

# 建物保護施工案例之介紹

## A CASE HISTORY ON BUILDING PROTECTION

朱專誌，富謙

C.C. Chu and C. Fu

原著載於結構與地基國際學術研討會,1994年

*Reprinted from Proceedings of  
International Symposium on Structures and Foundations in Civil  
Engineering,  
Hangzhou, China, 1994*

# A Case History on Building Protection

Chu , J. C.

Fu , C.

Proceedings of International Symposium on Structures and Foundations in Civil Engineering , October 1994, Hangzhou, China.

## Abstract

As the distance from the cut-and-cover tunnel to South Gate, a historical monument, is only 4 m, it is anticipated that the settlement induced by the construction would exceed the tolerable limit. Settlement reduction measures which include micro-piles, 0.45m-diameter cast-in-place piles and buried struts have been applied prior to the excavation. The final settlement was controlled to within 25mm. This case history describes the details of the various protective measures, of which the performance is critically assessed.

# 建物保護施工案例之介紹

朱專誌

富謙

大地工程師

助理工程司

(亞新工程顧問公司) (台北市政府捷運工程局中工處)

提要：台北捷運系統南港線臨近台北市之法定古蹟麗正門（原古台北城之南門），由於隧道施工與城門建物距離僅約 4 公尺，在前期設計階段之工作中，即曾針對施工可能對其造成之影響進行評估，結果為施工可能引致建物產生近 5.9 公分之沉陷量，而超出建物所能容許程度。因而，在設計圖說中要求承商於施工過程中對該建物加以保護，並於現場設置各項監測儀器加以監控，該標承商於現場施工前，亦針對該建物進行評估，並提出於擋土壁與建物間搭配施作微型樁、預壘樁及開挖區內側之地中樑，以期減少建物沉陷量，在保護措施與擋土壁施作過程，及施作完畢直至開挖進行前，即已引起約 1.9 公分之沉陷量，幾達設計階段所訂定之監測警戒值（2 公分），但在後續之開挖過程中，所發生之沉陷量甚微，總沉陷量並未超出規定之行動值（2.5 公分），最大傾角亦僅有 1 分 38 秒（警戒值為 4 分），且壁體最大變形量亦僅有 1.3 公分。本文對設計階段評估結果，及施工階段監測結果，配合現場施工時程提出說明，驗證所採取建物保護措施之施作效果，並希望能以此實例之施工結果，作為後續案例之參考。

關鍵字：建物保護、預壘樁、微形樁、橫向連續壁

## 一、前言

在都會區中有愈來愈多的大規模地下工程施工，因此深開挖及伴隨而來的鄰近建物保護，也就日形重要。其中深開挖工程乃是目前大型超高建築工程，及重大公共工程之關鍵所在。如眾所周知，在大都會地區進行深開挖工作所涉及的擋土與防水問題相當複雜，除了工程技術問題外，施工時對鄰近結構物之安全性亦相當重要。另一方面都會區多位於沖積平原或盆地內，地層較為軟弱。在此一軟弱土層進行深開挖時，極易引起鄰近地區地表沉陷，造成結構物損壞。為保障公眾權益，地盤改良及觀測系統也就為工程界所廣泛使用。本文即是根據台北捷運 CN251 標深開挖工程之監測結果，介紹施工單位在施工過程中對古蹟所採取之

保護措施，並比較深開挖過程中土層側向位移與沉陷量之變化，說明微型樁、預壘樁及地中樑應用於建物保護之效果。

## 二、工區狀況

本文所介紹之案例為台北捷運系統初期路網維修線（綠線）CN251標深開挖工程中之建物保護案例。該工程包含長度398公尺之隧道段與304公尺之小南門站車站站體，施工方式採用明挖覆蓋工法，以地下連續壁及五至七層內支撐作為擋土措施，並採順打方式(BOTTOM-UP METHOD)開挖，開挖階數共六至八階，其中明挖隧道段之開挖寬度9公尺至14公尺，開挖深度為17至22公尺，擋土設施採用厚度80公分，深約30至33公尺之連續壁。在施工初期為確保連續壁確實貫入阻水層，以達到阻水效果，曾於工區先行施作多達110孔電子錐貫入試驗，由試驗結果研判現場阻水層（松二層）之分佈情形；而麗正門即位於上述明挖覆蓋段之南側，此處之工區預計開挖20.2公尺，分七階開挖，架設六層支撐。

本工區範圍位於大台北盆地中央，地質分區為淡二區（T2區）<sup>[1]</sup>，資料顯示：地表高程介於104公尺至106公尺間。台北盆地土層分佈為厚約46至48公尺之松山層，覆蓋於厚約200至300公尺之景美層上。景美層主要成份為礫石混合卵石並夾雜中砂或粗砂；松山層主要為六個砂土、及粘土交互沉積之次層，由下往上之二、四、六次層為低至中塑性之粉質黏土或黏質粉土，一、三、五次層為疏鬆至中等緊密之粉質砂土。現場土層分佈情形及土壤性質如圖一所示，現場水壓計長期觀測資料所推估之地下水壓力分佈曲線亦顯示於圖中，其中松三層之水位約為高程92.5公尺、松五層之地下水位約為高程102公尺處。

## 三、施工前沉陷量估計與建物保護考量

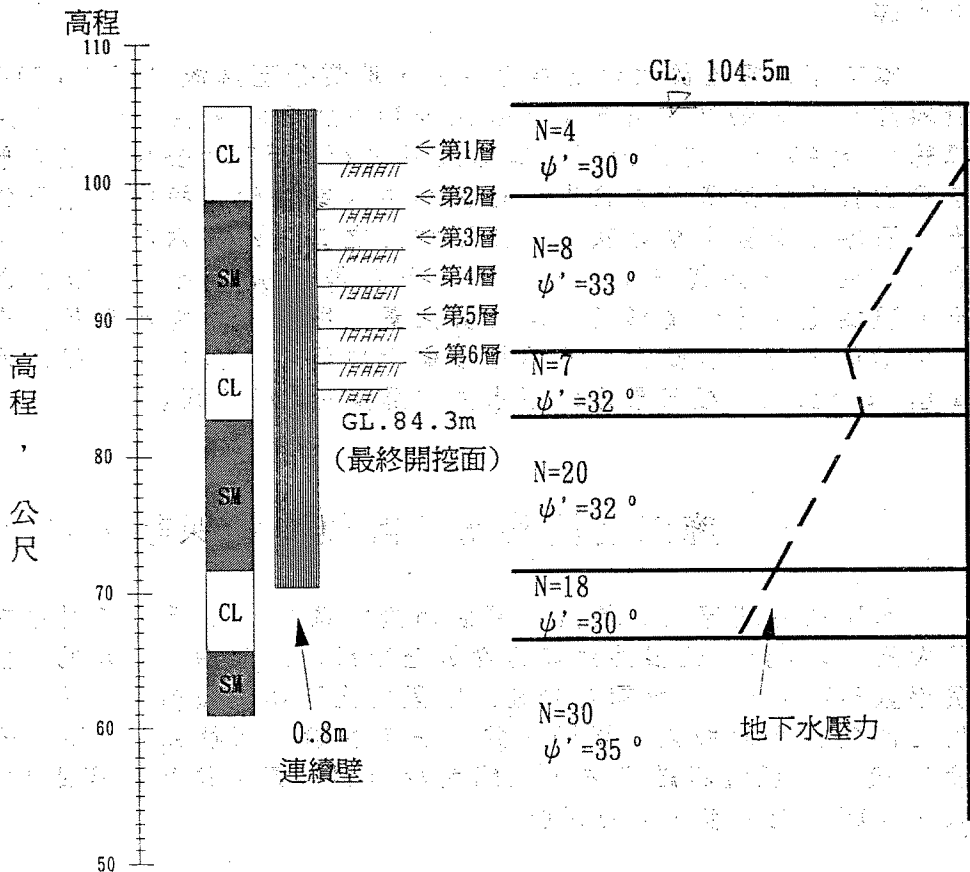
本建物在細部設計階段，評估因捷運系統施工所可能引致之沉陷量最大為5.9公分，但根據對該建物調查結果加以分類，該建物所能容許之沉陷量為2.5公分。承商乃於施工階段提出建物保護措施，受保護之建物麗正門為古台北城之南城門，為一法定古蹟，面積為196平方公尺，高度13公尺，係塊石結構物。城門前緣與開挖區之連續壁僅距4公尺，採取之保護措施，包括下列四項：

(1) 首先於麗正門與連續壁導溝之間施作直徑45公分之預疊樁，樁長20公尺，樁心間距45公分。

(2) 預疊樁牆上同時裝設樁徑10公分之微型樁，微型樁傾角約 $70^\circ$ ，長度8公尺，間距1.35公尺。微型樁與預疊樁之樁頭並以斷面 $50 \times 50$ 公分之樁帽相連接，上述之預疊樁與微型樁係為防止建物が在連續壁施作期間所可能產生之過大沉陷量。

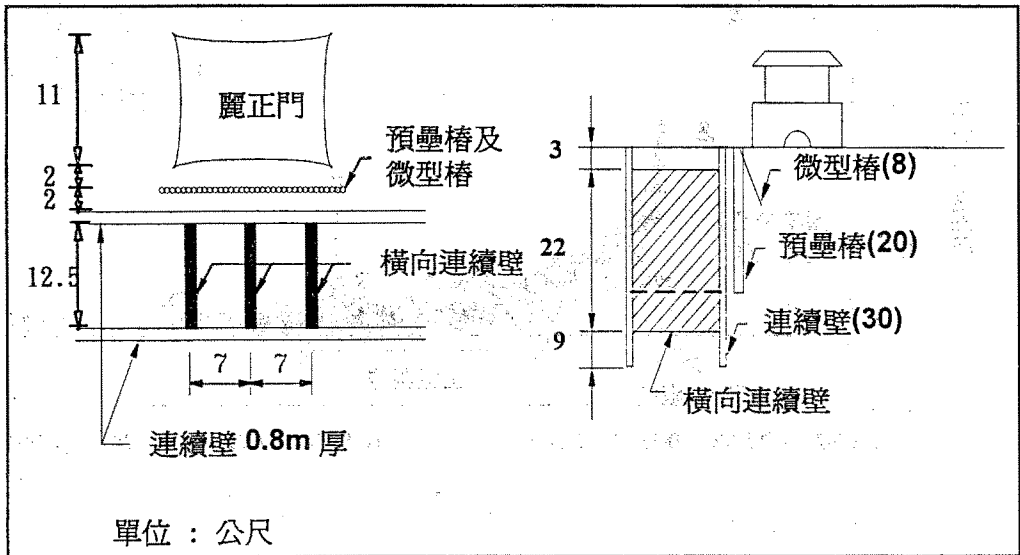
(3) 開挖區內在原設計之兩排連續壁（北側擋土壁體深度為34公尺，南側為33.5公尺）間，施作三排橫向連續壁，厚度1公尺，寬約12.5公尺，間距7公尺，深度3公尺至25公尺，其材料為無筋混凝土（28天材料強度為 $10\text{MPa}$ ），以加強支撐勁度，減少壁體變形量及外側之沉陷量<sup>[2]</sup>，其保護方式請參照圖二。

(4) 開挖過程所架設之支撐系統，均於架設完成時，即刻施加50%設計軸力之預壓力，以避免過大之側向變形量與沉陷量之發生。



圖一、麗正門工區土層性質與剖面示意圖

承商在施工階段提出上述保護措施後，認為整個開挖施工過程，所產生之最大土層側向位移量為2公分，故建物可能發生之最大沉陷量應小於1公分。原先針對麗正門採取多重保護措施之構想，即為了有效防止結構體在開挖過程中所可能產生之過大變形量，而為了在施工過程中，驗證前期評估結果之正確性，在受保護建物本身及周圍共裝設有五項監測儀器，如建物與地面沉陷點、土層與壁體傾度管、建物傾度儀、支撐軸力應變計，以瞭解施工過程中各項變化，並作為評估建物安全性之重要依據。



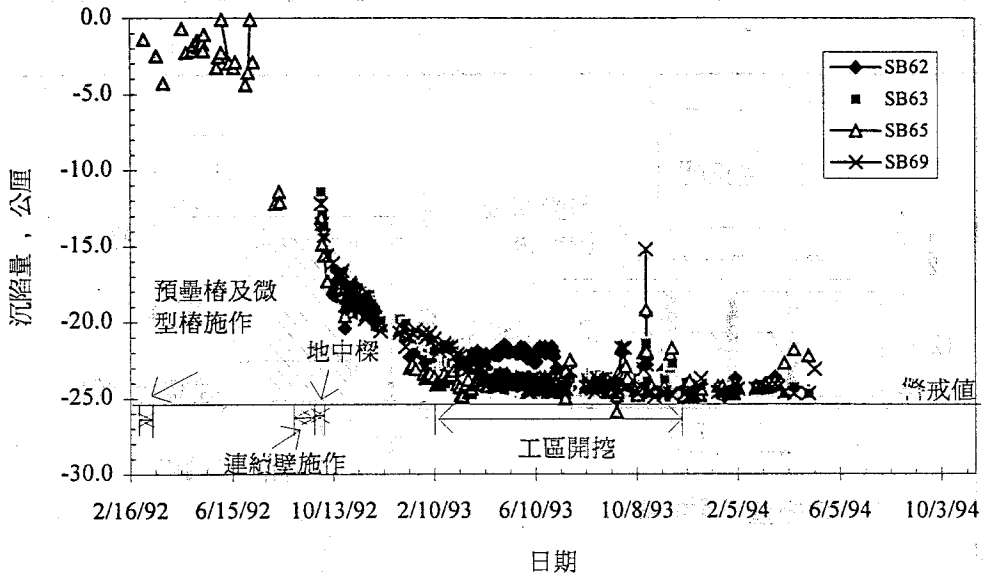
圖二、麗正門建物保護方式示意圖<sup>[3]</sup>

#### 四、保護效果

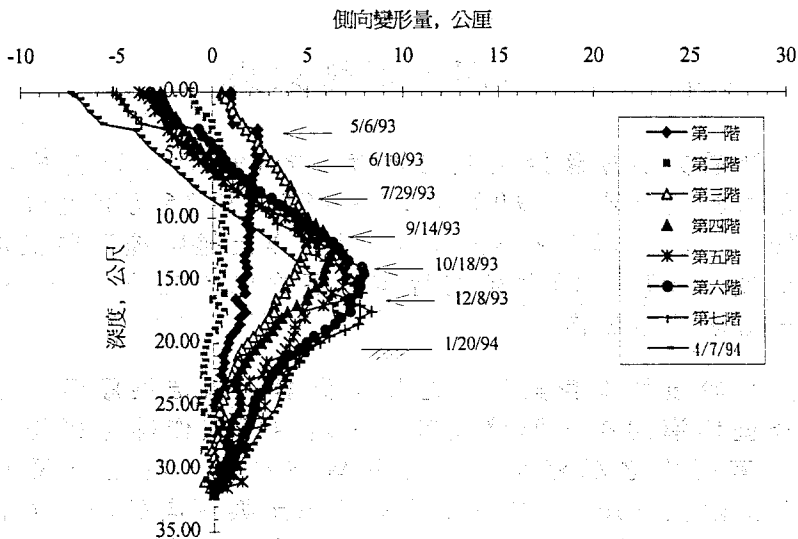
麗正門前方明挖隧道之施工進度，於1992.2.29完成建物前緣之微型樁與預壘樁的施作，1992.8.18~1992.9.26期間完成擋土連續壁之施作，於1992.10.23~1992.10.28施作上述開挖區內側之地中樑式連續壁，而從1993.2.12開始進行本工區之開挖工作，至1993.12.11完成最後一階之開挖工作。

由裝設於建物本身與臨近之監測儀器觀測結果顯示：在進行保護措施如連續壁導溝開挖、連續壁施作、地中樑施作等之過程中，建物本身與地表均有明顯之沉陷發生，尤其建物本身，在施作預壘樁及微型樁時，建物沉陷量約達1.1公分，而後續擋土與側向連續壁施作階段又增加了0.8公分之沉陷量，直至開挖前累積之沉陷量即已達到1.9公分，鄰近

地表沉陷量亦達1.0至1.3公分。但在後續之開挖過程中，保護措施確實有效地防止了建物進一步的沉陷量及地表沉陷量，地表沉陷量最大為3.0至3.5公分，而建物最大沉陷量則僅有2.5公分，最大傾斜角亦僅有1分38秒（警戒值為4分），上述施工時程與監測資料變化情形如圖三所示。



圖三、麗正門建物四個角落沉陷量歷時曲線圖



圖四、麗正門前連續壁壁體各階側向位移量變化情形

另一方面，麗正門前緣之連續壁因工區各階開挖活動所造成之壁體變形量如圖四所示，由圖中資料顯示：壁體傾度管所得之最大側向變形量僅有8公厘，由於壁體傾度管之裝設深度並未貫穿連續壁，而無法得知壁底位移量及真正之最大側向位移量，但由連續壁外側之土層傾度管所得壁底深度之側向位移量約為5公厘，可推估最大之壁體側向位移量約為13公厘，僅為施工前所估計最大側向變位量40公厘之1/3，這當歸功於開挖區內側施作之三排地中樑式連續壁。

由於地中樑之存在阻止了壁體可能產生之變位量，使得外側之土層與建物沉陷量亦得以減少。此外，各層支撐完成架設後所立即施加50%設計軸力之預壓力的效果亦不容忽視，且由於施加之預壓力，而使得剛開始數階頂端部份之側向變形量有向外移動之趨勢（如圖四所示）。

#### 四、結論

現場施工變數繁多，如超抽地下水、變更施工順序、開挖及支撐裝設時程延遲等，均可能嚴重影響施工之安全性，而造成過大之變形與沉陷量。因此即使已採取萬全之保護措施，現場之施工活動亦不得掉以輕心，以避免意外之發生；而即使採用了保護措施，對於保護措施本身之施作過程仍須加以注意，由施工案例實測資料可發現：即使是保護措施之施作，亦可能引起過大之變化量。另一方面，週全之施工管理與保護措施之適當搭配，應可達到建物保護之效。

#### 誌謝

撰寫期間承蒙台北市政府捷運局與榮工處，提供之多項參考資料，使得本文得以順利完成，特此一併致謝。

#### 參考文獻

- [1] 亞新工程顧問公司報告，「台北市地層大地工程性質分析報告」，1987年。
- [2] 三力技術工程顧問公司報告，「台北捷運南港線CN251標麗正門建物保護評估報告書」，1993年。
- [3] Moh, Z.C., Chou, L.L. and Hwang, R.N., 「 Building Protection for Construction of Taipei MRT」, XIII IC SMFE, 1994。