

# 赴日本製造工廠檢驗「園區三期給水污水增設工程之二---放流管線第二階段延伸工程」潛盾機

## 工作報告

單位：國科會科學工業園區管理局

出國人員：會計室劉明慰主任

營建組傅金門科長、陳文彬副研究員

出國日期：90.5.13 90.5.19

# 目 錄

一、前言 .....	1
二、行程 .....	2
三、潛盾工法之簡介 .....	3
四、園區三期給水污水增設工程之二---放流管線第二 階段延伸工程潛盾工程之簡介 .....	13
五、近畿幹線京滋線 R24 號東西線潛盾工程簡介 .....	14
六、潛盾機製造廠商 - 三菱重工業株式會社之簡介 .....	17
七、2480 潛盾機設計標準及檢驗成果 .....	21
八、心得與建議 .....	34
附件	

## 一、前言

本局為維護生活環境乾淨，配合政府環保法令規定，將污水處理廠處理過之放流水經由D3放流站 900 1200放流管(污水廠 新安路 寶山路高翠路口)，第一階段 1200 推進放流管(寶山路高翠路口至萬佛寺邊)及第二階段 1650 潛盾放流管(寶山路萬佛寺邊 寶品路 南大路 客雅溪)排放至客雅溪，D3 放流站 900 1200 放流管及第一階段 1200 推進放流管皆已施工完畢並在使用中。第二階段 1650 潛盾放流管工程已於89年10月12日發包，預定92年3月完工，為配合施工期，該工程潛盾機必須於今年6月下旬前到達新竹施工現場。依據施工規範規定，潛盾機體出廠前，甲方必須派員赴製造工廠會同作各部材料試驗確認、油壓機構使用配置確認及其他外觀尺寸及真圓度等檢查，所以承包商永偉營造工程公司函請甲方(本局)於5月13日前往日本三菱重工神戶造船所作潛盾機出廠前的最後的檢查及試驗，於是本局乃派會計室劉明慰主任、營建組傅金門科長、陳文彬副研究員等三人，會同設計監造單位中華顧問工程司所派之洪辰雄正工程師，一併前往日本製造工廠檢驗潛盾機。

## 二、行程

自 90 年 5 月 13 日起至 90 年 5 月 19 日共 7 天，工作行程如下：

90 年 5 月 13 日(星期日)搭乘長榮航空公司 BR2132 班機飛往大阪關西國際機場

90 年 5 月 14 日(星期一)參觀「近畿幹線京滋線 R24 號東西線潛盾工程」

90 年 5 月 15 日(星期二)前往三菱重工神戶造船所參觀並聽取三菱重工業株式會社事業部門介紹及潛盾機歷史與產品之介紹

90 年 5 月 16 日(星期三)前往三菱重工神戶造船所聽取本局放流管線工程所使用之 2480mm 潛盾機之規格說明及潛盾機外觀、真圓度及各部尺寸之檢測。

90 年 5 月 17 日(星期四)前往三菱重工神戶造船所測試潛盾機空載操作情況

90 年 5 月 18 日(星期五)檢討會議及整理檢驗資料

90 年 5 月 19 日(星期六)由大阪關西國際機場搭乘長榮航空公司 BR2131 班機飛返國門

### 三、潛盾工法之簡介

#### (一)概況

潛盾施工法係利用鋼板作為外殼，其內裝備油壓千斤頂、油壓機及各種操作機械所組合而成之潛盾機，在地下一面挖掘前進，一面架設環片支撐土壓，並隨時作背填灌漿，以防地面沉陷，視實際需要於環片內側灌置混凝土作為二次襯砌以構成管道之一種施工法。

潛盾施工法之優點：

- 1.在地面下施工，對路面交通影響較小。
- 2.對地下埋設物影響小。
- 3.地下挖方出土可立即運離工地，無需臨時棄土場。
- 4.都市道路開挖面積小，修復費用低。
- 5.對臨近結構物安全影響小。
- 6.噪音、塵土飛揚之公害較小。
- 7.施工安全防護較易。

潛盾施工法缺點：

- 1.需用如潛盾機之特殊機械設備施工，初期投資高。
- 2.需以其他輔助工法處理地下水水問題。
- 3.需有相當的覆土才能施工。

#### (二)潛盾施工法設計之調查

##### 1.調查目的

為使隧道得以安全而正確施工，於工程設計、施工前必須加以詳細的調查。調查項目包括：

- (1)延線既有地下埋設物。
- (2)路況。

(3)既有地上下構造物調查以及地質調查等。

依據調查的資料結果選定最適當的管道敷設路線，決定工作井地點，並設計適合該工程地質的潛盾機及選擇輔助工法。

## 2.地上下物調查

### (1)道路狀況調查

A.對道路鋪設之等級，道路寬度，彎曲狀況有無橋梁及種類，交通量等的調查。

B.地下物如建築物、電力線桿，鐵路軌道橋台橋墩及護岸之基礎等的調查。

### (2)地下埋設物及障礙物調查

A.設計時及施工前對於地下埋設物應參照埋設機關的竣工圖，工程記錄簿等資料並實地詳加調查確認其埋設位置及深度，以免潛盾推進時遇到障礙。

B.平行施工路線構造物基礎種類與深度的調查。穿越河底時對於河底可能沖刷的深度以及護岸、橋墩、橋台等必須詳加調查。

## 3.工作井用地周圍環境調查

(1)選擇足夠的場地以便安置棄土搬運設備背填灌漿設備及環片放置等。

(2)用地於都市計畫之土地使用種類。

(3)附近交通量之調查，以考慮影響交通的程度及設計工作井之進出道路。

(4)土地所有權之歸屬。

## 4.地質調查

(1)地質調查乃決定施工方法之依據，其目的在獲得設計時如何選擇潛盾機種及採用輔助工法，估計工期、編列預算及爾後施工時所需之一切地質資料。

(2)地質調查結果之應用

- A.工作井撐土設計
- B.環片及潛盾機設計
- C.開挖面穩定性之檢討
- D.開挖方式及土渣搬運設備之決定
- E.附屬構造物之設計
- F.止水工法之檢討
- G.背填灌漿材料、配比及工法之選擇
- H.工期預估
- I.臨近構造物防護措施之檢討

(三)最小覆土

潛盾施工所需的最小覆土深度除依地盤條件外，尚須顧及施工附近構造物、埋設物之安全。一般而言，其最小覆土深度應在潛盾機開挖面土壤鬆動高度以上。其覆土深度最小限度應在潛盾機直徑以上，通常為  $1.0 \sim 1.5D$  ( $D$  為挖掘外徑)。

(四)曲率半徑

潛盾施工可能之曲率半徑，依潛盾機之構造而異，由於近來潛盾機製造技術進步相當快速，若採中折設備，最小曲率半徑可達 30 公尺或小至 15 公尺。潛盾機需要在曲率半徑很小的情況下轉彎時，須依其地質條件考慮各種輔助工法及保護措施，以適應因轉彎而需超挖之現象。

## (五)潛盾機之選擇

潛盾施工法最重要的因素，就是如何配合地質情況及其他條件，選擇最適用之潛盾機。

### 1. 潛盾機之構造

潛盾機由前端用以挖掘的盾首部，及後端用以襯砌環片的盾尾部以及連接盾首及盾尾而支持潛盾機全體構造的中間環狀護殼（亦稱盾殼）所組合而成。

盾殼內部設有潛盾推進用油壓千斤頂及用以架設環片的架設機和作業室。

#### (1) 盾首部

盾首部由刃口部及遮簷所組成。

##### A. 刃口(cutting edge)

刃口的長度以工作人員有足夠的活動空間即可，通常在 1.0 1.2M 之間。

##### B. 遮簷(Hood)

盾首是裝置於潛盾機的前端，用以防止前端面土壤崩落及保護工作人員之安全。盾首的長度依前端面土壤的性質而定。通常為 300 1000mm。

#### (2) 盾殼(Skin)

潛盾護殼稱為盾殼部，除承受橫斷面方向的土壓外還要承受盾首尾部環片所承受的潛進千斤頂及前端千斤頂反力，因此盾殼設計應考慮下記載重。

##### A. 垂直土壓

##### B. 水壓

##### C. 自重

- D. 上載載重之影響
- E. 變向載重
- F. 千斤頂反力
- G. 其他

### (3) 潛盾千斤頂 (Shield Jack)

#### A. 所需總推力

千斤頂所需推力視盾殼與土壤間的摩擦阻力、盾尾部與環片間的摩擦力、擋土千斤頂的反力，潛盾推進時刃口部的切削阻力等大小而定。一般經驗推算，潛盾機總推力可以下式計算

$$P = (\pi / 4 D^2) K$$

式中 P=潛盾機總推力

D=潛盾機直徑

K=70 ~ 100

但是潛進千斤頂有些是為了防止滾動或修正方向之用，並非全部用於推進，根據一般使用例，推進時千斤頂僅使用所裝備的半數者居多。

#### B. 千斤頂的推進速度

潛盾機的推進速度普通在 30 ~ 50mm/MIN 之間。推進速度增快，則潛盾進行方向難以控制而易發生蛇行或偏向。

#### C. 千斤頂配置

千斤頂支數 =  $D / 0.3 + K$  D=潛盾機直徑 K=1 ~ 3 上式算出的數目平均配置於圓周上，而其支數以偶數為原則。潛盾千斤頂每支出力太大時將使環片的負

荷過大而致破壞。除必須增加千斤頂的支數外，同時亦應於千斤頂與環片作用面上鋪上墊版以分散並緩和環片的受力。

#### (4) 盾尾部

為架設環片之作業場所，長度以環片能在盾尾部架設，同時前一組環片尚有一部份留在盾尾部內，盾尾部的長度一般為環片寬度 1.5 2.5 倍。

##### A. 盾尾墊圈(Tail packing)

為使潛盾易於轉彎並容易在其內架設環片，盾尾之內徑一般稍大於環片外徑，並為防止湧水及背填灌漿流入坑內，於潛盾尾部與環片間設置墊圈，以填補空隙。一般潛盾機與環片間的空隙約為 30 60mm。

##### B. 環片架設機

環片架設機位於盾尾部內，係將環片安全迅速組合成所定形狀之機器，一般有下列三種型式，環狀式、中空軸式、齒輪與齒條式等三種。

## 2. 潛盾機種類

潛盾機依其挖掘方式可分為手挖式潛盾機、半機械式潛盾機及機械式潛盾機等三大類。

### (1) 手挖式潛盾機

潛盾挖掘作業以人力開挖，適用於較複雜的土質，潛盾機本體製造費比機械式低，遇到障礙物時較易排除可分為：

#### A. 開放型

開挖面(潛盾機盾首部)與盾殼部及盾尾部之間，可自由來往。開挖面的土壤以人工挖掘後，土砂則利用輸送帶搬出。

#### B. 密閉型

機體之構造與開放型大致相同，所不同的是潛盾機盾首部密閉，而於密閉面設取土口，使用於土質軟弱地盤之開挖。

#### C. 棚柵型

適用於大口徑的潛盾及凝聚力較小之砂質土。在潛盾機的盾首部安裝 1-3 層水平板(亦即棚柵)，當潛盾機向前推進時，流入盾首都的崩落土砂則堆積於棚柵上，依土壤本身安息角保持穩定。

#### D. 前端壓氣型

施工區間的土質大部分良好，而僅其中一小段土盾不良有湧水現象時，為節省工期，事先僅於潛盾機的內部設置空氣室及其他設備，當潛盾機推進至土質不良地段時，則在前面施加壓氣，通過該段後即行停止壓氣。適用於粘工質，沉泥質地盤，但不適用於砂質及礫石層地盤。

### (2) 半機械潛盾機

於潛盾機前端加設挖土機易以代替手挖式潛盾機之人工挖土，其製造費約為手挖式的 1.2-1.5 倍，作業效率比手挖式高 20-30%適用於緊密土壤(N 值 20-30)。

### (3) 機械式潛盾機

在手挖式潛盾機的盾首部裝置回轉式的刃口 (cutter)，藉刃口的旋轉以挖掘前端土砂，挖掘的土砂則以旋轉式取土器吸取後投送於輸送帶搬出。

此種型式的潛盾機其本體製造費較高，約為手挖式的 2 3 倍，但可以減少作業人員，提高施工效率，適用於軟弱地質，包括下列幾種型式。

#### A. 多軸型

機頭配置若干刃口，每一刃口可單獨旋轉挖掘，潛盾機本體上的刃口版可插入開挖面使殘留土壤剝落而達到一面挖掘一面前進的目的，適用於軟弱地盤。

優點：

- a. 可自動防止滾動。
- b. 其構造有防止開挖面崩塌的作用。
- c. 各單元的刃口可單獨滑動，因此起動時可減少產生扭力，各單元的刃口可交替使用及更換。

缺點：

- a. 潛盾機前面遇到障礙物時不易排除。
- b. 開挖面積約為開挖面的 50%，不適用於硬質土礫石層。
- c. 初期掘進比手挖式困難。
- d. 潛盾機的製造費及配屬設備比手挖式貴。

#### B. 單軸型

由單一滾動軸承帶動刃口旋轉，可以全斷面開挖，因本體內部寬廣，操作機械及輸送帶等容易設

置，但不適用於軟弱地盤。

優點：

- a. 方向的控制比其他種類的潛盾機容易。
- b. 刃口取土器可以伸縮，可挖掘到預定位置。
- c. 刃口可正反旋轉，可防止潛盾機滾動。
- d. 設有可超挖刃口，曲線部分施工容易。

缺點：

- a. 係全斷面挖掘，對開挖面之穩定性不良，不適用於湧水量多易崩塌之地盤。
- b. 滾筒的更換及調整困難。

#### C. 泥水型

此種機型前面密閉，利用“泥水”壓保持開挖面土質的穩定。轉動挖掘時一面將前端泥水送出，一面由地面上將相當濃度的泥水送入而達到挖進的目的。

優點：

- a. 湧水量多之砂土及沉泥質地盤皆可適用。
- b. 坑內不需使用壓氣，施工環境良好，工作人員穩定且工資較壓氣者低。

缺點：

- a. 係以流體輸送棄土，如遇到流木、雜物等將產生輸送困難，致遇障礙物時不易處理。
- b. 需考慮泥水之輸送及處理設施場地費等。
- c. 比手挖式潛盾機昂貴，若施工距離短則不經濟。

#### D. 土壓式

係利用開挖面的土質保持開挖面土質的穩定。亦就是將旋轉式刃口挖下的土質送入刃口後面的旋轉體內側，並填滿於螺旋輸送機，以保持與開挖面的土壓保持平衡而潛進。

優點：

- a. 開挖面之土壓不解除，可保持開挖而穩定。
- b. 由於坑內不需使用壓氣，施工環境良好。
- c. 刃口土砂係在旋轉體內處理，因此機械效率高。
- d. 可適用於各種複雜的土質。
- e. 無需使用類似泥水型白皂土液，故棄土處理費低。

缺點：

- a. 不易排除障礙物。
- b. 比手挖式潛盾機易發生機械故障。
- c. 潛盾機本體的價格約為手控式的 3 倍，施工距離短時不經濟。

#### 四、園區三期給水污水增設工程之二---放流管第二階段延伸工程潛盾工程之簡介

為更加強保護科學園區附近社區環境保護，本局將污水處理廠經過處理後之污水，經由管線排放至新竹市區的客雅溪。

二期延伸工程係由寶山路(萬佛寺邊) 實品路 南大路至客雅溪，由於延線道路交通量大，覆土深度大，不易採用明挖工法施工，所以決定採用影響路面交通最小的潛盾工法施工。

放流管完成內徑：1,650 m/m

環片外徑 2,350 m/m

二次襯砌 200 m/m

總長度約 1,970 m

潛盾機：2,480mm 土壓平衡式潛盾機由日本工三菱重工業株式會社製造

地質：砂質粉土、礫石、風化砂岩。

覆土深度：最大 19m，最小 3.2m。

地下水位：GL-4.1 6.2m。

隧道線形最小曲率半徑：45m

線形縱坡：0.4% 0.65%

工作井：出發工作井 4.5m(寬) ×1m(長) ×8M(深)

到達工作井 4.5m(寬) ×5.5m(長) ×23M(深)

承包商：永偉營造工程有限公司

開工日期：民國 89 年 10 月 12 日

預定完工日期：民國 92 年 3 月中旬

## 五、近畿幹線京滋線 R24 號東西線潛盾工程簡介

星期一早上 6 時起床，7 時 30 分用完早餐後，8 時集合搭乘一部由三菱重工業株式會社提供之中型巴士，並由三菱重工下出先生帶我們到京都府城陽市寺田今橋 58 番 5 號施工現場，一路上景色宜人風光明媚，差不多 10 時，就到達現場，現場附近沒有什麼住家，屬於離市區較遠較偏僻地段現場用地長 112 公尺寬 32 公尺，非常寬廣，包括工務所、停車場、出發工作井、環片堆置場，現場環境很乾淨整齊，很舒適。一下車後就先到工務所 2 樓簡報室，由工務所長給我們大家先作該工程簡報。

### (一)工程名稱

近畿幹線京滋線 R24 號東西線潛盾工程。

### (二)工程地點

京都府城陽市寺田今橋 58 番 5 號。

### (三)合約工期

2000 年 9 月 1 日 2002 年 6 月 30 日(約 22 個月)。

### (四)發包單位

大阪瓦斯株式會社

### (五)承包商

戶田建設，前田建設及錢高組聯合承攬。

### (六)工程內容

1. 潛盾一次襯砌：泥土壓式潛盾機開挖外徑 2796mm；  
L=3220.5M。鋼環片外徑 2606mm
2. 潛盾機切刀交換工：1 次
3. 潛盾二次襯砌：埋設瓦斯鋼管( 750)，四周再填注 CB  
水泥砂漿；L=3221.7m

4.出發工作井：既有設施直徑約 11 公尺深 14 公尺鋼板樁擋土設施。

5.到達工作井：4.0 公尺(寬) ×1.5 公尺(長)深 10.9m，鋼板樁擋土設施。

(七)施工進度：潛盾已完成 2,220 公尺，平均每日 18 公尺

(八)工程特徵：

1.長距離施工約 3,220.5 公尺。

2.覆土深約 20 公尺。

3.縱坡大：有 8%及 4%棄土搬運及環片搬運要多費工夫採用特製電池機關車。

4.地質：較硬平均 N 值 > 50

經過初步工程簡介後，我們每個人帶工務所幫我們準備的安全帽、工作衣、雨鞋、手套及毛巾，由工務所長帶領準備到潛盾隧道坑內，首先從出發工作井循著工作梯下到工作井底部，再由此橫向走進隧道坑內，坑內設備齊全，有照明、送風管、排水管、配管材及其他必要的安全設施。軌道部分有單線及雙線兩部分，大部分都是單線，坑內空間雖然小，但還可以有工作空間，我們一面塔台車一面走路花了將近一個小時，才到達潛盾機位置，因為空間小，很難看到潛盾機開挖情況，且施工人員還在工作，怕影響他們的工作，僅看到棄土搬運及環片按裝情況。

環片按裝非常順暢，但由於地下水位高少許環片接續部分有滴水，以後還要填注水泥砂漿埋設鋼管，所以不會影響管線使用。看完前端潛盾機操作後，就又循原路線走回到工作井。再爬工作梯回到辦公室休息，並提出問題互

相討論。結論：1.在日本潛盾機僅用於一個工程折舊；2.該工程潛盾施工地面沉陷量少於 1 公分；3.潛盾開挖施工進度平均每日 18 公尺(二班制)；4.至目前為止沒有遇到什麼困難；5.依地質資料選擇採用三菱重工製造之泥土壓式潛盾機，外徑 2796mm 長度 7780mm 並附中折設備。

經過 30 分鐘討論後，我們就結束了該工地的參觀拜訪。

## 六、潛盾機製造廠商 - 三菱重工業株式會社之簡介

(一)三菱重工的創設可追溯到 1884 年，當年三菱的創業者岩崎彌太郎從當時的政府承租工部省長崎造船局命其名為長崎造船廠，正式開始經營造船事業，後來造船事業由三菱造船株式會社繼承，實現了大幅度的成長。

1934 年除了船舶之外，還增加了大型機械航空和鐵路車輛等事業，公司名稱更改為三菱重工業株式會社，開始新的步伐。

從陸、海、空到宇宙，三菱重工大顯身手，產品多達 700 種以上，不僅在日本國內而且在世界各地支援著所有的產業和城市的活動，事業總部包括有船舶和海洋開發事業總部、鋼結構物和鋼構建築物事業總部，動力系統事業總部，核能系統事業總部，機械事業總部，航空宇宙事業總部，通用機械及特種車輛事業總部，空調機和制冷系統事業總部，產業機械事業部、紙張、印刷機械部及機床事業部等 11 事業部，並分佈在廣島製作所、下關造船所長崎造船所、高砂製作所、三原機械、交通系統工場、神戶造船所、橫濱製作所、名古屋航空宇宙系統製作所及名古屋誘導推進系統製作所等 9 大製造廠配合基礎技術研究所，長崎研究所，高砂研究所，廣島研究所，名古屋研究所及橫濱研究所等六大研究所的尖端技術研究下，製造出多項高科技產品。

三菱重工業公司概况如下：

資本額約 2654 億日元(2000 年 3 月 31 日止)

公司員工 39,366 名(2000 年 3 月 31 日止)

國內分公司 10 處

研究所 6 處

國內工廠 9 處

海外辦事處及駐在員辦事處 12 處

海外關連公司 58 處

訂貨額 1924.1 億日元(1999 年 4 月 1 日 2000 年 3 月 31 日)

銷售額 2453.8 億日元(1999 年 4 月 1 日 2000 年 3 月 31 日)

三菱重工業株式會社之宗旨，係為確保人類與科技發展之間在地球上和平相平相處而努力，三菱重工業株式會社在其一世紀以上的歷史中，已成長為一個現代日本產業之先驅者。依據歷年來研發所得之科技能力，三菱重工業正提供種類繁雜的產品及服務，包括造船、鋼構、電力系統、空氣調節設備、產業用、一般用機器、航空、宇宙設備等。三菱重工業經由製作這些與人類生活息息相關為工業活動之基礎的各種產品而貢獻於社會。今天三菱重工正經由科技革新來擴展業務，自全球性展望及企業發展開始，目標為達成國際社會之和平相處。以建造能夠提供舒適並符合當地生活及習慣的各種設施為起始，在最近幾年亦積極的投入全體人類共同的問題，諸如新能源的開發及環境保護。在邁向 21 世紀時，三菱重工業繼續向未來將面臨的問題挑戰，諸如海洋開發及太空計劃。

支持三菱重工執行這些與地球息息相關之各種活的基本觀念是，除了累積一個世紀以上之技術並加上隨時對應時代變遷之因應能力，以及持續開拓未來領域。如此堅持不懈的努力所累積下來的成果，即為今日三菱重工所獲得

的信賴，也成為構築更美好的明天之驅動力。

確保人類、科技與大自然之間的和平相處，為尋求一個更繁榮的未來，三菱重工業正穩健的向前邁進。

## (二)三菱重工業株式神戶造船所之簡介

1905年成立,包括神戶本工場 二見工場及鯛尾工場，成立以來經常利用最新科技，製造出很多優良產品。

船舶部門最得意的就是建造高付價值的貨櫃船、客船、潛水艦及深海潛水調查船，同時對修理船及改造船亦發揮高度技術。

機械部門製作各種陸上製品，包括核能發電場，鍋爐、柴油機、環保機器、建設機械、收費機械、鋼構製品、文化、娛樂設施等，對產業發展及社會基礎設施有很大貢獻，有多項產品獲得 ISO 9001 國際認證，包括：1.商船、海洋製品；2.核能相關製品；3.火力發電廠製品；4.柴油機製品；5.環境、試驗裝置製品；6.施工機械製品；7.收費機械製品及 8.鋼構製品(橋梁水壓鐵管)。

本工場現有土地面積 669,900m<sup>2</sup>，建物面積約 247,900m<sup>2</sup> 建物樓地板面積 402,300m<sup>2</sup>，員工人數 5,388 人。

自 1939 年起，三菱重工業株式會社神戶造船所已為全球服務超過 1570 個以上隧道工程計劃，提供各種不同型式之隧道鑽掘設備及其服務。三菱重工可稱之為設計，製造供複雜地盤鑽掘使用之大口徑潛盾機的領導者，其重大工程有；1.橫貫東京灣之海座隧道工程提供三部 14140mm 潛盾機；2.法國里昂高速公路隧道工程提供一部 10,960mm 複合地盤鑽掘用潛盾機；3.東京地下鐵 12 號線工程計劃提

供一部 8,846 × 17,440mm 之三心圓式潛盾機；以及 4. 為英法海底隧道工程提供二部潛盾機。

## 七、 2480 潛盾機設計標準及檢驗成果

### (一) 2480mm 土壓平衡式潛盾機技術規格書

#### 1. 本技術規格書之目的

本技術規格書之目的為三菱重工推薦鑽掘『園區三期給水污水增設工程配合工程之二---放流管線第二階段延伸工程』使用之土壓平衡式潛盾機(Earth Pressure Balanced Shield Machine)，本隧道工程長度為 1970 公尺，其做為一次襯砌使用之環片的外徑為 2350mm。

根據三菱重工技術及多年製作經驗，本項工程採用三菱重工所提供本技術規格書內所建議之潛盾機設備，以滿足技術要求。

#### 2. 設計條件

##### (1) 總則

A. 工程名稱：園區三期開發給水污水增設工程配合工程之二---放流管線第二階段延伸工程。

B. 工程地點：中華民國台灣省新竹市

##### (2) 地質條件

A. 土質類別	砂質粉土、礫石、風化砂岩
B. 覆土厚度	最大 19m 最小 3.2m
C. 地下水位	GL-4.1m 至 6.2m
D. N 值	大於 100
E. 土壤單位重	18KN/m <sup>3</sup>
F. 水中土壤單位重	8KN/m <sup>3</sup>
G. 凝聚力 C	- N/cm <sup>2</sup>

H. 內摩擦角	25 °(預估)
I. 地盤反力係數	50 KN/m <sup>3</sup> (預估)
J. 上載荷重	10 KN/m <sup>2</sup>
K. 礫石粒徑	240mm
L. 單軸抗壓強度	2.5 MPa

### (3) 隧道線形

A. 隧道長度	1970m
B. 最小曲率半徑	30m(預估)
C. 縱坡度	0.4 0.65%

### (4) 隧道襯砌

A. 型式	預鑄鋼筋混凝土環片及鋼環片
B. 外徑	2350mm
C. 內徑	2050mm
D. 厚度	150mm
E. 寬度	900mm
F. 每環分割數	5 片
G. 每環重量	23KN
H. 最大環片分塊重量	5.38KN

### (5) 供應電源

A. 電壓	3300V
B. 頻率	60Hz
C. 相位	3 相

### (6) 設計與製造基準

本潛盾機之設計，製造係依據以下法規與設計規範施行之。若不包括在下列法規或規範之項目者，則

依照三菱重工業株式會社潛盾機製造規範為準。

A. 日本工業規格(JIS A8201)

B. 日本電機工業標準規格(JEM)

(7) 潛盾機主要製造場所

三重工業株式會社神戶造船所建設機械部

日本神戶市兵庫區和田崎町一丁目一番一號。

(8) 潛盾機無負載運轉試驗場所

三菱重工業株式會社神戶造船所建設機械部

日本神戶平兵庫區和田崎町一丁目一番一號。

3. 潛盾機技術規格

(1) 潛盾機規格

A. 主機規格

- |            |           |
|------------|-----------|
| a. 潛盾機外徑   | 2480 mm   |
| b. 潛盾機盾尾內徑 | 2398 mm   |
| c. 盾尾鋼板厚度  | 25 mm     |
| d. 盾尾淨空    | 24 mm     |
| e. 潛盾機機身長  | 約 6425 mm |
| f. 盾尾封圈    | 電線刷型 2 段  |

B. 推進設備

- |            |                      |
|------------|----------------------|
| a. 總推口     | 588 KN               |
| b. 推進千斤頂衝程 | 1000 mm              |
| c. 伸展速度    | 4.5 cm/min(當千斤頂全數伸展) |

C. 中折設備

- |        |         |
|--------|---------|
| a. 總力矩 | 6272 KN |
| b. 衝程  | 400 mm  |

c.中折角度	左、右 12 度；上、下 1 度
D.切刃機頭設備	
a.型式	半圓頂型切刃機頭
b.支撐方式	周邊支撐
c.開挖口徑	2530 mm
d.裝備動力	135 KW
e.回轉數	2.0 rpm
f.扭力	最大扭力 451 KN-m
g.驅動方式	油壓馬達驅動
h.回轉方向	向左、向右
i.切削刀	
主切刃齒	
型式	螺栓固定型
數量	32 組
主切刃齒(配置於切刃轉盤之最外周)	
型式	螺栓固定型
數量	1 組
輔助切刃齒	
型式	焊接型
數量	20 組
魚尾尖切刃	
型式	焊接型
數量	1 組
擴挖刀設備	
型式	油壓千斤頂伸縮型

數量	1 組
衝程	150 mm
圓盤型滾動切刀	
型式	螺栓固定型
數量	9 組
E. 螺運機	
a. 螺運機規格	
型式	無軸式螺旋機
螺運機內徑	476 mm
回轉速度	1.0 6.7 rpm
作業扭力	25.4 KN-m
排土量	24.3 m <sup>3</sup> / ( =100 時)
驅動方式	油壓馬達驅動
b. 排土閘門	
型式	閘刀型
驅動方式	油壓千斤頂伸縮方式
F. 環片架設機	
a. 型式	環型齒輪式
b. 旋回速度	2.9 rpm
c. 旋回角度	±200 度
d. 壓進力	53 KN
e. 提舉力	35 KN
f. 升降衝程	400 mm
g. 橫移衝程	200 mm
h. 有效空間	約 780 mm

i. 提舉重量 5.38 KN

G. 加泥材注入口

a. 切刃機頭 1 1/4 組

b. 潛盾機前側 2B 組

c. 螺運機 2B 組

H. 土倉清洗用注入閥門(加泥材注入兼用)

a. 隔艙壁 2B 組

I. 安全連鎖裝置

a. 動力單元被啟動時，電動機會依照從容量較大者向容量較小者之順序進行啟動。

b. 當切刃機頭之回轉扭力超載時，則推進千斤頂將被停止伸展動作。

J. 油壓千斤頂

用途 \ 規格	推力 (kN)	衝程 (mm)	使用壓力 (MPa)	數量 (支)	備註
潛盾機推進千斤頂	588	1000	34.3	10	
中折設備用	784	400	34.3	8	
環片架設機升降用	26.5	400	13.7	2	
環片架設機橫移用	38.2	200	13.7	1	
擴挖刀設備用	117	150	18.6	1	
螺運機排土閘門用	43	195	13.7	2	

K. 油壓幫浦

用途 \ 規格	吐出量 (l/min)	壓力 (MPa)	回轉數 (min <sup>-1</sup> )	數量 (台)	備註
推進千斤頂用	8.0	34.3	1800	1	
中折設備用	8.0	34.3	1800	1	
環片架設機用					與擴挖設備共用
切刃機頭回轉用	77	24.5	1800	3	
擴挖刀設備用	27.5	20.6	1800	1	
潤滑油自動注入用	0.05	15.7	1800	1	
螺運機排土閘門用	13.2	14	1800	1	
操作油濾清設備	4.5	0.5	1800	1	

## L. 電動馬達

型式：戶外型全密閉氣冷式，E 級絕緣。

用途 \ 規格	輸出功率 (kW)	極數 (P)	電源 (V ×Hz)	數量 (台)	備註
潛盾機推進用	5.5	4	440 ×60	1	
中折設備用	5.5	4	440 ×60	1	
環片架設機用					與擴挖設備共用
切刃機頭回轉用	45	4	440 ×60	3	
擴挖刀設備用	11	4	440 ×60	1	
潤滑油自動注入用	0.2	4	440 ×60	1	
螺運機回轉用	22	4	440 ×60	1	
螺運機排土閘門用	3.7	4	440 ×60	1	
操作油濾清設備用	0.2	4	440 ×60	1	

\*本潛盾機運轉時所需最大動力為 183.1 kW；因此，所使用之變器容量約需為 250KVA。

## M. 油壓馬達

用途 \ 規格	吐出量 (l/rev)	扭力 ×壓力 (kN-m ×MPa)	數量 (支)	備註
環片架設機旋回用	0.75	1.64 ×13.7	1	
驅動刀盤回轉用	4.996	19.5 ×24.5	3	
驅動螺運機回轉用	0.565	2.8 ×80.9	2	

## (2) 電氣設備

### A. 電氣系統

本潛盾機上裝配有電動馬達、照明、電氣控制設備及其所需之相關配線等；所使用之電氣設備均具有防滴構造。

### B. 使用電源

- a. 動力回路：440V ×60Hz ×3 相
- b. 控制回路：110V ×60Hz ×單相
- c. 照明回路：110V ×60Hz ×單相

### C. 電動馬達啟動方式

電動馬達輸出功率	啟動方式
30kW 以下	直接啟動
37kW 以上	星形三角啟動(Y- 啟動)
操作開關	按鈕開關、凸輪開關

### D. 電氣控制設備

a. 潛盾機上裝備有動力盤、操作盤、接續箱、環片架設機操作箱等。

#### b. 裝置位置

為考慮潛盾機運轉時之操作性及日後維護作業之便利性，各種控制設備之安裝位置如下：

動力盤：後續台車

操作盤：後續台車

接續箱：潛盾機內

環片架設機操作箱：潛盾機內

可攜帶式、按鈕開關

### E. 潛盾機操控系統

採用手動方式進行操控作業。

### F. 潛盾機內照明設備

a. 日光燈：10W x 10V x 8 具

b. 緊急照明燈：20W x 10V x 2 具

c. 備用插座：1.5W x 10V x 7 個

### G. 配線作業

a. 配線作業範圍為潛盾機主體至後續台車上之動力盤為止。

b. 配線材料。

## (二) 2480mm 土壓平衡式潛盾機檢查及試驗

5月15日(星期二)9時離開飯店坐電車到 Sanomiya 車站，然後再坐計程計到達三菱重工神戶造船所，三菱重工篠田課長及下出先生先帶我們到設計開發中心大樓會議室聽取三菱重工業株式會社簡介，並由建設機械部長西岳茂工學博士歡迎我們的來臨，簡單介紹神戶造船所建設機械部目前的工作營業狀況。而後再由鹽谷設計課長介紹 2480 土壓平衡式潛盾機設計細節包括如何到台灣新竹施工現場作地質鑽探調查，風化砂岩單軸壓縮強度及礫石徑大小再考慮其他施工條件如施工鑽掘長度 1970m，覆土深度最大 19m、地下水位 GL-4.1m 及管線最小曲率半徑 15m，依據這些條件及在施工中可能遭遇的情況，設計出最理想最有效率的潛盾機。除這些設計條件外，並介紹該潛盾機重要機件如：

1. 潛盾機本體：外徑  $\times$  機長 ( 2480mm  $\times$  450mm) 盾殼鋼板包括前 45、中 25、後 25mm 採用 SS400 材質，盾尾封圈為電線刷式 (wire brush) 二段，推進速度為 0 ~ 4.5 cm/min，總推力 5880 KN(600tf)，最大中折角度左右為  $12^\circ$  上下為  $1^\circ$ 。
2. 環片架設機為門形，旋轉角度左右各  $200^\circ$ ，旋轉速度 0 ~ 2.9 r.p.m.，昇降範圍 0 ~ 400 mm，橫移範圍 0  $\pm$  100mm，壓進力 53KN (5.41 tf)，提舉力 35KN (3.6 tf)。
3. 切削頭：為閉鎖扁平形、四周支撐方式、能兩次旋轉，旋轉速度 2.0 r.p.m.，旋轉扭力最大 451 KNm，開口率 34%。

4. 螺運機:外徑  $\times$ 全長為 508mm  $\times$ 5500mm, 螺旋徑  $\times$ 間距為 465mm  $\times$ 450mm, 旋轉速度最大 6.7 r.p.m.作業扭力 25.4 KNM  $\times$ 30.9 MPa, 排土量 24.3 m<sup>3</sup>/h。
5. 油壓千斤頂包括:
  - (1)潛盾千斤頂 588KN  $\times$ 1000S  $\times$ 34.3 MPa 10 支。
  - (2)中折千斤頂 784KN  $\times$ 400S  $\times$ 34.3 MPa 8 支。
  - (3)環片架設升降千斤頂 26.5KN  $\times$ 400S  $\times$ 3.7 MPa 2 支。
  - (4)環片架設橫移千斤頂 38.2KN  $\times$ 200S  $\times$ 3.7 MPa 1 支。
  - (5)閘門開閉千斤頂 43KN  $\times$ 95S  $\times$ 3.7 MPa 2 支。
  - (6)擴挖刀千斤頂 117KN  $\times$ 150S  $\times$ 8.6 MPa 1 支。
6. 油壓馬達包括環片架設機旋轉用 1 台, 切削機頭旋轉用 3 台及螺運機旋轉用 2 台等。
7. 動力系統(電動馬達)包括潛盾機千斤頂用 1 台, 中折設備千斤頂用 1 台, 閘門開閉用 1 台, 環片架設機及擴挖刀設備用 1 台, 螺運機用 1 台, 切刃機頭旋轉用 3 台, 自動給脂(潤滑油)用 1 台及自動注油(齒輪用)1 台等。

經過對這部潛盾機有初步認識並互相討論後, 接著下一步就是到潛盾機製造工廠作潛盾機檢查及試驗, 包括:

- (1)外觀檢查: 材料、結構焊接及組合是否有缺陷。
- (2)無載重下操作試驗在無載重操作下, 所有零件作用是否順暢。
- (3)壓力試驗經過 2 分鐘單獨壓力作用後, 所有油壓設備及千斤頂是否有缺陷。
- (4)固定壓力試驗: 在個別固定壓力下, 全部減壓閥應診

減除油壓，包括：

- A. 推進千斤頂
- B. 環片架設機
- C. 螺運機旋轉
- D. 螺運機閘門千斤頂
- E. 切刃旋轉
- F. 擴挖刀千斤頂

以上這些檢查及試驗是由 MHI 藤江先生負責，檢視照片如照片一 四，檢查及試驗結果如附件所示，一切檢查及試驗均合格。



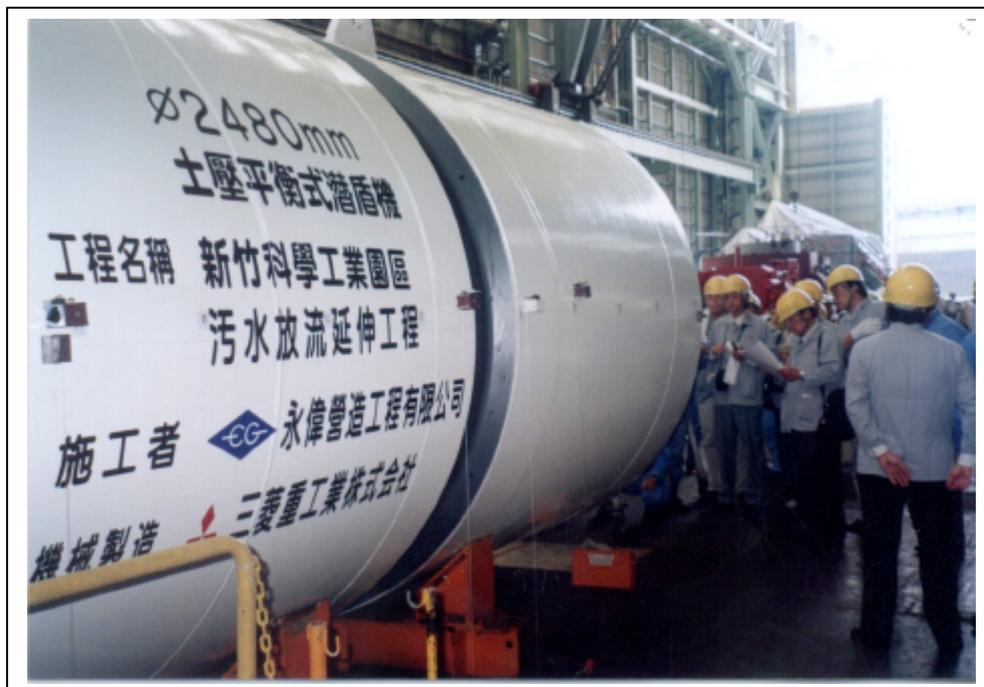
照片一 潛盾機外觀



照片二 潛盾機外部及內部檢視



照片三 潛盾機試驗前調整



照片四 潛盾機試驗進行

## 八、心得與建議

潛盾工程施工是否順利，最重要的因素，就是潛盾機的選擇及製作，尤其在新竹地區地質複雜有卵礫石及風化岩層，潛盾工程第一次在新竹地區實施，只允許成功，在這種情況下必須有豐富經驗的潛盾機製造廠商設計製作，承包商永偉營造工程有限公司委託三菱重工設計製作，乃是正確的，施工成功的第一步。

潛盾機切削刃口頭必須硬度夠，才足以將岩石及礫石切成碎片，這些切削刀材質應該是特製合金鋼，是三菱重工本身的專利製品，所以沒有標示切削刀是何種材質，沒有作材質試驗，材質試驗僅作盾殼鋼板物性及化學分析是否符合 SS400 的規定，這一點今後是否會在施工規範特別註明是有檢討的必要。

從潛盾工程施工現場的參觀拜訪，我們發覺日本人的團隊精神以及對工作盡責的態度是很值得我們學習的，特別對施工環境維護及對施工安工設施的重視，更是讓我們重新檢討要特別重視今後科學園區施工現場的環境整潔及施工安全。

這次有機會到日本三菱重工業株式會社神戶造船所對「園區三期給水污水增設工程配合工程之二---放流管第二階段延伸工程」潛盾機，作潛盾機體出廠前的各項試驗及檢查，讓我們見識不少，更對這部潛盾機各項機能有更深切的瞭解，應對放流管二階段延伸工程施工有很大的幫助。