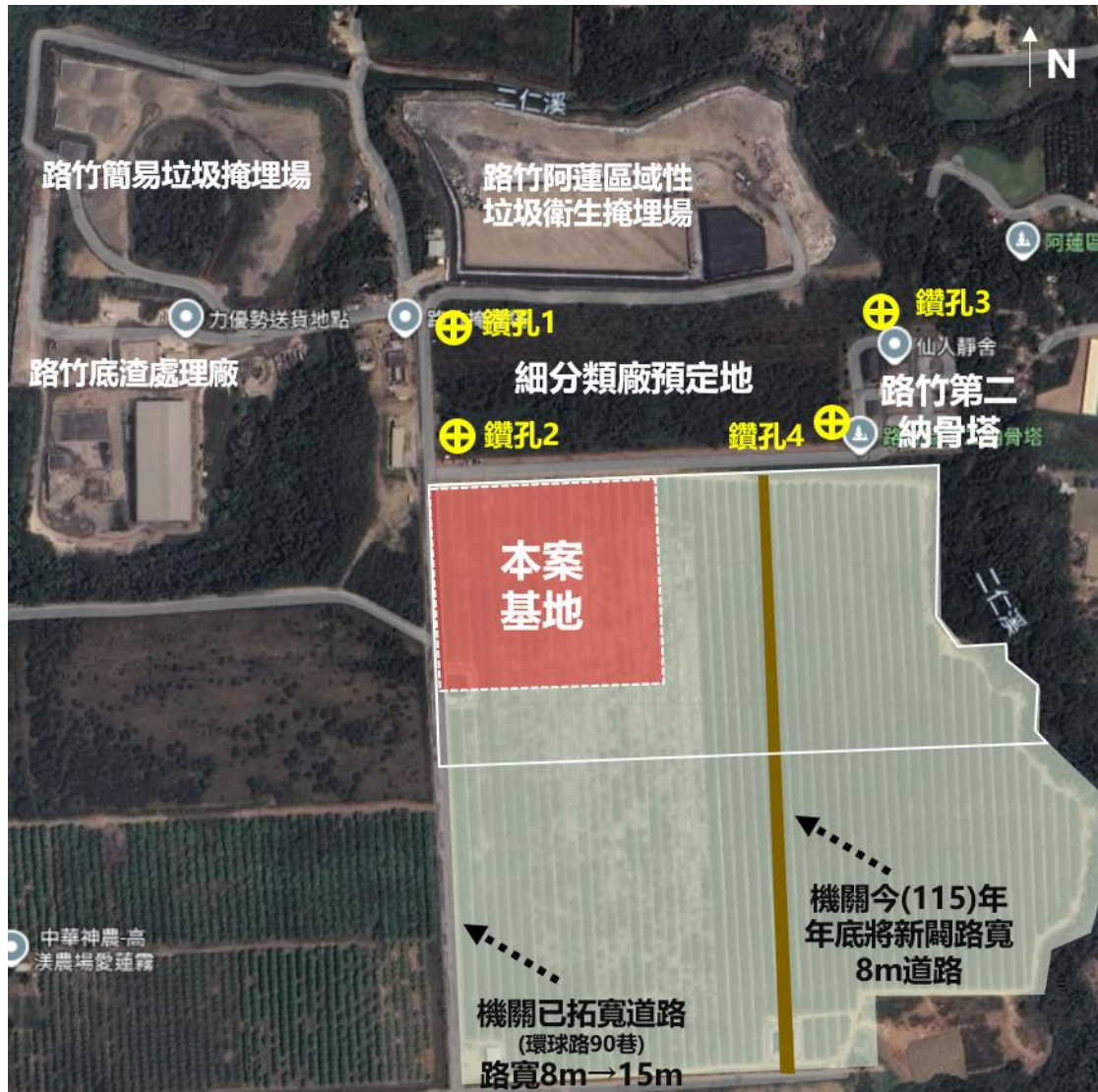


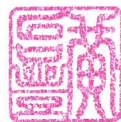
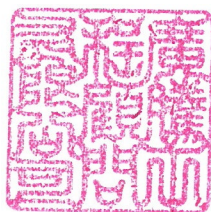
補充說明

1. 本計畫未辦理地質鑽探及土壤試驗，為利申請人評估規劃參考，提供基地鄰近同屬台糖土地之近期地質鑽探及土壤試驗報告，其鑽孔位置與本基地之相對位置如圖所示。



2. 前項報告僅供參考，不構成主辦機關之任何保證，亦不納入契約。申請人應自行依專業辦理必要之調查、評估及規劃，並不得據此向主辦機關主張權利或請求賠償。

高雄市資源回收細分類廠
地質鑽探及土壤試驗工程
報告書



黃台豐



廣騰工程顧問有限公司

地址：台南市永康區勝學路 260 巷 16 號 6 樓之 1

Tel:(06)3135306 Fax :(06)3135297

中 華 民 國 一 一 四 年 四 月

高雄市資源回收細分類廠 地質鑽探及土壤試驗工程 報 告 書

目 錄

一、前言	1
1.1 概述.....	1
1.2 工作流程及範圍.....	1
二、基地地質調查.....	2
2.1 基地現況.....	2
2.2 鑽探孔位及放樣.....	2
2.3 鑽探取樣及 SPT 試驗（ASTM D1586-84）	2
2.4 地下水位量測.....	3
2.5 室內試驗工作.....	3
三、基地地質概況及工程特性.....	7
3.1 區域及基地地質概況.....	7
3.2 土壤垂直水平地盤反力係數.....	8
3.3 簡化地層參數.....	9
3.4 地下水位狀況.....	9
四、土壤液化分析.....	13
5.1 概論.....	13
5.2 土壤液化之分析方法.....	14
5.3 地震力計算.....	18
5.4 損害評估.....	24
五、結論與建議.....	26

圖 目 錄

圖 2.1 基地位置圖.....	5
圖 2.2 鑽孔位置圖.....	6
圖 3.1 鑽孔柱狀圖.....	11
圖 3.2 基地距活斷層距離圖.....	12
圖 5.1 HBF 法液化潛能評估流程圖.....	17

表 目 錄

表 2.1 鑽探數量統計表.....	3
表 2.2 地下水位觀測紀錄表.....	3
表 3.1 基地簡化地層參數表.....	10
表 4.1 土壤液化潛能評估地震規模修正因子使用之地震規模 M_w 分區.....	16
表 4.2 短週期結構之工址放大係數 F_a	18
表 4.3 液化潛能評估結果表（HBF 法）.....	20
表 4.4 液化潛能指數表.....	25
表 4.5 土層之 $(N_1)_{60\text{ cs}}$ 值.....	25
表 4.6 土質參數折減係數 D_E	25

附錄一、鑽探記錄、土壤一般物理性質試驗結果

附錄二、施工照片

高雄市資源回收細分類廠 地質鑽探及土壤試驗工程 報 告 書

一、前言

1.1 概述

高雄市資源回收細分類廠將進行出流管制計畫，為瞭解基地地層狀況，特委託廣騰工程顧問有限公司（以下簡稱本公司）進行基地地質鑽探調查工作，期望藉由此次調查，得以獲知本基地之地層種類、地下水位、地層力學性質、強度參數等特性，俾提供業主於進行分析設計及將來施工時之依據。

本報告係依據該基地地質調查結果及相關之學理經驗，加以研判基地地層層次變化分佈、土壤特性及地下水位狀況，並提出初步力學分析結果，以做為出流管制規劃設計之參考。

1.2 工作流程及範圍

本工作流程及範圍包括：

- (1) 現場地質鑽探、取樣及試驗。
- (2) 現場地質工程師勘查、督導及研判。
- (3) 試驗室物理性及力學性試驗。
- (4) 地層層次、地下水位及工程特性。

二、基地地質調查

2.1 基地現況

本基地位於高雄市路竹區，基地目前為造林區，北、西、南側皆為道路，東側為樹林及 5 樓高建物，本基地即位於道路旁。地勢大致平坦，施工動線尚可，由於基地緊鄰道路，因此基礎開挖設計施工應有周詳之考量，以維道路之公共安全，基地位置請參考圖 2.1。

2.2 鑽探孔位及放樣

本基地預計鑽探孔數為 4 孔，孔位配置示意圖如圖 2.2 所示，其深度如表 2.1 所示。現場鑽探孔位，均依據業主與本公司現場工程師於現場踏勘瞭解後共同訂定，並由設計單位認可後施鑽。

2.3 鑽探取樣及 SPT 試驗 (ASTM D1586-84)

本基地共計施鑽 4 孔垂直孔，採迴水沖鑽法 (Rotary Wash Boring) 施鑽，原則上每個鑽孔，每隔 1.5 公尺，或於土層變化處，以直徑 2 吋之劈管取樣器 (2" Split-spoon Samplers)，作一次標準貫入試驗 (S.P.T.) 並記錄 N 值。取樣方法以 140 磅 (63.5 公斤) 之落錘置於 30 吋 (76 公分) 之高度，使其自由落下，夯擊取樣器使其貫入深度達 45 公分止，並分三次記錄每貫穿土層 15 公分之錘擊數；取後兩段 15 公分之錘擊數之和，即為該土樣之 N 值，並由劈管取得之土樣作為土壤一般物理性質試驗及土壤分類之用。本次地質鑽探之成果如表 2.1 所示。

表 2.1 鑽探數量統計表

鑽孔編號	鑽探厚度				鑽探總深度	標準貫入試驗	劈管取樣	薄管取樣	土壤一般物理性質實驗	土壤直接剪力試驗	岩心箱
	回填砂、礫石層	一般土層	卵礫岩層	一般岩層							
	(m)	(m)	(m)	(m)		(次)	(組)	(組)	(組)	(組)	(箱)
BH-1	0.00	10.00	0.00	0.00	10.00	7	7	0	7	0	0
BH-2	0.00	10.00	0.00	0.00	10.00	7	7	0	7	0	0
BH-3	0.00	10.00	0.00	0.00	10.00	7	7	0	7	0	0
BH-4	0.00	10.00	0.00	0.00	10.00	7	7	0	7	0	0
總計	0.00	40.00	0.00	0.00	40.00	28	28	0	28	0	0

2.4 地下水位量測

鑽孔完成後，均埋設地下水位觀測井，以便能了解到各孔之地下水位。由水位觀測得知，本基地在鑽探期間量測到之地下水位約位於 9.38~9.47 公尺之間，地下水位觀測結果請參考表 2.2。地下水位觀測可能隨季節性之不同而變動，上值僅供參考，非長期觀測無法完全瞭解真正地下水位變動之情形。

表 2.2 地下水位觀測記錄表

地下水位深度(m)				
觀測日期	114.03.07	114.03.17	114.03.24	114.03.31
天氣	陰	陰	晴	陰
孔號				
BH-3	-9.41	-9.40	-9.38	-9.47

2.5 室內試驗工作

本基地現場鑽探取得之劈管半擾動土樣及薄管未擾動土樣，均送回本公司土壤力學試驗室進行相關之室內試驗，其主要目的係在求取土壤之一

般物理性質及工程特性，俾供規劃設計之參考與應用。本次鑽探調查所進行之室內試驗項目包含一般土壤物理性質試驗及力學試驗。

2.5.1 一般土壤物理性質試驗

本試驗主要係利用劈管取樣之土樣進行。試驗項目及依據規範如下：

1. 含水量試驗 (ASTM D2216)：求取土壤含水量，藉以估算飽和度及乾單位重。
2. 比重試驗 (ASTM D854)：求取土壤乾土顆粒比重，藉以計算孔隙比及飽和度。
3. 顆粒分析試驗 (ASTM D421 及 D422)：求取土壤顆粒粒徑分布曲線，作為土壤分類、濾層設計、滲透係數推估及液化分析之用。
4. 阿太堡限度試驗 (ASTM D4318)：求取土壤液性限度及塑性限度，以為凝聚性土壤分類指數，亦為黏性土壤性質之重要指標。
5. 土壤分類 (ASTM D2487)。
6. 孔隙比及當地密度由計算得之。

本基地土壤之物理性質試驗結果，如附錄一所示。

2.5.2 力學性質試驗

力學性質試驗步驟皆參照美國材料試驗學會標準 (ASTM) 規定實施。本基地未實施力學性質試驗。

本基地土壤之物理性質試驗結果，如附錄一所示，施工照片詳附錄二。

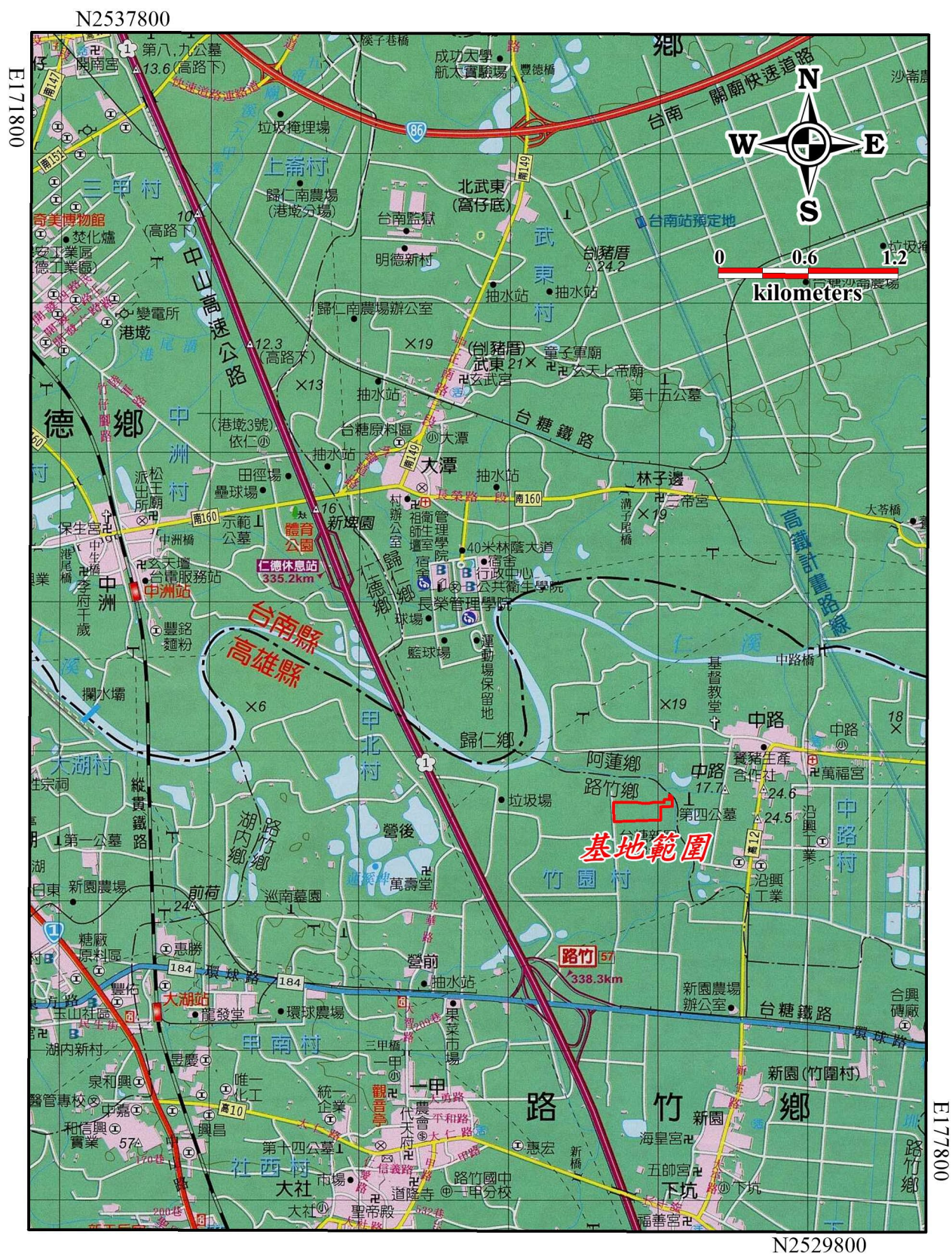


圖 2.1 基地位置圖

三、基地地質概況及工程特性

3.1 區域及基地地質概況

根據經濟部地質調查及礦業管理中心出版之五萬分之一地質圖旗山圖幅（2011）顯示，本基地附近出露地層為現代沖積層，主要以砂、泥所組成。另由經濟部地質調查及礦業管理中心出版之台灣活斷層條帶地質圖（2010）中，本基地距後甲里斷層距離約為 7.6 公里，距小崗山斷層距離約為 5.2 公里，故無位於活斷層線上之虞。鑽孔柱狀圖請參考圖 3.1，斷層位置圖請參考圖 3.2。

依現場鑽探、試驗及室內試驗結果顯示，於鑽探深度 10.0 公尺以內，主要由砂、黏土及粉土等組成，茲分述如下，以供參考。

(1) 棕黃色粉土質黏土夾粉土薄層：

本層約分佈於地表下 0.00 m~2.90 m，除最上層厚約 0.4~0.6 公尺之棕黃色黏土質粉土外，主要由粉土質黏土所組成，其土壤分類主要為 CL。依據現場鑽探試驗及試驗室試驗分析，其平均現地密度 r 為 1.91 t/m^3 ，SPT-N 值平均為 8，孔隙比 e 平均為 0.77，含水量平均為 25.0 %，液性限度平均為 40.4%，塑性指數平均為 20.0 %。

(2) 棕黃色粉土質細砂夾粉土薄層：

本層約分佈於地表下 2.90 m~8.30 m，主要由粉土質細砂所組成，其土壤分類主要為 SM。依據現場鑽探試驗及試驗室試驗分析，其平均現地密度 r 為 1.93 t/m^3 ，SPT-N 值平均為 29，孔隙比 e 平均為 0.59，含水量平均為 14.3 %。

(3) 灰色粉土夾細砂薄層：

本層約分佈於地表下 8.30m~10.00 m，主要由粉土所組成，其土壤分類主要為 ML。依據現場鑽探試驗及試驗室試驗分析，其平均現地密度 ρ 為 1.93 t/m³，SPT-N 值平均為 13，孔隙比 e 平均為 0.78，含水量平均為 27.4 %。

3.2 土壤垂直水平地盤反力係數

3.2.1 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，一般以現場載重試驗求得，而本案並無規劃施作，無法以現場載重求得，則可利用下列方式概估：

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

E_s ：土壤楊氏係數(t/m²)，黏土層之 E_s 值採 Bjerrum(1964)適用於正常壓密土壤之建議公式： $E_s=500 \times Su$ ，砂土層之 E_s 值則採 $E_s=280 \times N$

B ：基礎分析影響寬度。

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

E_F ：基礎材料之楊氏係數

I_F ：基礎斷面之慣性力矩

$$\text{對於大部份實用目的，前式可近似為 } K_v = \frac{Es}{B(1-\mu^2)}$$

岩層及礫石層之 K_v 若以 Vesic 公式估計會有低估情形，造成不必要之浪費，故可依謝旭昇、程日晟於 1996 年之建議（地工技術 53 期），遇堅實之承載層時可採用 $K_v=8000 \sim 10000 \text{ t/m}^3$ 進行基礎設計，或可進行現地平鉞載重試驗結果選取。

3.2.2 土壤水平地盤反力係數

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，其公式如下：

1. 赤井、高橋公式 $K_h = 0.502 N^{0.37}$

2. 福岡、宇都公式 $K_h = 0.691 N^{0.406}$

3.3 簡化地層參數

依據現場鑽探結果、試驗室一般物理性質試驗及相關學理經驗公式計算研判，經綜合分析，建議本基地簡化地層參數列於表 3.1，以供參考。

3.4 地下水狀況

本基地在鑽探期間量測到之地下水位約位於地表下 9.38~9.47 公尺之間，惟因水位係為短期所量測，而非常態水位，故建議平時地下水位採地表下 9.0 公尺考慮。惟實際開挖時，若地下水位較分析時為高時，應即刻停工檢討其對整個工程之影響。假設於豪雨來臨時，地表水排洩不及狀況下，建議仍採位於地表設計。

表 3.1 基地簡化地層參數表

層次	地層深度 (m)	土壤分類 (USCS)	N	r (t/m ³)	e	S _u (t/m ²)	C' (t/m ²)	ϕ' (deg)	C _c	E (t/m ²)
1	0.0~2.9	CL	8	1.97	0.77	4.8*	-	-	0.27*	1200*
2	2.9~8.3	SM	29	2.00	0.59	-	0*	36*	-	4060*
3	8.3~10.0	ML	13		0.78	-	0*	31*	-	1820*

*表推估值

K_h(1)為以赤井、高橋公式推出之值

K_h(2)為以福岡、宇都公式推出之值

ϕ' ：有效內摩擦角，採 Peck 經驗公式： $\phi' = 27 + 0.3N$ 。

S_u：不排水剪力強度，採 Peck 經驗公式： $S_u = 0.6N$ 。

E：土壤楊氏係數，採 Bjerrum(1964)適用於正常壓密土壤之建議公式：黏土層 $E = (250 \sim 500) \times S_u$ ，砂土層之 E 值則採 $E_s = (140 \sim 280) \times N$ ，表列為最小值。

C_c：壓縮指數，依 Skempton(1944)之經驗公式： $C_c = 0.009(LL - 10)$ 。

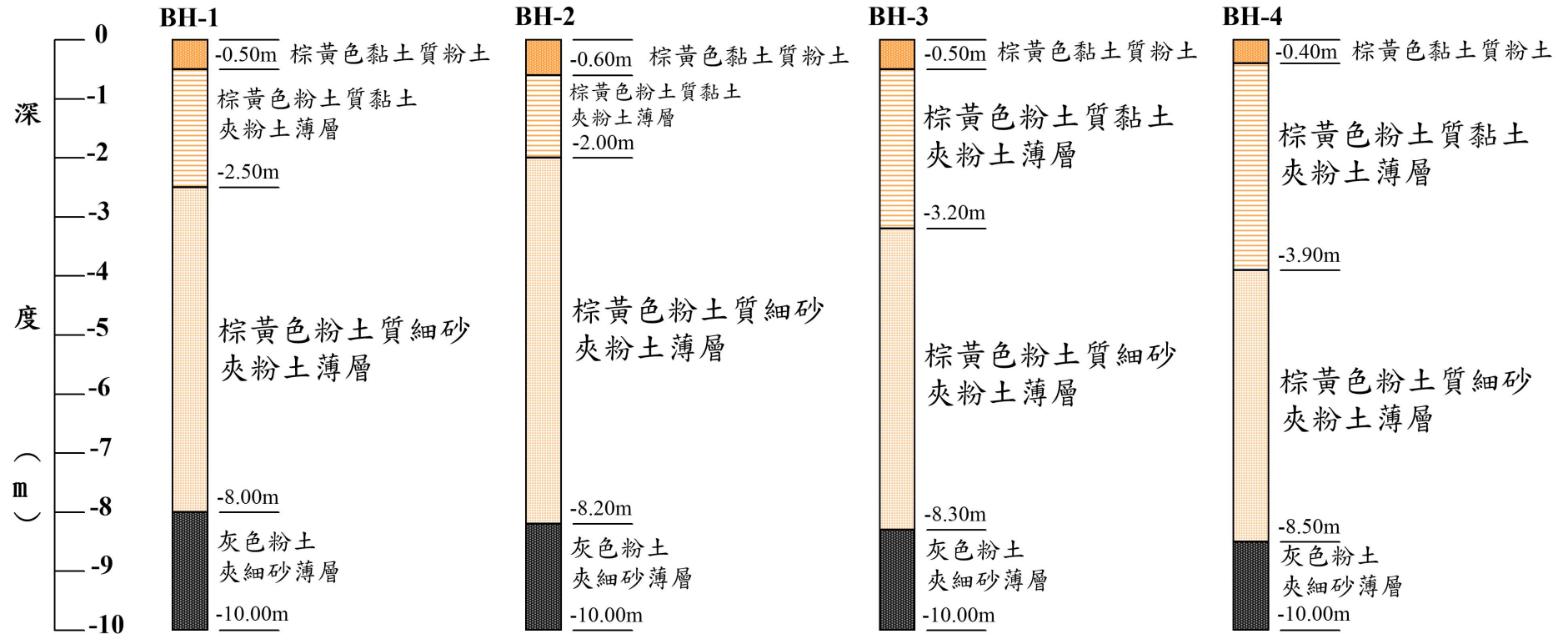


圖 3.1 鑽孔柱狀圖

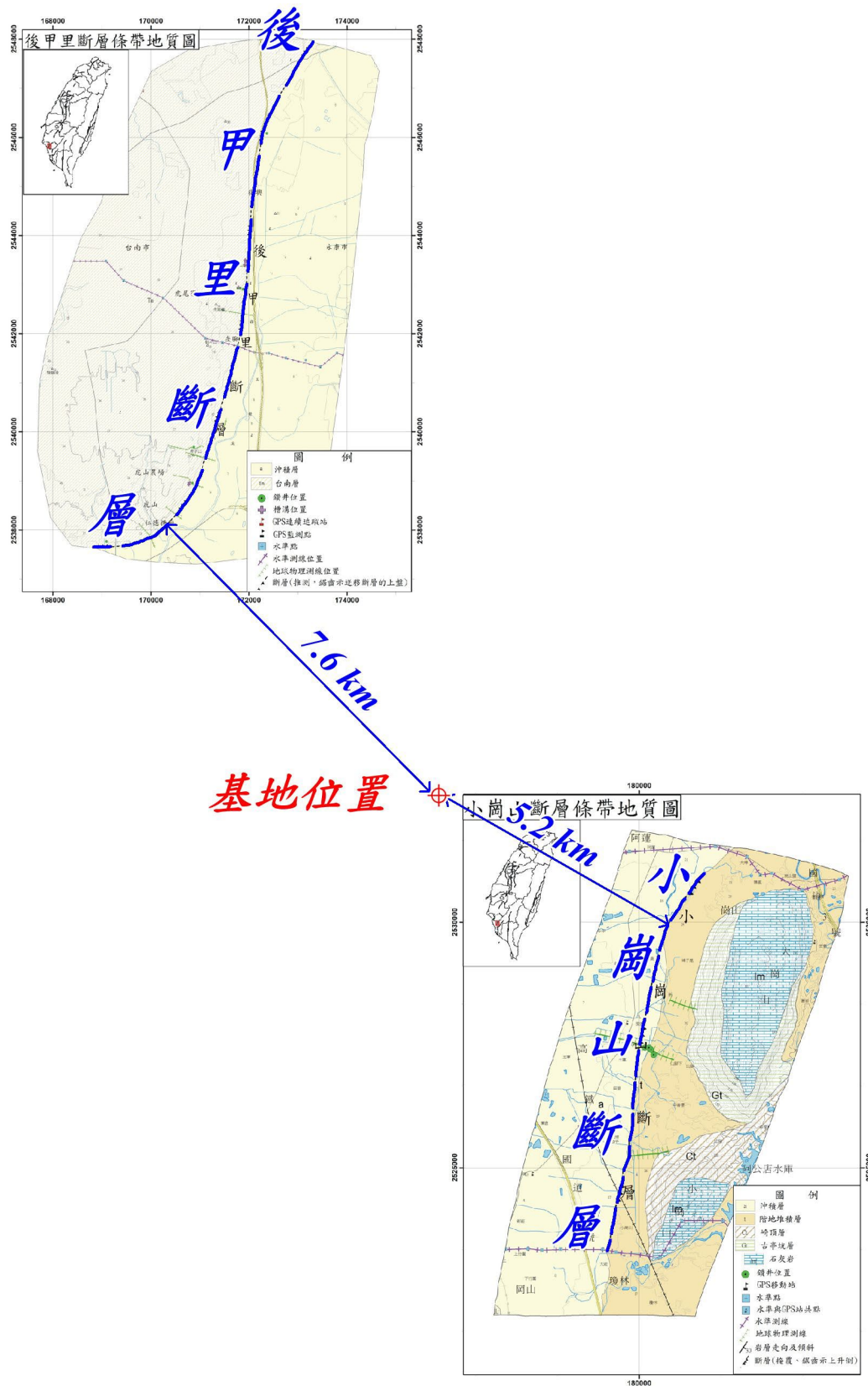


圖 3.2 基地距活動斷層距離圖

四、土壤液化分析

4.1 概論

飽和非塑性土壤在受到震動後，引起土壤中孔隙水壓力之增高，使有效應力喪失，而產生連續性之變形之狀態，謂之土壤液化現象。

根據各學者研究結果，影響液化之因素有下列數項：

1. 土壤之相對密度：相對密度越大者，越不易液化，當 $D_r > 80\%$ 時，極少可能發生液化，當 $D_r < 50\%$ 時，初始液化與整個液化現象幾乎同時發生。
2. 地表震動強度與震動持續時間。
3. 有效覆土壓力：當 $D_r < 80\%$ 時之土壤，發生液化時之剪應力，隨土壤之圍壓成線性關係，因此乃以動剪應力與最初有效應力之比值作為判斷土壤液化潛能之重要參數，一般土壤抵抗液化之強度係為有效圍壓之函數，故接近地表面土層之土壤較深層土層易於液化，液化現象通常發生於地表下 20 公尺以上者。
4. 過壓密比：一般而言，導致土壤液化所需之剪應力比隨過壓密比之增加而增加。
5. 土壤特性：均勻分佈之中細粒砂質土或細粒沉泥質砂最易發生液化，而級配均勻分佈之土壤較級配優良之土壤易於液化。此外細粒砂土較粗粒砂土易於液化。
6. 土層之排水狀況：孔隙水壓之消散速率，關係到液化是否能發生，其與土壤之滲透性，壓縮性與飽和度有關。

4.2 土壤液化之分析方法

4.2.1 應進行液化潛能判定之砂土層

依據內政部“建築物耐震設計規範與解說”(111年10月1日)，依HBF法評估時，符合以下所有二項條件的沖積層飽和砂土層，在地震時可能產生液化現象，應進行土壤液化之判定。

- (1) 位於地表面下 20 公尺以內，且位於地下水以下之飽和土層。
- (2) 塑性指數 I_p 小於 7 之土層。

以下依上述規範說明如下：

4.2.2 液化之判定

液化潛能由抗液化安全係數 F_L 值決定之。 F_L 值小於 1.0 時，即判定該土層可能液化。

$$F_L = \frac{CRR}{CSR}$$

$$CRR = CRR_{7.5} \times MSF$$

$$CRR_{7.5} = 0.08 + \frac{0.0035 \times (N_1)_{60CS}}{1 - (N_1)_{60CS}/39}$$

$$MSF = \{M_w/7.5\}^{-1.8}$$

$$(N_1)_{60CS} = K_S \times (N_1)_{60}$$

$$(N_1)_{60} = C_N \times N_{60}$$

$$C_N = \sqrt{\frac{P_a}{\sigma'_{v0}}} \leq 1.7$$

$$K_S = \begin{cases} 1.0 & FC \leq 10 \\ 1 + 0.07 \times \sqrt{FC - 10} & FC > 10 \end{cases}$$

其中，

CRR：土層之抗液化剪力強度比

CRR_{7.5}：在地震矩規模 7.5 時土層之抗液化剪力強度比

MSF：規模修正因子

M_w：地震矩規模（見表 5.1）

N₆₀：在鑽桿傳遞貫入能量比 60%時，標準貫入試驗所得之 N 值

P_a：一大氣壓=9.8 tf/m²

(N₁)₆₀：以有效覆土壓力 9.8 tf/m² 等值換算求得之 N 值

(N₁)_{60CS}：考慮土壤細料含量影響之修正 N 值

C_N：有效覆土應力修正係數，宜以時水位計算有效覆土應力

KS：土壤細料影響之修正係數

FC：土壤細粒含量(%），為土壤在粒徑 75 μm 以下之通過重量百分率

要計算上述之，需有實際錘擊能量比之數據。對於有進行錘擊能量檢測之鑽孔，可依實際量測得到之錘擊能量比輸入計算；對於沒有進行錘擊能量檢測之鑽孔，依過去經驗顯示，原則上，自由落錘可採用 70 % 能量比輸入，而拉索式落錘可採用 60 % 能量比輸入。

4.2.3 反覆三軸剪力強度比

土壤受地震力作用所引致的平均反覆剪應力比 CSR，依下式計算：

$$CSR = 0.65 \times \frac{A}{g} \times \frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} \times r_d$$

$$r_d = \begin{cases} 1.0 - 0.01z & z \leq 10m \\ 1.2 - 0.03z & 10m < z \leq 20m \end{cases}$$

$$\sigma_{v0} = \{r_{t1} h_w + r_{t2}(Z - h_w)\}$$

$$\sigma'_{v0} = \{r'_{t1} h_w + r'_{t2}(Z - h_w)\}$$

其中，A：尖峰水平地表加速度(g)

g：重力加速度

σ_{v0} ：垂直總覆土壓力 (tf/m²)

σ'_{v0} ：垂直有效覆土壓力(tf/m²)

r_d ：地震時剪應力沿地層深度方向之折減係數

z：評估土層距離地表面之深度 (m)

h_w ：地下水位之深度 (m)

r_{t1} ：地下水位面上方之土壤單位體積重 (tf/m²)

r_{t2} ：地下水位面下方之土壤單位體積重 (tf/m²)

r'_{t2} ：地下水位面下方之土壤單位體積重 (tf/m²)

HBF 評估法之流程如圖 5.1 所示，地震規模修正因子使用之地震規模 M_w 分區請參考表 5.1。

表 4.1 土壤液化潛能評估地震規模修正因子使用之地震規模 M_w 分區

縣、市	對應中小度地震之地震規模	對應設計地震之地震規模	對應最大考量地震之地震規模
基隆市、新北市、臺北市、宜蘭縣、花蓮縣、台東縣	7.1	7.3	7.5
桃園市、臺中市、彰化縣、南投縣、雲林縣、嘉義縣市、臺南市、高雄市	6.9	7.1	7.3
新竹縣市、苗栗縣、屏東縣	6.7	6.9	7.1
澎湖縣、金門地區、馬祖地區	6.5	6.7	6.9

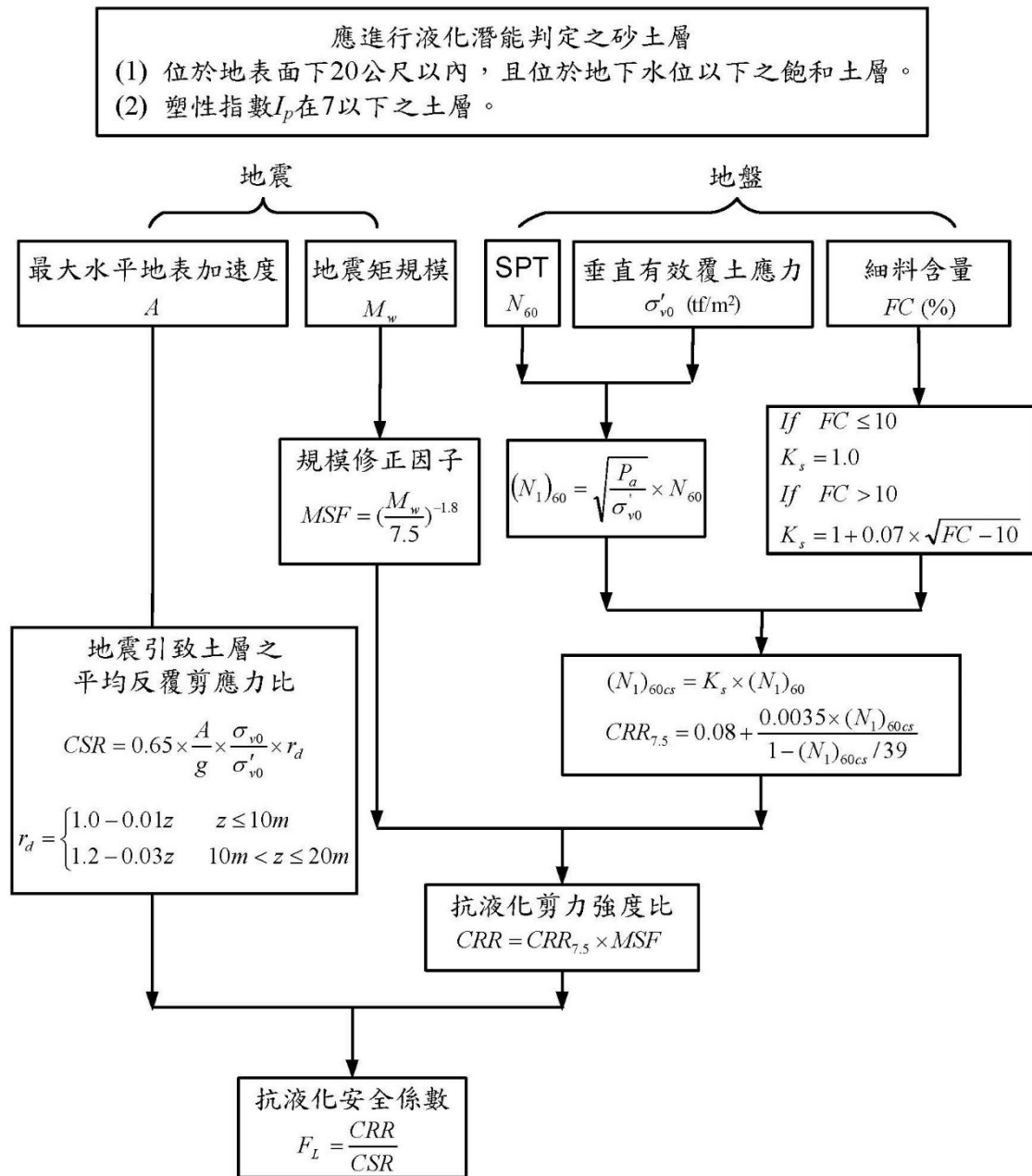


圖 4.1 HBF 法液化潛能評估流程圖

4.3 地震力計算

依據內政部“建築物耐震設計規範與解說”(111年10月1日)，高雄市路竹區無須考量近斷層效應，其 S^D_s 及 S^M_s 分別為0.70及0.90，震區中小地震時之水平加速度係數 $A=0.4S^D_sG/4.2$ ，震區設計地震時之水平加速度係數 $A=0.4S^D_sG$ ，震區最大地震時之水平加速度係數 $A=0.4S^M_sG$ ，在中震時，液化抵抗率不得小於1.0；而在設計地震及最大考量地震時，容許產生液化，但建築物必須設置相當基礎（譬如筏式基礎、樁基礎或沉箱基礎），並檢核液化後之安全性。

一般工址區域之工址短週期係數 S^D_s 及最大考量水平譜加速度係數 S^M_s 依下式計算：

$$S^D_s = F_a \cdot S^D_s ; S^M_s = F_a \cdot S^M_s$$

其中 F_a 為放大係數。

4.3.1 工址放大係數

工址放大係數 F_a 可依工址之平均 N 值判斷並進行地盤分類後，並依下表求得。

表 4.2 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 $S_s(S^D_s \text{ 或 } S^M_s)$				
	$S_s \leq 0.5$	$S_s = 0.6$	$S_s = 0.7$	$S_s = 0.8$	$S_s \geq 0.9$
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

4.3.2 地盤分類

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，取代原本用來進行地盤分類之 TG 值。其中， $V_{S30} \geq 270 \text{ m/s}$ 者為第一類地盤(堅實地盤)；180

$m/s \leq V_{S30} < 270 \text{ m/s}$ 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 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 $\sum_{i=1}^n d_i = 30 \text{ m}$ 。 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：

黏性土層：

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

砂質土層：

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

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/cm^2)。

由於鑽探深度未達 30 公尺，保守推估本基地地盤屬第三類地盤。

4.3.1 設計、最大地震力係數及液化潛能分析

本基地地盤屬第三類地盤，依表 4.2，其 S_D^D 及 S_M^M 之放大係數 F_a 分別為 1.1 及 1.0，則 $S_{DS} = F_a * S_D^D = 1.1 * 0.70 = 0.77$ ； $S_{MS} = F_a * S_M^M = 1.0 * 0.90 = 0.90$ ，計算得本基地之震區中小地震時之水平加速度係數 $A = 0.4S_{DS}G/4.2 = 0.07g$ ，震區設計地震時之水平加速度係數 $A = 0.4S_{DS}G = 0.308g$ ，震區最大地震時之水平加速度係數 $A = 0.4S_{MS}G = 0.36g$ 。

本基地鑽探最大深度為 10 公尺，故僅檢核至地表下 10 公尺為止。經檢核，本基地地表下土壤在最大及設計地震水平加速度下，部份抗液化安全係數小於 1，具液化潛能，分析結果如表 4.3。

表 4.3 液化潛能評估結果表 (HBF 法)

計畫名稱		高雄市資源回收細分類廠地質鑽探						鑽孔編號	BH-1		分析方式	HBF (2022)									
程式開發：國家地震工程研究中心		分析單位(人員)	Leslie					分析地下水位	9.38m		座標(TWD97)	x: y:									
深度 (m)	柱狀 圖	SPT-N值	計算 深度 (m)	基本資料					中小地震PGA=0.073; Mw=6.9				設計地震PGA=0.308; Mw=7.1				最大地震PGA=0.36; Mw=7.3				安全係數(FS)
				N值	γ_i (t/m ³)	σ_v (t/m ²)	σ_v' (t/m ²)	FC (%)	CRR	CSR	FS	LPI	CRR	CSR	FS	LPI	CRR	CSR	FS	LPI	
0		0 10 20 30																			0.0 1.0 2.0 3.0
1			1.0	10	1.9	1.9	1.9	96.4	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	
2			2.8	9	2.0	5.3	5.3	46.3	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	
3			4.3	24	1.8	8.2	8.2	25.5	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	
4			5.8	38	1.9	11.0	11.0	29.9	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	
5			7.3	43	1.8	13.7	13.7	25.9	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	
6			8.7	11	1.9	16.2	16.2	57.8	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	
7			9.7	11	2.0	18.2	17.9	75.4	0.17	0.04	3.0	0.0	0.16	0.18	0.9	0.4	0.15	0.21	0.7	0.9	
8																					
9																					
10																					
11																					
12																					
13																					
14																					
15																					
16																					
17																					
18																					
19																					
20																					
總和												0.0				0.4				0.9	

計畫名稱		高雄市資源回收細分類廠地質鑽探								鑽孔編號		BH-2		分析方式		HBF (2022)								
程式開發：國家地震工程研究中心			分析單位(人員)		Leslie					分析地下水位		9.38m		座標(TWD97) x: y:										
深度 (m)	柱狀圖	SPT-N值	計算 深度 (m)	基本資料					中小地震PGA=0.073; Mw=6.9				設計地震PGA=0.308; Mw=7.1				最大地震PGA=0.36; Mw=7.3				安全係數(FS)			
				N值	γ_t (t/m ³)	σ_v (t/m ²)	σ_v' (t/m ²)	FC (%)	CRR	CSR	FS	LPI	CRR	CSR	FS	LPI	CRR	CSR	FS	LPI				
0		0																			0.0			
1		10	2.0	2.0	2.0	96	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0		
2		2.8	9	2.0	5.5	5.5	53.6	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	
3		4.3	18	1.9	8.5	8.5	34.7	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	
4		5.8	23	1.9	11.4	11.4	31.5	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	
5		7.3	30	2.0	14.3	14.3	16	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	
6		8.7	9	2.0	17.0	17.0	77.5	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	
7		9.7	11	1.9	19.0	18.7	84.2	0.17	0.04	3.0	0.0	0.16	0.18	0.9	0.4	0.15	0.21	0.7	0.9					
8																								
9																								
10																								
11																								
12																								
13																								
14																								
15																								
16																								
17																								
18																								
19																								
20																								
總和												0.0					0.4					0.9		

GP, GW, GM

SM, SP, SW

ML, CL-ML

CL, SC, CH, MH

▲ 中小地震

○ 最大地震

● 設計地震

高雄市資源回收細分類廠地質鑽探及土壤試驗工程報告書

計畫名稱		高雄市資源回收細分類廠地質鑽探								鑽孔編號		BH-3		分析方式		HBF (2022)							
程式開發：國家地震工程研究中心			分析單位(人員)		Leslie					分析地下水位		9.38m		座標(TWD97)		x:					y:		
深度 (m)	柱狀圖	SPT-N值	計算 深度 (m)	基本資料					中小地震PGA=0.073; Mw=6.9				設計地震PGA=0.308; Mw=7.1				最大地震PGA=0.36; Mw=7.3				安全係數(FS)		
				N值	γ_t (t/m ³)	σ_v (t/m ²)	σ_v' (t/m ²)	FC (%)	CRR	CSR	FS	LPI	CRR	CSR	FS	LPI	CRR	CSR	FS	LPI			
0		0																			0.0		
1		10	1.0	9	2.0	2.0	2.0	98.6	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	1.0		
2		20	2.8	2	1.8	5.4	5.4	98.2	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	1.0		
3		30	4.3	19	2.0	8.3	8.3	63.9	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	1.0		
4			5.8	35	1.9	11.2	11.2	25.2	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	1.0		
5			7.3	47	2.0	14.2	14.2	16.9	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	1.0		
6			8.7	19	2.0	16.9	16.9	64.1	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	1.0		
7			9.7	12	1.8	18.9	18.6	78.6	0.18	0.04	3.0	0.0	0.17	0.18	0.9	0.2	0.16	0.21	0.8	0.8	1.0		
8																							
9																							
10																							
11																							
12																							
13																							
14																							
15																							
16																							
17																							
18																							
19																							
20																							
總和												0.0				0.2				0.8			

GP, GW, GM

SM, SP, SW

ML, CL-ML

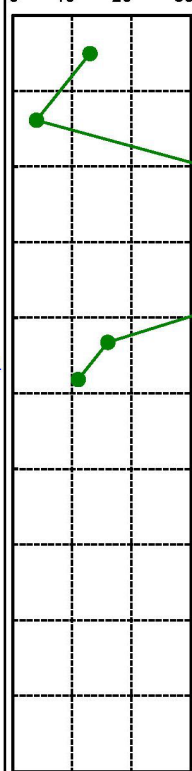
CL, SC, CH, MH

▲ 中小地震

○ 最大地震

● 設計地震

高雄市資源回收細分類廠地質鑽探及土壤試驗工程報告書

計畫名稱		高雄市資源回收細分類廠地質鑽探								鑽孔編號		BH-4		分析方式		HBF (2022)							
程式開發：國家地震工程研究中心			分析單位(人員)		Leslie					分析地下水位		9.38m		座標(TWD97)		x:				y:			
深度 (m)	柱狀圖	SPT-N值	計算 深度 (m)	基本資料					中小地震PGA=0.073; Mw=6.9				設計地震PGA=0.308; Mw=7.1				最大地震PGA=0.36; Mw=7.3				安全係數(FS)		
				N值	γ_t (t/m ³)	σ_v (t/m ²)	σ_v' (t/m ²)	FC (%)	CRR	CSR	FS	LPI	CRR	CSR	FS	LPI	CRR	CSR	FS	LPI			
0		0																			0.0		
1		10	1.0	13	2.0	2.0	2.0	99.4	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	1.0		
2		20	2.8	4	1.8	5.3	5.3	97.5	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	1.0		
3		30	4.3	39	1.9	8.2	8.2	64.4	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	1.0		
4			5.8	33	1.9	11.0	11.0	34.1	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	1.0		
5			7.3	44	1.9	13.9	13.9	10.2	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	1.0		
6			8.7	16	2.0	16.5	16.5	48.4	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	1.0		
7			9.7	11	2.0	18.5	18.2	69.3	0.17	0.04	3.0	0.0	0.16	0.18	0.9	0.4	0.15	0.21	0.7	1.0	1.0		
8																					1.0		
9																					1.0		
10																				1.0			
11																				1.0			
12																				1.0			
13																				1.0			
14																				1.0			
15																				1.0			
16																				1.0			
17																				1.0			
18																				1.0			
19																				1.0			
20																				1.0			
總和												0.0				0.4					1.0		

4.4 損害評估

發生土壤液化現象之地盤，其損害程度隨液化土層之深度、厚度及液化程度而定，其評估方法為液化潛能指數之計算。

Iwasaki et al. (1982)提出以液化潛能指數 P_L (Liquefaction Potential Index)來評估土壤液化之嚴重程度，其定義如下所示：

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

P_L =液化潛能指數，介於 0~100 之間

Z =地盤深度(m)，考慮之深度範圍為 0~20m

$F(z)$ =抗液化係數，介於 0~1 之間，以下式估計：

$$F(z)=1-F_L \quad \text{若 } F_L > 1, \text{ 則 } F(z)=0$$

$W(z)$ =深度權重係數，以下式計算：

$$W(z)=10-0.5z$$

Iwasaki et al. (1982)根據日本地震案例之研究，定義地盤液化之損害程度可分為三級，如下所示：

$P_L > 15$ 嚴重液化

$5 < P_L < 15$ 中度液化

$P_L < 5$ 輕微液化

依規範第 11.1.5 小節，評估為極軟弱土層或可能液化之砂土層者，應折減耐震設計用土壤參數。在中小地震時，工址不得有液化之可能，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型式（如筏式基礎、樁基礎與沉箱基礎等），以滿足液化影響之安全性與功能性。如採用深基礎亦無法達到設計需求，必要時可採用較昂貴的地盤改良工法使地盤不會發生液化。土層之 $(N_1)_{60cs}$ 如表 4.5 所示，耐震設計用

土壤參數折減係數如表 4.6 所示。

本基地鑽探最大深度為 10 公尺，故僅檢核至地表下 10 公尺為止。經檢核，基地地表下土層在設計地震水平加速度下，抗液化安全係數部份小於 1，具液化潛能，液化潛能指數為 0.2~0.4，屬輕微液化。在最大地震水平加速度下，抗液化安全係數部份小於 1，具液化潛能，液化潛能指數為 0.8~1.0，屬輕微液化。本基地在地表下 8.7 公尺以上均無液化之虞，建議除進行土層參數折減外，設計者應視建築結構狀況選擇適合之基礎，並檢核其安全性。

表 4.4 液化潛能指數表

孔號	BH-1	BH-2	BH-3	BH-4
設計地震 P_L	0.4	0.4	0.2	0.4
最大地震 P_L	0.9	0.9	0.8	1.0

表 4.5 土層之 $(N_1)_{60cs}$ 值

BH-1		BH-2		BH-3		BH-4	
深度(m)	$(N_1)_{60cs}$	深度(m)	$(N_1)_{60cs}$	深度(m)	$(N_1)_{60cs}$	深度(m)	$(N_1)_{60cs}$
1.01	28.06	1.01	28.04	1.01	25.38	1.01	36.73
2.78	17.38	2.78	17.56	2.78	4.47	2.78	8.96
4.28	33.48	4.28	26.05	4.28	31.32	4.28	64.80
5.78	47.15	5.78	28.26	5.78	41.62	5.78	41.82
7.28	46.55	7.28	29.10	7.28	46.27	7.28	38.16
8.65	12.69	8.65	10.77	8.65	21.91	8.65	17.67
9.69	12.74	9.69	12.76	9.69	13.76	9.69	12.41

表 4.6 土壤參數之折減係數 D_E

F_L 之範圍	距地表面之深度 z (m)	$(N_1)_{60cs} \leq 5$	$5 < (N_1)_{60cs} \leq 10$	$10 < (N_1)_{60cs} \leq 20$	$20 < (N_1)_{60cs}$
$F_L \leq 0.5$	$0 \leq z \leq 10$	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
$0.75 < F_L \leq 1$	$0 \leq z \leq 10$	0.05	0.1	0.2	0.5
	$10 < z \leq 20$	0.1	0.2	0.5	1.0

五、結論與建議

1. 依現場鑽探、試驗及室內試驗結果顯示，於鑽探深度 10.0 公尺以內，地層大致分為 3 層，即 (1) 棕黃色粉土質黏土夾粉土薄層、(2) 棕黃色粉土質細砂夾粉土薄層及 (3) 灰色粉土夾細砂薄層所組成。地下水位平時建議為地下 9.0 公尺處，暴雨期則建議採位於地表設計。
2. 根據經濟部地質調查及礦業管理中心出版之五萬分之一地質圖旗山圖幅 (2011) 顯示，本基地附近出露地層為現代沖積層，主要以砂、泥所組成。另由經濟部地質調查及礦業管理中心出版之台灣活斷層條帶地質圖 (2010) 中，本基地距後甲里斷層距離約為 7.6 公里，距小崗山斷層距離約為 5.2 公里，故無位於活斷層線上之虞。
3. 本基地鑽探最大深度為 10 公尺，故僅檢核至地表下 10 公尺為止。經檢核，基地地表下土層在設計地震水平加速度下，抗液化安全係數部份小於 1，具液化潛能，液化潛能指數為 0.2~0.4，屬輕微液化。在最大地震水平加速度下，抗液化安全係數部份小於 1，具液化潛能，液化潛能指數為 0.8~1.0，屬輕微液化。本基地在地表下 8.7 公尺以上均無液化之虞，建議除進行土層參數折減外，設計者應視建築結構狀況選擇適合之基礎，並檢核其安全性。

附錄一

鑽探記錄、土壤一般物理性及力學性質 試驗結果

BORING AND TESTING DATA

Ground water Table _____ Date of Testing _____

[illegible]

BORING AND TESTING DATA

Ground water Table _____ Date of Testing _____

[illegible]

BORING AND TESTING DATA

Date of Testing _____

[illegible]

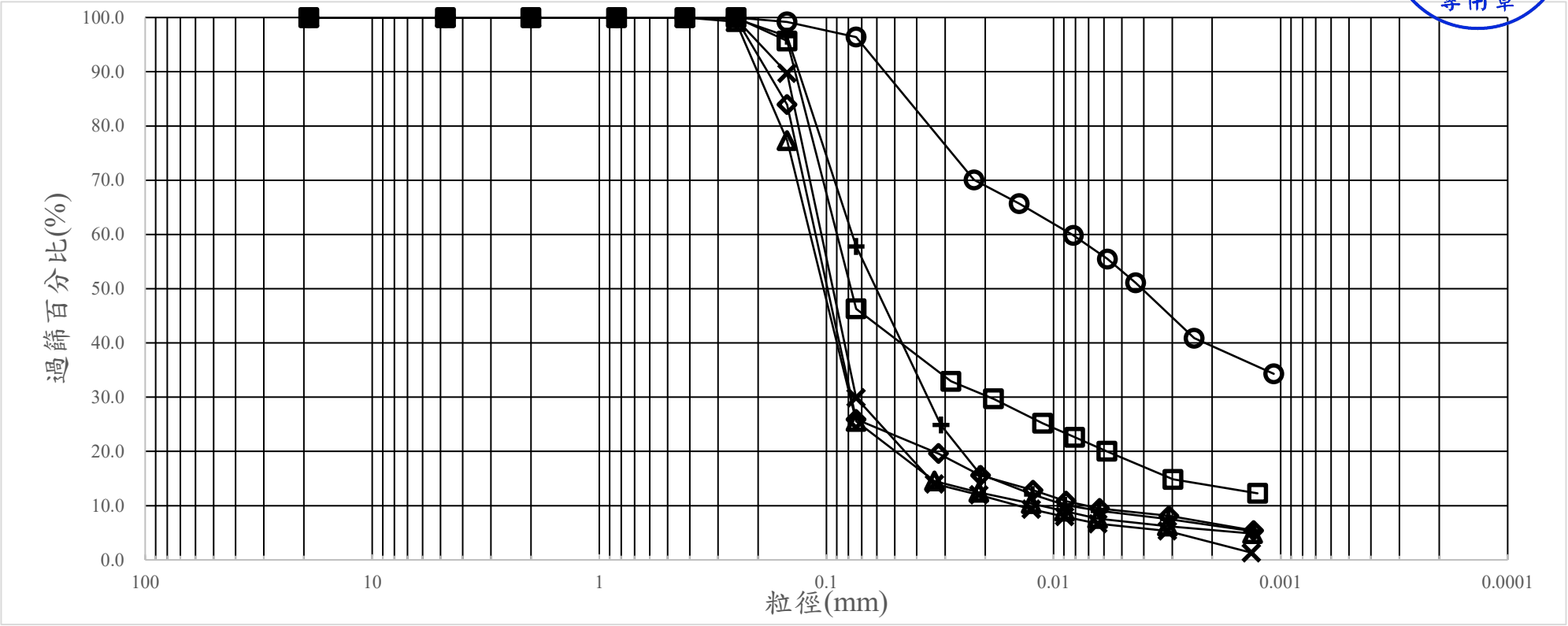
BORING AND TESTING DATA

Ground water Table _____ Date of Testing _____

[illegible]



工程名稱： 高雄市資源回收細分類廠出流管制地質鑽探

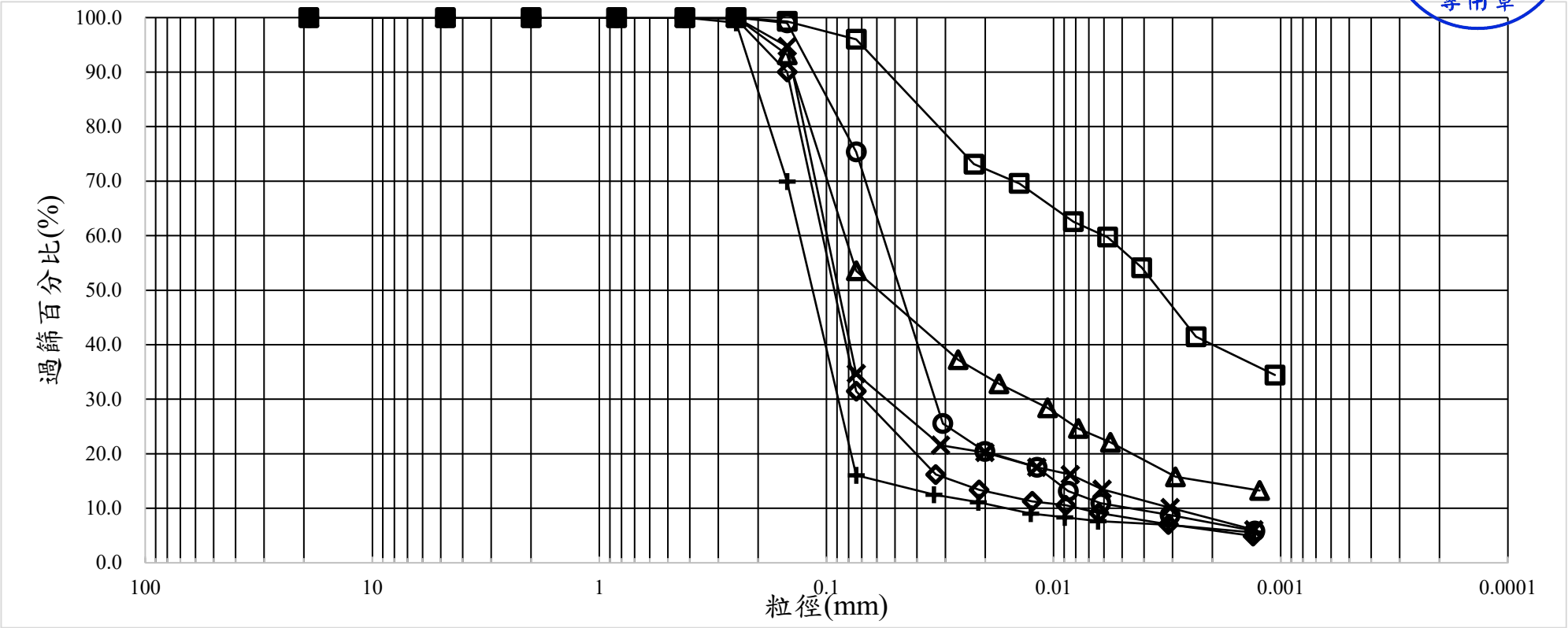


礫石 Gravel	砂 Sand	粉土 Silt	黏土 Clay
--------------	-----------	------------	------------

孔號	樣號	深度	圖例	孔號	樣號	深度	圖例
BH-1	S-1	1.05-1.50	○	BH-1	S-4	5.55-6.00	×
BH-1	S-2	2.55-3.00	□	BH-1	S-5	7.05-7.50	◇
BH-1	S-3	4.05-4.50	△	BH-1	S-6	8.55-9.00	+



工程名稱： 高雄市資源回收細分類廠出流管制地質鑽探

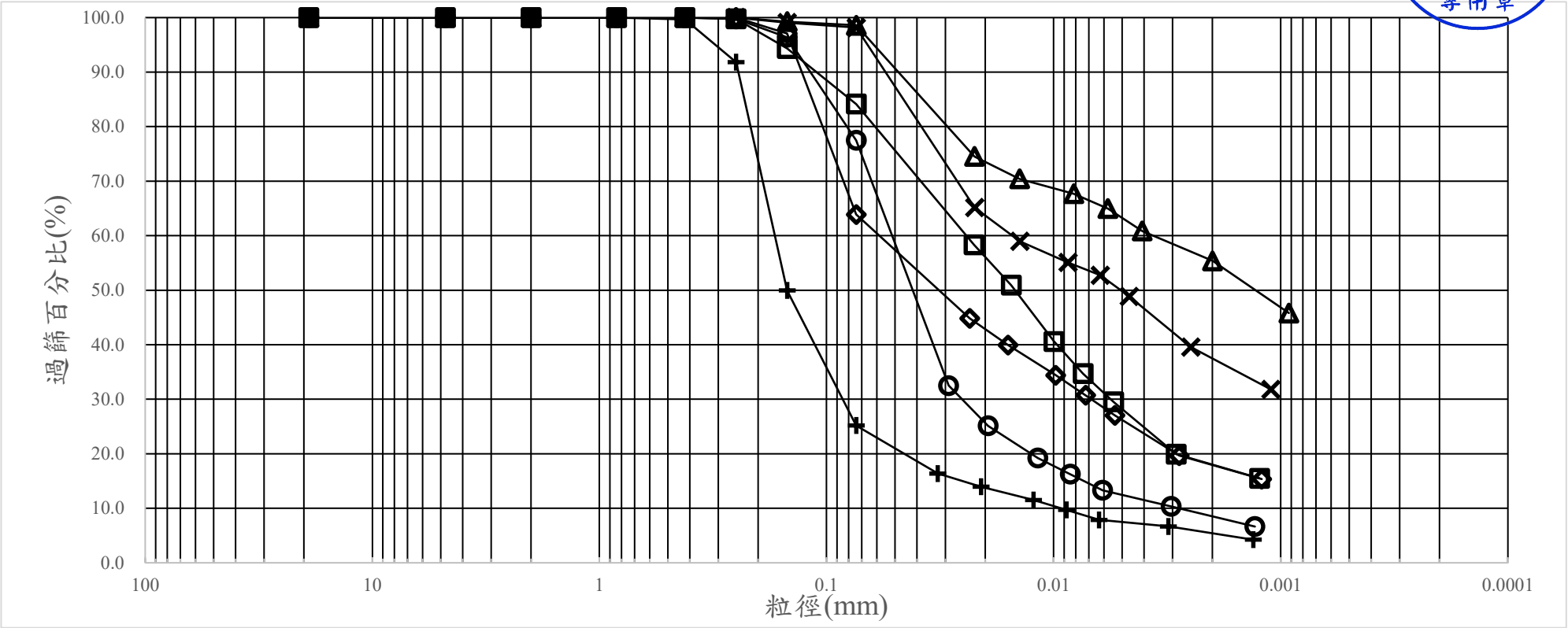


礫石 Gravel	砂 Sand	粉土 Silt	黏土 Clay
--------------	-----------	------------	------------

孔號	樣號	深度	圖例	孔號	樣號	深度	圖例
BH-1	S-7	9.55-10.00	○	BH-2	S-3	4.05-4.50	×
BH-2	S-1	1.05-1.50	□	BH-2	S-4	5.55-6.00	◇
BH-2	S-2	2.55-3.00	△	BH-2	S-5	7.05-7.50	+



工程名稱： 高雄市資源回收細分類廠出流管制地質鑽探

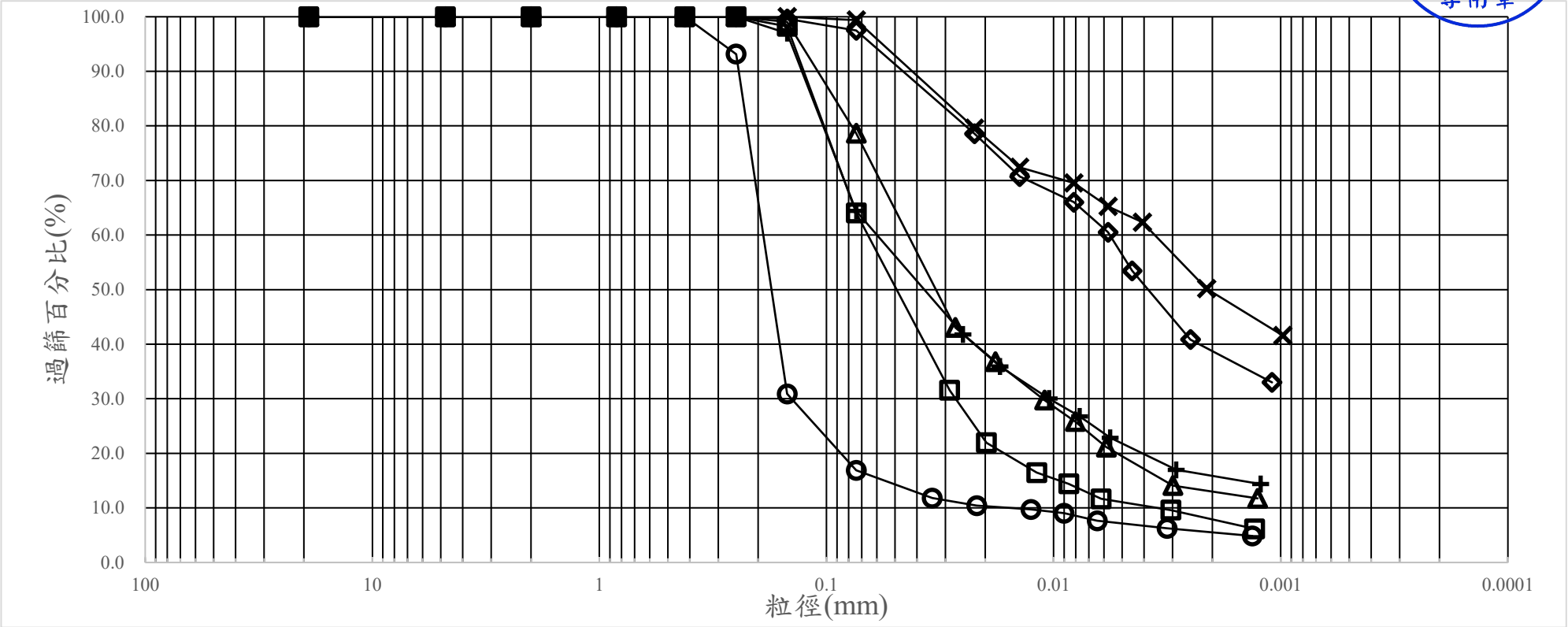


礫石 Gravel	砂 Sand	粉土 Silt	黏土 Clay
--------------	-----------	------------	------------

孔號	樣號	深度	圖例	孔號	樣號	深度	圖例
BH-2	S-6	8.55-9.00	○	BH-3	S-2	2.55-3.00	×
BH-2	S-7	9.55-10.00	□	BH-3	S-3	4.05-4.50	◇
BH-3	S-1	1.05-1.50	△	BH-3	S-4	5.55-6.00	+



工程名稱： 高雄市資源回收細分類廠出流管制地質鑽探

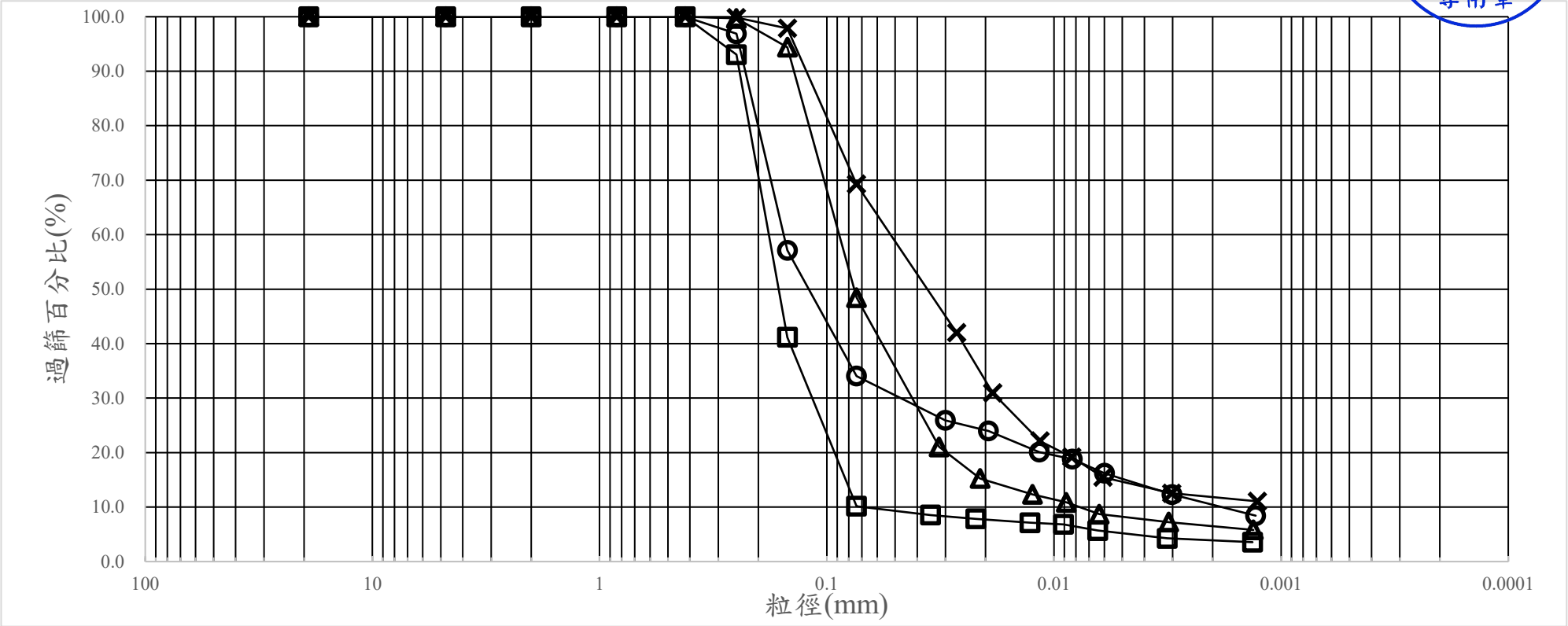


礫石 Gravel	砂 Sand	粉土 Silt	黏土 Clay
--------------	-----------	------------	------------

孔號	樣號	深度	圖例	孔號	樣號	深度	圖例
BH-3	S-5	7.05-7.50	○	BH-4	S-1	1.05-1.50	×
BH-3	S-6	8.55-9.00	□	BH-4	S-2	2.55-3.00	◇
BH-3	S-7	9.55-10.00	△	BH-4	S-3	4.05-4.50	+



工程名稱： 高雄市資源回收細分類廠出流管制地質鑽探



礫石 Gravel	砂 Sand	粉土 Silt	黏土 Clay
--------------	-----------	------------	------------

孔號	樣號	深度	圖例	孔號	樣號	深度	圖例
BH-4	S-4	5.55-6.00	○	BH-4	S-7	9.55-10.00	×
BH-4	S-5	7.05-7.50	□				
BH-4	S-6	8.55-9.00	△				

附錄二

施工照片

註:本案為高雄市資源回收細分類廠地質鑽探作業，現場手板誤植為高雄市路竹阿蓮區域性垃圾掩埋場出流管制地質鑽探



BH-1 施工前



BH-2 施工前



BH-1 施工中



BH-2 施工中



BH-1 施工後



BH-2 施工後



BH-3 施工前



BH-4 施工前



BH-3 施工中



BH-4 施工中



BH-3 施工後



BH-4 施工後