

公共工程科技:捷運系統之施工與災害防治整合型研究(II)  
子計畫一

台北捷運隧道施工引致地盤沉陷(II)  
---軟弱地盤內隧道施工意外事件引致之地盤下陷  
Ground Settlement due to Tunneling for Taipei Rapid Transit  
Systems (II)—Unexpected subsidence during soft ground  
tunneling

計畫編號: NSC87-2218-E-009-043

執行期間: 86年8月1日至87年7月31日

計畫主持人: 方永壽 國立交通大學土木工程研究所教授

一、中文摘要

本論文收集國內外十個於軟弱地盤隧道施工時發生地盤沉陷意外事故之案例,並加以探討分析,做為軟弱地盤隧道設計或施工之參考。本研究主要探討台北捷運系統板橋線CP262標,隧道施工時所發生之地盤沉陷意外事故及其復舊過程。經探討及分析得知,地盤沉陷意外事故發生之主要原因包含:(1)施工前地層調查工作欠詳實;(2)潛在危險因素未能察覺(如潛盾機到達段或發進段高壓噴射灌漿改良土品質受流木等雜物之影響);(3)高危險性之潛盾機發進段或到達段,未設置多重防堵地下水之設計;(4)地盤改良施工品質欠佳。

關鍵詞: 意外事件、沉陷、隧道

英文摘要

In this study, ten cases associated with failures of soft ground tunnels have been collected and discussed. Geological conditions, causes of failure, and remedial works related to soft ground tunneling of Taipei Rapid Transit Systems Panchiao Line lot CP262 are investigated. Base on the studies, major causes of failure of soft ground tunnels can be summarized

as follows. (1) Insufficient information was collected during subsurface investigation. (2) Unaware of the dangerous conditions. The presence of buried driftwood could cause discontinuity in the jet-grouting soilcrete at the departure and arrival sections for the shield machine. (3) Not adopting the multiple-protection design to prevent groundwater flow into the shaft after breaking the diaphragm wall. (4) Poor quality of ground improvement.

**Keywords: Failure, Settlement, Tunnel**

二、緣起與目的

自民國65年引進潛盾工法,國內軟弱地盤之隧道工程,大多以興建衛生下水道為主。近年來隨著台北市大眾捷運系統開工興建,軟弱地盤之隧道工程,逐漸成為深受各界矚目之施工方法。由於國內工程界之傳統保守心態,加上國內工程人員對於工程記錄的保存工作,未曾受到良好的訓練,因此十多年來累積的經驗與教訓,均未能完整的傳承下來。有鑑於此,本論文搜集國內外關於軟弱地盤隧道開挖時所發生意外事故造成地盤沉陷之案例。藉由這些案例的闡述及檢討,作為工程界於軟弱地盤隧道施工之借鏡及參考,以減少爾

後意外事故之發生機率。本研究收集四個國外案例，介紹於軟弱地盤隧道施工時，所發生造成地盤沉陷之意外事故，並加闡述分析。並介紹國內於軟弱地盤隧道施工時，如台北市放流管線工程及台北市捷運系統工程等，曾發生之意外事故。其中針對台北捷運板橋線 CP262 標之地盤沉陷意外事故及其復舊工程，進行較完整的闡述、探討及分析。

### 三、板橋線 CP262 標意外事件引致之地盤沉陷

#### 3-1 地層概況

本標工程相關之土壤，自地表面至地下 45~50 m 為沖積層，其乃由新店溪及大漢溪所堆積而成的，一般稱之為松山層，可分為 6 個次層，本標工程潛盾機所通過之地層為松三次層為粉土質細砂，其壓力水頭水位面約在地表下 14 m。

#### 3-2 工程概述

捷運 CP262 標工程橫跨台北縣市，以上下行兩條潛盾隧道穿越新店溪河床下方，東端以通風井 B 與 CP261 標銜結，西側轉輸段則與 CP263 標之江子翠車站相連。本標工程除轉輸段及通風井 A 採用明挖覆蓋工法外，其餘均採用潛盾隧道工法施工。採用之土壓平衡式潛盾機長度為 7.68 m，外側直徑為 6.24 m。CP262 標隧道因須穿過新店溪下方，新店溪平均河水深度 11.1 m。為安全計需於河底保持潛盾隧道上方的最小覆土深度 (12.1 m，約隧道直徑 2 倍)，故隧道斷面在通風井 A 處為最深 (潛盾機覆土深度達 27.3 m)。

通風井 A 是以厚度 1.2 m 之連續壁作為擋土設施 (見圖 1)，該連續壁深度為 55 m，貫入景美層礫石層內 3 m。本標潛盾隧道之施工方式，乃利用兩台潛盾機 (下行隧道為 No.1 及上行隧道為 No.2) 先後自轉輸段發進，以預鋪環片作為隧道之襯砌，往台北市方向掘進，到達通風井 A，整修潛盾機後再從通風井 A 發進，穿越新店溪河床下，到達 CP261 標通風井 B 為止。

#### 3-3 意外事件造成地盤沉陷

朱旭等 (1997) 說明，民國 84 年 7 月 16 日，當時下行 (No.1) 隧道已通過通風井 A 且再發進 (見圖 1) 向台北市推進。此時上行 (No.2) 隧道，已到達通風井 A 連續壁之外側，工作人員於通風井 A 內進行鏡面破除作業，凌晨 01:30 不事於鏡面 6 點鐘方向發生嚴重漏水，隨著地下水及土砂流入通風井，通風井西側附近地表陸續發生沉陷，形成一錐狀形凹陷。待沈陷行為穩定後，以水準測量測得通風井 A 附近地表沉陷之等高線，顯示於圖 1，下陷面積達 5,000 m<sup>2</sup>。此意外事故除造成周邊建物損壞外，該標原已完成之兩條上、下行隧道，亦因下方土層淘空而局部下陷受損。

#### 3-4 隧道之復舊工作

本研究所說明之隧道復舊作業，包括以下七大部份。(1) 受損環片底部灌注 CB 漿以預防進行復舊工作時發生沉陷。(2) 受損環片區域兩端堵塞及受損區內填充 CB 漿。(3) 受損環片外部進行 CJG 地盤改良。(4) 隧道內壓氣。(5) 隧道內積水及土砂排除。(6) 利用地盤凍結工法將到達段潛盾機周圍之土壤凍結。(7) 以 NATM 工法修復受損環片。

### 四、地盤沉陷意外事件之探討及分析

#### 4-1 土壤改良區之施工品質問題

台北市政府捷運局中區工程處 (1997) 描述，通風井 A 潛盾機到達段之土壤改良作業，承包商使用三重管高壓噴射灌漿 (CJG) 工法。依蘇鼎鈞與王劍虹 (1994) 指出，由於高壓噴射灌漿工法施工之成品均在地底下，工程人員無法直接掌握，故其品質之良窳長受土層之變化性、施工機具之能力，施工人員之專業素質、施工方式及使用材料等因素之影響，可能發生相當大的差異，以致於改良效果往往與預期不同。

#### 4-2 改良體與通風井連續壁間之縫隙

在通風井開挖過程中，通風井四周之連續壁因內側解壓而向內位移，而通風井外側之地

盤改良在深開挖進行之前即早已完成，改良土因強度甚高不易變形，致連續壁與土壤改良區界面處，欲形成滴水不漏之程度，屬不大可能（陳振川等，1995）。若潛盾鏡面所在之土層具有較高的地下水壓，一旦有縫隙存在，水路立即形成，地下水夾帶土砂流動，水路可能迅速擴大，在極短的時間內，流量即可能增大到無法控制之情形。

#### 4-3 潛盾機盾尾間隙背填灌漿不實

在潛盾機已推進至通風井之連續壁前時，可能因潛盾機在改良區推進時盾尾之背填灌漿不確實，因而造成潛盾機殼四周之環狀空隙成為水路。

#### 4-4 改良體內存有雜物

若改良體內部存有雜物，如流木、塊石、塑膠管、殘留之鑽探管及深井抽水管等，在進行 CJG 灌漿時，因雜物阻擋漿液噴流，致使雜物背面之土壤免於受到噴射改良，致改良區未能完整且確實的改良。當潛盾機到達通風井 A 連續壁前，靜待第二次鏡面破除連續壁時，因改良體中央核心部份已被潛盾機磨出一個大孔洞，此刻真正在全力抵抗巨大土壓及水壓的只有潛盾機外面的一層改良土層（方永壽，1995）。萬一此區改良體之品質未達標準或因土壤夾有雜物致改良效果欠佳，而產生縫隙時，通風井內外不平衡之水頭即可利用此一縫隙滲入，形成地下水及土壤流入通風井內之通路。

### 五、結論

潛盾隧道施工意外事故造成大量地盤下陷，可能之原因很多。依本論文中所收集之意外事故案例，其可能發生之原因包含：（1）施工前地層調查工作欠詳實；（2）潛在危險因素未能察覺（如潛盾機到達段或發達段高壓噴射灌漿改良土品質受流木等雜物之影響）；（3）危險性高之潛盾機發達段或到達段，未設置多重防堵地下水之設計；（4）地盤改良

施工品質欠佳。

### 六、參考文獻

1. 方永壽 (1995)，”潛盾隧道施工與地盤沈陷”，營建知識，第 155 期，第 27-30 頁，民國 84 年 12 月。
2. 台北市政府捷運局中區工程處 (1997)，”台北都會區捷運系統板橋線 CP262 標意外事故報告書”，民國 86 年 6 月。
3. 朱旭，陳鴻濤，宋立民，段紹緯 (1997)，”河底隧道災變及復舊”，捷運工程軟土隧道案例研討會論文集，台北市，第 91-230 頁，民國 86 年 7 月。
4. 陳振川、洪如江、黃南輝、朱旭、趙際禮、廖銘洋等 (1995)，”潛盾機施作經驗傳承---從工程事件看都市地下潛盾隧道施工問題面面觀”，營建知識，第 155 期，第 5-26 頁，民國 84 年 12 月。
5. 蘇鼎鈞、王劍虹 (1994)，”高壓噴射灌漿工法及試灌案例探討”，地工技術，第 47 期，第 71-83 頁，民國 83 年 9 月。

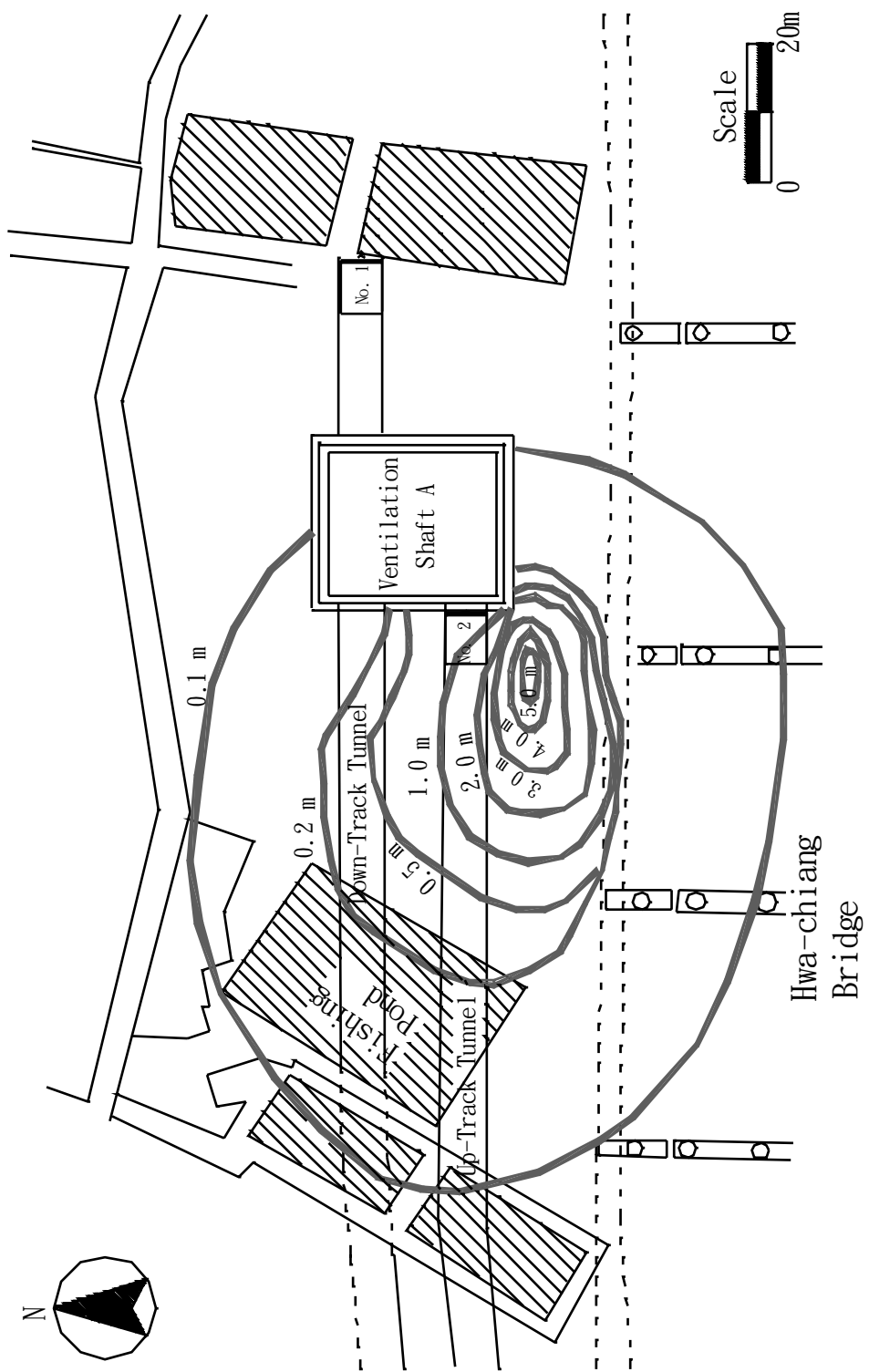


圖1. 通風井A附近之地表沉陷等高線圖