

行政院所屬各機關出國報告  
(出國類別：實習)

研習潛盾洞道因應工作井無法開設而  
採地中接合之設計及施工技術

服務機關：台電輸變電工程處北區施工處

姓名職稱：王俊槐第一分隊課長

派赴國家：日本

出國期間：103.4.20~103.4.25

報告日期：103.6.17

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：研習潛盾隧道因應工作井無法開設而採地中接合之設計  
及施工技術

頁數\_\_\_\_ 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

王俊槐/台灣電力公司/北區施工處/第一分隊課長/02-33436612

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：103.4.20~103.4.25

出國地區：日本

報告日期：103.6.12

分類號/目

關鍵詞：特殊潛盾工法、地中接合

內容摘要：(二百至三百字)

潛盾施工路徑之規劃通常沿著既成道路佈設潛盾線型，在大都市人口稠密集中的今日，都市內土地利用已趨於飽和，都市道路下方早已存在各種維生管線，要在道路上尋覓發進井、中間井及到達井等施工用地實屬不易。隨著技術的進步，長距離潛盾施工應用於各種管線或道路工程也越來越頻繁，如何增進潛盾施工的效率以縮短施工期程，也成了當前重要的課題。

地中接合工法就是在這種氛圍下應蘊而生。近年來，日本發展出多

種特殊潛盾施工技術，地中接合為其中一項，其主要施工方式係依工程特性訂製 2 部潛盾機，分別由兩端發進至預定接合點，在輔助工法的配合下進行潛盾機銜接及拆解。

此一工法的優勢不僅免於接合點設置到達井及造成交通衝擊困擾，並且可運用於急需縮短施工期程之工程，目前日本已有數個成功案例。台電公司現階段亦有工程計畫採用該工法施工，相信不久的將來，國內在特殊潛盾施工技術的水準也能跨出一大步。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網  
(<http://report.nat.gov.tw/reportwork>)

## 目 錄

壹、研習目的	1
貳、研習行程簡介	2
一、行程規劃	2
二、行程表	3
參、研習過程	4
一、茨城～櫛木幹線潛盾洞道	4
二、東大島幹線潛盾洞道工程	13
三、大和川線潛盾工程	18
四、日立造船株式會社潛盾機製造完成檢查	22
肆、分享與感謝	26
一、心得	26
二、建議	30
三、誌謝	31

## 表 目 錄

表1、行程表	3
表2、茨城～櫛木幹線工程概要	4
表3、東大島幹線工程概要	13
表4、大和川線工程概要	18

## 圖 目 錄

圖 1、茨城～櫛木幹線平面圖	4
圖 2、使用之 2 部潛盾機	5
圖 3、茨城～櫛木幹線平縱斷圖	5
圖 4、潛盾機一次解體	6
圖 5、前方探查步驟	7
圖 6、潛盾機一次解體圖示	8
圖 7、潛盾機二次解體圖示	9
圖 8、接合鋼板焊接組立及襯砌	10
圖 9、軌道佈設及台車	10
圖 10、全線鋼環片施工	11
圖 11、有害氣體偵測及通訊設備	11
圖 12、現場說明接合流程	12
圖 13、東大島幹線平面圖	13
圖 14、套環式親子潛盾機	14
圖 15、東大島幹線縱斷圖	15
圖 16、DO-Jet 施工改良及切割用噴頭配置圖	16
圖 17、中川大橋及大島幹線地盤改良示意圖	16
圖 18、障礙物切割排除示意圖	16
圖 19、鋼環片與 RC 環片間使用可撓性環片	17
圖 20、變斷面(親子分離)銜接處	17
圖 21、大和川線平縱斷圖	18

圖 22、大斷面潛盾施工及刃齒更換	19
圖 23、環片採用插銷組裝	20
圖 24、殘土處理回填至仰拱	20
圖 25、潛盾作業區域管制	21
圖 26、大斷面洞道完成情形	21
圖 27、千斤頂動作確認	22
圖 28、出土裝置動作確認	22
圖 29、切削刃輪輻伸縮動作確認	23
圖 30、本體主要部尺寸確認	23
圖 31、切削盤及超挖刀動作確認	24
圖 32、形狀保持裝置動作確認	24
圖 33、環片組立裝置動作確認	24
圖 34、中折裝置動作確認	25
圖 35、檢查結果確認會議	25

## 壹、研習目的

因應社會環境變遷及土木施工技術提升，目前在人口稠密的都市中佈設輸電線路，往往需運用到潛盾施工法來降低交通衝擊。然而潛盾工法的規畫設計及施工仍然有許多技術困難點待克服，其中發進、到達井的施工用地取得就是一大課題。

日本潛盾工法的發展及運用已累積相當經驗，近年來更努力突破傳統潛盾工法的桎梏，因應不同施工條件發展出各式特殊潛盾工法，其中之一即為「無須設置到達井的道洞地中接合技術」，本次赴日實地見習以汲取相關知識及經驗，俾便對爾後公司相關輸電線路工程施作能有所裨益。

## 貳、研習行程簡介

### 一、行程規劃

主要研習行程分為四個部分，包含 3 個工地參訪研習行程及一個潛盾機製造工廠見習行程，其中工地參訪安排之工地，均具有採特殊潛盾方式施工之工程特性，另於日立造船潛盾機製造工廠目前完成一部地中接合潛盾機製造，將進行後續潛盾機製造完成檢查。

行程簡介如下：

#### (一) 茨城~樺木幹線潛盾洞道工程

1. 用途：供瓦斯管線幹管佈設
2. 工程特性：地中接合施工

#### (二) 東大島幹線潛盾洞道工程

1. 用途：下水道幹管
2. 工程特性：套環式子母潛盾機變斷面施工

#### (三) 大和川線潛盾洞道工程

1. 用途：高速公路
2. 工程特性：大斷面潛盾施工

#### (四) 日立造船株式會社潛盾機完成檢查

1. 各部位尺寸檢查
2. 設備功能運轉操作測試



## 二、行程表

### 行 程 表

項次	起始日	迄止日	前往機構	國家城市名稱	工作內容
1	1030420	100420			往程(台北→東京)
2	1030421	1030421	KAJIMA	日本東京	茨城~櫛木幹線潛盾洞道施工及規劃實務技術研習(含工地觀摩)
3	1030422	1030422	KAJIMA	日本京都	東大島幹線及大和川潛盾洞道施工及規劃實務技術研習(含工地觀摩)
4	1030423	1030424	KAJIMA	日本大阪	日立造船公司潛盾機完成檢查及試運轉操作現場研習(含工地觀摩)
5	1030425	1030425			返程(大阪→台北)

表 1、行程表

參、 研習過程

一、 茨城~櫛木幹線潛盾洞道

(一) 平面圖



圖 1、 茨城~櫛木幹線平面圖

(二) 工程概要

潛盾機	瓦斯管徑 (mm)	潛盾工事		
		有效內徑 (mm)	平面延長 (m)	施工法
日立	Ø600	Ø2050	5024	泥水式
基地	Ø600	Ø2050	3851	

表 2、 茨城~櫛木幹線工程概要

本工程原配置 1 台潛盾機，施工中因配合業主縮短施工時程需要，另增購 1 台潛盾機，將施工方式變更為兩端發進至預定地點後以地中接合方式銜接。因屬施工中之設計變更，故其地中接合方式非屬機械式地中接合(潛盾機製造未設計接合用滑動罩)，而係配合地質條件及後續地改後，以人工焊接鋼板及襯砌接合施工。

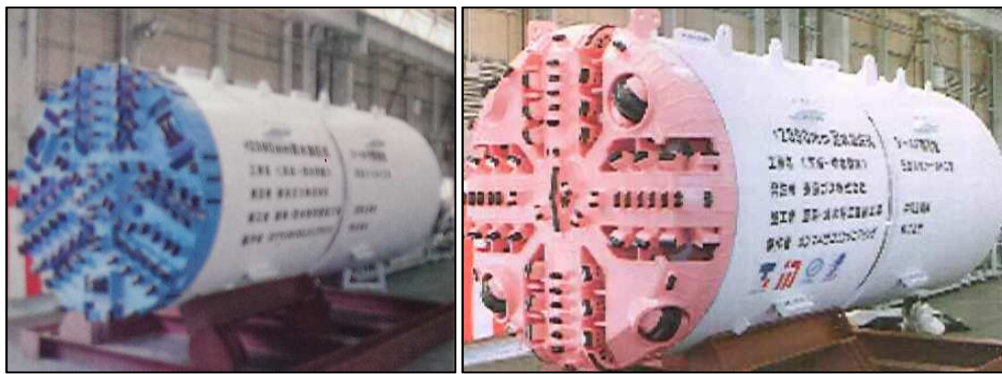


圖 2、使用之 2 部潛盾機

- (三) 地質條件：地中接合位置位於 GL-50m 處，經增加鑽探調查詳細地質後，考量土水壓力之克服，接合地點選擇在泥岩層中。

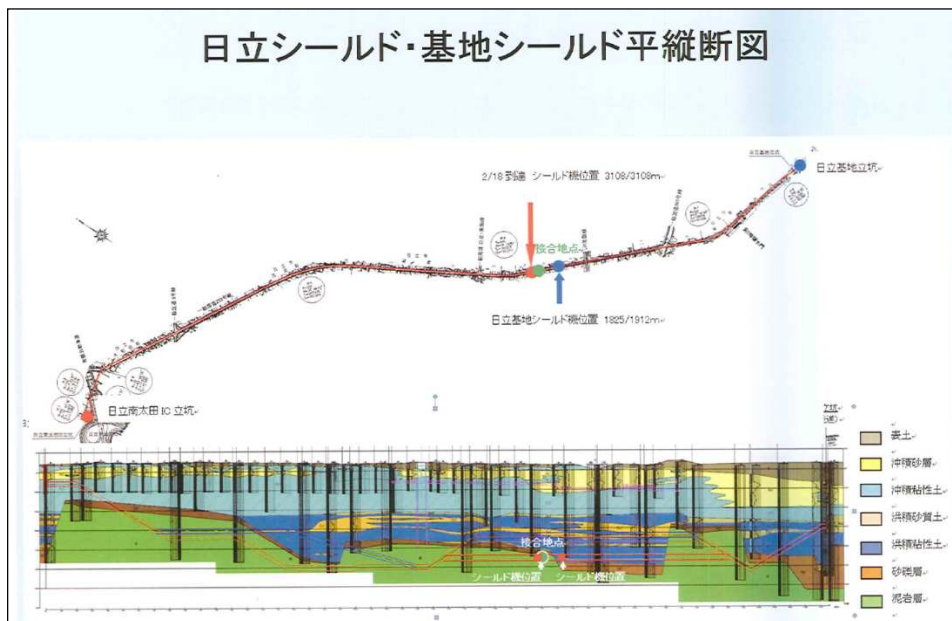


圖 3、茨城~檜木幹線平縱斷圖

#### (四) 接合過程說明

1. 第一部潛盾機一次解體並設置前方探查設備。

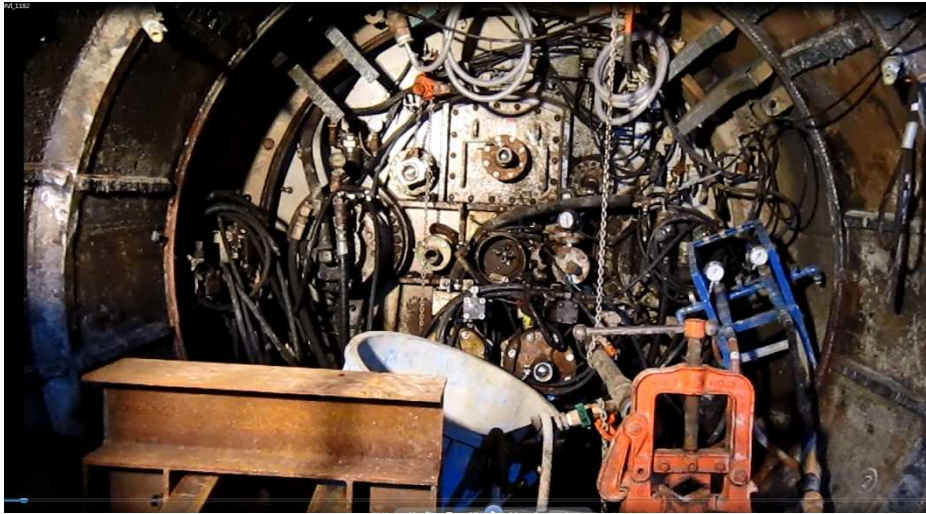
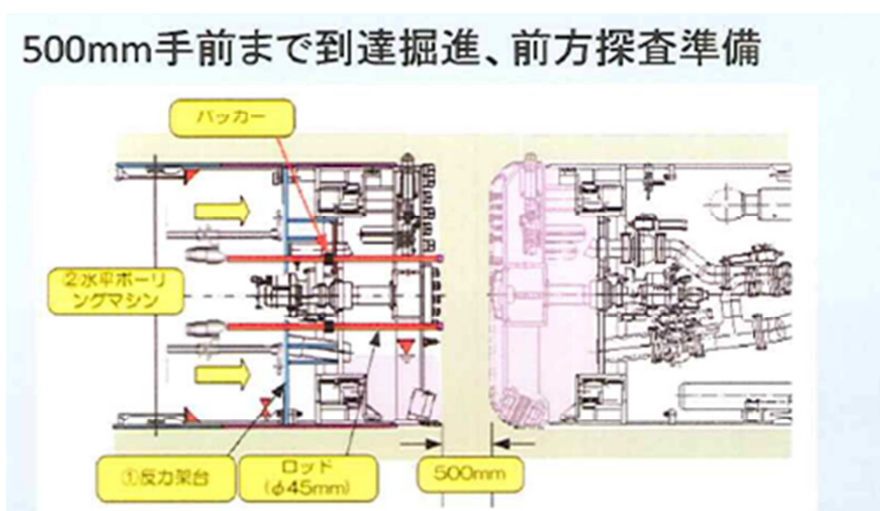
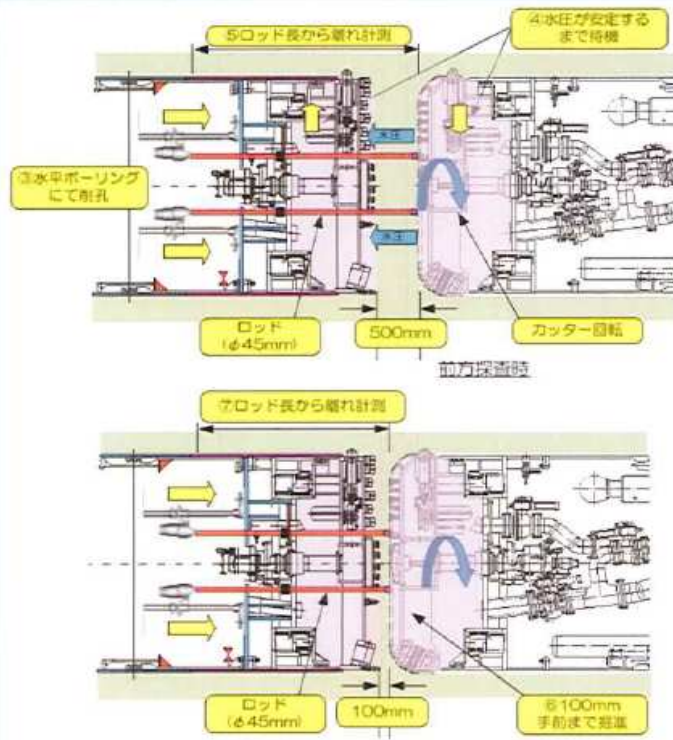


圖 4、潛盾機一次解體

2. 撤除第一部潛盾機之後續及地上設備。
3. 第二部潛盾機約距離預定接合點位置前 50 公尺處，施作精密測量修正掘進，慢慢接近接合點。
4. 第二部潛盾機約距離預定接合點位置前 50 公分處起，開始施作前方探查，慢慢接近至相互接觸程序圖示如下：



前方探査～100mm手前まで到達掘進、前方探査



50mm手前まで到達掘進、前方探査、押当掘進

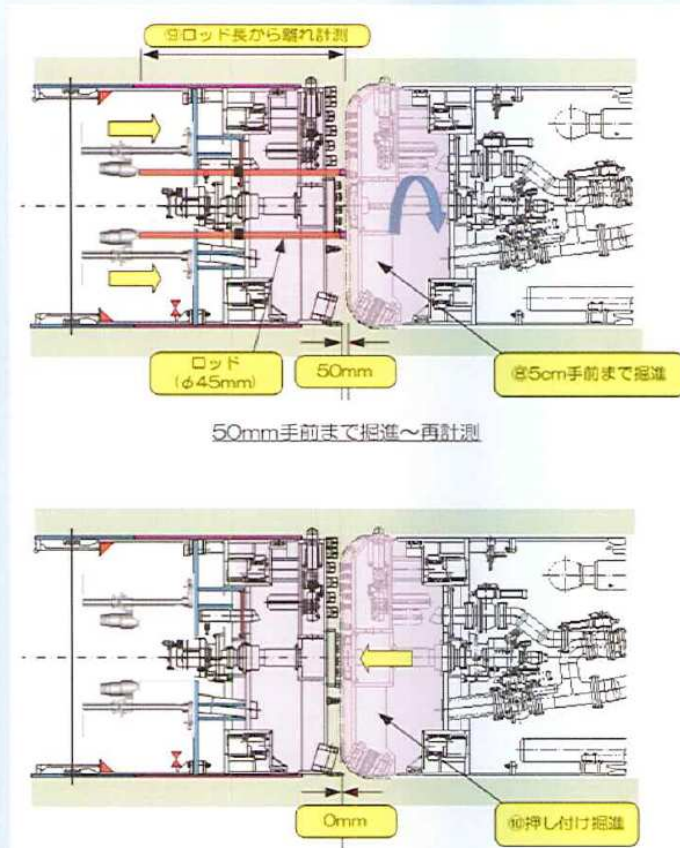


圖 5、前方探査步驟

5. 第二部潛盾機開始進行一次解體

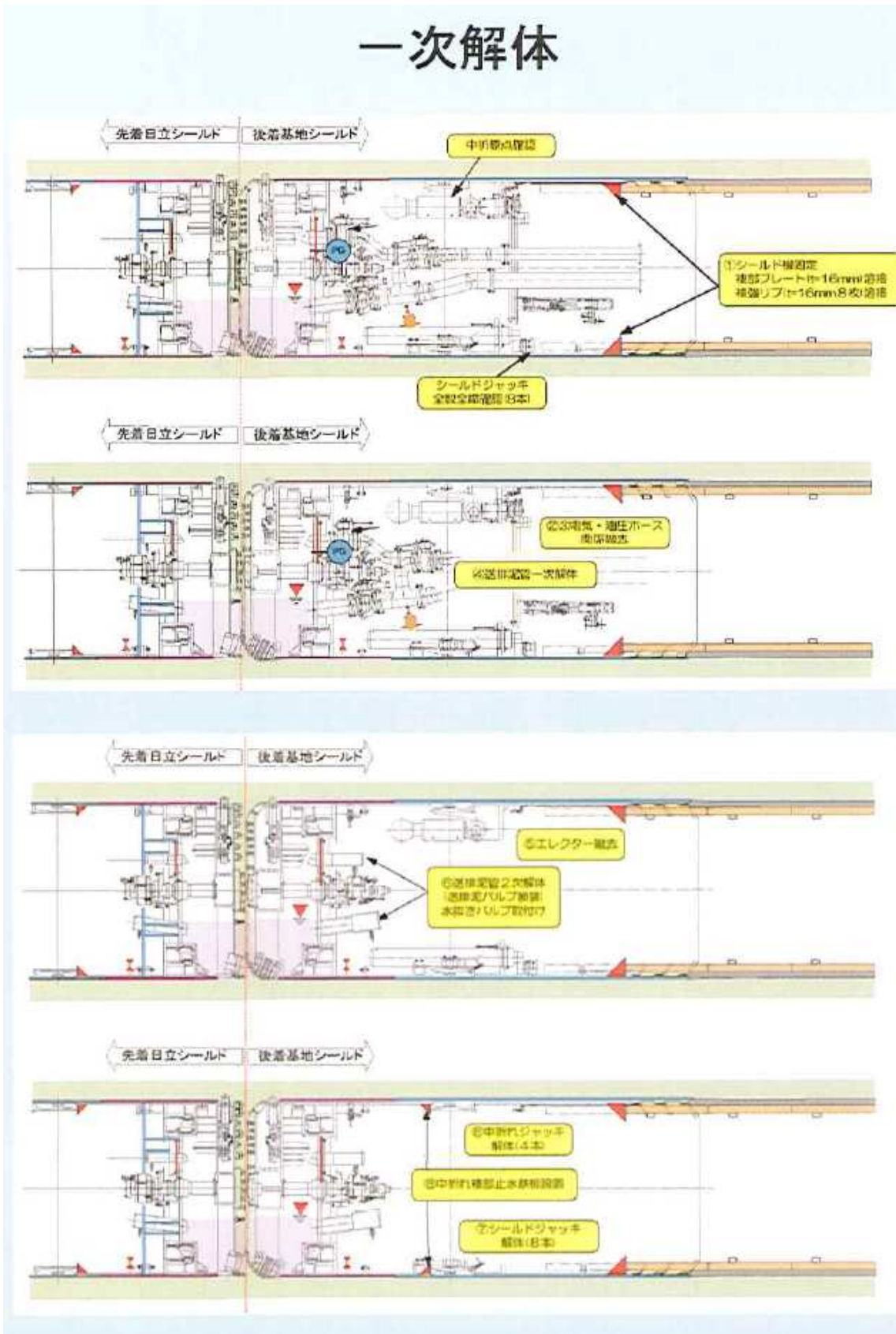


圖 6、潛盾機一次解体圖示

6. 兩部潛盾機進行二次解體

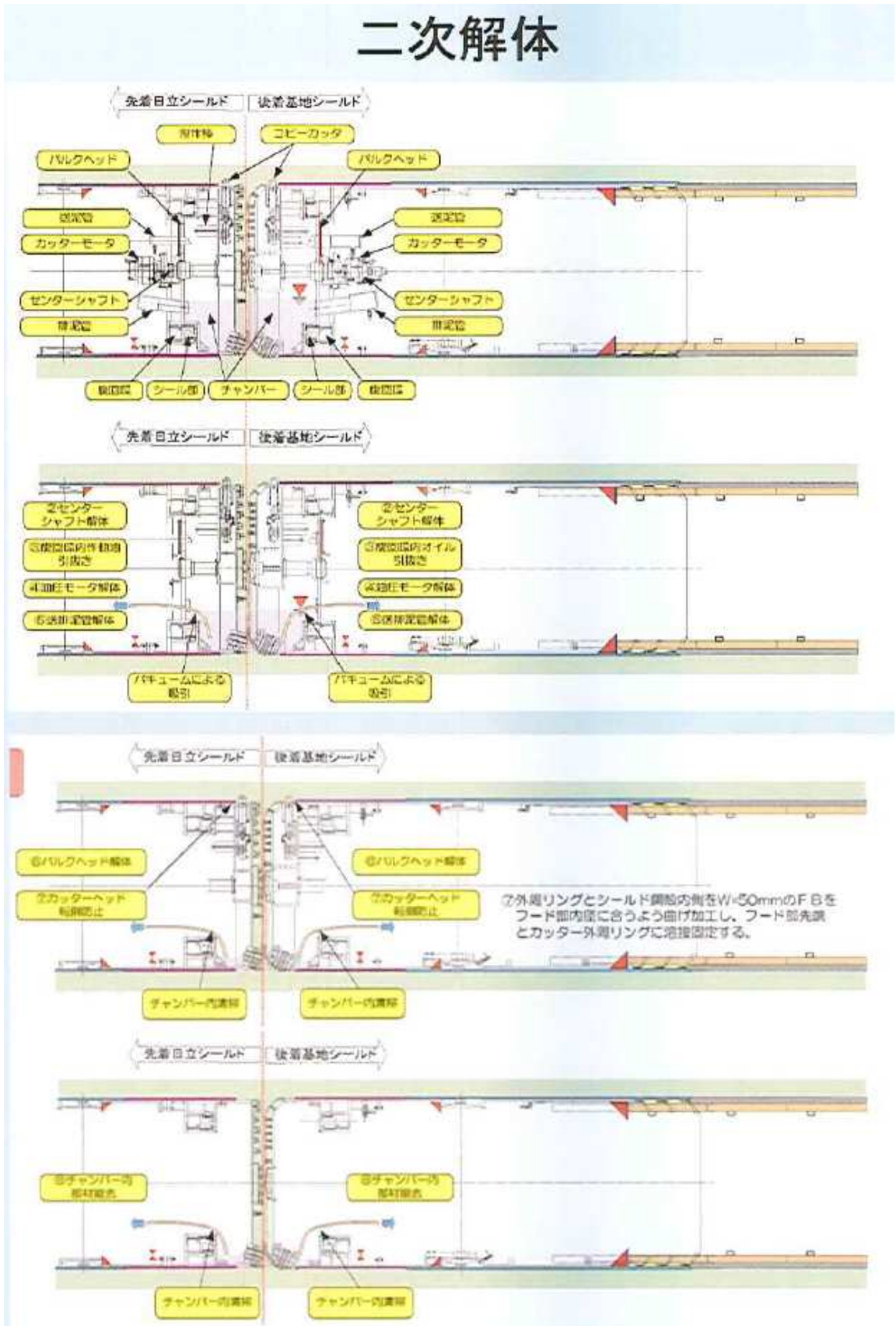


圖 7、潛盾機二次解体圖示

## 7. 進行接合鋼板焊接組立，完成地中接合

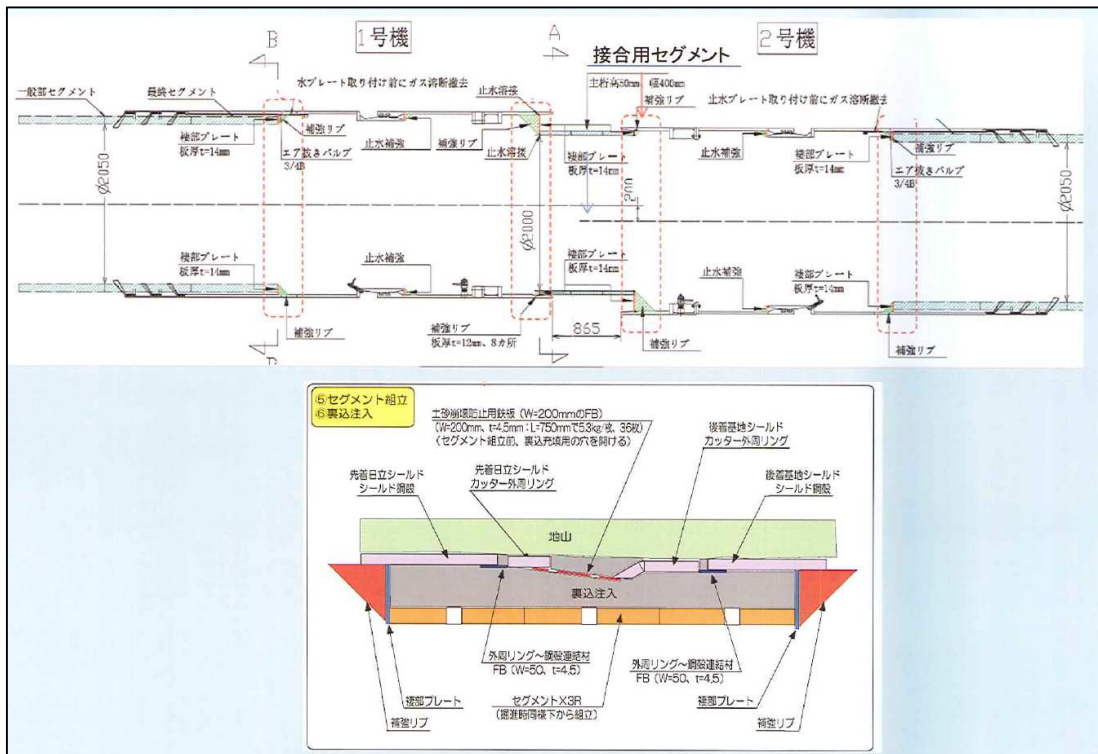


圖 8、接合鋼板焊接組立及襯砌

### (五) 現場見習寫真

#### 1. 軌道佈設及台車



圖 9、軌道佈設及台車



2. 全線以鋼環片施工，內徑  $\phi 2000\text{mm}$ ，空間狹窄，後續台車相關設備需考慮空間配置，以利施工。



圖 10、全線鋼環片施工

3. 侷限空間內施工，及掘進中遭遇地層中瓦斯氣體時，避免施工人員遭受危害，每隔適當距離設置氣體偵測及洞道內通訊(PHS)設備。



圖 11、有害氣體偵測及通訊設備

4. 現場解說地中接合程序，接合前兩部潛盾機之精密測量、操作模式、前方探查、解體情形....等



圖 12、現場說明接合流程

## 二、東大島幹線潛盾洞道工程

### (一) 平面圖



圖 13、東大島幹線平面圖

### (二) 工程概要

套環式子母機	内徑 (mm)	急曲線施工 (m)	平面延長 (m)	施工法
親機	Ø6000	R40、R35	705	土壓式
子機	Ø4500	R40、R25	831	

表 3、東大島幹線工程概要

### (三) 工程特色

#### 1. 套環式親子潛盾機施工

本工程需完成之管線屬下水道工程建設，故設計上除考量重力排水外，尚需評估各區段匯流流量設計所需斷面，以達到較佳經濟效益，因此，本工程規劃採用套環式子母機潛盾施工，由下游往上游變斷面掘進施工。

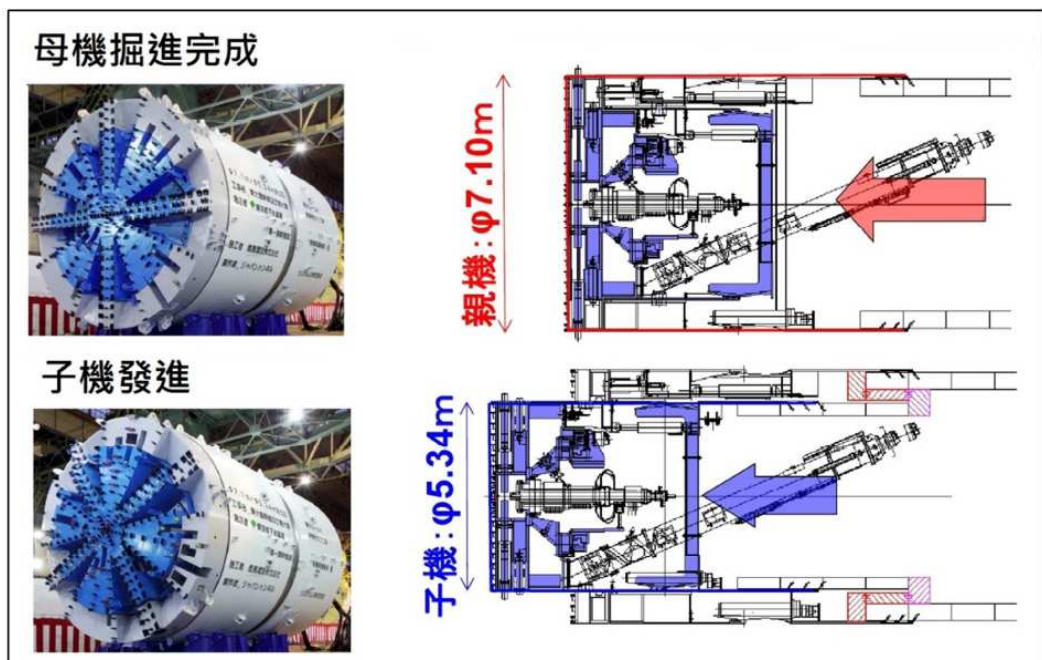


圖 14、套環式親子潛盾機

#### 2. 大深度

下水道管線設計上需考量避開相關地下障礙物並以重力流方式洩水，因本工程範圍屬該重力排水之下游區段，潛盾施工之高程範圍約為海平面下 30m ~38m，較一般潛盾工程為深。

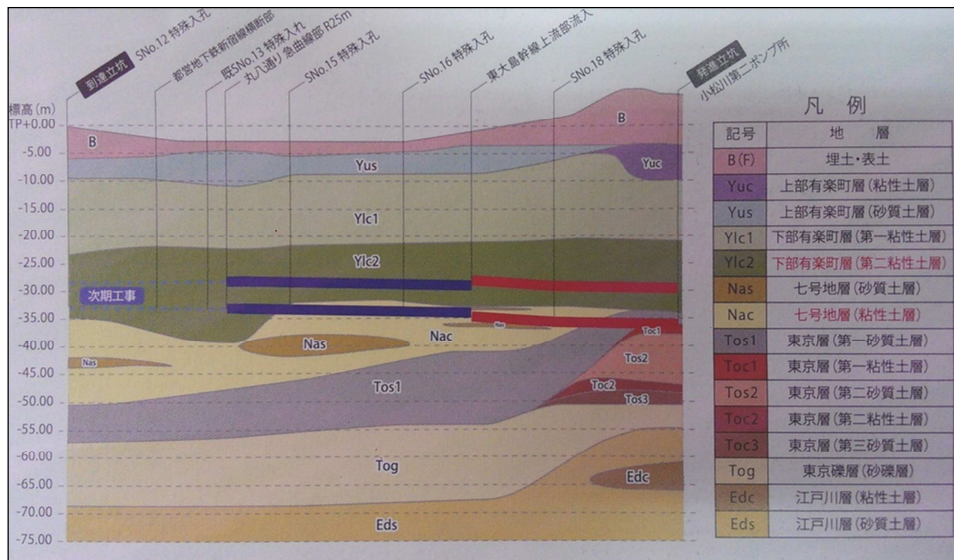


圖 15、東大島幹線縱斷圖

### 3. 急曲線

本工程平面線形係沿既有道路佈設，配合道路範圍，曲線段最小轉彎半徑為子機發進後之 R25m 右曲轉彎段，因此，潛盾機設計製造時，子機中折最大角度為左 6.5°，右 11.0°，以符合施工需求。

### 4. DO-Jet 工法運用(double object-jet method)

DO-Jet 工法原理係在潛盾機面盤裝設數個固定或可移動之噴頭，利用高壓噴射攪拌方式於潛盾機外周施作地盤改良，或以高壓噴射水刀切割障礙物，進而加以排除。本工程於通過中川大橋及急曲線 R=25 處時緊鄰既設大島幹線施工，基於對中川大橋基樁、大島幹線等既有設施物保護，以及急曲線施工防護，需施作地盤改良；另於通過地鐵新宿線時，預估潛盾路徑將遭遇 H 型鋼樁障礙物，必須將該障礙物切割排除，因此，潛盾機配置有 DO-Jet 施工設備。

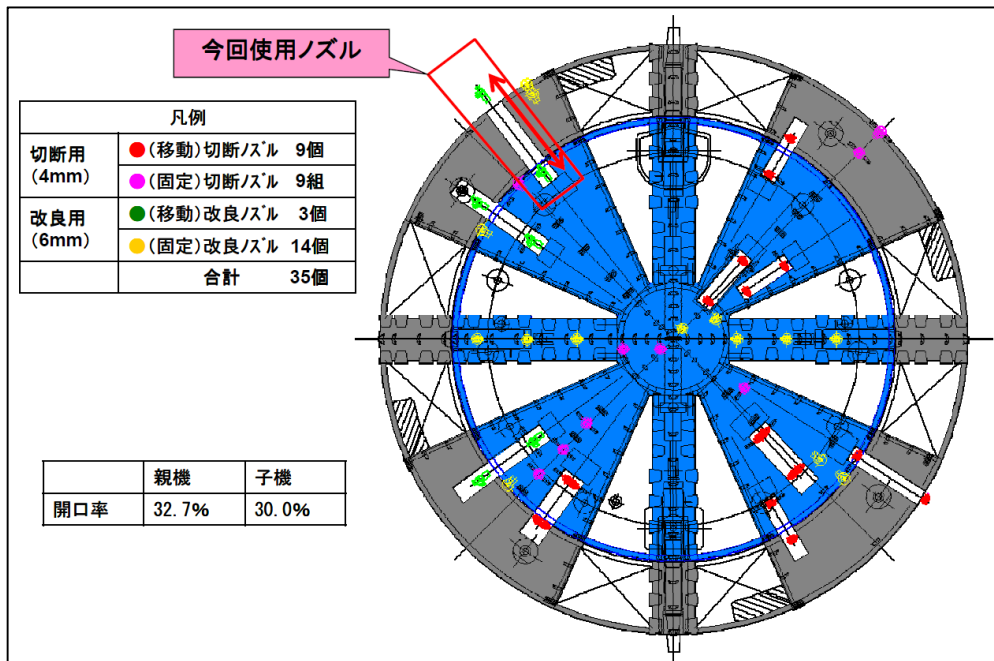


圖 16、DO-Jet 施工改良及切割用噴頭配置圖

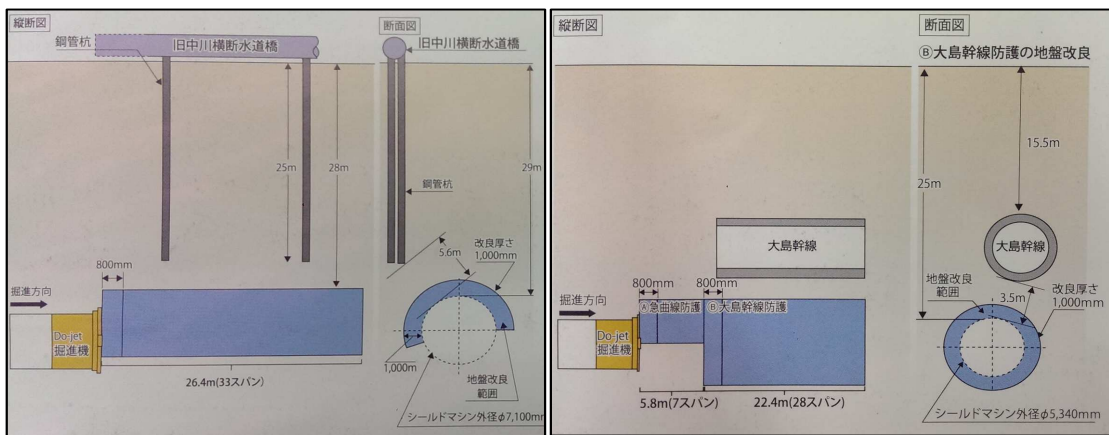


圖 17、中川大橋及大島幹線地盤改良示意圖

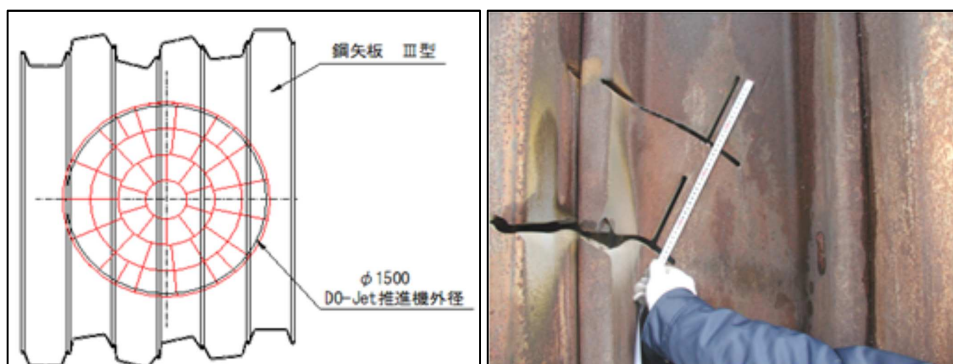


圖 18、障礙物切割排除示意圖

#### (四) 現場見習寫真

1. 急曲線段採用鋼環片施工，鋼環片與 RC 環片間使用可撓性環片銜接，以吸收並降低差異變形量之影響。

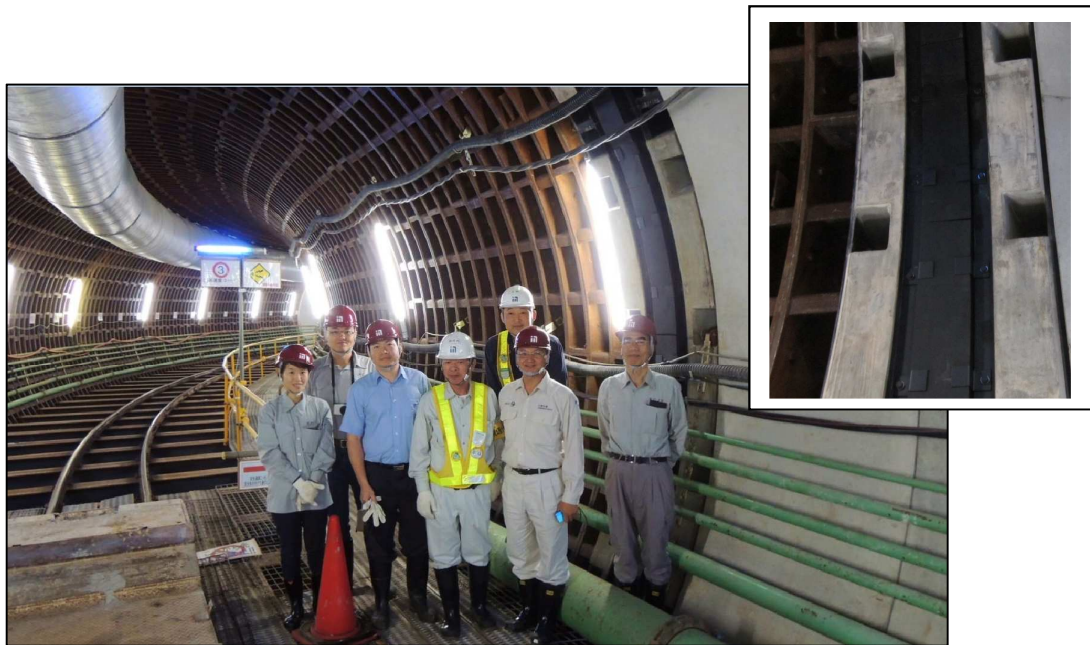


圖 19、鋼環片與 RC 環片間使用可撓性環片

2. 潛盾機親子分離變斷面處以二次施工襯砌銜接。



圖 20、變斷面(親子分離)銜接處

### 三、大和川線潛盾工程

#### (一)平面圖

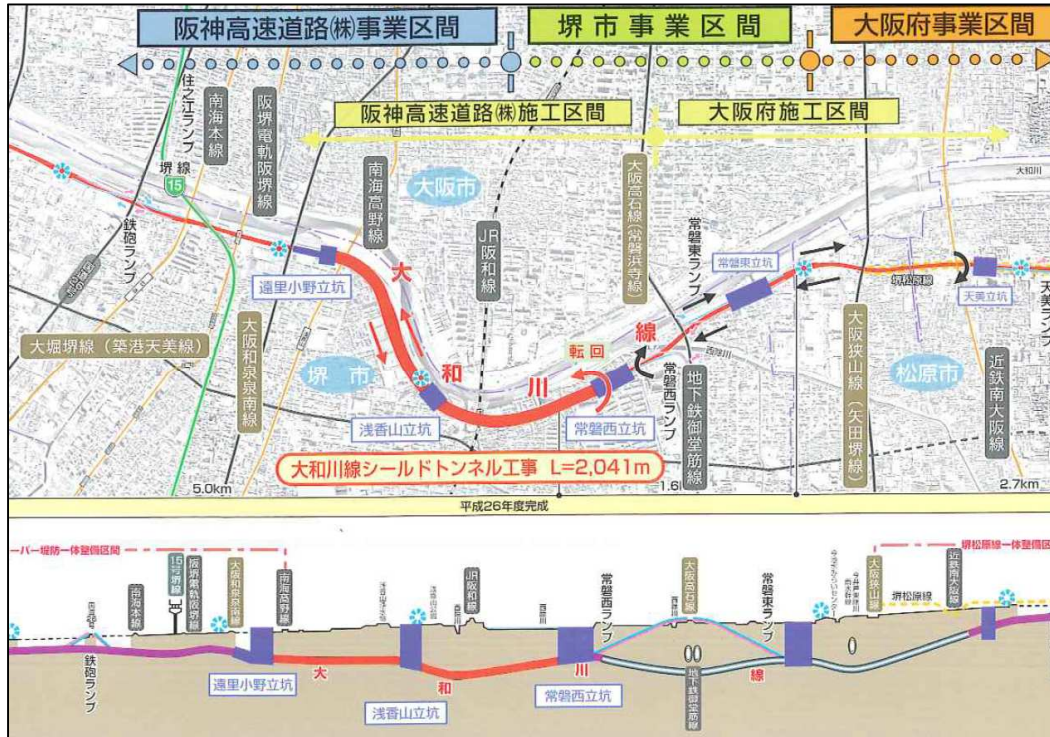


圖 21、大和川線平縱斷圖

#### (二)工程概要

平面延長 (m)	掘進延長 (m)	潛盾機外徑 (mm)	曲線施工 (m)	河道間最小 隔離(mm)	施工法
2041	4082 (東行及西 行 2 車道)	Ø12470	R400	986	泥土壓 式

表 4、大和川線工程概要



### (三)工程特色

1. 完成之洞道係供作為高速公路使用，洞道尺寸屬大斷面潛盾施工，使用之潛盾機外徑達  $\phi 12470\text{mm}$ 。大斷面之潛盾機型因內部空間大，面盤刃齒更換可由機內更換新品，並可縮短停機更換時間，增加人員安全，對於長距離施工刃齒磨耗之更換問題可獲得解決。

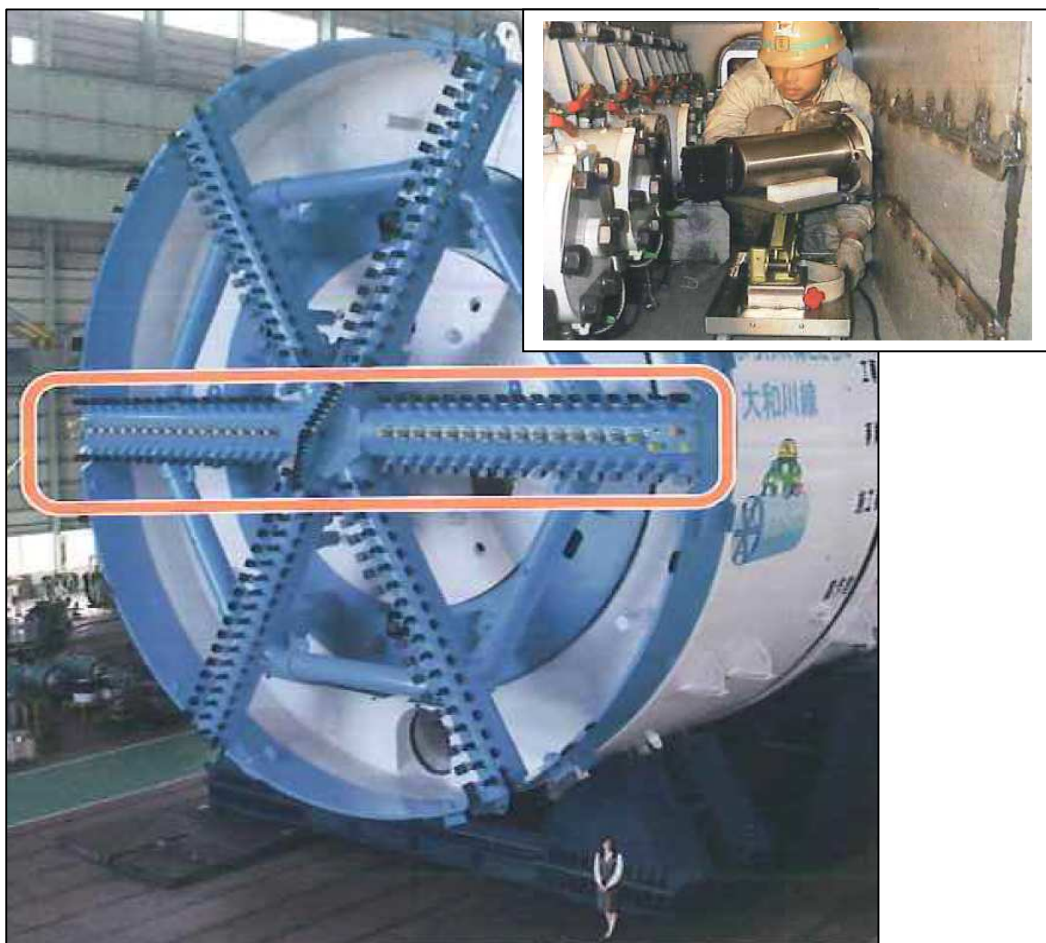


圖 22、大斷面潛盾施工及刃齒更換

2. 環片間組裝採用插銷型增進施工效率。

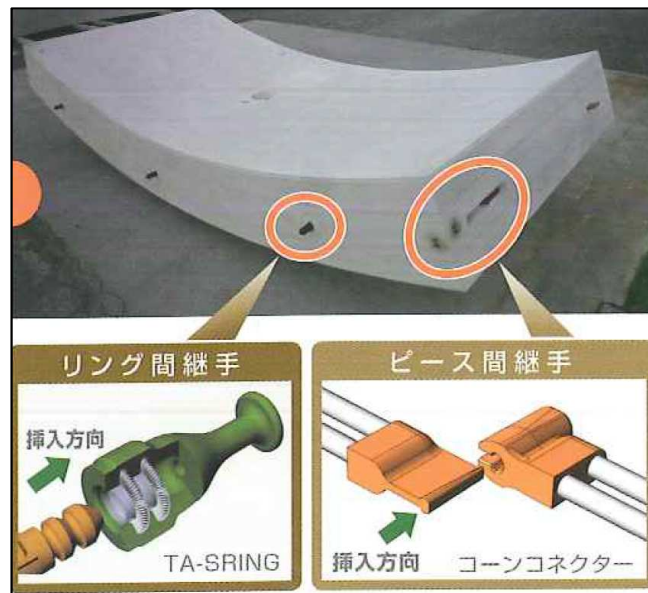


圖 23、環片採用插銷組裝

3. 殘土處理回填，大斷面施工產生大量殘餘土石方，藉由將潛盾施工後部份土方固化處理後，回填至仰拱，以達到殘土減量及環境保護效果，土方回填後亦可增加隧道穩定性。

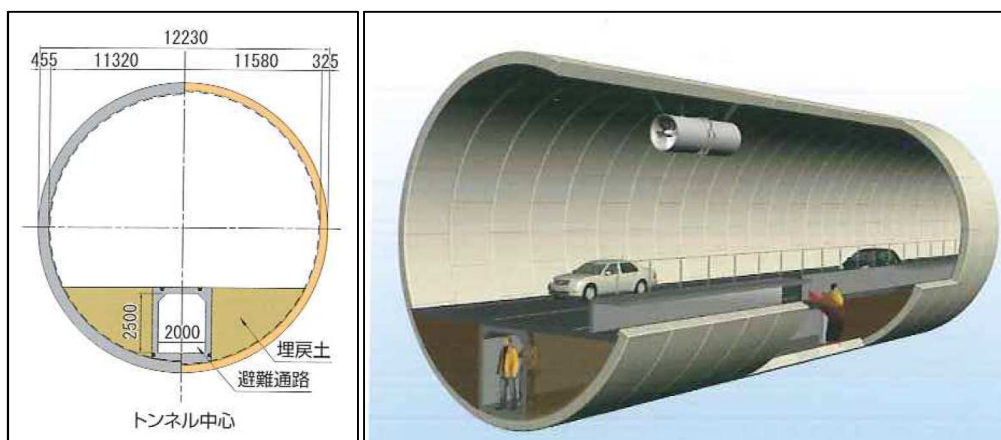


圖 24、殘土處理回填至仰拱

#### (四)現場見習寫真

1. 潛盾機後方施工作業區域入口管制，避免施工人員有被軌道車撞擊之虞。



圖 25、潛盾作業區域管制

2. 潛盾洞道施工完成之情形



圖 26、大斷面洞道完成情形

#### 四、 日立造船株式會社潛盾機製造完成檢查

##### (一) 起始會議

由日立公司先行說明主要設備之機械概要，並就自主檢查結果擇要報告，後續再由潛盾機訂製業主及日立公司針對當日檢查流程及重點事項進行確認。

##### (二) 工廠試驗檢查

###### 1. 潛盾機千斤頂動作確認(全數動作、單體動作)



圖 27、千斤頂動作確認

###### 2. 排土裝置動作確認(旋轉、閘門千斤頂動作)

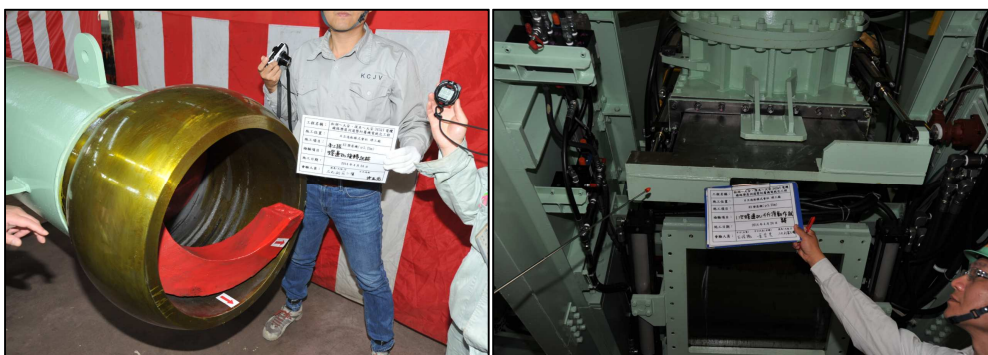


圖 28、出土裝置動作確認

### 3. 切削刃輪輻伸縮動作確認



圖 29、切削刃輪輻伸縮動作確認

### 4. 本體主要部尺寸確認(軸向彎曲、本體長、外周長)



圖 30、本體主要部尺寸確認

5. 切削盤裝置動作確認(旋轉、超挖刀千斤頂動作)



圖 31、切削盤及超挖刀動作確認

6. 形狀保持裝置動作確認(支撐千斤頂、移動千斤頂動作)



圖 32、形狀保持裝置動作確認

7. 環片組立裝置動作確認(旋轉、各千斤頂動作)



圖 33、環片組立裝置動作確認

## 8. 中折裝置動作確認

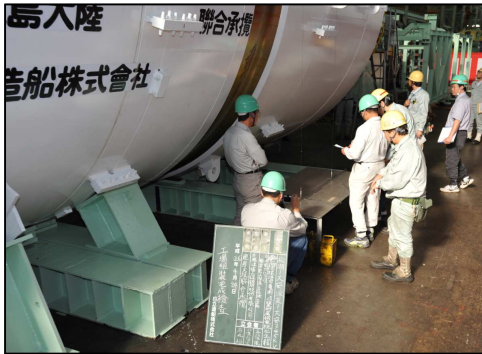


圖 34、中折裝置動作確認

### (三) 檢查結果確認會議

最後於結果確認會議中，將各項檢查結果，應補正缺失，相關建議事項…等彙整作成紀錄，並由所有與會檢查人員共同簽認。



圖 35、檢查結果確認會議

## 肆、分享與感謝

### 一、心得

適逢日本地區目前有多處特殊潛盾工事進行中，惟因本次見習時間有限，因此挑選了較具有特殊潛盾施工特性的三件工事，另結合本處「松湖~大安、深美~大安 345kV 電纜線路暨附屬機電統包工程」#3 潛盾機製造完成的時點，赴日立造船株式會社堺工廠進行潛盾機完成檢查作業。雖然僅短短六天的時間，然透過這四個行程見習到日本人對於工事管理的一絲不苟，以及面對問題解決問題的智慧與手段。茲就針對各行程心得，概述如下：

#### (一) 茨城~櫛木幹線潛盾洞道工程

初來乍到日本的第一個行程，滿懷憧憬與興奮之情，聽完工程簡報後，瞭解到該工程的「地中接合」形式是採人工接合方式，與本公司採用的「機械式地中接合」有些差異。原本該工程施工並無地中接合之規劃，乃工事進行到一半，因應業主縮短施工期間的要求而變更設計，另行添購 2 號潛盾機並增開潛盾工作面，由原本的到達井投入朝 1 號潛盾機掘進，最終 2 台潛盾機接合貫通。

也許是累積土木工作十多載的經驗使然，聽完簡報後，腦中即浮現滿滿的問號，事實上，以「人工方式」進行地中接合要比「機械式」接合困難許多，更依賴土木的專業與技術始能克服種



種非預期中的困難問題，因此，聽取簡報後即提出一連串的問題就教，包含：地中接合的深度約 50 公尺，如何克服水土壓力進行人工接合、輔助工法形式、如何進行測量以修正掘進方向、接合過程之管控重點等，透過一連串的請益交流，了解施工團隊為因應地中接合施工，增加補充地質調查，最終選擇滲透性小自立性較佳的泥岩地層作為接合地點，另縝密規劃接合步驟，重複測量確認掘進方向的正确性，確保 2 部機接合誤差控制在容許範圍內。

經與施工團隊請益交流過程，了解施工團隊為因應地中接合施工之變更，確實下了一番功夫，尤其接合的步驟是不允許重來，因此，一而再，再而三地重覆確認掘進方向、高程之正确性，並選擇適當接合地層以降低工事成本，確保人工接合過程的安全，展現施工很細微的部分以及土木人遇到問題、面對問題、解決問題的智慧，雖然這裡沒有「機械式接合」所展現的先進技術及人定勝天的成就感，但施工團隊能隨機應變，靈活運用土木專業知識，克服種種困難，內心著實深受感動與敬佩。

## （二）東大島幹線潛盾隧道工程

本工程變斷面施工及 DO-Jet 工法運用令人印象深刻，台灣類似的工程案例並不常見，然變斷面施工一般較適用於下水道管線，對電力管道而言，似乎較無變斷面需求。DO-Jet 工法屬較新式的

施工方式，鑒於以往潛盾施工時，潛盾路徑上如有未拔除的臨時擋土設施(H 型鋼、鋼軌、鋼板)等障礙物，經常造成潛盾工事停滯，甚至失敗；而道路上密集的既設管線，常導致潛盾施工所需的地質改良作業無法由地面上施作，這些種種原因皆令工程師頭痛不已。

DO-Jet 工法的發展似乎讓這些問題可迎刃而解，然而必須注意的是：DO-Jet 工法運用須於訂製潛盾機時將相關高壓噴射設備納入製造，因此，規劃階段於潛盾經過路徑之地質調查及各項資料蒐集顯得非常重要，如經研判有障礙物排除或需施作地改防護之需求時，則需考量潛盾機製造應具備 DO-Jet 高壓噴射之相關設備。

### (三) 大和川線潛盾洞道工程

本次出國對於日本交通建設的發達與便利感受非常深刻，尤其在參觀過大和川線潛盾工事後，更是佩服日本在交通建設方面的前瞻及投資。

大和川線潛盾工事業主為阪神高速道路株式會社，工程內容須完成阪神高速 6 號大和川線高速道路，西側連接阪神高速 4 號灣岸線，東側連接阪神高速 14 號松原線，完成之潛盾洞道約 12 公尺，覆土深度約 15~30 公尺，長度約 9.7 公里，其造價高達 2700

億日圓。

日本公路網主要由平面與高架系統構成，時至今日，藉由採用大斷面潛盾施工方式構築地下高速道路，使公路網脈絡拓展至高架、平面、地下三個層次，真正做到善用空間，地盡其利的境界。不過地下高速道路屬較新穎的做法及嘗試，所衍生包含造價高昂導致通行費訂定及回收時間的問題，而長隧道行車及通過斷層帶的風險等，尚需時間加以驗證其效益。

#### （四）日立造船株式會社潛盾機完成檢查

潛盾機投入掘進後，都是在地底下運轉，頂多只能在潛盾機內部看到部分運轉的情形，難得有機會可藉由本次潛盾機製造完成檢查的機會，一窺潛盾機各種設備操作的全貌。

透過千斤頂、排土裝置、切削盤及超挖刃、環片組立裝置、中折裝置等各項設備逐項檢查之過程中，更清楚瞭解潛盾機各部位構造及運轉時各種設備相互配合之細節，是十分難得的體驗。而本次參與潛盾機完成檢查的人員有：潛盾機訂製業主指派的機電部門人員，潛盾工事部門人員，以及日立工廠潛盾機製造團隊等約莫 30 多人等，都是長期從事潛盾領域的專業人員，整個檢查流程約花費 6 個小時，期間從各項問題討論、意見交流及檢查執行等，獲得很多寶貴的經驗，一有問題和疑惑也可現場就教於專

家們，正所謂百聞不如一見，以往在期刊、論文、課程中得到片段段自行拼湊的資訊意象，藉由本次完成檢查過程，有系統的整合連貫在一起，真是不虛此行。

## 二、 建議

- (一) 在臺灣地區的潛盾或推進工程，外界經常看到承包商標到工程後，買來二手潛盾機，再依工程內容需要加以改裝，幾乎各部位設備都可以改，最常見的是改裝切削盤面及加裝刃齒。這種情形在日本是看不到的，而且在法規上就很明確不得使用舊品(除非業主提供機具)，日本的潛盾工事使用之潛盾機都是依該工程的地質條件、工程特性、掘進長度、施工條件等量身訂做，施工完成後，除面盤、機殼等磨損不堪外，驅動部及油壓系統可靠度都已大幅降低，因此，以日本人的眼光看台灣這種改機的作法，是一種投機行為，需承擔很大的風險。潛盾施工法在台灣發展至今，雖然已經視為一項純熟的技術，然工程履約過程仍經常發生承包商為節省成本使用舊品改機，或減省滑材、背填材料使用，導致工程災害或掘進失敗情形，因此，引入日本的潛盾技術的同時，也應師法日本的相關法規制度，在法規面上作明確規範，營造一個適切公平的競標環境，才能整體提升國內潛盾工程技術水準；此外，亦須從教育著手，培養土木人秉持專業務實施工的執業道德，賺取合理利潤，杜絕以投機心態鑽研漏洞，獲取不正利益。

(二) 本次參訪日本三處特殊潛盾工事，對日本的研發能力著實令人咋舌，不僅在施工大方向發揮創意，在各工程細節也能處處見到巧思，能夠如此，人力資源扮演著重要的角色，也印證了人才確實是企業最重要的資產。追本溯源，職場人力培養是企業重要的一環，本公司目前有完善的訓練單位，然而這些訓練偏重於基礎專業智能及法規面培訓，如能多鼓勵同仁參與公司內外研討會、專業領域課程，以及赴國外實習尖端技術研究等，協助並簡化相關報核手續，應可提高同仁進修意願，並將所學回饋予公司，提升企業競爭力。

### 三、 誌謝

感謝公司給予此次出國研習的機會，難得能奉派赴科技先進純熟的日本學習潛盾技術，因此，十分珍惜這次的見習機會，在見習行程安排上，事先蒐集日本目前較具有特色及先進技術的潛盾工事資訊，並接洽聯絡安排相關行程，俾便能達到良好的研習效果。

本次研習行程安排感謝鹿島建設株式會社給予的協助，所參訪鹿島建設三處工程，三處工事所：柴田所長、賴月內所長、岩住所長，以及所屬相關施工團隊人員給予詳盡簡報及現場指導交流，讓本次研習載著滿滿收穫回來，特致上誠摯的謝忱。