

## 第五章 下水道潛盾施工災害原因與防災對策研究

本研究收集日本潛盾、推管隧道災害類型的比率與發生的原因，經整理、歸納後如圖 120 及 121〔60〕所示，使從事潛盾施工可針對災害頻率高及危害程度大之特別危害加強注意改善。以下各節分別就潛盾機施工作業災害發生的原因與類型、下水道潛盾隧道施工安全評估、下水道潛盾施工作業流程與建議注意事項、安全管理架構之研擬與工安實例處理分別加以說明探討，提出下水道潛盾施工作業防災對策並首創下水道潛盾施工含安衛流程，使從事相關潛盾人員可藉由以上探討事項、流程等與竹科潛盾施工安衛措施實例相片作參考，選擇較有利之安全、經濟、快速之潛盾施工方式，達到施工零災害事故的目標。

### 5.1 潛盾施工作業災害發生原因與類型

國內目前對下水道潛盾施工作業安全的法令規定，主要是勞工安全衛生法及附屬法規與危險性工作場所審查暨檢查辦法為主。下水道潛盾隧道施工作業，是屬於地表下施工，因工期要求常分 2~3 班日夜持續施工，因此人員素質不一，易因人為疏失或操作特殊機具作業不熟悉而產生施工危害，故必需就其原因針對危害的形成加以分析，並遵守勞工安全衛生法規規定設置安全措施，以確保勞工施工安全，達到工程零工安事故的目標。

#### 1. 災害事故之發生原因

在探討下水道潛盾施工可能發生災害事故，首先必須針對災害可能發生施工安全評估加以分析，事先做好防範措施，以避免災害事故之發生。主要有墜落、滾落及崩塌、感電、火災、有害氣體(含缺氧)、挖損地下管線及防颱工作等。

2. 依據勞工委員會針對 94 年營造業職災統計共發生 199 人死亡，但未針對隧道災害人數，另行做統計分析。
3. 依據日本潛盾、推進隧道災害類型之比率(1987~1991 年)共統計件數 30 件(JTA 安全環境委員會，1993 年 4 月)〔60〕，工程所發生之災害原因，以墜落、滾落及作業機具各佔 26.7%最多、物體倒塌佔 20%，其他佔 13.3%，車輛機械佔 10.0%，土砂崩塌、落磐佔 3.3%，詳如圖 120。。
4. 依據日本潛盾隧道災害發生原因比例共統計件數 69 件(JTA 安全環境委員會，1993 年 4 月)可分為 1. 人的原因與 2. 物的原因。3. 不可抗力。
  - (1) 人的原因：不遵守作業規則 14 件最多，其次為檢查等不足 10 件，作業不熟練 6 件，狀況判斷錯誤 5 件，指揮不明 3 件，其他不安全的行為 2 件。
  - (2) 物的原因：以防護設施的缺陷佔 15 件最多，其他原因 10 件，機具本身的缺陷 2 件，周邊配置不當 1 件，作業環境的缺陷 1 件，詳如圖 121。

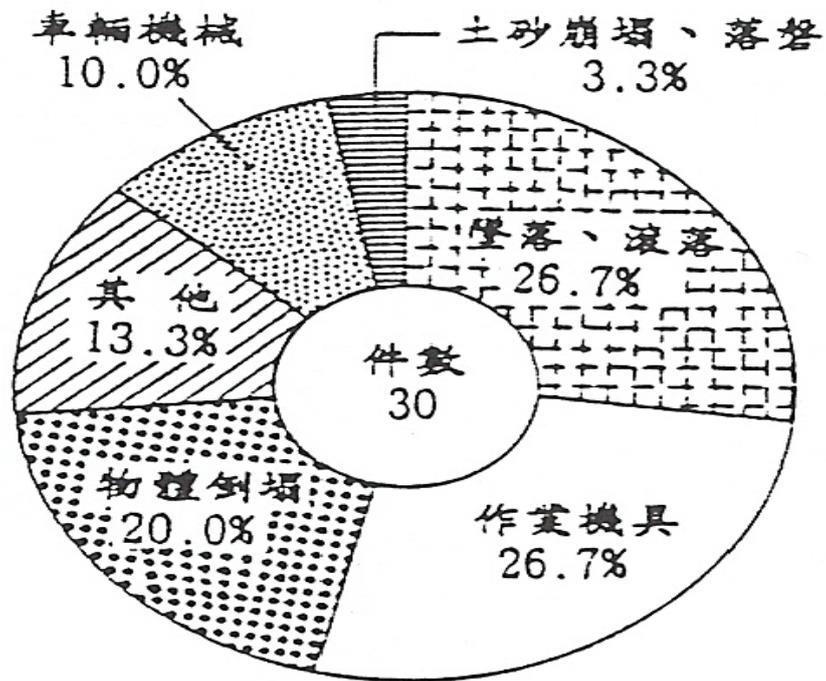


圖 120 日本潛盾、推進隧道災害類型之比率(1987~1991 年)

資料來源：摘自 JTA 安全環境委員會，1993 年 4 月〔60〕。

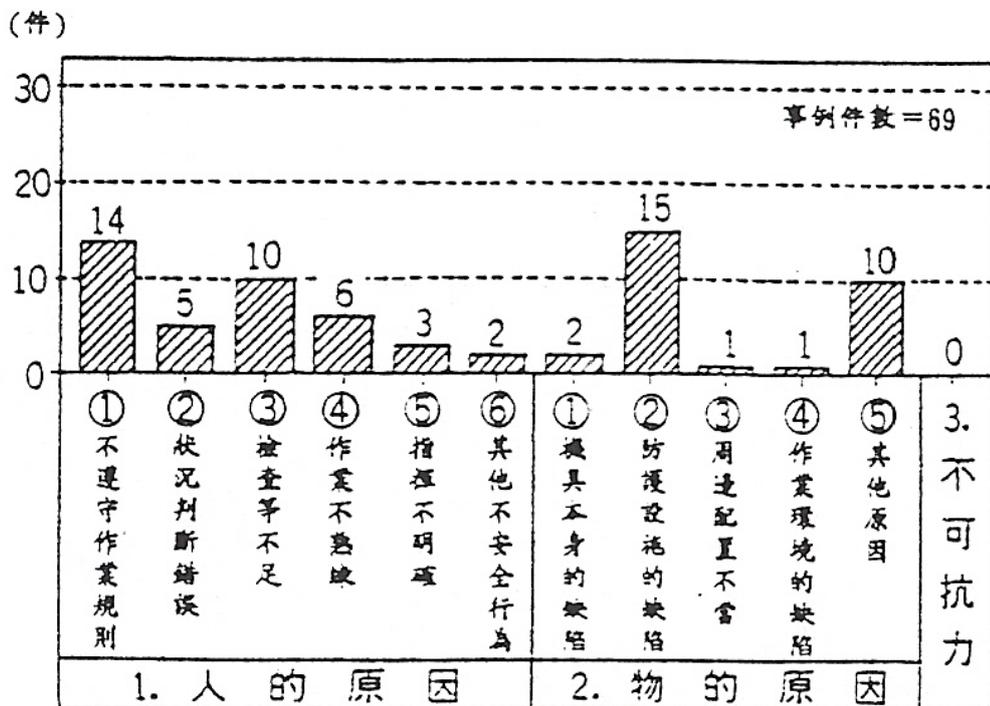


圖 121 日本潛盾隧道災害發生原因件數圖(1987~1991 年)

資料來源：摘自 JTA 安全環境委員會，1993 年 4 月〔60〕。

## 5.2 下水道潛盾隧道施工安全評估

1. 依潛盾工程整體評估結果在分項工程中列舉出災害頻率高及危害程度大之特有危害主要影響項目分別有：

(1) 假設工程：設備或圍籬倒塌、人員感電、機電設備燒燬。

(2) 工作井工程：人員感電、機電設備燒燬、人員墜落、有害氣體致人員昏迷、擋土支撐架倒塌、開挖面底部滲水湧砂、物料散落、土方開挖面崩坍。

(3) 隧道工程：人員感電、機電設備燒燬、人員墜落、物料散落、有害氣體或缺氧致人員昏迷、隧道開挖面崩坍、隧道內異常出水人員受困。

本研究僅對以上隧道工程部份進行說明與探討。

2. 依據「危險性工作場所審查暨檢查辦法」第二十六條規定：「從事建築工程之承造人或承攬土木（或其他工程）並負責整體施工管理之營造事業單位（以下簡稱事業單位）向檢查機構申請審查丁類工作場所，應填具申請書，並檢附下列資料及施工安全評估人員簽認文件...申請審查」。

3. 下水道潛盾施工，其長度一千公尺以上或需開挖十五公尺以上之豎坑之隧道工程，經中央主管機關公告指定為丁類危險性工作場所之營造工程，需提報施工安全評估報告書，經勞動檢查機關審查合格，始可繼續施工。

4. 本章節就下水道潛盾工程之施工安全評估內容〔61〕說明如下：

(1) 初步危害分析表：依據下水道潛盾工程之主要施工作業項目及施工方法列出危害項目、危害來源、主要影響、預防原則，（詳如附錄四）。

(2) 下水道潛盾工程災害要因圖：就地質情況造成之災害與人為施工管理不當所造成之災害，以魚骨圖分析其下水道潛盾工程災害之要因圖，如圖 122。

(3) 施工災害初步分析表：按主要作業項目列出災害類型，（詳如表附錄五）。

(4) 特有災害評估表：按照災害類型、可能之危害狀況、災害要因、預防對策等提出預防對策或措施，達到評估結果符合規定，（詳如附錄六）。

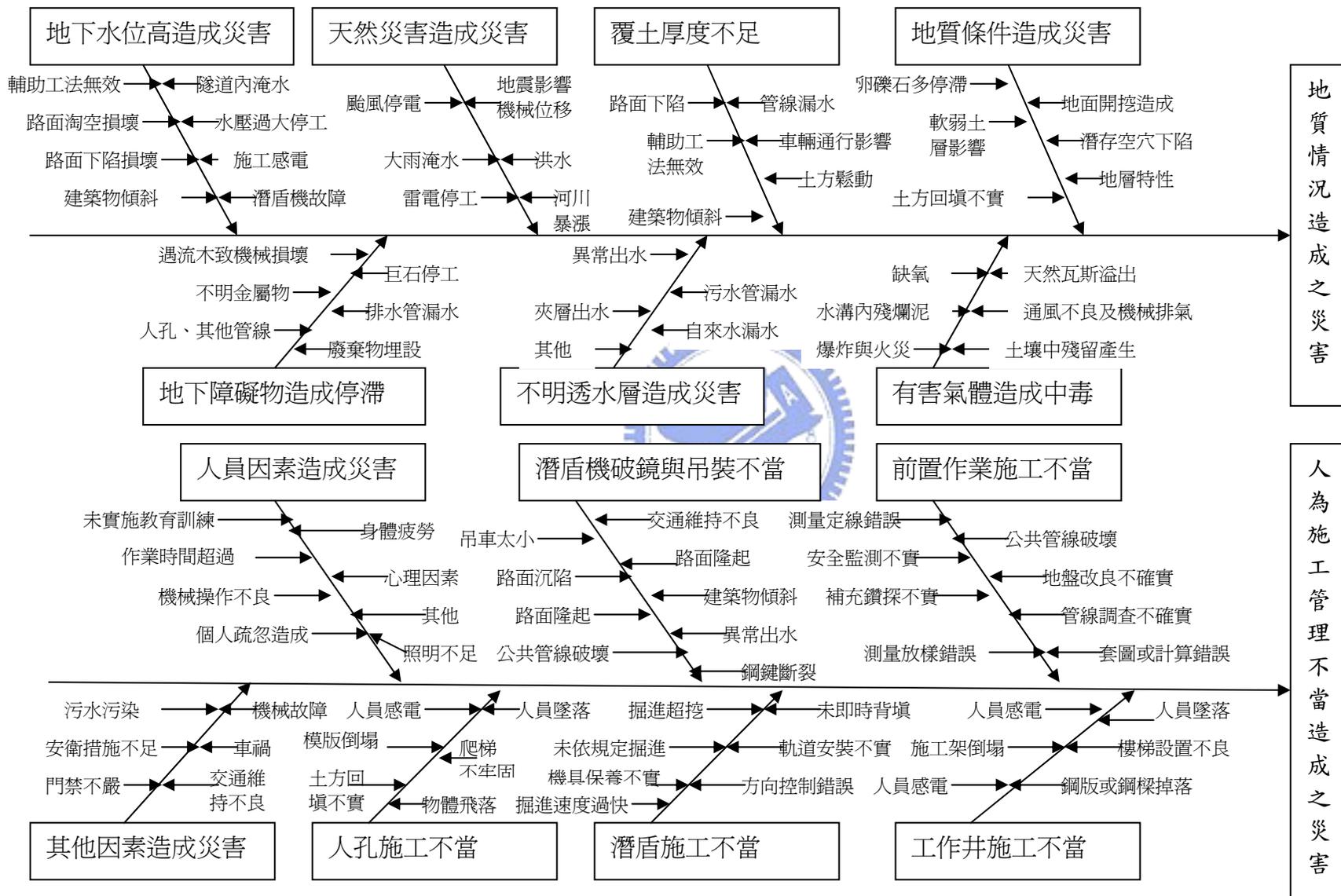


圖 122 下水道潛盾施工災害要因圖

### 5.3 下水道潛盾施工作業流程與建議注意事項

施工流程是決定下水道潛盾施工的方向指引，有好的開始就成功一半，故首重流程規劃，詳如以下說明：

1. 下水道潛盾施工係需先行施作補充地質鑽探→定線測量→安全監測→地盤改良→施作工作井→潛盾機反力座安裝→發進端地盤改良→潛盾機運送及組裝吊放→初期潛盾掘進→主要潛盾掘進→背填灌漿→潛盾機出坑→二次襯砌施工→人孔施築→人孔回填復舊→完工驗收→竣工使用。
2. 依據軟土潛盾隧道工程設計及實例手冊第四章潛盾機選擇評選模式及應用，詳如（廖銘洋，民國九十三年〔62〕），潛盾工法施工流程如圖 123。
3. 依據詳如（蔡茂生，民國七十七年）〔63〕，所提潛盾工法施工作業流程如圖 124。
- 4 依據台北市污水下水道工務手冊〔64〕，潛盾掘進及二次襯砌施工作業流程圖（竹科三期之二潛盾工程採用），詳如圖 125。
5. 依據新竹科學園區三期之三放流管線第三階段工程施工規範及設計圖說要求項目，自行研究排出下水道潛盾施工流程如下圖 126。
6. 說明下水道潛盾放流管(含安衛)至初期掘進施工作業流程圖，詳如圖 127 及潛盾正式掘進及二次襯砌、人孔施築回填階段(含安衛) 作業流程圖詳如圖 128，係本研究自行創設。

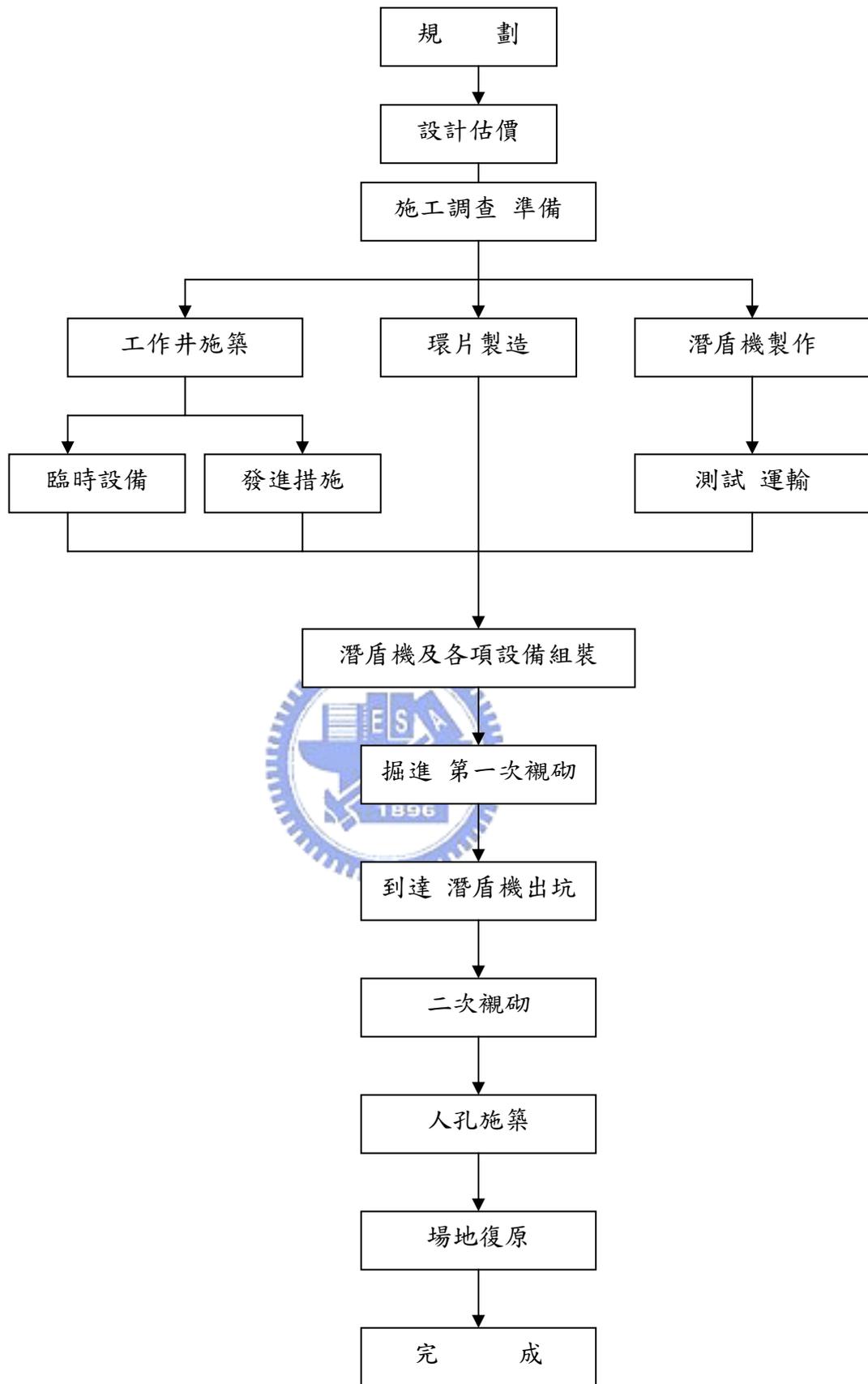


圖 123 潛盾工法施工流程圖

資料來源：摘自 廖銘洋，2004〔62〕。

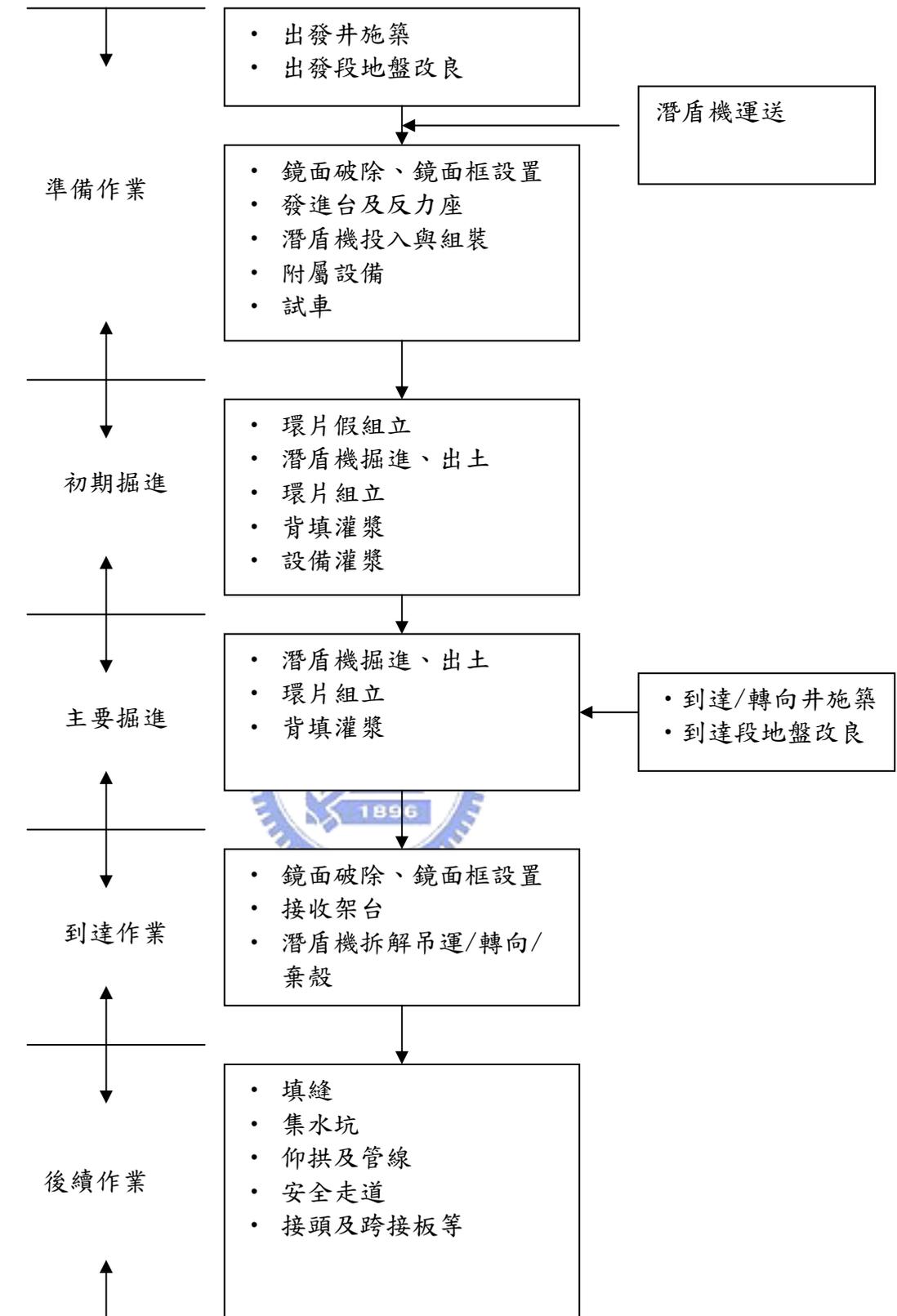


圖 124 潛盾工法施工作業流程

資料來源：摘自 蔡茂生，1988〔63〕。

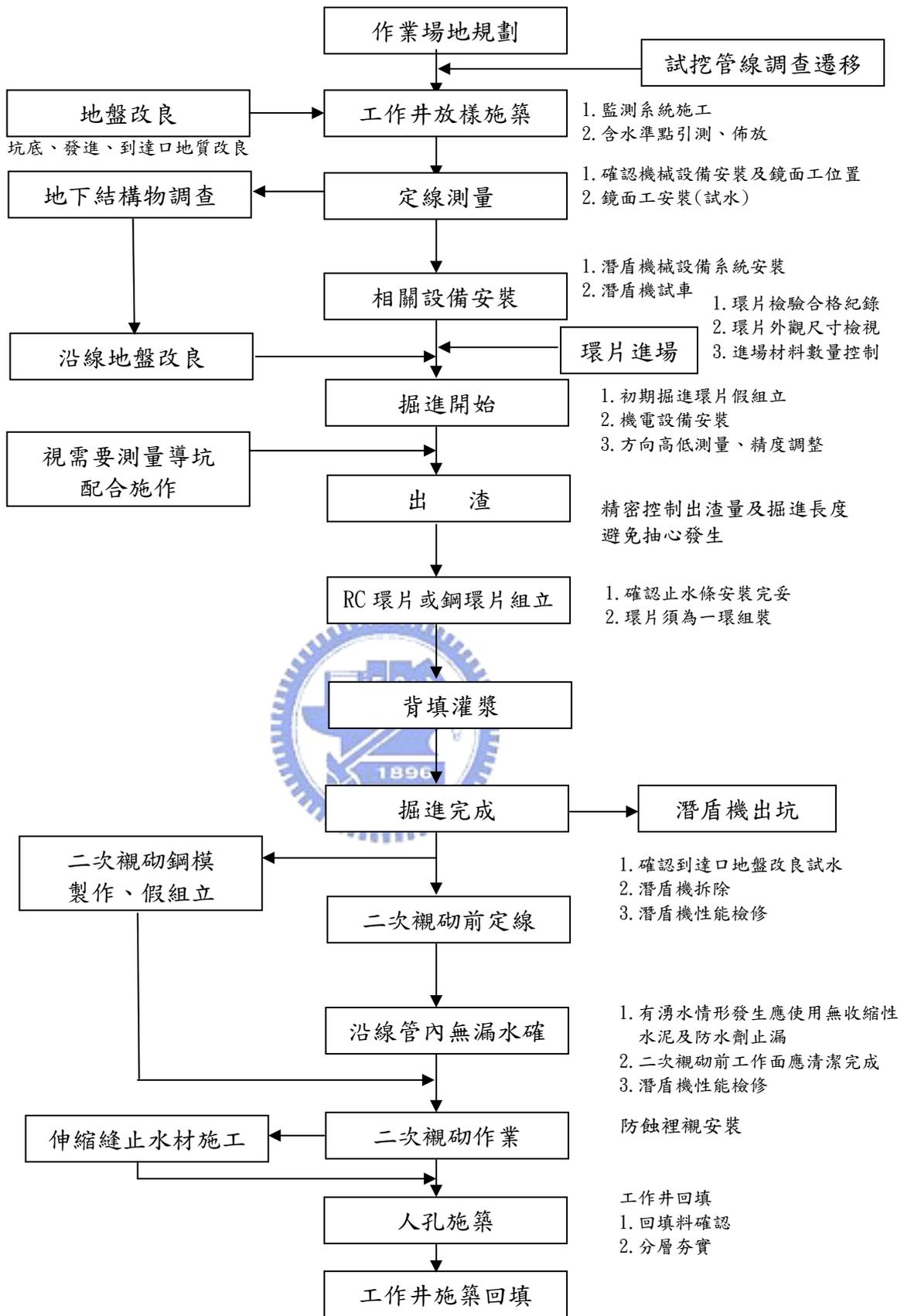


圖 125 潛盾掘進及二次襯砌施工作業流程圖

資料來源：摘自 臺北市污水下水道工務手冊〔64〕

竹科三期之三潛盾掘進及二次襯砌施工作業流程圖

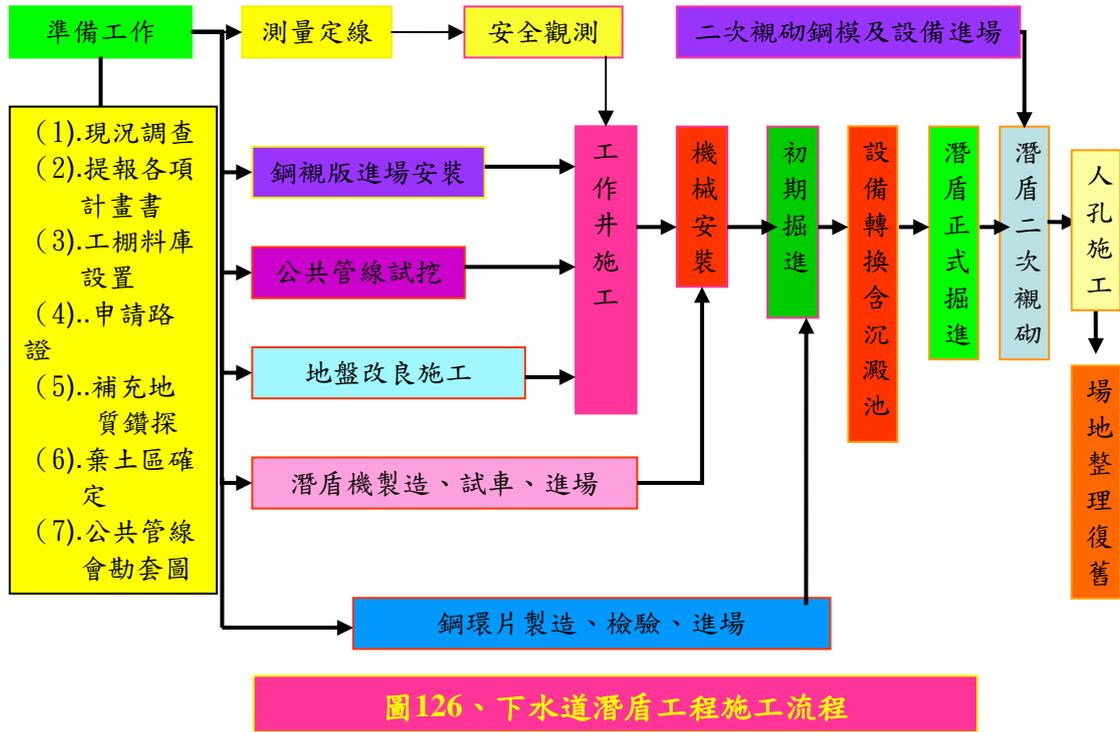


圖126、下水道潛盾工程施工流程



圖 127 說明下水道潛盾施工至初期掘進(含安衛) 作業流程圖一

7. 上述下水道潛盾施工流程至初期掘進施工時建議注意事項如下：

- (1) 就設計圖規定位置、業主提供高程及座標基準控制點先進行高程閉合及導線精度測量後，再進行潛盾定線測量及安全監測實施，尤其是施工前監測初始值與施工沿線、建物之相片建立。
- (2) 由設計時之地質鑽探資料與施工前之補充地質鑽探資料，瞭解潛盾預定路線及工作井之實際地質情形、土壤分類、打擊 N 值、柱狀圖、卵礫石

粒徑大小、地下水位高程等資料，以決定工作井擋土支撐型式及潛盾機型式是否符合需求，並進行材料設備及潛盾機訂製事宜。

- (3) 現況調查務必確實，並進行工作井位置放樣及試挖，以確保施工安全無其他管線，另由業主召開公共管線協調會辦理管線遷移及施工注意事宜。
- (4) 施工、品質管制、安衛計畫書之審查，關係著整體工程的進度、品質、安全與承商未注意事項的發掘。故務必確實審查，瞭解承商的作法提出寶貴建議，使問題即早發現或預先做好防範措施，確保工程的進度、品質、安全。
- (5) 隧道工程大部份屬危險性工程，故需依勞工安全衛生法規規定做好各項安全衛生工作與設施，施工從業人員做好各項安全衛生教育訓練，始可進場施工。
- (6) 工作井施築前，應先向台電申請臨時用電並設置配電場所，以供應潛盾施工所需用電，並派合格工業配線技術士或電匠人員擔任檢查工作且留有記錄；工作井上方應設緊急連絡電話，以利施工中隨時與工作井底部及潛盾機操作人員連絡。
- (7) 工作井場地配置與施工動線，應事先規劃清楚，並制定入坑管制、有害氣體偵測及安全衛生注意事項及標語，提醒施工人員注意安全。
- (8) 工作井施築遇地下水，適時配合輔助降水工法外，仍應逐層施作完成立即背填灌漿保護，以確保安全。
- (9) 工作井施築至大底混凝土澆置完成後，應進行潛盾機發進台架設、反力座及發進口鏡面框安裝，發進端地盤改良及破鏡準備事宜，並注意地下水滲漏情形。
- (10) 潛盾機吊裝時，吊車務必可承受其吊升荷重，小心吊放固定，做好路面交通管制及維持，以確保施工安全。
- (11) 初期掘進前，須將測量控制點引測至工作井內，作為潛盾路線施工依據，務必重覆觀測且正確後方可使用，且日後每天進行路線高程、座標控制測量檢覆。
- (12) 相關施工材料請承商事先檢驗合格後施工。棄土須依據內政部 92 年 09 月 16 函頒修正公布之『營建剩餘土石方處理方案』〔65〕辦理，合法棄土場或土資源回收場並有相關縣市政府同意土資場收受該工程之棄土函文，始可進行棄土作業。
- (13) 潛盾初期掘進施工時，於工作井內配合進行環片假組立至潛盾隧道長度達 40~50m，潛盾機抵抗反力足夠時，暫停潛盾掘進施工；並進行設備轉換、軌道安裝、水電、通風設備及後續臺車進入隧道內等作業，待全部完成後，開始潛盾正式掘進作業，故原先潛盾初期掘進時之潛盾機操作電纜線及油管長度須足夠。
- (14) 因竹科潛盾地質大部份屬卵礫石層，故工作井多採鋼襯板、補強樑、圍苓、支撐或圓形鋼襯板方式施工，亦有採預壘排樁或主樁橫板條施作工作井。

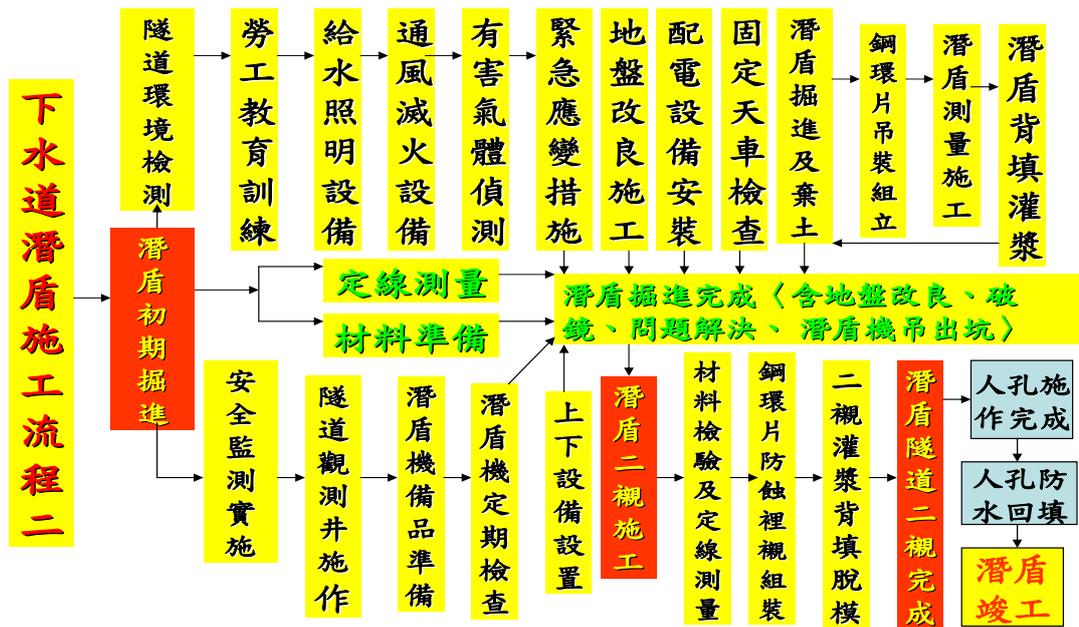


圖 128 說明下水道潛盾施工至潛盾竣工(含安衛) 作業流程圖二

8. 上述下水道潛盾初期掘進至竣工施工流程建議注意事項如下：

- (1) 潛盾隧道勞工安全應特別注意：有害氣體偵測、勞工教育訓練、通風排氣及照明設備、緊急空氣呼吸器及連絡電話、滅火器、抽水機、入坑管制牌、附近醫院路線圖等，均應準備齊全後與機械設備檢查安全後始進行後續施工。
- (2) 潛盾隧道施工時，仍應定期實施安全監測工作，以確保地質狀況因潛盾施工擾動造成沈陷等影響，應提早作好防範措施，以免造成路面災害發生。
- (3) 潛盾施工若考慮地質軟弱或潛盾高程易遭遇地下水時，通常採由下游段工作井作為發進井往上游推進，而其中間的工作井亦可為發進井及到達井，故臨時搭設之發進井支撐設備應經過結構計算，其安全強度需符合要求。
- (4) 潛盾施工時如發現每環開挖土方量出現異常狀況，或是土壤含水量變大、礫石顆粒增加或變大則須加以記錄或拍照，據以研判可能發生異常狀況的前兆。
- (5) 潛盾環片組裝前需黏貼水膨脹性橡膠止水條，吊運至工作井內潛盾機前應確實檢查黏接是否良好，位置是否正確以確保止水效果良好。
- (6) 潛盾背填灌漿施工時，若經過地層滲透水量較大處，雖已確實灌漿，但仍會發生背填灌漿後一段時間又再產生滴水現象，則需再次進行背填灌漿補灌。
- (7) 潛盾機到達前應先施作到達井地盤改良，並進行到達口鏡面試水作業，以確保到達口止水效果，待貫通後潛盾機及後續台車吊出，隨即進行隧道清理及軌道轉換工作，準備潛盾二次襯砌施工。
- (8) 潛盾二次襯砌前，經測量後與準備好潛盾二次襯砌鋼模 (含轉彎段) 及 PVC 防蝕襯理材料，由完成隧道中間或單側逐段施工襯砌灌漿完

成〈依鋼模套數及工期而定〉，至二次襯砌完成後將工作井清理乾淨，開始人孔定位施工。

(9) 環氧樹脂材料經試驗時間長，應儘早進場送樣試驗，待人孔施工完成乾燥時，始可進行防水施工及人孔外側回填施工。

9. 下水道潛盾工法施工作業流程說明圖比較表，詳如表 39。

表 39 下水道潛盾工法施工作業流程說明比較表

項次	項目	潛盾工法 施工流程 如圖 123	潛盾工法 施工作業 流程如圖 124	潛盾工法 施工作業 流程如圖 125	下水道潛盾 工程施工流 程如圖126 (本研究自 行改良)	竹科污水處理廠上 下游潛盾放流管 (含安衛)施工流 程如圖 127~128)(本 研究自行創設)
1	適用範圍	潛盾隧道工程	潛盾隧道工程	下水道潛盾工程	下水道潛盾工程	下水道潛盾工程
2	流程順序	簡單明瞭	較複雜內容多	較複雜內容多	簡單明瞭	較複雜內容多
3	執行項目	可按步驟施工，細項較少。	可按步驟施工，細項較多	可按步驟施工，細項較多。	可按步驟施工，細項多。	可按步驟施工細項多，容易逐條執行。
4	優點	容易執行方向正確	容易執行方向正確	容易執行方向正確 流程明確	容易執行方向正確 流程明確	容易執行方向正確 並注重勞工安全
5	缺點	細項較少，無法顯現真正流程。	流程關係較不明確	無安衛項目	無安衛項目	內容較繁複
6	建議採用	參考主要流程	參考主要流程	建議採用	建議採用	適合採用

10. 提出下水道傳統潛盾施工作業流程與首創含安衛流程比較表，詳如表 40。

表 40 下水道傳統潛盾施工作業流程與首創含安衛流程比較表

項次	項目	以臺北市污水下水道工務手冊之潛盾掘進及二次襯砌施工作業流程圖，詳如圖 125	竹科污水處理廠下水道潛盾施工(含安衛)流程，詳如圖 127~128 (本研究自行創設)
1	適用範圍	下水道潛盾工程	下水道潛盾工程及相關工程
2	流程內容	流程內容係按照下水道潛盾施工作業流程逐項說明	流程內容係按照下水道潛盾施工作業流程逐項說明，另依施工進度增加勞工安全衛生法規所要求應施作之安全設置及人員訓練和檢查項目提醒施工人員注意實施
3	執行細項	按步驟施工，有細項提醒重點可逐項完成。	按步驟施工，提出施工時建議事項細項提醒重點可逐項完成。
4	優點	容易執行 方向正確 流程明確	容易執行方向正確流程明確並於施工時按步驟實施勞工安全設置等即可保障勞工施工中安全，消弭施工災害於無形，降低職災發生的機率。 配合施工進度要求設置安全措施減少立即危害發生並可事先提醒施工人員應優先辦理完成事項。
5	安衛措施要求	另依丁類危險性工作場所之施工安全評估及勞工安全衛生法規規定設置，無法立即明瞭安全衛生措施重點所在。	同左規定設置，但依本流程圖即可一目瞭然應設置安全措施之重點所在並配合本研究所提防災對策及安全衛生參考措施實例相片說明，將可得到最實用之效果。
6	建議事項	建議採用	建議採用並推薦實行

#### 5.4 下水道潛盾施工作業安全管理架構之研擬

由於目前的營造業大都認為有關施工作業安全管理工作，是勞工安全衛生管理人員的責任，不易受到重視，因此往往造成施工作業安全管理在執行上遇到瓶頸，致流於形式，致使發生職災事故頻傳。故行政院勞工委員會亦推動工地主任回訓班加強安全衛生訓導課程，使真正在工地負責的人員，可善盡職責，做好施工作業安全管理的工作。且於民國九十二年十二月一日發布加強公共工程勞工安全衛生管理作業要點〔66〕，主要是消弭職業災害，保障勞工生命健康福祉，加強監造單位及主管機關人員加強公共工程安全衛生監督檢查及輔導事宜，使工地施工安全並不只是承包商的責任，讓所有參予工程人員，更能注重施工安全及防範施工災害的發生，藉由各項安全設施的設置與有效安全管理，使工地施工更安全，確保施工人員生命安全。

為有效控制施工安全，避免工地事故及災害發生，並確實合乎施工安全品質，達到零災害目標，特依據勞安衛生法、工程契約、施工規範、施工設計圖，建立勞工安全管理體制，以利工地管理執行，其管理執行重點為：

1. 勞工安全衛生人員設置
2. 勞工安全衛生管理單位設置
3. 協議組織之設置
4. 安全衛生工作守則訂定
5. 自動檢查之實施
6. 督導巡視施工中之工地安全工作
7. 緊急應變及緊急通報體系

下水道潛盾施工作業安全管理的主要目的，在避免發生任何工安事故與意外事件，確保施工人員的生命安全。為防止任何工安事故與意外事件的發生，則必須建立完善可行之作業安全管理架構，有系統地執行現場施工安全管理，以達到工程零工安事故的目標。

下水道潛盾施工作業安全管理架構的建立

欲建立下水道潛盾施工作業安全管理架構，首先必須了解施工的實際情況，研究出事實上的需要，才可訂出切合實際的項目，真正有助於施工災害之防止。下水道潛盾施工之管理流程圖 129 所示：

下水道潛盾施工作業安全管理活動，為把安全理念融入其中，使施工時與安全結合，以降低災害事故。為了有效防止災害事故，則須推展施工作業安全管理活動，以確實推動計畫(Plan)、實施(Do)、檢查(Check)、處置(Action)管理方式，以維護施工人員安全。

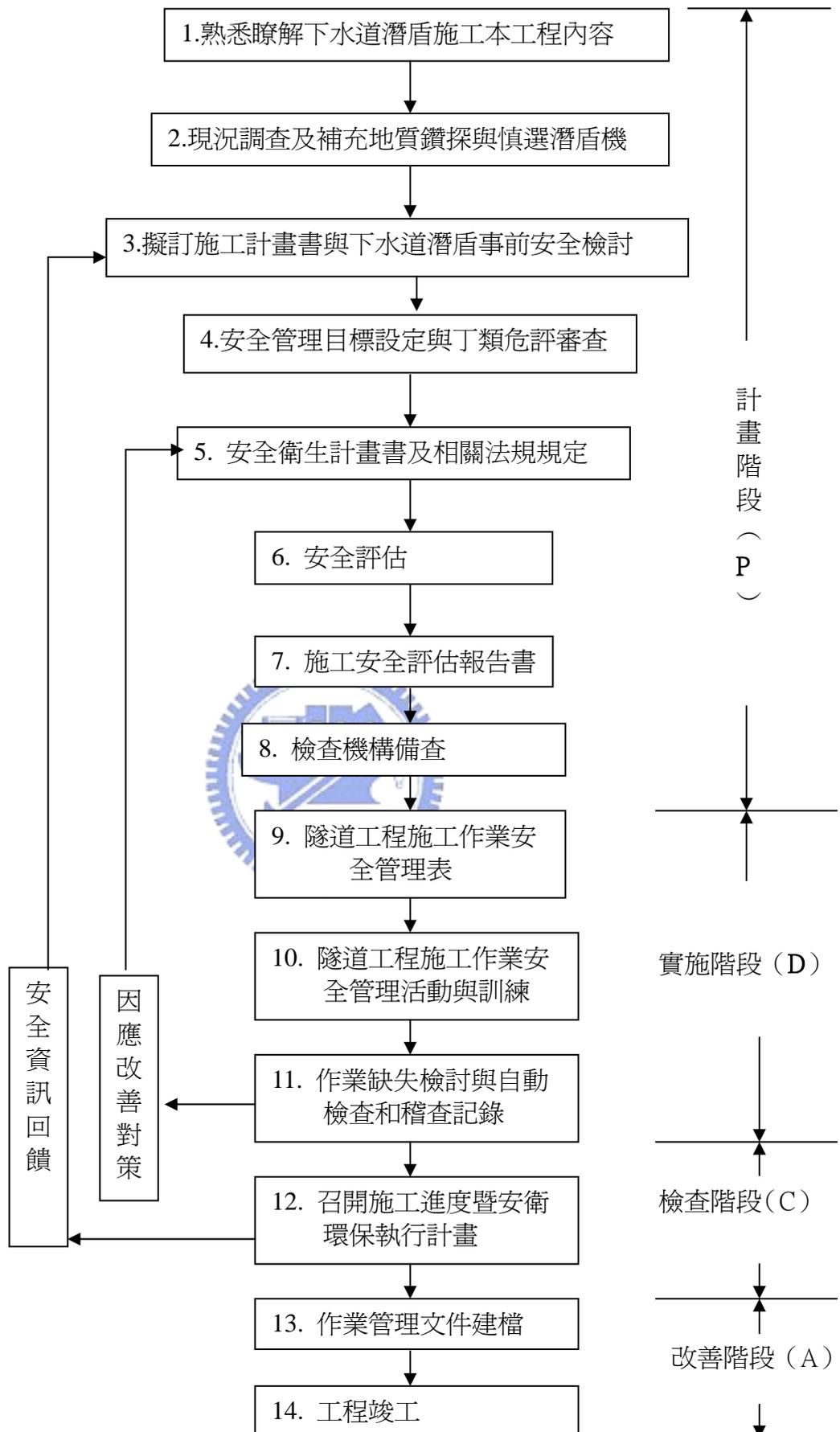


圖 129 下水道潛盾施工作業安全管理架構訂定流程圖

隧道工程現場施工作業安全管理活動，依據李幸財〔67〕研究，首先應於事前擬定施工作業安全管理計劃，並依各項作業之流程，按作業步驟編定安全作業標準與安全工作守則，教育作業人員將安全視為本身的問題，自動自發地將安全作業標準與守則，實踐在日常作業安全活動上；其次訂定月別安全管理表與自動檢查表，以供現場執行作業安全管理與檢查之依據；而在施工作業過程中，確實執行作業中之指導、監督，同時配合工程進度與法令規定進行日、週及月間安全協調會議與作業安全活動，並視實際需要進行教育訓練、緊急應變演練；另對隧道工程作業環境之測定與支撐系統之安全計測工作，亦是作業現場安全管理重要之一環，實不容忽視。最後根據施工作業安全管理活動之檢查與紀錄、計測結果，適時地檢討並改善作業環境，修正自動檢查表與安全作業標準等之內容，以真正落實隧道工程現場施工作業安全管理活動。

## 5.5 下水道潛盾施工作業工安問題之處理

有關 A 公司承攬科學工業園區管理局污水處理廠污水收集管線工程於 93.3.18 因職工蕭○○發生墜落事件，針對該事件發生之原因分析檢討，並防範不再有類似狀況發生，重新檢討有可能再發生類似事故之各分項作業之安全流程，及施工機具、材料之吊運作業起重機之操作，人員對工作環境的認識訓練，各機具器材的平時檢點作業以期減少勞工安全問題之發生，維護工作人員之安全

### 1. A 公司勞工施工時不慎墜落 M2 工作井致受傷案報告（事件一）〔68〕

- (1) 行業種類：營造業
- (2) 災害類型：墜落
- (3) 媒介物：尚待查明
- (4) 罹災情形：受傷一人，蕭○○，男，25 歲
- (5) 意外事故發生經過：

民國 93 年 3 月 18 日下午 7 時許，發現固定式起重機操作手蕭員墜落於 M2 工作井內之軌道旁，頭部向前靠在枕木上腳部朝向坑口，推拍身體和呼叫名字亦無反應呈昏迷狀態，經緊急連絡 119 儘速將他送至竹北東元醫院急救後，並於 11 時 30 分轉送到林口長庚醫院，最後蕭員意識清楚，生命跡象趨於穩定，已於 3 月 25 日轉入普通病房。

### (6) 意外事故原因分析：

因電車手發現時，受傷者已躺在工作井內，據另用路人(資源回收車駕駛)於救援期間到現場告知電車手等人，表示他看到受傷者是遭土桶擦撞後墜落入井內。據事後現場勘查，受傷者手裏所持之起重機搖控器亦掉落於井內，且當天風力很強，故研判可能是受傷者站立於攪拌平台上操作土桶調整方向，但因風力太強、土桶搖晃，缺乏警覺性，一時疏忽而翻越欄杆墜落，致造成意外事故。

### (7) 後續墜落原因調查：

- ① 當時蕭員雖已意識清楚，也能寫字表達(因插管還不能開口說話)，惟對於事發時如何發生意外，表示自己也不清楚。
- ② 科管局勞資組及警察局，於接獲通報後立即前往事故現場進行調查。
- ③ 最先發現蕭員之電車手亦赴科管局勞資組說明事發之經過。

### (8) 後續勞安改善措施：

經 93.03.19 科管局勞資組赴現場調查後，M1 工作井已進行全面檢查並加強改善安全措施；至於 M2 工作井需停工，將進行下列之改善加強措施，始可復工：

- ①墜落處之工作井開口，平常無機械吊裝作業時，於該處加設安全網。
- ②修改攪拌平台之上下梯方向，並調整平台位置遠離工作井。
- ③工作井樓梯上方加設覆蓋版。
- ④全面加強工區之安全措施。如欄杆四周加設安全護網、電氣安全之檢查等。

## 2. A 公司勞工施工不慎撞擊罹災案報告（事件二）〔69〕

- (1) 行業種類：營造業
- (2) 災害類型：撞擊
- (3) 媒介物：無
- (4) 罹災情形：罹災一人，江○○，男，26 歲
- (5) 意外事故發生經過：

93 年 6 月 27 日下午 1 時 30 分許，本工程 M1 工作井內隧道正進行第 738 環鋼環片組立時(隧道里程約 620 公尺處)，電車手江員於駕駛電車推送第 739 環環片(每一環有 6 片環片組合)接近輸送帶，並卸下 3 片鋼環片後，正要卸下剩餘 3 片環片時，因不慎誤扳電車為前進檔，致電車往前行進，江員頭部撞擊前方之輸送帶鋼架，當場頭部受傷昏迷，經另 3 名工作人員緊急搶救後送出坑道，並連絡 119 救護車緊急於 2 時 15 分送至新竹馬偕醫院急救，結果仍於下午 2 時 45 分宣告不治。

### (6) 意外事故原因分析：

江員係從事 M1 工作井之鑽掘工班作業(作業項目包括駕駛電車、出土作業、組立環片及隧道內其他雜項作業等)，一組鑽掘工班為 5 名，除天車手外，其餘 4 名在隧道內負責上述之作業，並可視情況、工作性質，自行互換作業，以免長期從事固定工作過於單調易生乏味疲倦。經分析，電車扳手操作係為一般性簡易作業，因江員本欲操作電車後退動作，因一時疏忽誤扳電車扳手入前進一檔(前進分三檔)，致使江員頭部撞擊輸送帶鋼架，應屬機械操作不當，且江員可能非目視前方，未及閃避，致發生不幸之情事。

### (7) 後續情況：

- ① 93.06.28 上午檢察官及法醫亦已至醫院驗屍，並製作筆錄。
- ② 事發之後，死者家屬已立即趕赴醫院探視，A 公司亦展現相當誠意，辦理和解事宜。

### (8) 後續勞安改善措施：

經 93.06.27 科管局勞資組赴現場調查後工區已停工，A 公司儘速向勞資組提出復工改善計畫，經審查核可，立即全面從事改善作業，並經勞資組現場勘查核可後方能復工，其加強改善措施包括：

- ① 聘請專業人員到工地辦理電車之操作安全、維護及隧道作業安全急救之講習訓練。
- ② 加強施工人員之勞安再教育，培養隧道作業之危機意識，並落實於例行之施工作業中。
- ③ 全面檢查並加強工區之勞工安全設備。如照明、通風設備、救難設備等。
- ④ 全面檢查並加強工區之安全措施。如欄杆四周安全護網之檢查、電氣安

- 全之檢查、開口處之檢查等。
- ⑤加強施工人員之機械操作練習，使操作手操作無障礙避免事故發生。

## 5.6 下水道潛盾施工作業防災對策

下水道潛盾施工防災主要可分為安全監測、施工問題、人員操作訓練三方面來預防與隨時做好緊急應變措施，詳如表 41 及下水道潛盾施工安全衛生參考措施實例相片(圖 130~165，相片〔56〕提供)。

表 41 下水道潛盾施工防災主要措施表

項次	項目	監測項目或施工人員訓練	辦理措施
1	安全監測	一般潛盾施工主要係觀測土壤側向位移、水位觀測井、沉陷觀測點、結構物傾斜量、支撐應變計等。	定出安全值、警戒值、危險值、觀測頻率、緊急應變計畫等。
2	施工問題	危險性工作場所施工安全評估、入坑管制、通風排氣設置及計算、有害氣體偵測、缺氧及感電、墜落、操作作業預防。	計畫及施工措施與設備定期檢查、施工機具操作訓練與保養定期舉行。
3	人員操作訓練	作業手及操作手訓練合格結業、起重機年度檢查合格證、擋土支撐及隧道襯砌、缺氧及一般作業主管、危險性機械操作及吊掛作業訓練合格結業及安衛管理員設置。	作業主管不定期巡視工地協助問題解決。安衛管理員每日查核工地安衛問題與每月召開協議組織會議。

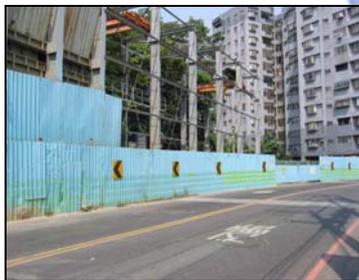


圖 130 安全圍籬及夜間警示燈



圖 131 工作井安全網及護欄



圖 132 隧道入坑一覽表管制進出



圖 133 施工人員配帶安全帶施工



圖 134 支撐需先檢算合格後施工



圖 135 鋼襯版需逐層施工並備妥深井抽水機



圖 136 工作井開挖  
土方運棄



圖 137 工作井設置  
聯絡電話



圖 138 工作井上下  
設備設置



圖 139 訓練合格者操縱天  
車



圖 140 工作井電力配置  
場圍設



圖 141 工作井內注意通  
風排氣



圖 142 沉陷點觀測



圖 143 潛盾機入坑注意  
吊裝



圖 144 潛盾機夜間吊放  
安全設施及指揮



圖 145 檢查升降機



圖 146 隧道內測量

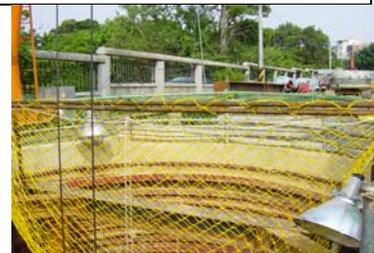


圖 147 工作井設安全網



圖 148 潛盾操作機臺控制  
開挖



圖 149 隧道設滅火器  
緊急照明



圖 150 隧道加強照明  
排氣設備

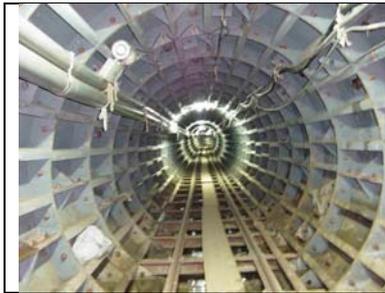


圖 151 隧道內腳踏板固定



圖 152 污水處理設備



圖 153 隧道外噪音偵測



圖 154 鼓風通風設備



圖 155 注意通風安全



圖 156 通風設備設置



圖 157 鋼環片無輻射偵測



圖 158 氧氣偵測量



圖 159 有害氣體偵測



圖 160 隧道內有害氣體偵測



圖 161 隧道內有害氣體偵測



圖 162 二襯鋼模需夥伴作業



圖 163 透地雷達探測及交維



圖 164 義大利透地雷達



圖 165 透地雷達探測及交維

### 緊急應變處理措施

1. 淹水:在颱風季節、梅雨期和夏天之雷陣雨均易瞬間產生大量之雨水，導致工作井淹水;故工作井內須放置沉水式抽水馬達及備品，工作井四周用砂包堆置擋水，以防泥漿流入工作井。
3. 流砂及土崩:在施工中如遇流砂或土崩之情況時，則立即停止施工，避免擾動土壤，且視情況注入化學藥劑穩定地質後再行施工。
4. 流木:在鑽掘時若遇流木可以壓削鑽頭多次前進、後退旋轉，慢慢將流木削斷穿越。並適時利用刀刀之切削擠壓，將流木慢慢推至旁邊使潛盾機通過。
5. 礫石層:依鑽探資料所得之礫石粗細決定藥劑種類，鑽頭、加強藥劑以穩定土質。

### 6. 地盤沉陷之防止及應變:

地盤下陷之原因:非岩盤之地下鑽掘施工，受地質及地下水影響大，要完全免於沉陷相當困難，地盤沉陷涵蓋基地本身沉陷，道路及鄰房之不均勻沉陷與傾斜，而形成傾斜、崩塌等問題;因此在潛盾施工作業上，應經常研討對策，極力將不可避免之沉陷與傾斜障礙減少至最低程度。

### 7. 建築物沉陷防止及掘進施工作業之應變措施:

#### (1)、潛盾路線四週地上、下結構物預防災害及觀測計劃:

當掘進途中對於穿越管線、人孔等地下構造物或穿越建築物等，位於潛盾管線之地面上，在潛盾前要先設置觀測點，在潛盾時觀測，紀錄觀測點是否有沉陷現象，若發生沉陷現象時，則採取必要之注藥保護穩定開挖面，務將災害減至最低。

#### (2)、掘進施工作業之應變措施:

每一環節之施工前、中、後均需加以研判，並參酌沉陷測量結果，予以預警，防止沉陷之發生，並減少沉陷之擴大。施工前對土質之研判極為重要，若沉陷產生時，應即依據資料研判產生沉陷原因，先封閉現場，停止施工;若因地盤軟弱鬆弛，應即施以地盤改良藥劑處理，穩定開挖面後，再行施工，並嚴格管制出土量與推進量之配合。

綜合以上，本章節首先要瞭解到下水道潛盾施工災害發生的原因與類型，針對災害進行各項施工安全評估，提出初步危害分析表、下水道潛盾施工災害要因圖、施工災害初步分析表及特有災害評估表去瞭解災害類型、可能之危害狀況提出災害預防對策與安全衛生設施或措施。依據下水道潛盾施工作業(含安衛)流程(本研究自創)去施作安全衛生設施或措施，利用施工作業安全管理流程圖去執行安衛管理，運用PDCA去真正落實隧道工程現場施工作業安全管理工作。遇到發生工安問題提出處理模式及後續勞安改善措施與防災對策，及提供下水道潛盾施工安全衛生參考措施實例相片與緊急應變處理措施，使日後相關潛盾施工人員施工參辦，避免再發生類似職災，達成施工零工安事故的目標。

## 第六章 結論及建議

### 6.1 結論

本研究彙整國內外下水道潛盾施工遭遇礫石層文獻資料與專家意見，將理論配合實際施工案例，將施工中的問題與困難提出注意事項與解決方案成果如下：

1. 下水道潛盾施工成功與否之關鍵，最重要是規劃設計完成路線後之地質鑽探與地下水位調查的正確性，將影響施工者潛盾機型式選擇以及實際每天施工的進度；潛盾機型之選擇，必須更充分考慮到卵礫石層之特性及地下水高程，開挖掘進長度等去選擇最適當的機型。應配合輔助工法或地盤改良，實施安全監測，使工程能如期如質完成。
2. 針對遭遇礫石層所需使用之潛盾機，通常必須具備較大之機械能力且潛盾機頭需安裝高強度之且切削鑽頭與滾動切刃，以順利切割及破碎卵礫石。下水道潛盾施工遇礫石地層時，會造成潛盾機的刃刀磨損，所以潛盾機機頭備品材料應事先準備充足。
3. 建立潛盾機最小覆土厚應大於潛盾機 1.5 倍直徑的觀念，雖設計地盤改良低壓灌漿，仍有造成地下管線斷裂與路面凹陷現象產生。故仍須注意臺灣地區道路下普遍埋設有地下管道或排水設施，潛盾機由下方經過時，建議距管底或排水設施底部至少應大於潛盾機 1.5 倍直徑的最小覆土厚或事先做好各項結構物保護措施，以免造成路面發生塌陷事故。
4. 施工中遇地下水時，放慢潛盾機施工速度，加速後續鋼環片組裝及先行背填灌漿，以減少路面沈陷發生；施工後不定期巡視路面，若地表有沉陷量過大時則須以低壓灌漿工法灌注施工，潛盾施工遇有卵礫石層及湧水時，應將潛盾機加入顆粒狀膨脹性皂土在土倉內形成土栓，再逐步掘進之觀念。
5. 潛盾機具已逐漸採自動化控制，應將監測系統設計成自動化資訊系統，輔助施工達預警管理，確保施工人員安全避免施工災害發生，故施工單位應於施工前辦理施工安全評估、訂定施工作業程序、蒐集施工災害案例做成光碟或圖表，對施工人員實施教育訓練及工區危害告知，並成立緊急應變組織與訓練及主管人員不定期工區危害巡視，將可降低職災之發生。

### 6.2 建議

本研究為使爾後下水道潛盾施工能更落實，建議如下：

1. 本研究係以國內外潛盾施工案例與防災對策之實際案例，主要敘明其施工注意事項及遭遇困難為主要範圍，建議以污水下水道管線施工監造及驗收手冊為主軸，辦理材料檢驗、自主檢查表、計畫書提報等相關事宜，使營建管理更落實。
2. 建議依下水道潛盾施工流程順序，依據勞工安全衛生法第五條規定建立潛盾放流管施工(含安衛)流程(本研究自創)及施工相片說明，有助日後下水道潛盾施工時設置安全設施參考並達到降低職災事故的發生為目的。
3. 隨著科技日漸進步，潛盾機的施工方法日漸推陳出新，潛盾機以前只能勇往直前直到到達井才能出坑，現在新施工技術有地中接合、球體潛盾、母子潛盾、高速潛盾等施工方式，惟潛盾機機頭遇到卵礫石及高湧水情形，可依案例發生建議及結論事項辦理障礙排除事宜，應有事半功倍之效果。

4. 對於潛盾路線上之地質條件不良之位置，通常傳統方式採地盤改良措施其效果無法掌握，且鑽孔時容易誤鑽到既設管線，造成地盤改良施作不確實，建議施工前採透地雷達探測路面下淺層之管線、空洞、排水結構物等，以避免災害之發生；潛盾機通過後，可再由路面上進行透地雷達探測，檢視潛盾施工後是否造成空洞及縫隙，需進行低壓灌漿，避免路面下陷影響行車安全。
5. 本研究係以潛盾施工案例建立各種可能遭遇礫石地層問題的解決與處理，和防災對策的探討，藉以拋磚引玉使相關潛盾從業人員能加以研究創新，使日後下水道相關潛盾施工經驗可傳承，使工程如期如質完成並達到零工安事故的目標。

### 6.3 下水道潛盾施工之展望與後續研究方向建議

下水道潛盾隧道施工法，目前以日本發展最為快速且數量繁多，經過不斷的嘗試及累積的經驗，終於成為目前都市隧道施工的主流。日本因應需求發展出各種新式的隧道技術。依據何泰源（民國 90 年）〔70〕潛盾工法之未來發展趨勢可歸納成兩項：

在現有技術水準下，繼續從事提高潛盾施工安全性、經濟性及合理性之技術研究及從事大深度地下（地面下 50 公尺以下）開發利用之技術。

針對日本現今發展的潛盾隧道新技術說明如下：

1. 斷面多變化：有複圓形、縱橢圓形、橢圓形、矩形、異形斷面等。
2. 大斷面施工，詳如圖 166 及圖 169。
3. 大深度地下施工。
4. 長距離施工：英法海峽隧道，詳附圖 167 等。
5. 自動化施工。
6. 急曲線施工。
7. 擴大潛盾工法。
8. 場鑄隧道襯砌工法。
9. 同時背填灌漿工法。
10. 直接地中接合工法。
11. 球體潛盾工法，詳附圖 168。
12. 工作井施工新技術：豎井壓氣工法、藥劑灌漿工法、地盤凍結工法、雙重鋼版樁工法、明挖回填工法、高壓噴射樁工法等。

後續研究方向建議：

1. 因應都市潛盾施工執行的各種限制，並吸取外國潛盾技術精華為己用，建議必須掌握國外最新的發展技術與現況，不斷改良創新，使台灣潛盾施工技術更進步。
2. 建議做好完善的地質調查與完備的前置作業，將可減少不可預期之風險。
3. 建議於施工前擬定施工安全計畫，嚴格執行勞工安全衛生及環境保護措施，防止施工災害的發生以確保施工人員安全與健康。
4. 為使施工經驗與技術得以傳承延續，建議施工過程中留下施工記錄相片及光碟，與遭遇施工障礙如何排除困難詳加敘說記錄並檢附施工相片與安衛環保措施如何執行，製作成簡報資料，可作為新進人員教育訓練題材，使工程順利進行並達到施工零工安事故的目標。

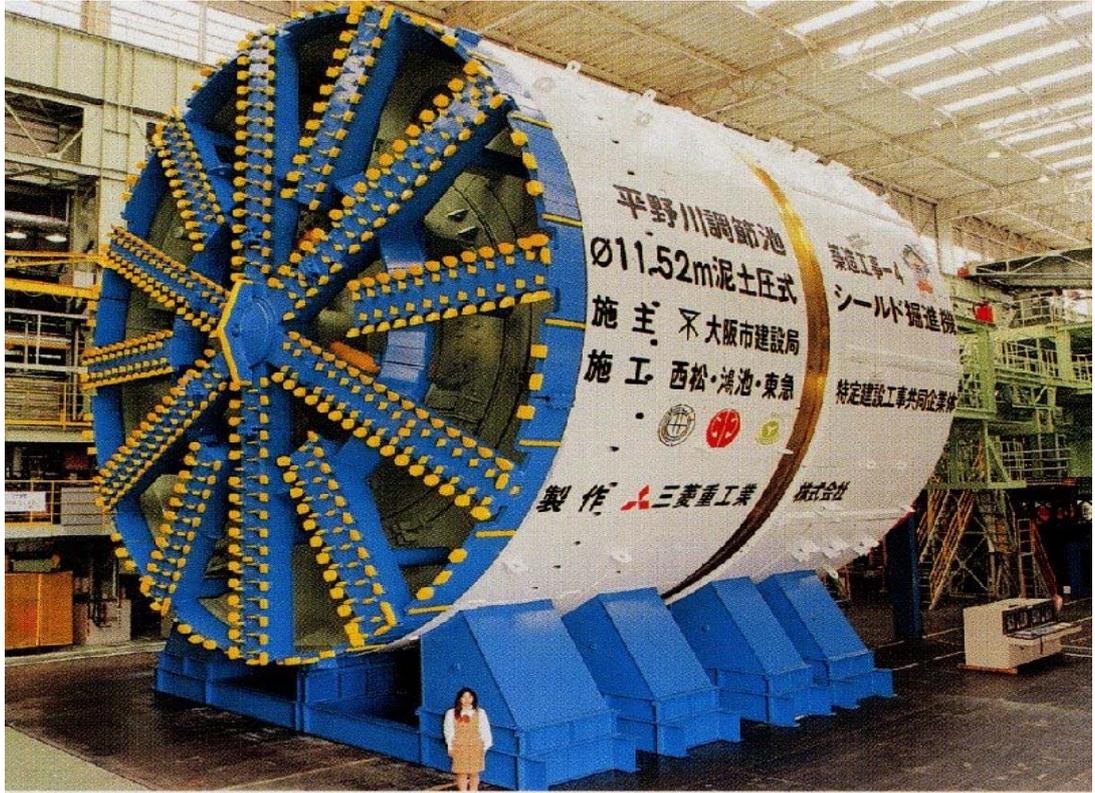


圖 166 1992 年大阪平野川調節池築造工程採用之三菱重工株式會社-  
泥土壓式潛盾機 外徑  $\phi$ 11520mm



圖 167 1989 年英法海峽隧道工程採用之三菱重工株式會社-泥水壓式潛盾  
機 T-4  $\phi$  5590mm，T-5  $\phi$  8620mm

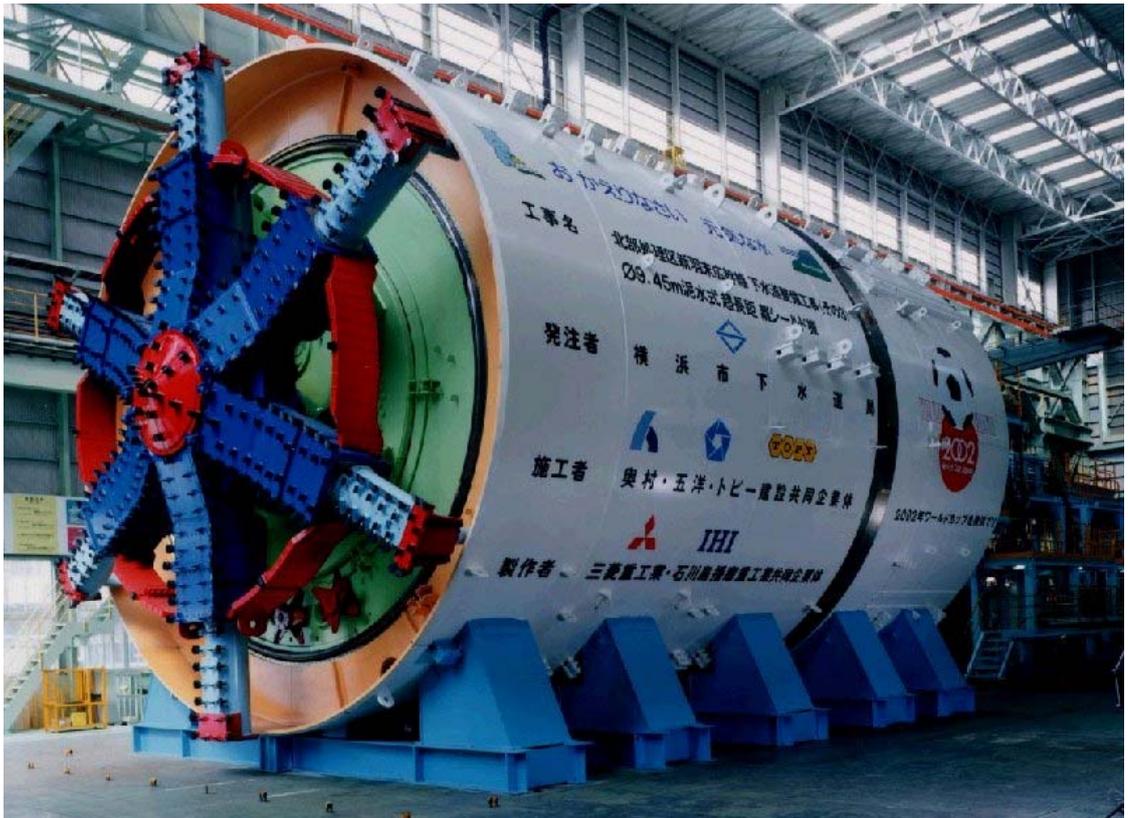


圖 168 1996 年 9 月橫濱市下水新羽末幹線長距離施工技術球形鉗實交換工程採用三菱重工株式會社之潛盾機外徑  $\phi 9450\text{mm}$



圖 169 1992 年 7 月法國里昂市高速公路隧道工程採用三菱重工株式會社之土壓式潛盾機 外徑  $\phi 10960\text{mm}$

資料來源：圖 166~169 摘自 日本三菱重工業株式會社，2002 年 10 月 03 日〔32〕。