

行政院所屬各機關出國報告

(出國類別：實習)

特殊潛盾洞道工法之設計及施工研習

服務機關：台電輸變電工程處中區施工處

姓名職稱：倪贊堯八等土木工程師

派赴國家：日本

出國期間：101.9.23~101.9.28

報告日期：101.11.9

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：特殊潛盾洞道工法施工研習

頁數 26 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

倪贊堯/台灣電力公司/中區施工處/線路土木設計專員

/04-25211608

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：101 年 9 月 23~101 年 9 月 28 日 出國地區：日本

報告日期：101 年 11 月 9 日

分類號/目

關鍵詞：地中接合、潛盾

內容摘要：(二百至三百字)

潛盾工法在台灣已被廣泛使用，傳統之施工方式技術均已十分成熟，為因應地面直井用地難以取得，日本已發展出機械式地中接合之工法，係由 2 部潛盾機同時掘進並直接於地底進行接合，可減少工作井之設置、降低對交通之影響、縮短工期，接合之關鍵在於定位之精度及地盤改良之成效。

都市地區建物密集，工作井之施工方式亦為施工中重要之一環，
壓入式沉箱係利用油壓千斤頂將箱體壓入後再開挖，故可有效防
止砂湧等問題，並可降低對周遭土層之擾動。

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

目 錄

壹、研習目的	1
貳、潛盾工法介紹	2
一、潛盾工法起源	2
二、潛盾工法施工原理	2
三、潛盾機形式	3
四、潛盾工法新發展	5
參、研習過程及內容	5
一、MSD 工法簡介	5
二、參訪工程及內容	14
肆、研習心得及建議事項	25

壹、研習目的

隨著台灣經濟發展，都會地區人口密集、交通繁忙且地下管線繁多，故地下電纜線路工程於市區重要路段或科學園區等地已無法採傳統之明挖埋設管路方式，而潛盾工法又面臨直井用地尋覓不易、用地取得耗時之問題，而日本潛盾採機械式地中接合已有多起成功案例，該工法可減少工作井設置而縮短工期及降低對地面交通之影響，故赴日了解相關之經驗與技術，並藉由參訪工地學習其潛盾施工之優點，作為未來本公司潛盾工程設計施工之參考。

出國行程表

起迄日期	前往機構	前往國家 城市名稱	工作內容
101. 9. 23			往程 (台北-日本)
101. 9. 24	天然氣管線穿越伊勢灣工程	日本名古屋	工程介紹及研習、蒐集地中接合工法資料
101. 9. 25	天然氣管線穿越伊勢灣工程	日本名古屋	參觀工地
101. 9. 26	淨心雨水下水道工程	日本名古屋	參觀工地
101. 9. 27	鹿島公司	日本名古屋	實習提問及經驗交流
101. 9. 28			返程 (日本-台北)

貳、潛盾工法介紹

一、潛盾工法起源.

西元 1818 年法國工程師 M.I. Brunel 觀察鑿船蟲以身體前端所附貝殼齒嚙嚼木材，並將木屑沿著「洞道」搬出，軀體推進同時釋放出類似石灰質之分泌液，以固定內壁及支撐洞道，即以此為靈感發明潛盾洞道工法並取得專利。1825 年 Brunel 開始使用潛盾隧道工法進行泰晤士河河底隧道工程，但遭多次湧水事故致工程停滯 7 年，直至 1840 年工程完成隧道貫通。

二、潛盾工法施工原理

潛盾工法係利用較隧道外徑稍大之剛性結構鋼筒(即潛盾機，如圖 1)支撐開挖後可能崩坍之地盤，以確保施工安全，潛盾機之前進初期須設置反力座，以尾端之千斤頂推進，後續則由環片與土壤間之摩擦力提供推進反力，其前端供人工或機械實施開挖作業，於前進約大於一襯砌寬度後則收回千斤頂，其空間則可供組立安裝襯砌(環片)，並適時施作背填灌漿，以避免地盤鬆動與沉陷，並有助於防止來自環片接合處之漏水、環圈提前穩定及防止隧道蛇行，由於所有施工均於機殼內完成，無須反覆施作臨時性擋土設施，故於施工之安全性及便利性上皆可大幅提升。

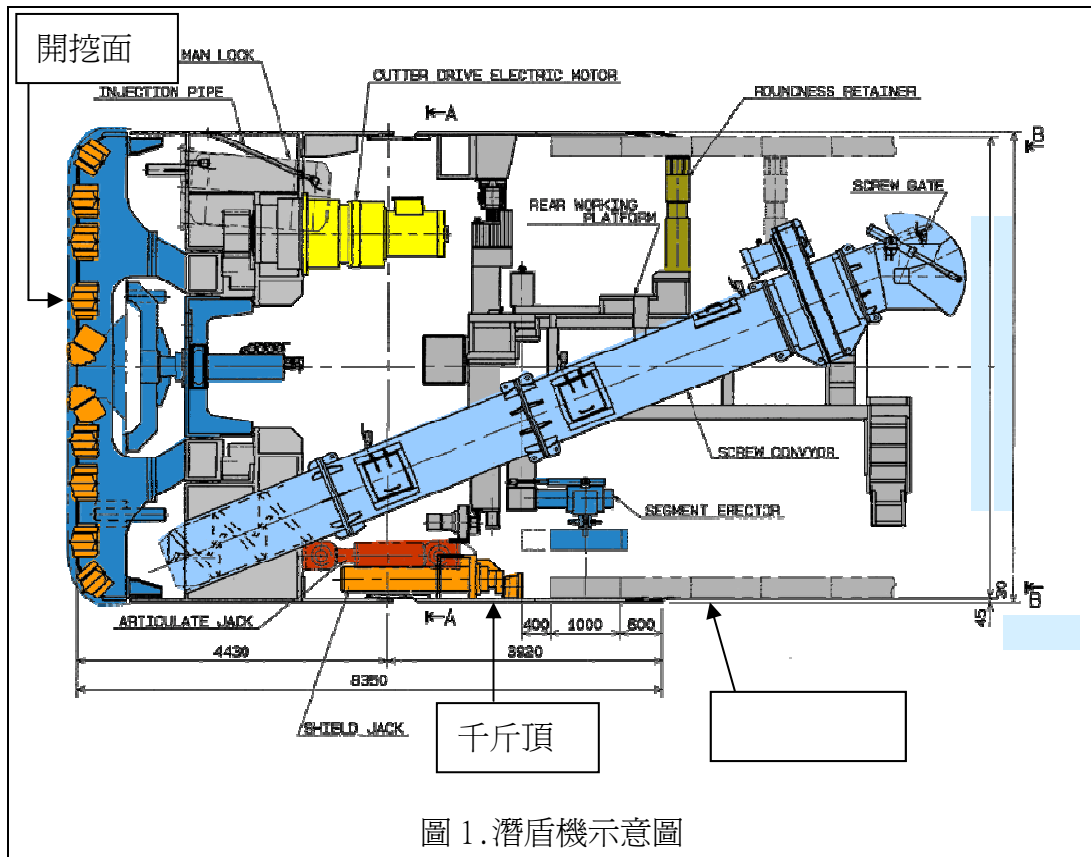


圖 1. 潛盾機示意圖

三、潛盾機形式

(一) 開放式潛盾機

指挖掘面之全部或大部分開放之潛盾機，依挖掘方法可分為手控式、半機械式、機械式等三類，適用於挖掘面地盤能夠自立，或採用輔助工法使其滿足自立條件。

(二) 擠壓式潛盾機

於潛盾機前方設置隔板，其上開設取土口，於潛盾機向前推進時，盾體貫入地層，隔板對地層產生擠壓作用，使開挖面土渣向取土

口流動而排土(如圖 4)，以推力及開口率管控出土量，適用於均一之軟弱黏土、沉泥。

(三)密閉式潛盾機

具有隔牆，在開挖面與隔牆間之土艙內存滿土砂或泥水，並使其保持充分之壓力以穩定開挖面，又可分為藉由調節排土速率產生被動土壓以平衡主動土壓之土壓平衡式潛盾機及注入泥水平衡土壓之泥水式潛盾機。

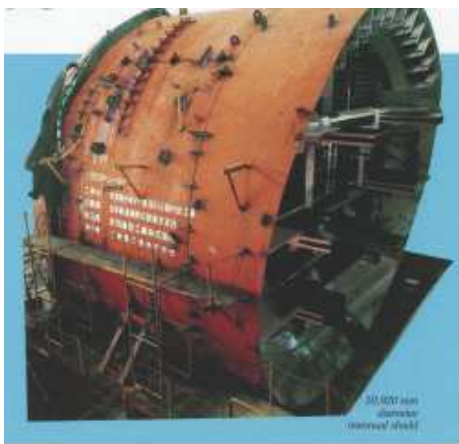


圖 2. 開放式潛盾機



圖 3 半機械式潛盾機



圖 4 擠壓式潛盾機



圖 5 密閉式潛盾機

四、潛盾工法新發展

隨著都市高密度發展，因應穿越已密布設施及交通繁忙之道路下方，目前潛盾洞道新技術已朝(1)大深度化、(2)大斷面化(道路隧道地下化)、(3)長距離化(市區無直井用地)、(4)斷面多樣化等前方向，發展出高速施工、分歧及合流、機械式地中接合等新工法，以達到縮短工期、減少用地取得及降低對交通之影響等目的。

參、研習過程及內容

一、MSD 工法簡介

機械式地中接合藉由 2 部潛盾機直接於地中接合(Mechanical Shield Docking method)，其優點、限制及流程如下

(一) 工法優點：

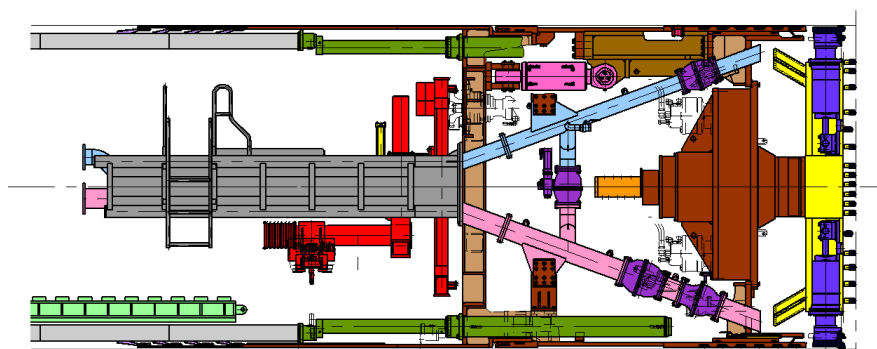
1. 接合點選擇不受地上條件限制。
2. 減少工作井。
3. 降低對交通之影響。
4. 接合位置不受地面狀況限制。

(二) 工法限制:

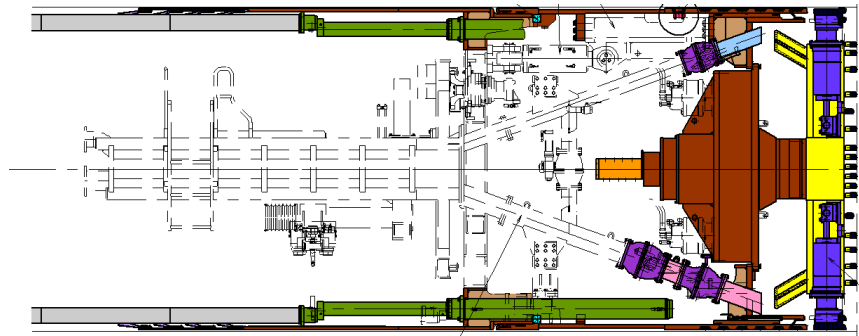
1. 直徑：因機械式地中接合工法必須由潛盾機內施作水平鑽探，配合其所需空間，日本潛盾協會技術資料對於其最小直徑之建議值為：泥水式 ϕ 2.48 m，土壓式 ϕ 2.68 m。
2. 機械式地中接合工程之成敗，地下水為一種要之因素，為確保止水成效，本工法較適用於砂土及黏土層。

(三) 接合流程：地中接合於日本已有許多成功案例，考量地質因素、機械特性及工期等因素外，亦須考量專利問題，故有許多接合方式，底下將介紹本次參觀工程之接合流程。

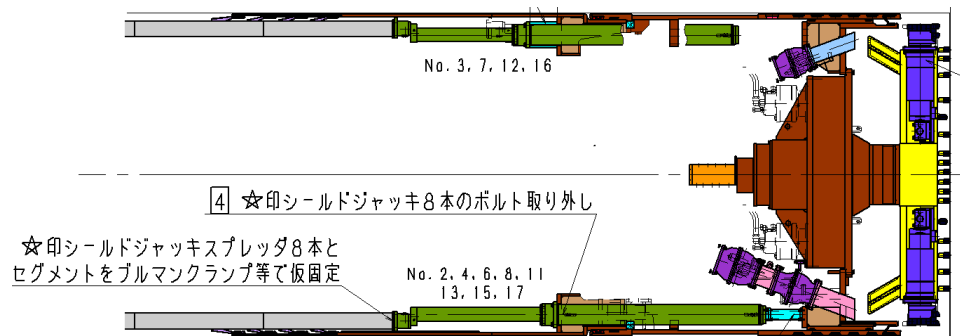
1. 被接合側到達：當 2 部潛盾機分別發進後，依據個別之掘進速度、地質條件選定結合位置，當第一部(被接合)潛盾機到達預定位置時，於該處停止等待接合。



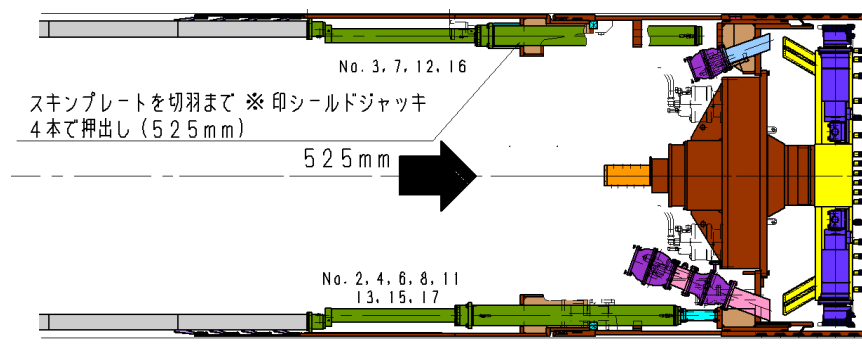
2.被接合側第一次解体：將潛盾機中不需要之裝置先予拆除。



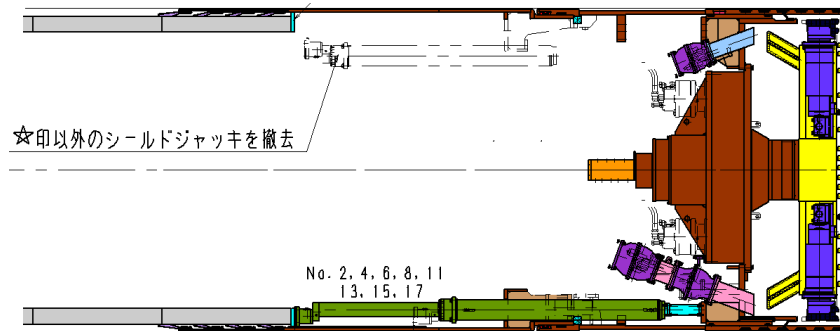
3.切刃面盤內縮：潛盾機切刃面盤向圓心方向縮回。



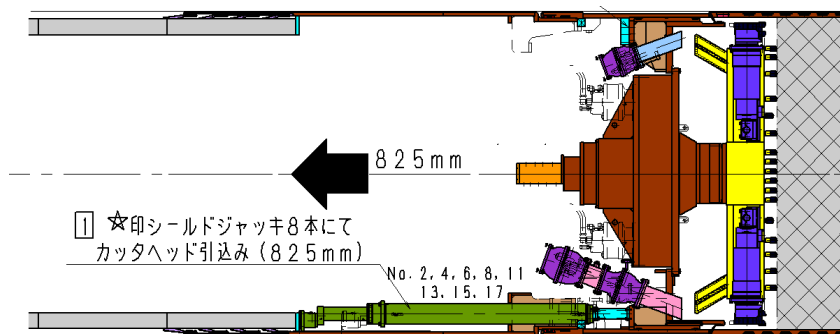
4.機殼外推：將潛盾機機殼外推，以維持切刃面盤縮回位置之土壓平衡。



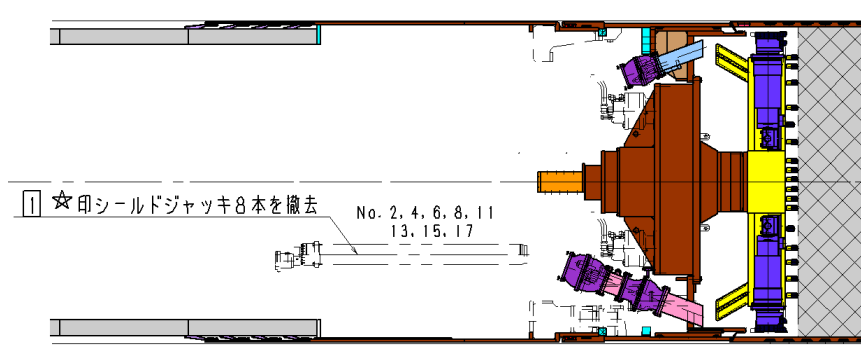
5 潜盾機縮回準備：將不需要之構建拆除。



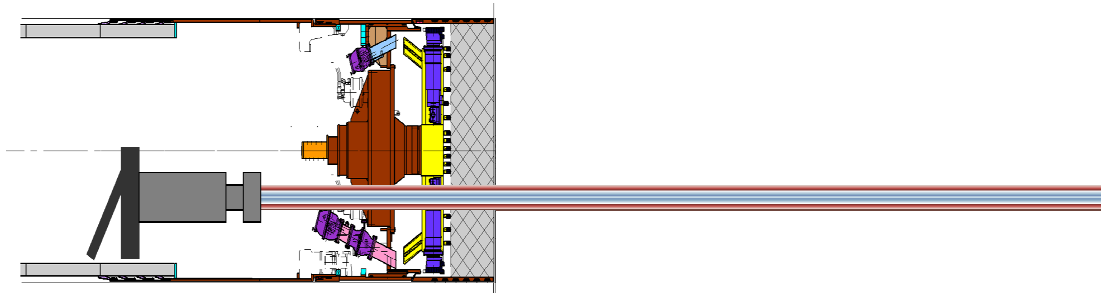
6. 潜盾機縮回：退縮空間填充泥水以平衡開挖面土壓。



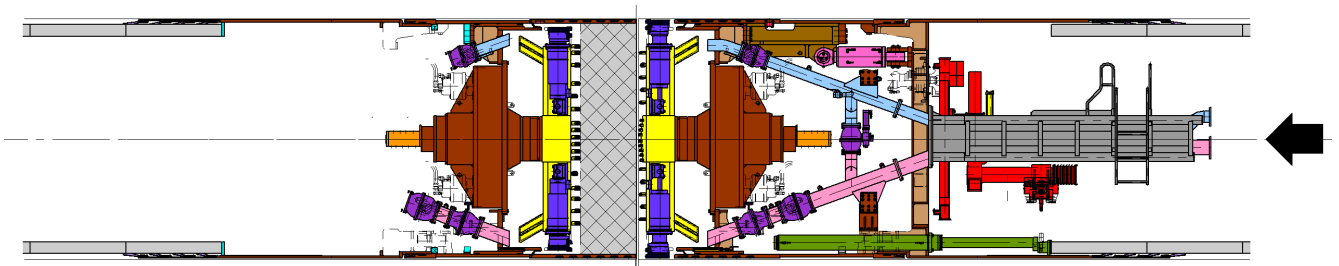
7.被接合側潜盾機初步解體完成：潜盾機拉回後，將剩餘構建拆除，等待接合側潜盾機到達。



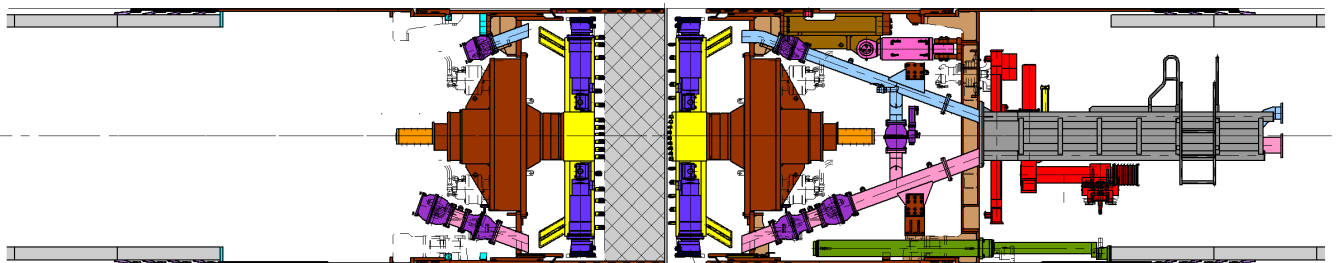
8.相對位置探查：於第一部潛盾機內架設水平探測機，當 2 部潛盾機距離約 50m 時開始第一次探測，並修正其前進方向，爾後約每一定距離做探測及路線修正，探測方式詳下段敘述。



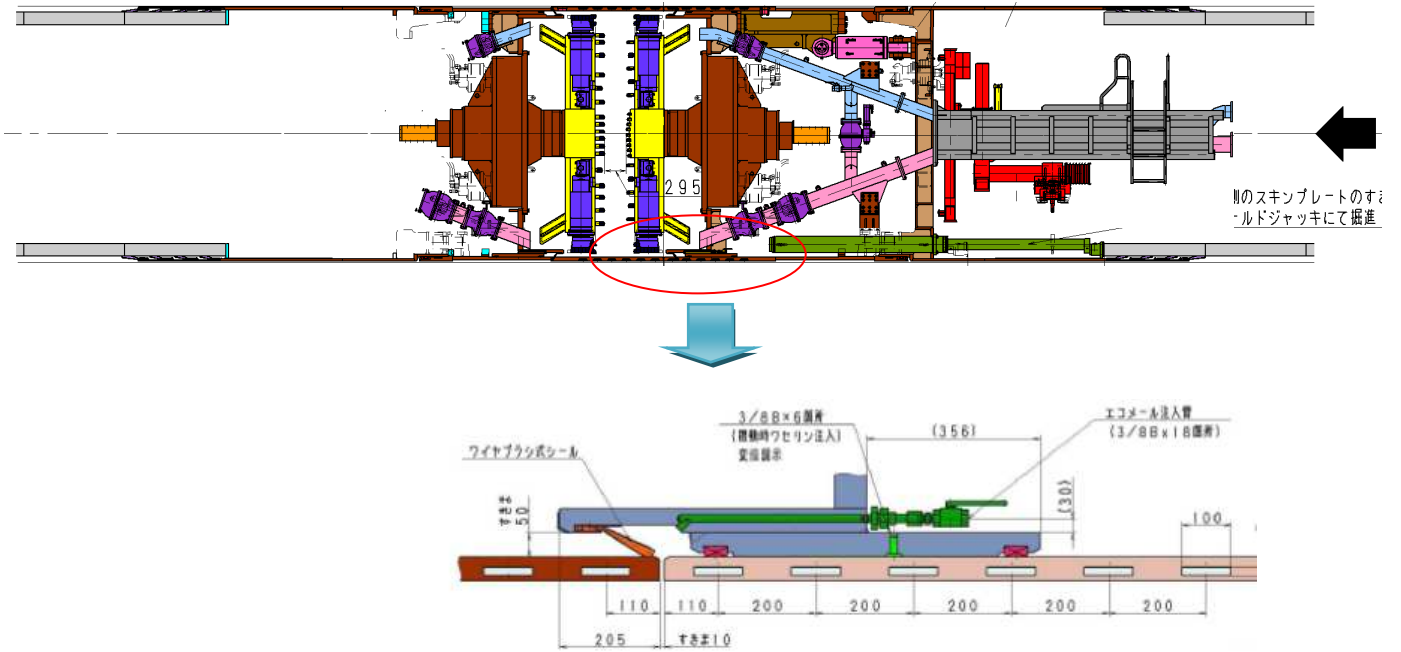
9.接合側到達：接合側潛盾機到達預定位置時則停止掘進。



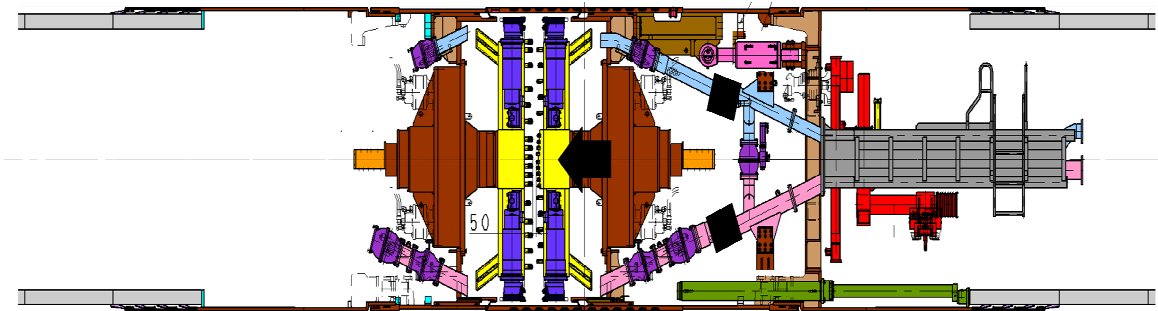
10.接合準備：切刃面盤內縮。



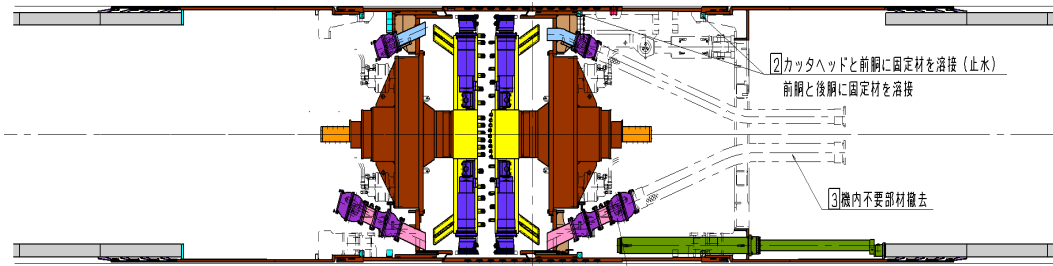
11. 接合側潛盾機前進：切刃面盤內縮後，潛盾機繼續向前掘進，
至 2 部潛盾機之機殼相互銜接。



12. 接合側潛盾機推出：使 2 部潛盾機盡量靠近，以利後續止水版熔接作業。



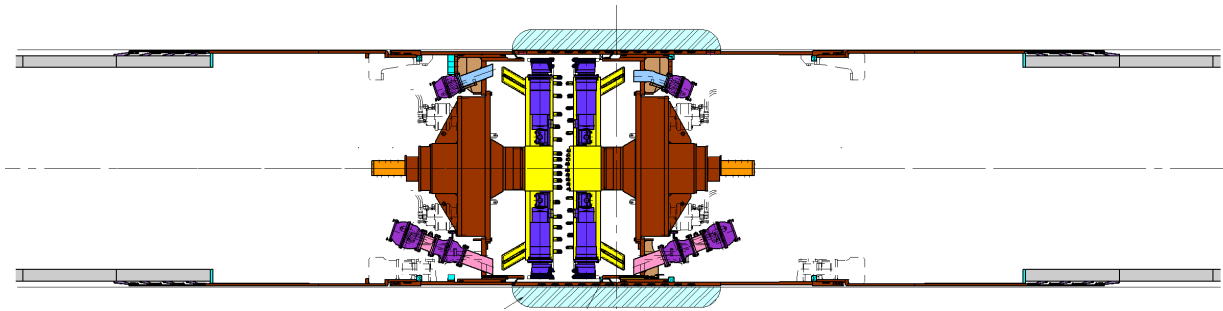
13.接合側潛盾機初步解體：將機內設備拆除。



14.冰凍工法：為確保接合位置止水效果本工程於潛盾機內配置

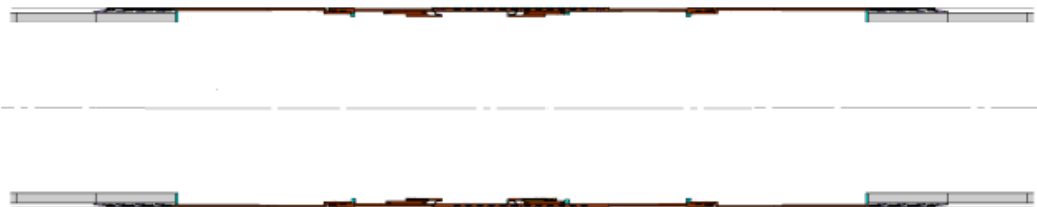
管路施作冰凍工法，另為縮短冰凍時間，先僅拆除部分影響

熔接作業構建後，即進行止水版熔接。



15.潛盾機解體完成：接合完成後將所有設備拆除，並施作襯

砌。



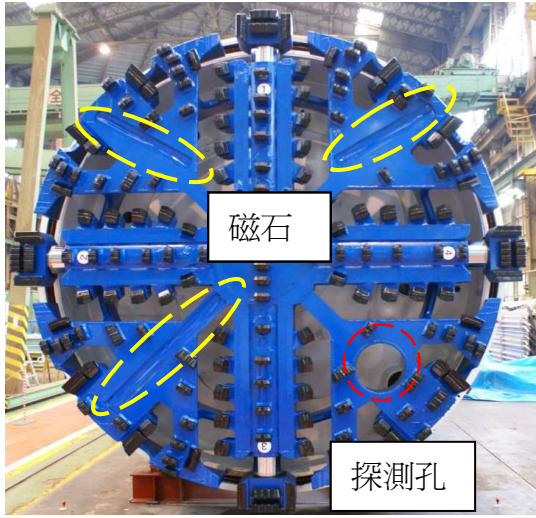
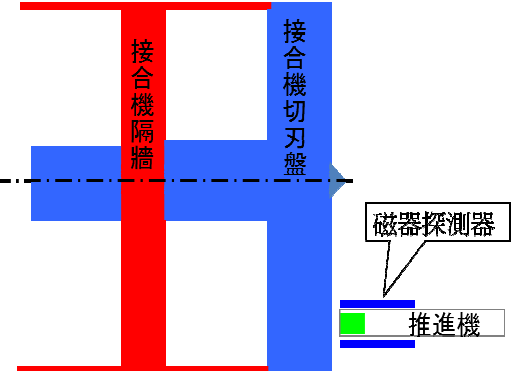
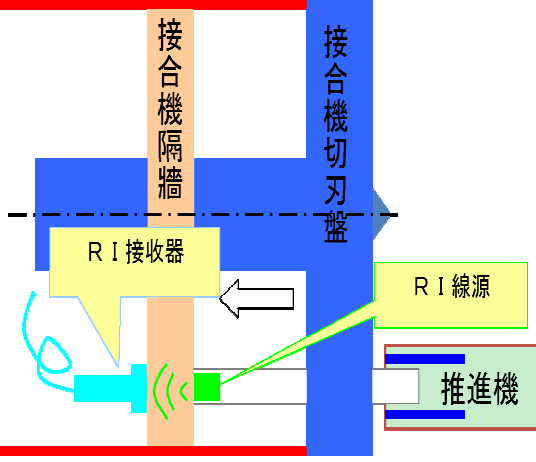
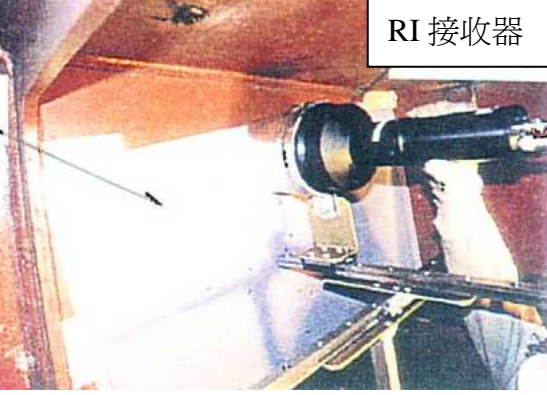
(四) 潛盾機接合定位方式

採用機械式地中接合工法，如何使 2 部潛盾機得以準確接合，為整個流程中十分重要之一環，定位方式除平時之一般測量外，較精確之定位係由潛盾機預留之探測孔以水平探測機探測，可分為 2 階段：

1.磁氣探查：

潛盾機切刀面盤製造時及預先設置磁石(詳圖 6)，當 2 部潛盾機相距約 50m 時，由被接合側內施作水平探測推進，推進機前端裝置感應器，至接合側切刀面盤前接收訊號以取得相對位置(探測示意詳圖 7)，約每前進 10m 作 1 次探查，並據以修正掘進方向，磁氣探查之精度為 $\pm 100\text{mm}$ 。

2. R I (Radio Isotope ，放射性同位素) 探查：當 2 部潛盾機相距約 20m 時，由推進機機頭伸出探測桿進入接合機切刀面盤，探測桿前端配有 RI 線源，並由隔艙內接收訊號(詳圖 8、9)，由接收訊號之強弱判讀其相對位置，並作為掘進方向修正依據。

	
<p>圖 6 潛盾機正面圖</p>	<p>圖 7 磁器探測示意圖</p>
	
<p>圖 8 磁器探測示意圖</p>	<p>圖 9 RI 接收器</p>

二、參訪工程及內容

(一)天然氣管線穿越伊勢灣工程：

一、工程基本資料如下：

- (1)業主：中部電力株式会社。
- (2)承商：鹿島・清水共同承攬。
- (3)潛盾機：泥水式潛盾機，外徑：3.48m。
- (4)洞道尺寸：外徑 3.34m，內徑 3m。
- (5)功能:輸送天然氣至火力發電廠。

二、參訪內容：

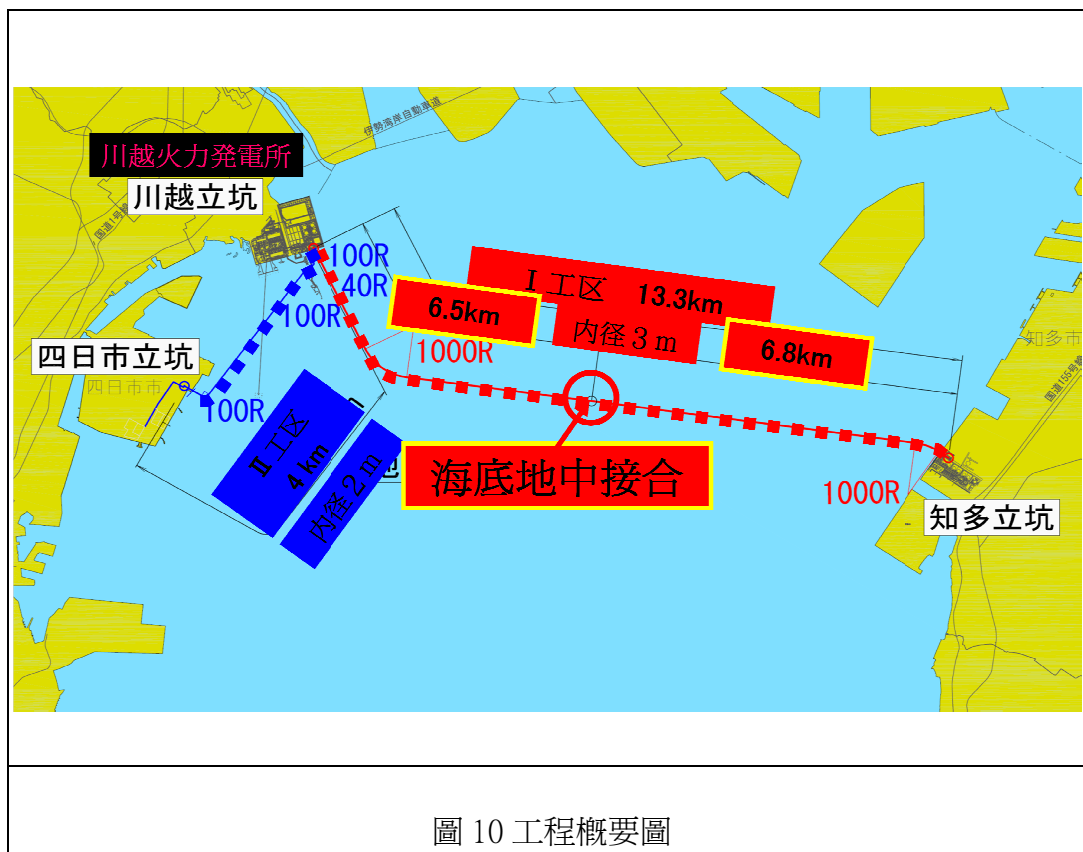




圖 11 洞道斷面模型：洞道內完工後分段全面回填混凝土，模型中亦組立模板支撐，供推力試驗用，以確認足以抵抗灌漿壓力。

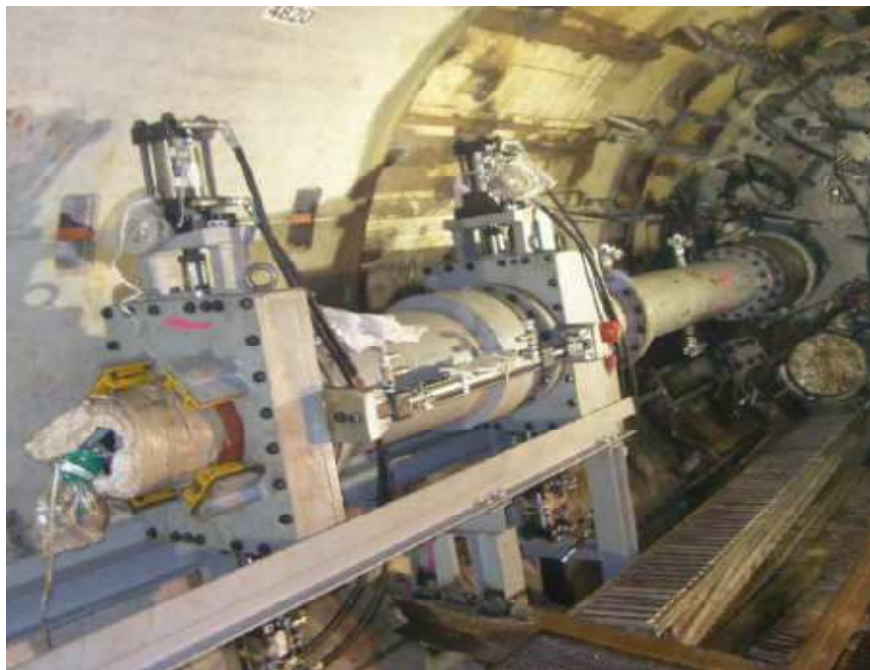


圖 12 水平探測施作



圖 13 RI 探查施作

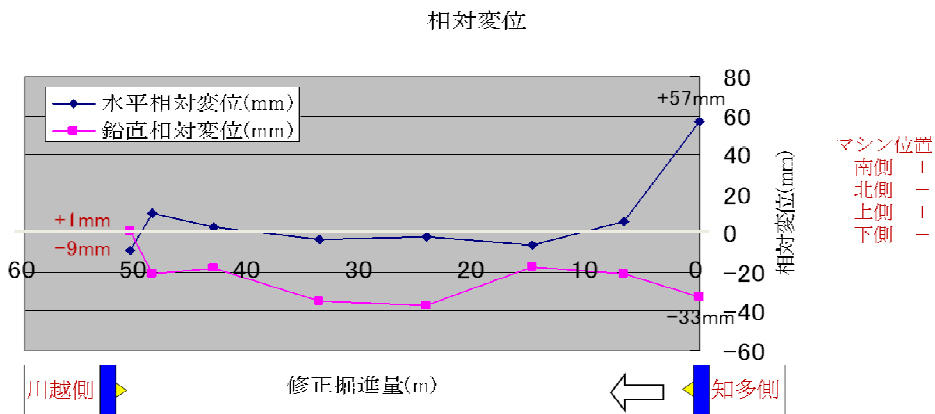


圖 14 接合誤差修正表：本工程接合容許誤差： $\pm 50\text{mm}$ ，施工中管控誤差： $\pm 30\text{mm}$ ，接合完成實際誤差為水平方向 9mm ，垂直方向 1mm 。



圖 15 洞道環片：片間採用直螺栓接合，環間採用快速插銷式接頭，可提高環片組裝速度及精確度，避免段差之發生。



圖 16 洞道內人員運輸台車

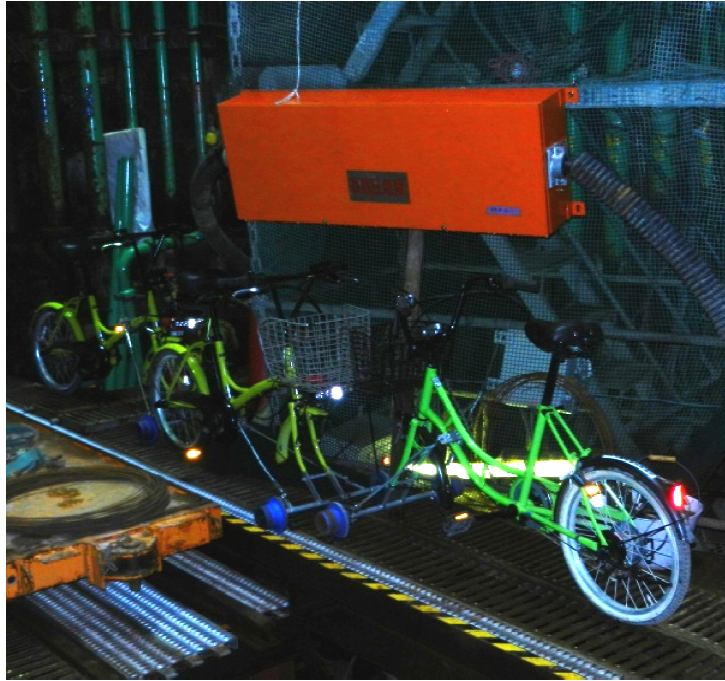


圖 17 洞道內改良腳踏車：前輪配合軌道加裝輔助輪

(二)淨心雨水下水道工程：

一、工程基本資料如下：

- 1.業主：名古屋上下水道局
- 2.承商：鹿島・佐藤工業・平岩共同承攬
- 3.土壓式潛盾機，外徑：4.68m
- 4.洞道外徑 4.55m，內徑 4.15m；二次襯砌內徑 3.75
- 5.功能：雨水儲流管。

二、參訪內容：

本工程因鄰近住宅區，故工作井之施工採壓入式沉箱工法。傳統沉箱工法係先開挖後以自重或輔以壓重使井筒下沉，具有工期短及費用低之優點，但容易有沉降力不均勻、垂直度偏移、扭曲難以修正，造成接合處易滲漏及額外偏心彎矩，另因先開挖再將箱體下沉，開挖面易產生土壤崩落，造成地盤下陷及鄰損。壓入式沉箱工法施工，係先打設反力地錨，作為油壓千斤頂之反力，先將沉箱箱體強制貫入土壤後，再挖掘沉箱箱體內土壤，此種施工法施工噪音及振動低，且因先擋土再開挖，可藉由調整沉箱貫入與開挖深度，避免砂湧、降低對週遭地盤擾動，並具備均勻控制沉降及精度高之特性，使沉箱工法應用深度可大幅提升。雖成本稍高但在受限空間之施工性、環境衝擊小及安全性等優點來比較，更能掌握施工進度、減少對環境及交通的影響，本工程採用鋼環片施工，亦可減少施工所需空間，更適合在都會區空間受限下施工。

本工程另一因應近鄰之措施，為採用隔音板組立一室內施工空間，除可降低噪音外，亦可減少施工期間對周遭環境之污染。



圖 18 工程概要圖

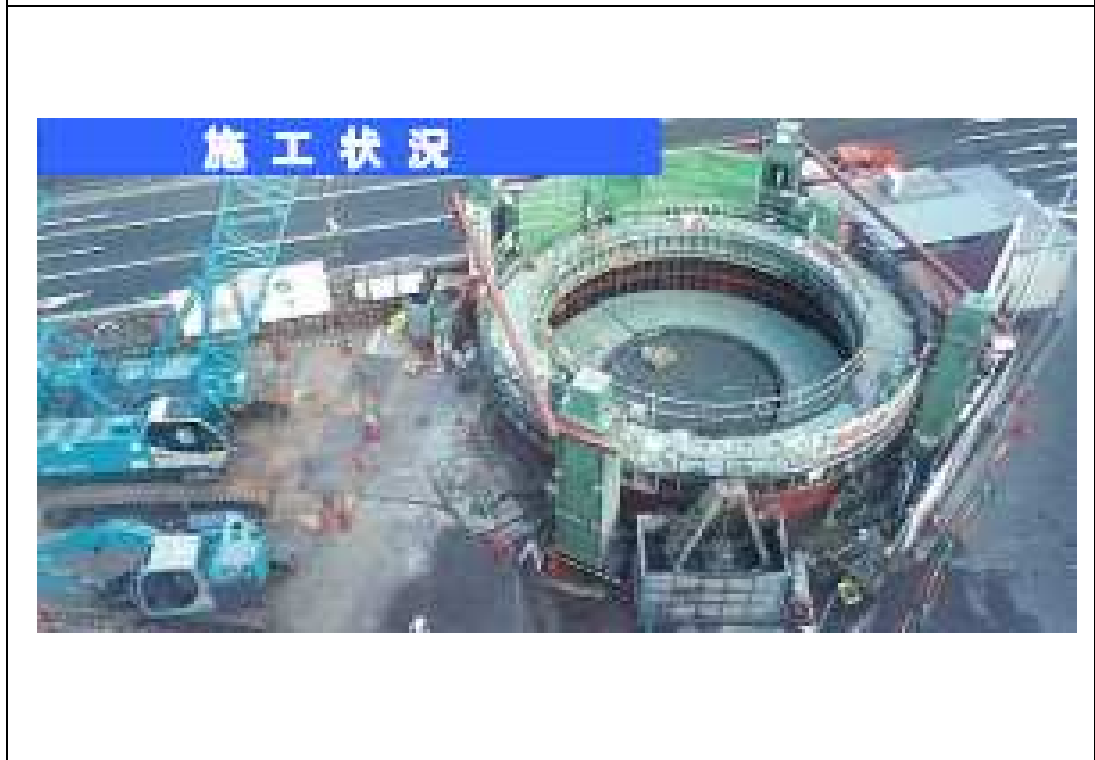


圖 19 壓入式沉箱施工



圖 20 完工工作井

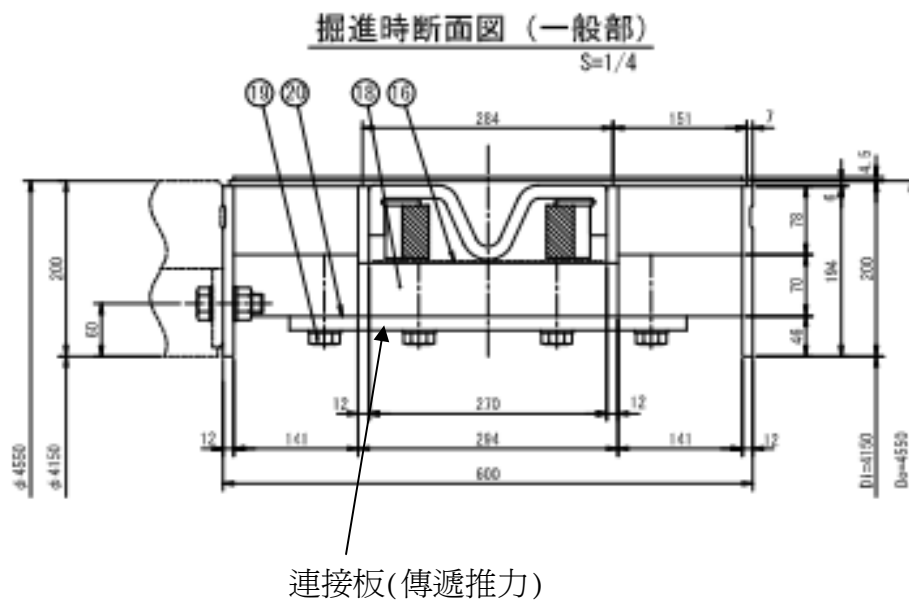


圖 21 掘進階段可撓式環片構造圖

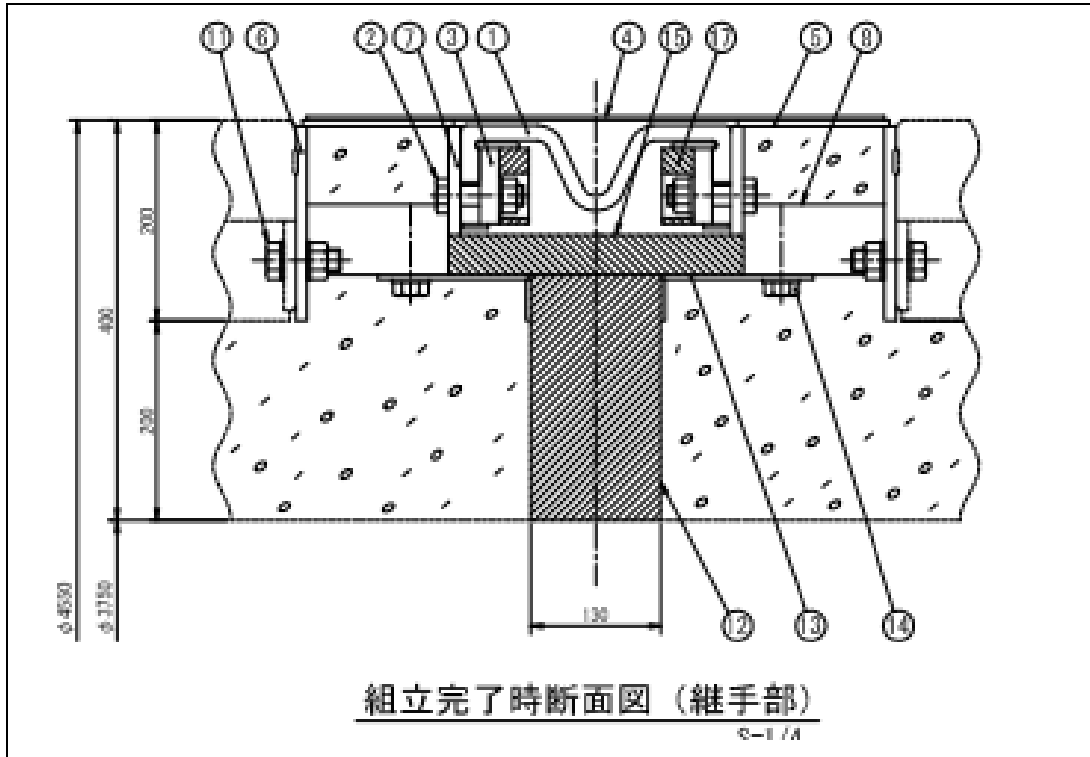


圖 22 完工後可撓式環片構造圖：將連接板拆除，填充發泡橡膠。



圖 23 掘進階段可撓式環片



圖 24 洞道環片：採直螺栓銜接。



圖 25 隔音工區：工地鄰近住宅區，直井施工工區內採隔音板隔離。

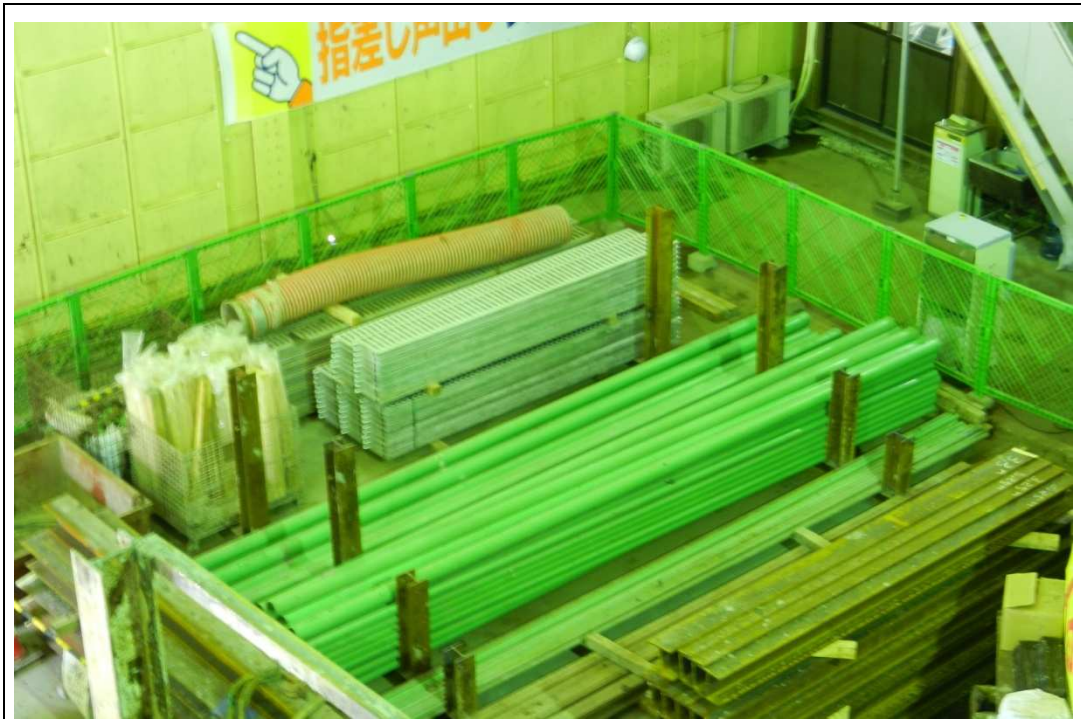


圖 26 室內材料堆置



圖 27 運土車

肆、研習心得及建議事項

本次參訪日本工程相關研習心得及建議如下：

- (一)機械式地中接合工法於日本已有許多施工案例，本次參訪工程接合之誤差甚小，於水平及垂直方向分別僅 9mm 及 1mm。本工法對於台灣都會區潛盾施工應可提供另一選擇，惟據施工單位表示放射性同位素探測之使用限制於日本已修法趨於嚴格，故使用時應確認是否有相關法規限制。
- (二)本次參訪工程之環片接合，採用快速接頭及直螺栓，相較於弧型螺栓，受限於其弧度，螺栓孔須預留較大之空間供螺栓插入，故較容易造成組裝誤差，影響洞道整體之平整性，故爾後之工程建議應可就工程品質、工期、成本等考量分析各種環片接合方式之優缺點，選擇較佳之接合方式。
- (三)對於都會區內工程之施工，往往較容易造成對周遭環境之影響，應可參考使用室內隔音板阻隔、壓入式沉箱工法之施工方式，雖工程及成本較高，但可降低民眾抗爭及因直井施工造成鄰損之機率，建議應可納入沉箱施工工法之考量。
- (四)本次於日本往返工地之途中，深刻感受日本對於交通維持之用心，下圖 27 為因工作車輛占用斑馬線，使用交通錐另圍設一通道供路人穿越馬路，且有人員引導；圖 28 為夜間交維，使用 LED 版製作人型動畫旗手，十分明亮醒目，使用路人更容易提早發現前方道路施工而及早因應。



圖 28 道路交維



29 夜間交維