

# 下水道管渠修繕更新設計及施工

內政部國土管理署

中華民國 112 年 8 月 20 日



下水道技術相關手冊編修訂計畫  
第二階段「下水道管渠修繕更新設計及施工(初稿)」  
審查意見回覆表  
112年7月21日

委員意見	回覆
一、張賢潭委員	
1. 本手冊目錄之後，建議增列圖目錄及表目錄。	遵照辦理。
2. 圖 1.6 短期修繕及改建計畫(延壽計畫)之訂定流程。虛線(長期修繕及改建)是否應為(短期修繕及改建)? 另延壽目標設施選定→否→聯結方向有誤。(P.5)	1. 圖 1.6 虛線內的文字無誤。 2. 聯結方向已改。
3. 圖 2.2 管渠檢視流程圖→人孔內送風 2. 上、下人孔同時一邊抽風一邊送風，考量工作人員安全，建議補充說明抽送風管線置入人孔之深度。另建議於流程圖中「檢測人孔內氣體」的下方增列「管內清潔」。(P.16)	1. 依內政部營建署下水道局限空間作業規定之要求，風管置入人孔之位置需接近底部。 2. 已補充，謝謝。
4. 注入工法特徵如下：(5)施工前、中、後須進行地下水的水質檢查。考量避免因地下水質變化而產生爭議，建議施工階段應對地下水質進行「監測」並進行「比對」作業。(P.18)	已補充，謝謝。
5. 表 3.1 修繕或改建判定之診斷項目及對應狀況，表中「經濟性之比較」其符號之意義，建議備註說明。(P.33)	已補充，謝謝。
6. 圖 3.3 更換(置換工法)、長壽化對策(更新工法)選定檢討流程，流程圖中「因對社會的影響，採明挖施工有困難」，建議修正為「因對社會的影響，採明挖或推進施工有困難」。(P.41)	明挖對交通及居民生活影響較大，故列入明挖。 推進畢竟比明挖影響面較小。
7. 表 6.2 人孔框蓋問題與對策；對策：採高強度(FCD600)、重量輕易維護、止滑、低噪音、密合度佳、耐揚壓(可上浮防位移).....。(P.121)；另圖 6.21 壓力開放型防止上浮人孔蓋(上浮高度 20mm 以下)，恐有行人通行及行車安全顧慮？(P.145)；日本政府委	圖 6.21 壓力開放型防止上浮人孔蓋(上浮高度 20mm 以下)，已修正為(上浮高度 12.7mm 以下)，謝謝指正。

委員意見	回覆
託土木研究所(獨立行政法人)之基礎道路技術研究團隊，制定地方道路維護管理之維護管理契約，並將所有人孔框蓋與道路高差控制在 12.7mm 以內。(P.122)	
8. 第六章 6.5 人孔及人孔框蓋等附屬設施修繕；有關「人孔面蓋」及「底部管槽」，建議修正為「人孔框蓋」及「人孔底部導水槽」。(P.134~P.136)	遵照辦理。
9. 第六章 6.5 人孔安全對策；面蓋(人孔框蓋)建議增加「防滑效果」(防滑係數應符合交通部規定之標準 50BPN)。(P.137)	遵照辦理。P.120 已述明
10. 第七章 7.3.2 施工中品質管理；建議訂定各工項(自立管、複合管等)的施工流程圖、品質管理標準及相關表單(自主檢查表)，明訂檢驗停留點及職業安全衛生檢查時機。(P.184)	本章主要說明有關「自立管、複合管」更新施工時，應制定之施工管理事項的基本原則，且由於更新施工有各種不同的工法，建議由各工程標案之設計單位依其採用之工法，再行訂定各工項之施工流程圖、品質管理標準及相關表單(自主檢查表)，以及明訂檢驗停留點及職業安全衛生檢查時機。
11. 第七章 7.3.5 材料品質管理及施工完成品質管理；建議訂定各項材料之管理標準(包含各項材料應檢驗之項目、檢驗標準；檢驗方法及頻率等項目)，明訂材料設備送審暨檢(試)驗管制總表。(P.197)(表 7.7 及 7.9 增列檢驗標準及頻率)。(P.198~199)	本章主要說明有關「自立管、複合管」更新施工時，應制定之施工管理事項的基本原則，且另由於更新施工有各種不同的工法，建議由各工程標案之設計單位依其採用之工法，再行訂定各材料之管理標準(包含各項材料應檢驗之項目、檢驗標準；檢驗方法及頻率等項目)，以及明訂材料設備送審暨檢(試)驗管制總表。
12. 本手冊建議補充參考文獻。	參考文獻已在[序]中說明。
二、陳森淼委員	
1. 本書彙集日本及營建署相關管線修繕手冊、技術規範第 2537 章、第 2538 章及國內實務經驗，經專家技師通力編撰而成，具有參考性，給予肯定。	謝謝肯定。
2. 本書內容可於未來修改國內管線修繕技術手冊及第 2537 章、第 2538 章，	第 2537 章、第 2538 章，將納入參考，謝謝指正。

委員意見	回覆
納入參考。	
3. 污水下水道管線修繕主要採預防性定期巡視、CCTV 檢視，發現問題而辦理修繕。惟地方政府編列經常門檢視修繕經費常不足，未能落實檢視及修繕工作，導致常有管線破損造成路面塌陷，影響交通甚至民房傾斜損壞，仍需地方政府重視編列足夠管線維護預算。	將引用於第二章 修繕工法 2.1 概說第一段之說明：污水下水道管線修繕主要採預防性定期巡視、CCTV 檢視，發現問題而辦理修繕，需地方政府重視編列足夠管線維護預算。
4. P.1 改建之定義為既有設施與以更新為新的設施替代。但若為機能的擴充為目的而以新的設施替代，則非「改建」而為「建置」。而 P.7 第 23 項改建為因收集區域增加等因素，更換全部或部分的設施。兩者定義似有差異。	1.6 名詞用語內涵第 23 項，改建已修正為建置，謝謝指正。
5. P.3 日本下水道協會統計，下水道在建設完成初期故障率就達 40%，國內尚未有此統計資料，建議工程契約檢討規定工程保固期滿，辦理全部管線 CCTV 或縱走全面檢視調查，有發現缺失則依照保固責任修復。	遵照辦理，於 1.3 下水道延壽中加列：建議工程契約檢討規定工程保固期滿，辦理全部管線 CCTV 或縱走全面檢視調查，有發現缺失則依照保固責任修復。
6. P.13 圖 2.1 結構狀況評估有小波轉換、共生矩陣技術等偵測技術，可能為較高階診斷技術，國內目前多採用 CCTV 檢視，做結構狀況評估，再依照損壞做結構分級研選修繕方案。運用之方便性建議納入考量。至於管渠檢視背景資料，大部分縣市已建立下水道資訊系統可供採用，是否需航空照片？	於第 2.1 概說中補充說明：國內目前多採用 CCTV 檢視，做結構狀況評估，再依照損壞做結構分級研選修繕方案，管渠檢視背景資料，可採用大部分縣市已建立之下水道資訊系統。
7. P.14 管渠檢視之通風換氣「上下人孔同時一邊送風一邊抽風」，是否應以工作人孔送風，工作人孔上下游人孔採抽風。	已修正為：工作人孔送風，工作人孔上下游人孔採抽風方式辦理，謝謝指正。
8. P.16 圖 2.2 管渠檢視流程圖，實務經驗自走車操作及管內拍攝，說明第 1 點，TV 檢視作業並非只能往下游工	自走車操作及管內拍攝，說明第 1 點，TV 檢視作業可視現況人孔蓋開啟情形擇定由上游往下游或下游往上游施工，謝謝指正。

委員意見	回覆
作，可視現況人孔蓋開啟情形調整由下游往上游施工，建議該段文字檢討。	
9. P. 26 結構狀況評分表由英國水研究所研擬。建議補充說明引用英國管渠缺失評點之原因與「污水下水道管渠及設施維護管理手冊(110)」評分表差異比較。另該評分表管渠缺失分十大類 P. 28 表 2.2 僅九類，損壞程度多個項目僅區分輕度、中度、重度，缺少量化評估基準。	該評分表管渠缺失分十大類，已修正為表 2.2 中之九類，謝謝指正。
10. P. 33 表 3.1 逆坡對應狀況為改建，工程困難度高，建議納入經濟性之評估，管段逆坡建議以水理分析是否影響用戶端污水正常排放，如未影響污水排放，可檢討以加強檢視及清疏方式處理。	於表 3.1，管段逆坡已納入經濟性之評估；另備註：管段逆坡建議以水理分析是否影響用戶端污水正常排放，如未影響污水排放，可檢討以加強檢視及清疏方式處理。謝謝指正。
11. P. 149 通氣設施：國內目前多有辦理水岸環境營造工程，將沿岸之雨水管涵截流至污水下水道或現地處理。惟暗溝排入明渠出口易有臭味問題，影響整治成效，建議提供國內外相關改善成功案例供設計參考。	請容於後續若有修正版時，再行列入，謝謝指正。
12. P. 159 孔洞探測—透地雷達探測孔洞，可探測至多小孔洞？國內污水下水道工程多用透地雷達作為設計時之地下管線探測，實際有路面異常下陷孔洞，經確認有下水道管線，會以 CCTV 檢視或管內縱走辦理檢查。	已於 6.9.2 節加列 4. 其他路面異常下陷孔洞，經確認有下水道管線，目前做法會以 CCTV 檢視或管內縱走辦理檢查，探測孔洞位置。
<b>三、葉俊良委員</b>	
1. 有關管渠維護修繕建議分級，依評分表判斷施作優先順序。	遵照辦理，謝謝指正。
2. 本手冊幾乎全為污水下水道修繕，建議納入雨水下水道部分，並獨立一章節說明，且設置雨水下水道分級評分表。	請容於後續若有修正版時，再行列入，謝謝建議。
3. 因配合路權單位及自治條例造成下水道人孔下地，導致維修困難，建議設	謝謝指正，已於 6.2 節補充：目前配合路權單位及自治條例造成下水道人孔下地，

委員意見	回覆
置相關規定可保留重要位置人孔，以利後續管渠維護。	導致維修困難，建議設置相關規定可保留重要位置人孔，以利後續管渠維護。
4. 各工法建議與經費一同呈現，以便編列經費。另建議手冊除技術面外，亦補充實際面的部份，頒布後方便各單位據以執行。	有關施工經費及實際執行面部分，建議另計畫中再行辦理。
四、盧宜豐委員	
1. P. 6 名詞用語定義建議一致先用中文、英文在後，10. 資產管理(stock management)。	已修正，謝謝指正。
2. P. 10~11，31. 反轉工法·形成工法(熱硬化模式)、32. 形成工法(光硬化模式)、33. 形成工法(熱形成模式)、34. 製管工法等，即與施工規範 02538 章及業界常用的免開挖工法現場固化工法(反轉內襯工法、拉鋪內襯工法)、螺旋內襯工法一樣，建議統一名詞。	已補充，謝謝指正。
3. 本書引用日本專業工具書及營建署各式手冊，教學與實用兼具，建議各章內容納入國內各縣市已用的相關工程案例，以利讀者更加了解修繕或更新的實際做法。	將收集及納入國內各縣市已用的相關工程案例，限於時間，請容於後續若有修正版時，再行列入，謝謝指正。
4. P. 14~15，管渠檢視 CCTV 所提到的錄影帶、錄放影機建議改為數位檔案錄製。	已修正，謝謝指正。
5. P. 14 及 P. 215，抽風換風及氣體偵測提到的氧氣濃度(23%>氧>18%)，請改為氧>18%。	已修正，謝謝指正。
6. P. 35，內容提到結構計算與外壓試驗以日本 JSWASA 1 及 JSWASK 1，與目前 SGS 實驗室實際採用 ASTM 規範，建議統一。	已修正，謝謝指正。
7. P. 41，圖 3.3 流程圖中[現場條件]”因對社會的影響採明挖施工有困難” YES 與 NO 的流程是否有誤。	已修正，謝謝指正。
8. P. 107，迴轉式破碎方式的修繕方法，國內是否有實例，建議呈現。	謝謝指正，迴轉式破碎修繕工法係參考日本經驗及案例，惟國內因需求有限暫無案

委員意見	回覆
	例。
<p>9. 整本書研讀下來，內容及工法流程圖偏向污水或圓形管材的修繕，現況國內很多雨水箱涵損壞樣態多樣也亟需修繕，建議增加篇幅。另外，免開挖工法修繕的費用不低，建議也將各種工法必須耗費的經費納入。</p>	<p>有關施工經費及雨水箱涵部分，建議另計畫中再行辦理，謝謝建議。</p>
<p><b>五、廖俊豪委員</b></p>	
<p>1. P.1 下水道管渠設施之維護管理分類，其中在維護項下包括巡檢、清疏、調查等，應與圖 1.1 一致，另修繕與改建考量合併或各自列出，如此修繕處再補述(例如：區段翻修及補點)。</p>	<p>已修正，謝謝指正。</p>
<p>2. P.5 圖 1.6 短期修繕及改建計畫之訂定流程，圖面應再予整理並說明清楚。</p>	<p>已修正，謝謝指正。</p>
<p>3. P.9 形成工法包括光硬化、熱形成，其名詞考量請補充說明。</p>	<p>已修正，謝謝指正。</p>
<p>4. P.10、P.47 鞘管工法其內容與名詞有些差異，較類似預鑄內襯工法。</p>	<p>P.10、P.47，鞘管工法已修正為既設管內保護管工法，謝謝指正。</p>
<p>5. P.13 管渠修繕流程圖中僅有做結構狀況評估，但內容已有將輸水功能評估納入(例如淤積、腐蝕、接管突出等等)，但在第三章 P.33 卻分為結構功能及輸水功能，請說明，尤其輸水功能關係到輸水能力。</p>	<p>P.13，管渠修繕流程圖中原標題:結構狀況評估，修正為:結構及輸水功能評估，謝謝指正。</p>
<p>6. 每一管段結構狀況分級共為 5 級，級數越高代表損壞狀況越嚴重，應參閱 P.25 管渠修繕操作及紀錄，期能一致。但另外在 2.2 節 P.28 管渠結構狀況評分表，與前 5 級分類間的關係請說明。</p>	<p>P.16 已加註「另請參閱 P.25 管渠修繕操作及記錄之內容」。 P.29 表 2.2 管渠結構狀況評分表，評點數值之量化，可對應表 2.3 之管渠結構狀況分級標準表之評估等級。</p>
<p>7. 承上要不要有異常對照圖，雖然 P.28 及 2.2 節有些有量化，但仍有些未量化，未量化部分的輕、中、重就會因人而異。</p>	<p>目前請參閱：表 2.2 管渠結構狀況評分表之評點量化資料，更具體之未列之異常狀況量化評點，請俟另有修正計畫時，再行辦理，謝謝建議。</p>
<p>8. 內面補強工法(P.21)內容分成熱硬化、光硬化、及熱形成三種工法；惟</p>	<p>已補充修正，詳 1.6 名詞用語內涵。</p>

委員意見	回覆
與一、總論稱為形成工法(P. 9)有所差異，請說明。再次提醒此工法名詞與理論施作工法名詞相差很大建議檢討。	
9. 在 P. 25 管渠修繕施作及記錄章節內 P. 26 技術性中大略歸納成局部修補、區段翻修以及管渠置換等三大類，各種修繕工法詳前小節內容，但內容與其名稱不同，請說明。	謝謝指正，P. 25 管渠修繕施作採局部修補、區段翻修及管渠置換等方式，係指管渠修繕之施作範圍，至於採用何種適用修繕工法，詳前小節說明。
10. P. 28 表 2.3 除了分級標準外，能否將建議何種工法列出。	由於表 2.3 係依據表 2.2 管渠結構狀況評分表之評點做出分級標準表，建議由分級標準表做出之評估等級，宜由工程師就現況再擇定修繕之工法。
11. P. 32，1. 管渠腐蝕~4. 人孔內部逆差，有些並不一定要更新，例如 1. 管渠腐蝕清理處或修繕內襯後稍能符合水理功能即可，所以建議可修改為管渠或改建。	已修正，謝謝指正。
12. P. 36~P. 37 更新工法有關耐震檢討項目，尤其接頭處或彎曲的彎曲角，其耐震性如何，另外其工法的限制條件可補述。	謝謝指正，本手冊主要係說明結構性能評價，已補充說明有關接頭設計限制或彎曲角耐震性，另詳營建署 109 年「下水道設施耐震設計及解說」3.3.2 節承插接頭管線耐震設計。
13. P. 41 圖 3.3 檢討流程，於最後更新工法施工後，可再往下走，列出條件篩檢出建議的更新工法。	圖 3.3 流程圖之更新工法後續之更新工法擇定，已補列 3.5.1 更新工法之分類之施工工法分類項目，謝謝指正。
14. P. 55 管線更生為確保品質，其針對水平偏差、彎曲、積水可予以更新的條件請補充說明，其他如裂縫、滲水則可依現況輔以健全度評價。	針對水平偏差、彎曲、積水等既設管渠之劣化狀況，應調查及結構評估結果確認適用範圍並選定工法。
15. P. 174 建議可檢討列出各種工法適合的性能要求。	請容於後續若有辦理更新版時，再行列入，謝謝建議。
<b>六、黃浩珽委員</b>	
1. 我國下水道建設於數十年間已累積大量成果，目前各縣市均逐步面臨下水道管渠進入須修繕甚至汰換更新的生命週期，欣見營建署委託專業協會擬	謝謝肯定。

委員意見	回覆
定本工具書，作為地方政府執行之重要參據，謹提出以下初淺建議供參。	
2. 經查營建署在過去有相關手冊對於下水道管渠之施工作分類及名詞定義(如 110 年下水道管渠及設施維護管理手冊，圖 2.15「修繕、改建施工法分類」)，建議本書章節名稱及所定義之管渠修繕及改建工法的名稱能與過往內容盡量一致，以免出現認知之混淆。	本章主要係參考日本下水道管路管理業協會「下水道管路管理マニュアル(2019)」、日本下水道協會「管きよ更生工法における設計・施工管理ガイドライン(2017)」等內容編撰，已修正相關名稱與營建署過去有關手冊內容盡量一致，謝謝指正。
3. 第二章圖 2.1「管渠修繕流程圖」之程序與桃園市目前執行之程序相近，不知本流程是否僅適用於管渠「修繕」？如屬於第三章管線「更生」是否亦可適用？第三章圖 3.3「更換(置換工法)、長壽化對策(更新工法)選定檢討流程」能否與圖 2.1「管渠修繕流程圖」做整合？	感謝委員建議，目前此圖 2.1 流程由管線透過檢視巡查進行等級分類，接續再選擇出修繕或改建方式，主要仍為修繕適用。第三章更生內容則主要分類為改建，但改建可分成更新或延壽，非可能發生損壞情形時就已先進行不同能力判別予以採置換或更新，因此為不同之兩種檢討流程圖，故仍維持 2 種不同流程圖呈現。
4. 第二章圖 2.1「管渠修繕流程圖」之程序針對結構狀況分級引述英國評點表，考量不同國情或有差異，建議如有我國已執行之實際案例並成效良好者，可予以引用。	本手冊結構狀況評點方式，主要最早是源自於英國所發展，隨著國內引進及日本手冊採用，已被陸續接受使用，而本手冊亦參酌營建署「污水下水道修繕計畫擬定標準作業手冊」中內容納入訂定，同時國內已撰寫成「下水道管渠管理維護與修繕」書籍作參考，實際案例最早也被台北市污水下水道維護管理手冊納入參酌。
5. 第二章 P.15CCTV 自走車拍攝敘述詳盡。鑒於各接頭環視銜接對於是否有異常十分重要，建議考量納入說明。	已增加相關說明，謝謝指正。
6. 第三章針對工法選定之檢討，提出「經濟性」分析，此為重要的評估分析因子，建議考量補充評估分析之指標及予以量化，以利執行機關據以辦理。	將收集及納入國內各縣市相關案例，請容於後續若有修正版時，再行列入，謝謝建議。
7. 第六章列舉多項國外之人孔框蓋圓形切割工法，據了解近年國內已有部分縣市統一採用圓形切割工法，桃園市並已於三年前便統一採用圓形切割工	謝謝肯定，可參考本手冊再依各地特性及規定調整。

委員意見	回覆
<p>法作為主要之修復工法，以避免不均勻沉陷情形之發生。本市修復下水道人孔框蓋之施作方式經檢討後原則採孔蓋半徑擴展 30cm 為切割範圍，回填作業考量方便性、安全性、時效性及適用性統一採 5cm 無收縮水泥砂漿後再採 5cm 樹脂瀝青混凝土回填，周邊植筋部分考量施工性較差未執行，執行迄今於施工後續維管尚無品質上的問題。謹提供參考。</p>	
<p>8. 第六章 P.145 圖 6.22「孔蓋防止墜落之梯子」，本市在過去受考核及督導時常有不同委員對於防墜網固定端應設於人孔踏步之同向或對向有不同看法，對於防墜網作為人孔上下之梯子亦曾討論是否因未設置防墜網固定裝置而有發生危險之虞，建議再予以考量。</p>	<p>謝謝建議，人孔防墜隔柵可當爬梯扶手於日本相當普遍且有多家產品，有利提升進出人孔安全，本手冊僅介紹有此功能供參。</p>
<p>9. 第七章 P.176 所述各類施工技術士援引日本之案例，內政部營建署近年已積極推動國內技術士之制度，建議可補充敘述國內之辦理情形。</p>	<p>本章所述各類施工技術士係為更新工法之技術士，目前國內尚無可關技術士之制度，將收集及納入國內各縣市相關案例，請容於後續若有修正版時，再行列入，謝謝建議。</p>
<p>七、張進二委員</p>	
<p>1. 圖 1.3 右圖顯示管線在改建後機能高於現有設施，應該是不可能，最多也是回到現有設施的機能。</p>	<p>本章主要係參考日本下水道管路管理業協會「下水道管路管理マニュアル(2019)」、日本下水道協會「管きよ更生工法における設計・施工管理ガイドライン(2017)」等內容編撰，該手冊係以管線在改建後機能高於現有設施的狀態進行考量，並規劃相關的改建措施，故圖示管線在改建後機能高於現有設施，謝謝指正。</p>
<p>2. P.4 管線建置初期會因施工不確實而造成故障高，在以往案例可以看得到，但是要在初期完成後即進行全面檢視，跟一般觀念及認知有所差異，剛完成之管線應該是最為穩定，不可</p>	<p>一般工程完工後廠商已完成所須負責工作項目及結算作業，因此後續維護管理為營運管理單位的工作範疇，另若於保固期內之管線修繕經費，將會依責任歸屬由廠商負擔相關費用。</p>

委員意見	回覆
能再投入經費進行全面檢視，應該回到廠商及監造有無落實品質管控。	
3. P. 19 炭縫工法，純屬需要工人進入管線施工，應該不會適用 800mm 以上，至少應該是 1200mm 以上才適用。	已修正，謝謝指正。
4. P. 25 將管渠修繕已較有系統建立調查、評估及修繕方式，對後續維護非常有幫助，但實務上人孔因使用年限較長造成機能低下也要建立相關機制，或併入本章亦無不可。	將收集及納入國內各縣市已用的人孔修繕相關案例，請容於後續若有修正版時，再行列入，謝謝指正。
5. P. 28 表 2.2 及 2.3 所有管渠結構狀況評分表及分級標準，有利判讀管線狀況好壞，但沒有區分應立即、可再等待及安全等級作為維護人員參考。	感謝委員建議，本手冊訂定分類主要為判斷結構損壞等級供各種不同採取措施，有關立即性或可以採追蹤方式等待修復等內容比較偏向維護管理方式進行列管，可參考「下水道管渠及設施維護管理手冊」第二章內容，已進行明定是否列入立即或等待等安全等級。
6. P. 34 第 3.3.1 輸水能力評價中解說的最後第二段論述邏輯奇怪，本書應該說的是污水修繕相關事宜，在第六章開宗明義也說的是污水，為何這裡卻論述「若放流受到河川水位影響的範圍」，污水重力流本是直接進污水廠，為何會是放流河川，煩請釐清。	已刪除文字，謝謝指正。
7. P. 39 表 3.4 管渠改建工法之特性，其中明挖工法及推進工法之特性區別，係以深度 3 米做為工法採用分界，3 米以內採用明挖工法，3 米以上則用推進工法。	已增加相關說明，謝謝指正。
8. P. 121 人孔快速修繕方式，圖 6.3 切割線是方形，高雄市目前是採用圓形切割再以釐清或樹脂混凝土修繕，建議可再增加這個部分。	謝謝指正，圖 6.3 為介紹常用傳統切割工法，已補充近年來各縣市已逐步採圓形切割方式。
9. P. 130 第一段對跌落論述不是很完整，跌落的使用時機是管段銜接時，高差高於 0.6m 時設置，其用意在於(1)避免有異物進入直接損及人孔壁	已修正文字，謝謝指正。

委員意見	回覆
(2)避免水流直接衝擊人孔底部及導槽造成損壞；另外圖 6.10 有區別內外跌落二種方式，請在文字中也敘明。	
10. P.131 圖 6.11 跌落設施型式概要，不分內外跌落都會接入人孔，不銜接至管線，這樣的示意圖請再釐清是否恰當。	已修正為人孔形式，謝謝指正。
11. P.144 圖 6.20 緊急安全對策和中長期安全對策關係中「雨水排水計畫」筆誤，應該是「雨水排除計畫」。	已修正，謝謝指正。
12. 第六章開宗明義章節討論的是污水管附屬設施之延壽、維護及整建，但在 P.146 圖 6.23 卻是針對雨水管線設施緊急安全對策制定程序，尤其是又說到管渠 2000mm 以上而且同等以上的矩形渠，污水管線應該沒有矩形管渠，本章節似有錯置的問題存在。	已刪除本圖，謝謝指正。
13. P.154 最後一段「原則上」刪除，因為進入污水人孔屬局限空間作業，一定要進入通風。	已修正，謝謝指正。
八、下水道工程處	
1. 本手冊將來提供各縣市政府參考使用，但對於雨水下水道著墨較少，內容修繕工法亦以污水管為主，建議將雨水下水道修繕納入較完整。	謝謝指教，本手冊包含下水道管線延壽修繕更新等內容，可適用於污水及雨水下水道管線，並以污水下水道為主，至於大型雨水下水道修繕則需另外採不同工法辦理。
2. 管線檢視 2.2 章節，本手冊多數為 CCTV，但目前已有飛行球的方式來檢視，或是管徑較大的採用人工縱走的方式做檢視，建議補充。	謝謝指教，有關管徑 1,200mm 以下(不含 1,200mm)利用 CCTV 檢視設備逐段檢察管內狀況並錄影存證，管徑 1,200mm 以上，則以人員攜帶錄影設備進行縱走檢視，並於各接頭處進行環攝，以確認管渠狀況，已於 2.2 節補充，至於飛行球檢視方式雖已有廠商提供服務，惟營建署發布之施工規範 02536 章尚未正式採用故暫不納入。
3. 國內下水道專用技術規範 02536、02538 等，這些已經有規範的名詞等，手冊應與其一致，以便人員使用。	謝謝指教，已補充修正，詳 1.6 名詞用語內涵。

委員意見	回覆
4. 手冊內所使用之圖片、照片等，是否會有版權問題？建議協會釐清。	謝謝指教，本手冊係引用日本下水道協會資料並增修國內資料彙編而成，非營利行為應無版權問題。
5. 本手冊定位為日文書籍翻譯或是於國內實際推廣應用？依序文所述似是要作為各單位實務使用，但部分文字又不適用國內情形，建議再確認。	謝謝指教，本手冊主要係引用日本下水道協會資料及日本經驗供參，再輔以國內經驗彙編而成，以供國內推廣之用。
6. 手冊管渠修繕工法均為免開挖工法，惟雨水下水道尺寸較大，多以開挖修繕或人員進入修繕，本手冊如係作為修繕設計使用，建議應納入前述修繕工法，或說明僅適用於污水下水道，以免使用者誤會雨水下水道僅能用免開挖工法修繕。	謝謝指教，本手冊包含下水道管線延壽修繕更新等內容，可適用於污水及雨水下水道管線，並以污水下水道為主，至於大型雨水下水道修繕，則需另外採不同工法辦理。
7. P. 2, 「…需要緊急修繕時，應預先作好準備…修繕後再依設計書的樣式作成」，既為緊急修繕，如何預先準備？設計書是什麼？	已補充修正為「…於工程修繕後再依契約工項作成預算書，據以精算費用。」
8. P. 3, 最後一段管線，為何明挖施工回填後，抽出擋土設施，會導致管體破裂？設計時即應考量土壓力，且倘係施工過程造成破裂，似乎不宜列入維護管理處理。	已補充，由於施工回填後再抽出擋土設施時，管體除上方土壓外，仍需承受很大的側土壓，而有破裂之可能。
9. 名詞定義似乎過於複雜也與國內用語有出入，建議再檢視考量。 (1)對管線而言，更新與延壽之差異為何？依 P. 7 定義更新係針對所有設施，延壽則針對部分設施，但管線的部分要如何定義部分或全部？ (2)另清疏及清淤的區別是否有必要？ (3)計畫性維護管理與預防維護管理之區別似不明顯。 (4)時間計畫維護管理似乎就是定期維護管理的意思，但用時間計畫維護管理不夠直覺。	謝謝指教，已補充修正，詳 1.6 名詞用語內涵。 更新之目的係恢復局部下水道設施之機能為主，而延壽乃藉由下水道設施整體管理策略，實施預防性的維護以達延壽。 (1)清疏及清淤定義及目的不同，詳 1.6 名詞用語內涵，建議保留。 (2)計畫性維護管理主要係考慮整體性中長期之維管，預防維護管理主要在適切的預測進行維護管理。 (3)已修正為定期計畫維護管理。
10. P. 14,	謝謝指教，已補充修正，詳(P. 14)。

委員意見	回覆
<p>(1)管渠檢視工作前，為何須進行地形測量、水量監測、水量量測、水理分析，乃至航空相片、數值地形、土地使用圖資？目的為何？</p> <p>(2)車載 CCTV 檢視器、CCTV 自走車、TV 檢視車似為相同意思，建議統一。</p>	<p>(1)地形測量、水量監測及量測、水理分析，紀錄管渠長度、管徑、埋深、坡度、高程等，管渠基本資料等可分析下水道功能並建立 GIS 管理系統。</p> <p>(2)已修正統一為 CCTV 檢視設備。</p>
<p>11. P. 19, 文字說明炭縫工法適用於 800mm 以上，但依圖 2.8 似乎無法用於僅 800mm 情形？</p>	<p>謝謝指正，P. 19 炭縫工法係適用於管徑 1,200 mm 以上人可進入之中、大口徑管渠。</p>
<p>12. P. 24, 踏步材質似非 CNS 所定材質，請再確認。</p>	<p>謝謝指正，P. 24 踏步已修正為不銹鋼材質。</p>
<p>13. P. 26, 管渠基本資料中，航空相片及數值地形資料是否為本署 GIS 規範中必要資料？</p>	<p>謝謝指正，P. 26 已修正取消航空相片及數值地形資料。</p>
<p>14. 3.3.2 節</p> <p>(1)解說第 2 行要求耐震對策與斷面縮小之關係為何？</p> <p>(2)P. 35 因施工塊的不整齊，致所獲得強度試驗有差異？</p>	<p>已修，詳 3.3.2 節</p> <p>(1)因更新工法之施工，雖增加管線耐震力，但更新材料將減少管內通水斷面，而造成輸水能力不足。</p> <p>(2)已修正為施工時品質不一。</p>
<p>15. P. 52, 依「下水道設施耐震設計及解說」重要幹管分為「特別重要之主幹管」及「其他重要幹管」，但表 3.6 的管渠分類似乎與該手冊不一致，請確認。</p>	<p>「下水道設施耐震設計及解說」的表 2.6，與本手冊的表 3.6，兩者意義相同。</p>
<p>16. P. 71, 4.3.3 節第 2 段提到「須先行實施耐震試驗，以確認與既設管套管的後續追蹤，確認各施工方法的試驗實施狀況，大約七成工法正在對既設管進行後續測試」，先行試驗與後續追蹤的關係為何？另 7 成工法正在追蹤又是何意？如各工法的可靠度仍未確認，那本手冊引用資料是否可直接用於設計？</p>	<p>1. 謝謝指教，已統一修正為追蹤性試驗，由於自立管工法包含反轉內襯工法及形成工法等多種工法，雖已依其耐震設計方法設計，惟自立管可能因為既設管的接頭部位受外力產生應力集中現象，因此須於地震期間實施耐震試驗，以追蹤確認自立管與既設管(承插式接頭)的後續情況，為確認各工法耐震試驗性能，現階段大約有七成的工法已進行追蹤性試驗(耐震性能試驗)。詳 4.3.3 節說明。</p> <p>2. 本手冊所引用資料於日本已有應用實績可參考應用於自立管設計，惟設計</p>

委員意見	回覆
	時仍需根據國內下水道埋設地質、管材及接頭、施工方式等特性，以符合實際情況。
17. P. 143，最後一行人孔側塊是什麼？	謝謝指正，已修正為人孔斜管、直管及底座。
18. P. 145，圖 6. 22 人孔防墜隔柵可當爬梯扶手，似乎不是每家產品都可以，也非 CNS 標準，建議再確認。	謝謝建議，人孔防墜隔柵可當爬梯扶手於日本相當普遍且有多家產品，有利提升進出人孔安全，本手冊僅介紹有此功能供參。
19. P. 148 (1)圖 6. 25 面蓋如是指人孔蓋，請將名詞統一，水理模型試驗是否為水工模型試驗？另面蓋之耐壓力為何需作水理模型試驗？ (2)表 6. 7 危險度高低數值請加分隔線，另危險度高度判定標準不明，且例如管斷面縮小與管徑似乎相反？有請補充說明	謝謝指正 (1)依 CNS15536 下水道用球狀石墨鑄鐵框蓋分為面蓋及框座簡稱人孔蓋。水理模型試驗係指人孔蓋之耐水壓試驗。 (2)已修正，詳表 6. 7 及表 6. 8。管斷面積縮小比例越大通水斷面越小風險越高。管徑越大水量越大風險越高。
20. P. 176，人員須完成各工法協會的培訓，是日本的作法，並不適用台灣情形，建議再確認。	謝謝指正，此處係介紹日本經驗供參。
21. P. 199，目前國內公家機關有出具「建築技術審查證明(下水道技術)報告書」嗎？	謝謝指正，此處係介紹日本經驗供參。
22. 誤繕： (1)P. 9，” 詳圖 1. 2” 應為 1. 12。 (2)圖 2. 2，” 取得” 應為” 取得”。 (3)P. 60，第 4 行” …安全係數如 4. 所示”	謝謝指正，已修正。
23. 本署在去年 9 月已有頒定預算編定要領，後續將從年度、計畫、提報、執行等層面，並以年度評鑑來做更落實的控管，也希望地方政府在維護部分的投入能夠逐步增加投入的資源及預算。	本手冊將可提供地方政府在下水道延壽維護之參考。
24. 本手冊的名詞部分，在現行規範如有規定的，應以規範為主，包括檢視、缺失的分級，甚至到取樣檢試驗的部	謝謝指正，已補充修正署頒之施工規範常用名詞。

委員意見	回覆
分，直接引用規範較妥適；另規範沒有的部分，以業界通用跟可行的方式作呈現。	
25. 職安作為部分，本署已有訂定「內政部營建署下水道局限空間作業規定」，建議酌予納入。	謝謝指正，已補充詳 7.3.8 安全衛生管理。
26. 本手冊序說明參考第 02538 章下水道管線整建免開挖施工為範本，目前規範已更新為 111 年 02 月修正版，請在修正。	謝謝指正，已補充修正。
27. 人孔框蓋置於道路上經年累月承受車輛輾壓，如發生異音時如何處置，請另補充說明。	已補充修正，當人孔蓋有異音時，可採增加墊片或重新整修人孔蓋及框座或更換新品，詳 6.6.1 節說明。
28. 本手冊應含雨水下水道相關修繕內容，如雨水箱涵破損如何處置等。	謝謝指教，本手冊包含下水道管線延壽修繕更新等內容，可適用於污水及雨水下水道管線，並以污水下水道為主，至於大型雨水下水道修繕，則需另外採不同工法辦理。
29. 建議本手冊可補充相關國內現行下水道修繕及更新設計及施工資料收集與比較，如較特殊修繕案例等，以利後續參考。	謝謝指教，本手冊已引用營建署頒布之施工規範 02536 章及 02538 章等國內現行下水道修繕及更新資料。
30. 請確認手冊內容是否有完成契約工作項目需求。	謝謝指教，本手冊已完成契約工作項目需求。
九、下水道工程處北區分處	
1. P.16 圖 2.2 因執行檢視時必須將管渠清洗完成，惟圖說部分沒有將管渠清洗納入圖片中，建議將管渠清洗加入圖片說明。	有關管線清洗相關作業流程，本手冊未加入圖說部分進行圖片說明，原因為主要以修繕內容為主軸，相關維護相關操作說明。營建署已頒訂「下水道管渠及設施維護管理手冊」進行完整呈現，可參閱第五章 5.2 節 P.199 頁。
2. P.36 地震級 1、2 分別考量的是低強度頻率高及高強度地震所帶來的衝擊影響，是否能在此案分析建議區分低或高強度地震規模為何。	耐震設計之分析，已在第 4.3 節述明。
3. P.138 人孔問題中有將防滑部分納入問題，惟該章節表格中都無檢查人孔	謝謝指教，已補充修正，詳表 6.3 及表 6.4。

委員意見	回覆
磨損防滑問題，是否需將相關防滑評估納入檢查範圍。	
十、下水道工程處中區分處	
1. 建議增加圖目錄、表目錄以利查閱。	遵照辦理。
2. 本手冊內使用之名詞與國內通用、技術規範 02536、02537 及 02538 章之名詞有差異，建議檢討及彙整一致性。	遵照辦理，已補充修正署頒之施工規範常用名詞。
3. P.13，圖 2.1 管渠修繕流程圖，內容將缺失狀況分成 5 等級，對於等級 3 以上之缺失管段進行改善或整建，建議增加針對等級 3 以下缺失進行列管造冊並定期追蹤確認等處置。	感謝提供建議，本缺失等級採評點方式進行分類，主要列出輕度、中度及重度等級進行評估可採取措施，例如採修繕或改建等不同工法選擇，針對等級 3 以下部分進行追蹤管制已於「下水道管渠及設施維護管理手冊」第二章 2.5 節呈現，且屬於異常追蹤處置訂定，後續使用可參考上述手冊。
4. P.177，表 7.4 職務分工表(範例)，表中「職業安全衛生管理員」建議改成「職業安全衛生管理人員」，另經查無「有毒氣體危險作業主管」，建議刪除。	謝謝指教，已依據職安法修正人員名稱，另「有毒氣體危險作業主管」修正成「缺氧作業主管」。
5. P.213，(1)適當配置合格人員，相關作業主管因屬職安法上之專有名詞，建議將「1)缺氧狀態及硫化氫等危險作業主管」改成「1)缺氧作業主管」、「2)有機溶劑使用等作業主管」改成「2)有機溶劑作業主管」。	謝謝指教，已依據職安法修正人員名稱。
6. P.217，表 7.20 提送完工報告一覽表，建議增加提供 GIS 圖資項目。	已補充，詳表 7.20。
十一、下水道工程處南區分處	
1. 報告書內用了許多相似詞，如補修、整修、修建、修繕、更新、更生等，請確認相似詞的定義是否相同，並建議以本署既有報告或準測之慣用語詞來統一繕寫(如報告 P.1，修繕工程有提到補修、整修；報告 P.2，緊急修繕是否應修正為搶修；報告 P.4，改建、更新；報告目錄第三章更生工法、內	1. 補修、整修為對修繕之內涵說明，是在與計畫性修繕對應。 2. 緊急修繕。 3. 改建為包括延壽、更新，如圖 1.1。 4. 目錄第三章 3.5，是更新工法。

委員意見	回覆
頁又使用更新工法…等用詞)。	
2. 報告內部分用詞語意不明，如報告 P. 2，緊急修繕工程(2)……於工程修繕後再依設計書的樣式作成……，或報告書 P. 6，用詞定義 9、評價，修正 PDCA 程序，無法確認句意為何。	1. 緊急修繕在文中，是與計畫性之區分。 2. 沒有明確的界定，因狀況認知而異。 3. 已刪除。
3. 報告內部分用語定義，非定義而似規範，如 P. 8，自立管、複合管、P. 11，標稱厚度等，未明確定義字詞。	謝謝指教，已補充修正。
4. 報告 P. 2，圖 1. 3，如圖曲線缺失標註，另該曲線為何曲線下降後又垂直上升，請說明其函義。	謝謝指教，該曲線下降後又垂直上升，係說明既有管線機能將逐年下降，惟管線透過修繕後可提升機能(曲線垂直上升)，詳圖 1. 3。
5. 報告 P. 3，第 2 段，……下水道在建設完成初期就有故障……，應屬新品瑕疵，以改善方式處理，應非屬劣化故障問題，另本章節用詞包含劣化及故障，圖 1. 4 為劣化率、圖 1. 5 為故障曲線，似無關係，應補充說明 2 者之間相互關係。	兩張圖應是以象徵性的說明狀況現象，不需以量化呈現。
6. 承上，延壽是否應考慮人為或自然破壞等因素，請再補充，另本節最後一段，……下水道主次幹管開孔接入連接管……，與常見設計連接方式不同，主次幹管→分支管網→巷道連接管，請確認修正。	謝謝指教，下水道常因人為施工及活動或自然地震洪水等破壞，因此延壽應考慮人為或自然破壞等因素，另已補充修正下水道分支管予以開孔接入連接管。
7. 報告 P. 5，流程圖 1. 6。延壽目標設施選定與對策檢討的決策流程有問題，對策單位檢討內容不清，請修正。	已修正，謝謝。
8. 報告書 P. 7，用詞定義 18、19 皆有龜裂，請確認定義是否重覆，或用詞應統一合併。	謝謝指教，用詞定義 18，異常係指管線機能降低或下降時產生之龜裂。用詞定義 19，劣化係指結構強度及耐久性降低時產生之龜裂，兩者不同仍保留。
9. 報告書 P. 13，管渠修繕流程圖，建議應製表呈現，依缺失狀況及嚴重等級分類，並依分類結果對應來訂定維修工法。	因並非單獨對應，而是多項不易分割以表格呈現，或歷經多年後更成熟時，可重新檢討組合方向。

委員意見	回覆
10. 報告書 P. 26，最後一段，修繕工法技術在工程經濟考量下，可歸納為局部修補、區段翻修、管渠置換等，未見前述頁面有說明及分類，請補充。	謝謝指教，已補充於 1.6 名詞用語內涵之定義 42 及定義 43。
11. 報告書 P. 27、選管指南，建議列表說明各類管件材料適合之使用情況，並說明使用之優缺點比較，俾利快速挑選最適用之管材。	未來可列為專案檢討。
12. 本報告含有施工計畫與管理章節，是否需考量設計階段及施工階段風險評估作業，建請再補充。	本次是第一次整合，缺失仍待累積經驗及資訊。先求有，再逐步提升，無法一次到位。
13. 報告章節建議參考本署相關設計準則或指導手冊範本繕製。	謝謝指教，本手冊除參考日本資料外，也已引用營建署頒布之相關設計準則與施工規範 02536 章及 02538 章等國內現行下水道修繕及更新資料。

委員意見	回覆
一、廖俊豪委員	
1. 意見 5 內 p13 圖 2.1 回覆已修，惟僅增修標題，其內容亦未跟著修為結構及輸水。	p13 概述中，已修改文字「一個完整的管渠修繕流程，應包含管渠檢視、結構及輸水功能評估、結構狀況分級、維修方案評選。管渠修繕流程圖，如圖 2.1 所示。」
2. 意見 9 內 p25 回覆詳前小節說明，惟其小節內並未有管渠置換。	管渠置換屬於 2.7 節中其他工法內之替換部分管段工法，文中有說明此工法係將部分管段直接以明挖或推進方式進行替換修繕。
3. 意見 12 內 p36~37 回覆未補述其工法限制。	謝謝指正，本手冊主要係說明結構性能評價，已補充說明有關接頭設計限制或彎曲角耐震性，另詳營建署 109 年「下水道設施耐震設計及解說」3.3.1 節檢討項目與耐震對策及 3.3.2 節承插接頭管線耐震設計。
4. 意見 13 p41 圖 3.3 已補列 3.5.1 更新工法分類，惟其名稱應與前更新補充的工法名稱一致。	前後名稱已修改一致。 (1)反轉內襯工法(熱硬化方式) (2)形成工法(熱硬化方式、光硬化方式、熱形成方式) (3)製管工法(又稱螺旋內襯工法/螺旋內襯擴大工法/組立管工法) (4)鞘管工法(又稱既設管內保護管工法)
5. 意見 14 p55 回覆未提水平偏差、彎曲、積水可予以更新的條件補充說明。	針對水平偏差、彎曲、積水等既設管渠之劣化狀況，可參考「下水道管渠及設施維護管理手冊」第四章管線設施調查與診斷，進行評價。



## 序

臺灣的下水道，無論是雨水、污水下水道，皆在有計畫的建設中。雨水下水道，始自民國六十年代，至 108 年全國建設率已達 77.03%。污水下水道，除臺北市開始於六十年代，高雄市開始於七十年代外，其他都陸續始自八十一年起的第一期建設計畫。統計至民國 110 年之管渠系統總長度，雨水下水道已達 5,629 餘公里，實施率為 79.33%；污水下水道也達 12,524 餘公里，截至民國 112 年 2 月底(第五期修正後)，全國公共污水下水道普及率已達 41.53%。其中部分管渠已埋設達三、四十年，而屆管材設備耐用年限，相關之下水道管渠修繕更新設計及施工資料之建立，已刻不容緩。

臺灣在下水道管渠修繕更新設計及施工技術上，尚待累積經驗，以形成在地管理模式，才能整理形成具學問性之邏輯技術規範；本階段參考已累積有數十年成果的日文專業工具書，包括日本下水道管路管理業協會「下水道管路管理マニュアル(2019)」、日本下水道協會「管きよ更生工法における設計・施工管理ガイドライン(2017)」及國內內政部營建署「污水下水道管渠及設施維護管理手冊(108)」、內政部營建署「修繕計畫擬定標準作業手冊(2009)」、下水道工程專用技術規範「第 02537 章下水道人孔整建施工(110 年)」及下水道工程專用技術規範「第 02538 章下水道管線整建免開挖施工(111 年 2 月)」等為範本編撰而成，在此謝謝各原編撰之作者。

另本書係由內政部營建署下水道工程處委託台灣水環境再生協會辦理，由該協會名譽理事長歐陽嶠暉教授負責策劃及最終彙整，經邀請國內各專業資深工程師分章編撰，各章包括第一章 總論(陳永輝技師)、第二章 修繕工法(林金龍技師)、第三章 既設管健全度評估及更生工法(歐陽嶠暉教授)、第四章 自立管設計(李明澤技師)、第五章 複合管設計(許鎮龍技師)、第六章 其他附屬設施(廖彥雄技師)及第七章 施工計畫與管理(李啟銘技師)，共七位學有專精之工程專家共同參與，得以完成。

初稿完成後，再由協會理事長許鎮龍博士，邀請全體參與編撰之專家共同逐章諮詢討論修訂，並獲營建署水工處郭學文、魯子裕、朱執均、林嘉宏等課長出席指導，得以順利完成。

臺灣下水道建設已推動四、五十年，普及率也已達各階段目標，期望本書能做為加速提升下水道管渠修繕更新設計及施工的工具書，以因應即將面對之需求；在此謹對所有參與手冊編訂及無私協助之人士致上感謝。



# 下水道管渠修繕更新設計及施工

## 目錄

<b>第一章 總論</b> .....	<b>1</b>
1.1 概說.....	1
1.2 修繕.....	1
1.3 下水道延壽.....	3
1.4 更新.....	4
1.5 修繕及改建(更新)計畫訂定.....	4
1.6 名詞用語內涵.....	5
<b>第二章 修繕工法</b> .....	<b>13</b>
2.1 概說.....	13
2.2 管渠檢視.....	14
2.3 止水工法.....	17
2.4 內面補強工法(又稱膠膜內襯補漏工法).....	21
2.5 斷面修復工法.....	23
2.6 防蝕工法.....	23
2.7 其他工法.....	24
2.8 管渠修繕操作及記錄.....	25
<b>第三章 既設管健全度評價及改建工法</b> .....	<b>31</b>
3.1 概說.....	31
3.2 修繕及改建比較檢討.....	31
3.3 既設管健全度評價.....	33
3.3.1 輸水能力評價 .....	33
3.3.2 結構性能評價 .....	34
3.3.3 既設管評價結果累積 .....	38
3.4 管渠改建工法.....	38
3.4.1 管渠改建工法概要 .....	38
3.4.2 管渠改建工法選定 .....	40
3.5 更新工法.....	41
3.5.1 更新工法分類 .....	41
3.5.2 更新工法選定時應注意事項 .....	48
3.5.3 更新工法選定 .....	50
3.5.4 更新工法性能要求 .....	51

## 第四章 自立管設計 ..... 53

4.1 概說.....	53
4.2 自立管設計.....	53
4.2.1 自立管要求性能.....	53
4.2.2 自立管使用材料.....	54
4.2.3 自立管適用條件.....	54
4.2.4 載重組合.....	55
4.2.5 常時載重.....	55
4.2.6 地震載重.....	59
4.2.7 材料設計參數.....	59
4.2.8 驗證項目及方法.....	63
4.2.9 常時結構設計方法.....	63
4.2.10 設計更生管的管厚計算.....	64
4.3 耐震設計方法.....	65
4.3.1 耐震設計檢討項目及計算.....	67
4.3.2 耐震設計管徑檢驗方法.....	71
4.3.3 地震時對自立管與既設管之追蹤性試驗.....	71
4.3.4 耐震基準之注意事項.....	71
4.4 輸水能力驗證.....	72
4.5 自立管的設計計算例.....	73
4.5.1 設計條件.....	73
4.5.2 設計容許值.....	74
4.5.3 設計計算例.....	74
4.5.4 各更新工法協會設計考量.....	79

## 第五章 複合管設計 ..... 89

5.1 概說.....	89
5.2 設計條件.....	93
5.2.1 載重.....	93
5.2.2 有效支撐角度.....	94
5.3 設計計算.....	94
5.3.1 解析手法.....	94
5.3.2 安全性對照檢查流程.....	94
5.3.3 管所承受載重計算.....	94
5.3.4 安全性對照檢查和計算採用安全係數設定.....	95
5.3.5 施工法特有物性及係數.....	96
5.4 SPR 施工法計算範例(依據 SPR 施工法協會計算範例).....	97

5.5 ICP 非開挖施工法計算範例(依據 ICP 非開挖施工法協會的計算範例)	100
5.6 推進工法之修繕	106
5.6.1 設計概要	106
5.6.2 設計條件	107
5.6.3 推進設備檢討	108
5.6.4 滑材之添加	111
<b>第六章 其他附屬設施</b>	<b>115</b>
6.1 概說	115
6.2 人孔	115
6.3 人孔框蓋	119
6.4 人孔內其他附屬設施	130
6.5 人孔及人孔框蓋等附屬設施修繕	134
6.6 人孔安全對策	137
6.6.1 人孔框蓋問題	137
6.6.2 人孔框蓋上浮及飛散	140
6.6.3 人孔框蓋上浮、飛散防止對策	143
6.7 通氣設施	148
6.8 用戶排水設備修繕方式	155
6.9 管渠周邊地盤孔洞化及其對策	157
6.9.1 孔洞發生原因	157
6.9.2 透地雷達探測孔洞工法	158
6.9.3 孔洞化發生防止對策	160
6.9.4 孔洞充填	163
<b>第七章 施工計畫及施工管理</b>	<b>171</b>
7.1 概說	171
7.2 施工計畫	171
7.2.1 施工計畫目的	171
7.2.2 相關規範、法令等規定	171
7.2.3 事前準備	171
7.2.4 施工計畫書確認	173
7.2.5 前置作業	176
7.2.6 既有管線前處理	178
7.2.7 評估項目事前確認	179
7.2.8 品質保證	180
7.3 施工管理	180
7.3.1 一般施工管理	180

7.3.2 施工中品質管理 .....	182
7.3.3 各類施工管理方法 .....	183
7.3.4 連接管口穿孔 .....	186
7.3.5 材料品質管理及施工完成品質管理 .....	195
7.3.6 成品管理 .....	203
7.3.7 環境對策 .....	206
7.3.8 安全衛生管理 .....	211
7.3.9 提送完工報告 .....	215
7.3.10 攝錄影要領 .....	215

## 圖目錄

圖 1.1	下水道管渠設施之管理分類圖	1
圖 1.2	管線劣化、異常示意圖	2
圖 1.3	下水道管線之改建、修繕與機能恢復之關係	2
圖 1.4	管線劣化率	3
圖 1.5	典型的故障特性曲線	3
圖 1.6	短期修繕及改建計畫(延壽計畫)之策定流程	5
圖 1.7	自立管示意圖	8
圖 1.8	複合管示意圖	8
圖 1.9	兩層結構管示意圖	9
圖 1.10	反轉內襯工法(熱硬化方式)施工示意圖	9
圖 1.11	光硬化方式(牽引方式)施工示意圖	9
圖 1.12	熱形成模式施工示意圖	10
圖 1.13	製管工法施工示意圖	10
圖 1.14	鞘管工法施工示意圖	10
圖 2.1	管渠修繕流程圖	13
圖 2.2	管渠檢視流程圖	16
圖 2.3	注入工法概略圖	17
圖 2.4	栓塞工法細部示意圖	18
圖 2.5	栓塞工法標準作業圖	19
圖 2.6	Y字管注入工法示意圖	19
圖 2.7	嵌縫工法示意圖	20
圖 2.8	嵌縫工法標準作業圖	20
圖 2.9	內面補強工法施工作業圖	21
圖 2.10	熱硬化施工作業圖	22
圖 2.11	光硬化施工作業圖	22
圖 2.12	熱形成施工作業圖	22
圖 2.13	薄板襯裡施工作業圖	24
圖 2.14	管渠修繕計畫擬定填表計畫	25
圖 2.15	結構狀況調查表填寫操作流程	29
圖 3.1	修繕或改建更新之選定流程	32
圖 3.2	管渠改建工法之分類	39
圖 3.3	更換(置換工法)、長壽化對策(更新工法)選定檢討流程	41
圖 3.4	自立管概念圖	42
圖 3.5	二層構造管概念圖	43
圖 3.6	複合管概念圖	43
圖 3.7	施工方法分類之更新工法	44

圖 3.8	反轉內襯工法(熱硬化方式)施工示意圖	44
圖 3.9	形成工法(熱硬化方式)施工示意圖	45
圖 3.10	形成工法(光硬化方式)施工示意圖	45
圖 3.11	形成工法(熱形成方式)施工示意圖	46
圖 3.12	製管工法(螺旋製管)施工示意圖	46
圖 3.13	製管工法(組立管更新)施工示意圖	47
圖 3.14	鞘管插入現場施工圖示	47
圖 3.15	以群組選定工法	51
圖 4.1	自立管的概念圖	53
圖 4.2	自立管的設計流程	54
圖 4.3	土壤垂直土壓公式的應用範例	56
圖 4.4	Janssen 公式說明示意圖	56
圖 4.5	垂直土壓力公式說明示意圖	57
圖 4.6	車輛載重示意圖	58
圖 4.7	有效支承角 120 度，基礎施工狀態	64
圖 4.8	人孔與管渠的連接處概念圖	68
圖 4.9	傾斜地面的永久變形(拉伸)頻率分佈	69
圖 4.10	永久應變使人孔及管渠的連接處脫出之概念圖	70
圖 4.11	土壤液化導致之地層下陷與脫出量之概念圖	70
圖 4.12	指南更生管厚度計算流程	75
圖 4.13	Janssen 公式說明示意圖	76
圖 4.14	各更新工法協會更生管厚度計算流程	80
圖 4.15	車輛載重示意圖	83
圖 4.16	土壓力分佈示意圖	84
圖 4.17	載重分佈示意圖	85
圖 4.18	土壓力分佈示意圖	87
圖 5.1	複合管概念圖	91
圖 5.2	複合管設計流程	91
圖 5.3	垂直土壓	94
圖 5.4	安全性對照檢查流程	95
圖 5.5	對照檢查斷面圖	98
圖 5.6	長方形斷面的彎曲耐力	99
圖 5.7	檢查斷面圖	102
圖 5.8	檢查斷面圖	102
圖 5.9	檢查斷面圖	104
圖 5.10	迴轉破碎方式概要圖	107
圖 5.11	長度說明圖(單位：m)	108
圖 5.12	掘削斷面圖	111

圖 6.1	人孔內壁防蝕處理(不同保護材料)	117
圖 6.2	現行人孔框蓋修繕道路挖掘施工機具	122
圖 6.3	現行人孔框蓋修繕道路切割方式	122
圖 6.4	日本 LB 工法	124
圖 6.5	日本 MR <sup>2</sup> 工法	125
圖 6.6	日本後復工法	126
圖 6.7	美國 Twist Riser Manhole 工法	127
圖 6.8	日本 GM 圓形切割工法	128
圖 6.9	日本 NSC 工法	129
圖 6.10	管渠跌落之接合	130
圖 6.11	跌落設施型式概要	131
圖 6.12	人孔內跌落設施(口型不鏽鋼板製)	132
圖 6.13	人孔內跌落設施(順 T 型 PVC 管製)	133
圖 6.14	人孔內跌落設施(正 T 型 PVC 管製)	133
圖 6.15	人孔框蓋損壞情形案例照片	135
圖 6.16	人孔框蓋安全機能	137
圖 6.17	人孔框蓋浮上、飛散原因示意圖	142
圖 6.18	導致人孔內水壓及空氣壓之狀況和要因關係圖	142
圖 6.19	導致人孔內的空氣塊急速上浮之狀況和要因關係圖	143
圖 6.20	緊急安全對策和中長期安全對策的關係	144
圖 6.21	壓力開放型防止上浮人孔蓋	145
圖 6.22	人孔蓋防止墜落用之梯子	145
圖 6.23	污水管線設施緊急安全對策優先地點之檢討程序	146
圖 6.24	中長期安全對策檢討程序	147
圖 6.25	人孔框蓋與路面之關係	149
圖 6.26	一般住宅排水屋頂通氣管	150
圖 6.27	防臭用進氣閥	150
圖 6.28	英國小鎮街道上之污水管通氣桿	151
圖 6.29	設在倒虹吸管上之空氣跳躍管	151
圖 6.30	國內常用污水管線之通氣管參考圖	152
圖 6.31	攜帶式易燃氣體、硫化氫、一氧化碳及氧氣偵測器	154
圖 6.32	使用抽風機自人孔頂部強制吸氣	154
圖 6.33	使用抽風機進行人孔強制通氣	155
圖 6.34	A 模式(臺北市)接法平剖面及 3D 示意圖	156
圖 6.35	B 模式(多功能匯流管)接法平面及 3D 示意圖	156
圖 6.36	用戶排水設備管道檢視設備介紹	157
圖 6.37	孔洞發生機制	158
圖 6.38	脈衝雷達偵測孔洞示意圖	159

圖 6.39	頻率、探測深度和導電率關係 .....	159
圖 6.40	從孔洞的反射圖形例 .....	159
圖 6.41	實驗裝置的概要 .....	160
圖 6.42	伸縮性接頭方式圖例 .....	161
圖 6.43	短管與定尺管接合圖例 .....	161
圖 6.44	不同下陷量和管的凹陷量的關係 .....	162
圖 6.45	管體沉陷量 .....	163
圖 6.46	Packer 工法概略圖 .....	163
圖 6.47	水泥橡膠瀝青乳劑的強度特性 .....	164
圖 6.48	水泥橡膠瀝青乳劑系材料施工前及後照片 .....	166
圖 6.49	施工程序 .....	167
圖 6.50	施工系統 .....	168
圖 6.51	施工程序 .....	169
圖 7.1	緊急聯絡制度(範例) .....	176
圖 7.2	管口修整作業(範例) .....	182
圖 7.3	連接管口穿孔的標準作業流程(更生後內徑小於 $\phi 800\text{mm}$ ) .....	187
圖 7.4	自立管構成示意圖 .....	196
圖 7.5	自立管的試樣片採取方法例 .....	200
圖 7.6	更生管的內面皺摺 .....	202
圖 7.7	更生管管厚、內徑檢測位置圖 .....	204
圖 7.8	更生管成品內徑檢測位置圖 .....	205
圖 7.9	除臭及隔音設施(範例) .....	209
圖 7.10	惡臭(溶劑揮發氣體)發生位置 .....	210

## 表目錄

表 2.1	踏步更換工法及方法	25
表 2.2	管渠結構狀況評分表	28
表 2.3	管渠結構狀況分級標準表	28
表 3.1	修繕或改建判定之診斷項目及對應狀況	33
表 3.2	更新工法耐震檢討項目一覽表(矩陣表：圓形管渠)(參考)	36
表 3.3	更新工法耐震檢討項目一覽表(矩陣表：下水涵渠)(參考)	37
表 3.4	管渠改建工法之特性	39
表 3.5	JISA7511 使用範圍	48
表 3.6	耐震設計之考量	52
表 4.1	衝擊係數	58
表 4.2	活載重折減係數	59
表 4.3	以 JIS7013 安全係數考量更生管長期強度之安全係數例	61
表 4.4	不良率(p)與 $k_p$	62
表 4.5	有效支承角、覆土深度與更生管厚之關係(計算例)	64
表 4.6	各更新工法協會之短期彎曲強度及長期彎曲彈性模數	75
表 4.7	衝擊係數	77
表 4.8	活載重折減係數	78
表 4.9	彎曲力矩係數	79
表 5.1	複合管要求性能及試驗方法	92
表 5.2	強度安全係數	96
表 5.3	DANBY 施工法中的彎矩係數	96
表 5.4	不同土質之 $c'$ 標準值	110
表 5.5	不同土質之 $\beta$ 標準值	110
表 5.6	土壤區分一覽表	112
表 5.7	滑材標準配比表	113
表 6.1	日本人孔框蓋各種防蝕塗裝方式比較	120
表 6.2	人孔框蓋問題與對策	121
表 6.3	人孔及人孔框蓋等附屬設施修繕建議方式數量統計總表(範例)	134
表 6.4	人孔及人孔框蓋等附屬設施調查狀況一覽表(範例)	136
表 6.5	CNS 15536 人孔蓋與日本人孔蓋功能說明	139
表 6.6	人孔框蓋上浮、飛散相關問題與說明(日本案例)	141
表 6.7	危險地點、優先度判定表(重要項目)	147
表 6.8	危險地點、優先度判定表(最重要項目)	148
表 6.9	雨水入滲量(日本案例)	149
表 6.10	污水管內常見之有害氣體	153
表 6.11	硫化氫氣體之濃度及毒性作用	154

表 6.12	實驗案例	161
表 6.13	實驗用土質材料物性	161
表 6.14	孔洞填充材料追求之材料特性	164
表 6.15	材料的調和標準(單位:Kg)	164
表 6.16	現場條件與使用材料	165
表 6.17	注入施工結果	165
表 6.18	土壤試驗結果	169
表 6.19	品質管理試驗結果	169
表 7.1	工程概要表(範例)	172
表 7.2	施工現場條件表(範例)	172
表 7.3	既有管線調查、前置作業概要表(範例)	172
表 7.4	職務分工表(範例)	175
表 7.5	連接管口穿孔不良造成下水道管線的障礙	189
表 7.6	連接管口穿孔不良對應的注意事項	189
表 7.7	更生材的構成成份、材質及檢驗項目(熱形成方式)	196
表 7.8	製造證明書的管理項目及管理內容(熱形成方式)	196
表 7.9	更生材的構成成份、材質及檢驗項目(熱硬化及光硬化方式)	197
表 7.10	製造證明書的管理項目及管理內容(熱硬化及光硬化方式)	197
表 7.11	更生材的構成成份、材質及檢驗項目(製管方式)	198
表 7.12	表面材料製造證明書的管理項目及管理內容	198
表 7.13	填充材製造證明書的管理項目及管理內容	198
表 7.14	金屬材料製造證明書的管理項目及管理內容	198
表 7.15	現場應確認的試驗	199
表 7.16	施工完成確認的耐藥品性能試驗	201
表 7.17	成品管理表(自立管的標準樣式)	207
表 7.18	成品管理表(複合管的標準樣式)	208
表 7.19	更生材所用溶劑的特性及注意事項	209
表 7.20	提送完工報告一覽表	215

# 第一章 總論

## 1.1 概說

本手冊為下水道管渠設施，經平日維護管理檢點、調查及診斷結果，確認為要維持管渠設施未來的機能，或要恢復其機能，必須進行的修繕、改建及施工為範圍而編撰。

下水道管渠設施之維護管理分類，如圖 1.1 所示，包括設施的設置，維護則屬於經常性的維護管理，包括巡檢、調查、清疏等。而修繕、改建則屬於繼經常性的維護管理後，經診斷認為設施的使用機能，需加以修繕或需進一步進行改建，始能恢復機能之作為，而改建包括視設施之差異，所進行延壽或重置更新，另其他則為考量包括廢棄使用等。

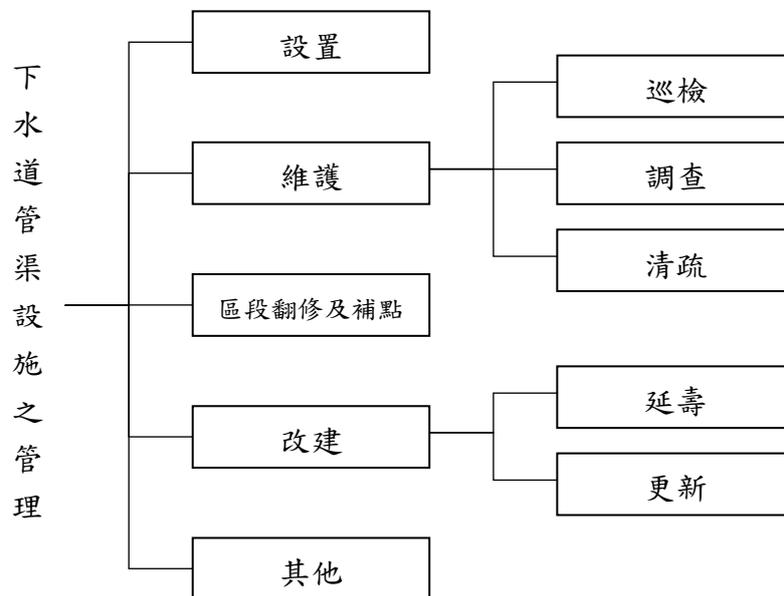


圖 1.1 下水道管渠設施之管理分類圖

## 1.2 修繕

下水道設施因長期使用致損傷或劣化等導致機能降低，應確認其原因，且為恢復其機能必須盡速做適當的處置。

機能恢復之措施，可以是維護管理業務之修繕，也可為建設工程之改建，其定義不同。

修繕為劣化後的設施，或因故障或被毀損的設施予以修理，以維持下水道機能。

改建則為既有設施予以更新為新的設施替代。但若為機能的擴充為目的而以新的設施替代，則非「改建」而是「設置」。

修繕工程包括管渠、人孔、連接管等補修工程，以及部分設施的整修工程等。另包括陰井框蓋、人孔框蓋、緣石混凝土、調整層、踏步更換、人孔內導槽、管

口等修繕，以及道路鋪設時陰井、人孔等之提升及下降等皆屬修繕。

修繕工程，依設施損傷狀況，有需緊急修繕對應處理者，也有時間可較充裕，依計畫性進行者。

### 1. 緊急修繕工程

(1) 在交通上因管線設施的損傷，造成道路的塌陷及公共衛生上緊急需要的修繕。

(2) 對居民的生命財產可能造成很大影響時之緊急修繕。

需要緊急修繕時，應預先做好準備材料設備及人員，於夜間或休假日設置「緊急連絡體制」，包括職員及廠商(依年度契約)趕赴現場，並依現況做緊急措施，於工程修繕後再依契約工項作成預算書，據以精算費用。

### 2. 計畫性修繕工程

管線設施於敷設使用後，無法避免劣化、機能降低及發生異常等，其修繕則可藉巡視、檢點結果以及其他各種調查結果為基礎，據以策訂修繕計畫並施行。

下水道管線經理設長期使用後，其劣化異常現象如圖 1.2。而其維護修繕之目的在於達到：

- (1) 維持管線設施機能水準。
- (2) 延長設施之使用壽命。
- (3) 達到下水道系統維護管理的效率化。

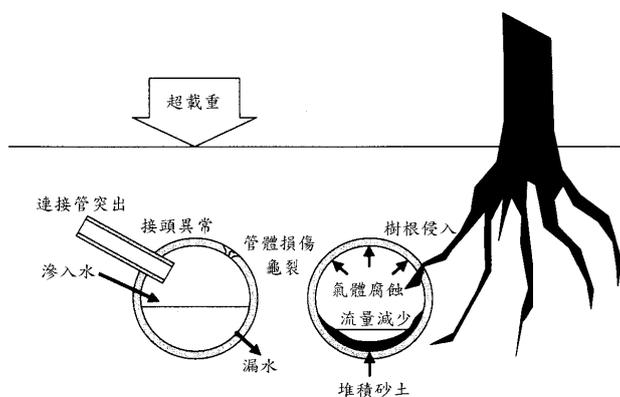


圖 1.2 管線劣化、異常示意圖

下水道管線設施之維護管理，依其持續利用期之為補修或更新，其機能有很大的差異，如圖 1.3。

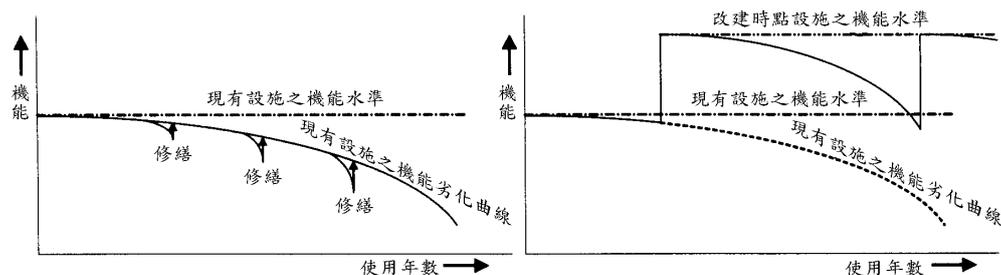


圖 1.3 下水道管線之改建、修繕與機能恢復之關係

### 1.3 下水道延壽

下水道管線的使用壽命，不僅是在長期使用二、三十年後才會發生劣化，事實上於建設完成後即有初期故障，而不能加以忽視。

依據日本下水道協會統計，下水道在建設完成初期就有故障，在建設完成後之 10 年間，其故障率就達 40%，如圖 1.4。因在前 10 年未做詳細的調查，以致無法瞭解初期 10 年間各年度的故障變化，但可判斷在開始使用初期，有較高的故障率，其後一定期間的故障率較低，而一旦超過耐用年限，其故障率就急速上升，曲線如圖 1.5。

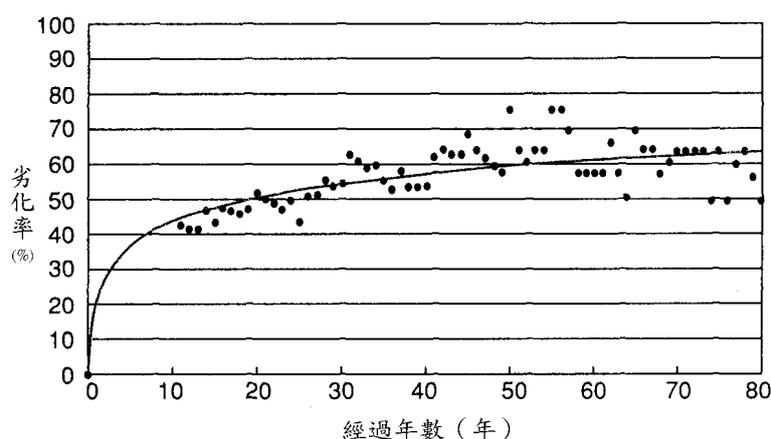


圖 1.4 管線劣化率

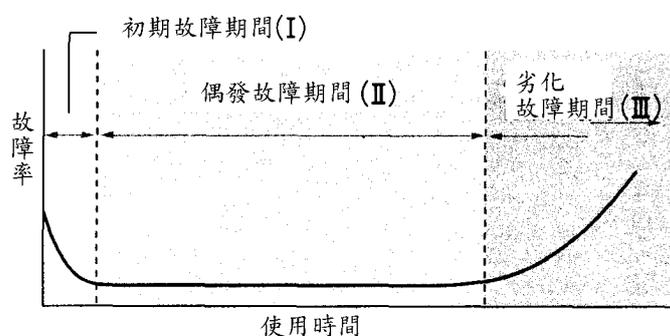


圖 1.5 典型的故障特性曲線

一般延壽多著重於使用至耐用年限前的修繕為主，但實際上，下水道管線在埋設階段，就發生不少龜裂現象，而有賴完工時以 CCTV 檢視徹底調查，以防止初期劣化。

下水道管線的設計，雖然在力學上達到一定的規定，但若為明挖施工，一旦回填後，再抽出擋土設施時，管體除上方土壓外仍需承受很大的側土壓，而有破裂之可能。另於下水道分支管予以開孔接入連接管，這些皆為力學上的弱點，皆為建設造成初期的問題。其他如人孔施工不良立刻可見，但埋在地下的管線不易看出，因之為防止初期劣化影響使用壽命，應就建設完成後初期三年內進行確保

達到設計水準的檢測，並提早改善以延長使用壽命。

因平均使用壽命為所有設施的平均，若能於建設完成使用初期進行全面檢測，對於有瑕疵的先進行改善，將可延長整體平均使用壽命。

下水道管線延壽，乃針對已建設完成達二、三十年以上的系統，藉由下水道設施整體管理之策略，實施預防性的維護以達延壽，在其健全度到達使用限界值前，恢復其機能，延長耐用年度，並縮小生命週期總支出，其具體措施包括：

1. 下水道設施之健全度相關檢點、檢查的實施，並依其結果，策訂「下水道延壽計畫」。
2. 併同預防性維護管理之同時，包括實施延壽計畫的改建等。
3. 為防止未來發生事故於未然，期減少生命週期總支出。

因之下水道延壽的具體目的，即為下水道管線設施資產管理(stock management)的個別設施及設備的管理目標。

有關下水道管渠延壽之實務，可參考營建署 110 年版「下水道管渠及設施維護管理手冊」第八章「下水道管線延壽計畫策訂案例」。

## 1.4 更新

更新係指將既有設施及設備，更換為新的設施及設備之意。更新之目的，除恢復下水道設施之機能為主要目的外，尚具節能化、資源化及管理效率化等機能的提升。

另如雨水下水道排水區的擴充，其降雨頻率的提高或設計逕流係數的修訂，因而計畫流量的增加所導致設施排水能力的增加，則應屬「設置」，而非「更新」。

## 1.5 修繕及改建(更新)計畫訂定

為能達到修繕及改建效率，而進行修繕及改建計畫的訂定。修繕及改建計畫，可分長期及短期計畫。

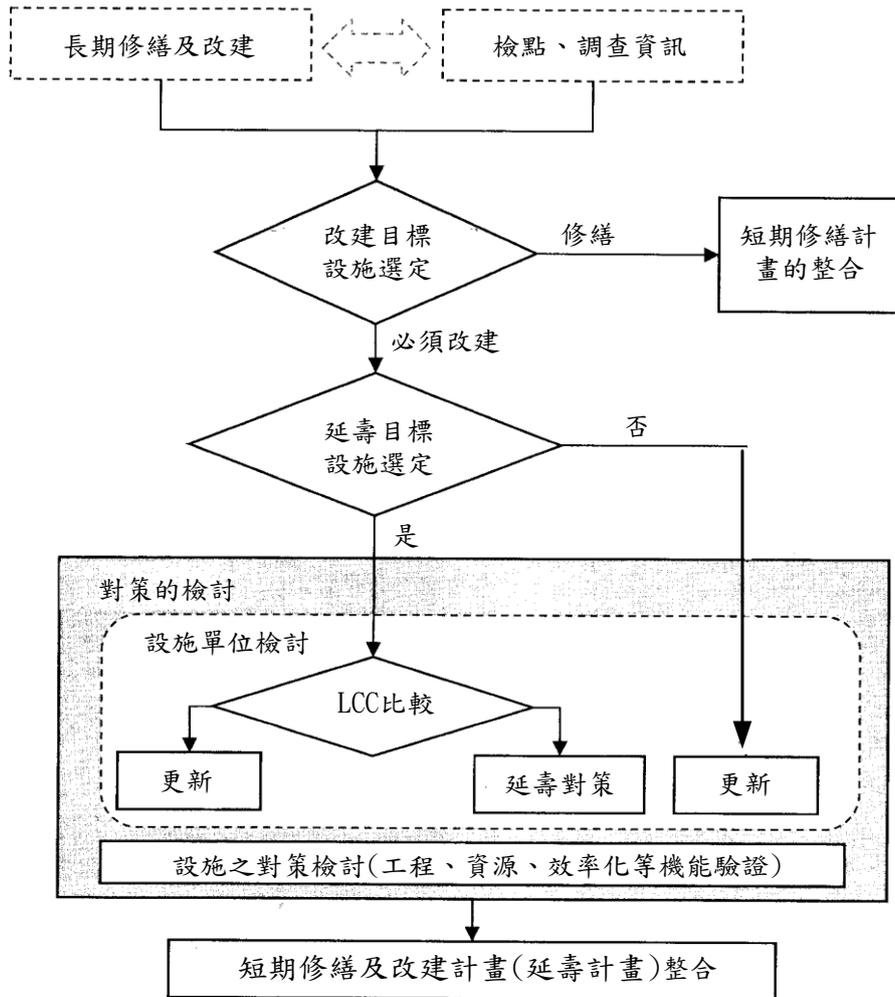
長期計畫除掌握長期的計畫量之同時，包括標的設施、實施時期及經費概算之彙整。短期計畫則就長期計畫及維護、檢點、調查資訊，彙整目標設施、設備、對策時期、方法及經費等加以整合，並以五年為一期進行。

計畫策定時。應從目標設定與風險評估的觀點，做優先的檢討，訂定具效果可行的修繕及改建計畫，以利計畫的執行。

解說：

修繕及改建計畫，係就維護、檢點及調查所掌握的設施狀態，包括哪些設施(目標設施)、何時(實施期程)、採取措施(方法等)、多少費用(概算費用)，並以長期及短期分階段持續的訂定計畫。

短期修繕及改建計畫(延壽計畫)之訂定流程，如圖 1.6。



備註：LCC (Life Cycle Cost)表示生命週期總價

圖 1.6 短期修繕及改建計畫(延壽計畫)之策定流程

## 1.6 名詞用語內涵

下水道設施維護管理相關用語彙整如下：

### 1. 巡視

在不開啟人孔蓋下，沿管線埋設上部之地面及人孔蓋外部狀況進行巡看，以掌握沿線表面狀態。

### 2. 檢點

在開啟人孔蓋後，藉目視瞭解管線設施的整體狀況，提早發現異常狀況為目的之實工作。

### 3. 視覺調查

以照相或目視直接判斷發現異常為目的之調查，以掌握管線設施之構造、狀況，可分為人孔目視調查、管內縱走目視調查及 CCTV 檢視設備檢視調查。

### 4. 人孔目視調查

原則上為作業人員進入人孔內，並以照明照射管內或以反射鏡照射管內，

進行目視，在可看到的範圍內，直接掌握管線設施之狀態為目的之調查。

#### 5. 管內縱走目視調查

管徑 1,200 mm 以上的管線，作業人員可以在管內步行之狀況下，於管線內瞭解其劣化狀態之定性為目的之調查。

#### 6. CCTV 檢視調查(亦稱 CCTV 調查)

為利用下水道管線調查用之 CCTV 檢視設備，從地面上遠距操作，以間接的掌握管線內之劣化狀況等，原則係以管徑在 200 mm~1,200 mm，或管徑雖在 1,200 mm 以上，但因流量大、缺氧及產生有毒氣體之虞的管段，作業人員不適進入管內時之調查。

#### 7. 管口 CCTV 檢視調查

為作業人員不進入管內時，可藉伸縮操作棒的前端裝置管口 CCTV 檢視設備，自地面上從人孔進入管內進行檢查工作，以掌握管線設施之狀態為目的之調查。

#### 8. 診斷

經由目視、CCTV 檢視設備等調查結果為基礎，藉以判斷管線設施的異常程度、對策及必要性之具體檢討衡量工作。

#### 9. 評價

經由診斷結果為依據，進行巡視、檢點、調查計畫之評價。

#### 10. 資產管理(Stock management)

係依下水道設施之功能為基礎，為能達到永續效益，訂定明確的目標，針對龐大的設施狀況，能客觀的掌握、評價，於預估中長期的設施狀態之同時，就下水道設施進行計畫性且效率性的管理。

#### 11. 下水道延壽管理

為防止下水道設施因發生事故致功能停止，對國民生活及社會活動等造成重大的影響，在受限的財源下，以其生命週期經費最小之目標，進行下水道設施之調查結果，以「延壽對策」，計畫性的對設施進行修繕、改建等，策訂對策內容及對策時期的「延壽對策」之計畫。

#### 12. 風險

為對於目的不確定之影響，風險的大小與「事故等之發生機率」及「發生事故之受害規模」之整體性的評價。

#### 13. 計畫性維護管理

從預防維護之觀點，評估下水道可能的風險，訂定明確的管理目標，進行巡視、檢點、調查等，以客觀把握設施狀態，評價之同時，預估中長期的狀態，就下水道設進行計畫性效率化的管理，並透過 PDCA 程序達到實踐。

#### 14. 事後對應維護管理

為當於下水道設施，進行平常的巡視、檢點、調查時，發現有損傷等異常，始進行補修、修繕的維護管理方法。

#### 15. 預防維護管理

對下水道設施進行計畫性的巡視、檢點、調查時，適切的預測設施的劣化、損傷，提早發現損傷及不適當處，在事故及需大規模修繕之前，提早做適當的措施為目的之維護管理方法。

#### 16. 定期計畫維護管理

對下水道管渠及設施，實施定期性的巡視、檢點、調查時，對於設施的劣化、損傷，進行週期性修繕、改建之維護管理方法。

#### 17. 狀態監視維護管理

對下水道管渠及設施，依設施狀態進行修繕、改建之維護管理方法。為防止機能停止發生於未然，適用可預測設施劣化之管理方法。

#### 18. 異常

結構性能下降、管體損傷、水密性降低及輸水能力下降等，管線設施已不具結構性能。所謂異常現象，包括腐蝕、磨耗、龜裂、雨水入侵、蛇行、附著水泥砂漿及樹根侵入等具體情況。

#### 19. 劣化

管線設施之結構強度及耐久性降低。所謂「劣化現象」包括因腐蝕或磨耗，以致構造物斷面減少、變形等結構強度降低及耐久性降低，皆有直接關係。

#### 20. 清疏

清疏之底部原為混凝土的防護，其構造物內部因砂土及來自外部之水泥砂漿所堆積，而予以清除，使構造物內部恢復清淨之措施。

#### 21. 清淤

底部未有混凝土防護的構造物內部，將其堆積的砂土及水泥砂漿等予以清除，以恢復構造物內部清淨的措施。

#### 22. 清洗

為能更精確的掌握管線的狀態，管線於進行 CCTV 檢視之前，將壁面之附著物施以高壓清洗去除，併同砂土等清出一併處理之措施。

#### 23. 建置

因收集區域增加等因素，更換全部或部分的設施。

(1)更新：執行所有設施的修繕或重建。

(2)延壽對策：執行部分設施的修繕或重建，以延長設施耐用年限。

#### 24. 修繕作業

執行部分設施的修建(針對延壽對策以外部分)。

#### 25. 修繕或改建設施

修繕或重建設施必須是一體的，以小分類、設備或系統為單位，且不影響其他設備或設施。

#### 26. 耐用年限

正確使用設備或設施的情形下，或經由修繕或改建後維持正常性能、經濟、功能等能力的時間。

## 27. 更新工法

若既設管線發生破損、裂縫或腐蝕等現象，造成承載力、耐久性變弱，甚至影響輸水能力，由既設管內部構築新管，透過更新方式確保其輸水能力。管線更新方式有自立管(反轉內襯工法及形成工法)、複合管(製管工法又稱螺旋內襯工法/螺旋內襯擴大工法/組立管更新工法)、兩層結構管(反轉內襯工法及形成工法)、內套管工法等，其中反轉內襯工法及形成工法，又稱現場固化工法，本手冊主要討論自立管及複合管。

## 28. 自立管

依據日本下水道協會「管更生の手引(案)」係指自立管對於土壤壓力及活載重等，不考量既設管的強度，而是由自身的強度去抗衡外力，具備如同新設管同等以上的抗載重能力及耐久性。自立管的更生材料為單獨使用，其耐久性及承載力必須等於或大於新設管(詳圖 1.7)。

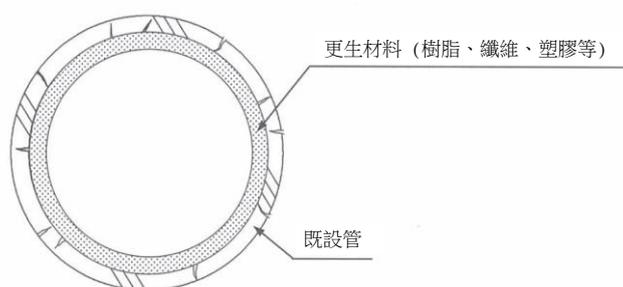


圖 1.7 自立管示意圖

## 29. 複合管

根據日本“管修復指南(草案)”複合管定義為修復材料與既設管成為一體抵抗外力，並具有不低於新設管的耐載重能力和耐久性。複合管的更生材料與既設管之結構合為一體，其耐久性及承載力必須等於或大於新設管(詳圖 1.8)。

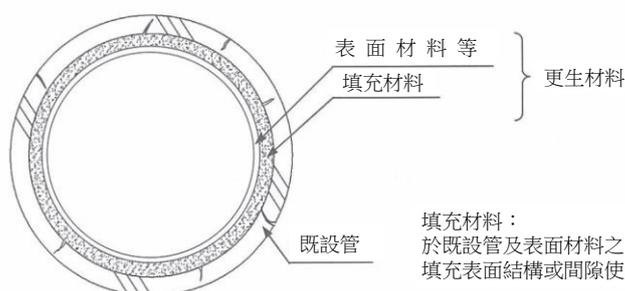


圖 1.8 複合管示意圖

## 30. 兩層結構管

採用樹脂或類似具有殘餘強度的雙層管，建置於既設管內(詳圖 1.9)。

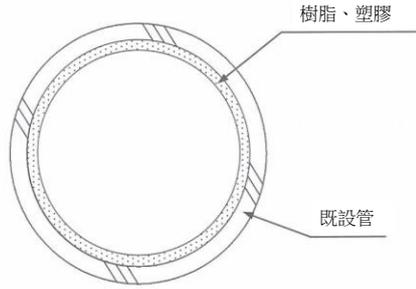


圖 1.9 兩層結構管示意圖

31. 反轉內襯工法(熱硬化方式)

熱硬化樹脂經浸漬(玻璃纖維或有機纖維等)後，採筒狀牽引放入既設管內，並於更生材料的內部使用空氣壓或水壓，使更生材料擴張與既設管緊密接合，再使用溫水或蒸氣使樹脂硬化(詳圖 1.10)。

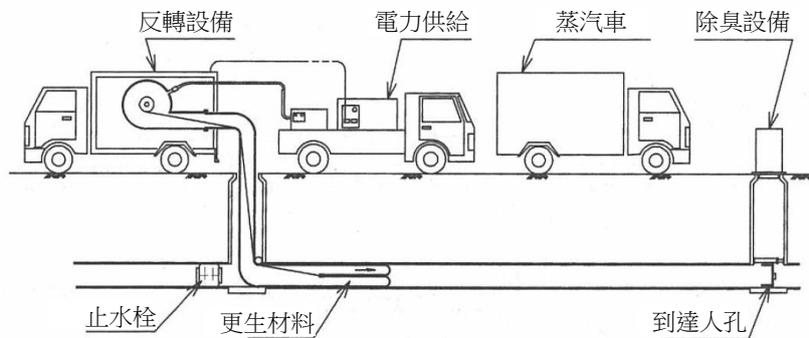


圖 1.10 反轉內襯工法(熱硬化方式)施工示意圖

32. 形成工法(光硬化方式)-拉鋪內襯工法

光硬化樹脂經浸漬(玻璃纖維或有機纖維等)後，採筒狀牽引放入既設管內，並於更生材料的內部使用空氣壓，使更生材料擴張與既設管緊密接合，再使用紫外線照射使樹脂硬化(詳圖 1.11)。

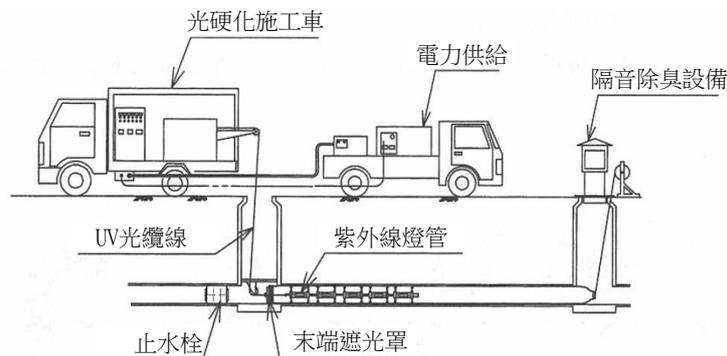


圖 1.11 光硬化方式(牽引方式)施工示意圖

33. 形成工法(熱形成方式)-緊貼內襯工法

施作方式為既設管內插入斷面容易產生變形的熱塑性樹脂軟管(硬質

PVC、聚乙烯 PE)，軟管內有蒸氣管使其軟化，並於加熱狀況下輸送空氣壓，使更生材料擴張與既設管緊密接合後，再冷卻養護更生管(詳圖 1.12)。

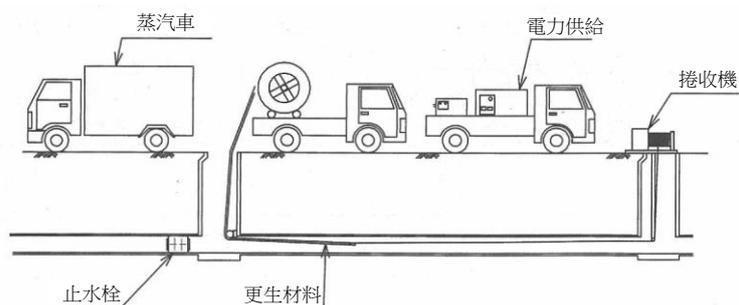


圖 1.12 熱形成模式施工示意圖

#### 34. 製管工法(又稱螺旋內襯工法/螺旋內襯擴大工法)

若既設管線為硬質 PVC 或聚乙烯(PE)等所製成，製管樹脂與既設管材間以水泥砂漿填充，使複合管結為一體化的施作方式。

製管工法採用螺旋型內襯及模板之組立板材，由上游一段一段的將表面管材與既設管填充結合，該製管工法可配合現場狀況，仍維持下游管段中污水繼續排放(詳圖 1.13)。

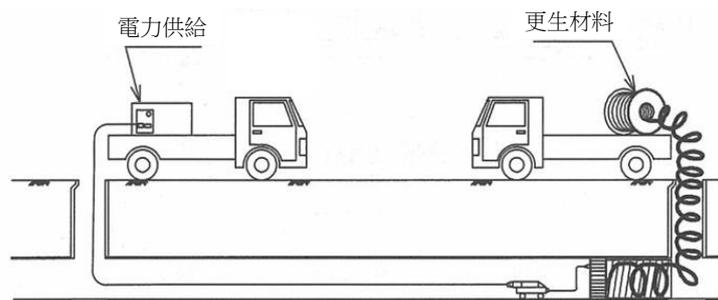


圖 1.13 製管工法施工示意圖

#### 35. 鞘管工法(又稱既設管內保護管工法)

鞘管工法係應用管徑小於既設管之管線，以牽引方式放入既設管內，並用填充材料注入更生管與既設管之間。更生管材採預鑄製品，維持既設管原斷面情況下，以物理方式由人孔放入(詳圖 1.14)。

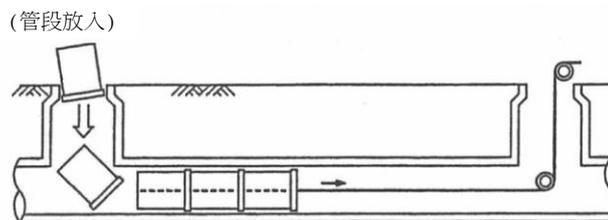


圖 1.14 鞘管工法施工示意圖

36. 浸漬

多孔性材質浸泡液體材料填充空隙。施作更生材料時，浸漬(玻璃纖維、有機纖維)的基底材料為可固化樹脂。

37. 熱硬化樹脂

係指不溶的網狀結構於加熱後會被固化的合成樹脂。做為更生材料使用的是不飽和聚酯樹脂、環氧樹脂及乙烯基酯樹脂。

38. 熱軟化樹脂

具有可塑性的合成樹脂，經過加熱軟化、冷卻凝固，並且具有可逆性。更生材料使用的樹脂，為硬質 PVC 或聚乙烯(PE)。

39. 更生管線障礙設計

確定材料強度的計算方式，經計算獲得更生管線的必要厚度。

40. 標稱厚度

設計更生管線厚度不可小於計算結果之厚度。

41. 管線置換工法

取代既有管線的新管線，如管線置換工法中的明挖工法和推進修繕工法。

42. 管線局部修補工法

局部修補工法通常應用在單一管段局部管節且異常需修復數較少之處，惟局部修補後無法確保結構性缺陷。

43. 管線區段翻修工法

區段翻修工法通常應用在修復數量多且在上下游人孔間之管段施作，其工法種類多，如現場固化工法(CIPP)、旋轉/旋轉擴大工法及內套管工法等，可恢復或強化結構功能。



## 第二章 修繕工法

### 2.1 概說

污水下水道管線修繕主要採預防性定期巡視、CCTV 檢視，發現問題而辦理修繕，需地方政府重視編列足夠管線維護預算。

依據調查診斷管渠狀況後，對於管渠有明顯老化、劣化，引發不明水(亦稱入滲流)滲入、管渠龜裂(裂紋)、道路下陷等情況，則必須採取相關修繕措施。一般來說，以前常直接以明挖工法進行管渠置換方式、改建施工，但近期發展並推廣各種藉由免開挖方式進行管渠更新之修繕，搭配定期巡檢掌握管渠設施的維護管理及狀況，同時也能著重於管渠設施的修繕及維護，維持管渠排水機能及壽命，提高管渠系統維護管理效率。一個完整的管渠修繕流程，應包含管渠檢視、結構及輸水功能評估、結構狀況分級、維修方案評選。管渠修繕流程圖，如圖 2.1 所示。

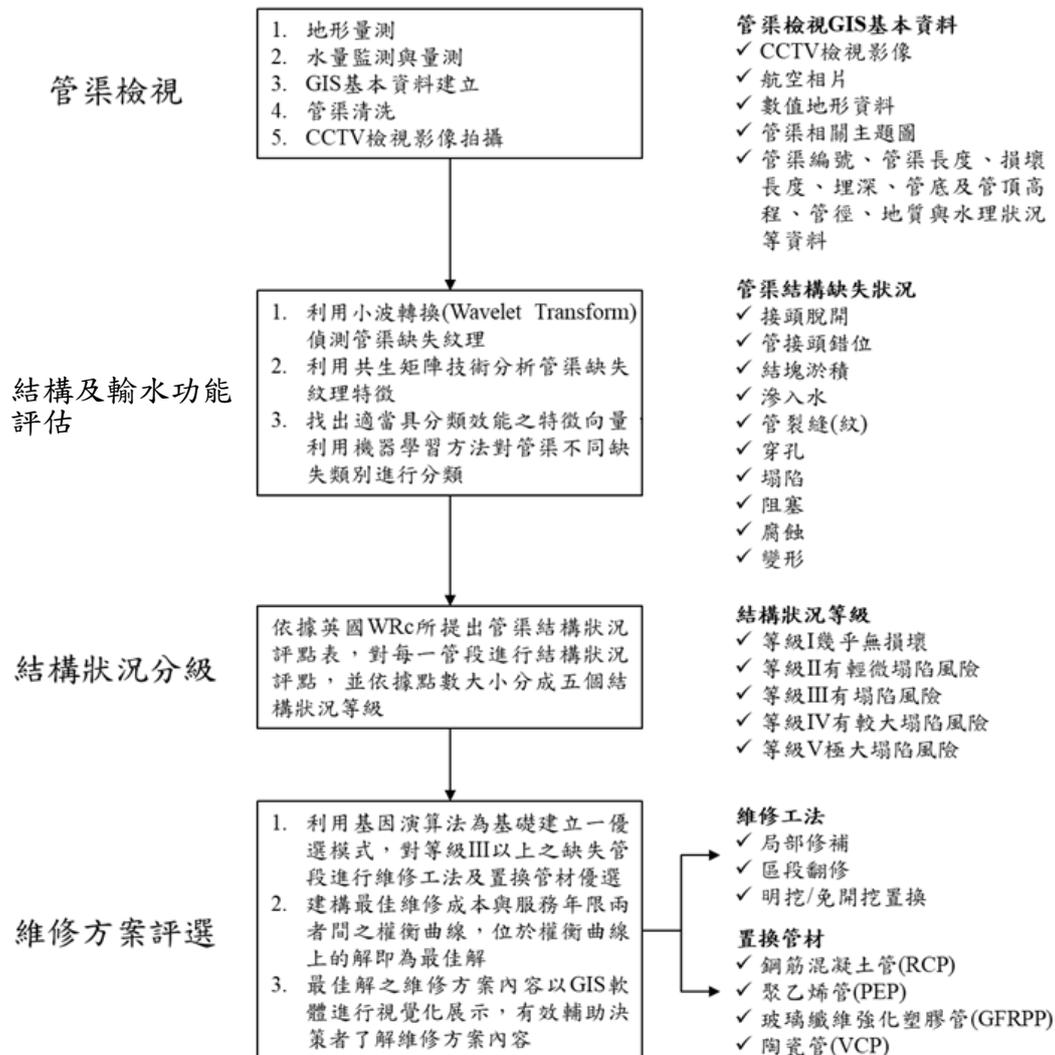


圖 2.1 管渠修繕流程圖

另於國內運用時，建議工程契約檢討規定工程保固期滿，辦理全部管線 CCTV 或縱走全面檢視調查，有發現缺失則依照保固責任修復。

## 2.2 管渠檢視

在進行管渠檢視工作前，必須進行地面地形測量、水量監測、水量量測、管渠基本資料量測與建立水理分析等工作，以建立數值地形、土地使用等圖資，以及紀錄管渠長度、管徑、埋深、坡度、高程等管渠基本資料。管渠檢視，一般包括管渠內部結構狀況檢視與管渠外部基礎狀況檢視，內部結構狀況檢視主要在調查由暴雨沖蝕、樹根入侵、黏土收縮以及其他不穩定因素所造成管內壁缺失狀況，例如裂縫(紋)、穿孔、變形、塌陷、接頭位移、表面沖蝕、滲入、阻塞、結垢等，以提供維修人員研擬適當維修計畫之依據。

管徑 1,200mm 以下(不含 1,200mm)利用 CCTV 檢視設備(Closed Circuit Television Inspection Equipment，也稱下水道專用電視攝影檢視載具)，逐段檢察管內狀況並錄影存證，管徑 1,200mm 以上，則以人員攜帶錄影設備進行縱走檢視，並於各接頭處進行環攝，以確認管渠狀況。這種方法係將 CCTV 檢視設備置於管道內，通過在地面上的監視器，觀察管渠的破損、裂縫(紋)、滲漏、連接管的狀態等，把它做為資料數位檔案錄製。現階段檢視設備，包括 CCTV 檢視設備、雷射光環掃描、聲納探測以及透地雷達等技術進行管渠檢視，以得知管渠缺失位置與數量。由於利用雷射光環掃描、聲納探測或透地雷達等技術進行管渠檢視所需之技術門檻較高，故大多以 CCTV 檢視設備進行管渠檢視。然而車載 CCTV 檢視設備在管渠通水且水深超過機器使用限制的情況下，並無法進行檢視，因此必須先清洗管渠系統，並將檢視管段以另一暫代管段輸水後再行檢視；隨著技術的精進及搭配不同的載具，CCTV 檢視設備也能在管渠通水情況下進行檢視。

管渠清疏檢視作業流程，如圖 2.2 所示，主要工作包括確定工作範圍、開啟人孔蓋、人孔內送風、檢測人孔內氣體、CCTV 檢視設備調校、CCTV 檢視設備安置入管及系統設定、CCTV 檢視設備操作及管內拍攝、影像品質確認、CCTV 檢視設備影像是否可供診斷等。以下說明管渠檢視基本作業：

### 1. 確定工作範圍

需在施工地點周圍架設交通錐等相關安全設施，並設交通指揮手引導車輛，並以相鄰兩人孔(或稱為單一管段)為施工單位。

### 2. 抽風換氣及氣體偵測

開啟人孔蓋後，先對施工管段抽風換氣，並以四合一氣體偵測器檢查管段內氣體是否達作業標準(氧 $>18\%$ 、硫化氫 $<10\text{ppm}$ 、可燃性氣體 $<$ 爆炸下限之 $30\%$ 、一氧化碳 $<35\text{ppm}$ )，未通過則繼續抽風換氣，工作人孔送風，工作人孔上下游人孔採抽風方式辦理，送風時間約 30 分鐘。接著以栓塞擋上游管道之水，並以抽水機做臨時排水措施。

### 3. 管渠清洗

原則上應由上游往下游逐段清疏。施工方式係由下游人孔向上游人孔清

疏，以高壓洗管作業方式清除管內沉積砂石、污物、油脂硬塊(附著)、砂漿附著等。所匯集在人孔內之砂石及污物，以真空幫浦吸除乾淨，並將砂石清除物清除運棄。作業時若以栓塞住上游管渠，應設置抽水機抽除，以避免上游管渠溢流路面。

#### 4. CCTV 影帶製作

管徑 200mm(含)以上，應進行 CCTV 檢視作業(需含坡度測定)，CCTV 檢視設備之操作，係由地面上閉錄電視攝影車內的電腦設備控制，管內狀況傳輸至電腦螢幕，所有檢視過程均應數位檔案錄製(最後錄成光碟片)存憑。進入管渠拍攝前，應以白板填寫註明工程名稱、工程項目、所施工人孔之圖號、人孔編號、管徑、施工地點、日期等工程概述一起拍攝，攝影時應同時以監視器監看拍攝效果。

#### 5. CCTV 檢視設備拍攝

CCTV 檢視設備開始進行拍攝時，管內清除物應已全部清除，清疏完成後進行錄影存證，拍攝時需將人孔周邊背景予以納入，並進行連續拍攝至設備安置於施作管口處，以至於完成整個檢視過程為止。管渠內流水不得超過管徑百分之五(管渠沉陷部份及漏水等其他載具除外)。拍攝過程中，不良處之位置、管材、管徑、接頭編號、檢查日期及不良情形等資料，必須輸入電腦螢幕並數位檔案錄製，且管渠缺失應拍照存憑。CCTV 檢視設備操作作業程序包括：

- (1)將閉錄電視攝影車停至適當位置，打開警示燈及擺放交通錐。
- (2)啟動發電機，發動約五分鐘讓電流、電壓穩定，再行開啟各項設備開關。
- (3)依序開啟電源總開關。
- (4)穩壓器儀表設定至額定電壓 110V。
- (5)數位檔案錄製，以錄影方式將管道內部檢查結果(含各接頭進行環視)記錄下來，做為日後年度工程維護或抽換更新之依據。
- (6)開啟控制盤及監視器開關(控制盤：可控制閉錄電視攝影機前進、後退，調整鏡頭光圈、焦距、即直視、側視(360 度旋轉)，監視器：可同步顯示管內狀況，鍵盤：可輸入各項資訊，記錄於影帶中)。

#### 6. 管渠內清除物處理

若管內發現樹根侵入、接頭止水膠圈脫落、砂漿附著或混凝土塊、油脂硬塊(附著)等情形，應施以管內障礙物切除作業。管內障礙物切除作業時，切削機具不得損傷管壁，且切削效果至少需達管徑 90% 以上，障礙物切除後，應以高壓洗管機將切除之障礙物清除，再以 CCTV 檢視鏡頭檢查切除後之管內狀況，並予以數位檔案錄製及拍照存憑。如遇到管接頭漏水、連接管突出、管壁不良、管接合不良、管接頭錯位、管破損、管斷裂等情形時，導致 CCTV 檢視設備無法前進，應予錄影及拍照存參。

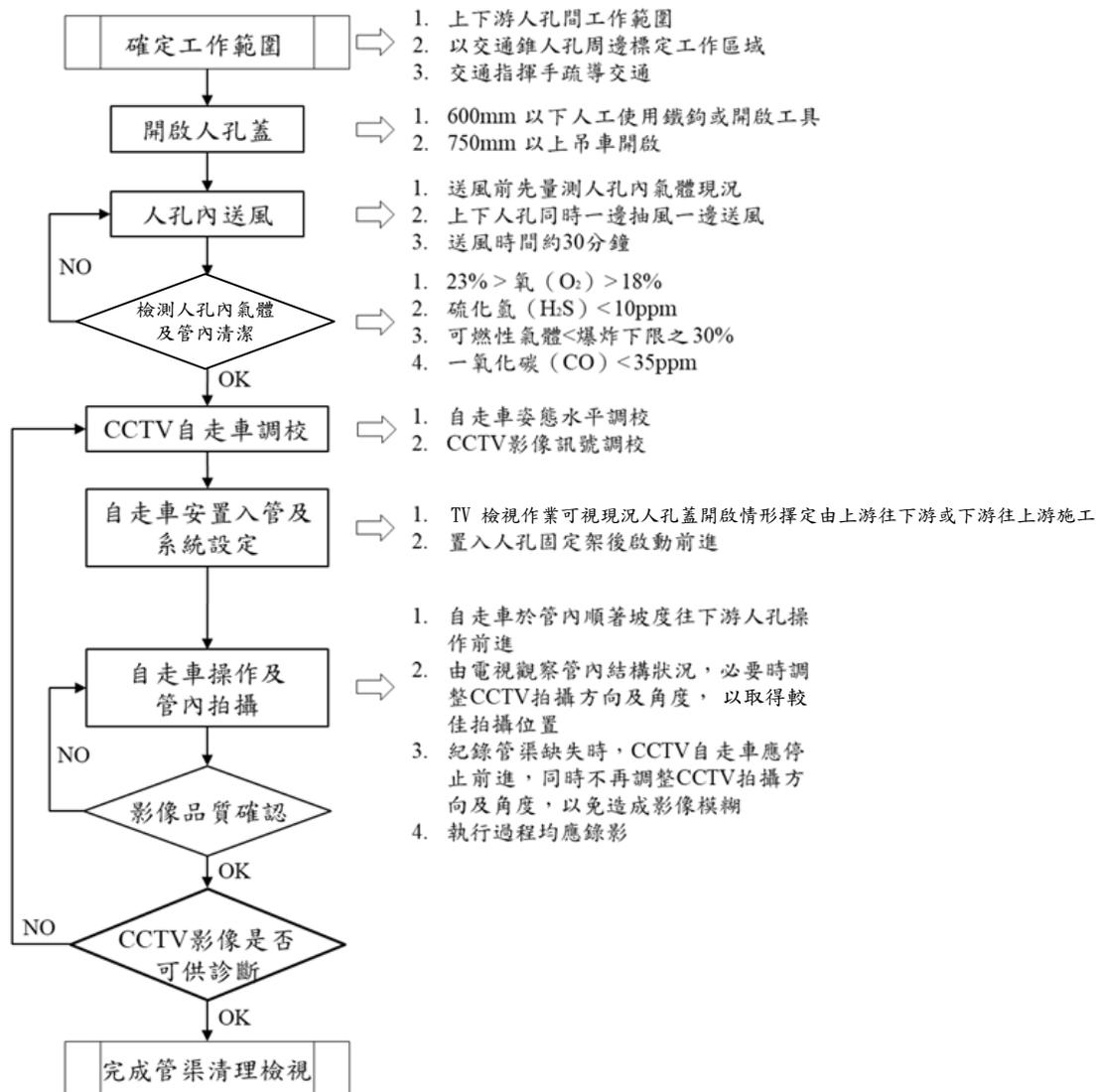


圖 2.2 管渠檢視流程圖

由於管渠設施受原設計、施工、材料、構造等不同考量，及通水後因使用狀況不確定因素影響，其排水能力及結構狀況受物理性、化學性及生物性等影響，導致結構狀況受損因而降低耐用年限。影響管渠結構最嚴重因素，大多為道路塌陷事故，因此藉由 CCTV 檢視設備所拍攝影像，提供檢視人員便於進行管渠內部結構狀況評估，以確保管渠使用上結構安全性。

管渠完成結構狀況評估後，依據英國水研究中心管渠維修手冊之結構缺失狀況分級表，對每一管段進行結構狀況分級，共分為五級，級數越高代表損壞狀況越嚴重。另請參閱 P.25 管渠修繕操作及記錄之內容。

分級評估重點著重在管渠結構性能、排水能力及耐震性能。管渠結構性能為大多影響因素，包含嚴重破損、裂縫(紋)、地下水由連接處滲入、管周遭砂土流入等，皆產生地盤掏空導致道路塌陷事故，修繕方式多採用局部修補工法居多，

若大範圍嚴重者，則會建議採用區段翻修工法。排水性能則在評估管網系統是否能恢復當初設計之最佳水理狀況，大多產生管渠迴水或積水問題，通常會針對水理瓶頸管段或全面置換逆坡及容量不足管段兩種情況進行改善，修繕方式多採用區段翻修工法或管渠置換工法。耐震性能評估受管材及管與管接頭的銜接情況影響，撓性管材所承受允許變形量會較剛性管材強，管與管接頭是否鬆脫產生滲漏，都會衍生出結構性能與排水能力等問題，修繕方式則會視影響範圍程度選擇管渠置換、局部修補或區段翻修等工法。

依據「污水下水道修繕計畫擬定標準作業手冊」中，修繕工法分類為管渠置換、局部修補、區段翻修等，本章訂有以止水為目的之注入工法、嵌縫工法和環狀工法、強化管渠內部不良處之內面補強工法、混凝土結構物斷面修復工法、防蝕工法、其他更換管渠及人孔踏步工法進行說明。

### 2.3 止水工法

止水工法是為提高管渠水密性而填補空隙，或是以止水為目的而使用之工法。用於地下水滲入管渠設施或漏水處，或由於上述原因導致設施內面出現滲水、周邊地盤鬆脫時所採用，並就三種工法分述如下。

解說：

#### 1. 注入工法(又稱注藥補漏工法)

短時間內將凝固的藥液注入不良部位(接頭錯位、裂縫(紋)等)，填滿因堵塞而形成的滲水處和空隙，並改良周邊地基，目的為提高水密性的工法，施工概略圖詳圖 2.3。

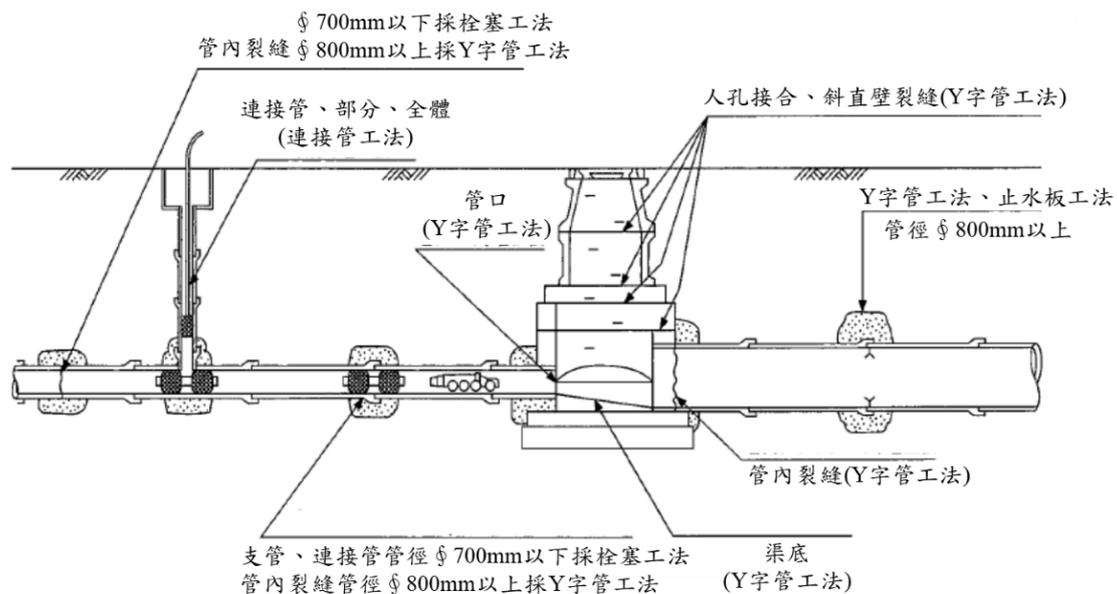


圖 2.3 注入工法概略圖

管渠止水工程中，使用的注入材料與一般注入材料不同，前者是專門為下水道管渠而開發，凝固前流動性好，即使是細小裂縫(紋)或複雜結構，也有極高的充填效果。但是，注入工法中使用的注入材料，還無法確實得知其結構強度和長期耐久性，因此需要長期觀察後續使用情形。

注入工法特徵如下：

- (1)可配合管渠及人孔本體的形狀、尺寸。
- (2)可填充管渠設施背面之空隙。
- (3)有效進行緊急時的止水及暫時防止砂土流入。
- (4)在注入範圍偏差和注入材料耐久性上，仍會有使用上的問題，有時無法預期持續且長期之止水效果。
- (5)施工前、中、後，須進行地下水的水質監測及比對。

#### 1) 栓塞工法

栓塞工法是使用注入填充器，將管徑未滿 1,200 mm 的小口徑管渠、連接管及支管之不良處，從管內向管外周的空隙或待滲水處加壓注入止水材料，進行暫時修補的工法。施作方法從管渠內針對修繕處，用 CCTV 檢視設備引導至不良部位逐一注入施工，並以注入機器充填止水材，注入材料有主劑和硬化劑，透過同時注入這兩種液體讓止水材固結，在管外圍形成甜甜圈型的防水帶之止水功效，如圖 2.4、圖 2.5 所示。此工法可有效作為內面補強工法及斷面修復工法事前止水輔助功效。

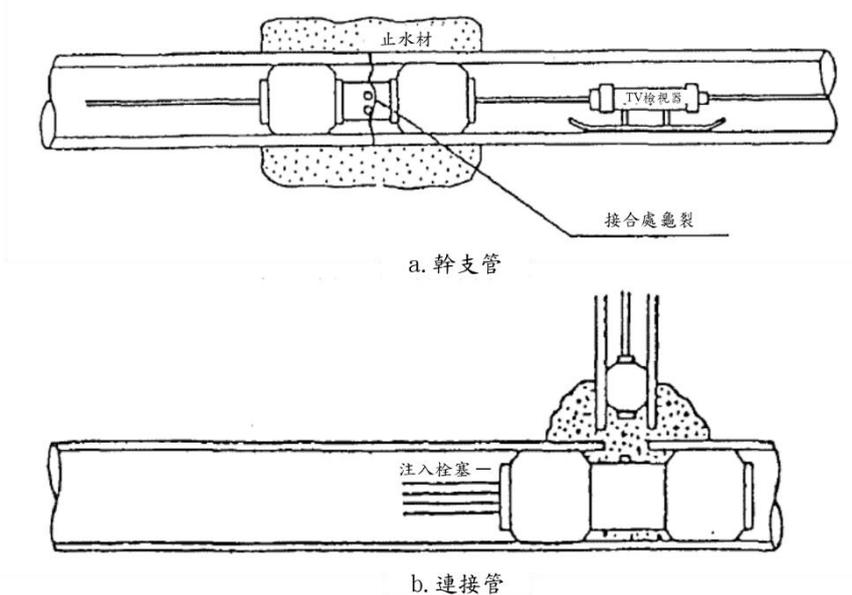


圖 2.4 栓塞工法細部示意圖

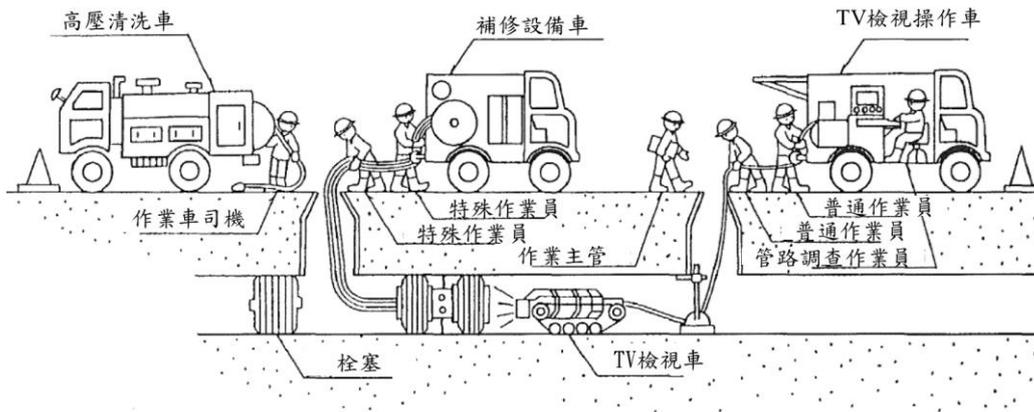


圖 2.5 栓塞工法標準作業圖

## 2) Y 字管工法

Y 字管注入工法適用於在混凝土製的管渠以及人孔本體中，包含滲水處的修補。適用對象為內徑 1,200 mm 以上的管渠不良處(例如接頭錯位、裂縫(紋)、破損等)、人孔本體的不良處(例如斜、直壁接縫錯位、裂縫(紋)、破損等)與人孔連接的管渠口不良處(例如裂縫(紋)、破損等)。

施作方式為將滲水不良處呈 V 字型，嵌入注入管進行固定，接著在注入管上安裝 Y 字管和注入軟管，從管內向管外圍的空隙或滲水處加壓注入止水材料，以進行臨時修補。注入材料有主劑和硬化劑，透過同時注入這兩種液體來止水，完成後管內表面的最後加工會使用止水用水泥或灰泥等進行修飾，其示意圖如圖 2.6 所示。

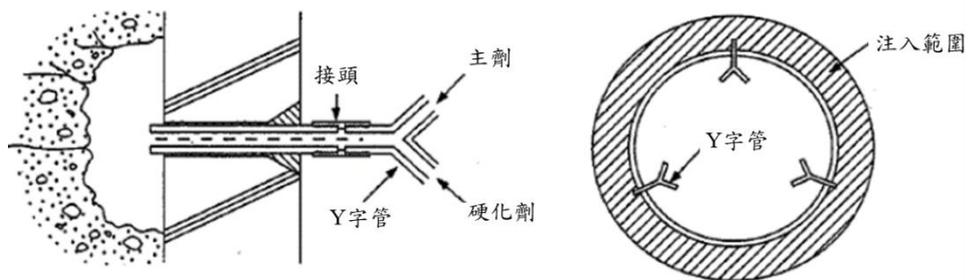


圖 2.6 Y 字管注入工法示意圖

## 2. 炭縫工法(V-cut 工法)

炭縫工法係指在管徑 1,200 mm 以上的中、大口徑管渠、人孔側壁等修繕處，修復範圍針對滲水處(例如接頭偏移、裂縫(紋)、小破損等)，施作方法利用十字鎬、鑿子等，將主要結構的一部份修補成 V 型或 U 型字狀，並在該處用烙鐵或專用噴槍等，將急速凝固型止水材填入縫隙中，再加工修飾表面使其平整，工法及標準作業流程示意圖如圖 2.7、圖 2.8 所示。

炭縫工法特徵如下：

- (1)可配合管渠及人孔本體的形狀、尺寸。
- (2)施工快速又廉價。
- (3)由於急速凝固型防水材料的收縮，有時無法預期持續防水效果。
- (4)會因為修繕處成為 V 型或 U 型字狀時，造成既有結構體應力性斷面破損。

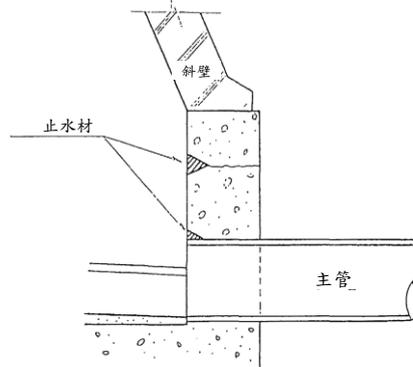


圖 2.7 嵌縫工法示意圖

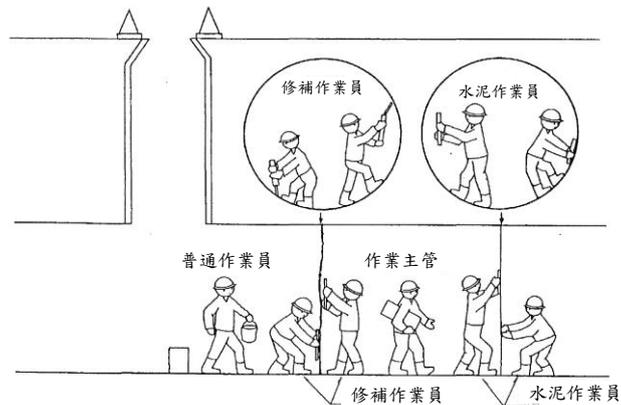


圖 2.8 嵌縫工法標準作業圖

### 3. 環狀工法

環狀工法是在能看到滲水的接頭處不良部位，使用工廠製造的止水用橡膠密封墊進行修繕。施工方法為採用抗腐蝕性的不鏽鋼套筒，從內側進行擴徑壓接，藉此防止滲水及砂土流入管渠及人孔內，即使大管渠斷面仍可以進行施工，適用於管段內徑 1,200 mm。除此之外，此工法近年來不僅以止水為目的，還改良具有抗震能力，適用於地震時在人孔接縫處發生的水平方向錯位及彎曲處進行修繕。

環狀工法特徵如下：

- (1)持續止水效果比注入工法更好。
- (2)材料無柔軟性，因此不適用於不平滑、曲折、高低差過大(僅可適用於高低差 20mm 左右)處。

## 2.4 內面補強工法(又稱膠膜內襯補漏工法)

內面補強工法是為修繕發生在管渠內表面不良處，並增加現況既有結構強度，以提升止水性、耐水性為目的之工法。

解說：

此工法是在芯材(例如不織布、玻璃纖維墊、有機纖維墊等)之中，把浸漬硬化性樹脂的更生材料，用修補機從人孔引入管渠內的不良處，並利用氣壓壓接在管渠內面後，讓更生材料硬化達到表面修補功效，此工法施工示意圖如圖 2.9。

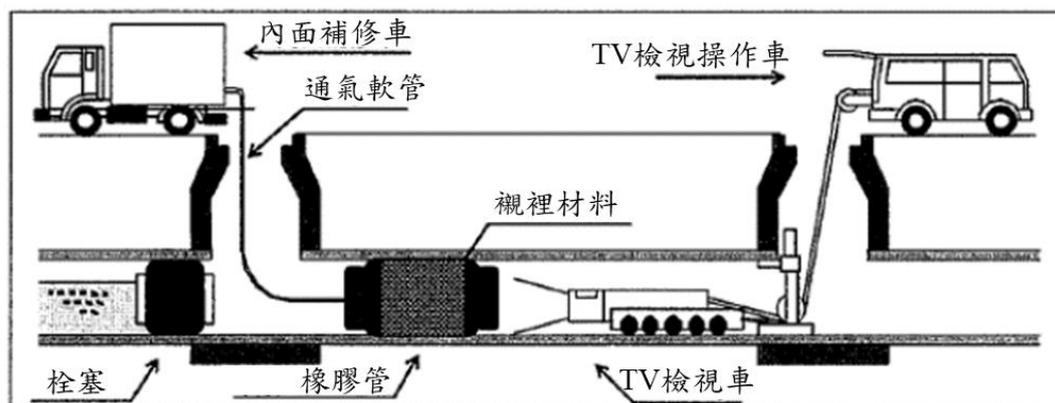


圖 2.9 內面補強工法施工作業圖

內面補強工法特徵如下：

1. 可修繕管渠的部分破損、裂縫(紋)等，同時可透過重複相同的作業工程來修繕任意長度。
2. 可修繕連接管接合處。
3. 適用範圍取決於管渠內表面損壞程度。
4. 如果修繕表面部分「隆起」或「剝離」，在高壓清洗時可能會導致修補區域會有脫落情形。
5. 目前沒有針對修繕後耐久性進行評估。

上述所採用的更生材料硬化方法分為熱硬化、光硬化、熱形成三種，施工方法如下：

### 1. 熱硬化方式-反轉內襯工法

熱硬化是在玻璃纖維或有機纖維等芯材上，將浸漬熱硬化性樹脂的更生材料，纏繞在專用的修補機上，從人孔引入到管渠內的修補位置，再透過氣壓等，加壓緊貼於管渠內面。接著在加壓狀態下，利用溫水或蒸氣等進行加熱，讓更生材料熱硬化，形成符合既有管渠形狀玻璃纖維強化塑膠(Glassfiber reinforced plastic pipe 簡稱 GFRPP)管，施工示意圖如圖 2.10。

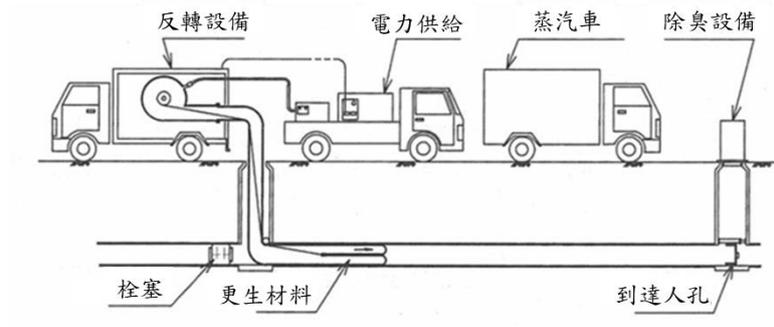


圖 2.10 熱硬化施工作業圖

## 2. 光硬化方式-拉鋪內襯工法

光硬化是將事先把玻璃纖維或有機纖維等芯材、光硬化性樹脂及工廠內生產(浸漬、層疊)的更生材料纏繞在專用的補修機上，從人孔引入到管渠內的補修位置，再透過氣壓等加壓緊貼至管渠內面。接著在加壓狀態下照射紫外線或可見光線，讓更生材料硬化，形成符合既有管渠形狀的 GFRPP 管，施工示意圖如圖 2.11。

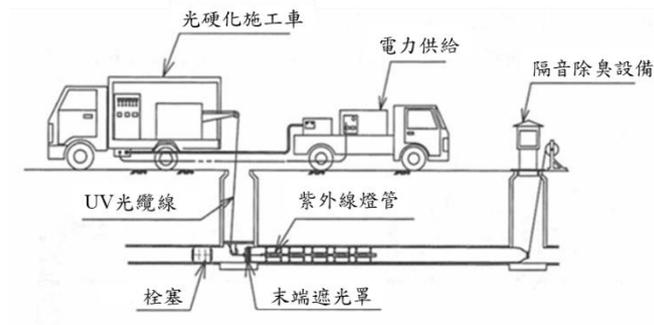


圖 2.11 光硬化施工作業圖

## 3. 熱形成方式-緊貼內襯工法

熱形成(又俗稱常溫硬化)是在玻璃纖維或有機纖維等芯材上，將浸漬常溫硬化性樹脂的更生材料，纏繞在專用的修補機上，從人孔引入到管渠內的修補位置，再透過氣壓等加壓緊貼於管渠內面。接著在加壓狀態下以不從外部加熱的情況給予適當等待時間，讓更生材料硬化，形成符合既有管渠形狀的 GFRPP 管，施工示意圖如圖 2.12。

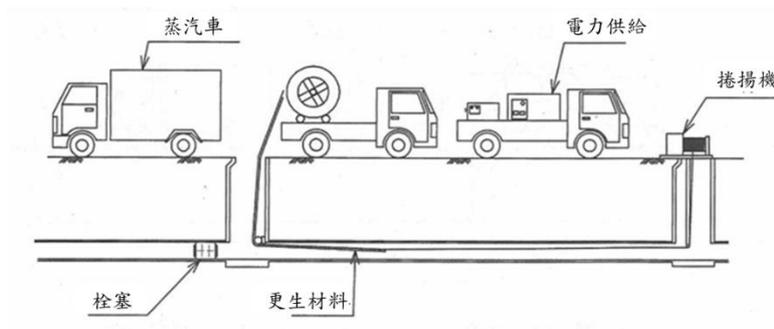


圖 2.12 熱形成施工作業圖

## 2.5 斷面修復工法

混凝土結構物的斷面修復工法，是為防止混凝土中性化，以及修復因沖刷所導致的磨損為目的之工法。

解說：

一般下水道管渠除硫化氫引起的硫酸腐蝕外，還可能因混凝土中性化和磨損而劣化。其中，為修復因硫化氫引起的硫酸腐蝕以外的中性化和磨損引起的劣化，大多採用利用灰泥來進行斷面修復工法。

以下可適用於管渠的混凝土結構物斷面修復工法，有以下兩種方式：

### 1. 斷面修復灰泥工法

斷面修復灰泥工法的斷面修復材料，一般採用超微粉末高爐爐渣含量高的灰泥。針對使用高爐礦渣微粉末的混凝土耐硫酸程度(5%硫酸水溶液浸漬1年後的強度)，在日本土木學會的施工方針表示，任何浸漬期間、置換率、水結合比、粉末細度等，與一般混凝土(W/C=55%)相比較後確認，其抗壓強度都較大，若與矽化爐併用，則耐酸品性會進一步提高。因此，在硫化氫濃度為5ppm以下的環境，透過使用含有大量超微粉末高爐爐渣的灰泥，可應對管中排放酸性液體避免腐蝕之工法。

### 2. 同時使用 GFRPP 補強材和耐硫酸灰泥的斷面修復工法

此法同樣被分類為修繕混凝土結構物的修復工法，利用 GFRPP 補強材料和耐硫酸灰泥同時進行補修及補強，無論是在樑、柱、牆、板等既有結構物的混凝土表面，將內部塗裝 GFRPP 補強材料，再利用灰泥與既有混凝土一體化，藉此恢復及提高結構物承載力和耐久性。使用範圍主要用於箱涵及特殊人孔等混凝土結構物的修繕工程，而採用此工法時機，最重要的是充分研究施工條件、腐蝕環境條件及設施劣化狀況等。

## 2.6 防蝕工法

防蝕工法是防止硫化氫氣體等造成混凝土腐蝕(防蝕)和混凝土中性化的工法。

解說：

施作方式為在既有管渠設施中，用襯裡材料和耐硫酸灰泥等，在既有結構物混凝土表面形成高耐硫酸的覆蓋層，並在規定的耐用年限內，保護混凝土免受硫酸物侵害之工法。其工法種類有下列三種方式：

### 1. 塗佈型襯裡工法(又稱有機類表面覆蓋工法)

此工法是在混凝土表面塗佈防蝕覆蓋材料，形成防腐蝕覆蓋層之工法。防蝕覆蓋材料有環氧樹脂、聚酯類等，以灰泥添加丙烯酸酯後填入裂縫(紋)和破損處，用刷毛、噴霧、烙鐵、滾輪等直接塗覆樹脂塗料進行修補，適用於任何種類人孔形式，塗佈厚度因使用材料而異。

### 2. 薄板襯裡工法(又稱無機類表面覆蓋工法或製管工法或螺旋內襯工法/螺旋內

襯擴大工法)

此工法是將工廠製造的薄板狀硬質 PVC 或聚乙烯(PE)等防蝕覆蓋層與混凝土管一體化，藉此覆蓋新的表層產生新管段。施作方式為在人孔內組裝成符合管內形狀板材，並在螺旋型內襯及模板之組立板材與混凝土結構物的縫隙中，注入新的水泥砂漿或樹脂材料使其一體化，形成完整新的內面層，達到修補效果，施工示意圖如圖 2.13。

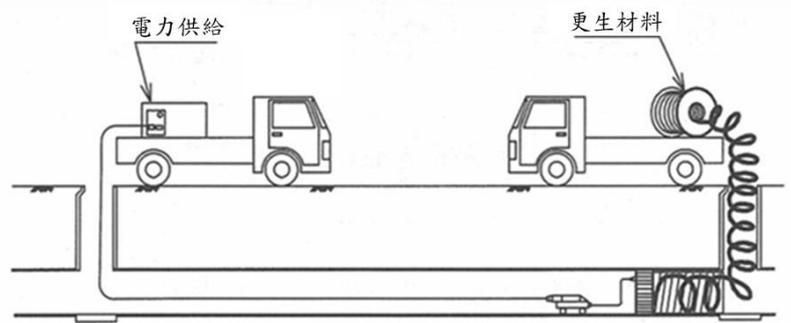


圖 2.13 薄板襯裡施工作業圖

### 3. 灰泥襯裡工法(無機類表面覆蓋工法)

此工法是在混凝土表面塗佈有著優異耐硫酸的灰泥材料(例如高爐礦渣水泥類灰泥、氧化鋁類灰泥等)，形成防蝕覆蓋層達到修復效果。

## 2.7 其他工法

除上述小節相關修繕或保護工法以外，還有以下兩種針對管段中常見的修繕工法。

解說：

#### 1. 替換部分管段工法

此工法不是以整個管段進行替換，而僅針對確定劣化的管段進行置換，將既有劣化的管渠替換成新管渠，施工方法有明挖工法和推進修繕工法。

#### 2. 人孔踏步更換工法

踏步是在人孔內上下時不可或缺的人孔附屬設備，在人孔內部實際劣化狀況中，屬最容易發現異常的狀況。因此踏步更換頻率也經常高於人孔或管段結體的修繕次數，有時還會一併伴隨修繕或改建之中，踏步材質及更換方法說明如下。

##### (1) 材質

踏步的材質有以下幾種，主要是在產生硫化氫的環境下，可能造成腐蝕時使用可耐腐蝕材質進行保護。

1) 採用不鏽鋼材質，並經過止滑加工

2) 採用不鏽鋼材質，再塗裝一層聚丙烯

(2) 踏步更換工法及方法如下表：

表 2.1 踏步更換工法及方法

工法及方法	施工概要
鑽頭鑽孔工法	用打磨機切斷既有踏步後，使用鉋鑽或岩心鑽頭等進行鑽孔，再利用樹脂材料固定踏步
梯子式踏步	用錨釘安裝梯子樣式踏步
雙鑽頭工法	用並列裝設兩台電動鑽頭，左右同時鑽孔，使用可溶解止水套管和黏接劑海綿，將踏步插入該孔中並黏接固定
人孔專用岩心鑽頭系統	用專用的濕式岩心鑽頭鑽孔，再用黏接劑固定踏步
自動更換裝置	在拆除既有踏步後，從地面上使用專用的踏步更換裝置，並自動鑽孔及設置安裝固定踏步

## 2.8 管渠修繕操作及記錄

本手冊設計「修繕操作紀錄表」，提供管渠資料表、結構狀況評分表、結構狀況調查表、修繕方式評選表等四項表單，做為管渠修繕標準作業之依據。各表單之填寫流程如圖 2.14 所示，以下分別敘述各表單之內容及使用記錄方法。

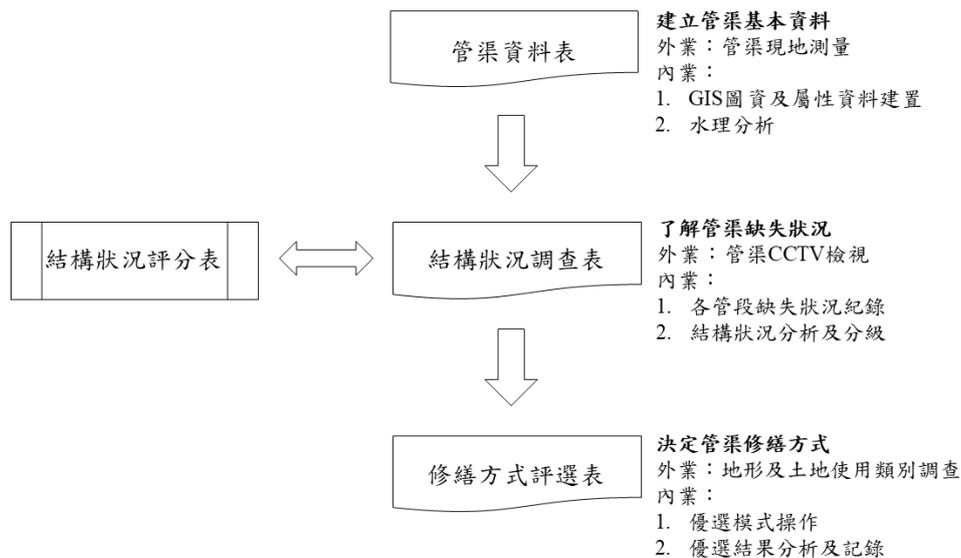


圖 2.14 管渠修繕計畫擬定填表計畫

### 1. 管渠資料表

管渠資料表製作方式為工區基本資料與施工條件調查、蒐集、評估，調查內容，包括計畫範圍、地質與土壤、地形與地勢、河川與地下水、氣候、交通特性、其他地下管渠及構造物等。其中既設管渠現況調查為管渠資料表之重點，必須進行既設管渠數量彙整、人孔及管渠高程複核檢測、水量推估及水理分析。基於上述調查及分析成果，進行管渠檢視 GIS 基本資料建立，其資料屬性資料應包括下列項目：

- (1)上下游人孔蓋標號
  - (2)管徑(mm)
  - (3)管長(m)
  - (4)上下游管底高程(m)
  - (5)坡度(%)
  - (6)流速(m/sec)
2. 結構狀況評分表

該評分表由英國水研究中心所研擬，將管渠缺失分為九大類，包括接頭鬆脫、接頭移位、管身裂痕(紋)、管身破損、管身斷裂、管身穿孔、管身塌陷、管身破碎、管身磨損、管身變形等。每一類缺失依其嚴重程度給定不同評點，評點共分成 1、1.5、2、5、10、20、40、80、120、165 等十種。管渠破損程度輕微，所獲得評點較低；反之，所獲得評點較高，評點給定方式說明如表 2.2。

最後，加總破損管段所獲得的評點，依據點數總和對該管段進行結構分級，分級方式說明如表 2.3。

3. 結構狀況調查表

此表為管渠修繕操作紀錄之核心，針對上述 1.及 2.表格資料進行整合，由檢視工程師依據現地檢視成果，對每一破損管段紀錄其缺失於表內，必要時須登打造成異常原因之說明。在記錄資料同時，應對每一管段進行評點加總、結構分級及對整體管網依管徑進行缺失數量統計，最後確認整體管渠所有破損管段是否均完成缺失紀錄及異常原因登打，若未完成則依據檢視結果進行資料檢核，彙整結構狀況表流程圖詳圖 2.15。

4. 修繕方式評選表

此表用途在於記錄每一破損管段之修繕方式，以及所選用的置換管材，修繕方式可行性評估需考量技術性、使用限制條件及經濟性等，茲分別檢討如下：

(1)技術性

目前管渠修繕工法技術，已有美國 EPA(環保署)、英國 WRc(Water Research Centre)等相關單位正式驗證，修繕工法技術在工程經濟考量下，可大致歸納成局部修補、區段翻修以及管渠置換等三大類，各種修繕工法技術請詳前述小節內容。

(2)使用限制條件

不同修繕工法雖各具特色，但亦各有其使用限制條件，如需考量適用管徑、長度範圍、可否斷續施工、可否水中施工及狹窄空間可否施工等條件。

(3)經濟性

評估、選用修繕工法時，修繕成本亦為主要考量之一。一般而言，以採用適當且修繕成本較低之修繕工法為原則，惟仍應考量施工期間所導致

額外社會成本之影響。

以管渠置換為例，傳統開挖(明挖方式)與免開挖修繕成本作比較，兩者於管徑 350mm 以下每公尺平均修繕成本差異約僅一成，惟若考量直接開挖修繕對鄰近地區所增加額外社會成本，如交通堵塞、行車減速等耽誤人、貨進出之交通成本、誤挖管渠所造成之意外事故成本、冗長工期影響商家正常作業所造成之工作效率降低成本等，則免開挖修繕工法較傳統開挖工法更具使用參考優勢。

此外，當單一管段僅少數接頭滲水或破洞損壞時，一般採用局部修補以節省修繕成本；然而，若損壞數量過多時，採局部修補未必較經濟，尤其再考量局部修補之壽命受制於原有管材本身之殘餘壽命，並非長期防止滲漏之治本方法，因此建議局部修補處數量過多時(如超過六處)，改採區段翻修或管渠置換方式進行修繕。

至於更新管材選用，在工程經濟及成本的觀點而言，選用適當且良好的管材所增加的費用有限，但因管渠大多長年埋於地下，一旦損壞後抽換之費用將數十倍於因採用良好的管材所增加之成本。

因此，管材之選擇為管渠工程實務相當重要的一環，下列因素為選擇管材之指南。

- 1) 堅固耐用，可承受外壓力而不致變形或破壞。
- 2) 可抵抗酸、鹼等化學物質及硫化氫之腐蝕。
- 3) 可耐砂礫之磨損。
- 4) 管內表面應光滑，水力性良好，才不容易阻塞。
- 5) 接頭水封應質佳，不易老化腐蝕，水密性好，且易安裝富撓曲性。
- 6) 重量應適當，便於搬運及埋設。
- 7) 管件要齊全，供應無缺，便於維護管理。
- 8) 價格要低廉且大眾化。
- 9) 耐用年限要長。

除上述管材選擇因素外，管材特性一般分為「撓性管」(Flexible pipe)與「剛性管」(Rigid pipe)兩大類。當管受到外壓產生變形，垂直方向撓度  $\Delta y$  與管直徑  $D$  之比值大於或等於 2% 時，管體無結構上之破壞，稱為撓性管，例如玻璃纖維強化塑膠管(GFRPP)、聚乙烯管(PEP)與塑鋼管(ABSP)等。

相反地，撓度比之臨界點在 2% 以內時，管體產生結構破壞，稱為剛性管，例如鋼筋混凝土管(RCP)及陶瓷黏土管(VCP)。各類管材之強度、化學性、物理性、耐熱性、斷面減少率、更新後接頭、耐用年限、粗糙係數、施工日數等將影響管渠修繕成效，於規劃期間需妥善考量上述因子。

表 2.2 管渠結構狀況評分表

缺失類別	程度	評點
接頭鬆脫	輕微(小於等於 3cm)	1
	中度(介於 3~6cm)	1.5
	嚴重(大於等於 6cm)	2
接頭位移	破裂	2
	上下位移	2
管身裂痕(紋)	圓周	10
	單一縱向	10
	多縱向	40
	多重	40
管身破損	圓周	40
	單一縱向	40
	多縱向	80
	多重	80
管身	斷裂	80
	塌陷	165
管身穿孔	半徑小於等於 1/4	80
	半徑大於 1/4	165
管身破碎	輕度	5
	中度	20
	嚴重	120
管壁磨損	輕度	5
	中度	20
	嚴重	120
管身變形	0~5%	20
	6~10%	80
	>10%	165

表 2.3 管渠結構狀況分級標準表

評估等級	分級標準
1	小於 10 點
2	10~40 點
3	40~80 點
4	80~165 點
5	165 點以上

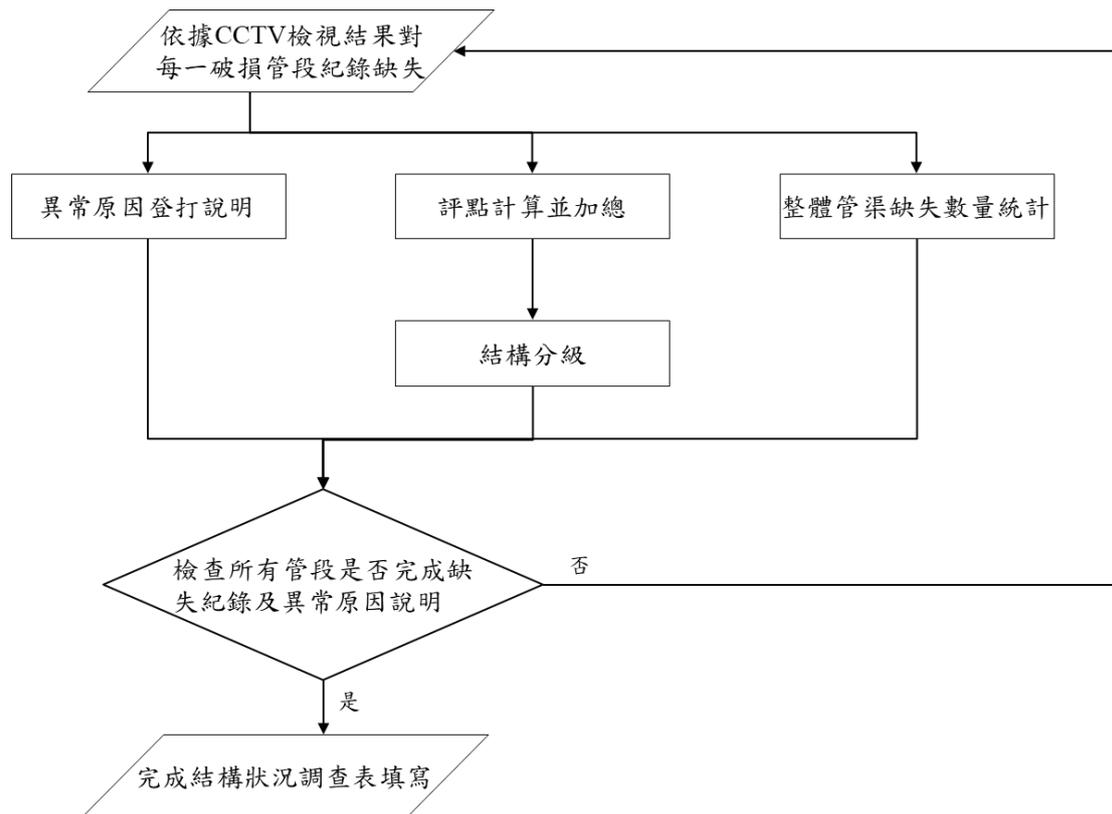


圖 2.15 結構狀況調查表填寫操作流程



## 第三章 既設管健全度評價及改建工法

### 3.1 概說

管渠設施的修繕及改建，依據管渠、連接管、人孔各個設施的不同，其適用的工法也有所差異。

修繕工法係根據管渠的埋設狀況、劣化或不良的問題、輸水能力以及施工條件等因素決定適用的方式。要修繕已經通水的既設管渠，將對周圍環境造成影響，故依據修繕情況之不同，可能需要額外新增龐大費用及延長施作工期。修繕後新的耐用年限，取決於功能的健全與否和機能之設置，予以分析與檢討選用適當工法。

修繕目的須配合既設管渠的狀態，恢復或增強既設管渠的耐久性、抗壓強度及輸水能力，必須確保修繕後擁有和新設管渠同等的功能。爰此，如果要進行修繕，需整理出適宜的條件，選擇適當的工法相當重要。確保修繕後的成果能具備與新設管渠同等或同等以上之機能，為滿足設計條件，也必須確保必要的通水斷面、坡度、抗壓強度及耐久性等。

由於管渠的形狀或施工中可否通水、道路和交通條件、周邊環境條件的不同，需要的配套措施也有所不同，必須以調查結果為基礎加以分析評估。

在選定工法時，需依據既設管渠的健全度評價結果，以掌握既設管渠之狀態，檢討並採用合適之改建工法。

### 3.2 修繕及改建比較檢討

修繕或改建更新之判斷，乃依診斷項目之相關劣化程度之範圍、規模及經濟性，以及其上位計畫、關連計畫(耐震化計畫)和其機能等，充分加以檢討後決定之。

解說：

修繕或改建之判斷，應依下水道之資產管理(stock management)實施有關指引(2015年版)為基礎決定。

修繕為對劣化等部分予以補強、止水或更換。改建原則上針對管段(兩人孔間)為單位進行置換或更新稱之。至於管渠以外的設施(人孔、連接管等)，依其劣化狀況，予以判斷為修繕或改建。

進入管渠內以目視調查或以 CCTV 檢視設備進行診斷，其項目包括腐蝕、上下方向鬆弛、破損、龜裂、接頭錯位及滲入水等，其他診斷項目尚有連接管突出、附著油脂、樹根侵入、水泥砂漿附著等，依其狀態對策不同，各劣化點檢討對策，原則上以能維護管理為主。

對於對策範圍的選定，則依檢討下列的對策項目時，依必要性進行經濟性比較判定。

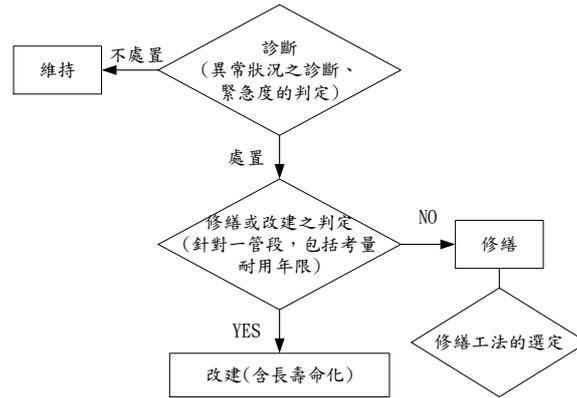


圖 3.1 修繕或改建更新之選定流程

### 1. 管渠腐蝕

管渠腐蝕，為對鋼筋及主要材料之健全性損壞(例如鋼筋全面腐蝕)，造成管渠的承載力不足，管體變形或破壞，導致地下水、砂土從該處流入，若為此種狀況就應改建更新。

### 2. 上下方向鬆弛

上下方向鬆弛，為管周邊發生不均勻沉陷，造成管渠不平順排水狀態，引起流入物堆積，進而發生下水溢流情況，若為此種狀況就應改建更新。

### 3. 逆坡

逆坡為坡度的逆轉，使管渠降低排水的能力，引起流入物堆積，甚至造成下水溢流情況，若為此種狀況就應改建更新。

### 4. 人孔內部逆落差

人孔內部逆落差，為下游管渠比上游管渠之管底為高之段差狀態，為造成流入物堆積，有時導致下水溢流的原因，若為此狀態就應改建更新。

上下方向之鬆弛、逆坡及人孔內部的逆落差時，應針對該管段的上下管段，進行數管段的水力坡降線檢討，確認管內水流的輸送能力。

### 5. 管渠破損

管渠破損，為造成地下水及砂土，自該點流入的原因，若任行放置，覆蓋面將形成空隙，對其他設施將造成劣化的影響，包括道路的坍塌，甚至造成人命的事故。對於管渠的破損，就經濟性之比較後，選擇修繕或改建。

### 6. 管渠龜裂

管渠龜裂，若其龜裂的長度大時，將導致承載力不足，管體變形或破損，將導致地下水及砂土的流入，也同上述破損會造成事故，對管渠之龜裂，就經濟性之比較後，選擇修繕或改建。

### 7. 管接頭錯位

管接頭錯位，接頭脫落時，地下水及砂土會從脫落點流入管內，導致與破損相同的事故，因之對於管接頭脫落，就經濟性之比較後，選擇修繕或改建。

## 8. 滲入水

滲入水為從滲入點同時流入砂土，造成覆土的流動，其結果恐導致道路下陷，影響交通人命事故，雖從滲入處進行止水可發揮效果，但管渠埋設後因經年劣化，卻可能因止水後由於管周邊水壓上升，造成從另處又滲入，因此對於現在的滲入水，就必須從整體管段去考量止水，故止水應從全管段，就經濟性之比較後，選擇修繕或改建。

表 3.1 修繕或改建判定之診斷項目及對應狀況

診斷項目	改建對應狀況	經濟性之比較
管渠腐蝕	鋼筋及主要材料之健全性的損壞(例如鋼筋全面腐蝕)	—
上下方向鬆弛	流入物的堆積及下水溢流的原因時	—
逆坡	管渠無流下能力之狀態	○
人孔內部逆落差	流入物之堆積及下水溢流之原因時	○
管渠破損	經濟性之比較，選擇修繕或改建	○
管渠龜裂	經濟性之比較，選擇修繕或改建	○
管接頭錯位	經濟性之比較，選擇修繕或改建	○
滲入水	經濟性之比較，選擇修繕或改建	○

備註 1：○：應做經濟性比較分析項目。

備註 2：管段逆坡建議以水理分析是否影響用戶端污水正常排放，如未影響污水排放，可檢討以加強檢視及清疏方式處理。

## 3.3 既設管健全度評價

改建必要性之檢討、施工方法之選定及設計等目的，主要係針對既設管之能力及結構物進行健全度之評價。又就既設管之調查結果、健全度評價結果之數據，進行歷年變化之分析，為改建延壽化對策之計畫，做適當的參考依據。

解說：

依據既設管斷面、坡度、劣化狀況及下水流況等，其適用可能施工方法有異，且對改建工法之適用可能性檢討、工法選定，為能正確設計，對既設管的狀態應能定量化。

改建工法的採用，對既設管的劣化狀況等做適切判斷之同時，現在的輸水能力及構造物也應加以評估，尤其對複合管、既設管剩餘強度之期待，既設管及更生材整體構成結合成新管的構築工法，既設管剩餘強度(混凝土、鋼筋健全性等)的評估，皆甚為重要。

既設管健全度的檢點、調查結果及改建工法對策內容，所根據的有關數據以及維護管理累積資訊，應能予以數據化為宜。

### 3.3.1 輸水能力評價

依據管內調查、測量等結果，評價管渠的輸水能力。

應以在計畫流量下應有的水流，加以評估。惟若現況流量及計畫流量間有所差異，以及淹水災害狀況記錄，做為適當的檢討對象加以評估。

解說：

下水道台帳等既有資料，管內調查通水機能阻礙狀況、測量調查管渠的管底高程、坡度、斷面、長度等為基礎，對既設管之輸水能力做定量的評估。管渠之輸水能力，可依流量計算法進行。

管渠設施改建時，原則依下水道計畫決定必要之輸水能力，為確保重力流為基本，若輸水能力評估結果，對所定的計畫雨水量或計畫污水量之輸水能力不足時，則應檢討重新埋設符合計畫量的管渠，以確保輸水能力。

另外，如因都市發展造成污水量大於計畫污水量，以致輸水能力不足時，應就現況能力及更生後的輸水能力加以比較，再據以決定適當的設計流量。若現在的流量很少，與計畫流量差距，則可檢視既設管有無改建的急迫性，而以現況流量適當的加以檢討。

檢討時包括驗證其可重力流為基本，低窪地區則要勘查過去淹水災害狀況，做流況模擬分析驗證水力坡降下之流下能力。

周邊的地形、土地利用及道路交通狀況，既設管在適當坡度下，其路線無法確保流量計算結果，應能做為下水道改建計畫的依據。

### 3.3.2 結構性能評價

既設管的結構調查及劣化調查之結果，與現在的相關結構基準對比、評估，經由適切的方法保有應有的承載及耐震力。

1. 既設管設計參數
2. 承載力
3. 耐震力
4. 其他

解說：

依據耐震診斷評估既設管之耐震性能結果，若未能滿足既設管要求性能時，也可以採用更新工法之對策，但若要求耐震對策時，因更新材料使管內通水斷面縮小而造成輸水能力不足，則應檢討設施老化之對策或耐震化對策之優先性。

#### 1. 既設管設計參數

既設管設計相關資訊調查結果、設計及施工資料，適用時的基準類，類似斷面的標準結構圖等，將使用材料及設計程序再予重新定之。

既設管的結構性能之評估，若能以結構計算為佳，在定性評估上以設計及施工之評估方法也可以。隨著年代的變化，耐震對策的調整，要加以留意，做適切的推定。

#### 2. 承載力

在有關材料上，原則上仍以劣化度調查結果為準，惟調查位置及調查數等，則依路線狀態適切決定之。

中、大直徑的管渠，可藉在混凝土或鋼筋的採取樣品、試驗，據以確認混凝土或鋼筋的現況強度，施工時混凝土強度雖能達到設計標準之要求，但

有時可能因施工時品質不一，致所獲得強度試驗有差異現象，對於這些調查所獲得的材料強度，與當時之設計標準相比較，適切設定結構性能評估。

小口徑管因無法取樣進行直接調查，故不易就剩餘強度做定量性判斷，這種狀況，則可參考其他調查結果等所設定的方法，於考量強度遞減等做安全判斷。

既設管在使用期間，因腐蝕、磨損、地質條件、地下水條件及外部載重，而使結構的耐力部分劣化，因之既設管調查、劣化度調查結果，以設計定數加以評估時，必須能以安全設計之物性值適切決定。

平時承載性能的評估，於考量既設管的狀態，可以 JSWAS A-1 及 JSWAS K-1 日本下水道協會及 SGS 實驗室採用 ASTM 等規範為基準，做結構計算及外壓試驗。

這些計算方法，在結構上成為危險的圓形管上下側之檢定為基本，若有其他部分的破損時，就會發生危險性，其他模式化及解析法之採用，也必須加以探討。

### 3. 耐震力

耐震能力的評價可參考營建署 109 年「下水道設施耐震設計及解說」。關於更新工法耐震檢討項目如表 3.2 圓形管渠及表 3.3 下水箱涵耐震計算矩陣表所示。本表除既設管渠的結構性能評估以外，若想藉由更新工法尋求對策的話，也能兼用更生工法的耐震計算矩陣表。矩陣表區分為「重要幹管」和「其他管渠」，而地震等級 1 及等級 2 則另外以「耐震指針」為基準，在檢討項目中以「○」符號當作標記。

評價耐震能力部分，必須考量是否適合該施作設施、重要度為何，並且設計各等級地震的耐震能力來進行評估。「耐震指針」的部分，依「重要幹管」來確保針對等級 1 地震所設計的輸水能力，也同時要求確保針對等級 2 地震所設計的輸水能力。另外，如果要依照設施的重要程度來考量方法、並藉由地震防災計畫規劃減災對策等，必須依其他已制定的地震防災計畫等為標準。

而「設計輸水能力的保證」即為保證水理計算表所標示的該管渠輸水能力，具體來說是針對設計承載力，當管渠本體或接頭處出現過度的龜裂、移位(脫落或是彎曲等)、變形等問題時，也必須保持規定的正常功能和不損失其耐久性的使用極限狀態。另一方面，所謂「保證輸水能力」，是即使地震使管渠本體出現裂縫或下沉等損害狀況，導致難以確保輸水能力的話，在尋求管渠置換和修復的對策時，管渠必須依舊維持重力流的狀態。具體來說，係指為同時防止土石流入管渠內，管渠斷面即使發生龜裂問題也不會損壞的最終極限狀態。

另外，如果既設管渠出現部分破損問題，則需額外檢討採用模式或分析技術，而接頭設計限制或彎曲角耐震性另詳營建署 109 年「下水道設施耐震設計及解說」3.3.2 節承插接頭管線耐震設計。

表 3.2 更新工法耐震檢討項目一覽表(矩陣表：圓形管渠)(參考)

【標記】○：檢討對象 △：原則上另外檢討 □：下述(註 1)

檢討項目		結構形式		一般構造管渠 (硬質塑化樹脂管 接著接合管線)		更新工法(自立管)案 (以小管徑為對象)			承插接頭管渠 (鋼筋混凝土管、陶 管)		更新工法(複合管)案		
				等級 1	等級 2	等級 1	等級 2	備註	等級 1	等級 2	等級 1	等級 2	備註
重要 幹管	a. 人孔和管渠連接處	依地震	彎曲角	○	○	○	△	另外檢討(可於連接處使用撓性結構，並活用彈性填縫材)	○	○	△	△	另外檢討(可於連接處使用撓性結構，並活用彈性填縫材)
			脫落量	○	○	○	△		○	○	△	△	
	b. 管渠間的接頭處	依地震	彎曲角						○	○	□	○	等級 1：既設管渠間的接頭處。 等級 1 和等級 2：套管的接頭處。
			脫落量						○	○	□	○	
	c. 垂直斷面的強度		抗壓力						○	○	○	○	
			壓力										
	d. 管軸向強度		管體歪曲										
			應力強度	○	○	○	○						
	e. 坡地(坡度地質)	依永久扭曲	脫落量							○		○	
	f. 地質變化大、急曲線等		脫落量						○	○		○	詳註 2 及註 3
g. 液化的判定(FL 值)				○	○	○			○	□	○		
h. 地盤液化的狀況下 (FL 值 ≤ 1.0)	依永久扭曲	彎曲角				△	人孔和管線連接處另外檢討 (可於連接處使用撓性結構， 並活用彈性填縫材)			○	○	人孔和管線連接處另外檢討(可於 連接處使用柔軟的材料，並活用彈 性填縫材)	
		脫落量		○		△			○	○			
	依地盤下陷	彎曲角				△			○	○			
		脫落量		○		△			○	○			
其他 管線	a. 人孔和管渠連接處	依地震	彎曲角	○		○		另外檢討(可於連接處使用撓性結構，並活用彈性填縫材)	○		△		另外檢討(可於連接處使用柔軟的材料，並活用彈性填縫材)
			脫落量	○		○			○		△		
	b. 管渠間的接頭處	依地震	彎曲角								□		既設管渠間的接頭處。套管的接頭處
			脫落量								□		
	c. 垂直斷面的強度		抗壓力										
			壓力										
	d. 管軸向強度		管體歪曲										
			應力強度										
	e. 坡地(坡度地質)	依永久扭曲	脫落量										
	f. 地質變化大、急曲線等		脫落量										
g. 液化的判定(FL 值)			○		○			○		○			
h. 地質液化的狀況下 (FL 值 ≤ 1.0)	依永久扭曲	脫落量											
		彎曲角											
	依地盤下陷	脫落量											

註 1：針對等級 1 的對照值(使用極限)的彎曲角、脫落量，使用耐震實驗等加以確認，不會透過公家部門審查證明機關發佈的技術審查證明公佈。

註 2：如果是明挖工法施作的既設管渠，為讓開挖面能夠置換成回填材料，原則上省略掉地質變化大部分的檢討。

註 3：使用更新工法會使急曲線處施工困難，原則上省略掉急曲線影響的檢討。

表 3.3 更新工法耐震檢討項目一覽表(矩陣表：下水涵渠)(參考)

【標記】○：檢討對象 △：原則上另外檢討 □：下述(註1)

檢討項目			結構形式	場鑄下水箱涵		更新工法(自立管)案 (既設管線為場鑄下水箱涵, 另外, 有場鑄下水箱涵縱向連 結的狀態)			場鑄下水箱涵 (無縱向連結)		更新工法(複合管)案 (既設管線沒有場鑄下水箱涵縱向連結的狀態)		
				等級 1	等級 2	等級 1	等級 2	備註	等級 1	等級 2	等級 1	等級 2	備註
重要的 幹線	a. 人孔和管渠連接處	依地震	彎曲角	○	○	△	△	另外檢討(可於連接處使用撓性結構, 並活用彈性填縫材)	○	○	△	△	另外檢討(可於連接處使用撓性結構, 並活用彈性填縫材)
			脫落量	○	○	△	△		○	○	△	△	
	b. 管渠間的接頭處	依地震	彎曲角			□	○	等級 1: 既設管渠間的接頭處。	○	○	□	○	等級 1: 既設管渠間的接頭處。
			脫落量	○	○	□	○	等級 1 和等級 2: 套管的接頭處。	○	○	□	○	等級 1 和等級 2: 套管的接頭處。
	c. 垂直斷面的強度		抗壓力										
			壓力		○	○	○		○	○	○	○	
	d. 管軸向強度		管體歪曲					複合斷面之管軸方向其耐力無法評估					
			應力強度	○	○								
	e. 坡地(坡度地質)	依永久扭曲	脫落量		○		○			○		○	
f. 地質變化大、急曲線等		脫落量	○	○	□	○	詳註 2、註 3、註 4	○	○	□	○	詳註 2、註 3、註 4	
g. 液化的判定(FL 值)				○	○	○			○	○	○		
h. 地盤液化的狀況下 (FL 值 ≤ 1.0)	依永久扭曲	彎曲角					人孔和管線連接處另外檢討(可於連接處使用撓性結構, 並活用彈性填縫材)。詳註 4					人孔和管線連接處另外檢討(可於連接處使用撓性結構, 並活用彈性填縫材)。詳註 4	
		脫落量		○		○			○		○		
	依地盤下陷	彎曲角		○		○			○		○		
		脫落量		○		○			○		○		
其他 管線	a. 人孔和管渠連接處	依地震	彎曲角	○		△		另外檢討(可於連接處使用撓性結構, 並活用彈性填縫材)	○		△		另外檢討(可於連接處使用撓性結構, 並活用彈性填縫材)
			脫落量	○		△			○		△		
	b. 管渠間的接頭處	依地震	彎曲角			□		既設管渠間的接頭處。套管的接頭處			□		既設管渠間的接頭處。套管的接頭處
			脫落量			□					□		
	c. 垂直斷面的強度		抗壓力										
			應力強度/ 耐力	○		○			○		○		
	d. 管軸向強度		管體歪曲										
			應力強度										
	e. 坡地(坡度地質)	依永久扭曲	脫落量										
f. 地質變化大、急曲線等		脫落量											
g. 液化的判定(FL 值)			○		○			○		○			
h. 地質液化的狀況下 (FL 值 ≤ 1.0)	依永久扭曲	脫落量											
		彎曲角											
	依地盤下陷	脫落量											

註 1：針對等級 1 的對照值(使用極限)的彎曲角、脫落量, 使用耐震實驗等進行確認, 不會透過公家部門審查證明機關發佈的技術審查證明公佈。

註 2：如果是明挖工法施作的既設管渠, 為讓開挖面能夠置換成回填材料, 原則上省略掉地質變化大部分的檢討。

註 3：使用更生工法會使急曲線處施工困難, 原則上省略掉急曲線影響的檢討。

註 4：由於還未確立檢討方法, 須使用機動性分析技術等其他方法因應。

#### 4. 其他

JSWAS A-1，因既設管之種類，其接頭之形狀及止水性能也異。若為矩形渠，其係現場鑄造或二次製品，是 PC 製品或 RC 製品，皆必須加以掌握。若既設管之管種不明時，其安全性的評估為必要。

鋼筋混凝土管之裂紋強度、破壞強度及製造年度之規格，為推定之基礎，而使用材料之規格及強度，因各製造廠而不同。又經取樣所進行材料強度為試驗值，包括裂紋強度及破壞強度，可能與現行標準有異，評估時應加注意。

在現場鑄造的矩形渠，因配合現場條件的材料設計，一般用以做為強度的檢討，以劣化度調查之強度試驗值進行評估。若以結構計算進行評估時，經由調查所獲之鋼筋露出及混凝土剝離等狀態之反應，考慮減弱之深度，而設定適當厚度評估之。

除上述，在現狀調查之外，應把握設計及施工的年代，以當時的設計、竣工書圖、標準及規格等加以參考。

### 3.3.3 既設管評價結果累積

有關既設管評價結果之數據，為未來管理上有用的資訊，應建立資料庫，以利後續應用。

解說：

有關資料庫，首先以新設及改建時之竣工書圖等施工資訊，既有之台帳及管理系統等，設施的規範及能力等設施資訊的收集，為基本資訊，加以整理。其次就管渠的檢點、清疏及修繕等日常維護管理有關的數據，加以整理。再以現況的調查結果，以及當時的設計、竣工書圖、標準及規格等，做既設管的評估，並追加擬改建之資訊等，一併整理，達到資訊的一元化管理及預測可能性，計畫性改建、計畫成案及資訊管理之發展，為未來的期待。

## 3.4 管渠改建工法

### 3.4.1 管渠改建工法概要

管渠改建工法，包括置換工法及更新工法。

1. 置換工法
2. 更新工法

解說：

管渠改建工法，為就一跨距兩人孔間，進行置換施工或更新施工。

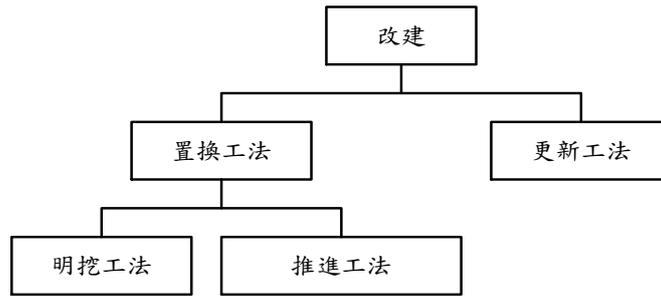


圖 3.2 管渠改建工法之分類

表 3.4 管渠改建工法之特性

分類	特性
明挖工法	一般埋設 3 公尺以上時使用。 不受管渠破損狀況的影響，可確實施工。 管材及管徑有可能變更。 可視新設管渠的耐用年限。 依鄰接管渠之狀況，有時會不易施工。 大多在交通管制下進行施工，會影響交通順暢。
推進工法	一般埋設 3 公尺以上時使用。 除發進坑、到達坑及其接入管以外，因無明挖埋管，故不會影響交通順暢。 因可獲得新設管的性能，故無耐久性問題。
更新工法	即使需開挖，也僅是人孔的臨時拆除，對於鄰接埋設物及交通影響較小。 與明挖施工比較，工期可較短，對通行車輛及住民生活影響較小。 與既設管結合成複合管之管材，其強度增加。 若地盤有空洞，則無法填除。 因施工實績尚少，長期耐久性的評估資訊較少。

### 1. 置換工法

當既設管要以新設管渠汰換時，改建工法有明挖工法及推進工法。新設管渠係指於工廠製作，合乎 CNS 規格製作之產品。

#### (1) 明挖工法

係指經由地面開挖，並有用擋土設施進行管溝開挖，將已劣化或異常的管渠，一部分或全部跨為單位埋設新設管之工法。其後回填土夯實至恢復原路面，為埋設較淺之管段使用之工法。

#### (2) 推進工法

為管渠的埋設工程使用推進工法施工，可擴大既設管予以破碎，並將新設管渠用推進押入，而將既設管以一大管為外圍予以包住的狀況押入，

並將內側的既設管加以破碎去除。本工法可增大比既設管為大的管徑，但若有連接管接入者，就必須另以明挖工法或推進工法等，將連接管予以更新。

## 2. 更新工法

既設管因破損、龜裂及腐蝕等，失去承載力、耐久性及輸水能力下降時，於既設管的內部構建新設管，使既設管更新，確保輸水能力。更新工法包括自立管(反轉內襯工法及形成工法)、複合管(製管工法)、二層構造管(反轉內襯工法及形成工法)及鞘管工法(又稱既設管內保護管工法)等。

本手冊即以更新工法中之自立管及複合管為對象。

### 3.4.2 管渠改建工法選定

管渠改建工法，於檢討下列事項後，適切的選定之。

1. 既設管狀況
2. 輸水能力確保
3. 現場條件
4. 經濟性

解說：

#### 1. 既設管狀況

管渠老化及劣化甚為明顯，不能使用更新工法施工者，如經判定為上下方向鬆弛、管渠破損及接頭錯位，或以目視調查及測量，確定逆坡降、人孔底部逆落差時，原則上採用改建工法。

但若有其他劣化，如上下方向鬆弛、管破損之劣化者，可部分採用改建工法，或使用更新工法也可以。

#### 2. 輸水能力確保

採用更新工法時，為確保更新後之輸水能力，即使降低粗糙係數，仍未能確保輸水能力時，則需檢討增補管渠或設置貯留管。

#### 3. 現場條件

於開挖時需移除或拆除周邊的其他埋設物，或影響交通及開挖有無限制等現場條件，加以檢討後決定工法。

#### 4. 經濟性

更新工法之經濟性檢討，從各種工法之特性、事前的對應及存在必要的劣化項目，對各種工法檢討其事前處理。例如滲入水，若以調查判定基準之等級為 b 以上，則用自立管有硬化不足的原因，而複合管則有填充劑之空洞化的原因，必須先做止水工程。

因連接管的突出、油脂附著、樹根侵入及水泥砂漿附著等劣化現象經確認後，於考量施工不良，須事先予以處理等問題之經濟性比較。

又對於改建對象的連接管，對各設施及全體比較後判斷之。對於更換(置換工法)及長壽化對策(更新工法)選定的檢討流程，如圖 3.3 所示。

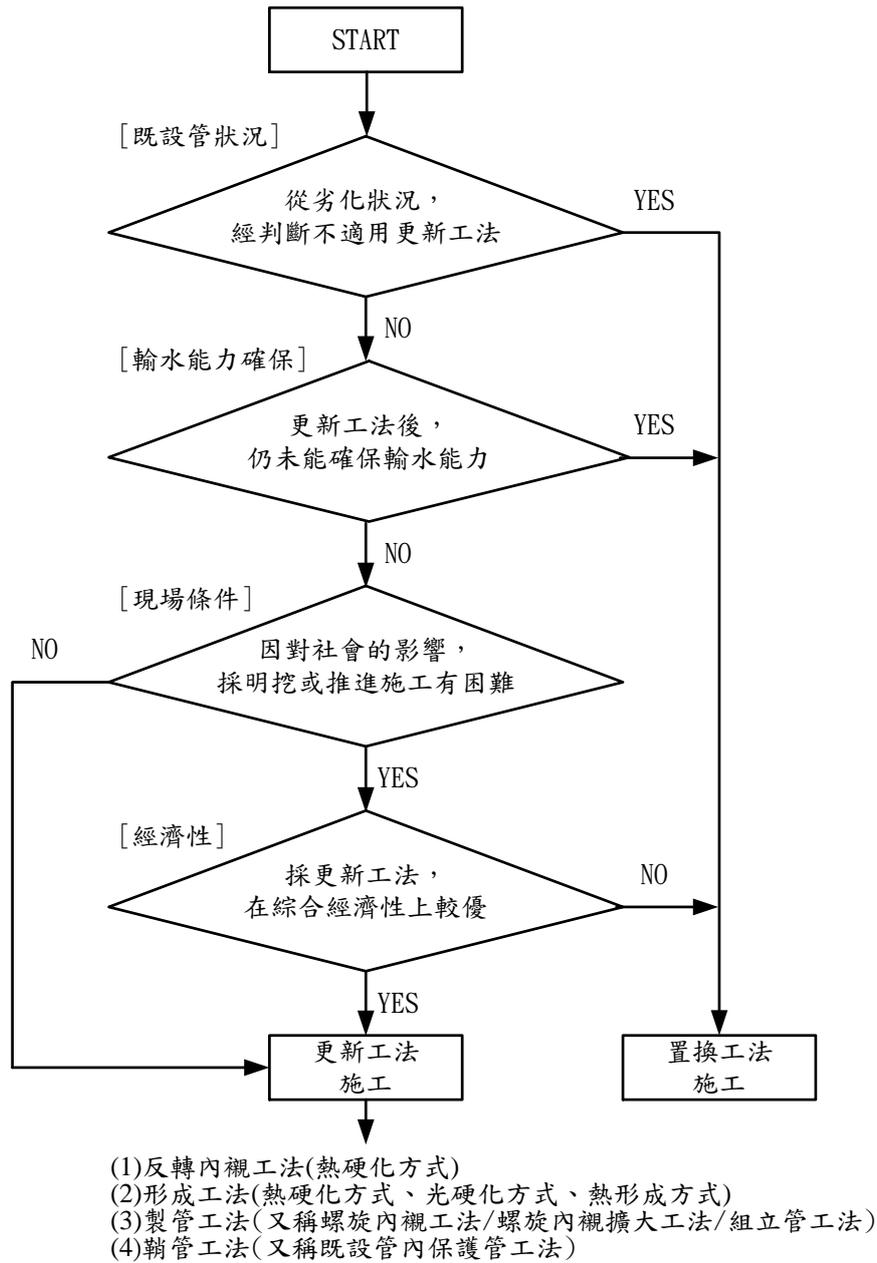


圖 3.3 更換(置換工法)、長壽化對策(更新工法)選定檢討流程

### 3.5 更新工法

#### 3.5.1 更新工法分類

更新工法更生後的管渠，依構造施工方法的不同，可分類為：

1. 構造上之分類
  - (1)自立管
  - (2)二層構造管
  - (3)複合管
2. 施工方法之分類

- (1)反轉內襯工法(熱硬化方式)
- (2)形成工法(熱硬化方式、光硬化方式、熱形成方式)
- (3)製管工法(又稱螺旋內襯工法/螺旋內襯擴大工法/組立管工法)
- (4)鞘管工法(又稱既設管內保護管工法)

### 3. JIS 之分類

- (1)密合管
- (2)現場硬化管
- (3)螺旋製管
- (4)組立管

解說：

#### 1. 構造上之分類

##### (1)自立管

自立管對於既設管無法承受土壓及活載重，僅以更生材就可達到發揮自立管的強度，與「新管」同等以上之承載能力、耐久性等。

施工的分類，有於工廠配合樹脂等，使既設管之內部藉更生材達到硬化的反轉內襯工法或形成工法，於工廠製作之二次製品，做為更生材使用的鞘管工法，以及既設管內部，使表面部材等製作的製管工法。

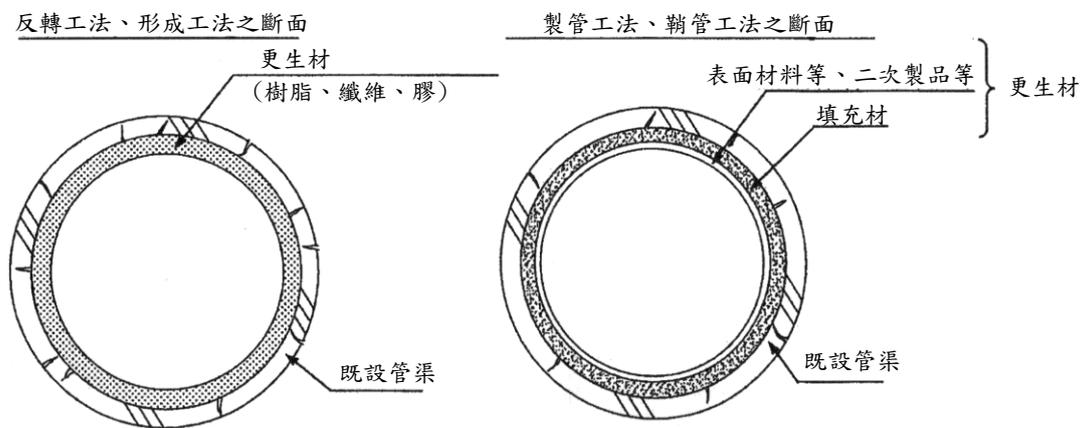


圖 3.4 自立管概念圖

##### (2)二層構造管

二層構造管為使既設管殘存強度與其內側之樹脂等更生材構建而成。一般做為防止腐蝕、滲入水之用。施工上可分為廠製或於現場調理樹脂，使在既設管內部硬化的反轉內襯工法或形成工法。

二層構造管為其做為更生材作用之載重及既設管之更生材的限制條件，考慮與自立管不同，惟在較完整的技術評估尚不完善。

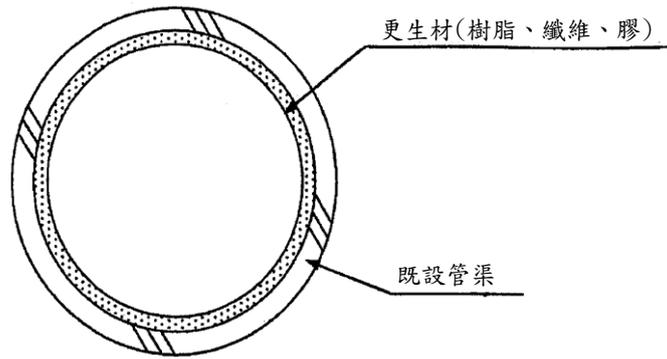


圖 3.5 二層構造管概念圖

### (3) 複合管

複合管之定義為於調查既設管之殘存強度後，使既設管與更生材結構成一體的新管及同等以上，使其承載性能及耐久性能等。

複合管，如圖 3.6，帶板狀接合用之(嵌)合部材等，使其結構上具充填材溶入之特性，使充填材與既設管接著，既設管、充填材、帶板狀等接合用，使與(嵌)合部材等一體化，而具承載力。

既設管及其內側之更生材結成一體，可承受土壓等外力的作用，依外力所造成更生材與既設管界面的變形之舉動，在既設管連續且經破壞試驗至既設管及更生材之界面，不僅剝離甚至母材破壞狀態之狀況。

既設管為剛性結構的一部分，並填充水泥砂漿後，複合管做為剛性管，主要即為製管工法。(反轉內襯工法也屬於此現象)

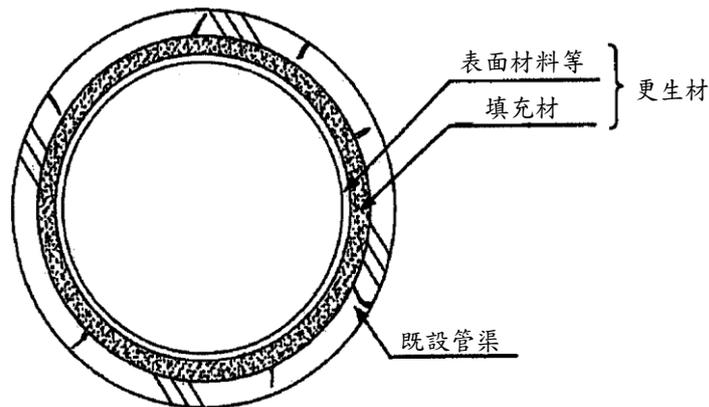


圖 3.6 複合管概念圖

## 2. 施工方法之分類

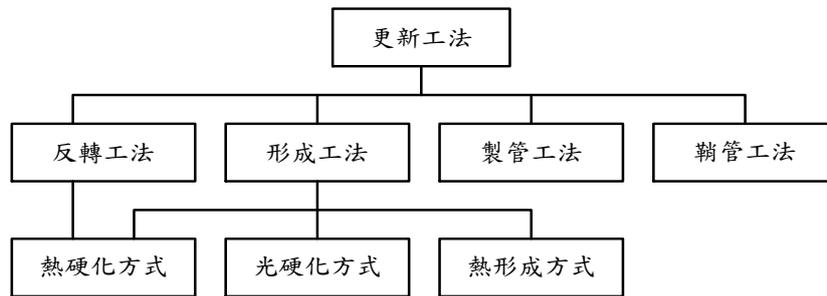


圖 3.7 施工方法分類之更新工法

### (1) 反轉內襯工法(熱硬化方式)

反轉內襯工法為將熱硬化的樹脂，經浸漬(玻璃纖維或有機纖維)後，呈筒狀的材料，從人孔以水壓或空氣壓力反轉加壓的方式(反轉內襯工法)，插入既設管內，利用加壓狀態之溫水或蒸氣等，使樹脂硬化所構建成更生管。JIS A7511 之分類屬現場硬化管。

熱硬化性樹脂為以加熱形成網狀構造，呈不熔融的狀態而硬化的合成樹脂，更生材所使用的樹脂，為不飽和聚脂、環氧樹脂及乙烯樹脂等。

「浸漬」為指將多孔性物質浸於液狀物質，如硬質性的樹脂做為浸漬材料(玻璃纖維或有機纖維)，予以浸泡稱之。

既設管的整體補強、防腐蝕、止水等皆有效，若管渠斷面縮小的程度比較小，連接管之支管穿孔精度及止水性必須充分留意。

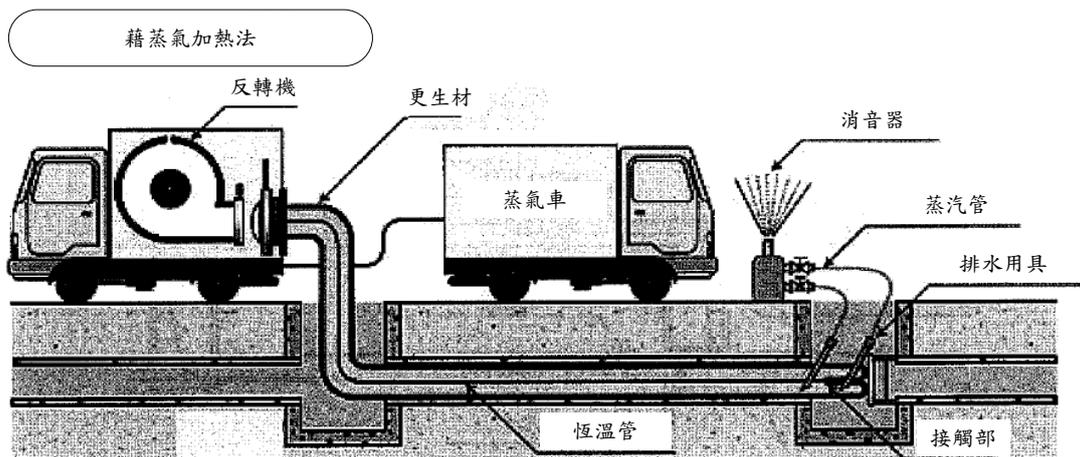


圖 3.8 反轉內襯工法(熱硬化方式)施工示意圖

### (2) 形成工法(熱硬化方式、光硬化方式、熱形成方式)

形成工法為將硬化的樹脂，使浸漬後，即與熱可塑樹脂成形的材料，從人孔引入，經加壓、擴張、壓著後，經硬化及冷卻固化，用以構建成更

生管。形成工法有熱硬化、光硬化及熱形成三種。

與反轉內襯工法相同，既設管的整體補強、防腐蝕、止水等皆有效，若管渠斷面縮小的程度比較小，連接管之支管穿孔精度及止水性必須充分留意。

### 1) 熱硬化方式

熱硬化方式，為將浸漬基材(玻璃纖維或有機纖維)，將熱化樹脂予以浸漬後之筒狀更生材，以引入方式插入既設管內，而自更生材內部施以空氣壓力或水壓等，使其與既設管之內面形成密合狀態之後，再以溫水或蒸氣，等其硬化構建成更生管。

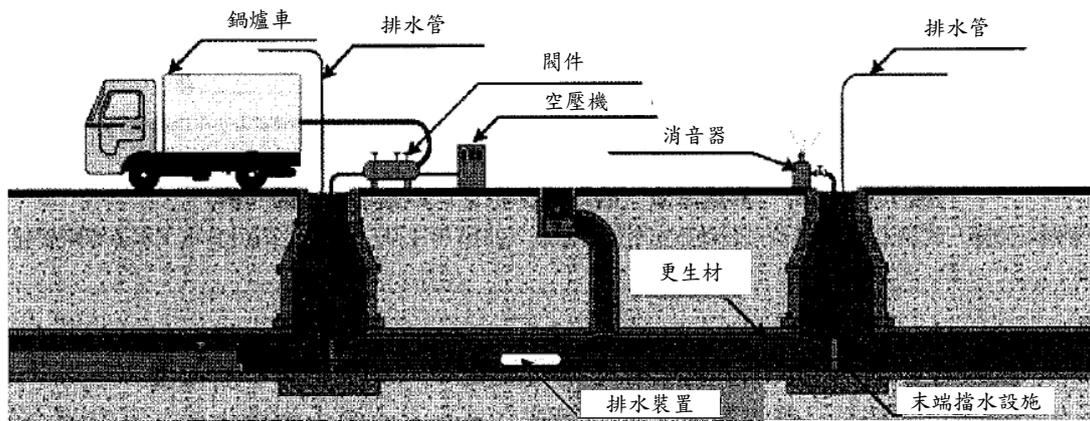


圖 3.9 形成工法(熱硬化方式)施工示意圖

### 2) 光硬化方式-拉鋪內襯工法

光硬化方式，為將浸漬基材(玻璃纖維或有機纖維)，將熱化樹脂予以浸漬後之筒狀更生材，以引入方式插入既設管內，而自更生材內部施以空氣壓力或水壓等，使其與既設管之內面形成密合狀態之後，再以紫外線照射樹脂，使其硬化構建成更生管。更生材所使用之樹脂，為不飽和聚脂樹脂。

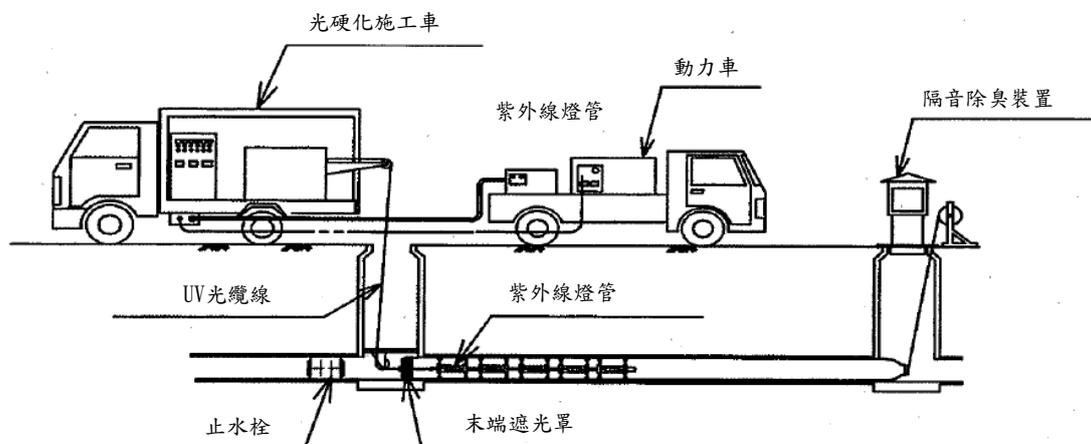


圖 3.10 形成工法(光硬化方式)施工示意圖

### 3) 熱形成方式-緊貼內襯工法

熱形成方式，為將既設管插入變形斷面形狀的熱塑性樹脂(硬質 PVC、聚乙烯(PE)，使用蒸氣予以軟化插入既設管內，在加熱狀態下擴張空氣壓，使其與既設管之內面密合狀態之後，冷卻養護構建成更生管。依 JIS A7511 之分類，屬於密合管。

熱塑性樹脂，為加熱就呈塑狀變形，一冷卻呈可逆性，固化性質之合成樹脂稱之。更生材所使用之樹脂，為硬質 PVC 樹脂及聚乙烯 PE 樹脂等。

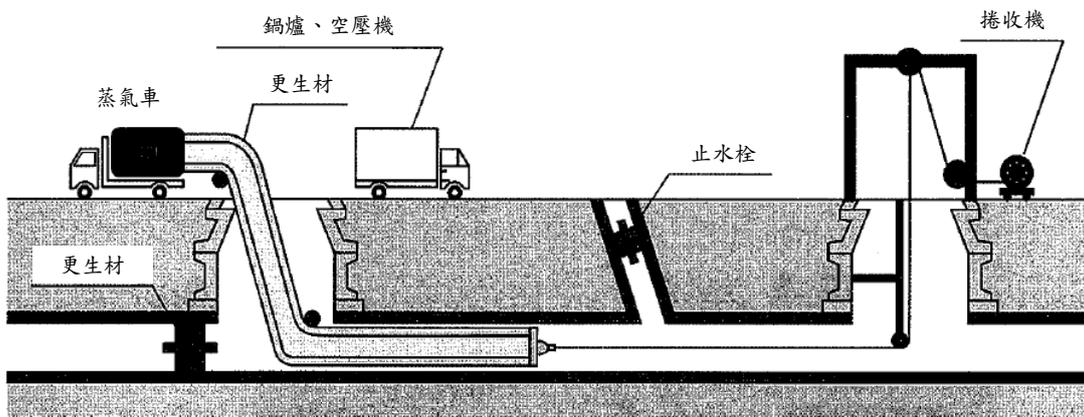


圖 3.11 形成工法(熱形成方式)施工示意圖

### (3) 製管工法-螺旋內襯工法/螺旋內襯擴大工法/組立管工法

製管工法為將既設管內部，以硬質 PVC 或聚乙烯樹脂材為表面材料，予以(嵌)合製管，並使既設管的間隙填充水泥砂漿而成複合管之一體化狀態構建成更生管。在製管工法中，有以螺旋捲方式的製管工法，即為 JIS A7511 分類之螺旋捲管，以及以模板材為表面材(嵌)合，JIS A7511 分類之組立管。

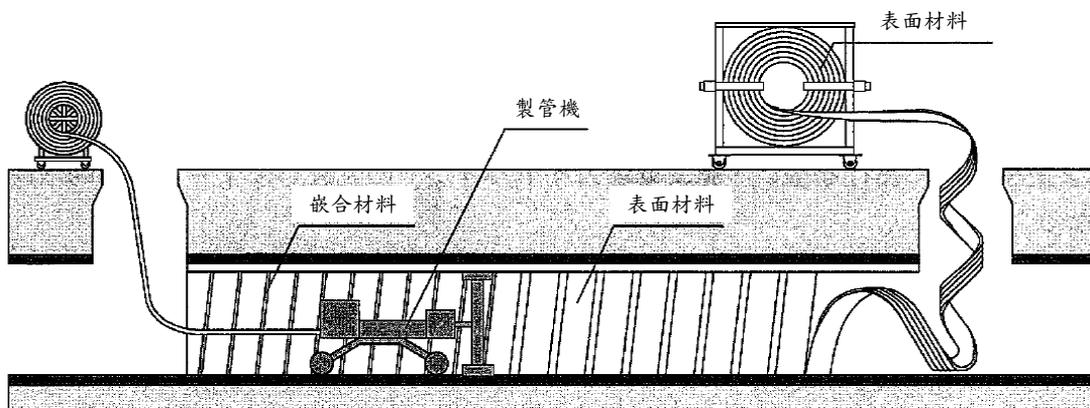


圖 3.12 製管工法(螺旋製管)施工示意圖

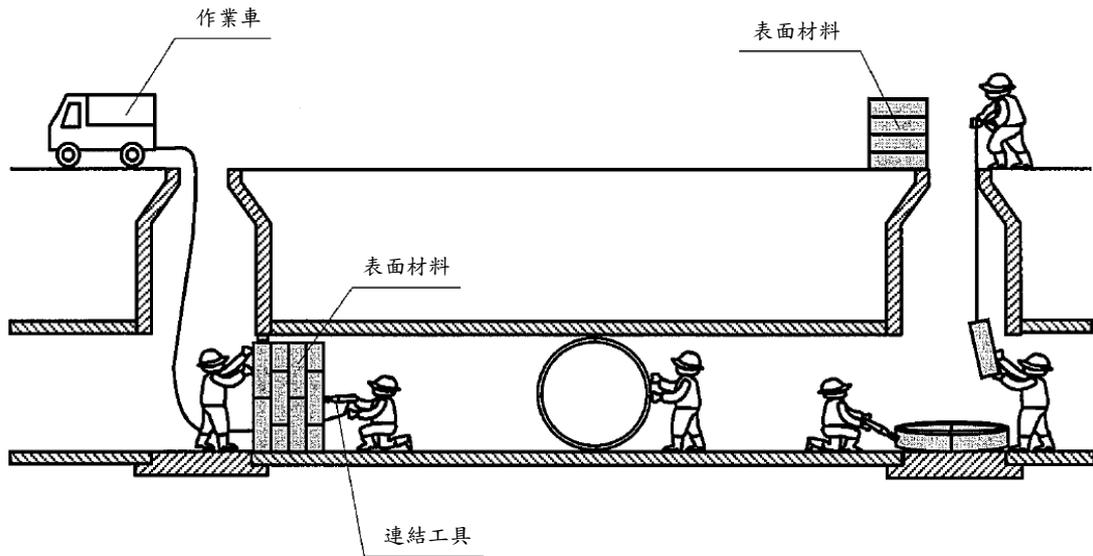


圖 3.13 製管工法(組立管更新)施工示意圖

#### (4) 鞘管工法(又稱既設管內保護管工法)

鞘管工法為將比既設管之管徑較小的場鑄製品，經牽引插入既設管內，再注入水泥砂漿以形成新管之同時，具有耐久性之構建，可持續既設管之斷面形狀，從物理性管渠若能插入就可施工，但也有因管渠的蛇行等因素而無法施工。另由於斷面會有縮小，對於確保輸水能力應加注意。

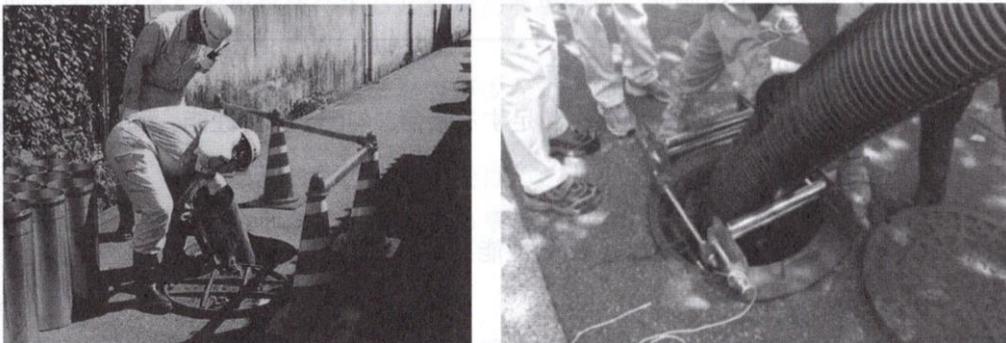


圖 3.14 鞘管插入現場施工圖示

### 3. JIS 之分類

對於各種更新工法的適用範圍，在可延長耐用年限的各種更新工法中，如表 3.5 所示的四種工法。現階段暫不再新增其他工法，惟鞘管工法之基準，則另有規定。

表 3.5 JISA7511 使用範圍

結構形式分類	工法分類	施工方式分類
自立管	形成工法	密合管
	反轉內襯工法	現場硬化管
	形成工法	
複合管	製管工法	螺旋製管
		組立管

(1)密著管

為未連續接合的管，為使在斷面方向折疊，使斷面形狀縮小，而嵌入既設管內，然後再使縮小的斷面形狀復原，與其與既設管呈一體化的密合。

(2)現場硬化管

現場硬化管為將柔軟的強化纖維製軟管，藉熱硬化性或光硬化性的樹脂，經浸漬之後插入既設管內，經加壓而與既設管呈密合狀態，使樹脂硬化而在既設管內形成新管。

(3)螺旋製管

螺旋製管為於工廠所形成的螺旋狀的表面材，而於既設管內形成管狀，並於間隙填充水泥砂漿，使其與既設管呈一體化的構建方式。

(4)組立管

組立管為於工廠所形成的帶狀體或弓形的表面材，而於既設管內形成管狀，並於間隙填充水泥砂漿，使其與既設管呈一體化的構建方式。

### 3.5.2 更新工法選定時應注意事項

更新工法選定時，應使其斷面可滿足設計條件，包括坡度、確保承載能力等。

1. 施工條件適合性
2. 結構性能確保(承載力、耐震力、耐久性)
3. 輸水能力確保
4. 經濟性
5. 其他工法的檢討等

解說：

更新工法因既設管的劣化、損傷狀況、輸水量及現場條件不同等，其適用工法也異，據以判定各工法適用性，更新工法之選定時，應留意事項包括：

1. 施工條件適合性

(1)既設管狀況

於確認下列各點時，因施工後之更生管渠的品質會有很大的影響，對於適用性應予適當的判斷，以防止發生不良於未然，甚為重要。

1) 上下方向鬆弛

對於內徑發生 1/2 上下方向鬆弛的路線，以更新工法施工，其機能的恢復是有困難的。若未滿則會發生皺摺、積水、硬化不良及複合管之填充不良等可能性，應加注意。

#### 2) 坡度不良

應確保更新工法施工後之輸水能力，在一跨距內，不會有發生逆坡降之影響，應加注意。

#### 3) 人孔內部逆落差

對於人孔內部其上游管渠與下游管渠發生逆落差，必須將上下游路線加以改建調整。

#### 4) 管渠破損

對於未能保有管渠斷面形狀的既設管，即使可能進行施工，更要確認更新後其斷面形狀，仍應與新管同等以上的輸水能力及結構性。

#### 5) 接頭錯位

若因接合部的脫落，無法保持管渠結構性及功能，將引發因道路坍塌或不均勻沉陷。在此一狀態下，若用更新工法時，應確認更新後能否保持斷面形狀輸水能力及結構性能。

#### 6) 滲入水

若確認有滲入水、連接管突出、附著水泥砂漿或樹根侵入等時，應先檢討能否事先處理，再據以判斷採用更新工法，尤其有滲入水時，可能會影響硬化不良及填充材的強度不足等，而應掌握滲入水的狀態，必要時應事先加以處理。

#### 7) 連接管接合部破損

連接管的接合部破損呈現不完全接合時，有可能導致砂土流入管內而造成道路塌陷之問題，對接合部應適切做前處理。

### (2) 現場條件

與明挖工法比較，更新工法有下列優點，但對於路寬、交通狀況、交通狀況、施工需要時間及人孔大小等現場條件，應加考量。

若有多數的連接管需要更換時，則有類似明挖管渠施工相同的影響，對周邊影響應加留意。

- 1) 施工時以不產生噪音振動，對周邊居民生活影響最低為宜。
- 2) 管渠的開挖，應儘量不影響其他埋設物。
- 3) 施工期間的縮短，道路復原費用應可最低者。
- 4) 施工相關事先配合協調之。

### (3) 施工時間

為達到充分的硬化，應確保養護時間、適當的連接管口上穿孔及處理等，以確保更新工法的品質。

施工時間的限制條件，包括可暫停通水時間、交通限制、噪音限制及排水限制等。

施工期，依在各種施工的限制時間內進行，做為檢討更新工法施工的可能性之判斷。

硬化、養護所需時間、季節、埋設深度、周邊的溫度之影響，應加注意。又更生材的重量、搬運及施工的限制，做為施工可能延長決定之依據，應加注意。

自立管為藉更生材之擴大管徑及硬化特性，需要臨時排水，使既設管內的水位下降，進行施工。

複合管在通水中，可進行施工，惟在限界流量及水深等適用範圍，應加適切的判斷。若在通水中進行施工，應防止各種設備材料及更生材流出，並避免填充材硬化不良等，選用可能工法及材料，應加注意。

若不能在通水中施工，則暫時阻斷水流及住家排入水可能的時間，應加充分考量做成排水計畫，確認能否在時間內完成施工，皆應做適當的判斷。

## 2. 結構性能確保(承載性能、耐震力、耐久性)

確認能達到新管及同等以上的能力，進行性能試驗，設定達到載重條件算出更生管之厚度，若計算所必要材料常數可確認，平常的結構計算出更生管之厚度，耐震計算可達到耐震性。另由實驗確認可達新管及同等以上的能力。

## 3. 輸水能力確保

經由結構計算所定之更生管厚度，於更生後考量斷面縮小而計算出輸水能力，應加評估。

流量公式若用曼寧公式時，鋼筋混凝土之既設管之粗糙係數用 0.013(視現況決定)，更新管則用 0.010(視管材而定)。

為確保更生管渠內之平滑性，應防止水理特性下降及管渠內沉積，施工時避免發生皺摺而提高摩擦力。

## 4. 經濟性

從上述各項目相關對策等所含的費用，選定優良的更新工法，不僅包含管渠的施工費，連接管有關改建的工程費也應加以考量。

## 5. 其他工法的檢討等

經檢討更新工法不適合，或經判斷有困難時，則檢討重建或繞流等，以改善設施。

### 3.5.3 更新工法選定

更新工法因施工方法的不同，其使用材料及施工內容也不同，因之應依據施工條件及各種施工特性，綜合檢討適切的工法。

解說：

各種工法的選定，如下所示。

更新工法之選定，重要的考量點為「現場的適用性及確保品質」，如圖 3.15。

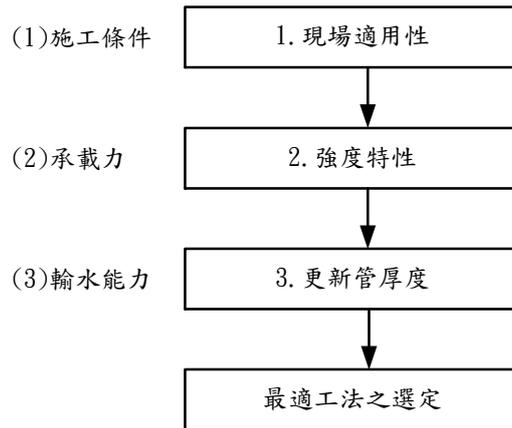


圖 3.15 以群組選定工法

群組及評估項目之程序，如下列。

#### 1. 現場適用性

##### (1) 既設管規格

管種、管徑、管斷面形狀、施工長度。

##### (2) 既設管狀況

破損、腐蝕、滲入水、鬆弛、蛇行、積水、連接管突出、逆坡、脫落、彎曲、間隙、其他。

##### (3) 施工時間限制

硬化、養護、連接管穿孔時間。

##### (4) 道路

最小道路寬度、人行、有無中央分隔島。

##### (5) 周邊環境

作業周邊環境、噪音、振動、臭氣、粉塵、污水、排水、可否對應之檢討。

#### 2. 強度特性

(1) 埋設環境(地質覆土、地下水位、交通量)相對應之承載重性能。

(2) 耐震性能(L1、L2 之適用性)。

#### 3. 更生管厚度

利用更生管之粗糙係數等，計算斷面縮小等對輸水能力之評估。

### 3.5.4 更新工法性能要求

管渠應保持有之基本性能，包括土壓、水壓、地震等強度，並對具水密性及輸水量保有充分的斷面。

另在品質管理上，除符合現地條件，且經適切的施工甚為重要。因此更生管性能之要求如下：

#### 1. 承載重性能

2. 耐久性能
3. 耐震性能
4. 水理性能
5. 環境安全性能
6. 其他

解說：

1. 承載重性能

主要為以道路下施工之埋設物，因之施工現場所需的載重量(土壓、水壓、活載重)為安全充分之承載性能。

2. 耐久性能

改建設施應能確保所定的耐用年限及耐久性。

3. 耐震性能

必要的耐震性，如表 3.6。

表 3.6 耐震設計之考量

地震規模	地震動	確保應有機能、能力	標的管渠
L1 地震動	在使用壽命期間 1~2 次發生機率之地震	設計輸水能力的確保	特別重要幹線等
L2 地震動	在使用壽命期間發生機率低，具有大強度之地震	輸水機能的確保	特別重要幹線等重要幹管等

4. 水理性能

具有必要的水理特性，內面平滑化，有效斷面的確保為重要的因素。

5. 環境安全性能

更生工法因係在現場使用很多的更生材所構建之設施，施工時一般所要求的振動、噪音、空氣污染之因應對策。另臭氣對策及防爆因應對策等，因工法之特性，應達到安全性能。

6. 其他

## 第四章 自立管設計

### 4.1 概說

自立管的定義，依據日本下水道協會「管更生の手引(案)」係指自立管對於土壓力及活載重等，不考量既設管的強度，而是由自身的強度去抗衡外力，具備如同新設管同等以上的承載力及耐久性。

依據使用材質的特性，自立管可做為撓性管使用，也可以使用於反轉工法及形成工法等各種管渠施工方法。

自立管的構造對於作用在管渠的外力或造成管劣化的物質等，是由自身的強度去抗衡，並保持耐久性。自立管的概念如圖 4.1 所示。

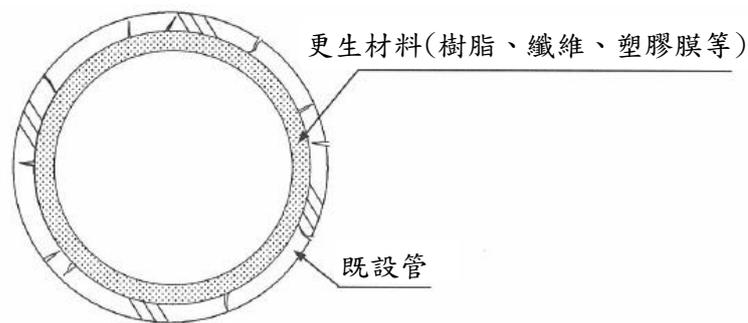


圖 4.1 自立管的概念圖

### 4.2 自立管設計

自立管設計檢討重點包括 1. 要求性能、2. 使用材料、3. 適用條件、4. 載重組合、5. 設計值、6. 檢驗項目及方法、7. 輸水能力的檢驗等。

自立管之更生材料使用聚氯乙稀樹脂(PVC)或不飽和聚酯樹脂，因此可參考日本下水道協會「下水道用硬質塩化ビニル管(下水道用硬質聚氯乙稀管)(JSWAS K-1)」(以下簡稱 JSWAS K-1)、「下水道用強化プラスチック複合管(下水道用玻璃纖維強化複合管)(JSWAS K-2)」(以下簡稱 JSWAS K-2)及日本工業規格(JIS)之設計準則。自立管之設計流程如圖 4.2 所示。

#### 4.2.1 自立管要求性能

因既設管渠的承載力已無法期待，自立管須對作用於管之外力及引起劣化之物質具有耐久性，其耐久性與承載力需具有與新設管同等或以上之性能。另外，更新後的斷面需具有輸送原設計流量的能力。因使用之材料特性，可將自立管視為撓性管，且須符合日本 JSWAS K-1、JSWAS K-2 之規定。

以反轉工法及形成工法更新之自立管，針對外力及劣化物質，需以自身的耐久性、承載力保持其斷面，使更新後的管渠可確保輸水能力。因此，自立管設置時需具有與新設管渠同等或以上之性能。

自立管因使用材料特性，將自立管視為可撓性管，需符合日本 JSWAS K-1、

JSWAS K-2 及 JIS 規範同等品質。在設計階段，為確保更生材料的品質，須掌握對象工法的承載力、耐腐蝕性、抗藥性、耐磨擦性、耐劣化、水密性及水理性能。

更新工法之輸水能力將由既設管的內淨斷面餘裕、坡度及更生材料的粗糙度所決定，然由結構計算決定的更生材料厚度導致斷面縮小等因素，將影響自立管之輸水能力。更新後自立管之通水斷面會比起既設管渠來的小，因此斷面縮小後的流量應檢核符合原設計流量之需求。

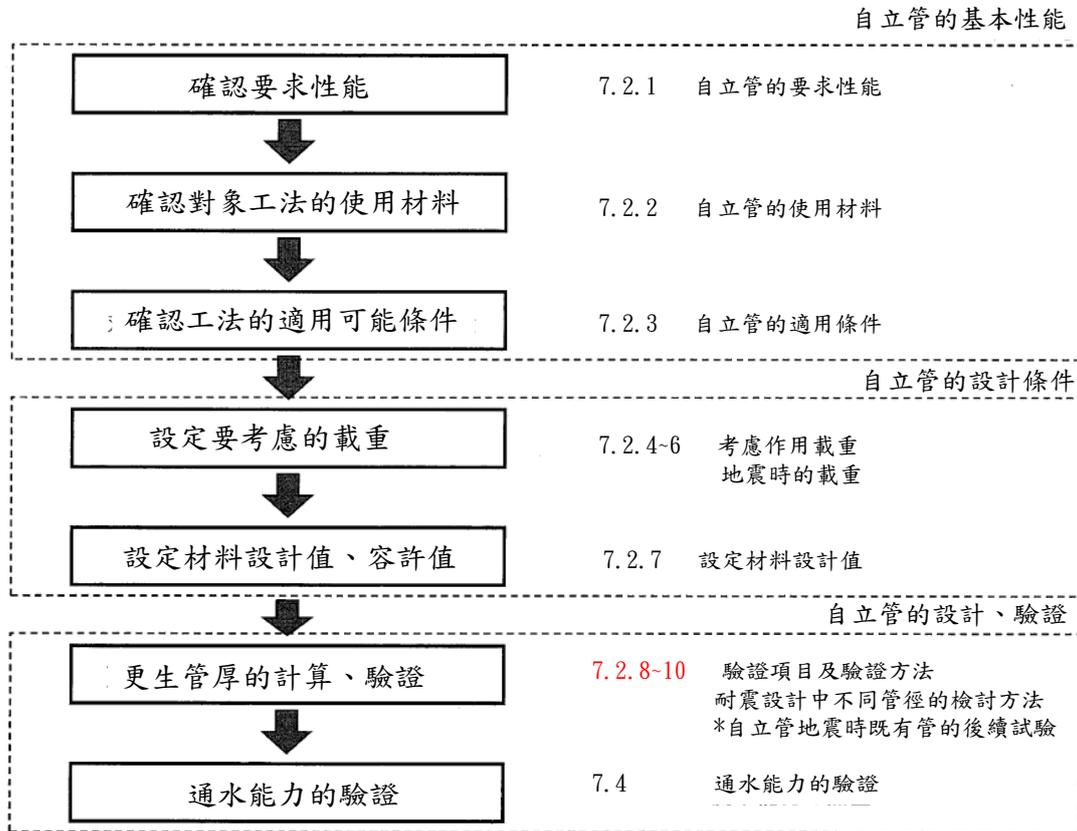


圖 4.2 自立管的設計流程

#### 4.2.2 自立管使用材料

自立管的更生材料如下，其中又分為有玻璃纖維補強及無玻璃纖維補強者，包括 1. 不飽和聚酯樹脂、2. 環氧樹脂、3. 乙烯基酯、4. 硬質聚氯乙烯樹脂(PVC)、5. 聚乙烯(PE)等材料。其中除硬質 PVC 及 PE 以外之材料，皆將熱硬化性樹脂浸漬於不織布中。另外，也有使用以玻璃纖維補強材料的工法。

自立管的形成方法分為熱硬化、光硬化、熱形成等三大類。熱硬化即以溫水或蒸氣加熱的方式，使更生材料硬化成形的的方法；光硬化為以紫外光反應使更生材料硬化形成的方法；熱形成即加熱軟化後，使更生材料冷卻固化成形的的方法。自立管的各種工法，會隨硬化成形方式及使用材料的不同而有其不同特徵。

#### 4.2.3 自立管適用條件

設計自立管時需考量以下各項適用條件，依據調查及結構評估結果確認適用範圍並選定工法。適用條件應以是否可確保品質為優先評估重點。包括 1. 既設管的管型及管徑和形狀、2. 施工時間、3. 既設管渠之劣化狀況(水平偏差、彎曲、接縫、滲水、積水)、4. 施工條件及 5. 施工現場環境等。

自立管的更新工法需於老化、劣化之下水道管渠內的有限空間中進行更生管建構，施工上有其限制。因此，除施工條件(既設管的管型、管徑、長度等)及可確保更新後管渠品質的既設管狀態外，皆需綜合評價以判斷施工是否可行。

各工法的評價項目，以第六章 6.5.1 選定更新工法時的注意事項及 6.5.2 選定更新工法為基礎。

#### 4.2.4 載重組合

自立管設計時需考量以下載重，包括 1. 常時載重及 2. 地震力。

自立管的結構設計需考量常時載重及地震力等外力。常時載重之考量為活載重、土壓力；地震力則需考量設施的重要性，依照適當的耐震性能，以反應位移法為原則，設定地震力。另外，亦需針對等級 2 地震時伴隨的土壤液化狀況進行考量。

#### 4.2.5 常時載重

常時載重，依據日本 JSWAS K-1、JSWAS K-2 為基礎，考量各項載重，包括 1. 土壤垂直載重、2. 活載重之垂直土壓力及 3. 外部水壓力。

自立管是類似硬質 PVC 管及 PE 管，其需符合日本 JSWAS K-1、JSWAS K-2 及 JIS 規範準則設計。因此，作用於自立管的常時載重，也以日本 JSWAS K-1、JSWAS K-2 及 JIS 為準則計算土壤與活載重的垂直土壓力。土壓力公式應考量地盤條件、埋設條件等。如附近有其他施工，也應當納入考量。

覆土載重之計算，係使用更新工法的路線考量覆土範圍，並以安全為條件設定之，自立管設計的覆土應視為更生管的覆土。

土壤的垂直土壓力計算，需考量有無管渠上部挖掘、既有管渠是否採用非開挖方式施工等條件，並依據土壓力公式進行計算。

此外，由於日本 JSWAS K-1、JSWAS K-2 的管材考量伴隨變形的水平土壓力，因此也適用於自立管。

##### 1. 管周邊的地盤未擾動時

埋設管渠經過數十年後，管與地基會呈現安定狀態，埋設的回填土與周邊地盤已經緊密結合，應不會有如垂直土壓力公式計算還大的載重產生，因此，計算作用於管的土壓力，以預估自立管長期接受的土壤載重為原則。如管上方無自來水、瓦斯、電信、電力等其他事業需開挖的情形下，管上部的土壤載重以周邊地盤的向上凝聚力及摩擦力預估。根據日本「下水道用硬質塩化ビニル管(下水道用硬質聚氣乙烯管)・道路埋設指針(1999 年 3 月)」，硬質 PVC 管之垂直土壓力的計算，以垂直土壓力公式或 Marston 溝型公式計

算，如圖 4.3 所示。

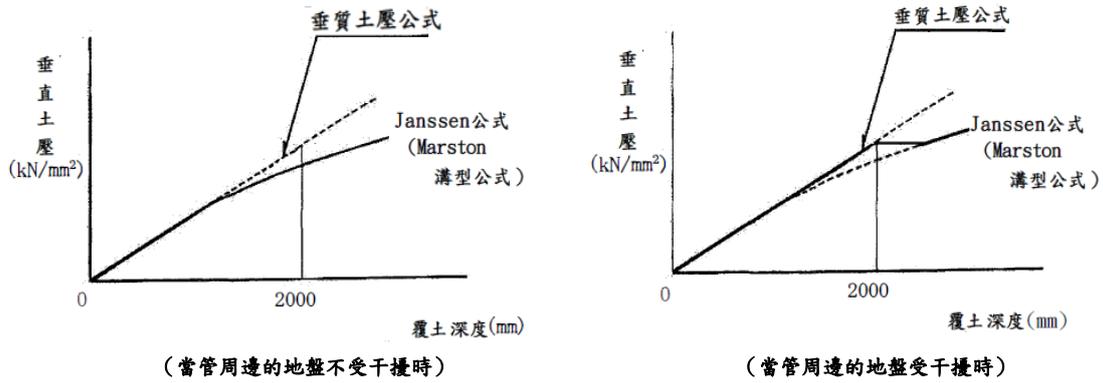


圖 4.3 土壤垂直土壓公式的應用範例

Marston 溝型公式為撓性管對應公式，類似於 Janssen 公式的  $f$  (回填土凝聚力) 為 0 之狀況。因此，作用於自立管的垂直土壓力的計算，由現場的土質狀況等決定，以具有可反應現場的土質狀況  $B_d$  (假設開挖寬度) 及  $f$  (回填土凝聚力) 參數的 Janssen 公式 (如公式 4.1、圖 4.4) 為基礎。

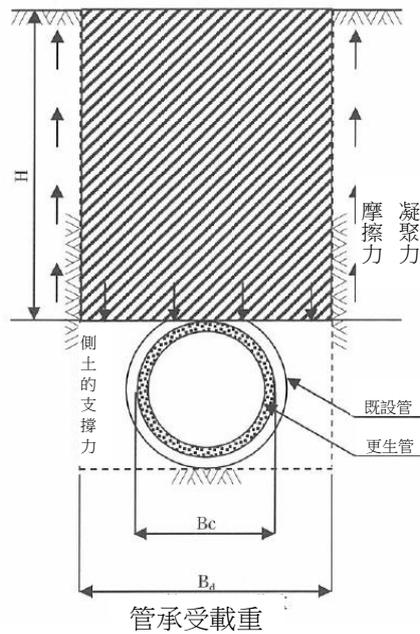


圖 4.4 Janssen 公式說明示意圖

$$q = \left( \frac{\gamma \cdot B_d}{2} - f \right) \cdot \left( \frac{1 - e^{-2K \cdot \mu \cdot H / B_d}}{K \cdot \mu} \right) \quad (4.1)$$

式中：

- $q$  : 垂直土壓力 (KN/mm<sup>2</sup>)
- $\gamma$  : 回填土壤單位體積重 (N/mm<sup>3</sup>)
- $B_d$  : 假設開挖寬度 (mm)

$\mu$  : 回填土與側壁摩擦係數 $=\tan \phi$

$\phi$  : 回填土內摩擦角( $^{\circ}$ )

H : 覆土深度(mm)

f : 回填土壤凝聚力( $\text{kN}/\text{mm}^2$ )

K : 主動土壓力係數

$$K = \frac{\sqrt{\mu^2 + 1} - \mu}{\sqrt{\mu^2 + 1} + \mu}$$

關於假設開挖寬度如施工後，已經過一段時間且地面穩定，可以更生管寬(既設管內徑)做為假設開挖寬度，也可考量現場條件設定。另外，考量回填土凝聚力，公式中垂直土壓力的計算結果可能為負值，故最好以凝聚力為零計算。

## 2. 管周邊的地盤受干擾時

管上方有自來水、瓦斯、電信、電力等其他事業需開挖的情形時，可根據日本「下水道用硬質塩化ビニル管(下水道用硬質聚氯乙稀管)・道路埋設指針」，垂直土壓力的計算使用垂直土壓力公式計算(公式 4.2)。

土壤覆土的適用範圍，應考量現場條件確認，土壓力公式如圖 4.5 所示。如果覆土深度小於 2.0m，則使用土壓力公式，如果大於或等於 2.0m 則使用 Janssen 公式。但是，如圖 4.3 所示，如果覆土層大於等於 2.0m，且 2.0m 垂直土壓力公式計算的土壓力高於 Janssen 公式計算的土壓力，則採用垂直土壓力的計算公式。

此外，最好考量管渠上方地面擾動的深度，來設置垂直土壓力公式的覆土深度。

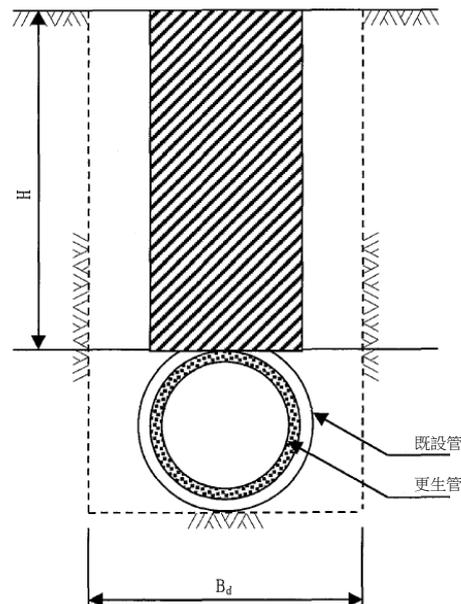


圖 4.5 垂直土壓力公式說明示意圖

$$q = \gamma \times H \quad (4.2)$$

式中：

q：覆土壓力(kN/mm<sup>2</sup>)

γ：土壤單位重(kN/mm<sup>3</sup>)

H：覆土深度(m)

### 3. 以推進工法等設置的既設管渠

如更新推進工法等設置的既設管渠時，以開挖工法為原則的 Janssen 公式計算垂直土壓力，會有推估值過大的可能，因此設置管渠時的公式計算如 Terzaghi 土壓力公式等，如管上方地盤有干擾的可能時，以上述 2. 計算之。

活載重之垂直土壓力計算，參考日本下水道協會 JSWAS K-1，如公式 4.3 計算之。適當設置外部水壓需考量地盤條件及地下水位之變化，尤其是管渠裝設於地下水位以下，橫斷面設計時應考量水壓。

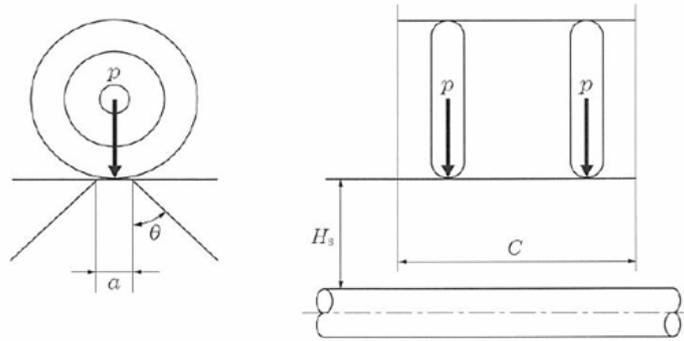


圖 4.6 車輛載重示意圖

$$p = \frac{2P(1+i)\beta}{C(\alpha + 2H \cdot \tan \theta)} \quad (4.3)$$

式中：

p：輪壓(kN/mm<sup>2</sup>)

P：T-25 的 1 個後輪載重(kN)

H：覆土深度(mm)

α：輪胎接地長度 200(mm)

C：車體寬度 2,750(mm)

θ：載重的分佈角度 45(°)

i：衝擊係數(參照表 4.1，計算得之)

β：折減係數 0.9(參照表 4.2，計算得之)

表 4.1 衝擊係數

H(m)	$H \leq 1.5$	$1.5 < H < 6.5$	$H \geq 6.5$
i	0.5	$0.65 - 0.1H$	0

表 4.2 活載重折減係數

	覆土深度 $H \leq 1 \text{ m}$ 且內徑 $\geq 4\text{m}$	左列以外時
$\beta$	1.0	0.9

#### 4.2.6 地震載重

地震時作用於自立管的載重，為依耐震設計方法特性，將地盤變位傳遞至結構物所作用的載重。反應位移法所求得的地盤水平振幅會造成管渠本體的變位。反應位移法所求的地盤水平振幅，依設施的重要度，需檢討包括等級 1 地震及等級 2 地震之情況。

自立管之耐震設計以一體結構管渠為考量，依照「耐震基準」將地盤變位傳遞至結構物的作用載重視為自立管的地震時載重。另外，等級 2 地震所伴隨的地盤液化所造成的外力也須納入考量。如有效應力解析等方法可描述地盤液化造成的非線性狀態。

#### 4.2.7 材料設計參數

自立管製作時，材料的結構計算及耐震計算需考量 1. 彎曲強度及彎曲彈性模數、2. 抗拉強度及抗拉彈性模數、3. 壓縮強度及壓縮彈性模數及 4. 安全係數等參數。其中，又分為是否有使用玻璃纖維強化更生材料者。原則上，需考量更生材料現場硬化品質差異之安全係數，並設定其參數。

採取反轉工法、形成工法施工為在現場施作具有如同新設管同等以上的承載力及耐久性的自立管，與工廠製造的管不同。使用的更生材料，多於現場直接硬化，與工廠製作的預鑄管相比，品質較難以掌握。為表示更生材料的強度特性，以不同載重能力下分數種指標做為評估，如彎曲強度、彎曲彈性模數、抗拉強度、抗拉彈性模數、壓縮強度及壓縮彈性模數，且依據設計結構的需要，分別評估短期與長期值。其中，又分為是否有使用玻璃纖維強化更生材料者。

由於更生材料種類繁多，例如玻璃纖維、聚酯纖維等補強及無補強類型，因此將其區分，材料的強度特性指標分為強度及彈性模數兩種。強度為當材料受到應力時的變形指標，如破壞強度、降伏強度。彈性模數則為變形難易度指標，即為應力與應變的變化率。

自立管更生材料的強度及彈性模數的設計，參考自立管要求的性能、管渠更新工法要求性能之評價與試驗求得的特性做為基準，並依現場硬化的品質差異等安全係數來評估設計值。但由於不同工法之試驗值及設計值之想法不同，應詳細檢討其參數反應於更生管厚度的計算。

安全係數的概念是根據結構物的重要性、結構形式、所使用的材料的組成以及製作過程、計算方法、試驗方法等而有所不同，並根據各施工方法的特性選定值。

##### 1. 彎曲強度及彎曲彈性模數

彎曲強度及彎曲彈性模數的設計值，分為使用極限狀態為基準的長期值

及最終極限狀態的短期值。長期值的設計值計算有很多種，一般依材料的潛變特性計算或由短期保證值(短期設計值)及規格品的安全係數來求得。上述值，須考量更生材料於現場硬化的品質差異。玻璃纖維強化塑膠管(纖維強化プラスチック管(JISK7013))之安全係數如表 4.3 所示。

在研究 2 級地震運動期間液化引起的地面沉降時，對彎曲角度、脫出量和產生的彎曲應力進行研究，此時使用的彎曲強度(短期)和彎曲係數，使用檢驗報告等所示的保證值。

[參考]基於短期保證值的設計值計算方法

長期試驗所求得之彎曲彈性模數及其潛變係數、彎曲強度及其衰退比乘上短期保證值所求得值為設計值之例如下：

1. 設計彎曲彈性模數(長期)=短期彎曲彈性模數×潛變係數

短期彎曲彈性模數：短期保證值(試驗合格證明等)

潛變係數=長期值 A÷短期值 B

2. 設計彎曲強度(長期)=短期彎曲強度×衰退比

短期彎曲強度：短期保證值(試驗合格證明等)

衰退比=長期值 A÷短期值 B

### 3. 抗拉強度及抗拉彈性模數

耐震設計之抗拉強度及抗拉彈性模數，設計須考量短期試驗值及現場硬化品質差異的保證值(短期設計值)及考量使用極限與最終極限的長期設計值。

抗拉強度(使用極限值)所採用之安全係數依更生材料的組成而有所不同。應用「耐震基準」和「抗震計算實例」進行耐震計算時，應注意以下事項。

抗拉強度(短期)和抗拉彈性模數(短期)，對於確認 1 級和 2 級地震中的管體應力檢驗和地震脫出量檢驗是必要的。

關於該數值，每種工法所用的材料特性、現場更生管的製作過程、品質確保的方法等都不同，通過檢驗書等顯示保證值確認各施工方法的設計值。

### 4. 壓縮強度及壓縮彈性模數

壓縮強度及壓縮彈性模數同抗拉強度與抗拉彈性模數，分為長期值與短期值。壓縮強度(短期)和壓縮係數，對於研究 2 級地震運動中側向移動引起的人孔和管連接部分的脫出量和產生的應力是必要的。關於該數值，與拉伸強度(短期)和拉伸係數(短期)一樣，對每種施工方法使用檢驗報告等顯示保證值。

### 5. 安全係數

#### (1) 彎曲強度及彎曲彈性模數

玻璃纖維強化塑膠管(JISK7013)之安全係數的考量，如表 4.3 所示。該表為熱固性聚合物通過現場硬化應用於更生管之參考例。其它各工法的

安全係數，在設計時須考量施工方法的結構形式、所用材料的組成和製作過程等，並加以應用。

另外，標準品從短期保證值求出材料常數時的安全係數，同樣由各工法的特性決定，目前難以統一標示。

(2) 抗拉強度及抗拉彈性模數

計算抗拉強度(使用極限值)的安全係數時，如更生材料為單一素材者，安全係數為 5，複合素材者安全係數為 3。

耐震計算時的抗拉強度(使用極限值)，因材料特性會有所差異，原則上需以試驗求各別的長期值。不論何種工法，要設定以長期試驗值為基礎設定各別安全係數是非常的困難，因此，設置統一安全係數存在問題，但做為地震計算中的現實處理，確定使用極限的抗拉強度時的安全係數如下所示。

(a) 更生材料為單一材料者，參考資料 JSWAS K-1 使用極限與最終極限的性能值，訂安全係數為  $5(=47.0 \text{ N/mm}^2 \div 10.8 \text{ N/mm}^2=4.35)$ 。

(b) 更生材料為複合材料者，JSWAS K-2 顯示彎曲應力之安全係數為 3；「土地改良事業計畫設計基準設計パイプライン」顯示硬質 PVC 管的抗拉應力之安全係數為 3。

表 4.3 以 JIS7013 安全係數考量更生管長期強度之安全係數例

影響安全係數因子	安全係數	考量方法(例)
F <sub>0</sub> ：基本安全係數	1.2~1.3 <sup>註1</sup>	1.2(管結構之剛性為基準，考慮基本安全係數 F <sub>0</sub> )
L <sub>1</sub> ：材料特性值之信賴度係數	1.0~1.1 <sup>註2</sup>	1.0(水中潛變試驗) 1.1(空氣中潛變試驗) (分為與使用條件相同的環境或負荷下進行之水中潛變試驗及以外的潛變試驗，考慮信賴度係數為 L <sub>1</sub> )
L <sub>2</sub> ：用途重要度係數	0.9~1.2 <sup>註3</sup>	1.0(與開挖、推進施工等外力計算考量一樣，不考慮 L <sub>2</sub> 、L <sub>3</sub> )
L <sub>3</sub> ：外力載重推定不確定係數	1.0 以上 <sup>註4</sup>	
L <sub>4</sub> ：結構計算的精度係數	1.0 以上 <sup>註5</sup>	1.0(與開挖、推進施工的結構計算一樣，不考慮 L <sub>4</sub> )
L <sub>5</sub> ：材料特性的差異係數	1.0 以上 <sup>註6</sup>	1.2(現場製作會有差異，需考慮 L <sub>5</sub> )
L <sub>6</sub> ：衝擊係數	1.0~1.2 <sup>註7</sup>	1.0(覆土後對衝擊力之影響較小，不考慮 L <sub>6</sub> )
F <sub>0</sub> ×L <sub>1</sub> ×…×L <sub>6</sub> =安全係數(F)		1.5(水中潛變試驗) 1.6(空氣中潛變試驗)

摘要：( )的數值，為考量所有影響安全係數的因素時之安全係數範圍

註1：基本安全係數，分為以材料的破壞強度為基準及以剛性為基準兩種情形

(1) 材料的破壞強度為基準：1.3

(2) 結構剛性為基準：1.2

註 2：設計上必要的材料，需確認相同使用條件下的環境及負荷，使用以此得到的材料特性值時， $L_1=1.0$ 。只進行短期試驗，各種環境下的破壞強度及彈性模數的下降率、疲乏及潛變下的破壞強度及彈性模數的下降率使用既存資料做為參考時， $L_1=1.1$ 。

註 3：安全性與信賴度應依其用途與重要性決定。日本的建築基準法當中將重要度係數(0.75~1.25)依風載重等外力進行增減。依照前述情形， $L_2=0$  不需考慮安全係數。但外力基準中未包括用途及重要度時，依下列結構的破損影響訂係數。

(1) 恐有多人數的傷亡時：1.2

(2) 具公共性，社會影響層面較大時：1.1

(3) 一般場合：1.0

(4) 臨時建物：0.9

(1)及(2)的情形，需進行靜態材料試驗確認材料特性。

註 4：作用於結構物的外力，政府機關、學會、協會等在安全方面有規定，且依其準則時， $L_3=0$ 。但外力為長年平均值，有突發外力產生疑慮，仍有未知領域外力時，應與業主間協定  $L_3>1.0$  之值。

註 5：結構計算的精度會有其差異，定量較為困難。一般依下列基準訂定係數

(1) 以有限元素法計算高精度的結構計算，且有進行結構試驗，確認發生應力及破壞強度時， $L_4=1.0$ 。

(2) 依過去的結構力學或材料力學之算式檢討，可用  $L_4=1.15\sim 1.3$ 。

(3) 安裝部分的局部計算等極限條件無法推定時，依計算方法及精度推定， $L_4\geq 1.3$ 。

註 6：材料依製造者及成形的環境會有不同的特性值、材料本身的差異會比金屬材料高，因此依進行材料試驗與否分為兩種決定方式。

(1) 依實際結構及同一條件下製作的試驗片進行材料試驗(試驗片至少需 10 個以上)。平均值為  $\bar{X}$ ，標準偏差為  $\sigma$ ，差異係數  $L_5$  如下式。

$$L_5 = \frac{1}{1 - k_p \times \frac{\sigma}{\bar{X}}}$$

式中： $\frac{\sigma}{\bar{X}}$  為變動率， $k_p$  為特性值常態分佈時的不良率(p)所決定之值，

如下表：

表 4.4 不良率(p)與  $k_p$

p	0.10	0.05	0.01	0.005	0.001	0.0005
$k_p$	1.28	1.64	2.38	2.57	3.09	3.29

一般來說，使用  $p=0.001$ (信賴區間 99.9%)，取  $k_p=3.09$

(計算例)執行材料試驗之結果，變動率  $\frac{\sigma}{\bar{x}} = 0.05$  時， $L_5$  取以下數值。

(2) 不進行材料試驗，不確定差異特性時

差異係數  $L_5$  可依據以下公式算出，即使相乘也達不到  $L_2$  的值，就把  $L_5$  最低數值算為 1.2，這是為  $L_{51}$  相對差距所設定的數值。

$$L_5 = 1.1 \times L_{51} \times L_{52} \times L_{53}$$

式中：

$L_{51}$ ：成形方法之係數

$L_{52}$ ：成形者的經驗年數之係數

$L_{53}$ ：成形環境的狀況係數

$L_{51}$ 、 $L_{52}$ 、 $L_{53}$  參考「纖維強化プラスチック管(JISK7013)」。

註 7：非靜態，而是受到短時間的衝擊而有動態負荷時，應具有慣性，其產生之應力較靜態高。應力等級低時，衝擊係數可設為 1.0。但應力等級高時，雖衝擊效果對結構形態不同而有所不同，安全係數  $L_6$  以 1.2 計算之。

#### 4.2.8 驗證項目及方法

自立管是在既設管渠內側建置無接頭的新設管工法，故需針對常時載重、地震力確保必要的安全性。因此，設計時需考量既設管的狀況、更生管要求性能、工法特性。驗證項目及方法如下：

1. 常時的結構設計依日本 JSWAS K-1、JSWAS K-2 進行同樣計算方法，計算自立管的必要管厚。
2. 地震時的耐震設計依「耐震基準」及「耐震計算例」所敘述之「一體化結構管渠」進行同樣方法計算，驗證自立管的耐震能力。
3. 通過流量計算驗證更生管的輸水能力。

#### 4.2.9 常時結構設計方法

自立管的常時結構設計，因不考量既設管的載重能力，由自身的強度去抗衡外力，因此與日本 JSWAS K-1、JSWAS K-2 同樣計算方法，依設計彎曲強度及容許撓曲率計算具有足夠耐力的更生管厚度，此時的有效支承角為  $120^\circ$ (施工支承角  $360^\circ$ )(如圖 4.7)。

保有適當管內空間的既設管，可能擁有基礎的承載能力，在實際設計時，如可以試驗等方式確認既設管的拘束力時，可依個別條件設計安全的材料厚度。

在日本 JSWAS K-1、JSWAS K-2 中，基礎施工狀態下，管渠之管周被地盤所包圍、支撐時，有效支承角視為  $120^\circ$ 。另外，如更生管與剛性較高的既設管內側有壓力結合時，有效支承角可視為  $180^\circ$ 。但假設覆土的計算條件下，依有效支承角  $120^\circ$  及  $180^\circ$  計算(表 4.5)，結果顯示有效支承角對更生管厚度影響不大，為求設計的標準化及簡化，選擇有效支承角  $120^\circ$  為設計準則。

然而，依既設管的損傷狀況、拘束條件等，也有比只針對更生管單體設計來的危險之情形(彎矩、內部空間變位率等)，故須依既設管的損傷部位、情形，進行必要的檢討。

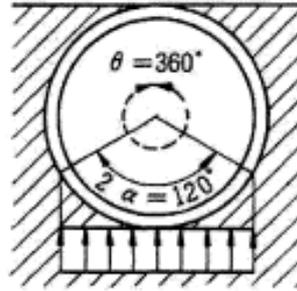


圖 4.7 有效支承角 120 度，基礎施工狀態

表 4.5 有效支承角、覆土深度與更生管厚之關係(計算例)

單位：mm

覆土深度 有效支承角	1.0(m)	2.0(m)	3.0(m)	4.0(m)	5.0(m)
120° 彎曲強度	5.2	4.8	4.9	5.0	5.1
180° 彎曲強度	5.1	4.7	4.7	4.8	4.9
120° 撓曲率	5.8	5.7	5.9	6.1	6.2
180° 撓曲率	5.6	5.5	5.6	5.7	5.8

備註：上表之計算條件

$\phi 250$ 、垂直土壓公式( $H < 2.0m$ )、Jansen 公式( $H \geq 2.0m$ )、 $\gamma = 1.8 \times 10^{-8} \text{ kN/mm}^3$

$\phi = 30^\circ$ 、 $f = 0 \text{ kN/mm}^2$ 、 $\sigma = 1.8 \times 10^{-2} \text{ kN/mm}^2$ 、 $E = 3.0 \text{ kN/mm}^2$ 、 $B_d = 1,100 \text{ mm}$

容許撓曲率 5%

#### 4.2.10 設計更生管的管厚計算

更生管的計算需計算以下各項管厚，包括 1. 彎曲強度所求得之管厚(式 4.4) 及 2. 撓曲率所求得之管厚(式 4.3)，並採用較大之管厚。須注意不同廠牌不同規格的材料厚度及用途。

使用於自立管更生材料的 PVC 樹脂及不飽和聚酯樹脂與 PVC 管、強化塑膠複合管類似，具可撓性管特性，因此可參照 JSWAS K-1 及 JSWAS K-2，並依第 4.2.5 節常時載重計算更生管厚度，確保各工法的最小施工厚度。

更生管厚度的計算方式，如式 4.4 及式 4.5。更生管厚度計算時，需確認是否有超出廠牌所訂定的施工極限厚度。覆土較多時，考量 Timoshenko 公式彎曲作用的管厚可能會比式 4.4 及式 4.5 之管厚還大，視需要進行確認。由於更生管厚使斷面縮小，宜注意輸水能力，以及下游處因更生管厚所造成的落差。

使用反轉工法及形成工法的更生材料性質與 PVC 管、強化塑膠複合管類似，具可撓性管特性，因此可參照 JSWAS K-1 及 JSWAS K-2，考量確保管線機能，將

容許撓曲率訂為 5%，代入式 4.5 中求得更生管厚度。

$$t = \frac{D}{1 + \sqrt{\frac{2\sigma}{3(k_1 \cdot q + k_2 \cdot p)}}} \quad (4.4)$$

式中：

- t：更生管厚度(mm)
- D：更生管外徑(mm)
- $k_1$ ：回填土的力矩係數
- $k_2$ ：輪載重的力矩係數
- q：回填土之垂直土壓力(kN/mm<sup>2</sup>)
- p：活載重之垂直土壓力(kN/mm<sup>2</sup>)
- $\sigma$ ：設計彎曲強度(kN/mm<sup>2</sup>)

$$t = \frac{D}{1 + \sqrt[3]{\frac{E_L \cdot V}{75(K_1 \cdot q + K_2 \cdot p)}}} \quad (4.5)$$

式中：

- t：更生管厚度(mm)
- D：更生管外徑(mm)
- $K_1$ ：回填土的撓曲係數
- $K_2$ ：輪載重的撓曲係數
- q：回填土之垂直土壓力(kN/mm<sup>2</sup>)
- p：活載重之垂直土壓力(kN/mm<sup>2</sup>)
- $E_L$ ：設計彎曲彈性模數(kN/mm<sup>2</sup>)
- V：容許撓曲率(%)

### 4.3 耐震設計方法

在「耐震基準」中，將管道設施分為「特別重要幹線」、「重要幹管」、「其他管線」，針對「特別重要幹線」和「重要幹線」受 1 級及 2 級地震影響，「其他管線」對受 1 級地震影響，來進行耐震設計。

#### 1. 保持耐震性能

##### (1) 等級 1 地震：確保設計輸水能力

確保管渠斷面輸水能力，更生管內面無損傷，可順暢的流動。

##### (2) 等級 2 地震：確保流通機能

管渠斷面因變形而無法確保設計輸水能力，但更生管無破損或砂土之侵入，在重置等對策前，可以確保污水能確實流動。

#### 2. 檢討範圍、計算方法

自立管耐震設計依「耐震基準」中「一体構造管きょ(硬質塩化ビニル管(接着接合管線一體化結構管(硬質 PVC 管(膠合接頭管)))」之方式進行性能

評估，管線設施的耐震技術原則上使用反應位移法計算。

更新工法的耐震設計以「耐震基準」及「耐震計算例」為主，並考量施工方法及材料的特性。

管線設施部分，考量如何確保耐震性及所需費用，區分為「重要幹管」(以下包括「特別重要幹線」)及「其他管線」，針對不同的地震所要求的耐震性能進行耐震設計。

所指「重要幹管」為：

- (1) 原則上為系統主、次幹管。
- (2) 連結抽水站、處理廠的主、次幹管。
- (3) 穿越河川、軌道等管線，在地震時可能會導致二次災受害者，或是管線上方重建極為困難的幹線道路。
- (4) 埋設於緊急輸送道路之管線，在受災時可能對重要交通機能造成損害者。
- (5) 匯集大範圍排水區之主、次幹管。
- (6) 防災據點、避難所或指定為防災對策上重要設施相關的排水管線。
- (7) 其他，以污水流通收集之機能面來看，整體系統上重要之管線。

耐震設計考量的地震分為兩級，在設施的供給期間內發生1~2次機率之地震，及發生機率較小，但具有高強度之地震，前者為等級1地震，後者為等級2地震。

關於下水道管線設施應保持的耐震性能，「重要幹管」需針對等級1地震確保設計輸水能力，並同時針對等級2地震確保流動機能；「其他管線」則對等級1地震確保設計輸水能力。

「確保設計輸水能力」：確保流量計算書中所記載該管渠的輸水能力，特別是防止管渠被拔出，並確保管的截面中產生的應力在容許應力以內。

「確保流通機能」：因地震造成管本體的下沉等造成設計輸水能力難以確保時，仍可在補修與重置對策前流通至下游。具體來說為防止砂土流入，即使管渠斷面有裂縫但不致破壞的最終極限狀態。

有關更生管(自立管/複合管)的耐震性能，如下所述：

#### 1. 1級地震應保持的耐震性能

確保更生管道截面沒有損壞，並依設計流量流動且不延滯流動。換言之，係指管體和接頭在設計載重作用下保持不過度裂開、位移(脫落、彎曲等)、變形等狀態，正常運作過程中不損害之情況。

#### 2. 2級地震應保持的耐震性能

在更生管管道截面發生變形無法確保設計流量，更生管道之管體不因破裂及泥砂進入，污水可以順利流動。

在自立管的抗震設計中，無論既設管或其他因素，地面位移會傳遞到更生管並導致變形，認為是與「一體構造管きよ(硬質塩化ビニル管(接着接合管線一體化結構管渠(硬質PVC管(膠合接頭管)))」相同的結構型式。

自立管具有「一體化結構管渠」的特性。在既設管內面建構與人孔間無接頭

的一體化結構更生管。既設管與地層相接，會隨地層的變位等行為一同變動。然而，既設管內面的更生管則會抵抗此類變位等行為。更生管會隨著既設管的結構、接頭、更新工法有不同的行為發生。

另一方面，自立管也具有「承插式接頭管渠」之特性，發生地震、土壤液化等地盤變化直接影響與地層相連的既設管及其接頭時，如既設管與更生管之間緊合到無變位差或更生管密合在既設管接頭，則可能也對位於內部的更生管造成局部的變形。

自立管同時擁有「一體化結構管渠」及「承插式接頭管渠」兩種特性。由於現階段較難以解釋此現象的詳細狀況，另外，依據更生管的方法、材料及表面處理而有所不同，因此在自立管的耐震設計方面視為「一體化結構管渠」。

自立管的耐震計算，在常時的結構計算中，對適當設定的更生管的截面進行檢查，確認安全性，使用符合「耐震基準」的反應位移法。

關於更新工法的適用性，若無法用公式化計算法進行判斷，則透過耐震試驗來確定耐震性能，符合性確認之耐震試驗方法，可參考複合管之概念。

#### 4.3.1 耐震設計檢討項目及計算

更新工法的耐震設計，以「耐震基準」及「耐震計算例」為基本進行設計，分別說明如下。

下水道管渠的耐震計算，應針對地震時易受災害的人孔與管渠的接口、管渠與管渠間的接頭、管的垂直斷面、管的軸向斷面、管本體的上浮等計算。

「耐震基準」係以反應位移法進行耐震計算，依不同管種的特性、材料特徵及管線設施的重要度，更新工法時之耐震計算矩陣表，如表 3.2 所示。

自立管同時擁有「一體化結構管渠」及「承插式接頭管渠」兩種特性。由於現階段較難以解釋此現象的詳細狀況，因此在自立管的耐震設計方面視為「一體化結構管渠」，不考慮既設管的變形，而只考量地盤變位直接傳遞更生管導致的變形，且忽略管渠間接頭的影響。另外，因自立管不考量既設管的強度，而是由自身的強度去抗衡外力及其變位(如圖 4.1)，當地震等強大外力發生時，視更生管與既設管之接觸面無摩擦力產生。

自立管不考量既設管的強度，而是由更生材料在人孔間一體化結構管渠內形成，地震時更生材料以自身的強度去抗衡，需配合地盤的變位。因此於等級 1 地震及等級 2 地震，應進行「耐震基準」之「一體化結構管渠(硬質 PVC 管(膠合接頭管))」探討。

在自立管的耐震計算中，做為「一體化結構管渠(硬質 PVC 管(膠合接頭管))」，基本上以地震力引起的更生管的變形與外側的既設管的變形或行為無關。

關於各個計算式，參考「耐震基準」之管體及接頭研究，另外，關於接頭處研究中的容許彎曲角度以及容許脫出量，與強度和彈性模數相同，由於各施工方法所使用的材料特性和現場的更生管的製作過程、確保品質的方法不同，因此須確認各施工方法的物理性質值。

重要幹線等將通過以下方法進行檢查，但其他管路將遵循與重要幹線等相同的標準。

### 1. 人孔與管渠的连接

關於人孔和管渠的连接彎曲角以及脫出量的措施，應綜合考慮管渠伸入人孔的程度，人孔與管渠连接處應採用柔性結構，但是所需對策因設施而異，因此應綜合考慮設施的重要程度、檢修孔內外的情況等，選擇適當的措施實施。

(1) 地震的彎曲角( $\theta$ )視為與人孔及管渠的迴轉角同值，求得最大變位振幅(縱深方向)，並以使用極限(等級 1 地震)及最終極限(等級 2 地震)的彎曲角驗證確認之(參考圖 4.8)。

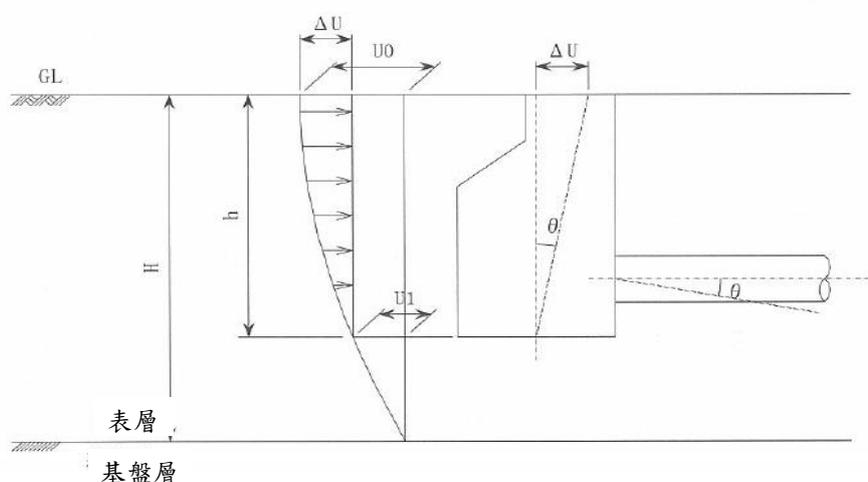


圖 4.8 人孔與管渠的连接處概念圖

(2) 因地震而產生的脫出量，當管渠受到水平變位振幅的作用，假設管渠為無限延伸樑的情況下，可求得其相對變位量，而此變位量可視為等同，依據地盤震動波長、地盤剛性係數、更新管之短期抗拉彈性模數等之接頭變位係數相乘計算所得之管軸方向接頭伸縮量。對於接頭脫出量之容許限值及最大值(設施管理單位之設定量)，仍需加以確認(評估地盤振幅及材料伸縮)。

### 2. 管與管之間的连接部分

關於自立管，根據管的接頭部完全固定的黏接接合管路的情況，不需要對管和管的接頭部進行研究。

### 3. 垂直斷面強度

一般來說，一體化結構管渠在地震外力下受到的應變，管軸方向較圓周方向來的明顯，另外，管渠越小，管軸方向的應變越大，過去受損經驗也可看出這個現象。因此，在此主體上只針對管軸方向的應力及管體應變量進行探討，而可忽略垂直斷面的影響。

### 4. 管軸方向強度

一般來說，管體的行為會隨周邊地盤的變形影響。針對等級 1 及等級 2 地震，以反應位移法求得地盤震動下的水平變位振幅，利用地盤震動的波長、地盤的剛性係數、地盤變位的傳達係數等，計算地震所發生的應力。

- (1) 針對等級 1 地震，以極限狀態設計法或容許應力法確認更生管不會過度變形導致輸水能力的降低(使用極限狀態)。此時的驗證值為依據審查證明的長期抗拉強度或短期抗拉強度除以安全係數求得。
- (2) 針對等級 2 地震，以極限狀態設計法確認更生管不會產生因斷裂伴隨的砂土流入導致喪失流通機能。此時的驗證值為依據審查證明的短期抗拉強度。
- (3) 針對等級 2 地震，多數的更生材料屬於對變形性能較弱之硬化樹脂，考量局部變位產生龜裂、破損的可能，探討管軸方向的應力、伴隨液化的地層下陷所帶來的彎曲角及脫出量。

如果通過抗震計算難以得到自立管的管軸方向，則需要通過耐震試驗來確定。

#### 5. 傾斜地盤

設計中使用的地基永久變形，包括護岸因液化而移動引起的側移以及人工改造土地坡地。

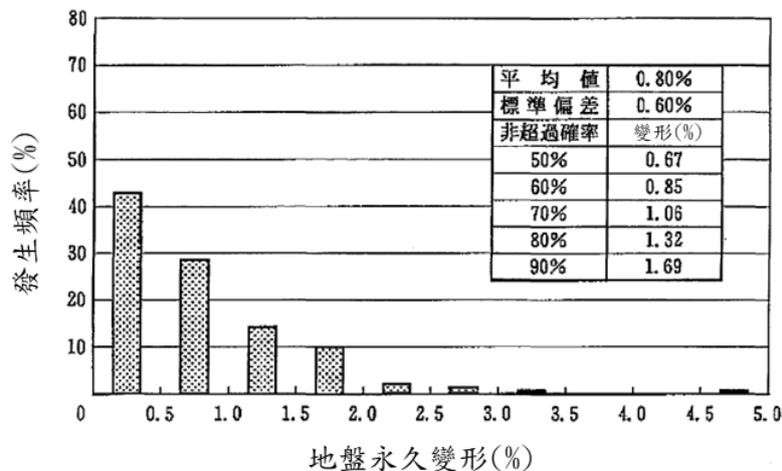


圖 4.9 傾斜地面的永久變形(拉伸)頻率分佈

#### 6. 地面軟硬變化、陡峭等

關於自立管，根據管的接頭部完全固定的黏接接合管路的情況，不需要對管和管的接頭部進行研究。

#### 7. 土壤液化的判斷(FL 值)

如果目標地面是可能液化的土層，則需要判斷土壤液化(計算 FL 值)並了解其影響。

#### 8. 在液化地面的情況下

關於自立管，對人孔和管的連接處的 2 級地震進行防止彎曲和脫落之對策。基本上，人孔和管道連接應具有柔性結構。

有關人孔與管渠接點的探討：

1. 土壤永久變形

人孔及管渠的連接點受側向移動所造成的永久應變之探討，應考量地盤液化的最大摩擦力，並計算地盤變位作用於更新管產生的壓縮應力及變位量，以最終極限的壓縮強度(短期壓縮強度)與脫出量驗證確認之(參考圖 4.10)。

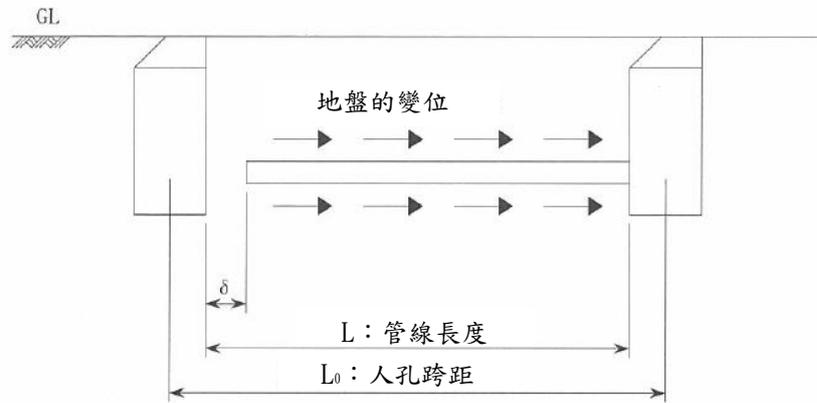


圖 4.10 永久應變使人孔及管渠的連接處脫出之概念圖

2. 地層下陷

人孔及管渠的連接點受地層下陷之探討，以人孔為支點的樑模型進行假設，計算最大沉陷量，以相似圓弧計算中心角、圓弧伸長量(脫出量)及最大彎曲應力，並以最終極限的彎曲強度(短期彎曲強度)與脫出量驗證確認之(參考圖 4.11)。

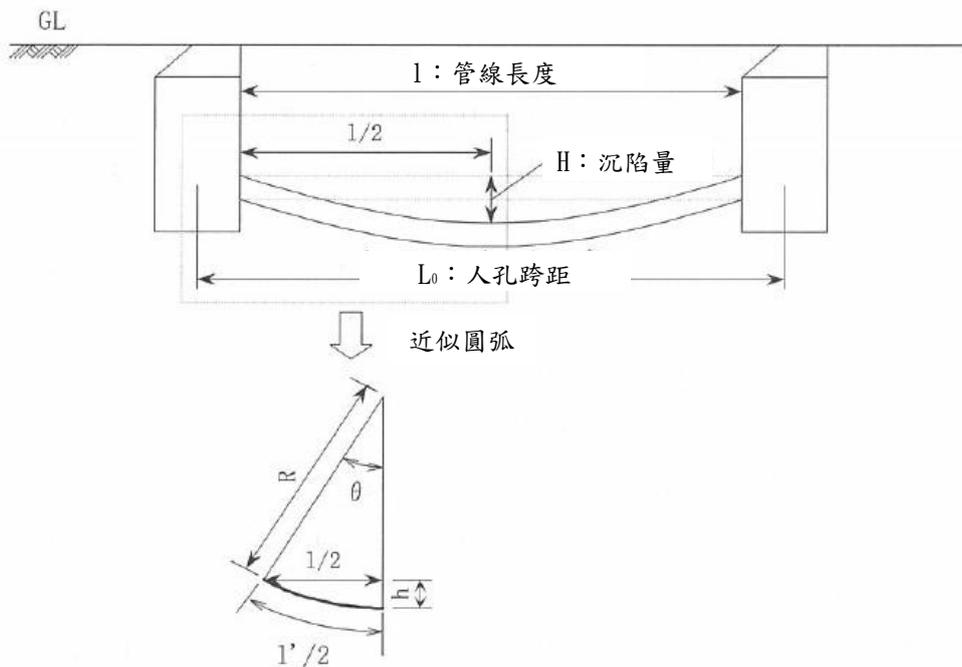


圖 4.11 土壤液化導致之地層下陷與脫出量之概念圖

### 4.3.2 耐震設計管徑檢驗方法

自立管的耐震設計對象為小管徑(既設管標稱管徑小於 800mm)，如使用中、大管徑，需個別檢討。

然而，關於忽略小管徑的耐震設計部分，因自立管的耐震設計不考慮既設管的影響，且不同工法的強度特性、變形特性等各有不同，其安全性無法得到驗證，故現階段不適用於自立管。

更新工法因更生管外側之既設管及其接頭的狀態、施工狀況的不同，會影響既設管與更生管的一體化狀況。地震外力(加速度、震幅、周期等特性)及地盤變形傳遞於更生管的情形、既設管的變形影響更生管變形的情形並未充分了解，且更生管的工法或完成狀況也會影響變形量及狀況。因此，關於更新工法的適用性，如無法以既有的計算方法去判斷時，應經由耐震試驗確認耐震性能。耐震試驗可以假設為複合管的情形來思考。

因此，「一體化結構管渠(硬質 PVC 管(膠合接頭管))」計算耐震的適用範圍以小管徑為原則。其他的管徑，需各別勘查施工法及地盤條件等，進行耐震計算或耐震試驗等確認。

### 4.3.3 地震時對自立管與既設管之追蹤性試驗

自立管應用於承插式接頭的既設管時，須對既設管進行追蹤性試驗，以確認自立管對承插式接頭既設管之性能是否符合。

對於自立管的需求性能，雖然不需比照複合管，但是在承插式接頭的既設管中應用一體化結構管的自立管時，由於自立管工法包含反轉內襯工法及形成工法等多種工法，雖已依其耐震設計方法設計，惟自立管可能因為既設管的接頭部位受外力產生應力集中現象，因此須於地震期間實施耐震試驗，以追蹤確認自立管與既設管(承插式接頭)的後續情況，為確認各工法耐震試驗性能，現階段大約有七成的工法已進行追蹤性試驗(耐震性能試驗)。

### 4.3.4 耐震基準之注意事項

進行耐震計算時需留意下列各項：

1. 進行一體化結構管渠的耐震計算時，需要確認各工法的抗拉強度、抗拉彈性模數、壓縮強度及壓縮彈性模數。

- (1) 抗拉強度(短期、長期)及抗拉彈性模數(短期)

抗拉強度(短期、長期)及抗拉彈性模數(短期)，需考量等級 1 地震及等級 2 地震對管體的應力及地震所造成的脫出量。

因各工法使用的材料特性、更生管的現場製作過程、品質控制的方法不同，應確認各工法的相關數值。

- (2) 壓縮強度(短期)及壓縮彈性模數

壓縮強度(短期)及壓縮彈性模數，需考量等級 2 地震時的側方流動對

人孔及管渠接點的脫出量及發生應力。因抗拉強度(短期、長期)及抗拉彈性模數(短期)也隨工法有所不同，應確認各工法的相關數值。

等級 2 地震時的地盤液化所伴隨的地盤下陷部分，需針對彎曲角、脫出量、彎曲應力等進行檢討。彎曲強度(短期)及彎曲彈性模數應使用相關數值。

2. 更生材料的斷面積及慣性矩(Moment of Inertia)，以各工法常時設計所求得之管徑及管厚計算，以利查證各項耐震性能。
3. 人孔與管渠間的連接點之探討，需要確認必要容許彎曲角及容許脫出量。  
關於容許彎曲角及脫出量，如同強度及彈性模數，各工法使用的材料特性、更生管現場的製作過程、品質控制不同，需確認各工法的設計值。
4. 自立管管軸方向的耐震難以使用耐震計算確認時，應進行耐震試驗加以確認。
5. 關於人孔與管渠的接頭之彎曲角及脫出量對策，考量脫出對人孔內的影響，接頭處應以撓性結構為基本。

人孔與管渠連接點的錯位，則由地盤液化的永久變形、地震的抗拉強度及壓縮力或地盤下陷的塌陷所造成。

另外，接頭密著而不能彎曲的狀態下，受到連續地震的彎曲影響時，恐對管渠的圓周方向造成裂縫。除設施結構上與污水系統的耐震性須確保外，人孔與管渠的連接處需考量彎曲角與脫出量，防止在脫出時造成脫離。管結構發生人孔內的脫出及彎曲時，可於接頭將彎曲作用吸收，並使用具可撓性的接頭。更新後的管渠亦須確保上述耐震性能。

含更新工法的管渠改建時，人孔與管渠的連接處為可對應脫出、彎曲的狀況，應以靈活結構為設計的基本。但所需的對策會隨設施的不同有所差異，因依設施的重要度、人孔周邊狀況等進行適當的對策。

在「耐震基準」中，由地盤液化的最大沉陷量來假設圓弧的跨距，因此標的跨距越短時，變形的曲率越大。

#### 4.4 輸水能力驗證

根據管內調查、測量等結果，應用更新工法後的輸水能力之驗證，更生後的輸水能力，需以下水道計畫所訂定的流量計算方法計算，並驗證是否滿足必要的輸水能力。考量更生管厚度造成管斷面的縮小，需計算更新後的自立管輸水能力。因通水斷面的縮小，需進行水理試驗的輸水能力試驗來量測粗糙係數，進行相關水理計算並確認是否符合設計流量需求。

水理試驗中的粗糙係數並無統一的量測方式，在此以採用一般的測定方法，使用一定流量在標的管渠中流通，測定流速及相關坡度來計算粗糙係數。另外，更新工法不希望出現皺摺，因此水力性能的確認是有其必要性。

有關更生管施工驗證及檢驗相關事項，詳於第七章。

## 4.5 自立管的設計計算例

### 4.5.1 設計條件

#### 1. 載重

依據依據日本下水道協會「管更生の手引(案)」(以下簡稱指南)，作用於自立管的載重，包括下列所述之兩種載重的總和。

##### (1) 土壤垂直壓力

##### (2) 活載重垂直土壓力

由於自立管的材質與硬質 PVC 管、玻璃纖維強化複合管類似，具可撓性管特性，因此可參照日本 JSWAS K-1 等規範，分別計算(1)土壤垂直壓力及(2)活載重垂直土壓力。有關土壤的垂直壓力計算，是可以依據既設管施工時其所採用的開挖方式或如推進等非開挖工法等，當更新既設管時可參考其施工時土壓之計算公式。

#### 2. 有效支承角

自立管的有效支承角，希望能夠具有對於既設管的束縛作用。

由於既設管其基礎及管體仍存有部分的機能，在實際設計如既設管的束縛作用力可以藉由實驗等方法加以確認時，希望可以因應各種條件進行設計。

依據指南，自立管的設計所採用的有效支承角是  $120^\circ$ (施工支承角  $360^\circ$ )。

同樣在 JSWAS K-1 的規格方面，既設管的基礎工程狀態如管周圍( $360^\circ$ )由地盤包圍著時，其有效支承角也是  $120^\circ$ 。

#### 3. 計算方式

為達到下水道管渠的更新目的，應考量更生管需具備如同新設管等以上的載重能力、耐久性，故指南提出更生管的設計及施工管理等標準考量方式做為參考。在此情況下、對於既設管而言其鋪設年代及採取適用的管線更新工法等，將如鋼筋混凝土管等剛性管一般。

由於既設管發生劣化的原因及生命周期總支出(LCC)等相關知識尚有不足之處，雖然具備對於管渠的耐久性、以及可研判其在什麼情況下應該實施的因應對策是較為適當等之基本知識，但是現階段並無確切進行改建之相關評估。

因此基於更生管能達到如同新設管等以上的抗承载力、耐久能力為前提，本指南提出更生管的設計等考量方式做為參考。

在各更新工法協會，工程發包單位的規範等如未記載相關規定時，各協會常採用協會獨自的設計方法。

#### 4. 厚度的決定

計算更生管的管厚度，可採用各種計算式加以計算、比較檢討，並決定其適用之厚度。而最終所採用的設計值，應參考各更新工法協會的規格值。

## 4.5.2 設計容許值

### 1. 設計彎曲強度及設計彎曲彈性模數

在指南方面，採取反轉工法、形成工法等在现场施作自立管時，在設計上所採用的彎曲強度及設計彎曲彈性模數，原則上所採用之長期試驗值是可以反應更生材料在现场施工時因硬化等造成品質不均的因素，而且設計彎曲強度是被要求以短期值除以安全係數計算而得。而在各更新工法協會，對於設計彎曲強度的計算有的是以短期值或是長期值除以安全係數。

本設計案例是採用指南的基準計算。依據指南，設計彎曲彈性模數採用長期值除以安全係數而得，此安全係數因更生材料是否經玻璃纖維補強而有所不同。

本設計案例是假設使用的更生材料未經玻璃纖維補強的情況下，其安全係數以 1.6 計算，如更生材料經玻璃纖維補強的情況時，其安全係數可以 1.5 計算。其次，設計彎曲強度是以短期值除以安全係數 5.0 計算。在各更新工法協會，所採行的設計彎曲強度及設計彎曲彈性模數，如表 4.6 所示。

本設計案例、是採用各更新工法協會所採行的中間值計算。

設計彎曲強度

$$\sigma = \frac{\text{短期值}}{\text{安全係數}} = \frac{40}{5.0} = 8 \text{ N/mm}^2$$

設計彎曲彈性模數

$$E_L = \frac{\text{長期值}}{\text{安全係數}} = \frac{2,500}{1.6} = 1,563 \text{ N/mm}^2$$

### 2. 容許撓曲(變形)率 V

在指南方面，更生管採取反轉工法、形成工法等在现场施作時其材質與 PVC 管、玻璃纖維強化複合管類似可撓管，因此可參照 JSWAS K-1 等規範，如為維持管渠功能，容許撓曲(變形)率可以 5% 考量。

### 3. 管的柏松比 $\nu$

柏松比(Poisson's Ratio)為材料受拉伸或壓縮時，材料會發生變形，其橫向變形量與縱向變形量的比值，其公式如下所示。

柏松比  $\nu$  = 橫向變形量 / 縱向變形量

## 4.5.3 設計計算例

依據指南計算更生管的管厚度時，先依設計條件計算出回填土及活載重的垂直土壓力，並由撓曲(度)率及彎曲應力等分別計算各必要的厚度，且擇其較大者為更生管計算厚度，再以此計算厚度做為更生管之設計值，另考量製造、施工條件等因素，由各更新工法協會所採行的規範值中選定適用者。更生管的管厚度的計算流程，如圖 4.12 所示。

表 4.6 各更新工法協會之短期彎曲強度及長期彎曲彈性模數

分類	區分	工法名稱		短期彎曲 強度 (N/mm <sup>2</sup> )	長期彎曲彈 性模數 (N/mm <sup>2</sup> )
反轉 工法	熱硬 化型	ICP Breathe	ICP Breathe	40	2,000
			ICP Breathe G	45	3,500
		SD 內襯		50	2,200
		INSITUFORM	高彈性樹脂規格	50	2,820
			標準規格	50	1,550
			玻璃強化內襯	80	2,867
		全內襯-I(All liner-i)		40	2,000
	Grow		42.6	2,526	
內襯管(Hose liner)		59	1,600		
	光硬 化型	IN PIPE		176	4,315
形成 工法	熱硬 化型	FFT-S	G 型	140	5,170
			L 型	50	2,250
		全內襯(All liner)	全內襯	40	2,700
			高強度全內襯(All liner-z)	100	5,371
	PALTEM HL-E		45	862	
	PALTEM SZ		110	4,968	
	光硬 化型	SEAMLESS system		167	4,091
	熱形 成型	EX 工法		42	1,250
Omega 內襯		40	720		

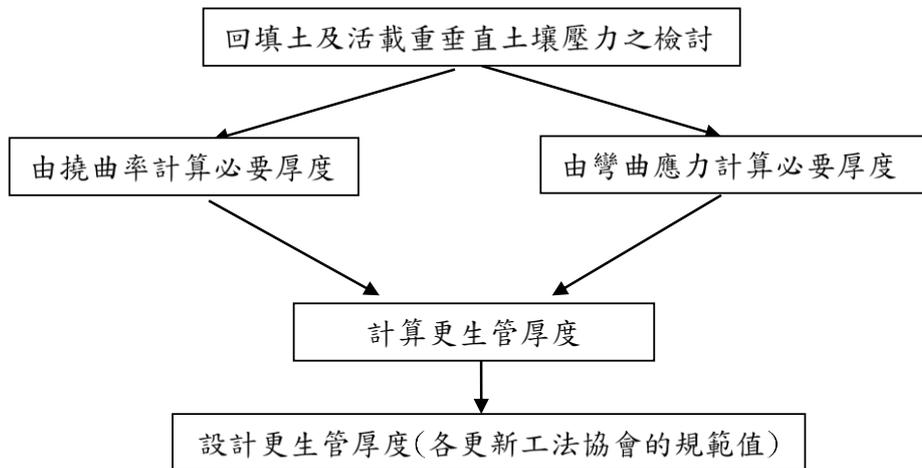


圖 4.12 指南更生管厚度計算流程

## 1. 設計條件

設計條件如下所示。

管材鋼筋混凝土管

管內徑 200mm

覆土深度 2.50m

地下水位 2.00m(GL-0.50m)

活載重汽車重(T 載重)

土壤單位體積重  $1.8 \times 10^{-5} \text{ N/mm}^3$

土壤內摩擦角  $\phi = 30^\circ$

土壤凝聚力 0  $\text{kN/m}^2$

假設開挖寬度 0.9m

不考量既設管強度

## 2. 回填土垂直土壓力 $q$

利用 Janssen 公式計算，示意如圖 4.13。

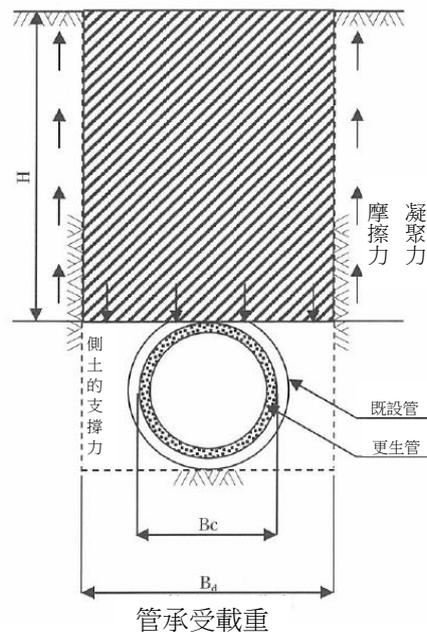


圖 4.13 Janssen 公式說明示意圖

$$\begin{aligned}
 q &= \left( \frac{\gamma \cdot B_d}{2} - f \right) \cdot \left( \frac{1 - e^{-2K \cdot \mu \frac{H}{B_d}}}{K \cdot \mu} \right) \quad (4.1) \\
 &= \left( \frac{1.8 \times 10^{-5} \times 900}{2} - 0 \right) \times \left( \frac{1 - 2.718^{-2 \times 0.333 \times 0.577 \times 2,500/900}}{0.333 \times 0.577} \right) \\
 &= 2.75 \times 10^{-2} \text{ N/mm}^2 = 2.75 \times 10^{-5} \text{ kN/mm}^2
 \end{aligned}$$

式中：

- q : 垂直土壓力(KN/mm<sup>2</sup>)
- γ : 回填土壤單位體積重 1.8 X 10<sup>-5</sup>(N/mm<sup>3</sup>)
- Bd : 假設開挖寬度(mm)
- μ : 回填土與側壁摩擦係數=tan φ=tan30°=0.577
- φ : 回填土內摩擦角(°)
- H : 覆土深度(mm)
- f : 回填土壤凝聚力(kN/mm<sup>2</sup>)
- K : 主動土壓力係數

$$K = \frac{\sqrt{\mu^2 + 1} - \mu}{\sqrt{\mu^2 + 1} + \mu} = \frac{\sqrt{0.577^2 + 1} - 0.577}{\sqrt{0.577^2 + 1} + 0.577} = 0.333$$

### 3. 活載重垂直土壓力 p

有關活載重之垂直土壓力計算，依據日本下水道協會規範。

$$p = \frac{2P(1+i)\beta}{C(\alpha+2H \cdot \tan\theta)} \tag{4.2}$$

$$= \frac{2 \times 100 \times (1 + 0.4) \times 0.9}{2,750 \times (200 + 2 \times 2,500 \times 1)}$$

$$= 1.76 \times 10^{-5} \text{ kN/mm}^2$$

式中：

- p : 輪載重之垂直土壓力(KN/mm<sup>2</sup>)
- P : 後輪載重(KN)
- H : 覆土深度(mm)
- a : 輪胎接地長度 200(mm)
- C : 車體寬度 2,750(mm)
- i : 衝擊係數
- H : 2.50m 時，參照表 4.7，i=0.65-0.1
- θ : 載重的分佈角度 45(°)
- β : 折減係數 0.9 (參照表 4.8，計算得之)

表 4.7 衝擊係數

H(m)	H ≤ 1.5	1.5 < H < 6.5	H ≥ 6.5
i	0.5	0.65-0.1H	0

表 4.8 活載重折減係數

	覆土深度 $H \leq 1$ m 且內徑 $\geq 4$ m	左列以外時
$\beta$	1.0	0.9

4. 由撓曲率計算之必要厚度  $t$

$$t = \frac{D}{1 + \sqrt[3]{\frac{E_L \cdot V}{75(K_1 \cdot q + K_2 \cdot p)}}} \quad (4.3)$$

$$= \frac{200}{1 + \sqrt[3]{\frac{1.563 \times 5.0}{75 \times (0.07 \times 2.75 \times 10^{-5} + 0.03 \times 1.76 \times 10^{-5})}}}$$

$$= 5.6 \text{mm}$$

式中：

- $t$ ：更生管厚度(mm)
- $D$ ：更生管外徑(mm)
- $K_1$ ：回填土的撓曲係數0.070
- $K_2$ ：輪載重的撓曲係數 0.030
- $q$ ：回填土之垂直土壓力(kN/mm<sup>2</sup>)
- $p$ ：活載重之垂直土壓力(kN/mm<sup>2</sup>)
- $E_L$ ：設計彎曲彈性模數1.563(kN/mm<sup>2</sup>)
- $V$ ：容許撓曲率(%)

由上式計算求得必要之厚度為5.6mm。

5. 由彎曲強度計算之必要厚度  $t$

$$t = \frac{D}{1 + \sqrt{\frac{2\sigma}{3(k_1 \cdot q + k_2 \cdot p)}}} \quad (4.4)$$

式中：

- $t$ ：更生管厚度(mm)
- $D$ ：更生管外徑(mm)
- $k_1$ ：回填土的力矩係數
- $k_2$ ：輪載重的力矩係數
- $q$ ：回填土之垂直土壓力(kN/mm<sup>2</sup>)
- $p$ ：活載重之垂直土壓力(kN/mm<sup>2</sup>)
- $\sigma$ ：設計彎曲強度0.008(kN/mm<sup>2</sup>)

有關本項厚度分別由管頂及管底計算，並選擇其較大者。支撐條件其有效支承角度為 120°(施工支承角度 360°)，在此情況下彎曲力矩係數，如表 4.9 所示。

表 4.9 彎曲力矩係數

位置	$k_1$	$k_2$
管頂	0.107	0.079
管底	0.121	0.011

$$\begin{aligned} \text{管頂 } t &= \frac{200}{1 + \sqrt{\frac{2 \times 0.8 \times 10^{-2}}{3 \times (0.107 \times 2.75 \times 10^{-5} + 0.079 \times 1.76 \times 10^{-5})}}} \\ &= 5.5 \text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{管底 } t &= \frac{200}{1 + \sqrt{\frac{2 \times 0.8 \times 10^{-2}}{3 \times (0.121 \times 2.75 \times 10^{-5} + 0.011 \times 1.76 \times 10^{-5})}}} \\ &= 5.0 \text{mm} \end{aligned}$$

由管頂計算為 5.5mm、管底計算為 5.0mm，選擇其較大者 5.5mm 做為必要的厚度。

#### 6. 結果

由撓曲率計算得到更生材料的必要厚度為 5.6mm。

由彎曲應力計算得到更生材料的必要厚度為 5.5mm。

故更生管必要厚度為 5.6mm。

設計更生管厚時，可參考各更新工法協會所採行的規範值。

### 4.5.4 各更新工法協會設計考量

各更新工法協會所採行的標準方式，計算更生管的管厚度時，先依設計條件計算出地下水壓及土壓力等，然後求得各必要的厚度，並且考量撓曲率及彎曲應力等分別計算各必要的厚度，採用較大者為更生管計算厚度，再以此計算厚度做為更生管之設計值，並且考量製造、施工條件等因素，由各更新工法協會所採行的規範值中選定適用者，更生管的管厚度的計算流程，如圖 4.14 所示。

#### 1. 對於地下水壓之檢討

##### (1) 地下水壓 $q_w$

$$q_w = \gamma_w \left( H_w + \frac{D_o \times 10^{-3}}{2} \right) \quad (4.5)$$

式中：

$q_w$ ：地下水壓 ( $N/mm^2$ )

$\gamma_w$ ：水單位體積重量 ( $N/mm^3$ )

$H_w$ ：水壓 ( $N/mm^2$ )

$D_o$ ：管外徑 (mm)

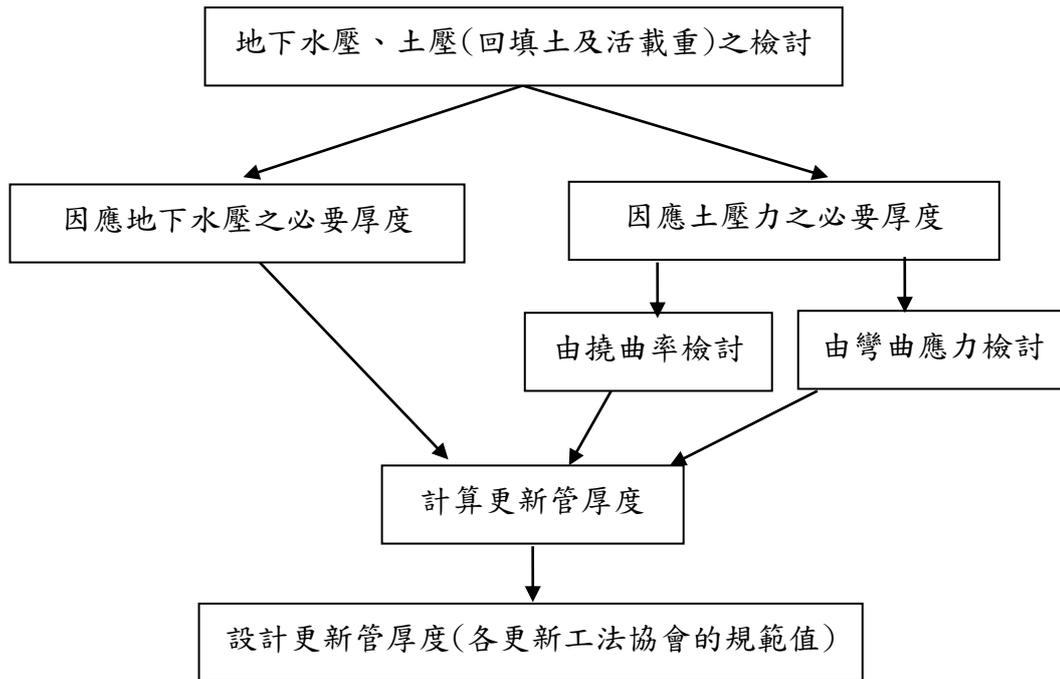


圖 4.14 各更新工法協會更生管厚度計算流程

(2) 相對於地下水壓必需厚度  $t$

依 Timoshenko，當長條狀的薄壁中空圓體受到外壓時，該圓筒管發生軸向挫曲現象，而其理論壓力公式如下所示。

$$P = \frac{E_L}{4(1 - \nu^2)} \cdot \left(\frac{t}{r}\right)^3 \quad (4.6)$$

式中：

$P$ ：挫曲靜水壓(kN/mm<sup>2</sup>)

$E_L$ ：彈性模數(kN/mm<sup>2</sup>)

$\nu$ ：柏松比

$t$ ：厚度(m)

$r$ ：半徑(m)

管渠進行更新作業如既設管存在時，由於更生材料對於外側的既設管具備束縛作用，採用上式計算出的挫曲力，會有較大的作用力，因而使得既設管產生軸向挫曲現象。因此，考量對於既設管提高束縛作用的同時，也要減低管渠造成扁平的效果，依據 ASTM F1216 的規定更生管的必要厚度如下列公式計算。

$$P = \frac{2K \cdot E_L}{(1 - \nu^2)} \cdot \frac{1}{(D/t - 1)^3} \cdot \frac{C}{N} \quad (4.7)$$

式中：

P：外水壓(kN/mm<sup>2</sup>)

K：既設管之支撐向上係數 7.0

E<sub>L</sub>：設計彎曲彈性模數(kN/mm<sup>2</sup>)

ν：柏松比 0.30

N：安全係數 2

D：既設管內徑(mm)

t：厚度(mm)

C：橢圓變形係數

$$= \left\{ 1 - \frac{q}{100} / \left( 1 + \frac{q}{100} \right)^2 \right\}^3$$

$$q：管之橢圓率 = \frac{\text{平均內徑} - \text{最小內徑}}{\text{平均內徑}} \times 100$$

$$\text{或是} = \frac{\text{最大內徑} - \text{平均內徑}}{\text{平均內徑}} \times 100$$

由上述公式求得管厚度，原則上設定 D/t ≤ 100。

## 2. 對於土壓力之檢討

埋設於土壤中的管渠受到的土壓力，包括回填土壓及活載重等汽車輪壓，對於土壓力之檢討，必須要考量這兩類的載重。

### (1) 覆土壓力

覆土的壓力計算很多，本手冊將介紹一般常用於管渠設計時的土壓力計算公式。

#### ① 垂直土壓公式

本公式最初被日本下水道協會 JSWAS K-1 之撓性管規格所採用。假設既設管受到土壤之重量直接分佈作用於管體上。

$$W = \gamma \times H \quad (4.8)$$

式中：

W：覆土壓力(kN/mm<sup>2</sup>)

γ：土壤單位重(kN/mm<sup>3</sup>)

H：覆土深度(m)

#### ② Marston 公式

既設管鋪設時如採用明挖方式，一般是先將地盤開挖溝床、並將預鋪設之管渠放置後再予以覆土掩埋。Marston 公式是考量回填土與溝床的壁面間有摩擦作用力，開挖溝床寬度內的土柱重量對既設管產生作用力。一般是較適用於不被要求緊密固定的場合或剛性管渠。另 Marston 公式也可以做為原地盤上設置管渠後覆土時之土壓力公式。

$$W = \frac{\gamma(1 - e^{-2K \cdot \tan \phi \cdot H/B_d})}{2K \cdot \tan \phi \cdot B} \quad (4.9)$$

式中：

- W：覆土壓力(kN/mm<sup>2</sup>)
- γ：土壤單位重(kN/mm<sup>3</sup>)
- H：覆土深度(m)
- B<sub>d</sub>：開挖寬度(m)
- B<sub>c</sub>：管外徑(m)
- K：主動土壓力係數
- φ：土壤內摩擦角(°)

### ③Janssen 公式

本公式與 Marston 公式相同，既設管鋪設時採用開挖方式，溝床鋪設之管渠放置後再以覆土掩埋，土柱重量對既設管產生作用力。但由於溝床內部的土柱重量等分佈於溝床寬度，使得管渠的理論上作用力，是由管渠寬度上的土柱重量減去摩擦力。由於採用本公式時對於管渠兩側之回填管制要求較嚴格，一般撓性管的設計常利用此公式。由於本公式可以說是 Marston 公式使用於特殊的場合，因此本公式也可以代替 Marston 公式被採用。

$$W = \frac{(1 - e^{-2K \cdot \tan \phi \cdot H/B_d})}{2K \cdot \tan \phi} \cdot \left( \frac{\gamma \cdot B_d}{2} - f \right) \quad (4.10)$$

式中：

- W：覆土壓力(KN/mm<sup>2</sup>)
- γ：土壤單位重(N/mm<sup>3</sup>)
- H：覆土深度(m)
- B<sub>d</sub>：開挖寬度(m)
- K：主動土壓力係數
- φ：土壤內摩擦角(°)
- f：土壤凝聚力(KN/m<sup>2</sup>)

### ④Terzaghi 公式

$$q = \sigma_v = \frac{B_1(\gamma - c/B_1)}{K_0 \cdot \tan \phi} (1 - e^{-K_0 \cdot \tan \phi \cdot H/B_1}) + p_0 \cdot e^{-K_0 \cdot \tan \phi \cdot H/B_1} \quad (4.11)$$

$$B_1 = R_0 \cdot \cot \left( \frac{\pi/4 + \phi/2}{2} \right) \quad (4.12)$$

式中：

- q：管均佈載重(kN/mm<sup>2</sup>)
- σ<sub>v</sub>：Terzaghi 緩和土壓(kN/mm<sup>2</sup>)
- K<sub>0</sub>：水平土壓與垂直土壓之比值

$\phi$ ：土壤內部摩擦角( $^{\circ}$ )  
 $p_0$ ：上載重的影響( $\text{kN}/\text{mm}^2$ )  
 $\gamma$ ：土壤單位體積重( $\text{kN}/\text{mm}^3$ )  
 $c$ ：土壤凝聚力( $\text{kN}/\text{m}^2$ )  
 $R_0$ ：開挖半徑( $\text{m}$ )= $(B_c + 0.1)/2$   
 $B_c$ ：管外徑( $\text{m}$ )  
 $H$ ：覆土深度( $\text{m}$ )

⑤日本下水道協會公式

當拔除支撐板時，如現場地質不佳，地盤會緩緩產生土壓因而對管體將增加壓力，本公式可以做為預估其土壓的公式。本公式在 JSWAS A-1 之規範，一般是適用於管床埋設之鋼筋混凝土管。

$$W = \alpha \cdot \frac{1}{B_c} \cdot \gamma_s \cdot B_d \cdot C_d (B_c + H \cdot \tan \phi) \quad (4.13)$$

$$C_d = \frac{1 - \exp(-2K \cdot \mu \cdot H/B_d)}{2K \cdot \mu} \quad (4.14)$$

式中：

$W$ ：覆土壓力( $\text{kN}/\text{m}^2$ )  
 $\gamma_s$ ：土壤單位重( $\text{kN}/\text{m}^3$ )  
 $B_c$ ：管外徑( $\text{m}$ )  
 $B_d$ ：開挖寬度( $\text{m}$ )  
 $H$ ：覆土深度( $\text{m}$ )  
 $\phi$ ：土壤內部摩擦角( $^{\circ}$ )  
 $\alpha$ ：修正係數  
 $K$ ：主動土壓力係數  
 $\mu$ ：回填土與側壁摩擦係數

(2) 活載重輪壓

有關活載重輪壓的壓力計算公式，係依據「道路橋示方書·同解說」的規格設定車輛(T載重)之設計荷重，其示意圖如圖 4.15 所示。

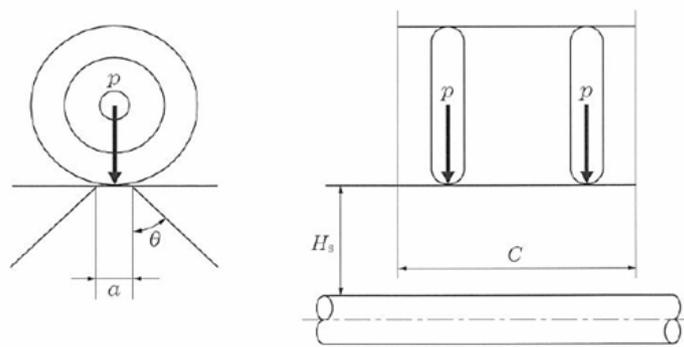


圖 4.15 車輛載重示意圖

$$p = \frac{2P(1+i)\beta}{C(\alpha + 2H \cdot \tan \theta)} \quad (4.15)$$

式中：

- p：輪壓(kN/mm<sup>2</sup>)
- P：T-25 的 1 個後輪載重(kN)
- H：覆土深度(mm)
- $\alpha$ ：輪胎接地長度 200(mm)
- C：車體寬度 2,750(mm)
- $\theta$ ：載重的分佈角度 45(°)
- i：衝擊係數(參照表 4.7，計算得之)
- $\beta$ ：折減係數 0.9(參照表 4.8，計算得之)

### (3) 管厚度計算

#### ①JSWAS K-1 公式。

本公式對於土壓力分佈如圖 4.16 所示。

式中：

- q：單位面積之回填土垂直土壓力(kN/m<sup>2</sup>)
- p：單位面積之活載重垂直土壓力(kN/m<sup>2</sup>)
- 2 $\alpha$ ：有效支承角(°)

有關管厚度的計算，可先由下列的各公式計算求得彎曲應力及撓曲率數值，再藉以計算必需之有關管厚度  $t$ 。

#### (A) 彎曲應力的計算

$$M = (k_1 \cdot q + k_2 \cdot p)r^2 \quad (4.16)$$

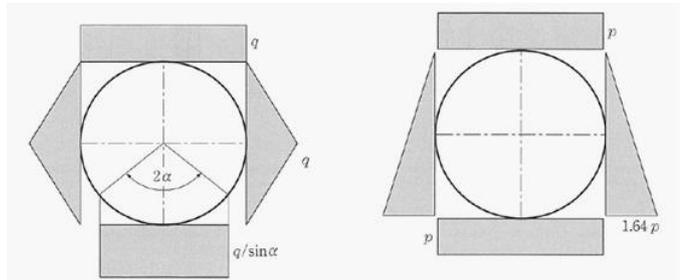
$$\sigma = \frac{M}{Z} \quad (4.17)$$

式中：

M：單位管長其受到回填土及活載重之彎曲應力總和(N·mm/mm)

$k_1$ ：回填土之彎曲應力係數(依據管設置位置、基礎條件區分)

$k_2$ ：活載重之彎曲應力係數(依據管設置位置、基礎條件區分)



(1) 回填土之土壓力分佈

(2) 活載重之土壓力分佈

圖 4.16 土壓力分佈示意圖

式中：

$q$ ：回填土垂直土壓力(kN/m<sup>2</sup>)

$p$ ：活載重垂直土壓力(kN/m<sup>2</sup>)

$r$ ：管半徑(mm)

$\sigma$ ：回填土及活載重之彎曲應力(N/mm<sup>2</sup>)

$Z$ ：單位管長度之斷面係數 = $t^2/6$ (mm<sup>3</sup>/mm)

(B) 撓曲率的計算

$$\delta = (K_1 \cdot q + K_2 \cdot p) \cdot \frac{r^4}{E \cdot I} \quad (4.18)$$

$$V = \frac{\delta}{2r} \times 100 \quad (4.19)$$

式中：

$\delta$ ：回填土及活載重之彎曲應力總和(mm)

$K_1$ ：回填土之彎曲應力係數(依據基礎條件區分)

$K_2$ ：活載重之彎曲應力係數(依據基礎條件區分)

$E$ ：彈性模數(N/mm<sup>2</sup>)

$q$ ：單位面積之回填土垂直土壓(N/mm<sup>2</sup>)

$p$ ：單位面積之活載重垂直土壓(N/mm<sup>2</sup>)

$I$ ：單位管長度之慣性矩 = $t^3/12$ (mm<sup>4</sup>/mm)

$V$ ：撓曲率(%)

$r$ ：管半徑(mm)

② Spangler 公式。

本公式，對於載重分佈如圖 4.17 所示。

關於管的厚度計算，首先利用彎曲應力公式，以試誤法(Trial-and-error)或是迭代法等間接求得容許應力內之厚度，然後將此管厚度的容許撓曲加以檢核後設定。

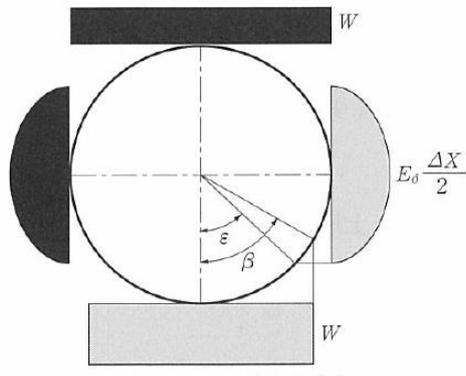


圖 4.17 載重分佈示意圖

(A) 彎曲應力的計算

$$\sigma = 12 \left(\frac{r}{t}\right)^2 \cdot \left(K - \frac{F_r \cdot E' \cdot r^3}{E_L \cdot I + 0.061E' \cdot r^3}\right) P_v \leq \sigma_a \quad (4.20)$$

式中：

$\sigma$ ：產生之彎曲應力(N/mm<sup>2</sup>)

$K$ ：彎曲應力力矩係數(依據管設置位置、基礎條件)

$F_r$ ：支承角係數(依據基礎條件)

$E_L$ ：管之彎曲彈性模數(N/mm<sup>2</sup>)

$E'$ ：回填土的反力係數

$I$ ：單位管長度之慣性矩= $t^3/12$ (mm<sup>4</sup>/mm)

$P_v$ ：埋設管之受垂直土壓(回填土壓+活載重(N/mm<sup>2</sup>))

$\sigma_a$ ：容許彎曲應力(N/mm<sup>2</sup>)

$r$ ：管半徑(mm)

$t$ ：厚度(mm)

(B) 撓曲率的計算

$$V = \frac{\delta_1}{2r} \times 100 \quad (4.21)$$

$$= \frac{F_d \cdot F_r \cdot r^3}{E_L \cdot I + 0.06E' \cdot r^3} \cdot P_v \times 100 \quad (4.22)$$

式中：

$V$ ：撓曲率(%)

$\delta_1$ ：回填土及活載重之彎曲應力總和(mm)

$F_d$ ：回填土完成之延遲係數(經驗值1.5)

$F_r$ ：支承角係數(依據基礎條件)

$E_L$ ：管之彎曲彈性模數(N/mm<sup>2</sup>)

$E'$ ：回填土的反力係數

$P_v$ ：埋設管之受垂直土壓(回填土+活載重)(N/mm<sup>2</sup>)

$r$ ：管半徑(mm)

$I$ ：單位管長度之慣性矩= $t^3/12$ (mm<sup>4</sup>/mm)

③ASTM F1216 公式。

本公式，對於土壓力分佈如圖 4.18 所示。本公式假設管渠之圓周均等受到土壓力。

$$P = P' + K_s \cdot \frac{\omega}{R} \quad (4.23)$$

式中：

$P$ ：管渠局部受力(N/mm<sup>2</sup>)

$P'$ ：管渠全部均等受力(N/mm<sup>2</sup>)

$K_s$ ：彈性支持係數

$\omega$  : 撓度(mm)  
 $R$  : 管半徑(mm)

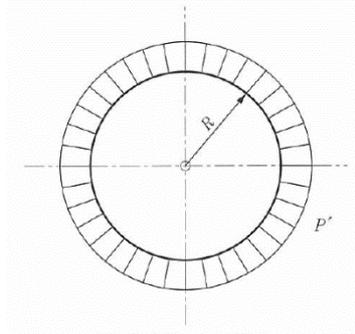


圖 4.18 土壓力分佈示意圖

由上述之基礎公式，如考量浮力係數、橢圓變形率、材質之長期彈性等因素，可得之下列公式。

$$q_t = \frac{C}{N} \left\{ 32R_w \cdot B' \cdot E' \left( \frac{E_L \cdot I}{D^3} \right) \right\}^{1/2} \quad (4.24)$$

式中：

$q_t$  : 管材受到外力之總載重(N/mm<sup>2</sup>)

$R_w$  : 水單位體積重量(N/mm<sup>3</sup>)

$B'$  : 土壤彈性支撐係數

$E'$  : 土壤反力係數

$E_L$  : 部材的長期彈性模數(N/mm<sup>2</sup>)

$I$  : 管材慣性矩(mm<sup>4</sup>/mm)

$N$  : 安全係數

$D$  : 管內徑(mm)

$C$  : 橢圓變形係數

$$= \left\{ 1 - \frac{q}{100} / \left( 1 + \frac{q}{100} \right)^2 \right\}^3$$

$$q : \text{管之橢圓率} = \frac{\text{平均內徑} - \text{最小內徑}}{\text{平均內徑}} \times 100$$

$$\text{或是} = \frac{\text{最大內徑} - \text{平均內徑}}{\text{平均內徑}} \times 100$$



## 第五章 複合管設計

### 5.1 概說

關於複合管的定義，根據“管修復指南(草案)”(以下稱為指南)，定義為“修復材料與既設管成為一體抵抗外力，並具有不低於新設管的承載能力和耐久性”；計有 SPR 施工法、ICP 非開挖施工法、DANBY 施工法、PALTEM 埋設施工法、不銹鋼水泥內襯施工法、3S 水泥施工法等，種類很多。在設計計算時，關於安全性的對照檢查中，各施工法的特性也各有不同。在此，本章僅就其中的 SPR 施工法、ICP 非開挖施工法及 DANBY 施工法的設計計算，舉例說明。

如圖 5.1 複合管概念圖所示，板帶狀等接合用嵌合材料，利用其構造上的特性，嵌入填充材中，通過填充材與既設管緊密黏合，既設管、填充材及板帶狀等接合用嵌合材料變成為一體，成為具有承載能力的複合管結構。

複合管之設計程序包含：基本性能調查、評估設計條件及驗證項目與方法，詳圖 5.2 說明。詳細檢討事項之內容如下：

#### 1. 複合管要求性能

複合管所要求的性能及其評估試驗方法，如表 5.1 所示。

#### 2. 使用材料

複合管之更生材料分有表面材料及填充材料。表面材料有硬質 PVC 塑膠管、聚乙烯管等。填充材料則有水泥砂漿，依必要性，其補強材料也可併用鋼材等。

#### 3. 適用條件

依據調查及結構物評價之結果，考慮下列使用範圍後選定施工法：

- (1) 複合管管渠、管種、管徑及形狀
- (2) 施工長度
- (3) 既設管渠之狀況、段落差、脫離、彎曲、曲線半徑、接合部間隙、滲入水、滯留水
- (4) 施工條件
- (5) 施工現場之環境

#### 4. 承載條件考量

複合管之構造物設計時，應考慮下列載重。

##### (1) 平常載重

作用於複合管之平常載重，應考慮下列各項：

- 1) 土壓
- 2) 活載重
- 3) 其他載重：靜載重、外水壓、浮力、內水壓，依需要適當訂定

##### (2) 地震時載重

作用於複合管地震時的載重，與自立管相同，依設施之重要性等分等

級 1 地震、等級 2 地震。

#### 5. 材料常數設定

現場製管材料係數之設定，應就複合管平常結構計算及耐震計算所用材料係數，依各項目工法之試驗值考慮之。

- (1) 既設管渠之強度及彈性模數
- (2) 表面材料之強度及彈性模數
- (3) 填充材料之強度及彈性模數
- (4) 補強材料之強度及彈性模數

#### 6. 劣化狀況及修復模組化

複合管之結構分析上，既設管渠劣化狀況有必要加以模組化。複合管之設計更生厚度、更生後斷面之使用極限狀態(裂紋強度力)、極限強度、最終承載力，加以比較確定，因此將劣化狀態、材料強度特性，加以適當模組化甚為重要。又解析方法之模組化考量方法也不同，宜加留意。

#### 7. 驗證項目與方法

載重的總合及地震力安全性之必要檢驗。

#### 8. 輸水能力驗證

以管渠內調查及測量等之結果為基礎，既設管渠及更生工法適用後之管渠輸水能力之對比時，以能達到計畫污水量之輸水能力為條件，但若實際污水量小於或大於時，或計畫雨水量修正時，則依將來之污水量為目標，但以免造成淹水為原則適切檢討。

為確保複合管平時載重、地震時載重之安全性、既設管渠之劣化狀況、更生管之要求性能、工法特性等，於設計時皆應加以考量對照項目及對照方法，如下列說明：

1. 平時之結構設計，既設管渠為構造物的一部分，由於以水泥砂漿為填充材料，因之可視更生後之管渠為剛性管。既設管渠之劣化狀態所使用之剛性不同等，必須加以考量。複合管之裂紋強度，最終抗壓強度以可評估之極限設計法進行對照。
2. 地震時之耐震設計，依內政部營建署 109 年 11 月「下水道設施耐震設計及解說」(第 3.2 節「承插接頭管線耐震設計」及第 3.3 節「矩形箱涵耐震設計」，檢討複合管之地震時之耐震力對照。
3. 更生後管之輸水能力以流量計算。

##### (1) 平時結構設計之考量

複合管為將既設管渠視為結構之一部分，水泥砂漿等之填充材料呈一體化，以剛性管進行結構設計。

##### (2) 平時結構設計之計算

複合管之結構設計計算，為將既設管渠之劣化狀況、評估複合管、裂紋強度、極限抗壓力，以極限強度設計法計算。惟在小口徑管，經由外壓試驗確認與新管同等級以上的承載能力為限。

(3) 耐震設計之考量

1) 保持應有的耐震性能

與自立管耐震性能考量相同。

2) 檢討範圍、計算方法

複合管之耐震設計，依內政部營建署 109 年 11 月「下水道設施耐震設計及解說」第 3.2 節及第 3.3 節設計計算，並經耐震試驗確認耐震性能。

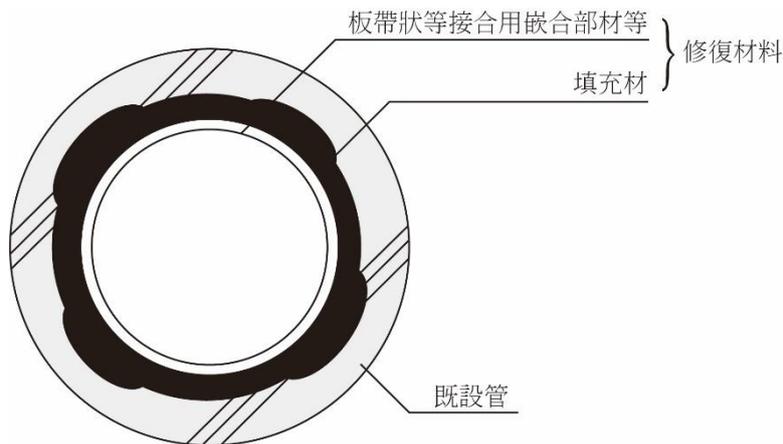


圖 5.1 複合管概念圖

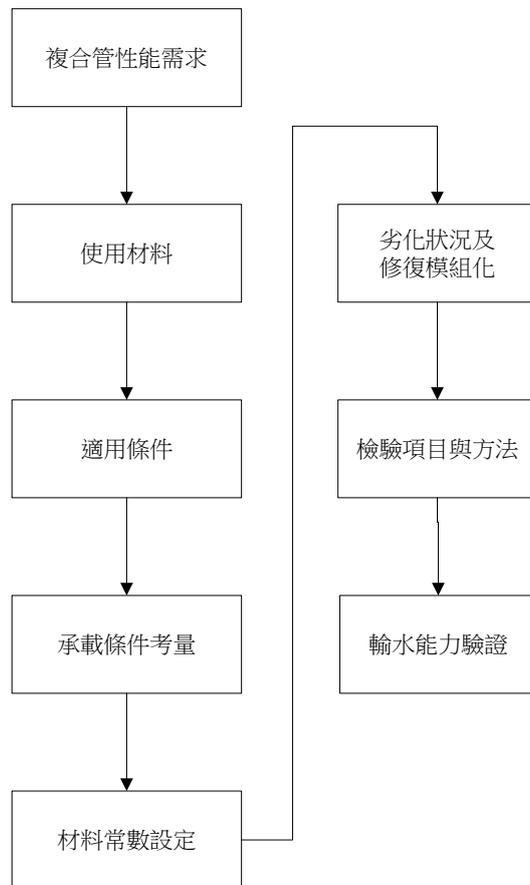


圖 5.2 複合管設計流程

表 5.1 複合管要求性能及試驗方法

評價項目		類別	要求性能	試驗方法	備註	
承載性能	複合管斷面之破壞強度、外壓強度	全部	標準值以上及新管同等級以上	採用極限設計法評估既設管強度，以了解既設管渠之劣化狀況		
	填充材抗壓強度			標準值以上		依鋼筋混凝土(新管)至破壞為止之載重進行更生，依 JSWASA-1 實施破壞承載試驗
	填充材彈性模數		標準值以上	JSCE-G521 或 JSCE-G505 等		
耐久性能	環剛性	螺旋纏繞管	標準值以上 (或 0.5kPa 以上)	ISO 9969	結構設計不必要時，可不計算	
	捲曲比(50 年值)	螺旋纏繞管	標準值以上 (或 2.5 以上)	ISO 9967	結構設計不必要時，可不計算	
	接合部之抗拉強度	螺旋纏繞管	標準值以上	JIS A 7511 附錄 JB	依各工法要求的方向進行試驗	
	接合部之接合強度	組立管	標準值以上	JIS A 7511 附錄 JB		
	耐化學性	耐化學性	聚乙烯管	質量變化率 ±0.2mg/cm <sup>2</sup> 以內	JSWASK-14	
			硬質 PVC 塑膠管	質量變化率 ±0.2mg/cm <sup>2</sup> 以內	JSWASK-1	
	耐磨耗性	全部	硬質 PVC 塑膠管(新管)同等強度	JIS K 7204 或 JIS A 1452 等		
	水密性	全部	內外水壓 0.1MPa 下不漏水(保持 3 分鐘)	JSWAS K-2		
完整性	全部	既設管與填充材料界面不剝離	JIS A 111			
耐震性能	水密性	全部	接合部之彎曲脫離角度在容許範圍	依《下水道設施耐震對策指針及解說》之承插管線及箱涵為對象，進行性能檢查		
			接合部不會脫落，並保持水密性	(假設產生變形(由於地面永久變形引起的抽出 1.5%)+(跨度 30 m，沉降	經耐震計算接合點有困難時，則以表面材	

評價項目		類別	要求性能	試驗方法	備註
				量 30 cm)並在 0.1 MPa 的內部水壓下保持 3 分鐘), 假設((由於地面永久變形引起的拉出 1.5 %)+(跨度 30 m, 沉降量 30 cm)之變形), 並在 0.1MPa 之內水壓條件下, 保持 3 分鐘	料之接合點進行計算
水理性能	粗糙係數	全部	原則粗糙係數應在 0.010 以下	粗糙係數確認試驗	
環境安全性能	粉塵對策	全部	依空污法相關規定	施工計畫書之確認	
	臭氣對策		依空污法相關規定		
	噪音、振動對策		依噪音法相關規定		
	其他(排水對策等)		依當地政府之法令規定		
其他	適用容許範圍(段落差、脫離、彎曲、接合部間隙)	全部	適用於現場條件(現有管道的內部條件)	依技術持有者之資料或審查證明等資料確認	
	工期可能延長		適用於現場條件(工期延長)		
	適用管種、管斷面		適用於現場條件(適用管種、管斷面)		

「管きよ更生工法における設計・施工管理ガイドライン」2017年版, P.1-23~1-24, (公社)日本下水道協會

## 5.2 設計條件

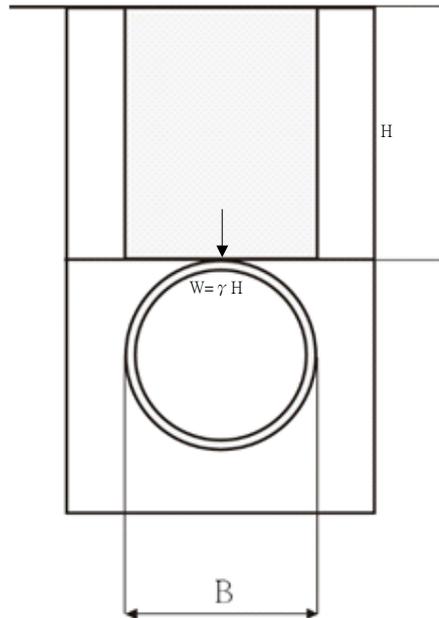
### 5.2.1 載重

根據指南, 作用於複合管上方的載重, 應為以下所示載重的總合。

1. 覆土垂直土壓
2. 活載重垂直土壓

作用在剛性複合管上的載重, 如“下水道用鋼筋混凝土管(JSWAS A-1)”中所示, 為由覆土和活載重帶來的垂直土壓。

既設管即便是採用明挖埋設, 在管道埋設經過數十年後, 覆土會與周邊土質融為一體, 可假設為不再承受垂直土壓載重。但是, 垂直土壓卻應是設定為長期承受的土壤載重, 考慮其他埋設物的重鋪等引起的情況變化, 利用垂直公式計算出既設管所承受的覆土垂直土壓。其概念如圖 5.3 所示。關於活載重垂直載重計算, 可依 JSWAS-1 進行。



$$W = \gamma \cdot H$$

式中：

$W$ ：覆土垂直土壓(kN/m<sup>2</sup>)

$\gamma$ ：土壤單位重(kN/m<sup>3</sup>)

$H$ ：覆土深(m)

圖 5.3 垂直土壓

## 5.2.2 有效支撐角度

複合管設計中所採用的有效支撐角度設定為 120°(施工支撐角度為 360°)(參照 7.2)。

## 5.3 設計計算

### 5.3.1 解析手法

因複合管是既設管與修復材料成為一體的構造，所以難以採用工作應力計算法評估承載能力。而且，考慮到已經超過工作應力的既設管管材成為結構一部分的情況，所以不宜採用工作應力計算法。

因此，採用能反應複合管的劣化狀況、評價複合管強度的強度設計法演算設計計算範例。

### 5.3.2 安全性對照檢查流程

關於複合管安全性對照檢查流程，如圖 5.4 所示。

### 5.3.3 管所承受載重計算

管所承受載重的計算，在 SPR 施工法建設技術審查證明中是以指南為依據，

而在 ICP 非開挖施工法、DANBY 施工法建設技術審查證明中，是將自重也計算在內。本計算範例中的載重計算，是以指南為依據，各施工法都採用覆土的垂直載重和活載重的總和為管所承受之載重。

### 5.3.4 安全性對照檢查和計算採用安全係數設定

複合管的安全性對照檢查，是用管所產生的彎矩  $M_r$  除以設計彎矩  $M_{ud}$ ，再乘以結構物係數  $\gamma_i$  的結果應小於 1.0。

$$\gamma_i \cdot M_r / M_{ud} \leq 1.0$$

$\gamma_i$ ：結構物係數=1.2(參照表 5.2)

安全性對照檢查計算中所採用的安全係數，根據做為標的之強度決定。本計算案例中所演算的 SPR 施工法、ICP 非開挖施工法及 DANBY 施工法等各修復施工法協會的技術資料中所表示的強度安全係數和“2002 年制定混凝土標準式樣書 [結構性能對照檢查篇]”中所表示的強度安全係數，如表 5.2 所示。

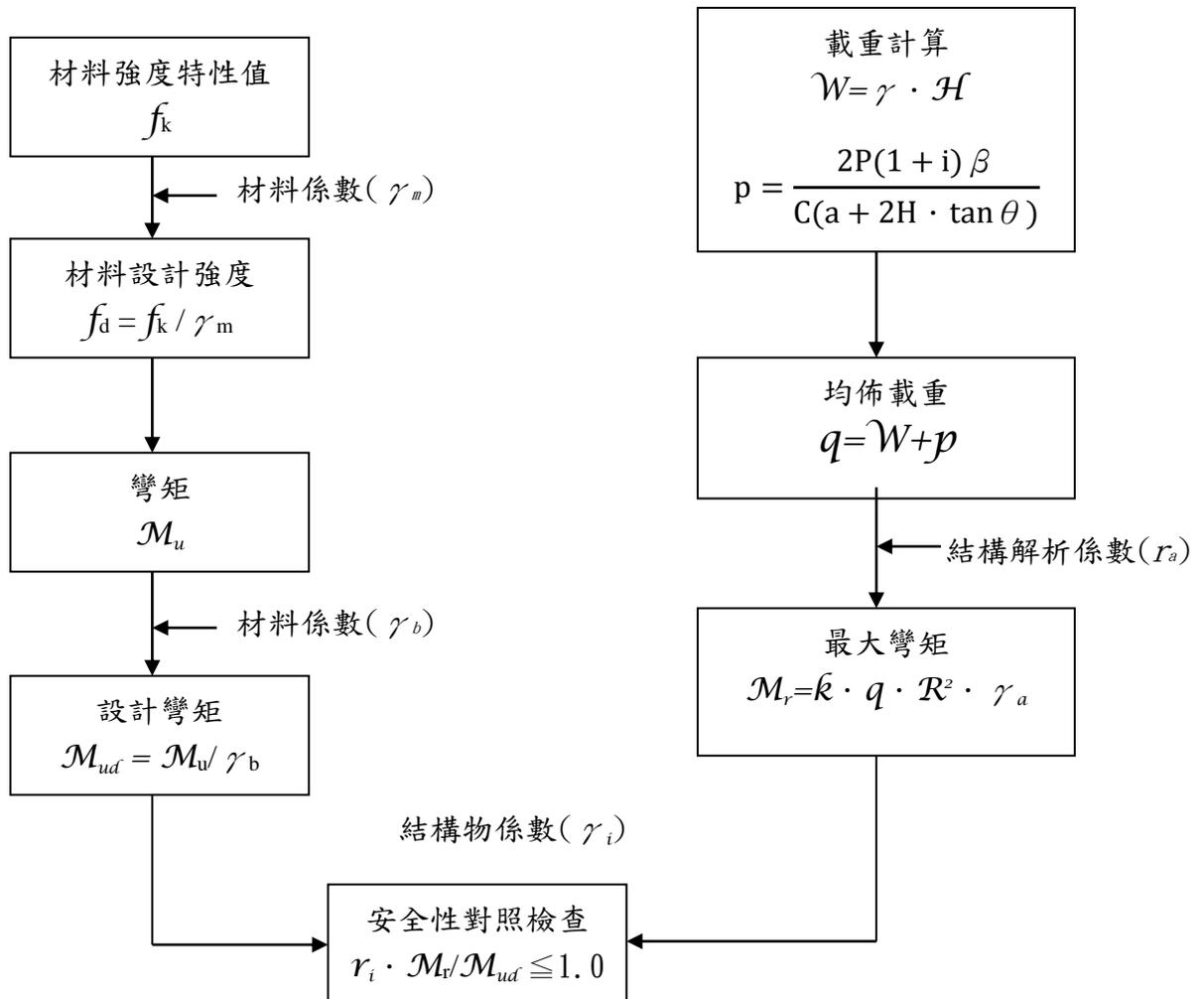


圖 5.4 安全性對照檢查流程

表 5.2 強度安全係數

安全係數 強度	材料係數 $\gamma_m$		材料係數 $\gamma_b$	結構解析 係數 $\gamma_a$	載重係數 $\gamma_f$	結構物 係數 $\gamma_i$
	混凝土 $\gamma_c$	鋼材 $\gamma_s$				
SPR 施工法	1.3	1.0	1.3	1.00	1.00	1.2
ICP 非開挖施工法	1.3	1.0	1.3	1.05	1.00	1.2
DANBY 施工法	1.3	1.0	1.3	1.05	1.00	1.2
混凝土標準式樣書	1.3	1.0 或 1.05	1.1~1.3	1.0	1.0~1.2	1.0~1.2

另外，表 5.2 中的鋼材材料係數，根據 2002 年制定混凝土標準式樣書[結構性能對照檢查篇]，做為一般值設定如下。

鋼筋及 PC 鋼材：1.00

上述以外：1.05

比較各施工法協會所示安全係數和混凝土標準式樣書中所示安全係數，除 ICP 非開挖施工法及 DANBY 施工法中所設定的結構解析係數之外，均為同值或在安全方面給予充分考慮的安全係數。

因此，關於安全係數的設定，是以混凝土標準式樣書為基本，結構解析係數是根據修復斷面的形狀，採用 1.0 或 1.05。

### 5.3.5 施工法特有物性及係數

根據 ICP 非開挖施工法及 DANBY 施工法協會的技術資料等，既設管因腐蝕、劣化而導致材料強度降低率預估值為 50%。

此外關於鋼筋抗拉強度特性值，SPR 施工法協會採用的是 JIS G3112 “鋼筋混凝土用棒鋼” 中所示的 SD295 A 值(440~600 N/mm<sup>2</sup>)，而 ICP 非開挖施工法及 DANBY 施工法協會所採用的是混凝土(Hume)管設計施工要覽中所示的鋼筋混凝土管主鋼筋值(540 N/mm<sup>2</sup>)。

DANBY 施工法計算範例中，關於彎矩計算，是利用彎矩計算值乘以彎矩係數求出。做為比較彎矩計算值與外壓強度試驗結果，並加以修正，其數值如表 5.3 所示。

表 5.3 DANBY 施工法中的彎矩係數

管徑(mm)	彎矩係數( $\eta$ )	管徑(mm)	彎矩係數( $\eta$ )
800	0.75	1,350	1.25
900	0.75	1,500	1.25
1,000	0.75	1,650	1.50
1,100	1.00	1,800	2.00
1,200	1.25	2,000	2.00

## 5.4 SPR 施工法計算範例(依據 SPR 施工法協會計算範例)

### 1. 條件

設計條件依照以下設定。

既設管種類	鋼筋混凝土管
既設管標稱管徑	300 mm
修復後管徑	260 mm
覆土深	1.50 m
活載重	T-25
土壤單位重	18 kN/m <sup>3</sup>
支撐條件	砂基礎 120°

### 2. 載重計算

#### (1) 覆土垂直土壓

$$\begin{aligned}W &= \gamma \cdot H \\ &= 18 \times 1.50 \\ &= 27.00 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

式中：

W：覆土垂直土壓(kN/m<sup>2</sup>)  
γ：土壤單位重 18(kN/m<sup>3</sup>)  
H：覆土深 1.50(m)

#### (2) 活載重垂直土壓

$$\begin{aligned}p &= \frac{2P(1+i)\beta}{C(a+2H \cdot \tan\theta)} \\ &= \frac{2 \times 100 \times (1+0.5) \times 0.9}{2.75 \times (0.2+2 \times 1.50 \times \tan 45^\circ)} \\ &= 30.68 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

式中：

p：活載重垂直土壓(kN/m<sup>2</sup>)  
H：覆土深  
P：後輪載重(T-25)時 100(kN)  
a：車輪接觸地面寬 0.20(m)  
C：車體寬度 2.75(m)  
θ：分佈角度 45(°)  
i：衝擊係數 0.50 = 0.65-0.1H = 0.65-0.1×1.50  
β：降低係數 0.9

#### (3) 管所承受的均佈載重

管所承受的均佈載重根據以下公式計算。

$$\begin{aligned}
 q &= W + p \\
 &= 27.00 + 30.68 \\
 &= 57.68 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

式中：

- q：管所承受的均佈載重(kN/m<sup>2</sup>)
- w：覆土垂直土壓 27.00(kN/m<sup>2</sup>)
- p：活載重垂直土壓 30.68(kN/m<sup>2</sup>)

### 3. 彎矩計算

當埋設管承受均佈載重時，管體所承受的最大彎矩  $M_r$  根據以下公式計算。

$$\begin{aligned}
 M_r &= k \cdot q \cdot R^2 \cdot \gamma_a \\
 &= 0.275 \times 57.68 \times 0.155^2 \times 1.00 \\
 &= 0.381 \text{ kN} \cdot \text{m}
 \end{aligned}$$

式中：

- $M_r$ ：管體所承受的最大彎矩(kN·m)
- k：支撐條件決定的係數 0.275
- q：管所承受的均佈載重 57.68(kN/m<sup>2</sup>)
- R：管厚中心半徑 0.155(m)
- $\gamma_a$ ：結構解析係數 1.00(參照表 5.2)

### 4. 安全性對照檢查

#### (1) 安全性對照檢查條件

##### a. 對照檢查斷面

對檢查斷面的概念如圖 5.5 所示。

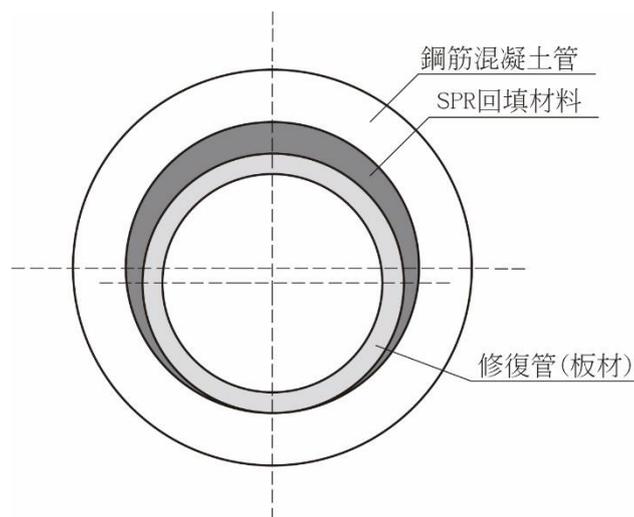


圖 5.5 對照檢查斷面圖

b. 採用強度設計法，並行解析的材料條件

(a) 混凝土的抗壓強度

既設混凝土的抗壓強度  $50 \text{ N/mm}^2$ ，厚度  $3 \text{ cm}$

SPR 回填材料的抗壓強度  $11.8 \text{ N/mm}^2$ ，厚度  $0.8 \text{ cm}$

材料厚度  $3.8 \text{ cm}$

將上述數值加權平均的抗壓強度做為複合管的混凝土抗壓強度，使用  $41.96 \text{ N/mm}^2$

(b) 鋼筋的降伏強度

既設管的鋼筋抗拉強度  $600 \text{ N/mm}^2$

鋼筋量  $1.21 \text{ cm}^2/\text{m}$  (如果是雙層鋼筋，只處理對抗拉側影響較大的管內側鋼筋)

鋼筋補強材的抗拉強度  $0 \text{ N/mm}^2$ ，鋼筋量  $0 \text{ cm}^2/\text{m}$

將上述數值加權平均的降伏強度做為複合管的鋼筋降伏強度，使用  $600 \text{ N/mm}^2$

(c) 鋼筋的抗拉彈性模數

既設管的鋼筋抗拉彈性模數  $200,000 \text{ N/mm}^2$ ，鋼筋量  $1.21 \text{ cm}^2/\text{m}$

鋼制補強材的抗拉強度  $0 \text{ N/mm}^2$ ，鋼筋量  $0 \text{ cm}^2/\text{m}$

將上述數值加權平均的鋼筋抗拉彈性模數做

為複合管的鋼筋抗拉彈性模數使用  $200,000 \text{ N/mm}^2$

(d) 鋼筋保護層厚度

既設管的鋼筋保護層厚度  $2.65 \text{ cm}$ ，鋼筋量  $1.21 \text{ cm}^2/\text{m}$

鋼制補強材的抗拉強度  $0 \text{ N/mm}^2$ ，鋼筋量  $0 \text{ cm}^2/\text{m}$

將上述數值加權平均保護層厚度做為複合管的抗拉側鋼筋保護層厚度為  $2.65 \text{ cm}$

(2) 強度的設計彎矩計算

計算斷面概念如圖 5.6 所示。

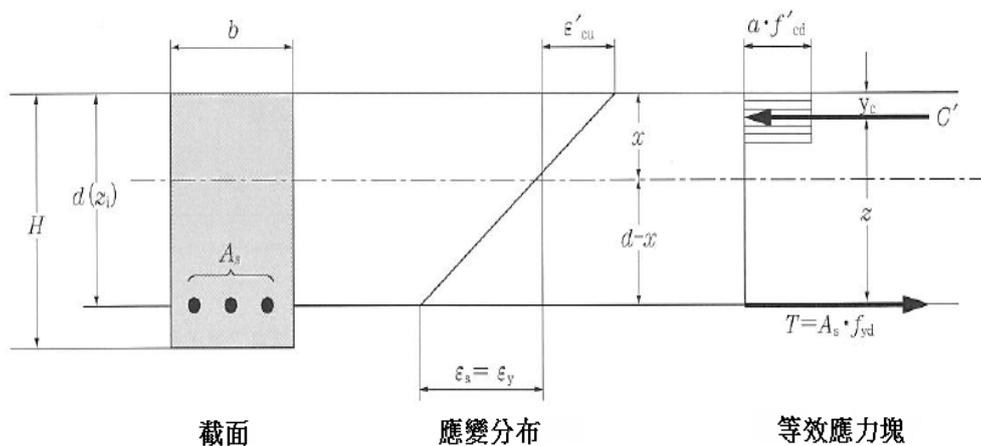


圖 5.6 長方形斷面的彎曲耐力

設計彎矩根據以下公式計算：

$$M_{ud} = \frac{M_u}{\gamma_b} = \frac{A_s \cdot f_{yd}(d - y_c)}{\gamma_b} = \frac{121 \times 600 \times (11.5 - 1.32)}{1.3} = 0.569 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

式中：

$M_{ud}$ ：設計彎矩(kN·m)	
$M_u$ ：彎矩	739,068(N·mm)
$A_s$ ：鋼筋斷面積	121(mm <sup>2</sup> )
$f_{yk}$ ：鋼筋的設計降伏強度	600(N/mm <sup>2</sup> )
$\gamma_{ms}$ ：材料係數(鋼筋)	1.00
$f_{yd}$ ：設計抗拉強度( $f_{yk}/\gamma_{ms}$ )	600.00(N/mm <sup>2</sup> )
$d$ ：有效高度	11.5(mm)
$\gamma_b$ ：材料係數(參照表 5.2)(安全係數)	1.3
$y_c$ ：至壓縮合力的距離	1.32(mm)
	$= \frac{A_s \cdot f_{yd}}{2\alpha \cdot f'_{cd} \cdot b} = \frac{121 \times 600.00}{2 \times 0.85 \times 32.28 \times 1,000}$
$f_{ck}$ ：混凝土的抗壓強度	41.96(N/mm <sup>2</sup> )
$\gamma_{mc}$ ：材料係數(混凝土)	1.3
$f'_{cd}$ ：設計抗拉強度( $f_{ck}/\gamma_{mc}$ )	32.28(N/mm <sup>2</sup> )
$a$ ：等效應力塊的高度	0.85
$b$ ：材料寬度	1.00(m)

(3) 強度的安全性對照檢查

$$\frac{\gamma_i \cdot M_r}{M_{ud}} = \frac{1.2 \times 0.381}{0.569} = 0.80 \leq 1.00 \dots \dots \text{OK}$$

式中：

$M_r$ ：作用於管上的彎矩	0.381(kN·m)
$\gamma_i$ ：結構物係數	1.2(參照表 5.2)
$M_{ud}$ ：設計彎矩	0.569(kN·m)

## 5.5 ICP 非開挖施工法計算範例(依據 ICP 非開挖施工法協會的計算

### 範例)

#### 1. 條件

設計條件依照以下設定。

既設管種類	鋼筋混凝土管
既設管標稱管徑	1,000mm

修復管徑	920mm
覆土深	2.00m
活載重	T-25
土壤單位重	18 kN/m <sup>3</sup>
支撐條件	砂基礎 120°

## 2. 載重計算

### (1) 回填土垂直土壓

$$\begin{aligned} W &= \gamma \cdot H \\ &= 18 \times 2.00 \\ &= 36.00 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

式中：

$$\begin{aligned} W &: \text{回填土垂直土壓(kN/m}^2\text{)} \\ \gamma &: \text{回填土壤單重 } 18(\text{kN/m}^3\text{)} \\ H &: \text{覆土深 } 2.00(\text{m}) \end{aligned}$$

### (2) 活載重垂直土壓

$$\begin{aligned} p &= \frac{2p(1+i)\beta}{C \cdot (\alpha + 2H \cdot \tan\theta)} \\ &= \frac{2 \times 100 \times (1 + 0.45) \times 0.9}{2.75 \times (0.2 + 2 \times 2.00 \times \tan 45^\circ)} \\ &= 22.60 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

式中：

$$\begin{aligned} p &: \text{活載重垂直土壓(kN/m}^2\text{)} \\ H &: \text{覆土深 } 2.00(\text{m}) \\ P &: \text{後輪載重(T-25)100(kN)} \\ a &: \text{車輪接地長度 } 0.20(\text{m}) \end{aligned}$$

## 3. 彎矩之計算

埋設管所承受均佈載重計算後，管體最大承受彎矩可由下列公式計算。

$$\begin{aligned} M_r &= k \cdot q \cdot R^2 \cdot \gamma_a \\ &= 0.275 \times 55.60 \times 0.541^2 \times 1.05 \\ &= 4.952 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

式中：

$$\begin{aligned} M_r &: \text{最大承受彎矩} \\ k &: \text{支承條件係數} \\ q &: \text{管渠所承受均佈載重 } 55.60(\text{kN/m}^2)=36+22.6 \\ R &: \text{管厚中心之半徑 } 0.541(\text{m}) \\ \gamma_a &: \text{構造解析係數 } 1.05 \end{aligned}$$

## 4. 安全度檢查

### (1) 安全度檢查條件

a. 檢查斷面

複合管安全檢查由管頂開始，詳如圖 5.7 及圖 5.8 說明。

b. 材料之設計強度

材料之設計強度依材料強度特性除以材料係數求得。在這計算例中之既設管(鋼筋混凝土)的材料強度經年劣化，劣化率採 50% 乘以設計強度推求。

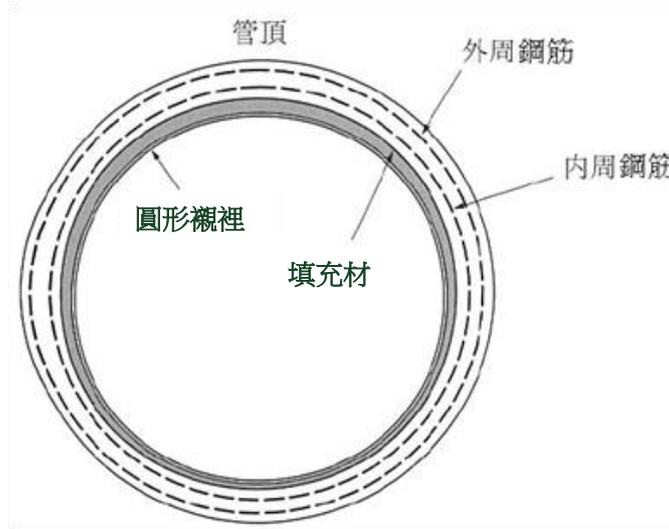


圖 5.7 檢查斷面圖

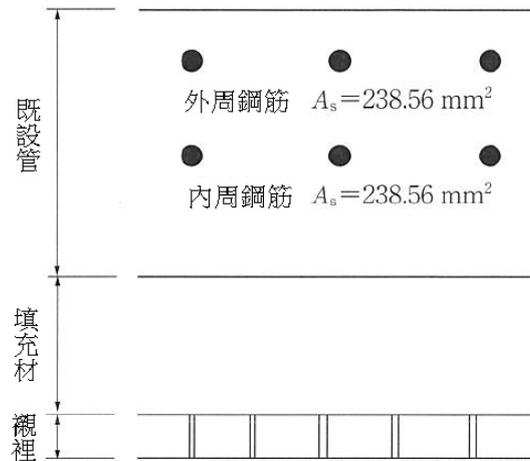


圖 5.8 檢查斷面圖

$$f'_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_{mc}} \times 0.5 = \frac{50}{1.3} \times 0.5 = 19.23 \text{ N/mm}^2$$

$$f'_{sd} = \frac{f_{sk}}{\gamma_{ms}} \times 0.5 = \frac{540}{1.0} \times 0.5 = 270.00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{gd} = \frac{f_{gk}}{\gamma_{mg}} = \frac{24}{1.3} = 15.46 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f'_{spd} = \frac{f_{spk}}{\gamma_{msp}} = \frac{200}{1.0} = 200.00 \text{ N/mm}^2$$

式中：

$f'_{cd}$ ：既設管混凝土之設計強度	19.23(N/mm <sup>2</sup> )
$f'_{sd}$ ：既設管內外周鋼筋之設計強度	270.00(N/mm <sup>2</sup> )
$f_{gd}$ ：填充材之設計強度	15.46(N/mm <sup>2</sup> )
$f'_{spd}$ ：襯裡之設計強度	200.00(N/mm <sup>2</sup> )
$f_{ck}$ ：既設管混凝土之材料強度特性值	50(N/mm <sup>2</sup> )
$\gamma_{mc}$ ：混凝土之材料係數	1.3
$f_{sk}$ ：既設管內外周鋼筋之材料強度特性值	540(N/mm <sup>2</sup> )
$\gamma_{ms}$ ：鋼筋之材料係數	1.0
$f_{gk}$ ：填充材之材料強度特性值	24(N/mm <sup>2</sup> )
$\gamma_{mg}$ ：填充材之材料係數	1.3
$f_{spk}$ ：襯裡之材料強度特性值	200(N/mm <sup>2</sup> )
$\gamma_{msp}$ ：襯裡之材料係數	1.0

c. 混凝土及填充材之降伏係數 $\epsilon'_{cu}$ 、鋼筋之降伏係數 $\epsilon_{yd}$ 、襯裡之降伏係數 $\epsilon_{yspd}$ ，依下列之公式計算。

混凝土及填充材 $\epsilon'_{cu} = 0.0035$

$$\text{鋼筋 } \epsilon_{yd} = \frac{f'_{sd}}{E_s} = 0.00135$$

$$\text{襯裡 } \epsilon_{yspd} = \frac{f'_{spd}}{E_s} = 0.001$$

式中：

$f'_{sd}$ ：鋼筋之設計強度	270.00(N/mm <sup>2</sup> )
$f'_{spd}$ ：襯裡之設計強度	200.00(N/mm <sup>2</sup> )
$E_s$ ：鋼筋及襯裡之降伏係數	200,000(N/mm <sup>2</sup> )

d. 鋼筋及襯裡之斷面積

單位長(b=1,000 mm)鋼筋及襯裡之斷面積計算如下：

$$A_s = 235.56 \text{ mm}^2$$

$$A_{sp} = 305.00 \text{ mm}^2 \text{ (相當於 1m 長)}$$

(2) 強度之設計斷面計算

檢查斷面之概念，詳圖 5.9 所示。

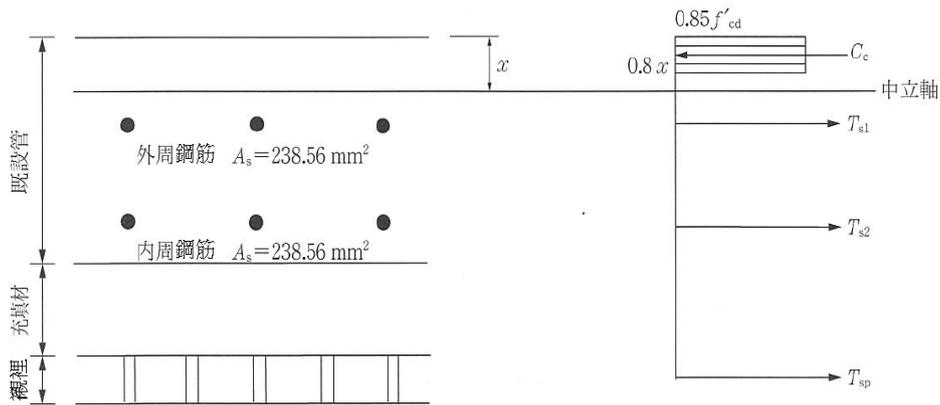


圖 5.9 檢查斷面圖

圖 5.9 之斷面之彎矩計算，假設以中立軸之位置為基準。斷面之彎矩計算如下列公式表示。

$$C_c = T_{s1} + T_{s2} + T_{sp} \dots \dots \dots (5.1)$$

彎矩依中立軸之位置計算  $C_c$ 、 $T_{s1}$ 、 $T_{s2}$ 、 $T_{sp}$  並依下列說明計算。

採矩形壓應力計算混凝土之壓縮力  $C_c$  依下列程式表示。

$$\begin{aligned} C_c &= 0.85f'_{cd} \cdot b \cdot 0.8 \cdot \chi \\ &= 0.85 \times 19.23 \times 1,000 \times 0.8 \times \chi \\ &= 13,076.40 \chi \end{aligned}$$

外周鋼筋之張力  $T_{s1}$ ，若不採鋼筋之降伏強度計算，以下列計算式表示。

$$\begin{aligned} T_{s1} &= E_s \cdot A_s \cdot \frac{0.0035(20.00 - \chi)}{\chi} \\ &= 200,000 \times 235.56 \times \frac{0.0035 \times (20.00 - \chi)}{\chi} \\ &= \frac{3,339,840 - 166,992\chi}{\chi} \end{aligned}$$

內周鋼筋之張力  $T_{s2}$ ，以鋼筋之降伏強度依下列公式計算。

$$\begin{aligned} T_{s2} &= A_s \cdot f'_{sd} \\ &= 235.56 \times 270.00 \\ &= 64,411.20\text{N} \end{aligned}$$

襯裡之張力  $T_{sp}$ ，以襯裡之降伏強度以下列公式計算。

$$\begin{aligned} T_{sp} &= A_{sp} \cdot f'_{spd} \\ &= 305.00 \times 200 \\ &= 61,000.00\text{N} \end{aligned}$$

式(8-1)中，將  $C_c$ 、 $T_{s1}$ 、 $T_{s2}$ 、 $T_{sp}$  值代入，得到二次方程式，求解中心軸之相對位置  $\chi$ 。

$$13,076.40 \chi^2 + 41,580.80 \chi - 3,339,840.00 = 0$$

$$\chi = 14.47 \text{ mm}$$

$T_{s1}$ 、 $T_{s2}$ 、 $T_{sp}$  值可由下列公式推求

$$T_{s1} = E_s \cdot A_s \cdot \frac{0.0035(20.00 - \chi)}{\chi}$$

$$= 200,000 \times 235.56 \times \frac{0.0035 \times (20.00 - 14.47)}{14.47}$$

$$= 63,819.33 \text{ N}$$

$$T_{s2} = 64,411.20 \text{ N}$$

$$T_{sp} = 61,000.00 \text{ N}$$

外周鋼筋發生之變形，依下列計算式計算，鋼筋之降伏係數( $\epsilon_{yd}$ )，以不小於其降伏係數為正確。

$$\epsilon_{s1} = \frac{0.0035 \times (20.00 - 14.47)}{14.47} = 0.00134 < \epsilon_{yd} = 0.00135$$

內周鋼筋發生之變形，依下列計算式計算，鋼筋之降伏係數以大於其降伏係數為正確。

$$\epsilon_{s2} = \frac{0.0035 \times (62.00 - 14.47)}{14.47} = 0.0115 > \epsilon_{yd} = 0.00135$$

襯裡發生之變形，依下列計算式計算，襯裡之降伏係數以大於 $\epsilon_{yspd}$ 為正確。

$$\epsilon_{sp} = \frac{0.0035 \times (123.50 - 14.47)}{14.47} = 0.0264 > \epsilon_{yspd} = 0.001$$

由中立軸之受壓力作用  $P$  之計算， $P$  依下列公式計算。

$$P = \chi - \frac{0.8x}{2}$$

$$= 14.47 - \frac{0.8 \times 14.47}{2}$$

$$= 5.68 \text{ mm}$$

由中立軸張力之合力作用位置  $P'$ ，依下列公式計算。

$$P' = \frac{T_{s1}(20.00 - 14.47) + T_{s2}(62.00 - 14.47) + T_{sp}(123.50 - 14.47)}{T_{s1} + T_{s2} + T_{sp}}$$
$$= 53.19 \text{ mm}$$

彎矩依下列公式計算。

$$M_u = (T_{s1} + T_{s2} + T_{sp}) \cdot (P + P')$$
$$= (63,819.33 + 64,411.20 + 61,000.00) \times (5.68 + 53.19)$$
$$= 11.708 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

材料係數  $\gamma_b$  採 1.3，則設計其設計彎矩  $M_{ud}$ ，依下列公式計算。

$$M_{ud} = \frac{M_u}{\gamma_b}$$
$$= \frac{11.708}{1.3}$$
$$= 9.006 \text{ kN} \cdot \text{M}$$

(3) 強度下之安全性檢查

$$\frac{\gamma_i \cdot M_r}{M_{ud}} = \frac{1.2 \times 4.592}{9.006} = 0.66 \leq 1.00 \dots \dots \text{OK}$$

式中：

$M_r$ ：管材之承受彎矩 4.952(kN·m)

$\gamma_i$ ：結構物係數 1.2(參考表 5.2)

$M_{ud}$ ：設計彎矩 9.006(kN·m)

## 5.6 推進工法之修繕

### 5.6.1 設計概要

長期受路上交通量之衝擊導致管線破損，使其載重能力喪失，輸水能力降低之推進工法管段之修繕，以推進工法破碎排除既有管段，鋪設新管。

推進工法修繕之設計，依施工條件之不同，而有不同之工法選擇，既設管的破碎及排除，有靜壓式破碎、衝擊式破碎、迴轉式破碎及迴轉式切削等方式，而有不同之分類。

所謂迴轉式破碎工法之設計例，可參考圖 5.10 說明。

基本設計方法，破碎既設管之考慮方向，一般與高壓力方式之推進工法相同。

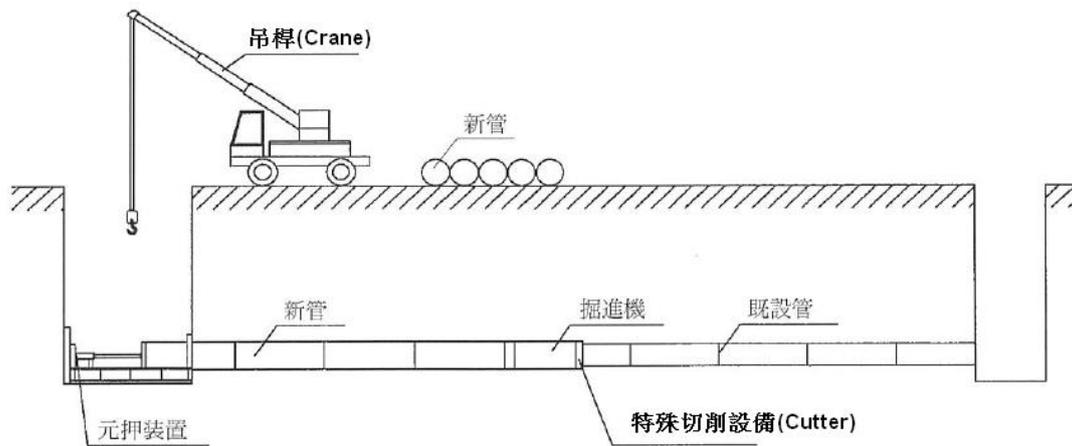


圖 5.10 迴轉破碎方式概要圖

### 5.6.2 設計條件

設計依下列設定之條件設計。

#### 1. 管的規格

既設管種：鋼筋混凝土管

既設管管徑：500 mm

新設管種：推進工法用鋼筋混凝土管(1級—50 N/mm<sup>2</sup>)

新設管管徑：600 mm

新設管厚：80 mm

新設管外徑：760 mm

新設管之單位重  $W=4.106$  kN/m

#### 2. 土質條件

土質名稱：砂質土

土壤單位重：18 kN/m<sup>3</sup>

土壤內部摩擦角： $\phi=23^\circ$

土壤內聚力：0 kN/m<sup>2</sup>

管上土壤凝聚力：0 kN/m<sup>2</sup>

地下水位：GL -1.20 m

#### 3. 施工條件

覆土深(最大值)：4.0 m

路線長度：100.000 m

管線長度：99.100 m

推進長度：94.758 m

人孔內埋設長度：4.342 m=2.792+1.550

具體的長度，請參考圖 5.11 說明

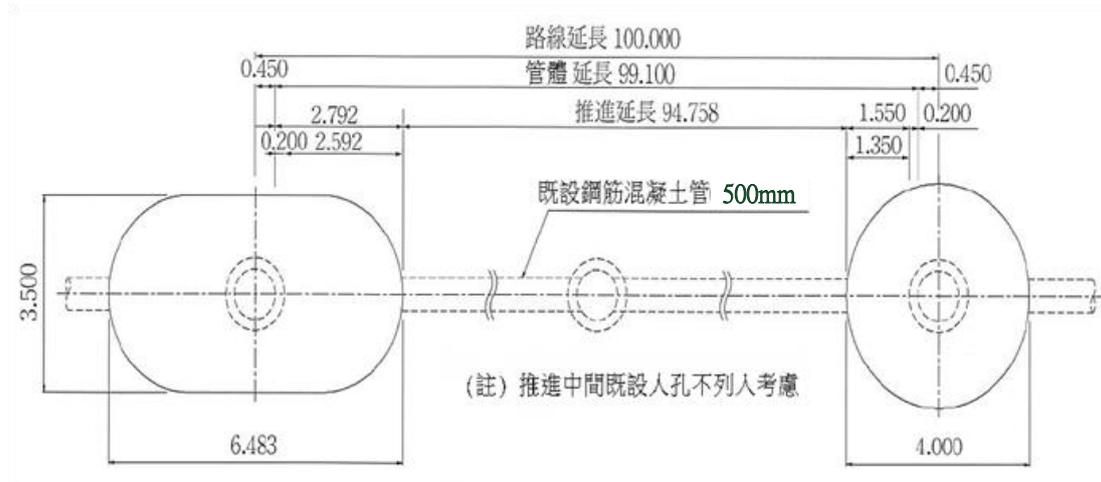


圖 5.11 長度說明圖(單位：m)

#### 4. 推進機之規格

推進機外徑：0.780 m

推進機身長度：1.728 m

### 5.6.3 推進設備檢討

#### 1. 管之均佈載重計算

垂直土壓之計算依據「下水道推進工法之指針和解說」Terzaghi 公式之土壓計算。

$$q = \sigma_v = \frac{B_1(\gamma - c/B_1)}{K_0 \cdot \tan\phi} (1 - e^{-K_0 \cdot \tan\phi \cdot H/B_1}) + P_0 \cdot e^{-K_0 \cdot \tan\phi \cdot H/B_1}$$

$$B_1 = R_0 \cdot \cot\left(\frac{\pi/4 + \phi/2}{2}\right)$$

式中：

$q$ ：管之均佈載重(kN/m<sup>2</sup>)

$\sigma_v$ ：Terzaghi 土壓(kN/m<sup>2</sup>)

$K_0$ ：水平土壓與垂直土壓比 1

$\phi$ ：土壤之內摩擦角 23(°)

$P_0$ ：土壤載重之影響 10(kN/m<sup>2</sup>)

$\gamma$ ：土壤單位重 18(kN/m<sup>3</sup>)

$c$ ：土壤內聚力 0(kN/m<sup>3</sup>)

$R_0$ ：切削半徑(m)

$R_0 = (B_c + 0.1)/2$

$B_c$ ：管外徑 0.76(m)

$H$ ：覆土深 4.0(m)

$$\begin{aligned}
 R_0 &= (B_c + 0.1)/2 \\
 &= (0.76 + 0.1)/2 \\
 &= 0.430\text{m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B_1 &= 0.430 \times \cot\left(\frac{180^\circ/4 + 23^\circ/2}{2}\right) \\
 &= 0.800\text{m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q = \sigma_v &= \frac{0.800 \times (18 - 0/0.800)}{1 \times \tan 23^\circ} \times (1 - e^{-1 \times \tan 23^\circ \times 4.0/0.800}) \\
 &\quad + 10 \times e^{-1 \times \tan 23^\circ \times 4.0/0.800} \\
 &= 31.06 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

## 2. 垂直方向之管承載力

### (1) 外壓強度推求管之彎矩

$$M_r = 0.318P \cdot r + 0.239W \cdot r$$

式中：

$M_r$ ：外壓強度推求管之彎矩(kN·m)

$P$ ：外壓強度(裂紋載重)46.1(kN/m)

$W$ ：管之重量 4.106(kN/m)

$r$ ：至管厚中心半徑 0.340 m

$$\begin{aligned}
 M_r &= 0.318 \times 46.1 \times 0.340 + 0.239 \times 4.106 \times 0.340 \\
 &= 5.318 \text{ kN} \cdot \text{m}
 \end{aligned}$$

### ① 垂直分佈載重產生管之彎矩

$$M = 0.275q \cdot r^2$$

式中：

$M$ ：垂直分佈載重產生對管之彎矩(kN·m)

$q$ ：管之均佈載重 31.06(kN/m<sup>2</sup>)

$r$ ：至管厚中心半徑 0.340(m)

$$M = 0.275 \times 31.06 \times 0.340^2 = 0.987 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### (2) 垂直均佈載重對管之安全係數( $S_f$ )

$$S_f = M_r/M \geq 1.25$$

$$= 5.318/0.987 = 5.39 \geq 1.25$$

所以採一級管，具安全性。

## 3. 推進力之計算

有關推進力之計算，參考日本下水道協會之修正公式，可適用既設管考慮之推進力。

$$F = F_0 + f_0 \cdot L$$

$$F_0 = P_w \cdot \pi(B_s/2)^2 + P_e \cdot \{(B_s/2)^2 - (B'_s/2)^2\}$$

$$f_0 = \beta\{(\pi \cdot B_c \cdot q + W)\mu' + \pi \cdot B_c \cdot c'\}$$

式中：

- F：總推進力(kN)  
 $F_0$ ：先端抵抗力(kN)  
 $f_0$ ：周面抵抗力(kN/m)  
L：推進長 94.758(m)  
 $P_w$ ：管道內壓力 51.9(kN/m<sup>2</sup>)  
地下水壓 +20 = 10 × (4.0 - 1.2 + 0.78/2) + 20 kN/m<sup>2</sup>  
 $P_e$ ：切削垂直抗力 150(kN/m<sup>2</sup>)  
切削對象為鋼筋混凝土管之場合  
 $B_s$ ：推進機之外徑 0.78(m)  
 $B'_s$ ：既設管之內徑 0.50(m)  
 $B_c$ ：新設管之外徑 0.76(m)  
q：管之均佈載重 31.06(kN/m<sup>2</sup>)  
W：新設管之單位重 4.106(kN/m)  
 $\mu'$ ：管與土間之摩擦係數 0.203 = tan( $\phi/2$ )  
 $c'$ ：管上土壤內聚力 0(kN/m<sup>2</sup>)  
 $\beta$ ：推進力抵減係數 0.45

#### 先端抵抗力

$$F_0 = 51.9 \times \pi \times (0.78/2)^2 + 150 \times \pi \times \{(0.78/2)^2 - (0.50/2)^2\}$$

$$= 67.0 \text{ kN}$$

表 5.4 不同土質之  $c'$  標準值

土質	管與土壤凝聚力 $c'$
砂質土	0
黏性土(N<10)	8
固結土(N≥10)	5

表 5.5 不同土質之  $\beta$  標準值

土質	推進力抵減係數 $\beta$
黏性土	0.35
砂質土	0.45
砂礫土	0.60
固結土	0.35

(註)  $\beta$  值之基本施工條件可採 ±0.05 範圍

#### 周面抵抗力

$$f_0 = 0.45 \times \{(\pi \times 0.76 \times 31.06 + 4.106) \times 0.203 + \pi \times 0.76 \times 0\}$$

$$= 7.15 \text{ kN/m}$$

### 總推進力

$$F = 67.0 + 7.15 \times 94.758 \\ = 745 \text{ kN}$$

#### 4. 推進設備能力之檢討

##### (1) 推進方向管之允許推進力

$$F_a = 1,000 \times \sigma_{ma} \times A_e$$

式中：

$\sigma_{ma}$ ：混凝土管允許平均壓縮應力

於一級管  $50\text{N}/\text{mm}^2$  之場合  $\sigma_{ma} = 13 \text{ N}/\text{mm}^2$

$A_e$ ：管之有效斷面積(內徑 600mm)  $0.1369(\text{m}^2)$

$$F_a = 1,000 \times 13 \times 0.1369 \\ = 1,780 \text{ kN}$$

##### (2) 一般推進工法之標準推進設備

內徑 600mm 之一般推進設備之推力為 2,000kN，一般推進之施工是可能的。

$$F_m = 1,000\text{kN} \times 2 \text{ 台} \\ = 2,000\text{kN}$$

$$F(745\text{kN}) < F_a(1,780\text{kN}) < F_m(2,000\text{kN})$$

### 5.6.4 滑材之添加

本工法用於鋼筋混凝土管之混凝土、鋼筋之破碎、切斷、挖掘砂土之流動化，附著閉塞之防止。

滑材配比依泥濃式推進工法之參考含礫率決定。

#### 1. 含礫率之計算

含礫率之計算，為鋼筋混凝土管之混凝土與礫石間置換之考慮。

具體之掘削斷面，如圖 5.12 所示。

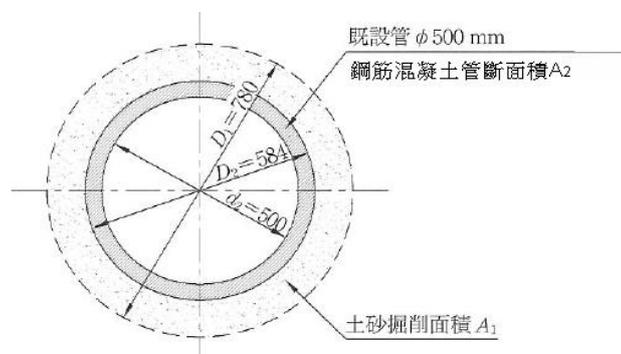


圖 5.12 掘削斷面圖

砂土掘削面積

$$\begin{aligned} A_1 &= \frac{\pi}{4}(D_1^2 - D_2^2) \\ &= \frac{\pi}{4} \times (0.780^2 - 0.584^2) \\ &= 0.210 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

既設管斷面積

$$\begin{aligned} A_2 &= \frac{\pi}{4}(D_2^2 - d_2^2) \\ &= \frac{\pi}{4} \times (0.584^2 - 0.500^2) \\ &= 0.072 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

含礫率

$$\begin{aligned} G &= \frac{\rho_2 \cdot A_2 \cdot 100}{\rho_2 \cdot A_2 + \rho_1 \cdot A_1} \\ &= \frac{2.6 \times 0.072 \times 100}{2.6 \times 0.072 + 1.8 \times 0.210} \\ &= 33\% \end{aligned}$$

式中：

$D_1$ ：推進機外徑 780(mm)

$D_2$ ：既設管外徑 584(mm)

$d_2$ ：既設管內徑 500(mm)

$\rho_1$ ：砂土比重 1.8

$\rho_2$ ：混凝土比重 2.6

含礫率為 33%，依據土壤之區分，由表 5.6 中顯示，其土質區分屬於 C-1 類別。

表 5.6 土壤區分一覽表

土質區分	區分內容
B	含礫率 30%未滿
C-1	含礫率 30%以上 40%未滿
C-2	含礫率 40%以上 60%未滿
C-3	含礫率 60%以下 80%未滿

2. 滑材配比標準，詳表 5.7 中之 C-1 土壤區分之配比資料。

表 5.7 滑材標準配比表

以 1m<sup>3</sup>為基準

項目	比重	單位	土壤區分之配比			
			B	C-1	C-2	C-3
粉末黏土	2.45	Kg	240	300	360	420
滑材	1.3	Kg	1.8	2.4	33	33.6
水	1	Kg	901.6	876.8	851.8	825.3
計		t	1.143	1.179	1.215	1.249
比重			1.14	1.18	1.22	1.25

### 3. 滑材注入量

滑材之注入率依過去之實驗，在工地實績經驗中有達 60% 者。

#### 全部注入量

$$\begin{aligned}
 V &= (A_1 + A_2) \times g \times L \\
 &= (0.210 + 0.072) \times 60/100 \times 94.758 \\
 &= 16.0 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

式中：

- V：全部注入量(m<sup>3</sup>)
- g：滑材注入率(%)
- L：推進長(m)



## 第六章 其他附屬設施

### 6.1 概說

有關污水下水道系統之附屬設施，包括人孔、人孔框蓋及框座(兩者合稱人孔框蓋)、塑膠包覆人孔踏步、人孔跌落設施、導水槽、通氣設施等設施，其是否妥善將影響污水下水道系統之功能及安全，因此如何強化附屬設施之維護管理，以發揮功能，延長使用壽命，是重要且不容忽視之工作。此外污水下水道管線及附屬設施會因為老化、施工不良或長期超載重負荷等，產生縫隙使其周邊砂土易流失並在管線或附屬設施內堆積，除使輸水能力降低外，同時易導致其周邊地基形成孔洞，造成地面下陷。所以及早發現孔洞及填充修補孔洞等對策，亦有其必要性。

本章茲就污水管附屬設施之延壽、維護及整建予以說明。

### 6.2 人孔

人孔(manhole)定義為人進入孔洞之設施，通常人孔為由圓形人孔框蓋、圓形或橢圓形或長方形之混凝土斜管、直管及底座所構成。主要為供人員進入下水道進行檢修、清掃、採水等維持管理作業為目的所設的孔洞，一般而言，人孔設於管渠會合或分流或坡度或管徑變化或落差及需要維護管理之場所。

目前配合路權單位及自治條例造成下水道人孔下地，導致維修困難，建議設置相關規定可保留重要位置人孔，以利後續管渠維護。

人孔依製造方式可分為預鑄及場鑄兩種，係用於下水道以便銜接、檢查或清理管渠，使人能出入管渠之設施，其延長使用壽命之方式說明如下。

#### 1. 人孔腐蝕預防

為達到延長人孔耐用年限之目的，並考量能抵抗排入公共污水下水道水質標準污水之腐蝕特性，人孔材料之防腐蝕方式可分為三類，其中前兩類為營建署標準規範建議採用之方式，第三類為國內外已使用過之方式：

- (1) 人孔材料本身具有抵抗污水腐蝕之能力，如以卜作嵐混凝土、鋁質水泥混凝土內襯、全鋁質水泥混凝土、聚酯樹脂混凝土等製作。
- (2) 人孔材料本身具有抑制污水中硫氧化菌生成，使污水不致產生腐蝕作用之能力，如以防腐蝕抗菌混凝土內襯、防腐蝕抗菌混凝土等製作。
- (3) 人孔以不同保護材料進行內壁防蝕處理，以與污水下水道內腐蝕物質隔離，以達到抵抗污水腐蝕之功能，如以內襯 PVC 板、內襯 PE 板、鋁質水泥混凝土或水泥與環氧樹脂混合物塗佈等製作。

根據前述人孔材料之防腐蝕方式，有關預鑄人孔部分，可依 CNS 15431(下水道用鋼筋混凝土預鑄人孔)、CNS 15245(聚酯樹脂混凝土人孔)及營建署下水道工程專用技術規範第 02532 章污水管線附屬工作等所述之方式進行製造，說明如下：

(1) 卜作嵐混凝土人孔：

整座人孔全部水泥採用卜作嵐水泥，加上符合 CNS 3036 規定之 50% 卜作嵐攪和物(飛灰、爐石)再加上膠結料量，水膠比須小於 0.4，硬固混凝土表面電阻須大於  $20k\Omega\text{-cm}$ ，其混凝土外壓強度須達  $280\text{kgf/cm}^2$ ，驗廠時須取樣試體( $\phi 15\times 30\text{cm}$ )檢測其抗壓強度。

(2) 鋁質水泥混凝土內襯或全鋁質水泥混凝土人孔：

以鋁質水泥混凝土達到防腐蝕效果，鋁質水泥混凝土之水膠比須小於 0.4，鋁質水泥須符合 CNS 13548 之規定，其三氧化二鋁含量須不低於鋁質水泥混凝土量單位重之 5%，拌合用水須採用乾淨自來水不得採用地下水。鋁質水泥混凝土內襯人孔製程，先以波特蘭水泥混凝土離心澆置管外層部分，再以鋁質水泥混凝土澆置管內層部分，防腐蝕層之厚度至少需有 35 mm。全鋁質水泥混凝土人孔則可採離心或立模製作，其設計混凝土抗壓強度需達  $280\text{kgf/cm}^2$ 。

(3) 聚酯樹脂混凝土預鑄人孔：

由於聚酯樹脂混凝土本身具防腐蝕能力，聚酯樹脂混凝土預鑄人孔可依 CNS 15245 規定製造。

(4) 防腐蝕抗菌混凝土內襯或防腐蝕抗菌混凝土人孔(屬抑制硫酸菌功能)：

以每立方公尺混凝土添加 4.5kg 以上抗菌劑的抗菌混凝土，使達到防腐蝕效果，抗菌劑為具有抗菌效果的金屬離子(重量百分比為銀離子  $0.12\pm 0.04\%$ 、銅離子  $2.40\pm 0.25\%$ )與沸石(矽鋁酸鹽)化學結合而製成的粉體混合材料，防腐蝕層之厚度至少需有 35 mm。防腐蝕抗菌混凝土內襯人孔製程，先以波特蘭水泥混凝土離心澆置管外層部分，再以防腐蝕抗菌混凝土澆置管內層部分。防腐蝕抗菌混凝土人孔則可採離心或立模製作，其設計混凝土抗壓強度需達  $280\text{kgf/cm}^2$ 。

(5) 內壁防蝕處理人孔(不同保護材料)：詳圖 6.1 所示

1) 人孔內壁防蝕係採內襯 PVC 板防蝕。

- ① 人孔預鑄部分採 PVC 防蝕內襯：PVC 防蝕內襯，至少應包括預鑄部分之人孔調整環、短管、大小頭、底座等內部可能與污水接觸部分，其 PVC 防蝕內襯之內壁鑲嵌鍵應與地面垂直，以便滲入人孔內壁之水汽流至人孔底部排出。
- ② 防蝕材料：塑膠裡襯及配件，須符合 CNS 13871 K3112 聚氯乙炔防蝕裡片之標準。
- ③ 內襯 PVC 板防蝕施工：人孔施工安裝時，人員及機具須小心不得損壞塑膠裡襯，否則應予以熔接修補，以保持塑膠裡襯之完整。
- ④ 塑膠裡襯相接處依 P1 型式熔接環帶接合，詳圖 6.1 所示，以保護接頭處之人孔壁。其為將塑膠帶狀裡襯鋪設超過接頭處，並用兩個熔接帶子熔接於裡襯之兩端。

- ⑤ 塑膠裡襯施工後須為全部與人孔混凝土內壁密切接合，並依工程司指示於人孔底部與導水槽頂部銜接處，開兩道寬度不大於 0.5 公分之狹縫，俾能將地下水滲入之水氣排出，以獲得完全之防蝕效果。
- 2) 人孔內襯 PE 板製造方式與內襯 PVC 板相同，採鍵結方式與混凝土結合固定。
- 3) 人孔內壁防蝕噴塗，以鋁質水泥混凝土或水泥與環氧樹脂混合物，採乾式或濕式噴塗人孔內壁，以獲得防蝕效果。

<p>塑膠裡襯相接處 P1 型式熔接環帶- 人可進入接合</p>	<p>人孔內壁內襯 PVC 板</p>
<p>人孔內壁內襯 PVC 板防蝕</p>	
<p>資料來源：K-LINER 工法</p>	<p>資料來源：K-LINER 工法 (適用人孔及管線)</p>
<p>人孔內壁內襯 PE 板防蝕</p>	
<p>資料來源：SewperCoat Technic</p>	<p>資料來源：GeoKrete-Technic</p>
<p>人孔內壁防蝕噴塗 (鋁質水泥混凝土)</p>	<p>人孔內壁防蝕噴塗 (水泥與環氧樹脂混合物)</p>

圖 6.1 人孔內壁防蝕處理(不同保護材料)

## 2. 人孔整建

一般人孔本體常見之損壞情況有漏水、沉陷、內壁腐蝕等，其整建包括人孔提升或調降、人孔蓋更新、人孔踏步抽換、補漏止水、人孔底部及導水槽整建、結構性整建及重新施工建造等工作，並可分為傳統開挖抽換方式、免開挖修繕方式及其他修繕方式等三大類。傳統開挖抽換方式係將舊有人孔挖除後，重新埋設新人孔；免開挖修繕方式，則包括人孔內壁堵塞止漏工法、人孔外側灌漿固結工法及人孔內壁噴漿襯裡工法等三種工法；其他修繕方式則分為人孔提升或調降工法、人孔底部及導水槽整建工法等兩種工法，分別概述如下：

### (1) 傳統開挖抽換方式：

舊有人孔挖除重埋新人孔工法：人孔結構已受損且無法以修繕方式恢復其功能，則以開挖方式將損壞人孔挖除並更新人孔。

### (2) 免開挖修繕方式：

人孔功能之重要評估項目為人孔結構及漏水狀況評估，主要目的在瞭解人孔結構本體與接合狀況，並藉由人孔結構及漏水狀況之評估結果，瞭解人孔之結構及漏水狀況優劣，以做為研擬人孔修繕方案之參考依據，通常人孔結構功能未受損之情形下，可針對人孔漏水、沉陷、內壁腐蝕之嚴重程度，採以下人孔止水補漏及內壁整建等修繕方法修復，其中若人孔外之地下水位高且漏水嚴重，建議優先以人孔外側土壤灌漿固結工法先止漏，再配合其他工法進行人孔修繕。

- 1) 人孔內壁堵塞止漏工法：於人孔內將漏水處以適當材料堵塞，使人孔不再漏水。可採用水膨脹止水劑或發泡型聚胺基甲酸乙酯 (Polyurethane, PU) 或其他止水劑。
- 2) 人孔外側土壤灌漿固結工法：於人孔外側灌漿固結土壤形成阻水壁，使人孔不再漏水。非藥系可採用符合 CNS 61 波特蘭水泥規定之水泥漿液或其他地質改良材料(藥液系：水玻璃系〈鹼類、非鹽類〉、高分子系等)。
- 3) 人孔內壁噴漿襯裡工法：於人孔內壁均勻噴上一層水泥砂漿或環氧樹脂，形成保護層，以達止漏及防腐蝕二重功效。工法(1)內壁採用  $280\text{kgf}/\text{cm}^2$  之混凝土噴漿襯裡，外層以樹脂保護噴塗(二液性、非溶劑型環氧樹脂 EPOXY RESIN)；工法(2)採鋁質水泥之混凝土噴漿襯裡保護；工法(3)水泥與環氧樹脂混合物。

### (3) 其他修繕方式

- 1) 人孔提升或調降工法：針對人孔陷入地面或突出地面或人孔框蓋下地等，進行人孔提升或調降。其中人孔頂部組件(短管)與人孔框座結合之調整層，可採用水泥混凝土、鋼筋混凝土、高流動性無收縮水泥、樹脂水泥混凝土等材料施作，至於道路鋪面，則可採用瀝青混凝土、水泥混凝土、樹脂瀝青混凝土、高流動性無收縮水泥等材料施作。

2) 人孔底部及導水槽整建工法：針對人孔底部及導水槽損壞部分敲除，重新灌注水泥混凝土，再施作防蝕層。可採樹脂保護噴塗(二液性、非溶劑型環氧樹脂 EPOXY RESIN)或鋁質水泥之混凝土噴漿襯裡保護。

#### (4) 既有人孔廢棄

既有下水道人孔於新設人孔取代後，應予以封填廢棄，以防止未來廢棄人孔及管線塌陷，其中既設污水管線部分以 CLSM 予以封填。

既設下水道人孔部分將既設下水道人孔之人孔蓋及蓋座、調整層、大小頭及部分頸部拆除(拆除深度至少 1.5 m)。剩餘未拆除之人孔再以 140kgf/cm<sup>2</sup> 以上之 PC 予以封填，其上部再以砂、碎石級配或 CLSM 及 AC 復原，或依原狀復原。

## 6.3 人孔框蓋

### 1. 人孔框蓋腐蝕預防

國內人孔框蓋均採用球狀石墨鑄鐵鑄造，其材料強度需符合 CNS 2869 B2118 FCD600-3A 之規定，而框蓋材料機械性質要求依 CNS 15536 之規定辦理。

球狀石墨鑄鐵係 1948 年在美國鑄造協會年會上，由英國鑄鐵研究學會 (BCIRA) 及國際鎳公司 (INCO) 共同發表，開創此一新工程材料的新紀元。它係在亞共晶或過共晶的鐵水中添加鎂所得，基本上球狀石墨鑄鐵是球狀石墨分佈於類似鋼的基礎上所組成，因為其含有高碳量之關係所以具有良好的鑄造性，形狀複雜的鑄件也可以鑄出。球狀石墨鑄鐵具備灰口鑄鐵之優點，如鑄造性、切削性、流動性及低熔點、耐磨性等，且有鋼的優點，如高強度、韌性、延性、硬化能、熱工作性等，所以是一種新興的金屬材料，它的機械性質可以因基本成分、鑄造條件並經由熱處理來改變，以致擁有伸長率高達 25 %、抗拉強度自 60000 到 150000 PSI 之間，所以球狀石墨鑄鐵又稱之為延性鑄鐵。

日本人孔框蓋亦均採用球狀石墨鑄鐵鑄造，惟其材料強度需符合 FCD700(抗拉強度 700MPa 以上，球化率 80% 以上)之規定，比國內 CNS 15536 下水道用球狀石墨鑄鐵框蓋要求 FCD600(抗拉強度 600MPa 以上，球化率 80% 以上)之強度高，由於日本人孔框蓋採用強度較高之球狀石墨鑄鐵鑄造，因此比國內人孔框蓋重量輕，較易操作及維護使用。

人孔框蓋之延壽除材料之品質需符合規定外，通常針對人孔框蓋表面進行防蝕塗裝，常用之方式有塗料塗裝、粉體塗裝及電著塗裝等三種，並說明如下：

- (1) 塗料塗裝(溶劑型)：面蓋與框座內外面須以鋼珠噴洗乾淨後，並使用特別適用於常溫、乾燥迅速且耐候性良好之環氧柏油塗料塗飾。
- (2) 粉體塗裝：面蓋與框座內外面須以鋼珠噴洗乾淨後，立即塗刷防鏽底漆，並依 CNS 13273 之環氧樹脂進行粉體塗裝，完成後之膜厚不低於 60  $\mu$ m。
- (3) 電著塗裝：面蓋與框座內外面須以鋼珠噴洗乾淨後採電著塗裝，電著塗裝

(Electro-Deposition Coating) 是一種特別的塗裝方式，即電著塗料分散於水中在通電時沉澱於被塗物，藉由電壓之調整能均勻地獲得所需之塗膜，電著塗裝能到一般噴塗方式塗裝達不到的部位，並提升這些部位之耐蝕力。

前述三種人孔框蓋塗裝方式之比較，可參考表 6.1 所示，而國內 CNS 15536 則規定人孔框蓋內外採粉體塗裝防蝕。另依營建署發布之下水道工程專用技術規範「第 02532 章污水管線附屬工作(110 年版本)」之規定，因考量人孔框蓋之車壓面採粉體塗裝之防滑效果，建議人孔框蓋之車壓面需依 CNS 4939 規定塗裝環氧樹脂柏油漆，其餘人孔蓋與框座整體須以 CNS 13273 之環氧樹脂進行粉體塗裝，完成後之膜厚不得低於 60  $\mu\text{m}$ 。

有關人孔框蓋及框蓋之抗滑能力，則依據交通部頒布「交通工程規範」附錄「英式擺錘抗滑試驗儀及試驗步驟」之規定辦理，於同一孔蓋上檢測不同位置，量任意四點，檢驗點位置儘量均勻分布於框蓋上，各點位置距離不得少於 5cm，所有檢驗點之抗滑能力實測值應達到 50BPN 以上始為合格，另道路主管機關對抗滑能力另有規定者則從其規定。

表 6.1 日本人孔框蓋各種防蝕塗裝方式比較<sup>(4)</sup>

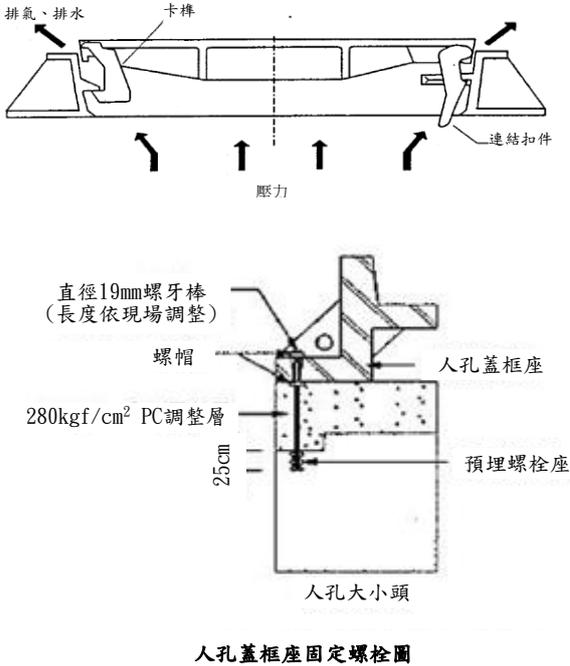
塗裝方法		塗料塗裝 (溶劑型)	粉體塗裝	電著塗裝 (ED Coating)
塗料特性		危險物	非危險物	非危險物
塗裝流程		浸漬塗裝 ↓ 常溫乾燥	預熱 ↓ 靜電塗裝 ↓ 強制乾燥	水洗(3 回) ↓ 通電浸漬 ↓ 回收水洗(2 回) ↓ 強制乾燥
品質	膜厚	35-50 $\mu\text{m}$	50 $\mu\text{m}$ 以上	25 $\mu\text{m}$ 以上
	硬度	HB	H-2H	H
	耐鹼性	○	○	○
	耐酸性	○	○	○
	耐水性	○	○	○
	耐候性	△	○	○

備註：○良好，△稍差，HB 或 H 為硬度單位。

## 2. 人孔框蓋修繕

人孔框蓋置於道路上經年累月承受車輛輾壓後，容易發生人孔框蓋破損、沉陷、保護座破損、因路面加鋪埋沒及突起等情事，其問題與對策如表 6.2，必要時應予以修繕，修繕方式分別概述如下：

表 6.2 人孔框蓋問題與對策

問題	案例照片
<p>舊有人孔框蓋安裝方式，多以磚塊調高度且未與人孔大小頭固定，常造成人孔框蓋移位、下陷等現象，甚至可能因人孔內部壓力（氣壓或水壓）而飛離地面。</p>	
對策	設計參考圖
<p>1. 採高強度(FCD600)、重量輕易維護、止滑、低噪音、密合度佳、耐揚壓(可上浮防位移)、防墜落、密閉(防雨水入侵)及防不當開啟等特性之 CNS 15536 人孔框蓋。</p> <p>2. 人孔調整層以 280kgf/cm<sup>2</sup> 鋼筋混凝土施作，人孔蓋框座需與人孔大小頭以不鏽鋼螺栓固定。</p>	 <p style="text-align: center;">人孔蓋框座固定螺栓圖</p>

(1) 人孔框蓋性能要求：

人孔框蓋相關性能及試驗，均依 CNS 15536 之規定辦理。

(2) 傳統開挖抽換方式：

舊有人孔框蓋挖除重埋新人孔框蓋工法：以開挖方式將損壞人孔框蓋挖除並更新人孔框蓋，人孔框座需與人孔大小頭以不鏽鋼螺栓固定，人孔調整層則以 280kgf/cm<sup>2</sup> 鋼筋混凝土施作。

(3) 快速修繕方式：

目前國內既有人孔框蓋修繕施工方式，係採道路切割機(如圖 6.2 所示)於人孔框蓋周圍切割出 1 個方形(如圖 6.3 所示)，然後以手提型破碎機，破壞柏油路面，再以人工方式清除瀝青與碎石後，打開人孔框蓋進行

更換施工，施工完畢之後，以冷瀝青或熱瀝青或水泥混凝土或樹脂混凝土回填路面，並以夯實機壓平路面。現行作業方式缺點包括：

- 1) 人孔框蓋周邊均採用直線切割，切割範圍的 4 個角落殘留切割痕跡，如圖 6.3 所示，易成為日後鋪面破壞起源。
- 2) 道路挖掘採人工配合多種小型施工機具進行，施工效率及回填品質仍有改善空間。



道路切割機(左)                      破碎機(中)                      夯實機(右)

圖 6.2 現行人孔框蓋修繕道路挖掘施工機具<sup>(5)</sup>

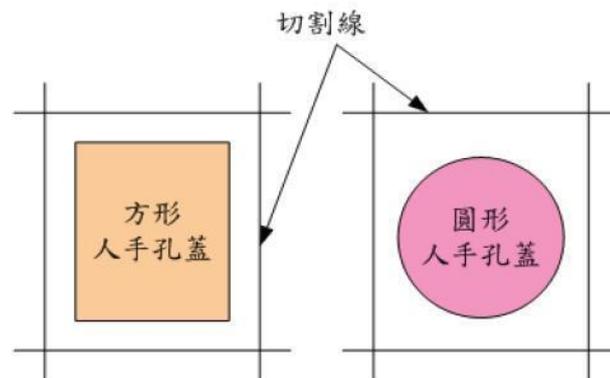


圖 6.3 現行人孔框蓋修繕道路切割方式<sup>(5)</sup>

為提升施工品質及效率與改善路面方型切割之缺點，國外人孔框蓋快速修繕方式，如日本 LB 工法、日本 MR<sup>2</sup> 工法、日本後復工法、美國 Twist Riser Manhole 工法、日本 GM 圓形切割工法以及日本 NSC 工法等圓形人孔框蓋施工調整工法，均已採圓形切割方式，茲介紹如下。

1. 日本 LB 工法：詳圖 6.4 所示。

日本政府委託土木研究所(獨立行政法人)之基礎道路技術研究團隊，制定地方道路維護管理之維護管理契約，並將所有人孔框蓋與道路高差控制在 12.7mm 以內。

(1) 此法可分為兩部分：

- 1) 特製鋼板(假蓋)設置。
- 2) 鋪裝後之路面齊平作業。

- (2) 此法可改善路面原有之人孔與路面高差過大，鋼板設置於路面刨平後將原有之人孔頸予以調整並覆蓋特製鋼板與墊塊，再進行瀝青混凝土鋪築及完成第一步驟。
  - (3) 新鋪路面完成後以特製機具進行鋼板拔除與緣石切割，再裝設人孔框蓋，此步驟須注意調整人孔框蓋與新鋪路面齊平，調整好高度後澆置高流動性、高強度之速凝填充材料(30min 即可開放通車)，並完成整平作業。
2. 日本 MR<sup>2</sup> 工法：詳圖 6.5 所示。
- (1) 此工法為調整原有路面之人孔高程差過大使用。
  - (2) 工法可大致分為兩步驟：
    - 1) 原人孔框蓋及緣石切除：先於人孔內部置放鋼板(假蓋)防止切除時異物掉落，之後利用特殊機具進行人孔及周圍緣石切除(雷射、油壓機械等)。
    - 2) 置換新人孔框蓋及高程調整等：整平緣石切除後之級配層高程，裝設新人孔框蓋並調整高程與原有路面齊平，再澆鑄填充材料(樹脂瀝青混凝土、特殊水泥混凝土等)。
3. 日本後復工法：詳圖 6.6 所示。
- 與日本 LB 工法相似，不同之處在於後復工法於路面刨平後，先將人孔框蓋移除並於路面底層開孔處覆蓋上特製鋼板(假蓋)，再進行底層之路面整平作業，之後直接進行瀝青混凝土鋪築(鋪築前須將人孔框蓋利用三角定位法定位)，在鋪築後之路面做上記號，再利用特殊機具將面層切割拔除，將拔除後裸露之底層進行整平，並鎖上特製人孔框蓋調整高程，再澆置填充材料並作緣石部分之修整齊平。
4. 美國 Twist Riser Manhole 工法：詳圖 6.7 所示。
- 美國猶他州使用 "Twist Riser Manhole"，與日本 MR<sup>2</sup> 工法相似，也是利用特殊機具進行路面切割，並將人孔框蓋進行置換調整高程，而差異之處在於美國不同道路等級所使用之人孔大小尺寸不同，故切割機具之螺旋切割頭有大中小三種可供使用，而其調整之高程差範圍為 2.75"~0.25" 之間。
5. 日本 GM 圓形切割工法：詳圖 6.8 所示。
- 本工法主要採小型施工機具施工，可減少佔用道路面積及施工時間，以減輕交通衝擊，此工法國內已有多處採用案例。
6. 日本 NSC 工法：詳圖 6.9 所示。
- NSC 工法之目的，係為消除老舊人孔框蓋與周邊鋪面產生高差而設計之施工工法，該工法係將既設人孔以特殊切割機具切除，修復時使用高強度且快速凝固之修補材料「水泥混合急結劑之灌漿用材料」，於框座周圍進行回填，NSC 工法具有低噪音、無震動、交通影響低(作業時間僅需 2 小時)、施工過程降低廢棄物產生等特點，適用於高交通量下對人孔框蓋進行齊平施工所用。
- 上述圓形人孔框蓋施工調整工法，可迅速完成人孔框蓋更新、修繕、調整及整平，恢復交通，部分工法已引進於國內使用。

A：施工機具



B：施工流程

第一階段：舊人孔蓋及框座先移除，設假蓋定位，恢復 AC 路面。

1.安裝遮斷盤之後	2.假蓋設置	3.假蓋設置
		
將鐵蓋拿下後裝上遮斷盤	使用 3 基設備撤除	假蓋與遮斷盤組合
4.安裝遮斷盤之後	5.假蓋設置	6.假蓋設置
		
鋪裝前先假修復	因人手孔已下降，刨除機可直接連續施工	因為連續施工可確保鋪設品質平順均

第二階段：假蓋連結去除，安裝新人孔蓋，路面齊平。

1.假蓋設置	2.假蓋設置	3.人孔蓋設置
		
使用金屬器具扣住 3 孔去除	使用金屬設備與假板蓋連結去除	使用高程調整器使路面與孔蓋齊平
4.使用 GM 樹脂投入	5.表面才施工	6.完成
		

(人孔調整層採樹脂水泥混凝土，道路鋪面採樹脂瀝青混凝土)

圖 6.4 日本 LB 工法<sup>(5)</sup>

(A：施工機具)



(B：施工流程)

1. 圓形切割工作



中心軸固定器



圓切刀固定裝設



完成狀況

2. 舊人孔蓋撤去工作



破斷器安置

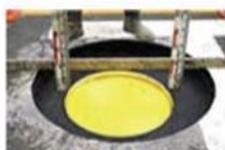


將外框吊起撤除



吊除後確認高程

3. 路面復原工作



ES 樹脂做高度調整



裝設鐵蓋內框



圓弧滾壓器使 ES 樹脂壓密

4. 恢復交通工作



竣工



30 分鐘養護

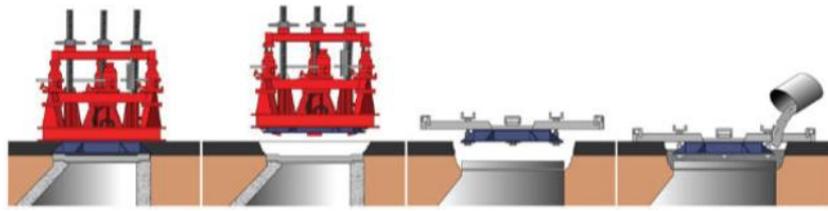


交通開放

(人孔調整層採樹脂水泥混凝土，道路鋪面採樹脂瀝青混凝土)

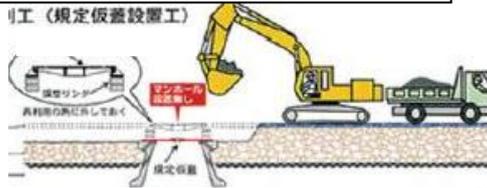
圖 6.5 日本 MR<sup>2</sup> 工法<sup>(5)</sup>

(A：施工機具)



(B：施工流程)

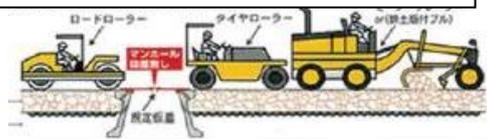
1. 路面挖掘(假蓋設置)



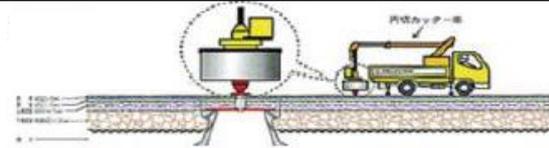
5. 施工前(準備-3 點定位、固定器)



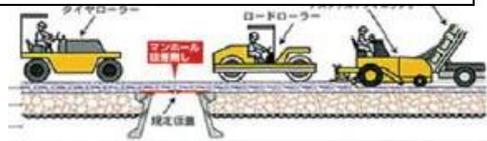
2. 路床、路盤整正、滾壓



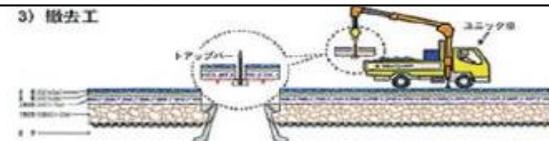
6. 圓形切割(直徑 1000mm、深 250mm)



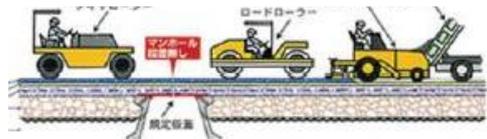
3. 上層路盤整建滾壓



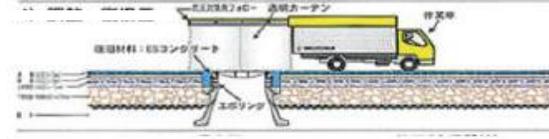
7. 假蓋撤去



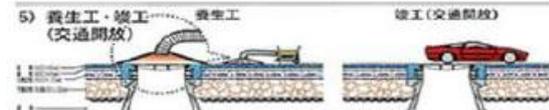
4. AC 鋪裝回復路面



8. 路面整平回復



9. 養護竣工



(人孔調整層採高流動性無收縮水泥，道路鋪面採瀝青混凝土)

圖 6.6 日本後復工法<sup>(5)</sup>

(A：施工機具)



(B：施工流程)



1. 大、中、小螺旋切割



2. 將破損之人孔框蓋進行切割(費時 1-3 分鐘)



3. 調整高程差並澆置填充材料



4. 新人孔蓋置換

(人孔調整層採高流動性無收縮水泥，道路鋪面採瀝青混凝土)

圖 6.7 美國 Twist Riser Manhole 工法<sup>(5)</sup>

(A：施工機具)



(B：施工流程)

### 人孔蓋的更換施工・施工步驟



**1 準備工作**  
用挑蓋確定圓心并固定。



**2 切斷**  
安裝圓形切割機，1次切斷深度5cm到15cm。



**3 去除土砂**  
切制完成后，去除周邊土砂。



**4 安裝支座**  
安裝支座，調整與路面的高度。



**5 填充路基材**  
安裝鋼筋，使用快速強化材料填充路基。



**6 表層材料的均鋪・碾壓**  
井蓋周邊均鋪鋪路材料，碾壓使其與路面高度一致。

(人孔調整層採高流動性無收縮水泥，道路鋪面採樹脂瀝青混凝土)

圖 6.8 日本 GM 圓形切割工法<sup>(6)</sup>

(A：施工機具)



(B：施工流程)

1. 路面切割



2. 機具固定



3. 吊離



4. 路面齊平調整



5. 道路整平



6. 完工恢復通車



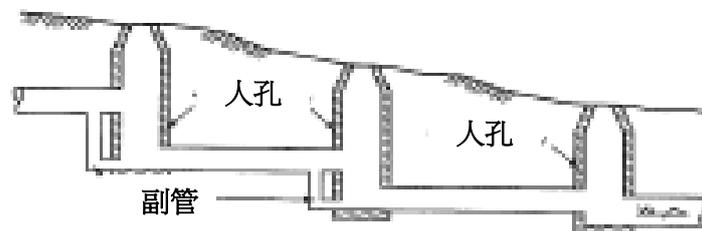
(人孔調整層採高流動性無收縮水泥，道路鋪面採樹脂瀝青混凝土)

圖 6.9 日本 NSC 工法<sup>(7)</sup>

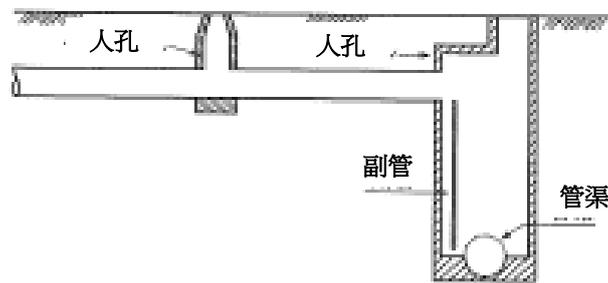
## 6.4 人孔內其他附屬設施

人孔內其他設施，包括踏步、跌落設施等，其中踏步係方便維修人員進出人孔，而跌落設施係為確保下水穩定流下，如在人孔內外配置副管的「跌落接合」或是在管渠內建置階梯的「階梯接合」（詳圖 6.10）。

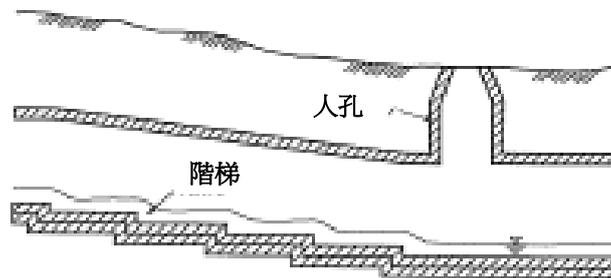
為解決污水下水道高落差之接合方式(以下稱跌落設施(drop shaft))共有五種類型，即「多段重力跌水式」、「湧入流式」、「渦流式」、「螺旋導引式(spiral guideway type)(渦流流入型)」、「螺旋導引式(等流流入型)」(圖 6.11)，都是在日本或美國研發而成。日本曾採用多段重力跌水式、渦流式與螺旋導引式(等流流入型)三種方式。



(a) 陡坡之跌落接合(人孔外副管-外跌落設施)



(b) 平坦地區之跌落接合(人孔內副管-內跌落設施)



(a) 階梯跌落接合(內跌落設施)

圖 6.10 管渠跌落之接合

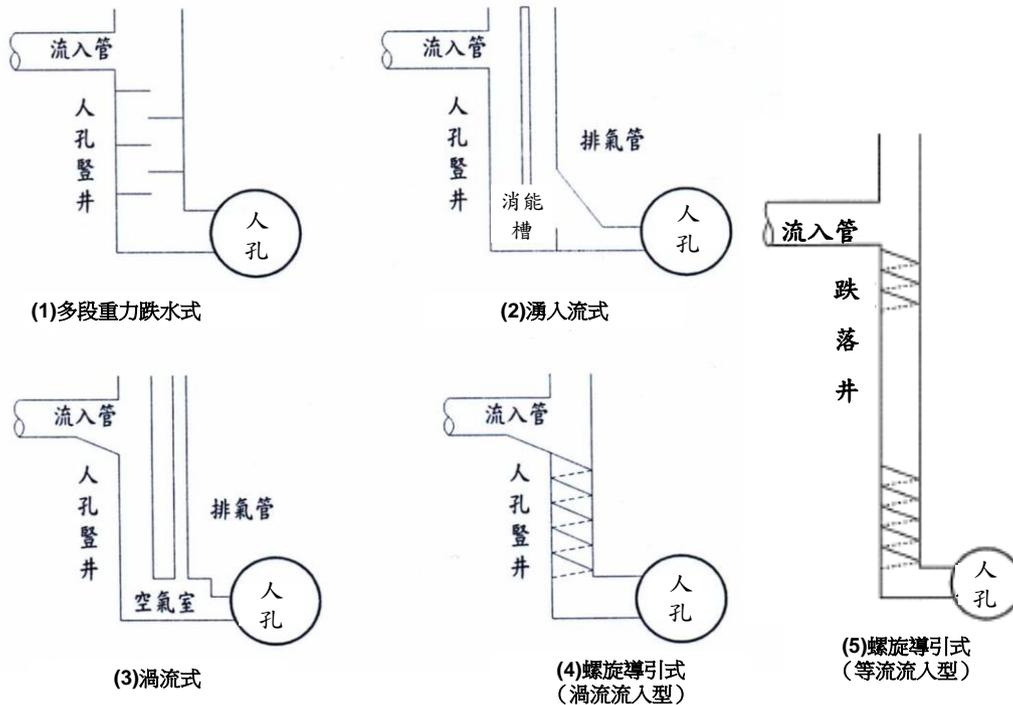


圖 6.11 跌落設施型式概要

有關各種跌落設施之水理特性如下：

### 1. 多段重力跌水式

透過各階段產生的水躍(hydraulic jump)以減少跌落動能，並設置多段階梯，避免能量處理集中在單一區塊。此法透過水躍在各階進行消能(energy dissipation)，因此須確保水躍所需堰長及跌落所需的空間，此外還需要另外設置維護管理空間。所以，此法的人孔平面面積會比其他更廣，建設費用更為龐大。

目前日本運作中的多段重力跌水式設施之中，有些可在混凝土內壁觀察到幾處硫化氫造成的明顯劣化。

### 2. 湧入式

湧入流式的進流端多採彎頭型(elbow)。此法的進流水會垂直跌落，須在最底部集中進行落差處理，因此落差處理部分的消能結構較大。最底部建構堰與空氣分離室，進行能量處理及空氣分離，分離後的空氣會經由同在井內的排氣管排出地面。

### 3. 渦流式

將流進跌落井之前段的管渠坡度變陡，並將渠道寬度縮窄，藉此引發超臨界流(supercritical flow)，再使水流沿跌落井內壁流動，使其形成渦流。

進流水成為順著壁面流動的渦流，然後被引導至跌落井底部。壁面摩擦會達到某種程度的能量處理，部分空氣會經過螺旋流的中心(air core)，被推送至頂端。

最底部需要設置進行能量處理及空氣分離的空氣分離室，也需要排氣管將分離後的空氣排出地面。

#### 4. 螺旋導引式(渦流流入型)

進流端的形狀同渦流式。進流水經由跌落井內裝設的螺旋狀導引路徑，被引導至底部。能量處理是透過壁面及螺旋狀導引路徑的摩擦進行，空氣則經由跌落井中心(air core)排至頂端。跌落井內可進行充分的能量處理及空氣分離，最底部的水流僅剩少許能量，因此不需設置空氣分離室或排氣管。

#### 5. 螺旋導引式(等流流入型)

進流端形狀大致同湧入流式，係對齊進流管中線(center)與跌落井中心。進流水流下的原理與螺旋導引式相同，結構可分為中段不裝設導引路徑者(中空式跌落井)與導引路徑延續到底者(等間距(equal pitched)式跌落井)。相較於其他四種，此法的面積較小且更經濟。

有關人孔內其他附屬設施之腐蝕預防說明如下：

#### 1. 人孔內其他附屬設施腐蝕預防

人孔內其他設施，包括踏步、跌落設施，其中踏步已依 CNS 13206 規定採不鏽鋼材質及塑膠包覆，而跌落設施部分目前內跌落設施多採用 PVC 管或不鏽鋼材質，詳圖 6.12、圖 6.13 及圖 6.14 所示，至於外跌落設施多採用 DIP(延性鑄鐵管)材質，建議其直管及管件採內襯鋁質水泥砂漿或環氧樹脂粉體塗裝進行防蝕。

#### 2. 人孔內其他附屬設施修繕

人孔內其他設施，如踏步、跌落設施等，若有損壞情況，可直接進入人孔予修繕。



圖 6.12 人孔內跌落設施(門型不鏽鋼板製)



圖 6.13 人孔內跌落設施(順 T 型 PVC 管製)



圖 6.14 人孔內跌落設施(正 T 型 PVC 管製)

## 6.5 人孔及人孔框蓋等附屬設施修繕

依據人孔調查成果及現場勘查狀況，針對影響污水輸送或設施維護之人孔內部損壞情形，以及影響路上行人及行車安全較嚴重之人孔框蓋、人孔框座保護座損壞情形進行人孔修繕工作，包括人孔蓋提升(或調降)、人孔框蓋更新、內壁漏水或腐蝕修補、人孔底部導水槽破損修復、踏步安裝、框蓋不銹鋼鏈條修復及人孔框座保護座修復等，常見人孔框蓋損壞情形案例照片，詳圖 6.15 所示。

此外，部分人孔竣工資料缺漏或於現場勘查未發現之人孔，亦應編列人孔框蓋位置探測及人孔調查(含上下游管底高程、管徑、人孔定位)之預算進行現場調查，如確認已遭覆蓋者，則接續辦理人孔提昇之作業，若屬人孔下地路段，則配合人孔下地之作業，人孔下地時需配合測量定位或採無線射頻電子標示器定位，以確保日後管線系統維護修繕之便利，有關人孔修繕之調查及數量統計總表，詳表 6.3 及表 6.4 所示。

表 6.3 人孔及人孔框蓋等附屬設施修繕建議方式數量統計總表(範例)

項目	人孔框蓋位置探測(處)	人孔框蓋提升(或調降)(處)	人孔框蓋更新(處)	人孔框蓋防蝕塗裝(處)	人孔框座不銹鋼鏈條修復(處)	人孔框座保護座修復(處)	人孔踏步安裝(處)	人孔補充調查(處)	人孔內壁漏水或腐蝕修補(處)	人孔底部導水槽破損修復(處)	人孔內跌落設施修復(處)	人孔外跌落設施修復(處)
A 區												
B 區												
...												
合計												



人孔蓋面破損



人孔框蓋下陷及覆蓋



人孔蓋屬性錯誤(污水蓋誤用雨水蓋)



人孔框蓋下陷



混凝土鑄鐵蓋混凝土破損



人孔框蓋保護座損壞



人孔蓋面已磨損光滑



人孔蓋面下陷及保護座損壞

圖 6.15 人孔框蓋損壞情形案例照片



## 6.6 人孔安全對策

下水道用的人孔框蓋，大部分設置於公共道路上，以下說明從各種情況來追求安全性至為重要，如圖 6.16 所示。

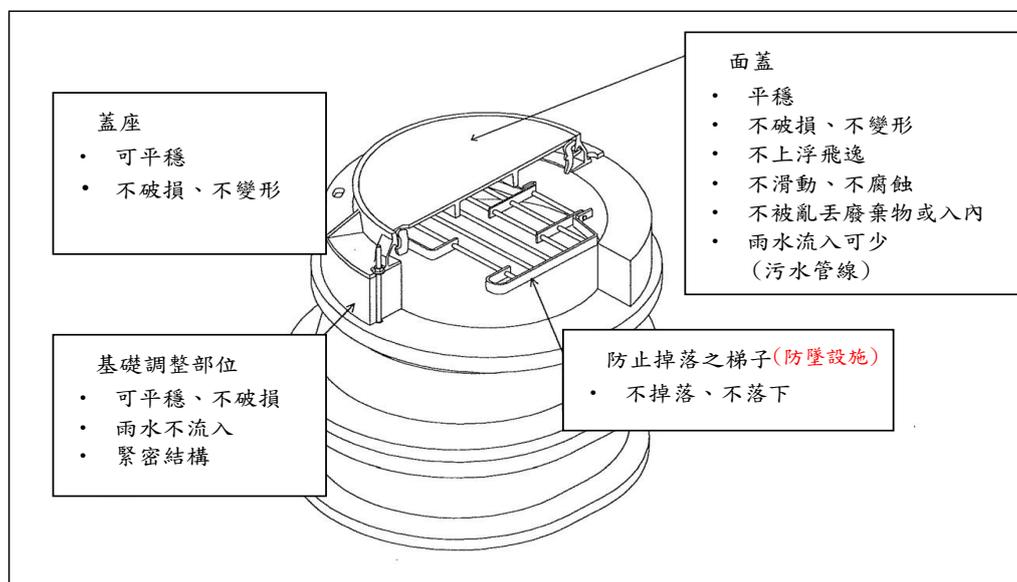


圖 6.16 人孔框蓋安全機能

### 6.6.1 人孔框蓋問題

#### 1. 人孔框蓋噪音

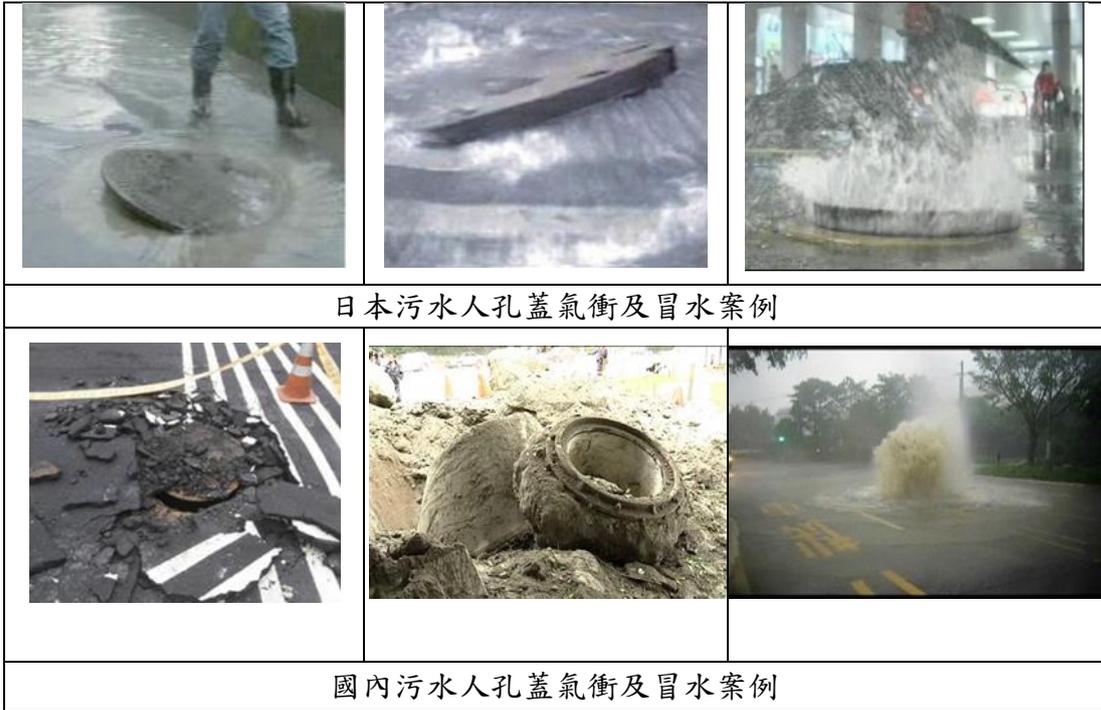
人孔框蓋與框座卡榫若不能密合，當車輛通過時可能會產生"咯噠咯噠聲響"，噪音及振動防制之對策為人孔框蓋間之卡榫能密合，如面蓋及框座間能採具坡度的卡榫方式，使其緊密接合。

#### 2. 破損

人孔框蓋隨著長期使用而腐蝕和表層磨耗，會造成厚度及強度降低，就可能造成孔蓋之破損，常為造成行人和車輛發生意外的原因。預防對策包括(1)定期定點檢查。(2)使用符合道路載重可長期使用孔蓋。(3)材質以較高強度球狀石墨延性鑄鐵(FCD)製造等。

#### 3. 上浮，飛散

一般來說，人孔本體以鋼筋混凝土製造，其最上層採鑄鐵製品(或鋼筋混凝土製品)的人孔框蓋且具有相當的重量。但當豪雨流入量急遽增加時，有時候人孔內的壓力(水壓與空氣壓力)會超出人孔框蓋的耐壓力，就會發生上浮或飛散現象，此情形國外已有相當多案例，而國內近年來隨下水道普及率增加，各地已有多起污水人孔蓋氣衝案例(如下表)，其預防對策包括設計能抵抗人孔內壓力及適當洩除壓力之人孔蓋。



#### 4. 打滑

道路鋪面和鑄鐵製人孔蓋面，由於材質不同產生摩擦係數差異。而且人孔蓋面磨耗的情況下，摩擦係數變小，將使通行車輛容易打滑，應更加注意，預防對策應考量止滑設計或塗刷。

#### 5. 腐蝕

人孔框蓋的主要材質為鋼筋混凝土或鑄鐵，會因為酸化作用遭受侵蝕，腐蝕作用，主要來自管渠中生成的硫化氫轉變為硫酸所造成，宜採用較耐腐蝕之材料如球狀石墨鑄鐵優於灰口鑄鐵。

#### 6. 脫落，墜落

由於上述的上浮、飛散以及維持管理作業等狀況，會掀開人孔框蓋，有可能會造成行人及車輛掉落人孔之意外事故，宜考量防脫落設計。

#### 7. 非法丟棄及侵入

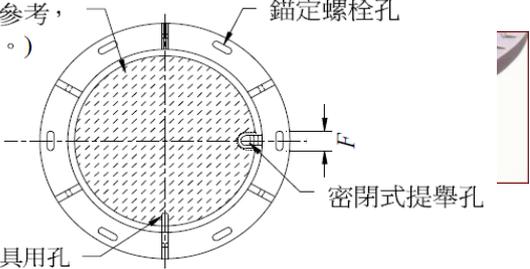
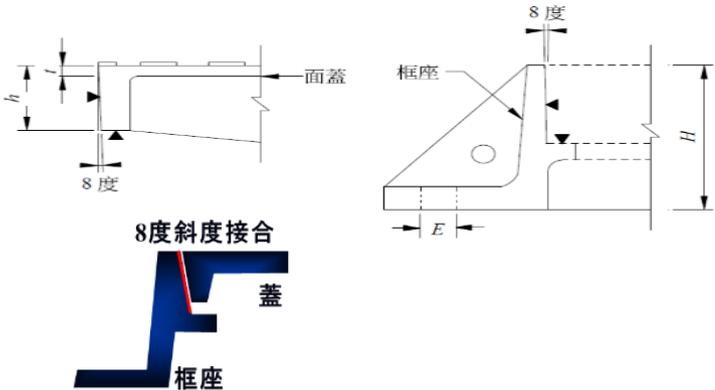
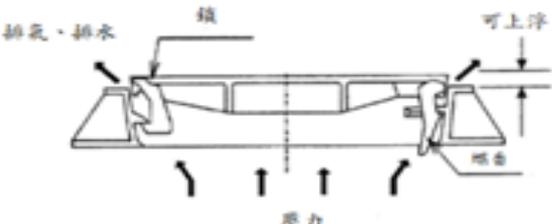
透過人孔蓋將垃圾或異物等非法丟棄或侵入狀況，亦會發生。

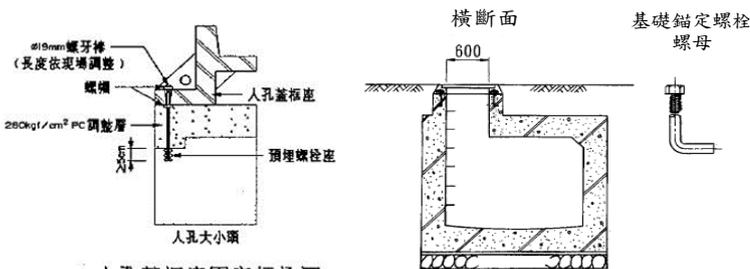
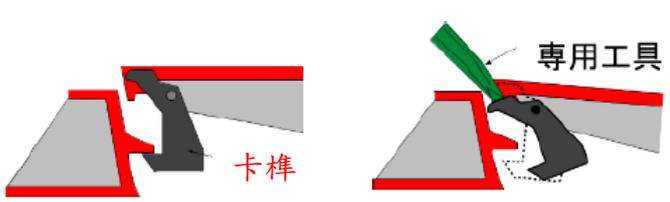
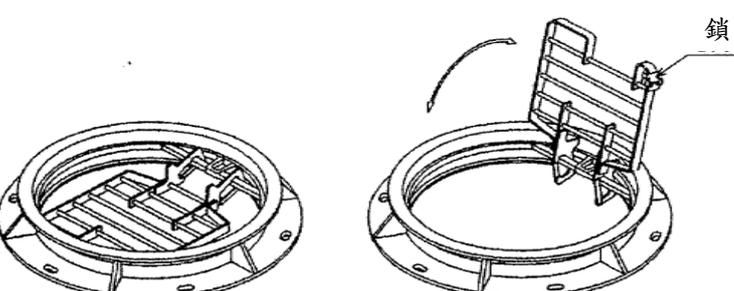
#### 8. 雨水入滲

從分流式下水道污水管之人孔蓋開口部(提舉孔或通氣口)或基礎調整部分，流入雨水，造成不明水增大的原因，宜考量防雨水入侵設計。

針對上述人孔框蓋問題，國內 CNS 15536 人孔框蓋已參考日本經驗，規範採高強度(FCD600)、重量輕易維護、止滑、低噪音、密合度佳、耐揚壓(可上浮防位移)、防墜落、密閉(防雨水入侵)及防不當開啟等特性人孔框蓋，詳表 6.5 說明。

表 6.5 CNS 15536 人孔蓋與日本人孔蓋功能說明

功能	要求	說明
1. 增加材料強度及輕量化	採球狀石墨鑄鐵製造並強化材料(FCD600)及減輕重量設計(蓋約 40~50KG)、框座約 80~100KG。	由以往 FCD500 提高球狀石墨鑄鐵強度為 FCD600，較耐磨及耐腐蝕。(日本採 FCD700) 
2. 防雨水入侵及臭氣擴散、止滑	採密閉式提舉孔設計(人孔蓋提舉孔不穿透)。	(與日本相同) 止滑凸紋或圖騰(凸紋或圖騰僅供參考，由買賣雙方協議。) 
3. 密合度佳及減噪音	人孔蓋及框座以 8 度斜角方式緊密接合。	面蓋及框座採 8 度斜度密合設計(日本採 8~10 度) 
4. 防轉落及脫落	採掀蓋旋回式(鉸扣)設計可 360 度轉向及 180 垂直開啟。	(與日本相同) 
5. 防氣爆及人孔蓋飛離	採鉸扣及卡榫設計，可防止面蓋飛離及內壓大時自動上浮洩壓(上浮高度<20mm)，洩壓後自動恢復。	(與日本相同) 

功能	要求	說明
6. 框座固定及調整高度功能	以框座固定螺栓調整高度，框座與人孔壁固定。	 <p>(國內型式) (日本型式)</p>
7. 防不當開啟功能	採特殊卡榫設計需以專用工具開啟設計，防止鐵棒、十字鎬及尖鋤等工具開啟。	<p>(與日本相同)</p>  <p>卡榫 專用工具</p>
8. 防墜落及安全梯設計	採格柵防墜設施設計，能承重 4.5KN 重量不破壞。	<p>防止人孔蓋打開時異物掉入 (日本人孔蓋防墜設施具進出人孔安全扶手功能)</p>  <p>鎖</p>

### 6.6.2 人孔框蓋上浮及飛散

1998 年日本高知縣高知市因豪大雨，導致下水道人孔框蓋上浮、飛離，伴隨產生安全上的問題，造成淹滿水道路，因人孔框蓋脫離而導致行人發生掉落身亡事件。因此，日本建設省就該案對應之對策，收集相關的事例及對策等資訊，緊急檢討未來豪雨時人孔框蓋安全對策的防範措施，1998 年 10 月由學者及地方公共團體負責人等組成「下水道人孔緊急對策檢討委員會」同時進行檢討，1999 年 3 月制定「下水道人孔安全對策草案」。做為下水道管理者的地方公共團體也進行民意調查，並對很多人孔蓋上浮、飛散的案例進行了解，如表 6.6 說明。

人孔框蓋上浮、飛散原因為人孔內水壓、空氣壓力上升，因管內設施之滯留空氣被壓迫急遽上升浮出，而使得下方壓力超出人孔框蓋或人孔側壁所能承受之耐壓壓力所造成，如圖 6.17。

像這種現象，主要因下水道設施流入量過大，使管渠內水位上升，連帶使水壓與空氣壓上升，造成人孔框蓋浮出及飛離的情況，其具體的對策如下。

容易發生人孔框蓋上浮、飛散的地方，主要有下列之處所。

1. 管渠或揚水站相對容量或操作能力不足。
2. 抽水站急遽關閉水門操作。
3. 空氣容易滯留，或連接空氣管渠形成縱貫型落差。
4. 埋設較深管渠。
5. 大口徑管渠。
6. 倒虹吸管渠急轉部、合流部等流下障礙處。
7. 跌落設施。
8. 設施排氣能力不足(人孔排氣管較少或是人孔框蓋的排氣孔洞很小)。
9. 從凹地或陡峭斜坡到緩斜坡的變化點位置。
10. 人孔框蓋或人孔斜管、直管及底座的耐壓力不足。

由圖 6.17 所示之 I、II、III 之各種現象及 1~8 之各種原因及其關係，如圖 6.18 及圖 6.19，若比較現象 I 及 II 其原因差異很大，該現象 I、II 可從水理上去檢討，並預測其可能現象。

表 6.6 人孔框蓋上浮、飛散相關問題與說明(日本案例)

項目	概要
(1)調查都市數目	15 都市
(2)調查對象期間	大概過去 10 年
(3)問卷回答數	18 案例(人孔框蓋浮出、飛散 163 場所)
(4)上浮狀況 (包括重複計入回答之問卷)	上浮…約 42% 溢水…約 38% 脫落…約 22%
(5)主要緊急對策	派遣職員進行安全確認…75%
(6)排水方式(案例數比例)	合流式…約 61% 分流式雨水…約 11% 分流式污水…約 28%
(7)主要原因	水面上升及空氣上升…約 47% 水壓之上升…約 15% 氣錘作用…約 26%
(8)主要對策(案例數比例)	浮上式蓋替換…約 56% 空氣排出裝置…約 14%

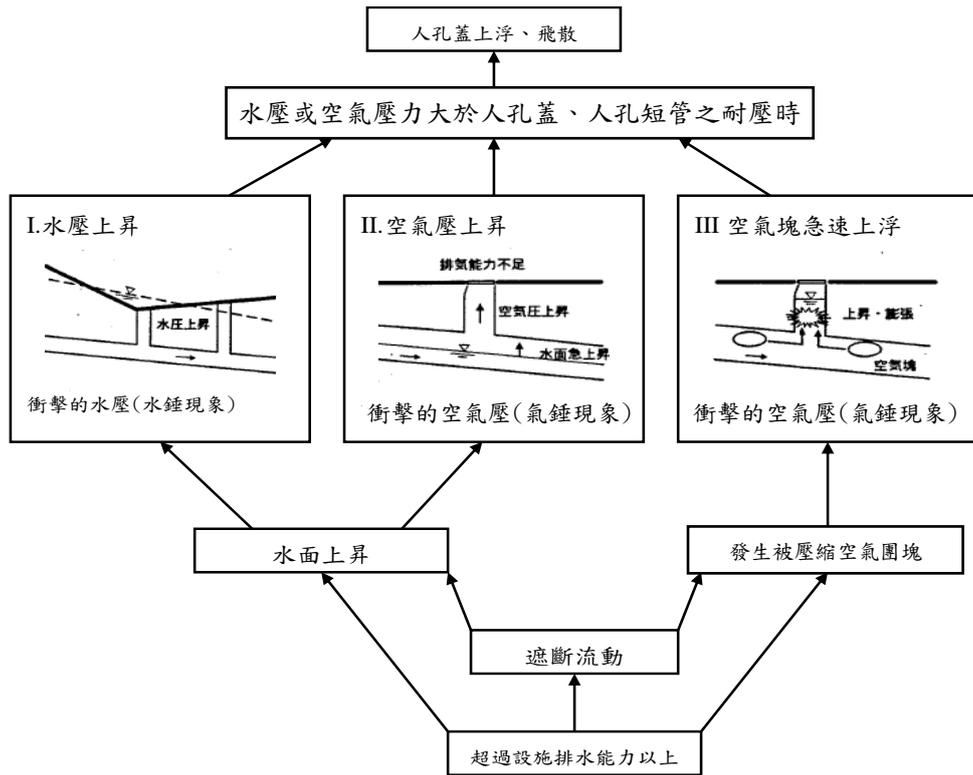


圖 6.17 人孔框蓋浮上、飛散原因示意圖

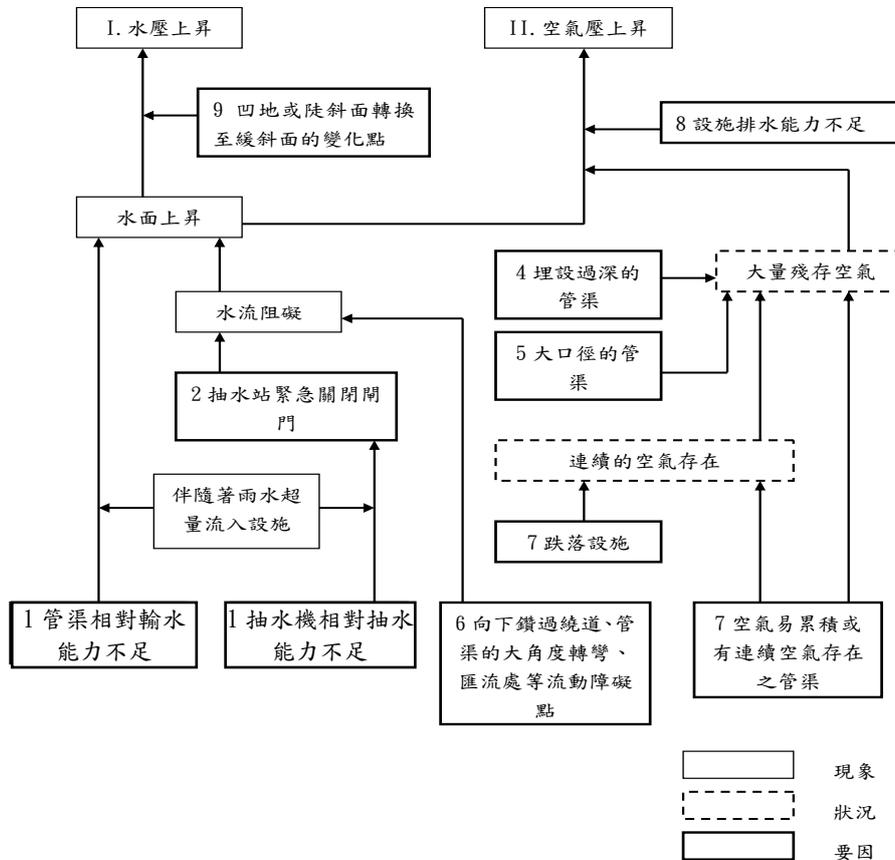


圖 6.18 導致人孔內水壓及空氣壓之狀況和要因關係圖

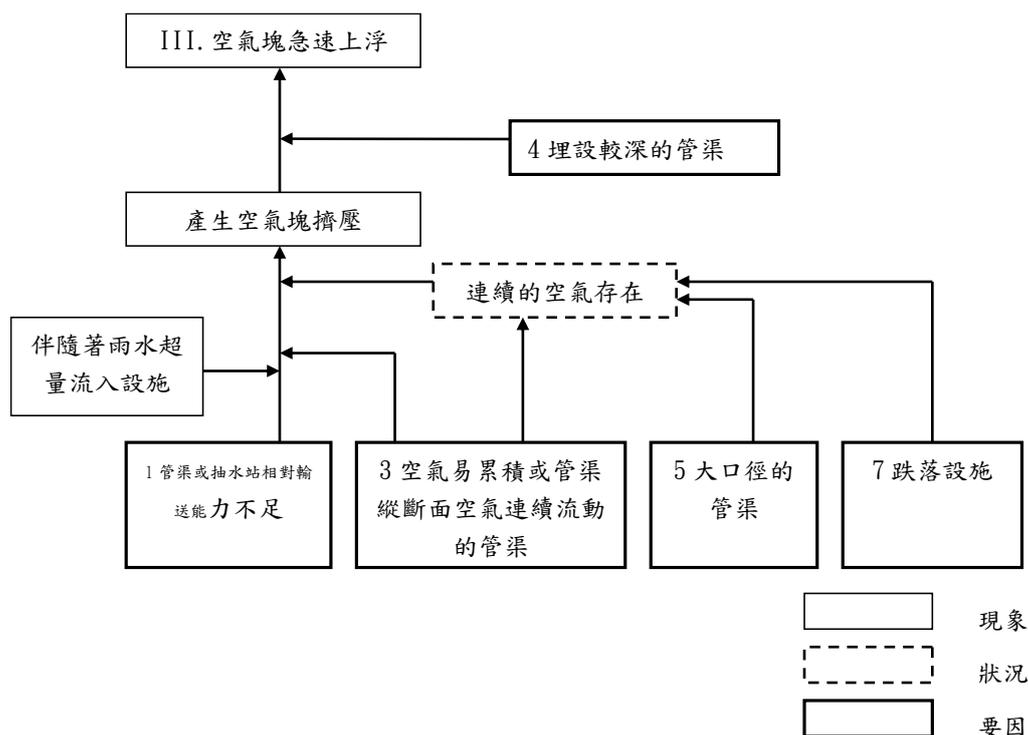


圖 6.19 導致人孔內的空氣塊急速上浮之狀況和要因關係圖

### 6.6.3 人孔框蓋上浮、飛散防止對策

#### 1. 對策種類-緊急安全對策及中長期安全對策

關於人孔框蓋上浮、飛散的安全對策，首先為「緊急安全對策」。主要針對發生危險度很高的地點，迅速地實行緊急安全對策和「中長期的安全對策」定性檢討，並增加雨水排除計畫和重建計畫等，期能依照設施改善時程等實施。有關緊急安全對策和中長期安全對策關係圖，如圖 6.20 表示。

再者，緊急安全對策是以定性判斷做為基準，中長期安全對策則針對高危險發生地點及緊急安全對策實施處所實行水理檢討，檢討出具實施可能性的安全對策。

#### 2. 緊急安全對策

緊急安全對策是針對人孔框蓋之浮出及飛散情況，預作防範於未然，即便發生機率低的情況，也要有防止事故發生的對策。為此，緊急安全對策盡量以簡易的方法，特別指定危險度高的地點，依照其危險度之優先順序，採取可能的對策。

其對策基本係將上述第 1 點第(1)~(10)項之要因去除，或是緩和其狀態，以下為實務面可考量之項目。

- (1) 抽水站運轉操作(泵浦運轉、水門關閉操作)改善。
- (2) 提高管線設施排氣量(用壓力開放型浮上防止用人孔蓋取代或設排氣口)。
- (3) 提高人孔框蓋及人孔斜管、直管及底座耐受壓力(改採壓力開放型浮上防

止用人孔蓋等，如圖 6.21 所示)。

(4) 防止大型垃圾流入(明渠部分設置攔柵)。

加入以上考量，假使人孔框蓋浮出、飛散的事故發生，也不會牽連引發重大事故，必要時可設置防止墜落用梯子內蓋板，以增加其安全性，如圖 6.22 所示。

以下程序亦可用來進行緊急安全對策的研討。

(1) 首先在有溢流且未實施流通能力改善的地方，被認為是人孔框蓋上浮・飛散危險度最高的地區，可做為緊急安全對策最優先考慮的地方。

(2) 推斷其他危險程度場所，如圖 6.23。

另外實施緊急安全對策時，如人行道、天橋等行人所在地方和人口密集地區，有必要優先考量，並且得適當維持管理、宣導，使附近居民了解，豪雨時該如何迅速採取現場對應的體制及整備方式。

### 安全對策

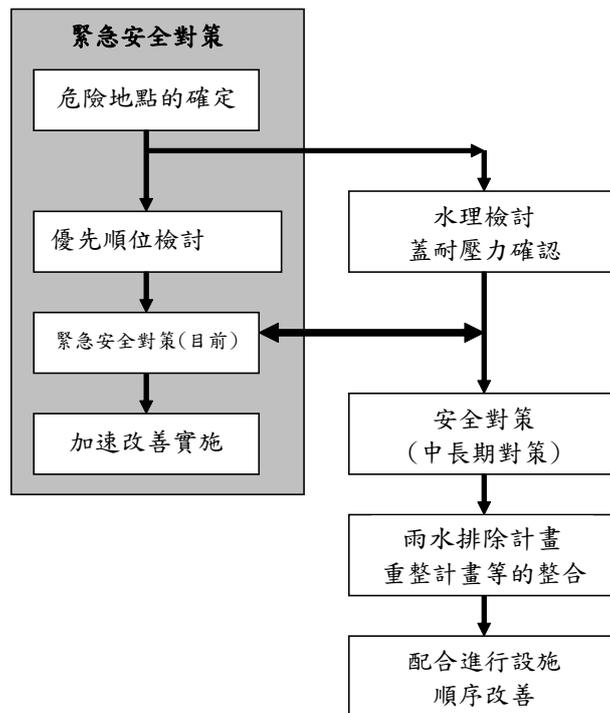


圖 6.20 緊急安全對策和中長期安全對策的關係

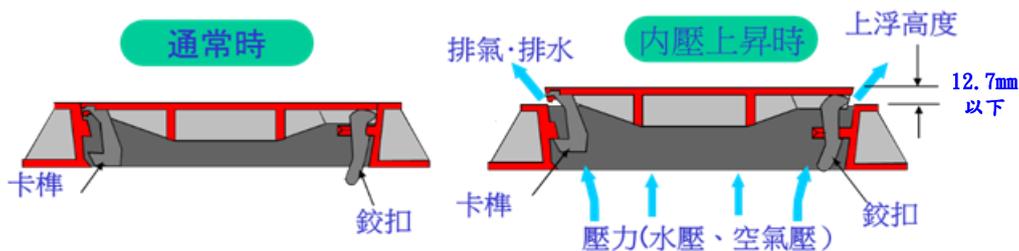


圖 6.21 壓力開放型防止上浮人孔蓋

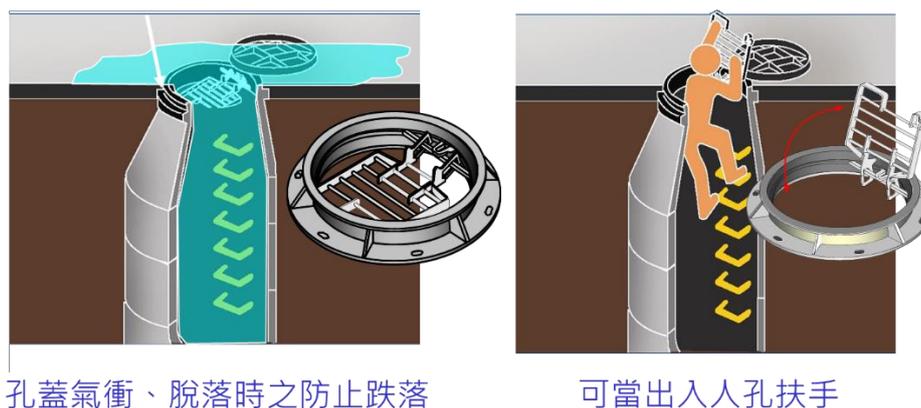


圖 6.22 人孔蓋防止墜落用之梯子

### 3. 中長期安全對策

有關中長期安全對策，除採第 2 點緊急安全對策表示之第(1)~(4)點內容外，另加下列第(5)~(8)點內容，並依照地域的實際狀況，採取可能實施的實際對策。

- (5) 排水設施能力改善(管渠流通能力下降、揚水站抽水能力改善)。
- (6) 排水系統重新評估(排水繞流和排水區域變更)。
- (7) 設施構造改善(管斷面縮減部分改善和縱斷面之改善等)。
- (8) 入滲水量減少(污水管線設施錯接改善等入滲水量降低)。

此外，中長期人孔安全對策研討順序，水理特性研討部分需將其分為可能水理現象及困難水理現象進行分析(如圖 6.24)，關於水理性研討之可能事項如下：

- (1) 危險場所選定。
- (2) 水理檢討(雨水出流量估算、管渠內水位檢討、管線內水壓估算、人孔蓋耐壓力比較)。
- (3) 安全對策選定。

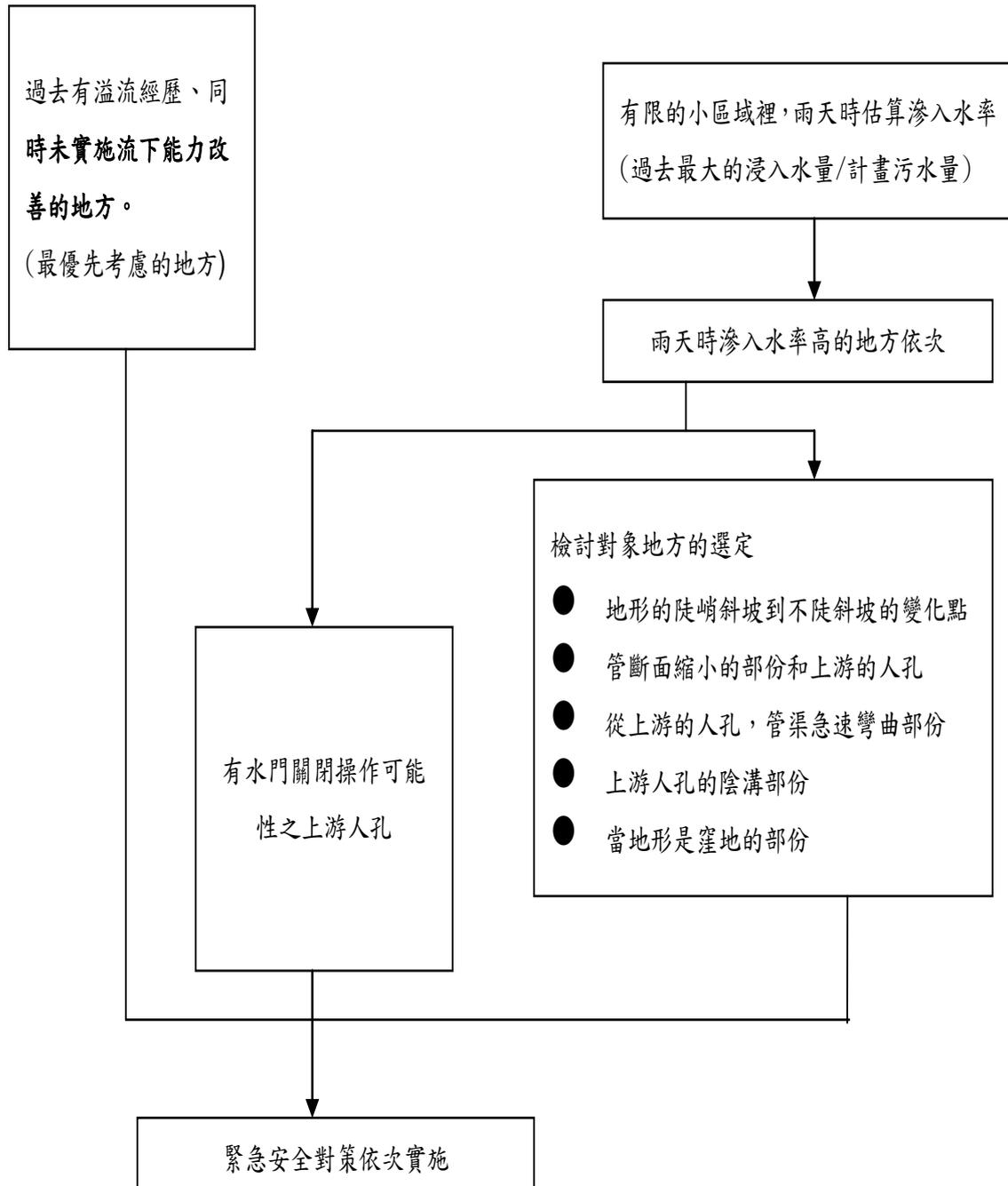


圖 6.23 污水管線設施緊急安全對策優先地點之檢討程序

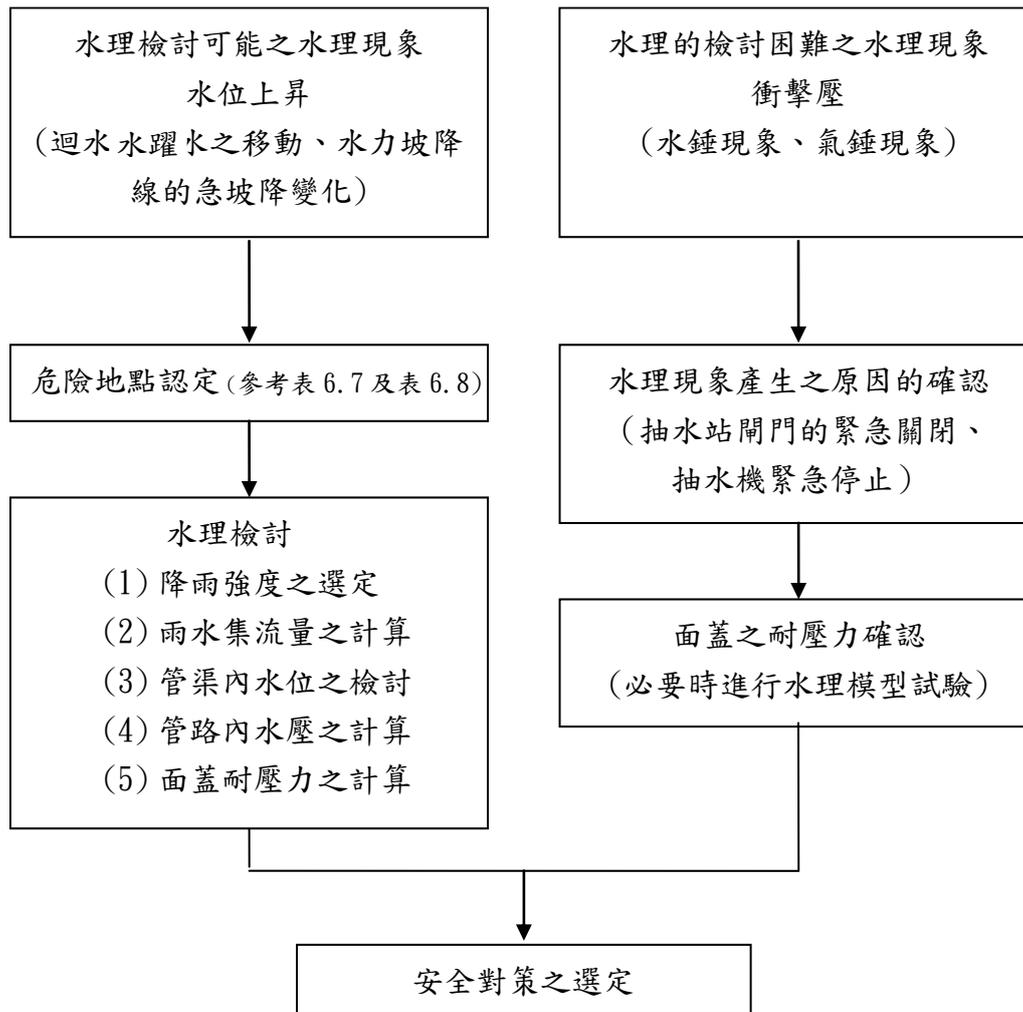


圖 6.24 中長期安全對策檢討程序

表 6.7 危險地點、優先度判定表(重要項目)

	危險度	低	高	備註
構 造 物	管斷面縮小比例	90%	80%	下游/上游
	倒虹吸		有	
	急彎	90 度	90 度以上	
	合流(包括雨水放流口)	90 度	90 度以上	
	跌落	無	有	
人 孔	人孔間隔	50m	100m	
	蓋之氣浮	800cm <sup>2</sup> → 100cm <sup>2</sup> → 10cm <sup>2</sup>		
地 形	凹地位置	無	凹地位置	
	急坡度變為緩坡度	無	變化點	
能 力	管渠輸水能力	100%	50%	計畫流量比
	抽水站抽水能力	100%	50%	

表 6.8 危險地點、優先度判定表(最重要項目)

危險度		低	高	備註
管 渠 形 狀	管徑	φ 1,000mm	φ 2,000mm	矩形時與斷面積相近
	管渠接合	管頂→水面→中間→管底		
	覆土	2m→5m→10m		
	縱斷形	無	逆坡降	

## 6.7 通氣設施

### 1. 通氣作用

污水管線通氣，係為確保污水下水道設施健全之重要維護管理項目之一，污水管通氣不良常伴隨著污水管內硫化氫濃度增加，進而產生污水管及人孔腐蝕問題。

通常污水下水道系統，怕雨水從人孔蓋面之孔洞中流入或是為防止污水產生之臭氣外溢，而將人孔蓋面孔洞填補，由於人孔蓋面之孔洞對於污水管內進行自然通氣有著重要的作用，因此通氣仍被認為是不能忽視的作用。

依據日本「下水道管路施設における浸入水防止對策指針」(詳表 6.9)之數據，可看出雨水從人孔蓋面流入量占全體滲入量之百分比雖不多，尚不至於因而妨礙通氣，但仍會造成多種的障礙。為防止雨水從人孔蓋面流入，並非以填補人孔蓋面之孔洞為主，而是消除人孔框蓋設置比路面低之問題(應為對路面突出或對路面水平)，詳圖 6.25。

當污水在污水管內輸送容易產生腐敗，造成管線之腐蝕，故污水腐敗產生臭氣，有必要視為管內發生異常事態的信號。在任何情況下，考量污水不會腐敗係污水管設計及維護管理必須考慮的一個重要課題。污水腐敗會使污水在跌落時產生臭氣、造成管線腐蝕及使污水處理廠在污水處理上之困難。為不使污水腐敗，必須在污水中供給氧氣，這些氧氣一部分係由污水管上部空間之空氣所供給，換句話說，必須保持新鮮空氣，通氣將在這方面發揮重要作用，但即使產生硫化氫，通氣亦可減少其濃度。

此外，通氣的另一個特點是降低管內之濕度，儘量使管內面保持乾燥狀態，污水管壁面如果乾燥的話，會阻礙硫氧化菌的生存，硫化氫暫時不會產生，導致腐蝕的化學變化程序將會中斷，避免引起嚴重的情況。靠著通氣很難使管線壁面完全乾燥，但可能可以降低濕潤的程度。

通氣對水理也有影響，在水理計算上，污水上部係以存在著大氣壓的空氣為前提，如果在有著高速水流的地方，水流也會拖引管線上部的空氣，使上部空間的氣壓可能會變得異常。如果不做適當的通氣，水流會發生波動，這種情況下應考慮設置吸氣及排氣的通氣管。

表 6.9 雨水入滲量(日本案例)

地區	人孔蓋面流入	錯接	入滲水量	合計
A	16m <sup>3</sup> (0.7%)	871m <sup>3</sup> (40.0%)	1,293m <sup>3</sup> (59.3%)	2,180m <sup>3</sup>
B	23m <sup>3</sup> (1.2%)	641m <sup>3</sup> (34.4%)	1,197m <sup>3</sup> (64.3%)	1,861m <sup>3</sup>
計(A+B)	39m <sup>3</sup> (1.0%)	1,512m <sup>3</sup> (37.4%)	2,490m <sup>3</sup> (61.6%)	4,041m <sup>3</sup>

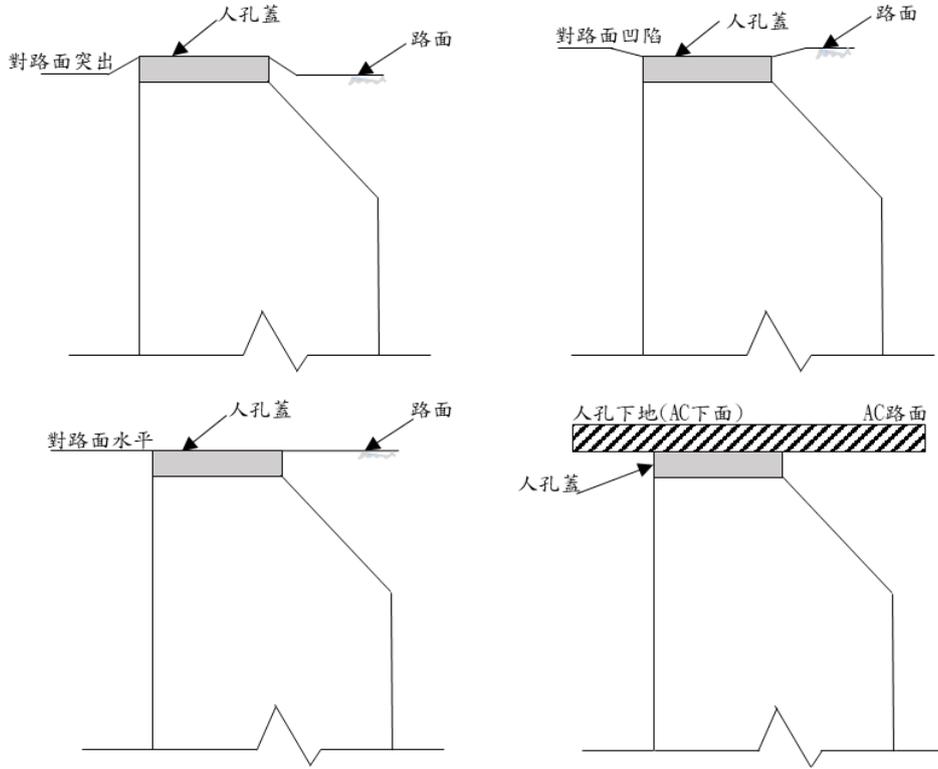


圖 6.25 人孔框蓋與路面之關係

## 2. 自然通氣及強制通氣

污水管通氣通常在人孔與用戶排水設備間的連接管處自然發生，這種自然通氣機制，會受該處管線高程差引起的氣壓差異、管內空氣溫度與外部空氣溫度之差異、污水流動牽引空氣及管內流量變動引起上部空間量變化等複雜因素交互影響。

自然通氣係在無意間自行產生，最近污水下水道管線因有較高氣密性之傾向，故必須考量採用能協助自然通氣的設施。

要求高氣密性的原因，係擔心雨水從人孔蓋面滲入，故設置無孔之人孔框蓋；另外，為清潔和維護功能，住宅及高樓之用戶接管須設置存水彎，減少連接管之自然通氣。為對付這種不利自然通氣的情況，可能有必要考量建立通氣設施。

污水下水道與外氣的銜接點極為有限，這項因素促成必須重新考慮設置通氣設施。協助污水管自然通氣的設施，包括用戶排水設備之通氣管。通氣管主要目的，係用以保護用戶排水設備存水彎，避免破壞水封。一般住宅排

水管或化糞池或建築物污水處理設施產生的臭氣，係沿著建築物垂直往上而最終通過屋頂通氣管而排放到大氣中(詳圖 6.26)；但有些住宅為避免設置須貫穿屋頂的通氣管，而在其用戶排水管存水彎附近設有防臭之進氣閥(詳圖 6.27)，其對於改善排水的用途比進氣的用途多，故經由該閥之進氣量極為有限。

### 3. 通氣使揮發性有機物等減少

若有揮發性有機物(苯)等易揮發物質流入污水管內時，在流動途中會有相當的部分揮發出來，其餘未揮發部分最後會到達污水處理廠。此揮發出來的物質，將經由通氣而排放到大氣中，對於揮發性有機化合物流入污水管的量，可藉污水處理廠測定的濃度作依據加以推測，以瞭解揮發性有機物在污水管中的揮發效果，這種產生揮發的情況主要發生在管線跌落的部分，依國外研究結果，跌落兩處時污水中之揮發性有機物會減少 25~38%。



圖 6.26 一般住宅排水屋頂通氣管



a. 空氣進入(管內負壓閥瓣開啟)

b. 臭氣無法排出(管內正壓閥瓣關閉)

圖 6.27 防臭用進氣閥

為使通氣順暢，可考量在街道上使用專用的通氣桿(詳圖 6.28)來連接人孔。設置這種通氣桿時，會發生臭氣集中情形而可能影響附近居民，在此情況下，亦應考量必要時附帶設置脫臭設備。

脫臭方式常使用物理化學法，然而該法的維護管理時間及費用會成為問題，因此，某些情況下，對於硫化氫的脫臭會使用生物化學法。

污水中之揮發性有機化合物量可因抽風而減少，惟須關心揮發物質可能會污染空氣，此時須在跌落處等場所設置強制通氣裝置，並考慮將收集到的空氣進行某種處理後才可排放到大氣中。

#### 4. 倒虹吸壓力管之通氣

倒虹吸壓力管之後端會產生硫化氫及發生腐蝕，係眾所皆知之事，然現實中，常會在這些設施的前端觀察到硫化氫的腐蝕，主要由於倒虹吸抽水站之前端沒有抽氣的地方，從上游端收集到的硫化氫將會在此處累積，此即產生腐蝕的原因。

因此，有必要了解倒虹吸抽水站係空氣不流通的設施，為確保空氣在倒虹吸管的流通，應設置另一支管線，其管徑尺寸為倒虹吸管直徑之1/3至1/2，以使空氣流通，此稱為空氣跳躍管(air jumper)。設在倒虹吸管上之空氣跳躍管，詳圖 6.29。



圖 6.28 英國小鎮街道上之污水管通氣桿

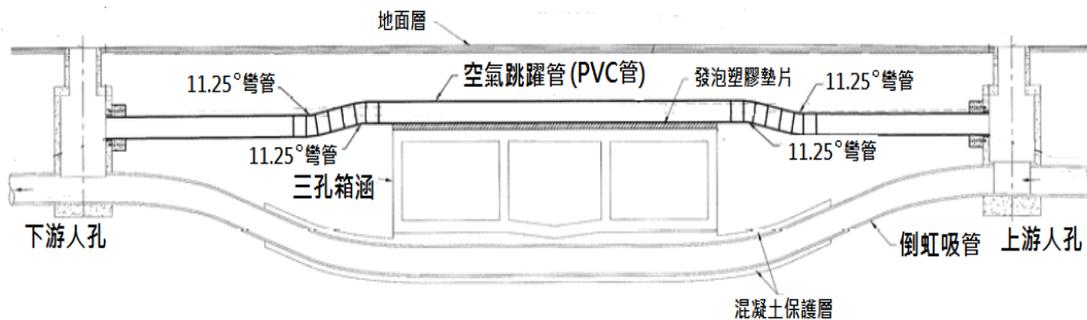


圖 6.29 設在倒虹吸管上之空氣跳躍管

### 5. 國內污水下水道之通氣管設置

國內污水下水道系統人孔蓋設置原則，係依 CNS 15536 下水道用球狀石墨鑄鐵框蓋規定採不穿透及不透氣辦理，惟為保持污水管線之通氣功能及防止人孔蓋，因受管內氣壓產生氣沖狀況，通常會於幹管或容易蓄積氣體位置之人孔或設施設置通氣管，其常用形式及案例，如圖 6.30 說明，並以設置於公園綠帶或分隔島等不影響民眾及交通位置優先，以避免可能產生之臭味或噪音影響居民生活，至於通氣管之管徑應檢討管線大小及可能之排氣量進行設計。

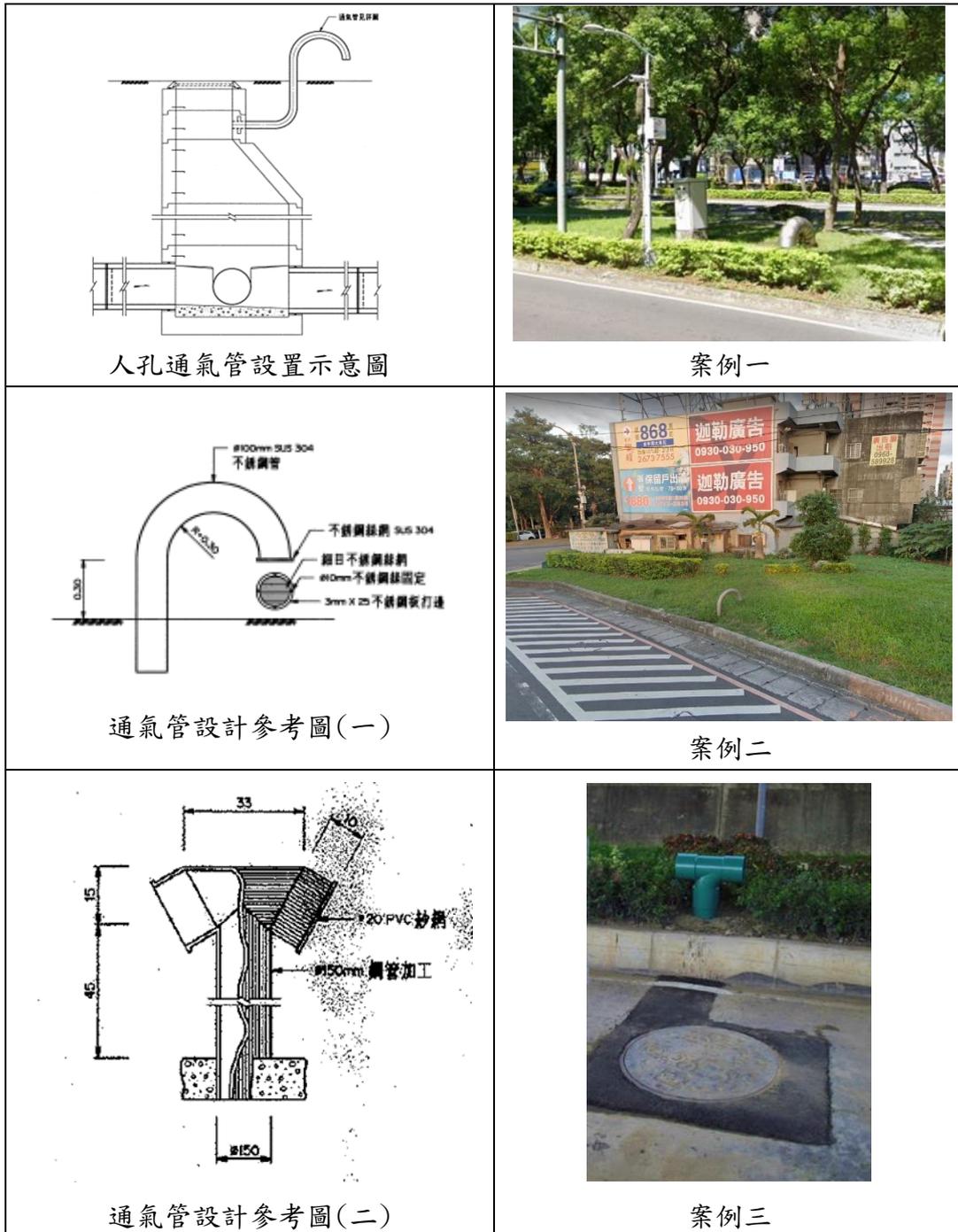


圖 6.30 國內常用污水管線之通氣管參考圖

## 6. 為確保作業環境之通氣

人孔及污水管內部，如果有人進入時須非常注意，管內如果缺氧，即有充滿有毒氣體的可能性，污水管內常見之有害氣體，詳表 6.10。過去曾有先例，當先進入人孔內者昏倒時，拯救者不知管內屬缺氧及含有毒氣體環境，因而一同受難，此情況應特別注意。

表 6.10 污水管內常見之有害氣體

有害氣體種類	可燃性/爆炸性	臭味	比空氣輕或重	對身體之影響
缺氧	無	無	相同	窒息
硫化氫	是	是，低濃度時臭蛋味，高濃度時無味	較重	劇毒
一氧化碳	是	無	幾乎與空氣相同	窒息，劇毒
甲烷	是	無	較輕	窒息
汽油蒸氣	是	是，甜味	較重	有毒，影響中樞神經系統，高濃度時會窒息

污水管內產生之有毒氣體以硫化氫為代表，硫化氫之危險性不單是有毒，且人不一定能夠立即感受到臭味，而在濃度特別高的情況下，該現象更顯著，會使人在不知危險情況下而導致死亡。表 6.11 為硫化氫濃度及對人體之影響。

進入污水人孔中作業前，應先以氣體偵測器測定易燃氣體、硫化氫、一氧化碳及氧氣濃度等，經確認其濃度對人體不會到達危害的程度，始能進入（詳圖 6.31）。因一些有毒氣體比空氣重，會沉積在人孔底部，而一些氣體比空氣輕，會飄浮在人孔上部，故偵測器應檢測人孔的每個部位（上部、中央及下部）。同時因人孔內的氣體產生情況隨時在變化，故除在進入前須檢測外，在作業期間亦應持續檢測。

進入污水人孔內於作業前仍須進行強制通風，通風的方法分為吸氣及進氣兩種方法。使用吸氣法時，僅打開欲設置吸氣機及欲進入之兩個人孔蓋，再使用抽風機將人孔及管線內污濁空氣排出，而將新鮮空氣抽入人孔及管線中，詳圖 6.32。當人孔內存有極高濃度的有毒氣體時，可使用兩組抽風機，一組設置在高處人孔，另一組設置在低處人孔，而作業人孔設置在中間。當吸氣法無法適用或進氣法較合適時，可使用進氣法進行強制通風。使用進氣法時，進氣管應往下達到人孔底部，詳圖 6.33。進氣法也可與吸氣法合併，先使用吸氣法清理充滿有害氣體的作業空間，再使用進氣法將新鮮空氣注入作業空間。

表 6.11 硫化氫氣體之濃度及毒性作用

濃度(ppm)	作用、反應
0.025	敏感的人會查覺到臭氣
0.3	任何人都會查覺到臭氣
3~5	中等強烈的臭氣，感覺不舒服
10	明顯及不快的臭氣，曝露 8 小時仍安全
20~30	能夠忍受，即使臭味更強烈也不再感覺到
100	2 至 15 分鐘嗅覺神經麻痺，可能會刺激眼睛及喉嚨黏膜
200	短時間內嗅覺神經麻痺，刺激眼睛及喉嚨黏膜
500	昏迷，幾分鐘內停止呼吸，需要立即人工呼吸
600	暴露 30 分鐘時有生命危險
700	很快會無意識，如沒有立即解救會導致死亡
800~1000	意識喪失、接著於幾分鐘內呼吸停止、死亡

資料整理自參考文獻<sup>(8)及(9)</sup>。



圖 6.31 攜帶式易燃氣體、硫化氫、一氧化碳及氧氣偵測器

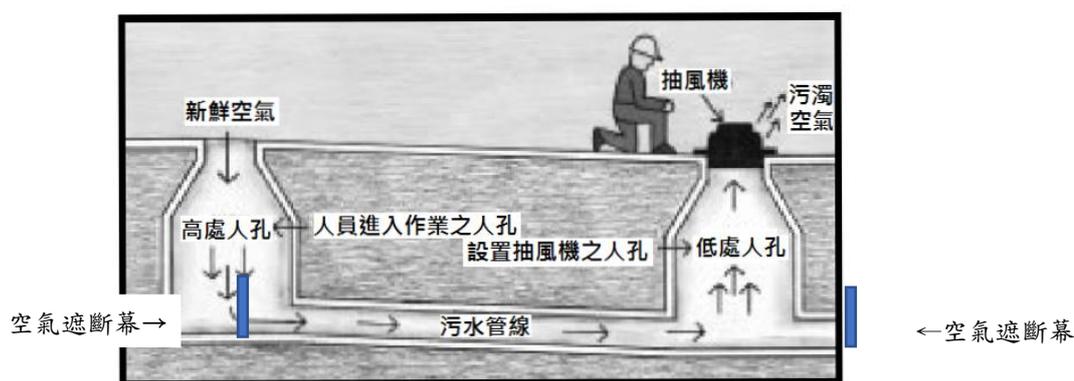


圖 6.32 使用抽風機自人孔頂部強制吸氣

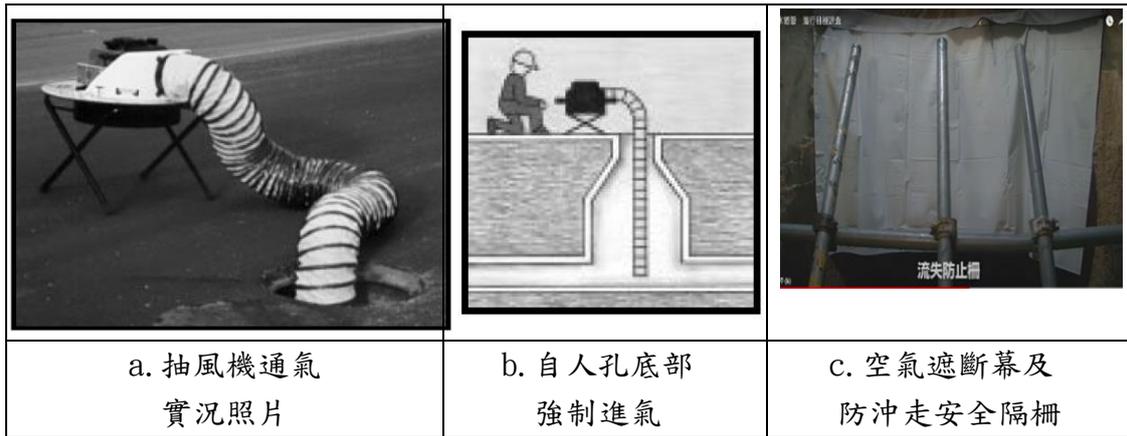


圖 6.33 使用抽風機進行人孔強制通氣

## 6.8 用戶排水設備修繕方式

國內用戶排水設備，包括用戶室內排水管、匯流管及連接管等，目前國內常用之用戶接管模式有 A 模式(臺北市)接法及 B 模式(多功能匯流管)接法，詳圖 6.34 及圖 6.35 所示。由於下水道法第 20 條規定「用戶排水設備之管理、維護，由下水道用戶自行負責」，因此本節茲就用戶排水設備之修繕方式進行說明。

### 1. 用戶排水設備管道檢視方式

國內用戶排水設備之管徑，多由為  $\phi 50\text{mm} \sim \phi 200\text{mm}$  之塑化管組成，其管道檢視方式詳圖 6.36，其中  $\phi 100\text{mm} \sim \phi 200\text{mm}$  之管線可選用小口徑 CCTV 檢視設備檢視，大於  $\phi 50\text{mm}$  之管道則可選用手推式管道檢視設備進行檢視，至於陰井、配管箱、連接井、匯流井等用戶排水設備，因人無法進入可選用手持式管道檢視設備進行檢視，至於部分前述設備無法檢視或不易進入之處，可選用微型攝影機檢視。

### 2. 用戶室內排水管、匯流管修繕方式

目前國內用戶室內排水管修繕方式，係以穿牆鑿洞、外牆吊管或壁管為主，而用戶匯流管修繕方式係以傳統明挖為主，惟此類施工方式除需要開挖、回填外，對住戶影響較大，此部分施工，一般由住戶自行請下水道用戶排水設備承裝商或自來水管承裝商施作。

### 3. 用戶連接管修繕方式

目前國內用戶連接管多為  $\phi 200\text{mm}$  之塑化管，其修繕方式可與污水管線採相同之修繕工法，主要分為傳統開挖抽換及免開挖修繕兩大類。

- (1) 傳統開挖抽換，依更新抽換範圍可分為維修環套開挖修補與全段埋設新管兩種工法；
- (2) 免開挖修補則依修補範圍可分成：1) 局部修補、2) 區段翻修及 3) 管線置換等三類。

目前免開挖修繕工法於國內之實績，在局部修補方面以膠膜內襯(貼片點補)及不銹鋼內襯補強工法，較常應用於接頭滲水或局部破損之修繕，至於區段翻修方面以現場固化(反轉)工法及製管(旋轉)工法等應用實績較多，另旋



<p>(引用日本 TKC-3900 型錄照片)</p>  <p>管徑 100 mm 対応 完全防水仕様 300mm 人孔対応</p>	<p>(引用日本 TKC-3100s 型錄照片)</p> 
<p>1. 小口徑 CCTV 檢視車(最小 <math>\phi</math> 100mm)</p>	<p>2. 手推式管道檢視設備(最小 <math>\phi</math> 36mm)</p>
 <p>(引用雷迪公司圖片)</p>	
<p>3. 手持式管道檢視設備</p>	<p>4. 微型攝影機</p>

圖 6.36 用戶排水設備管道檢視設備介紹

## 6.9 管渠周邊地盤孔洞化及其對策

下水道管路設施，會因為管線老化、施工不良或長期過大載重負荷，致產生縫隙或地面龜裂，又因縫隙的關係，周邊砂土易在管內堆積，而使流通能力降低，除此之外，因周邊砂石流失的關係，導致周邊地基不穩，形成孔洞，而造成地面下陷。所以小規模孔洞狀態之及早發現，孔洞填充修補等對策，有其必要性。

本章探討管渠周邊地層孔洞之產生原因、孔洞探查及充填方法。

### 6.9.1 孔洞發生原因

下水道管渠的中、小直徑部份，通常使用明挖工法施工。明挖工法之場合，於考量施工條件、施工環境條件嚴峻及交通限制周邊居民出入便利性考量，通常

有當天內施工路面復原之義務。因為這個緣故，施工最後階段的復原，夯實作業時間相當有限，造成施工不良及夯實不足之結果；交通開放後，因交通負荷造成地面下陷，施工車輛之影響，造成管線破損，致造成事故的發生。

特別是人孔及管渠之間容易產生不同下陷，如圖 6.37 所示。管渠和人孔的接頭常常產生縫隙，而且因管渠接頭的不同沉陷，常造成地面龜裂。而且入滲水從這些地方大量流入管內的情況若嚴重的話，四周土石也會徐徐流入，造成管線周邊之孔洞化，隨著經年累月的豪雨由鋪面直接入滲，造成孔洞逐漸擴大。而最糟糕的情況是，夏天路面的軟化，造成路面塌陷，而導致更大災害。

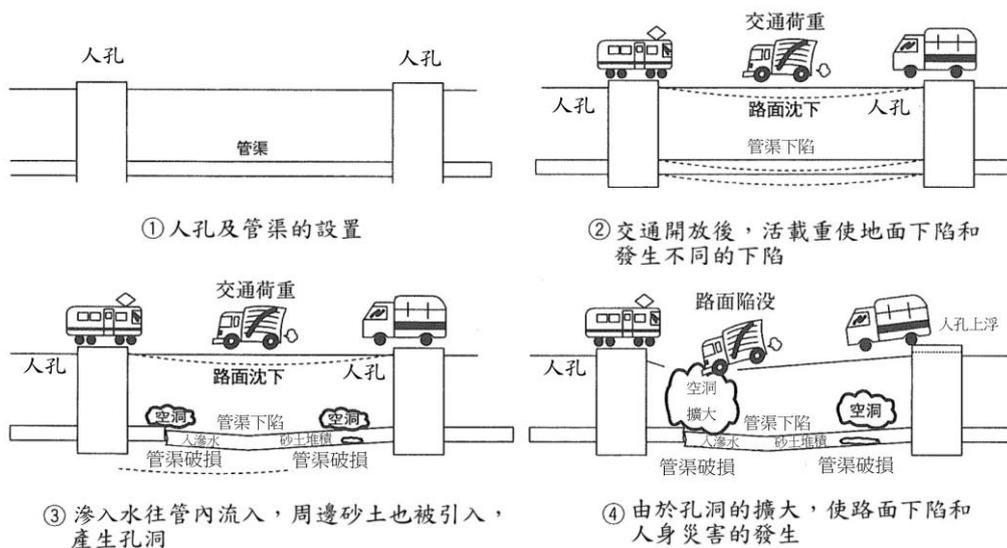


圖 6.37 孔洞發生機制

## 6.9.2 透地雷達探測孔洞工法

### 1. 從地表面的探測

非破壞調查地盤下方資料的方法，常用的有彈性波、聲音、紅外線等各種的物理探測技術，路面下埋設管渠非破壞方法調查，可利用電磁波雷達的原理開發的探測技術，近年來常使用孔洞探測車進行實用化之探測。適用電磁波雷達的探索手法有脈衝波和連續波兩種，而探測深度較淺者，較適合使用脈衝波的方式。

脈衝雷達偵測孔洞的概念，如圖 6.38 所示。於鋪道路上設置天線，向地中心發射脈衝波，一部份在地表面發射，一部分沿著地中前進，逐漸減弱。如果地盤無損壞，它傳回的脈衝波就會相同，但是反射到不一樣物質界面時，就會照比例反射回來不同的傳導係數。電磁波雷達利用這一性質，1 秒鐘會發出 5 萬至 10 萬脈衝波，藉由回傳脈衝波的強度及時間差來測定。

### 2. 探測特性

電磁波雷達探測為在地表面放置很多天線，利用電磁波之反射探查，皆由地表面放置天線之行走，短時間之內就可得到廣大範圍的連續地底資料，為既簡便又經濟的方法。地中由於電磁波之減衰，現況適用於探測深 3~4m

的淺層調查，這方法特別是廣用在對孔洞或對具金屬物之強烈反應的探測，適用於路面下孔洞及埋設管之探查。

雷達探測精度和探測深度之相關性，如圖 6.39 所示，探測與天線之頻率相關性高，一般而言，頻率越低，減衰越小，探測深度可較深，解析度會下降；反過來說，天線頻率越高，減衰越大，探測深度較淺，解析度會上升，就可以得到更精密的圖像。

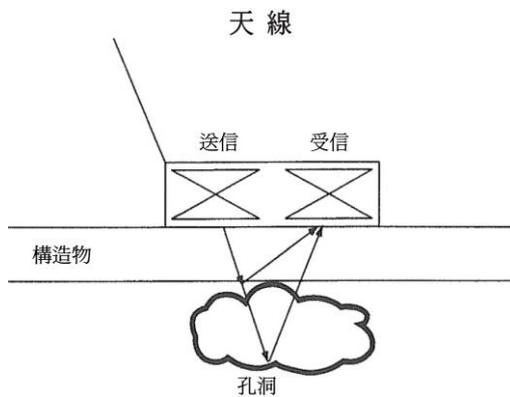


圖 6.38 脈衝雷達偵測孔洞示意圖

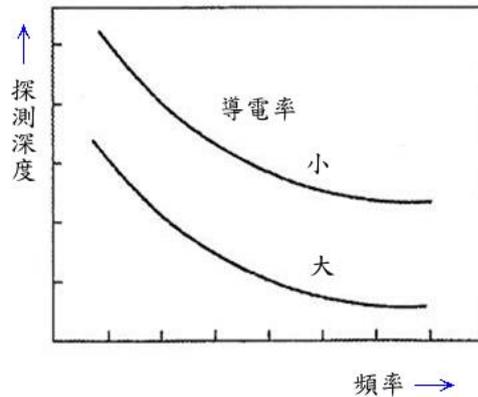


圖 6.39 頻率、探測深度和導電率關係

### 3. 測量方法

在短時間內就可以掌握地下破損孔洞之資訊，在土壤界面的傳導係數差異很大的情況，簡單的探測是可能的。如圖 6.40 是一個典型的電磁波雷達得到孔洞圖形的例子。反射波強度會呈現不一樣的顏色變化，縱軸對應深度，橫軸對應行走距離，一般孔洞的部份就會呈現出凸狀。

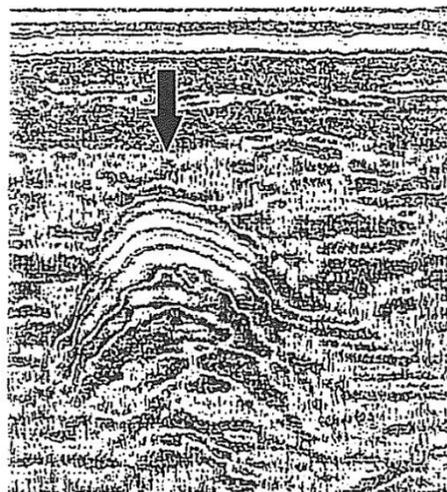


圖 6.40 從孔洞的反射圖形例

### 4. 其他

路面異常下陷孔洞，經確認有下水道管線，目前做法會以 CCTV 檢視或管內縱走辦理檢查，探測孔洞位置。

### 6.9.3 孔洞化發生防止對策

如前 6.9.2 節所述，孔洞的發生跟管渠破損與水的作用有很大的關係，管渠的破損，雖然不是直接導致孔洞化的主因，但防止孔洞化的第一步就是防止管渠的破損。

特別是管渠和人孔接合部份，因不同沉陷量造成損傷，關於這個對策經由日本土木研究所土質研究室檢討之結果概述如下。

#### 1. 人孔與接管間之不同沉陷實驗

##### (1) 實驗方法

實驗裝置和實驗模型的概要，如圖 6.41 所示。地盤下陷發生裝置，高 2.6m×深 1m 的二元土槽模型製造之後，以油壓千斤頂桿支撐沉下板(最大沉陷量 30cm)構成，圖中顯示人孔(0 號)設置於固定板上。

試驗例，說明如表 6.12，人孔與短管(管徑 200mm，有效長度 500mm，PVC)接合，例 1 及例 2 人孔採水泥砂漿接合，例 3 顯示如圖 6.42，採撓性接頭方式，還有短管再以定尺管(管徑 200mm，有效長度 4000mm，PVC)接合，本例詳圖 6.43 接合方式。

圖 6.41 顯示以砂質土埋設，每一層砂厚度約為 25cm，再以木板轉壓，測定土壤之夯實強度平均應為 90%，試驗用之砂質土特性，詳表 6.13 說明。

還有例 2 人孔短管以流動化處理土灌注，以 2 日時間養生，以提供埋設於砂中之試驗。模型製造後，如圖 6.41 沉下板部分以一定速度(50mm/hr)至最大 30cm 沉下進行試驗。管頂部以可目視之鋼琴鍵盤線條貼附，用以測定管線之沉下量，管體之歪斜，則以變位計量測管之變形。

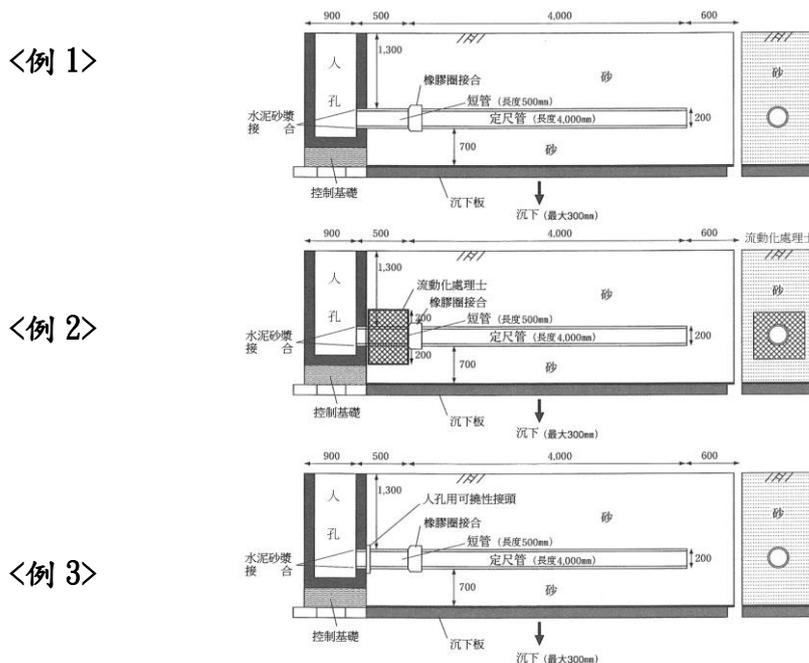


圖 6.41 實驗裝置的概要

表 6.12 實驗案例

案例	短管和人孔的接合	定尺管和短管的接合	流動化處理土的補強
例 1	由接合用砂漿膠結	由橡膠圈接合	無
例 2			有
例 3	由可撓性接頭接合		無

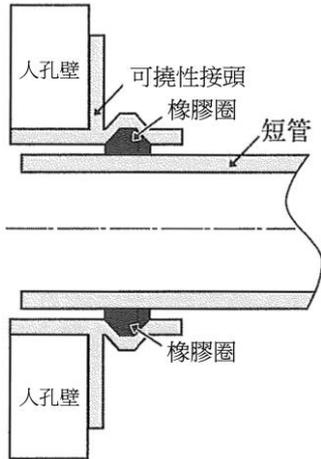


圖 6.42 伸縮性接頭方式圖例

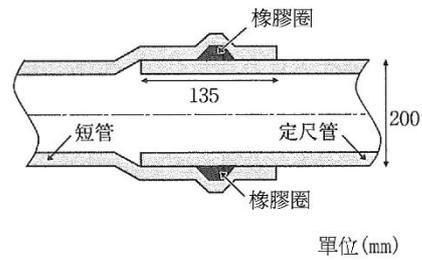


圖 6.43 短管與定尺管接合圖例

表 6.13 實驗用土質材料物性

河砂	含水比		4%
	粒度	礫	3.0%
		砂	90.3%
		沉泥	3.6%
		黏土	3.1%
C、 $\phi$		C=0、 $\phi=39.4^{\circ}$	
流動化處理土	原料土		關東壤土(茨城)
	固化材		普通波特蘭水泥
	單軸壓縮強度		$2.56 \times 10^2 (\text{KN}/\text{m}^2)$

## (2) 實驗結果

### 1) 管周方向(管斷面)之變形

經由本實驗觀察到管線與人孔連接處，產生很大的變形(扁平)，如此一來，人孔附近(人孔壁面往外算 35cm 位置)就不同沉陷量對管變位量之關係，如圖 6.41 所示。還有沉陷量 5cm、15cm 時對管之扭曲影響(人孔壁外 15cm 之位置)，如圖 6.44 所示。

例 1 顯示不同沉陷量造成管體凹陷量之急遽增加，不同沉陷量 17cm 以上之管體容許凹陷量為 10mm(管徑之 5%)，例 2 於不同沉陷量在比較小的範圍時(5cm 以下)，管之凹陷量較小。例 2 短管部以流體化處理

土補強，所以管之變型受限制。但是不同沉陷量超出這些數值以上，這些土壤就會被破壞，管之變形抑制變成無效果，例 1 凹陷量漸接近。還有例 3 管與人孔間設有可迴轉伸縮接頭之構造，接合附近凹陷量就緩和許多。沉陷量大的時候，管體之扭曲與凹陷量也會增加，對管體之損傷防止效果就會增高。

## 2) 管軸方向之管路變形

圖 6.45 顯示不同沉陷量 1.7cm、3.3cm 及 6cm 時之管體沉下量。例 1 顯示人孔及短管即使以水泥砂漿凝固，不同沉陷量 1.7cm 之階段，短管呈現  $2.3^{\circ}$  傾斜。過去進行的試驗顯示，人孔壁之水泥砂漿剛接合之管線(管徑 200mm，強化塑化管)，以  $2.5^{\circ}$  程度迴轉，造成接合處傾斜破壞，例 1 不同沉陷量 1.7cm 階段，接合處之水泥砂漿剝離破壞。例 2 不同沉陷量 1.7cm 階段，由於流體化處理土補強之效果，人孔與短管間傾斜非常小，但是不同沉陷量 3.3cm 階段，短管之傾斜變大至  $2.4^{\circ}$ 。

例 3 人孔與短管之迴轉傾斜，由於伸縮接頭之效果，於地盤下陷時，管線仍會隨之變動。該接頭之構造，於變動  $8^{\circ}$  時仍能維持水密性。不同沉陷量在 6cm 階段，仍能維持接合部之不漏水。

## 3) 實驗結果

- ① 管與人孔接合處，若以水泥砂漿剛性接合，管路若產生不均勻沉陷，人孔和接合處附近斷面會產生很大變形(扁平)，下陷程度若超過 17cm 以上，容許超過值為 10mm(管徑的 5%)，致產生彎曲。而且下陷量在 1~2cm 的時候，就會使管線上之砂漿開始剝離而造成漏水。
- ② 人孔接合處若用流動化處理土去補強，下陷量 5cm 以下，就可抑制管斷面的變形，同時下陷量 3cm 以下的话，管線與人孔的接合部份產生扭轉，仍能產生防止剝離破壞的效果。
- ③ 裝設人孔用伸縮接頭，即使下陷量超過 30cm 以下，還是可以使管斷面變形在容許值以下，還能防止管的損傷，而且下陷量 6cm 以下的话，還可以保持人孔與接合部份的水密性，能有效防止漏水。

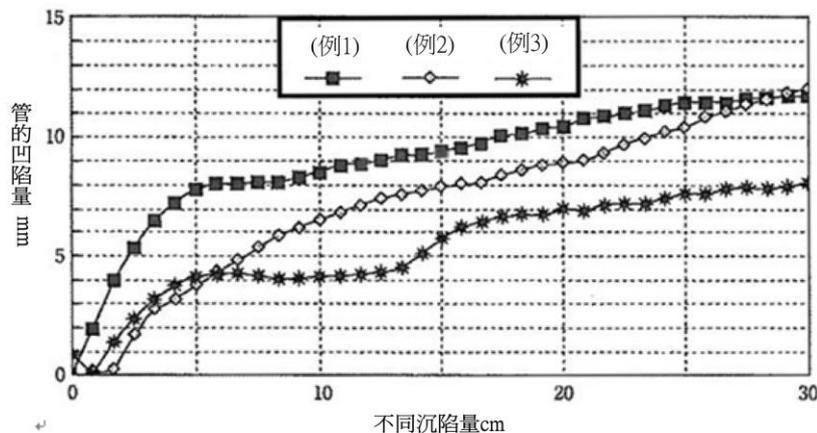


圖 6.44 不同下陷量和管的凹陷量的關係

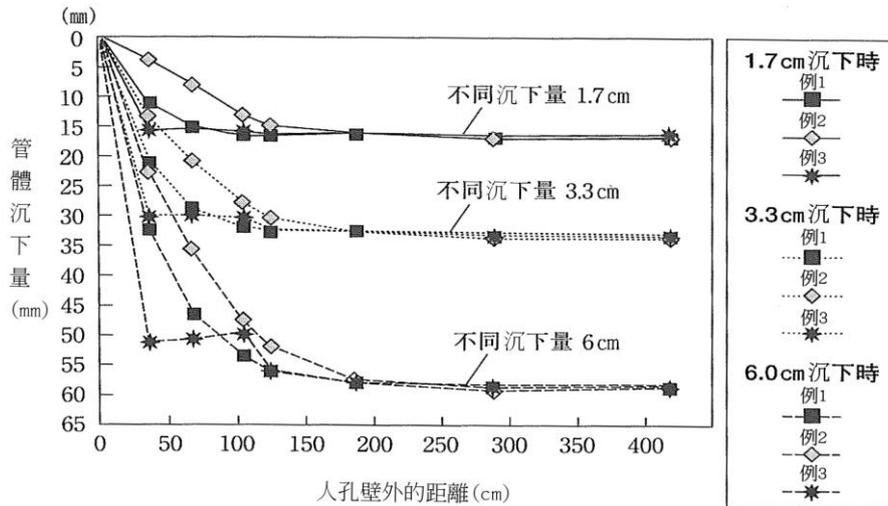


圖 6.45 管體沉陷量

### 6.9.4 孔洞充填

#### 1. Packer 工法

Packer 工法是下水道管渠修補、填充方法之一，Packer 工法如圖 6.46 所示，主要用於小口徑管線，透過管內進行維修再利用攝影機觀察，但這種方法其實受到很大的質疑。

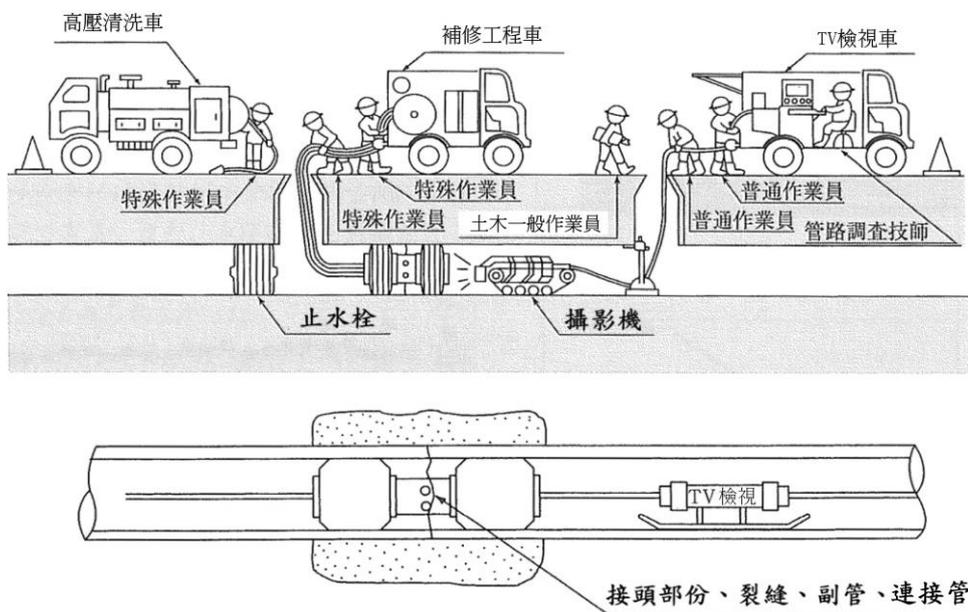


圖 6.46 Packer 工法概略圖

的確 Packer 更生管工法主要是直接加強管本體之強度，另外尚有周圍基礎的孔洞填充工法，有施工費用比較便宜之工法。所以將來大家還要再檢討，可信賴度較高之工法。

在土木研究所施工研究室目前使用填充工法開發之材料，兼具耐久性和

撓曲性的水泥橡膠瀝青乳劑，做現場施工實驗。以下做概要的介紹。

(1) 材料特性

需考量下水道管渠的補修及週邊地盤的孔洞填充補強的情況，如表 6.14 所示，不僅僅是止水性，亦要求兼具各種的特性。

目前為止，Packer 工法所使用的水泥系或氨基甲酸乙酯系等注入材料，因強度和韌性的性質相反，根據現場條件未必能滿意施工目的。新開發的水泥橡膠瀝青乳劑系的材料，如圖 6.47 所示，即使對於土壓力那樣的靜態載重和動態交通載重等，仍可充分兼具剛性與韌性的二液型材料。表 6.15 顯示水泥橡膠瀝青乳劑系的混合標準。

表 6.14 孔洞填充材料追求之材料特性

特性	內容
耐久性	抵抗乾燥濕潤等環境的變化、外力衝擊等，不會劣化之能力。
撓曲性	管能隨著彈力的震動變形。
膨脹性	硬化時會膨脹，硬化後不會極度的收縮。
滲透性	在管的間隙、地盤的空隙裡，利用低壓滲透。
流動性	到硬化時間為止的粘性很低，會固定著。
施工性	有適度的硬化時間，這個設定使材料易達穩定。
接著性	混凝土管和 PVC 管等的下水道管能完全的緊密結合。

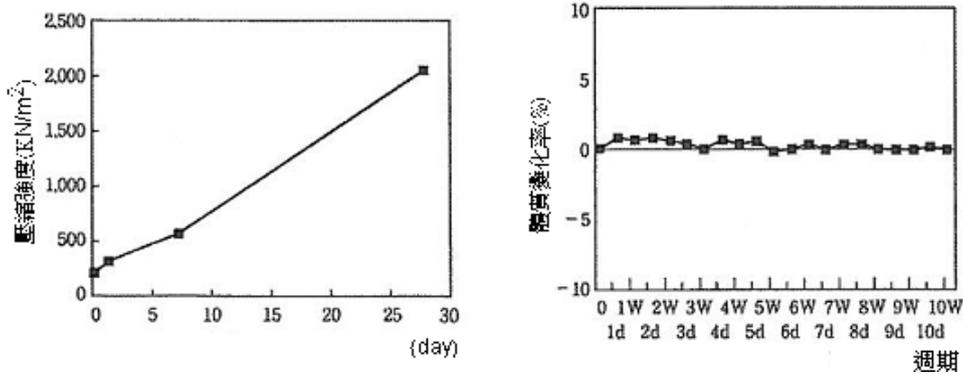


圖 6.47 水泥橡膠瀝青乳劑的強度特性

表 6.15 材料的調和標準(單位：Kg)

材料	A 液	B 液
樹脂瀝青乳劑	17.6	17.6
硬化劑	10.0	10.0
聚合物	6.4	---
促進劑	0.05	---
添加劑	---	1.1
水	14.0	18.3

## (2) 現場施工

水泥橡膠瀝青乳劑系是一直以來實施現場施工所使用的注入材料，已確認其現場之適用性。

各材料於施工時的注入條件，如表 6.16 所示，事前調查以 CCTV 攝影機調查和水壓試驗進行。Packer 施工的結果，如表 6.17 所示。現場條件主要是根據裂縫的大小程度，控制各注入材料的注入時間和注入量數值。

表 6.16 現場條件與使用材料

NO.	損傷排列順序	有無入滲水	使用材料	注入速度 (l/min)		設定壓力 (kN/m <sup>2</sup> )	黏性比	凝結時間 (sec)
				A 液	B 液			
1	A	—	水泥橡膠瀝青乳劑系	2	2	150	3.3	205
2	B	漏出	水泥系	2	0.5		5.9	195
3	B	流水	矽膠系	3	3		2.8	150
4	A	有跡象	高分子材料聚氨基酯系	—			6	57
5	C	漏出	聚乙烯醇系	2	2		1.3	36

表 6.17 注入施工結果

NO.	使用材料	注入速度(min)	注入(l)
1	水泥橡膠瀝青乳劑系	31	60
2	水泥系	13.8	18
3	矽膠系	21.5	15
4	高分子材料聚氨基酯系	4	13
5	聚乙烯醇系	5	12

## (3) 注入效果確認

為確認注入效果，施工結束後，進行 CCTV 檢視設備調查和水壓試驗，以確認填充之狀況。

由圖 6.48 照片顯示出水泥橡膠瀝青乳劑系所施工處的施工前及後狀況，能夠確認管內中裂縫已被充分填補。此外，進行水壓試驗處，如同事前調查一樣，即使加 70KN/m<sup>2</sup> 的載重也不被認為承載力降低。

施工一個月後再挖掘地面，目測觀察材料的填充狀況。其結果顯示，因現場的土質為粘土，各材料沿著管渠及人孔與地盤的交界處或地盤交界處分裂性注入，無法確認大形塊狀的形狀。但是，氨基甲酸乙酯系的施工處，看似有小形凝膠塊狀，能窺視出孔洞部份已被填補。

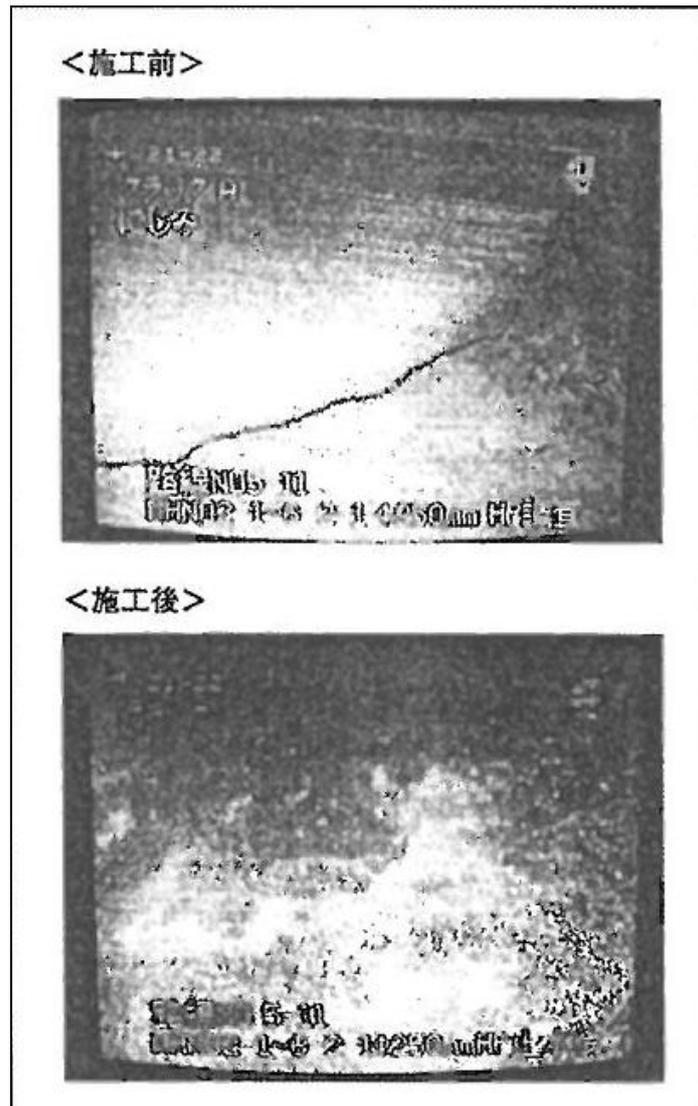


圖 6.48 水泥橡膠瀝青乳劑系材料施工前及後照片

#### (4) 手冊(案例)

日本土木研究所施工研究室，於 1997 年提出「下水道管路填充工作補修手冊(案例) Packer 工法編」(土木研究所資料第 3468 號)。本手冊提供 Packer 工法下水道管路施工補修時之必要材料選定基準、施工管理方法等參考資料。

#### 2. 流動化處理工法

目前路面下發生孔洞的修復狀況為挖開現場地面，並以砂質土等填埋的明挖工法為一般作法。但是在交通量多的市區，現場作業時間被限制於夜間，又因會造成鄰近區域的噪音、震動等因素，藉由明挖工法來修復有其難度。

另一方面，使用流動化處理工法，則具有以下之優點：

- 藉由土的流動性可填補任何形狀的孔洞。
- 相較於明挖工法，占用道路面積及時間較少，可縮減成本。

土木研究所土質研究室，進行流動化處理土與非明挖孔洞填充方法試驗，以下為概要性介紹，流體化處理土詳細製造方法等，請參考流體化處理土利用技術手冊。

#### (1) 試驗施工例 1

##### 1) 工程概要

現場位於關東的壤土台地，每日道路交通量大。在施工處周邊有高架橋和下部構造物，地下有 2 條地下鐵營運線交會。還有沿著道路的人行道旁的下水管，而且施工場所對面的路面可能埋設高速公路的雨水匯集管。

從透地雷達調查和觀測器調查，推斷路面下的孔洞面積  $6\text{m}^2$ 、厚度  $0.35\text{m}$ 、孔洞體積約  $2\text{m}^3$ 。

##### 2) 施工概要

流動化處理土的製造裝置，為由整批攪拌機(最大處理量為  $0.7\text{m}^3$ )、壓送泵浦(最大輸出量為  $2.5\text{m}^3/\text{h}$ )、流動計組合而成。再者，為填充之確保，移動車輛上的攪拌機，須確保足夠水頭，否則流量難以掌握，故以泵浦壓送。施工程序如圖 6.49 所示。

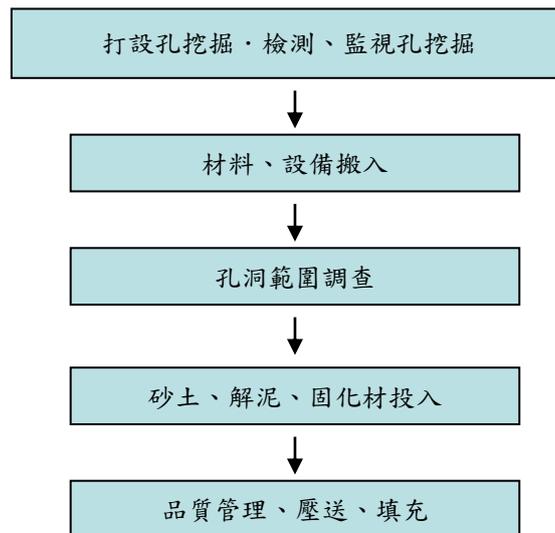


圖 6.49 施工程序

##### 3) 使用材料

配合設計，考慮增加流動性到孔洞末端，藉處理土的自重使其短期間填充，顯現所要的強度(土壤強度程度)，配合表 6.18 說明。

原料土：關東壤土

土粒子密度： $2.744\text{ g/cm}^3$

自然含水比： $106.2\%$

固化材：軟弱地盤用水泥系固化材

##### 4) 施工狀況等

### <充填性>

透過觀測器調查確認填充狀況的結果，可得知已被完全的填充。

還有在不利條件模式下透地雷達的調查，顯示孔洞的異常信號在填充後消失，網狀雷達運作結果也無法檢測出異常信號。

### <施工性>

針對路面小規模孔洞填補，採用移動式整批處理處理機械設備。投入  $3.63\text{m}^3$  的處理土需要的時間為 3 小時 45 分左右(約  $1\text{小時}/\text{m}^3$ )，工程在規定工作時間內結束，就算當日的夜間工程是雨天，雨水流入往孔洞內等也不會有影響的。

隨著工程進行噪音測量。結果顯示，未看出機械設備在運作時和休止時有噪音之差。因為是交通量大的國道旁，交通噪音大，推測機械設備的噪音融入背景噪音中。

## (2) 試驗施工例 2

### 1) 工程概要

現場是位於市區的國道，每天交通量大的地方。這個工程，為更加縮短在現場的工作時間，預先用固定式機械設備製造處理土，以水泥攪拌車搬入現場，並採用澆置施工系統。還有，根據透地雷達和觀測器調查，確認路面下 1M 的深度有孔洞，面積  $5\text{m}^2$ ，體積約  $1\text{m}^3$  左右。

### 2) 施工概要

施工用的調整泥水式流動化處理土施工系統如圖 6.50 所示。離現場約 4km 相隔的地方置有固定式機械設備製造處理土，並以水泥攪拌車搬入現場澆置。從機械設備到現場的搬運時間約為 15 分左右，施工程序如圖 6.51 所示。

### 3) 使用材料

配合用山砂做為原料土，而且把土的調配量增加，製作出密度大的處理土。

流度值為 180mm，屬流動性較低的物質，關於強度，設定為較大的單軸壓縮強度  $1000\text{kN}/\text{m}^2$ ，凝固化材料則使用 B 種高爐水泥，土質試驗結果如表 6.18 表示。

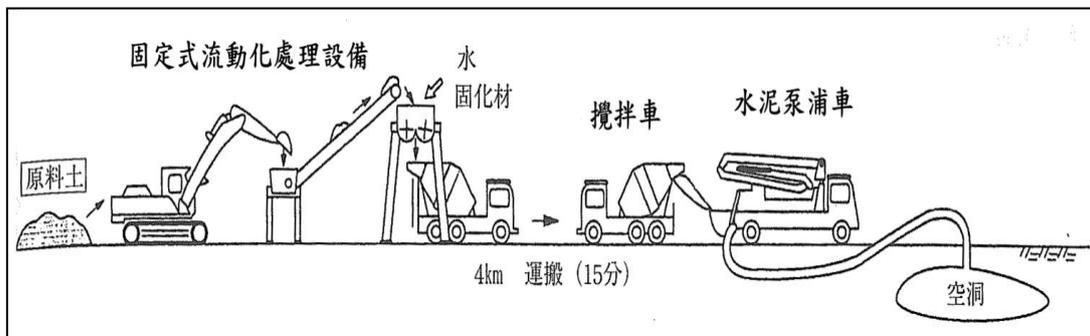


圖 6.50 施工系統

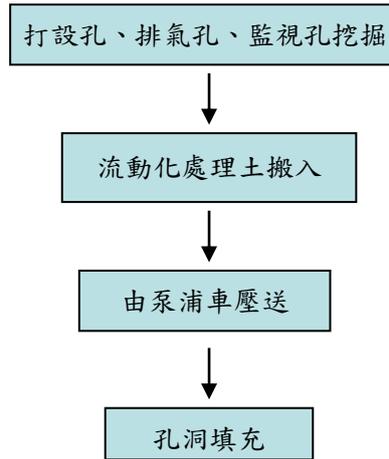


圖 6.51 施工程序

表 6.18 土壤試驗結果

	自然 含水比 (%)	土壤 密度 (%)	土壤組成(%)				液性 限界 (%)	塑性 限界 (%)
			礫分	砂分	粉土分	黏土分		
關東壤土	99.9	2.775	9.1	26.9	20.0	44.0	114	82
山砂	14.0	2.745	5.5	84.7	8.6	1.2	NP	NP

#### 4) 施工狀況等

##### ① 填充性

實施透地雷達調查結果，施工前的孔洞於顯示異常信號範圍內消失，儘管流動性較低，但確定有良好的填充。

##### ② 施工性

本次投入  $0.79\text{m}^3$  的處理土，施工時間從攪拌車抵達到填充完成約為 30 分鐘左右，就算考慮在道路交通規則中有時間之限制，利用夜間施工，填充多數的孔洞是可以做到的。

##### ③ 品質

密度、流度值、單軸壓縮強度，CBR 的測定結果如表 6.19 表示。

表 6.19 品質管理試驗結果

泥水比重 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	處理土密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	流度值 (mm)	單軸壓縮強度( $\text{kN}/\text{m}^2$ )		CBR(%)
			7 日	28 日	
1.120	1.855	174	780	1230	42.8

材料規定 28 天的單軸壓縮強度要達  $1000\text{kN/m}^2$ 、CBR 達 74%，即使經過一年以上，路面也未看出有任何改變。

以上顯示流體化處理工法運用於孔洞之充填，這些問題於施工中已獲得確認，今後正確的事前掌握、預定充填量不足時之對應，施工體制之開發，還有製造經過時間降低、處理土及充填時間之降低，應配合設計及施工，是有必要的。

## 參考文獻

1. 營建署下水道工程專用技術規範，「第 02532 章污水管線附屬工作」(110 年版)。
2. 營建署下水道工程專用技術規範，「第 02537 章下水道人孔整建施工」(110 年版)。
3. 中華民國職業訓練研究發展中心，「感應電爐熔鑄能力本位訓練教材認識鑄鐵材料，編號：PMF-IFM0201」(90 年 12 月)。
4. 日本 KANESO，「グラウンドマンホール情報 BOX 用鉄蓋 17，p402」。
5. 交通部運輸研究所，「小面積鋪面自動化挖掘修補機具開發可行性研究」(民國 99 年 7 月)。
6. 臺灣米思工業有限公司，「GM 圓形切割工法」(2013)。
7. 台灣電力股份有限公司「人孔框蓋設置施工及防滑之研究」(99.11)。
8. “下水道管渠學” 日本環境新聞社 田中修司 2001 年。
9. “Statewide Rule 36 Hydrogen Sulfide Safety Railroad Commission of Texas Oil and Gas Division”

## 第七章 施工計畫及施工管理

### 7.1 概說

本章主要說明有關管線更新工法之「自立管」及「複合管」更新施工時應制定之施工管理事項，包括事前準備、施工計畫書的確認、前置作業、既有管線的前處理、施工中品質管理、各類施工管理方式、材料品質管理、施工完成品質管理及環境對策、安全衛生管理等，以期在施工時能順利進行，並在完工後可確實達到品質要求之目的。

### 7.2 施工計畫

#### 7.2.1 施工計畫目的

管線更新工法種類繁多，其特性及特徵有多種多樣，一般以半成品帶至現場施工，並於現場加工後構築為成品(更生管)，為確保成品的品質、材料(規格、特性等)及施工技術適合現場條件，正確的施工是最重要的。因此，必須充分的掌握既有管線狀況、所採用更新工法特點及施工計畫等，然後制定適當之施工管理事項，以確保所規範之品質。

#### 7.2.2 相關規範、法令等規定

施工應遵守標準(通用)規範、特殊規範、各種相關規範及其他適用本工程之相關法令規定。一般來說，「契約文件」包括一般條款、設計書圖，而「設計書圖」包括圖說、規範、施工說明書及相關文件之疑義澄清書。此外，「規範」通常包括對各施工項目通用的標準(通用)規範及各施工項目指定的特殊規範。

本手冊中，將適用於施工項目的標準(通用)規範、特殊規範、各種相關規範等統稱為相關規範。此外，本文中所提到的政府機關審查認證，原則上係指由日本下水道新技術機構或符合規定認證機構等評估之施工技術審查及認證等。

施工應按相關規範進行，為保護受施工影響的居民的生活環境等，須確認遵守相關法令規定。

此外，為確保施工品質，由業主、施工廠商及設計單位召開施工前工作協調會議<sup>(※)</sup>，以確認設計與施工管理的一致性。

※：「施工前工作協調會議」是由業主、施工廠商及設計單位，就工程設計進行溝通，以確認設計書圖與現場一致性，並以確保施工順利進行、提高施工品質及三方責任明確化區分為目的。

#### 7.2.3 事前準備

製作施工計畫之事前準備作業，包括以下項目：

##### 1. 詳閱設計書圖

###### (1)設計書圖內容確認

詳閱設計書圖，並將工程概要、施工現場條件、既有管線調查及前置

作業等相關資料彙整(參考表 7.1~表 7.3 所示)。

表 7.1 工程概要表(範例)

項目	說明
工程名稱	○○○管線更新工程
工程位置	○○縣○○市○○區
道路編號	123 路線
施工長度(管線長度)	100.0m
既有管種	鋼筋混凝土管
既有管內徑	600mm
既有管坡度	0.15%
既有管年份	○○年
工法分類	自立管、反轉工法
更生後斷面	570mm

表 7.2 施工現場條件表(範例)

項目	說明
道路狀況	公車路線
使用許可條件	應有道路使用許可申請等(單車道混合通行、施工時間之限制、安全對策等，若施工時間有所限制，工法選定應審慎考量)
週邊環境	商店街(深夜營業店家)、學校鄰近道路等
聯絡道路狀況	與主要道路直接相連的雙車道道路
氣象、氣溫	月平均氣溫 5°C(寒冷地)
臨時排水	24 小時抽排水
施工時間限制	夜間施工(23 時至清晨 5 點)
排水條件	排水溫度低於 45°C
地下水水量	0.012m <sup>3</sup> /s
地下水位	GL.-2m(參考○○地質鑽探報告書)

表 7.3 既有管線調查、前置作業概要表(範例)

項目	既有管線調查	前置作業
長度	100.00m	-
調查方法	目視、CCTV 檢視	-
連接管突出處理	2 處	2 處
滲入水處理	3 處	3 處
樹根處理	1 處	1 處
水泥砂漿等去除	2 處	2 處

## (2)施工工法

確認所選擇工法是否適合「管線更新工法之性能要求」各項目的施工條件。

### 2. 許可申請、通知等程序

確認施工所需之許可申請、通知等程序是否適當。

#### (1)道路占用許可申請(當地路權機關)

- (2)道路使用許可申請(當地路權機關)
- (3)勞工職業災害保險投保(施工廠商)
- (4)其他必要事項
- 3. 道路、交通管理單位之討論內容確認
  - 偕同道路、交通管理單位討論施工內容、施工方法及施工工期等，特別要確認施工區域是否存在衝突問題。
- 4. 當地居民之溝通
  - 必要時事前舉行民眾說明會，向當地居民說明施工內容、施工工期、施工時間及環境影響對策，並獲得他們的合作。
  - (1)施工目的及工程概要的說明
  - (2)施工方法、工期、時間等
  - (3)管線更新工法的影片(動畫)、下水道宣傳手冊等
- 5. 其他事項
  - 提前調整並確認以下事項：
    - (1)與交通管理單位協調，於公車路線佔用道路時段內，引導人員安全，並將用路人引導至公車站點等方案。
    - (2)就校車行駛路線，與相關機構協調便利的改道路線。
    - (3)與消防局、環保局等協調。
    - (4)確認施工區間及上游人孔位置是否有抽水站(包含人孔式揚水站等)等排水設施。
    - (5)確認施工路線上游部分附近，是否存在其他下游系統管線(流域系統圖)。
    - (6)確認是否可以確保地面的工作空間及施工安全。
    - (7)施工區間之交通量及周邊環境情況的掌握。
    - (8)既有管線的路線、管種、管徑、管長、覆土深度及人孔形狀、內徑、深度的確認。
    - (9)既有管線內有無其他附屬物(光纖電纜等)，必要時與相關單位溝通協商。

#### 7.2.4 施工計畫書確認

開工前，確認完成施工標的之所需程序及工法等，已於施工計畫書中提出。此外，在施工過程中，應確認是否遵守施工計畫書中所記載之內容。施工計畫書內容應記載之事項如下：

##### 1. 施工計畫書應訂定事項

施工計畫書中應記載保證規範的方法及材料特性等內容。

關於材料品質證明，確認是出自於公共檢測機關的品質證明內容，包括業主認可的一般財團法人及 ISO/IEC 17025(CNS 17025)認證實驗室等，可不依賴政府機關等的審查證明。如果可能，可以附上該機關的品質證明書代替。

- (1)工程概要
- (2)職務分工表、緊急聯絡制度

- (3)施工紀錄照片、攝影計畫
- (4)施工進度表
- (5)工法
- (6)主要機具
- (7)主要材料
- (8)材料設計及水理功能評估
- (9)材料品質證明內容
- (10)前處理計畫
- (11)前置作業計畫
- (12)施工管理(施工廢棄物等)計畫
- (13)品質管理計畫

在施工管理(包含施工廢棄物、回收物等)、品質管理、材料貯存及搬運等方面，確認是否已訂定事前注意事項。

- (14)環境保護執行計畫
  - (15)職業安全衛生管理計畫
  - (16)施工紀錄管理計畫
  - (17)其他(依業主指示事項等)
2. 職務分工及緊急聯絡制度

在職務分工及緊急聯絡制度中需確認以下事項。

(1)主任技師及工地主任

主任技師及工地主任，必須具備營造業法中規定之資格。此外，在管線更新工法的主體施工中，為確保管線更新施工的進行，必須指派具備以下條件的技術人員：①【管線更新工法是否適用於現場施工條件的知識】、②【更生管線的強度、耐久性等驗證的知識】、③【具備管線更新施工之施工管理及安全管理的能力】、④【下水道法等相關法令的知識】，以確保更新施工的順利實行。因此，在工程採購時，應適當訂定管線更新施工管理人員的資格<sup>(註)</sup>，以確保品質。此外，資格必須通過專業考試合格而授予。在利用該資格證明時，由於每種工法的差異很大，因此，確認合格人員已完成各工法協會針對施工中採用的工法舉辦的技術培訓。

註：管線更新施工管理相關資格(日本例)

- 下水道管線更新管理技術士(一般社團法人-日本管線更新工法品質保證協會)
- 下水道管線管理專業技術士(修繕/改建部門)(公益社團法人-日本下水道管線管理業協會)
- 下水道管線更新施工管理技術士(一般社團法人-日本管線更新技術協會)

(2)施工技術士

從品質管理的觀點來看，應指定完成技術培訓課程並接受過相關施工的實際技能培訓及熟悉該施工項之合格技術士<sup>(註1)</sup>，負責管線更新施工或連接管安裝施工。但鑒於目前連接管安裝施工之合格技術士實際數量的情況，可以由具足夠的連接管安裝施工實際經驗，並且已經完成各工法協會<sup>(註3)</sup>等舉辦的技術士培訓課程修畢者予以替代之。

註1：熟悉施工的技術士(日本例)

- 管線更新專業技術士<sup>(註2)</sup>(各種工法<sup>(註3)</sup>協會)
- 連接管安裝技術士(一般社團法人-日本管線更新工法品質保證協會)

註2：管線更新專業技術士(日本例)

- 各工法協會對實際進行施工的技術士進行技術培訓，並經實作培訓結束後的技術士之統稱。

註3：各工法案例(日本例)

- 公益社團法人-日本下水道新技術學會施工技術審查認證之工法等

### (3)職務分工

確認工程施工組織之職務分工表(詳表 7.4)。工地負責人、主任技師、工地主任、施工技術士、各工項作業主管(職業安全衛生管理員、電氣設備管理員、缺氧及有毒氣體危險作業主管等)，皆須確保該技術合格證及執照內容等。

表 7.4 職務分工表(範例)

職務	姓名	職掌內容	備註
工地負責人		負責全部工程、統籌安全管理	
主任技師 工地主任		負責全部施工之安全管理、勞務管理、工程管理、施工管理等	*資格(日本例) 下水道管線更新管理技術士、下水道管線管理專業技術士(修繕/改建部門)
施工技術士		管線更新工程、連接管穿孔	*熟悉施工的技術士(日本例) 管線更新專業技術士、連接管安裝技術士
職業安全衛生管理人員		安全管理、保安管理	
電氣設備管理員		設備電氣等危害因應對策	
缺氧作業主管		缺氧環境及有毒氣體等危害對策研擬	
地上監視員		水位、天氣情況等資訊傳遞	
聯絡人員		相關人員聯繫、申訴處理等	
行政人員		接聽電話、文書作業及其他事務	

### (4)緊急聯絡制度

應建立緊急聯絡制度，俾利於發生緊急情況時，聯繫通報相關機關(詳圖 7.1)。緊急聯絡時應通知之事項如下：

- 1) 工程名稱
- 2) 施工廠商
- 3) 事故發生時間及地點
- 4) 事故內容、原因及影響等
- 5) 預計恢復情況
- 6) 通報對象及其他
- 7) 緊急處置情況

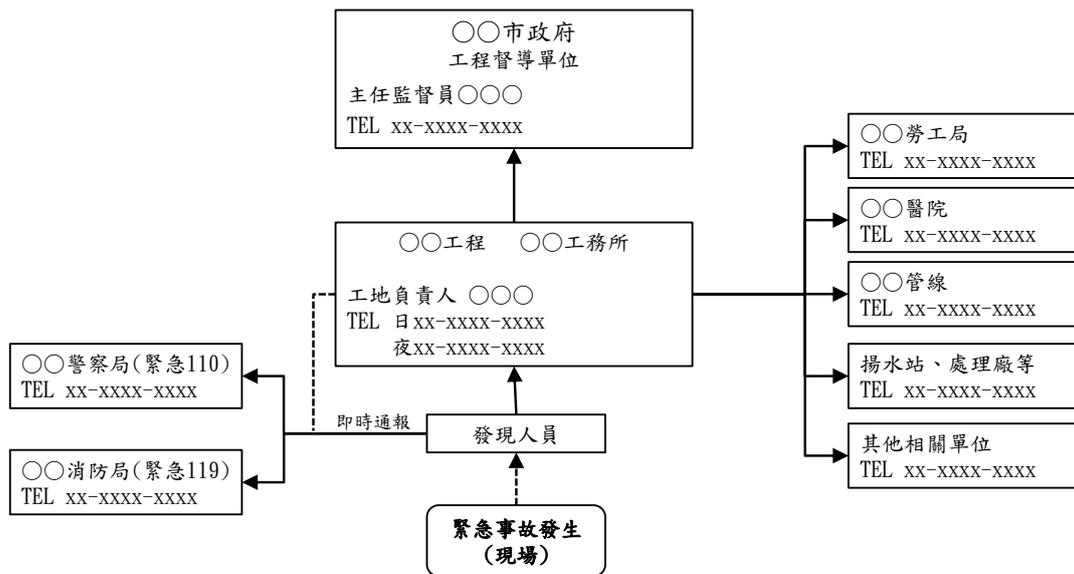


圖 7.1 緊急聯絡制度(範例)

### 3. 編制施工進度表

施工進度表於編制時，應考量特殊規範及設計書圖等內容，並在不影響市民生活和交通的情況下進行設計，且確認在一個週期內可以進行的適宜施工範圍內，根據為此所需的施工時間、養生時間等進行準備。

管線更新施工制訂施工時間的主要條件有：①道路主管機關的道路使用許可時間，②施工作業區間的設置/撤去時間，③管線上游及連接管的流入水停止進流時間。

在管線更新施工時，基本上以各管段為單位進行施工，並參照公家機關的審查及認證之流程，以製作各管段的施工時程表。特別是，更生材的插入速度，使用熱水、蒸汽等方法的每個過程中所須溫度及保持時間，以及 UV 光照射時間(牽引速度)等，進行時間管理，以確保施工品質。

另外，一般情況下，連接管口的鑽孔工作會於當日完成，但若鑽孔工作無法於當日完成時，則須確認採取之必要措施已於施工計畫書中說明。由於連接管口鑽孔的作業時間因連接管的數量而異，因此要注意工程管理。

## 7.2.5 前置作業

前置作業內容如下：

### 1. 安全設施設置作業

根據道路使用許可條件，確保施工所需的空間，並設置作業區域。

### 2. 現地調查作業

由於管線更新施工是針對已投入使用的管線，實際施工時存在諸多限制條件，因此在施工前，必須充分了解現場情況。

限制條件包括道路狀況、道路使用許可條件、鄰近房屋等周邊環境、臨時排水(下水道使用規定)、施工時間限制、所須遵守之排放水標準(使用蒸汽、

熱水等使材料硬化而排出熱水時，須將水冷卻至下水道法或縣市下水道自治條例規定的水溫以下後再排出)、其他環境法規限制、流入污水量、地下水等入滲等。現地調查需要檢查的事項如下：

(1)管線內有無有毒氣體、是否為缺氧環境等

缺氧危害作業主管須使用氣體偵測器量測氧氣濃度、硫化氫濃度、一氧化碳濃度及其他可燃氣體等，以確認以下限值。

- 1) 氧氣濃度在 18%~23%
- 2) 硫化氫濃度在 10ppm 以下
- 3) 可燃氣體濃度在爆炸下限之 30% 以下
- 4) 一氧化碳濃度在 35ppm 以下

(2)管線內水位、流量、污泥量

(3)施工區間及上游人孔位置是否有抽水站(包含人孔式抽水站等)等排水設施

(4)施工路線上游部分附近是否存在其他下游系統管線(流域系統圖)

(5)是否需進行止水、繞流、清洗、清掃等前處理作業

(6)確保地面、人孔及管線內的工作空間及安全對策

(7)施工區間之交通量及周邊環境情況的掌握

(8)既有管線的路線、管種、管徑、管長、覆土深度及人孔形狀、內徑、深度的確認

(9)既有管線內部的損壞程度(既有管線的內部狀態、接頭錯位、逆坡等)是否於工法之適用範圍內的確認

(10)既有管線內有無連接管突出、砂漿及油脂附著

(11)連接管數量、位置、連接狀態及不需要連接管的確認

(12)有無管接頭錯位、樹根侵入等

(13)有無滲入水情況

(14)有管線內有無其他附屬物(光纖電纜等)，必要時與相關單位溝通協商

(15)檢查周圍環境，如交通狀況

管線更新施工前，應進行 CCTV 檢視設備檢視調查或管內縱走目視調查(必要時包括連接管)管線內部的狀況。在使用自走式 CCTV 檢視設備檢視調查管線時，如果管線內不能完全止水，則有可能因水濺到鏡頭上而無法獲得清晰的圖像，因此，最好從上游側放入 CCTV 檢視設備。

3. 臨時排水、止水作業

如果管線內流量過大，於進行更新施工前，應對於施工區間進行調查，並行規劃臨時排水施工計畫。

臨時排水施工應根據管線斷面、管線內流量、道路狀況(交通流量、道路形狀、類型及寬度等)、現場周邊環境、施工目的及擬採用的工法特點等進行適當規劃。此外，於施工完畢後一定要拆除房屋內所安裝之止水塞。

只有在流量較小或施工時間較短時，才宜選擇臨時止水作業。臨時排水、臨時止水作業之施工注意事項如下：

### (1)臨時排水作業

在施工區間上游側的人孔流入口及施工區間流入的連接管等安裝止水塞，以防止水進入施工區間。

在安裝止水塞之管線上游人孔及連接管之空間安裝抽水機抽水，並採用聚氯乙稀軟管等臨時排水管，排放到不妨礙施工區間的人孔或槽體中。

### (2)臨時止水作業

在施工區間上游側的人孔流入口及施工區間流入的連接管等安裝止水塞，以防止水進入施工區間。由於排水的限制，需要與周邊居民的合作。

## 7.2.6 既有管線前處理

管線更新工法中，自立管的更生材黏附於既有管線的內面，而複合管與填充材結合在一起，其更生效果取決於既有管線之內面乾淨程度。

因此，為滿足管線改建所需的適當形狀及性能，需要進行前處理，以便管線更新工法得以適用。

### 1. 既有管線調查及診斷

對既有管線的調查及診斷，依照「下水道管渠及設施維護管理手冊-第四章 管線設施調查及診斷」進行，然後依照本手冊第 3.3 節「既設管健全度評價」及第 3.5 節「更新工法」，選擇合適的更新工法。

### 2. 前處理計畫

需要對既有管線進行前處理的區域，是阻礙更生材插入的突出部、變形、及彎曲等，以下情況是針對內表面不規則、粗糙等阻礙更生管線光滑度的地方。此外，對於需要進行這些前處理的地方，需要在準備工作中進行現場勘察以確認情況。

- (1)管線腐蝕(鋼筋外露、突出處)
- (2)上下方向鬆弛(超過允許彎曲、變位處)
- (3)管線破損(主要塌陷處)
- (4)管線龜裂(有彎曲處)
- (5)管接頭錯位(與脫離或彎曲相關處)
- (6)滲入水(觀察流出處)
- (7)滯水(污水停留處)
- (8)連接管突出(突出處點)
- (9)油脂附著(附著處)
- (10)樹根侵入(侵入處)
- (11)水泥砂漿附著(附著處)
- (12)砂土堆積(堆積處)
- (13)其他(妨礙管線更新施工處)

為改善這些情況，提高管線內表面光滑度，必須進行空隙填充、切割突出部分、清除沉積物、止水、排水等前處理。

### 3. 前處理施工

在進行前處理施工時，如果滲水量較大，則產生自立管不硬化、不膨脹，複合管填充材出現空洞等風險。

如果管線內徑小於 $\phi 1,200$  mm，施工人員難以進入管線，亦難以使用設備及機械進行修繕作業，前處理施工將採明挖等方法進行。

### 4. 管線內部清洗作業

在管線更新施工前，需用高壓清洗附著於既有管線內的異物等。清除沉積物、腐蝕部分時，並注意既有管線道的劣化狀態(腐蝕等)。

## 7.2.7 評估項目事前確認

提出施工計畫書時，確認施工計畫書內容是否與設計內容一致，是否根據現地調查選擇合適的施工方法，是否說明適合該施工方法的管理項目及方法。如確認的結果有不符合要求的項目，則重新整理條件，並進行現地調查，再提出施工計畫書。

### 1. 更新工法之選擇依據

所選擇的工法是否實際可行，將在事前準備、前置作業階段，從既有管線的情況進行考察，應清楚描述考量之背景情況。

此外，已確認所選工法是否符合「管線更新工法之性能要求」，在本手冊第三章、第四章設計的基礎上，從彎曲彈性模數等物理性能的最小值、設計厚度的最小值、既有管線的適用條件等方面確定更生管線設計的適當性。

### 2. 更生管設計及規格

在確認所選工法的設計內容與現場條件相符後，應確認規格等，其需檢查項目如下：

(1)設計內容與施工條件相符

(2)更生管線的強度計算(計算方法、設計條件、設計強度等)

(3)更生材的材質等

要確認更生材的材質是否符合「管線更新工法之性能要求」，並確認更新工法符合本手冊第三章、第四章設計管線更新方法之設計。第三章、第四章確認該設計做為更生管線設計是合適的。

### 3. 施工人員配置

在更生管線的施工方法中，嚴格依照施工程序進行施工管理是很重要的，其結果直接關係到更生管線的光滑度及性能。因此，需要確認施工廠商是由熟悉施工方法的專業技術士所組成。

### 4. 更生材品質

更生材的品質管理是為確認交付的更生材，是在適當的品質管理下製造的，並有製造商保證更生材之品質。

所用之更生材品質，詳本手冊第 7.3.2 節「施工中品質管理」、第 7.3.5 節「材料及施工完成品質管理」中所規範之品質管理項目，進行施工前檢查。

特別是使用自立管以熱硬化模式或光硬化模式進行更新工法，其所用的纖維層及浸漬樹脂用量的規定，需在硬化成形後以滿足管徑、成品等規格的規定條件。但是，由於更生材多數狀況為將半成品帶至施工現場，故更生材品質管理是很重要的。

此外，由於複合管的填充材出廠時是半成品狀態，因此檢查填充材品質也很重要。

#### 5. 每項施工順序之確認事項

各工法的施工順序於本手冊第 7.3.3 節「各類施工管理方法」中有詳細說明，大致說明如下：

- (1)既有管線之前處理
- (2)更生材的插入(複合管表面構建的製管)
- (3)更生材的成型(自立管更生材擴徑硬化、複合管填充材填充硬化)
- (4)更生管之養護(包括自立管冷卻、複合管養護)
- (5)人孔管口面光潔度
- (6)連接管穿孔(項目(5)、(6)的順序可改變)

為保證工法品質，必須明確每道工序前後檢查管理的項目，並設定其控制值，確保每道程序都有明確說明。

### 7.2.8 品質保證

如施工廠商之施工成果有缺陷或不合設計規範等，業主可依據合約相關條款及條件要求施工廠商修繕或賠償損失。

為此，施工前業主應向施工廠商明確說明現場情況，使施工廠商可據此選擇施工工法，且雙方應於合約中明確說明並作出保證。

管線更新施工中之缺陷，包括更生管線之內表面破裂、明顯皺摺、變形及劣化、填充材的不足及配置不良。施工結束後，如有與合約訂定內容不相容之處，施工廠商亦須承擔保固責任。此外，保固責任包括重新施工修繕及賠償損失，且無權拒絕。

## 7.3 施工管理

### 7.3.1 一般施工管理

更新工法是在現場製成品(更生管)，多數狀況為將半成品帶至施工現場。因此，施工中應遵守施工計畫書中規定的管理程序，使各工法按規定的管理程序執行，以滿足管理值。

#### 1. 自立管更生材事前管理，更生材插入及硬化管理

##### (1)更生材管理

自立管的更生材於高溫或受紫外線照射時會產生硬化現象，應有保冷、遮光等措施以避免硬化產生。此外，必須充分考慮各工法的特性來實行材

料的管理措施。

## (2) 更生材插入及硬化

更生材插入及硬化時，為防止更生材破損及產生皺紋等狀況發生，對各工法規定插入速度(反轉工法時為速度及壓力)、擴徑、硬化壓力、硬化溫度、硬化時間、養護時間等，應事先檢查確認，並進行充分的施工管理<sup>(註1)</sup>。

註1：如硬化過程不完全，則浸漬在更生材中的樹脂將未硬化，需要注意的是，在污水管線中，此類未硬化處無法於事後之常溫狀態硬化，也可能無法獲得所定的性能。

## 2. 複合管更生材事前管理，填充材管理

### (1) 更生材管理

複合管的表面材在室外長時間暴露在紫外線下時，會因表面劣化而導致材料的物理性能下降。因此，一般來說貯存地點應在室內，在運送、交貨過程中應採取適當的遮光措施。

由於複合管的填充材是易與水起作用，因此在貯存、運輸及交貨過程中，應確認採取充分的措施防止水受潮。另複合管所使用之金屬材質，長期暴露於室外時，應有避免其生鏽之適當處置對策。

### (2) 表面材管理

製管時應檢查接合處有無灰塵等異物夾雜。

### (3) 填充材管理

為防止填充材未充填而產生空洞，注入時之填充材形狀、注入壓力、注入量及完全填充狀況等應予以確認。

## 3. 當日施工完成確認。

施工現場、週邊環境、用地利用狀況或道路使用許可條件等應遵守相關規定，每段管段施工完畢後應確認臨時修復之狀況。

## 4. 管理方式及施工管理。

### (1) 施工技術士配置

施工時各工法之專門技術士(本手冊第 7.2.4 節「施工計畫書確認」中所述具備資格條件之專業技術士)應常駐於現場進行指揮、監督等工作，並須攜帶相關證照及相關證明文件。

### (2) 應針對既有管線劣化情況(如腐蝕)，選定相對適當壓力之清洗水

### (3) 確認既有管線的內表面經過適當前處理。

### (4) 溫度管理

自立管的情況下，根據各工法的施工手冊，依採行之各工法確認適當的溫度計的設置位置，並進行規定的溫度管理。此外，如因施工時不得已改變溫度計安裝位置，應徵得業主同意。

### (5) 管理方法及施工管理

#### 1) 更生材管理

現場硬化管(熱硬化方式)運送更生材至施工現場時，原則只運送當日施工量為原則。

#### 2) 自立管內表面保護膜去除

在大多數更新工法中，使用保護膜來保護更生材的內表面，由於更生材硬化後內壁需進行保護膜去除工法，因此，應確認施工計畫書內有無相關規定。內壁保護膜除去順序如下：

- a. 人孔內突出至管口的更生材在預定位置臨時切斷。
- b. 在管口將繩索與內表面保護膜結合。
- c. 拉動繩索，取出內保護膜。

### 3) 管口切斷及連接管口穿孔

管口的切割位置應為業主規定的位置。但是，除非另有規定，在考慮人孔管口光滑度的位置切割(如圖 7.2)。

對於自立管，確認更生材完全硬化後進行連接管口穿孔。此外，連接管穿孔時，事先在連接管口中心附近先鑽一個小孔，透過對連接管口進行臨時鑽孔，等放樣之管口位置正確時，再進行實際穿孔作業。一般情況下，連接管口的穿孔應在當日內完成，如需進行臨時穿孔，應提前通知業主，並採取必要措施，防止污水流入造成連接管的堵塞及異味。此外，如果需要在連接管的穿孔部分阻止滲入水，將採取單獨的措施。

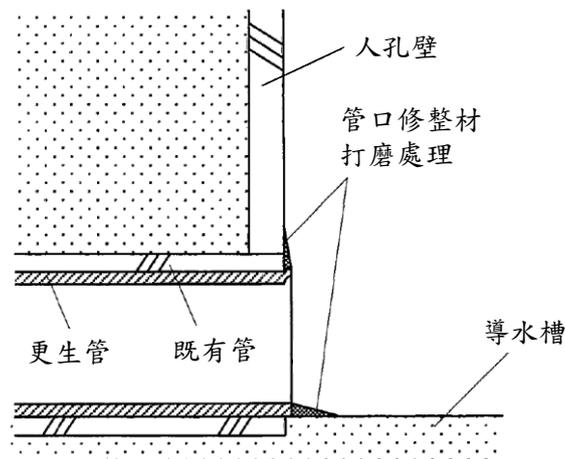


圖 7.2 管口修整作業(範例)

### 4) 管口修整

自立管的管口修整材，為應對熱收縮引起的連裝管錯位，應確保在管線硬化作業後 24 小時內完成。複合管的管口修整是在連裝管穿孔後，以及拆除填充材注入時安裝的特密管後再進行。

### 5. 環境影響對策

臭氣、噪音、振動等應有適當之防治對策，應使用適合當地環境之工法，並於施工前予以確認。

## 7.3.2 施工中品質管理

施工中品質管理，應針對各種工法之特性予以適當之作為。對於自立管為防止管之損傷、皺摺及剝離等，同時確保管線更生後之承載能力、耐久性等，施工計畫書所規定之插入速度、硬化/加熱壓力、擴徑狀況、硬化/加熱/冷卻溫度及時

間等，應在現場記錄並檢查。

對於複合管為保證表面構件的水密性、管線更生後的承載能力、耐久性等，施工計畫書所規定之填充材特性、填充材壓縮強度、填充材注入壓力、填充材注入量等，應在現場記錄並檢查。特別是填充材必須在注入時單獨成型，為確保能獲得設計要求的規定壓縮強度，則透過使用現場試體的壓縮強度試驗來確認。此外，記錄應以自動記錄為原則。

一般而言，自立管的硬化/加熱/冷卻溫度及時間、保持壓力等，複合管的填充材注入壓力及注入量等管理，應透過圖表記錄確認，且全部管段應進行記錄。

溫度、壓力、填充材的量等無法記錄於同一張圖表上時，應記錄於可識別時間順序的圖表為原則。此外，當無圖表可記錄時，應以拍照或錄影方式進行記錄並確認。

由於各工法對圖表記錄設備的管理方法不同，因此，各工法採用之記錄方式應於施工計畫書中確認。

填充材的壓縮強度試驗，請參考本手冊第 7.3.3 節「各類施工管理方法」分類型(2)中的說明。此外，為防止皺摺的產生，一般應注意以下事項。

1. 既有管線內之障礙位置應進行適當之前處理(參考本手冊第 7.2.6 節「既有管線的前處理」)。
2. 反轉工法應遵守所各工法規定的反轉速度、輸出壓力等。此外，反轉前應確認內襯材沒有扭曲，並進行必要的調整。
3. 形成工法於既有管線內輸送的貼片，於既有管線的管底設置，並使其可順利插入管內。插入前確認更生材沒有扭曲，並進行必要之調整。另外，在插入更生材後擴徑時，要觀察各工法規定的加壓擴徑控制值。
4. 反轉工法、形成工法是將更生材插入既有管線內擴大緊貼後，以加熱、紫外線照射、冷卻等使更生材硬化，此時應遵守各工法所規定之硬化時間、硬化溫度、硬化時內壓力等控制值。

### 7.3.3 各類施工管理方法

更新工法的施工方法大致分為四種類型，並各自有施工管理方式。

#### 1. 熱形成方式(密合管)

熱形成方式的施工管理項目如下：

- (1)材料插入(吸入)速度
- (2)蒸氣加熱時的溫度管理
- (3)蒸氣加熱時的壓力管理
- (4)擴徑時及冷卻時的溫度管理
- (5)擴徑時及冷卻時的壓力管理

在加熱、擴徑及冷卻過程中，應注意更生材的溫度、更生材內的壓力，並透過設置感應器連續記錄蒸汽加熱時的溫度及壓力、空氣冷卻時的溫度及壓力。溫度及壓力的檢測位置及檢測處數如下：

(1)溫度檢測位置：檢測上、下游兩側人孔內更生材外側的溫度(2處)。

(2)壓力檢測位置：檢測蒸氣或空氣出口側軟管內的壓力(1處)。

此外，管理項目如下：

(1)材料插入(吸入)速度

管理所規定之吸入速度，並將結果記錄於資料報表。

(2)蒸氣加熱時的溫度管理

施工中用溫度感應器連續檢測更生材外面的溫度及時間，並記錄在圖表紙上。

(3)蒸氣加熱時的壓力管理

施工中用壓力計隨時檢測管內壓力，並記錄在圖表紙上。

(4)擴徑時及冷卻時的溫度管理

施工中用溫度感應器連續檢測更生材外面的溫度及時間，並記錄在圖表紙上。

(5)擴徑時及冷卻時的壓力管理

施工中用壓力計連續檢測管內壓力，並記錄在圖表紙上。

## 2. 熱硬化方式(現場硬化管)

熱硬化方式的施工管理項目如下：

(1)材料插入(反轉、吸入)速度

(2)反轉時及擴徑時的壓力管理

(3)硬化時的壓力管理

(4)硬化溫度的管理及硬化時間的管理

(5)冷卻養護時間的管理

硬化加熱裝置熱源，應連結連續監測出入熱媒体(熱水、蒸汽等)溫度裝置。在上、下游更生材與既有管線之間安裝感應器，連續記錄更生材的溫度。溫度及壓力的檢測位置及檢測處數如下：

(1)溫度檢測位置：熱媒體(熱水、蒸氣等)的溫度最低處(1處)，上、下游更生材末端更生材外面的表面溫度最低處(1處)。

(2)壓力檢測位置：更生管線末端的管內壓力(氣壓、水壓)檢測(1處)。

此外，管理項目如下：

(1)材料插入(反轉、吸入)速度

在反轉工法部分，管理反轉壓力及反轉速度，並將結果記錄於資料報表。在形成工法部分，管理吸入速度，並將結果記錄於資料報表。

(2)反轉時及擴徑時的壓力管理

用壓力計檢測，並記錄在圖表紙上。

(3)硬化時的壓力管理

在使用氣壓工法部分，壓力及時間在施工中由壓力計連續測量，並記錄在圖表紙上。在使用水壓(水頭)工法部分，隨時檢測壓力計的測量值及水頭的高度，並記錄在圖表紙上。

(4)硬化溫度的管理及硬化時間的管理

施工中用溫度感應器連續檢測的溫度及時間，並記錄在圖表紙上。

(5)冷卻養護時間的管理

施工中用溫度感應器連續檢測的溫度及時間，並記錄在圖表紙上。

3. 光硬化方式(現場硬化管)

光硬化方式的施工管理項目如下：

(1)材料插入(吸入)速度

(2)反轉時及擴徑時的壓力管理

(3)硬化時的電源管理

(4)硬化時的壓力管理

(5)硬化溫度的管理

(6)硬化時間的管理(光照射時間、照射燈行進速度等)。

(7)冷卻養護時間的管理

透過將感應器連接到紫外線燈控制盤上，連續記錄硬化時的輸入電壓、功率及紫外線光前進速度。此外，硬化時的壓力及溫度，亦透過設置感應器進行連續記錄。溫度及壓力的檢測位置及檢測處數如下：

(1)溫度檢測位置：全部施工管段連續檢測更生材的內表面。

(2)壓力檢測位置：更生管線的末端或可以測量相同壓力處(1處)。

此外，管理項目如下：

(1)材料插入(反轉、吸入)速度

在形成工法部分，管理吸入速度，並將結果記錄於資料報表。

(2)反轉時及擴徑時的壓力管理

用壓力計檢測，並記錄在圖表紙上。

(3)硬化時的電源管理

硬化中檢測輸入到紫外線燈控制盤的電源電壓及頻率是否合適，並記錄在資料報表。

(4)硬化時的壓力管理

施工中用壓力計連續測量壓力及時間，並記錄在圖表紙上。

(5)硬化溫度的管理

施工中用安裝在紫外線燈照射裝置中的紅外線溫度感應器連續檢測溫度，並記錄在圖表紙上。

(6)硬化時間的管理

施工中連續檢測紫外線燈從開啟到關閉的時間，以及紫外線光的運行時間，並記錄在圖表紙上。

(7)冷卻養護時間的管理

關閉紫外線燈後，檢測所定的冷卻養護時間，並記錄在資料報表。

4. 製管方式(螺旋管、組立管)

製管方式的施工管理項目如下：

#### (1) 接合部接頭部分等狀態的確認

製管時檢查接合部接頭部分是否有灰塵等異物，如有異物時，接合部接頭部分應以毛刷等器具清掃，並取出異物後，始能製管施工。管線更生完成後，全部施工管段進行接合狀態及管線內面的 CCTV 檢視設備檢視。

#### (2) 填充材特性的確認

現場拌合時之配比須予以管理，並將結果記錄於資料報表。每個注射日進行流動試驗、稠度試驗、比重測定等，確認填充材特性並予以紀錄。如果該工法需要檢測凝膠時間，其檢測結果應予以紀錄。

#### (3) 填充材壓縮強度的確認

為確保符合結構計算之設計強度，填充材須進行強度之確認。填充材的壓線強度試驗採用更生時的材料及填充物注入材等製成的試體，試驗符合 JSCE-G 521(注入凝砂土漿的壓縮強度試驗)或 JSCE-G 505(用混凝土圓柱試體進行壓縮強度試驗)等規範。

試驗應於公共試驗機構或經 ISO/IEC 17025(CNS 17025)認證之實驗室進行，並確認該結果是否符合設計強度。此外，為確保壓縮強度試驗的準確性，應按各工法施工說明書規定的程序、施工條件及養護條件進行。

依據填充材的性能、壓縮強度，在施工時進行品質管理，來達到控制填充材性能之目的。因此，考慮到一天可使用的填充材量，中、大口徑(管徑 $\phi$  800mm(含)以上)的試樣取樣頻率為每注入日 1 次，小口徑管(管徑 $\phi$  800mm 以下)每 100m 施工長度 1 次。另外，透過使用在實際施工環境中實際使用的組合物進行試拌，預先確認是否滿足必要的性能及強度。

#### (4) 填充材注入壓力的管理

填充材以壓力注入時，對於圓形管應採用每種工法規定之壓力限值，而對於非圓形管的壓力限值通常控制在 0.05MPa。另外，對於有蓋板的涵洞，根據固定蓋等現場條件，透過計算覆土等來進行壓力控制。此時使用壓力計隨時檢測並記錄注入時的壓力，如有異常壓力應注意。如非以壓力注入時，泵浦之輸出壓力應以監測，注意是否有異常壓力。

#### (5) 填充材注入量的管理

注入填充材時，使用流量計連續測量注入量及注入時間，並將結果記錄在圖表紙上。

#### (6) 填充狀況的確認

注入時，確認填充材從安裝在兩個管口的立管流出，並將計畫注入量與實際注入量進行比較，填充後透過敲打等檢查確認填充材完全填充。

### 7.3.4 連接管口穿孔

連接管口的穿孔作業應在進行充分的事前調查後，採用適當的方法進行。既有管線內徑小於 $\phi$  800mm 的更生管進行連接管穿孔，一般都是用穿孔機施工，所以需要特殊的技術。因此，選擇熟悉連接管口穿孔的技術士來進行這項工作。

另一方面，對於內徑 $\phi 800\text{mm}$ (含)以上的更生管，一般不使用穿孔機，所以不需要選任施工技術士，因為穿孔工作是在管線內的穿孔點以人力完成的。但是，即使既有管線的內徑為 $\phi 800\text{mm}$ (含)以上，更生後的內徑小於 $\phi 800\text{mm}$ 時，原則上仍使用穿孔機並選任施工技術士。如因不可避免之情形無法採用此方法施工時，則需考量安全疑慮，並與業主協商後進行施工。

### 1. 事前調查

為確保連接管口的穿孔精度，需事前調查的項目如下：

- (1) 連接管的數量
- (2) 各連接管的接頭位置(上下游人孔的距離及左右頂部的區分)
- (3) 各連接管的尺寸( $\phi 100$ 、 $150$ 、 $200\text{mm}$  等)
- (4) 各連接管的管口狀況(既有管線的管口是否有破損、突出、隆起、滲入水等)
- (5) 穿孔時應注意的其他狀況(如斜向連接、有支管、直接接頭等)

### 2. 連接管穿孔之標準作業流程

更生後內徑小於 $\phi 800\text{mm}$  的連接管穿孔標準作業流程，詳圖 7.3 所示。此外，作業流程會依據現場條件及工法而有所不同。

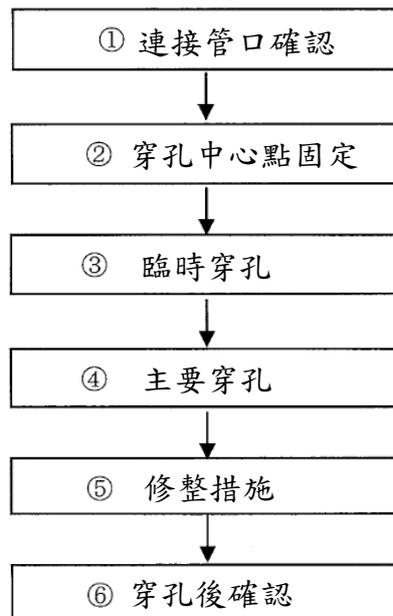


圖 7.3 連接管口穿孔的標準作業流程(更生後內徑小於 $\phi 800\text{mm}$ )

#### (1) 連接管口確認

依據施工前的 CCTV 檢視調查，確認距離及角度，確定連接管口位置。

#### (2) 穿孔中心點固定

在使用主管的 CCTV 檢視車確認連接管口凹痕的同時，透過照射連接管的 CCTV 檢視車的強光，從主管側識別連接管口的位置。如因地面的開口位置不明或破損，無法使用照明設備而難以確認管口位置，可依據更新施工前對既有管線資料確認位置或上游人孔管口位置，透過距離測量來確

定管口位置。

(3)臨時穿孔

臨時穿孔是在連接管開口的中心位置，用小於連接管直徑的鑽頭進行臨時穿孔，以恢復下水道排水功能。

(4)主要穿孔

以臨時穿孔管口為中心，透過鑽孔機擴徑至連接管直徑。穿孔後，確保沒有留下鑽頭的殘屑。

(5)修整措施

使用研磨機對連接管口進行修整，注意不要留下任何外層膜或穿孔碎屑，完成連接管開口的整形及修整。

(6)穿孔後確認

從接水口倒水，用 CCTV 檢視車檢查主管進水情況，確認連接管口外觀，是否有留有毛邊、外層膜殘留或穿孔碎屑。另一方面，在更生後內徑  $\phi 800\text{mm}$ (含)以上的製管工法的情況下，不使用鑽孔機，由於根據工法不同，有製管時的加工、製管後的穿孔等各種方法，因此必須遵守各工法規定的穿孔程序及方法。穿孔的一般施工順序如下：

- 1) 進行表面材料的製管。
- 2) 在用填充材填充前，表面材料被穿孔至小於連接管的直徑。
- 3) 用大於穿孔直徑的速凝砂漿等，在既有管線與表面材料上做一堵牆。
- 4) 填充填充材。
- 5) 依據連接管直徑擴大表面材料的直徑。
- 6) 使用耐酸性砂漿等修整連接管口。

更生後內徑  $\phi 800\text{mm}$ (含)以上的反轉工法、形成工法等，依各別規定的施工順序進行。

3. 穿孔修整狀況的確認

連接管穿孔修整的狀況，對於更新工法的品質確保相當重要。此外，如因既有連接管有接入不良情形，更生管的穿孔作業會出現困難，必要時進行前處理，如透過開挖等方式調整連接管口後，再進行更新工程施工。

(1)連接管口穿孔修整不良

連接管口穿孔修整不良的種類如下：

- 1) 穿孔形狀的不良(與既有連接管口形狀不合，如圓形或橢圓形)
- 2) 穿孔尺寸的不良(與連接管的內徑相比，太小或太大的不合)
- 3) 連接管口破損(接頭位置或接頭座損壞)
- 4) 穿孔處的阻塞(切削材料或外層膜殘留)
- 5) 穿孔處的整形不良(留有毛邊)
- 6) 其他阻礙輸水能力及影響承載性能的異常

(2)連接管口穿孔修整不良的障礙

連接管穿孔修整不良的障礙種類，如表 7.5 所示。

表 7.5 連接管口穿孔不良造成下水道管線的障礙

障礙種類		內容
1.輸水阻礙		連接管內有阻礙輸水能力的障礙物
2.漏水、滲入水		連接管口周邊地面開闊處發生漏水、滲入水
3.既有管與更生管的縫隙間污水流入		連接管流下之污水在流入主管前流入縫隙內
4.連接管口周邊地面的崩落		連接管口周邊地面鬆動，砂土隨滲入水流入
5.連接管突出、脫落		連接管口周邊固定不牢導致連接管體掉落
6.連接管口穿孔處周邊構造的缺陷		連接管口周邊的穿孔管口的變形(通常應為圓形或橢圓形)降低承載性能
7.其他發生障礙	道路沉陷	主管周邊土壤存在空隙而發生道路沉陷
	臭氣溢出	輸水受阻礙致使污物堆積而發生臭氣
	主管阻塞(砂土堆積)	主管內流入砂土，累積堆積並堵塞主管

(3)連接管口穿孔修整的完成後判定

連接管口的穿孔處，須確保既有連接管的形狀及輸水能力，以及維持接續部分的承載性能等，並要求不產生新的漏水、滲入水狀況。連接管口穿孔不良的注意事項，如表 7.6 所示。

表 7.6 連接管口穿孔不良對應的注意事項

穿孔不良種類		施工時注意事項	標準
形狀不良		為確保待穿孔的連接管口流線的圓滑性，穿孔口的形狀與連接管的出口形狀應相匹配	盡可能匹配既有連接管口的形狀，不要離開管的底部
穿孔尺寸		原則用 CCTV 檢視車或強光確認要切消處的穿孔形狀時，小心地穿孔以免損壞接頭	與容許樣態※比較，沒有問題(穿孔尺寸不得明顯超過連接管徑)
接頭的破損		圓形穿孔機、研磨機不要過度壓入	接頭不應有破損(刷狀磨損、擦傷是可容許)
切削材的殘留	更生材	切削材應確實回收	切削更生材應去除
	外層膜	穿孔後檢查有無殘留物	不能有外層膜等連續物殘留
整形不良		用研磨機應確實施工	不得有連續的毛邊殘留

※：判斷穿孔結果的容許樣態。

本來希望對連接管口的穿孔建立一個定量判斷標準，然目前尚無建立連接管穿孔不良的相關判斷標準，故往往存在尺寸及偏差等問題。由於尚未建立測量等基準，因此提供一個容許樣態來判斷穿孔的結果(參考容許樣態 1/5~5/5)。

對於更生後內徑 $\phi$ 800mm(含)以上的更生管，由於成品形狀可以目視確認，因此，成品形狀、尺寸，可透過目測、尺寸測量來確定，參照表 7.6 及容許樣態。但是，各工法規定的施工手冊等對成品管理有記載的，從其規定。

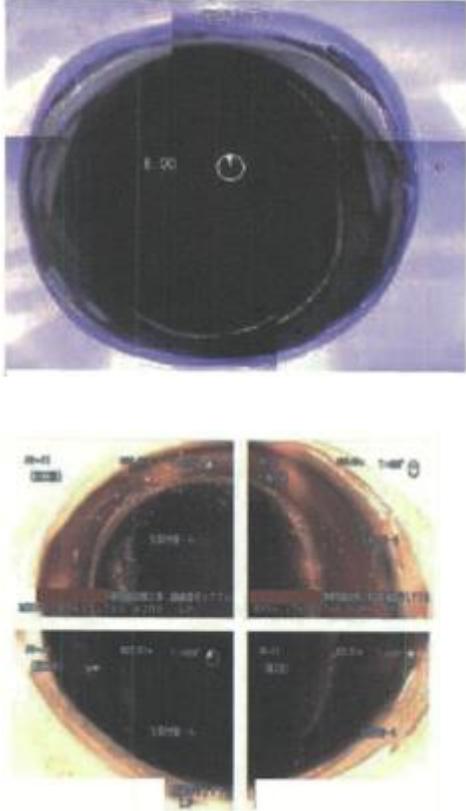
容許樣態(1/5)

不良的種類	容許樣態	不良例
<p>1. 形狀不良</p> <p>盡可能匹配既有連接管口的形狀，不要離開管的底部。</p>	<div data-bbox="824 344 1319 721" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="703 730 1368 815">管線內連接管有些微傾斜，形狀有點橢圓，判定為容許範圍內。</p> <div data-bbox="824 826 1319 1203" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="703 1212 1379 1297">帶有傾斜連接管的管線，形狀呈橢圓形，判定為容許範圍內。</p>	<div data-bbox="1469 344 1964 721" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="1404 730 2033 815">形狀明顯變形、過度被切削，判定為處理不良。</p>

容許樣態(2/5)

不良的種類	容許樣態	不良例
<p>2. 穿孔尺寸 穿孔尺寸不得明顯超過連接管徑(穿孔尺寸未被量化)。</p>	<div data-bbox="824 347 1294 719" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="703 730 1377 815">在不損壞接頭的情況下穿孔，判定為完成度良好。</p> <div data-bbox="824 826 1267 1198" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="703 1214 1377 1299">穿孔內徑大於連接管 5%，但尚在容許值內，判定為容許範圍內。</p>	<div data-bbox="1442 347 1995 719" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="1404 730 2033 815">管口的左右被穿孔機過度切削，穿孔內徑大於連接管 10%以上，判定為處理不良。</p>

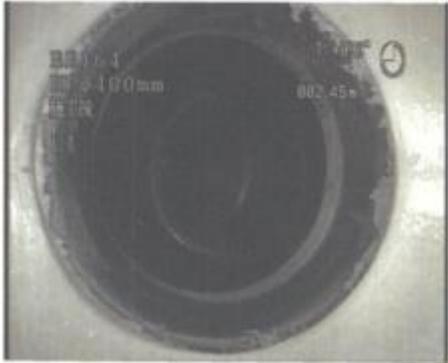
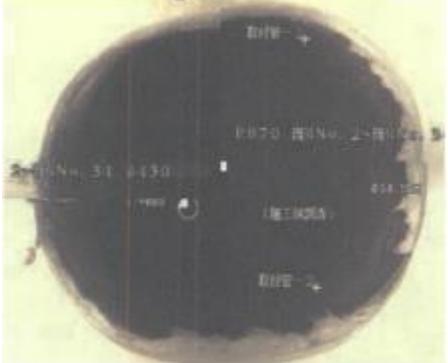
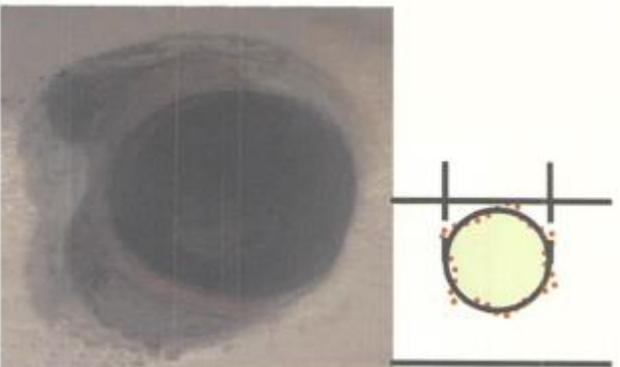
容許樣態(3/5)

不良的種類	容許樣態	不良例
<p>3. 接管的破損                      接頭不應有破損(刷狀磨損、擦傷是可容許)。</p>	 <p>接頭沒有破損，只有部分切削磨損，判定為容許範圍內。</p>	 <p>接頭有破損，且過度的切削，判定為處理不良。</p>

容許樣態(4/5)

不良の種類	容許樣態	不良例
<p>4. 切削材の残留(更生材) 切削更生材應確實去除。</p>	<p>沒有容許樣態，因為它假定已被去除。</p>	 <p>有残留更生材，判定為處理不良。</p>
<p>5. 切削材の残留(外層膜) 不能有外層膜等連續物残留。</p>	<p>沒有容許樣態，因為它假定已被去除。</p>	 <p>有残留外層膜，判定為處理不良。</p>

容許樣態(5/5)

不良的種類	容許樣態	不良例
<p>6. 整形等的不良 不得有連續的毛邊殘留。</p>	 <p>毛邊尺寸小且非連續性，判定為容許範圍內。</p>	 <p>雖然毛邊非連續性，但毛邊尺寸較大，判定為處理不良。</p>
<p>7. 其他 修飾應與接頭形狀一致(連接管不伸入主管，接頭處不散開)。</p>	 <p>連接管口的連接處呈大喇叭狀，但沿直徑加工，判定為容許範圍內。</p>	 <p>管口形狀非圓形，被穿孔機大面積切割，判定為處理不良。</p>

### 7.3.5 材料品質管理及施工完成品質管理

本章規定的品質管理事項，是根據各工法的相關規範制定的，關於施工中的品質管理，如第 7.3.2 節「施工中的品質管理」所述。另關於更新工法的施工管理及品質管理標準，除本手冊外，還有各縣市制定的標準亦須遵循。

#### 1. 材料品質管理

##### (1) 材料的管理

自立管(熱形成方式、熱硬化方式、光硬化方式)的更生材含有機溶劑等成份，因此，在運送、搬運、存放時要遵守相關法規，並注意火源。

複合管(製管方式)的表層材料為熱塑性樹脂，在極度高溫度下(硬質聚氯乙烯樹脂為 60°C 以上、聚乙烯樹脂為 45°C 以上)保存時，會發生材料變形；另應避免在極低溫度(低於 -10°C)下保存，因為這可能會導致材料脆化。此外，在取出及使用時，應密切注意不要損傷它。

此外，在加工過程中，材料之運送、搬運、存放時，應有妥善的材料管理並拍攝照片以供確認。

##### (2) 更生材的驗收

更生材進場時，應檢查管材內外表面皆須平整、清潔、無刮痕、孔洞等影響使用性能的缺陷。

此外，需確認管材上是否清楚標示下列項目，若管材上之標示於安裝後不明顯，則應檢查各項目是否清楚標示於施工文件中(如製造證明書)。

- 1) 製造商名稱或產品名稱
- 2) 標準管徑或其他尺寸
- 3) SDR(內徑與壁厚比率等標準尺寸比)或壁厚(標準厚度)
- 4) 材料
- 5) 製造工廠、製造日期(至少記載年及月)、可追溯性的訊息

##### (3) 更生材的確認

更生材於工廠製造時，製造商出貨應符合 JIS A 7511 製造階段要求性能的產品(或半成品)。

此外，業主須檢查更生材是否經適當管理下製造，且有相關證明的資料，以及材料進場前是否經過檢驗並具有出廠證明文件。對已獲准用於製造更生材的材料，必要時將進行材料檢驗及認證。

若為日本下水道協會註冊為第 II 類材料及設備的工廠，則可用認證工廠制度檢查證書的項目提交代替。

更生材的製造管理及品質量確認方法，分為熱形成方式(密合管)、熱硬化及光硬化方式(現場硬化管)、製管方式(螺旋製管、組立管)，如下列所述。

##### 1) 熱形成方式(密合管)

熱形成方式的材料，主要由硬質聚氯乙烯樹脂等熱塑性樹脂製成，並視需要加入添加劑，以改善物性、施工性、生產性等。熱形成方式的

原材料進廠檢驗等製造管理項目，如表 7.7 所示。另外，對於更生材的製造證明書，詳表 7.8 所記載內容。

表 7.7 更生材的構成成份、材質及檢驗項目(熱形成方式)

構成成份	材質	原材料進廠檢驗項目 <sup>※</sup>
熱塑性樹脂	硬質聚氯乙烯樹脂 聚乙烯樹脂	原材料進廠每批的品質確認 (外觀、重合度)

※：製造工廠所應實施的項目。

表 7.8 製造證明書的管理項目及管理內容(熱形成方式)

項目	管理內容
品名	更生材名稱
製造序號	製造產品編號
製造年月	製造年月
標稱管徑	適用管徑
尺寸	製造內、外徑及厚度檢查結果
厚度	冷卻硬化後更生材厚度
重量	出廠單位面積的重量
長度	出廠長度
材料保存方法	桶裝、冷藏箱、常溫箱等
外觀檢查報告	目視或用其他方式檢查更生材外觀結果
製造階段檢驗報告	符合 JIS A 7511 規範製造階段要求性能的試驗結果表等 <sup>※</sup>

※：試驗結果表可另附在製造證明書中。

## 2) 熱硬化及光硬化方式(現場硬化管)

熱硬化及光硬化方式，在硬化前材料的構成成份及原材料進廠檢驗等製造管理項目，如圖 7.4 及表 7.9 所示。另外，對於更生材的製造證明書，詳表 7.10 所記載內容。

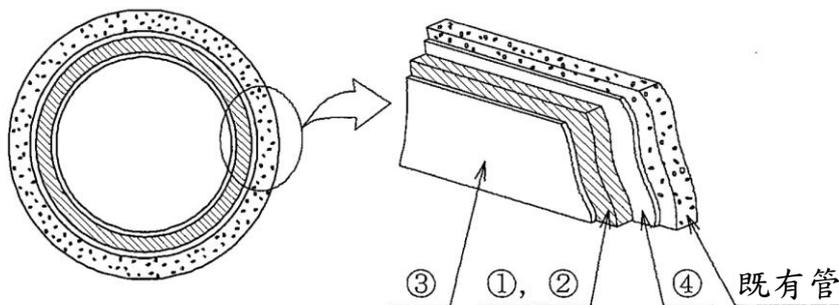


圖 7.4 自立管構成示意圖

表 7.9 更生材的構成成份、材質及檢驗項目(熱硬化及光硬化方式)

編號	構成成份	材質	原材料進廠檢驗項目 <sup>※1</sup>
①	熱硬化、光硬化性樹脂	不飽和聚酯纖維樹脂、乙烯基酯樹脂、環氧樹脂等	進廠每批的品質確認(黏度、比重)
②	樹脂浸漬基材(有機纖維、玻璃纖維)	有機纖維：聚醯胺纖維、聚酯纖維、聚丙烯纖維等，以及不織布、織布、絨毯等 玻璃纖維：織布、絨毯等 上述纖維的各種組合 <sup>※3</sup>	進廠每批的品質確認(單位面積的重量)
③	內面保護膜 <sup>※3</sup>	聚醯胺、聚乙烯、聚氨酯、聚丙烯等	進廠每批的品質確認(膜厚、折幅)
④	外面保護膜 <sup>※4</sup>	聚醯胺、聚乙烯、聚氨酯、聚丙烯等	進廠每批的品質確認(膜厚、折幅)

※1：製造工廠所應實施的項目。

※2：使用組合式纖維時，各種纖維的重量比例應予以註明。

※3：依不同工法，亦可能於硬化後需予切割。

※4：依不同工法及施工條件，也有可能不使用。

表 7.10 製造證明書的管理項目及管理內容(熱硬化及光硬化方式)

項目	管理內容
品名	更生材名稱
製造序號	製造時產品編號
製造年月日	製造年月日
標稱管徑	適用管徑
尺寸	製造外周長及厚度檢查結果
厚度	硬化後更生材厚度
長度	製造長度
重量	出廠重量
外觀檢查報告	目視或用其他方式檢查更生材外觀結果
材料構成	各材質的名稱、構成比例(標註為各構成成份重量%等)，硬化性樹脂特性(標註為熱硬化樹脂、光硬化樹脂等)
製造階段檢驗報告	符合 JIS A 7511 規範製造階段要求性能的試驗結果表等 <sup>※</sup>

※：試驗結果表可另附在製造證明書中。

### 3) 製管方式(螺旋製管、組立管)

複合管更生材的構成成份及原材料進廠檢驗等製造管理項目，如表 7.11 所示。另外，對於更生材的製造證明書，詳表 7.12、表 7.13、表 7.14 所記載內容。

### (4) 管線更新工法的評估項目

更新工法的性能要求，包括承載重性能、耐久性能、耐震性能、水理功能、環境安全性能等項目，以公家機關出具的「建築技術審查證明(下水道技術)報告書」為準。

表 7.11 更生材的構成成份、材質及檢驗項目(製管方式)

構成成份	材質	原材料進廠檢驗項目※
表面材料	硬質聚氯乙稀樹脂、 聚乙烯樹脂等	原材料進廠每批的品質確認 (外觀、平均重合度)
填充材	水泥、砂漿等	原材料進廠每批的品質確認 (壓縮強度、流度值)
金屬材料	鋼製品等	原材料進廠每批的品質確認 (尺寸、電鍍量)

※：製造工廠所應實施的項目。

表 7.12 表面材料製造證明書的管理項目及管理內容

項目	管理內容
品名	更生部材名稱
製造序號	製造時產品編號
製造年月	製造年月
尺寸	製品各部分尺寸檢查結果
長度	出廠長度
重量	出廠單位面積的重量
外觀檢查報告	視或用其他方式檢查更生材外觀結果
製造階段檢驗報告	符合 JIS A 7511 規範製造階段要求性能的試驗結果表等※

※：試驗結果表可另附在製造證明書中。

表 7.13 填充材製造證明書的管理項目及管理內容

項目	管理內容
品名	填充材名稱
製造年月	製造年月
材質	原材料合格證明(品質證明書)
材料成份	構成比例(各成份的重量%)

表 7.14 金屬材料製造證明書的管理項目及管理內容

項目	管理內容
品名	金屬部材名稱
材質	原材料合格證明(品質證明書)

## 2. 施工完成品質管理

管線更新施工期間，進行彎曲試驗(彎曲強度(短期)及彎曲彈性模數(短期))、耐藥品性能試驗，以確保各標準值滿足設計值。

另外，如需進行耐震計算，則在施工過程中針對耐震計算所需之抗拉強度、抗拉彈性模數、壓縮強度及壓縮彈性模數等進行試驗，以確保各標準值滿足設計值。施工完成及施工中應確認的試驗項目，如表 7.15 所示。

表 7.15 現場應確認的試驗

○：必要試驗、---：不需試驗

		自立管				複合管	
		熱形成方式 (密合管)		熱硬化、光硬化方式 (現場硬化管)		製管方式 (螺旋製管、組立管)	
工廠認定制度 (II類登錄)		無	有	無	有	無	有
施工完成試驗	彎曲試驗 (彎曲強度 <sup>※1</sup> 、 彎曲彈性模數)	○	---	○	○	---	---
		每段 <sup>※2</sup>	---	每段 <sup>※2</sup>	每段 <sup>※2</sup>	---	---
	耐藥品性能 試驗	○ 耐藥品性 <sup>※3</sup>	---	○ 新耐藥品性 <sup>※3</sup>	---	○ 耐藥品性 <sup>※3</sup>	---
		每段 <sup>※2</sup>	---	各工法	---	各工法	---
	耐震性能試驗 <sup>※5</sup>	○ <sup>※4</sup>	---	○ <sup>※4</sup>	---	---	---
各工法		---	各工法	---	---	---	
施工中試驗	填充材 壓縮強度試驗	---	---	---	---	○	○
		---	---	---	---	每 100m <sup>註6</sup>	每 100m <sup>註6</sup>

※1：彎曲強度為管軸方向的「最大荷重時的彎曲應力」，以確認更生管硬化完成，滿足耐震性能。

※2：如經業主與施工廠商協議，可視為「現場條件相同」的場所，則可按各管徑進行(每 10 管段試驗 1 次)。

※3：耐藥品性：依據 JSWAS K-1、JSWAS K-14 所規定的耐藥品性能試驗；新耐藥品性：現場硬化管浸漬後的彎曲試驗。

※4：需要耐震計算時進行。

※5：與彎曲試驗相同方式，從完工更生管中取樣，進行 JSWAS K-7161 測試抗拉性能試驗及 JSWAS K-7181 測試壓縮性能試驗，確認抗拉強度、抗拉彈性模數、壓縮強度、壓縮彈性模數(均為短期)超過標準值。另外，用於確認耐震性能的彎曲特性(彎曲強度、彎曲彈性模數)由彎曲試驗結果確認。

※6：既有管線內徑 $\phi$ 800mm(含)以上，每個注入日進行 1 次。

在此，「施工完成試驗」係指在管線更生施工完成時，進行成品的品質確認的試驗。「施工中試驗」係指為控制填充材注入作業的施工過程中的品質(使用材料的特性等)而進行的試驗。

另外，「各工法」表示在各現場(工區)採用的各工法分別進行 1 次試驗。例如，如果 1 個現場採用兩種不同的工法，則每種工法進行 1 次試驗。

試驗是於更生完成的管線設施中採取試驗片，並按以下方式進行試驗。採取試驗片，自立管試樣為更生管，複合管試樣為表面材料。

#### (1) 彎曲試驗

彎曲試驗應於自立管上進行。

##### 1) 試驗方法

彎曲強度(短期)及彎曲彈性模數(短期)試驗，依據 JIS K 7171 進行。

## 2) 採取試驗片

自立管的情況下，在現場硬化作業完成後，從實際管線內採取試驗片，若擔心更生管線的管體的耐久性，或者採取試驗片困難，且存在採取處有修復困難等問題，可由人孔管口突出的更生管切斷片進行取樣。

另外，試驗片應避開更生材的接縫處，如圖 7.5 所示，沿管線方向取樣。如果不能從人孔管口取樣，可以用單獨的平板對試驗片進行取樣，由於弧形試驗片與平板試驗片的標準值有所不同，因此，在確認結果時應特別注意。

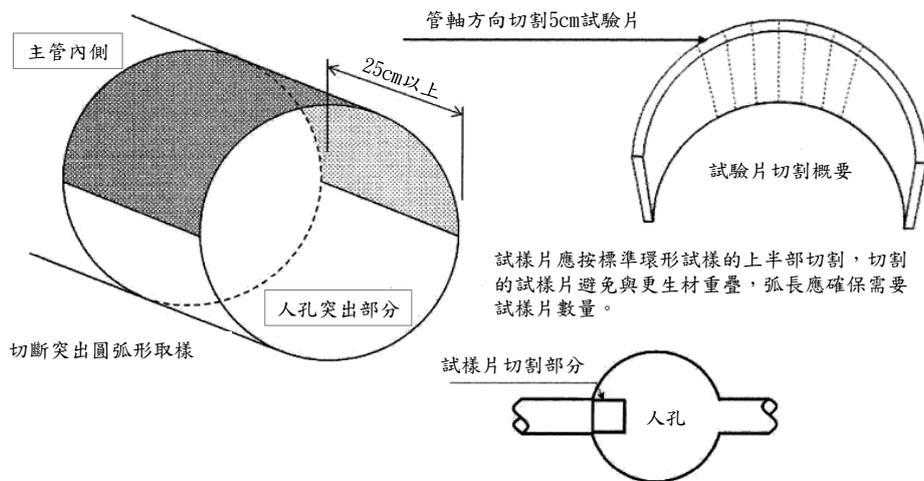


圖 7.5 自立管的試樣片採取方法例

## 3) 取樣頻率

自立管原則以每個施工管段進行，如經業主與施工廠商協議，可視為「現場條件相同」<sup>注</sup>的場所，則可按各管徑進行。原則上，每 10 管段試驗 1 次。取樣時，應由監造工程師等人員會同，並於試驗片打上標記。另外，採取試驗片及進行試驗所須的費用由業主與施工廠商協議確定，可於施工管理費用中單獨列支取樣及試樣的費用。

注：當下述項目條件符合，則視為「現場條件相同」。

- 施工季節相同時
- 施工時區相同時
- 施工工法相同時
- 更生管線的管厚相同時
- 施工長度無大差異時<sup>※1</sup>
- 運送、搬運、存放條件相同時

※1: 如果施工長度屬於「建築技術審查證明的技術適用範圍內按管徑指示的施工長度」以內，由於更生材的物性相同無變化，可以進行標準化施工，因此判斷施工長度沒有大的差異。

## 4) 試驗機關

試驗時由業主認可的符合規定試驗機構或通過 ISO/IEC 17025(CNS 17025)認證的實驗室進行。

#### 5) 試驗結果硬化的確認

在掌握施工完成日及試驗日的情況下，應確認下列項目：

- 彎曲強度<sup>※2</sup>(短期)試驗結果，需超過彎曲強度(短期設計值)<sup>※3</sup>
- 彎曲彈性模數(短期)試驗結果，需超過彎曲彈性模數(短期設計值)<sup>※3</sup>

※2：彎曲強度為管軸方向的「最大荷重時的彎曲應力」，以確認更生管硬化完成，滿足耐震性能。

※3：應注意，此設計值適用於平板試體之值或圓弧試體之值。

另外，熱形成方式若為日本下水道協會註冊為第II類材料及設備，可透過提出認證工廠制度檢查證書，來免除彎曲試驗。

#### (2)耐藥品性能試驗

熱硬化及光硬化方式、熱形成方式的自立管，製管方式的複合管等耐藥品性能試驗方法有所不同，各試驗片的取樣頻率、試驗方法及試驗結果等的確認方法，詳表 7.16 所示。其中，自立管取樣方式與彎曲試驗相同，複合管表面材料取樣需深入人孔管口端部取樣。

表 7.16 施工完成確認的耐藥品性能試驗

更生材種類	施工完成
自立管(熱形成方式) 複合管(製管方式)  (JSWAS K-1) (JSWAS K-14)	依據使用材料,PVC 系符合 JSWAS K-1 及 PE 系符合 JSWAS K-14, 進行所規定的耐藥品性能試驗。 試驗頻率, 自立管(熱形成方式)的每管段, 複合管表面材料的每種工法。 試驗液: 4 種 <sup>※1</sup> <u>試驗結果的基準</u> <b>【質量變化率在±0.2mg/cm<sup>2</sup> 以內】</b>
自立管(熱硬化方式 、光硬化方式)  (浸漬後彎曲試驗 <sup>※3</sup> )	對於各現場的各工法, 在以下條件下檢測浸漬前後的彎曲彈性模數, 並確認保持率。 試驗片浸漬的試驗液: 2 種 <sup>※2</sup> 溫度: 60°C 時間: 56 小時 <u>試驗結果的基準</u> <b>【試驗液浸漬 56 小時後, 彎曲彈性模數保持率在 80% 以上】</b>

※1：蒸餾水、10%氯化鈉溶液、30%硫酸、40%氫氧化鈉溶液。

※2：10%硫酸、1%氫氧化鈉溶液。

※3：在藥品性能試驗(浸漬後彎曲試驗)中，不對試驗片進行端面保護塗層。

自 2013 年起，部分現場硬化性材料(熱硬化方式、光硬化方式)已被日本下水道協會註冊為II類材料及設備，並在認證工廠制度下使用。為此，使用現場硬化性的熱硬化方式、光硬化方式材料的工法，註冊為 II 類材料及設備，在工廠會定期檢查耐藥品性能試驗、彎曲、壓縮及抗拉性能試驗做

為品質管理。因此，如果可以通過彎曲性能試驗確認現場確實完成硬化，則可以做為成品的耐藥品性能試驗、抗拉、壓縮性能的確證，並透過在認證工廠制度下提出檢查證明書，則可以免除在施工完成進行耐藥品性能試驗、抗拉、壓縮性能試驗。

現場硬化性材料(熱硬化方式、光硬化方式)是使用註冊為 II 類材料及設備的工法，因為現場有無完成硬化對成品性能有很大影響。為確認現場確實完成硬化，原則上必須對各管段進行施工完成的彎曲強度(短期)及彎曲彈性模數(短期)試驗。但若彎曲試驗之取樣頻率滿足「現場條件相同」時，則依照表 7.15 訂定頻率進行試驗。

此外，熱形成方式的自立管在出廠時及現場施工後的物理性能均未發生變化，由於不受施工的影響，通過認證工廠制度下另行提出檢查證明書，可以免除彎曲強度(短期)、彎曲彈性模數(短期)及耐藥品性能試驗。

### (3)耐震性能的確證

當需要進行耐震計算時，則需要確認耐震性能，並確認已施工之更生管耐震計算相關的主要性能是否滿足計算採用的標準值。

與彎曲試驗相同，從更生管上採取試驗片(取樣頻率按各工法/現場而定)，依據 JIS K 7161(塑料-抗拉性能的試驗方法)和 JIS K 7181(塑料-如何確定壓縮性能)，並由業主認可的公家試驗機構或通過 ISO/IEC 17025 認證的實驗室進行抗拉強度(短期)、拉伸彈性模數(短期)、壓縮強度(短期)、壓縮彈性模數(短期)等試驗，確認是否有超過標準值。

此外，有必要確認彎曲性能(彎曲強度、彎曲彈性模數)，這將透過彎曲試驗(「彎曲強度(最大荷重時的彎曲應力)」、「彎曲彈性模數」)結果來確認。另外，由於採用「認證工廠制度進行施工完成時的耐藥品性能試驗」，透過認證工廠制度下另行提出檢查證明書，可以免除試驗的實施。

### 3. 更生後管線產生皺摺的評估

更生後管線內面發生皺摺狀況，是為「不確實之前處理或施工不當，致使更生管內面發生橫向或縱向的凸面」<sup>※</sup>，如圖 7.6 所示，由斷面方向或縱向連續的皺摺兩端之高度 a、b 評估，以較高者為主。但是，不考慮既有管中由於凹陷所造成的凹痕。

※：JIS A 7511 規定。

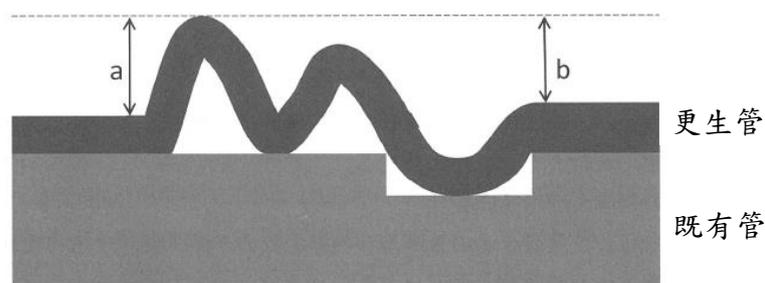


圖 7.6 更生管的內面皺摺

由於皺摺預計會影響管線功能(載重性能、輸水能力、耐久性能等)，因此，原則上不允許因施工不當而產生皺摺。但是，即使採取前處理等措施，由於既有管線的狀況(彎曲部分、內徑不均勻等)，也不可避免地會產生皺摺。

即使在這種情況下，從不影響管線功能(載重性能、輸水能力、耐久性能等)的角度來看，根據 ISO 11296 的 JIS A 7511 規定「皺摺不得超過標稱管徑的 2% 或 6mm」的標準。

皺摺的最大容許高度為，標稱管徑超過 300mm，皺摺不得超過標稱管徑的 2%；標稱管徑小於等於 300mm，則皺摺不得超過 6mm。

另外，在 CCTV 檢視調查中透過畫面評估皺摺時，注意不要因管線內部照明、沉積物等的陰影而造成誤認，並避免與管線內徑比較時的比例誤差(管道內部，無論直徑如何，整個畫面都會擴大)。

### 7.3.6 成品管理

依照施工順序對成品形狀進行量測、觀察，並將每次將量測結果記錄在調查記錄表中。

完成後，將填好的表格依設計書圖將完成處以錄影或拍照方式記錄，並進行管理。

#### 1. 自立管

##### (1) 尺寸管理

為掌握更生管的成品，應量測更生管的內徑及長度。另為確認既有管與更生管之間隙是否有緊貼，對更生管的內徑進行 2 次測量，1 次是在硬化後立即量測，另 1 次是在 24 小時後量測。

然而，對於自立管結構只能靠更生管維持，以及因既有管與更生管之間出現間隙，導致連接管口有水及砂土侵入的問題，可能在更生完成後用 CCTV 檢視發現到它；此外，在成品管理方面，重要的是確保硬化完成時的完成狀態的設計內徑，可省略硬化後立即進行的內徑量測。

因此，對於更生後已過 24 小時的更生管內徑，在圖 7.7 所示的測量位置量測並記錄。硬化完成後進行養護及冷卻，應切斷更生材廢料並修整至人孔管口，可防止縱向收縮。

##### (2) 更生管厚及內徑管理

完成後的檢查，更生管厚及內徑應按下列程序予以確認。另外，用於成品管理的更生管厚，係指更生材本體硬化後的成品厚度，不包括內面塗膜及外面保護膜。

- 1) 更生管內徑應於硬化 24 小時後進行量測。
- 2) 更生管的量測，若人員無法進入管線內量測時，應在每管段上、下游人孔管口附近進行量測。如人員可進入時，則在每管段中間附近的 1 處以上額外量測完成後的內徑。
- 3) 更生管的量測位置為圓周上 6 處，標準量測位置如圖 7.7 所示。

- 4) 更生管厚度量測方法，是在更生施工前量測既有管的內徑，然後在更生後沿同一方向量測更生管的內徑，透過減去結果來確認，避開更生管的接縫。
- 5) 更生管厚度檢驗標準為 6 處平均管厚大於標稱厚度，且上限在標稱厚度的 +20% 以內，實測值的最小值應大於或等於設計更生管厚。

此外，輸水能力為保證水理功能等於或大於設計水量(基本為計畫流量)始判為合格。但是，依據工法的不同，如果可以將平均管厚的上限控制為標稱厚度的 +20% 以下的管理值，則可以考慮到這一點來確保其輸水能力。

由於更生管厚直接影響更生管的設計強度、耐久性及水理功能，必須確認其符合更生管厚度檢驗標準。更生管厚度之量測，應避免於更生管之接縫處。因更生管厚將直接影響設計強度、耐久性及水理功能，故應確認是否正確。

更生管厚度的檢查標準，為於上述 6 處平均管厚大於標稱厚度，且上限在標稱厚度 20% 以內，所量測值之最小值則需至少大於設計更生管厚。另外有關輸送能力，為至少需能確保計畫流量以上之水理功能。

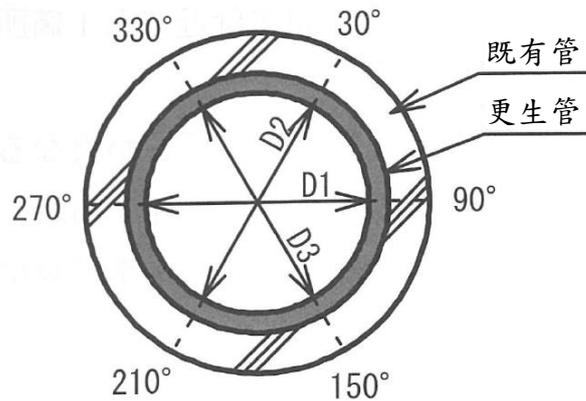


圖 7.7 更生管管厚、內徑檢測位置圖

### (3) 內面完成狀況管理

- 1) 在清洗管線內部並移除連接管穿孔碎片後，對全管段進行目視調查或自走式 CCTV 檢視調查。若採用自走式 CCTV 檢視調查時，必須側視連接管口，以確認接入狀況。
- 2) 確認更生管沒有影響設計強度、耐久性、水理功能、設計尺寸等的缺陷或異常處，如皺摺、剝離、漏水、異常變色等。既有管內部如有落差、彎曲或局部障礙物時，應特別注意更生管可能會形成皺摺等情形。
- 3) 確認更生管與既有人孔間的本管管口處沒有滲入水、修整材剝離、裂開等異常情況。

此外，對於熱硬化方式、熱形成方式的施工工法，冷卻時如更生管管養護不足時，管線軸向及管線圓周方向可能發生膨脹或收縮，應於充分

養護後，確認主管管口及連接管口的穿孔狀況。

另外，對於熱硬化方式、光硬化方式來說，確保更生材硬化牢固及更生管厚，以保證更生管的性能是非常重要的。若可以應用非破壞性方式確認已施工的更生管狀況(樹脂硬化度、更生管厚等)的檢查方法，將其納入施工計畫書並另外進行也是有效的。

#### (4)成品管理表

自立管成品的管理，以表 7.17 所示管理表為標準。

#### (5)拍攝並提交施工記錄照片

施工記錄照片的拍攝及頻率等參照第 7.2.10 節「拍照攝影要領」，並在報告中附上檢查結果、照片等記錄。

### 2. 複合管

#### (1)尺寸管理

為掌握更生管的成品，在圖 7.8 所示的測量位置量測並記錄更生管的內徑(高、寬)及長度。

#### (2)更生管厚及內徑管理

在成品檢查中，應確認以下項目。

- 1) 完成後的內徑量測，在每管段上、下游人孔管口附近進行。如人員可進入時，則在每管段中間附近額外量測 1 處以上完成後的內徑。
- 2) 由於更生管的上下左右包括填充材，更生管的厚度會有所不同，因此在更生管內側中心高與寬處測量各 2 處完成後的內徑。
- 3) 檢查標準為更生管平均內徑不低於結構計算設計時生管內徑，輸水能力為保證水理功能等於或大於設計水量(基本為計畫流量)始判為合格。
- 4) 更生管厚直接影響更生管的設計強度、耐久性及水理功能，必須確認其符合更生管厚之檢驗標準，量測位置如圖 7.8 所示
- 5) 檢查標準為平均內徑不低於設計值，另外輸送能力需確保計畫流量以上之水理功能。更生管厚度將直接影響設計強度、耐久性及水理功能，故應確認是否正確。標準量測位置如圖 7.8 所示。

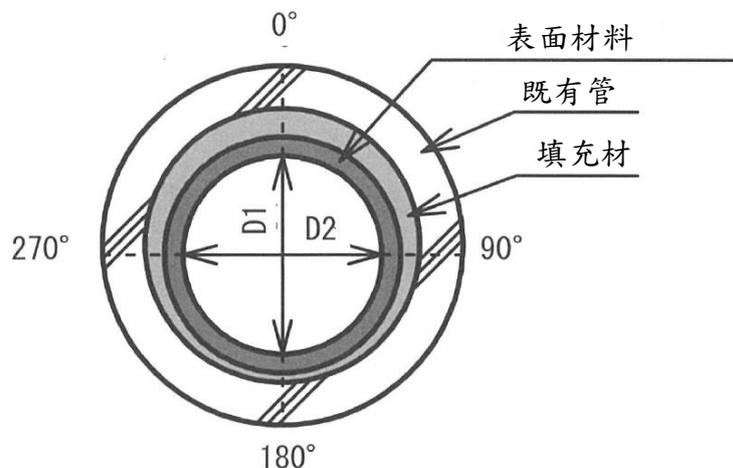


圖 7.8 更生管成品內徑檢測位置圖

### (3)內面完成狀況管理

- 1) 在清洗管線內部並移除連接管穿孔碎片後，對全管段進行目視調查或自走式 CCTV 檢視調查。若採用自走式 CCTV 檢視調查時，必須側視連接管口，以確認接入狀況。
- 2) 確認無因更生管浮起而造成更生管變形或縱向坡度不規則等缺陷或異常處。
- 3) 確認更生管與既有人孔間的本管管口處沒有滲入水、修整材剝離、裂開等異常情況。

此外，在複合管中，由於填充材在結構上屬於更生材的一部分，因此保證填充材的確實填充，對於保證更生管的性能非常重要。若可以應用非破壞性方式確認已施工的更生管狀況(填充材填充狀況)的檢查方法，將其納入施工計畫書並另外進行也是有效的。

### (4)成品管理表

複合管成品的管理，以表 7.18 所示管理表為標準。

### (5)拍攝並提交施工記錄照片

施工記錄照片的拍攝及頻率等參照第 7.2.10 節「拍照攝影要領」，並在報告中附上檢查結果、照片等記錄。

## 7.3.7 環境對策

施工時對於環境對策之管理項目(要求性能)如下：

### 1. 粉塵對策

清掃與注入時，以及材料的堆置場都應注意粉塵的發生，作業人員應經常清掃及灑水，以減少粉塵發生。此外，於更生管切割作業時經常發生粉塵，作業人員應穿戴防塵面罩及護目鏡，並設置集塵機等防治對策。

### 2. 臭氣對策

#### (1)熱硬化方式的更生材所使用溶劑之臭氣對策

熱硬化方式的更生材主要材料為不飽和纖維樹脂，由於類樹脂的材料組成包括不飽和纖維樹脂及溶劑等，特別是更生材所含之溶劑為產生臭氣之主因。因此，對於臭氣應有充分對策及因應措施，其注意事項如表 7.19 所示。

更生材所含之溶劑於作業期間產生氣體時，為使該氣體濃度於安全標準值內，必要時設置對應之除臭設施。施工時於作業區內、靠道路端及出入人孔端等進行濃度檢測，並確認濃度是否有在規定之標準值以下。氣體濃度管理值，作業區內濃度控制值為 20ppm 以下(日本-職業安全衛生法)，靠道路端及出入人孔端控制值為 0.4~2.0ppm 以下(日本-惡臭防止法施行細則：取決於地區使用情況)。

表 7.17 成品管理表(自立管的標準樣式)

工程名稱：

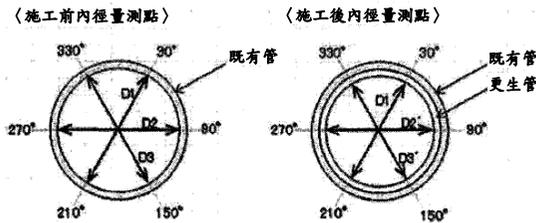
工法名稱：

檢查 確認	檢查負責人	檢查人員	工法負責人
	年月日	年月日	年月日

量測位置	道路編號( ) 既有管長度 m								道路編號( ) 既有管長度 m							
	上游管口				下游管口				上游管口				下游管口			
設計更生管厚 <sup>(1)</sup>	mm								mm							
標稱厚度	mm								mm							
更生管厚 <sup>(2)</sup> 標準值 (mm)	量測值	最小	mm		mm		mm		mm		mm		mm			
	量測值	上限	mm		mm		mm		mm		mm		mm			
	平均	下限	mm		mm		mm		mm		mm		mm			
量測點	(1) 既有管內徑 <sup>(2)</sup> (mm)	(2) 更生管內徑 <sup>(2)</sup> (mm)	(3)=(1)-(2)÷2 更生管厚 <sup>(2)</sup> (mm)	判定	(1) 既有管內徑 <sup>(2)</sup> (mm)	(2) 更生管內徑 <sup>(2)</sup> (mm)	(3)=(1)-(2)÷2 更生管厚 <sup>(2)</sup> (mm)	判定	(1) 既有管內徑 <sup>(2)</sup> (mm)	(2) 更生管內徑 <sup>(2)</sup> (mm)	(3)=(1)-(2)÷2 更生管厚 <sup>(2)</sup> (mm)	判定	(1) 既有管內徑 <sup>(2)</sup> (mm)	(2) 更生管內徑 <sup>(2)</sup> (mm)	(3)=(1)-(2)÷2 更生管厚 <sup>(2)</sup> (mm)	判定
D1				合格/ 不合格												
D2				合格/ 不合格												
D3				合格/ 不合格												
量測值 平均	上限	/		合格/ 不合格	/		合格/ 不合格	/		/		合格/ 不合格	/		合格/ 不合格	
	下限	/		合格/ 不合格	/		合格/ 不合格	/		/		合格/ 不合格	/		合格/ 不合格	
連接管穿孔	100mm	位置	150mm	位置	200mm	位置	250mm	位置	100mm	位置	150mm	位置	200mm	位置	25mm	位置
管線內檢查	施工前				施工後				施工前				施工後			

**量測點**

\*對於量測點，移動更生管的接縫及重疊部分的位置。



**備註**

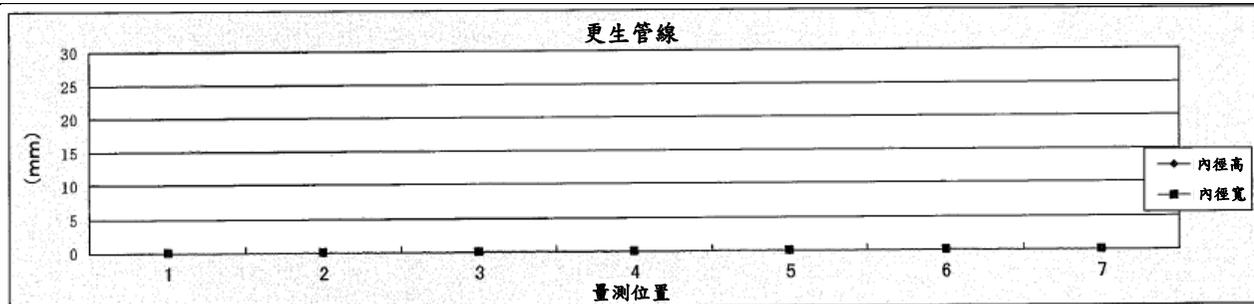
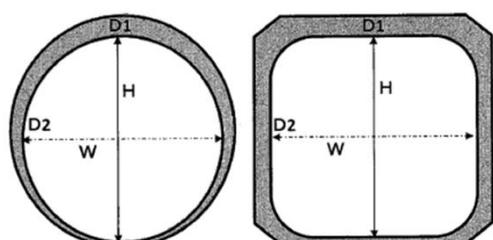
以不同量測量點(上游、下游管口)記載。  
**【標準】**  
 • 各量測厚需大於設計更生管厚  
 • 量測值平均度，下限值須大於標稱厚度，上限值須在標稱厚度+20%以內  
**【目視、CCTV 檢視結果】**  
 • 破損、裂紋、接縫錯位、腐蝕等  
 • 各不良種類等級(A/B/C/D 等)

(注)本表中，文中使用縮寫如下。  
 • (設計)更生管線的管厚=(設計)更生管厚  
 • 更生管線的內徑=更生管內徑  
 • 既有管線的內徑=既有管內徑

表 7.18 成品管理表(複合管的標準樣式)

工程名稱：

工法名稱：

檢查 確認	檢查負責人	檢查人員	工法負責人										
	年月日	年月日	年月日										
道路編號		管徑大小											
													
													
測定點	H(內徑高度)			W(內徑寬度)			平均內徑(mm)		備註				
標準值	+ mm 以內			+ mm 以內			+ mm 以內						
量測值 量測位置	(1)設計更生管 內徑 <sup>(1)</sup> mm	(2)更生管 內徑 <sup>(2)</sup> mm	(3)=(2)-(1) 成品誤差	判定	(4)設計更生管 內徑 <sup>(4)</sup> mm	(5)更生管 內徑 <sup>(5)</sup> mm	(6)=(5)-(4) 成品誤差	判定		(7)=((2)+(5))÷2	判定		
			0	合格/不合格			0	合格/不合格		0	合格/不合格		
			0	合格/不合格			0	合格/不合格		0	合格/不合格		
			0	合格/不合格			0	合格/不合格		0	合格/不合格		
			0	合格/不合格			0	合格/不合格		0	合格/不合格		
			0	合格/不合格			0	合格/不合格		0	合格/不合格		
			0	合格/不合格			0	合格/不合格		0	合格/不合格		
			0	合格/不合格			0	合格/不合格		0	合格/不合格		
測定 數值	最大值		0		最大值		0						
	最小值		0		最小值		0						
	平均值		0		平均值		0						
綜合 判定										斷面積	既有管	更生管	
										m <sup>2</sup>	所需斷面積	m <sup>2</sup>	實測斷面積
綜合評價 合格/不合格													

(注)本表中，文中使用縮寫如下。  
 • (設計)更生管線的管厚=(設計)更生管厚  
 • 更生管線的內徑=更生管內徑

表 7.19 更生材所用溶劑的特性及注意事項

特性	液體、無色、香味、難溶於水、可溶於乙醚或酒精
主要用途	PS 樹脂、合成橡膠、ABS 樹脂、離子交換樹脂、PE 樹脂、合成樹脂之原料或溶液
有害性	管理濃度為 20ppm 以下 對眼睛黏膜有刺激性催淚作用 高濃度可揮發性氣體有麻醉作用，10,000ppm 濃度時，在 30~60 分鐘內可造成死亡
法規上區分	消防法→危險物第 4 類第 2 石油類 職業安全衛生法→危害物質 有機溶劑中毒預防規則→第 2 種有機溶劑 空氣污染防制法→惡臭物質

- 1) 作業前須進行氧氣濃度檢測，並設置換氣設備。
- 2) 硬化作業中檢測溶劑所產生之氣體濃度，並設置防臭設備。
- 3) 硬化後本管管口及連接管口切斷階段，應檢測溶劑所產生之氣體濃度，並設置除臭裝置。
- 4) 作業結束後，應檢測溶劑所產生之氣體濃度，並確認是否於濃度標準值內。

熱硬化方式使用不飽和聚酯樹脂，做為媒介質材的苯乙烯可能會部分氣化並從更生材尖端的排氣孔排出。因此，在管制區域作業時，應安裝除臭及隔音設施等(詳圖 7.9)，將廢氣異味排出使氣體濃度降至濃度容許限值以下，並儘可能降低高頻之排氣噪音，做為臭氣及噪音之防治對策。

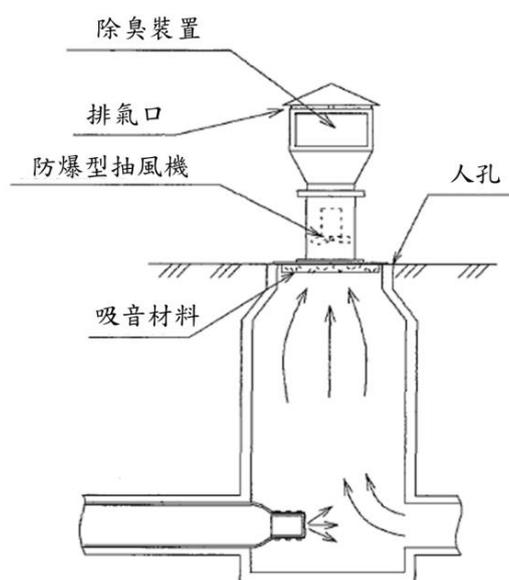


圖 7.9 除臭及隔音設施(範例)

## (2) 污水之臭氣對策

作業中應遵守空氣污染防制法、職業安全衛生法等基本法規，改善作業環境，防止因作業產生的惡臭。在作業期間，建物私地內的清除孔蓋及建物附近的人孔蓋打開時，管線內進行清除作業時可能會產生惡臭，因此，事前應向附近居民、商家等進行施工說明取得他們的理解後，要求他們配合將窗戶緊閉等應業對策，將影響降至最低。

此外，還要檢查各建物清除孔所接入排水設施的存水彎，特別是建物含有地下室時之情況。作業時注意不要溢出或散落會產生惡臭發生物，作業結束後要徹底清理乾淨，確認無惡臭外洩。為掌握臭氣的實際情況，在檢人孔內、作業區域內、道路兩端進行濃度量測並記錄。

## (3) 臭氣發生原因及對策(參考)

### 1) 熱硬化方式更生材所用溶劑的特性

熱硬化方式更生材所用的溶劑為發泡性聚苯乙烯原料，在不飽和聚酯樹脂中，除在樹脂硬化時成為樹脂的一部分外，具有降低未硬化狀態下樹脂黏度的作用。

### 2) 臭氣發生原因

由於樹脂層屬不透性膠膜，施工前後未硬化的樹脂不會外露。但實際上，施工現場會因下列原因產生異味。

- a. 未硬化樹脂揮發：更生材包裹一層薄膜，邊緣沒有特別密封。在樹脂硬化前，這部分揮發的氣體可能會從更生材中出來，產生臭氣。
- b. 殘存臭氣；當樹脂硬化時，溶劑變成樹脂的一部分。它的一小部分沒有結合到樹脂中並保持游離狀態，這稱為殘存臭氣。此部分硬化後推測約會有 1% 左右，但會隨著時間的推移而降低。殘存臭氣是更生材硬化後切割本管管口及連接管口時，未覆蓋樹脂層外露部分產生的，被釋放到大氣中(見圖 7.10)。在這種情況下，汽化的氣體停留在管線中，由於管線內的擴散及空氣流動而流出地面。

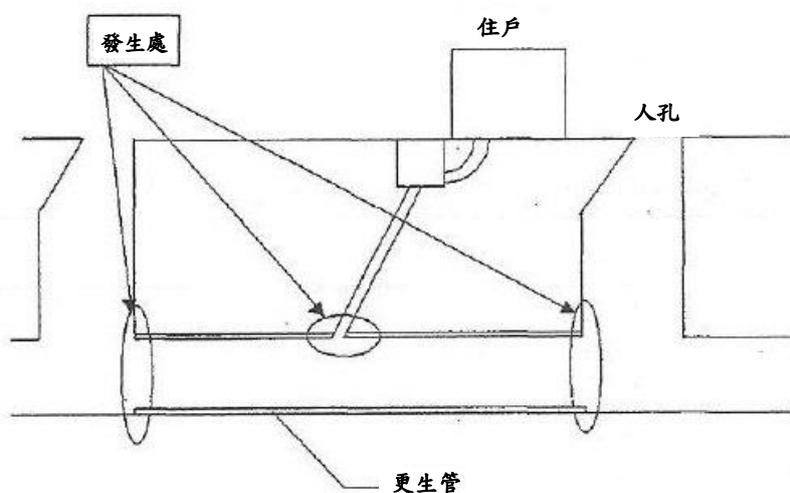


圖 7.10 惡臭(溶劑揮發氣體)發生位置

### 3) 向居民說明臭氣

管線內殘留的溶劑所產生的氣體，雖然各工法皆會設置除臭裝置以減少臭氣，但偶有用戶無自行設置存水彎者，此時臭氣可能經由連接管進入屋內。此外，即使臭氣不是直接侵入，也有可能從窗戶或門口進入屋內，給居民帶來臭氣。因此，應向施工路線的居民充分解釋臭氣。

### 3. 噪音及振動對策

在作業中應遵守噪音管制法、振動管制法、職業安全衛生法等法令及標準。另外，應依循各政府機關所訂定之規定，採用降低噪音、振動的機具，並須量測工區、民宅及公共設施的距離，依需求及作業時間限制噪音、振動發生值。特別於夜間作業場所、車輛施工作業期間，須十分注意噪音、振動防治。

### 4. 防爆對策

管線更生施工時，易燃物或有機溶劑等物品，應將其歸類於危險物品並制定使用規範，並確實予以執行。會造成火災或發生爆炸之火源原因，禁止攜入於既有管線或人孔中，並須於施工現場內設置滅火器。另外，於施工現場設置垃圾桶或菸灰缸等設施。其中，特別是內襯材料等易燃物質必須與吸菸區隔離，並設置定點吸菸區，禁止於其他區域吸菸。

### 5. 其他

#### (1) 熱水及熱排出對策

使用熱蒸氣或熱水硬化工法時，應將排出水確實冷卻，以及實施熱氣排出之措施。

#### (2) 室內逆流溢出對策

管線設施於清掃作業時，清洗壓力水會有逆流至住宅內連接管的情形，應於附近分支管及連接管之清除孔進行確認，並對各居民進行施工作業方法說明後，將住宅內清除孔打開，以利氣流及水流流通，且於住宅內預先做好相關防止溢出措施。如於無人之住宅附近作業時，需特別注意於作業完成後，確認是否有將其住宅內清除孔關閉。

#### (3) 水質保護對策

在複合管填充填充材過程中，由於會使管內水質鹼化，考量流出之污水對污水處理廠中微生物之影響，要確保填充材不會流出到污水管線中，須準備桶等容器將填充物確實收集。

## 7.3.8 安全衛生管理

為防範施工災害及機具材料損常，應依循職業安全衛生法相關法規及「內政部營建署下水道局限空間作業規定」等規範採取必要措施。此外，如無法滿足下述項目，則施工作業應予以中止。

### 1. 污水管更新工法中的安全管理

#### (1) 適當配置合格人員

- 1) 缺氧作業主管
  - 2) 有機溶劑作業主管(因工法而異)
- (2) 下水道管內作業穿著適用的防護器具
- 1) 溶劑等化學物品使用時，應使用化學防護手套，以避免施工時直接接觸。
  - 2) 管端的收邊及內襯管切割作業、管材及人孔之研磨作業，以及填充材於現場拌料時，必須戴護目鏡，且必要時亦須帶口罩及設置集塵機。在玻璃纖維或樹脂材料的切割及填充材於現場拌料及投入材料時，必須帶口罩。另外，切割時應避免粉塵落下。
- (3) 施工前的安全對策(資料收集)
- 1) 應掌握施工路線上游端有無污水坑及泵浦等排水設施，以及其排水時間及水位變化。此外，應與泵浦管理單位事前取得聯繫以利施工協調，另須確認及調查生活污水之流量。
  - 2) 應確認施工路線上游端有無其他匯入之管線系統(流域系統圖)，如有滿管可能發生之狀況，應規劃鄰近管段可供暫時將污水繞流匯入。
  - 3) 為預防雨天準備，應有上游範圍之下水道台帳資料。
  - 4) 應掌握當天天氣預報等資料，並預備如有區域降雨時之因應對策。
  - 5) 應調查管內有無可能發生有毒氣體、缺氧狀況、可燃性氣體等狀況。
  - 6) 應確認潮位及高潮之影響。
- (4) 施工時的安全對策
- 1) 施工中如水位及流速已超過標準，則須立即中止作業，並至地上避難。此外，提前制定雨天停工的標準，如由於擬施工管線的特點及現場環境等原因，即使是小雨也要停工，並進行透徹宣傳。
  - 2) 管內聯絡體制，於上、下游人孔上方，以及人孔內各設置 1 名監視人員，以備緊急時之需求。
  - 3) 污水坑、泵浦等排水時，應中止作業並於返回地面，等水位退至安全範圍後，再進行施工。
  - 4) 應和污水坑管理單位事前協調，於管線更新施工時，應停止污水坑運作或保持空水位，並改成以手動方式切換運作。
  - 5) 泵浦開始運轉時，危險也隨之增加，在有泵浦現場的施工時間應予以規定，並制定聯絡體制。此外，提前與處理廠或泵站的管理人員商討作業地點、作業時間、工作規則等。
  - 6) 地上監視人員及管內作業人員之間的聯繫十分重要，應建立現場各種對應狀況的緊急聯絡體制。
  - 7) 為確認管內是否有作業人員，應於人孔地面處設置進出人員名牌，可確認人員之進出，並於全施工人員退出後，才可將抽送風機及氣體偵測器撤出。
  - 8) 施工區域應避免有易燃物，以減少發生燃燒或發生爆炸，另外靜電所產生之火花也應特別注意。

9) 反轉工法或形成工法施工時，應依據更生管的材料安全數據表，各工法的製作過程、材料的構成成份等，皆需遵守「職業安全衛生法、毒性及關注化學物質管理法」法令。

10) 現場浸漬不飽和聚酯樹脂時，根據用量的不同，可能會受到「消防法」的約束。

#### (5) 周邊環境影響對策

1) 依據天氣預報等資料，如有下雨之可能性，應視水量狀況而中止施工，另如於施工處上游區域有降雨時，則依降雨資訊掌握狀況，當確認有降雨時，則中止施工。

2) 施工中如有突發性豪大雨時，應以作業人員之安全撤退為第一優先，施工機具等則需進行防止流失之對策。

3) 遇豪雨時而水位上升時，恐有滿管之可能時，於現場及上游處預備設置人員及機具，以利臨時將水抽排繞流至鄰近人孔。

#### (6) 災害防止對策

1) 平時應針對因應緊急狀況時之救援設備及救援方法進行演練。

2) 為救援準備，應備有空氣呼吸器等保護裝備，並置於容易穿著之位置。

3) 使用易燃物時，必須於現場備有滅火器。

4) 於有使用蒸氣或溫水之工法時，應備有相關排熱之對策。

### 2. 缺氧及有毒氣體等對應的安全措施

既有管線內作業時，應有針對缺氧或有毒氣體之安全措施，進入施工前氧氣濃度及硫化氫濃度等先進行量偵測，確認安全後使得進入管內。

特別是在未完成清除污泥的管線內作業時，應採取必要的防護措施，對污泥進行攪拌及濃度量測。另外，如果作業前濃度顯示異常值，應穿戴空氣呼吸器等有效的呼吸防護用品進行調查。

#### (1) 氧氣及有毒氣體濃度

1) 氧氣濃度在 18%~23%

2) 硫化氫濃度在 10ppm 以下

3) 可燃氣體濃度在爆炸下限之 30% 以下

4) 一氧化碳濃度在 35ppm 以下

#### (2) 量測方法注意事項

1) 人孔蓋打開瞬間，有缺氧空氣、硫化氫等氣體排出之可能，故開啟時勿直視人孔內。

2) 檢測者(合格人員)應熟悉檢測方法。

3) 檢測者必須有 1 人以上的監視人員觀察其檢測時之作業。

4) 為防止人員墜落，監視人員需一併穿戴防墜設施以確保安全。

5) 除進入人孔前檢測氣體外，在有污泥或積水的區域作業時，檢測人員使用氣體偵測器等在作業時事先確認安全。

6) 檢測人員不應在可能存在甲烷等可燃氣體的場所使用供氣性氧氣面罩。

7) 於管內作業時，應攜帶可連續偵測之氣體偵測器。

(3)量測處所

- 1) 於可能有硫化氫、缺氧狀況產生或侵入或停留之場所。
- 2) 於垂直方向及水平方向各設置3處以上，或於全區域(無垂直方向及水平方向亦同)設置5處以上。
- 3) 於需有作業人員進入之區域。
- 4) 於有污泥堆積並攪拌後之區域。

(4)易發生缺氧場所

- 1) 上方有不透水層如砂礫石層有含水、無湧水或少量水部分、含有甲烷、乙烷、丁烷的地層、有碳酸水湧出或可能湧出之地層，或與腐泥層連接以及與其內部相通之地層。
- 2) 雨水、河川之水流有停滯狀況，或有水停止流動之溝槽、暗溝、人孔及窪地內。
- 3) 海水有停滯區域或有停滯狀況之管段、暗溝、人孔及窪地。

(5)易產生硫化氫場所

- 1) 壓力管線出口附近。
- 2) 污水坑銜接處。
- 3) 特殊排水(如溫泉水、工業廢水等)排放處之上、下游端。
- 4) 倒虹吸管之上、下游端。
- 5) 開始通水初期之小流量之低流速區域之上、下游端。
- 6) 管內水流有停滯狀況之管線設施。
- 7) 容易堆積污泥處。

(6)通風

- 1) 如有可能會有產生硫化氫或缺氧狀況之區域，進入作業前應進行通風，如完成作業後，亦須確認管內無作業人員後，始得停止通風。
- 2) 通風方式為，應考量外部空氣之風向來配置風扇，應以一邊進行送風另一邊進行排風方式，持續進行直到管內確認管內空氣為安全值。
- 3) 作業前之通風時間，抽送風機抽風時間應為管內完成一次抽送風所需時間之3~5倍，之後進行氣體偵測並確認安全後，作業人員始得進入，並於人員進入後持續保持抽送風。

(7)防護器具

為利於發生異常狀況所需，空氣呼吸器等設備防護裝備需設置於人孔入口附近，作業人員全體應於平時進行訓練以利需要時能確實著裝及使用；另外，應於可能發生墜落區域應使用防墜安全設施。

3. 施工中的排水對策

管線內作業人員可能遭遇水量突然增大或深水區域，而水壓及浮力將造成滑倒或被沖入水流中之危險。爰此，管線內部作業時，就算為短時作業亦會有水量突然增大之可能性，需於作業前進行資料收集確認，並擬定緊急退

避方案，且因作業中需時常保持聯繫，亦需建立聯絡機制。

此外，為對應管內之流速及水深，應穿著救生衣及安全帶或設置足夠作業範圍長度之防墜繩，另於下游端設置格柵以防止施工人員被沖走。

複合管之製管工法施工時，因其施工中污水可能由另一邊持續流入，為確保施工人員安全，如於管段施工中有一天臨時中斷作業時，應設置侵入防止設施。

#### 4. 安全講習及演練

除需依循勞工安全相關法令進行安全之施工，另為確保現場作業安全，應進行危害告知及工具箱會議。除作業前外，於作業後應全員參加定期的安全相關演練及訓練，日期以每月一次，每次半日以上為原則。

### 7.3.9 提送完工報告

有關需提送之報告書圖，包括竣工圖、試驗報告等種類，另外，必須提送之相關書圖，詳表 7.20 所示。

表 7.20 提送完工報告一覽表

報告名稱	自立管	複合管
系統圖	○	○
施工圖或竣工圖	○	○
本管調查紀錄表	○	○
事前調查統計表	○	○
成果表 <sup>※1</sup>	○	○
材料表(訂購單)	○	○
施工管理	○	○
溫度及壓力管理紀錄表	○	--
溶劑產生氣體濃度檢測表	○	--
填充材注入壓力及注入量管理	--	○
施工時及成品的品質性能試驗報告書 <sup>※2</sup>	○	○
缺氧等氣體濃度檢測表	○	○
施工照片記錄	○	○
竣工 GIS 屬性資料及數值化圖檔	○	○

※1：列出管線編號、既有管內徑、現有長度、更新工法、更生管徑、更生長度、連接管穿孔點位及數量等。

※2：填充材之抗彎性、抗化學性、抗震性及抗壓強度測試。

### 7.3.10 攝錄影要領

關於工程施工完成後需提送之照片，以下為所需遵守之攝影要項。

#### 1. 自立管攝影要領

(1)一般共通事項

施工項目	攝影處及內容	攝影頻率
現場概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 於施工處同一位置及同一方向</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 施工處之起點、主要之中間位置、以及終點(同一方向為指由起點向終點方向定點方式攝影)</li> </ul>
材料及品質等	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 施工前之使用材料保管狀況</li> <li>◆ 施工前之使用材料狀況確認(組數編號等)</li> <li>◆ 試驗用材料之現場狀況確認</li> <li>◆ 試驗實行狀況</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 依現況</li> <li>◆ 依管徑、組數編號</li> <li>◆ 依管徑、組數編號</li> <li>◆ 依管徑、組數編號</li> </ul>

(2)本管更生作業

施工項目	攝影處及內容	攝影頻率
前處理作業	施工狀況 <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 障礙物移除狀況(連接管之突出部分、砂漿、樹根)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 每個施工處</li> </ul>
更生作業	施工狀況 <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 既有管之清洗狀況</li> <li>◆ 接合狀況(緊貼狀況、壓力管理狀況等)</li> <li>◆ 硬化狀況(壓力管理狀況、溫度管理狀況)</li> <li>◆ 管口硬化及收縮狀況(管內徑量測狀況)</li> <li>◆ 管口切斷狀況</li> <li>◆ 連接管穿孔狀況</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 依管徑</li> <li>◆ 依管徑</li> <li>◆ 依管徑</li> <li>◆ 依管段(上下游)</li> <li>◆ 依現況</li> <li>◆ 依管徑</li> </ul>
	完成更生之管理狀況 <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 內襯管口之收邊狀況(施工前、施工後)</li> <li>◆ 內襯管之厚度(使用游標卡尺測定)</li> <li>◆ 內襯管之內徑</li> <li>◆ 連接管口之收邊狀況</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 依管段(上下游)</li> <li>◆ 依管段(上下游)</li> <li>◆ 依管段(上下游)(管徑為<math>\phi</math>800mm 以上管段則於管中央附近一併進行)</li> <li>◆ 依管段每5處取1處</li> </ul>
管內檢視作業	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 使用攝影機調查內襯管之更生狀況</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 依現況</li> </ul>
排水作業	施工狀況 <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 更生管、連接管之排水狀況</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 依現況</li> </ul>
更生設備作業	各種使用機具設置狀況 <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 使用機具</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 依現況</li> </ul>

(3)臨時工程

施工項目	攝影處及內容	攝影頻率
安全設備	◆ 工程告示、護欄、指揮旗手等	◆ 依現況

(4)附屬工程

施工項目	攝影處及內容	攝影頻率
導水槽 修復作業	◆ 施工前、施工後	◆ 施工處

(5)其他

施工項目	攝影處及內容	攝影頻率
安全作業	◆ 安全作業環境管理(缺氧、內襯材料使用溶劑產生之氣體等工作環境濃度測量狀況以及換氣狀況)	◆ 依現況
公害防止	◆ 噪音偵測狀況 ◆ 防臭設備狀況(內襯材料使用之溶劑產生之氣體偵測) ◆ 防塵設備狀況	◆ 依現況 ◆ 依現況 ◆ 依現況
廢棄物處理	◆ 處理前及處理後之現況、運棄情形	◆ 依現況
自主檢查	◆ 各種檢查	◆ 依現況
危害告知	◆ 施工內容說明及準備工作等	◆ 依現況

2. 複合管攝影要領

(1)一般事項

施工項目	攝影處及內容	攝影頻率
現場概要	◆ 於施工處同一位置及同一方向	◆ 施工處之起點、主要之中間位置、以及終點(同一方向為指由起點向終點方向定點方式攝影)
材料及品質等	◆ 施工前之使用材料保管狀況 ◆ 施工前之使用材料狀況確認 ◆ 試驗用材料之現場狀況確認 ◆ 試驗實行(壓縮強度試驗)狀況	◆ 依現況 ◆ 依組數編號 ◆ 依注入日( $\phi$ 800mm 以下每 100m 一次) ◆ 依注入日( $\phi$ 800mm 以下每 100m 一次)

(2)本管更生作業

施工項目	攝影處及內容	攝影頻率
前處理作業	施工狀況 ◆ 障礙物移除狀況(連接管之突出部分、砂漿、樹根) ◆ 連接管封管 ◆ 既有管接頭修補	◆ 每個施工處 ◆ 每個施工處 ◆ 依現況
更生作業	施工狀況 ◆ 既有管之清洗狀況 ◆ 製管作業狀況 ◆ 背填材料注入狀況 ◆ 管口切斷狀況 ◆ 管口狀況(表面及內徑量測狀況) ◆ 連接管穿孔狀況	◆ 依管徑 ◆ 依管徑 ◆ 依管徑 ◆ 依現況 ◆ 依管段(上下游) ◆ 依管徑
	完成更生之管理狀況 ◆ 內襯管之口之收邊狀況(施工前、施工後) ◆ 內襯管之內徑 ◆ 連接管口收邊狀況	◆ 依管段(上下游) ◆ 依管段(上下游)(管徑為 $\phi$ 800mm 以上管段則於管中央附近一併進行) ◆ 依管段每 5 處取 1 處
管內檢視作業	◆ 使用攝影機調查內襯管之更生狀況	◆ 依現況
排水作業	施工狀況 ◆ 更生管、連接管之排水狀況	◆ 依現況
更生設備作業	各種使用機具設置及回收狀況 ◆ 製管機 ◆ 背填材料注入機	◆ 依現況 ◆ 依現況

(3)臨時工程

施工項目	攝影處及內容	攝影頻率
安全設備	◆ 工程告示、護欄、指揮旗手等	◆ 依現況

(4)附屬工程

施工項目	攝影處及內容	攝影頻率
導水槽修復作業	◆ 施工前、施工後	◆ 施工處

(5)其他

施工項目	攝影處及內容	攝影頻率
安全作業	◆ 安全作業環境管理(缺氧等工作環境濃度測量狀況以及換氣狀況)	◆ 依現況
公害防止	◆ 噪音偵測狀況	◆ 依現況
廢棄物處理	◆ 處理前及處理後之現況、運棄情形	◆ 依現況
自主檢查	◆ 各種檢查	◆ 依現況
危害告知	◆ 施工內容說明及準備工作等	◆ 依現況