

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 下水道公共工程科技整合之研究(一) An Integrated Research on Sewer Technology in Civil Infrastructural System(I)

計畫編號：NSC 88-2211-E-002-035

執行期限：87年8月1日至88年7月31日

主持人：郭振泰 國立台灣大學土木系 教授

### 一、中文摘要

下水道(包括污水下水道與雨水下水道)建設，是政府為防洪及保護自然水域水質而興建的公共設施，也是現代化國家必需的基本建設，目前已列為我國國家重要公共工程建設之一，未來政府準備投入可觀的經費加速推動。由於國內過去對下水道之推動，除雨水下水道因實際迫切之排水需要而有尚可的成效外，污水下水道之建設則十分有限。為了防止水患、改善環境衛生、提高人民生活品質、並維護自然資源，實有待大力推動下水道公共工程的建設工作。本研究為國科會支持的整合性下水道工程科技研究第一年研究之簡要成果。研究子題分為規劃技術、水力分析、污水處理及免開挖技術之研究，希望結合理論與實務，提供國內下水道規劃及興建之科技。

關鍵字：下水道系統、雨水下水道、污水下水道、公共工程、下水道科技

### Abstract

Sewer (including the sanitary sewer and storm sewer) construction is a public service that is built by the government in order to control flood and protect the body of the natural water. It is also the basic construction for a modern country and one of the most important works of our national civil infrastructural systems. Our government will invest a fund of billions of dollars in getting

sewer construction moving. In the past, we had more construction works for the storm sewers due to the need of flood control but a little progress on the sanitary sewers. Sewer construction must be carried out with great effort in order to prevent floods, improve environmental sanitation, enhance the quality of people's life and conserve the natural resources. This short report is summary of results from an integrated research results on sewer technology. The topics of the research projects are classified into planning technology, hydraulic analysis, wastewater treatment and no-dig technology. We intend to connect the theory and application for this integrated research and to promote the local sewer technology in Taiwan.

Keyword : sewer systems , storm sewers , sanitary sewers , civil infrastructural system , sewer technology

### 二、計畫緣由及目的

下水道建設為現代化都市不可缺少之公共設施，其功能在於解決生活污水污染、都市積水等問題；由於國內下水道工程建設起步較晚，舊有之下水道系統已不敷使用且明顯落後其他先進國家，致使生活品質未能與經濟成長相配合<sup>[1]</sup>。近年來政府積極展開國家建設六年計畫與大規模公共工程建設，其中污水下水道建設未來預計在 12 年內(民國 88 年至 100 年)將現

今的污水下水道普及率提高至 35.8%<sup>[2]</sup>，以解決生活污水污染日益嚴重等問題；另外，在雨水下水道方面，營建署已於民國 81 年至 86 年度推動「台灣地區雨水下水道六年建設計畫」，目前續推動「台灣地區雨水下水道第二期六年建設計畫」，希望藉著加速推動都市雨水下水道建設，解決民眾淹水之苦<sup>[3]</sup>。未來政府更希望整個下水道系統(包括雨、污水下水道)完成後，不僅能疏解水患、改善河川污染、維護環境衛生、美化都市景觀，更進而提升人民生活品質。本計畫為整合七個下水道公共工程科技研究子計畫之總計畫(如表一所示)分別針對下水道規劃及決策系統、水力分析、污水下水道及污水處理、施工技術及材質等課題進行研究<sup>[4]</sup>。計畫期間藉著協調各子計畫之工作、召開座談會及建立網站，整合各研究方向及內容，並配合國家公共工程建設之下水道工程規劃與興建之需求，促成產、官、學界之合作，培養下水道建設人才，於學理外，希望能兼顧實務，以永續經營之理念，促進本土化科技之生根。

### 三、研究內容及成果

本整合型計畫之主要目的為進行協調、整合之工作，以達到學理與實務之結合，推動產、官、學之合作，研究內容及成果如下：

#### 1. 資料及文獻之收集與整理

蒐集國內外有關下水道工程科技之相關文獻及資料，並加以分析、整理，作為本研究工作及日後相關研究之參考。

#### 2. 座談會之舉辦

本研究在執行計畫過程中，共舉辦三次整合性座談會，並邀請產、官、學及民間之相關學者和專家參加，會中充分進行

意見的交流，提供許多良好的經驗及建議，除了協調各子計畫之工作外亦整合出各界對下水道興建科技的研究方向與子題，並可作為未來國內發展下水道工程的相關研究及開挖技術上的參考。

#### 3. 本土化問題之探討

國內推動下水道工程建設已數十年，但因國內本土化的種種問題因素致使成效有限，本研究計畫就其自然環境與人文社經兩方面分別進行探討及分析，輔以蒐集國內外相關資料以考量國內本土實際問題因素。

#### 4. 成果

本報告為第一年研究成果之整理與整合，同時於民國八十七年成立一個下水道公共工程科技之專屬網站(<http://www-ms.cc.ntu.edu.tw/~r7521324>)，並定期更新網站內容，將國內下水道最新的發展資訊、問卷調查結果及相關座談會內容上網，供各界瀏覽、參考。目前已向國科會提出第二年「下水道公共工程科技之整合研究(二)」之十一個子計畫申請(如表二所示)，縱觀整合計畫的內容，第一年著重於資料蒐集與整理、各子計畫理論架構之發展、模式的建立與初步應用及本土化的分析探討，第二年將著重於模式之檢定與驗證、各子計畫間之研究方法與成果的整合及國內外應用於下水道系統相關程式之回饋與整理。本整合型計畫期以最新、最完整之資訊，提供國內未來執行下水道工程興建營運之參考、依據。

### 四、結論與建議

#### (一)結論

1. 台灣地區長期受到颱風及豪雨頻繁的威脅，其所帶來的初始沖刷 (first flush)，對河川水質造成的影響甚鉅，須設法將

雨水控制後再加以淨化處理，故雨水下水道系統必須有效收集與控制漫地亂竄的雨水，將逕流中污染物濃度降低後再排入河川水體以減輕河體的負擔。在控制逕流方面，牽涉到暴雨的控制及滯留池容量的設計是否適當。本研究之子計畫(一)即以基隆河為例，比較不同暴雨之污染物傳輸現象及對河川水質的影響，研究顯示設計暴雨為採延時2小時、降雨頻率 2~5 年較適當<sup>[5]</sup>。另外，現今一般水土保持計畫書中以不同集流時間經驗公式計算出之滯洪量雖有不同但差異不大，而差異較大的是基期的選定，由子計畫(四)研究結果顯示以『三角形歷線法』所計算出之滯洪量較不符合物理意義，且未反映出集水區特性，反觀『設計雨型法』，由於程式以入流歷線及出流歷線來計算滯洪池容量，其所得之值也較安全且經濟合理<sup>[6]</sup>。

2. 興建下水道系統後，所收集之污水的水流及水質對污水處理廠的選擇及操作系統有很大的影響。在大都市的污水收集系統中，因其收集距離長，在流動過程中，水質會發生變化，但吾人對其變化過程少有瞭解，因此有必要深入探討下水道中有機物、氮氮等污染物與各種水力變化所造成的影響。由子計畫(五)的研究結果顯示，下水道管渠水流水質模擬生化反應之生物動力模式經實場標定後，雖有非常高的相關性，但生物動力模式中僅考慮到六項反應程序，然而真實下水道中的生物反應非常複雜，若要讓模式更加完整必須再加入多項程序，模式才能更加反應現實<sup>[7]</sup>。另外，對於污染源分散、污水收集不易且無法建造大型污水處理廠的地區，宜朝向高處理效率的小型污水處理廠自動化設施發展，子計畫(六)即根據以上因素選擇利

用 SBR 系統處理程序來進行處理水質水量的研究，初步研究結果顯示對於連續流 SBR 系統，影響處理效果之操作因子很多，如何將這些複雜因子間交互影響效應，整合成專家規則庫，納入自動化操作考量中，實為有待克服之重要措施<sup>[8]</sup>。

3. 由於下水道系統所收集的污水經過污水處理廠適當的處理後，始可排放於河川或海洋，基於保護水環境的立場，廢水管理系統的重要性不容忽視。為改善現行規劃廢水管理系統忽略考量水質水流等缺失，子計畫(二)所建立之廢水輔助規劃程式，除了著重於水質限制考慮，同時亦將回收水應用、林地涵養水量及取水量多寡等因子納入模式中考量，以符合永續發展之精神。研究之結果顯示，在河川流量較小時，若財政考量許可，分散性廢水系統為較佳之研擬方案<sup>[9]</sup>。另外，為達成生態保育目標，未來污水處理廠之興建應朝向「水資源回收廠(Water Reclamation Plant)」<sup>[10]</sup>之方向進行。
4. 管渠為下水道工程建設中使用範圍最廣的重要設施，尤其經過埋設後即立刻長期使用，期間因為存留在管渠內的生物膜所產生的生化反應可能對管渠造成冠頂腐蝕現象，因此有關管材的選用有必要作慎重的檢討。過去由國外引進台灣的塑膠防蝕裡襯污水下水道管(簡稱 PVC-RCP)，具有防腐蝕、使用時間長、彈性度高、檢驗容易與免維護等多項優點，此種管材現在均由國內塑膠廠自行製造，未來將以高分子合成材料作為管材，以提高其化學穩定性及抵抗環境應力等性能，並以防蝕、防臭、耐熱、環保材質及施工容易之方向為研究之趨勢<sup>[11]</sup>。另外，由於台灣地區地狹人稠，都

市建物密度高，維生管線往往造成現場施工最大的阻力，所以如何將免開挖技術工法應用於維生管線修護上已成必然之趨勢<sup>[12]</sup>。由子計畫(七)的研究結果顯示，對於維生管線修護方面，目前以破管工法及小管推進置換工法為主，但因本國地下管線複雜且資料不完備，採用此二種工法之風險較高，推廣應用此工法需慎重；而現場內襯養治工法(CIPP)和螺旋式內套管工法為值得推廣應用於下水道管線修繕之工法，但需仔細評估內襯厚度與新舊管壁之密合效果以確保安全之要求<sup>[13]</sup>。

5. 有關下水道系統營運管理方面，為有效推動下水道公共工程建設，由子計畫(三)的研究結果顯示：(1)完善的法律制度及相關的法規有其存在的必要，有關主管機關應加速制訂完善之下水道法規 (2)在組織體系方面，現有的下水道工程從整體規劃、設計、施工、使用到設備維修及營運管理等之中央層級單位大致完備僅需加強橫向連繫，唯專業人才相當缺乏，故應有計畫的培養相關專業人才，並健全管理體制，俾使我國下水道事業能逐年成長發展。另外，為能達到水資源充份利用以及提升效率整合上、下水事務於同一機關之課題，值得研究。(3)目前除了開徵水污染防治污費外，下水道計畫工程建設之財源，有賴中央政府大力支持與補助，不足部分再以其他方式籌措，俾利加速推動下水道計畫。(4)績效評核方面，可以參考美國水環境研究基金會(WERF)之三種指標：服務品質、效率及效果指標為基礎，來建立量化評核模式<sup>[14]</sup>。
6. 在本土化方面，除了先前所討論的因素之外，國內人民普遍對於下水道建設之重要程度所知不多，須透過媒體的傳播

及教育宣導，讓民眾對於下水道系統有基本了解並研訂廣泛且便民的鼓勵方案，來加速下水道公共工程建設的推動。

## (二) 建議

1. 本研究整合各子計畫研究的初步成果後，對於國內整個下水道系統研究，建議從集水區的環境變化到都市用水（廢水）型態對下水道規劃建設的改變，來作通盤的考量。現今台灣之土地利用已有明顯之區分，如住宅區、商業區、工業區等等，下水道系統之規劃亦因土地使用型態不同而有所不同，必須將下水道系統做一整體之檢討，使其發揮最大之使用效益。
2. 目前下水道工程執行最難以突破之瓶頸為工程用地之取得及地方政府配合意願不高。而用地之取得均由地方政府辦理，建議未來中央應明訂下水道系統之需求及其設計規劃目標，讓地方政府自訂時程之控管，報請中央核備。
3. 由於下水道工程屬於都市先期工程，建議應將下水道工程納入都市計畫中或列入法令（都市計畫法）中強制施行，另外由於下水道工程展現的效益不如其他公共工程（如交通工程等）來的直接，往往在重大公共建設中被忽略，建議在都市開發過程中列入檢討重點，以減輕將來管線設施用地取得及施工等之困難，可有效節約無形的社會成本。
4. 有關下水道系統營運管理方面，建議初期以政府出資興建下水道及污水處理廠方式，漸導向營利方式以籌措中長期資金，另獎勵民間投資興建污水處理及回收設備，以利廢水之回收再利用。另外，以永續發展的觀點來看，應深入探討再利用水回收系統與設備之建立標準。而

污水處理廠可從區域性方面著手，找出最適地點及規模，未來除興建傳統污水處理廠之外，基於流域水資源經營管理需要，部分污染處理廠之規劃應朝向水資源回收廠(Water Reclamation Plant)之方向發展。

5. 為因應既有的地下管線日益繁複，造成日後工程施工、管理及維修上等問題，應將既有之地下管線資料詳實記載並將其系統資訊化，建議推動下水道即時監測系統及建設共同管溝來置放地下管線，進而將眾多不同用途之管道於施工規劃初期進行整合或預留管道以減少開挖次數<sup>[15]</sup>。

### 五、參考文獻

1. 蘇樹塘，「下水道發展簡介」，住都雙月刊第 81 期 p.p.14~23，民國 78 年。
2. 資料來源：依據「國家環境保護計畫」之污水下水道發展中長程目標。
3. 王儷斐，營建署續推動「雨水下水道六年計畫」，營建資訊第 190 號 p.p.20~21，民國 87 年。
4. 郭振泰等，「下水道公共工程科技研究之規劃」，國立台灣大學土木工程研究所，民國 87 年。
5. 郭振泰、謝斌暉，「暴雨期間河川水質模式設計流量之研究(I)」，台灣大學土木工程研究所，民國 88 年。
6. 吳瑞賢，「滯留設施之規劃與設計(I)」，中央大學土木系，民國 88 年。
7. 歐陽嶠暉，「下水道管渠水流水質模擬、生化反應之研究(I)」，中央大學環境工程學系，民國 88 年。
8. 蔡勇斌，「利用連續流 SBR 廢水生物處理系統最適化操作之研究(I)」，暨南國際大學土木工程學系，民國 88 年。
9. 余瑞芳，「污水下水道系統永續發展規劃與設計模式系統之建立」，聯合技術學院環境安全與衛生系，民國 88 年。
10. 張鎮南，「流域性開發之水體衝擊與環

境影響評估策略探討」，環境工程會刊第 7 卷第 2 期 p.p.65~79，民國 85 年。

11. 「塑膠防蝕裡襯污水下水道管」，營建知訊第 143 期，民國 83 年。
12. Proceedings of 15th internal No-Dig'97 Taipei 論文集，Taiwan，1997
13. 謝啟萬，「免開挖技術應用於維生管線修護之研究(I)」，屏東科技大學土木工程學系，民國 88 年。
14. 紀子文，「污水下水道系統營運管理制度之研究」，朝陽科技大學環境管理系，民國 88 年。
15. Zimmerman, R. A. and Martin, R.D., "From Prevention to Prediction", Water Environment & Technology, 5(8), pp.63-65, 1993

### 六、圖表

表一「下水道公共工程科技之整合研究(一)」研究計畫項目

計畫項目	主持人	服務單位系所	計畫名稱
總計畫	郭振泰	國立台灣大學土木工程學系	下水道公共工程科技之整合研究(I)
子計畫一	郭振泰	國立台灣大學土木工程學系	暴雨期間河川水質模式設計流量之研究(I)
子計畫二	余瑞芳	聯合技術學院環境安全與衛生系	污水下水道系統永續發展規劃與設計模式系統之建立(I)
子計畫三	紀子文	朝陽科技大學環境管理系	污水下水道系統營運管理制度之研究
子計畫四	吳瑞賢	中央大學土木工程學系	滯留設施之規劃與設計(I)
子計畫五	歐陽嶠暉	中央大學環境工程學系	下水道管渠水流水質模擬、生化反應之研究(I)
子計畫六	蔡勇斌	暨南國際大學土木工程學系	利用連續流 SBR 廢水生物處理系統最適化操作之研究(I)
子計畫七	謝啟萬	屏東科技大學土木工程學系	免開挖技術應用於維生管線修護之研究(I)

表二 「下水道公共工程科技之整合研究(二)」

總計畫與子計畫申請表

計畫項目	主持人	服務單位系所	計畫名稱
總計畫	郭振泰	國立台灣大學土木工程學系	下水道公共工程科技之整合研究(二)
子計畫一	郭振泰	國立台灣大學土木工程學系	暴雨期間河川水質模式設計流量之研究(II)
子計畫二	余瑞芳	國立聯合技術學院環境安全與衛生系	污水下水道系統永續發展規劃與設計模式系統之建立(II)
子計畫三	紀子文	朝陽科技大學環境管理系	污水下水道營運管理制度研究(II)
子計畫四	楊明德	朝陽科技大學營建工程系	下水道管線檢測管理系統
子計畫五	陳莉	中華大學土木工程系	遺傳演算法於下水道系統最佳設計之研究
子計畫六	吳瑞賢	中央大學土木工程系	滯流設施之規劃與設計(II)
子計畫七	林文欽	中華大學土木工程系	下水道即時操作與控制模式之建立
子計畫八	歐陽嶠暉	中央大學環境工程研究所	下水道管渠水流水質模擬、生化反應之研究(II)
子計畫九	蔡勇斌	暨南國際大學土木工程系	利用連續流 SBR 系統處理下水道系統污水自動化與最適化控制之研究(II)
子計畫十	謝啟萬	屏東科技大學土木工程技術系	免開挖工法應用於維生管線修護社會成本分析之研究(II)
子計畫十一	溫志超	國立雲林科技大學環境與安全工程系	下水道雨污水洩漏對土壤及地下水污染危害度評估研究