



板橋新巨蛋案深開挖工程

簡報人：永興結構土木聯合技師事務所

楊慕忠 結構技師、土木技師

107.06.14



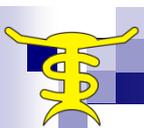
永興 結構土木聯合技師事務所

Yong Shin structure & construction unites technician



■ 簡報大綱

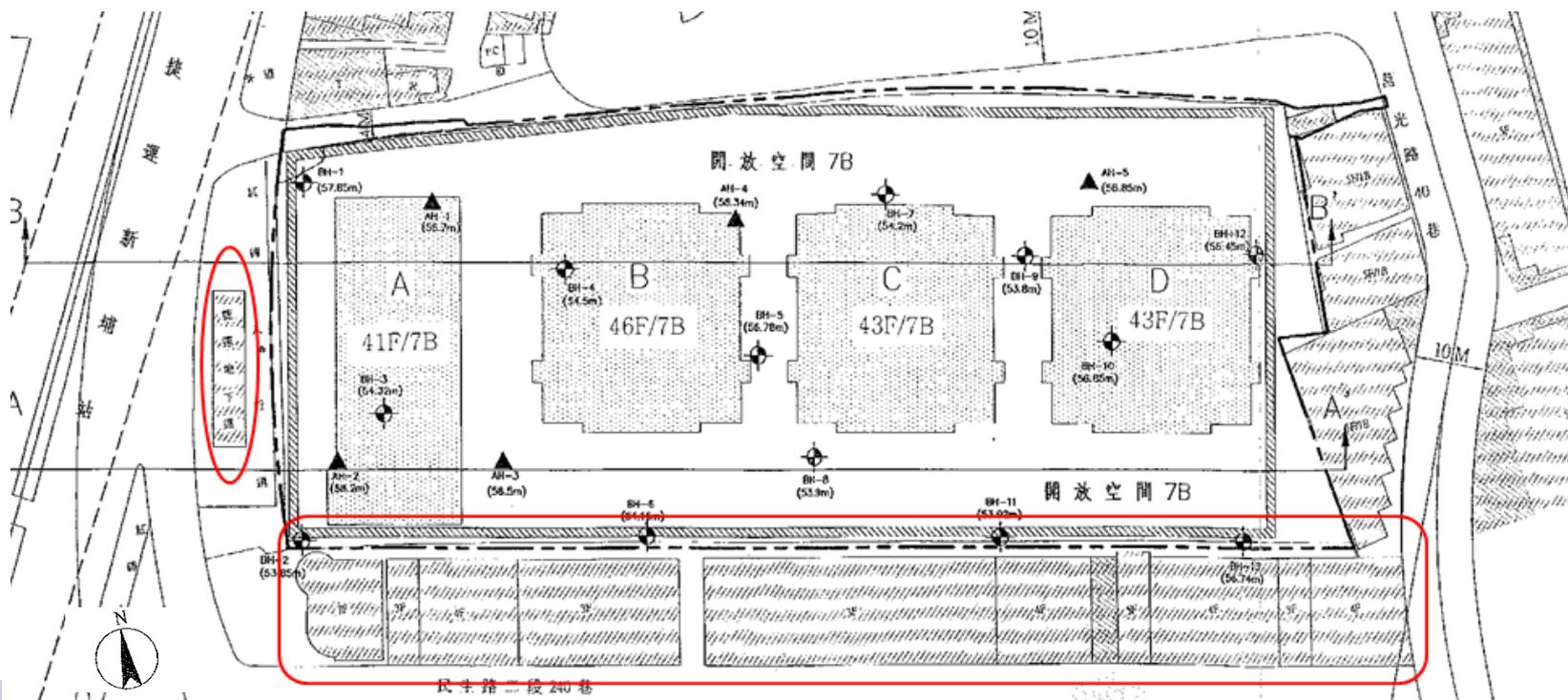
- 一、前言
- 二、分析設計考量重點
- 三、有關開挖變位控制之考量
- 四、有關地下水舉之考量
- 五、施工過程監測與檢討
- 六、結論





一、前言

- 1.新巨蛋位於新北市板橋區文化路二段/民生路二段路口，新埔捷運4號出口。
- 2.共4棟，為41層、46層、43層、43層鋼構造(SS)建築。地下室相連，地下7層，地下室139.7mx55.7m，開挖深度27.2m。
- 3.採用逆打工法，開挖擋土措施為連續壁，以樁基礎設計。
- 4.民國95年通過台大地震中心結構設計審查，民國99年完工，並取得耐震標章。





二、分析設計考量重點

2.1 地質狀況說明

地表以下主要為粉土質黏土，及砂土層互層。卵礫石層在地表以下54m，地下水位在地表下2m。

土層	土層概述	分佈範圍 (m)	平均厚度 (m)	平均分佈深度 (m)	N值 (平均)	γ_t (t/m^3)	e	ω_n (%)	C_c	C_s	c' (t/m^2)	ϕ' (deg.)	S_u (t/m^2)	K (cm/s)
1	地表回填層	0.0~1.1	0.7	0.0~0.7	-	2.00*	-	-	-	-	0*	28*	-	-
2	黏土質粉土或粉土質黏土	0.6~5.6	3.1	0.7~3.8	3	1.85	0.92	29.5	-	-	0	26.0	3	-
3	粉土質中細砂與黏土質粉土互層	2.0~26.0	15.8	3.8~19.6	12	1.9	0.73	23.2	-	-	0	32.0	-	1.63×10^{-4}
4	黏土質粉土或砂質黏土層	18.5~34.0	12.7	19.6~32.3	13	1.91	0.82	30.5	0.17	0.02	0	30	8	5.0×10^{-5}
5	粉土質中細砂層	31.7~49.7	16.7	32.3~49.0	32	1.93	0.70	26.2	-	-	0	34.0	-	-
6	黏土質粉土或粉土質黏土	48.3~53.7	5	49.0~54.0	21	1.95	0.77	27.2	0.1	0.01	3.0	31	15	-
7	卵礫石層	53.7~	-	54.0~	>50	2.30*	-	-	-	-	-	-	-	-

註：(1) c' 、 ϕ' 為有效應力強度參數； C_c 、 C_s 分別土壤壓縮及回脹指數； S_u 為不排水剪力強度。

(2)*本參數係參考鄰近基地之推估值。

表2-1、簡化地層參數



永興

結構土木聯合技師事務所

Yong Shin structure & construction unites technician



2.2 主要須控制之施工影響及挑戰

(1) 連續壁開挖變位

- 依捷運局規定，出口處擋土壁側向變形引致地表沉陷不大於2.5cm。
• 隧道壁體變形不大於2cm。

捷運設施容許變形值如下：

一、地下段明挖覆蓋結構部分：

- (一) 不得造成地下車站、出土段、明挖覆蓋隧道承載軌道結構之傾斜量超過千分之一。
- (二) 不得造成通風井、出入口、出土段、地下車站、變電站結構之總沈陷量超過二·五公分。

二、地下段潛盾隧道結構部分：

- (一) 不得造成任何方向隧道環狀扭曲變形侵入各捷運系統為維護設施及行車安全所需之空間。
- (二) 不得造成隧道任何方向徑向變形超過二公分。

- 民生路側層淺基礎建築，140公尺寬緊臨連續壁，開挖影響明顯。
- 大面積基地，開挖變形量較不易控制(無法藉助連續壁角隅效應)，影響範圍及風險亦大於中小型基地。

深開挖擋土壁變位隨開挖累積，以一般變位量不大於開挖深1/240檢討，深度27.2m變位11.3cm，推算地表沉陷遠大於捷運局規定，鄰損風險亦大幅增高。





(2) 地下水位於開挖面內外側高差

開挖至大底面GL.-27.2m，以基地水位GL.-2m比對，水頭差達25.2m。而開挖面下黏土層厚度底部位GL.-32.8m。開挖面上舉安全係數：

$$F_s = (\sum \gamma_i h_i) / (U_w) \geq 1.2$$

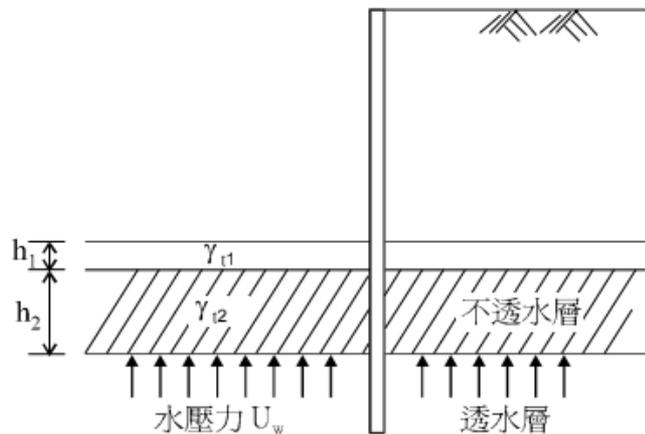


圖8.8-4 上舉水壓力檢討

$$F_s = \frac{\sum \gamma_u \cdot h_i}{U_w} \geq 1.2 \quad \text{式(8.8-5)}$$

式內

γ_u = 不透水層底面以上之各土層土壤單位重(tf/m³)

h_i = 不透水層底面以上之各土層厚度(m)

U_w = 透水層頂部之水壓力(tf/m²)

圖2-1、開挖面地下水位上舉示意圖





三、有關開挖變位控制之考量

3.1 設計說明

連續壁須具足夠之強度及勁度---設地中壁及扶壁，以轉角三向度行為提高剛性，減少變位，並區分基地為多處小區塊，降低大區域破壞風險。

(1) 連續壁：

- .厚度120cm，鄰文化路捷運捷運出口側，厚度150cm。
- .深度至GL.-50m(與壁樁共構處至GL.-57m，入卵礫石層3m)。

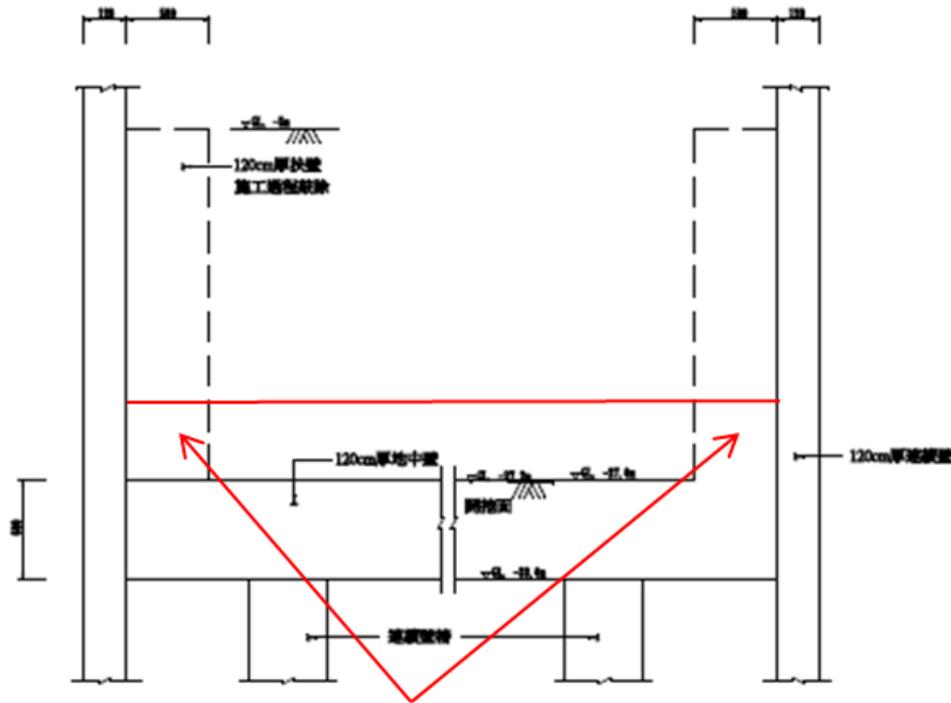
(2) 地中壁：設於開挖面下，不影響完成後空間。

- .面寬140m內，設7道地中壁，深度自GL.-27m~GL.-33m。
- .地中壁連續壁接合為T形單元，以使地中壁與連續壁確實接合。
- .逆打基樁與地中壁共構，減少地中壁成本。

(3) 扶壁：隨開挖過程敲除，不影響完成後空間。

- .文化路捷運側設3道150cm厚，8m寬扶壁。GL.-5m~GL.-50m。
- .另一側基地短向，設3道120cm厚，5m寬扶壁。GL.-5m~GL.-50m。
- .地中壁連續壁接合之T形單元，亦以扶壁方式施做。
- .B6FL版以下之兩側扶壁與梁版以續接器連結，筏基完工後敲除





B6FL版以下之兩側扶壁與梁版以續接器連結，筏基完工後敲除

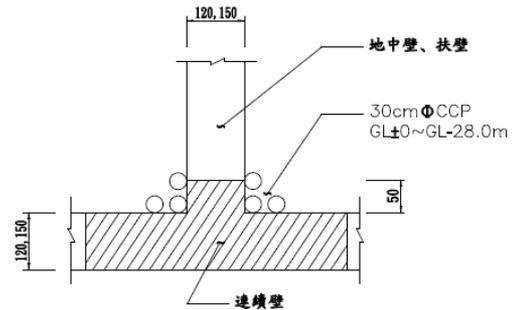


圖3-1-1、地中壁與扶壁及基樁關係

圖3-1-2、連續壁T型單元



3.2 分析方式與分析結果

3.2.1 分析方式

- (1) 以RIDO進行二維彈塑性分析。
- (2) 設置地中壁與扶壁，須考慮三維行為。上述分析無法考量橫向彎矩，建立有限元素模型。基地內側設置土壤彈簧，外側加載水壓及土壓。

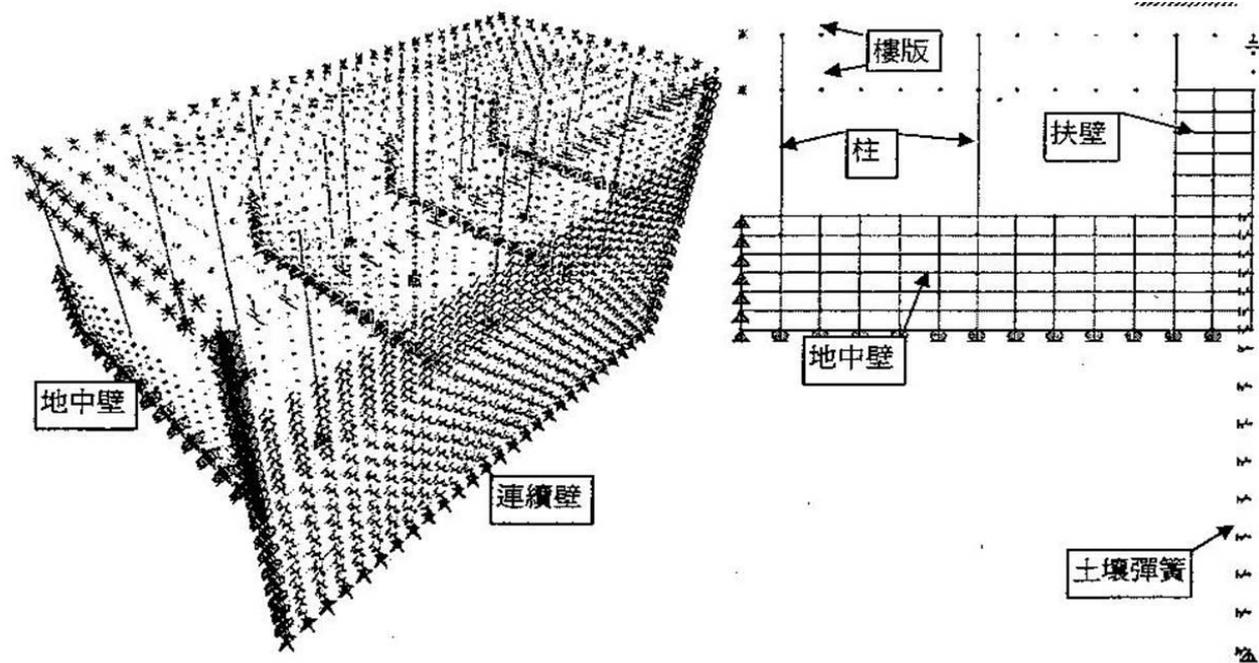


圖3-2、地中壁及連續壁有限元素分析模型





3.2.2 分析結果檢討重點

- (1) 壁體變形：單向度分析+有限元素分析，計算兩道地中壁間最大變位。
- (2) 彎矩及剪力強度檢討：垂直向及橫向。
- (3) 地中壁軸向對連續壁體貫穿剪力檢核。



四、有關地下水上舉之考量

4.1 地下水造成開挖面上浮力說明

(1)依前述計算至黏土層GL.-32.8m底部，地下水降須至GL.-18.3m合於規定。以基地規模，抽降16.3m難度甚高，且水位下降16.3m影響極大。

(2)查閱鑽探報告水位觀測記錄，本區地下水位隨深度非呈靜水壓分佈。

.GL.-35.9m AH3孔及GL.-53.5m AH2孔，地下水位於GL.-12m。

.GL.-12m之 AH1孔，GL.-2m之地下水為地表水，與開挖至GL.-27.2m地下水上舉安全係數計算，關聯性不大。

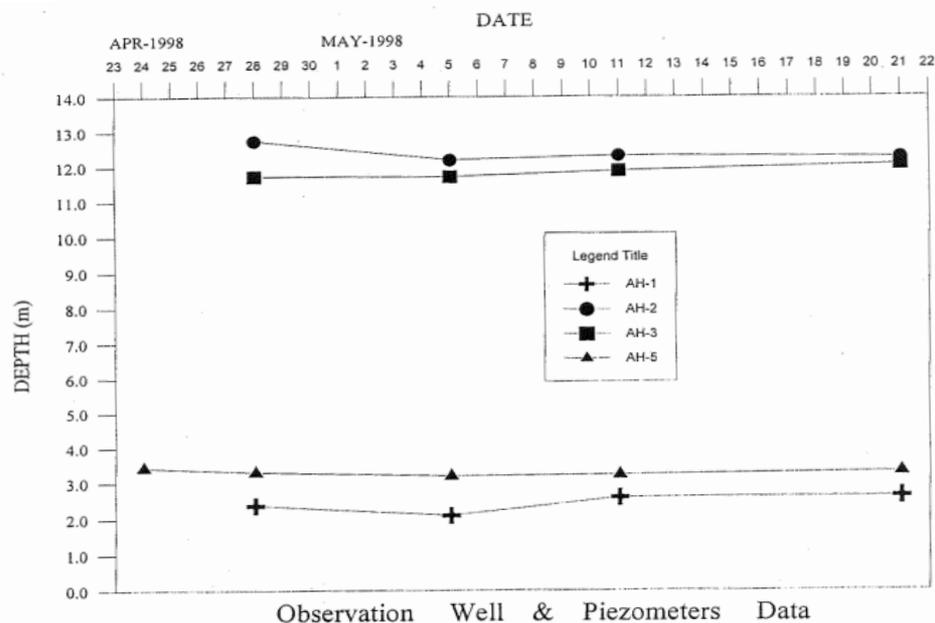
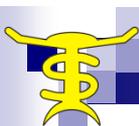


表4-2 地下水水位測量結果





- (3)設計時連續壁長度50m，貫入GL.-48m~54m之黏土層。連續壁末端停止於黏土層，基地外地下水不易向內補進，抽降可行性大幅提高。
- (4)實際地下水位於GL.-12m，降至GL.-18.3m，抽降6m。
- (5)但基地內仍有多處壁樁，貫穿下方黏土層至卵礫石層，內外非完全阻隔狀態，仍須於基地外設置抽水井因應。

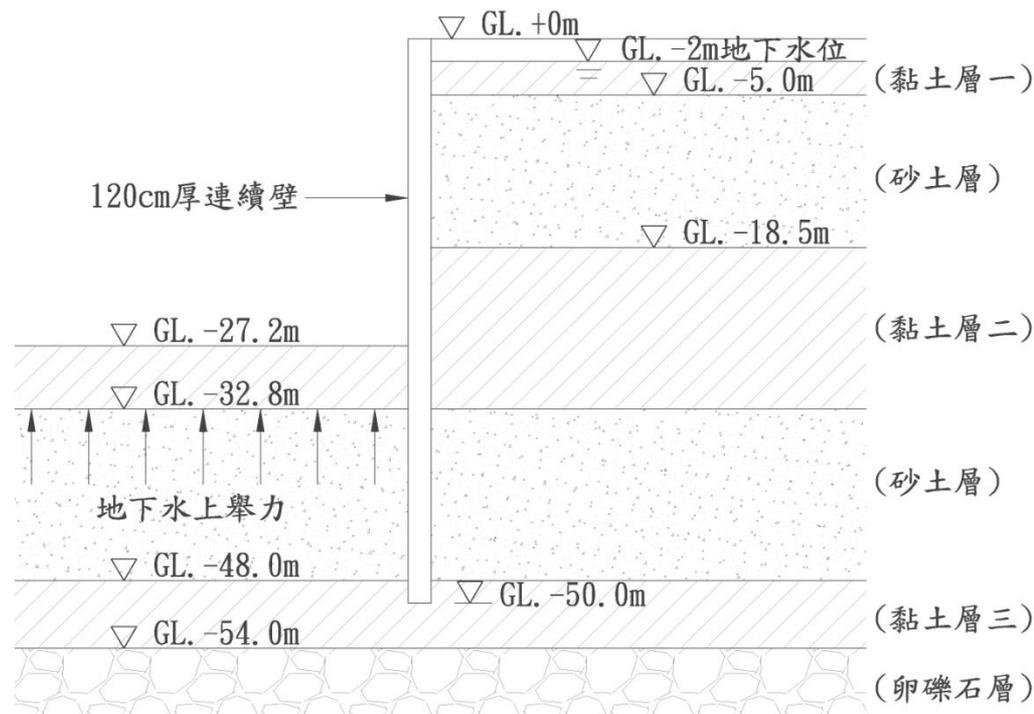


圖4-1、連續壁貫入不透水層，阻隔基地外地下水



永興

結構土木聯合技師事務所

Yong Shin structure & construction unites technician



4.2 施工因應之地下水位控制

施工時除抽降基地內地下水外，並於基地四周設置24口抽水井，隨開挖過程計算開挖面上舉安全係數，抽降地下水。並配合基地四周地表監測儀器，確認抽水過程對地表沉陷量之影響。



五、施工過程監測結果與檢討

5.1 開挖變位量

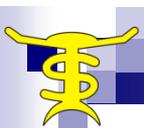
- (1) 依監測報告，最大地下室開挖變位，捷運側及鄰房側，皆低於2cm，最大變位值約2cm，最大角變位量為1/1360，低於預估之2.5cm(捷運側)及3.5cm(鄰房側)。
- (2) 變位量低於分析預估，推測為捷運側三道8m寬扶壁，壁體勁度提高之影響未計入。鄰房側變位低於分析結果，係因地中壁與連接連續壁兩端之T形扶壁，分析並未計扶壁之加勁效應所致。

5.2 地下水位抽降

- (1) 黏土層GL.-32.8m下方水位，開挖初期即位於GL.-14m左右，低於鑽探報告量測，開挖至接近大底面時，已逐漸降至GL.-16m。至大底面地下水位抽降至GL.-19m~GL.-20m。



(2)抽降水位地表沉陷雖有影響，但尚可接受，觀測結果皆在3cm以內，捷運側小於2.5cm。依據相關文獻，擋土壁體變位 δ_{hm} 引致之地表最大沉陷量 δ_{vm} 在 $0.5\sim 1.0\delta_{hm}$ 間。以最大側向變位2cm推算，扣除壁體變位影響，抽降地下水引致地表沉陷在1cm~2cm間。

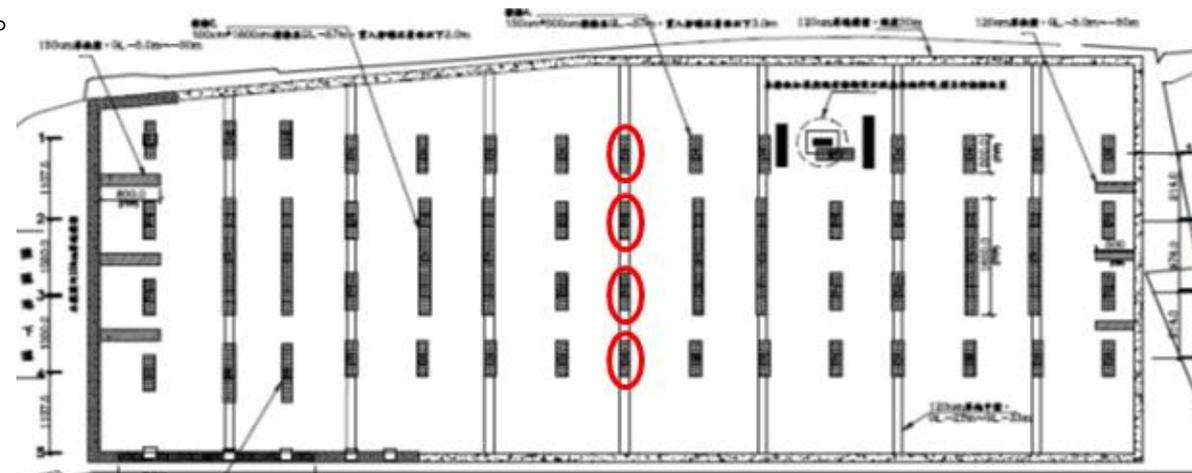




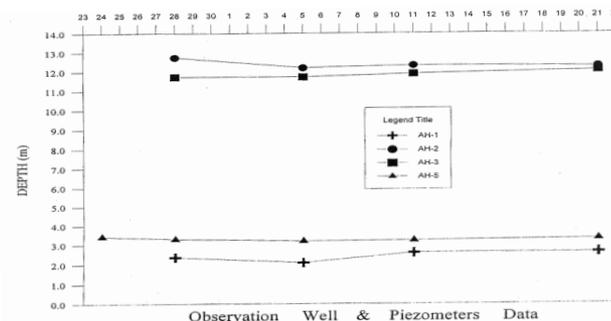
5.3 結論

大基地深開挖為地下室工程最大挑戰。連續壁角隅效應小、累積側向變位大、內外地下水位差大，須防止開挖面上舉。充份利用地質條件特性為設計重點。

(1)以地中壁及扶壁增加剛性，大基地成本增加明顯。將地中壁與壁樁共構，降低短向55.7m寬基地地中壁成本。

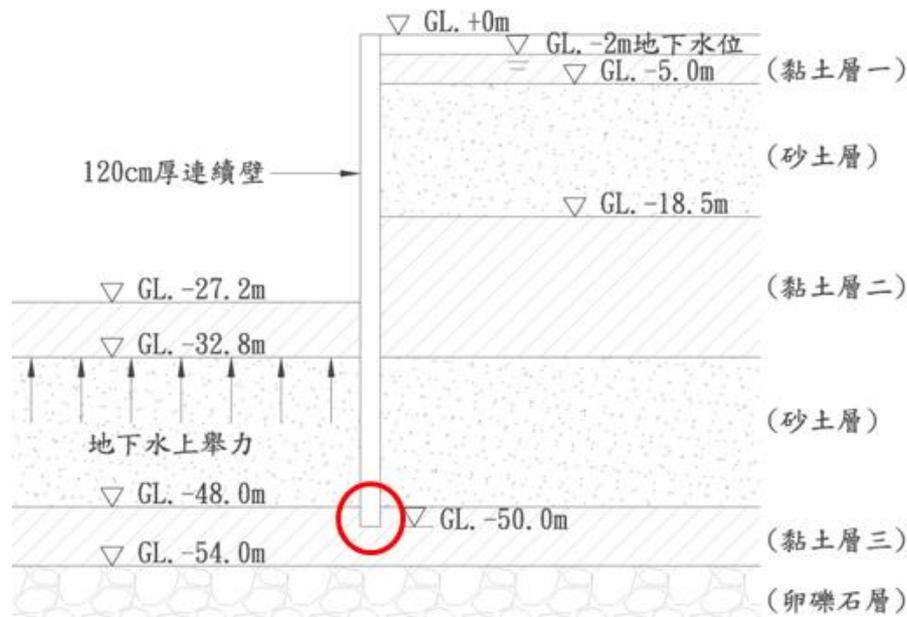


(2)台北盆地之地下水非呈靜水壓分佈，深砂土層水位低於地表，實際須抽降之地下水較少，但近年有回升趨勢。

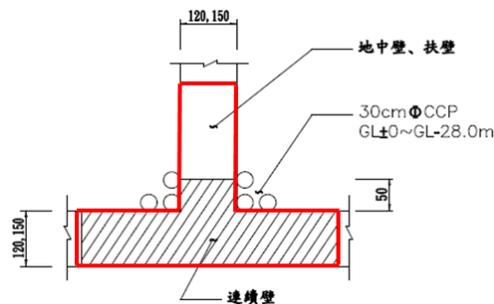




(3)依土層分佈將連續壁貫入不透水層，阻隔基地內外地下水，抽降基地內地下水位
 難度降低。



(4)以T型單元施做連續壁與扶壁接頭，壁體斷面轉動慣量提高，剛性增加，且防止
 分兩單元施做夾泥之風險。但T單提高剛性仍待進一步探討與監測數據確認。





簡報完畢 敬請指教

