

# 第七章 預測開發行為可能引起之環境影響

## 7.1 自然環境

### 7.1.1 地文及地質影響評估

基地於施工期間將因拆除工程及基礎工程之進行打樁、開挖、連續壁構築，造成原有地形地貌產生改變；拆除及開挖產生之廢土及施工材料臨時堆置場亦會對地貌造成影響。此外，施工期間施工機具作業、運輸車輛進出工區、工務所與臨時房舍之設置均可能造成地景之凌亂與不協調。然而前述作業皆屬間歇性或局部性的影響，未來施工期間將於施工區四周設置施工圍籬，同時做好必要之工程管理及環境衛生維護，預期基地內地形地貌之改變對鄰近環境之影響程度應屬輕微。

根據內政部營建署九十年七月頒佈之「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 D50 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。本基地地表下 20 公尺內之土層為粘性土壤，其 D50 小於 0.02mm，研判無液化之虞。

於鑽探期間測得地下水位約於 GL-0.2m~-1.9m，分析時平時地下水位建議採用 GW=GL-1.0m；考慮長時期之地下水位變動，高水位之地下水位提高至地表處，超挖區結構靜荷重小於基礎底面之上舉水浮力，有結構物上浮之虞，除了優先於不需使用之筏基內回填級配料、低強度混凝土或控制性低強度材料(CLSM)及於 C 區東、南側開放空間處加強地樑外，規劃另外施做抗浮基樁(壁樁或利用扶壁做為抗浮樁)以抵抗地下水上舉力。

營運期間除製菸工場、一至五號倉庫、以及荷花池週邊地形維持現狀外，其餘地區均依其使用用途興建建物而改變了原有地形；而此改變透過建築設計、景觀規劃、以及都市設計的手法，將可賦予更多樣化的地形特色。預期營運階段對鄰近地形應不至於產生負面之影響。本基地未來於營運期間對當地地層應無負面影響。

#### 一、大地工程分析

##### (一)土壤液化潛能評估

土壤液化現象乃係地震或其他動力反覆作用於土壤，而使土壤顆粒結構重新調整，同時因瞬間排水緩慢，導致土壤內孔隙水壓迅速上升，此上升孔隙水壓降低土壤的有效應力，更甚者將抵消全部的有效應力，而使土壤降低了承受荷重的能力或呈液體狀態。土壤軟弱狀況接近於『液體狀態』與『土壤液化』是兩種完全不同的狀況。本基地淺層為極軟弱至軟弱之黏土層，建築物坐落於此地層將會有承载力不足問題，可能造成建築物不能接受之變形或傾斜。而依目前建物規劃設計，主要設施基礎預定開挖平均深度約為 23.7 公尺內，地下室挖除土重已大於結構體重量，且高樓層區域採用樁基礎設計，將建物荷重直接傳遞至堅實地盤，故目前規劃設計建物無承载力不

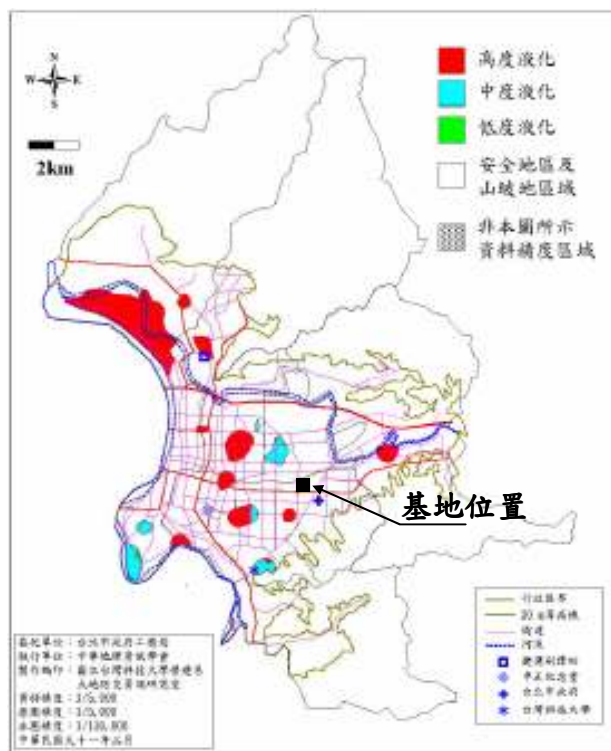
足問題。

『土壤液化』為專有名詞，係指地震作用瞬間，使土壤顆粒結構重新調整，同時因排水緩慢，導致土壤內孔隙水壓迅速上升，此上升孔隙水壓降低土壤的有效應力，更甚者將抵消全部的有效應力，而使土壤降低了承受荷重的能力或呈液體狀態。一般多發生於深度 20m 以內且地下水位或水壓高之疏鬆細砂或含少量粉土之砂土層(如 921 大地震於彰化員林地區造成液化噴砂、建物損壞的情況)，而本基地地表下 20m 以內皆為黏土層，所以發生土壤液化的機率極微，根據『建築物基礎構造設計規範』(2001)所列『新日本道路橋液化評估法』(1996)，不須進行土壤液化分析。

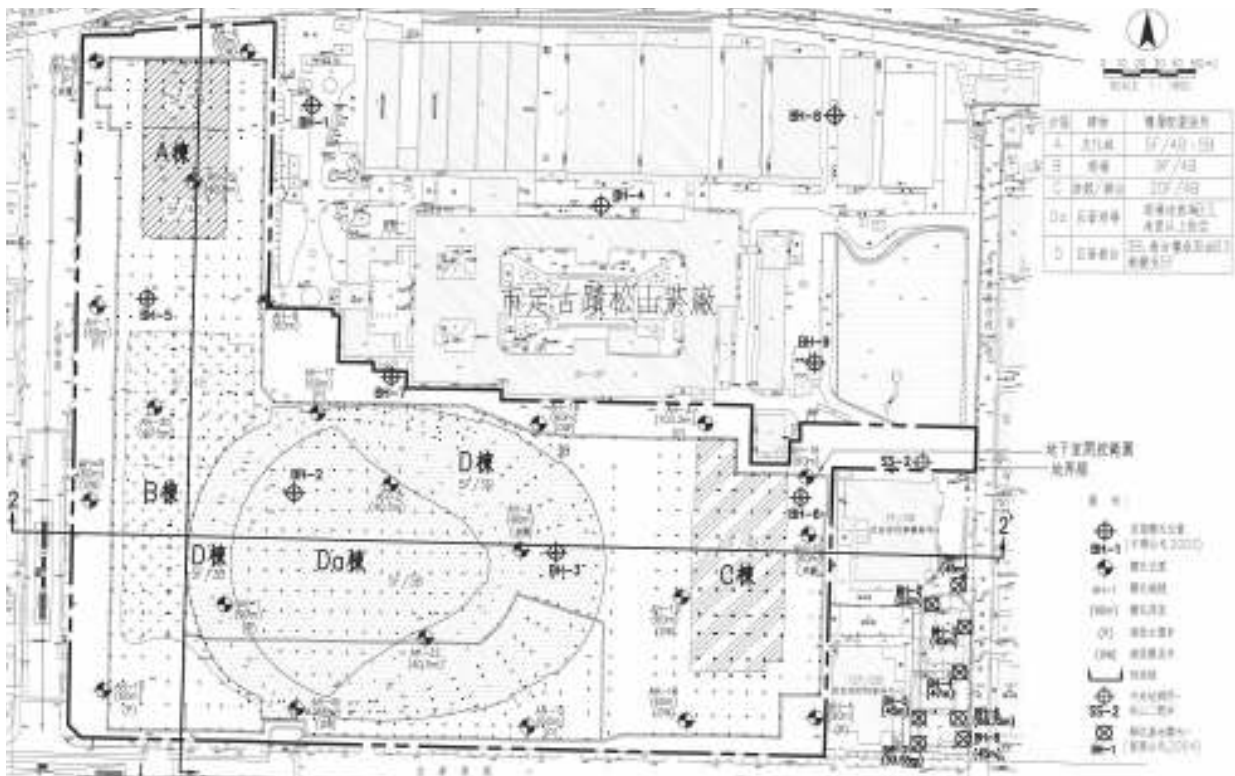
根據土壤地層分布狀況與一般物理性質分析結果，本基地除地表表層為回填層(平均厚度約 1.3 公尺)外，地表下 20 公尺內主要成份均為粘性土層，因此研判本基地土層發生液化之可能性甚低，本案基礎及開挖設計可不考慮液化之影響。

本基地主要設施基礎預定開挖深度約為 23.7 公尺，基地四周由連續壁圍束，連續壁總長分別達 38 及 44 公尺，而本基地現地表下 38.5 公尺內大部份為滲透係數極低之黏土層(僅於深度約 33 公尺處夾厚度約 1.9 公尺粉土質細砂)，已貫入開挖面下 20 公尺以上，貫入透水性極低之黏土層也達 15 公尺，故開挖區外地下水由開挖面底部滲入可能性極低。因此，本基地無抽取基地外地下水，也無超抽地下水所引起地盤沉陷問題。但在基礎開挖期間仍會於基地四周布設水位觀測井、水壓計及沉陷點，進行地下水位及地表沉陷量監測，以確保基地四周的安全。

北市府曾委託學者分析，若發生震度 5 以上的地震，包括社子島、行天宮，甚至列為防災公園的大安森林公園北半側等 10 處，可能面臨土壤液化「紅色警戒」，另有 6 處列中度液化潛能區。這 16 處液化潛能區，本案之體育園區並不在範圍內。



資料來源：台北市政府



資料來源：富國技術工程股份有限公司

鑽孔及建築物配置圖

### (二) 建物荷重分析

本基地涵蓋面積相當大，茲將基地內主要建築物予以分成 A、B、C、D 區，各區範圍如上圖所示。參考建築師及結構設計單位所提供之資料，初估本基地各區建物荷重如表 7-1 所示，基礎面土壤所受之建物荷重估計、開挖土重及基礎面地下水浮力如表 7-2 所列：

表 7-1 各樓層荷重估計表

樓層	A 區(影城)		B 區(商場)		D 區(巨蛋)		C 區(辦公)		C 區(群樓)		C 區(旅館)	
	靜荷重	活荷重	靜荷重	活荷重	靜荷重	活荷重	靜荷重	活荷重	靜荷重	活荷重	靜荷重	活荷重
	t/m <sup>2</sup>	t/m <sup>2</sup>	t/m <sup>2</sup>	t/m <sup>2</sup>	t/m <sup>2</sup>	t/m <sup>2</sup>	t/m <sup>2</sup>	t/m <sup>2</sup>	t/m <sup>2</sup>	t/m <sup>2</sup>	t/m <sup>2</sup>	t/m <sup>2</sup>
R1F	-	-	-	-	-	-	0.77	0.8	-	-	1.25	0.5
10~20F	-	-	-	-	-	-	0.77	0.3	-	-	1.25	0.2
7F~9F	-	-	0.71	0.5	-	-	0.77	0.3	-	-	1.25	0.2
6F	1.1	0.5	0.71	0.5	-	-	0.77	0.3	-	-	1.25	0.2
5F	1.1	0.5	0.71	0.5	1	0.5	0.85	0.5	1	0.5	1	0.5
4F	1.1	0.5	0.71	0.5	1	0.5	0.85	0.5	-	-	1	0.5
3F	1.1	0.5	0.71	0.5	1	0.5	0.85	0.5	0.85	0.5	1	0.5
2F	1.1	0.5	0.71	0.5	1	0.5	0.85	0.5	0.85	0.5	1	0.5
1F	1.15	0.5	1.15	0.5	1	0.5	1.15	0.5	1.15	0.5	1.15	0.5
B1F	1	0.5	-	-	-	-	1	0.5	1	0.5	1	0.5
B2F	1	0.5	1	0.5	-	-	1	0.5	1	0.5	1	0.5
B3F	1	0.5	1	0.5	1.9	2	1	0.5	1	0.5	1	0.5
B4F	1	0.5	1	0.5	-	-	1	0.5	1	0.5	1	0.5
B5F	5	0.5	5	0.5	5	1.2	3.5	0.5	3.5	0.5	3.5	0.5

表 7-2 建物荷重、開挖土重及水浮力初步估算表

建 物			建物荷重(t/m <sup>2</sup> )		開挖土重(t/m <sup>2</sup> )		水浮力(t/m <sup>2</sup> )	
			靜荷重	總荷重	總土重	有效土重	常時	暴雨
A 區(影城)	高樓區	6F/4B	14.6	19.6	36.7	17.5	19.1	20.1
		6F/5B	15.6	21.1	48.0	22.6	25.3	26.3
B 區(商場)	高樓區	9F/4B	14.8	21.3	36.7	17.5	19.1	20.1
C 區(辦公)	高樓區	20F/5B	24.3	34.3	37.9	18.1	19.8	20.8
C 區(旅館)		20F/5B	36.6	41.1				
C 區(群樓)		5F/5B	11.3	15.8				
D 區(巨蛋)	球場	3B	6.9	10.1	32.2~34.9	15.5~16.7	16.6~18.1	17.6~19.1
	看台	5F/3B	11.9	17.6				
A、B 及 C 區	開放 空間	5B	7.5	10.0	37.9	18.1	19.1~19.8	20.1~20.8

本基地 A 區(影城)及 B 區(商場)於施工過程中且地下水位未回復前，高樓區結構物之靜荷重約為  $15.6 \text{ t/m}^2$  及  $14.8 \text{ t/m}^2$ ，開挖之土體總壓力約為  $48 \text{ t/m}^2$  及  $36.7 \text{ t/m}^2$ ，結構物總荷重小於開挖總土重；而於施工完成且地下水位回升之後，B 區之高樓區結構物總荷重扣除常時水浮力後約為  $2.2 \text{ t/m}^2$ ，A 區高樓區之結構物總荷重則小於及略等常時水浮力，而開挖之有效土重則約為  $17.5$  及  $22.6 \text{ t/m}^2$ ，結構物總荷重扣除水浮力後小於開挖有效土重，經審慎評估，A、B 區倘依目前規劃選用筏式基礎應無承载力不足、差異沈陷過大之問題。

C 區(旅館、辦公大樓)於施工過程中且地下水位未回復前，高樓區辦公及旅館結構物之靜荷重約為  $24.3$  及  $36.6 \text{ t/m}^2$ ，開挖之土體總壓力約為  $37.9 \text{ t/m}^2$ ，辦公及旅館區結構物靜荷重小於開挖總土重；而結構物總荷重扣除常時水浮力後約為  $21.3 \text{ t/m}^2$  及  $14.5 \text{ t/m}^2$ (旅館、辦公)，而開挖之有效土重則約為  $18.1 \text{ t/m}^2$ ，結構物總荷重扣除水浮力後辦公區小於開挖有效土重；旅館區則略大於開挖有效土重，因此需進一步檢核基礎面下方地層提供之承载力及建築物施工所造成之沈陷量，當承载力不足或沈陷量過大時則需採用基樁。

D 區(巨蛋主體)依功能性及開挖深度可細分為 Da 區(球場，3BF 以上挑空)及 Db 區(看台，1F~5F，3B)，上述各區平均荷重雖不大，但在考量柱跨距及巨蛋圓頂荷重後，為避免長期過大的總沈陷及差異沈陷，需進一步檢核基礎面下方地層提供之承载力及建築物施工所造成之沈陷量，當承载力不足或沈陷量過大時則需採用基樁。

### (三)基礎底面地下水上舉力分析

本基地除 D 區納入巨蛋圓頂重量後區域及 C 區之高樓區外，其餘各區之結構靜荷重皆小於基礎底面之上舉水浮力，有結構物上浮之虞，建議除了優先於不需使用之筏基內回填級配料、低強度混凝土或控制性低強度材料(CLSM)及於 C 區東、南側開放空間處加強地樑外，本案採用樁基礎以抵抗地下水上舉力。

### (四)筏式基礎面承载力分析

本基地 A 區、B 區之高樓區平均有效荷重(總荷重扣除水浮力)小於永久性容許承载力，在不考慮基礎沈陷量時應無基礎承载力不足之問題。

本基地 C 區高樓區建物之平均有效荷重(總荷重扣除水浮力)約為  $14.5$  與  $21.3 \text{ t/m}^2$ ，長期容許承载力分別約為  $27 \text{ t/m}^2 \sim 22 \text{ t/m}^2$ ，在不考慮基礎沈陷量時應無基礎承载力不足之問題。

D 區為巨蛋主體，由分析可知其平均荷重並不大，但因本區柱距較大且圓頂荷重將傳遞分布於周邊柱位上，致使部分柱位有相當大之荷重，而其他部份柱位承受荷重不大(Da 區球場)，長期而言恐有上浮力問題，故採用樁基礎來抵抗水浮力。

### (三)開挖回脹量分析

基地內預定基礎面下主要為粉土質粘土層，因此開挖解壓造成之回脹量包括彈性回脹及吸水回脹。本案採用樁基礎且考慮連續壁、樁基礎及扶壁之效應時，估計其回脹量影響極低，因實際彈性回脹量在開挖期間已隨開挖深度的增加而被挖除，故對永久結構並不致產生嚴重影響。

### (六)基礎沈陷量估計

本基地採用樁基礎，因此未來將大範圍區域採用基樁，基樁可將建物重量傳遞至深層地層並減少建物沈陷量，預估基礎之沈陷量極微。

### (七)擋土壁變形及地表沈陷評估

參考相關文獻，假設擋土設施及開挖之施工品質皆經有效控制情況下，連續壁之最大側向變位約為開挖深度之 0.25~0.5%。因此，本基地若採用水密性與剛性較佳之連續壁做為擋土設施，倘不考慮四周扶壁與土壤互制對連續壁抑制側向變形之效果，在施工品質良好且其水密性得以妥善控制情況下，進行地下室開挖時 A、B、C 區及 D 區之最大側向位移估計約為 10±2 公分。

此外，擋土壁體側向位移將使得基地四周產生相應之地表沈陷，其影響範圍可達開挖深度 2~4 倍之距離，尤其以水平距離在 1~2 倍開挖深度範圍以內(約 20~40 公尺)的地層最為明顯。由統計資料顯示(謝百鈞與歐章煜，1996)，地下室開挖所造成的最大地表沈陷可達最大側向位移量的 50~75%。就本基地而言，倘使用連續壁且不考慮扶壁之效果及潛變時，估計 A、B、C 區及 D 區四周之最大地表沈陷量可達 5±1 公分，實際情形則視施工品質優劣而定。

本基地之北、東、南側皆鄰近既有結構物，尤其是南側之捷運設施(營運中)及北側之市定古蹟松山菸廠更為重點保護對象，為減少開挖造成擋土壁體變形量、地表沈陷過大及損害鄰近結構物之風險，建議可施做扶壁，倘前述之擋土支撐系統(逆打樓版、扶壁)可將基地南側連續壁最大側向變形量有效減少，則捷運設施之變形量估計應可滿足捷運相關規範之要求，惟本項分析需配合建築結構之規劃作成詳細分析報告送審。除此之外應加強監測頻率，於基礎開挖過程中應嚴密監控相關之監測數據，倘發現異常或預估不合理現象，可及時分析其原因而進行改善或彌補措施。

## 二、結構分析

### (一)構造形式與結構系統

#### 1.巨蛋體育館

地下結構為鋼筋混凝土構造，地上結構為鋼骨構造。巨蛋體育館屋頂為一長約 230 公尺，寬約 170 公尺之弧形曲面，在結構上利用空間桁架、環之組合形成薄殼系統 (Shell System)。利用空間桁架作為屋面大跨度之支撐結構，將屋面傳遞下來之外力傳遞至屋緣環梁並傳至基礎，並以屋緣環梁作為平衡側力之張力環。由於整體桁架勁度之均勻性，分佈在屋面之外力得以均勻地傳遞至基礎。

## 2. 巨蛋附屬設施

地下結構為鋼筋混凝土構造，地上結構為鋼骨構造。結構系統是以梁柱組成之立體剛構架作為垂直承重系統，並利用梁柱構成之韌性抗彎矩構架（SMRF）與斜撐共同組成的二元系統，作為主要抵抗水平力之系統。斜撐型式配合建築空間之需求，可採用同心斜撐、偏心斜撐或 BRB 斜撐系統。斜撐之配置可增加整體結構勁度，並減少鋼骨之使用量，達到降低整體造價之目的。

### (二) 結構荷重計畫

#### 1. 呆載重

呆載重包括主要桿件鋼骨自重、二次鋼構(Purlin)、屋面金屬板重量、常設垂吊載重等。主要鋼骨重量為  $130\text{Kg/m}^2$ 。二次鋼構與金屬屋面為  $60\text{Kg/m}^2$ 。附加載重為  $20\text{Kg/m}^2$ 。合計設計呆載重為  $210\text{Kg/m}^2$ 。

#### 2. 活載重

活載重包括活動用臨時吊掛於屋面的照明、音響、等設備。設計活載重為  $100\text{Kg/m}^2$ 。

#### 3. 風力

設計風力按內政部專題研究報告「建築物風力規範條文、解說及示範研訂」計算基本設計風速  $42.5\text{m/sec}$ ，用途係數 1.1，地況 B，設計風昇力為  $260\text{kg/m}^2$ 。

### (三) 耐震性檢討

結構耐震設計地震（回歸期 475 年）的地震進行設計，並考慮最大考量地震（回歸期 2500 年）時，建築物之韌性比不得超過韌性容量。設計地震力依「建築物耐震設計規範及解說」進行設計地震力之計算。

$$\text{水平地震力最小設計水平總橫力} \quad V = \frac{S_{aD} I}{1.4 \alpha_y F_u} W$$

$$\text{中小度地震最小設計水平總橫力不得低於} \quad V^* = \frac{IF_u}{3.5 \alpha_y} \left( \frac{S_{aD}}{F_u} \right)_m W$$

經計算得工址設計水平加速反應譜係數  $S_{aD}=0.6$ （臺北市-地震二區），建築物用途係數  $I=1.50$ （第一類建築物），起始降伏地震力放大係數  $\alpha_y=1.00$ （鋼結構極限設計法）

### (四) 基礎結構解析

本基地採用樁基礎，因此未來將大範圍區域採用基樁，基樁可將建物重量傳遞至深層地層並減少建物沈陷量，預估基礎之沈陷量極微，超挖區採用抗拔樁來抵抗水浮力。

### (3) 複合式建築構造概要

包含文化城(影城)、商場、旅館、辦公大樓等，為地下五層之建築物，其中地下二、三層與巨蛋體育館連為一體。結構系統依據建築規劃之高度與使用需求，且不影響建築空間下，有下列幾種結構系統：

1. 立體剛構架：由梁、柱所構成完整立體剛構架是承：受垂直載重的結構系統。
2. 抗彎矩構架系統：抗彎矩構架系統是由梁、柱所組成，為抵抗水平側向力系統中最單純，亦最常使用的結構系統，適用於低樓層區。
3. 二元系統(抗彎矩構架系統+偏心斜撐)：由抗彎矩構架系統與偏心斜撐共同抵抗水平側向力系統，可有效地增加結構體的勁度，控制建築物的側向變位，有效吸收地震能量，適用於高樓層區。
4. 二元系統(抗彎矩構架系統+同心斜撐)：由抗彎矩構架系統與同心斜撐共同抵抗水平側向力系統，可有效地增加結構體的勁度，控制建築物的側向變位，有效吸收地震能量，適用於高樓層區。

## 三、地下水

### (一) 施工期間

基地開挖及施工期間主要為大型機具之作業，如能注意管制清洗機具之油污廢水，不使滲入地底，則對地下水水質之影響不大。

### (二) 營運期間

營運期間本區皆作為文化、體育及商業使用，並無污染性之工業存在，故營運期間對於地下水水質影響輕微。