

臺中市霧峰區豐正段 777、786、787、788、789
等五筆地號

地質鑽探報告書

吉歐特工程有限公司

中華民國 113 年 6 月

目 錄

目 錄.....	i
圖目錄.....	iii
表目錄.....	iv
附 錄.....	v
第一章、前言.....	1
第二章、基地區域概況.....	2
2.1 位置及交通.....	2
2.2 區域地質.....	2
2.2.1 地層.....	2
2.2.2 地質構造.....	4
2.3 土壤液化潛勢.....	6
2.4 地質敏感區.....	6
第三章、調查工作項目及方法.....	7
3.1 鑽探數量規劃.....	7
3.2 現場鑽探說明.....	10
3.2.1 鑽探方式.....	10
3.2.2 標準貫入試驗及劈管取樣.....	10
3.3 室內試驗.....	10
3.3.1 土壤一般物性試驗.....	10
第四章、基地地質與工程特性.....	12
4.1 地層分布.....	12
4.2 地下水位.....	15
4.3 簡化地層剖面及設計參數.....	15
4.4 地震力分析.....	16

第五章、土壤液化潛勢分析.....	20
5.1 土壤液化說明.....	20
5.2 土壤液化經驗分析法.....	20
5.3 土壤液化分析結果.....	22
5.4 基地土層平均剪力波速.....	23
第六章、基礎工程分析.....	24
6.1 基礎型式建議.....	24
6.2 基礎承载力分析.....	24
6.3 基礎沉陷量分析.....	25
第七章、開挖擋土工程分析.....	29
7.1 開挖與擋土設施.....	29
7.2 擋土結構側向壓力分析.....	30
7.3 開挖穩定性分析.....	32
7.3.1 貫入深度分析.....	32
7.3.2 底面隆起分析.....	33
7.3.3 底面砂湧分析.....	34
7.3.4 底面上舉分析.....	36
第八章、結論與建議.....	37

圖目錄

圖 2-1、位置及交通圖.....	3
圖 2-2、區域地質圖.....	3
圖 2-3、基地與車籠埔斷層位置圖.....	5
圖 2-4、土壤液化潛勢分布圖.....	6
圖 3-1、鑽孔配置圖.....	9
圖 4-1-1、基地地質剖面示意圖(BH-4~BH-6~BH-2~BH-1~BH-8).....	13
圖 4-1-2、基地地質剖面示意圖(BH-5~BH-3~BH-7~BH-9).....	14
圖 5-1、雙曲線函數(HBF)土壤液化評估法計算流程圖.....	21
圖 7-1、臨時性擋土支撐結構側向壓力分析圖.....	31
圖 7-2、臨時性無支撐擋土結構側向壓力分析圖.....	31
圖 7-3、永久性擋土結構側向壓力分析圖.....	31
圖 7-4、貫入深度分析圖.....	33
圖 7-5、底面隆起分析圖.....	34
圖 7-6、底面砂湧分析圖.....	35
圖 7-7、底面上舉分析圖.....	36

表目錄

表 3-1、現場鑽探之工作項目與數量表	8
表 3-2、室內試驗之工作項目與數量表	8
表 3-3、鑽孔座標位置一覽表	9
表 4-1、簡化地層剖面及設計參數	15
表 5-1、土壤參數折減係數(摘自內政部建築物耐震設計規範及解說) ...	22

附 錄

附錄 A、地質鑽探柱狀報告

附錄 B、室內試驗成果報告

附錄 C、鑽探施工照片

附錄 D、岩心照片

第一章、前言

農業部農業藥物試驗所〔簡稱農藥所〕，擬辦理「農糧產品安全品質檢驗與情資分析中心」〔簡稱本基地〕興建工程，中心除彙整分析農政單位抽驗結果，另具備各區域檢驗中心與質譜快檢站人員之檢驗技術訓練等功能，以確保農產品檢驗結果正確性，並建置農作物採樣作業資訊化系統、人工智慧自動化分析技術、成為重要外銷蔬果風險分析功能平臺。

本基地範圍位於臺中市霧峰區豐正段 777、786、787、788、789(相連接)等地號，土地面積合計 16,318.98 平方公尺。建築規模設計為地上五樓/地下一樓，開挖深度地下約為 5.3 公尺之鋼筋混凝土造。為確實瞭解本基地地質分布與工程特性，特委託吉歐特工程有限公司〔簡稱吉歐特工程〕進行本基地地質鑽探與試驗分析工作。

本工作於 112 年 2 月與 113 年 6 月分別完成兩階段現地鑽探及試驗工作、各項成果資料彙整與分析後，隨即提送本報告書。

第二章、基地區域概況

2.1 位置及交通

依據內政部地籍圖資網路便民服務系統查詢結果顯示，基地位於台中市霧峰區中正路 76 號農藥應用園區。基地西邊臨 20 公尺中正路(中潭公路-台三線)，東側臨山腳圳，北側與農地相連，間隔狹窄農路(中正路 78 巷)。南側亦為農地。基地地勢平坦，西北角地勢較低，東南角最高，基地內部對角落差將近 1.5~2 公尺，呈緩坡漸變無劇烈高低落差。基地內計有房舍 3 棟及大型喬木與試驗農園，計畫興建用地位於農藥應用園區西北角隅，為基地內地勢較低處，現況為空地(草皮)，位置及交通詳見圖 2-1。

2.2 區域地質

依據經濟部中央地質調查所之地質資料整合查詢系統查詢結果顯示，本基地區域地質屬於現代全新世沖積層，區域地質詳見圖 2-2，茲將地層與地質構造說明如後。

2.2.1 地層

沖積層

本地層主要材料以礫石、砂及黏土等所組成，為烏溪流域沖刷堆積而形成。



圖 2-1、位置及交通圖



圖 2-2、區域地質圖

2.2.2 地質構造

車籠埔斷層

距離本基地最近之地質構造為車籠埔斷層，為逆移斷層，以烏溪為界分為 2 部分：北段約呈南北走向，由臺中市豐原區北陽里向南延伸至霧峰區，長約 38 公里，在 1999 年集集地震時，石岡以東至苗栗縣卓蘭鎮也形成地表破裂與地面隆起，長約 16 公里（經濟部中央地質調查所，1999；李元希等，2000）；南段約呈南北走向，由南投縣草屯向南延伸至竹山鎮嶺腳附近，長約 38 公里（林啟文等，2000b）。在豐原區以北，斷層可能連接三義斷層；竹山以南，斷層連接鹿寮斷層與大尖山斷層（林啟文等，2000b）。1999 年集集地震時所形成的地表破裂，很多地區在地表上顯現寬廣的斷層帶，地表所見的斷層崖、單斜崖與撓曲崖等，是由主斷層分叉而出、且位於上盤的分支斷層反應在地表的特徵。地震斷層在山麓前緣，也就是山麓與平原的交界處，大多位於錦水頁岩的底部；山麓區內，常位於車籠埔斷層上盤的錦水頁岩層中或是位於卓蘭層的底部。依據「內政部國土測繪圖資服務雲」查詢結果顯示，本基地之建築範圍距車籠埔斷層水平距離初估約為 60 公尺以上，詳見圖 2-3。

有關車籠埔斷層附近之營建法規系參照內政部 89 年 5 月 18 日台 89 內營字第 8983424 號函內容：車籠埔斷層兩側各 15 公尺範圍內依左列規定辦理：(一)不得興建公有建築物。(二)依非都市土地使用管制規則規定得為建築使用之土地，其建築高度不得超過二層樓、簷高不得超過七公尺，並限制自用農舍或自用住宅使用。(三)於各種用地內申請建築自用農舍，除其建築高度不得超過二層樓、簷高不得超過七公尺外，並依實施區域計畫地區建築管理辦法第五條規定辦理。

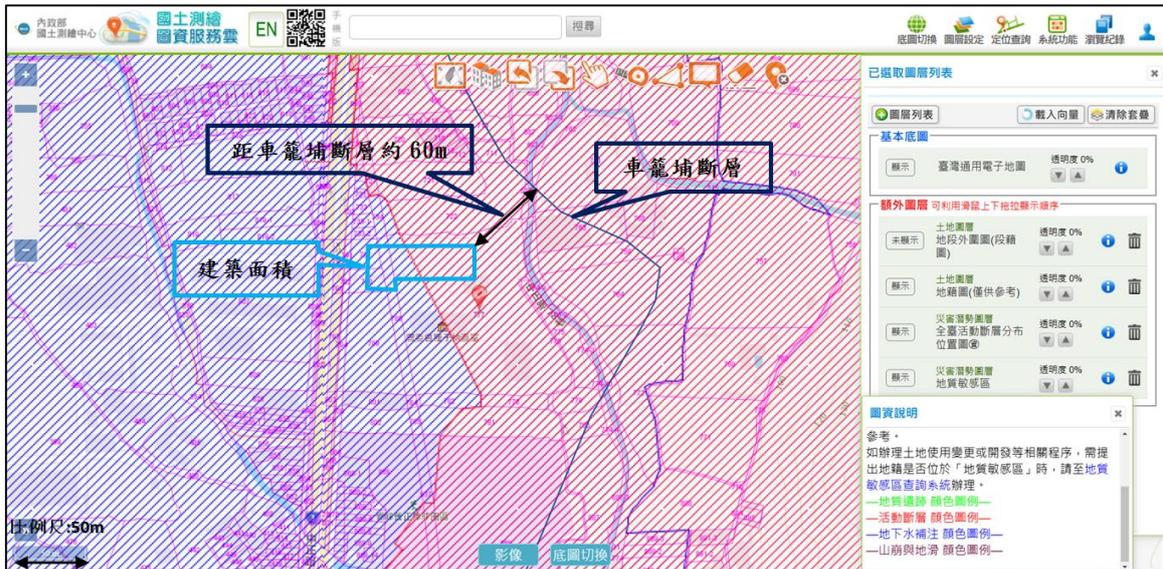


圖 2-3、基地與車籠埔斷層位置圖

根據以上說明，本基地應無受其禁限建規定影響，惟距離甚近，有必要於結構設計階段考量，作必要之因應。

2.3 土壤液化潛勢

依據經濟部中央地質調查所土壤液化潛勢查詢系統查詢結果顯示，本基地位於公布之低潛勢區內，土壤液化潛勢分布詳見圖 2-4。

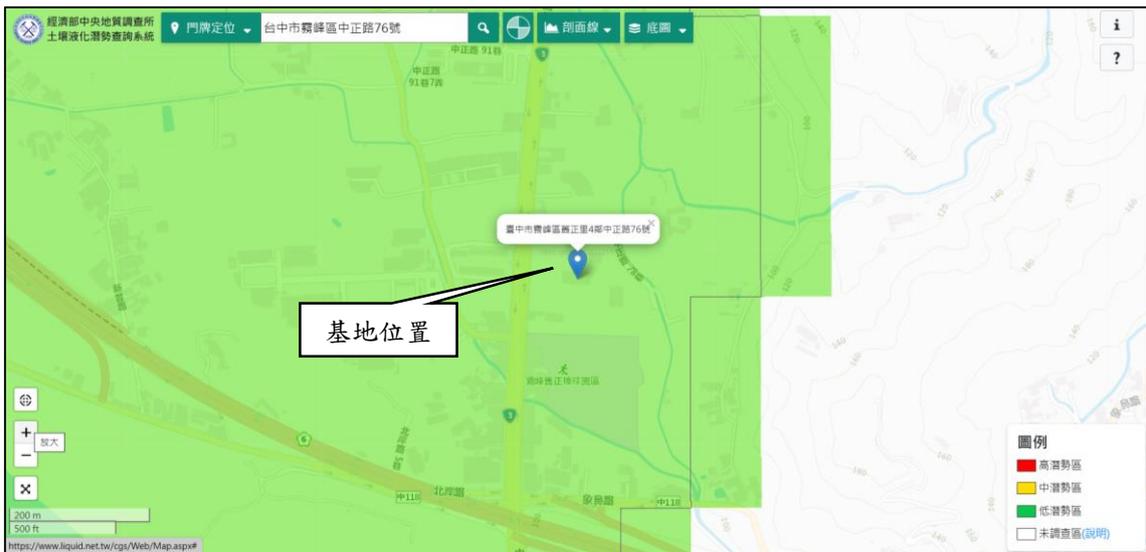


圖 2-4、土壤液化潛勢分布圖

2.4 地質敏感區

依據經濟部中央地質調查所地質敏感區查詢系統查詢結果顯示，基地屬於地下水補注地質敏感區內，惟霧峰區豐正段 777 地號查詢並無登載資料，但從基地連接關係判斷，應屬於同一屬性，即全區均位於地下水補注地質敏感區。此外，依據「內政部國土測繪圖資服務雲」查詢結果顯示，霧峰區豐正段 777 地號雖無活動斷層經過，但因鄰近車籠埔活動斷層，所以部分 777 地號區域被劃定為活動斷層地質敏感區內。有關上述兩項地質敏感區安全評估報告，業主農藥所採另案委託辦理。

第三章、調查工作項目及方法

3.1 鑽探數量規劃

依據內政部建築技術規則建築構造編第二章基礎構造第二節地基調查第 65 條：「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應設一調查點」，本案預計建築最大投影面積約 2,100 平方公尺，以 300 平方公尺設置一調查點(鑽探孔)，共需 7 孔。另依據內政部營建署建築物基礎構造設計規範 3.2.3 規定：「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」。所以本基地 112 年 2 月鑽孔數量：深度 30 公尺計 3 孔、深度 12 公尺計 4 孔，總數 7 孔共計 138 公尺；另於 113 年 6 月因建築位置平移，故進行補充鑽孔數量：深度 12 公尺計 2 孔，總數 2 孔共計 24 公尺。現場鑽探之工作項目與數量詳見表 3-1、室內試驗之工作項目與數量詳見表 3-2、表鑽孔座標位置詳見表 3-3、鑽孔配置詳見圖 3-1。

表 3-1、現場鑽探之工作項目與數量表

鑽孔編號	鑽孔深度(m)	貫入試驗(次)	劈管取樣(組)
BH-1	30	0	0
BH-2	30	0	0
BH-3	30	0	0
BH-4	12	8	0
BH-5	12	8	0
BH-6	12	8	0
BH-7	12	8	0
BH-8	12	6	1
BH-9	12	6	0
合計	162	44	1

表 3-2、室內試驗之工作項目與數量表

鑽孔編號	土壤一般物理試驗(組)
BH-8	1
合計	1

表 3-3、鑽孔座標位置一覽表

鑽孔編號	縱座標(N)	橫座標(E)	高程(m)
BH-1	2656874.932	219146.757	91.321
BH-2	2656871.155	219136.205	91.367
BH-3	2656859.741	219114.584	91.328
BH-4	2656875.262	219094.811	90.962
BH-5	2656855.459	219093.789	91.227
BH-6	2656875.877	219115.106	91.138
BH-7	2656854.888	219142.257	91.357
BH-8	2656871.597	219166.077	91.342
BH-9	2656853.221	219174.823	91.278

附註：採用 TWD97 二度分帶座標系統

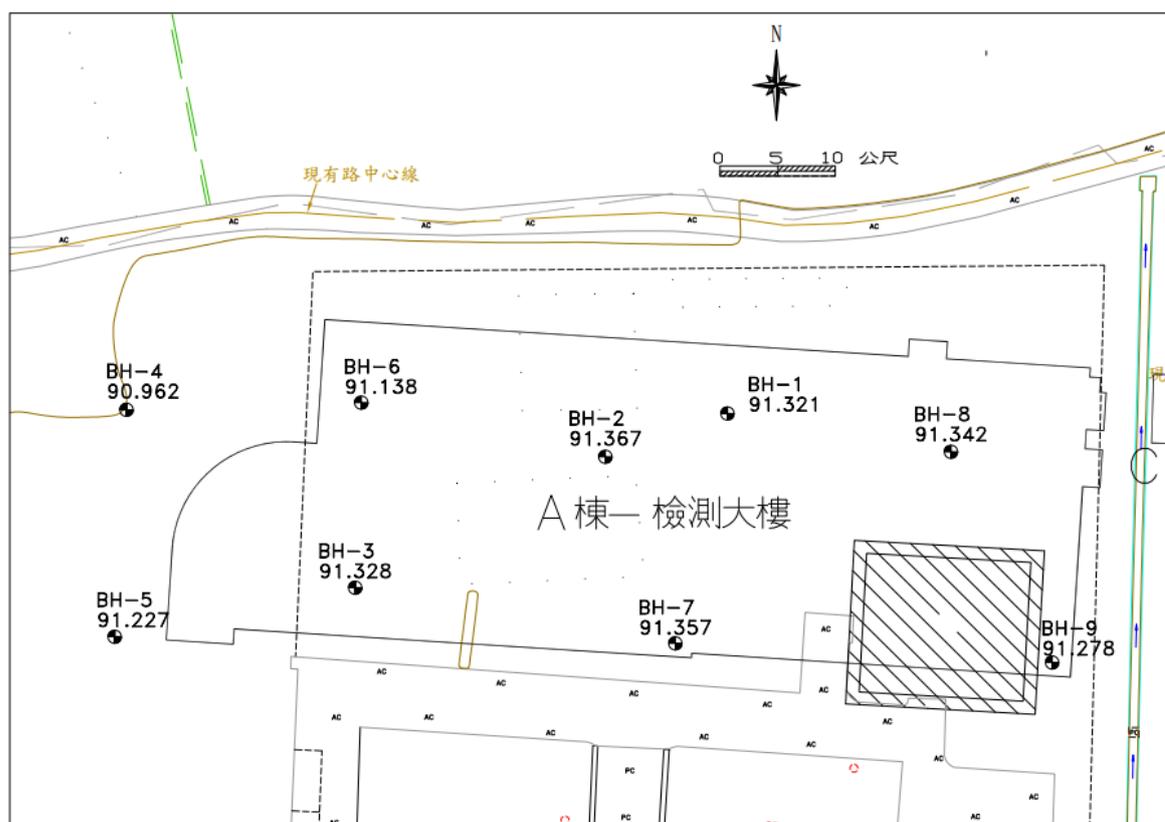


圖 3-1、鑽孔配置圖

3.2 現場鑽探說明

3.2.1 鑽探方式

鑽探方式係採用 KH-2L 鑽機施作，依地層變化與需要分別採用沖洗鑽探法與旋轉鑽探法等進行。鑽孔時視地層實際需要採用適當尺寸之套管保護孔壁，使其不致坍塌。

3.2.2 標準貫入試驗及劈管取樣

鑽探進尺原則上每 1.5 公尺或地層變化處施作標準貫入試驗一次，但現場督導人員視有無需要得增減試驗次數(本案鑽孔 BH-1、BH-2、BH-3 等 3 孔採連續取樣方式進行)，其所使用之劈管取樣器及試驗步驟均須參考 ASTM DI586-84 之規定。試驗時若遇堅硬地層，當取樣器貫入土中未達 15 公分而擊數已達 50 下，或取樣器貫入土中任連續兩段而擊數達到 100 下時，即可停止夯擊，此時應量測並記錄其貫入深度。

本次現場鑽探成果詳見附錄 A、C、D。

3.3 室內試驗

本次工作現場鑽探取得之土壤或岩石樣品，部份送回專業的大地試驗室辦理相關之試驗工作，本次試驗項目計有土壤一般物性試驗等，茲簡述如後。

3.3.1 土壤一般物性試驗

此試驗係利用劈管取樣之土樣進行試驗，一般物理性質試驗項目包

括：含水量、單位重、孔隙比、比重、顆粒分析、阿太堡液/塑限度等測定。

本次室內試驗成果詳見附錄 B。

第四章、基地地質與工程特性

4.1 地層分布

依據本次現場鑽探與室內試驗分析結果研判，基地於地表下 30.0 公尺(本次最大鑽孔深度)範圍內之地層分布由上而下大致分別為：1.黃棕色黏土夾砂礫石層、2. 黑灰色卵礫石夾棕黃色粗砂層、3. 棕黃色砂偶夾黑灰色卵礫石層等 3 層次，茲將各層次分述如下：

1. 黃棕色黏土夾砂礫石層

本層主要為草皮下黃棕色黏土夾砂礫石所組成，分佈於地表至地表下 1.45 公尺之間，平均層厚約為 0.5 公尺，屬於回填鋪面層。

2. 黑灰色卵礫石夾棕黃色粗砂層

本層主要為黑灰色卵礫石夾棕黃色粗砂所組成，分佈於地表下 0.5 公尺至地表下 25.0 公尺之間，平均標準貫入 N 值 100 以上，屬於極緊密地層。

3. 棕黃色砂偶夾黑灰色卵礫石層

本層主要為棕黃色砂偶夾黑灰色卵礫石所組成，分佈於地表下 25.0 公尺至地表下 30.0 公尺(本次最大鑽孔深度)，呈凸鏡體狀，平均標準貫入 N 值 100 以上，屬於極緊密地層。

彙整本次相關地質鑽探柱狀資料，基地地質剖面詳見圖 4-1-1~4-1-2 所示。

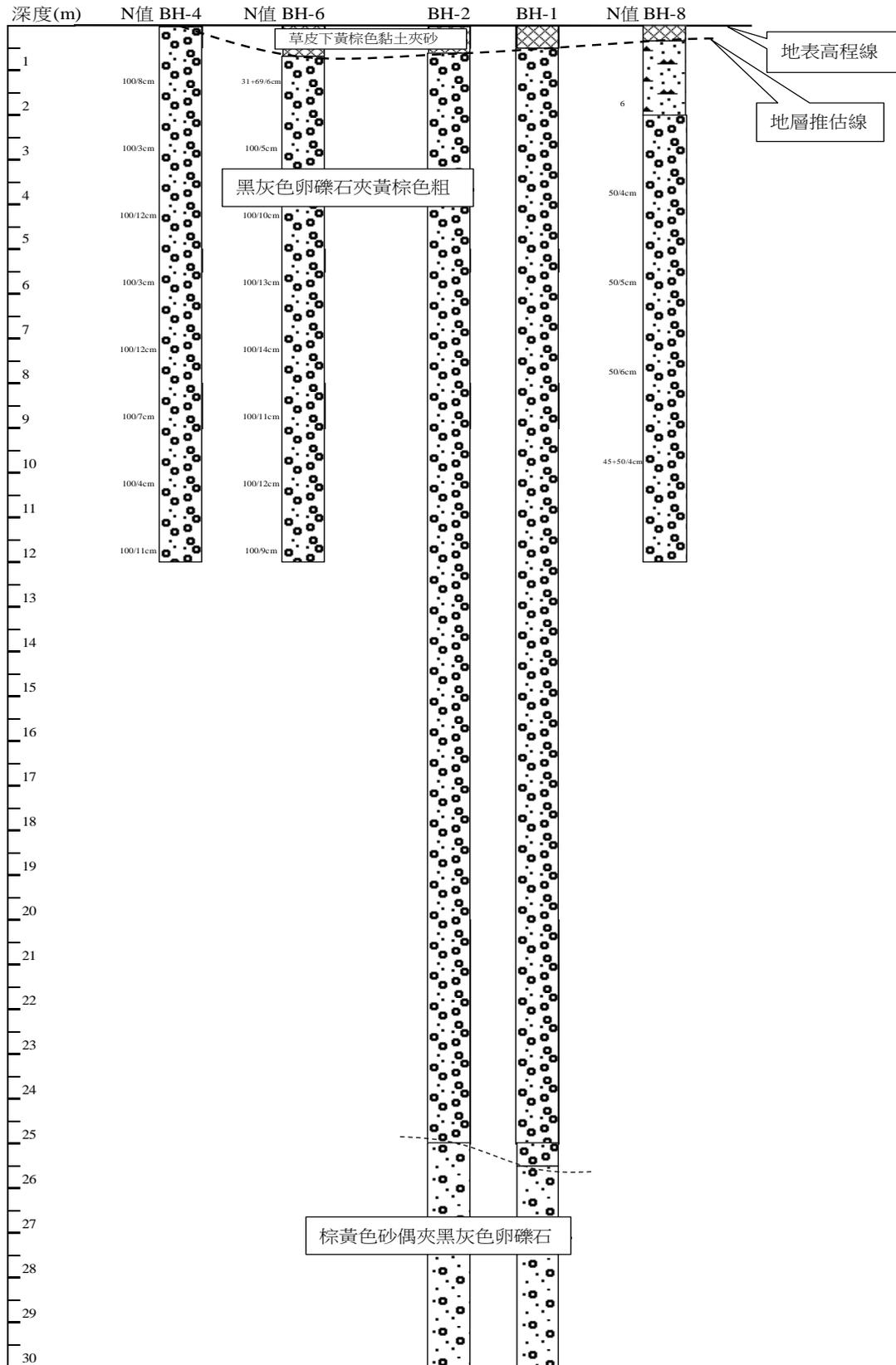


圖 4-1-1、基地地質剖面示意圖(BH-4~BH-6~BH-2~BH-1~BH-8)

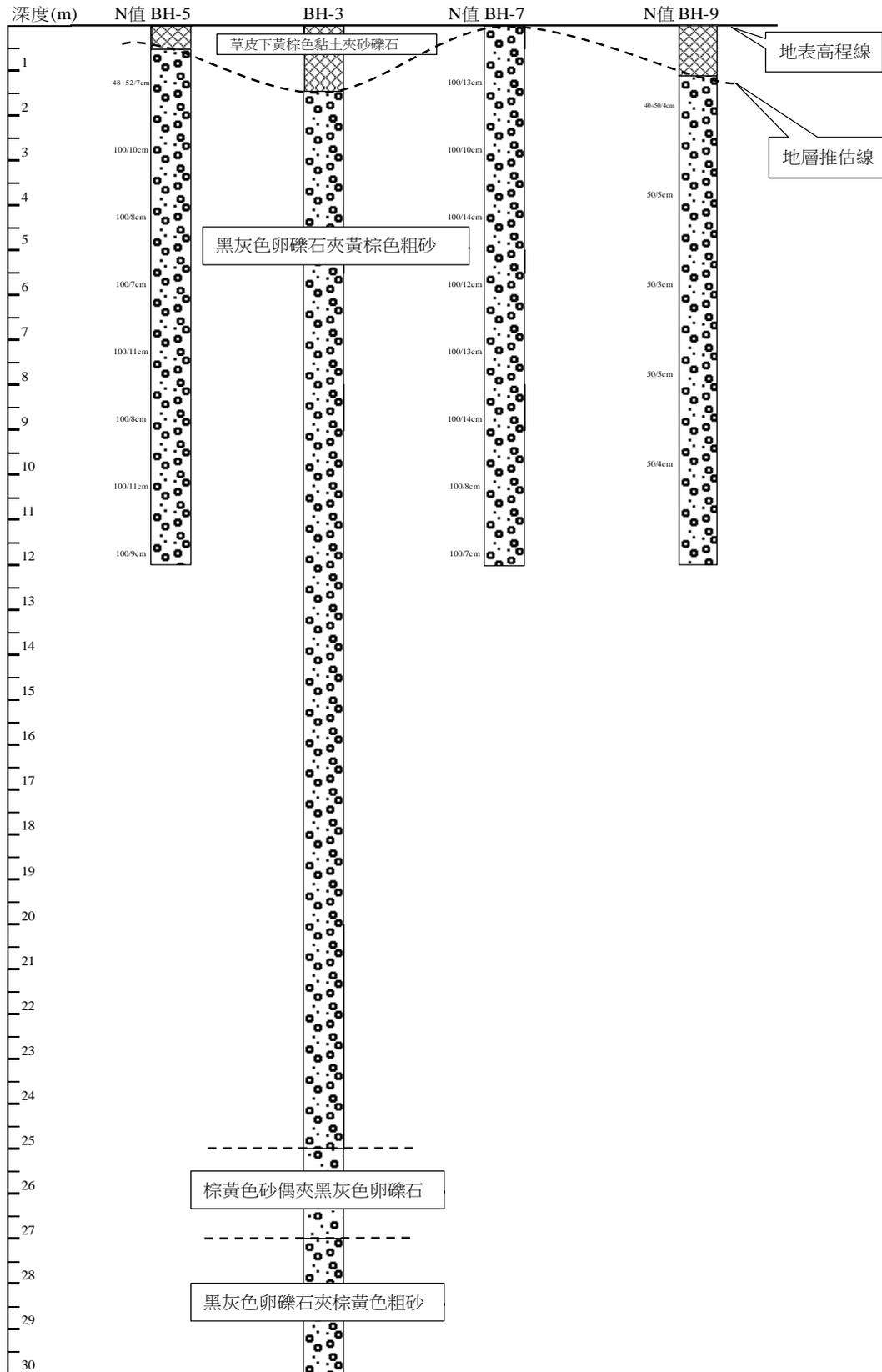


圖 4-1-2、基地地質剖面示意圖(BH-5~BH-3~BH-7~BH-9)

4.2 地下水位

本次基地鑽探期間尚無量測到地下水位。

4.3 簡化地層剖面及設計參數

為了提供本基地之建築設計與施工單位參考，根據現場鑽探與室內試驗分析結果，建議基地之簡化地層剖面及設計參數詳見表 4-1 所列。

表 4-1、簡化地層剖面及設計參數

層	地層分類	層厚(m)	N 值	γ_t (t/m ³)	C' (t/m ²)	ψ' (°)	Q_u (t/m ²)	K_v (t/m ³)	K_h (t/m ³)
1	黃棕色黏土夾砂礫石層	0.5	-	-	-	-	-	-	-
2	黑灰色卵礫石夾棕黃色粗砂層	25.0	>50	*2.1	*0.15	*37	-	*8000~12000	*6000~10000
3	棕黃色砂偶夾黑灰色卵礫石層	25.0m 以下	>50	*2.2	*1.0	*35	*350	*15000	*9000

註：

1. ”*”表示經驗值估計參數。
2. K_h 值依福岡、宇都(日本)建議之經驗公式估算， K_v 值依謝旭昇、程日晟(1996，*土工技術*第 53 期)建議公式檢算所得。

4.4 地震力分析

一般工址之震區短週期及一秒週期之設計水平譜加速度係數 S_s^D 與 S_1^D 分別代表工址所屬震區在堅實地盤下，設計地震作用時之短週期結構與一秒週期結構之 5% 阻尼譜加速度與重力加速度 g 之比值。

震區短週期及一秒週期之最大考量水平譜加速度係數 S_s^M 與 S_1^M 分別代表工址所屬震區在堅實地盤下，最大考量地震作用時之短週期結構與一秒週期結構之 5% 阻尼譜加速度與重力加速度 g 之比值。

我國之震區係以鄉、鎮、市等行政區為單位劃分，各微分區內之震區設計水平譜加速度係數 S_s^D 與 S_1^D 乃根據 50 年 10% 超越機率之均布危害度分析訂定，地震回歸期為 475 年；震區最大考量水平譜加速度係數 S_s^M 與 S_1^M 則根據 50 年 2% 超越機率之均布危害度分析訂定，地震回歸期為 2500 年。

本案因鄰近車籠埔斷層，依據 111 年「建築物耐震設計規範及解說」第 2.4 節，應考慮近斷層效應之震區短週期與一秒週期水平譜加速度係數，經查表，得到本案 $S_s^D=0.98$ ， $S_1^D=0.61$ ， $S_s^M=1.25$ ， $S_1^M=0.83$ 。

除臺北盆地外，一般區域及近斷層區域之工址短週期與一秒週期設計水平譜加速度係數 S_{DS} 與 S_{D1} ，以及工址短週期與一秒週期最大考量水平譜加速度係數 S_{MS} 與 S_{M1} 依下式計算：

$$\begin{aligned} S_{DS} &= F_a S_s^D ; S_{MS} = F_a S_s^M \\ S_{D1} &= F_v S_1^D ; S_{M1} = F_v S_1^M \end{aligned}$$

其中， F_a 為反應譜等加速度段之工址放大係數，隨地盤種類與震區短週期水平譜加速度係數 S_s (S_s^D 或 S_s^M) 而改變；而 F_v 為反應譜等速度段之工址放大係數，隨地盤種類與震區一秒週期水平譜加速度係數 S_1 (S_1^D 或 S_1^M) 而改變。

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

長週期結構之工址放大係數 F_v (線性內插求值)

地盤分類	震區短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

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 公尺內之土層平均剪力波速 V_{S30} 決定之。其中， $V_{S30} \geq 270$ m/s 者為第一類地盤(堅實地盤)； 180 m/s $\leq V_{S30} \leq 270$ m/s 者，為第二類地盤(普通地盤)； $V_{S30} \leq 180$ m/s 者，為第三類地盤(軟弱地盤)。

工址地表面下 30 公尺內之土層平均剪力波速 V_{S30} 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， d_i 為第 i 層土層之厚度(m)，滿足 $\sum_{i=1}^n d_i = 30$ m。 V_{si} 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：

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

砂質土層：

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

其中， N_i 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/cm²)。

依現場地質鑽探調查結果及簡化地層參數表得知地表下 0~30 公尺為卵礫石夾砂層，平均 N 值均大於 50， $V_{S30}=366$ ，為第一類地盤，其工址放大係數 F_a 、 F_v 如下所示：

(a)短週期結構之工址放大係數 $F_a=1.0(S_S^D=0.98)$ ， $1.0(S_S^M=1.25)$

(b)長週期結構之工址放大係數 $F_v=1.0(S_1^D=0.61)$ ， $1.0(S_1^M=0.83)$

故本基地近斷層區域之工址短週期與一秒週期水平譜加速度係數計算如下：

$$S_{DS}=F_a S_S^D = 1.0 \times 0.98 = 0.98$$

$$S_{MS}=F_a S_S^M=1.0 \times 1.25=1.25$$

$$S_{D1}=F_v S_1^D=1.0 \times 0.61=0.61$$

$$S_{M1}=F_v S_1^M=1.0 \times 0.83=0.83$$

經由以上評估，地表水平加速度建議採用如下：

短週期

設計地震時，地表水平加速度 $a=0.4S_{DS}g=0.39g$ 。

最大考量地震時，地表水平加速度 $a=0.4S_{MS}g=0.50g$ 。

長週期

設計地震時，地表水平加速度 $a=0.4S_{D1}g=0.24g$ 。

最大考量地震時，地表水平加速度 $a=0.4S_{M1}g=0.33g$ 。

第五章、土壤液化潛勢分析

5.1 土壤液化說明

土壤液化係指飽和疏鬆之砂土於地震作用下，剪力波使土壤顆粒產生反覆剪應變，導致孔隙水壓逐漸累積增大，上升的孔隙水壓使土壤的有效應力降低，以至於土壤喪失承受荷重能力而呈液態化狀況，稱為液化現象。土壤發生液化時，可能造成之災害包括結構物上浮、結構物沉陷破裂、基礎承载力減低及側向壓力增加等。以土壤種類而言，一般以低密度之飽和鬆砂土壤，深度在地表下 20 公尺內之地層較易發生液化，其中尤以 D_{50} 在 0.02mm~2mm 之均勻細砂為最；至於在礫石土壤(gravel soil)、黏土和粉土等土層則較不易發生液化之現象，根據內政部營建署建築物耐震設計規範及解說(2022)，基地地表面下 20 公尺以內之飽和砂土層，通過率為 50%之粒徑 D_{50} 在 0.02mm 至 2mm 間，地下水位面在地表下 10 公尺以內時，須作液化潛能評估。

5.2 土壤液化經驗分析法

本案採用國家地震工程研究中心研發之 NCREE_HBF 雙曲線法程式進行液化分析評估，分析流程詳見圖 5-1 所示，若抗液化安全係數(F_L)小於 1.0 時，即表示該深度土層可能產生液化。

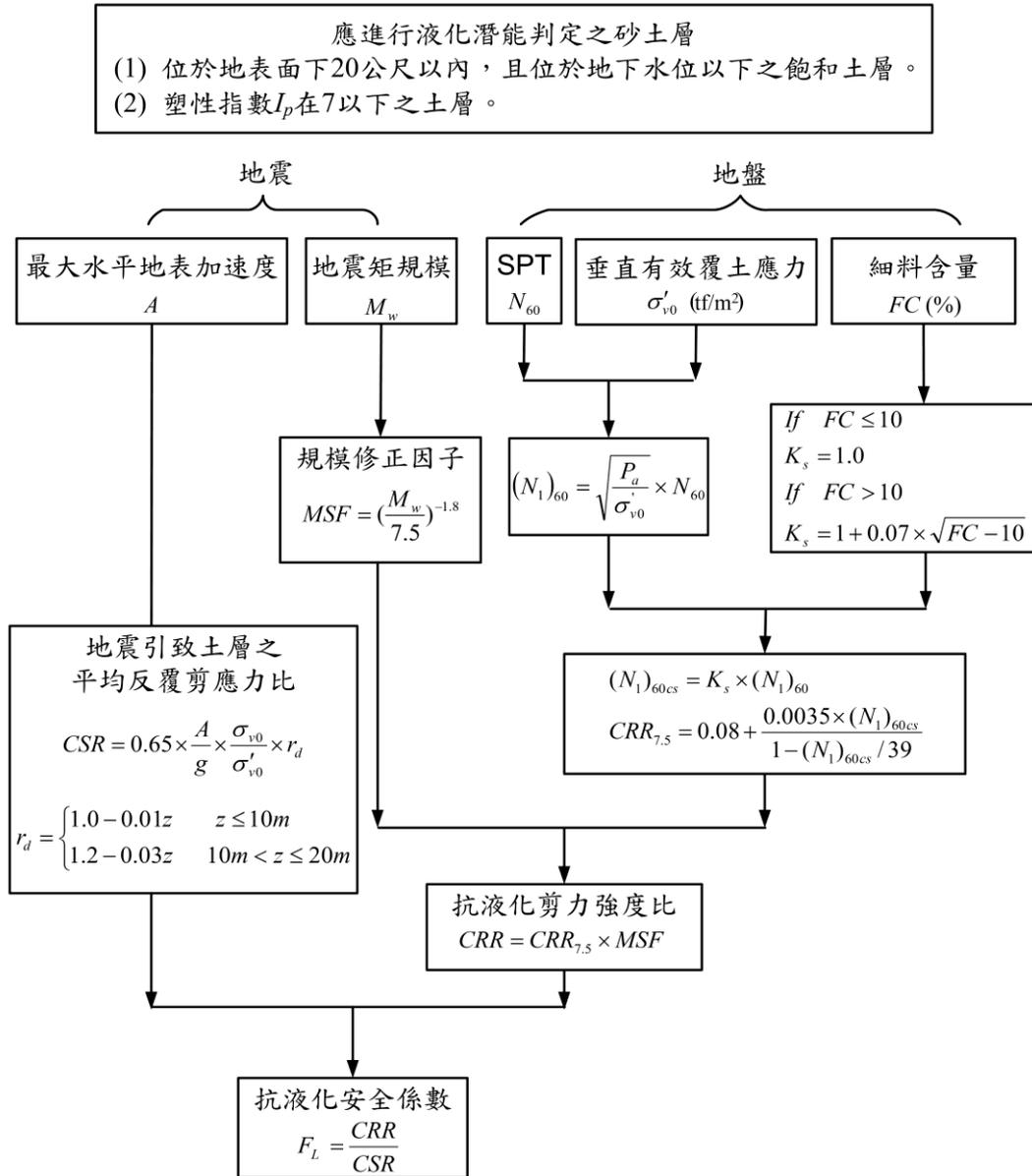


圖 5-1、雙曲線函數(HBF)土壤液化評估法計算流程圖

5.3 土壤液化分析結果

依據 111.06.14 內政部公佈實施之"建築物耐震設計規範及解說"，結構物基礎底下之土壤在中小度地震時(一般工址或近斷層工址之地表加速度為 $0.4 \times S_s D \times g / 4.2$ ，臺北盆地之地表加速度為 $0.4 \times S_s D \times g / 3.5$)，不得有液化之可能。而在設計地震時(地表加速度 $0.4 \times S_s D \times g$)及最大考量地震時(地表加速度 $0.4 \times S_s M \times g$)，容許產生液化，並檢討液化後之安全性。針對土壤液化潛勢分析採用國家地震工程研究中心研發之 NCREE_HBF(V05) 進行評估，若抗液化安全係數(F_L)小於 1.0 時，即判定該土層可能產生液化。依前述方法判定為可能液化之土層，應依抗液化安全係數 F_L 值折減其耐震設計用土壤參數詳見表 5-1 所列。

表 5-1、土壤參數折減係數(摘自內政部建築物耐震設計規範及解說)

	距地表面 之深度 Z(m)	折減係數 D_E			
		$(N_1)_{60cs} \leq 5$	$5 < (N_1)_{60cs} \leq 10$	$10 < (N_1)_{60cs} \leq 20$	$20 < (N_1)_{60cs}$
$F_L \leq 0.5$	$0 \leq Z \leq 10$	0	0	0.05	0.1
	$10 < Z \leq 20$	0	0.05	0.1	0.2
$0.5 < F_L \leq 0.75$	$0 \leq Z \leq 10$	0	0.05	0.1	0.2
	$10 < Z \leq 20$	0.05	0.1	0.2	0.5
$0.75 < F_L \leq 1.0$	$0 \leq Z \leq 10$	0.05	0.1	0.2	0.5
	$10 < Z \leq 20$	0.1	0.2	0.5	1.0

註: $(N_1)_{60cs}$ 考慮土壤細料含量影響之修正 N 值

一般液化大多發生在地表下 20 公尺以內，且地下水位在地表下 10 公尺以內的飽和疏鬆沖積土層，通常當此沖積土層通過#200 號篩之細粒含量在 10~15% 以下者其液化傾向較高(Seed, 1976)。根據現場鑽探取樣試驗結果，本工址基礎所在地層主要為黑灰色卵礫石夾棕黃色粗砂層，其標準貫入試驗 SPT-N 值大於 50，且最大鑽探深度(地表下 30 公尺)均無量測到地下水，因此，於本次最大鑽探深度內，初步研判各主要地層

發生液化之機率不高。

5.4 基地土層平均剪力波速

依據內政部之建築物耐震設計規範及解說（2022 年 6 月）2.5 節，地表面下 30 公尺內之土層平均剪力波速 V_{S30} 依下列公式計算，推估本工址地表面下 30 公尺內之土層平均剪力波速 $V_{S30}=366\text{m/s}$ 。

$$V_{S30} = \frac{\sum_{i=1}^n di}{\sum_{i=1}^n di/Vsi}$$

第六章、基礎工程分析

6.1 基礎型式建議

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

1. 基礎下地層所能提供之容許承载力。
2. 基礎下地層因建築物載重而可能發生的最大沈陷與差異沈陷。
3. 地下水位與水壓狀況。
4. 基地鄰近建築物之重要性及其位置與基礎型式。
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。

6.2 基礎承载力分析

依據承載理論，基礎之承载力係視土壤之抗剪強度、基礎形狀大小、基礎底埋置深度及地下水位決定。淺基礎中包括獨立基腳及筏式基礎，其承载力可依據建築技術規則建築構造編承载力理論公式計算。

$$Q_u(\text{net}) = (1 + 0.3B/L)C_{Nc} + r_2 D_f(N_q - 1) + (0.5 - 0.1B/L)r_1 B N_r$$

$$Q_a = \frac{Q_u(\text{net})}{F.S.} \quad (\text{獨立基腳})$$

$$Qa = \frac{Qu(net)}{F.S.} + r_2 D_f \quad (\text{筏式基礎})$$

式中：

Qu(net)：基礎淨極限承载力(t/m²)

Qa：基礎淨容許承载力(t/m²)

F.S.：安全係數(F.S.=3.0)

B：基礎寬度(m)

L：基礎長度(m)

Df：基礎入土深度(m)

C：土壤凝聚力(t/m²)

Nc、Nr、Nq：基礎承载力因素

r1、r2：分別為基礎面以下及以上之土壤單位重(t/m³)

初步估算如採用筏式基礎，建築物最大荷重約 11.4 t/m² (=1.4 t/m²/層×(地上 5 層+地下 1 層)+筏基自重 3.0 t/m²)，基礎開挖假設約 5.3 公尺，開挖移除的土水重約為 9.5 t/m²，淨荷重為 11.4t/m²-9.5 t/m²= 1.9 t/m²，基礎坐落於黑灰色卵礫石夾棕黃色粗砂層上，為避免差異沉陷可能使結構物受損，假設採用筏式基礎，評估容許承载力約可達 50 t/m² 以上，符合規範要求。

6.3 基礎沉陷量分析

基礎設計除考慮基礎土壤承载力因素外，還須注意基礎之總沉陷量及差異沉陷量不超過一定之容許值，以避免結構物因過度沉陷或不均勻沉陷而影響使用功能或導致結構破壞。結構物基礎之沉陷量包括三部份，

如下式所述：

總沉陷量=彈性沉陷+壓密沉陷+次壓密沉陷。

一般而言，彈性沉陷在砂質土壤較為明顯，粘性土壤主要為壓密沉陷，次壓密沉陷則發生於主壓密完成後，於持續載重下土壤顆粒之滑動及重組所產生。以下分述之：

(1)彈性沉陷：採用 Meyerhof(1965)建議公式計算：

$$\delta = 1.9 \times q/N, \text{ 當 } B < 1.25\text{m}$$

$$\delta = 2.84 \times q/N \cdot [B/(B+0.33)]^2, \text{ 當 } B > 1.25\text{m}$$

$$\delta = 2.84 \times q/N, \text{ 對於大型筏式基礎}$$

式中：

δ ：沉陷量(cm)

q ：淨基礎壓力(t/m^2)

N ：基礎底下1B內之標準貫入試驗平均值，且不需考慮地下水位。

(2)壓密沉陷：採用 Terzaghi 單向度壓密理論估算如下：

$$\rho_1 = \beta \times H \times C'_c \times \log \times \left(\frac{\sigma_{z0} + \Delta\sigma_z}{\sigma_{z0}} \right) \text{-----正常壓密}$$

$$C'_c = \frac{C_c}{1 + e_0}$$

$$\rho_2 = \beta \times H \times C'_r \times \log \times \left(\frac{\sigma_{z0} + \Delta\sigma_z}{\sigma_{z0}} \right) \text{-----過壓密}$$

$$C_r' = \frac{C_r}{1 + e_0}$$

壓密沉陷 ρ_c

$$\begin{aligned} \rho_c &= \rho_1 + \rho_2 \\ &= \beta \times H \times \left[C_r' \times \log \times \left(\frac{\sigma_{vm}}{\sigma_{z0}} \right) + C_c' \times \log \times \left(\frac{\sigma_{v0} + \Delta\sigma_z}{\sigma_{vm}} \right) \right] \end{aligned}$$

式中：

ρ_c = 壓密沉陷量

H = 土層厚度

C_c' = 初始壓縮指數

C_r' = 再壓縮指數

σ_{v0} = 初始垂直有效應力

$\Delta\sigma_z$ = 垂直有效應力增量

σ_{vm} = 垂直有效預應力

e_0 = 土層孔隙率

β = Skempton-Bjerrum 修正係數

(3) 次壓密沉陷：每一土層之次壓密沉陷(ρ_s)是以下列方程式求得：

$$\rho_s = H \times C_\alpha \times \log \left(\frac{t_f}{t_0} \right)$$

式中：

C_α = 次壓密係數

t_f = 開始施工時間

t_0 = 已知土層之主壓密完成時間(t_{100})

次壓密是從主壓密沉陷結束開始計算至設計年限或任何指定時限內。

本案基礎開挖假設深度約 5.3 公尺，座落於黑灰色卵礫石夾棕黃色粗砂層上，主要為彈性沉陷，以 Meyerhof(1965)之建議公式，採筏式基腳評估基礎沉陷量小於 0.5 公分，基礎沉陷量極微小，依“建築技術規則建築構造編基礎構造設計規範(含解說)”，規定鋼筋混凝土構造之筏式基礎容許沉陷量為 30 公分，基地基礎於上述條件下，基礎沉陷量應符合規範要求。

第七章、開挖擋土工程分析

7.1 開挖與擋土設施

結構體之基礎開挖，需選擇適當的擋土設施及妥善的基礎開挖方式，以防止鄰近結構物因開挖而引起之沉陷。一般基礎開挖方式與擋土設施選擇需考慮下列因素：

1. 土層及地下水位分佈狀況。
2. 建物的配置及開挖規模(如開挖深度與開挖面積)。
3. 擋土結構之材料性質及其水密性。
4. 擋土結構施工之可行性、安全性與經濟性。
5. 擋土結構施工對基地周圍環境之影響。
6. 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。

依據目前建築設計資料，本基地地上 5 層、地下 1 層，一般而言，若基地周邊用地無虞，地層自立性良好之工程，採用斜坡明挖工法進行開挖，不必先行構築擋土結構且免用支撐系統。若基地四周無可利用空間或開挖深度較深時，則應採用擋土壁支撐工法，於開挖區周圍設置擋土壁如連續壁、擋土排樁、鋼版樁、H 或 I 型鋼加襯板等，並隨著開挖而架設支撐設施以抵抗土壓，本基地開挖深度假設約 5.3m 深，基礎位於卵礫石與岩塊夾棕黃色粉土質砂層，為免影響周邊道路系統及鄰房設施，建議採用擋土支撐工法進行開挖。

7.2 擋土結構側向壓力分析

一般擋土結構體所承受之側向壓力包括有土壓力、水壓力及地表超載重等，而於臨時開挖階段及永久性狀況下所承受之壓力又有所不同，主要差異在於臨時性擋土結構於基礎開挖後承受側向壓力下允許擋土結構物產生側向位移，故所受之土壓力為主動土壓力；永久性擋土結構因不允許產生側向位移，故所受之土壓力為靜止土壓力，本案開挖深度 5.3m，其臨時性及永久性擋土結構側向壓力分析如圖 7-1 至圖 7-3 所示。

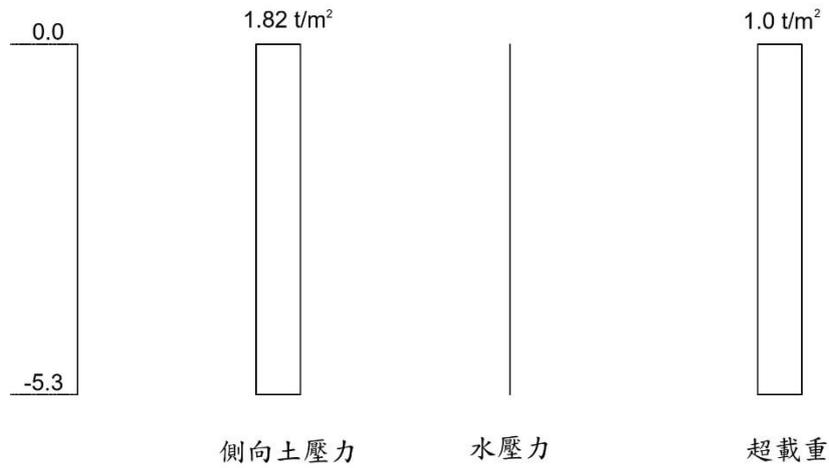


圖 7-1、臨時性擋土支撐結構側向壓力分析圖

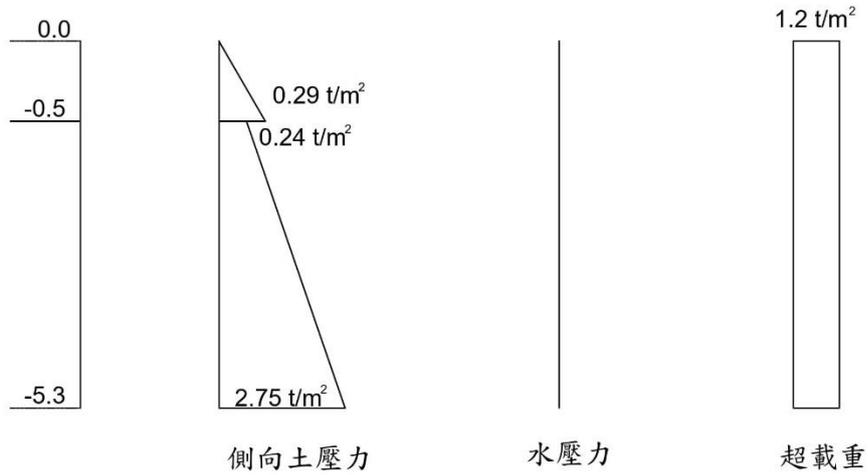


圖 7-2、臨時性無支撐擋土結構側向壓力分析圖

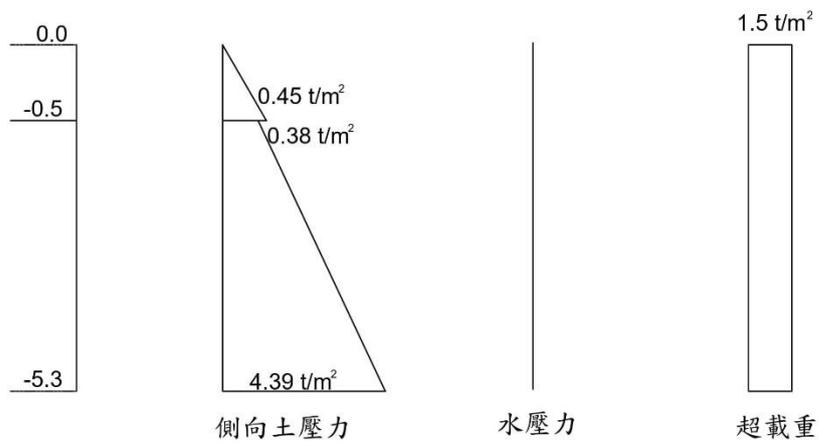


圖 7-3、永久性擋土結構側向壓力分析圖

7.3 開挖穩定性分析

擋土開挖過程中底部因土層狀況不同而可能產生不穩定現象，開挖底部為黏土時，則有開挖面外土壤往開挖面內流動之隆起(Heaving)問題。底部為無凝聚性土壤時，因擋土壁之漏水或水由開挖面外向開挖面內滲流產生砂湧(Piping)現象。另擋土壁應有足夠之貫入深度，使其開挖兩側之側向壓力作用下具足夠穩定性。開挖底面下方土層中，如有不透水層且承受壓力水層，應檢討開挖過程中此不透水層抵抗上舉破壞之安全性。

7.3.1 貫入深度分析

貫入深度主要針對主動土壓力與被動土壓力平衡之檢核，因貫入深度不足，開挖面外之主動土壓力超過開挖面內之被動土壓力，則易使擋土結構向內擠壓而造成開挖面土壤及擋土結構破壞。貫入深度可使用建築技術規則基礎構造設計規範之檢核公式，如圖 7-4 所示。

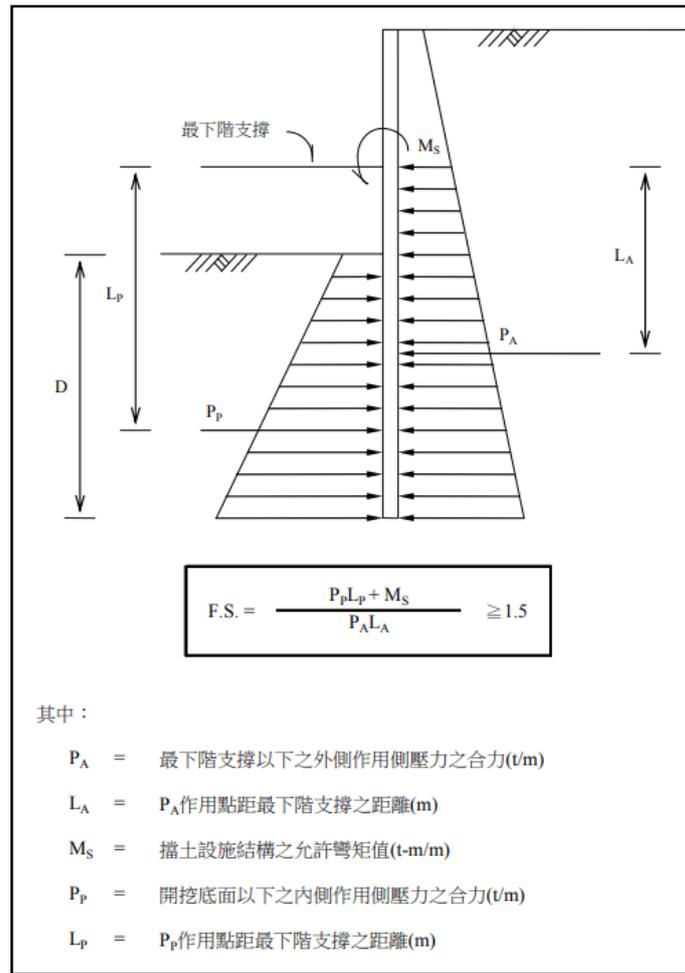


圖 7-4、貫入深度分析圖

本基地開挖深度 5.3m 深，基礎位於黑灰色卵礫石夾棕黃色粗砂層，如採用擋土壁支撐工法進行開挖，最下一層支撐在開挖面以上 2.5m 時，開挖面內外均無地下水位，當貫入深度達開挖面以下 5.0m 以上時，貫入安全係數可達 1.5 以上，可符合規範要求。

7.3.2 底面隆起分析

隆起破壞之發生，係由於開挖面外土壤載重大於開挖底部土壤之抗剪強度，致使土壤產生滑動而導致開挖底部土壤產生向上拱起之現象。

隆起檢核可使用建築技術規則基礎構造設計規範之檢核公式，如圖 7-5 所示：

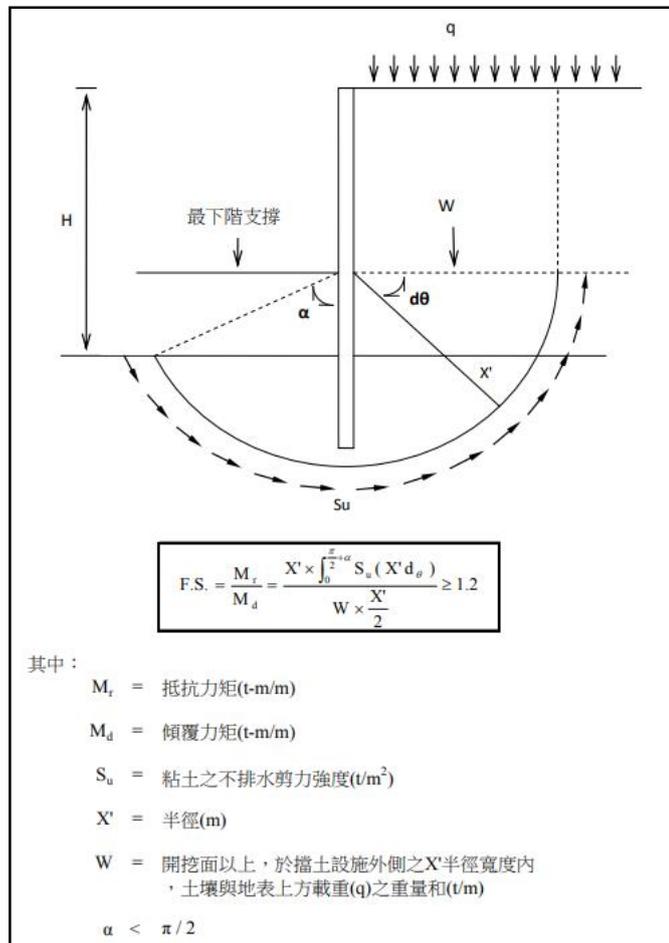


圖 7-5、底面隆起分析圖

底面隆起主要發生於開挖面下為軟弱土壤時，本工程開挖面以下為黑灰色卵礫石夾棕黃色粗砂層，並無軟弱土層，無底面隆起之虞。

7.3.3 底面砂湧分析

擋土壁下方若為透水性佳之砂質土壤，由於開挖側抽水使內外部有

水頭差而引致滲流現象，且擋土壁未貫入不透水層時，當上湧滲流水壓力大於開挖面底部土壤之有效土重時，滲流水壓力會將開挖面內之土砂湧舉而起，造成破壞，故應檢討其抵抗砂湧之安全性。可依建築技術規則基礎構造設計規範之檢核公式分析，如圖 7-6 所示：

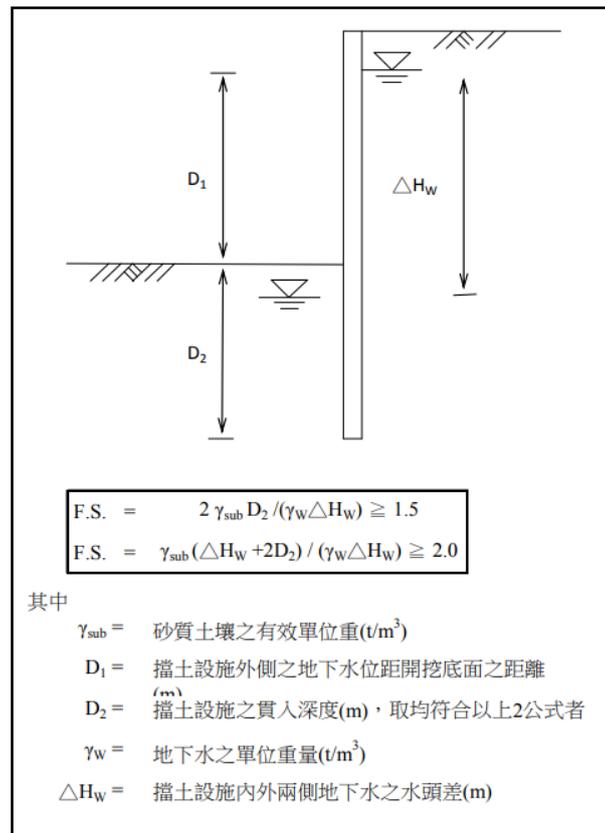


圖 7-6、底面砂湧分析圖

本工程開挖面下為黑灰色卵礫石夾棕黃色粗砂層，且最大鑽探深度 30m 深度內均無量測到地下水，開挖 5.3m 深，原則上開挖面 2 側無地下水，故無砂湧之虞。

7.3.4 底面上舉分析

開挖底面下方土層中，如有不透水層且承受壓力水頭者，應檢討開挖過程中此不透水層抵抗上舉破壞之安全性。其計算公式如下，上舉力水壓檢核可依建築技術規則基礎構造設計規範之檢核公式分析，如圖 7-7 所示：

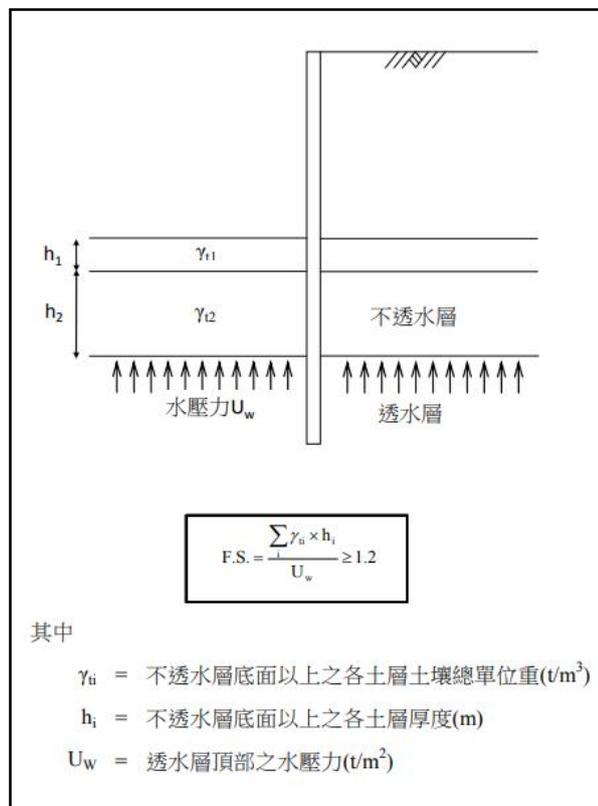


圖 7-7、底面上舉分析圖

本工程開挖面下為黑灰色卵礫石夾棕黃色粗砂層，無不透水層，且無地下水，無上舉破壞之虞。

第八章、結論與建議

1. 依據本次現場鑽探與試驗分析結果研判，基地於地表下 30.0 公尺(本次最大鑽孔深度)範圍內之地層分布由上而下大致分別為：1.黃棕色黏土夾砂礫石層、2.黑灰色卵礫石夾棕黃色粗砂層、3. 棕黃色砂偶夾黑灰色卵礫石層等 3 層次，建議基地之簡化地層剖面及設計參數詳見表 4-1 所列。
2. 本次基地鑽探期間，於最大鑽探深度 30 公尺，尚無量測到地下水。
3. 一般液化大多發生在地表下 20 公尺以內，且地下水位在地表下 10 公尺以內的飽和疏鬆沖積土層，本工址基礎所在地層主要為黑灰色卵礫石夾棕黃色粗砂層與棕黃色砂岩偶夾黑灰色卵礫石層，標準貫入試驗 SPT-N 值皆大於 50，因此，於本次最大鑽探深度內，初步研判各主要地層發生液化之機率不高。
4. 本案工址鄰近車籠埔斷層，依據 111 年 6 月內政部公佈「建築物耐震設計規範及解說」，考量地盤種類、工址放大係數、近斷層影響因子等，經評估短週期:設計地震時，地表水平加速度 $a=0.22g$ ，最大考量地震時，地表水平加速度 $a=0.28g$ ；長週期:設計地震時，地表水平加速度 $a=0.18g$ ，最大考量地震時，地表水平加速度 $a=0.21g$ 。
5. 依據目前建築設計資料，基礎座落於黑灰色卵礫石夾棕黃色粗砂層上，如採用筏式基礎結構，因房屋結構物淨載重不大，應無基礎承载力不足或基礎沉陷量過大問題。

6. 本基地開挖深度假設 5.3m 深，基礎位於黑灰色卵礫石夾棕黃色粗砂層，地層自立性良好，建議採擋土支撐工法進行開挖，最下一層支撐在開挖面以上 2.5m 時，貫入深度達開挖面以下 5.0m 以上時，貫入安全係數可達 1.5 以上，可符合規範要求，為免開挖引起的地表沈陷及鄰房損害等，建議應配合適當開挖安全監測，及備妥緊急因應方案。

附錄 A

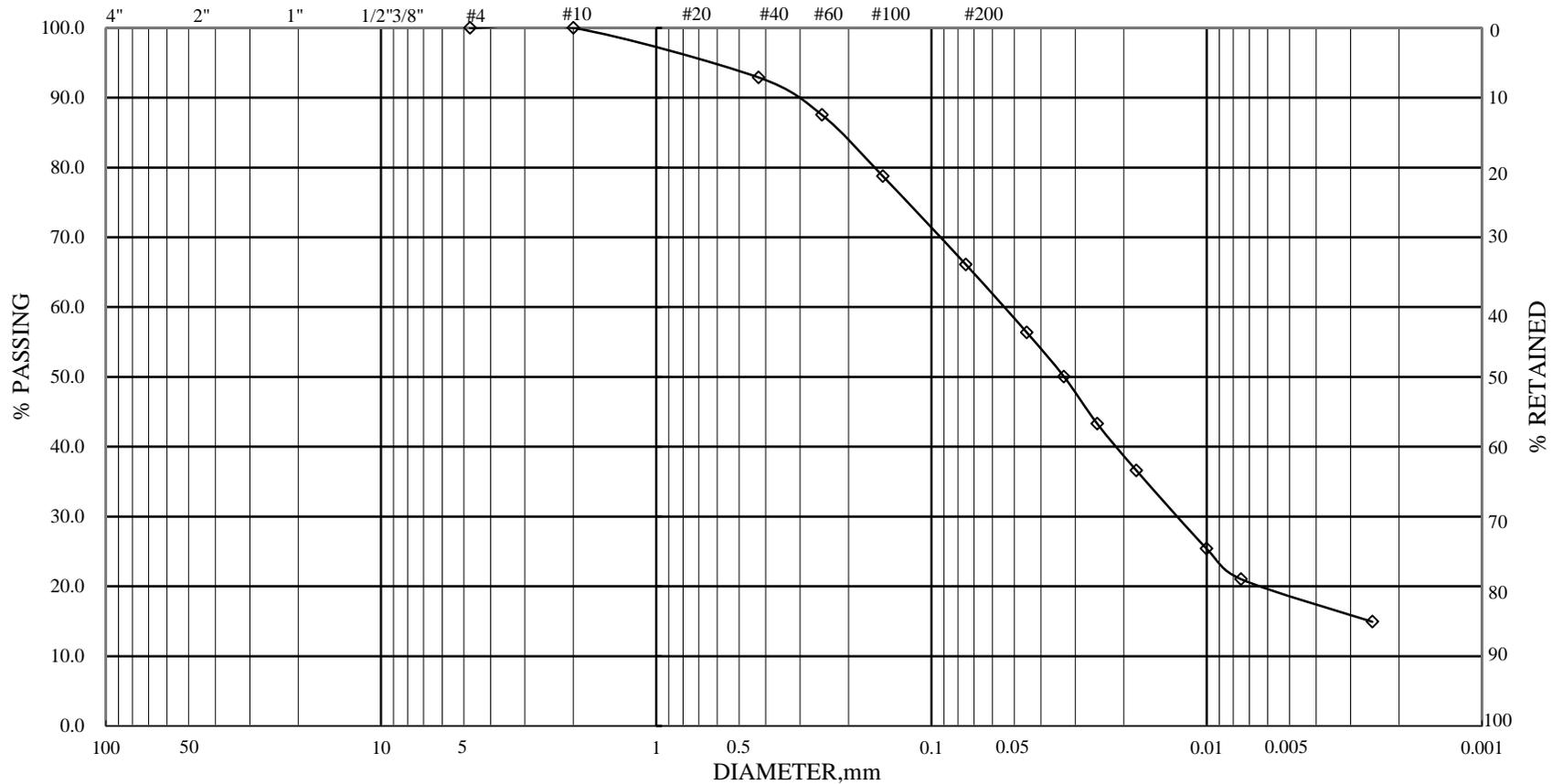
地質鑽探柱狀報告

附錄 B

室內試驗成果報告

工程名稱：台中市霧峰區豐正段777等五筆地號補充地質鑽探及試驗分析工作

U.S. STANDARD SIEVE



ASTM	GRAVEL	COARSE SAND	MEDIUM SAND	FINE SAND	SILT	CLAY
------	--------	-------------	-------------	-----------	------	------

HOLE NO.	SAMPLE NO.	ELEVATION	REMARKS	HOLE NO.	SAMPLE NO.	ELEVATION	REMARKS
BH-8	S-1	1.55-2.00	◇				



附錄 C

鑽探施工照片



BH-1 鑽探施工照片



BH-5 鑽探施工照片



BH-2 鑽探施工照片



BH-6 鑽探施工照片



BH-3 鑽探施工照片



BH-7 鑽探施工照片



BH-4 鑽探施工照片





BH-8 鑽探施工照片



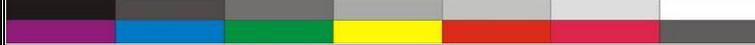
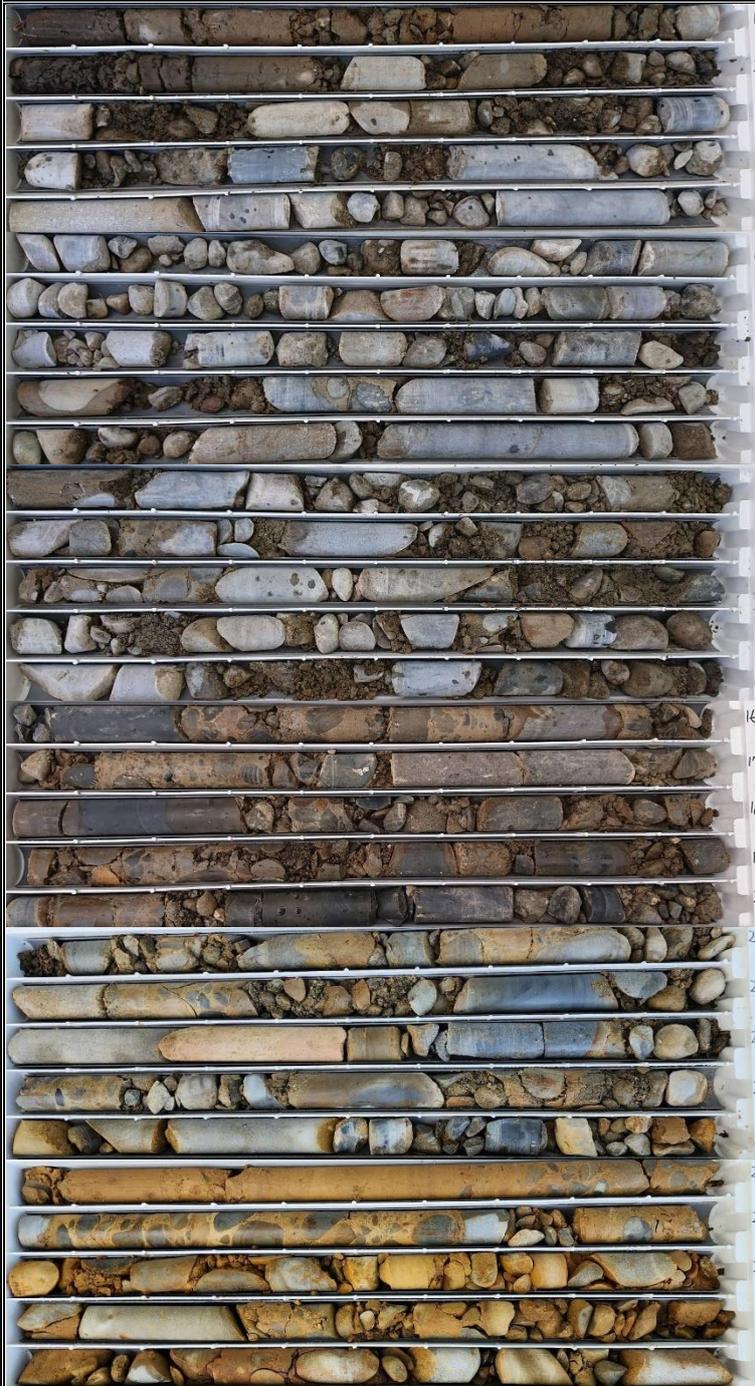
BH-9 鑽探施工照片

附錄 D

岩心照片

工程名稱	台中市霧峰區豐正段 777 等五筆地號地質鑽探		
孔號	BH-1	鑽孔總深度	0~30 公尺
日期	112 年 1 月 11 日~112 年 1 月 30 日		
			
			

工程名稱	台中市霧峰區豐正段 777 等五筆地號地質鑽探		
孔號	BH-2	鑽孔總深度	0~30 公尺
日期	112 年 1 月 5 日~112 年 1 月 15 日		
			
			

工程名稱	台中市霧峰區豐正段 777 等五筆地號地質鑽探		
孔號	BH-3	鑽孔總深度	0~30 公尺
日期	112 年 1 月 1 日~112 年 1 月 10 日		
			
			

工程名稱	台中市霧峰區豐正段 777 等五筆地號地質鑽探		
孔號	BH-4	鑽孔總深度	0-12 公尺
日期	112 年 1 月 1 日~112 年 1 月 4 日		
			1
			2
			3
			4
			5
			6
			7
			8
			9
			10
			11
			12

工程名稱	台中市霧峰區豐正段 777 等五筆地號地質鑽探		
孔號	BH-5	鑽孔總深度	0-12 公尺
日期	111 年 12 月 27 日~111 年 12 月 30 日		
			1
			2
			3
			4
			5
			6
			7
			8
			9
			10
			11
			12

工程名稱	台中市霧峰區豐正段 777 等五筆地號地質鑽探		
孔號	BH-6	鑽孔總深度	0~12 公尺
日期	111 年 12 月 29 日~112 年 1 月 1 日		

工程名稱	台中市霧峰區豐正段 777 等五筆地號地質鑽探		
孔號	BH-7	鑽孔總深度	0~12 公尺
日期	112 年 1 月 16 日~112 年 1 月 19 日		