

污水下水道超量進流與其防範對策初探

胡兆康¹，黃正義²，劉興榕³

摘要

完善之下水道系統是現代化都市不可或缺的公共設施，亦是國家競爭力之重要評量指標。我國下水道普及率遠落後于其他主要開發中國家，政府有鑒於此乃決定斥資新臺幣五百億元，計劃於四年內將全國污水下水道普及率提升至十七%，此一政策應是可喜可賀之事，惟污水下水道與當地之地理環境及社經條件息息相關，故相關建設應切合當地現況實施之。所謂「超量進流」即是指污水下水道之實際進流量超出原規劃設計之預估汙水量，嚴重之「超量進流」常引致污水溢流及設施壞損等弊害，因此，不可不探究其成因並加以防範。故政府在大張旗鼓投入巨資之前，宜參考現成經驗多所斟酌，以獲致較佳建設成果。臺北市為國內污水下水道最普及地區，以臺北市為例，探討超量進流成因與其所造成的損害，並提出能確保系統輸水功能之相關防範措施，具有範例意義。

關鍵字詞：污水下水道、輸水功能、超量進流、流量過載、紓流排放。

一、前言

公共污水下水道之目的在於收集與處理都會區之生活污水及事業廢水，是現代化都市不可或缺的基礎建設，其設施功能之良窳，關乎都市生活環境品質至鉅；故如何確保污水下水道之設施功能，可謂至為重要。國內早期因偏重於追求經濟的進步與繁榮，而忽略對生活環境的保護，導致生活環境與河川水體均遭受嚴重污染；政府為有效改善環境衛生，乃在各界企盼下，決定斥資新臺幣五百億元，自本（九十）年度起大力推動全國主要都會區之污水下水道建設，期於四年內將全國污水下水道普及率提升至十七%，以具體提升國家競爭力。

1. 臺北市政府工務局衛生下水道工程處處長
2. 國立臺北科大工程學院院長、環境管理研究所教授
3. 臺北市政府工務局衛生下水道工程處規劃科科長

污水下水道與當地自然環境及社經條件之關係至為密切；故在建設與管理上皆應切合當地特性，方能使其達到應有功能。臺灣地區位處溫帶與熱帶交界處之副熱帶季風區，經常受颱風與豪雨侵襲；而地質環境又屬歐亞大陸板塊與太平洋板塊之交界地區，平均每 10 年就發生一次大型的地震；且地狹人多、各項建設互相杆格，造成污水下水道污水溢流或設施受損之機率很高。故亟須探討超量進流問題，並研擬流量過載之削減與紓流通路或緊急排放對策，以建立相關防災機制，俾使災害與損失減至最低。

臺北市為國內污水下水道最普及之都會區，個人認為中央在推動其他都會區污水下水道建設之前，宜多方參考臺北市之建設經驗，以使該項建設發揮最大成效。本文係以公共污水下水道特性，探討超量進流成因與其可能造成的損害，並研提流量過載之削減與紓流排放等相關防範對策，俾將其可能產

生之災害與損失減至最低，以確保公共污水下水道系統功能。

二、背景與特性

臺灣地區目前僅臺北市及其他少部分地區設有分流制污水下水道，其餘則僅設化糞池以處理人體排泄物，至於家庭雜排水則併同雨水利用既有排水涵渠排除之。本文為便於探討，將就污水下水道之環境背景與相關特性分述於下。

2.1 污水量與水質

分流制公共污水下水道系統所收集處理之污水係包括事業廢水與生活污水；所謂生活污水係指人體排泄物，以及廚房、衛浴、洗衣等生活雜排水，但不含冷卻水、屋頂與地面之雨水。由此可知污水屬有害且令人厭惡之流體，如處理不當或設施不良，將會影響環境衛生、有礙美觀並妨礙水之利用。

污水下水道之單位污水量與水質隨都市特性及市民生活方式而不同；臺北市在民國 109 年之目標年單位污水量為每人每日 340 公升，而依 89 年全年自來水實際用水量換算得知，而當前單位污水量約為 300~320 公升；另依臺北市衛工處 89 年委託調查實測得知，粗單位污水量為 416 公升，扣除 20% 地下水入滲量及不明水入流量得 310 公升，符合上述推算數據，而其尖峰流量係發生於上午 10 時左右，次尖峰流量發生於下午 3 時左右，最小流量則發生於清晨 3~4 點鐘。

2.2 設施特性

污水下水道系統設施包括：污水收集系統、污水處理系統與放流系統等三大主要設施。污水收集系統含蓋主次幹管、分支管網、用戶連接管等管線設施，污水截流站(或設施)與抽水站(揚)水站等設施；其中管線設施因管線遍佈於市區大街小巷、埋設深且管內終年有水較難以巡守，且污水含有多量有害物質，容易使管渠阻塞及遭受腐蝕；又因管線系統並無有效管控污水流通之機制，且無法限制用戶排放污水，故將引發冒水或溢流

問題，導致環境與水體遭受污染，或因超量進流造成設施損毀等災害，尤以居於全系統關鍵之迪化抽水站更為容易肇致災害。

2.3 環境特性

臺灣位於西北太平洋颱風生成區，每年平均遭到 3.5 個颱風侵襲；在一年之間則以 7 月到 9 月的頻率最高。且又地處副熱帶季風區的多雨地區，年平均雨量約為 2,515 公釐，高出世界主要國家之年平均值(973 公釐)約 2.5 倍。其降雨多集中在每年的 5 月至 10 月(約占全年降雨量的 78%)，且以北部 2,934 公釐為最大，南部 2,501 公釐次之，中部 2,081 公釐最少；由於降雨量在時間與空間的分配上不很平均，故對各地污水下水道之影響程度亦不盡相同。

臺北地區因降雨強度大、地勢低窪、地下水水位高，且毗鄰之淡水河感潮河段長，又因早期興建之工程設施不甚理想及管理工未落實，使其在豪暴雨來襲時經常無法發揮預期功能。因此，區域內之公共極易招致超量進流影響，茲就污水下水道之超量與其所造成之災害分述於後。

2.4 發生事件

污水下水道雖屬密閉而獨立的系統，惟因諸多既成的內外環境因素，致使管渠輸水功能受阻，甚至發生溢流而造成環境污染問題。例如臺北市公共污水下水道於民國 87~89 年間即曾因數次豪暴雨之超量進流，使居於臺北市污水下水道關鍵點之迪化抽水站，其尖峰進流量分別高出平常進流量之 2.5、4.0、5.5、6.0 倍。經查當時抽水站之平常進流污水量約為 24 萬 CMD，而芭比斯颱風時其尖峰進流量為 132 萬 CMD，其進流量已遠超過該抽水站原計畫目標抽水量 76 萬 CMD，且亦超過民國 90 年之全年計畫污水量 118.3 萬 CMD，由此可見暴雨超量進流之嚴重性。茲將上述近年豪暴雨進流事件彙列如表一所示。

表一 臺北市污水下水道近年豪暴雨進流事件一覽表

時間	災害類型	受災情形
89年11月01日	象神颱風挾帶暴雨	當時迪化抽水站之最大尖峰進流量約為平常平均進流量之6倍，該站之放流井水位為EL4.8M而淡水河水位高達EL3.63M；因整條放流管須承受高達3公尺之淨內壓，致使放流管破裂，並形成環河北路地面(EL2.8M)冒水之現象。
89年08月22日	貝麗絲颱風挾帶暴雨	當時迪化抽水站之最大尖峰進流量約為平常平均進流量之3.3倍，故曾造成部分管渠溢流及系統超量負荷。
88年06月17日	豪雨	肇致大直次幹管位於基隆河過河段之水密性(兩層式)人孔蓋被沖開，混凝土基座受損。
87年10月25日	芭比斯颱風挾帶暴雨	當時迪化抽水站之最大尖峰進流量約為平常平均進流量之5.5倍，因此部份分支管線之人孔發現有冒水溢流情形。
87年10月15日 19時	瑞伯颱風挾帶暴雨	當時迪化抽水站之最大尖峰進流量約為平常平均進流量之4倍，因瞬間湧入之巨大水量不及宣泄，以致該站之上游部分人孔湧水，使延平北路、酒泉街口之兩座Ø1000mm人孔鐵蓋被水衝開，水柱湧出地面約60公分，造成附近地區民房進水。
87年07月28日	豪雨	抽水站之尖峰進流量約為平常平均進流量之2.5倍，未發現有相關災情報導。
76年10月24日	琳恩颱風挾帶暴雨	暴雨造成松山、南港、內湖地區嚴重淹水，又因撫遠街水門不及關閉，使民生社區東北區積水深達一公尺；此一水災造成民生汙水廠機電設備全部受損，以致使其喪失處理功能。

三、形成原因

污水下水道管渠係以密閉式管線埋設於地面下，且獨立於雨水下水道系統，其正常水力負荷為家庭與事業用戶所排放之污水及容許之地下水入滲量(groundwater infiltration)。理論上應無超量問題，且與降雨量無直接關係；但實務上，當集汙區擴大或使用強度提高則汙水量增加，又當設施設置不良或維護管理不當以及設施受損及老化失修時，將使暴雨入流(storm water inflow)及地下水超量入滲，而產生超載(surcharging)和溢流(overflow)現象。茲將引起超量進流之原因分述如下：

1. 污水自然增加

設計時所設定之預估的污廢水量，常因集汙面積擴大、土地使用強度提高(即單位面積之人口數提高)或單位用水量增加(即每人每日之自來水用水量增加)，而使汙水量勢必隨之增加。

2. 地下水入滲：

通常為管線及人孔之接頭或隙縫所容許之地下水入滲量，為每人每日汙水量的10%~20%估計或按每日每公頃20立方公尺粗估之；惟肇因於設施本身明顯之缺陷(defects)；包括管線塌垮、斷裂、裂縫，管線接頭分離、錯開、破損、橡膠止水環脫落，管體裂紋、隙縫、下陷，樹根入侵，人孔壁及管線接頭潰壞等，所產生之地下水入滲量，則視缺陷情況急地下水水位而定；若地下水水位高於管底高程，則此入滲量即屬長期穩定流。另外降雨量也會影響部份之地下水入滲量，且隨降雨量而變化，故非長期穩定流。

3. 地面水入流

地面水一般入流之途徑為人孔蓋之提舉孔(cover pick holes)等漏水；但設施有明顯缺陷則會引起異常入流。國內原有排水系統屬完全分流方式，故在建設分流制汙水下水道初期較易形成暴雨異常入流問題；其入流量隨設施狀況及降雨量而變化，較容易產生暴雨不當入流之缺陷如下：

- (1) 地面排水(area drains) 或雨水涵渠錯接(storm cross connection), 而使暴雨進入污水系統。
- (2) 管線設施受損, 使暴雨從受損處入流; 或淹水區居民擅自開啟人孔, 將積水宣洩於污水下水道。
- (3) 人孔框座破損(broken frame)及其封口破損, 使地面逕流進入污水系統。
- (4) 用戶之屋頂(或屋檐)落水管 (downspouts connection)、露臺或陽臺排水管等排水設備混接, 使暴雨進入污水系統。

4. 管內水回流

- (1) 管線輸水功能不良: 污水管線常因水力阻塞與淤積阻塞, 使流水斷面減少, 或因管線受損而使管內污水回流甚至發生溢流現象。
 - a. 水力阻塞: 起因於輸水容量不足、坡度不良, 使污水在管內滯留。
 - b. 淤積阻塞: 係由於樹根侵入、混凝土塊附著、止水膠圈脫落、破布及其他飄浮物等佇留管內, 或由於管線破損致使土石、沙礫等沉積於管內, 或因污水中之油脂粘著於管壁, 使流水斷面減少。
 - c. 受損斷流: 污水管線可能因地盤變動或地震受損, 或因其他工程施工而受損等導致斷流。
- (2) 廠站設施受損, 無法進水: 廠站設施通常為一管線系統之終點或中繼點, 大都設於地勢較低或緊臨河川之地區, 當其功能發生下述問題時, 勢必使污水迴水上溯, 連帶影響管線輸水或造成污水溢流。
 - a. 抽水不及: 如暴雨無法順利由雨水下水道排除而致淹水, 甚至設施受損失去功能, 造成管線迴水。
 - b. 電力中斷: 廠站之抽水機組以及各處理單元須仰賴電力的供應才能操作運轉, 如供電力應中斷將導致廠站失去功能, 造成管線迴水。

- c. 受損當機: 廠站設施因天災或其他因素受損被迫停止運轉時, 污水因減量或停止進流造成管線迴水。

四、防範對策

公共污水下水道系統常因許多既存之缺陷, 引起暴雨入流或地下水入滲, 進而導致流量過載問題。為有效改善超量進流並防杜災害, 除優先檢討管線系統與處理廠之互動關係外, 並實施管渠現況調查與評估、設法削減入流量、維持通水斷面完整, 以及設置紓流通路與緊急排放設施, 俾以確保系統功能; 茲分述於後。

(一) 管線系統與處理廠之互動關係之檢討

污水下水道管線系統之水力負荷和污水處理廠之處理容量有極為密切的互動關係; 當系統水力負荷大於處理廠之處理容量時, 污水無法全數處理將造成水體及環境汙染, 而若處理廠之處理容量大於系統水力負荷, 則有設備閒置, 浪費分幣之嫌。故管線系統之修繕與新建、或者污水處理廠之擴建皆須做整體考量; 兼顧二者的水力負荷, 以取得最適經濟效益平衡點。其通常之處置方案如下:

方案 A: 不降低滲流水之入流量。即不改善管線系統; 而採取擴建污水處理廠以容納及處理滲流量。

方案 B: 減少或去除滲流水之入流量。即改善管線系統, 以消除其缺陷; 不擴建污水處理廠之處理容量。

上述改善計畫均需投資大量資金, 故執行前須先通過完善的經濟效益分析, 不可盲目擴建污水處理廠, 置管線系統改善於不顧; 反之亦然。故最佳方案常是二者皆適度執行, 以達到最佳經濟效益。

(二) 管渠現況調查、評估與處置

為防止設施因缺陷而引致滲流水入侵, 須調查管線系統現況, 並評估其水理功能, 以便針對系統可能產生溢流之問題, 研擬相關因應措施, 包括超量負荷之削減、管線通水斷面之維持、以及容量不足管段更新等措

施，茲分述如下：

1. 現況調查與評估

既有管線之水力功能評估，雖可採用竣工資料檢核；管線竣工資料難免因製作當時之人為誤差，以及日後管線的自然變動，須進行流量調查，實施時可選擇具有代表性或關鍵性之管段，分別量測其晴天及雨天時之污水量，以及連續 24 小時之污水量變化，以瞭解其實際情況。

評估工作應包括污水量推估、管線容量及流速校核；污水量推估須以流量調查成果加以校核。而管線容量與流速之分析，則宜依據管線之高程檢測成果、CCTV 檢視成果、及管徑及粗糙度模擬演算，以判斷其水力狀況是否符合原設計功能（如圖一）。管既設管線水力功能評估與改善，應將流速偏低、水深過載（管內及人孔積水）及流量過載（管線容量不足）等異常瓶頸段列為重點工作。其瓶頸管段之篩選原則如下：

- (1) 因坡度不良形成積水及迴水，以致影響其上游或其他支線流入者。
- (2) 管渠接合不良或接頭內壁破損。
- (3) 人孔水位高於用戶污水出水口高程或高於地面下 1.5 公尺之管段。
- (4) 人孔之出水口較進水口高，使人孔積水以及其上游管段迴水。

2. 入流量之削減對策

臺北市早期之建築物，其屋頂排水管多與雜排水管相混雜，並固結在混凝土柱內不易分離，早期用戶接管將之全數接入，以致在暴雨來襲時常使污水溢流。有關混接較嚴重之老舊建物，建議處置方式如下：

- (1) 老舊建物應要求其將排水設備澈底分流後再予接管，以減少暴雨入流，如圖二（一）（二）。
- (2) 無法改善排水管之老舊地區，可設置側溝截流設施，以截取晴天污水，並將降雨時之雨水適時排入雨水下水道，如圖二（三）。

- (3) 對新興建物則於建造時，依法嚴格審查其排水設備之配置，並加強管制違法改裝排水設備，以杜絕混接之衍生。

3. 通水斷面之維持

維持通水斷面之目的在保持原設計水力功能之完整，其建議措施如下：

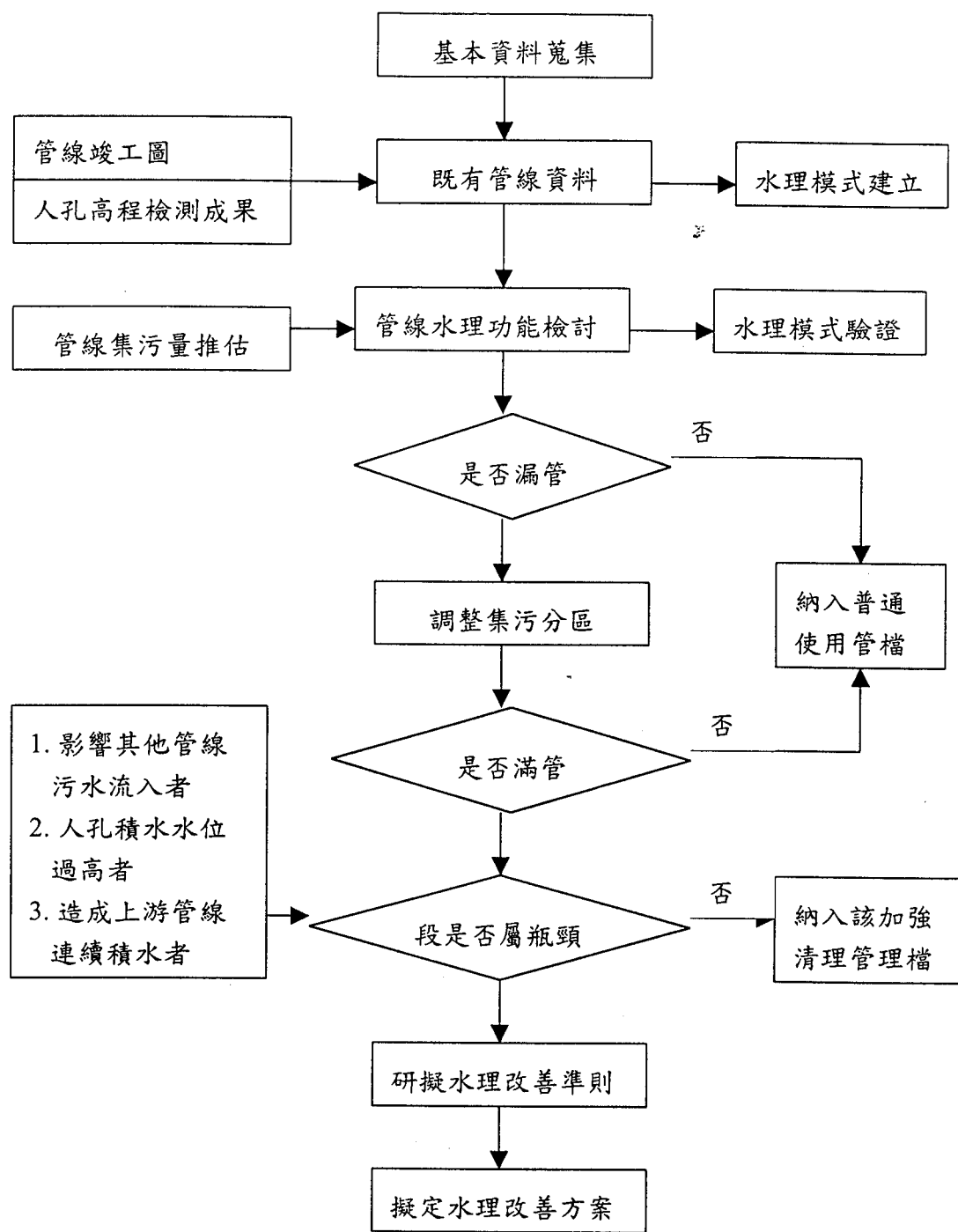
- (1) 對於容量不足、坡度不良之管線應設法改善或更新，以消除水力阻塞。
 - (2) 污水管線應於平時定期清理檢測，並消除淤積阻塞。
 - (3) 嚴格要求排放含油污水之事業，應設置油脂截留設備截取水中油脂，以免管壁附著油脂硬塊影響通水。
- (三) 緊急疏流排放與系統監測

污水下水道大多採重力式管渠並以樹枝狀佈設，一旦某段管線受損無法輸水或於進行維修時，將造成污水溢流或使搶修工作面臨挑戰。故宜規劃網狀疏流通路與緊急排放設施，以便緊急時得以妥適排除污水，避免污水溢流形成環境衝擊。另為確立系統功能之可靠性，應籌設系統自動監控，以供營運、管理及策劃等參考。

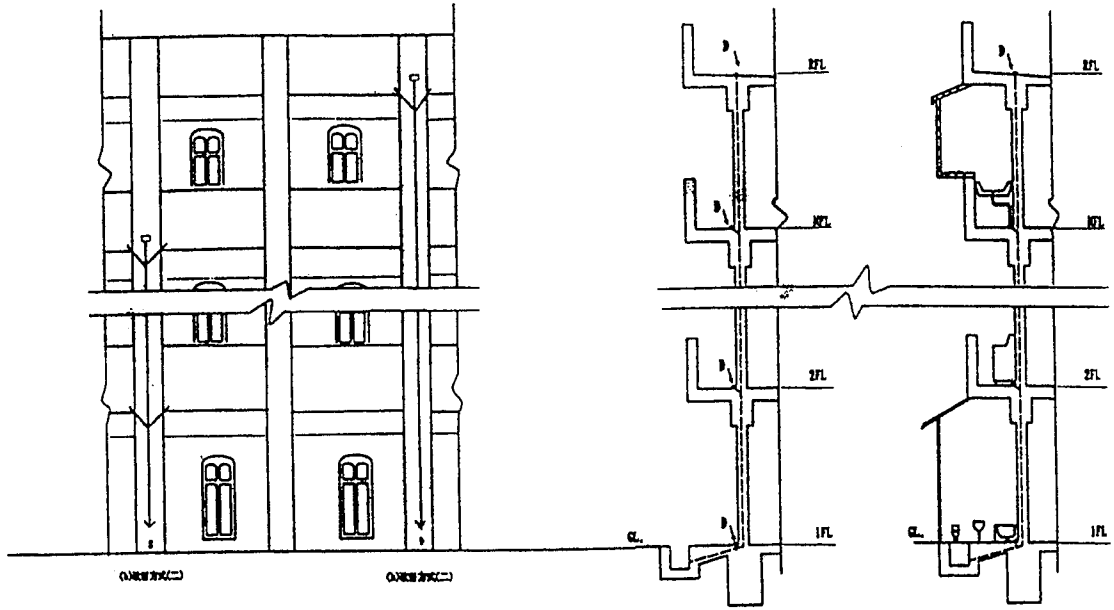
1. 疏流通路

疏流通路係有計畫的在既有管線系統架構網狀連絡管路，俾於平時分擔某一管路之超量污水或緊急時全然代替其管線功能，將污水送至污水處理廠處理後放流；或利用管線接續鄰近之收集處理系統；於平時，使各處理廠之功能得以相互支援，並藉污水流入處理廠的時間變動調整進流量；緊急時，則將該廠的進流閘門關閉，利用水位差將水引進他廠處理。

基於經濟考量，網路化疏流通路之佈設不應大肆改絃易張，宜就現有系統架構配合調整排水通路，疏解超量污水；或於適當地點設置緊急疏流設施，將污水暫時排入臨近之雨水管渠，再由截流設施將污水截回污水幹管。以臺北市污水下水道為例，建議採行



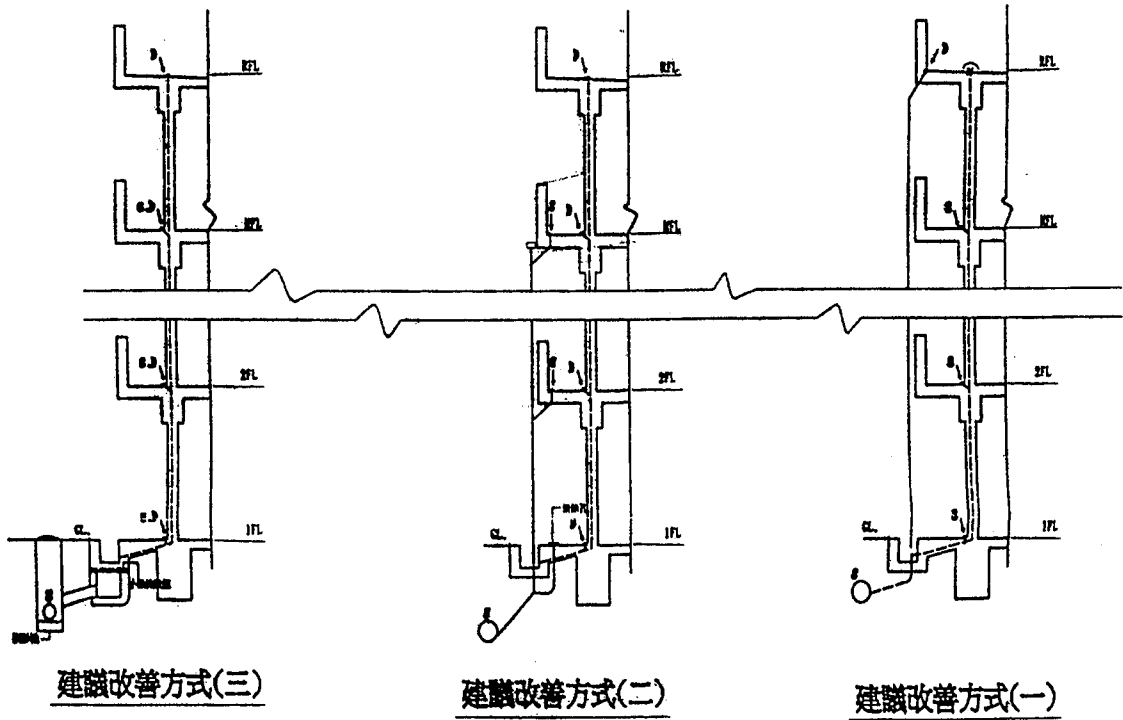
圖一 管線水理功能檢討步驟



建議改善正立面示意圖

法定用途

現況使用示意圖



建議改善方式(三)

建議改善方式(二)

建議改善方式(一)

圖二 建築物雨汙水管混接及建議分流示意圖

之疏流方式為(1)調整集汙分區、(2)原管線更新擴大、(3)設置分流設施、(4)增設連絡管、(5)另設平行管。

2. 緊急排放設施

地震災害或其他工程損害最易使汙水管線發生斷流、倒流、溢流之情形，在紓流通路佈建前，可預先配合設置之設施為(1)緊急繞流、(2)緊急疏流、(3)緊急溢流等排放設施以資因應；惟第(1)種設施在雨水下水道之常又依較高時不便採行，第(2)種設施須有完整之汙水截流系統始行採行，第(3)種設施僅可應用於特別緊急狀況。

3. 強化系統監測與檢核

基於防災需求，應於主要設施之關鍵處設置監測設備，透過通訊網絡，將各分區監測點之資訊傳輸至監測主控中心，並建置管渠水理分析程式與水理動態模擬系統，以反應與預測系統功能，並改善不理想缺陷，以確立系統功能之可靠性，以提供營運、管理及策劃等參考。

五、結論與建議

公共汙水下水道系統難免因環境特性或人為因素，引致水理功能不良而產生滿管或溢流現象；而台灣地區天然災害頻傳，系統設施亦容易因之遭致損害。鑒於汙水下水道不能限制用戶排放汙水，亦無有效管控汙水流通之機制，為確保其基本之輸水功能，針對超量進流問題本文建議如下：

- (1) 在治標方面：為容納與排除暴雨時瞬間匯集之水量，以確保管渠與廠站設施之機能，應預留管渠之餘裕流量，設置疏流排放設施，並設置足夠容量之抽水機組及調節池。另因氣象預報對微區降雨量之準確性僅約 20%，為嚴防豪雨入流產生汙水溢流，可配合自動監測系統之設置就汙水混接較嚴重地區，考量分區裝設小型氣象雷達偵測之。
- (2) 在治本方面：下水道管線錯接與用戶排水管混接問題，是汙水下水道地面水入

流之主要因素，為杜絕非法錯接，導致汙水系統超量負荷，應定期巡檢處置並對容量不足管段採取因應措施。另針對老舊之已接管地區，應就其建築物既存兩汙水混接或屋頂與陽台違規使用形成兩汙水混流問題，研訂可行接管方式；無法改善者，宜採設置側溝截流設施，以截取晴天汙水，雨天則將其雨水排入雨水下水道，並對新興建物應依法嚴格審查其排水設備，以杜絕混接之產生。

六、參考文獻

1. 許銘熙，"水災防治"，天然災害與防治—土木工程防災教育改進計畫，國立臺灣大學土木系—教育部顧問室，臺北，民八十六年七月。
2. 陳宗男，汙水收集系統功能對汙水處理廠規劃、設計之互動關係，環保工程科技—下水道工程研討會論文集，國立臺灣大學環境工程研究所，民 80 年 12 月。
3. 臺北市衛工處，台北市汙水下水道後續方展方案先期規劃，臺北市政府工務局衛生下水道工程處，民 87 年 6 月。
4. 劉興榕，臺北市汙水下水道建設之成果檢討與展望，第九屆下水道技術研討會論文集，內政部營建署，民 88 年 8 月。
5. 劉興榕，汙水下水道系統管理自動化之探討，國立臺北科技大學土木與防災研究所，民 89 年 5 月。
6. 劉興榕，公共汙水下水道災害防救對策之研究，國立臺北科技大學土木與防災研究所碩士論文，民 90 年 1 月。
7. 歐陽嶠暉，"下水道工程學" 三版，長松出版社，89 年 8 月