

基礎開挖之鄰房保護及安全監測

結果評估實例

**BUILDING PROTECTION AND  
INSTRUMENTATION FOR  
EXCAVATION-A CASE STUDY**

陳柏序，蘇鼎鈞，陳明山

Bo-Hsu Chen, Ting-Chiun Su and Ming-Shan Chen

原著載於地工技術雜誌第45期

1994年3月，23-38頁

*Reprinted from Sino-Geotechnics Magazine,*

*No.45*

*March 1994, pp.23-38*

# 基礎開挖之鄰房保護及安全監測結果 評估實例

陳柏序 蘇鼎鈞 陳明山

亞新工程顧問股份有限公司

**關鍵字：**鄰房保護、地質改良、監測系統。

## 摘要

大地工程師對於在軟弱粘土層進行之深開挖工程，應綜合考量開挖穩定性、支撐系統安全及鄰房保護等問題，必要時則需進行地質改良工程以減少擋土結構之變位量，及其衍生之地表沈陷和鄰房傾斜情形。本文主要介紹位於台北市天母地區某深開挖工程案例，因該基地土層極為軟弱，影響基礎開挖工程甚鉅，經評估連續壁變位量可能達19公分左右，故進行地質改良工程以減少連續壁變位量，其改變方法包括水泥高壓噴射樁，扶壁式改良(SMW工法)及土釘等施工方式。監測結果顯示實際連續壁變位量僅在1至2.5公分左右。另由於本工程施工中採用深井之強制抽水方式，導致粘性土層之壓密沈陷，惟大部份呈均勻沈陷現象，並未有鄰房損壞之問題發生。

## BUILDING PROTECTION AND INSTRUMENTATION FOR EXCAVATION—A CASE STUDY

CHEN BO—HSU . SU TING—CHIUN . CHEN MING—SHAN

Moh and Associates, Inc

**KEY WORDS:** adjacent building protection , soil improvement , instrumentation.

## ABSTRACT

For deep excavation in soft clay, the geotechnical engineer has to consider the stability of excavation, the safety of bracing system, the protection of adjacent structures, and so on. In certain cases, soil improvement techniques may be required in order to reduce lateral displacement of the retaining structure, subsequent ground settlement and tilt of adjacent structures. This paper describes a case history of deep excavation in very soft clay in Tien—Mu, Taipei. Soil improvement methods including jet grouting, soil mixed wall as well as soil nail have been employed to reduce lateral displacement of the diaphragm wall. The maximum lateral displacement of the diaphragm wall was estimated to be 19cm if no soil improvement were employed. With soil improvement, lateral displacements less than 1 to 2.5cm were monitored. However, pumping from the artesian layer existing below the excavation level induced consolidation of the soft claylayer. Fortunately, because of the uniform settlement, no damage to adjacent buildings was observed.

## 一、前言

台北市天母地區某工地之地下粘土層極為軟弱，其下方砂性土層之水壓又極高，屬受壓水層，且工地四周鄰房於過去曾發生嚴重的傾斜現象，為避免施工過程中引起鄰房糾紛，故該基地於基礎開挖前，即先行於開挖區內外之軟弱粘土層施作地盤改良，以期減少擋土結構之側向位移及衍生之地表沉陷與鄰房傾斜現象。因篇幅所限，本文僅介紹該工程之鄰房保護方式，並藉由監測結果進行評估，以提供地工界作為類似工程施工參考。有關回饋分析之結果則將於另文發表。

## 二、基地現場及土層概況

本工程為地上26層地下3層之超高層建築，基地位於台北市天母忠誠路側，面積約4660平方公尺，其平面位置如圖一所示，除東側臨45公尺之忠誠路外，其餘各側均鄰近2~8層樓鄰房。本基地基礎開挖期間，西南側有一工地亦同時進行基礎開挖工程。基地地表地勢以北側及西側較高，南側及東側較低，相差約在1.5公尺內。

基地土層可概分為四個主要層次，其中第二層次為一厚達約14公尺之軟弱粘土層，影響開挖之安全甚鉅，有關土層之分佈及工程性質分別詳圖二及表一所示。地下水壓在第一層次之粉質細砂層中大致呈靜態水壓分佈，而在該層次以下之粉質粘土層及砂礫層之地下水壓則均略大於靜態水壓，地下水壓與深度之關係如圖三所示。

## 三、基礎工程概述

### 3.1 基礎型式

本工程基礎型式採用樁基礎。分別於主結構體區及非主結構體區施作寬度1.2公尺及0.9公尺之矩型基樁，深度至地表下23.5公尺，於開挖面以上則回填礫石級配，其配置情形詳圖一所示。

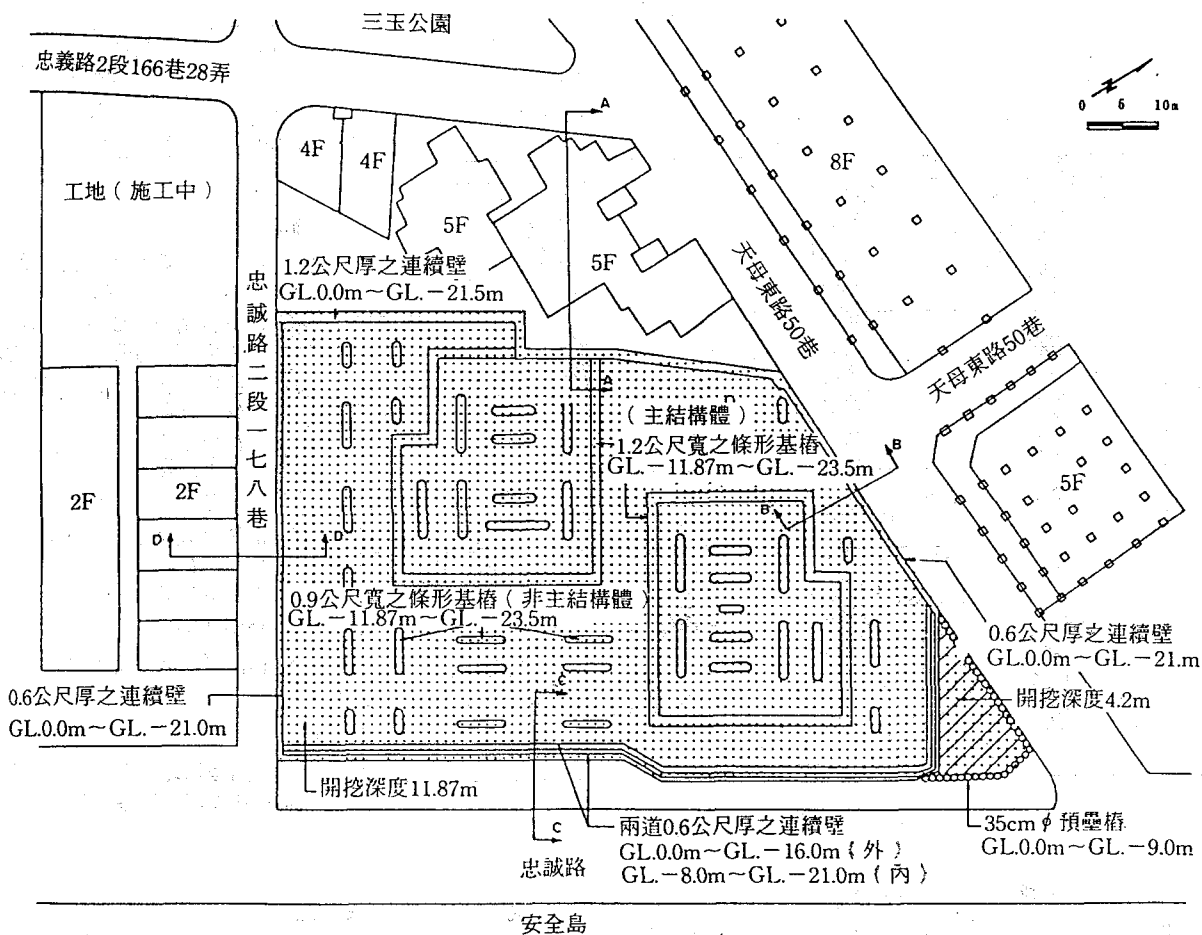
### 3.2 開挖擋土措施

本工程地下室土方開挖之擋土措施係採用兼作地下室結構體外牆之地下連續壁，基地西側因緊靠鄰房，壁厚採用1.2公尺，基地南、北側則為0.6公尺，基地東側因變更開挖深度（由8.15公尺加深至11.87公尺），故設計為兩道厚度0.6公尺連續壁；基地東北隅部份因僅開挖4.2公尺

表一 分析使用簡化土層狀況表

深度，公尺	土壤狀況說明	N值	$\gamma_t, t/m^3$	$c, t/m^2$	$\phi, \text{deg.}$	$S_u, t/m^2$
3.0	細砂質粉土或粉土質砂	5	1.83	0	30	—
17.0	粉土質粘土，約於深度5至7.5公尺之間，夾極大量之腐木，約於深度12公尺處夾平均厚度1.8公尺之砂層。	2	1.67	0	31	2.5-5.0
19.5	粉土質中細砂或砂質粉土，含少量礫石。	27	2.03	0*	34*	—
	砂礫層（火山碎屑堆積層）	>50	2.10*	0*	40*	—

註：\*表示推估值



圖一 基地平面位置及基礎工程概況圖

，採用直徑35公分，深9.0公尺之預疊樁為擋土措施。有關基地周圍擋土措施之深度及配置情形如圖一所示。

### 3.3 原設計之基礎開挖施工步驟

本工程之基礎開挖係採用挖內撐工法，地下室開挖深度為11.87公尺，共分五個階段進行，支撐系統採用四層H型鋼支撐，有關各層支撐型式及所施加預力詳圖四所示。

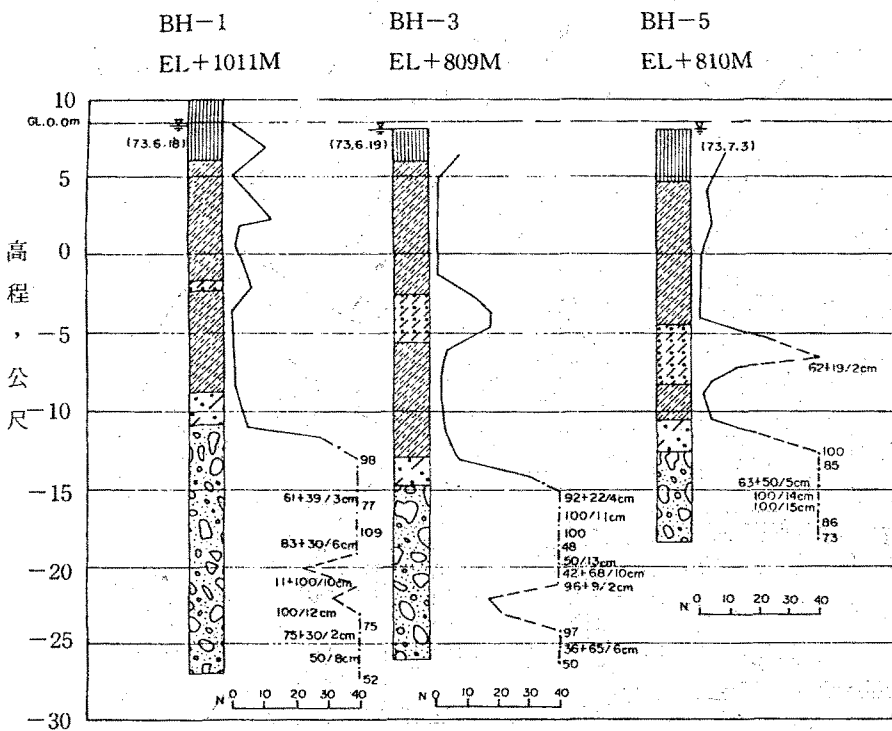
## 四、基礎開挖引致之連續壁變位及鄰房基腳沉陷量

由於本工程土質極為軟弱，且依據鄰

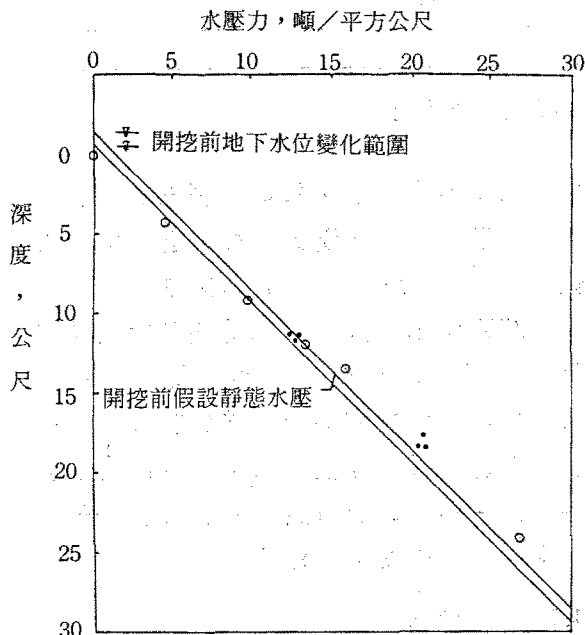
房之鑑定報告顯示，基地西側五樓鄰房於開挖前已發生傾斜現象，柱頂之變位向東偏移2.5~7.2公分，向南偏移2.3~7.0公分，詳圖五所示，推估該鄰房基礎因差異沉陷量所產生之角變量可能已達 $1/360$ 左右。故本工程於基礎開挖前先就基礎開挖引致之連續壁變位量及鄰房基腳沉陷量進行評估工作，以檢討開挖施工計劃之可行性及其對鄰房安全之影響。

### 4.1 分析方法

有關深開挖擋土結構之應力及變位分析，係採用WALL4程式之彈塑性分析模式來進行，如圖六所示，即將擋土壁視為一連續樑，置放於具有彈塑性行為之基礎



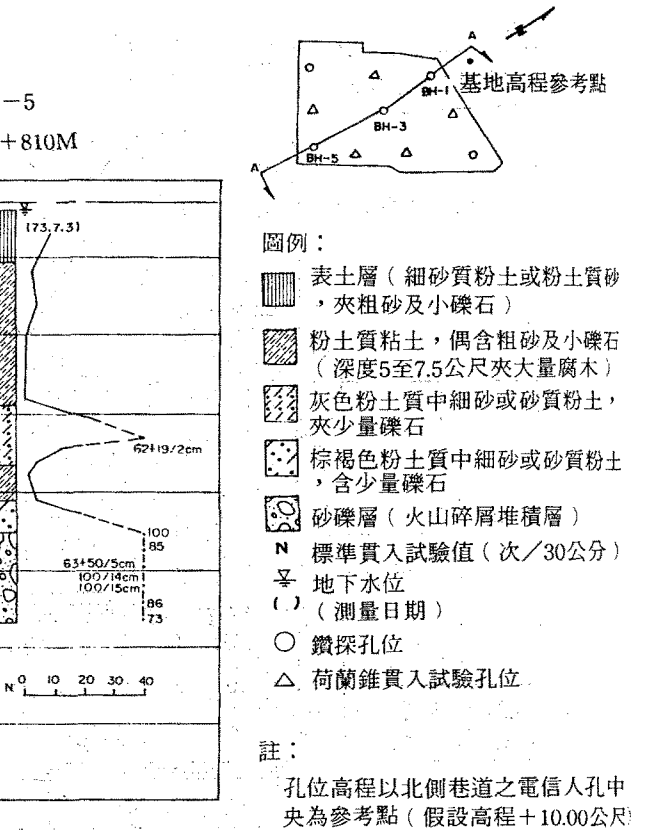
圖二 土層剖面圖



說明:

- 為民國73年 7月調查結果
- 為民國80年12月裝設水壓式水壓計觀測結果
- △ 為民國80年12月裝設水位觀測井觀測結果

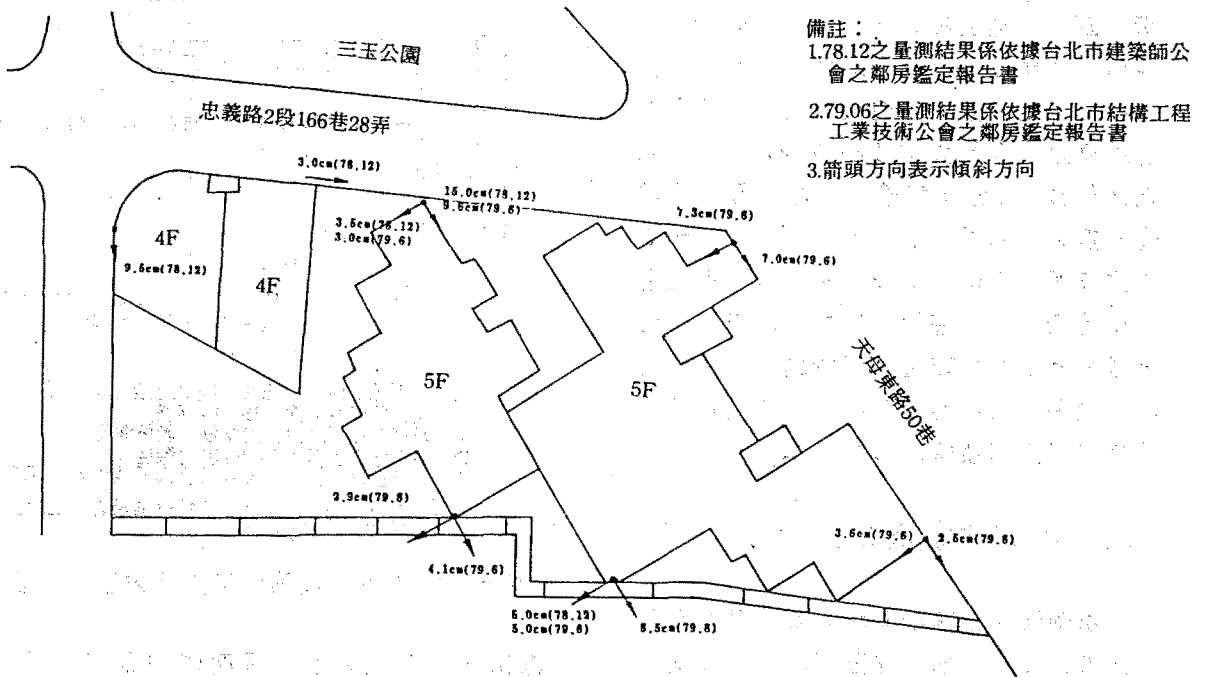
圖三 地下水壓與深度之關係圖



註:

- 中之數係代表施工順序。
- ①③⑤⑦⑨分別代表第一、二、三、四、五次開挖深度。
- ②④⑥⑧分別代表架設第一、二、三、四層支撐位置。

圖四 基地開挖施工步驟示意圖 (原設計)



備註：  
 1.78.12之量測結果係依據台北市建築師公會之鄰房鑑定報告書  
 2.79.06之量測結果係依據台北市結構工程工業技術公會之鄰房鑑定報告書  
 3.箭頭方向表示傾斜方向

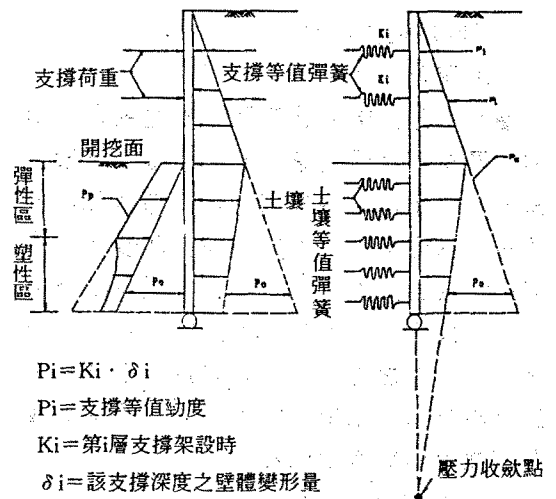
圖五 基礎開挖前西側鄰房傾斜狀況圖

上，支撐及開挖面下之土壤均以一系列具有彈塑性行為之彈簧表示，而擋土壁背側之側壓力，如土壓力、水壓力及地表上加載重等，均視為作用力進行分析，亦即將土壤與結構間之互制行為，簡化為單純之結構行為，並以結構分析求解。

依據經驗及以往於軟弱粘土層開挖案例之觀測資料綜合研判，開挖時基地外圍地表最大沉陷量約等於擋土措施之最大側向位移量 (Wooand Moh, 1990)，而外圍地表最大沉陷量處與連續壁之距離約等於連續壁最大側向位移量處深度之半，且沉陷之影響範圍約達開挖深度之2倍 (O'Rourke, 1989)。有關鄰近地表沉陷曲線之推求方法係參考Nicholson (1987)之建議，如圖七所示。

#### 4.2 分析結果

根據上述分析方法並適當模擬第3.3



(a)外力平衡狀況 (b)結構分析系統  
 圖六 彈塑性分析模式

節之施工步驟，及採用表一所示之土壤參數，分別針對圖一所示之A-A、B-B、C-C、D-D等四個剖面進行分析，推估各開挖階段之連續壁側向位移，為保守計

，分析時並未考慮基地內矩形基樁對土壤產生圍束效應之影響。分析結果顯示，基地南、北兩側60公分厚連續壁之側向最大位移約達19公分，基地東側兩道60公分厚連續壁之側向最大位移約達12公分，而基地西側120公分厚連續壁之側向最大位移臨5樓鄰房側約為7.4公分。因連續壁側向位移所導致鄰近區域地表沉陷，可能危及鄰房安全，即基地各側鄰房基礎差異沉陷量所產生之角變量將超過結構物所能容許之範圍，故決定於基礎開挖前進行地質改良以減少連續壁變形量。

### 五、地質改良及鄰房保護方案

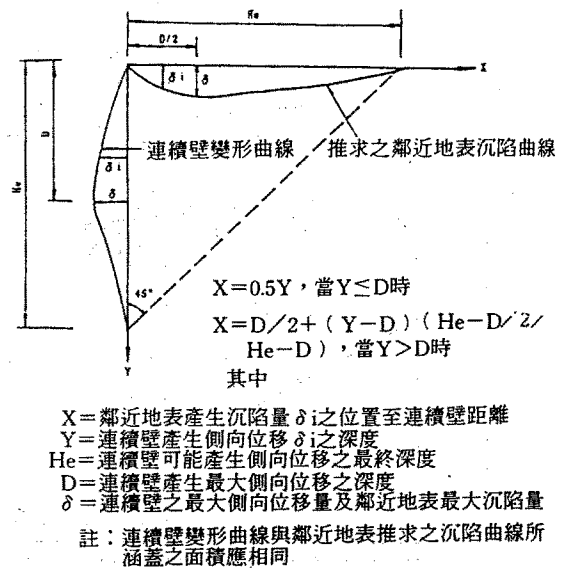
為確保基礎開挖期間人員，機具及鄰近結構之安全，本工程分別於連續壁施工前及基礎開挖前進行基地外及基地內之地質改良工作，茲分別簡述如下：

#### 1. 基地外地質改良：

為避免西側鄰房於連續壁施工期間產生傾斜，並期降低連續壁外側之主動土壓力，乃採用水泥高壓噴射樁及微型樁改良樁（俗稱土釘）兩種工法進行基地外地質改良，水泥高壓噴射樁係採塊狀改良，土釘則約50公分施作一支，其改良深度至地表下11公尺，改良範圍則詳圖八及圖九所示。基地外之地質改良因未進行取樣且施工時亦未進行鄰房沉陷量觀測，故實際改良成效及影響程度無法確認。

#### 2. 基地內地質改良：

基地內地質改良先採用水泥高壓噴射灌漿加攪拌工法，以塊狀改良方式施工，改良深度為地表下12.0至15.0公尺，其改良範圍詳圖八及九所示，由於現場改良結果未達預期要求（即平均取樣率需達90%，且單軸抗壓強度需大於15ksc），又考



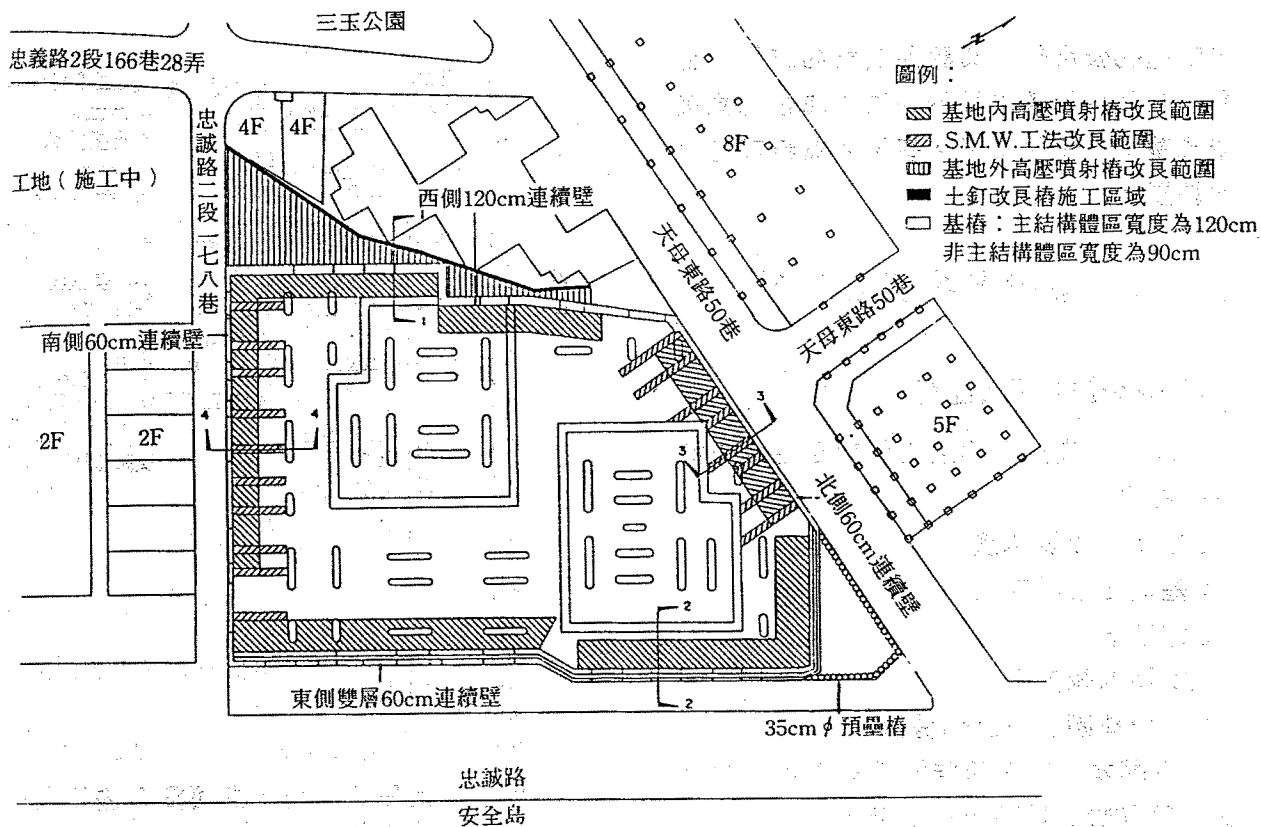
圖七 鄰近地表沉陷曲線推估方法之示意圖

慮南、北側之連續壁厚度僅0.6公尺，因此另施作SMW扶壁式改良，每一扶壁為寬度1.2公尺之改良樁，其與連續壁間之空隙再以高壓噴射灌漿工法填補，深度由地表面至地表下15公尺，期能減少連續壁變形及地表沉陷，以避免影響鄰房及巷道之安全，其取樣結果均達上述要求，改良範圍則詳圖八及九所示。地質改良效果檢驗結果顯示，就改良深度至15公尺而言，SMW地質改良之品質較水泥高壓噴射加攪拌工法為佳，有關地質改良之比較亦將另文解說。

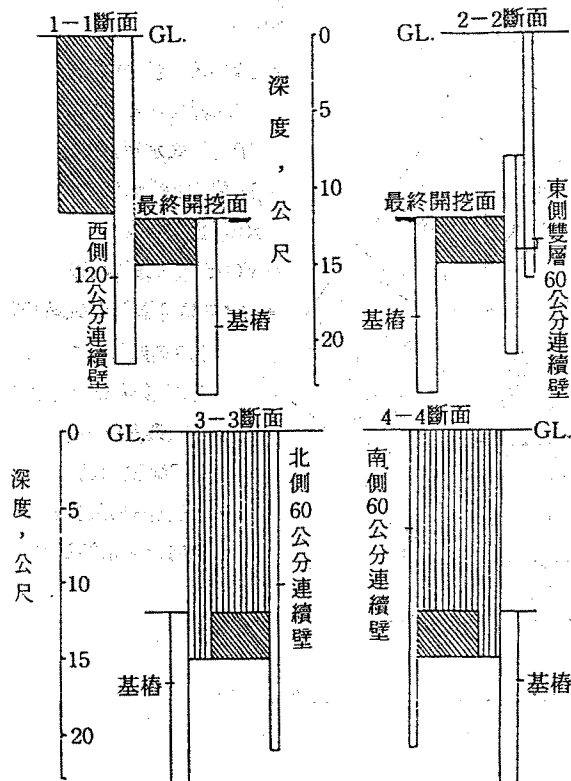
### 六、基礎開挖工程

#### 6.1 基礎開挖施工步驟

由於基地內深度12至15公尺之現場地質改良效果未達預期要求，為減少西側及東側連續壁之變位量，本工程之基礎開挖由五個階段增至六個階段，支撐系統亦由



圖八 基地內外地質改良平面示意圖



備註：高壓噴射樁改良範圍  
SMW扶壁式改良範圍  
基樁係採連續壁式施作

圖九 基地各側地質改良剖面圖

四層增至五層H型鋼支撐，即以減少每階段開挖深度，增加支撐層數及支撐軸力，增大各層支撐型鋼尺寸等方式，期能達到減少連續壁變位量之目的。有關本工程基礎最後採用之施工步驟詳圖十所示。

### 6.2 開挖過程抽水措施

由於本基地地表深度12.0公尺下方粘性土層及砂礫層（安山岩塊堆積）內之水壓高於靜態水壓約2噸／平方公尺左右，研判有一受壓水層，而基地東北側山區可能為地下水源頭，地下水補注量甚為充沛；為避免基地內地下水壓過高，使開挖底面與該受壓水層間之粘土層產生上舉破壞現象，乃於開挖前先進行抽水試驗，結果顯示該砂礫層透水性高但極不均勻，為達到降低水壓的目的，本工程基地內共設置10口深井抽水井，除一口位於基地東側，

深度達60公尺外，其餘深度均約25公尺左右，且抽水馬達均置於井底；為避免直接造成基地外水壓驟降，基地外並無其它抽水裝置。

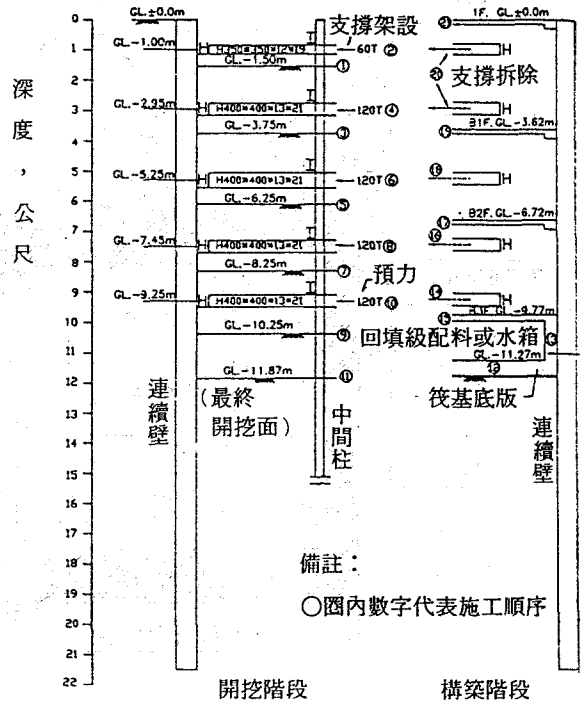
## 七、基礎開挖安全監測

### 7.1 安全監測系統配置

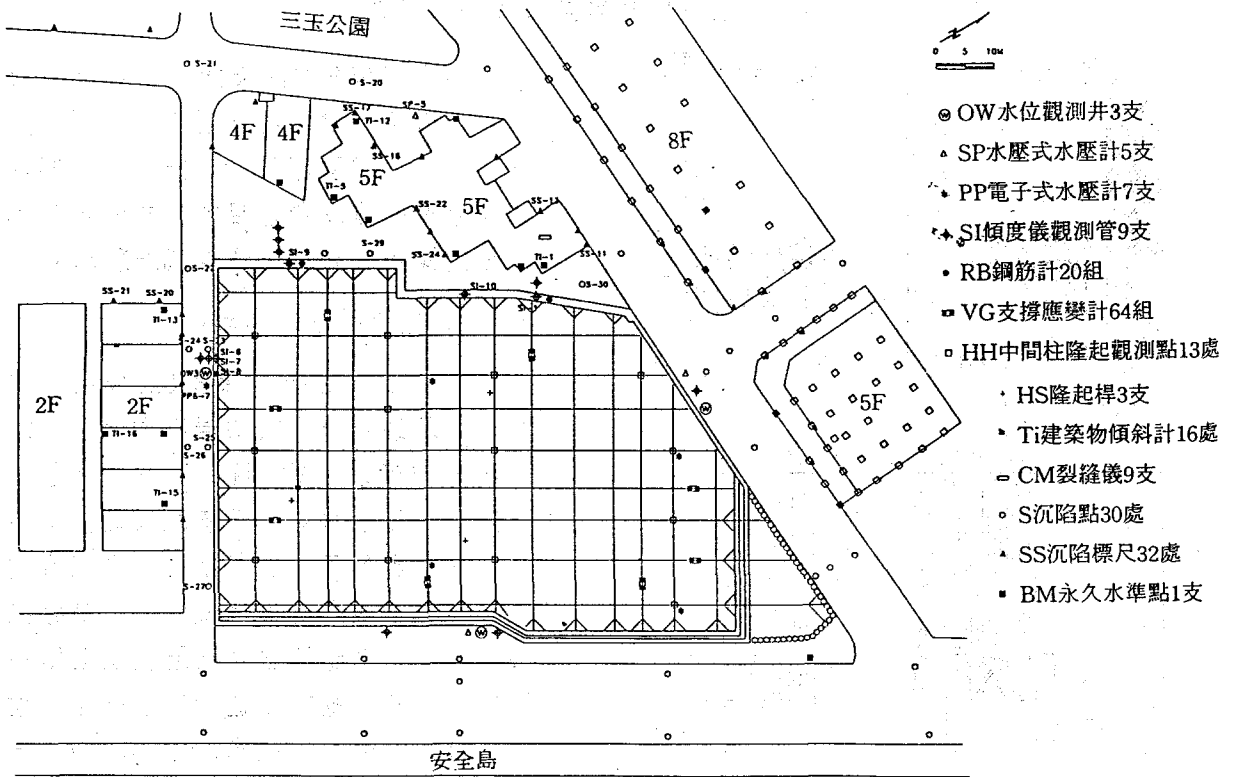
本工程安全監測之工作項目主要包括下列各項：

1. 地下水水位及水壓
2. 基礎土層穩定性
3. 連續壁安全
4. 支撐系統安全
5. 基地周圍沉陷及鄰房傾斜

有關本工程使用監測儀器種類、數量及其配置情形詳圖十一所示。



圖十 基礎工程施工剖面圖及施工順序 (實際採用)



圖十一 基地安全觀測系統平面配置圖

## 7.2 開挖安全監測結果評估

### 1. 地下水水位及水壓

由於本工程基地地下水充沛、地下水壓又極高，而連續壁底部以下仍為透水性高但不均勻之安山岩塊堆積層，故基地內抽水作業，應以避免基地內地下水壓過高產生上舉破壞現象，及基地外地下水水位及水壓洩降產生過大地表沉陷。

有關水壓之控制係以各階段開挖面下至深度17.0公尺之土壤總重，取安全係數1.25來訂定警戒值。基礎底版完成後，則另考慮基礎自重，基樁、連續壁與土層間之摩擦力，取安全係數1.05，以做為砂礫層內水壓控制之依據。

整體而言，本工程基地內地下水壓力控制情形尚稱良好，僅部分地區有地下水自開挖底面滲出造成施工不便，然並無上舉破壞現象發生。另由於連續壁底部以下仍為透水層，挖土期間之抽水作業導致基地周圍透水性高之砂層及砂礫層內的地下水水位及水壓均有下降現象，觀測結果顯示，挖土至基礎底面時，基地外淺層地下水水位較開挖前降低約1~2公尺左右，深度12

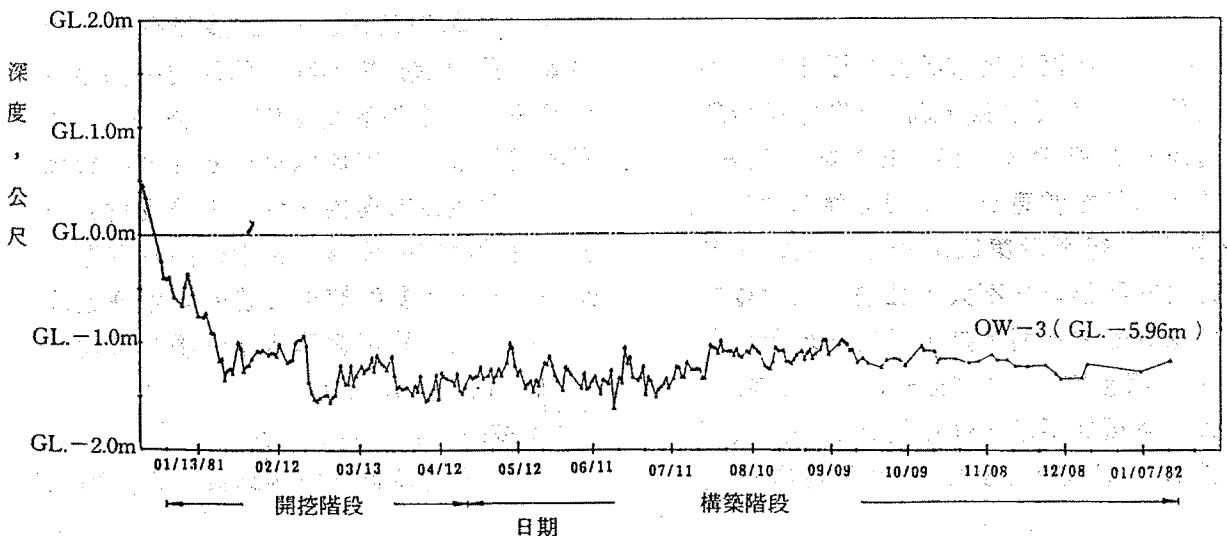
公尺處之水壓力降低約2~5噸/平方公尺左右，深度18公尺處之水壓力則降低達4.5~8.0噸/平方公尺左右，其中以南側及西側降低情形為最甚，在基礎構築期間關閉部份抽水井後，水位始呈回升趨勢，有關基地西側及南側外側之地下水水位和水壓變化情形，分別詳圖十二及十三。

### 2. 基礎土層穩定性

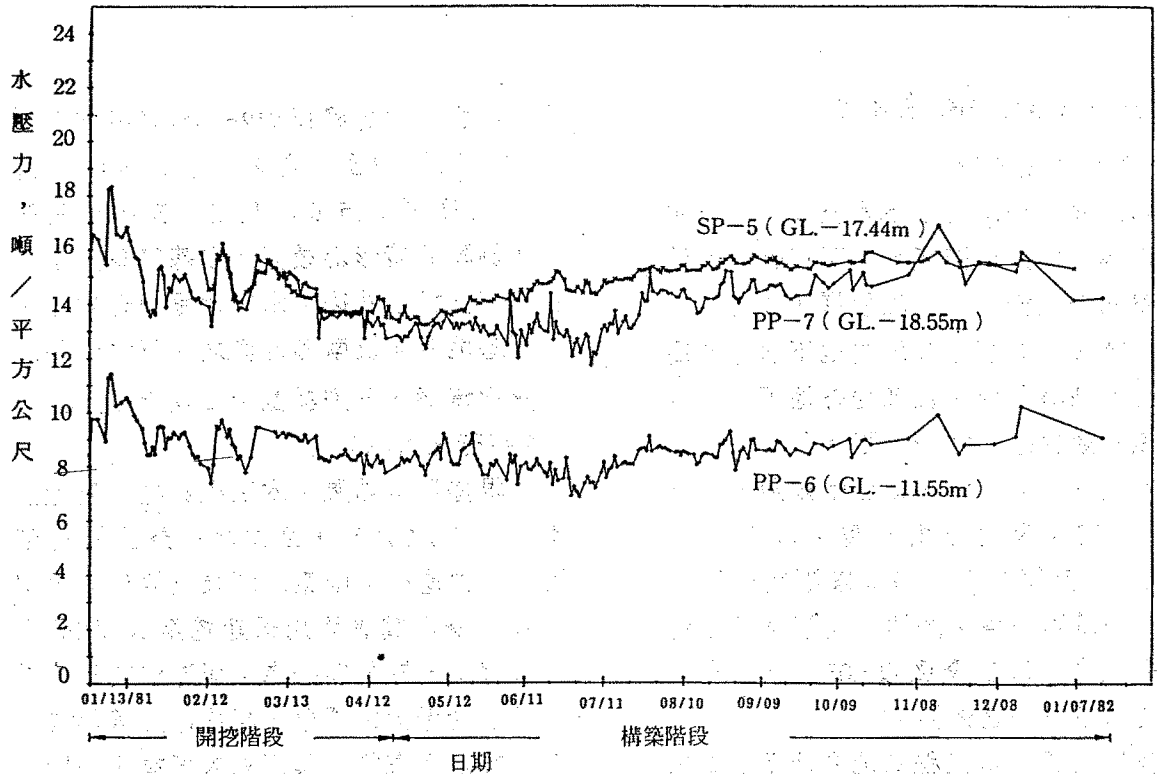
根據觀測結果，本工程開挖面隆起量不大，僅2.2公分，且連續壁外土層並無滑動現象產生，唯東北隅預壘樁附近於第二階開挖期間曾因局部超挖至深度5公尺，致樁底土層內向擠進，而造成其外圍道路沉陷量過大之現象，經施作圍荅補強並完成該區大底後，其沉陷未再有明顯變化；故整體而言，開挖期間本基地基礎土層係處於安全穩定之狀況。

### 3. 連續壁安全

由於基地外西側地質改良及基地內扶壁式地質改良工程發揮效用，本工程西側及南側之連續壁最大側向位移僅1公分左右，而北側及東側連續壁變位量則分別在2.0及2.5公分左右，另連續壁內主鋼筋應



圖十二 基礎施工期間基地外地下水水位變化圖



圖十三 基礎施工期間基地外地下水壓變化圖

力最大僅350公斤/平方公分左右，顯示本工程連續壁於基礎施工期間係屬安全。僅就基地西側及南側連續壁於基礎施工期間之變位情形示於圖十四，（圖中連續壁變位量之觀測結果係考慮連續壁底部土層為堅硬之安山岩集塊層，即假設傾度管底部為不動點計算而得），並綜合分析如下：

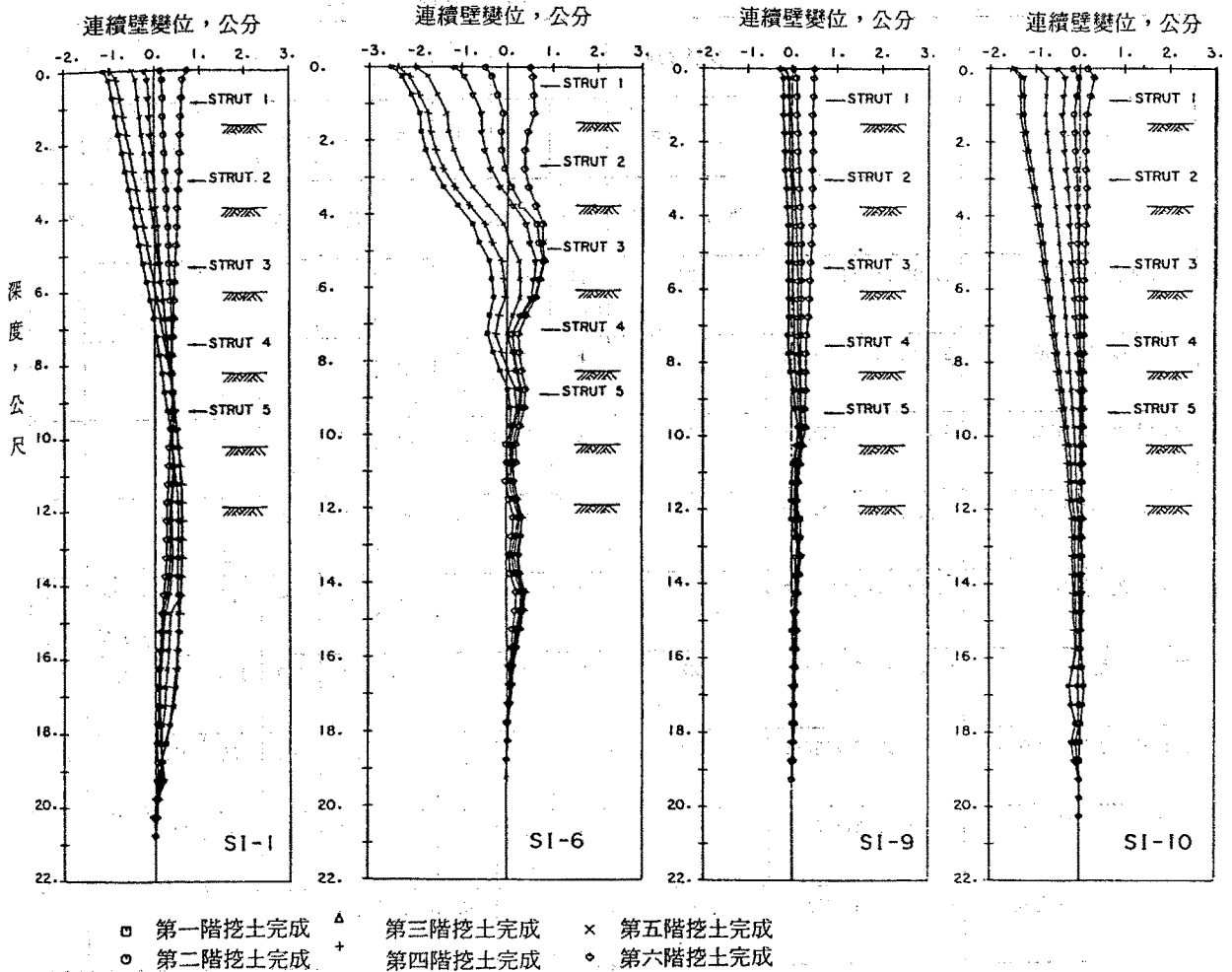
(1)因基地西側地質改良範圍不同及西北側局部未改良之故，SI-1附近連續壁壁體變形曲率較大，SI-10次之，SI-9則顯示壁體相當直立。由西側連續壁SI-1之變形曲線顯示第四階挖土完成後，最大側向位移已變化不大，且發生位置並未隨開挖深度增加而下降，研判基地內地質改良（深度GL.-12.0m~GL.-15.0m）雖然未達預期要求，惟仍對減少變形量稍有貢獻。另SI-1及SI-10之間有一道

1.2m厚之主結構體矩形基樁，研判對減少壁體變形亦有幫助。

(2)本工程扶壁式地質改良之施作深度為地表下0~15公尺，改良體係隨開挖深度增加而逐漸打除至開挖面，因保留於地層中之改良體充份發揮功效，觀測結果顯示每階開挖面以下之壁體並未有太大變位產生，詳基地南側SI-6之連續壁變形曲線圖，另顯示開挖過程中壁體均往基地外側傾斜（壁體外傾度管SI-7及SI-8亦顯示相同結果），其原因可能為因有扶壁式改良，壁體沒有向內移動，但受支撐之預壓力所致故向外位移，又南側連續壁厚度僅60公分，其勁度較小及壁外土層極軟弱，致挖土完成後南側連續壁壁頂往基地外側位移達3公分左右。

#### 4.支撐系統安全觀測結果

有關支撐荷重之觀測結果，經整理成



圖十四 連續壁變位圖（西側：SI-1，10，9及南側SI-6）

表二，顯示各層支撐均控制在型鋼容許最大軸力範圍內，另中間柱隆起量不大（最大僅2公分），故支撐系統無安全之虞。

#### 5. 基地周圍沉陷量及鄰房傾斜量

依據觀測結果，本工程開挖期間基地東側忠誠路總沉陷量約3~7公分，基地北側巷道及鄰房約11~15公分，基地西側鄰房及巷道約4~11公分，基地南側巷道及鄰房約7~15公分。另由建物傾斜計之觀測結果顯示基地北側及南側鄰房傾斜量不大，約在1/500左右，並無太大差異沉陷量產生；而基地西側鄰房因往西北方向傾斜1/250，經與開挖施工前之鄰房鑑定報

告比較，顯示該鄰房有被扶正之現象。整體而言，本工程因基礎開挖工程引起基地周圍沉陷量較大，惟建物傾斜量則顯示未對鄰房產生結構性破壞，故無安全之顧慮。有關基地西側及南側沉陷量及鄰房傾斜變化情形詳圖十五至圖十九所示，基地周圍等沉陷曲線如圖二十所示，並綜合分析如后：

(1) 本工程由於連續壁側向位移變化不大，基地周圍沉陷量研判主要係受基地內抽水之影響，且大部份屬均勻沉陷現象，基礎施工期間曾依據基地外地下水壓觀測結果進行回饋分析，並採壓密理論方法分

表二 各施工階段各層支撐平均荷重量測結果一覽表

施工進度	量測時間 年/月/日	支撐層別	1		2		3		4		5	
		長/短向	長	短	長	短	長	短	長	短	長	短
		平均溫度, °C	支 撐 平 均 荷 重 噸									
第二階段開挖完成	81/01/18-81/01/30	20	49 (60)	57 (60)								
第三階段開挖完成	81/01/31-81/02/22	17	8	22	106 (120)	86 (120)						
第四階段開挖完成	81/02/23-81/03/26	21	1	11	83	68	119 (120)	116 (120)				
第五階段開挖完成	81/03/27-81/04/13	23	0	6	68	60	107	112	141 (120)	132 (120)		
第六階段開挖完成	81/04/14-81/04/26	25	0	4	58	52	95	104	128	117	127 (120)	126 (120)
基底版構築	81/04/27-81/05/29	27	0	1	49	46	91	100	129	120	135	129
第五層支撐拆除完成	81/05/30-81/06/15	28	0	1	48	49	93	106	138	133	134	139
第四層支撐拆除完成	81/06/16-81/07/08	31	0	1	55	54	107	118	154	144		
第三層支撐拆除完成	81/07/09-81/09/09	32	0	2	68	61	124	128				
第一、二層支撐拆除完成	81/09/10-81/10/23	29	0	10	96	83						

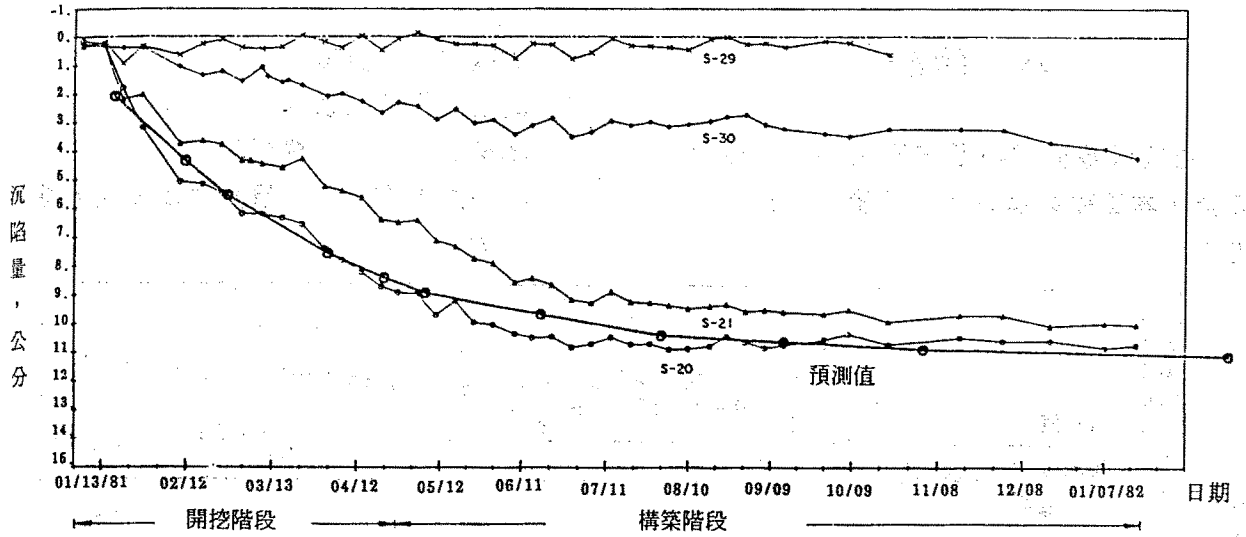
註：( )內為預壓量

析並預測基地各側道路沉陷量發生情形，顯示沉陷量變化趨勢大致與基地外深度12及18公尺附近砂層內地下水壓力變化情形相似，主要沉陷量係發生於土方開挖階段，基礎構築階段則因基地外砂層內地下水壓呈回升現象而漸趨緩和。

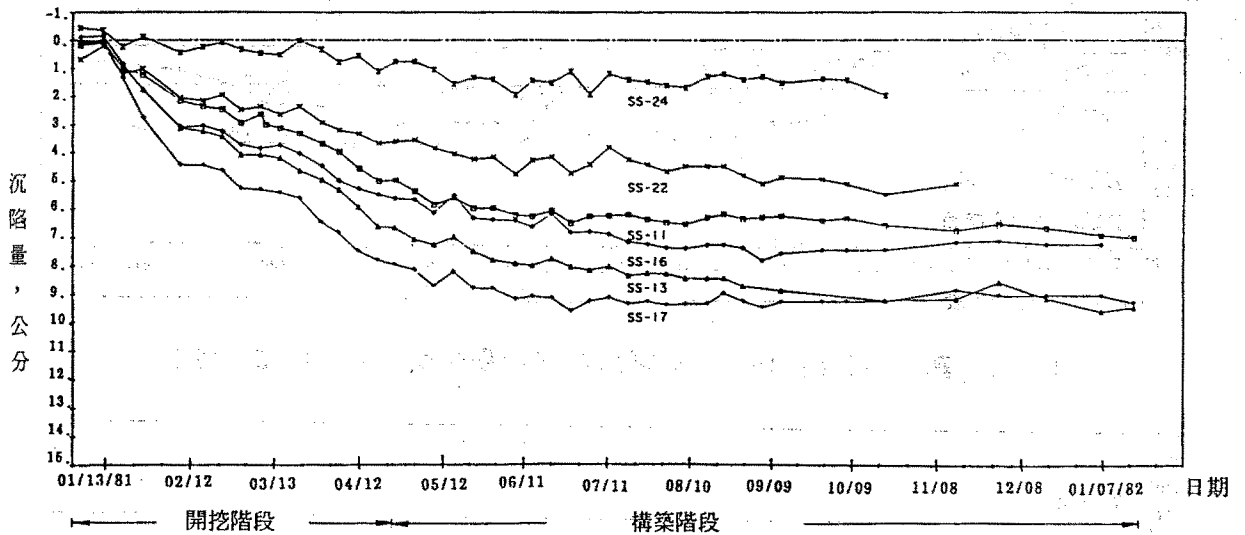
(2)基地東北隅預壘樁外側巷道於本工程開挖初期，因受止水灌漿影響而有隆起現象發生。於第二階段挖土期間，預壘樁附近部份超挖至深度5公尺，致預壘樁外側道路沉陷量過大，研判係預壘樁底端向內擠進及變形量太大所引起。

(3)因基地外地質改良使土層性質改變及受基地內深井抽水之影響，造成西側鄰房往西北方向傾斜，致該鄰房有被扶正的現象，另由裂縫儀之觀測結果，該鄰房之裂縫寬度則有減小趨勢。

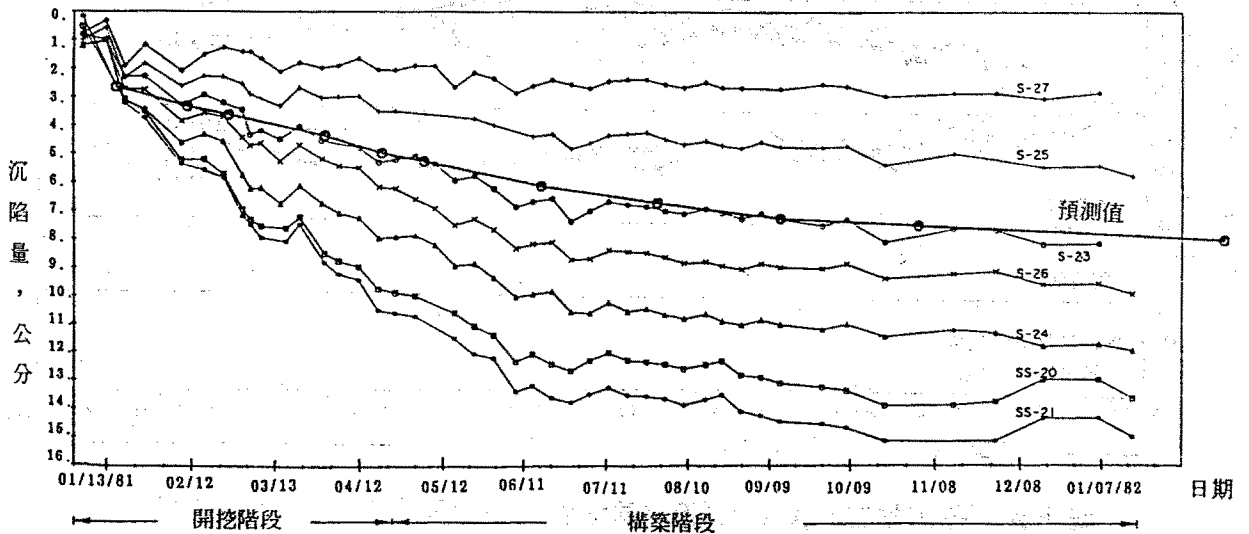
(4)基地南側鄰房沉陷量較大，研判除受基地內抽水所引起之沉陷外，尚受鄰近工地連續壁導溝施工及基礎開挖施工之影響。由於該側最大沉陷量發生處距離連續壁達20公尺左右，故研判主要係受基地內深井抽水之影響。



圖十五 基礎施工期間基地西側道路沉陷觀測點沉陷量變化圖



圖十六 基礎施工期間基地西側鄰房沉陷標尺沉陷量變化圖

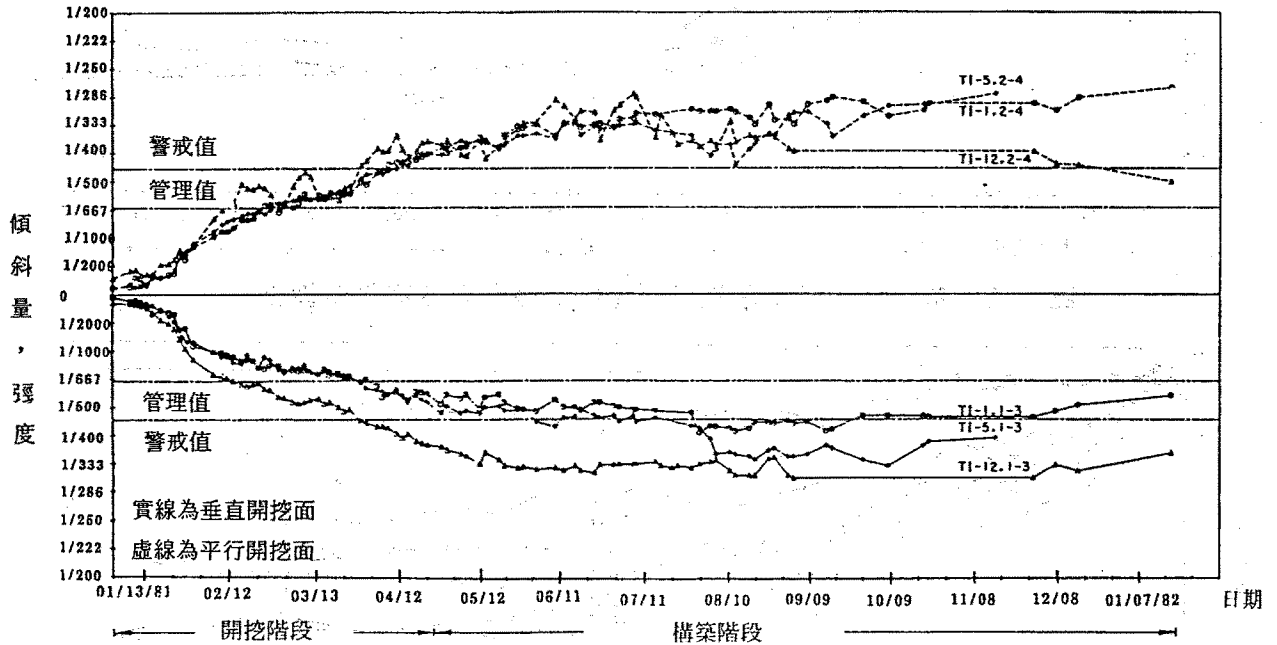


圖十七 基礎施工期間基地南側道路及鄰房沉陷觀測點沉陷量變化圖

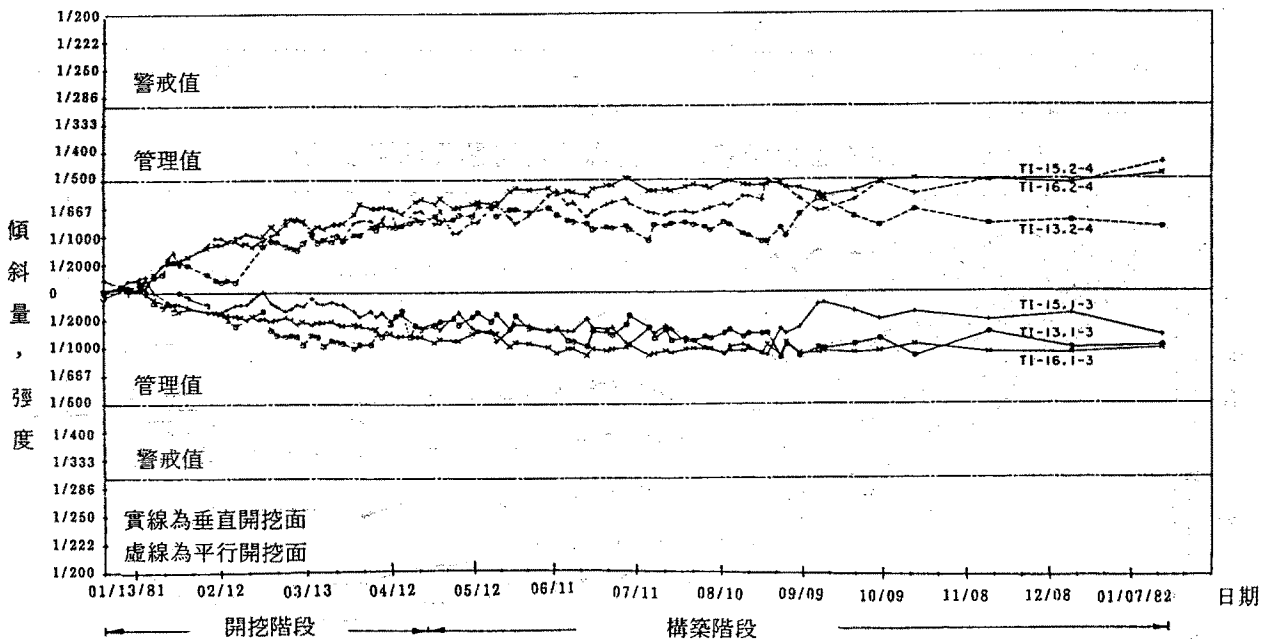
## 八、結論

1. 為確保基礎開挖期間四周鄰房之結構安全，本工程共進行下列四項鄰房保護措施：

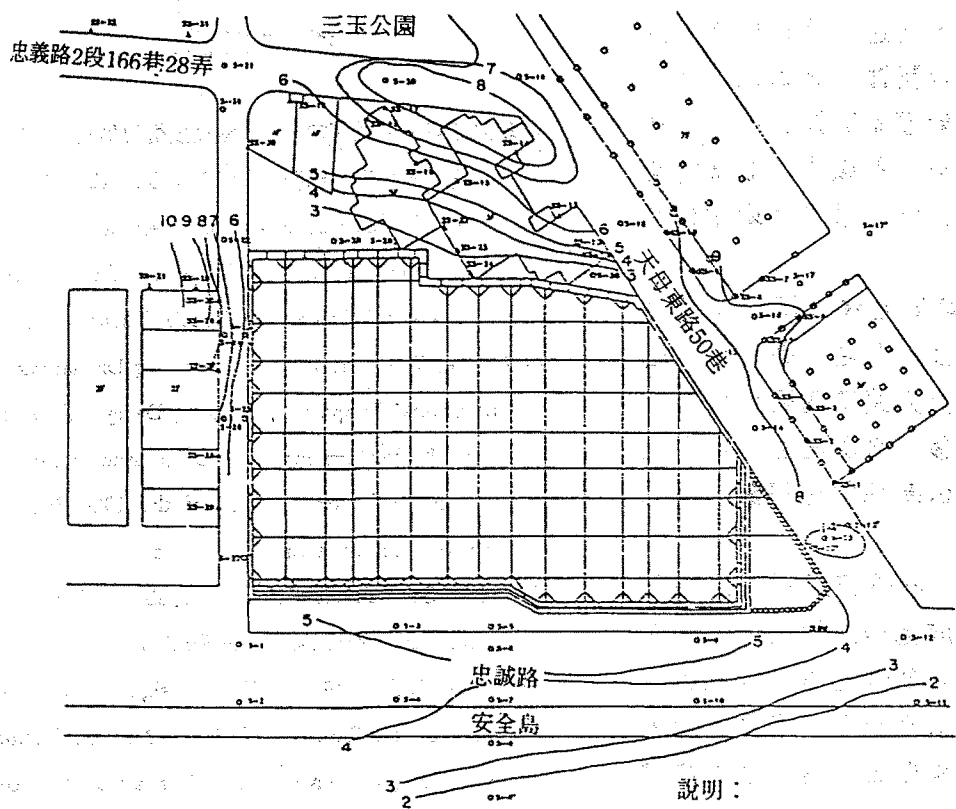
- (1) 基地外地質改良
- (2) 基地內地質改良
- (3) 減少各階段開挖深度
- (4) 增加支撐層數，預壓力及增大支撐型鋼尺寸



圖十八 基礎施工期間西側5樓鄰房傾斜量變化圖 (TI-1, 5, 12)



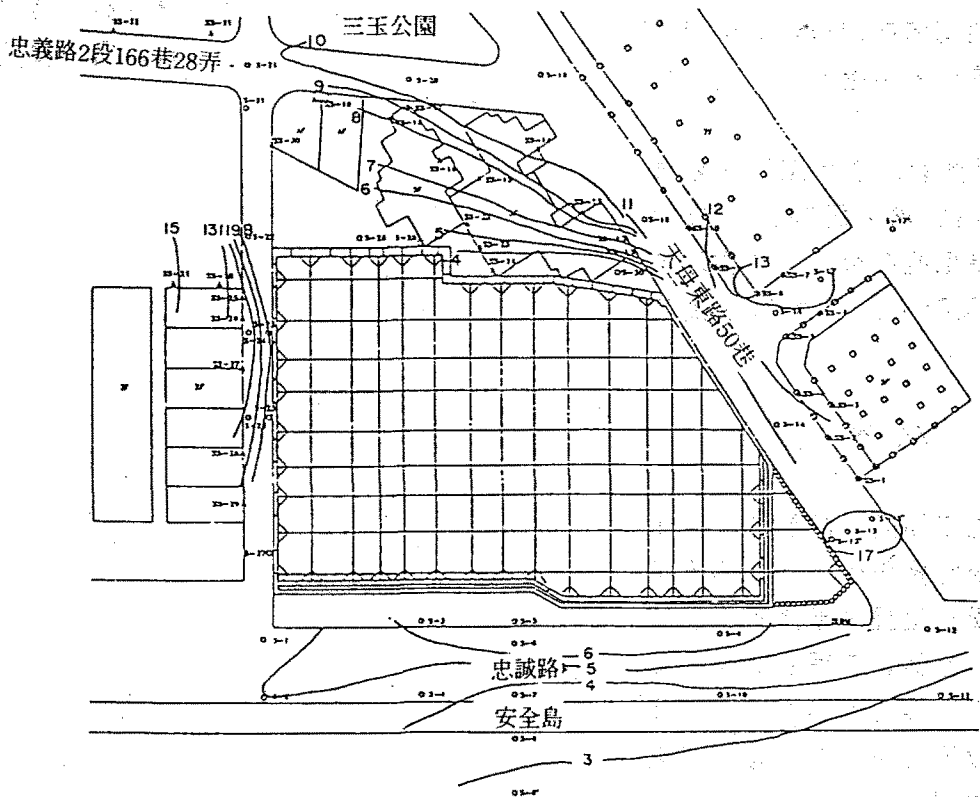
圖十九 基礎施工期間南側2樓鄰房傾斜量變化圖 (TI-13, 15, 16)



(A) 第六階開挖完成

說明：

3——3: 推估沉陷量3公分之等沉陷量曲線



(B) BIF 築構完成

圖二十 基地周圍沉陷量示意圖

監測結果顯示，上述之保護措施均對減少連續壁之變位量發揮顯著的效用。其中基地內之高壓噴射灌漿改良工法經評估雖未達預期要求，惟仍對減少變形量稍有貢獻。本開挖案例之連續壁最大變化量在1.0至2.5公分左右。

2.本開挖工程基地周圍最大沉陷量發生在距離連續壁達20公尺左右，與一般之經驗（即最大沉陷量處與連續壁距離約等於連續壁最大側向位移量處深度之半）並不一致，研判主因係基地內採用深井抽水之故。

3.本案例為避免上舉破壞所採行之深井強制抽水方式，造成基地周圍沉陷量之過大現象，最大達約15公分左右，雖經評估並未對鄰房產生結構性破壞，但仍建議大地工程師將來處理類似工程時，應審慎檢討基地內祛水計劃。

4.基礎開挖期間應嚴格控制各階段之開挖深度，避免因超挖造成類似本案例東北隅預壘樁底部土層向內擠進及衍生過大地表沉陷之現象。

5.水泥高壓噴射灌漿加攪拌工法之效果檢驗結果不符預期要求，而SMW地質改良工法之檢驗結果則能符合，顯見在地質改良深度達15公尺時，SMW地質改良工法之品質較易控制。

## 九、誌謝

本工程基礎施工期間承蒙新光人壽保險股份有限公司康智賢先生，新光建設股份有限公司楊白松先生提供卓見及協助，本文撰寫過程，承蒙亞新工程顧問公司莫若楫總經理、王劍虹經理、秦中天博士及黃南輝博士之鼓勵與指正、許如蕙小姐之鼎力幫忙，特此申謝。

## 參考文獻

- 內政部營建署（民國77年），“建築技術規則建築構造篇（基礎構造設計規範）”。Woo, S.M. & Moh, Z.C. (1990), "Geotechnical Characteristics of Soils in the Taipei Basin", Tenth Southeast Asian Geotechnical Conference, Special Taiwan Session.
- O'Rourke, T.D. (1989). "Predicting Displacements of Lateral Support Systems", Design, Construction & Performance of Deep Excavations in Urban Areas, Proceedings of the 1989 Seminar, Boston Society of Civil Engineers.
- Canadian Geotechnical Society (1985), "Foundation Engineering Manual", 2nd Edition.
- Nicholson, D.P. (1987) "The Design and Performance of the Retaining Walls at Newton Station" Proc., Singapore Mass Rapid Transit Conference.

83年2月14日 收稿

83年3月5日 修改

83年3月19日 接受