

出國報告（出國類別：實習）

# 電纜潛盾洞道地中接合設計及施工 技術實習

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：陳致銘土木工程師

派赴國家：日本

出國期間：102年11月24~30日

報告日期：103年01月

# 目錄

目錄.....	1
圖目錄.....	2
壹、公務出國之目的.....	3
貳、潛盾工程概論—潛盾機的機制與形式.....	4
一、土壓式潛盾機.....	4
二、泥水式潛盾機.....	5
三、潛盾機比較與適用地質.....	6
參、公務出國之過程.....	7
一、「茨城～栃木幹線」日立潛盾工區.....	7
二、357 號東京港隧道工程.....	9
三、東大島幹線及南大島幹線工事.....	11
四、潛盾地中接合工法簡介.....	14
肆、潛盾異形環片設計.....	16
伍、建議與心得.....	20
一、建議.....	20
二、心得.....	23
陸、參考資料.....	25

# 圖目錄

圖 1、「茨城～栃木幹線」日立潛盾工區路徑.....	7
圖 2、兩頭發進立坑示意圖.....	7
圖 3、南太田 IC 立坑與日立港立坑發進後地中接合.....	8
圖 4、南太田發進立坑泥水處理設備.....	8
圖 5、東京港隧道工程鳥瞰.....	9
圖 6、露天發進坑.....	9
圖 7、外徑 12m 潛盾機具及洞道大小.....	10
圖 8、二次襯砌與路面基層施作成果.....	10
圖 9、二次襯砌灌漿模具.....	10
圖 10、二次襯砌鋼筋綁紮，綁紮前於各接縫預埋導流管，預防海水滲漏。.....	10
圖 11、附加重量材及安全洞道設計.....	11
圖 12、子母機分離機制.....	12
圖 13、急曲線鋼環片.....	12
圖 14、DO-Jet 高壓噴射狀況.....	13
圖 15、環片快速接頭及組裝狀況.....	13
圖 16、地中接合工法比較.....	15
圖 17、交維設施.....	20
圖 18、「茨城～栃木幹線」日立潛盾工區防音壁.....	21
圖 19、逃生洞道滲漏水狀況.....	21
圖 20、東京街頭孔蓋.....	22
圖 21、工務所內部.....	23
圖 22、工安標誌.....	24

## 壹、公務出國之目的

都市主要民生管線(輸油、輸供電、瓦斯、雨污水等)、地下捷運及交通幹道等，採地下化方式施設，具有直接穿越道路、河川及既設複雜管群、降低施工對民眾生活、周遭環境之衝擊，及提供良好之地下遮蔽保護等優點，隨著都市高密度化的蓬勃發展，此類工程屢見不鮮，普遍為各管線事業單位及交通運輸單位所辦理。潛盾隧道工法(tunnel construction)，為地下化工程指標性工法之一，為因應施工經濟性之要求，潛盾工程大深度化、大斷面化、長距離化及斷面多樣化，為近年來技術發展之方向[1]。

國內於 1976 年台北衛生下水道工程引進潛盾隧道工法，1981 年榮工處成功完成國內第一條 808m 長衛生下水道，1992 年台北捷運開始直徑 6m 級潛盾隧道施工，2003~2006 高雄、台北捷運、台電、下水道等約 50 餘部潛盾機同時施工，2003 年台電完成外徑 8.28m 潛盾隧道(龍門核四計畫循環冷卻水出水道潛盾工程)，2009 年桃園國際機場捷運採 DOT(Double-O-Tube)雙圓潛盾穿越淡水河等，國內潛盾隧道技術經 30 年發展與突破已能克服大多施工問題。

就位於都市地區，尤其於人口密集區域之管道施工而言，規劃以潛盾工法施作，除須規劃工作井以供潛盾機具吊放、安裝、出坑外，若潛盾洞道有分歧或接合之設計，還須施作中間工作井，然因適當之腹地不易覓得，且因接合點往往位於地面下較深位置，施作中間工作井不僅費時、增加經費，同時工作井之鏡面破除亦為潛盾工程風險較高之處，為因應此類工程困難，遂衍生出地中接合工法(docking tunnel)技術。

潛盾地中接合工法在日本已有許多施工案例，並因接合機制及接合處止水機制之不同發展出多種相關工法，技術已相當成熟，本次獲派赴日實地見習以汲取潛盾相關知識及經驗，並以本報告作為所獲資訊與心得之彙整。

## 貳、潛盾工程概論—潛盾機的機制與形式

潛盾機大致可分為密閉式及開放式兩種，密閉式潛盾機分為土壓式潛盾機及泥水式潛盾機兩種[2]；開放式潛盾機，則依挖掘方式分為手挖式潛盾機、半機械式潛盾機及機械挖掘式潛盾機三種。選擇潛盾機形式時，除須考量施工區間之地質條件、地表條件、斷面形狀、施工總長、隧道線形及工期等各項條件外，亦須考量掘進及襯砌等，以決定既安全又經濟之施工方式。

密閉式潛盾機(土壓式及泥水式)為目前國內與日本較常使用之潛盾機，其結構自挖掘面，依序可分為盾首、盾身及盾尾等三部分。盾首前方為切刃轉盤，盾首內預先充滿挖掘土砂及泥水空間，以保持挖掘面壓力，同時亦為將切刃轉盤所挖掘土砂移送至排土設備之通道，盾身與盾首以隔牆分開，盾身內為切刃轉盤驅動裝置、排土裝置及推進千斤頂等。盾尾後端配置盾尾封圈止水，並配備環片組裝機供洞道環片施工之用。

### 一、土壓式潛盾機

土壓式工法分為土壓平衡與泥土壓平衡兩種，兩種的差別在於是否使用添加材，若地盤土質較不具塑性，使挖掘砂土不易排出，或有地下水位過高之湧水疑慮而使用添加材時，則為泥土壓平衡式，若無，則為土壓平衡式。

土壓式潛盾機排土之運作機制為：由於切刃盤不是全面封閉，而是有開口之平面，為了使千斤頂推力可以平均作用在挖掘面，須於充滿挖掘土砂之切刃盤及螺旋輸送管內保持一定壓力，在挖掘面土壓與切刃盤內的泥土壓平衡的狀態下，一邊利用掘進機頭之切削盤以旋轉方式切割地盤為土砂，並視需要將挖掘的土砂與添加材攪拌及拌合，使其泥土化(具塑性及流動性)，一邊藉由螺旋輸送機排出，以帶式輸送帶送上運土台車運至出發井，由吊車運出。

土壓式工法之優點為：

- 1、適用範圍廣，可應用於沖積性粉土、黏土、砂質土到砂礫卵石，混和土層及土層變異性較大者亦適用。
- 2、不需要大規模之棄土處理設備，施工腹地需求較小。
- 3、因無棄土處理設備，成本較低。

土壓式工法之缺點為：

- 1、坑內工作環境較差、安全性低。
- 2、棄土處理速度較慢(因出土於井內操作)。
- 3、不適合高水壓地質(須考量土質特性改良等)。

## 二、泥水式潛盾機

泥水式潛盾機系統之運作機制為：以送泥管、排泥管及攪拌設備等構成送排泥機構，由送泥管將泥水(一般以皂土作為穩定液母材)送至挖掘面，藉由加壓之泥水抑制地盤水壓並穩定掘削面，利用掘進機之機頭切削，並由排泥管從切刃土艙將挖掘土砂伴隨泥水排出。泥水壓潛盾機施加比作用於挖掘面土水壓力略高的泥水壓，搭配泥水特性，更可保持挖掘面的穩定。

泥水式推進工法之泥水循環屬於強制循環的方式，機頭開始運作後，送、排泥管內的泥水即處於流動狀態，挖除之碎石土砂會隨著穩定液排經排泥泵送至地面進行後續處理。

泥水式工法之優點為：

- 1、泥水式潛盾亦為適用性很廣之工法，適用於沖積砂礫、砂、粉土、黏土層、高含水量且挖掘面不穩定的土層。
- 2、功率較高，且開挖、排土為系統自動化流程，推進速度較快，工期較短。
- 3、作業環境良好，作業安全性高。

泥水式工法之缺點為：

- 1、使用穩定液較不環保。
- 2、排泥管尺寸及排泥泵能量影響排泥，粒徑較大之土層須考量閉塞、逸泥及礫石破碎之課題。
- 3、設置泥水處理設備須龐大腹地，且處理設備運轉造成噪音，須設置隔音設備，降低影響鄰房程度。

### 三、潛盾機比較與適用地質

土壓式及泥水式潛盾機皆為土層適用性很廣之潛盾機，於台灣，較常見的是土壓式潛盾機，而本次前往日本參訪的工程，則大多採用泥水式潛盾機。經探討，相較於內在排土機制之不同及些微的地質適應差別，兩者於腹地需求之大小及推進效率之高低上，具有較大之差異，或許為台日兩地決定採行工法之關鍵因素之一。泥水式潛盾工法適用複雜地質、長距及快速施工，故常為日本工程優先考量，而潛盾工程於台灣常施作於地狹人稠之都會地區，極難覓得廣大腹地供泥水式潛盾工法泥水處理之用，且台灣亦缺乏泥水處理設備之專業廠家，即使工程由外商得標，相關人力、機具之跨海運作不符成本，施工廠商仍會以採用土壓式潛盾工法為優先考量。

下為內政部營建署「下水道推進施工技術參考手冊」[3]引用日本下水道管渠推進技術協會(2006)資料，兩種主要潛盾工法之適用地質資料。

#### 土壓式工法適用地質

土層	詳細說明
普通土層	1. 砂質土壤 N 值小於 50 2. 礫石最大粒徑小於 20mm、礫石含有率小於 30%
黏土	1. 黏土及沉泥含有率在 30%以上之軟弱黏土 2. N 值為 10 以下
礫石土層	1. 最大粒徑 20mm 以上 400mm 之下 2. 礫石含有率 30%以上，未滿 80%
硬質土	1. N 值在 10 以上但單軸壓縮強度在 5MPa 以下 2. 黏土 N 值大於 10

#### 泥水式工法適用地質

土層	詳細說明
普通土層	1. 砂質土壤 N 值小於 50 2. 礫石最大粒徑小於 20mm、礫石含有率小於 30% 3. 黏土 N 值小於 10
礫石土層	1. 最大粒徑 20mm 以上 400mm 之下 2. 最大粒徑<50mm 3. 礫石含有率 30%以上，未滿 80%
硬質土	1. N 值在 10 以上但單軸壓縮強度在 5MPa 以下 2. 黏土 N 值大於 10

## 參、公務出國之過程

### 一、「茨城～栃木幹線」日立潛盾工區

「茨城～栃木幹線」係為關東地區之瓦斯輸送幹管構築工程，目的為茨城縣、栃木縣之天然氣普及與供給安定，全長 84 公里，其中日立工區(全長約 5,024 米)及久慈川工區(全長約 3,851 米)為外徑 2.2 米之潛盾工程，由鹿島・清水特定建設工事共同企業體施作，業主為東京瓦斯株式會社北關東幹線建設事務所。本次參觀工程即為日立潛盾工區(圖 1)[5]。



圖 1、「茨城～栃木幹線」日立潛盾工區路徑

此二工區原計畫以日立南太田 IC 立坑作為兩頭髮進井(圖 2)，分別掘向久慈川工區之本米崎立坑到達井及日立潛盾工區之日立港基地立坑到達井，惟其中日立工區使用泥水式潛盾機卻遭遇預期外之地質多變及超出設計粒徑之礫石層(粒徑大於設計預估 3 倍)，導致泥水輸送塞管頻繁因而工進落後，為追趕工程進度，遂將日立港基地立坑亦改為出發井，與南太田 IC 立坑兩端一併推進並於地下約 45m 處執行地中接合。

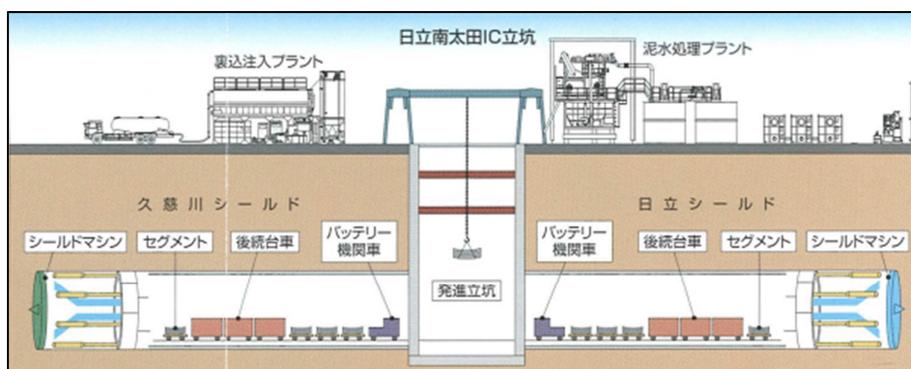


圖 2、兩頭髮進立坑示意圖

本工程地中接合位置依路徑，原位於交通要道上，為施作地盤改良所需及減少交通衝擊，兩潛盾機計畫於接合前分別經兩次  $R=75m$  之水平反曲線變化，使接合位置挪移至鄰近空地，更提高順利接合之困難度，兩潛盾機逐漸靠近的過程中，須不斷依據精密測量監控，執行修正掘進，並於兩機頭接近時，執行前方探查，以確保機頭相對位置之正確。到達接合位置之兩機頭機殼並未出坑，而係移出內部構造後，經各種止水焊接及補強，留置於地中做為洞道的一部分(圖 3)。

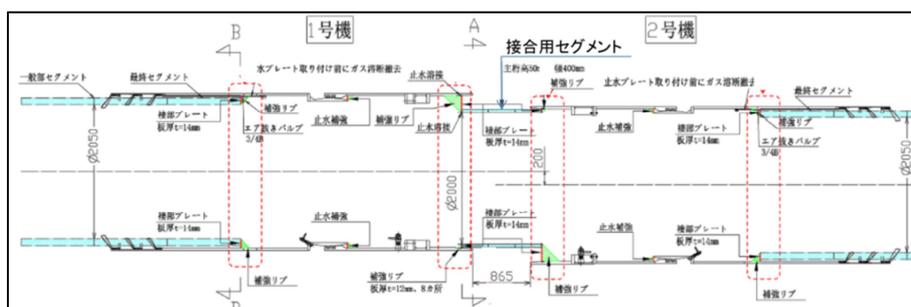


圖 3、南太田 IC 立坑與日立港立坑發進後地中接合

此外，本工程採用泥水式潛盾機，由本工程工區腹地配置可知泥水式潛盾工法須龐大腹地供泥水處理設備擺放(圖 4)。

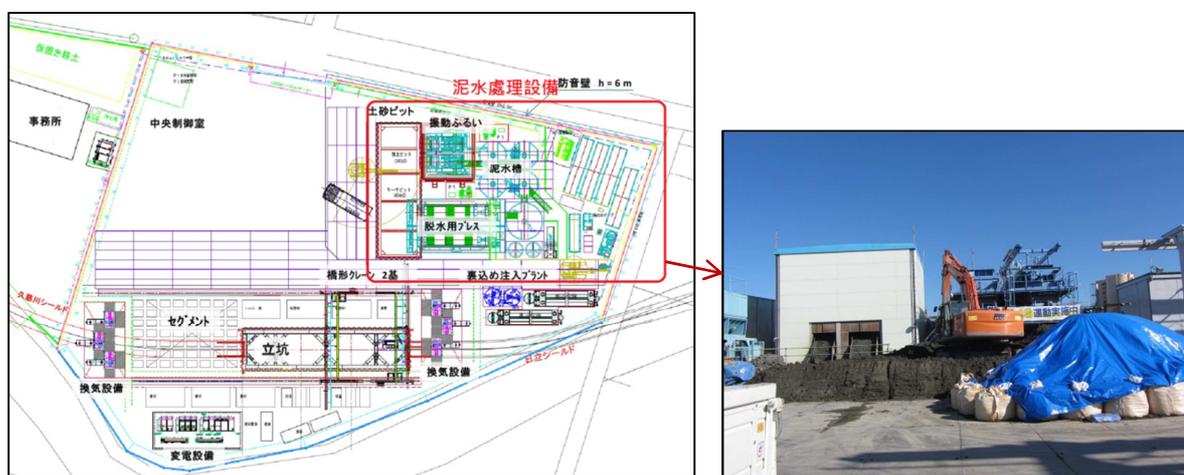


圖 4、南太田發進立坑泥水處理設備

## 二、357 號東京港隧道工程

本隧道工程全長 1,880m，係為舒緩首都高速灣岸線-大井~台場臨海副都心之間，交通集中混雜情形而興建、由東京港下方通過之公路用隧道(圖 5)，由鹿島・大林特定建設工事共同企業體施作，業主為日本國土交通省關東地方整備局。



圖 5、東京港隧道工程鳥瞰

本工程特點如下：

- (一)地面發進：一般於國內常見之潛盾工程多為地面下水平推進。本工程因係供公路道路使用，故採地面發進形式，以一定之傾斜角度，進入地層鑽掘(圖 6)。

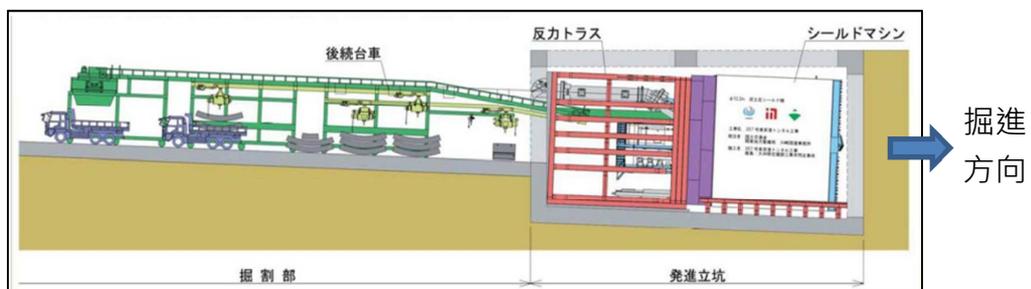


圖 6、露天發進坑

(二)外徑 12m 之大斷面潛盾工程：本案係為公路用隧道，故採用口徑較大之潛盾機頭(圖 7)。因隧道斷面可容納車輛進出，環片的搬運及土砂的運棄皆可直接由卡車進出搬運。



圖 7、外徑 12m 潛盾機具及洞道大小

(三)二次襯砌的施作：本案考量海面下高水壓止水、防蝕及內面美觀等因素，隧道內側做有二次襯砌，利用特殊鋼筋綁紮台車及灌漿模具台車(圖 9)進行鋼筋鋪設(圖 10)及填充灌漿。後端之襯砌構築與前端隧道挖掘施工，可同時進行，且二次襯砌之表面施作成果非常光滑美觀(圖 8)。



圖 9、二次襯砌灌漿模具



圖 8、二次襯砌與路面基層施作成果

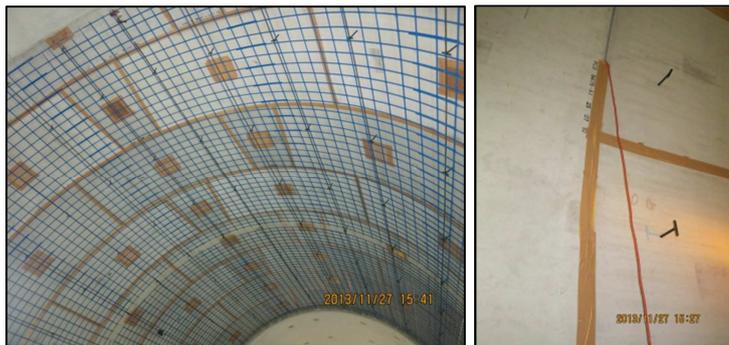


圖 10、二次襯砌鋼筋綁紮，綁紮前於各接縫預埋導流管，預防海水滲漏。

(四)海面下洞道所受浮力之考量-重量附加材及避難通道之施作：設計上，為抵銷洞道於海面下所受浮力，於洞道下部填放重量附加材，亦作為行車路面基層，並可作為安全逃生洞道之用(圖 11)，危難時可打開側溝旁預留之孔蓋進入，並逃生之洞道出口。

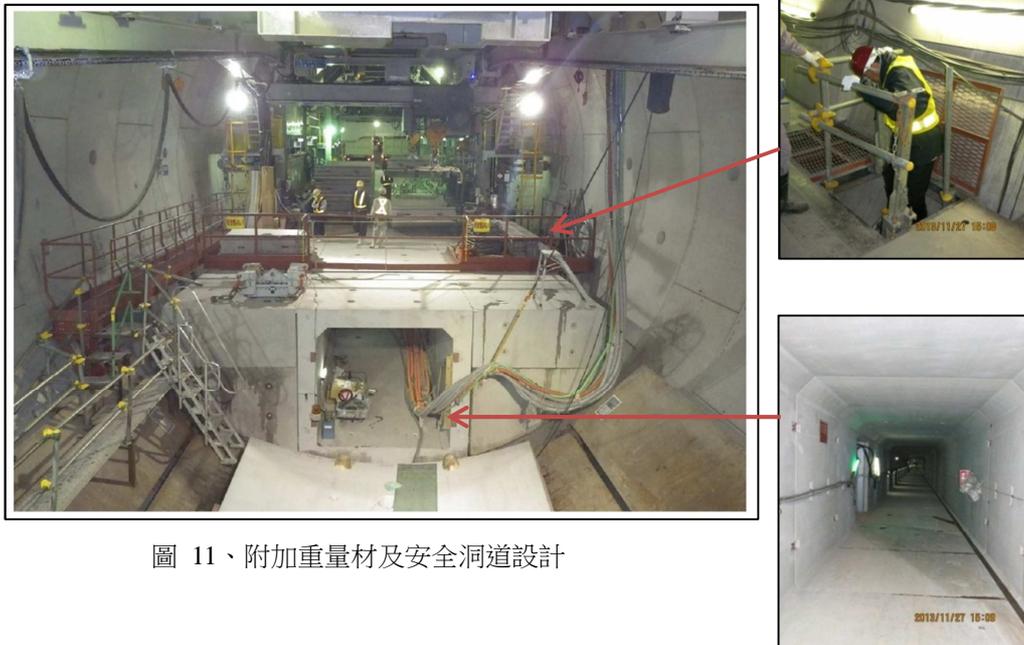


圖 11、附加重量材及安全洞道設計

### 三、東大島幹線及南大島幹線工事

「東大島幹線及南大島幹線工事」位於東京都江東區大島地區之下水道幹管構築工程，全長約 1.5 公里，由鹿島建設公司大島幹線事務所施作，業主為東京都下水道局。本工程特點如下：

(一)子母機採用：因應下水道工程，流通量於上游較小、下游漸大的特性，全線由 705m 長、外徑 6.95m 之母機潛盾工程，與 831m 長、外徑 5.2m 之子機潛盾工程所組成，出發井須設於下游處，母機出發掘進至斷面縮減點再以子機突出，續行剩餘工事(圖 12)。

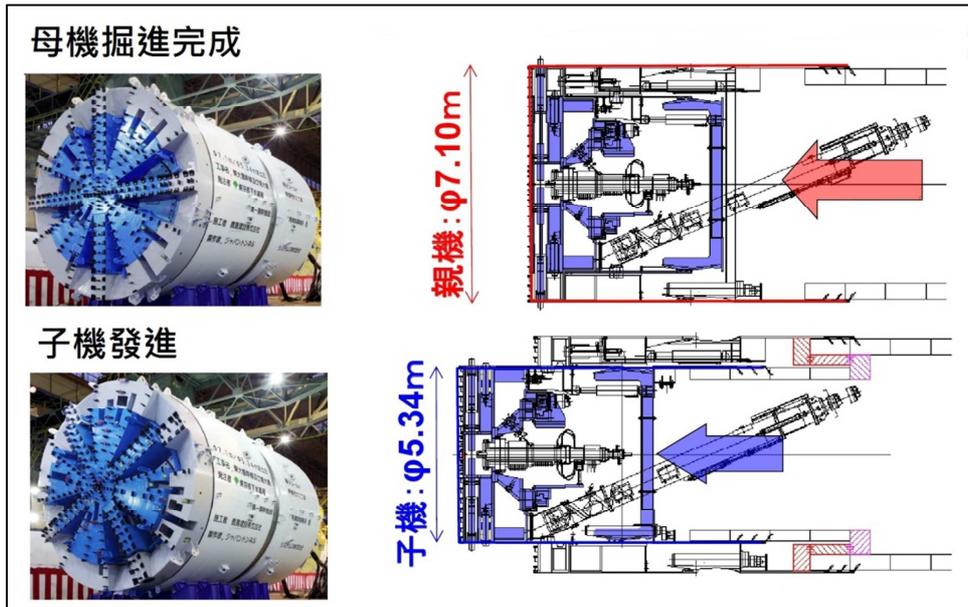
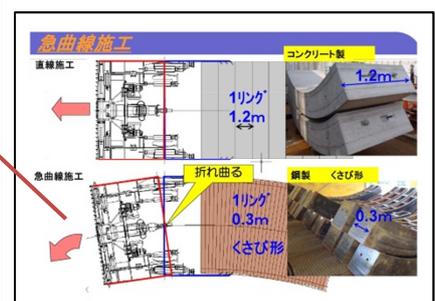


圖 12、子母機分離機制

(二)大深度及急曲線：本案考量下水道所須之洩水坡度、路徑之地質及障礙物迴避等因素，須於地下 30~40m 之間施工，沿途並有三段急曲線施工( $R=25\text{m}$ 、 $35\text{m}$  及  $40\text{m}$ )，須以寬度 0.3m 之鋼環片取代寬度 1.2m 之 RC 環片(圖 13) 搭配中折式潛盾機施作隧道主體。



圖 13、急曲線鋼環片



(三)機內灌漿工法：本案於穿越中川大橋及進入丸八通時，因與橋梁基樁及大島幹線距離較近，故於潛盾四周須施作地盤改良以穩定土壤，因受限於腹地狹窄及前述大深度之工程環境，使地改施作不易，遂採行 DO-Jet 特殊高壓噴射地盤改良工法，此機內灌漿工法可由切刃盤噴嘴以 245MPa 高壓噴射切割路徑上之障礙物，並可邊掘進邊噴射地盤改良材料，進行地盤改良作業(圖 14)。



圖 14、DO-Jet 高壓噴射狀況

施工中工程照片：

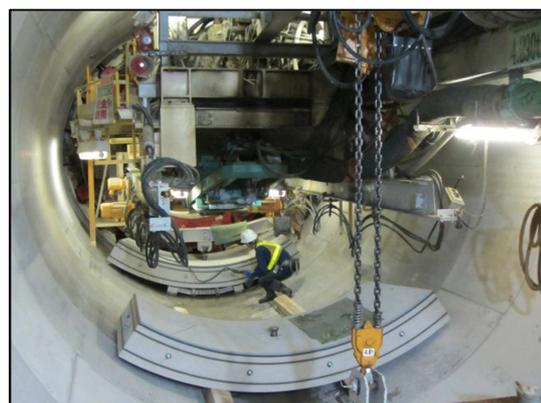


圖 15、環片快速接頭及組裝狀況

## 四、潛盾地中接合工法簡介

本次藉由參訪機會，除現地參觀工程外並與現場工程人員交流、涉獵各種地中接合工法，總括來說，地中接合概指因工作井設置困難、施工深度較大，或考慮工程經濟性後，省略工作井之設置，直接於地中將兩地下潛盾隧道銜接的潛盾工法。潛盾地中接合工法之重點在於地質、施工條件之資料收集及研判、接合處地盤之穩定與止水，及依所掌握資訊挑選合適潛盾機具及接合工法。

兩部對向挖掘之潛盾機，於對向掘進至接合位置處時進行銜接。銜接方式發展至今已有數種機械式銜接工法，其原理大致上為一部潛盾機之潛盾遮緣或貫入環圈貫入另一部潛盾機之潛盾遮緣內，常見有 MSD(Mechanical Shield Docking) 工法、DKT(Direct Docking Tunnel)工法及 CID(Concentric Interlace Docking)工法，詳下介紹並輔以圖 16[4]說明：

- (一)MSD 工法：貫入側潛盾機盾殼內部設有可推移之貫入鋼環，受入側之潛盾機設有承壓橡膠止水環，兩潛盾機挖掘至接合處後，伸縮切刀內縮，貫入側之貫入鋼環推出，頂壓受入側之承壓橡膠止水環，防止土砂或地下水滲入，達成機械式接合目的。
- (二)DKT 工法：兩部潛盾機挖掘至接合處後，受入側切刀盤內縮，並隨土艙內移縮入後，貫入側潛盾機切刀盤內縮往前掘進，保護鋼環貫入受入端並與止水封圈接合，搭配止水條(板)、由注入口注入的止水材等，防止土砂或地下水滲入，達到接合目的。
- (三)CID 工法：兩部潛盾機挖掘至接合處後，受入側切刀盤內縮，內洞往後牽引，同時注入固化材填充產生之空間，其後貫入側切刀內縮並鑽掘該固化材，往前貫入受入側，使兩潛盾機殼重疊，貫入側機頭並注入止水材填充兩盾殼間空隙。

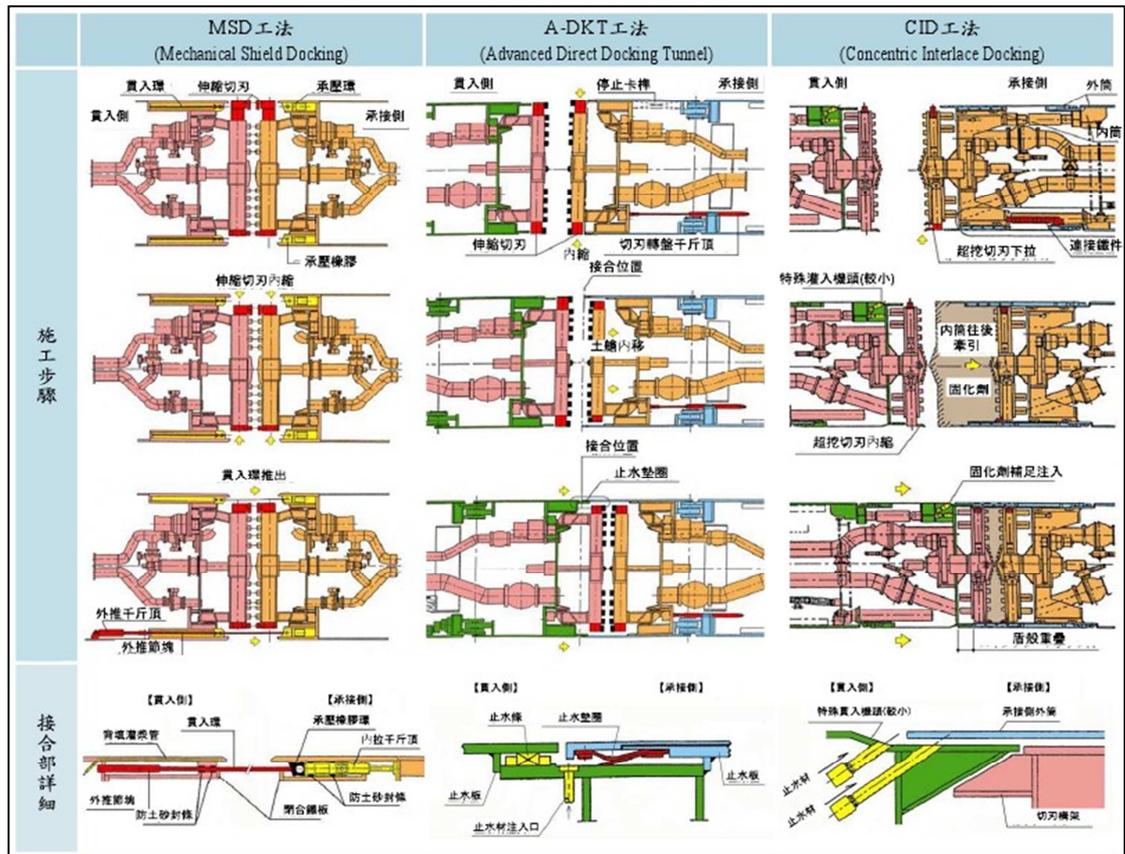
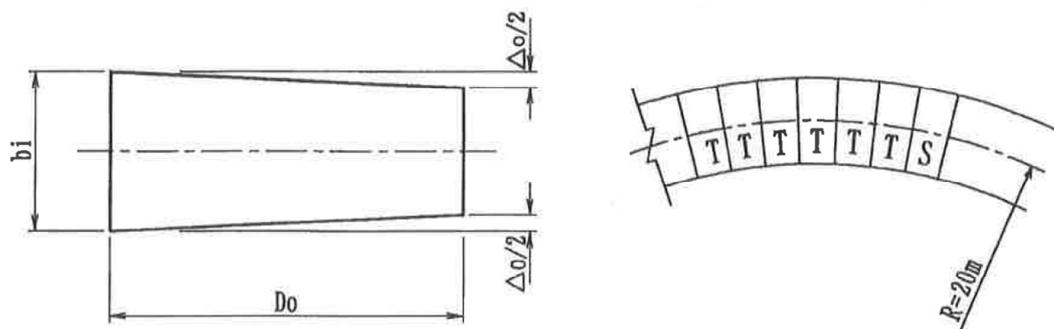


圖 16、地中接合工法比較

## 肆、潛盾異形環片設計

潛盾洞道之曲線段係由一定數量比例之標準環片搭配異形環片所組成，藉由異形環片寬度( $b_i$  與  $b_o$ )之差異，即異形量 $\Delta_0$ ，達到形成曲線路徑之目的。本次實習，於參訪築地幹線工事時(因其工程特色概為其他三處參訪工地所包括，故未於第參章報告)，亦涉獵了相關設計方法，在此，以曲率半徑  $R=20m$  之潛盾洞道環片設計為例，進行環片異形量 $\Delta_0$ 之設計說明，



各部分尺寸代號如下：

$b_o$ ：標準環片寬度

$R$ ：曲率半徑

$b_i$ ：異形環片寬度(較大的一側)

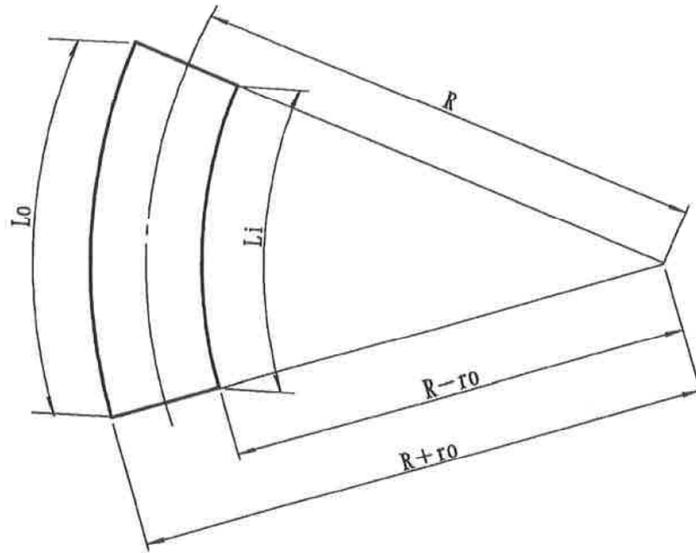
$D_o$ ：洞道直徑

$\mu$ ：異形環片使用率

$r_o$ ：洞道半徑

$S$ ：標準環片

$T$ ：異形環片



以及：

$L_0$ ：潛盾洞道外緣之弧長

$L_i$ ：潛盾洞道內緣之弧長

假設潛盾曲線段一個單位由  $N$  個環片所組成，異形環片之使用比例為  $\mu$ ，標準環片之使用數量為  $N(1 - \mu)$ ，異形環片之使用數量為  $N \cdot \mu$ ，則：

潛盾洞道外緣之弧長

$$L_0 = N(1 - \mu)b_0 + N \cdot \mu \cdot b_i \quad \text{-----} \quad (1)$$

內緣之弧長

$$L_i = N(1 - \mu)b_0 + N \cdot \mu \cdot (b_i - \Delta_0) \quad \text{-----} \quad (2)$$

又

$$\frac{L_i}{L_0} = \frac{R-r_0}{R+r_0} \text{-----} \quad (3)$$

將(1)、(2)式代入(3)式得

$$\frac{N(1-\mu)b_0 + N \cdot \mu \cdot (b_i - \Delta_0)}{N(1-\mu)b_0 + N \cdot \mu \cdot b_i} = \frac{R-r_0}{R+r_0}$$

左分式整理：

$$\frac{N(1-\mu)b_0 + N \cdot \mu \cdot (b_i - \Delta_0)}{N(1-\mu)b_0 + N \cdot \mu \cdot b_i} = 1 - \frac{\mu \cdot \Delta_0}{(1-\mu)b_0 + \mu \cdot b_i}$$

右分式整理：

$$\frac{R-r_0}{R+r_0} = 1 - \frac{2r_0}{R+r_0} = 1 - \frac{D_0}{R+r_0}$$

由兩式相等可知：

$$\frac{\mu \cdot \Delta_0}{(1-\mu)b_0 + \mu \cdot b_i} = \frac{D_0}{R+r_0}$$

$$\therefore \Delta_0 = \frac{D_0[(1-\mu)b_0 + \mu \cdot b_i]}{\mu(R+r_0)} = \boxed{\frac{D_0[b_0 + \mu(b_i - b_0)]}{\mu(R+r_0)}}$$

假設

$$b_0 : \text{標準環片寬度} = 0.3\text{m} \quad R : \text{曲率半徑} = 20\text{m}$$

$$b_i : \text{異形環片寬度} = 0.3\text{m} \quad D_0 : \text{洞道直徑} = 4.48\text{m}$$

$$\mu : \text{異形環片使用率} = 0.857(\text{每 } 6 \text{ 個異形環片搭配 } 1 \text{ 個標準環片})$$

$$r_0 : \text{洞道半徑} = 2.24\text{m}$$

$$\text{則異形量 } \Delta_0 = \frac{D_0[b_0 + \mu(b_i - b_0)]}{\mu(R + r_0)} = \frac{4.48 \times 0.3}{0.857 \times (20 + 2.24)} = 0.0705\text{m}$$

## 伍、建議與心得

### 一、建議

- (一)機械式地中接合工法已在國內工程中萌芽，並開始應用於大型工程中，如本處執行的「大林~高港 345kV 電纜線路工程」，此工法之種類隨著工程案例及經驗的累積逐漸增加，於日本已有許多施工案例可供參考，於國內起步之際，地中接合工法之採用，除參考日本經驗外，更須倚賴執行中工程妥善保管工程圖資及影像，配合國內自身施工環境及遭遇之問題，可提供相關從業人員於將來有參考度更高之實績資料。
- (二)除考量以低噪音工具施工外，大型工事之相關隔音隔震亦應多所考量，於日本所見工事，除工程進行之交維設施(圖 17)及視線隔離做得很確實之外，於減噪方面，即便在鄉間等居住人口不多之處，亦全面採用隔音牆阻絕工程噪音(圖 18)，降低對周遭環境之衝擊，無形之中，工程形象將會深入民眾心中，形成根深蒂固的看法與觀感。



圖 17、交維設施



圖 18、「茨城～栃木幹線」日立潛盾工區防音壁

(三)本次參訪「357 號東京港隧道工程」發現，即使施工完善，且隧道由外而內分別有防水材料、潛盾壁體、二次襯砌、附加重量材壁體、導水溝等多重防滲水機制，逃生河道中，節塊接縫處仍可見滲水導致的白華結晶(圖 19)。現今工程技術已有長足進步，但在許多場合仍無法完全排除環境影響，規劃時，除思考以工法克服困難之外，也應盡量順應自然。



圖 19、逃生河道滲漏水狀況

(四)現道路主管機關對於道路平整度較為要求，要求孔蓋下地情事亦多有所聞，此作法雖可達到道路平整之目的，惟對於管線單位於使用上確實不便，且不同管線單位之施工及孔蓋的重複提升下地，難免有 AC 鋪築浪費之問題。日本街頭路面亦有許多孔蓋，但孔蓋與道路之邊界甚為平整，偶見路面之「補丁」亦然。或為施工品質因素，或為瀝青材料配比因素，日本平整道路之做法可供台灣學習。此外，於日本所見之人孔蓋上，除具有美觀之當地特色外，亦可見部分孔蓋上標示數字及功能字樣(圖 20)，此作法應可提供後續維護管理及相關作業更高的識別度。



圖 20、東京街頭孔蓋

## 二、心得

以日本話語來說，營造業屬於「3K 仕事」，即「骯髒」(汚い, **Kitanai**)、「危險」(危険, **Kiken**)、「辛苦」(きつい, **Kitsui**) 的產業，職在國內接觸工程實務時亦有相同認知，尤其是在工程人員及工程環境上的感受。本次有幸獲派前往日本實習，第一接觸之印象，實在覺得事在人為，在日本，工程的本質仍是具備 3K 性質的，但「人」與「環境」之差異足以改變這印象甚多，在實習的過程中感受到，在「人」的方面，每個參訪工務所之員工及職員不僅對於自身的穿著及工具的佩帶甚為要求(或說是「習慣」)，對於自身處理之業務更是顯得了解且專業，每個角色都是專心於自己的本職上的，表現在外，便會透露出一股無形的自信；在「環境」的方面，在每個參訪工地之工務所室內，鞋帽、工具、衣物及辦公室資料的擺放皆是極為整齊的(圖 21)，更令人訝異的是，在施工現場，即使工地管理人員貌似不多，工地卻沒有一絲雜亂，別說是垃圾酒瓶檳榔渣等，所有物件都是歸類整齊堆置。除此之外，工地亦充滿工地安全衛生警示標語，由身體接觸的必然，養成維護工安的反射，確實令人印象深刻(圖 22)。

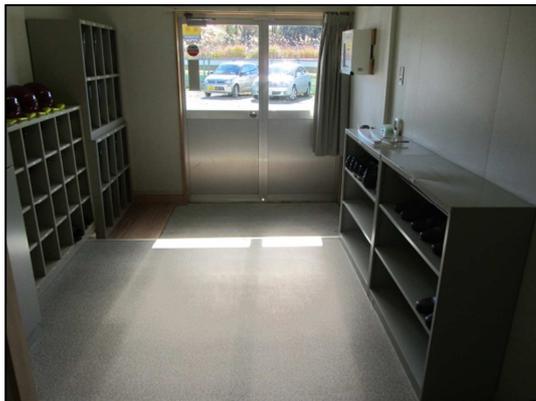


圖 21、工務所內部



圖 22、工安標誌

本次參訪工地，與日本相關從業人員交流並交換台日兩地工程近況心得時發現，工務所職工多數在過去都曾參與台灣重大潛盾工程，但令人感嘆的是，在過了十數年之後，多數重大工程仍由國外廠商得標的現況，身為台灣土木工程界的一份子，內心除期望國內工程界保有自己的優點外，也可以在較為不足的部分，慢慢追上日本工程界的水平，法規及方法都是可以參照及轉移的，但環境的氛圍及風氣之營造是比較困難且需要時間的。

本次執行年度出國計畫，於準備時程上較為急迫，工程是由許多環節組合而成，在短時間內只可參訪到特定的工程面向，對於特定工法之實習更是可遇不可求。本次參訪，除感謝公司給予的機會之外，並特別感謝鹿島公司三井 隆所長的邀請與陳惠君經理之引介，該公司精心安排的工地參訪，使職得以在短時間內，於各式潛盾工程上有所見聞，並使本次參訪更為順利、完整。

## 陸、參考資料

- [1] 朱旭、李魁士、何泰源、石原金洋，「潛盾隧道新技術之發展與應用」，中華技術 No.77，(2008)。
- [2] 日本土木學會，「日本隧道工程標準規範及解說-潛盾工法篇」，(2006)。
- [3] 內政部營建署，「下水道推進施工技術參考手冊」，(2009)。
- [4] 鹿島建設，「大林~高港 345kV 電纜線路第二工區潛盾洞道暨高港冷卻機房統包工程服務建議書」，P2-24，(2013)。
- [5] 鹿島・清水特定建設工事共同企業體，「茨城~栃木幹線」日立・久慈川潛盾工事簡介與簡報，(2011~2014)。
- [6] 鹿島・大林特定建設工事共同企業體，「357 號東京港隧道工程」工事概要說明與簡報，(2011~2014)。
- [7] 鹿島建設公司大島幹線事務所，「東大島幹線及南大島幹線工事」工事概要說明與簡報，(2011~2014)。