

都市維生管線之維護及管理 — 以下水道為例

陳賜賢／中華民國水利技師公會榮譽理事長

摘要

最近高雄石化氣爆事件及東日本 311 大地震與美國颶風災害等某種程度都使都市生活機能中斷，其中高雄石化氣爆事件因丙烯氣爆沿著三多路使多條重要道路嚴重損壞，同時炸毀包括與民眾生活息息相關之管線，如污水、自來水、電信、光纖通訊、高低壓電線、瓦斯、第四台電纜等或稱為都市「維生管線」，災害瞬間該區民眾生活陷入困頓，而外援也因交通道路中斷而無法到位；類似情況在前述國外也經歷過，而臺灣於莫拉克颱風或 921 大地震也都一再重複發生；因此都市維生線工程廣義的說法應包括地面上橋樑道路及地下各式各樣管線設施，而狹義的見解則為前述僅與生活息息相關之地下管線設施；無論如何面對類似複合型災害，有必要重新檢視，俾將災害影響範圍降至最小，亦即如何「降低災害」的想法，特別是面對維生管線維護對策，必須

更宏觀而全面的重新評估，以確保將來發生比高雄石化氣爆更巨大的災害時，能做好更萬全的準備；本文僅以地面下之污下水道管檢查維護管理為例，說明平時對地下管線維護管理方式。

前言

都市地下維生管線系統（Lifeline）為維繫一般居民生活之基礎設施，都市化程度越高之城市對其依賴性愈高；依據日本國土交通省的統計調查結果，每 1 km 長的國道便有 30 ~ 35 km 長的地下設施，在市區內，稠密程度更甚。地下設施繁多，除了常見的給水管道、能源管道、交通管道、通訊管道及視訊網路等逾 20 種，而電訊線路便有近 10 種；因此一但發生災害，若無完整管理系統，恐足以危害都市生活功能及其安全。



圖 1 複雜之都市地下維生管線系統 [4]
(1 km 長的道路約有 36 km 長的地下設施)

地下管線設施 — 污水下水道之維護管理介紹

臺灣地區隨著社會之進步與發展，污水下水道已列入重大國家建設項目之一，完整之污水下水道維護工程包含：管道清理作業、管線結構之內外檢測、對管線缺失進行診斷、修繕方式及費用估算等，如圖 2 所示。

1. 管線檢測

於進行管線檢視工作之前，先進行地面地形測量、管線基本資料量測及建檔等工作，以建立數值地

形、土地使用等圖資及紀錄管線長度、管徑、埋設深度、排水坡度、高程等管線基本資料。一般污水管線檢視包括管線內部結構狀況及外部基礎檢視。內部結構狀況檢測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，如裂縫、穿孔、變形、塌陷、接頭移位、表面沖蝕、滲入、阻塞、結垢等，作為擬訂適當維修方式之依據。管線調查方式包括管線注水試驗、誤接調查、送煙試驗與負壓試驗等，如圖 3 所示。

污水管線直徑 1200 mm 以下（不含 ϕ 1200 mm），

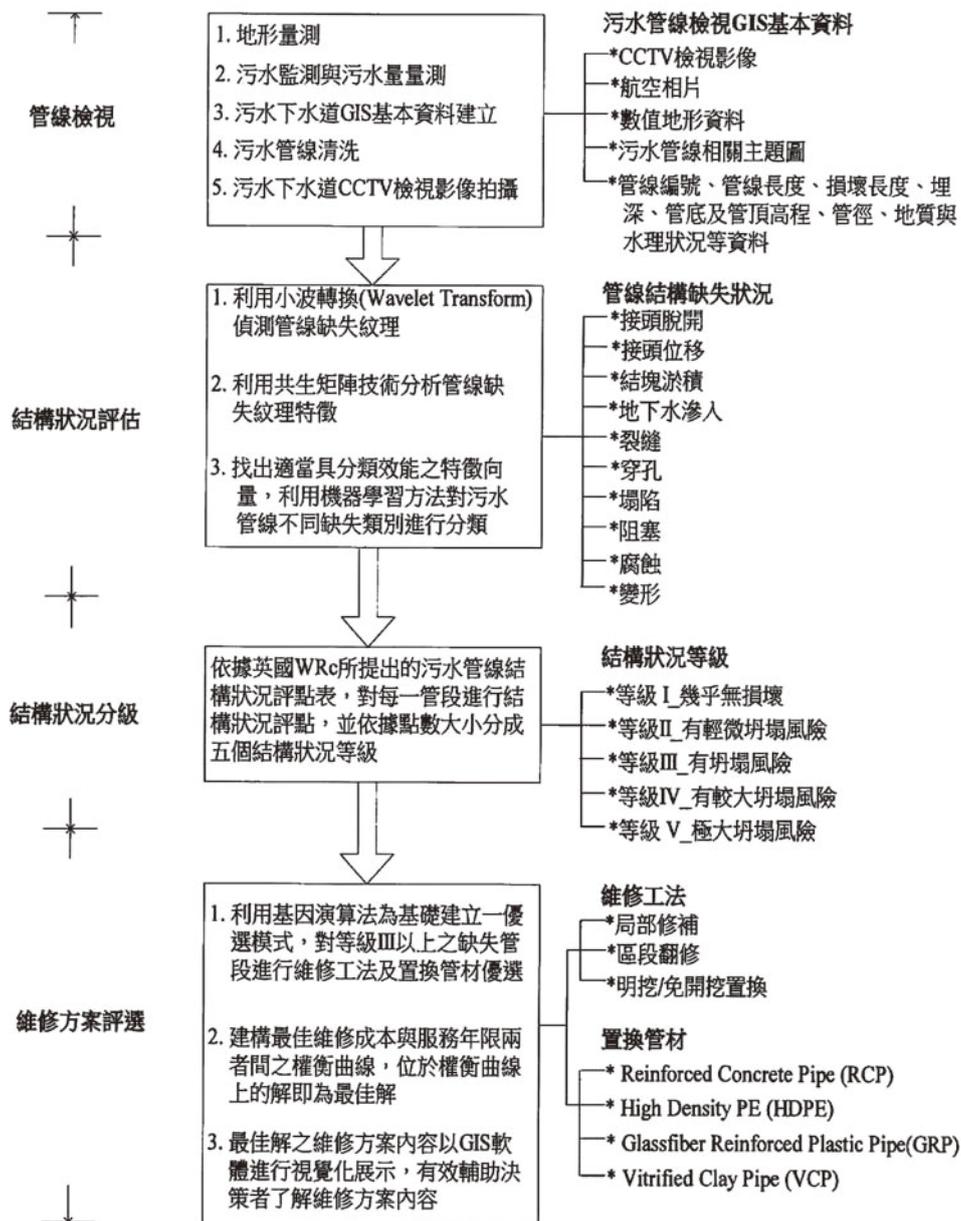


圖 2 污水下水道管線維護管理作業流程

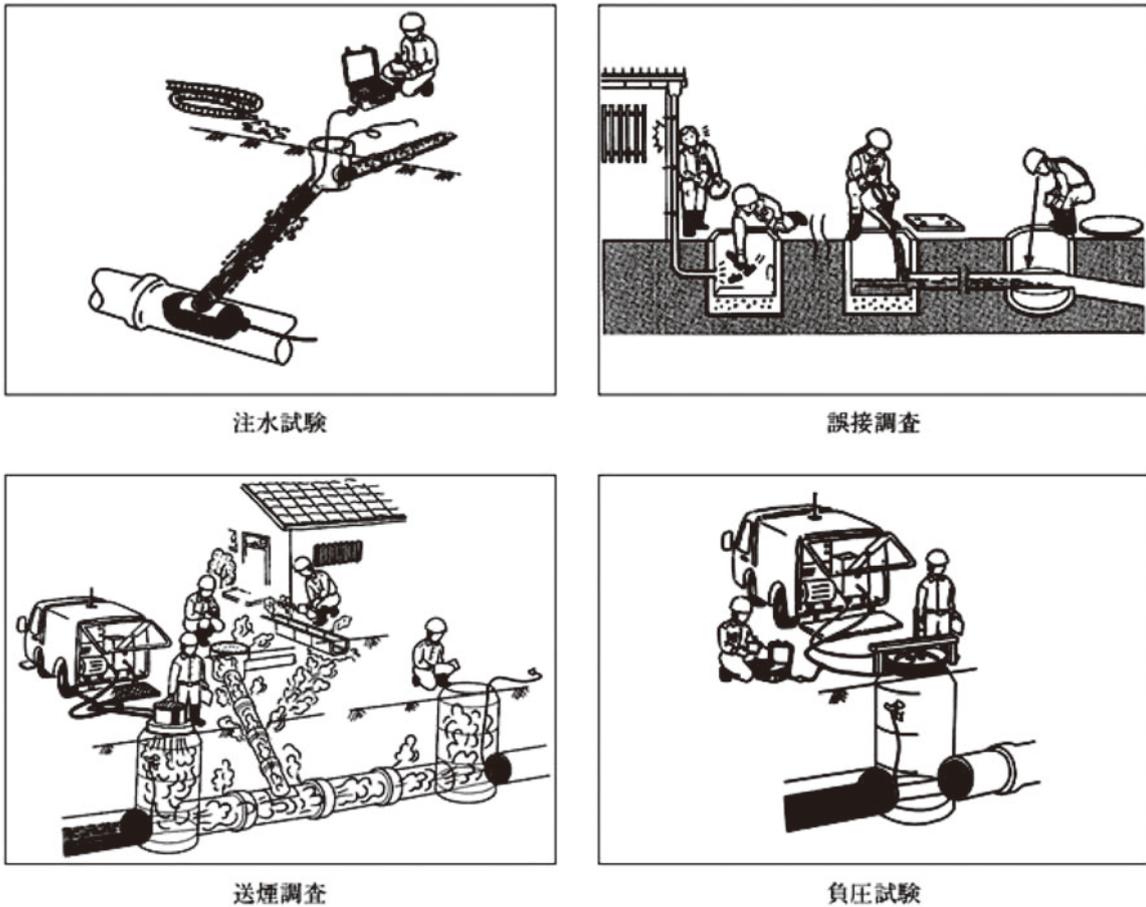


圖 3 管線之注水試驗、誤接調查、送煙調查及負壓試驗示意圖

目前以使用閉路電視 (CCTV) 逐段檢查管內狀況並錄影存證為主要技術。至於直徑 1,200 mm 以上之污水管線，則由現場作業人員攜帶錄影設備，進行縱走檢視，並在各接頭處進行環攝，以確認管線狀況。管線裂縫與滲水之 TV 檢視及探測方法如圖 4 所示，該方式係將閉路電視 (CCTV) 置於管道內，通過在地面上之監視器，觀察下水道破損、裂縫、浸漏、連接管之狀態，將其作為資料收錄在儲存設備上。惟 CCTV 在管線通水情況下無法進行檢視，因此，須先清洗下水道系統，並須將檢視之管段以另一暫代管段輸水後，再行檢視。

管線調查及診斷作業流程如圖 5，管線清理及檢視作業流程如圖 6 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 自走車調校、自走車安置入管及系統設定、自走車操作及管內拍攝、影像品質確認、確認 CCTV 影像是否可供診斷等。

管線檢視之基本作業說明如下：

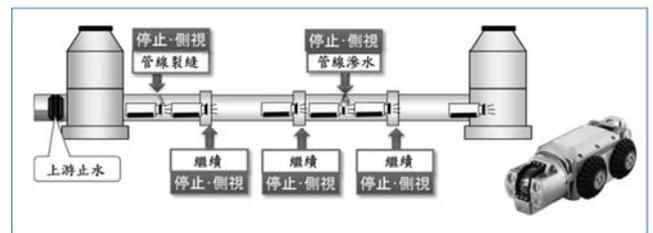


圖 4 管線之 TV 檢視及探查方法示意圖

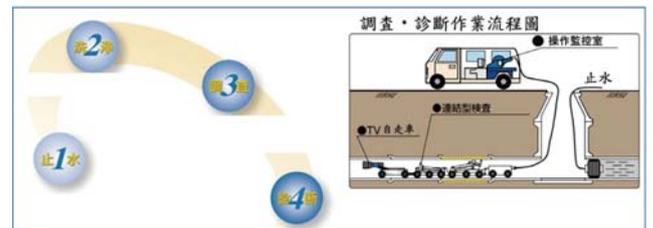


圖 5 管線調查及診斷作業流程

A. 確定工作範圍

在施作地點周圍，須架設交通錐等相關勞安設施，並設置交通指揮手排除車輛，以兩相鄰人孔或單一管段為一作業單元。

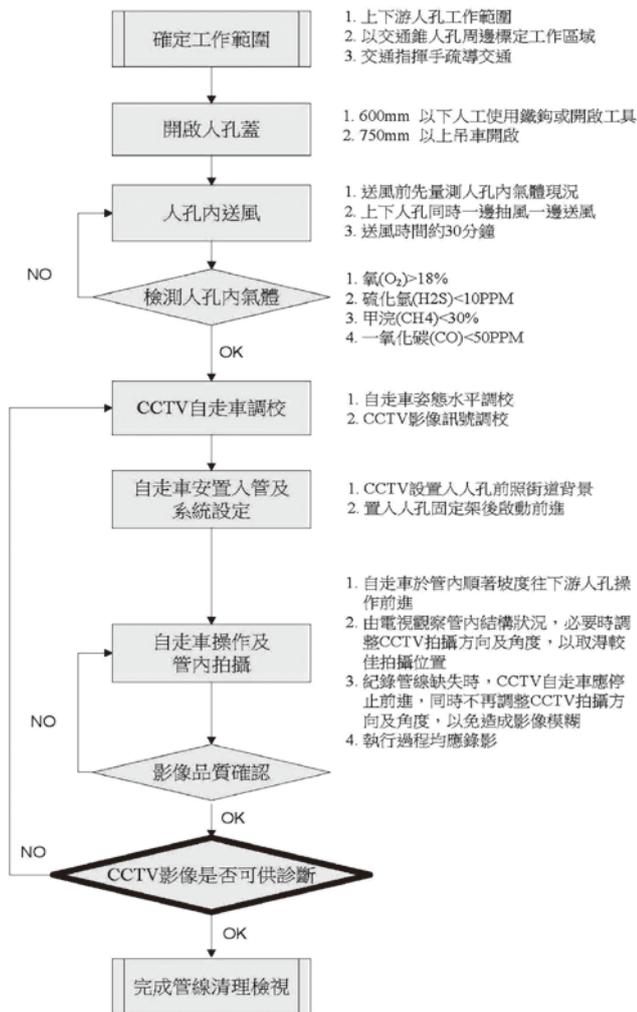


圖 6 管線檢視流程

B. 抽風換氣及氣體偵測

開啟人孔蓋後，將先對檢測管段抽風換氣，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 ppm、可燃性氣體 < 30%、一氧化碳 < 50 ppm）。若未通過，則繼續抽風換氣，上下人孔同時一邊抽風，一邊送風，送風時間約 30 分鐘。接著，以橡皮充氣止水栓擋上游管道排放之水，並以抽水機作為臨時排水措施。

C. 管線清洗

原則上，將由上游往下游逐段清理，而污水管線清洗方式係由下游人孔向上游人孔清理，以高壓洗管方式清除管內沉積砂石、污物、油脂硬塊等雜物；以真空幫浦吸除所匯集在人孔內之砂石或污物並與以運棄。作業時，若以橡皮充氣式止水栓塞住上游管線，則將設置污水抽水機抽除，以避免上游管線溢流至路面。

D. CCTV 影帶製作

對管徑未達 1,500 mm 者，一般以進行 CCTV 檢視作業（將含坡度測定）為主，CCTV 自走車之操作係由地面上閉錄電視攝影車內之電腦設備控制，管內狀況傳輸至電腦螢幕，所有檢視過程均應製成光碟片存憑；進入前，工程師以白板填寫註明工程名稱、工程項目、施作人孔之圖號、編號、管徑、位置與日期等一起拍攝，攝影時將同時以監視器監看拍攝效果。

E. CCTV 自走車拍攝

CCTV 開始進行拍攝時，管內雜物將全部清除。清理完成後，進行錄影存證，拍攝時，將人孔週邊背景納入，並從設備安置在檢測管口處直到完成整個檢視過程為止，進行連續拍攝。管線內之水流不得超過管徑百分之五（管線沉陷部份及漏水等除外）。於拍攝過程，不良處之位置、管材、管徑、街頭號數、檢查日期及不良情形等資料將輸入電腦螢幕，並記錄在錄影帶上且將拍照管線缺失存憑；有關 CCTV 檢視車作業情形，如圖 7 與 8。CCTV 自走車操作作業程序如下：

- (1) 將閉錄電視攝影車停在適當位置，打開警示燈及擺放交通錐。
- (2) 啟動發電機，發動後約 5 分鐘讓電流、電壓平穩後，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) 開啟錄放影機電源（以錄影方式將管道內部檢查結果記錄下來，作為下一階段之規劃設計依據）。
- (6) 開啟控制盤及監視器開關（控制盤：用以控制閉錄電視攝影機前進、後退、調整鏡頭光圈、焦距、直視及側視 360 度；監視器：可同步顯示管內狀況；鍵盤：隨時輸入各項資訊及記錄於影帶中）。



圖 7 CCTV 檢視車外觀



圖 8 CCTV 檢視車內部

F. 管渠內雜物處理

若有樹根侵入、接頭止水膠圈脫落、地板磨石漿或混凝土塊、油脂硬管內障礙物清除作業時，操作工程師需注意不損傷管壁。俟清除後，以高壓洗管機將障礙物清除，再以 CCTV 檢視鏡頭檢查管內清除情況後，製成錄影帶，並拍照存憑。如遇下列情況致使自走車無法前進時，現場常以錄影及拍照存參：(1) 管接頭漏水或接合不良 (2) 突出插管 (3) 管壁不良或管接合不良 (4) 管破損或斷裂等。

2. 管線結構狀況評估

下水道管線設施受原設計、施工、材料、構造等不同因素及通水後因使用狀況之不確定因素影響，其排放能力及結構狀況受物理性、化學性及生物化學性等影響，引致結構狀況受損，因而降低使用年限。一般管線設施標準之耐用年數與需予處理期限如表 1 所示。

3. 管線更新工法之分類

依據日本下水道協會「管更新之指導(案)」，污水下水道管線更新工法包括反轉工法、成形工法、製管工法、鞣管工法，其分類如圖 9。根據管線攝影調查結果，對管線診斷、評估及提出更新建議之流程如圖 10 所示。自走式攝影機調查判斷基準如表 2 所示，管線改良必要性之判定基準如表 3 所示。

改良之必要性及基本工法之判定

從調查項目之級別判定結果，決定改良之必要性與選定基本工法下判定基準。

附屬管項目 (SK-SS)，砂漿堆積 (Q) 及填料異常 (P) 原則上非本管修繕改建對象 (不含檢附管理)，但針對其他工程項目如下：

表 1 管線標準耐用年數與處理期限

大分類	中分類	小分類	年數	處理期限
管線設施	管渠 (人孔間)	鋼筋混凝土	50	20
		離心鋼筋混凝土		
		陶		
		硬質聚乙烯		
		玻璃纖維		
		鑄鐵		
		球墨鑄鐵		
		鋼		
		混凝土		
	樹脂混凝土			
	附屬管	硬質聚乙烯	50	20
		陶		
		離心鋼筋混凝土		
	人孔	本體 (混凝土)	50	20
		本體 (硬質聚乙烯)		
本體 (樹脂混凝土)				
鐵蓋 (車道部)		15	7	
鐵蓋 (其他)		30	15	
共通	內部防蝕	10	-	

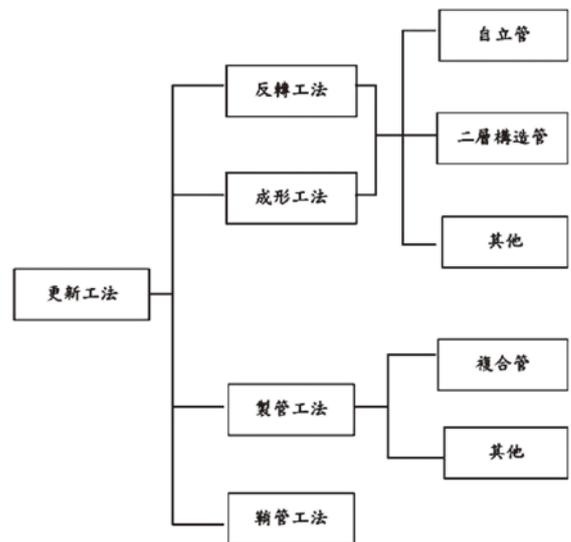


圖 9 污水下水道管線更新工法分類

- (1) 有妨礙之砂漿，填料，附屬管突出之前處理。
- (2) 附屬管詳細調查 (因有附屬管必要改良之情況)。

浸入水、樹根侵入等須進行水止工或前處理 (樹根去除工)。此為考慮基本之判定，須改良之位置數量及管路耐用年限，依據「投資效果」予以評估，決定全線改建或部分修補之方案。

表 3 改良必要性之判定基準

調查項目	判定之基本基準
C 級	<ul style="list-style-type: none"> 原則上 C 級之項目判斷與緊急處理之必要性，無立即修復對象可「監視處理」。 破損 E (從人孔內修補可能之管口部缺損) 為「管口修補」。
B 級	<ul style="list-style-type: none"> 原則上，檢討更新工法而分級。 鬆弛 (L)、蛇行 (M) 相關流水能力之檢討有必要，不符之場合，設施之角色已失之故，開挖更替佈設。 接頭垂直位移 (G)，逆坡流水能力不符場合，需開挖更替佈設，提升功能管渠更新之檢討。
A 級	<ul style="list-style-type: none"> 有關破損 (E)，接頭處垂直位移 (G)，原則上以開挖佈設替換。 有關鬆弛 (L)、蛇行 (M)，管流出能力不佳需開挖佈設替換。 等級 (V、H) 接縫處張開 (B)、腐蝕 (F)、樹根侵入 (R)、浸水 (D)，原則以更新工法檢討處理。

表 4 依據調查結果改良工法之基本目的

級別	記號	A 級	B 級	C 級
破損	E	開挖檢討	自立管	管口修補
接頭處垂直移位	G	開挖檢討		(監視處理)
接頭處張開	B	二層構造管(II)	(監視處理)	(監視處理)
		拔出之場合之開挖檢討		
破裂(垂直)	V	二層構造管(II)	二層構造管(II)	(監視處理)
破裂(水平)	H	自立管	自立管	(監視處理)
		二層構造管(I)	二層構造管(I)	
鬆弛	L	因流下能力不符需開挖檢討	因流下能力不符需開挖檢討	(監視處理)
蛇行	M	因流下能力不符需開挖檢討	因流下能力不符需開挖檢討	(監視處理)
腐蝕	F	自立管	自立管 二層構造管(I)	(監視處理)
樹根侵入	R	二層構造管(II)	二層構造管(II)	
浸入水	D	二層構造管(II)	二層構造管(II)	(監視處理)
填料異常	P		—	
砂漿堆積	Q		—	
附屬管突出	SK		—	
附屬管破損	SE		—	
附屬管移位	SG		—	
附屬管異常	SP		—	
附屬管樹根侵入	SR		—	
附屬管內浸入水	SD		—	
附屬管內其他異常	SS		—	

※ 部分內視二層構造管(II)適用，在適用外之場合可將部分開挖，檢討全線視砌工法。
 ※ 既設管線為陶管時，適用於自立管。

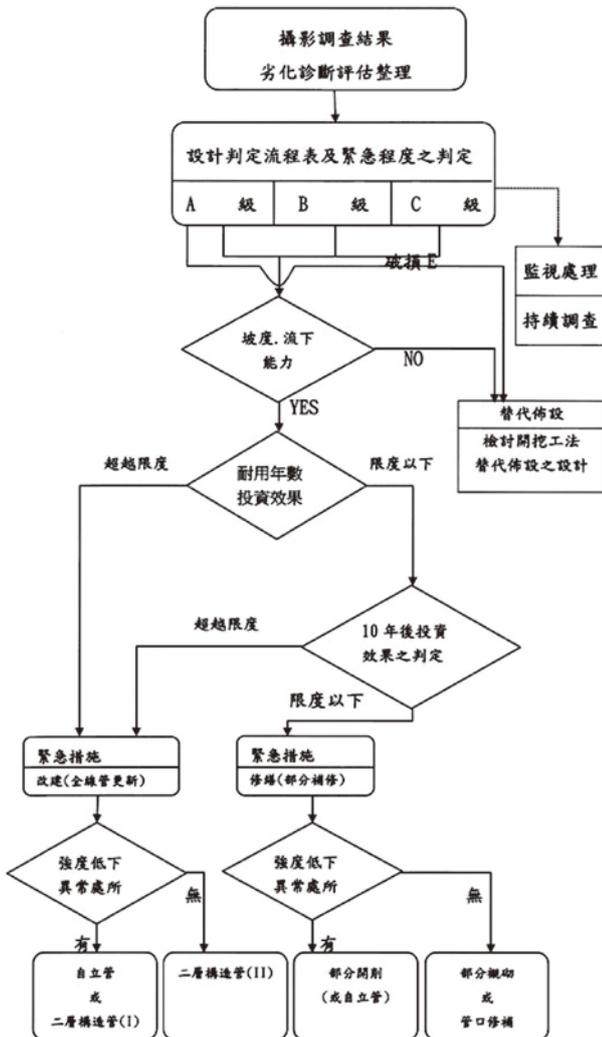
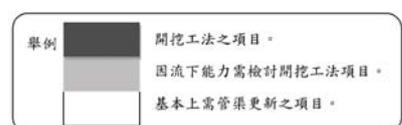


圖 10 管線攝影調查結果評估及更新建議之流程

表 2 自走式攝影機調查判斷基準

級別	記號	A	B	C
破損	E	管材有破壞不適用管渠更新(要開挖)	管材有缺損管渠可能更新	可能從人孔內修補之管口部缺損
接頭處垂直位移	G	3cm 以上	1cm-3cm	1cm 以下
接頭處開	B	3cm 以上	1cm-3cm	1cm 以下
破裂(垂直)	V	半圓周以上	半圓周以下	髮裂
破裂(水平)	H	管長之 1/2 以上	管長之 1/2 以下	髮裂
鬆弛	L	管徑之 1/2 以上	管徑之 1/2 以下	不足管徑之 1/5
蛇行	M	管徑之 1/2 以上	管徑之 1/2 以下	不足管徑之 1/5
腐蝕	F	全體管材露出	部份管材露出	顏色改變
樹根侵入	R	樹根侵入妨礙水流	有樹根侵入	—
水侵入	D	飄出水	流水	模糊
填料異常	P	有橡膠圈露出妨礙水管	有橡膠圈露出	—
砂漿堆積	Q	管徑之 20% 以上	管徑之 20% 以下	—
附屬管突出	SK	本管內 3cm 以上	本管內 3cm 以下	—
附屬管破損	SE	管材有破壞不適用管渠更新(要開挖)	管材有缺損，管渠可能更新	—
附屬管移位	SG	3cm 以上	1cm-3cm 未滿	1cm 未滿
附屬管材料異常	SP	橡膠圈露出妨礙水流	橡膠圈露出	—
附屬管內樹根侵入	SR	樹根侵入妨礙水流	有樹根侵入	—
附屬管內浸入水	SD	滲出水	流水	不明顯
附屬管內其他異常	SS	需要立即處理	需要有計畫處理	—

(1) 二層構造管之適用損傷型態 (如圖 11)



圖 11 既有管線損傷型態之分類 (一)

(2) 二層構造管設計之適用性判定 (如圖 12)

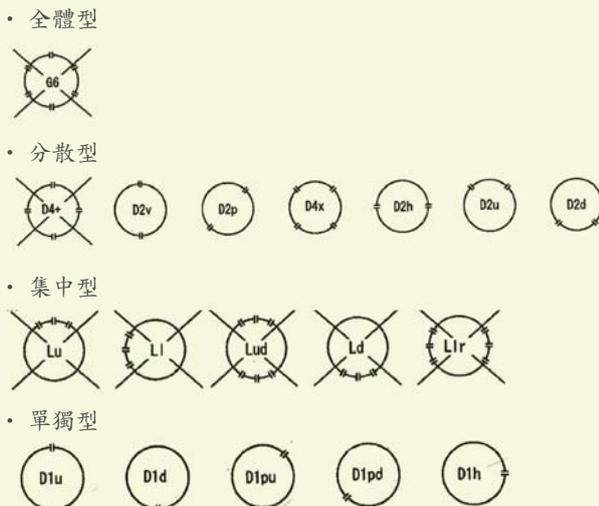


圖 12 既有管損傷型態之分類 (二)

在一支管段中，若無任何不適當損傷型態存在，則建議採用自立管更新。表 5 為管線接縫處位移之改善判定表。

表 5 管線接縫處位移之改善判定表

種別	級別	判定工法		
G 接頭垂直位移	A	原則上選定開挖工法替代佈設		
	B	正坡級	原則上選定管渠更新工法	
		逆坡級	流下能力	有障礙 → 原則上選定開挖佈設替代 無障礙 → 原則上選定管渠更新工法
			其他	

(3) 通水能力之檢討流程



(4) 結構計算流程

小管徑之場合，更新管之結構計算依照圖 13 之流程。

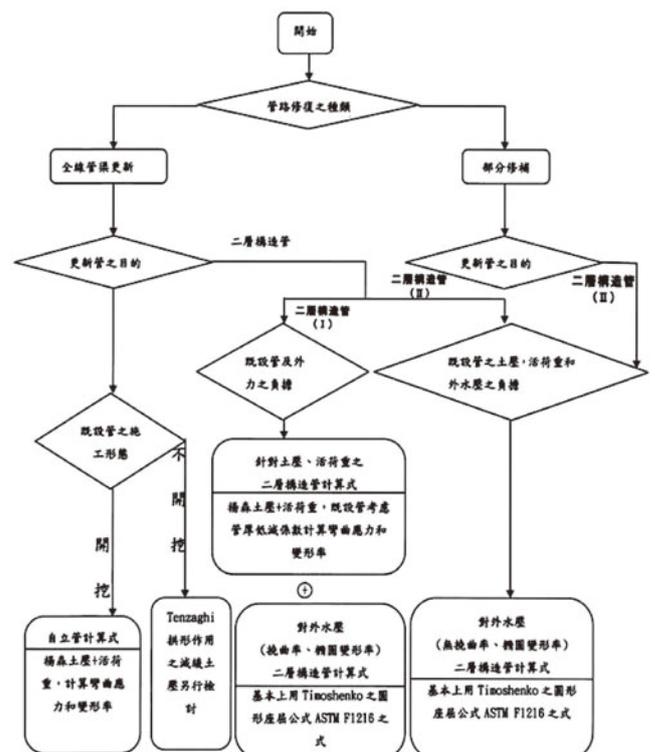


圖 13 更新管線之結構計算流程



圖 14 地下維生管線之未來管理方向 — 強化重要設施供給系統 [3]

地下維生管線之未來管理方向

台灣為颱風與地震頻繁地區除了自然災害外，尚可能面臨類似高雄人為意外災害，有關給水、能源、通訊供給系統，應於平時進行各式各樣防災模擬並儘可能提高最大限度地抵抗災害的系統，以確保災害時包括對災害指揮中樞、醫院及車站能供應包括「給水、能源、通訊」（如下圖 14），以降低二次災害及爭取災區搶救黃金時間；總而言之，地下管線錯綜複雜其功能及維護方式有所不同，本文僅以污水下水道維護管理方式作檢討，尚未包括其他設施及防災討論，未來管理方向應包括平時功能運轉及防災安全供給並配合道路空間資訊系統整合。

參考文獻

1. OKAYAMA CITY ,Urban development bureau , 2013 ,「電線共同溝の整備について」, 日本。
2. 建設省下水道部 , 1995 ,「管路施設の計画的維持管理と財政の効果に関する調査報告書」, 日本。
3. 東京都総務局総合防災部 , 2013 ,「東京都の地域防災計画について」, 日日本。
4. 財（道路管理センター）2013 ,「道路管理システム’ ROADIS における現状と課題」, 日本。



中國土木工程學會
CIVIL AND HYDRAULIC ENGINEERING

一個凝聚產官學土木專業知識的團體
一個土木人務必加入的專業學術團體
一個國際土木組織最認同的代表團體
一個最具歷史且正轉型蛻變中的團體



<http://www.ciche.org.tw>
請上網下載入會申請表

電話：(02) 2392-6325
傳真：(02) 2396-4260
e-mail: service@ciche.org.tw

歡迎加入學會