

基礎深開挖鄰房保護評估及  
安全監測成果案例探討  
**A CASE STUDY OF BUILDING PROTECTION  
AND EVALUATION OF MONITORING DATA  
DURING EXCAVATION**

楊永康，陳紹魁，蘇鼎鈞

Y. K. Yang, S. K. Chen and T. C. Su

原著載於地工技術雜誌第 75 期  
1999 年 10 月, 第 29~40 頁  
*Reprinted from Sino-Geotechnics,*  
*Taipei, Taiwan*  
*October, 1999, No. 75, pp.29~40*

# 基礎深開挖鄰房保護評估及安全監測 成果案例探討

楊永康 陳紹魁 蘇鼎鈞

亞新工程顧問股份有限公司

## 摘要

在都會區建物林立、建地使用漸趨密集的今日，新建工程基地緊鄰既有建物開挖施工之情形極為頻繁，為避免開挖期間造成鄰損糾紛，事前應妥善予以考量保護措施。

本文係以一緊鄰建物之案例，說明鄰房保護地質改良之評估方式，並根據施工階段實際監測成果驗證構築扶壁之改良成效，期作為類似施工條件之評估參考。

**關鍵字：**鄰房保護、地質改良、回饋分析、監測系統。

## A CASE STUDY OF BUILDING PROTECTION AND EVALUATION OF MONITORING DATA DURING EXCAVATION

YANG YUNG KANG CHEN SHAO KUEI SU TING CHIUN

MOH AND ASSOCIATIONS, INC.

## ABSTRACT

In today's urban area, where newly developed construction sites are frequently adjacent to existing buildings. It is of great importance to consider suitable building protection measures prior to construction to avoid possible damages.

In this paper, a case history is presented to illustrate the procedure of evaluating ground improvement for the protection of adjacent buildings during excavation. Monitoring results during excavation are also presented and discussed in order to confirm the effectiveness of the adopted measures.

**KEY WORDS :** building protection , ground improvement , back analysis ,  
monitoring system.

## 一、前言

台灣地區地狹人稠，其中都會區之集中發展尤為迅速。在建築物林立，建地使用率漸趨密集之情況下，新建工程基地緊鄰既有建物開挖施工之情形亦極為頻繁，若未能在擋土支撐系統之設計施工階段通盤考量及掌握鄰房狀況，極易造成損鄰及賠償糾紛。

本文係以台北市某工程基地為例，探討地下室開挖對緊鄰建物可能產生之影響，以及鄰房保護地質改良方案之評估，另輔以施工階段之實際監測成果以印證地質改良之成效。

## 二、基地位置和土層分佈情形

### 2.1 基地現場與鄰房概況

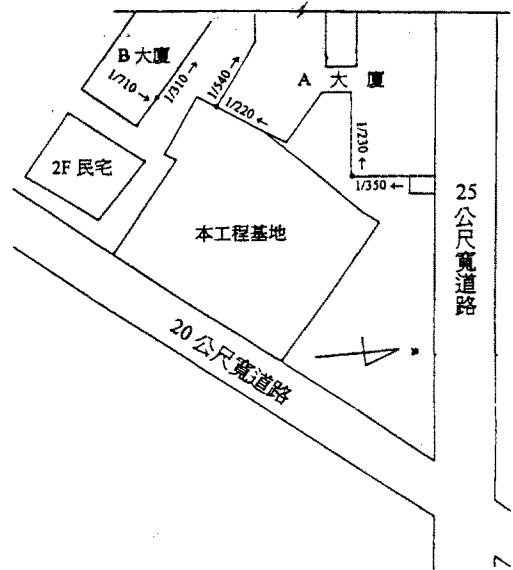
本案例基地位於台北市區，除西南隅局部向外延伸外，大致呈正方形，邊長約32公尺至33公尺。基地平面位置詳圖一。

基地西北側緊鄰一地上7層、地下1層之A大廈，西南隅約5公尺外鄰一地上7層、地下1層之B大廈及一2層樓民宅，東南側為約20公尺寬之道路，北側則間隔一座小型臨時停車場而鄰約25公尺寬之道路。

綜合整理前述建物概況如表一所示。另於開挖前曾分別於A大廈及B大廈進行建物傾斜度量測，其位置及量測結果如圖一所示。

表一 鄰近建物概況一覽表

| 建物名稱 | 結構型式 | 基礎型式 | 層數   | 與連續壁最近之距離，公尺 |
|------|------|------|------|--------------|
| A大廈  | R.C. | 筏式基礎 | 1B7F | <1           |
| B大廈  | R.C. | 筏式基礎 | 1B6F | 5            |
| 2樓民宅 | R.C. | 獨立基腳 | 2F   | 10           |



圖一 鄰房傾斜度量測位置及方向示意圖

### 2.2 土層分佈情形

根據地質鑽探結果顯示，本基地土層分佈尚稱均勻，在地表下約45公尺以內大約可分為下列數個層次：

第I層次：粉質粘土層；黃棕色或灰色；具極軟弱至軟弱稠度。本層次平均厚度約6.0公尺(GL.0m~GL.-6m)，平均N值約為2。另地表下0.3公尺至2公尺深度內為N值較高之回填土。

第II層次：粉質砂土層；灰色；疏鬆至中等緊密程度。本層次平均厚度約3.1公尺(GL.-6.0m ~ GL.-9.1m)，平均N值約為12。

第III層次：粉質粘土層；灰色；具中等堅實稠度。本層次平均厚度約8.9公尺(GL.-9.1m~GL.-18.0m)，平均N值約為6。

第IV層次：粘質粉土或砂質粉土；灰色；具中等堅實稠度或疏鬆程度。本層次平均厚度約9公尺(GL.-18.0m ~ GL.-27.0m)，平均N值約為7。

第V層次：粉質粘土；灰色；具堅實稠度；偶夾砂質粉土薄層。本層次平均厚度約 18.9 公尺 (GL.-27.0m ~ GL.-45.9m)，平均N值約為12。

另基地內開挖前之地下水位約位於地表下2.1公尺，地下水壓則大致呈靜態分佈。

### 三、本工程概況及地質改良評估緣由

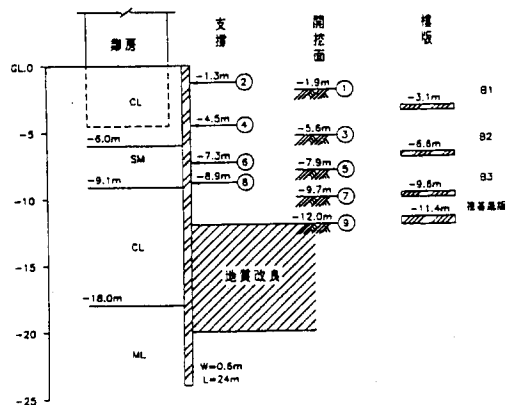
本工程基地除西南隅局部向外延伸外，大致呈正方形，邊長約32公尺至33公尺，開挖深度為12公尺，主結構物包含3層之地下室及11層之地上樓層。有關開挖擋土措施係採用連續壁配合4層內支撐之方法進行，並以順打方式施工。本工程連續壁厚度為60公分、長度達24公尺，而開挖支撐系統則詳表二。有關本基地之開挖施工順序詳圖二所示。

表二 開挖支撐系統一覽表

| 支撐階段            | 支撐型式             | 預壓 (噸) |
|-----------------|------------------|--------|
| 1               | H 300×300×10×15  | 40     |
| 2               | H 350×350×12×19  | 80     |
| 3               | H 400×400×13×21  | 100    |
| 4               | 2H 350×350×12×19 | 2×60   |
| 開挖範圍:約32公尺;33公尺 |                  |        |
| 開挖深度:12.0公尺     |                  |        |
| 連續壁厚度:60公分      |                  |        |
| 連續壁貫入深度:24公尺    |                  |        |

根據原設計圖說顯示，為減少連續壁開挖產生壁體變形及鄰近地表超量沈陷，在深度範圍 GL.-11.95m 至 GL.-20.0m 之間係採用梅花樁形式之 SMW 地質改良，其改良率約20%。惟於現場連續壁工程及地質改良施工完成後，業主考量緊臨基地之A大廈在垂直開挖面方向之既

有傾斜量最大已達約1/540 (詳圖一)，為避免開挖期間因施工因素造成該幢大廈損害而產生不必要之糾紛，乃於基地全面開挖前，就本工程地下室開挖階段可能對A大廈產生之影響進行通盤檢討、評估，並提出必要之改善方案。至於B大廈在垂直開挖面方向之既有傾斜量約為1/710 (詳圖一)，因係鄰本基地角隅位置，研判受開挖影響較小，故採取轉角位置附近打設微型樁進行保護，並加強施工期間安全監測工作之措施，本文對該部份評估暫不著墨。



註: 1. ○中之數字代表施工順序。

2. ①③⑤⑦⑨分別代表第一、二、三、四、五階段開挖深度。

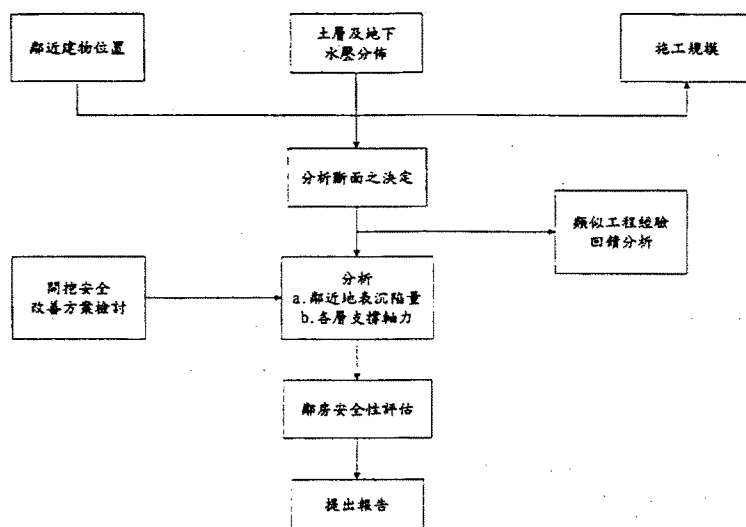
3. ②④⑥⑧分別代表第一、二、三、四支撐位置。

圖二 開挖施工順序示意圖

### 四、鄰房保護地質改良方案評估

#### 4.1 評估流程

有關本工程基地開挖對鄰房影響及地質改良方案之分析評估流程詳圖三，同時簡述如下：



圖三 分析工作流程圖

根據本基地土層分佈情形、施工規模與鄰近建物之位置等，決定本評估工作之分析斷面。

整理類似工程之施工和監測結果作為本工程鄰房安全性分析評估之參考和佐證依據，並進行回饋分析。即採用類似工程之土壤參數，並配合實際施工狀況，以及水壓、擋土結構和支撐之勁度等資料，進行回饋分析，以驗證選用參數之可靠性和合理性，再據以進行本開挖工程之分析評估。

分析本工程目前設計條件下開挖時可能引致之鄰近地表沉陷量及各層支撐軸力。

綜合分析結果以及建築物一般容許沈陷量及角變量建議值，進行鄰房安全性之評估，並考量改善效益及工程經濟等因素，採用一最佳地質改良方案。

## 4.2 類似工程經驗回饋分析

有關本工程之回饋分析工作，經蒐集比較結果，以位於本工程基地鄰近地區之

某案例地理位置、土層分佈、施工規模和開挖擋土措施等條件與本工程最為接近，該工程已順利完工且有完整之監測資料，故予以採用進行回饋分析。並將分析結果採用之土壤參數和分析模式作為本次鄰房安全評估之依據。

## 4.3 本基地開挖影響評估結果

根據4.2節所述案例回饋分析所得之分析模式和參數，可針對本基地開挖期間之連續壁側向位移和開挖引致之鄰近地表沈陷等進行評估，有關分析時採用之土壤參數詳表三。本文茲針對基地西北側緊臨之A大廈進行說明。

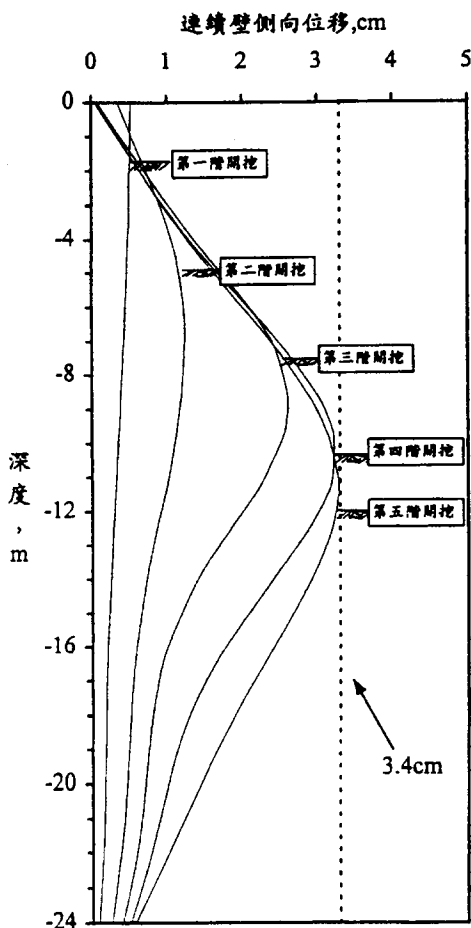
表三 分析用土壤參數表

| 層別  | 土層分類 | 深度<br>M | 厚度<br>M | N<br>值 | $\gamma_t$<br>t/m <sup>3</sup> | $s_u$<br>t/m <sup>2</sup> | $c'$<br>t/m <sup>2</sup> | $\phi'$ |
|-----|------|---------|---------|--------|--------------------------------|---------------------------|--------------------------|---------|
| I   | CL   | 6.00    | 6.00    | 2      | 1.82                           | 2                         | 0                        | 28      |
| II  | SM   | 9.10    | 3.10    | 12     | 2.10                           | -                         | 0                        | 30      |
| III | CL   | 18.00   | 8.90    | 6      | 1.82                           | 4                         | 0                        | 28      |
| IV  | ML   | 27.00   | 9.00    | 7      | 1.95                           | 5                         | 0                        | 31      |
|     |      |         |         |        |                                |                           |                          |         |

#### 4.3.1 開挖引致之連續壁側向位移

有關本工程開挖引致之連續壁側向位移分析係參考圖二之施工順序，同時考慮原緊鄰建物之超載情形，以電腦程式FREW進行分析，推估連續壁側向位移、彎矩和剪力等之變化情形。

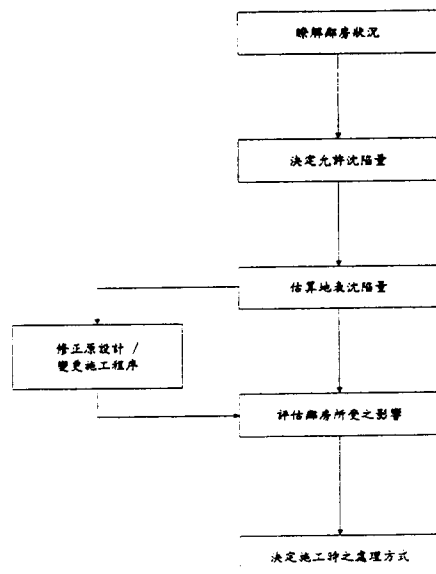
在考慮原設計SMW地質改良方式之條件下，壁體側向位移分析結果詳圖四，顯示經SMW地質改良後，連續壁最大側向位移約在3.4公分左右。



圖四 SMW地質改良後連續壁體分析結果

#### 4.3.2 開挖時可能引致之鄰近地表沉陷

為瞭解開挖對鄰房結構體之安全影響，須進行鄰房之安全性和建物保護評估，本工程建物保護之評估步驟依秦中天(1991)(詳圖五)所建議方式進行，而有關鄰近地表沈陷量之預估係參照4.1節之推估鄰近地表沈陷量分析架構和4.3.1節在考慮原設計SMW地質改良下連續壁側向位移量之分析結果，並依現地鄰房與連續壁之相關位置進行鄰近地表沈陷包絡線之評估。



圖五 評估建物保護步驟

一般因基地開挖施工引致鄰近地表沈陷之因素包括:連續壁施築、開挖壁體變形和開挖抽水等。本基地進行評估時因連續壁已完成施築，故於評估鄰近地表沈陷時，主要考慮後兩項因素。經參考台北地區類似施工條件基地之監測成果，並考量本工程之特性和地層條件等，對鄰近地表沈陷行為模式之推估係作如下考量：

基地開挖引致之最大鄰近地表沈陷

量約為最大連續壁體變形之25%~70%，其發生位置約位於距連續壁二分之一開挖深度處，水平影響範圍約為2.5倍開挖深度。

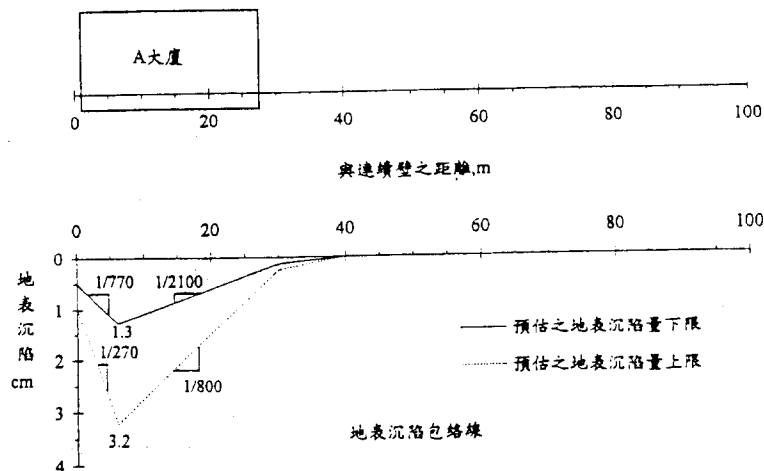
抽水引致之最大鄰近地表沈陷量約為0.5公分~1公分，其影響範圍自連續壁背側至距連續壁約40公尺處。

本次分析係將上述之鄰近地表沈陷模式分析結果予以疊加後作為鄰近建物傾斜變化量之評估依據。

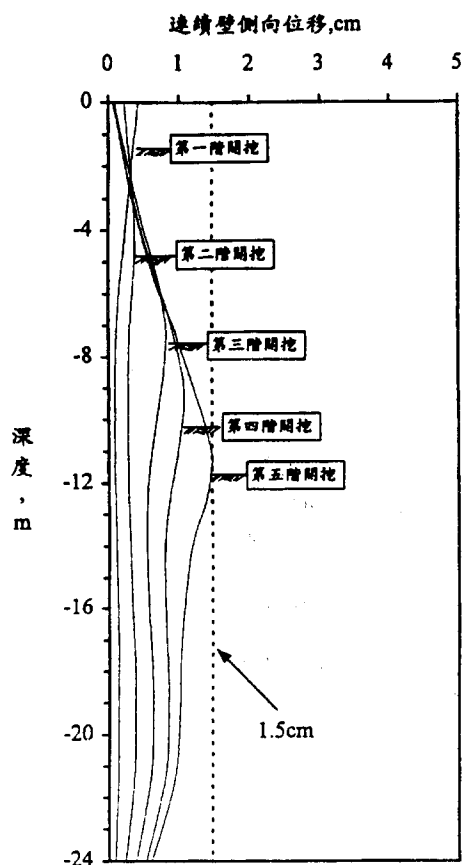
有關本基地開挖引致之鄰近地表沈陷包絡線之分析結果詳圖六，顯示鄰近最大地表沈陷量約為1.3~3.2公分之間，最大角變量則介於1/2100~1/270之間。而基地西北側之A大廈緊鄰本基地位置角隅處之既有傾斜達約1/540為最大(詳圖一)。若考慮前述開挖時可能引致之最大角變量值1/2100~1/270，該建物於開挖期間之總傾斜量可能達到約1/430~1/180，將有可能超過一般1/250之結構物安全容許值，仍有一定程度之風險存在，故業主決定進一步採用適當之地質改良方式以減少連續壁側向位移及鄰近地表沈陷角變量。

#### 4.4 鄰房基礎沈陷改良方案評估

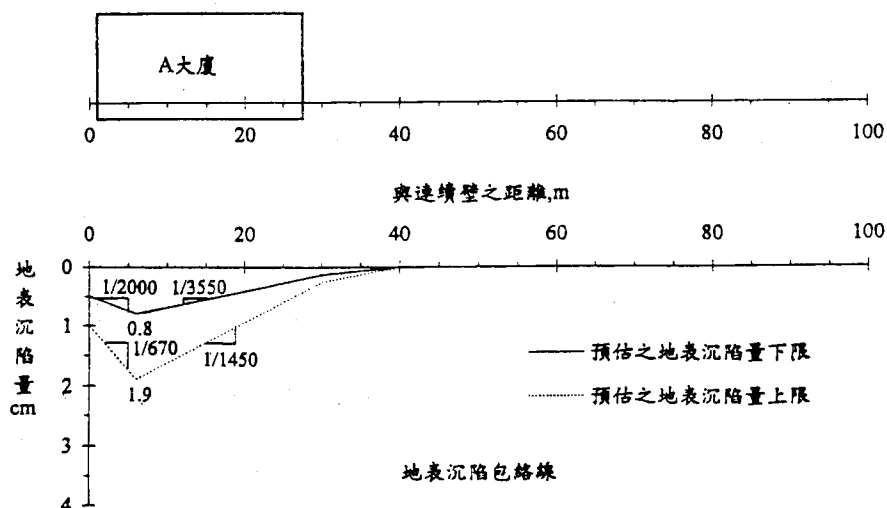
考慮本基地土層分佈情形、工程條件和鄰房狀況等，研判可適用於本基地之地質改良方式包括於A大廈側構築扶壁、加大支撐型式，以及額外施作SMW地質改良等。其中扶壁之模擬方式係分別考量增加施作深度範圍內土壤強度以及將之視為擋土結構之一部份並增加其勁度，進行FREW程式分析，再根據分析結果相互驗證比對，以本工程而言，分析結果所得最大壁體變形差異有限。經評估結果，決定採用自地表下4公尺至15公尺施築厚度0.6公尺、寬度5公尺、平均間距5公尺之扶壁，而根據本方案評估結果所得之連續壁側向位移包絡線以及地表沈陷包絡線分別如圖七及圖八所示，顯示連續壁最大側向位移約為1.5公分，而鄰近地表最大角變量則為1/3550~1/670之間，若再考慮緊鄰之A大廈既有之1/540傾斜量，預估開挖施工期間可能之最大傾斜量為1/465~1/300，應能有效降低對該建物之影響。前述地質改良方案於民國87年1月間完成現場施作，而基地則於民國87年2月間展開全面開挖施工。



圖六 地質改良後鄰近地表沈陷包絡線



圖七 構築扶壁之連續壁分析結果



圖八 構築扶壁之地表沈陷包絡線

## 五、安全監測系統配置及監測結果評估

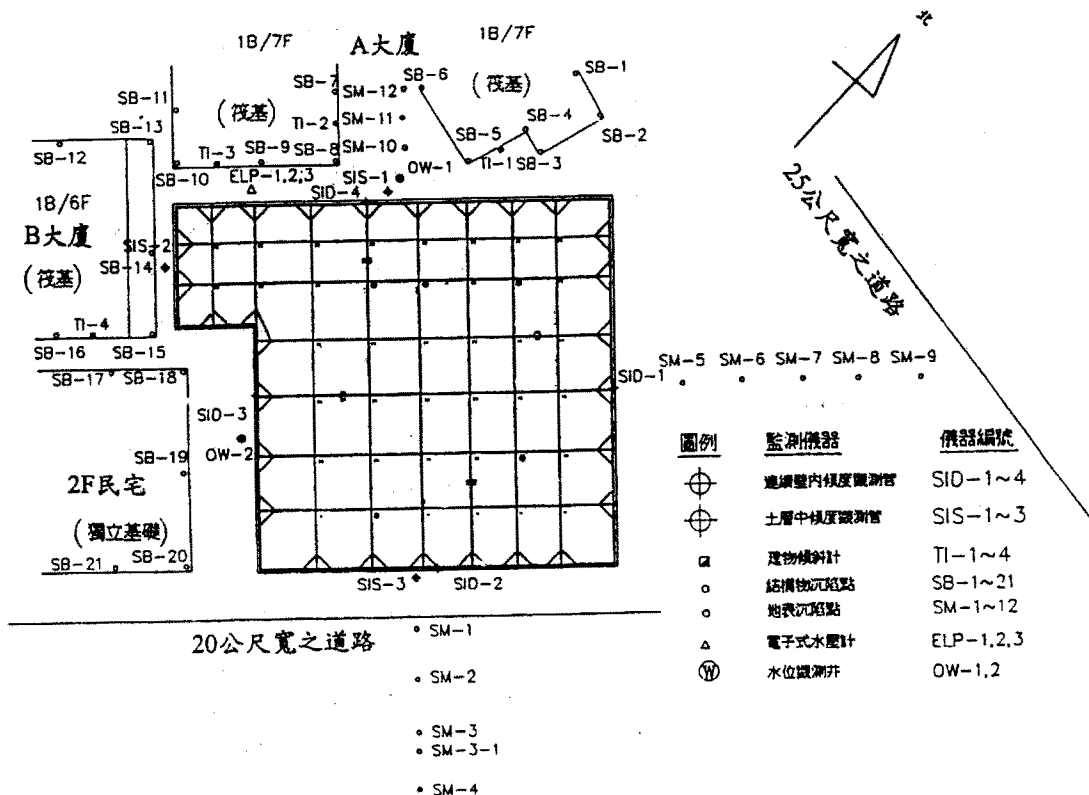
### 5.1 監測系統配置

本工程安全監測系統之項目及平面配置詳圖九所示。其中，2處水位觀測井(OW-1、OW-2)裝設於地表下8.5公尺處，電子式水壓計(ELP-1，ELP-2，ELP-3)則分別裝設於地表下12、18及24公尺處。另由於基地開挖前部份壁體內傾度管已損壞，故另行於連續壁外裝設數處土壤中傾度管，本文中係根據較具代表性之SID-1(壁體內)、SIS-1及SIS-3(土壤中)等傾度管觀測結果加以探討。各監測儀器於開挖期間每週全面觀測2次，而地下室構築期間則每週觀測1次。

### 5.2 監測結果及評估

#### 5.2.1 水位觀測井及水壓計觀測結果

根據水位觀測井觀測結果顯示，地下室施工期間，水位高程約介於1.0至1.6公



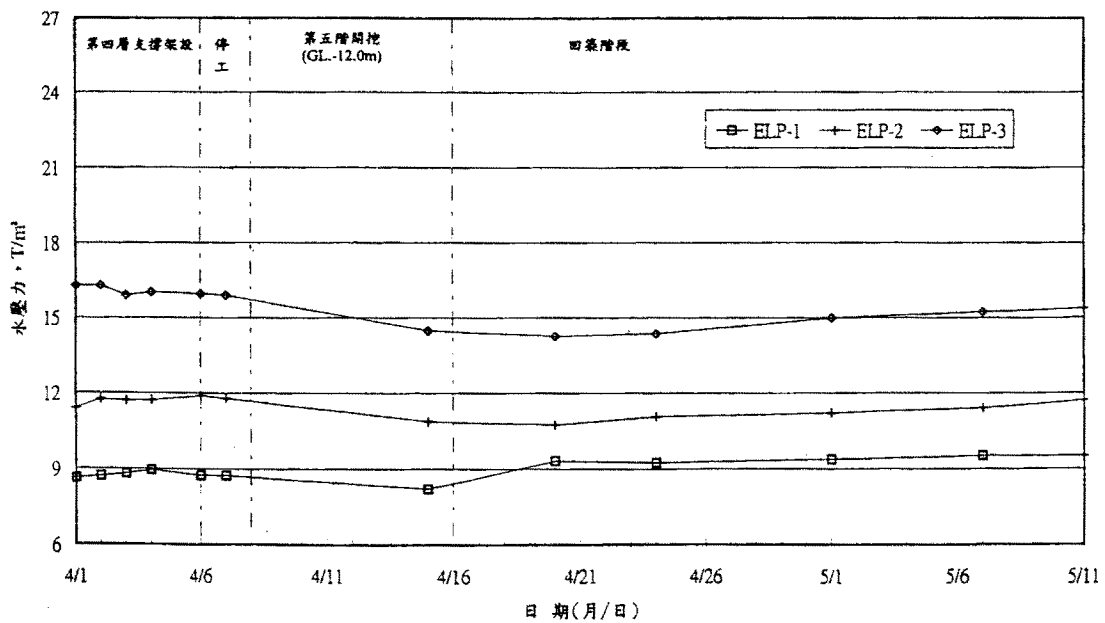
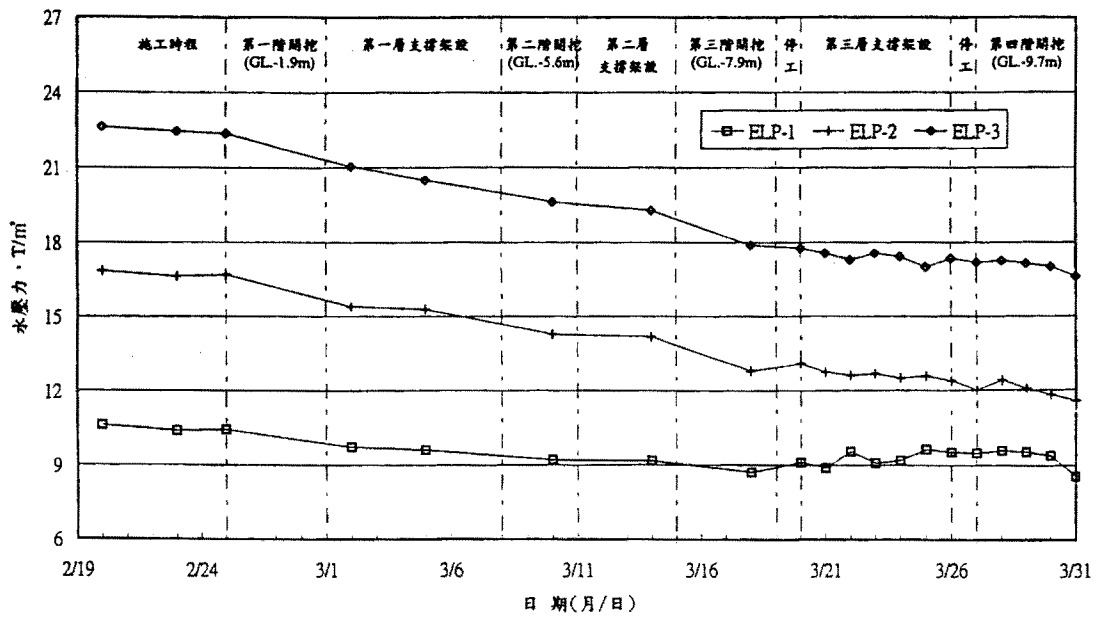
圖九 安全監測系統平面配置圖

尺間(即地表下2.1至2.7公尺間)，地下水位並未受本基地施工之影響。圖十為開挖區外側水壓力隨時間之變化曲線，顯示基地外側EP-2(深度18公尺)及EP-3(深度24公尺)之水壓力隨開挖深度之增加而逐漸減小。研判係因地表下18至27公尺間之粘土層常夾粉質細砂薄層及砂質粉土次層，致該層次之阻水效果有限，因此開挖區外側之地下水隨著開挖區內側降水產生滲流，造成開挖區外側該層次之水壓隨開挖之進行而降低。

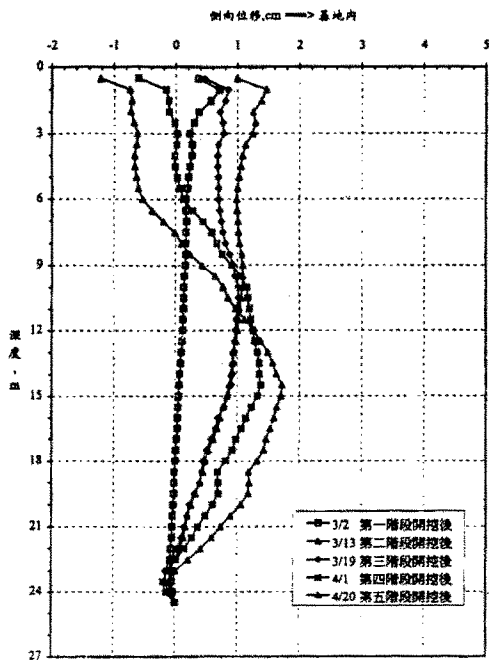
### 5.2.2 連續壁側向位移量

圖十一至圖十三依序為土壤中傾度管(SIS-1, SIS-3)及壁體內傾度管(SI0-3)各階段開挖之觀測結果，分別代表西北側鄰A大廈、東南側鄰道路及西南側鄰二

樓民宅等位置之開挖變形情形。觀測結果顯示，基地西南側(臨2樓民宅)產生較大之側向位移量，約為2.4公分；其次為基地東南側(臨寬約20公尺之道路)，最大側向位移量為1.8公分；而基地西北側最大側向位移量僅為1.7公分。由於前述連續壁側向位移係以壁底為基準點進行量測，而根據4.4節分析結果研判壁底可能產生約0.6公分左右之位移量，故研判前述基地西南側、東南側和西北側之實際傾度管最大側向位移應分別為3.0公分、2.4公分及2.3公分較為合理。另根據過去類似地層觀測案例經驗推估，本工程基地土壤中傾度管之最大觀測值應較實際壁體最大側向位移增加約0.5~0.7公分，即在基地東南側(SIS-3)和西北側(SIS-1)之實際壁體



圖十 電子式水壓計量測結果(開挖區外側)

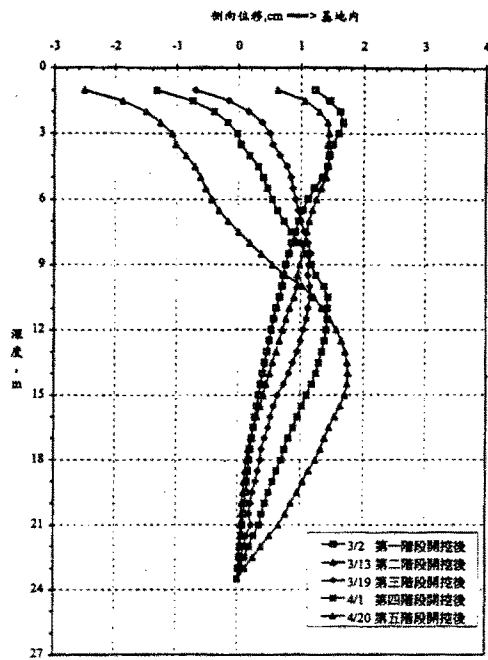


圖十一 開挖階段土層中傾度觀測管SIS-1之側向位移變化圖

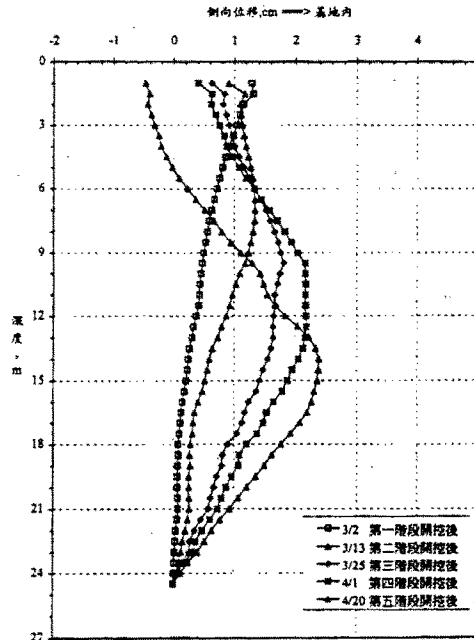
最大位移量研判應分別約為1.7~1.9公分及1.6~1.8公分左右。由前述評估結果顯示，基地西北側在超載荷重(A大廈)較其它二側為大之條件下，其最大側向位移量為最小，顯示該側施作之扶壁確已發揮預期功能。

另比較圖十一及圖十二，在前二開挖階段，SIS-1之側向位移量明顯較SIS-3小，應係該側臨A大廈，深度約4.5公尺內屬地下室結構，土壓力較小之故。

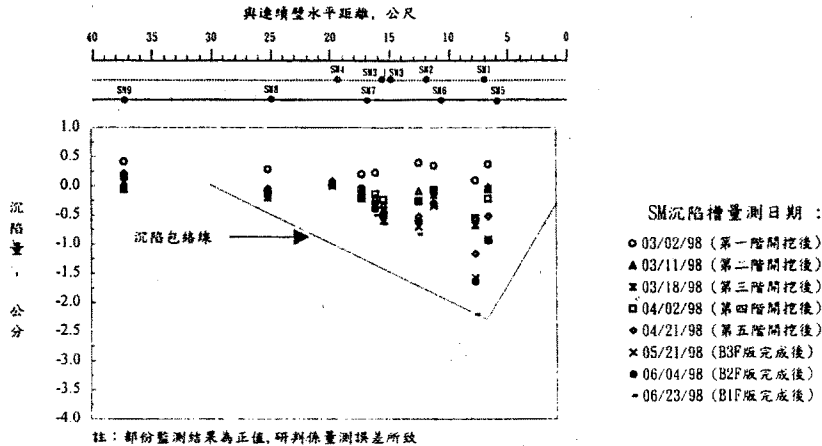
SIS-3在地表下約4公尺以下，隨著開挖深度之增加明顯有向開挖區外側位移之現象。且至第5階開挖完成後，SIS-3頂部向開挖區外側位移超過2公分。研判除因壁底變形未反映於觀測結果外，主要係因SIS-1側施作扶壁，使得SIS-1側之勁度較SIS-3側大，且SIS-1側淺層又緊鄰A大廈地下室結構體，因此開挖後，支撐整體受預力影響而向SIS-3側產生較大之偏移。



圖十二 開挖階段土層中傾度觀測管SIS-3之側向位移變化圖



圖十三 開挖階段連續壁內傾度觀測管SID-3之側向位移變化圖



圖十四 地面沈陷點觀測結果

### 5.2.3 沈陷觀測點結果

圖十四為基地東南側及東北側道路地表沈陷點之觀測結果，顯示地面沈陷量隨開挖深度之增加而增大，地下室回築階段，地表沈陷量則漸趨於穩定。圖中顯示，最大之地表沈陷量約發生在SM11位置，距連續壁約7公尺，即距連續壁約0.6倍開挖深度。除SM1因路面曾受機械重壓稍有受損而造成較大之觀測值(2.2公分)外，連續壁側向位移引致之最大地表沈陷量約為連續壁最大側向位移量之50% ~ 70%。圖十四中亦顯示地下室開挖施工期間之鄰近地表沈陷包絡線，其沈陷行為與評估時之預測頗為一致。

此外，位於A大廈側之沈陷觀測點(SM-10、SM-11及SM-12)係於第三階段開挖完成後補裝設，至開挖完成時，其最大沈陷量僅約為0.2公分，其同期間之沈陷增加量明顯小於道路側之值，研判係因A大廈側施作扶壁，使得該側之連續壁壁體變形較小，且因SM-10、SM-11及SM-12之觀測點位於A大廈地下室之頂版上方，因地下室整體勁度較大，故其沈陷量較不明顯。

有關結構物沈陷點之最大沈陷量發生在SB-19(0.7公分)，位於無地下室之2樓民宅上。其餘之結構物沈陷點因位於開挖之角隅側或位於具地下室之結構物(A，B大廈)上，故其沈陷量均較小。

### 5.2.4 建物傾斜計觀測結果

基地西北側之A大廈在本基地施工前即有約1/540之傾斜量(向開挖區外側傾斜)，基地西側之B大廈在本基地施工前即有約1/710之傾斜量(向開挖區傾斜)。由建物傾斜計之觀測紀錄顯示，A，B二棟大廈在本基地開挖期間均向開挖側傾斜，且隨開挖深度增加，其傾斜量亦加大，至地下室回築階段，其傾斜量漸趨減小。本基地地下室施工期間，B大廈之TI-4建物傾斜計在垂直連續壁方向之傾斜量約為1/1920，加上施工前既有之傾斜量後僅為1/520，仍在安全範圍內。至於A大廈因既有之傾斜量係向開挖區外側傾斜，故隨著開挖之進行，其傾斜程度反而減小。根據裝設於該大廈之TI-3建物傾斜計觀測結果顯示，在本基地開挖期間，最大傾斜變化量為1/5000，扣除A大廈既有之開挖

外側方向傾斜量(約1/540)後則為1/600,亦在安全範圍內。比較開挖期間A、B大廈之傾斜量,可推知A大廈側連續壁因增加構築扶壁,致連續壁側向位移減少,並使該大廈之傾斜變化量有效降低,約為B大廈側之40%。另A大廈於開挖期間產生之傾斜量較評估值為低,研判係因評估時未考慮A大廈地下結構深度(約4.5公尺)及筏基底版勁度之效應。

本基地自87年2月間進行地下室開挖,至87年7月間完成一樓樓版之澆置,於地下室施工期間,本工程及鄰房皆在安全之前提下順利完成。

## 六、結論

本次評估工作首先以FREW程式對鄰近條件類似之案例進行回饋分析,以求得合理可靠之分析模式及相關參數,並據以評估本基地之連續壁開挖變形及鄰近地表沈陷槽。評估結果顯示,緊鄰基地西北側之A大廈在本基地開挖施工期間若不考慮基礎本身之勁度,其總角變量有大於1/250之虞,須考慮適當之地質改良以減少其沈陷角變量。

根據評估結果,本基地係於西北側緊鄰A大廈側係採用構築扶壁之方式,而預估採用此方案後,A大廈於本基地內基礎開挖期間將可進一步減少至1/250以下。

基地內於完成地質改良後,即展開全面之開挖施工及現場安全監測工作。監測結果顯示,鄰A大廈側之最大壁體側向位移量約為1.6~1.8公分,與預測值之1.5公分頗為一致,研判施築之扶壁確已發揮減少壁體變形之功效。

根據基地東南側道路地表沈陷點觀測結果顯示,鄰近地表最大沈陷量約發生在距連續壁0.6倍開挖深處,其沈陷值為

最大壁體側向位移之50%~70%,而影響範圍推估約為開挖深度之3倍左右,與評估階段考慮之沈陷模式亦大致符合。

根據建物傾斜計觀察結果顯示,A大廈之開挖前既有傾斜量為1/540,扣除開挖期間產生之開挖側方向之傾斜量總合約為1/600,小於1/250之一般容許值,顯示基地內之地質改良鄰房保護措施確已發揮功效;而B大廈之傾斜量總合則約為1/520,亦在容許值內。另由A大廈傾斜量約為B大廈之40%之觀測結果,亦可進一步印證側連續壁增加構築扶壁之之功效。

## 七、誌謝

本文撰寫期間,承蒙亞新工程顧問公司呂鏡方經理、王劍虹經理提供卓見和協助,以及陳桂英小姐之鼎力幫忙,特此申謝。

## 參考文獻

- 內政部營建署(民國87年),“建築技規則建築構篇(基礎構造設計規範)”。
- 亞新工程顧問股份有限公司(1994),“榮工處板延案東西軌隧道段建物保護評估工作報告”。
- 秦中天(1991),“深開挖與鄰房保護”,深開挖設計理論與施工實務研討會論文集, H.1-H.23。
- WOO, S. M. & MOH Z. C. (1990),“Geotechnical Characteristics of Soils in the Taipei Basin”, Tenth Southeast Asian Geotechnical Conference, Special Taiwan Session.
- O'ROURKS, T. D. (1989).“Predicting Design Construction & Performance of Deep Excavations in Urban Areas, Proceedings of the 1989 Seminar, Boston Society of Civil Engineers.
- NICHOLSON, D. P. (1987) “The Design and Performance of the Retaining Walls at Newton Station” Proc., Singapore Mass Rapid Transit Conference.

**本文之討論意見將在後期刊出, 請您將意見於兩個月內寄交本刊編輯委員會。**

88年08月13日 收稿  
88年09月20日 修改  
88年10月04日 接受