

# 都會區潛盾隧道穿越既有結構物困難施工案例探討

張武訓<sup>1</sup> 詹榮鋒<sup>2</sup> 程道信<sup>3</sup>

## 摘要

臺北捷運新莊線於松江南京站與忠孝新生站之間，其潛盾隧道工程必須自營運中的臺鐵與高鐵隧道結構下方通過，且需穿越既有地鐵結構下方之六道擋土壁體，包括不規則之連續壁體及非連續性之基樁群等。本項工程由於基地外部環境條件諸多限制，捷運隧道線形與穿越之壁體及基樁群又非正交，壁體無法維持一般完整性與連續性之需求，造成穿越過程中莫大之困擾與風險。本施工案例採取之工法係由潛盾機盾首進行擋土壁體前後之水平灌漿地盤改良，並配合出艙挖掘作業以玻璃纖維噴凝土工法及點井工法搭配使用，以確保擋土壁體敲除作業之安全，敲除過程藉由僅約85\*55公分之進出通道，進入潛盾機前方狹隘的工作區間內，以人工敲除方式排除障礙。本文特就穿越前述地下既有結構物所採行對策與施工方法，以及穿越過程所面臨困難、危險狀況之發生、因應與克服，做深入之案例探討。

**關鍵詞：**地下擋土壁、水平灌漿、玻璃纖維噴凝土、點井

## A Discussion of Bored Tunneling Driving Through a Retaining Wall Beneath an Existing Railway System Wu-Hsun Chang<sup>1</sup> Rong-Fong Jhan<sup>2</sup> Dao-Hsin Cheng<sup>3</sup>

### Abstract

Construction of the Xinzhuang line between Songjiang Nanjing Station and Zhongxiao Xinsheng Station needed to pass beneath the operational Taiwan Railway System and Taiwan High Speed Rail System, with the shield tunneling machine traversing beneath six existing retaining structures including an irregular diaphragm wall and non-successive piling settings, etc. Limited by unfavorable environmental factors outside the construction site, the shield tunnel construction was a tough engineering challenge. The construction began with horizontal grouting to improve the soil condition around the domain of the retaining wall from the top head of the tunnel boring machine (TBM). Then the glass-fiber shotcrete method and the well-point method followed. Excavation and demolishing of obstacles was performed by hand after workers passed through the diaphragm wall structure through an approximately 85 x 55 cm channel to enter the narrow working space ahead of the TBM.

This article is a case study of the MRT construction traversing existing structures through the use of a tunnel boring machine. It provides an in-depth description of the construction, difficulties, and discusses countermeasures for overcoming the many challenges.

**Keywords:** underground retaining wall, horizontal grouting, glass-fiber shotcrete, well-point.

1. 臺北市政府捷運工程局南區工程處處長  
2. 臺北市政府捷運工程局南區工程處副總工程師  
3. 臺北市政府捷運工程局南區工程處工務所主任

wschang@trts.dorts.gov.tw  
jfchan@trts.dorts.gov.tw  
dhcheng@trts.dorts.gov.tw

## 一、工程概述

捷運新莊線於臺北市區段之上、下行潛盾隧道設計將各穿越台、高鐵隧道下方連續壁、基樁等地下既有結構物3處(圖1)，其施工場所位於松江路起點、新生北路、渭水路及市民大道交叉路口，上方有光華橋穿越(現已拆除)，而市民大道為台北市東西向重要道路，所以平時交通極為繁忙。另本處地下管線繁雜，管線下方還有重要排水幹線穿越(圖2)。有關第2壁兩側及第1、3壁內側位於台鐵結構物下方所以無法進行直接穿越結構物由地面作地改作業。上行線正上方GL-2.5有四孔2200×2000共同管溝與隧道平行，下行線正上方有二孔3600×3500排水箱涵與隧道平行。所以1、3壁外側亦無法由地面進行地改作業。

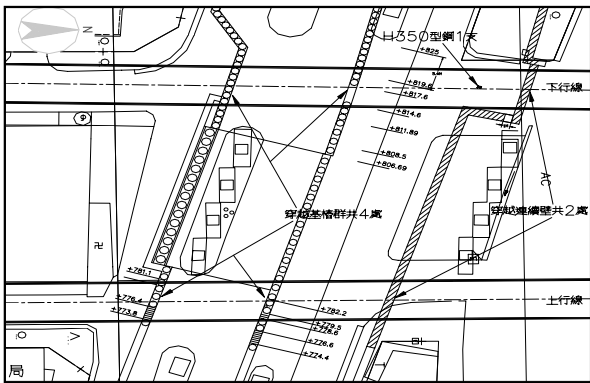


圖1 穿越台鐵結構物平面位置圖

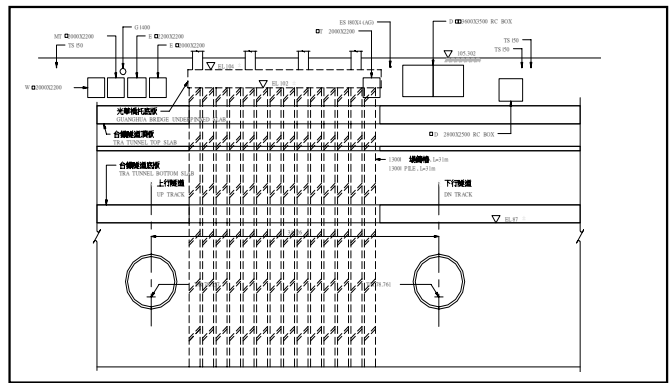


圖2 臺鐵結構物地下既有結構物剖面位置圖

土層概述：為瞭解詳細地質資料，特就隧道路徑周圍，無地下既有結構物處進行標準貫入試驗、現場透水試驗、孔內側向壓力試驗、土壤三軸CU及UU壓縮試驗及單向度壓密試驗等額外之地質補充鑽探作業。經相關試驗後所得之資料顯示隧道行經該區域地下第IV、V層，該兩層之相關資料歸整如下表：

表一、穿越台鐵結構物土層資料

土層	深度	分類	透水係數	土壤變形模數
第IV層	14.9~26.3M	(CL) 粉土質粘土	5.22X10 <sup>-5</sup> cm/sec	0.85kg/cm <sup>2</sup>
第V層	26.3~28.1M	(ML/SM)砂質粉土及粉土質細砂	3.93~7.11X10 <sup>-3</sup> cm/sec	12.31kg/cm <sup>2</sup>

本施工地點土層組成主要為地面回填土，粉土質砂土、粉土質粘土、細砂、及粉土質砂土等土層交互堆積而成。潛盾機底部約為GL-28m，通過部份主要為第IV層粉土質黏土，N值約4~11，C=4~6 t/m<sup>2</sup>，自然含水比約28%。根據鑽探資料顯示第IV層粘土層深度約至GL-27~29m，第V層為厚度約1~2m粉土質砂土，其下為厚度約為2m黏土層；再下則為砂土層，其相關位置如圖3及圖4所示。

## 二、穿越多重擋土壁之潛盾機特殊功能

由於本工程之施工困難特性，包括1、施工人員須出艙至潛盾機最前方進行人工挖掘與障礙破除、2、受現地條件限制，地質改良灌漿作業僅能從潛盾機內進行。因

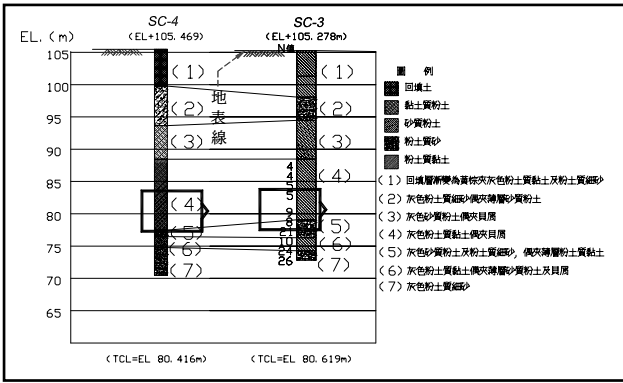


圖3 上行線土壤柱狀圖

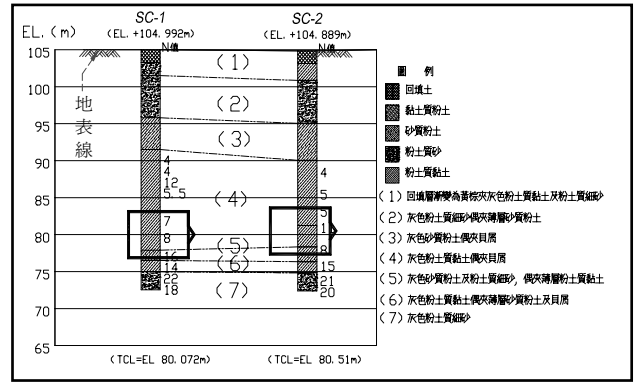


圖4 下行線土壤柱狀圖

此，為考量人員出艙進行掘削或破除作業之安全，以及確保土體能提供足夠之自立性及止水性。有關潛盾機的製造在功能性及結構性上須作適度的配合設計，如可支撐開挖區頂拱的遮簷，配合全斷面藥液注入的球型灌漿管，配合機殼固定的灌漿管，配合資材及機具進出機頭容易加大人孔尺寸及增加數量等。本節茲就機體特性與灌漿設施說明如下。

(一) 頂拱的遮簷部：遮簷是作為爾後工作面之頂部保護加勁鈹，可向前伸出2.0M，考慮遮簷部伸出時之縫隙減至最小，是以設計時分成七個獨立片以期更確保功能，如圖5圖6所示。

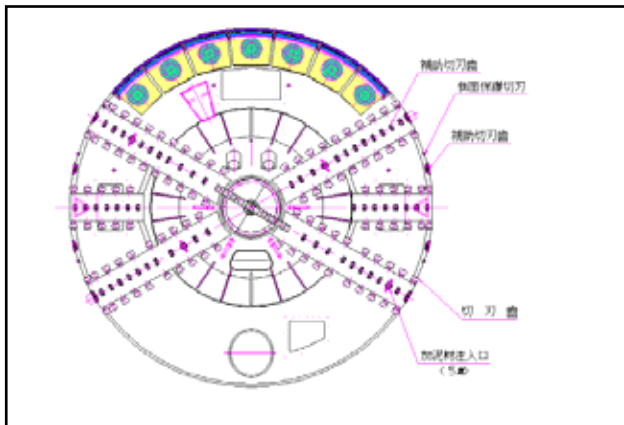


圖5 遮簷正視圖



圖6 遮簷伸出照片

(二) 加大人孔尺寸及增加數量：一般潛盾機在無特殊要求下，僅在頂部開一人孔以備不時之需，本工程特採四處以利開挖作業如圖7所示。

(三) 機殼處預留灌漿開口：本工程為求對機殼外部背填灌漿不能及之處及考量阻絕機殼外之水路問題，特於盾殼處及其四周佈設如圖8所示之注入管。

(四) 機頭向方之球形灌漿口：為期能使灌漿注入區能涵蓋潛盾機，特請三菱重工業針對潛盾機機首部分設計以便施作注入，其特別針對此處設計了兩個球形旋轉孔施作時配合切刀盤及其仰俯角而對機首前方進行全周式的注入灌漿其開孔如圖9、10所示。

### 三、穿越多重擋土壁之工法流程與說明

本工程主要是以地盤改良工法，配合人工掘削及既有結構物破(切)除，使潛盾機能順利穿越。為考量人員出艙進行掘削或破除作業之安全，除地盤改良外，施工過程中將不斷對掘

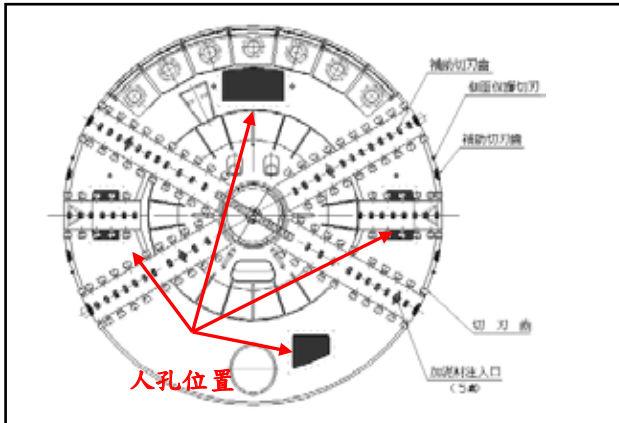


圖7人孔位置示意圖

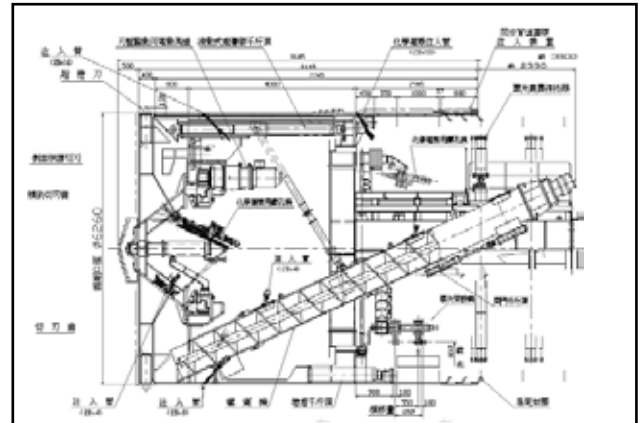


圖8潛盾機測視圖

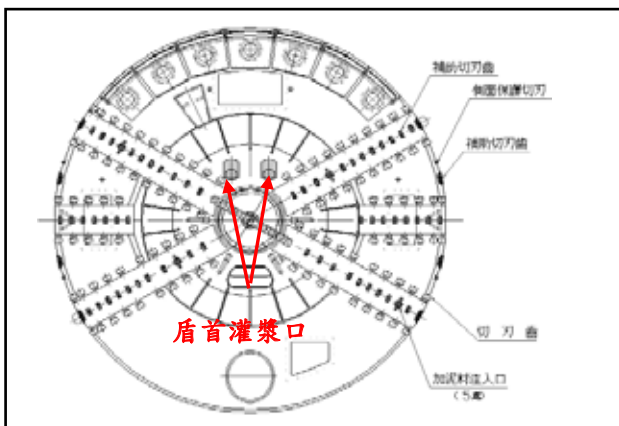


圖9盾首灌漿口示意圖

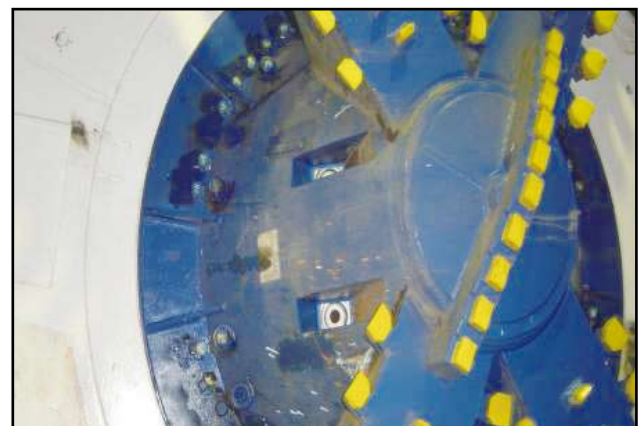


圖10 盾首灌漿口照片

剖面進行調查，並配合其他工法(如點井降水工法、噴凝土及臨時支撐工法)，確保土體能提供足夠之自立性及止水性。

- (一) 預備調查：為確認先前由地面進行取樣之地質研判是否正確，藉由盾首灌漿孔，使用潛盾機機內小型鑽孔，以每公尺不同之湧水量推斷地層之透水係數，判斷砂土或黏土之高程。
- (二) 事前調查與改良範圍確認：再次使用潛盾機機內小型鑽孔機進行壁前方之鑽探調查，用以研判砂質土之改良範圍、並觀察湧水量。
- (三) 障礙物前方土體改良：採用SL雙重管複相灌漿工法，於黏性土壤地盤，只要注入瞬結性漿料即可獲得壓密性注入效果；於砂質土壤地盤，先以瞬結性漿料填充鑽桿與孔壁間空隙及粗略填充地盤空隙之後，再以注入滲透性漿料以期達到滲透土壤顆粒間之目的。
- (四) 改良完成確認：改良完成後，鑽孔6處確認改良區止水成效。鑽孔所量測之湧水量推算出透水係數K值，若K值 $>10\text{-}5\text{cm/sec}$ 時則須再繼續進行SL低壓灌漿作業，直至所量測之K值 $<10\text{-}5\text{cm/sec}$ 。
- (五) 再發進、到達既有結構物前
  1. 再發進當切刀盤中心距連續壁約80cm時停止掘進，在停止掘進後開始進行連續壁破除之準備。
  2. 為確保地下水不會由潛盾機後方滲入則由環片灌漿孔對潛盾機後方進行二次背填灌漿及SL止水藥液填塞。

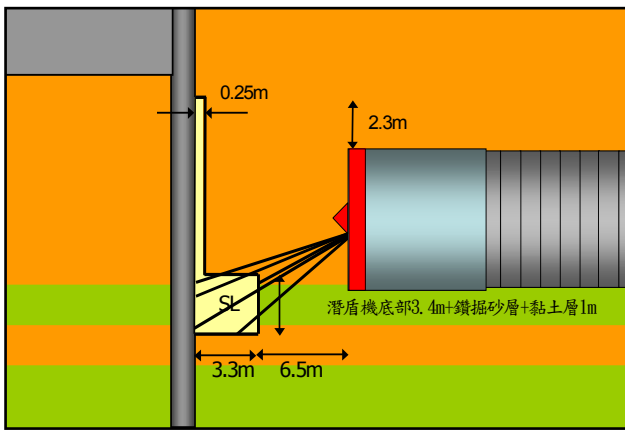
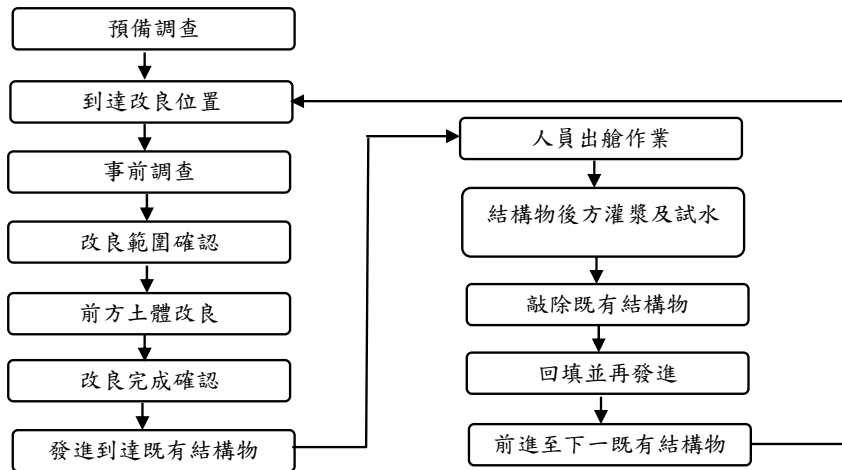


圖11 既有結構物前方土體改良示意圖



圖12 機內灌漿作業

3. 於隧道內設置14支解壓點井（含水壓計），依現場施作之經驗，14支點井之抽水量最高約可達100L/Min。

#### (六) 人員出艙作業

1. 伸出滑動式遮簷部千斤頂至觸碰擋土壁為止。
2. 土艙內的土砂以螺運機緩慢排出，觀察土(水)壓計、排土量，並以土艙壁之灌漿孔確認排土高度。
3. 若土(水)壓計數值有回復之跡象，即停止出土，且注入加泥材至原土壓力(土水壓平衡)，再從機內進行盾首藥液灌漿，再重複上述第 (b) 項作業觀察土(水)壓計，直至確認土(水)壓計數值為下降或不變。
4. 當土(水)壓計數值歸零且持續觀察後未有回復之跡象，且打開預留於土艙壁之灌漿孔，確認土砂無流出後。打開上部人員出入口、確認切削面的狀況後，進入土艙。
5. 進入土艙內觀察是否有滲水。若無滲流水則開始進行第1階段土體開挖，開挖高度約為2公尺，於無滑動遮簷部遮蔽之部份，以噴凝土及臨時支撐防止崩落。
6. 第1階段土體開挖完成後，向下鑽孔探測第2階段範圍內無滲流水後隨即進行土艙內第2階段排土及人力開挖至壁面，兩側土體開挖面則以噴凝土及臨時支撐防止崩落。
7. 第2階段完成後再依前述進行第3、4階段開挖，連續壁前開挖計分4階段排出。

#### (七) 既有結構物後灌漿及試水

1. 背面改良範圍為潛盾機底部2.3m，及底部上方砂土層加黏土層1m，長度採4.6m。並將鬆

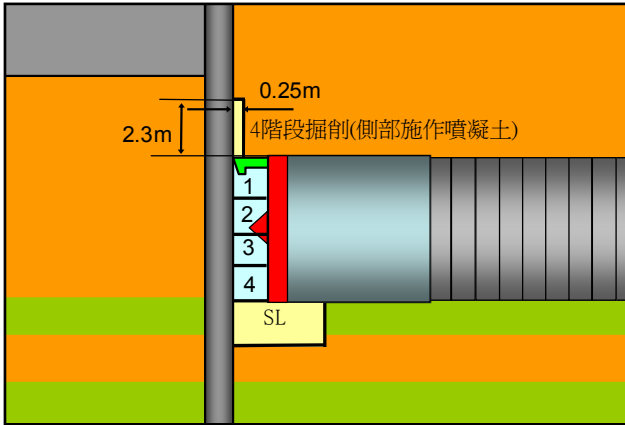


圖13 人員出艙作業示意圖



圖14 掛網支撐施工

軟及有揚水現象之粘土層也列為改良對象。為減少灌漿時反壓，採用Aron-SR低壓滲透灌漿工法（或SL雙重管複相灌漿工法）。由壁前以鑽心機械穿越壁體進行壁後灌漿。

- 灌漿完成後，鑽孔6處測試灌漿成果，由每孔量測之滲水量反推其透水係數。若 $K > 10^{-5} \text{cm/sec}$ 時則需進行補灌作業。

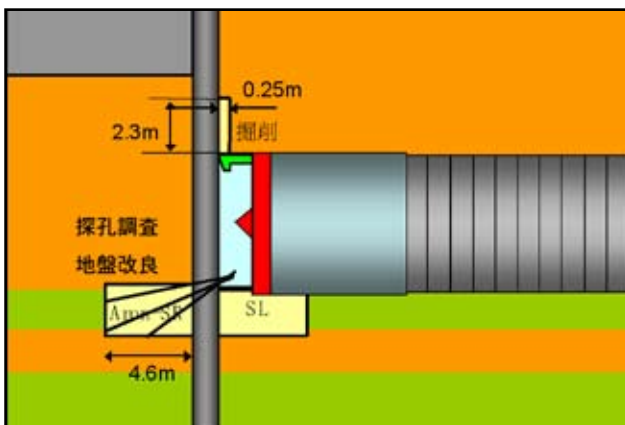


圖15 障礙物後灌漿及試水示意圖



圖16 壁後灌漿施工情形

#### (八) 既有結構物敲除

- 連續壁部份之敲除採二次鏡面破除且第二次分5階段由下往上進行，若為擋土樁則直接由下而上分5階段破除。
- 將連續壁以人力作第一次鏡面破除約0.7m
- 第二次鏡面破除剩餘0.3m連續壁，從下部以人力敲除1/5約1.3m。
- 敲除後之壁體以泡沫砂漿回填，並回填至切刃盤。土倉內以砂回填，應避免泡沫砂漿咬住切刃盤無法轉動。
- 往上撤除重複步驟3、4，每次撤除範圍為1/5。
- 在第5階段連續壁敲除完成，則不進行泡沫砂漿回填，待土倉清理完成及施工架拆除後，人員撤離土倉，將艙門關閉注入加泥材，收回遮簷千斤頂後，潛盾機再次前進。



避免有超挖問題存在，超挖部份之土體於連續壁混凝土澆置前有時係以碎石級配回填或直接以混凝土填實，若以碎石級配回填時，該超挖土體則為一明顯受擾動之土壤，會嚴重影響本工程施工安全，惟當時之施工方式為何已不可考。

臺高鐵連續壁深度約為34公尺，本工程潛盾隧道係於地面下30至25公尺處穿越，潛盾機穿越外緣至少2.3公尺之範圍已依前面章節敘述進行盾首灌漿地盤改良，且該區域改良成效已於試水過程中達設計標準，惟當開挖完成後，仍有漏水情形發生，研判其原因為超挖之連續壁土體雖已進行地盤改良，惟因地質不均勻，改良成效不佳，導致為於下方透水層地下水，經由超挖之連續壁土體進行改良後之弱面，進入潛盾機土倉開挖區內。

### 3. 潛盾隧道穿越連續壁轉角單元時發生漏水因應方式

潛盾機盾首預留灌漿孔之作業角度為45度，當潛盾機到達連續壁前停機時，原有盾首預留孔已無法進行開挖面附近之地盤改良，為再次進行該改良後弱面區域之補灌作業，經計算需補灌範圍及孔數後，在潛盾機盾身及土倉鑽孔，進行補灌(圖21及圖22)。因研判湧入開挖區之地下水係由為深層之透水層，故僅就潛盾機下半部外緣增設12支灌漿孔。



圖21 盾首補開口位置



圖22 盾首補灌照片

## (二) 擋土壁形式無法確認造成之困難

本工程穿越之臺、高鐵隧道位於松江路（光華橋）、渭水路、新生南、北路及市民大道交會處，且地面下尚有大型排水箱涵及複雜之管線，致臺、高鐵明挖覆蓋工法隧道施作時，其擋土壁形式受限於地面管線無法遷移或交通維持等因素而有連續壁、基樁等各種型式，而現有保存之施工資料不甚完整，以致於施工前無法明確瞭解擋土壁之型式。

### 1. 擋土壁形式確認方式

為確保施工之安全及順利，臺、高鐵擋土壁之形式應於施工前進行詳盡之調查，惟受限於外在環境，僅能於潛盾機進行壁前灌漿時，以潛盾機內小型鑽孔機之鑽桿長度、鑽孔角度、碰觸硬物之位置換算或猜測障礙物之形式，及於壁後灌漿時鑽桿穿越障礙物時之情形及鑽桿於穿越障礙物時之取樣資料判斷障碍物之可能形式（如圖23及圖24），惟因鑽桿之角度若有稍許誤差，其量測結果即可能產生錯誤而影響判斷，且障礙物之取樣中發現有鋼片、鋼筋、鋼板、混凝土塊、水泥砂漿塊、紅磚塊等等不同材質，亦使判斷上增加重重困難，經穿越過6處既有結構物後，既有結構物之形式在潛盾機未開艙，潛盾機前土方未清理完成前，

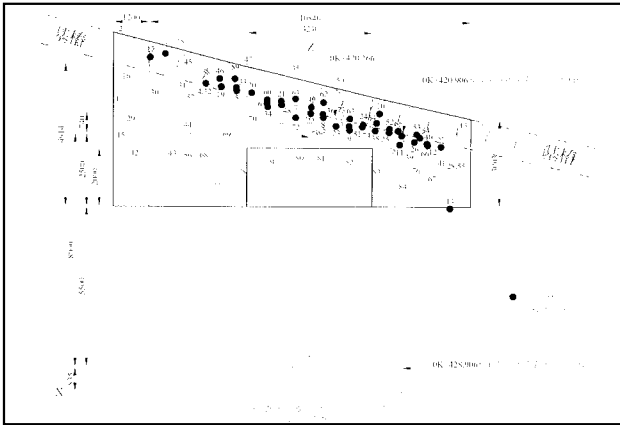


圖23壁前灌漿孔位與障礙物相關圖

其形式仍難以確認。

## 2. 擋土壁形式無法確認之施工因應方式

擋土壁形式不同時，因考量施工安全及時間，將採用不同之灌漿工法，若障礙物為連續性擋土壁，因前方有足夠強度之連續性擋土壁，可供按裝灌漿固定件以確保壁前土壤安定，故於擋土壁前土方開挖完成後，於壁體上按裝灌漿固定件後，採用Aron-SR低壓滲透灌漿工法進行壁後灌漿。若為不連續性擋土壁，因無完整性壁體可供按裝灌漿固定件，且進行灌漿時灌漿壓力對已開挖區域將產生回壓，可能會危害施工人員之安全，故為配合不連續性擋土壁後採用較保守之Aron-SR低壓滲透灌漿工法施作，需於障礙物前約5公尺處，以玻纖網、噴凝土及臨時支撐系統施作一作業空間，且於噴凝土面埋設灌漿固定件，以利進行壁後灌漿作業。如此一來將增加1次出艙作業，且壁前灌漿範圍亦需較大以提供作業空間施作時之土壤穩固性，每處施工時間將增加約30天。

當上行線潛盾隧道第2壁採用前述工法順利施工完成後，由於本穿越工程已為整體區段標之要徑工作項目，後續尚有上行第3道及下行第2、3道壁體均屬無法確認之結構物形式，若均採用較保守之施工方式，在施工時程上又不被允許。另一方面，由於對此區域地質及改良作業已有經驗，故經反覆之研討，決定壁前、壁後灌漿均與壁前相同使用潛盾機內灌漿機，採用SL雙重管複相灌漿工法進行灌漿，本工法雖然在潛盾機內鑽孔機較攜入開挖區內之手提鑽孔機能量小，致穿越障礙物之洗孔時間較長，且鑽桿伸出長度也較長，使所需時間仍較一般有連續性開挖面之施作方式較長，但仍比因不連續性擋土壁而需施作作業空間之施工方式節省時間，故再權衡施工時程、工法安全及效率之情形下，後續不論事前調查、事後研判或擋土壁形式探測，均以此一工法進行。

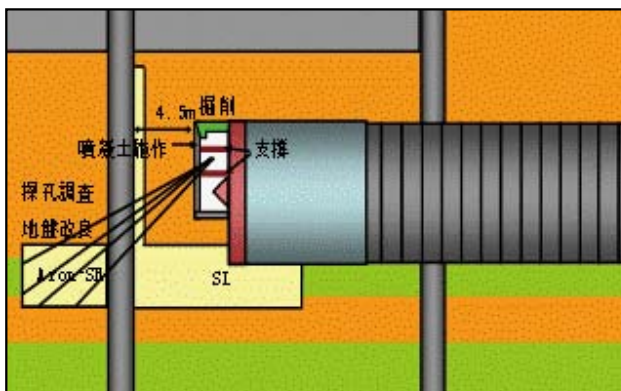


圖25出艙挖掘、探孔調查與壁後改良

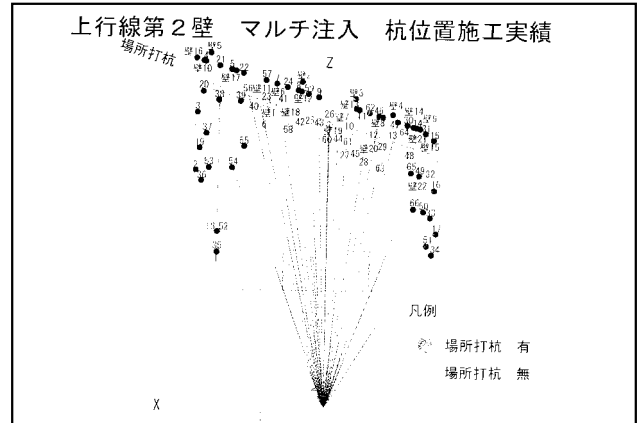


圖24壁後灌漿孔位與障礙物相關圖



圖26作業空間設置及其灌漿預埋件

### (三) 遭遇劣質連續壁造成之困難

#### 1. 遭遇劣質連續壁時之情形

因無法於施工前確認擋土壁之形式，故於潛盾機開倉前，壁前及壁後之灌漿均已完成，當開倉後，即依計劃分層開挖、噴凝土、架設支撐及進行障礙物之排除作業，本工程於施作下行第2道壁開挖至第3階段時（共分4階段開挖），下方突然沿擋土壁體邊有湧水現象，因已開挖3階段，致已可確認該既有結構物為連續壁，湧水後雖經現場緊急處理後，因水量無法尋找到出水點並有效止水，故立即關倉並以皂土回填。此時裝設於潛盾機機身量測下方透水層之土壓計，水壓由約0.9mpa降至0.7mpa。

回填後依轉角連續壁單元漏水之模式，經計算預定須補灌之孔位後，於潛盾機盾首或盾身開口補灌，並於補灌完成後進行試水，試水標準仍為 $K < 10\text{-}5\text{cm/sec}$ ，經補灌後順利完成試水再次進行開挖作業。

再次開挖後於相同階段時，開挖面下方復有滲水情形，因當時開挖區係以皂土回填，有足夠強度可以供垂直向下試水，經試水後K值均符合標準，惟沿連續壁不斷仍有水滲出。

雖此時滲水量不大，惟為確實找到出水點以降低爾後施工風險，故開始進行包含連續壁後方之試水，經多孔位試水後，壁後之試水孔透水係數亦均符合 $K < 10\text{-}5\text{cm/sec}$ 之標準，惟於試水過程中發現特殊狀況，試水孔於連續壁體內，透水係數反而不符合標準，故推測是否因連續壁壁體不良，下方透水層之地下水藉由連續壁之劣質縫隙向上尋找弱面滲水

#### 2. 因應處理方式及事後驗證

經研判本次漏水之原因為劣質連續壁後，經檢討補灌之範圍及數量後，針對尚未開挖區下方之連續壁以SL雙重管複相灌漿工法進行全面補灌、試水，待確認出水點已止水後方向下進行開挖。

於開挖完成後進行第1階段連續壁70公分混凝土敲除時發現，於潛盾機開挖範圍內約5點鐘方向最外側，有1區域之連續壁混凝土並非如一般連續壁壁體有足夠之強度，混凝土面有碎石外露，且連續壁鋼筋量似乎亦較其他區域為少，故證實該區連續壁確與先前推測相同，為局部劣質混凝土之瑕疵單元。



圖27 劣質連續壁壁面



圖28 劣質連續壁鋼筋

### (四) 遭遇受擾動之土壤產生的困難

以低壓化學灌漿工法進行地盤改良時，因可增加土壤強度有限，若遭遇非屬原土而屬被擾動之土壤時，因土壤自立性不足，就算已進行改良，仍無法達到設計效果，使施工風險提高。

### 1. 遭遇擾動土壤之情形

本工程在施作上行線第3道壁時，在事前調查後，初步判斷為非連續性之擋土排樁，因此決定採用前述3.2節非連續性擋土壁之施工方式施作，當出艙開挖後才發現障礙物為一長約4公尺之獨立連續壁單元，兩側並無任何壁體。不過後續仍比照非連續性排樁之模式施作，並順利完成。

當施作下行第3道也是最後1道壁體時，事前調查壁體單元雖然呈現較為連續性但夾帶紅磚、鋼片、木材等雜物。出艙開挖後發現壁體為尚稱完整之連續壁，但開挖過程中發現，該區域土壤不似其它區域完整，且上方不時有軟弱土壤掉落，正欲進行連續壁體破除時，於11點鐘方向沿連續壁有每分鐘有6公升之水流入，因出水點位置集中且經2天觀察，出水量及出水點均無變化，惟偶而發現有類似沼氣氣體，且水質亦非清澈之地下水，而為混濁參有雜質之水，經套繪地面相關位置及管線情形後發現，該位置連續壁外正上方為既有排水箱涵，故研判為排水箱涵底板接縫長時間之滲透，造成該區域土壤類似擾動情形發生。

### 2. 遭遇擾動土壤因應方式

因研判為本工程穿越障礙物上方排水箱涵滲漏水導致於下方施工時之漏水，故詳細漏水地點及路徑無法於短時間內確認，且進行盲目補灌效果亦不彰，在無法預估補灌相關作業之完成時間下，決定不進行補灌，將漏水儘量集中並導水至開挖區外，並直接進行開挖，若漏水情形突然變大到無法施工時，視尚未敲除連續壁之數量，考量進行補灌或直接以潛盾機切削既有結構物並穿越壁體。

本處壁體排除仍採二次鏡面破除方式施工，第二次分5階段由下往上進行，當以人力以約2週時間完成第一次約70公分連續壁破除時，該處出水量及位置均無明顯變化，故於當時以後若發生大量漏水無法繼續破除連續壁時，只要將原設置確保土壤穩定之支撐系統拆除後，評估潛盾機應可直接穿越剩餘未排除之連續壁。

在進行第二次分5階段連續壁破除時，可能因敲除作業振動等因素，出水處出水雖仍集中於局部區域，惟出水量已漸漸由每分鐘6公升增加至每分鐘10公升，甚至於最後階段，曾有短暫時間發生大量出水情形，所幸在有效的導水控制，以及緊急應變加速撤除作業下，終於完成所有連續壁破除作業後，使潛盾機能順利通過。



圖29 事前調查取樣



圖30 下行第3壁漏水臨時導水

## 五、潛盾施工對於臺鐵與高鐵結構物影響之檢討

### (一) 過台、高鐵結構沉陷數值分析

針對臺鐵與高鐵結構物影響是以2次元有限要素法 (FEM) 之土水一體彈塑性分析的方式做檢討，並以臺鐵與高鐵隧道和捷運潛盾隧道的交會部分來作剖面分析。

本次分析條件是：假設在潛盾機上方無任何支撐的狀態下（即未考量遮簷部伸出之頂部保護效應），進行隧道內施作人工掘削作業之切剖面安全分析，亦即在對應力解放率在100% 情況下進行分析，相關分析範圍及結果參見圖30及圖31。

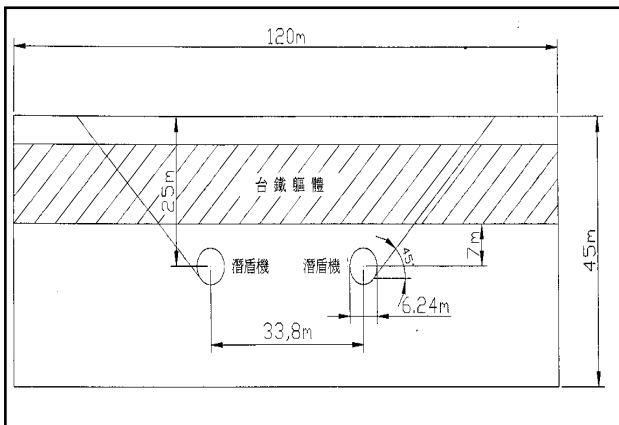


圖30 過臺、高鐵分析剖面

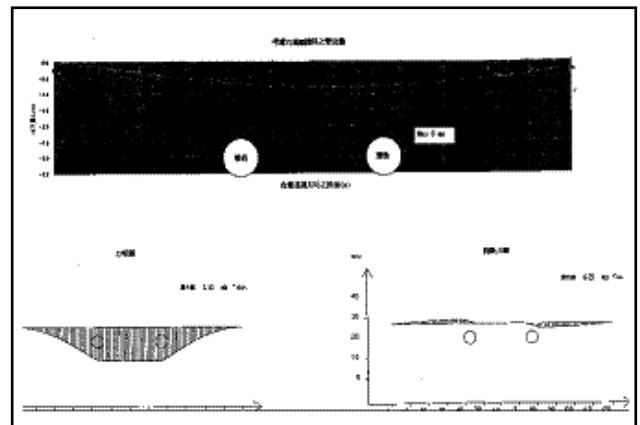


圖31 過臺、高鐵累積變位

分析的結果得知臺鐵結構物的下部會發生之最大沉陷量為8mm，此沉陷量甚小經評估並不至於對結構物產生混凝土龜裂現象。另外考量對臺鐵軌道之變位量所造成之影響，以捷運潛盾隧道通過臺鐵及高鐵結構物下方所產生之沉陷槽為計算基準，結果得知以間距10m分析單元最大偏差值為0.6mm，此值遠小於日本新幹線規章之軌道容許標準值3mm，所以對行車安全上沒有問題。

### (二) 監測成果與分析回饋比較

將上節最終分析累積變位沉陷與量測成果作成比較如下：

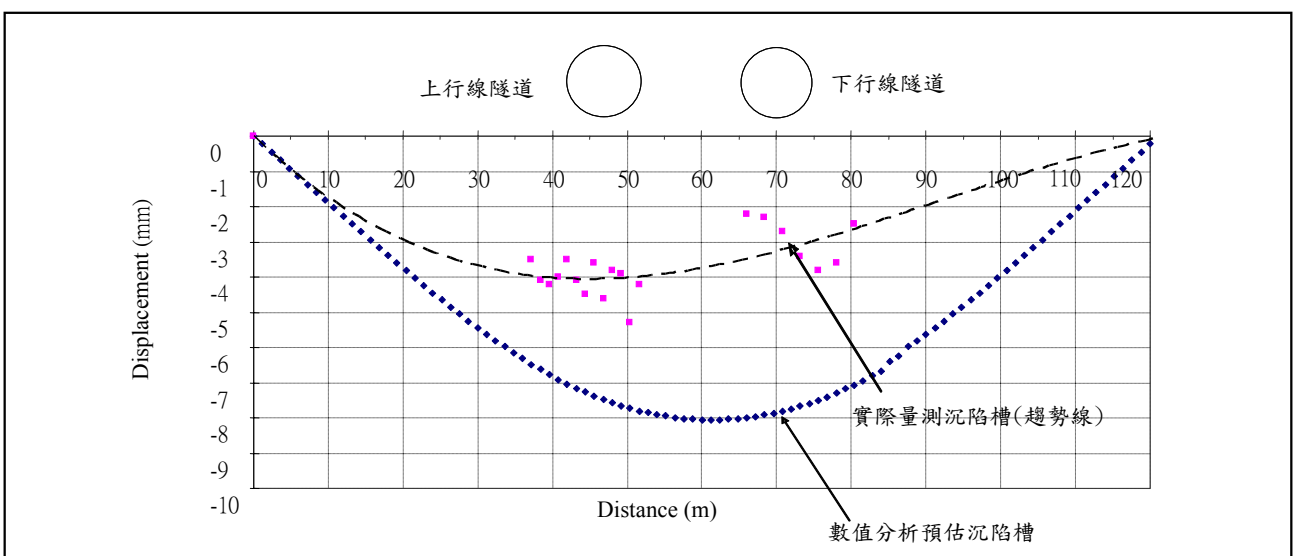


圖32 過臺、高鐵量測成果與累積變位比較

由以上分析結果與實際量測結果比較，發現數值分析結果變位沉陷量大於軌道量測沉陷，其原因可能有二：

1. 土壤參數過於低估：

由於隧道下土層經歷：施工解壓(隧道施工開挖)，再壓密(隧道完工營運)等複雜之應力路徑，如以隧道外土層(正常壓密)參數分析，可能偏保守。

2. 二維分析結果低估橫向(短向)斷面之效應：

由於程式本身受限，僅將隧道作一彈性樑模擬。實際情況應考量隧道尺寸效應，以三維評估較符合。

但從施工之觀點，偏保守之評估對於具較多不確定因素之工況可以提供相當之施工餘裕以供突發狀況反應耗用。故本分析應屬保守合宜。

## 六、結語

本工程穿越之地下擋土壁體及既有結構物共有六處之多，且每一處障礙均需經歷壁前灌漿、壁後灌漿、出艙開挖支撐及壁體敲除回填砂漿等程序，潛盾機前盾首灌漿作業空間狹窄，而出艙後挖掘及壁體破除作業環境更為艱困且風險性極高。每一處障礙施工時程約需三至四個月時間完成。在施工過程中須隨時注意地質變化、地盤改良成效之確認、輔助降水工法之水壓控制，以及開挖噴凝土面穩定性之監控等，且許多不利之天然或人為因素參雜其間，使每天之作業均在不斷克服困難及判斷中渡過，因此施工單位無不戰戰兢兢、小心翼翼地面對這個挑戰，並擬定各種可能突發或危險狀況之緊急應變方案。所幸因全體參與同仁之投入，及具有豐富之專業知識與正確的判斷，才能順利完成這項艱巨之工程。

## 參考文獻

1. 達欣工程股份有限公司(2005)，CK237標穿越台、高鐵地下障礙施工計畫書，修正H版。
2. 達欣工程股份有限公司(2005)，CK237標隧道段潛盾隧道穿越台鐵與共同管溝段自動化監測系統儀器採購計儀器安裝計畫書