

附錄四 土壤及地質、地震

A4.1 土壤污染監測基準

中華民國九十年十一月二十一日（90）環署水字第○○七三六五四號

- 一、本基準依土壤及地下水污染整治法第五條第二項規定訂定之。
- 二、土壤非因外來污染而其物質濃度達本基準所列監測項目之監測基準值者，不適用本基準。
- 三、本基準所稱濃度單位之毫克／公斤，指重金屬全量分析每一公斤土壤中（乾基）所含污染物之毫克數。
- 四、本基準適用於地下水最低水位以上之未飽和含水層之土壤。
- 五、污染物之監測項目及監測基準值（濃度單位：毫克／公斤）如下：

監測項目	監測基準值
砷(As)	30
鎘(Cd)	10 (食用作物農地之監測基準值為 2.5)
鉻(Cr)	175
銅(Cu)	220 (食用作物農地之監測基準值為 120)
汞(Hg)	10 (食用作物農地之監測基準值為 2)
鎳(Ni)	130
鉛(Pb)	1,000 (食用作物農地之監測基準值為 300)
鋅(Zn)	1,000 (食用作物農地之監測基準值為 260)

- 六、事業及其所屬公會或環境保護相關團體得提出具體科學性數據、資料，供中央主管機關作為本基準修正之參考。

A4.2 土壤污染管制標準

中華民國九十年十一月二十一日（90）環署水字第○○七三六八四號

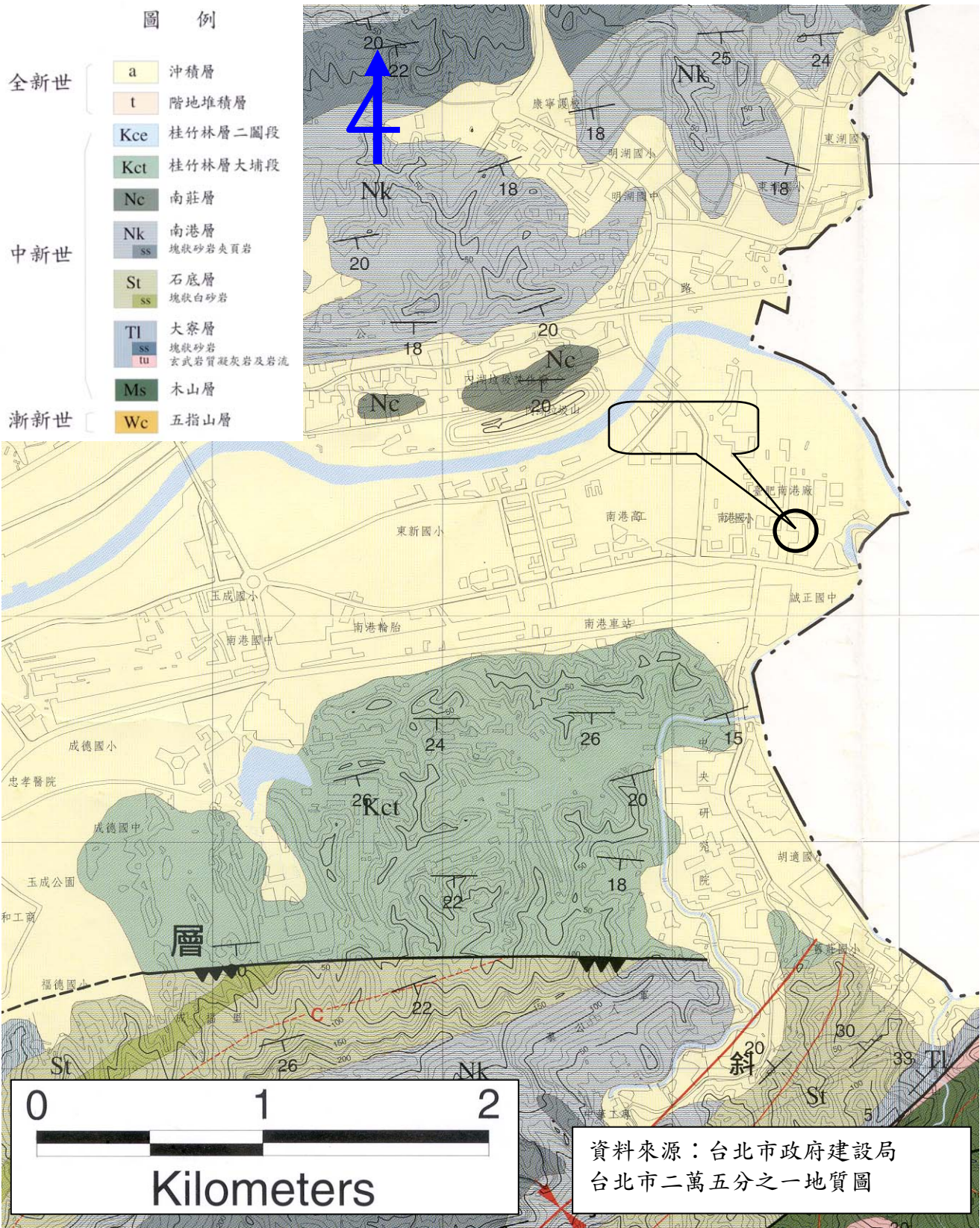
- 第一條 本標準依土壤及地下水污染整治法第五條第二項規定訂定之。
- 第二條 土壤非因外來污染而其物質濃度達本標準所列管制項目之管制標準值者，不適用本標準。
- 第三條 本標準專用名詞定義如下：
 - 一、毫克／公斤：指每一公斤土壤中（乾基）所含污染物之毫克數。
 - 二、奈克-毒性當量／公斤：指每一公斤土壤中（乾基）所含之污染物奈克-毒性當量（TEQ）數。
- 第四條 本標準適用於地下水最低水位以上之未飽和含水層之土壤。

第五條 污染物之管制項目及管制標準值如下：

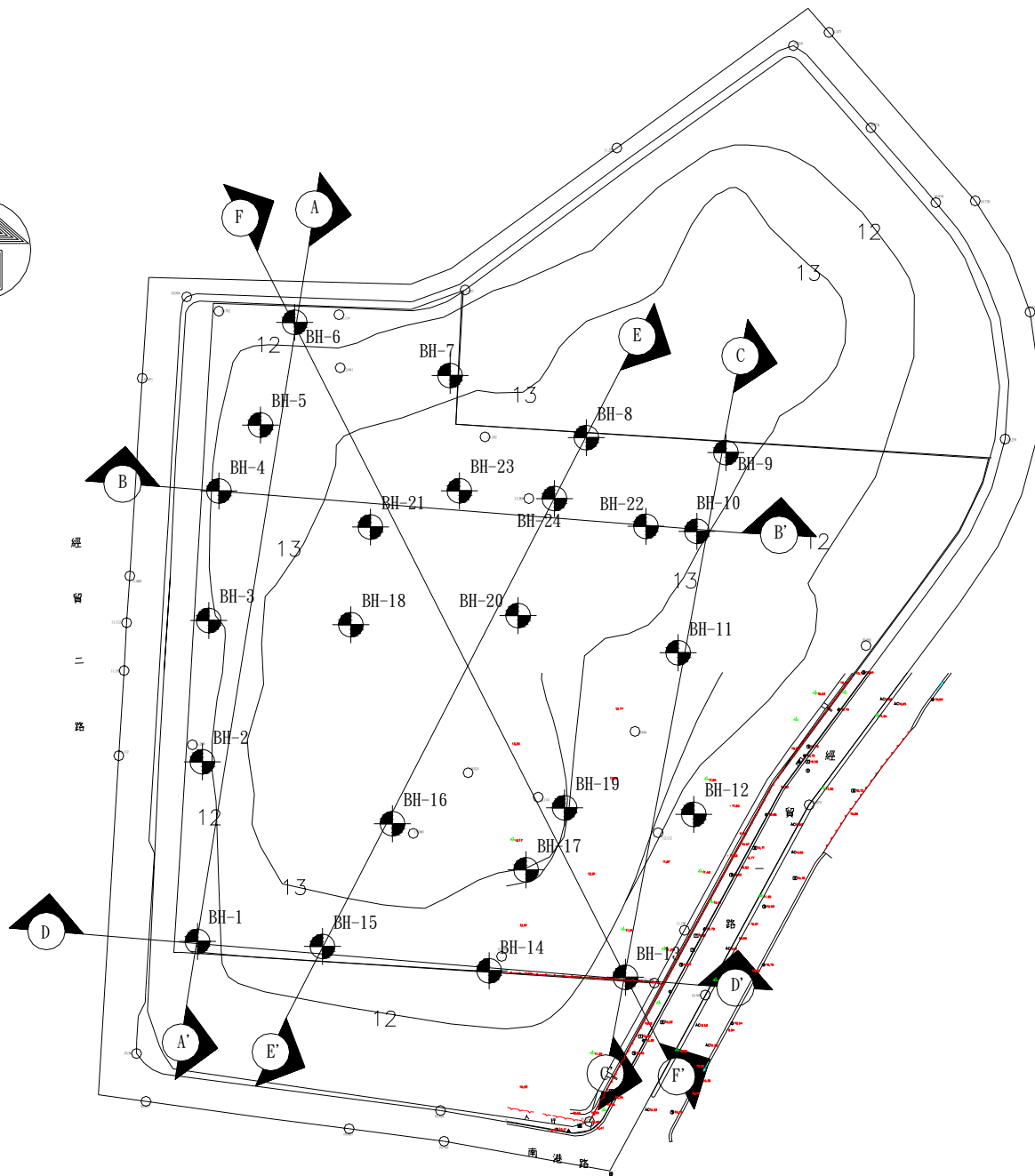
管制項目	管制標準值
重金屬	
砷(As)	60 毫克/公斤
鎘(Cd)	20 毫克/公斤 (食用作物農地之管制標準值為 5)
鉻(Cr)	250 毫克/公斤
銅(Cu)	400 毫克/公斤 (食用作物農地之管制標準值為 200)
汞(Hg)	20 毫克/公斤 (食用作物農地之管制標準值為 5)
鎳(Ni)	200 毫克/公斤
鉛(Pb)	2,000 毫克/公斤 (食用作物農地之管制標準值為 500)
鋅(Zn)	2,000 毫克/公斤 (食用作物農地之管制標準值為 600)
有機化合物	
苯(Benzene)	5 毫克/公斤
四氯化碳(Carbon tetrachloride)	5 毫克/公斤
氯仿(Chloroform)	100 毫克/公斤
1,2-二氯乙烷(1,2-Dichloroethane)	8 毫克/公斤
順-1,2-二氯乙烯(cis-1,2-Dichloroethylene)	7 毫克/公斤
反-1,2-二氯乙烯(trans-1,2-Dichloroethylene)	50 毫克/公斤
1,2-二氯丙烷(1,2-Dichloropropane)	0.5 毫克/公斤
1,2-二氯苯(1,2-Dichlorobenzene)	100 毫克/公斤
1,3-二氯苯(1,3-Dichlorobenzene)	100 毫克/公斤
3,3'-二氯聯苯胺(3,3'-Dichlorobenzidine)	2 毫克/公斤
乙苯(Ethylbenzene)	250 毫克/公斤
六氯苯(Hexachlorobenzene)	500 毫克/公斤
五氯酚(Pentachlorophenol)	200 毫克/公斤
四氯乙烯(Tetrachloroethylene)	10 毫克/斤
甲苯(Toluene)	500 毫克/公斤
總石油碳氫化合物(TPH) (Total petroleum hydrocarbons)	1,000 毫克/公斤
三氯乙烯(Trichloroethylene)	60 毫克/公斤
2,4,5-三氯酚(2,4,5-Trichlorophenol)	350 毫克/公斤
2,4,6-三氯酚(2,4,6-Trichlorophenol)	40 毫克/公斤
氯乙烯(Vinyl chloride)	10 毫克/公斤
二甲苯(Xylenes)	500 毫克/公斤
農藥	
阿特靈(Aldrin)	0.04 毫克/公斤
可氯丹(Chlordane)	0.5 毫克/公斤
二氯二苯基三氯乙烷(DDT)及其衍生物 (4,4'-Dichlorodiphenyl-triichloroethane)	3 毫克/公斤
地特靈(Dieldrin)	0.04 毫克/公斤
安特靈(Endrin)	20 毫克/公斤
飛佈達(Heptachlor)	0.2 毫克/公斤
毒殺芬(Toxaphene)	0.6 毫克/公斤
安殺番(Endosulfan)	60 毫克/公斤
其他有機化合物	
戴奧辛(Dioxins)	1,000 奈克-毒性當量/公斤
多氯聯苯(Polychlorinated biphenyls)	0.09 毫克/斤

第六條 前條管制項目中，戴奧辛管制標準值之濃度，以檢測附表所列各項戴奧辛污染物所得濃度，乘以其國際毒性當量因子(I-TEF)之總和計算之，並以毒性當量(TEQ)表示。

- 第七條 事業及其所屬公會或環境保護相關團體得提出具體科學性數據、資料，供中央主管機關作為前條修正之參考。
- 第八條 本標準自發布日施行。



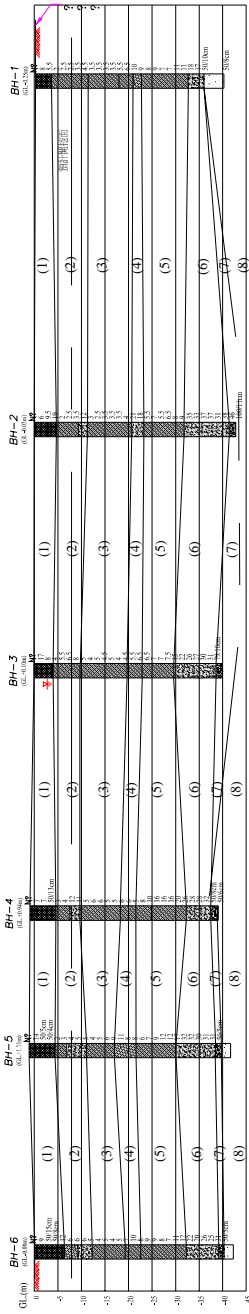
黎明興技術顧問股份有限公司 LEADERMAN & ASSOCIATES 附圖 4-1 基地地質圖



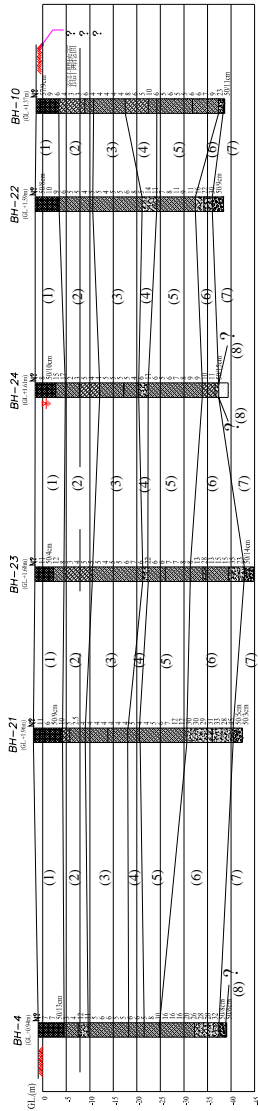
黎明興技術顧問股份有限公司
LEADERMAN & ASSOCIATES

附圖 4-2 基地地質剖面位置圖

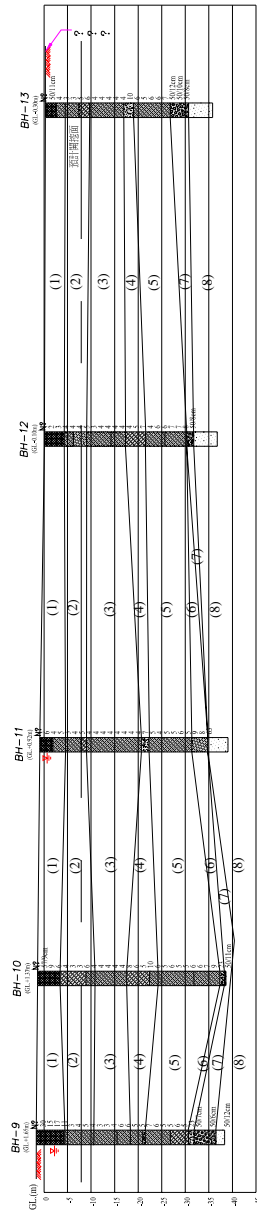
A-A'地層剖面圖



B-B'地層剖面圖



C-C'地層剖面圖

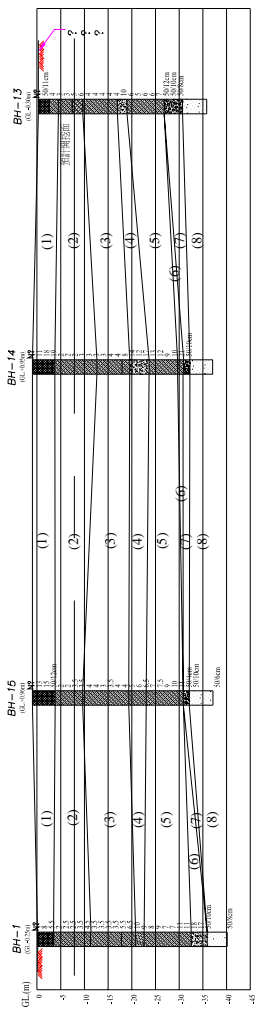


圖例

- 回填土
- ▨ 粘土質粉土
- ▩ 砂質粉土
- 粉土質粉土
- 卵礫石
- ▬ 風化砂岩及頁岩

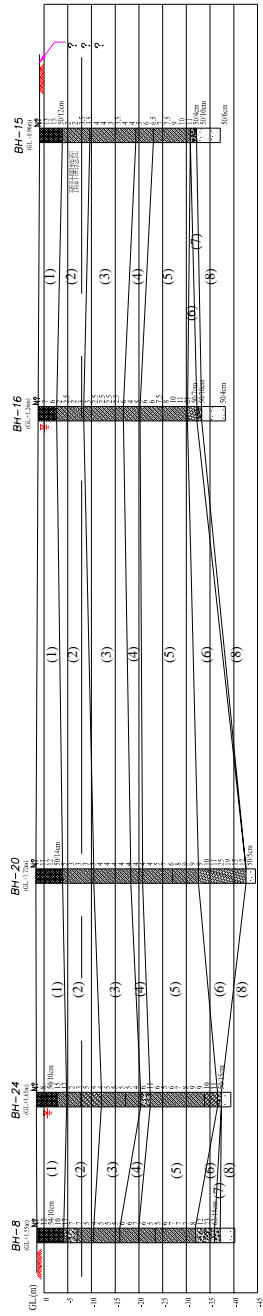
- (1) 回填層及黃棕色粉土質粘土
- (2) 灰色粉土質粘土夾細砂層
- (3) 灰色粉土質粘土，偶夾薄層砂質粉土
- (4) 灰色粉土質細砂及粉土質粘土
- (5) 灰色粉土質粘土偶夾薄層砂質粉土
- (6) 灰及黃棕色夾灰色粉土質細砂，夾砂質粉土及薄層粘土
- (7) 卵礫石夾灰及棕黃色風化砂岩及頁岩
- (8) 灰及棕黃色風化砂岩及頁岩

- (1) 回填層及黃棕色粉土質粘土
- (2) 灰色粉土質粘土夾細砂層
- (3) 灰色粉土質細砂及粉土質粘土
- (4) 灰色粉土質粘土偶夾薄層砂質粉土
- (5) 灰色粉土質粘土及粉土質細砂
- (6) 灰及黃棕色灰夾粉土質細砂，夾砂質粉土及薄層粘土
- (7) 卵礫石夾灰及棕色風化砂岩及頁岩
- (8) 灰色及棕色風化砂岩及頁岩

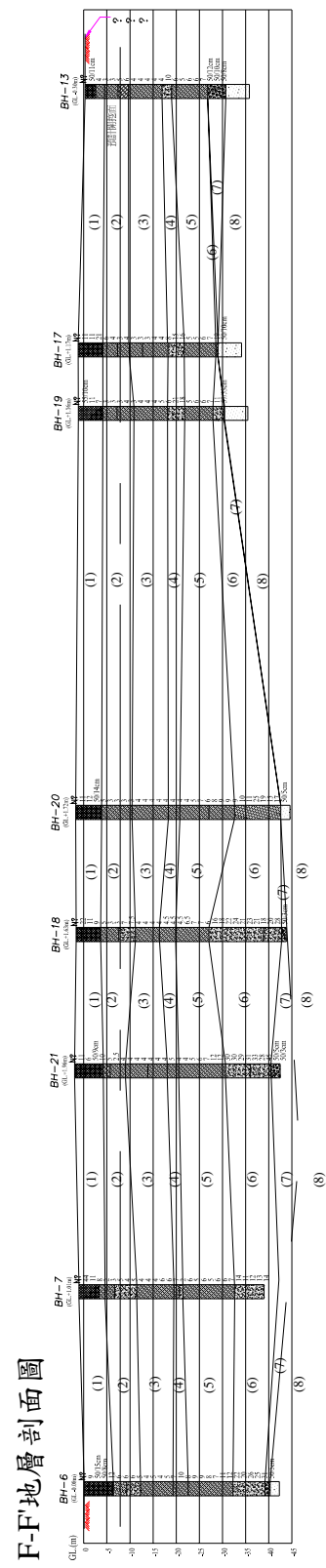


D-D'地層剖面圖

- 圖例
- 回填土
 - ▨ 粘土質粉土
 - ▩ 砂質粉土
 - ▧ 粉土質粘土
 - ▦ 卵礫石
 - ▥ 風化砂岩及頁岩



E-E'地層剖面圖



F-F'地層剖面圖

A4.3 土壤液化潛能評估

一、土壤液化現象

砂質土壤在疏鬆及飽和狀態下，因受到反覆剪力之作用，造成土壤內之孔隙水壓逐漸增加，砂質土壤之剪力強度喪失之現象稱之為液化，影響土壤液化之因素主要為：

(一)相對密度

砂質土壤相對密度越大者，越不易液化，根據日本新潟地區地震資料顯示當砂質土壤相對密度大於 70% 以上之地區，均無液化之現象，因此相對密度可視為砂質土壤抵抗液化現象之最低要求基準值，所以相對密度小於 70% 之土壤須檢討發生液化之可能性。

(二)地震強度及持續時間

根據日本新潟(1964)及美國阿拉斯加之地震資料顯示，當地之砂質土壤在地震震動開始後 90 秒才發生液化，因此在地震規模不大，地表瞬時加速度及震動持續時間較短之情況下，砂質土壤不會產生液化之現象。

(三)土壤物理特性

根據 Seed 等人針對 1802 年至 1987 年世界各地發生液化與非液化之地區的現地資料研究顯示，不均勻分佈之中細粒砂性土或細粒沉泥質砂土最易發生液化，若以平均顆粒尺寸 D_{50} 表示時，其範圍在 0.08~0.2mm 之間，且級配不均勻分佈之砂質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。

(四)土層排水狀況

一般而言，飽和度低於 100% 之砂土亦會液化，但其液化可能性隨著飽和度之減少而遞減，一般而言，排水性良好之砂土層較低透水性之砂土層不易液化。

(五)有效覆土壓力

一般土壤抵抗液化強度為土壤有效覆土壓力之函數，故接近地表面之土層較深層土壤易於液化，根據 1964 年日本新潟地區之地震資料，液化現象甚少有低於地表面下 15~18 公尺者。

當砂質土壤液化後，因土壤顆粒會重新排列，因此在平地上液化土壤所造成之主要災害為 a. 沉陷(Settlement)及 b. 砂湧(Sand Boil)，本分析報告即針對本基地地層之液化潛能進行分析。

二、液化潛能分析電腦輸入參數及結果評估

根據內政部營建署八十六年七月頒佈之“建築物耐震設計規範及解說”，第七章其它耐震相關規定，地表面下 20m 以內之飽和砂土層，通過率為 50% 之粒徑 D_{50} 在 0.02mm~2mm 之間，地下水位面在地表下 10m 以內時，須做液化潛能分析。

液化之評估由液化抵抗率 F_L 決定之。 F_L 值小於 1.0 時，即判定該土層可能液化。

$$F_L = R/L$$

其中， L 為地震產生時之尖峰剪應力與有效覆土壓力之比值，其值以下式求之：

$$L = \frac{\tau_{peak}}{\sigma'_0} = \frac{A \sigma_0}{g \sigma'_0} \gamma_d$$

此處

A ：水平地震地表加速度

g ：重力加速度

τ_{peak} ：尖峰剪應力 ($\text{kg}/\text{c m}^2$)

σ_0 ：總覆土壓力 ($\text{kg}/\text{c m}^2$)

σ'_0 ：有效覆土壓力 ($\text{kg}/\text{c m}^2$)

γ_d ：尖峰剪應力比沿深度折減係數。 $\gamma_d = 1 - 0.015X$

X ：受評估土層距離地表面之深度 (m)

R ：使土壤發生液化時之剪應力比。 R 值之大小與土壤之 N 值、有效覆土壓力、 D_{50} 及細粒土壤含有率 FC 有關，即

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

R_1 ：與 N 值及有效覆土壓力有關的剪應力比

R_2 ：與 D_{50} 有關的剪應力比

R_3 ：與 FC 有關的剪應力比

R_1 、 R_2 及 R_3 亦可以下列公式計算之：

$$R_1 = 0.0882 \sqrt{\frac{N}{\sigma'_0 + 0.7}}$$

$$R_2 = \begin{cases} 0.19 & (0.02\text{mm} \leq D_{50} \leq 0.05\text{mm}) \\ 0.225 \log(0.35/D_{50}) & (0.05\text{mm} \leq D_{50} \leq 0.6\text{mm}) \\ -0.05 & (0.6\text{mm} \leq D_{50} \leq 2.0\text{mm}) \end{cases}$$

$$R_3 = \begin{cases} 0.0 & (0\% \leq FC \leq 40\%) \\ 0.004FC - 0.16 & (40\% \leq FC \leq 100\%) \end{cases}$$

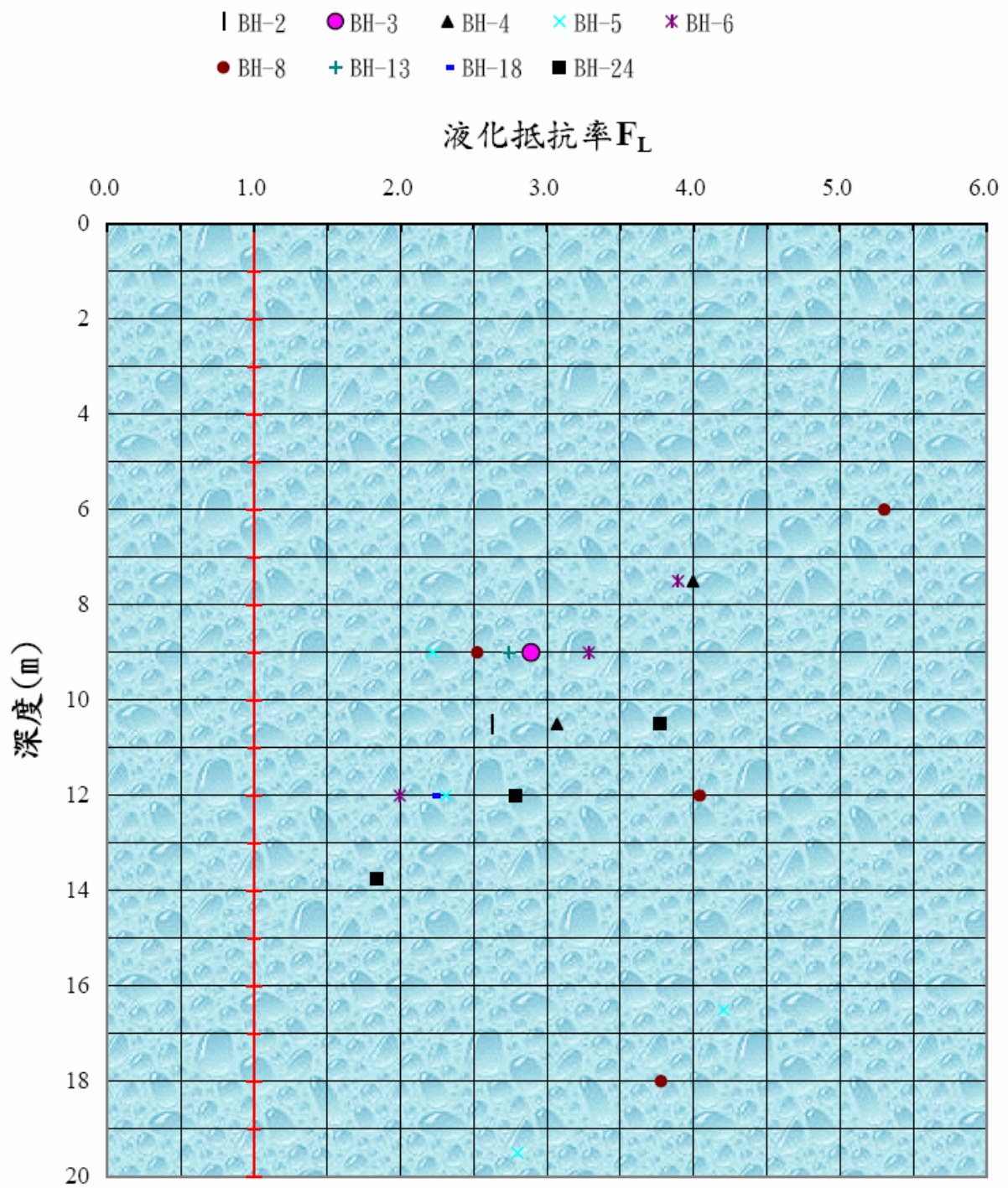
其中， FC ：細粒土壤含有率 (%)，為粒徑 $74 \mu\text{m}$ 以下之土粒子之重量百分率。

依建築物耐震設計規範規定，水平地震地表加速度 A 等於 $\frac{ZI}{3.5}g$ 係中度地震時，其液化抵抗率不得小於 1.0，否則須做地盤改良。因本基地屬地震乙區，其水平加速度係數 $Z=0.23$ ，假設本建物之用途係數採 $I=1.25$ ，今以水平地震地表加速度 $A=0.23 \times g / 3.5 \times 1.25 = 0.082g$ 及基地之地下水位於 GL-1.5 公尺，針對 20 公尺內有砂土層之鑽孔進行液化潛能檢討，則其計算結果如附表 4.3-1~附表 4.3-5 及附圖 4.3-1 所示，基地土壤液化抵抗率皆大於 1，考慮中度地震時，無發生液化之虞。

另必須考慮大地震時可能之液化問題，即當水平地震地表加速度為 $ZI g$ 時，容許產生液化，但必須採用適當之基礎或以地盤改良克服液化問題，並檢核液化後之安全性，今依建築物耐震設計規範，以水平地震地表加速度 $A=0.288g$ （採 $Z=0.23$ ， $I=1.25$ ）及基地之地下水位 GL-1.5 公尺，其計算結果如附表 4.3-6~附表 4.3-10 及附圖 4.3-2 所示，得知本基地部份砂土層防止液化之安全係數小於 1，其液化潛能指數 PL 平均為 3.52， $PL < 5$ ，屬輕微液化，且基地採樁基礎，其安全性無虞，另基地上之砂土層，防止土壤液化之安全係數小於 1 之部份，耐震設計時之土壤參數 (E_o 及 K_h)，需依建築物耐震設計規範之要求，予以折減使用，其折減係數參見下表土壤參數折減係數 D_E 。基地第二層次土壤若為砂性土壤時，則耐震設計時其土壤參數建議採折減係數 $D_E=2/3$ 。

土壤參數折減係數 D_E

F_L 之範圍	距地表面之深度 $X(m)$	折減係數 D_E
$F_L \leq 0.6$	$0 \leq X \leq 10$	0
	$10 < X \leq 20$	1/3
$0.6 \leq F_L \leq 0.8$	$0 \leq X \leq 10$	1/3
	$10 < X \leq 20$	2/3
$0.8 \leq F_L \leq 1.0$	$0 \leq X \leq 10$	2/3
	$10 < X \leq 20$	1



附圖 4.3-1 液化潛能分析成果圖($A=0.082g$)