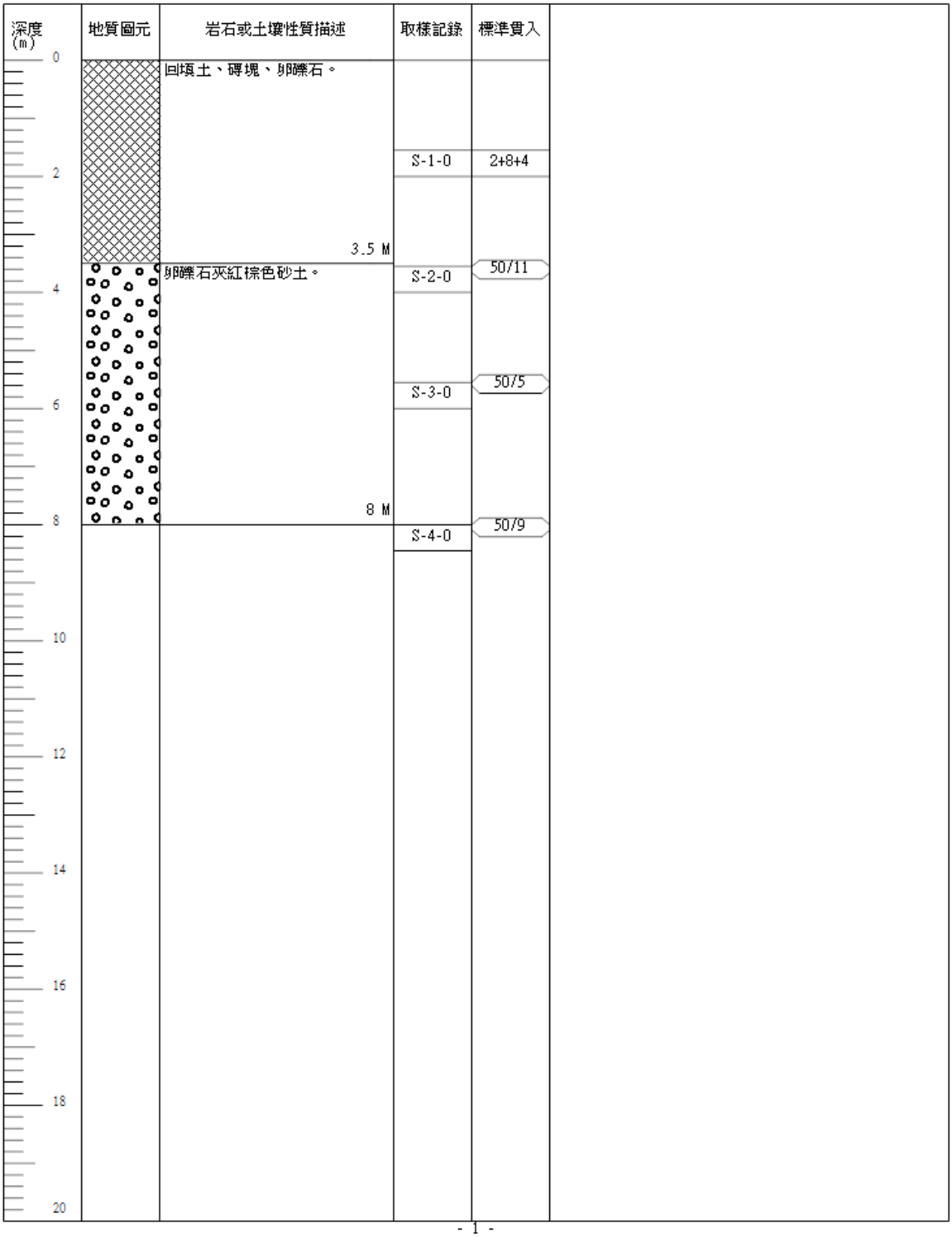
鑽孔地質柱狀圖

工程名稱：春安國小校舍新建工程

地點：台中市南屯區　　日　　期：1130614~1130615

鑽孔編號：BH4　　鑽孔標高：73.93　M　地下水位：　　專業技師：潘宏璋　　輸入人員：江國源

深　　度：8.00　M　　坐標系統：TW97　　坐　標 N：2670020.89 坐　標 E：210169.76　鑽探公司：偉域工程實業有限公司



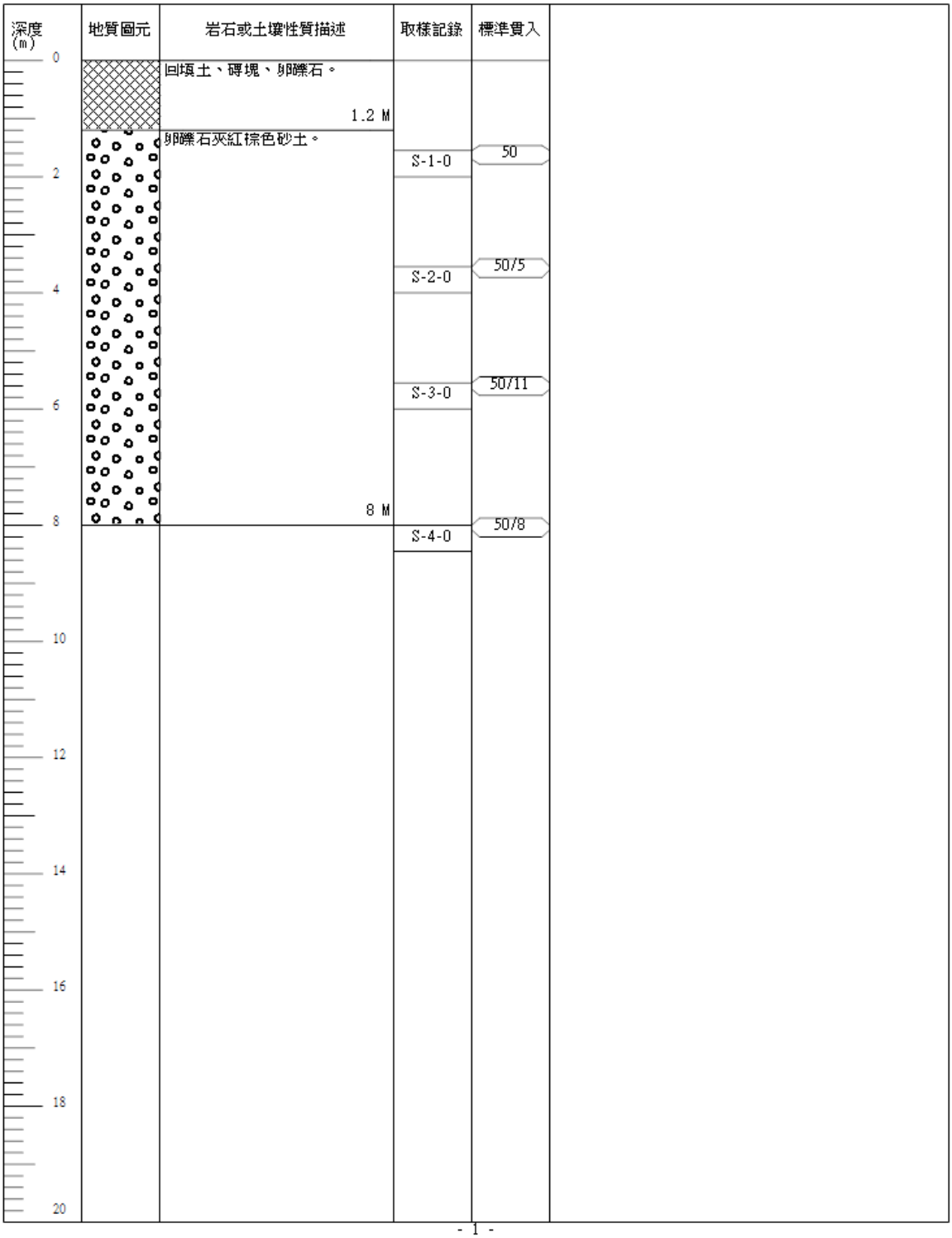
鑽孔地質柱狀圖

工程名稱：春安國小校舍新建工程

地點：台中市南屯區　　日　　期：1130615~1130615

鑽孔編號：BH5　　鑽孔標高：66.76　M　地下水位：　　專業技師：潘宏璋　　輸入人員：江國源

深　　度：8.00　M　　坐標系統：TW97　　坐　標 N：2670014.41 坐　標 E：210179.63　鑽探公司：偉域工程實業有限公司



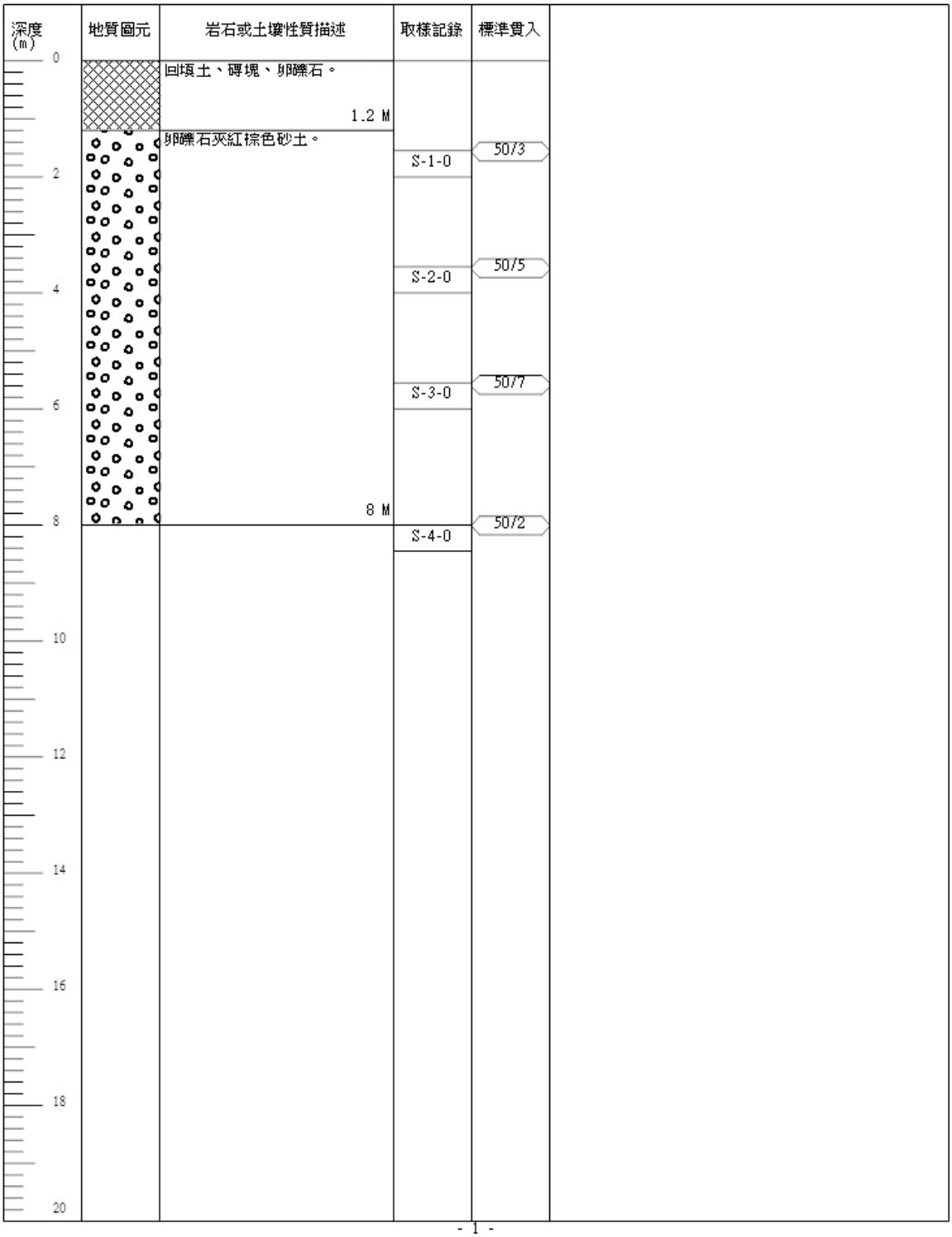
鑽孔地質柱狀圖

工程名稱：春安國小校舍新建工程

地點：台中市南屯區　　日　　期：1130614~1130614

鑽孔編號：BH6　　鑽孔標高：66.77　M　地下水位：　　專業技師：潘宏璋　　輸入人員：江國源

深　　度：8.00　M　　坐標系統：TW97　　坐　標 N：2670011.50 坐　標 E：210189.90　鑽探公司：偉域工程實業有限公司



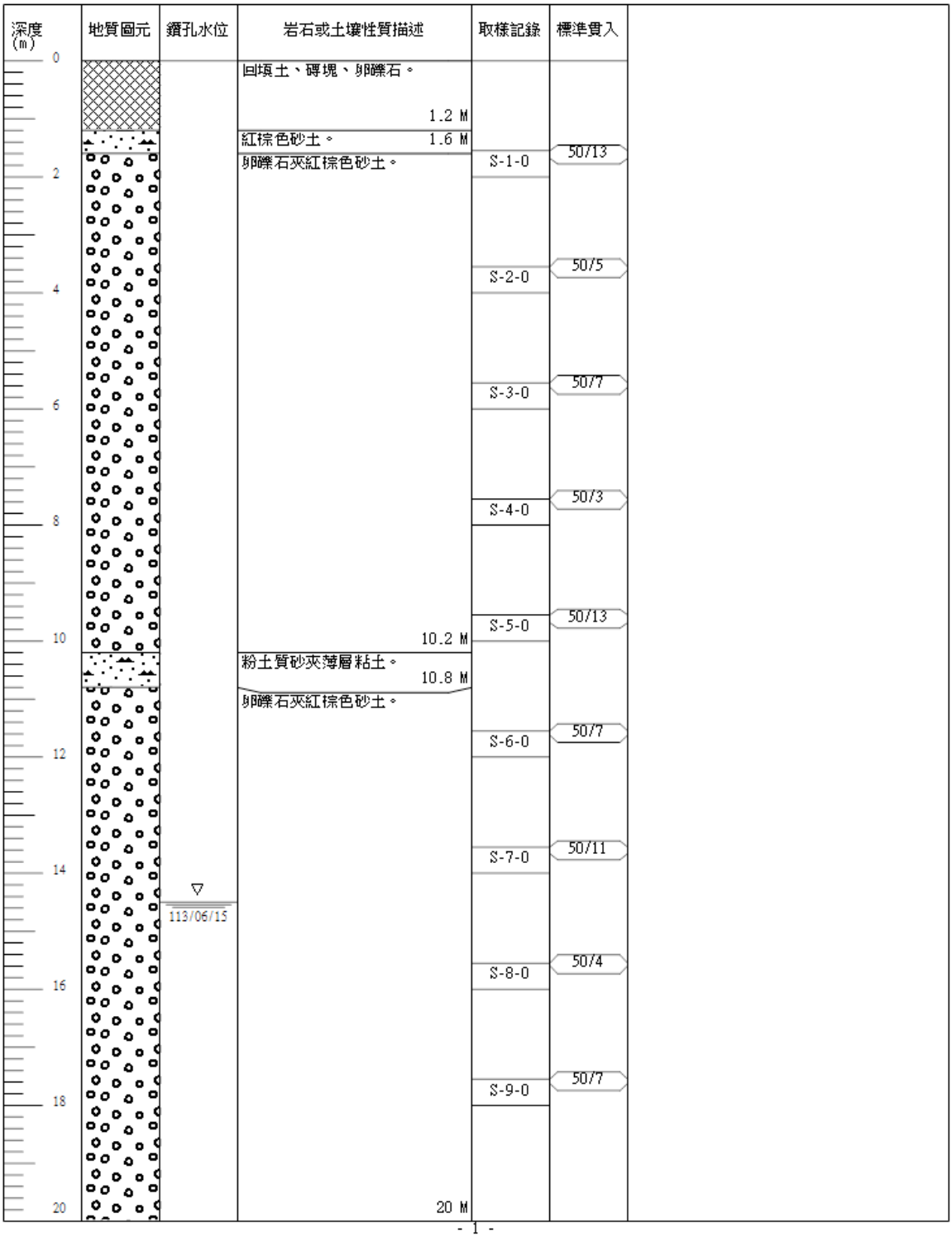
鑽孔地質柱狀圖

工程名稱：春安國小校舍新建工程

地點：台中市南屯區　　日　　期：1130614~1130614

鑽孔編號：BH7　　鑽孔標高：66.39 M　地下水位：14.50 M　專業技師：潘宏璋　　輸入人員：江國源

深　　度：20.00 M　坐標系統：TW97　　坐　標 N：2670009.99 坐　標 E：210201.17　鑽探公司：偉域工程實業有限公司



附錄C： 貫入深度安全係數計算

T3-STONE 開挖穩定性分析程式

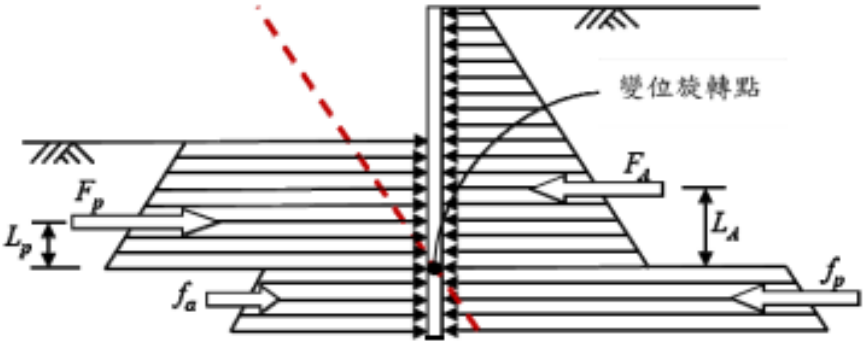
懸臂式擋土壁貫入深度安全係數計算書

工程名稱：春安國小校舍新建工程

2024/7/4

一、計算依據

懸臂式擋土壁貫入深度安全係數計算方式採用全土壓力簡化法 (參考歐章煜，2017，進階深開挖工程分析與設計，科技圖書)，如下所示。



$$F_s = \frac{F_P L_P}{F_A L_A} \qquad \text{式(1)}$$

$$\Sigma F = F_P + f_a - F_A - f_p = 0 \qquad \text{式(2)}$$

式內

F_A = 擋土壁外側，變位旋轉點上方之側壓力合力(tf/m)

L_A = F_A作用點距變位旋轉點之距離(m)

F_P = 擋土壁內側，變位旋轉點上方之側壓力合力(tf/m)

L_P = F_P作用點距變位旋轉點之距離(m)

f_p = 擋土壁外側，變位旋轉點下方之側壓力合力(tf/m)

f_a = 擋土壁內側，變位旋轉點下方之側壓力合力(tf/m)

Fs = 安全係數，建議 Fs≧1.5

二、計算工具

財團法人地工技術研究發展基金會於 2016 年開發深開挖擋土結構分析程式 TORSA3，繼而於 2019 年開發開挖穩定性檢核工具程式 T3-STONE，兩程式操作介面相似。T3-STONE 分析功能含括擋土壁貫入深度(側向壓力平衡)、隆起及懸臂式擋土壁貫入深度檢核，土壓力計算除 Coulomb 理論外，亦提供 Caquot-Kerisel 建議之土壓力係數供使用者選用。

三、分析參數

- 擋土壁深度 = 3.5 m。
- 開挖深度 = 1.48 m。
- 地層參數

1

深度(m)	γt (tf/m³)	Su (tf/m²)	Suw (tf/m²)	φ (°)	δ (°)	Ka (CaquotK)	Kp (CaquotK)
3.5	1.9	0	0.0	32	16.0	0.279	5.510
20	2	0	0.0	38	19.0	0.218	8.730

- 地下水位

  水壓分析模式：靜態水壓

  非開挖側

  地下水位深度 = 11 m

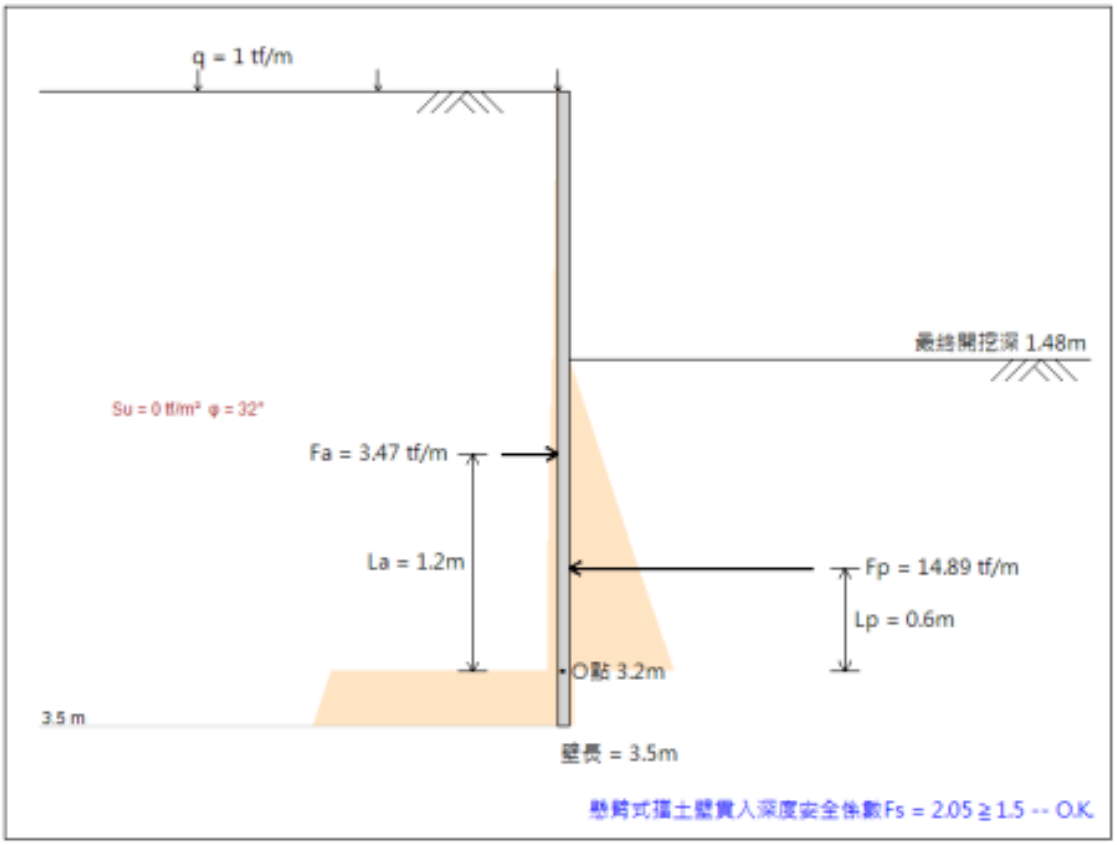
  開挖側

  地下水位深度 = 11 m
- 地表均勻載重

  擋土壁外側地表均勻載重 = 1 t/m²。

  擋土壁內側地表均勻載重 = 0 t/m²。
- 垂直梯形載重(無)

四、計算結果



深度(m)	側向壓力 (tf/m)	Fai(tf/m)	Lai(m)	Fai×Lai(tf-m/m)	fpi(tf/m)
0	0.27				
0.5	0.52	0.2	2.92	0.58	
0.5	0.52				
0.99	0.77	0.32	2.44	0.77	
0.99	0.77				
1.48	1.02	0.44	1.95	0.86	
1.48	1.02				
1.98	1.28	0.57	1.46	0.84	
1.98	1.28				
2.48	1.53	0.7	0.96	0.68	
2.48	1.53				
2.84	1.72	0.58	0.54	0.31	

2.84	1.72				
3.2	1.9	0.65	0.18	0.12	
3.2	37.5				
3.5	40.52				11.7
		Fa = 3.47		Fa×La = 4.16	fp = 11.7

深度(m)	側向壓力 (tf/m)	Fpi(tf/m)	Lai(m)	Fpi×Lpi(tf-m/m)	fai(tf/m)
1.48	0				
1.98	5.03	1.26	1.39	1.74	
1.98	5.03				
2.48	10.06	3.77	0.94	3.56	
2.48	10.06				
2.84	13.69	4.27	0.53	2.27	
2.84	13.69				
3.2	17.31	5.58	0.17	0.97	
3.2	0.88				
3.5	1.03				0.29
		Fp = 14.89		Fp×Lp = 8.53	fa = 0.29

懸臂式擋土壁側向壓力合力 $\Sigma F = 14.89+0.29-11.70-3.47 = 0$ OK

懸臂式擋土壁貫入深度安全係數 $FS = 8.53/4.16 = 2.05 \geqq 1.5$ OK

附錄 輸入檔及輸出檔

● 輸入檔

```
春安國小校舍新建工程                                                    !永粟
* EI OF Wall
3.5  10000
*  Xc     Pvh   Ka     Ko     Kp       Su    Suw   Kh       φ      δ    Drain         N     USCS  Su/σv'
Suw/σv' Kh/σv'
   3.5    1.9  0.279  1.000  5.510      0     0   1000     32     16     D      *     12       BF   -0.1   -0.1
-0.1
    20      2  0.218  1.000  8.730      0     0   1000     38     19     D      *     50    GP-GM   -0.1   -0.1
-0.1
* Stress_Formula
Caquot-Kerisel
*B_Buttress L_Buttress N_Buttress Top_Buttress Bot_Buttress
*! -0.1 -0.1 -0.1 -0.1  -0.1
* GROUND WATER LEVEL
11 0.5 1
* STAGE
SUC(1) 1
EXC(2) 1.48
WAT(1) 11 0
WAT(2) 11 0
CAL
END
```

● 輸出檔

```
Declaration : Units can be metric or SI units, based on the input data.

<<<<<<<<   LIST OF INPUT DATA FOR Fs OF PENETRATION DEPTH OF CANTILEVER WALLS   >>>>>>>>

?  ??賣繼頌晌?犧  ??  郊擺篳降?齒??  ??∠?搭     鰤  身曜?

    GROUND LEVEL =     0.00

    WALL NO   LEVEL        EI
          1    3.50    10000.00

    SOIL NO   LEVEL   WEIGHT   Ka     Ko      Kp      c       cw       Kh        φ       δ      D/U
          1    3.50    1.90  0.279  1.000   5.510   0.000   0.000   1000.00  32.000  16.000    D
          2   20.00    2.00  0.218  1.000   8.730   0.000   0.000   1000.00  38.000  19.000    D

    EARTH PRESSURE COEFFICIENT FORMULA = CAQUOT-KERISEL

    INITIAL GROUND WATER LEVEL =   11.00
    MAXIMUM LENGTH OF F.E.M. ELEMENT =    0.50
    UNIT WEIGHT OF WATER =    1.00


*** PHASE NO.  1

    SUC(1) CAQUOT SURCHARGE =       1.00
    EXC(2) EXCAVATION LEVEL =       1.48
    WAT(1) LEVEL-PRESSURE =      11.00       0.00
    WAT(2) LEVEL-PRESSURE =      11.00       0.00

<<<<<<<<<<    END OF INPUT DATA    >>>>>>>>>>
```

5

<<<<<<<< LIST OF OUTPUT DATA FOR Fs OF PENETRATION DEPTH OF CANTILEVER WALLS >>>>>>>>

PHASE # 1	S O I L - 1 / S I D E - 1	S O I L - 2 / S I D E - 2
	EXCAVATION LEVEL = 0.00	EXCAVATION LEVEL = 1.48
	WATER LEVEL = 11.00	WATER LEVEL = 11.00
	CAQUOT SURCHARGE = 1.00	CAQUOT SURCHARGE = 0.00

LEVEL	ID	Pearth	Pwater	Psub	Pcha	ID	Pearth	Pwater	Psub	Pcha
0.0000	1	0.27	0.00	0.00	0.00	0				
0.9900	1	0.77	0.00	0.00	0.00	0				
1.4800	1	1.02	0.00	0.00	0.00	0				
1.4800	1	1.02	0.00	0.00	0.00	3	0.00	0.00	0.00	0.00
1.9800	1	1.28	0.00	0.00	0.00	3	5.03	0.00	0.00	0.00
2.4800	1	1.53	0.00	0.00	0.00	3	10.06	0.00	0.00	0.00
2.8400	1	1.72	0.00	0.00	0.00	3	13.69	0.00	0.00	0.00
3.2000	1	1.90	0.00	0.00	0.00	3	17.31	0.00	0.00	0.00
3.2000	3	37.50	0.00	0.00	0.00	1	0.88	0.00	0.00	0.00
3.5000	3	40.52	0.00	0.00	0.00	1	1.03	0.00	0.00	0.00

SOIL STATE: 0 = EXCAVATION	DRIVING MOMENT, Md = 4.16
1 = ACTIVE EARTH PRESSURE	RESISTING MOMENT, Mr = 8.53
3 = PASSIVE EARTH PRESSURE	SUM OF PRESSURES, ΣF = 0.00

SAFETY FACTOR OF PENETRATION DEPTH OF CANTILEVER WALLS, Fs =Mr/Md= 2.05 ≧ 1.5 OK

附錄D：技師執業執照

技師執業執照

技執字第 008706 號

技師　陳冠宏　申請執業核與技師法規定

相符合行發給執業執照准予執業登記事項如下：

一、姓名：陳冠宏　性別：男

　身分證明文件字號：L1233

二、出生年月日：民國 75 年 5 月 27 日

三、執業方式：技師法第 7 條第 1 項第 2 款

四、執業機構名稱：宏利工程顧問有限公司

　所在地：臺中市南屯區公益路 2 段 61 號 4 樓之 3

五、技師科別及證書字號：土木工程科　技證字第 010205 號

　結構工程科　技證字第 010203 號

六、執業範圍：(如背面)

七、執照有效期間：自民國 107 年 12 月 18 日至 113 年 12 月 17 日止

行政院公共工程委員會

主　任　委　員

吳澤成

中華民國　113　年　2　月　19　日（變更）

土木工程科執業範圍：
從事混凝土、鋼架、隧道、涵渠、橋樑、道路、鐵路、碼頭、堤岸、港灣、機場、土石方、土壤、岩石、基礎、建築物結構、土地開發、防洪、灌溉等工程以及其他有關土木工程之調查、規劃、設計、研究、分析、試驗、評價、鑑定、施工、監造、養護、計畫及管建管理等業務。但建築物結構之規劃、設計、研究、分析業務限於高度 36 公尺以下。
備註:於民國 67 年 9 月 18 日以前取得土木技師資格並於 76 年 10 月 2 日以前具有 36 公尺以上高度建築物結構設計經驗者不受建築物結構高度 36 公尺之限制。

結構工程科執業範圍：
從事橋樑、壩、建築及道路系統等結構物及基礎等之調查、規劃、設計、研究、分析、評價、鑑定、施工、監造及養護等業務。

臺中市土木技師公會
TAICHUNG PROFESSIONAL CIVIL ENGINEERS ASSOC.
編號：00430
姓名：陳冠宏
會員證
有效日期 113-01-01 - 113-12-31

會員姓名 陳冠宏
執業機構 宏利工程顧問有限公司
臺中市土木技師公會
地址：臺中市北區崇德路一段629號B棟5F之1
電話：(04)2237-8968 傳真：(04)2237-5789
E-mail：tcce100521@gmail.com