

下水道工程技術研發計畫

(II)

成果報告書

執行單位：國立台灣大學

委託單位：內政部營建署

中華民國 九十七 年 十二 月

下水道工程技術研發計畫

(II)

成果報告書

計畫主持人：謝尚賢教授

協同主持人：楊明德教授、謝佑明教授

研究員：林旭信教授、呂守陞教授、陳立憲教授

顧問：陳彥璋教授、徐松圻教授

執行單位：國立台灣大學

中華民國 九十七 年 十二 月

目錄

目錄	I
圖目錄	V
表目錄	XI
一、計畫緣起與目的	1
1.1.計畫緣起	1
1.2.計畫目的	2
1.3.工作範圍與項目	3
二、污水下水道推進工程施工技術之建立	8
2.1.前言	8
2.2.研究目的及項目	11
2.3.生產力分析與推進工作流程再造	16
2.3.1. 生產力分析	18
2.3.2. 推進作業流程再造	36
2.3.3. 專家座談會議	58
2.4.開發與興建下水道推進工法資料庫	60
2.5.研析卵礫石推進工法開挖性指標	82
2.5.1. 卵礫石地質資蒐	82
2.5.2. 卵礫石推進工法延滯困難要項之現場調查	86
2.5.3. 卵礫石推進工法之推進力評估	90
2.5.4. 研析卵礫石推進工法開挖性指標	92
2.5.5. 小結	97
三、污水下水道管線檢測維修技術之建立	98
3.1.前言	98
3.2.研究目的及流程	110
3.3.污水下水道管線檢視模式與修繕規劃	114

3.3.1. 自動化管線缺失診斷方法研發	114
3.3.2. 影像開放操作(opening operation)	114
3.3.3. Otsu's technique.....	115
3.3.4. 主成份分析方式(PCA)	116
3.3.5. 徑向基網路(RBN).....	117
3.4.形態學影像缺失判釋成果	119
3.4.1. 影像開放操作(opening operation)	119
3.4.2. 管線影像之形態分割	122
3.4.3. 影響缺失型態分割原因探討	125
3.4.4. 管線缺失診斷	126
3.4.5. 管線缺失診斷系統操作介面開發	130
3.5.污水下水道檢測及維修作業教材製作	133
3.6.輔導縣市政府及廠商進行污水下水道管線檢視維修操作 ..	136
3.6.1. 縣市政府及廠商輔導	136
3.6.2. 下水道教育研習	140
四、雨水下水道暴雨管理技術之建立	142
4.1.前言	142
4.2.都市暴雨模擬分析整合系統之規劃(II).....	146
4.2.1. 都市雨水下水道資訊系統(USIS)	146
4.2.2. USIS 系統分析與設計	155
4.2.3. USIS—雨量水位資料查詢子系統之建置	168
4.2.4. USIS—Web GIS 子系統	176
4.2.5. USIS—水理模擬子系統	180
4.2.6. USIS—系統展示	196
4.3.抽水站設計及操作合理性分析檢討—以第四分區抽水站系統 為主要實際案例分析	207
4.3.1. 設計雨型推估	207
4.3.2. 抽水站系統現況	212

4.3.3. 抽水站系統水力模擬.....	214
4.3.4. 總結.....	224
4.3.5. 雨水下水道工程技術回顧.....	224
4.4.都市暴雨防災相關宣導推廣工作.....	234
4.5.九十八年度後續工作重點.....	235
五、成果與教育推廣及座談會.....	236
5.1.教育推廣成果發表會之舉辦.....	236
5.2.教育推廣講習會之舉辦.....	239
5.3.座談會之舉辦.....	242
5.4.問卷統計.....	244
5.5.小結.....	253
六、計畫網站之建置.....	255
七、近三年績效.....	257
八、結論	264
8.1.污水下水道推進工程施工技術研發.....	264
8.2.污水下水道管線檢測維修技術研發.....	265
8.3.雨水下水道暴雨管理技術研發.....	266
參考文獻.....	271
附錄.....	280
附錄一 台北市雨水下水道抽水站系統易淹水原因之回顧.....	280
附錄二 抽水站系統實地操作現況.....	281
附錄三、96 年度期初計畫書審查意見及回覆辦理情形.....	292
附錄四、96 年度期中報告審查意見及回覆辦理情形.....	305
附錄五、96 年度期末報告審查意見及回覆辦理情形.....	315
附錄七、97 年度期中報告審查意見及回覆辦理情形.....	337
附錄八、針對 97 年度期中報告審查意見之回覆辦理情形補充說明	349
附錄九、97 年度期末報告審查意見之回覆辦理情.....	357

附錄十、97 年度摘要說明書審查意見及回覆辦理情形	368
附錄十一、97 年度綱要計畫書評審結果	372
附錄十二、98 年度摘要說書審查意見及回覆辦理情形	373
附錄十三、98 年度綱要計畫書審查意見及回覆辦理情形	374
附錄十四、96 年度「下水道工程推動策略座談會」來賓意見及回覆 辦理情形	379
附錄十五、96 年度『下水道推進工程技術』座談會記錄	387
附件十六、都市淹水與雨水下水道暴雨管理技術專家座談會紀錄	389
附件十七、97 年度『下水道推進工程研發專家座談會』會議記錄	397
附件十八、下水道工程技術研發計畫工作會議紀錄(1)	401
附件十九、下水道工程技術研發計畫工作會議紀錄(2)	403

圖目錄

圖 2-1 本子計畫整體研究團隊核心架構圖	10
圖 2-2 本子計劃研究團隊分工概念圖	10
圖 2-3 本研究研究內容及流程架構圖	11
圖 2-4 研究範疇圖	16
圖 2-5 研究流程圖	17
圖 2-6 普通土層各施工管徑推進長度平均值	24
圖 2-7 普通土層各施工管徑含砂率平均值	25
圖 2-8 普通土層各施工管徑黏(粉)土含率平均值	26
圖 2-9 普通土層各施工管徑卵礫石含率平均值	26
圖 2-10 普通土層各施工管徑日進量平均值	28
圖 2-11 卵礫石層各施工管徑推進長度平均值	29
圖 2-12 卵礫石層各施工管徑含砂率平均值	30
圖 2-13 卵礫石層各施工管徑黏(粉)土含率平均值	30
圖 2-14 卵礫石層各施工管徑黏(粉)土含率平均值	31
圖 2-15 卵礫石層各施工管徑最大粒徑平均值	32
圖 2-16 卵礫石層各施工管徑日進量平均值	33
圖 2-17 普通土層泥水工法平均日進量比較圖	34
圖 2-18 普通土層土壓式工法平均日進量比較圖	34
圖 2-19 卵礫石泥水式工法平均日進量比較圖	35
圖 2-20 卵礫石土壓式工法平均日進量比較圖	35
圖 2-21 流程再造工作流程圖	37
圖 2-22 泥水式工法短時效率評估法工班效率統計圖	41
圖 2-23 土壓式工法短時效率評估法工班效率統計圖	41
圖 2-24 下水道施工作業流程圖	43
圖 2-25 管材下井準備作業 CYCLONE 模型圖	44

圖 2-26 安裝推進準備作業 CYCLONE 模型圖	44
圖 2-27 推進主作業 CYCLONE 模型圖	44
圖 2-28 出土作業 CYCLONE 模型圖	45
圖 2-29 土壓式工法推進作業施工流程 CYCLONE 模型圖	46
圖 2-30 改造前模擬結果輸出報表	49
圖 2-31 等待人力示意圖	51
圖 2-32 增時作業示意圖	51
圖 2-33 土壓式工法改善人力配置後施工流程 CYCLONE 模型	53
圖 2-34 改善人力配置後模擬結果輸出報表	54
圖 2-35 土壓式工法增加人力資源後施工流程 CYCLONE 模型	55
圖 2-36 增加人力資源後模擬結果輸出報表	56
圖 2-37 公共工程會 B2G XML Schema	61
圖 2-38 下水道施工資料庫架構圖	62
圖 2-39 VBA 程式語言視窗介面	70
圖 2-40 網頁式資訊系統初步功能概念圖_Use Case	73
圖 2-41 網站系統架構圖	74
圖 2-42 網頁式系統登入介面	74
圖 2-43 網頁式系統功能_新建帳號	75
圖 2-44 網頁式系統功能_帳號管理	75
圖 2-45 網頁式系統功能_新增專案	76
圖 2-46 網頁式系統功能_廠商/機關代碼維護	76
圖 2-47 網頁式系統功能_專案預定進度管理	77
圖 2-48 網頁式系統功能_專案資料設定	78
圖 2-49 網頁式系統功能_工程日報管理	78
圖 2-50 網頁式系統功能_工程日報管理登錄	79
圖 2-51 網頁式系統功能_施工人員統計	79
圖 2-52 網頁式系統功能_施工機具統計	80
圖 2-53 網頁式系統功能_工地晴雨統計	80

圖 2-54 網頁式系統功能_管推天數統計	81
圖 2-55 泥水加壓式掘進切削面盤（直徑：2920 mm）	87
圖 2-56 泥水加壓式掘進機	87
圖 2-57 地面設備	88
圖 2-58 地面設備	88
圖 2-59 台中案例推進力分析	91
圖 2-60 機械刀具示意圖 - (a) 三維式鑽掘錐頭形式	93
圖 2-61 機械刀具示意圖 - (b) 二維式鑽掘楔刀形式	94
圖 2-62 機械刀具配置對推進接觸破壞之能量關係圖	96
圖 2-63 機械刀具配置對推進接觸破壞之能量關係圖	97
圖 3-1 污水下水道修繕流程	100
圖 3-2 CCTV 檢視影像樣本	101
圖 3-3 污水下水道管線結構狀況分級流程圖	102
圖 3-4 台中市 9 期重劃區污水下水道系統	103
圖 3-5 基因演算法不同演算參數下之維修成本效益權衡解分析結果	104
圖 3-6 最佳維修成本效益權衡曲線(台中市 9 期重劃區)	104
圖 3-7 最佳成本效益維修方案 GIS 展示(高雄市 15 期重劃區)	105
圖 3-8 最佳成本效益維修方案 GIS 展示(台中市 9 期重劃區)	107
圖 3-9 二階離散小波轉換結果	109
圖 3-10 形態原理應用於管線缺失診斷流程圖	112
圖 3-11 台中市 9 期重劃區 CCTV 檢視影像樣本	113
圖 3-12 徑向基網路結構	118
圖 3-13 不同半徑 r 之圓形結構進行開放操作測試結果	120
圖 3-14 不同寬度 w 之矩形結構進行開放操作測試結果	121
圖 3-15 二元化管線缺失影像範例	123
圖 3-16 理想化管線缺失影像範例	124
圖 3-17 下水道影像匯入	130

圖 3-18 影像灰階處理	131
圖 3-19 灰階影像 Open Operation 處理	131
圖 3-20 管線缺失擷取結果	132
圖 3-21 下水道學習教材資源網站網頁成果展示	134
圖 3-22 下水道產業資料調查表	135
圖 3-23 參與台中市政府下水道維護修繕工程施工前說明會	137
圖 4-1 USIS 系統結合資料庫與即時水理模擬	151
圖 4-2 USIS 年度研發重點	152
圖 4-3 系統之 Use case 模式圖	155
圖 4-4 使用者查詢即時水文資料之 SSD	163
圖 4-5 使用者查詢歷史水文資料之 SSD	164
圖 4-6 使用者使用線上水文模擬之 SSD	165
圖 4-7 使用者使用預警提示之 SSD	166
圖 4-8 USIS 系統之 Domain Model	167
圖 4-9 USIS 系統資料庫之 E-R Model	170
圖 4-10 原始資料格式(雨量部份)	171
圖 4-11 原始資料格式(水位部份)	171
圖 4-12 建置後資料庫之雨量資料表	172
圖 4-13 雨量水位資料查詢子系統架構	173
圖 4-14 以內、外水位值查詢測站之作業流程	174
圖 4-15 雨量組體圖與水位歷線圖繪製流程	175
圖 4-16 Web GIS 子系統整體架構	176
圖 4-17 Map Server 架構	177
圖 4-18 Web GIS 系統作業流程	178
圖 4-19 物理量交換示意	180
圖 4-20 模式整合流程	181
圖 4-21 IRES 模式整合流程	182
圖 4-22 預測第 13 小時降雨組體圖	183

圖 4-23 降雨組體圖	184
圖 4-24 十二小時區間降雨組體圖	185
圖 4-25 六小時區間降雨組體圖	185
圖 4-26 中港排水系統人孔展示	186
圖 4-27 系統局部放大圖	186
圖 4-28 人孔編號 4335-04 分析	188
圖 4-29 人孔編號 4335-508 分析	189
圖 4-30 人孔編號 4335-818 分析	190
圖 4-31 人孔編號 4434-32 分析	191
圖 4-32 人孔編號 4536-04 分析	192
圖 4-33 SWMM 分段運算示意	194
圖 4-34 IRES 模擬運算流程	194
圖 4-35 測試時間比較曲線	195
圖 4-36 USIS 系統	196
圖 4-37 Web GIS 子系統展示台北市行政區	197
圖 4-38 此圖為放大 2 倍的結果	198
圖 4-39 此圖為縮小 2 倍的結果	198
圖 4-40 圖層功能	199
圖 4-41 中港抽水站集水分區	200
圖 4-42 實踐保儀抽水站集水分區	200
圖 4-43 六館抽水站集水分區	201
圖 4-44 圖例表	201
圖 4-45 歷史雨量查詢系統畫面	202
圖 4-46 雨量水位資料查詢子系統之樹狀選單	202
圖 4-47 湖田國小逐時雨量資料查詢	203
圖 4-48 逐時雨量查詢結果	203
圖 4-49 逐時水位計資料查詢	204
圖 4-50 逐時水位計資料查詢結果	204

圖 4-51 逐時內水位資料查詢（以萬芳測站為例）	205
圖 4-52 逐時內水位查詢結果	205
圖 4-53 內水位資料以水位值查詢測站	206
圖 4-54 內水位資料以水位值查詢結果	206
圖 4-55 5 年 90 分鐘之設計雨型	209
圖 4-56 10 年 90 分鐘之設計雨型	210
圖 4-57 20 年 90 分鐘之設計雨型	211
圖 4-58 5 年 24 小時之設計雨型	212
圖 4-59 保儀 5 年 90 分鐘設計降雨之溢流情形	215
圖 4-60 保儀 10 年 90 分鐘設計降雨之溢流情形	216
圖 4-61 保儀 20 年 90 分鐘設計降雨之溢流情形	216
圖 4-62 實踐 5 年 90 分鐘設計降雨之溢流情形	217
圖 4-63 實踐 10 年 90 分鐘設計降雨之溢流情形	218
圖 4-64 實踐 20 年 90 分鐘設計降雨之溢流情形	219
圖 4-65 中港 5 年 90 分鐘設計降雨之溢流情形	220
圖 4-66 中港 10 年 90 分鐘設計降雨之溢流情形	220
圖 4-67 中港 20 年 90 分鐘設計降雨之溢流情形	221
圖 4-68 保儀 5 年 24 小時設計降雨之溢流情形	221
圖 4-69 實踐 5 年 24 小時設計降雨之溢流情形	222
圖 4-70 中港 5 年 24 小時設計降雨之溢流情形	222
圖 4-71 集中末端處理治水方式示意圖	230
圖 4-72 微管理及源頭削減逕流配置方式示意圖	231
圖 4-73 地表改良措施對逕流歷線影響圖	232
圖 4-74 維持開發前集流時間對逕流歷線影響	233
圖 4-75 滯蓄措施之滯洪功能示意圖	233
圖 6-1 網頁架構	255

表目錄

表 2-1 生產力影響因子	19
表 2-2 各施工管徑工班人數基本統計(單位：人)	20
表 2-3 各施工管徑施工氣候資料基本統計	21
表 2-4 生產力影響因子(修正後)	22
表 2-5 生產力資料筆數彙整	23
表 2-6 普通土層各施工管徑推進長度基本統計結果(單位：公尺) ..	24
表 2-7 普通土層各施工管徑含砂率基本統計(單位：百分比)	25
表 2-8 普通土層各施工管徑黏(粉)土含率基本統計(單位：百分比)	25
表 2-9 普通土層各施工管徑卵礫石含率基本統計(單位：百分比) ..	26
表 2-10 普通土層各施工管徑土壤 N 值基本統計	27
表 2-11 普通土層各施工管徑平均日進量基本統計(單位：m)	27
表 2-12 卵礫石層各施工管徑推進長度基本統計結果(單位：公尺)	28
表 2-13 卵礫石層各施工管徑含砂率基本統計 (單位：百分比)	29
表 2-14 卵礫石層各施工管徑黏(粉)土含率基本統計(單位：百分比)	30
表 2-15 卵礫石層各施工管徑卵礫石含率基本統計(單位：百分比)	31
表 2-16 卵礫石層各施工管徑最大粒徑基本統計(單位：cm)	31
表 2-17 卵礫石層各施工管徑平均日進量基本統計(單位：m)	32
表 2-18 皮爾森相關係數	33
表 2-19 短時效率調查記錄表	40
表 2-20 EZ STROBOSCOPE 模擬符號說明表	42
表 2-21 模擬元件名稱對照表	47
表 2-22 模擬元件資源屬性表	48
表 2-23 推進作業需時表 (單位：min)	49
表 2-24 再造前工班空閒時間表 (單位：min)	50

表 2-25 工種說明	52
表 2-26 改善人力配置前後工班空閒時間結果比較表 (單位:min)...	54
表 2-27 下水道推進資源列表	55
表 2-28 增加人力資源後工班空閒時間結果比較表 (單位：min)...	56
表 2-29 工班成本資源屬性表	57
表 2-30 單位產出與成本比較表 (單位：新台幣)	57
表 2-31 下水道推進技術研發專家座談會與會廠商列表	58
表 2-32 下水道推進技術研發專家座談會議照片	59
表 2-33 資料庫內各資料表相對應之欄位屬性表	63
表 2-34 台灣地區推進時遭遇卵礫石的施工區域調查	83
表 2-35 北、中部卵礫石資料之調查(整理自張吉佐等人，1996)....	84
表 2-36 依地質區域區分卵礫石層於推進工法之特性調查表	89
表 2-37 岩土與機械刀口接觸之界面關係	92
表 2-38 機械刀具配置對推進接觸破壞之結果	95
表 3-1 管線缺失形態特徵分割成果	128
表 3-2 主成份分析結果	129
表 3-3 徑向基網路診斷測試誤差矩陣(實驗 I)	129
表 3-4 徑向基網路診斷測試誤差矩陣(實驗 II)	129
表 3-5 縣市政府及廠商訪談記錄表	136
表 3-6 台中市下水道工程年度主要工作項目及施工範圍	138
表 4-1 Use Cases 目錄	156
表 4-2 人孔 4335-04 分析表	188
表 4-3 人孔 4335-508 分析表	189
表 4-4 人孔 4335-818 分析表	190
表 4-5 人孔 4434-32 分析表	191
表 4-6 人孔 4536-04 分析表	192
表 4-7 測試硬體設備	193
表 4-8 測試時間	195

表 4-9 台北市政府(短延時)降雨強度公式表	208
表 4-10 5 年 90 分鐘(mm/hr).....	208
表 4-11 10 年 90 分鐘(mm/hr).....	209
表 4-12 20 年 90 分鐘(mm/hr).....	210
表 4-13 5 年 24 小時	211
表 4-14 文山區抽水站概況	214
表 4-15 人孔溢流量統計(m^3).....	217
表 4-16 人孔溢流量統計(m^3).....	218
表 4-17 人孔溢流量統計(m^3).....	219
表 4-18 設計降雨模擬結果統整(m^3)	223
表 4-19 雨水滯蓄措施之種類、功能及其目的一覽表.....	226
表 5-1 九十六年度研發計畫成果聯合發表會暨研討會照片	237
表 5-2 九十七年度研發計畫成果發表會暨研討會議程表.....	238
表 5-3 九十七年度研發計畫成果發表會暨研討會照片	238
表 5-4 污水下水道推進工程施工與檢測維修技術研討會議程表...	240
表 5-5 污水下水道推進工程施工與檢測維修技術研討會照片	240
表 5-6 都市雨水下水道水理模擬與暴雨管理技術研討會議程表...	241
表 5-7 都市雨水下水道水理模擬與暴雨管理技術研討會照片	241
表 5-8 都市淹水與雨水下水道暴雨管理技術專家座談會議程.....	242
表 5-9 都市淹水與雨水下水道暴雨管理技術專家座談會照片	243
表 5-10 九十六年度成果發表會問卷統計分析結果	244
表 5-11 污水下水道推進工程施工與檢測維修技術研討會問卷統計 分析結果	246
表 5-12 都市雨水下水道水理模擬與暴雨管理技術研討會研討會問 卷統計	249
表 5-13 九十七年度成果發表會問卷統計分析結果.....	251
表 6-1 下水道工程技術研發計畫網站	256
表 8-1 計畫成果彙整說明	268

一、計畫緣起與目的

1.1. 計畫緣起

下水道建設為現代化城市不可或缺之公共設施之一，瑞士洛桑管理學院更將其列為國家競爭力評比之重要指標，綜觀先進國家，如德國、英國、美國等接管率分別已經達到 90.5%、90% 以及 71.4%。反觀我國，過去在下水道建設因起步較晚，且基礎建設本身並非一蹴可及的工作，因此在下水道建設發展與多數先進國家相比，仍遠遠落後。近年來政府積極推動「挑戰 2008：國家發展重點計畫-污水下水道建設計畫」，目標定在民國 92 年至民國 97 年之 6 年期間內，達成台灣地區公共污水下水道用戶接管普及率提高至 22.1%，污水處理率提升至 32% 之目標。為有效促成此一目標，政府此刻正大力編列預算，積極投入下水道工程建設，期能迎頭趕上。

如何運用先進工法與技術，提昇下水道建造、維修、監測及操作最佳化之工程技術，降低下水道系統所需之興建、營運及維修成本，並降低對環境污染之負荷及人民生命財產的損失，以改善都市居住環境，提昇工程品質，進而達到優質化與永續發展之目標，實為當前重要發展課題之一。

鑑此，營建署於 92 至 94 年間，即針對下水道系統自動化監測、操作及維修系統等項目，進行 3 年期之研究計畫補助案，完成雨水下水道最佳操作模式及污水下水道管線最佳監測、維修模式研發與建置，以及雨水下水道逕流污染控制系統自動化規劃等工作。並於 95 年完成下水道自動化管理技術研究計畫及高效率下水道推進工法評估與推廣，完成雨水下水道最佳化操作模式系統化流程及友善的使用操作介面、評估最佳操作模式整合地表淹水模式之可行性、建置污水下水道管線維修九大缺失類別影像特徵、雨水下水道自動監測系統建置之最佳規劃方式、建立下水道工法適用性評核機制及推進工法選擇

之決策支援效益評估與探討等重要成果。

為符合挑戰 2008：國家發展重點計畫的規劃之總體目標，即秉持綠色矽島規劃的基本理念，體現以人為本、永續發展的核心價值，發揮國家有限資源最大的效益，維繫世代國民的生存與福祉之目的，本團隊乃執行營建署所提出為期三年的下水道工程技術研究計畫，延續前期成果、進一步發展各項技術及工法，以有效提升下水道工程技術、改善人民生活與環境品質、降低災害損失，以達優質化與永續發展之目標。

1.2. 計畫目的

下水道是現代都市重要公共設施之一，以功能可分為污水下水道和雨水下水道，而下水道工程則包括規劃、建造、操作、維護和營運等方面，為提昇下水道工程規劃、施工、維修、監測及操作最佳化之工程技術，本計畫由三個子計畫所組成，包含了污水下水道推進施工技術、污水下水道管線檢測維修技術及雨水下水道暴雨管理技術，工作內容有暴雨模擬程式開發，利用人工智慧發展管線缺失診斷系統，建立下水道工法資料庫及開挖模式研究，定期舉辦教育訓練與專家座談會推廣下水道工程技術，培養相關技術人員，並架設教學網站供民眾學習查詢，用以加速下水道工程發展，讓台灣真正落實永續發展。各子計畫目標逐一敘述如下：

（一）污水下水道推進工程施工技術研發

為落實營建署推動「擴大公共建設—污水下水道建設計畫」並提供後續執行之建議，以下水道系統為研究對象，分析下水道工法之特性，建立下水道施工技術參考準則。研析施工方法效能指標、架構下水道施工資料庫及下水道開挖性評估模式，來提昇本土下水道施工效率。

(二) 污水下水道管線檢測維修技術研發

引進現代化的下水道管線缺失診斷方法，強化國內下水道檢視技術，以配合各縣市政府下水道維修計畫的進行與推廣，使未來下水道系統之檢視及維護更具效益。另外，將管線缺失診斷系統與前期研究所發展之下水道維修方案優選系統進行整合，以提昇整體下水道檢視維修效能。所發展之自動化管線缺失診斷及維修方案優選技術將製成教學網頁，以便於政府機關及下水道檢視維修廠商相關人員，隨時進行技術查詢與學習。

(三) 雨水下水道暴雨管理技術研發

以都市暴雨防災為主軸，完成都市暴雨防災相關宣導推廣工作，落實全民都市暴雨防災觀念之教育宣導工作、完成都市暴雨統籌管理各相關政府單位之推動工作。並規劃及實作都市雨水下水道資訊系統，除了對於暴雨管理業務相關人員推廣該系統，以利輔助業務操作外。

1.3. 工作範圍與項目

本專案全程為 96 年至 98 年，為期三年，96 年度完成的工作項目依計畫條列如下：

- 整體計畫：整體績效指標之建立、教育訓練推廣活動。
- 污水下水道推進工程施工技術研發：下水道施工技術參考準則、施工效能指標、開挖性指標初步分析及成立下水道技術輔導團。
- 污水下水道管線檢視維修技術研發：下水道管線缺失紋理特徵萃取、自動化管線缺失診斷模式開發、管線缺失診斷模式測試與分析。
- 雨水下水道暴雨管理技術研發：都市雨水下水道資訊系統之規劃與設計、台北市抽水站及區域排水系統相關文獻之回顧、台北市抽水站及區域排水系統之規劃與設計檢視。

97 年度及 98 年度將延續 96 年度之成果，後續工作範圍及項目

分述如下：

97 年度

(一) 污水下水道推進工程施工技術研發 (II)

1. 開發與建置下水道推進工法資料庫，並進行相關資料收集與登錄

依上年度已擬定之下水道推進工法資料庫架構，選擇關連式資料庫與網路技術開發下水道推進工法資料庫。配合資料庫開發，持續蒐集下水道推進工法相關的現地、施工與鑽掘等資料，並登錄於施工資訊資料庫中，藉以妥善保存下水道推進施工資訊，以作為合理日進量之訂定、工法優選模式、下水道推進工法排程系統之基礎。

2. 透過個案分析，進行推進工法施工效能指標之實證探討

利用施工資訊資料庫之個案資料，進行推進工法施工效能指標之實證探討，驗證施工效能指標之實用性。施工效能驗證包括：（一）不同工法對應地盤特性變化、（二）機具儀控設計與切削刀頭配搭、（三）輸出能量（功率）對比開挖產能（出渣）、（四）監測系統與動線考量及（五）困難排除與施工對策（如都會區長距離、大曲率施工）等相對要項作調查，彙整上述資料以研析推進工法之施工效能之實用性。

(二) 污水下水道管線檢測維修技術研發 (II)

1. 污水下水道管線檢視模式與修繕規劃 (II)

整合已發展之管線缺失診斷系統與下水道維修方案優選系統，需透過使用者操作介面之開發，於單一環境下進行整合，完成實際案例測試。

2. 污水下水道管線檢視與維修作業教材製作

完成污水下水道管線檢視與維修作業 e 化教學網頁，供下水

道管理人員進行線上終身學習，網頁內容基本涵蓋：相關維修作業之靜態文字說明、動態影像或 FLASH 動畫展示、簡易管線檢視及維修模式操作、以及相關網站連結等。

3. 輔導縣市政府及廠商進行污水下水道管線檢視維修操作

為落實污水下水道管線檢視維修技術研發成果於各縣市政府及廠商，藉由辦理講習會之方式，強化各縣市政府與廠商對於計畫執行成果之了解，並輔導其熟知污水下水道管線檢視維修系統之操作，提升各縣市執行下水道維修計畫之成效。

(三) 雨水下水道暴雨管理技術研發 (II)

1. 都市暴雨防災相關宣導推廣工作(I)

以都市暴雨防災為主軸，於 97 年度及 98 年度將陸續完成都市暴雨防災相關宣導推廣工作，落實全民都市暴雨防災觀念之教育宣導工作、完成都市暴雨統籌管理各相關政府單位之推動工作，針對暴雨管理業務相關人員推廣都市雨水下水道資訊系統，輔助業務操作。

2. 都市雨水下水道資訊系統之實作

運用上年度規劃評估之成果，開發水理模式服務元件，進行各水理模式間之訊息傳遞內容及運算架構之設計與實作，並透過系統實作案例，進行系統初步評估測試工作，以擴大其實用效益。

(四) 辦理宣導推廣、教育訓練活動

針對縣市政府單位及一般業界工程顧問公司工程技術人員，舉辦推廣宣導研討會、講習班或教育訓練等活動，97 年度預期完成舉辦 4 場次，250 人次參與之推廣效益，其中包含二次成果發表會。目前已辦理成果發表會與教育訓練共 3 場次，達 310 人，並預計於 11 月 20 日將於高雄舉辦 97 年度成果發表會。

98 年度

(一) 污水下水道推進工程施工技術研發 (III)

1. 研發機頭切削技術，建立高效率推進工法之開挖模式

為克服地質互層、軟弱地層及卵礫石層施工瓶頸，建立相關開挖性指標。配合學理及實務交流驗校，據以分析切削刀頭及機頭面板的配置，並考量輔助工法的使用，建立高效率推進工法之開挖模式，以協助施工廠商提升施工效率，加強下水道工程之成本、進度與安全規劃與管控。

2. 建立推進工程現地資料自動化收集及分析與預測系統

結合地質鑽探、施工效能與施工特性等資料，利用資料探勘技術研發預測系統，以減少施工之誤判，有利現地施工人員及早進行對策。針對下水道推進工法資料庫所需資料內容，研發自動化資料收集技術，迅速收集施工效能相關資料，以即時評估施工現地績效。

(二) 污水下水道管線檢視維修技術研發 (III)

1. 賡續輔導縣市政府及廠商進行管線檢視維修系統操作

為落實污水下水道管線檢視維修系統研發成果，推廣相關研發技術予各縣市政府及廠商，藉由辦理講習會之方式，強化其對計畫執行成果與研發技術之了解，並輔導其熟知污水下水道管線檢視維修系統之操作，以提升計畫執行成效。

2. 評估管線檢視維修流程執行績效

針對下水道檢視維修相關作業項目進行階段評比，對所輔導之系統操作項目，制定評分標準和權重分析架構，透過量化分析方法進行績效評估，以落實輔導縣市政府之執行成效。

(三) 雨水下水道暴雨管理技術研發 (III)

1. 都市暴雨防災相關宣導推廣工作(II)

以都市暴雨防災為主軸，承接 97 年度工作，完成都市暴雨防災相關宣導推廣工作。

2. 都市雨水下水道資訊系統之線上測試與運作

運用上年度實作完成之都市雨水下水道資訊系統，透過實作案例，進行系統線上運作與測試修正工作，確立其實用效益符合台北市政府業務需求。

(四) 辦理宣導推廣、教育訓練活動

針對縣市政府單位及一般業界工程顧問公司工程技術人員，舉辦推廣宣導研討會、講習班或教育訓練等活動，本年度預期完成舉辦 3 場次，250 人次參與之推廣效益。

二、污水下水道推進工程施工技術之建立

2.1. 前言

台灣目前正在從開發中之國家逐漸向已開發國家之行列邁進，而目前世界上在評估一個國家的開發程度，除了以每人平均國民所得作為判斷外，公共建設也列為評估因素中，而其中主要以電力、自來水、以及下水道做為重要指標。台灣目前電力及自來水普及率已與大部份先進國家並駕齊驅，建設率趨近於 100%，惟獨下水道普及率，仍遠遠不及已開發國家甚至於許多開發中國家的程度。截止目前為止，依據行政院經濟建設委員會所公佈之資料，台灣目前下水道接管率僅達 16.13%，仍不及兩成。因此，為了提升台灣之開發程度，加強建設污水下水道是刻不容緩的工作，而政府目前也正在加緊編列預算，希望大幅提升下水道在台灣地區的普及率，並提升民眾接管之意願與比例。

隨著台灣都市化程度愈來愈高，為了都市的環境景觀、路權之取得、避免造成用路人之不便、保持交通順暢、減少噪音及避免降低生活品質等等，許多地區已無法採取傳統的明挖式施工方法，而必需以所謂的免開挖工法 (Trenchless) 取而代之。然而因現今都市地下管線錯綜複雜，使得施工技術及難度亦日益升高，早期引進使用之潛盾工法及直線推進工法已不敷使用，是以近年來更有效率且創新的推進工法技術與機具不斷地被引進國內，以滿足長距離、曲線推進之需求。

目前國內下水道推進施工方法常用的有泥水式推進工法及土壓式推進工法，還有近年才引進之泥濃式推進工法。推進工法施工時，能有效的解決上述明挖工法所產生之問題，使其施工對於環境與交通造成的影響降至最低。但是，國內雖已逐漸累積推進工法的施工經驗，但由於過去之施工經驗未進行系統性的累積與整合，同時國內相關之技術準則亦尚未訂定，使得國內推動下水道推進工法時未能有效

地利用過去的施工經驗產生阻礙無法進步。相對地，反觀下水道推進技術進步的日本，其有完整之下水道施工技術準則，且相關資訊也做一詳細的統計整合，累積工作經驗，更成功的把技術轉移、推廣至第一線的廠商及施工團隊，使得下水道施工技術不斷創新、進步。因此，本研究計畫擬初步依據日本對於下水道技術之經驗與技術準則作為依據以草擬符合國內施工環境與文化的之下水道施工準則；同時建立一資訊整合平台與推進施工資料庫，以期能系統性地收集與累積國內推進施工廠商於台灣地區各地之施工經驗，進而提升國內推進工法施工效率，並作為業主或施工廠商在預算編列與成本控管之參考依據，進而能提升推進工法施工之品質並降低施工之成本，進而提升國內專業施工廠商的施工效率，以期能加速台灣地區下水道系統建置的時程。

而本研究團隊集合了營建管理、資訊科技、以及地質與開挖機械等專業，分別由宏觀營建管理、施工資訊整合、以及微觀之土壤與機械互制等角度建立起本研究團隊之核心架構，如圖 2-1、圖 2-2 所示。其中，營建管理層面由宏觀之營建工程管理的角度評估及探討整體下水道推進工程(法)之相關事項；地質與開挖機械層面由微觀力學觀點以嚴謹的學理鑽研土壤與開挖機械之互制行為；而資訊科技層面則由資訊整合的角度，整合及處理下水道工程相關之資料，以支援其它研究所需之相關資訊，並期望能在未來將各專業施工廠商之經驗加以累積與傳承。

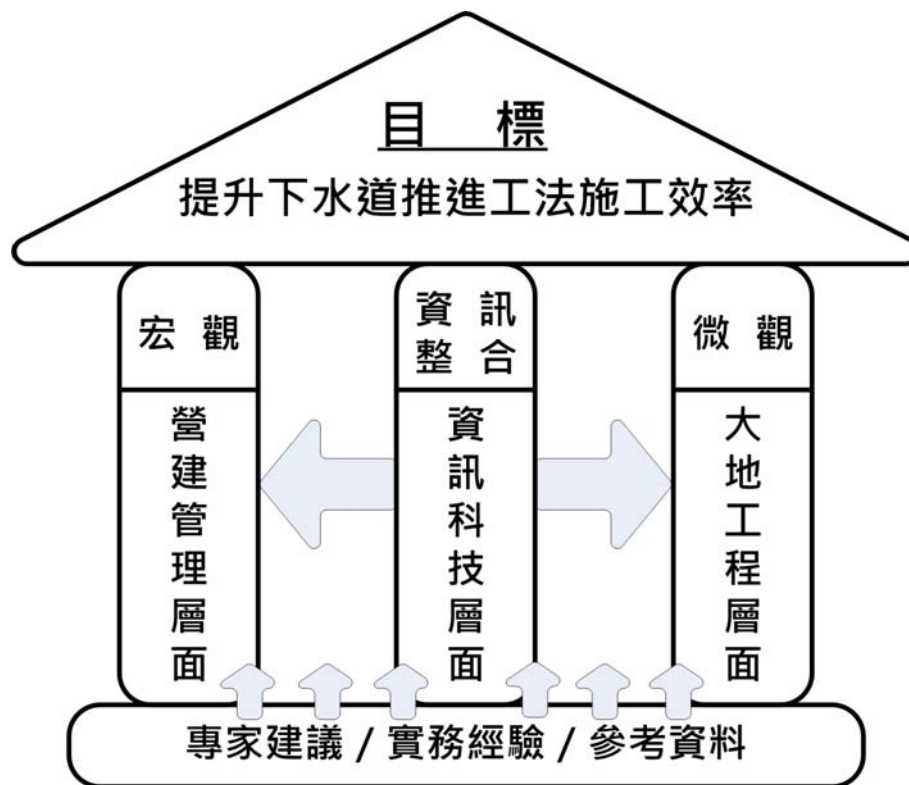


圖 2-1 本子計畫整體研究團隊核心架構圖

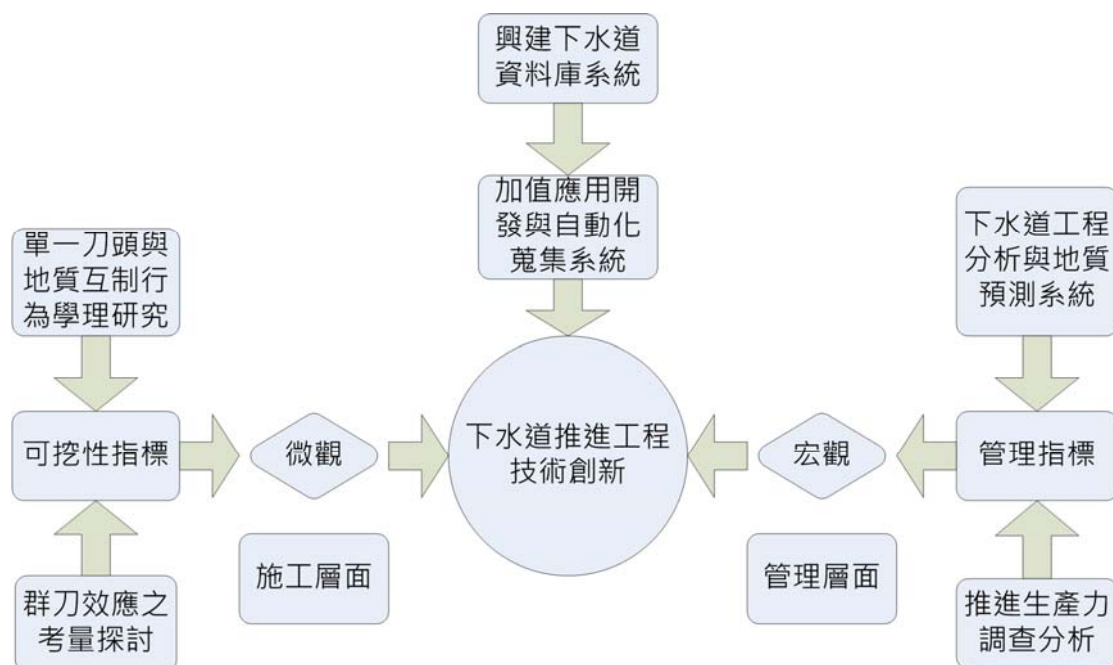


圖 2-2 本子計劃研究團隊分工概念圖

2.2. 研究目的及項目

圖 2-3 為本研究研究內容及流程架構圖。今年之工作項目乃延續 96 年的研究成果：施工技術參考準則、施工效能指標、可挖性指標及下水道資料庫架構為基礎加以延伸，而訂定本年度的主要工作重點在下水道推進工法資料庫的建置，並針對施工效能指標及可挖性指標進行實地測試，而以下將分項詳加描述：

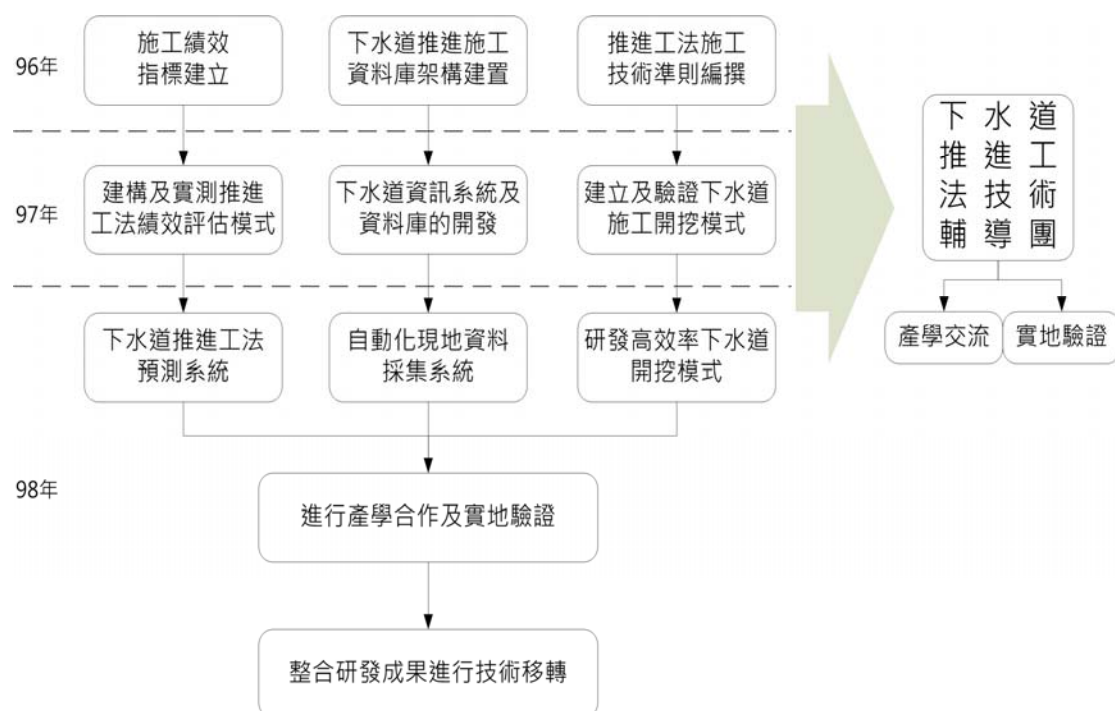


圖 2-3 本研究研究內容及流程架構圖

一、開發與建置下水道推進工法資料庫

本研究以 96 年建置的資料庫架構為基礎，實際進行資料庫的設計與建置，並實際輸入收集所得之施工資料進行系統評估。其各步驟分別如下：

(一) 完成資料庫之分析與設計

根據第一年度確認之施工資料格式、單位以及未來資料交換之

格式，進行關聯式資料庫的分析與設計。透過資料庫正規化（normalization）分析以減少資料庫內儲存多餘資料之可能性，並可減少未來資料庫上線後資料存入資料庫時所可能發生的不一致性（data inconsistency）問題，以確保資料庫後正式上線後營運記錄之資料品質。

（二）建置資料庫

將所收集到的資料逐步地建置進入資料庫，以驗證資料庫設計之合理性，並重複步驟 1-2 直至資料庫之設計能完全將容納所需儲存之所有資料。

（三）開發自動化資料轉化程式

根據所收集到之電子化資料，開發自動化 ETL（Extraction, Transformation, and Load）程式。由於預計資料量將相當龐大，以人工方式將資料登錄進入資料庫耗時費工且容易發生人為錯誤，因此將開發電腦程式將資料由合作廠商提供之電腦檔案將所需之資料萃取出來（Extract），並經過轉換（Transform）成為符合需要之格式，再將其倒入（Load）本案所設置的資料庫。

（四）設計查詢以產出所需之摘要報表

根據廠商所提出與各諮詢專家所建議之摘要報表需求，建立 SQL 查詢語法，並將其訂定為資料庫系統之 view，以便利未來系統開發之工作。所謂的摘要報表及為根據每日之施工資料，經過一分析與歸納的過程整理成為一指定期間的摘要輸出。摘要報表較日報表易於閱讀，亦較容易看出重要的資訊。

（五）持續收集資料庫儲存之案例資料

積極收集國內各廠商之施工資料，以豐富資料庫系統之內容。以期能累積相當數量的案例，供後續合理日進量之訂定、工法優選模式、下水道推進施工排程規劃之重要參考依據。

（六）進行網頁式資訊系統之初步系統分析

依據資料庫系統之內容，初步規劃所需網頁式資訊系統前端所需之功能，以方便國內各方有興趣之人士能查詢資料庫之內容。

（七）完成資訊系統之基本功能開發

根據系統分析與設計的結果，初步實現本資訊系統之基本功能(如基本查詢)。

二、開挖性指標實證分析

依據實務與學理兩項考量，本計畫就實證分析部份，初擬推進工法開挖效率現地調查要項，以作為後續訂定合適之調查內容格式之用，其中包含現場案例之進度調查。並設法配合合適之現地儀控、監測等調查記錄與資料庫結合暨資訊平台與通盤工程管理之整合。其執行內容之分類概述如下：

（一）工程概況之描述

如：工程名稱、標案、總進度、目前進度、里程、輪進長度等內容之記錄查考。

（二）工程幾何形狀之記錄

如：總長、斷面積大小、斷面積形狀、覆土厚度等內容之記錄查考。

（三）地質狀況之查核

1.土壤類：地工材料之力學性質（土壤剪力強度 q_u 、 C 、 ψ 等參數）、地下水壓（位）、一般土壤（普通土層（ $N < 50$ ，最大粒徑 20mm 以下）、硬質土壤（ $N > 50$ ））、特殊土壤（黏土、礫石、卵礫石、其他）、地質鑽探資料與剖面圖、分類（USCS 統一土壤分類）等

內容之記錄查考。

2.岩石類：地工材料之力學性質（單壓強度、拉力強度、硬度等參數）、弱面調查與描述、地質鑽探資料與剖面圖、分類（RMR、Q system）等內容之記錄查考。

（四）推進工法掘進施工

如：開挖斷面、開挖形式、開挖機具（推、扭力、尺寸、規格、型號、鑽刀形式）、工法種類（泥水式、土壓式、泥濃式、其他）等內容之記錄查考。

（五）出碴狀況

如：出碴機具（型式、尺寸、規模、效率）、碴料（粒徑分佈曲線、單壓強度）等內容之記錄查考。

（六）相關監測項目與數據

如：監測資料、推進速率、排土速率、鄰近開挖面沉陷量、盾身前方非破壞檢測、盾首刀頭之應力感測、施工噪音、施工振動、環境污染等內容之記錄查考。

（七）施工困難或災變處置

如：參考圖表繪製（急曲線施工、長距離推進、土質互層、土層中障礙物（如：流木、連續壁、基樁）、工期延宕日數等內容之記錄查考。

（八）備註與其他

如：工作人員調配、儀控面版設計（監測與操作）、機具使用年度（限）與折舊等內容之記錄查考。

三、生產力及管理指標工地實證

利用施工資訊資料庫中之個案資料，統計現地生產力資料及施工

管理資料，進行推進工法施工效能指標之實證探討，驗證施工效能指標之實用性，步驟如下：

(一)現地調查與記錄

本計畫將採用現地觀察方式，以短時效率觀察法調查並記錄現行台灣地區下水道推進工程工班作業情形與推進作業流程。

(二)流程再造工作

依據現地調查結果進行工班作業情形與推進作業流程分析，並以電腦模擬方式，重新檢討下水道推進作業流程，並提出改善方案。

(三)選取示範工區

招募具配合意願的工區，進行成果宣傳，並著手技術移轉與工地實證相關事誼。

四、舉辦教育推廣活動

根據初步完成之網頁資訊系統舉辦教育推廣活動，邀請國內產官學界有興趣使用之人士使用此資訊系統，用來作為未來施工之參考依據。並由教育推廣活動收集更多方人士之意見，作為未來資訊系統之開發與改版之依據。

2.3. 生產力分析與推進工作流程再造

本年度計畫將於上半年，持續蒐集下水道推進工程施工日報表，擷取出影響日進量之因子，進行基本統計分析，以擴大資料樣本，進行 96 年度所建立之下水道推進經驗公式修正。同時亦會利用生產力現地資料，評估目前下水道推進工程工作效率。另外本年度，也會同步使用現地調查方式，針對中小管徑下水道施工工班進行工作研究，以利於下半年度藉由工作效率分析結果，擬定推進流程再造 (Process re-engineering) 方案。最後將會利用現地實證探討，驗證流程再造之實用性。而本年研究內容如下圖 2-4：

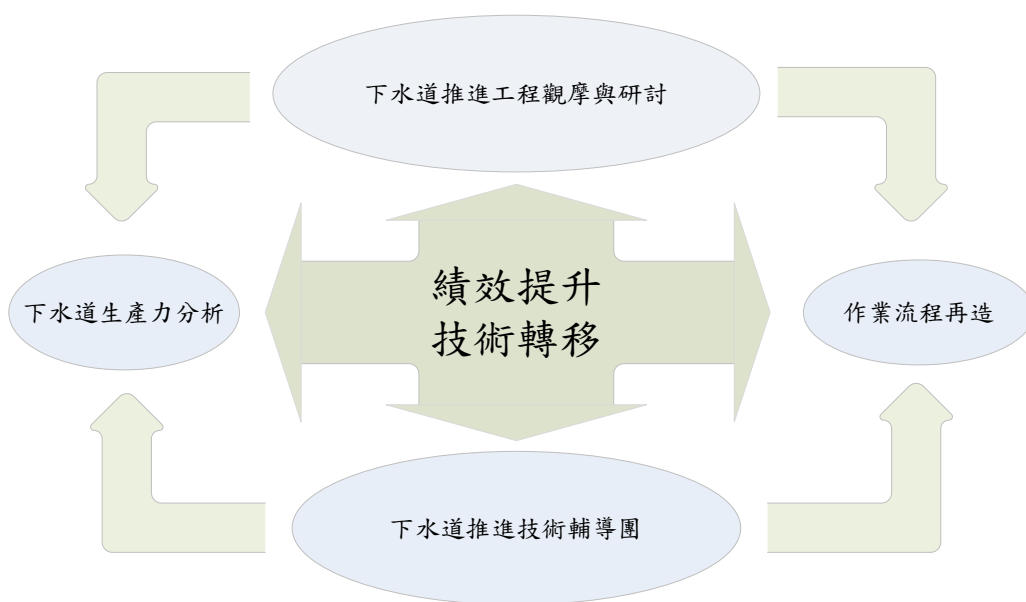


圖 2-4 研究範疇圖

上圖所示，今年度本研究將會分別從生產力分析與作業流程再造進行下水道推進技術探討，而研究步驟如下圖 2-5 所示：

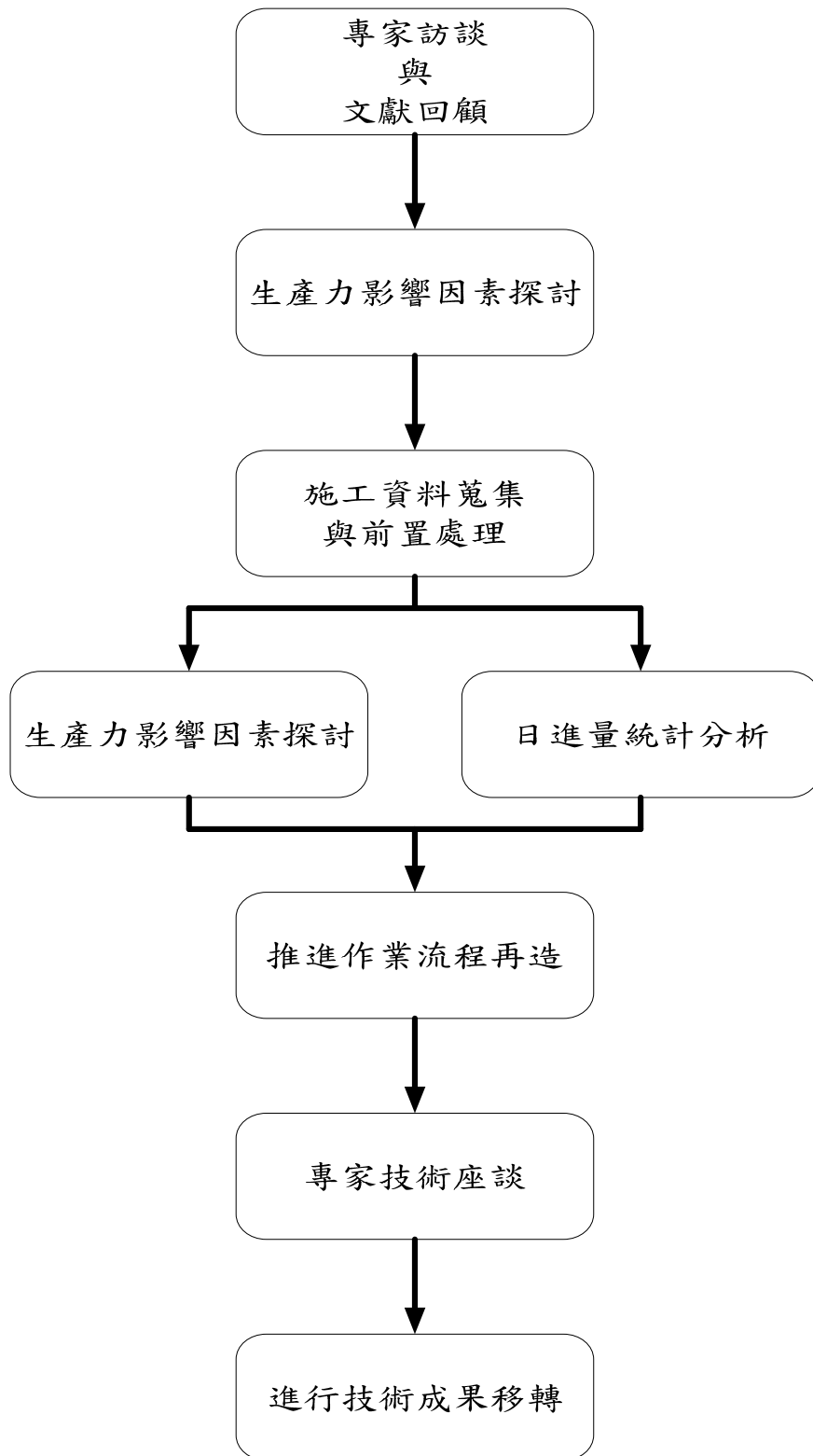


圖 2-5 研究流程圖

2.3.1. 生產力分析

有鑒於下水道推進施工現地多以生產力做為施工規劃依據，所以本研究亦採用此做為效能衡量指標，針對可能會影響下水道生產力之變數項目進行分析，希望能藉由此發展出完善且適合的施工規劃評估指標，並於日後驗證本研究成果於工地實證之實用性。

一、生產力定義

於 96 年度研究中，本團隊依據業界習慣，以日進量做為計算下水道生產力之根據，並根據文獻回顧結果，定義下水道生產力為：

$$\text{推進工法生產力} = \Sigma \text{推管距離(M)} / \Sigma \text{推管花費時間(day)}$$

以日進量來做為生產力的定義，有下述兩項優點：

1. 依照目前業界使用之習慣，以日進量做為生產力定義，將符合業界思考邏輯，讓使用者能更快上手並了解其內涵。
2. 對於進行工區生產力分析時，對於取得之原始資料可以不用經過過太複雜的轉換，即可計算出生產力。

於本研究中，其生產力定義中之推管花費時間，統一以一天為計算依據。

二、生產力影響因子

由於下水道推進為地層下之建構行為，所以需面臨著高度地質不確定性，亦即其推進過程中，所需面臨著變數極多。王進源（2005 年）指出，影響隧道生產力因素主要可歸納為：地質狀況、施工管理、作業工班及施工機具之選用等四大項。故如果要提昇隧道工程生產力，必需由上述等四項問題進行對策之改善。陳清南（2006 年）中也指出，影響卵礫石層日進量的主要因素分別有：管徑、礫石礫徑、

礫石含率、黏土含率、地下水位、細泥及沙之含率、覆土深度、機具的性能、維修的優劣，人員的素質及其他環境天候因素等等。由上述文獻回顧中可發現，任一項變數都有可能造成日進量未達預期之後果，所以在進行生產力分析時，需考慮到有可能影響日進量之變數。在本研究中，稱不確定因素為生產力影響因子。不過，若將眾多影響因子納入研究，有些因素可能會因其不具代表性無法對其進行有效的預測而增加計算分析的困難度及複雜性，因此本研究於去年度研究中，在選定因子時，已參考下水道文獻建議及現地資料的蒐集難易做為選擇標準。並且選定以下如表 2-1 為影響推進工法日進量之因素。

表 2-1 生產力影響因子

	資料項目	資料來源	資料型態
地質 條件 狀態	卵礫石含率	地質鑽探報告	數值
	砂含率	地質鑽探報告	數值
	細泥黏土含率	地質鑽探報告	數值
	垂直貫入試驗，N 值	地質鑽探報告	數值
	最大粒徑	地質鑽探報告	數值
管理 狀態	工班人數	施工日報表	數值
周邊 環境 狀態	施工氣候狀態	施工日報表	1.晴天 2.陰天 3.小雨 4.大雨 5.颱風 6.自然 災害
推進 基本 資料	使用工法	施工計畫書	類型
	管徑	施工日報表	類型
	推進長度	施工日報表	數值
	推進時間(天)	施工日報表	數值

經過去年度資料蒐集與基本統計之分析結果，發現有部份因素因為對於日進量之影響並無顯著影響，故於今年度將其剔除，剔除的因子分別為工班人數與施工氣候狀態，原因分述如下：

1. 工班人數

由於中小管徑推進人力無法進入管內作業，且工作井之空間亦有限，所以增加工班人數對於生產力之實質幫助不大，由表 2-2 中可看出，工班人數大都為 5 人，由此可知業界工班使用人力與本研究蒐集資料相呼應，因此，本研究將此影響因素剔除。

雖然增加工班人數並無法有有效的提昇下水道推進生產力，不過經由現地調查，現行工班作業效率尚未達到文獻回顧所述之 70%有效工率(Thomas, 2003)，所以於後續將會針對工班與作業進行重整動作，以流程再造手段，改善工班效率。

表 2-2 各施工管徑工班人數基本統計(單位：人)

工法	管徑	筆數	眾數	最大值	最小值
泥水式	300mm	198	5	6	4
	觀測次數		144	13	8
	400mm	80	5	6	5
	觀測次數		48	10	48
	500mm	60	6	6	5
	觀測次數		35	35	7
土壓式	300mm	542	5	6	4
	觀測次數		451	55	3
	400mm	104	5	6	5
	觀測次數		59	3	59
	500mm	129	6	6	5
	觀測次數		75	72	35

2. 施工氣候狀態

上年度中，本研究將施工氣候分為六等，分別為(1)晴天 (2)陰天 (3)小雨 (4)大雨 (5)颱風(6)自然災害。經過資料蒐集結果與現地參訪結果，業界普遍遇到大雨以上等惡劣氣候狀況時，皆不會進行推進作業，偶有例外則是遇到趕工作業。在目前研究中，蒐集到之 943 筆推進資料中，其詳細統計資料如表 2-3，從表中我們可得知，不論是泥水工法或是土壓工法，眾數出現最多都為代表晴天的『1』，而代表小雨的『3』與代表大雨的『4』出現次數皆不高，尤其代表大雨的『4』，僅出現二筆，其餘天候狀態者出現皆為零，因此，本研究亦將此項因子進行剔除，以簡化日進量資料處理。

表 2-3 各施工管徑施工氣候資料基本統計

工法	管徑	筆數	眾數	最大值	最小值
泥水式	300mm	198	1	4	1
	觀測次數		48	2	48
	400mm	80	1	3	1
	觀測次數		35	4	35
	500mm	60	1	2	1
	觀測次數		33	9	33
土壓式	300mm	542	1	3	1
	觀測次數		289	37	289
	400mm	104	1	2	1
	觀測次數		33	29	33
	500mm	129	2	2	1
	觀測次數		56	56	51

經過剔除動作後，日進量之影響因素簡化成僅分為地質條件狀態與推進基本資料兩大項，整理如表 2-4:

表 2-4 生產力影響因子(修正後)

	資料項目	資料來源	資料型態
地質 條件 狀態	卵礫石含率	地質鑽探報告	數值
	砂含率	地質鑽探報告	數值
	細泥黏土含率	地質鑽探報告	數值
	垂直貫入試驗，N 值	地質鑽探報告	數值
	最大粒徑	地質鑽探報告	數值
推進 基本 資料	使用工法	施工計畫書	類型
	管徑	施工日報表	類型
	推進長度	施工日報表	數值
	推進時間(天)	施工日報表	數值

三、現地資料蒐集結果統計分析

經過前期與今年度之資料蒐集，本研究截至民國九十七年八月 20 日止，已蒐集 1113 筆下水道推進工區生產力資料，其中普通土層(礫率 $\leq 30\%$ 、N 值 < 30)資料 943 筆，卵礫石層(礫率 ≥ 30 、N 值 ≥ 30)資料 170 筆。而蒐集範圍則包括正在施工之下水道推進標案與已完工之歷史資料，其資料蒐集來源於累積筆數分別如表 2-5 所示。

表 2-5 生產力資料筆數彙整

土層 種類	施工 工法	管徑 (mm)	資料來源	資料 筆數	小計
普通 土層	泥 水 式	300	中和地區下水道新建工程	165	943 筆
		400		58	
		500		42	
	土 壓 式	300	新店地區下水道新建工程	509	
		400		62	
		500		107	
卵 礫 石 層	泥 水 式	300	新店地區下水道新建工程 中和地區下水道新建工程	33	170 筆
		400		22	
		500		18	
	土 壓 式	300		33	
		400		42	
		500		22	

以下將會就 96 年度與 97 年度所蒐集之資料，就去年度所定出之生產力重要影響因子，依各推進管徑及工法分類來觀察資料之基本統計值，並分述如下：

1. 普通土層

(1) 推進長度

本計畫研究對象，以短管推進為主，故所蒐集之資料其推進長度，最長為泥水式工法管徑400mm之76公尺，最短為土壓式工法管徑300mm之13公尺，但大多數的推進長度資料都落在20至50公尺間。再

觀察表 2-6，可發現，標準差最大值亦為泥水式工法管徑400mm之12.8，最小標準差則為泥水式工法管徑500mm之5.5。

表 2-6 普通土層各施工管徑推進長度基本統計結果(單位：公尺)

工法	管徑	筆數	最大值	最小值	平均數	標準差
泥水式	300mm	165	50.00	15.4	36.80	8.63
	400mm	58	76.00	20.00	39.11	12.75
	500mm	42	50.00	31.00	39.99	5.54
土壓式	300mm	509	60.00	13.00	34.66	9.58
	400mm	62	59.00	19.00	38.84	9.00
	500mm	107	60.00	15.70	34.65	9.03

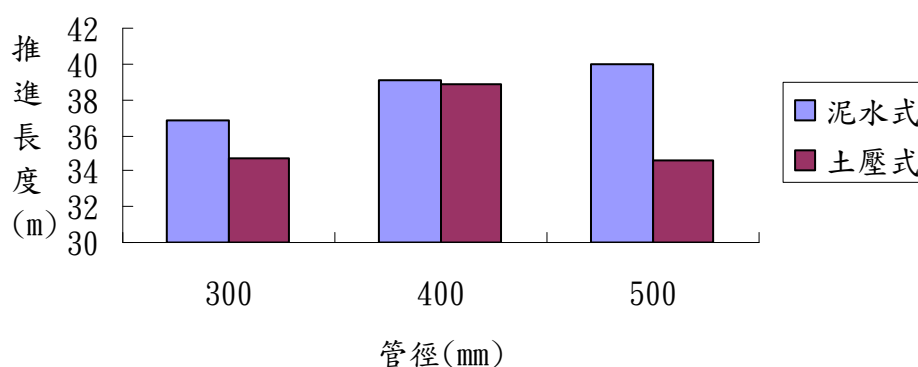


圖 2-6 普通土層各施工管徑推進長度平均值

(2)地質條件與項目統計

表 2-7至表 2-10及圖 2-7至圖 2-9分別表示為推進工程進行之砂含率、黏土含率、卵礫石含率與土壤N值。首先進行綜合觀察可發現，本次蒐集資料之地質成份大多為砂與黏土互層，卵礫石含量於本資料中其比例偏低，於表 2-9中可發現，兩種工法之卵礫石含率都幾乎為零。從表 2-7中可看出，土壓與泥水工法之砂含量平均值分佈在40%~60%間，且大都為50%左右。由於地層組成成份主要為砂、黏(粉)土與卵礫石，但由於本次資料群中之卵礫石含量皆偏低，故由表 2-8可觀察出，兩種工法之黏(粉)土含率於各管徑之平均值分佈於40%左右。最後，觀察表2-10之土壤N值，本次資料群之土壤N值，普遍亦

不高，不論何種工法與管徑，其土壤N值出現範圍最多的都為3~12，其次為土壤N值範圍13~22，僅少數N值達到23以上。

表 2-7 普通土層各施工管徑含砂率基本統計(單位：百分比)

工法	管徑	筆數	最大值	最小值	平均數	標準差
泥 水 式	300mm	165	81.00	0.00	49.74	27.32
	400mm	58	76.20	5.60	52.10	17.35
	500mm	42	77.20	5.70	57.13	19.99
土 壓 式	300mm	509	97.00	2.00	46.50	31.92
	400mm	62	75.00	7.00	64.06	32.41
	500mm	107	95.00	6.00	52.14	34.06

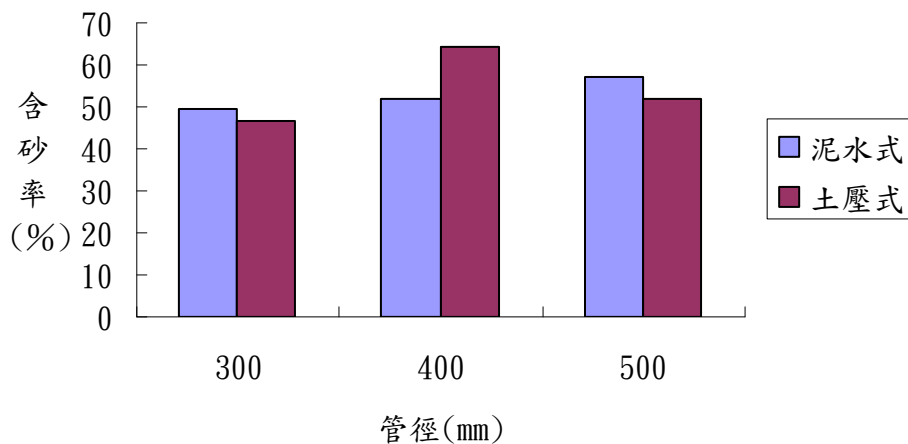


圖 2-7 普通土層各施工管徑含砂率平均值

表 2-8 普通土層各施工管徑黏(粉)土含率基本統計(單位：百分比)

工法	管徑	筆數	最大值	最小值	平均數	標準差
泥 水 式	300mm	165	100.00	0.00	42.92	28.61
	400mm	58	94.40	3.50	32.28	19.59
	500mm	42	94.30	14.70	37.73	22.78
土 壓 式	300mm	509	98.00	3.00	53.21	32.09
	400mm	62	93.00	5.00	35.90	32.35
	500mm	107	95.00	6.00	45.36	31.91

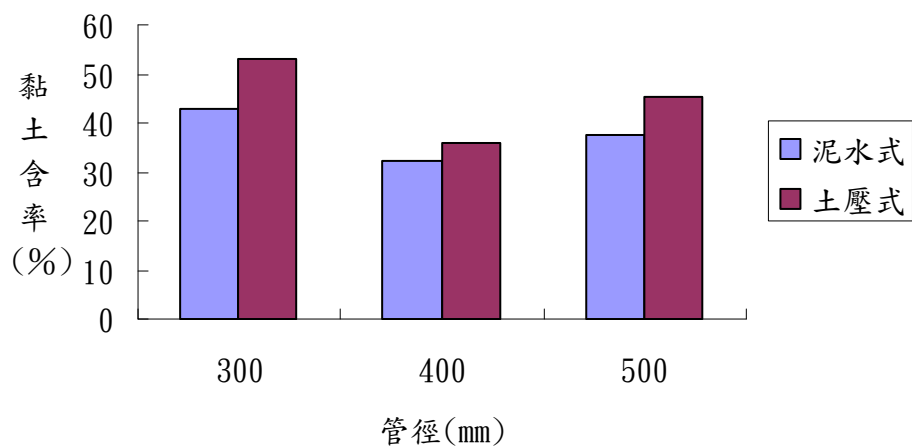


圖 2-8 普通土層各施工管徑黏(粉)土含率平均值

表 2-9 普通土層各施工管徑卵礫石含率基本統計(單位：百分比)

工法	管徑	筆數	最大值	最小值	平均數	標準差
泥 水 式	300mm	165	71.00	0.00	6.78	13.05
	400mm	58	33.00	0.00	12.79	12.05
	500mm	42	28.00	0.00	4.18	9.64
土 壓 式	300mm	509	16.00	0.00	0.22	1.55
	400mm	62	0.00	0.00	0.00	0.00
	500mm	107	9.00	0.00	2.52	3.23

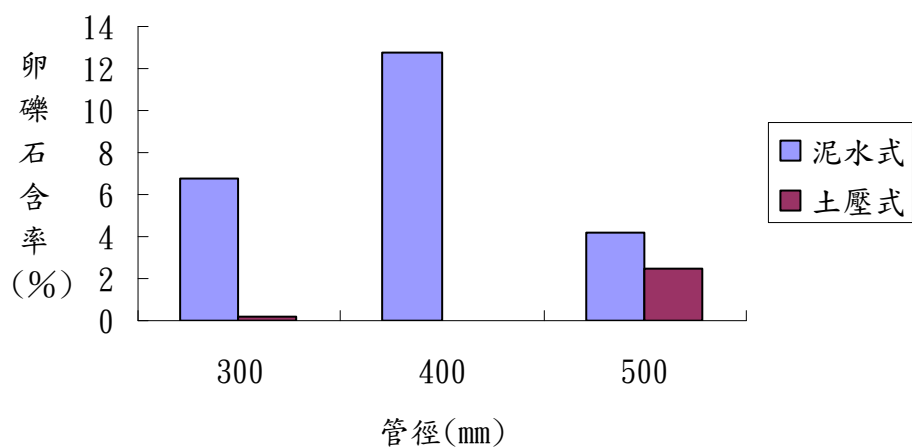


圖 2-9 普通土層各施工管徑卵礫石含率平均值

表 2-10 普通土層各施工管徑土壤 N 值基本統計

工法	管徑	筆數	N值(3~12)	N值(3~12)	N值(3~12)
泥 水 式	300mm	165	144	16	5
	400mm	58	38	19	1
	500mm	42	35	5	2
土 壓 式	300mm	509	488	8	3
	400mm	62	56	6	0
	500mm	107	72	35	0

(3)平均日進量分析

觀察表 2-11 與圖 2-10 可看出，本期累積至目前為止所蒐集到現地施工資料之日進量，泥水加壓工法於 300mm 與 400mm 管徑其日進量略低於土壓平衡工法，但於 500mm 管徑泥水式工法日進量則高於土壓平衡，其中，日進量平均值最大為土壓式工法 300mm 之 17.78 公尺，其標準差為 8.87，最小值則為土壓式工法管徑 500mm 之 6.62 公尺，標準差 7.1。

表 2-11 普通土層各施工管徑平均日進量基本統計(單位：m)

工法	管徑	筆數	最大值	最小值	平均數	標準差
泥 水 式	300mm	165	39.70	0.70	13.04	7.07
	400mm	58	25.70	2.60	11.53	6.69
	500mm	42	25.00	4.40	9.98	5.75
土 壓 式	300mm	509	45.00	1.7	17.78	8.87
	400mm	62	33.00	1.5	15.56	8.64
	500mm	107	45.00	1.2	6.62	7.4

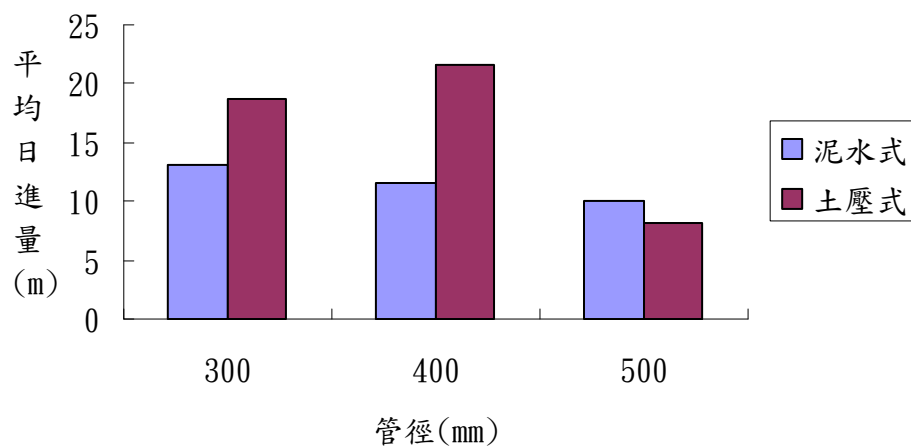


圖 2-10 普通土層各施工管徑日進量平均值

2. 卵礫石層

(1) 推進長度

短管推進由於推進力傳遞之因素，推進長度過長，則會造成推進力不足無法推進之現象，故其推進長度 20 公尺至 40 公尺間，由統計資料可知，本次蒐集資料最大值為土壓式工法管徑 500mm 之 51.6 公尺，最小亦為土壓式工法管徑 300mm 之 12 公尺，詳細統計資料如表 2-12 所示。

表 2-12 卵礫石層各施工管徑推進長度基本統計結果(單位：公尺)

工法	管徑	筆數	最大值	最小值	平均數	標準差
泥水式	300mm	33	49.00	28.80	39.60	4.92
	400mm	22	25.00	54.00	36.90	7.81
	500mm	18	49.00	27.00	38.20	6.20
土壓式	300mm	33	51.00	12.00	35.70	9.51
	400mm	42	49.70	18.10	38.30	6.91
	500mm	22	51.60	15.70	31.10	9.86

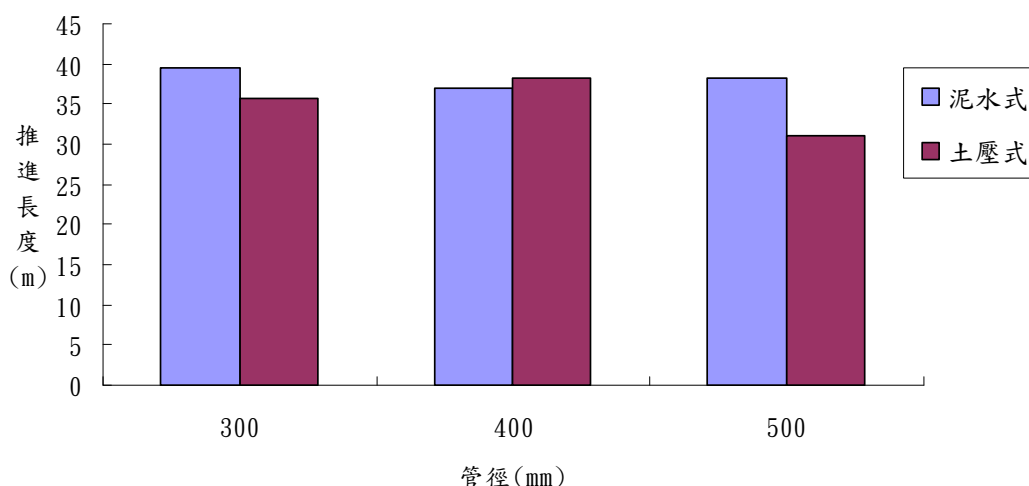


圖 2-11 卵礫石層各施工管徑推進長度平均值

(2)地質條件與項目統計

表 2-13 至表 2-16 及圖 2-12 至圖 2-15 分別為卵礫石層推進資料之地質條件狀態統計資料。其中在卵礫石層中，由於 N 值於實際上並無法明確表示任何實質上之地質意義，故業界於卵礫石層中進行推進工程，皆以最大粒徑取代 N 值。本研究，亦採用最大粒徑而刪除 N 值項目。

綜觀地質條件統計資料，卵礫石含量出現最大值為土壓式工法管徑 400mm 之 84%，而平均約在 45% 以上，另外，本次所蒐集之資料，其最大粒徑最大值為 15cm，最小值為 2cm，平均值則落在 9~12 間。對小管推進來說，此粒徑分佈會使推進困難度提高，並影響推進速度。

表 2-13 卵礫石層各施工管徑含砂率基本統計 (單位：百分比)

工法	管徑	筆數	最大值	最小值	平均數	標準差
泥水式	300mm	33	48.00	18.30	36.10	7.90
	400mm	22	14.00	54.00	30.2	9.87
	500mm	18	52.30	18.00	31.60	9.36
土壓式	300mm	33	60.00	12.00	27.10	12.87
	400mm	42	56.50	13.40	28.30	11.65
	500mm	22	29.00	18.00	22.20	2.96

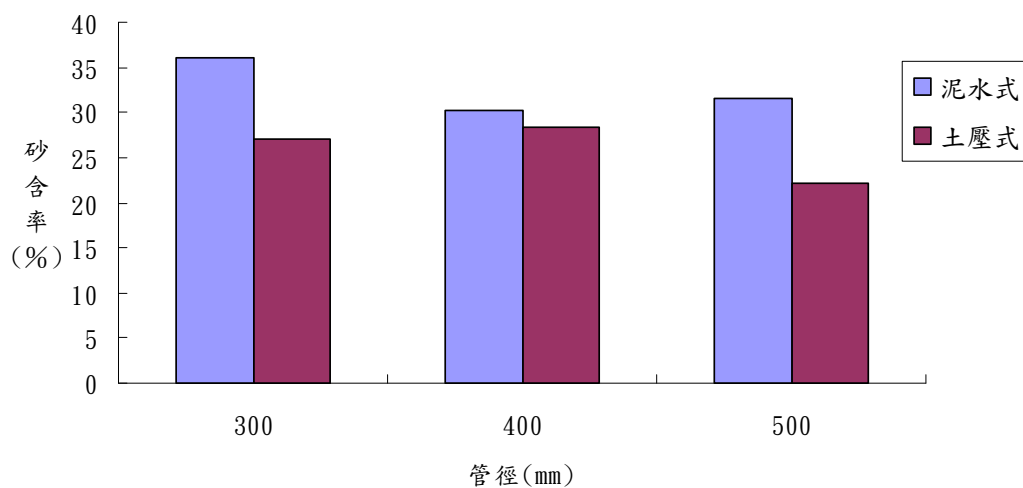


圖 2-12 卵礫石層各施工管徑含砂率平均值

表 2-14 卵礫石層各施工管徑黏(粉)土含率基本統計(單位：百分比)

工法	管徑	筆數	最大值	最小值	平均數	標準差
泥水式	300mm	33	23.10	7.00	15.20	5.10
	400mm	22	23.00	6.30	14.80	5.47
	500mm	18	15.00	6.00	14.70	2.02
土壓式	300mm	33	21.20	2.30	7.70	5.40
	400mm	42	46.80	2.00	12.10	12.06
	500mm	22	9.00	5.00	6.00	1.17

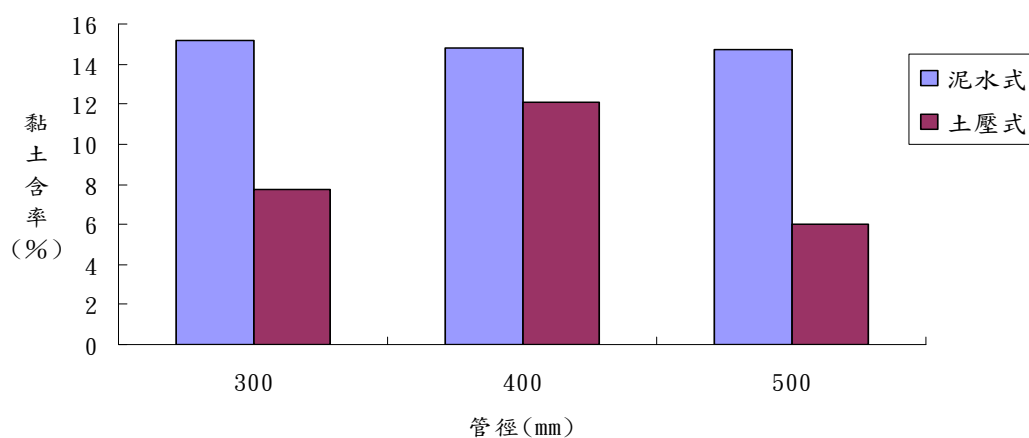


圖 2-13 卵礫石層各施工管徑黏(粉)土含率平均值

表 2-15 卵礫石層各施工管徑卵礫石含率基本統計(單位：百分比)

工法	管徑	筆數	最大值	最小值	平均數	標準差
泥 水 式	300mm	33	64.00	37.00	48.80	7.90
	400mm	22	14.50	54.00	55.00	7.64
	500mm	18	65.00	35.60	53.70	9.41
土 壓 式	300mm	33	83.00	20.00	64.00	18.10
	400mm	42	84.10	9.20	59.60	23.05
	500mm	22	77.00	62.10	71.90	3.71

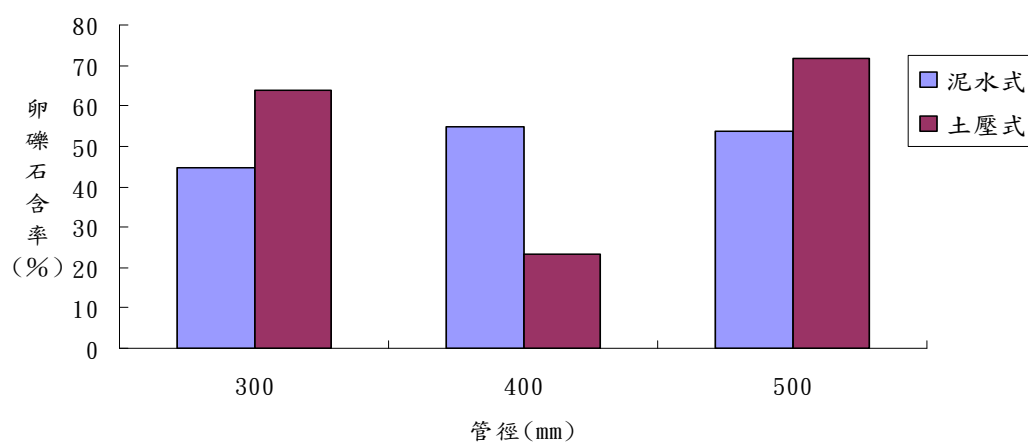


圖 2-14 卵礫石層各施工管徑黏(粉)土含率平均值

表 2-16 卵礫石層各施工管徑最大粒徑基本統計(單位：cm)

工法	管徑	筆數	最大值	最小值	平均數	標準差
泥 水 式	300mm	33	18.40	6.00	11.36	2.98
	400mm	22	18.00	6.50	11.10	4.01
	500mm	18	7.00	20.00	12.47	4.00
土 壓 式	300mm	33	43.00	5.20	13.62	7.98
	400mm	42	39.60	15.00	22.07	5.50
	500mm	22	25.00	6.50	13.57	6.80

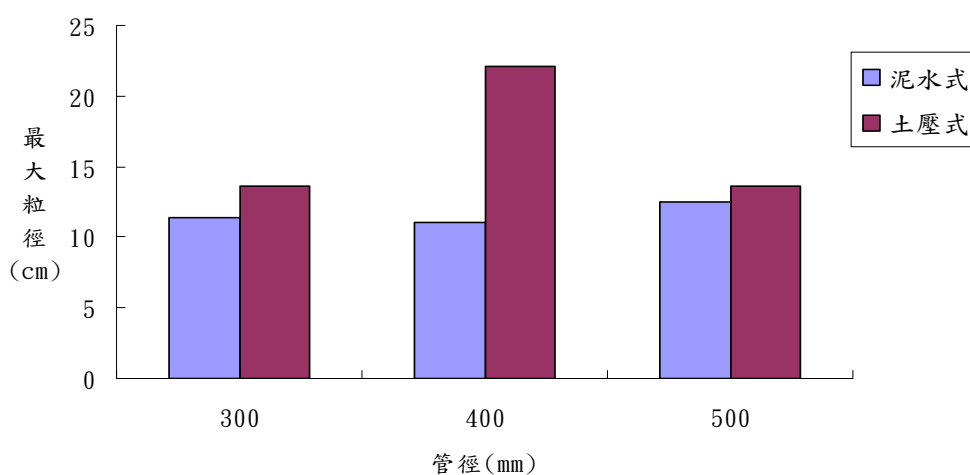


圖 2-15 卵礫石層各施工管徑最大粒徑平均值

(3) 平均日進量分析

表 2-7 與圖 2-16 為卵礫石層中推進日進量之基本統計資料，由表中可看出，於卵礫土層中平均推進日進量約為 9m，已低於普通土層許多，由此可知，台灣地區於卵礫石層推進之技術尚有許多需克服之地方。

表 2-17 卵礫石層各施工管徑平均日進量基本統計(單位：m)

工法	管徑	筆數	最大值	最小值	平均數	標準差
泥水式	300mm	33	18.20	5.90	11.20	3.74
	400mm	22	18.00	5.10	10.00	3.70
	500mm	18	13.80	5.50	9.40	2.90
土壓式	300mm	33	23.00	5.00	9.30	4.21
	400mm	42	18.00	5.00	7.20	3.33
	500mm	22	18.00	4.50	6.20	1.20

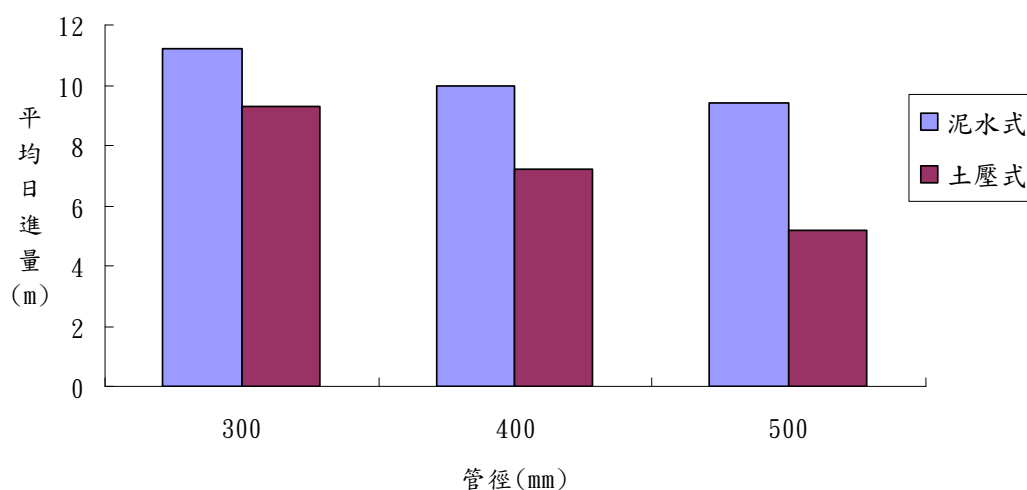


圖 2-16 卵礫石層各施工管徑日進量平均值

經過基本統計分析後，本研究亦藉由皮爾森係數(Pearson Correlation)進行地質條件與平均日進量分析，更加深瞭解各地質條件與平均日進量之相關性。分析結果如表 2-18 所示。

表 2-18 皮爾森相關係數

	平均日進量	推進長度	施工管徑	含砂率	黏土含率	卵礫石含率	N 值	最大粒徑
平均日進量	1.00	0.48	-0.60	-0.53	0.55	-0.29	-0.53	-0.45
推進長度	0.48	1.00	-0.17	-0.01	0.03	-0.24	-0.19	-0.05
施工管徑	-0.60	-0.17	1.00	0.19	-0.23	0.53	0.60	-0.11
含砂率	-0.53	-0.01	0.19	1.00	-1.00	-0.26	0.28	0.01
黏土含率	0.55	0.03	-0.23	-1.00	1.00	0.21	-0.31	-0.01
卵礫石含率	-0.29	-0.24	0.53	-0.26	0.21	1.00	0.51	-0.03
N 值	-0.53	-0.19	0.60	0.28	-0.31	0.51	1.00	-0.05
最大粒徑	-0.45	-0.05	0.11	0.01	-0.01	-0.03	-0.05	1.00

觀察表 2-18，與平均日進量存在負相關都有施工管徑、含砂率、卵礫石含率、最大粒徑等四項，如此表示，此類地質條件數值愈大則會降低推進日進量，此結果與文獻回顧相符合。

本研究針對所蒐集的資料進行基本統計後，可知其地質狀況在一般施工地質分類上，大多為一般土層，而研究搜尋日本類似地質條件推進工法之日進量數據進行比較，如圖 2-17 至圖 2-20。

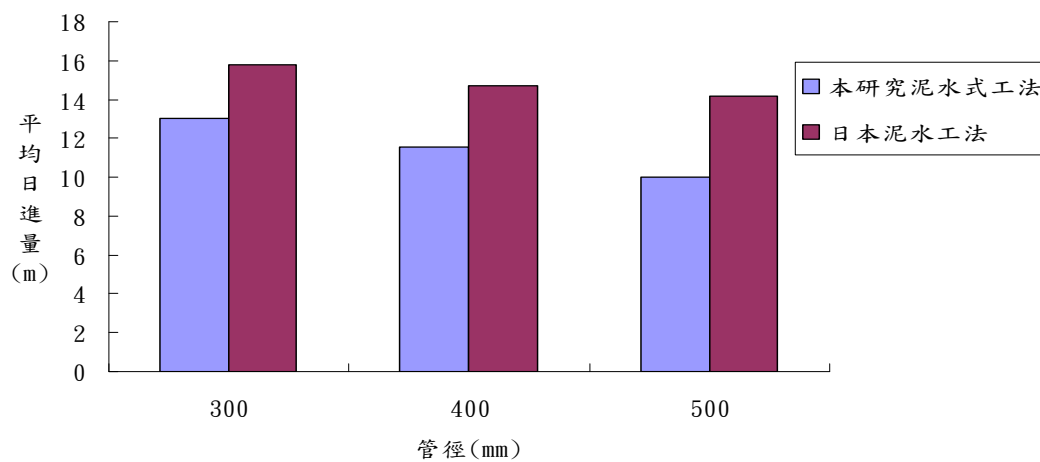


圖 2-17 普通土層泥水工法平均日進量比較圖

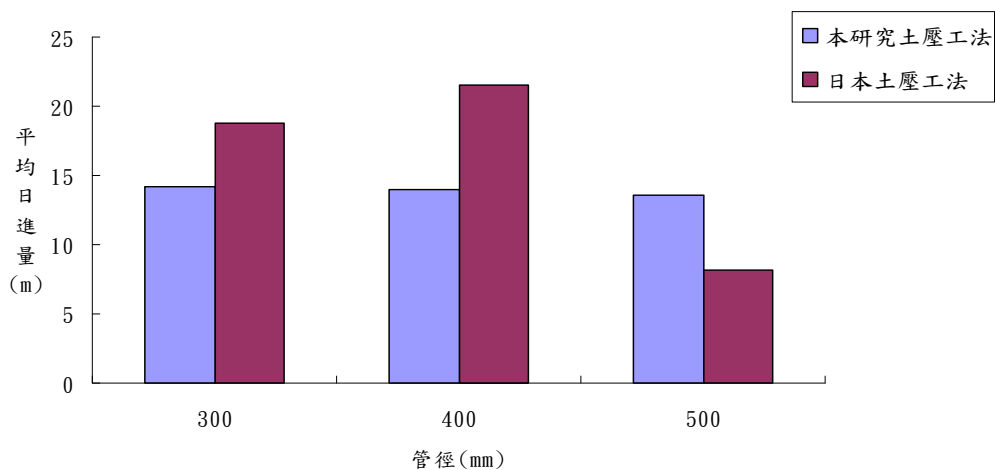


圖 2-18 普通土層土壓式工法平均日進量比較圖

資料來源：本研究搜集、小口径管泥水式推進工法之施工積算資料

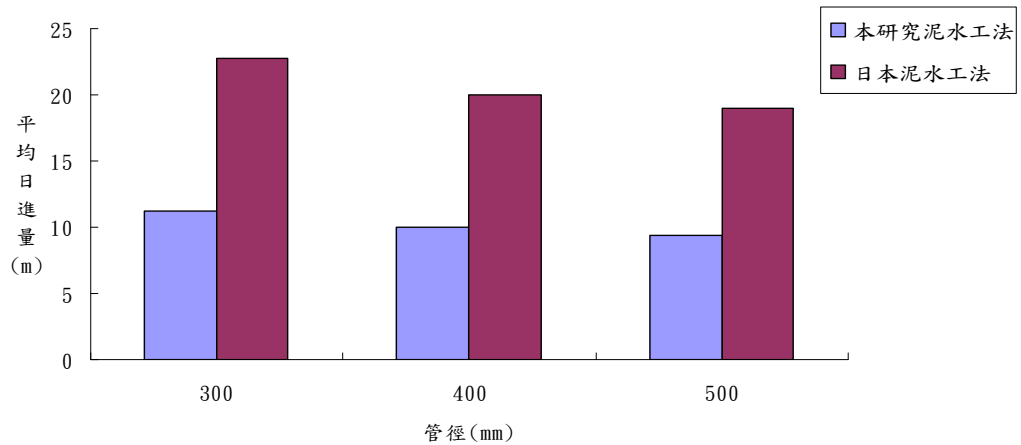


圖 2-19 卵礫石泥水式工法平均日進量比較圖

資料來源：本研究搜集、小口径管泥水式推進工法之施工積算資料

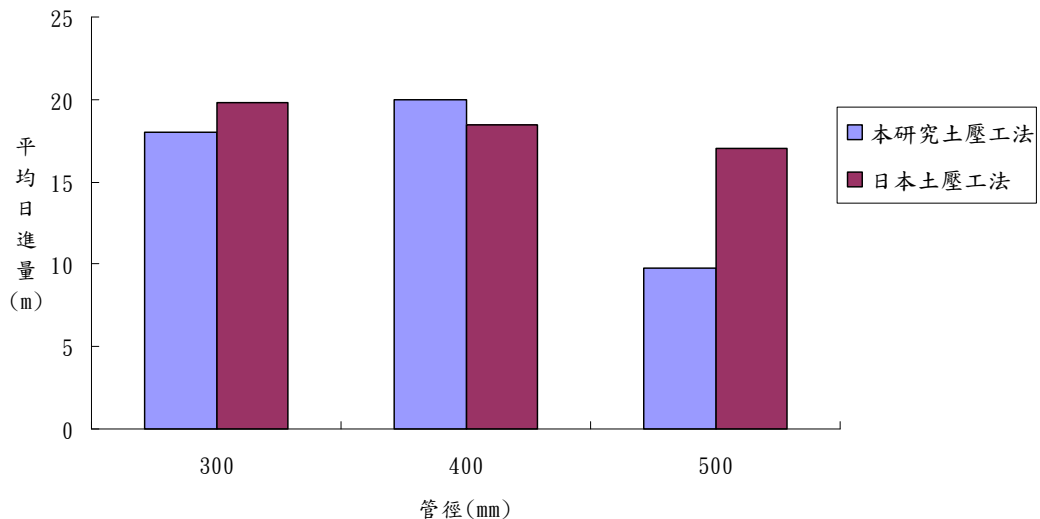


圖 2-20 卵礫石土壓式工法平均日進量比較圖

資料來源：本研究搜集、小口径管泥水式推進工法之施工積算資料

由普通土層與卵礫石層資料中顯示出，台灣地區推進日進量普遍較日本為低，僅土壓式管徑 400mm 略高於日本平均值，但日本記錄普遍以一天八小時為基準，不過台灣地區通常一天推進工作時間多超過八小時，甚至達到十六小時之長，以本次蒐集資料之中和地區下水道新建工程為例，下水道工班推進作業時間，通常為早上 8 點至晚間 10 點，遇有趕工情形或推進障礙，亦有至凌晨 12 時之情形。由此可知，台灣地區於推進工程技術上仍遠低於日本，並且有著大幅的進步

空間。

另外在 96 年期研究中，於 96 年 8 月 10 日與 96 月 11 月 16 日辦理之專家座談會上，業界先進普遍皆反應對於下水道工班施作效率與專業知識表現不甚滿意。在作業上，作業人員常常會有非生產力行為出現，如談論非工作相關事宜、空想等；在專業知識上，台灣地區下水道推進施工並無一套完整的訓練措施，於技術教學上，往往都以口耳相傳居多，故在知識的吸收常會發生參差不齊的現象。這些皆為造成台灣地區推進生產力低於日本之原因。

四、小結

本年度，本研究持續上年度之生產力資料分析成果，持續蒐集下水道推進施工現地資料，並進行基本統計分析，截至民國 97 年 8 月底止，資料筆數已累積至 1113 筆，並經由與日本地區日進量比較結果得知，台灣地區推進技術仍有著大幅度的進步空間。也因此，本研究將會分別從巨觀之管理層面與微觀之施工層面分別進行一系列之探討，期望藉此提高下水道推進工程技術，以幫助台灣地區下水道工程建設迎頭趕上世界先進國家之腳步。

2.3.2. 推進作業流程再造

根據 Thomas 等人在〔2003〕所發表之期刊，其結論發現「工班不良管理」佔整個工程不良工時的 65%，其原因包括無替代指派工作、無充份工作可以施工、人員派遣過多及作業程序錯誤等。而不良工時的增加，將會造成許多不必要的成本支出，為了避免此情形的發生，本年度於管理層面上探討之另一工作項目，即為導入企業流程再造(Business Process Reengineering)之觀念，以下水道推進工班為對象，進行流程再造工作。所謂的流程再造，賴佑陽(2001)年指出，是為分析組織內或組織間之核心知識與作業流程之效率，以修正現在流程或加以重新設計，使成本、品質、服務與速度獲得重大改善之管理

理論。

基於上述理由，本團隊今年將工班作業列為改善重點，並針對工班工作效率進行現地調查，利用短時效率評估法(Five-Minute Rating Technique)進行工班效率調查，再由調查結果，以電腦模擬方式，重現工作流程，並進行人力重整工作，藉此提出推進作業流程再造方案，以簡化工班工作程序，提昇工班效率，減低不良工時比例。工作流程如下圖 2-21所示：

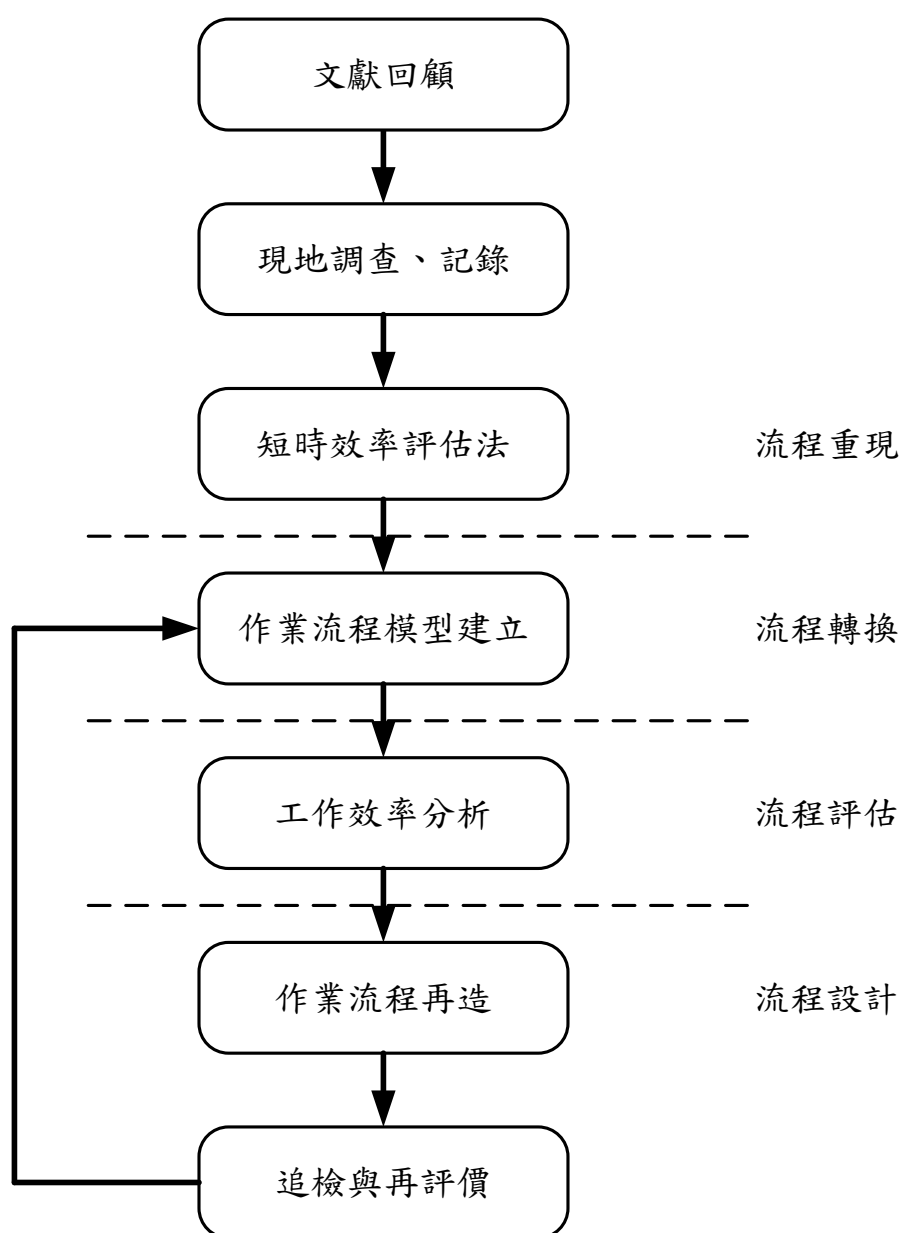


圖 2-21 流程再造工作流程圖

本年度工作詳細說明如下：

一、 效率評估方法

一般量度營建工程工班工作效率，較為成熟的有工作抽樣評估法、工地效率評估法與短時效率評估法，而這三種評估法之共同特性是都具備有高度時效性與參考性，故其被廣泛採用於評估營建工班生產力。以下即為三種評估方法之簡介。

1. 工作抽樣評估法(Work Sampling Method)

工作抽樣評估法是以以工班做為調查觀測對象，不過工作抽樣評估法是不使用計時器來做分析的一種方法，此法應用統計學理論，以隨機抽樣的方式進行生產效率的量測，於工廠管理科學中，工作抽樣評估法常被使用做下列各項調查：

- (1) 調查機器與設備的工作效率
- (2) 調查作業人力的效率
- (3) 決定作業的標準時間

工作抽樣評估法其主要目的在於瞭解工作人員們如何運用其工作時間，並量化工作狀態，找出工作延宕的原因，對其進行檢討與改造，以進一步改善工班之工作效率。

2. 工地效率評估法(Work Site Investigation Method)

工地效率評估法是用以衡量一個作區的整體工作效率，其觀察出象可分為「工作」與「非工作」兩種。其量測時通常觀測者需使用兩個記數器，站在可通視全體員工之地點進行觀測，並以觀測霎那間之情況做為結果。此法為較簡易之效率評估法，故為求較可靠之數據，需增加觀察次數。

3. 短時效率評估法(Five-Minute Rating Technique)

短時效率評估法，亦稱為 5 分鐘調查法，此方法通常以工班做為調查單位，量度工班整體工作效率，此調查法可以觀察出人員作業情

況，找出致使作業人員效率降低之工作項目，並可計算出工班工作效率，以進行規畫與調整，發揮工班最大工作效率。

因本工作項目為施工流程之再造，故除了評估工班效率外，亦需記錄詳細施工流程，以便進行流程重現與再造，但有鑒於工作抽樣調查法與工地效率調查法其記錄方式，皆無包含施工作業流程，故本研究選擇採用短時效率評估法進行現地調查。

二、 短時效率調查評估

在進行短時效率評估法量測時，有下列作業程序：

1. 記錄者需位於能觀測到全組工班人員之地點，並不能影響工作人員作業之進行。
2. 選定觀測時間，通常以30秒到5分鐘為一單位，且必須注意觀測時間不宜太短與過長，以免造成記錄時間不及與時間過長注意力不集中造成量測誤差。
3. 單位觀測時間內，某工作人員若超過50%時間為停滯或從事非作業相關動作，則視為無效工作。反之，若超過50%觀測時間在進行作業相關工作，則視為有效工作。
4. 觀測途中如有工作人員離開工作範圍，則不列入記錄。
5. 工班效率的計算可用有效觀測人次除以總觀測人次得知。

本次研究中，將採用3分鐘做為觀測單位時間，觀察小管徑下水道推進工程施工工班人員作業情形，並以表 2-19格式記錄。

表 2-19 短時效率調查記錄表

短時效率記錄表								
使用工法：		施工管徑：		施工天氣：				
記錄日期：		記錄編號：						
觀測對象 觀測時間	機具 操作	井上 作業 (1)	井上 作業 (2)	井下 作業 (1)	井下 作業 (2)		作業 項目	備 註
總人力：		有效人力：		有效比：				

其中，工班工作有效比之計算，則是以記錄之有效人力除以總記錄人力而得，計算式如下：

$$\text{工班工作有效比} = \text{有效工作人力} / \text{總人力}$$

此外，本研究依據文獻回顧之結果(Thomas，2003)，訂定效率評估目標值為 70%，以審核各工班工作效率。並對於未達目標之工班工作模式進行檢討，以提出流程改善方案。

三、資料調查現況與基本統計結果

本研究團隊已於民國 97 年 4 月中即開始著手進行施工現地調查工作，並以中和地區與新店地區下水道次幹管新建工程為觀察對象，截止民國 97 年 5 月 31 日止，計累積記錄資料共 13 筆，其中泥水工

法 5 筆，土壓工法 8 筆，統計結果如圖 2-22 與圖 2-23 示。

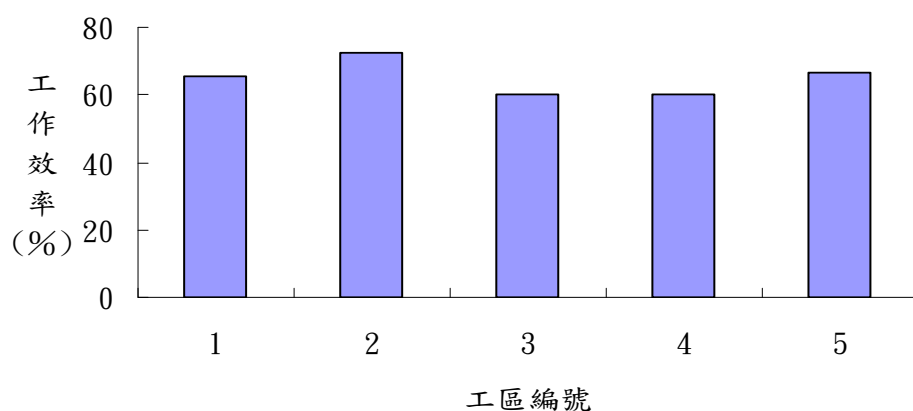


圖 2-22 泥水式工法短時效率評估法工班效率統計圖

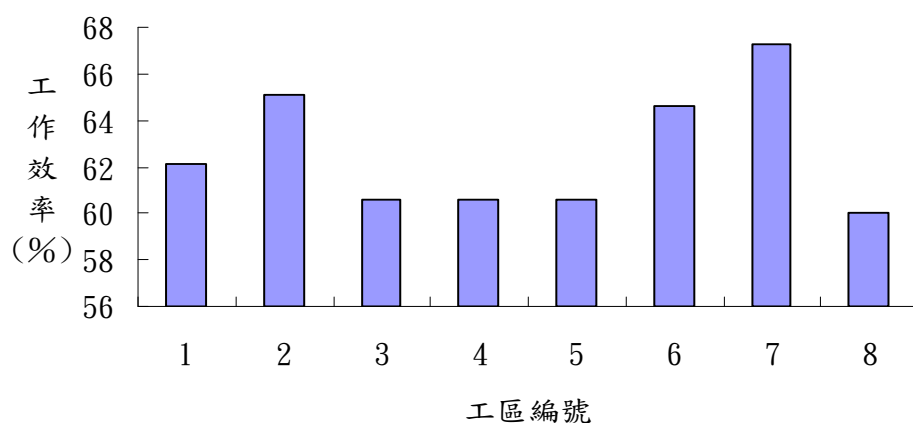


圖 2-23 土壓式工法短時效率評估法工班效率統計圖

綜觀目前結果，僅泥水工法工區編號 2 之工作效率約略高於 70 % 之有效工作標準，其餘則未達成，且大多數皆在 60% 至 65% 間徘徊，此初步分析結果與 Thomas 等人所述相符，約有 65% 不良工時的產生。故表示現行下水道工班流程尚有其可進步之空間。於今年度，本研究首先針對土壓式工法進行流程再造工作，於後續將會將此工作目標擴大至泥水加壓工法。

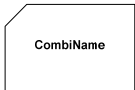
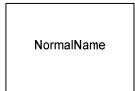
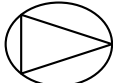
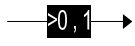
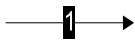
四、作業流程重現與改造

本研究將以電腦模擬方式，以 EZ STROBOSCOPE(State and Resource Based simulation of Construction Process)軟體，進行流程重現與再造工作。以下將簡介 STROBOSCOPE 軟體，並詳述流程再造過程。

1. EZ STROBOSCOPE 介紹

EZ STROBOSCOPE 為密西根大學 Julio 教授於 1999 所發展出來之工作流程模擬系統，此模擬語言是以 CYCLONE 理論為基礎，於 Microsoft office visio 上以增益集方式建立，利用 Normal、Conditional activity、Queue 與 Link...等幾個簡單符號進行工作流程重現，以檢視作業流程找出作業缺失並進行改善，其符號說明如表 2-20 所示。

表 2-20 EZ STROBOSCOPE 模擬符號說明表

符號	名稱	說明
	Queue	用於表示資源等待項目。
	Combi	資源限制作業項目。需等待兩個或兩個以上資源滿足才進行之作業。
	Normal	一般作業項目。僅需單一資源滿足即可開始進行之作業。
	Fork	機率符號。機率選擇下一執行作業
	Draw Link	條件項目。表資源<、≤...多少時，才會提供多少資源流出。
	Release Link	表完成多少目標項目，才能進行下一作業。

EZ STROBOSCOOPE 為一專門性的電腦模擬系統，其僅需幾個基本元件，便可模擬出複雜之施工作業流程，並以動態方式顯示模擬過程，且無需重新學習複雜之程式語言，故本研究選用其做為模擬重現與改造之工具。

2. 推進作業流程重現

經由現地調查，土壓式工法推進施工作業主要分為四大部份，分別為管材下井準備作業，安裝推進準備作業、推進主作業與出土作業等四項，其施工細部步驟如圖 2-24。

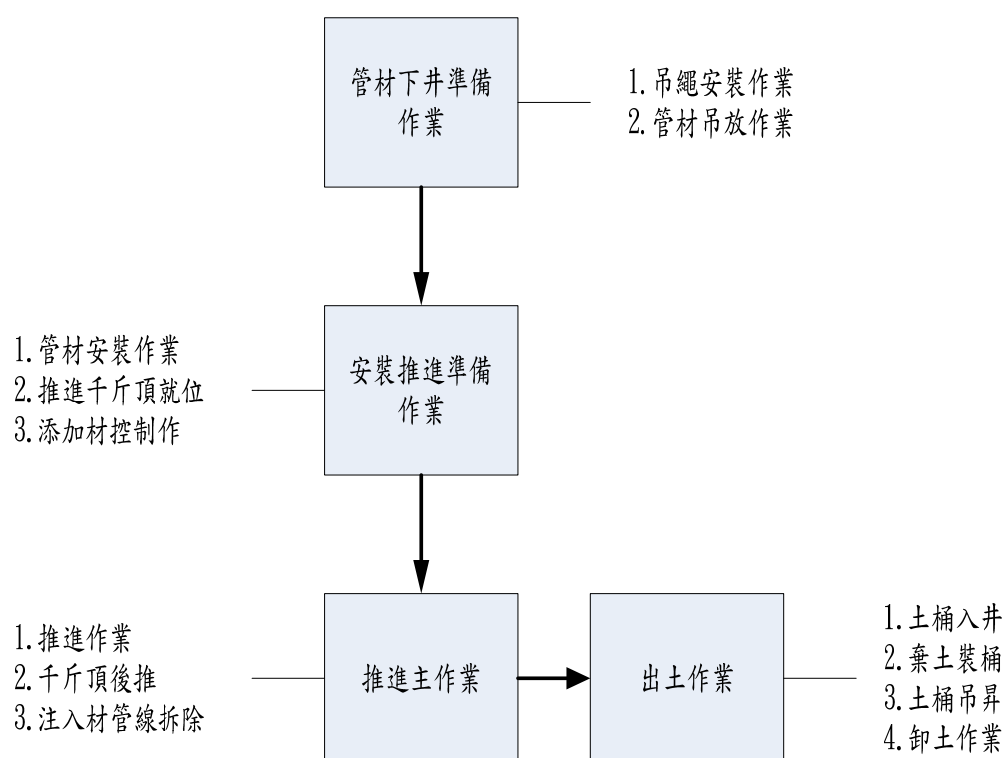


圖 2-24 下水道施工作業流程圖

在確立下水道推進作業後，本研究就上圖所述之四大部份，分別利用 EZ STROBOSCOOPE 模擬符號分別就建立下水道推進作業模型，本模型是以單管推進作業做為單位而建立，其各流程圖如圖 2-25 圖 2-28 所示。

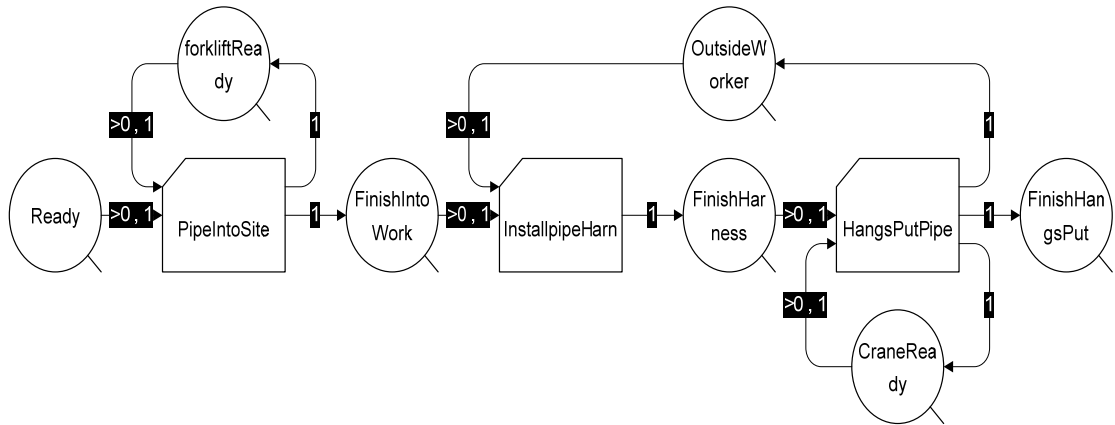


圖 2-25 管材下井準備作業 CYCLONE 模型圖

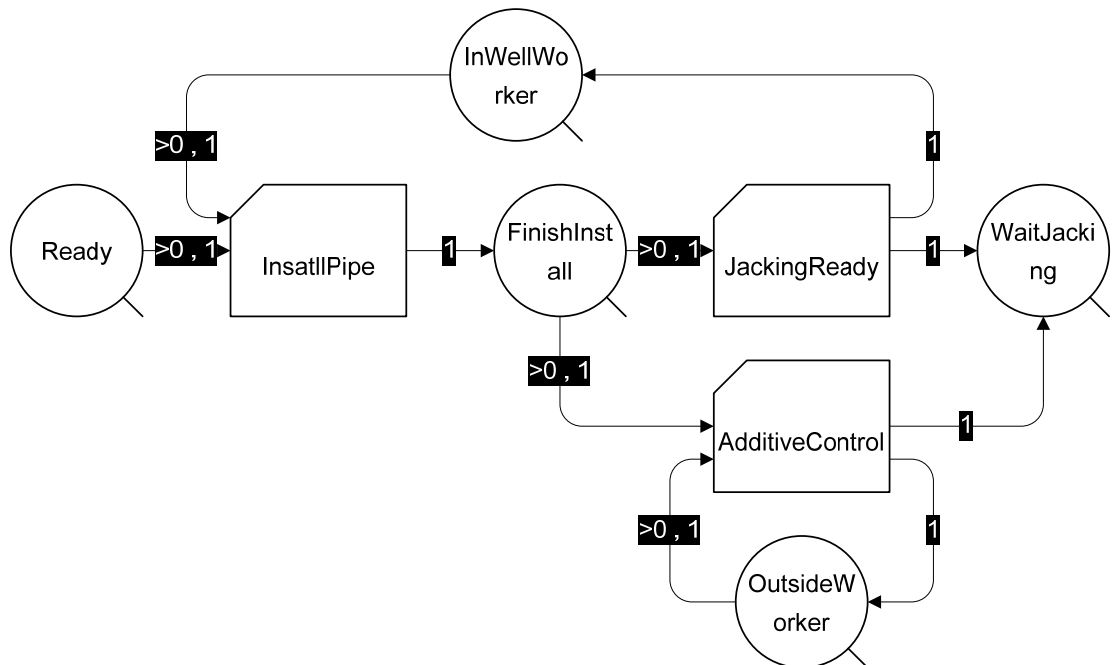


圖 2-26 安裝推進準備作業 CYCLONE 模型圖

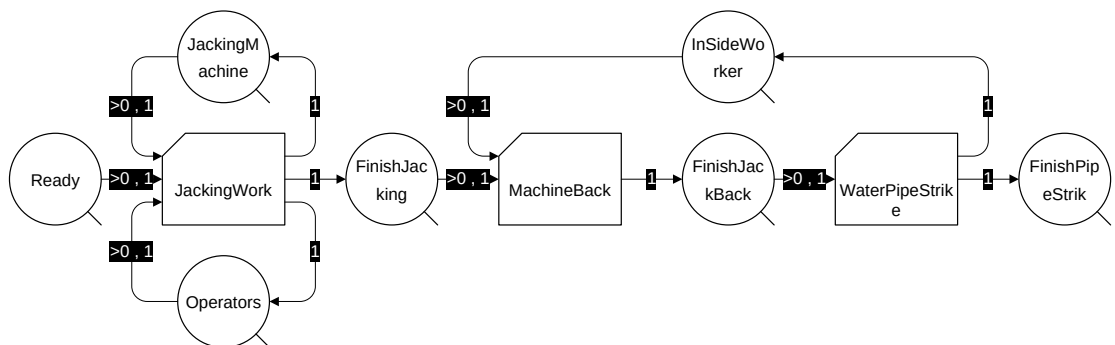


圖 2-27 推進主作業 CYCLONE 模型圖

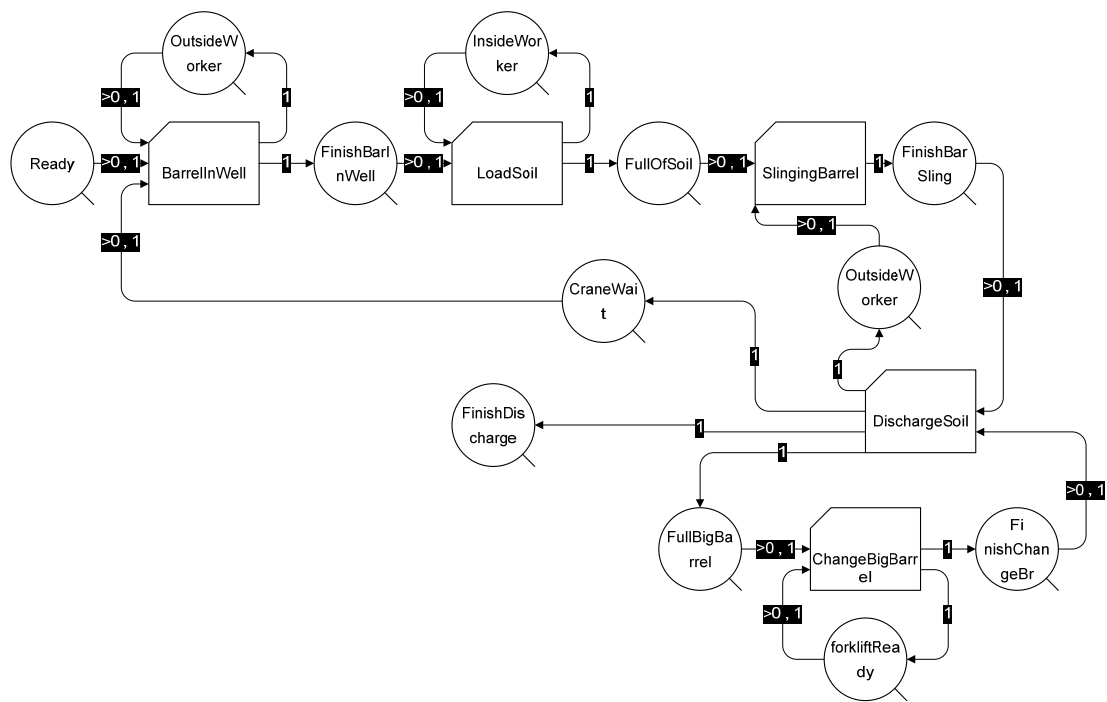


圖 2-28 出土作業 CYCLONE 模型圖

依據現地記錄結果，分別就推進作業依功能分解為四大流程區塊，並建立 CYCLONE 模型如上，最後，將四大區塊整合，即為一完整之下水道推進施工作業流程，完整之施工作業流程 CYCLONE 模型圖如圖 2-29 所示。

表 2-21 模擬元件名稱對照表

英文代號	中文名稱
管材下井準備作業	
forkliftReady	堆高機準備
FinishIntoWork	完成進場作業
InstallpipeHarn	吊繩安裝作業
FinishHarness	完成吊繩安裝
HangsPutPipe	管材吊放作業
CraneReady	起重機準備
FinishHangsPut	完成吊放作業
OutsideWorker	井上作業工
安裝推進準備作業	
InsatlPipe	管材安裝作業
FinishInstallPi	完成管材安裝
JackingReady	千斤頂就位
InSideWorker	井下作業工
AdditiveControl	添加材控制作業
WaitJacking	等待推進
出土作業	
BarrelInWell	土桶入井
FinishBarInWell	完成土桶入井作業
LoadSoil	土渣裝桶作業
FullOfSoil	完成土渣裝桶作業
SlingingBarrel	土桶吊昇作業
FinishBarSling	完成土桶吊昇作業
DischargeSoil	卸土作業
FinishDischarge	完成卸土作業
CraneWait	起重機等待
推進主作業	
JackingWork	推進作業
JackingMachine	推進機等待
FinishJacking	完成推進作業
MachineBack	千斤頂後推作業
WaterPipeStrike	注入材管拆除作業
FinishJackBack	完成千斤頂後推作業
ReadyJacking	推進準備完成
Operators	機具操作手準備

在下水道推進作業中，所需資源可分成下列兩類：

(1)人力資源：井內工作工、井外工作工、推進機操作手。

(2)施工相關機具：起重機、起重機(天車)、推進機。

依據現地調查記錄，可將上述資源分類，並定義出 CYCLONE 模擬各項元件屬性與作業需時如下表 2-22、表 2-23：

表 2-22 模擬元件資源屬性表

元件符號	作業名稱	資源數量
Queue	堆高機準備	堆高機一輛
Queue	完成進場作業	-
Queue	完成吊繩安裝	-
Queue	管材吊放作業	-
Queue	起重機準備	起重機一台
Queue	完成吊放作業	-
Queue	井上作業工	作業人員 2 員
Queue	完成管材安裝	-
Queue	井下作業工	作業人員兩員
Queue	等待推進	-
Queue	推進機等待	推進機具一台
Queue	完成推進作業	-
Queue	完成千斤頂後推作業	-
Queue	推進準備完成	-
Queue	機具操作手準備	機具操作手 1 員

表 2-23 推進作業需時表 (單位：min)

元件符號	作業名稱	作業需時
Combi	吊繩安裝作業	1.0~2.0
Combi	管材吊放作業	2.5~3.0
Combi	管材安裝作業	5.0~7.0
Combi	添加材控制	1.5~2.5
Combi	推進作業	11.0~16.0
Combi	千斤頂後退作業	3.0~5.0
Combi	注入管材拆除作業	3.0~6.0
Combi	土桶入井	0.5~0.7
Combi	土渣裝桶	1.2~2.0
Combi	土桶吊昇	0.5~1.0
Combi	卸土作業	0.5~1.0

定義出各元件資源屬性與作業需時後，隨之代入模型中模擬現行施工作業流程，經 EZ STROBOSCOPE 模擬後，其輸出結果報表如下圖 2-30。

Cyclone model 正確帶數據.vsd - Automation Output #1
Statistics report at simulation time 25.619

Queue	Res	Cur	Tot	AuWait	AuCont	SDCont	MinCont	MaxCont
CraneReady	ezs	1.00	8.00	3.00	0.00	0.00	0.00	1.00
FinishBarInwellezs		0.00	12.00	1.89	0.42	0.81	0.00	2.00
FinishBarSling ezs		12.00	12.00	0.04	3.99	3.13	0.00	12.00
FinishChangeBr ezs		0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00
FinishDischargezs		0.00	0.00	0.81	0.00	0.00	0.00	0.00
FinishHangsPut ezs		0.00	1.00	0.58	0.00	0.00	0.00	1.00
FinishHarness ezs		0.00	1.00	1.07	0.04	0.20	0.00	1.00
FinishInstallPiezs		0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
FinishJackiBackezs		0.00	0.00	1.93	0.75	0.00	0.00	0.00
FinishJacking ezs		0.00	0.00	0.90	0.45	0.00	0.00	0.00
FinishPipeStrikezs		0.00	0.00	0.73	0.45	0.00	0.00	0.00
ForkliftReady ezs		1.00	1.00	1.62	1.00	0.00	1.00	1.00
FullBigrrrel ezs		0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00
Full0400 l ezs		0.00	12.00	1.00	0.00	0.00	0.00	2.00
Insideker ezs		2.00	17.00	1.09	0.73	0.90	0.00	2.00
Jackif62 chine ezs		0.00	1.00	25.77	0.46	0.50	0.00	1.00
Operators ezs		0.00	13.00	23.79	0.46	0.50	0.00	1.00
OutsideWorker ezs		2.00	15.00	2.46	1.44	0.59	0.00	2.00
Ready ezs		0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
UnearthReady ezs		0.00	12.00	27.79	6.22	3.33	0.00	12.00
WaitJacking ezs		1.00	1.00	1.18	0.48	0.50	0.00	1.00

Communicating network ...
Model Cyclone model 正確帶數據.vsd Cleared
C:\msdnet\1774\NCM1 901

圖 2-30 改造前模擬結果輸出報表

由於本研究流程改善重點，在於改善工班有效工作效率，故將模擬結果中之推進工班各工種工作空閒時間整理如表 2-24，並將以此結果進行改造工作。

表 2-24 再造前工班空閒時間表 (單位：min)

	機具操作手	井外工作工	井內工作工
空閒時間	23.79	1.09	2.46

根據現地調查記錄，在推進順利情形下，土壓式工法於單管推進作業中，從管材入場準備下井、管材安裝直至推進完成，需時為 40min 至 50min，其結果差異達 10 分鐘之距，其因為推進作業中常有如注入材控制不當或疑似遭遇障礙物等偶發事件使得推進暫時中斷或不得不放慢速度進行推進。而本研究之單管推進模擬需時為 46.53min，落在正常推進範圍中，與調查記錄相符合。

3. 推進流程改善

在建立推進施工作業模型後與確立各資源屬性與作業需時後，便可著手進行流程再造工作，施工作業流程再造一般可從兩方面進行，其一為改變現行施工作業項目或施工作業順序，創造新工作流程，其二為改變工班與作業間之配置關係，以改善空閒等待時間或加快工作速度。

透過與業界先進訪談得知，下水道推進施工流程為一線性流程，所謂線性施工流程，即為作業與作業間，有著緊密之關連性，同時有著固定的順序，需循序漸進施作，若有一作業延遲或缺少，則勢必連帶影響到後續作業。且現行下水道工程推進施工流程，皆為採購推進機具時，同時接受廠商建議之日本技術，再搭配本土施工習慣進行微調而成，若調整作業流程，則可能無法符合現行實際工程實況，故本研究不考慮此改善方案。

推進作業中，空閒時間的造成原因有二，一為人力不足，等待人力資源。例如圖 2-31 所示。

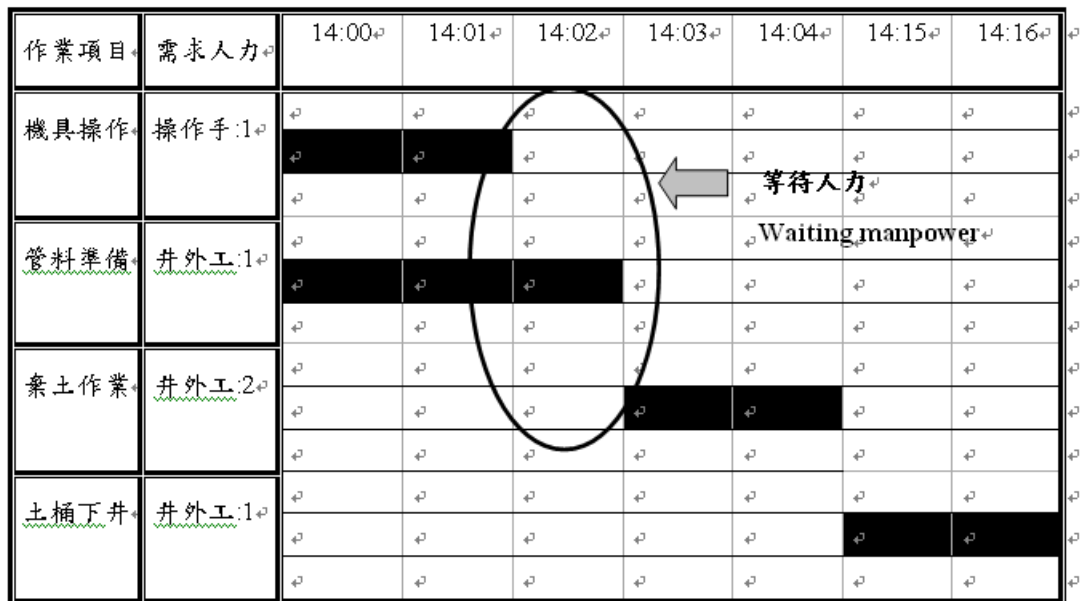


圖 2-31 等待人力示意圖

上圖中，棄土作業本應於 14 時 02 分便可開始進行，但由於井外作業工人力之不足，則必須延遲至 14 時 03 分開始，此一分鐘時間，即造成機具操作手與一員井外作業工之等待時間產生。

二為仍以現有人力進行作業，不過需增加作業需時，如圖 2-32 所示。

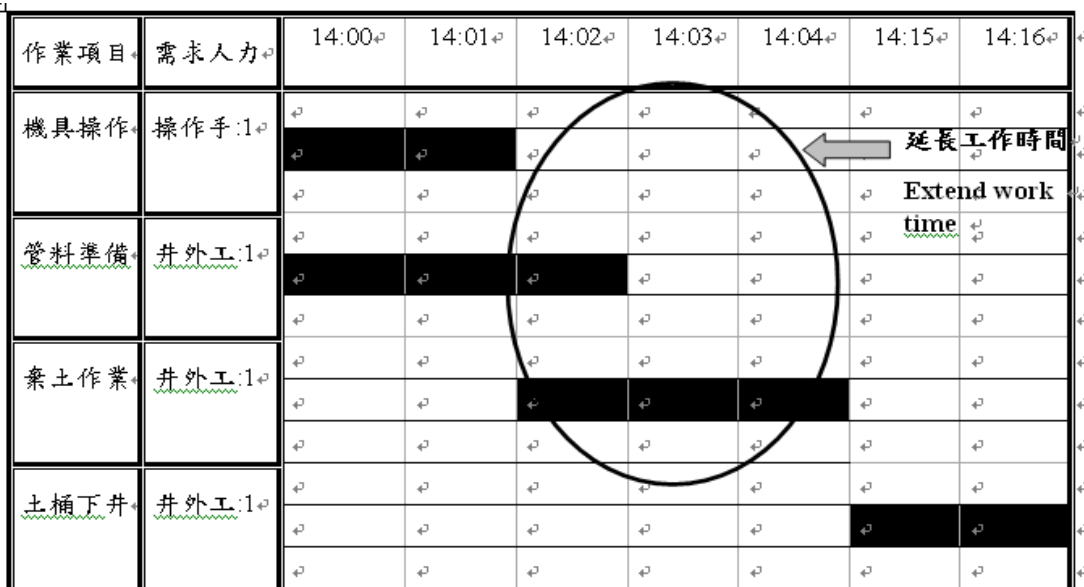


圖 2-32 增時作業示意圖

上圖中，棄土作業仍於 14 時 02 分開始，但僅配置一員井外作業工，如此則需較原先多耗費一分鐘之多餘時間，也造成機具操作手一分鐘之空閒時間。

在分析過空閒時間造成原因後，便根據分析結果，進行流程再造工作，其流程再造模式有二，分別為 1)代入全能功觀念，調整現行施工工班作業配置。2)為增加資源，此處所指增加之資源為人力資源以進行調整，其結果分述如下：

(1)再造方案一-調整現行工班配置

下水道推進作業工種可分為三類：分別為機具操作手、井內作業工與井外作業工，其工種內容與技術性整理如表 2-25。

表 2-25 工種說明

作業工種 Type of worker	作業說明	技術性 Technicality	可支援 工種	備註
機具 操作手 Machine operator	推進機具之 操作	高	皆可支 援	機具操作複雜，需 長期經驗累積。
井外 作業工 Outside worker	協助另兩工 種作業、場區 清潔..等	低	可支援 部分井 內作業	可支援之井內作 業如出土作業、方 向控制..等作業。
井內 作業工 Inside worker	井內作業，如 接管、輔助方 向控制、出土 作業..等	中	井外作 業	無

在進行人力支援配置時，工種工作內容之限制，如上表所示，由表中可知井外作業工，無法支援機具操作手之工作，而機具操作手，可支援井外工作工之工作。另由於推進作業時，井內外之通行皆需藉

由臨時階梯，其上下費時且易造成勞安災害，故本研究將不考慮井外人員支援井內工作之改善方案。

依據表 2-23 之結果可發現，機具操作手在無支援其它工作之情況下，其空閒等待時間高達 21.76 分鐘，遠遠高於井外工作工之 1.09 分與井內工作工之 2.49 分。由此可知，操作手有足夠時間可支援其它工作，故本研究重新配置推進作業人力，將操作手除操作機具之外時間，納入井外作業工之待工人員，重新調整 CYCLONE 模型，改善後之模型如圖 2-33。

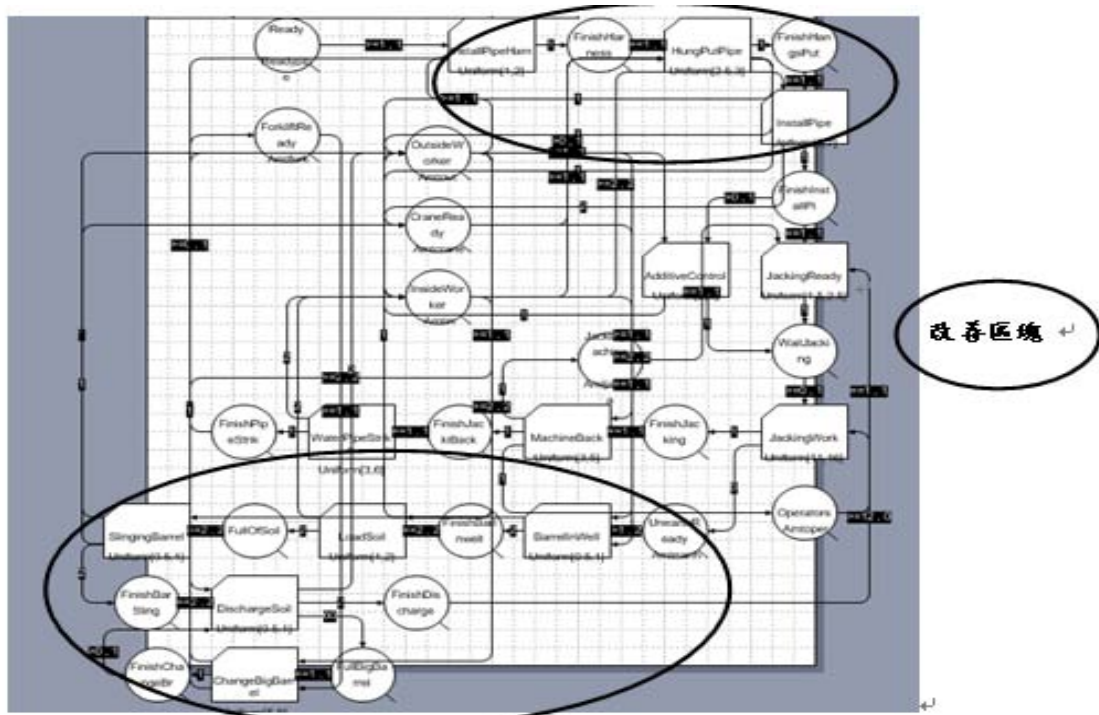


圖 2-33 土壓式工法改善人力配置後施工流程 CYCLONE 模型

上圖中圓圈部份，即為匯入操作手之人力後之改善區塊。重建施工流程後，就改善後之 CYCLONE 模型重新進行模擬，模擬結果如圖 2-34。其改善前後結果比較如表 2-26 所示。

Queue	Res	Cur	Tot	AvWait	AvCont	SDCont	MinCont	MaxCont
CraneReady	ezs	1.00	8.00	3.00	0.00	0.00	0.00	1.00
FinishBarInwellezs		0.00	12.00	1.18	0.42	0.81	0.00	2.00
FinishBarSling	ezs	12.00	12.00	0.08	2.46	3.13	0.00	12.00
FinishChangeBr	ezs	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00
FinishDischargee	ezs	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00
FinishHangsPut	ezs	0.00	1.00	0.29	0.00	0.00	0.00	1.00
FinishHarness	ezs	0.00	1.00	1.07	0.04	0.20	0.00	1.00
FinishInstallPie	ezs	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
FinishJackiBacke	ezs	0.00	0.00	1.93	0.75	0.00	0.00	0.00
FinishJacking	ezs	0.00	0.00	0.90	0.45	0.00	0.00	0.00
FinishPipeStrike	ezs	0.00	0.00	0.73	0.45	0.00	0.00	0.00
ForkliftReady	ezs	1.00	1.00	1.62	1.00	0.00	1.00	1.00
FullBigBarrel	ezs	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00
FullOfSoil	ezs	0.00	12.00	0.45	0.00	0.00	0.00	2.00
InsideWorker		2.00	17.00	3.13	0.73	0.90	0.00	2.00
JackingMachine	ezs	0.00	1.00	25.77	0.53	0.50	0.00	1.00
Operators	ezs	0.00	13.00	13.09	0.53	0.50	0.00	1.00
OutsideWorker	ezs	2.00	15.00	0.99	0.16	0.59	0.00	2.00
Ready	ezs	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
UnearthReady	ezs	0.00	12.00	27.79	4.16	3.33	0.00	12.00
WaitJacking	ezs	1.00	1.00	1.18	0.45	0.50	0.00	1.00

圖 2-34 改善人力配置後模擬結果輸出報表

表 2-26 改善人力配置前後工班空閒時間結果比較表 (單位:min)

	改造前	改造後
操作手	21.76	13.09
井內工作工	1.09	3.13
井外工作工	2.49	0.99
模擬工作時間	46.53	42.25

(2)再造方案二-增加工作人力資源

流程再造第二方案，即為增加工作人力資源，並重新建造 CYCLONE 模型，重新進行施工流程模擬。推進相關資源如下表所示。

表 2-27 下水道推進資源列表

資源名稱	資源數量	說明	增加資源
天車	1	進行管材吊運、出土作業	0
起重機	1	進行管材入場、出土相關協助	0
推進機	1	推進作業	0
井下作業工	2	井下相關工作，受限於井內工作空間不足，無法增加。	0
井上作業工	2	井上相關工作、輔助其它工種	1
操作機具	1	進行推進相關工作。	0

推但由於本研究研究對象是以小管推進為主，受限於井內工作空間狹小限制，並無法增加井內工作人員，且一推進工班亦僅需 1 位推進操作手，故推進工班能增加之人力資源井外作業工。另推進相關機械經現地調查與模擬結果顯示，並無增加之必要。

首先，本研究先增加 1 名井外作業工，其工作內容為協助推進操作相關事宜，其模型如圖 2-35，並改變相關輸入參數，將井外工作人員從原本 2 位增加為 3 位，並進行模擬，其模擬輸出結果如圖 2-36 所示。

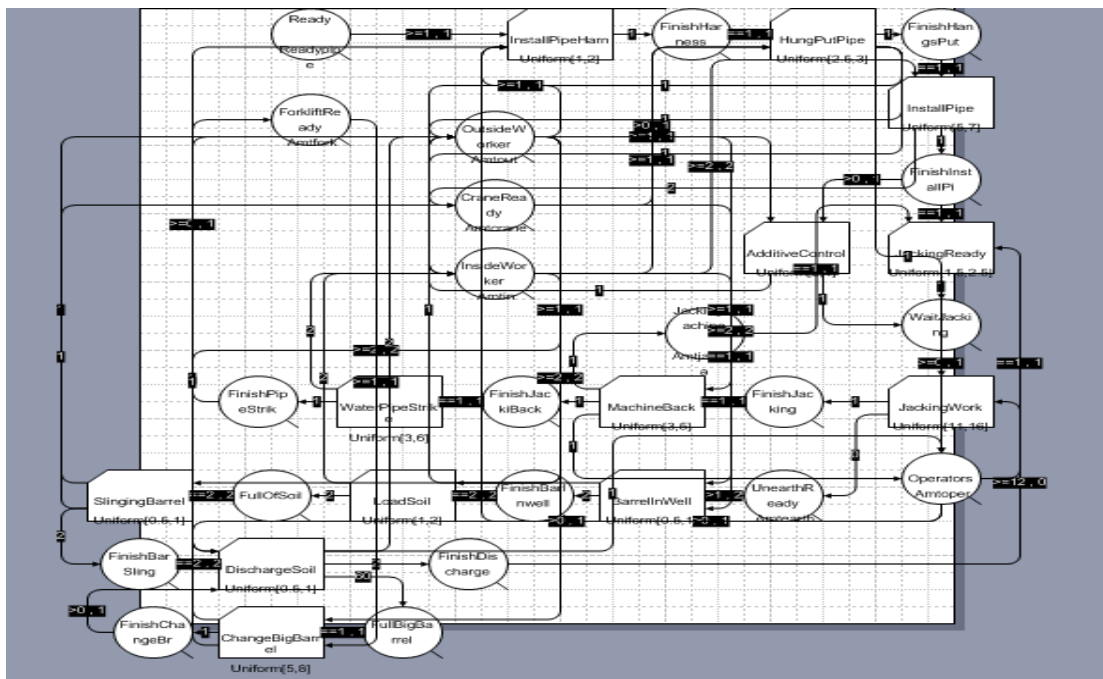


圖 2-35 土壓式工法增加人力資源後施工流程 CYCLONE 模型

Stroboscope Educational (EZStrobe Version 3.08) - Cyclone model-正確帶數據.vsd - Automation Output #1

File Edit View Simulation Window Help

Cyclone model-正確帶數據.vsd - Automation Output #1

Statistics report at simulation time 25.225

Queue	Res	Cur	Tot	AvWait	AvCont	SDCont	MinCont	MaxCont
CraneReady	ezs	1.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
FinishBarInwellezs		0.00	12.00	0.77	0.37	0.77	0.00	2.00
FinishBarSling	ezs	12.00	12.00	0.00	4.23	3.19	0.00	12.00
FinishChangeBr	ezs	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00
FinishDischargeezs		0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	0.00
FinishHangsPut	ezs	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
FinishHarness	ezs	0.00	1.00	1.27	0.05	0.22	0.00	1.00
FinishInstallPiezs		0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
FinishJackiBackezs		0.00	0.00	1.53	0.00	0.00	0.00	0.00
FinishJacking	ezs	0.00	0.00	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00
FinishPipeStrikezs		0.00	0.00	1.53	0.00	0.00	0.00	0.00
ForkliftReady	ezs	1.00	1.00	25.23	1.00	0.00	1.00	1.00
FullBigBarrel	ezs	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00
FullOfSoil	ezs	0.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00
InsideWorker	ezs	3.00	1.56	1.50	1.77	0.91	1.00	3.00
JackingMachine	ezs	0.00	1.00	11.10	0.44	0.50	0.00	1.00
Operators	ezs	0.00	18.36	18.30	0.44	0.50	0.00	1.00
OutsideWorker	ezs	2.00	12.00	12.00	1.42	0.61	0.00	2.00
Ready	ezs	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
UnearthReady	ezs	0.00	13.00	12.62	6.00	3.41	0.00	12.00
WaitJacking	ezs	1.00	1.00	11.95	0.47	0.50	0.00	1.00

圖 2-36 增加人力資源後模擬結果輸出報表

模擬結果分析如表 2-28 所示。

表 2-28 增加人力資源後工班空閒時間結果比較表 (單位：min)

	改造前	改造後
操作手	21.76	18.38
井內工作工	1.09	1.50
井外工作工	2.49	12.00
模擬工作時間	46.53	41.78

五、 小結

最後，本研究將再造方案一與再造方案二結果與原始流程進行比較，並以單位產出與工班單位成本進行改善方案評比。單位產出即意謂於一小時工作單位中，各方案工班推進平均長度，而單位成本為一小時工作單位中，推進工班成本總合。再依據評比方案找出最佳再造方案與資源組解。工班成本資源屬性如表 2-29 所示。

表 2-29 工班成本資源屬性表

項目	單位	單價	數量	總價
工地領班	時	316	1	316
一級技術工	時	295	1	295
二級技術工	時	265	3	795

資料來源：中和地區下水道新建工程施工計畫書

上表中，工地領班為井上作業工之一員，而機具操作手歸類為一級技術工，其它工作人員外歸類為二級技術工。各方案單位產出與成果比較如下所示。

表 2-30 單位產出與成本比較表 (單位：新台幣)

方案	項目	工地領班	一級技術工	二級技術工	產量/最低單位成本 (公尺/小時)/(元/小時)
1	資源數	1	1	3	1.29 (1408.7)
2		1	1	3	1.42 (1405.8)
3		1	1	4	1.44 (1674.7)

上表中，方案一為原始推進施工流程，而方案二與方案三分別為人力資源重整與增加人力資源之改造方案。觀察上表可得知，方案二單位產出可較方案一增加 0.13 公尺，且其單位成本亦可較方案一減少約 2.9 元，而方案三其推進長度雖較方案一與方案二為佳，但其單位成本亦遠高於另二方案，就產出與投入成本觀點來說，該方案較不符合經濟效益。故就成本與產出比較結果，方案二為較佳之施工流程方案。

最後，觀察表 2-26，經過人力重整之流程改善後，已有效縮短工班人力等待時間，其井外工作工之空閒等待時間已從 2.49 分降至 0.99 分，而操作手之等待時間更是大幅縮短 8.74 分鐘。而單管推進需時與原作業比較，約可縮短約 5 分鐘之工時。可望幫助推進廠商提高推

進生產速度。

2.3.3. 專家座談會議

本研究團隊於民國 97 年 12 月 1 日(星期一)已邀請諸位業界先進，假台灣科技大學營建工程系會議室舉行『下水道推進技術研發專家座談會議』，就 97 年度研究成果包含流程再造方案、現地推進實務、機頭開挖模式，推進資料庫與知識庫知識保存等議題，就教業界先進進行相關意見交流。並於專家座談會議中，已初步就技術移轉事宜進行討論，並與與會業界代表簽署合作備忘錄。與會廠商如下表所示。

表 2-31 下水道推進技術研發專家座談會與會廠商列表

廠商名稱	廠商名稱
一字工程有限公司	台北榮民技術勞務中心
柏郁工程有限公司	建豐工程有限公司
翔益營造有限公司	鉅工實業股份有限公司
薪豐工程有限公司	

(依筆書排序)

表 2-32 下水道推進技術研發專家座談會議照片



2.4. 開發與興建下水道推進工法資料庫

本年度工作項目仍以 96 年建置之雛型資料庫架構為基礎，延伸評估並朝其他可能方向進行探討，以找出更合理之資料庫模型架構，並實際進行資料庫的設計與建置，透過倒入實際施工資料之模式進行系統之各項評估。主要工作包括 1.) 資料庫之分析與設計、2.) 建置資料庫、3.) 開發自動化資料轉化程式及 4.) 持續收集資料庫儲存之案例資料，其各工作項目之詳細內容分述如下：

(一) 進行資料庫之分析與設計

本工作項目仍延續經由 96 年度所分析、探討及設計之初步關聯式資料庫更進一步地進行細部考量，並改善其資料庫結構。在 96 年度中，所設計之初步資料庫架構主要仍是根據 1.) 本研究團隊所收集到之相關報表及 2.) 專家意見，這兩部份進行分析、探討與規劃初步之資料庫架構雛型。然而，由於本研究團隊於 96 年度所收集得之相關報表大多局限在固定某幾間廠商，因而 96 年度所設計之雛型架構仍可能未能完整含括各施工報表所需之資料(欄位)。有鑑於此，在本年度則更進一步收集其它各方與下水道施工相關之資訊，以補強原先設計上不足之部份，而所收集到之參考資訊中，最主要且最具參考價值的則是公共工程委員會於 94 年度時所委託其它單位規劃之「B2G 工程進度管制標準」。

「B2G 工程進度管制標準」是由於國內施工廠商幾乎均採用 Microsoft Office 中之 Excel 作為主要之施工報表管理方式，但各家廠商所採用的報表格式卻又不相同，因而公共工程委員會提出以 XML 作為資料交換的格式，並制定出統一之 XML Schema，以解決格式不同之問題。由於 XML 格式文件具備轉換方便並易於跨系統平台交換之資料再利用的特性，故透過標準之應用將可提高工程資訊傳輸、管理及運用之效能，使用工程執行機關、監造單位及施工廠商能將相關之工程資料暢通無阻地進行交換傳遞。

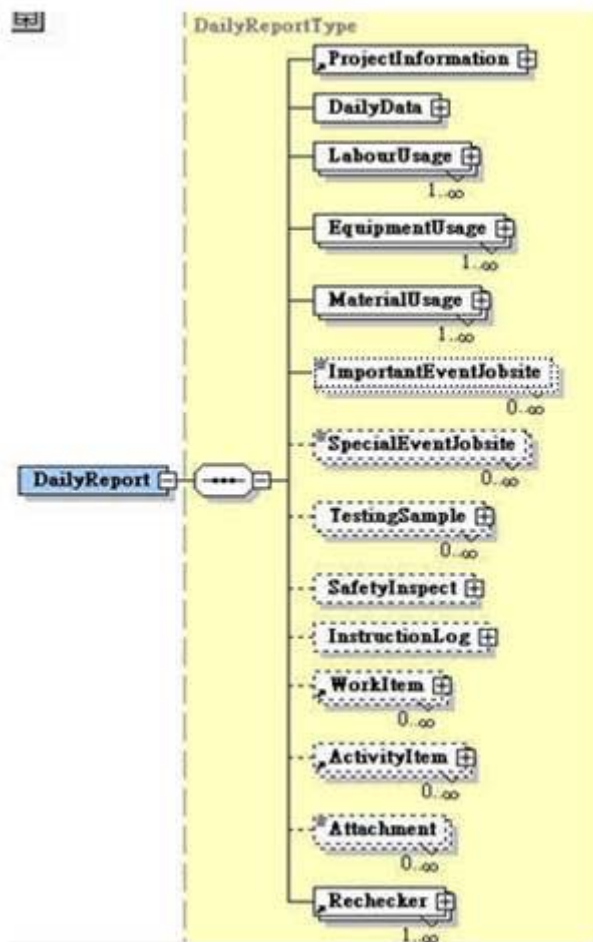


圖 2-37 公共工程會 B2G XML Schema
(資料來源: 行政院公共工程委員會)

由於「B2G 工程進度管制標準」中的 B2G XML Schema 是由政府單位統籌分析及規劃各施工相關資訊所設計出的統一格式，因此，本研究在今年度主要仍以此 XML Schema 作為參考資料，進行下水道資料庫設計時的細部分析，並且加上各方專家給的建議影響因子，更進一步地改善及加強 96 年度之雛型資料庫，圖 2-38 為改善後之資料庫架構圖，各資料表相對應之欄位屬性表如表 2-33 所示。

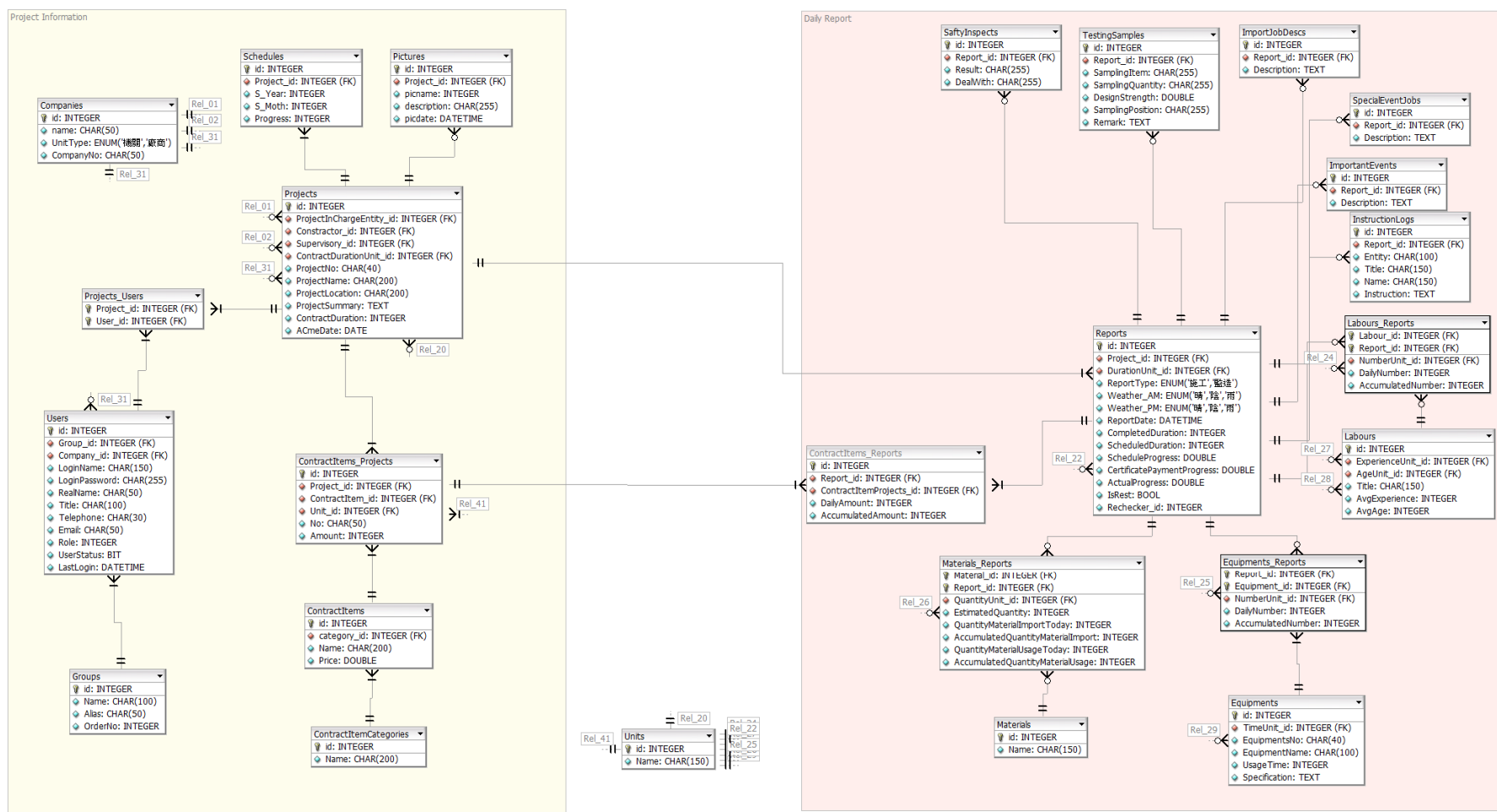


圖 2-38 下水道施工資料庫架構圖

表 2-33 資料庫內各資料表相對應之欄位屬性表

機關單位/廠商(Companies)資料表			
欄位名稱	解 釋	資料型態	備 註
<u>Id</u>		INTEGER	Auto_Increment
Name	機關/廠商名稱	CHAR(50)	
UnitType	所屬單位類別	ENUM	機關、廠商
CompanyNo	機關/廠商代碼	CHAR(50)	
使用者(Users)資料表			
欄位名稱	解 釋	資料型態	備 註
<u>Id</u>		INTEGER	Auto_Increment
Group_id	群組編號	INTEGER	
Company_id	機關/廠商編號	INTEGER	
LoginName	登入帳號	CHAR(150)	
LoginPassword	登入密碼	CHAR(255)	
RealName	真實姓名	CHAR(50)	
Title	職稱	CHAR(100)	
Telephone	聯絡電話	CHAR(30)	
Email	電子信箱	CHAR(50)	
Role	角色	INTEGER	
UserStates	帳號狀態	BINARY	
LastLogin	最後登入時間	DATETIME	
使用者群組(Groups)資料表			
欄位名稱	解 釋	資料型態	備 註
<u>Id</u>		INTEGER	Auto_Increment
Name	群組名稱	CHAR(100)	
Alias	別稱	CHAR(50)	
OrderNo	順序	INTEGER	

專案(Projects)資料表			
欄位名稱	解 釋	資料型態	備 註
<u>Id</u>		INTEGER	Auto_Increment
ProjectInChargeEntity	主辦機關編號	INTEGER	
Constructor_id	施工單位編號	INTEGER	
Supervisory_id	監造單位編號	INTEGER	
ContractDurationUnit_id	工期單位編號	INTEGER	
ProjectNo	專案編號	CHAR(40)	
ProjectName	專案名稱	CHAR(200)	
ProjectLocation	施工位置	CHAR(200)	
ProjectSummary	施工概況說明	TEXT	
ContractDuration	合約工期	INTEGER	
ACmeDate	實際開工日期	DATETIME	
預定進度(Schedules)資料表			
欄位名稱	解 釋	資料型態	備 註
<u>Id</u>		INTEGER	Auto_Increment
Project_id	Project 編號	INTEGER	
S_Year	年度	INTEGER	
S_Month	月份	INTEGER	
Progress	預定進度值	INTEGER	
專案相關照片(Pictures)資料表			
欄位名稱	解 釋	資料型態	備 註
<u>Id</u>		INTEGER	Auto_Increment
Project_id	Project 編號	INTEGER	
PicName	照片名稱	CHAR(50)	
Description	照片描述	TEXT	
PicDate	照片日期	DATETIME	

契約項目(ContractItems)資料表			
欄位名稱	解 釋	資料型態	備 註
<u>Id</u>		INTEGER	Auto_Increment
Category_id	契約項目類別編號	INTEGER	
Name	契約項目名稱	CHAR(150)	
Price	單價	DOUBLE	
契約項目分類(ContractItemCategories)資料表			
欄位名稱	解 釋	資料型態	備 註
<u>Id</u>		INTEGER	Auto_Increment
Name	契約項目別名稱	CHAR(150)	
報表(Reports)資料表			
欄位名稱	解 釋	資料型態	備 註
<u>Id</u>		INTEGER	Auto_Increment
Project_id	專案編號	INTEGER	
DurationUnit_id	工作天單位代碼	INTEGER	
ReportType	報表類型	ENUM	施工、監造
Weather_AM	上午天氣	ENUM	晴、陰、雨
Weather_PM	下午天氣	ENUM	晴、陰、雨
ReportDate	報表日期	DATETIME	
ActualProgress	實際進度	DOUBLE	
IsRest	是否為免計日	BINARY	
Rechecker_id	報表核准者	INTEGER	
勞工安全記錄(SaftyInspects)資料表			
欄位名稱	解 釋	資料型態	備 註
<u>Id</u>		INTEGER	Auto_Increment
Report_id	Report 編號	INTEGER	
Result	檢查結果	CHAR(150)	

DealWith	處理方式	TEXT	
取樣狀況(TestingSamples)資料表			
欄位名稱	解 釋	資料型態	備 註
<u>Id</u>		INTEGER	Auto_Increment
Report_id	Report 編號	INTEGER	
SamplingItem	取樣項目	CHAR(150)	
SamplingQuantity	取樣數量	CHAR(50)	
DesignStrength	設計強度	CHAR(100)	
SamplingPosition	取樣位置	CHAR(150)	
Remark	備註	TEXT	
材料(Materials)資料表			
欄位名稱	解 釋	資料型態	備 註
Id		INTEGER	Auto_Increment
Name	材料名稱	CHAR(150)	
機具(Equipments)資料表			
欄位名稱	解 釋	資料型態	備 註
<u>Id</u>		INTEGER	Auto_Increment
TimeUnit_id	年資單位	INTEGER	
EquipmentNo	機具編號	CHAR(50)	
EquipmentName	機具名稱	CHAR(150)	
UsageTime	使用年資	DOUBLE	
Specification	機具規格	TEXT	
施工人員(Labours)資料表			
欄位名稱	解 釋	資料型態	備 註
<u>Id</u>		INTEGER	Auto_Increment
ExperienceUnit_id	年資單位編號	INTEGER	
AgeUnit_id	年齡單位編號	INTEGER	

Title	人員職稱	CHAR(150)	
AvgExperience	平均年資	DOUBLE	
AvgAge	平均年齡	DOUBLE	
重要施工項目(ImportJobDescs)資料表			
欄位名稱	解 釋	資料型態	備 註
<u>Id</u>		INTEGER	Auto_Increment
Report_id	Report 編號	INTEGER	
Description	施工項目描述	CHAR(255)	
工地重要事件(ImportantEvents)資料表			
欄位名稱	解 釋	資料型態	備 註
<u>Id</u>		INTEGER	Auto_Increment
Report_id	Report 編號	INTEGER	
Description	事件描述	TEXT	
異常狀況記錄(SpecialEventJobs)資料表			
欄位名稱	解 釋	資料型態	備 註
<u>Id</u>		INTEGER	Auto_Increment
Report_id	Report 編號	INTEGER	
Description	狀況描述	TEXT	
長官指示事項(InstructionLogs)資料表			
欄位名稱	解 釋	資料型態	備 註
Id		INTEGER	Auto_Increment
Report_id	Report 編號	INTEGER	
Entity	單位	CHAR(50)	
Title	職稱	CHAR(100)	
Name	姓名	CHAR(100)	
Instruction	指示	TEXT	

註:加上底線者為該資料表之主鍵(Primary Key)

(二) 資料庫建置

資料庫建置在本年度的主要目的包括有 1.)透過施工資料表之實際轉化保存於資料庫中，借以驗證所設計之資料庫是否還有不足之部份、2.)將目前所收集到之施工資料建置於資料庫內，以提供其他所研究所需及後續網頁式資訊系統開發之用。

為了確認所設計出之施工報表資料庫架構能完整轉化保存原始資料表中之資料，本研究必需進行資料庫驗證，實際地將原始資料表中之資料分析、拆解、轉化並保存至資料庫中。如資料在轉化保存過程中發現有資料無法轉置入資料庫中時，則可得知本研究所設計出之施工報表資料庫架構有修正的必要。若發生此狀況時，本研究將根據無法被轉化保存之資料進行探討，以找尋出其原因所在，並適當地將施工報表資料庫架構作修正，以確保所有原始資料皆可完整無誤地被保存於資料庫中。

本研究仍透過將施工資料萃取(Extract)，並經過轉換(Transform)成為符合需要之格式，再將其倒入 (Load) 施工報表資料庫之資料轉化程序，而在目前測試階段中，本研究暫時僅建置部份所收集到的施工資料於資料庫中，而系統資料庫中已建置了 1 個標案及其施工報表，共 216 個報表資訊，未來仍會繼續將其他報表進行轉化。

(三) 開發自動化資料轉化程式

目前業界最為普遍使用的施工紀錄依據為施工日報表，且根據本研究目前為止所有已取得之施工日報表、監造日報表檔案格式及推進記錄表。由於在設計資料庫時，為了避免或減少資料庫中資料重複性及其可能衍生的資料不一致性問題而進行資料庫正規化之動作。然而，經由資料庫正規化後之資料表會與原始資料表格格式不同。因此，面對原始資料表與資料庫正規化後之資料表間的表格格式差異問題，如何將原始資料完整保存於經資料庫正規化後之資料表中，則是本研究中一大課題。

通常資料轉化保存的問題情況下，最常見的兩種解決方式：其一，採用人工閱覽原始資料，並根據資料庫正規化後的各資料表挑選出所需之資料，爾後再以手動之方式輸入所選定之資料。但此方式的問題在於此轉化過程通常極為繁雜，人工作業上極易出錯；其二，由於原始資料表之檔案格式均為 Microsoft Office 系列中之 Excel 格式，因此可以透過 Microsoft Office 中提供之 VBA (Visual Basic for Applications) 的功能進行特定轉化程式的開發，透過程式化的方式自動由既有的施工資料根據正規化後的資料庫設計，將不同資料表所需的資料篩選、轉化、並倒入。

人工作業的方式固然可以省去為了自動化篩選資料而進行 VBA 程式撰寫所需花費的時間，因此此方法較適合用於原始資料量少的情況下。但相反地，在原始資料量大的情況時，採用人工閱覽之方式所需花費的整體人力資源及時間則相對於後者來的許多，且此類重複性工作在依靠人工查閱及手動輸入資料亦有查看或輸入錯誤之可能性。而後者雖然必需花費額外的時間在進行自動化資料轉化程式的開發，但由於考慮到未來的需求以及實務上單一施工即會產生大量的施工與監造日報表及推進記錄表，且資料轉化保存所花費的整體時間反而有可能比人工篩選保存資料來的快速且發生資料錯誤輸入之機率相對也少許多。相較之下，本研究將使用 VBA 進行自動化資料轉化程式的開發。

前述之 VBA 為微軟 (Microsoft) 公司附加在其辦公室軟體系列之功能，其主要目的在於便利企業進行資訊的整合與交流時，能快速地透過程式化的方式抽取所需的資料。VBA 的語法與程式邏輯等乃繼承於微軟公司所開發出極為流行的程式開發語言 VB (Visual Basic)，圖 2-39 為 VBA 程式語言開發環境界面。VBA 提供了程式開發人員透過程式開發的方式來在各個微軟之辦公室系列軟體內進行重複性的工作，不但可讓操作人員工作效率提升，亦可創造出更符合工作需求的環境。一般常見的 Excel VBA 程式語言運用的範圍包括有

1.)自定函式、2.) 執行重複性的工作、3.) 製作格式及 4.)製成專案。
而在本研究中主要運用之範圍則在於自定函式及執行重複性的工作。

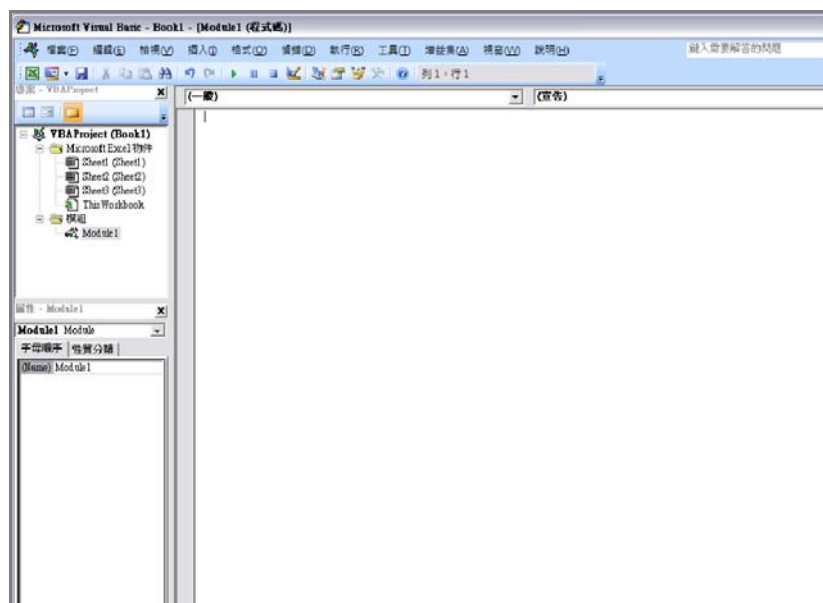


圖 2-39 VBA 程式語言視窗界面

其中自定函式部份的用意在於 Excel 中雖然提供了許多數值運算或統計的函數，在大部份的情況下，可以利用這些函數快速地得到所需之結果。但由於它提供之函數大部份都是有限的基本運算函數，使用者往往需要將多個函數組合起來才能達成運算結果，或者根本它提供之函數並無法達到所需之功能的情況下，如果有某一函數功能經常使用到，則可以透過利用 VBA 的撰寫將定義一組函數為一個新的函數，以方便日常工作的使用。以本研究之狀況而言，施工日報表、監造日報表檔案格式及推進記錄表這些 Excel 檔案格式之原始資料，以 Excel 內建之函數功能而言並無法進行自動化採集所需之資料。因此，本研究在自動化採集所需資料部份必需透過自定函式部份自行撰寫程式以快速且方便轉化資料。

由於施工日報表、監造日報表檔案格式及推進記錄表這些 Excel 檔案格式之原始資料內容幾乎皆為個別使用同樣的表格放置不同的資料。以施工日報表而言，雖然目前本研究所蒐集到之施工日報表數

量眾多，但其檔案內之表格格式皆為固定樣式，差別只在於不同的日期有著不同的資料。因此本研究透過自定函式撰寫資料分析篩選功能並定義為一可用函數，日後無論施工日報表之數量多寡，只要是與本研究目前所蒐集到之施工日報表使用同樣的表格格式，皆可透過執行函數之方式重複性地自動轉化資料。

本研究在處理原始資料方面，使用 VBA 程式進行自動轉化並配合人工進行複查的工作，以期能在資料倒入資料庫時，同時查驗資料的品質並驗證資料的正確性與轉化程式的正常運作。

(四) 持續收集資料庫儲存之案例資料

在台灣，下水道產業界的資訊化程度普遍較低，並少有資料保存的習慣，致使施工經驗很難作有效率、有系統的傳承。資料短少的結果，也使相關學術研究難以拓展，減緩了整體下水道產業技術提升的速度。然而，資料的蒐集與評估卻是整體技術發展、改進及研究的最根本訊息，為了更清楚瞭解目前下水道推進技術的狀況及評估未來下水道資訊有效數位化保存的方式，本工作項目仍期望透過有限資料的蒐集與專家的訪查，以適當地取得具有指標性之資料作為參考用。

目前業界在進行下水道施工時，普遍使用施工日報表作為施工紀錄依據，並進行相關管理動作。由施工管理的角度來看，施工日報表的記錄項目已漸不敷使用，工地需要其它績效管理的指標，使得業主或是監造單位得以有效、及時的管理工區進度，發揮工地工班跟機具的最大產能。但就原始資料的參考評估意義角度而言，施工日報表仍提供了一些最基本的資訊，其包括如：工地工班與機具每日的使用狀況、管徑使用狀況及施工進度時程與生產力等資訊。

在 96 年度研究案中所取得之資料在針對不同推進工法在不同地質、不同工程規模情況下之生產力、與國外施工統計資料交叉分析或未來資料庫架構分析與設計而言，仍稍嫌不足。有鑑於此，本年度之工作項目仍持續針對各種必要之資料進行更完善地蒐集，以便作為日

後生產力比較、施工工法建議或資料庫架構分析之重要參考資料。而本研究目前主要蒐集到之下水道施工相關標案資料包括有第 5 標、第 6 標、第 8 標、第 9 標及第 10 標這五個工程標地案。而從關係表中可得知，各標地案目前所蒐集到之報表種類仍有部份報表尚未蒐集齊全，因而尚需持續蒐集相關資料。

此外，在 96 年度研究案中，所蒐集到之施工日報表、監造日報表、推進記錄表及地質鑽探報告均取得於同一廠商，此狀況有可能會造成研究中考量不夠周全而在日後產生問題。因此，為了能確保下水道推進工程相關資料具有更完整的資訊，本研究亦著手洽商其他從事下水道推進相關之工程公司(單位)進行訪談，在許可的情況下取得更多下水道推進施工相關之資料作為研究參考之用。

資料蒐集部份除持續蒐集更多下水道推進施工相關之資料外，本研究認為下水道推進工程資料庫不應僅著重於施工及技術方面，更應多向擴展至招標及得標資訊方面，在下水道施工技術相關案例資料中可透露出之資訊包括如何種地質用何種工法其日推進的速度如何等訊息；而從另一角度來看，在招標及得標資訊方面，則可以作為日後進行下水道工程估算之重要參考資料。因此，在本研究中除了持續蒐集施工方面相關案例資料外，亦同樣將會洽商合作廠商或其他工程公司(單位)進行此方面之資料蒐集。

(五) 網頁式資訊系統之初步分析及開發

本研究嚐試根據設計出之資料庫架構進行可行功能開發之規劃，依目前所設計之資料庫系統內容，初步規劃所需網頁式資訊系統前端所需之功能，以方便國內各方有興趣之人士能查詢資料庫之內容，後續亦可做為其他欲使用本資料庫進行系統開發之人員的參考範例。而本研究目前經探討、設計及規劃之初步功能架構概念圖如圖 2-40 所示。

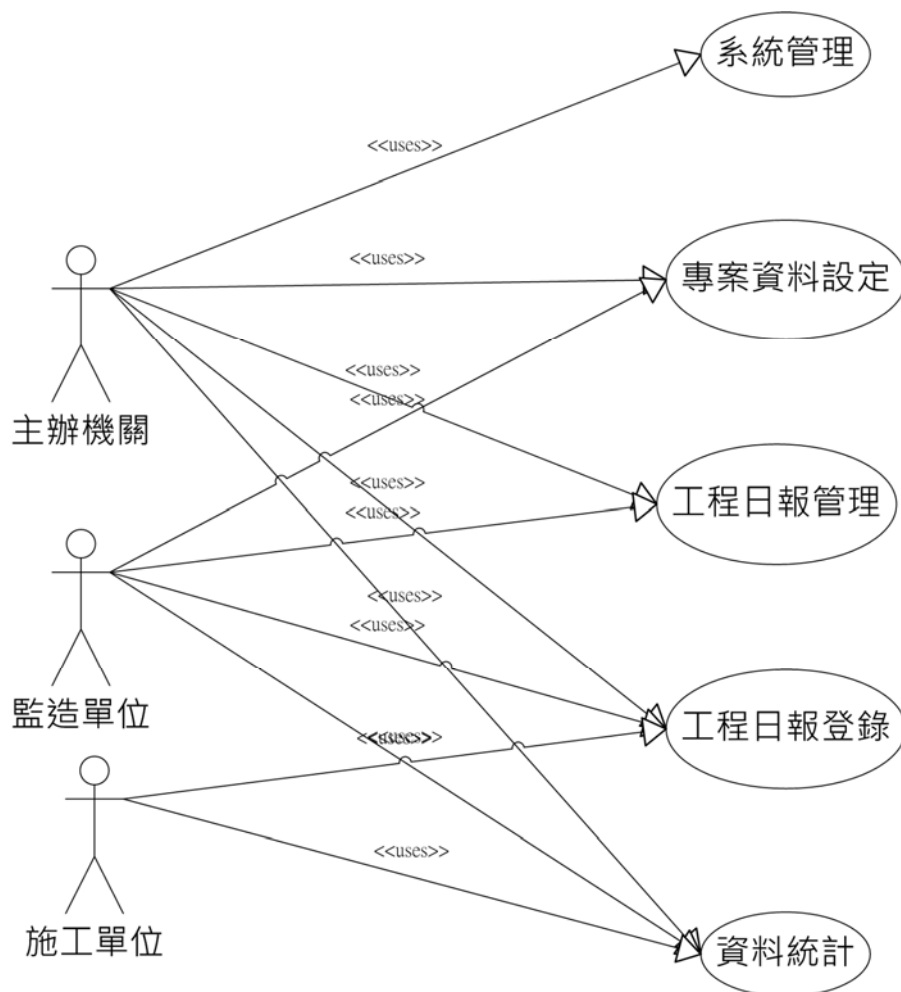


圖 2-40 網頁式資訊系統初步功能概念圖_Use Case

在系統環境之考量方面，本研究採用 WAMP(Windows、Apache、MySQL、PHP)作為系統建置開發之環境。其中，以 Windows 作業系統作為平台；以 Apache 軟體建構伺服器環境；以 MySQL 資料庫儲存、管理資料；以 PHP 程式語言開發所需之功能。此外，本研究在系統功能開發概念上，採用 MVC(Model-View-Controller)之程式架構概念，降低商業邏輯處理、視圖處理及應用邏輯處理間之程式耦合度，以開發出較健全之程式與增加日後程式維護之便利。而前述之 MVC 是僅是程式設計的概念，在實際開發架構上，本研究則是採用遵循 MVC 設計概念且具有設計彈性及快速開發特性之 CakePHP 作為系統功能之開發平台，以完成各系統功能。圖 2-41 則為至目前為

止初步規劃及開發後之網站系統架構圖。

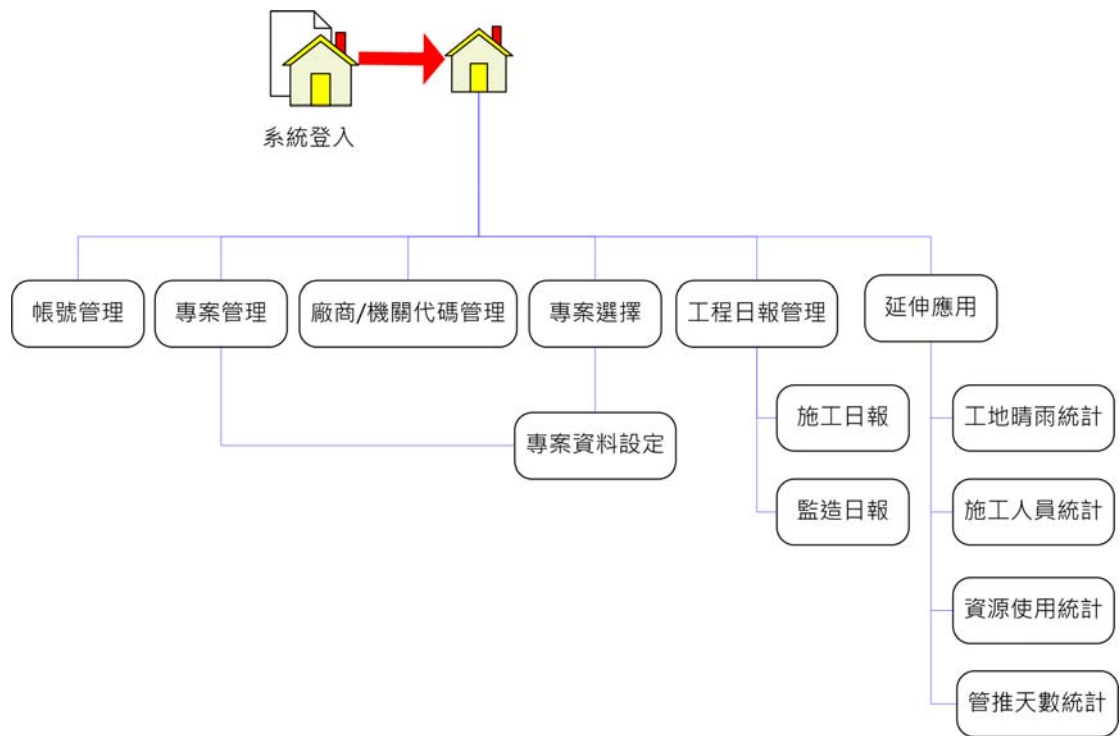


圖 2-41 網站系統架構圖

而本研究根據目前所設計規劃之初步系統功能進行實作開發，而各主要功能之細部項目及實作成果如下：

圖 2-42 網頁式系統登入介面

■ 系統管理部份，其細部功能包括：

(1) 新建帳號：建立使用者帳號及設定使用者角色。

The screenshot shows the '新增使用者' (Add User) form within the '系統管理介面' (System Management Interface). The form includes the following fields:

- 帳號名稱 (Account Name): Text input field.
- 真實姓名 (Real Name): Text input field.
- 密碼 (Password): Text input field.
- 確認密碼 (Confirm Password): Text input field.
- 電子郵件 (Email): Text input field.
- 聯絡電話 (Contact Phone): Text input field.
- 所屬單位 (Affiliated Unit): Dropdown menu with '測試公司' (Test Company) selected.
- 使用者角色 (User Role): Dropdown menu with '管理者' (Manager) selected.

At the bottom of the form, there are two buttons: '新增帳號' (Add Account) and '放棄' (Cancel).

圖 2-43 網頁式系統功能_新建帳號

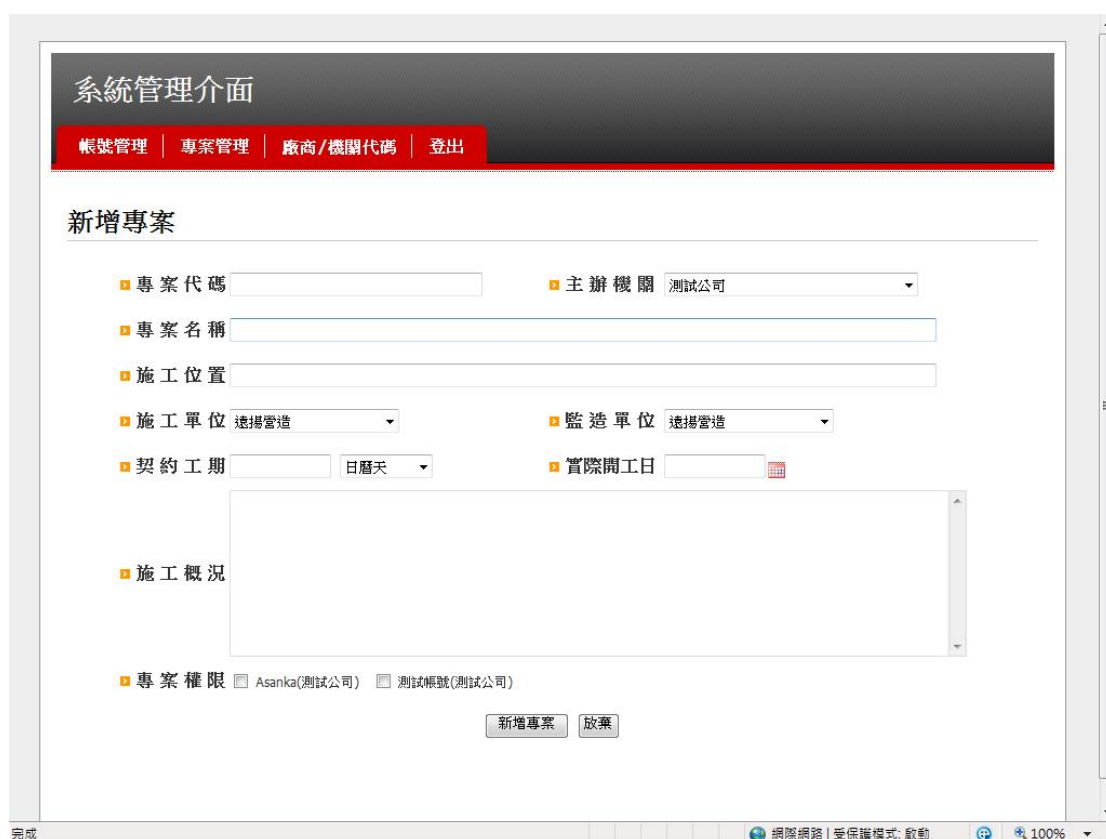
(2) 帳號管理：帳號修改及刪除等維護。

The screenshot shows the '使用者管理' (User Management) table within the '系統管理介面' (System Management Interface). The table has the following columns: Id, 帳號 (Account), 群組 (Group), 姓名 (Name), 服務機關 (Service Agency), Email, and [新增] (Add). The data rows are as follows:

Id	帳號	群組	姓名	服務機關	Email	[新增]
1	admin	管理者	Asanka	測試公司		  
3	test	監造單位	測試帳號	測試公司	test@mail.ntust.edu.tw	  

圖 2-44 網頁式系統功能_帳號管理

(3) 新增專案：由主辦單位開設新的專案



系統管理介面

帳號管理 | 專案管理 | 廠商/機關代碼 | 登出

新增專案

專案代碼 主辦機關 測試公司

專案名稱

施工位置

施工單位 遠揚營造 監造單位 遠揚營造

契約工期 日曆天 實際開工日

施工概況

專案權限 ☐ Asanka(測試公司) ☐ 測試帳號(測試公司)

新增專案 放棄

圖 2-45 網頁式系統功能_新增專案

(4) 廠商/機關代碼維護：針對廠商/機關代碼進行新增、修改及刪除等維護動作。



系統管理介面

帳號管理 | 專案管理 | 廠商/機關代碼 | 登出

專案管理

Id	機關/公司代碼	機關/公司名稱	[新增]
1		測試公司	☐ ☐
6	132	內政部營建署下水道工程處北區分處	☐ ☐
5	1234a	遠揚營造	☐ ☐
7		建豐工程股份有限公司	☐ ☐

圖 2-46 網頁式系統功能_廠商/機關代碼維護

(5) 專案預定進度管理:設定專案之預估進度。



圖 2-47 網頁式系統功能_專案預定進度管理

- 專案資料設定：針對主辦機關開設之專案進行專案相關資訊之初始化設定。

系統管理介面

專案資料設定 | 工程日報管理 | 延伸應用 | 登出

台北縣中和地區污水下水道系統新建工程第十標(PEb分支管及用戶接管) 確定

編輯專案

專案代碼 主辦機關 測試公司

專案名稱

施工位置

施工單位 遠揚營造 監造單位 遠揚營造

契約工期 日曆天 實際開工日

施工概況

編輯專案 放棄

圖 2-48 網頁式系統功能_專案資料設定

- 工程日報管理：新增及管理施工或監造日報表

系統管理介面

專案資料設定 | 工程日報管理 | 延伸應用 | 登出

台北縣中和地區污水下水道系統新建工程第十標(PEb分支管及用戶接管) 確定

日報管理

Id	報表日期	核定	[新增]
1	2006-12-31	否	✓
79	2007-01-01	否	✓
80	2007-01-02	否	✓
81	2007-01-03	否	✓
82	2007-01-04	否	✓
83	2007-01-05	否	✓
84	2007-01-06	否	✓
85	2007-01-07	否	✓
86	2007-01-08	否	✓
87	2007-01-09	否	✓
88	2007-01-10	否	✓
89	2007-01-11	否	✓
90	2007-01-12	否	✓
91	2007-01-13	否	✓
92	2007-01-14	否	✓
93	2007-01-15	否	✓
94	2007-01-16	否	✓

圖 2-49 網頁式系統功能_工程日報管理

■ 工程日報管理登錄：新增施工日報表

圖 2-50 網頁式系統功能_工程日報管理登錄

■ 延伸應用

(1) 施工人員統計: 系統從施工日報相關資料表中統計分析出各月份之出工人數，並繪製統計圖。



圖 2-51 網頁式系統功能_施工人員統計

(1)延伸應用-施工機具統計:系統從施日工報相關資料表中統計分析出各月份之施工機具使用數，並繪製統計圖。



圖 2-52 網頁式系統功能_施工機具統計

(2)延伸應用-工地晴雨統計:系統從施日工報相關資料表中統計分析出各月份之天氣狀況，並繪製以月曆方式呈現。



圖 2-53 網頁式系統功能_工地晴雨統計

(3)延伸應用-管推天數統計:系統從施日工報相關資料表中統計分析出各人孔蓋間之推進施工日數。



系統管理介面

專案資料設定 | 工程日報管理 | 延伸應用 | 登出

選擇專案: 台北縣中和地區污水下水道系統新建工程第十標(PEb分支管及用戶接管) 確定

施工段(下游->上游)	已使用時間
PEb190→PEb191	13
PEb002→PEb001	10
PEb112→PEb111	2
PEb164→PEb163	4
PEb002→PEb003	4
PEb102→PEb101	2
PEb002→PEb026	2
PEb027→PEb001	2
PEb092→PEb091	2
PEb008→PEb007	1

完成

網路網路 100%

圖 2-54 網頁式系統功能_管推天數統計

2.5. 研析卵礫石推進工法開挖性指標

由於目前下水道施工業界對於卵礫石層推進工程尚未有效的掌握其開挖性指標及相關資料，故本研究擬延續上期之工作，蒐集台灣分區之卵礫石相關地質，輔以外業現地調查可挖性相關問題，並與內業數值模擬進行比對分析。將上述統整並嘗試描述推進工程之開挖性指標(Cuttability Index)，並將該指標與宏觀之生產力進行比對。

2.5.1. 卵礫石地質資蒐

經由統整出台灣地區於卵礫石地區的推進施工完整紀錄不多，如表 2-34 記錄遭遇卵礫石層的施工區域調查及可排出最大粒徑與遭遇最大粒徑。

由褚炳麟等人（2005），經由兩案例分析管徑為可排出卵石粒徑比例為 6~8 倍，由表 2-34 得知於中南部推進時所遭遇卵礫石之最大粒徑與可排出最大粒徑相差較大，針對該複合地質之工程特性不易掌握，相對施工時所要克服的問題亦增。蒐集相關分區地質特性如表 2-35 並輔以鑽探資料以建立研究底層資料。

表 2-34 台灣地區推進時遭遇卵礫石的施工區域調查

(整理自褚炳麟等人，2005)

地區	施工地點	推進管徑 (mm)	推進長度 (m)	卵礫石最大 粒徑 (cm)	可排出最大粒徑 (cm)
北部	台北縣	2400	45	10	30 ~ 40
	板橋	1800	70	20	22.5 ~ 30
	新竹	2000	150	30	25 ~ 33.3
	新竹	1800	370	85	22.5 ~ 30
	桃園	2000	110	80	25 ~ 33.3
	大園	2400	135	40	30 ~ 40
	南崁	2400	180	40	30 ~ 40

表 2-34 台灣地區推進時遭遇卵礫石的施工區域調查 (續)

(整理自褚炳麟等人，2005)

地區	施工地點	推進管徑 (mm)	推進長度 (m)	卵礫石最大 粒徑 (cm)	可排出最大粒徑 (cm)
北部	中和	500	80	40	6.25 ~ 8.3
中部	台中市	1800	35	80	22.5 ~ 30
		2000	120	80	25 ~ 33.3
	台中市	2400	397.6	80	30 ~ 40
	霧峰	2400	37.5	60	30 ~ 40
	豐原	1800	31	50	22.5 ~ 30
		2400	58	50	30 ~ 40
	豐原	1200	30	20	15 ~ 20
	豐原	2400	80	70	30 ~ 40
	埔里	2000	90	30	25 ~ 33.3
		2400	45	30	30 ~ 40
南部	旗山	1000	800	110	12.5 ~ 16.7
	屏東	2400	110	30	30 ~ 40

表 2-35 北、中部卵礫石資料之調查(整理自張吉佐等人，1996)

分區	區域	卵礫石成份(重量比)	地質 材料參數	統一土壤分類法(USCS) 及地下水位	區域 地質岩性
北區	林口	礫石含量約 52 ~ 88 % 砂料佔 8 ~ 36 % 細料佔 1 ~ 22 %	礫石比重：2.5 ~ 2.7 吸水率：4.5 % 單壓強度：1350 kg/cm ²	CL 或 ML 地下水位由地表至地表 下 50 m 之間	砂岩為主； 石英岩為輔
			細料比重：2.64 液限：23 ~ 29 % 塑限：NP ~ 9 % 含水量：7 ~ 19 %		
	苗栗	礫石含量約 70 ~ 89 % 砂料佔 10 ~ 20 % 細料佔 10 %以下	礫石比重：2.5 ~ 2.66 吸水率：0.4 ~ 3.0 % 單壓強度：600 ~ 1450 kg/cm ²	GP-GM 地下水位(N.A).	石英岩為主
			細料比重：2.64 液限：27 % 塑限：NP 含水量：10 %以下		

表 2-35 北、中部卵礫石資料之調查(整理自張吉佐等人，1996)(續)

分區	區域	卵礫石成份(重量比)	地質 材料參數	統一土壤分類法(USCS) 及地下水位	區域 地質岩性
中區	台中	礫石含量約 80 ~ 91 % 砂料佔 9 ~ 15 % 細料佔 10 % 以下	礫石比重：2.55 ~ 2.65 吸水率：1.5 ~ 1.9 % 單壓強度：1200 ~ 1900 kg/cm ²	CL 地下水位(N.A.)	石英岩
			細料比重：2.63 液限：18 ~ 25 % 塑限：3 ~ 12 % 含水量：5 ~ 11 %		
	大肚山	礫石含量約 80 ~ 91 % 砂料佔 9 ~ 15 % 細料佔 0 ~ 7 % 以下	礫石比重：2.55 吸水率：1.3 % 單壓強度：2000 kg/cm ²	CL 地下水位(N.A.)	石英岩
			細料比重：2.68 液限：23 % 塑限：NP ~ 12 % 含水量：4 ~ 15 %		

2.5.2. 卵礫石推進工法延滯困難要項之現場調查

本期以蒐集台中地區推進異況排除作為卵礫石推進工法延滯困難要項個案分析，於接近推進工作面之位置施作明挖試坑並與現地及室內試驗取得該卵礫石層之統一土壤分類、粒徑分佈、地下水位、卵石單軸壓縮強度等工程特性。(藍啟榮等人，2008)

(一) 基址概況

本案例位於台中市西屯路至福科路段，為中科台中園區放流管線工程使用，本路段係經過黃昏市場及都會商區因此採用長推進作業。配合放流管線設計需求，本段工程使用單一管徑為直徑 2.4 m 的 RCP 管。設計之推進長度為 397.6 m，管頂覆土深度約 5.23 m。工作井的施作採用鋼襯板進行開挖輔以背填灌漿增加其自立性，並配合水平鋼支撐系統增加穩定性。

(二) 地質狀況

本案例由出發井附近進行兩處明挖試坑深度分別為 5 m 與 4 m，藉以求取本研究案例之統一土壤分類、粒徑分佈曲線等資料，並進行單軸壓縮強度試驗。由以上試驗結果顯示本案例遭遇到不易掘削的卵礫石，地質屬大肚山分區之卵礫石層，主要岩材為石英岩（平均單壓強度 1198.45 kg/cm^2 ），現場標準貫入試驗 N 值大於 50，土體單位重約 2.10 t/m^3 ，凝聚力 0.07 kgf/cm^2 ， ψ 為 35 度，試坑中最大粒徑約 45.72 cm，卵石含量 44 %，礫石含量約於 27 %，#4 ~ #200 號篩的土壤約佔 25 %，小於 #200 號篩以下之細粒料僅佔 3.1 %，而其統一土壤分類 (USCS) 為不良級配礫石 (GM)，地下水位約在於 GL.-10 m ~ -11 m。

(三) 推進工程施工過程困難調查

因本次推進工法案例調查所使用之推進機頭如、圖 2-55、圖 2-56，其地面設備如圖 2-57~圖 2-58。因為採用長距離泥水加壓式

推進，所以排（出）碴設備能量、推進力之評估上需加以計算考量，並在工法或添加材（作泥材與滑材）選擇以解決含石率高且大而堅硬的卵礫石層，由台中放流管線園區卵礫石推進案例西屯路至福科路段整理出所遭遇的問題特性調查表，如表 2-36 所示。

本執行團隊接續利用表 2-36 持續檢核調查表並進行其他相關案例試填，以作為後續分析驗證後回饋修訂，並針對複合土壤（Compound）：紅土、卵礫石、橫、縱向夾層等，由業界一般感到困擾之特殊地質進行調查並由內業數值模擬土－機介面之互制行為，增進其實用性。

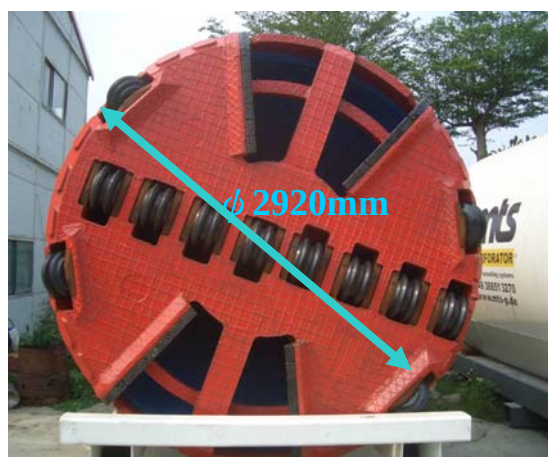


圖 2-55 泥水加壓式掘進切削面盤（直徑：2920 mm）

（藍啟榮等人，2008）



圖 2-56 泥水加壓式掘進機
（機頭長度：4560 mm）
（藍啟榮等人，2008）



圖 2-57 地面設備

(U 28 工作井)(藍啟榮等人,2008)



圖 2-58 地面設備

(U 28 工作井)(藍啟榮等人,2008)

表 2-36 依地質區域區分卵礫石層於推進工法之特性調查表

分 區	工程 名稱	地質狀況	推進技術工法	遭遇的問題	其 他
中 區	中科 台中 園區 放流 管線 工程 西屯 路至 福科 路段	一、地下水位：<u>GL - 10 ~ - 11 m</u> 二、遭遇卵礫石最大粒徑：<u>80 cm</u> 三、鑽探資料： ☒ 有；☐ 沒有 四、USCS 分類：<u>GM</u> 五、卵礫石單壓強度： <u>1198.45 kg/cm²</u> 六、試坑之篩分析： 卵礫石含量（%）：<u>約 71 %</u> 砂料含量（%）：<u>約 27 %</u> 細料含量（%）：<u>約 3.1 % 以下</u> 最大粒徑（cm）：<u>45.72 cm</u>	一、推進機尺寸：<u>ψ 2920 mm</u> 照片：☒ 有；☐ 沒有 二、施工工法： ☒ 泥水加壓式 ☒ 長距離 ☐ 泥濃式 ☐ 土壓平衡 ☐ 其它 三、總推力（kN）：<u>5500</u> 四、RCP 管材： 尺寸（mm）：<u>2400</u> 抗壓強度（kg/cm²）：<u>500</u> 五、油壓系統：<u>採用元押千斤頂設備 元押 700 t 增設 8 座中押站</u>	☒ 地質含石率高 ☒ 地質資料與鑽探不符 ☒ 卵礫石粒徑大於預期 ☒ 卵礫石單壓强度高 ☐ 出碴設備能量不足 ☒ 切削面盤扭力過大導致磨損嚴重 ☒ 開挖面無凝聚力易坍塌 ☒ 地下水滲流夾帶填充材埋入管材導致推力增加 ☒ 推進力不足 ☒ 反力不足 ☐ 管材破壞 ☐ 機械故障 ☒ 地質變異性大 ☐ 其它_____	

2.5.3. 卵礫石推進工法之推進力評估

經由外業現地調查卵礫石層推進工法延滯困難要項中，排除自然地不可抗力後，影響推進效率最明顯的就是推進力大小，推進力主要由推進前方抵抗力及管周身摩擦力所控制，由(修改自褚炳麟等，1996)於卵礫石層的推進力計算如下：

$$\text{推進力}(F) = F_0 + f_0 \times L \quad (2.5.1)$$

式中： F_0 = 初期抵抗力

f_0 = 推管周緣抵抗力

L = 推進長度 (m)

$$F_0 = \alpha \times (P_e + P_w) \times A \quad (2.5.2)$$

其中 A = 掘進面積(m²)

α = 反力係數 (一般沖積層取 1.5 ~ 2.0，砂礫石層取 3.0)

P_e = 掘進土壓力(tf/m²)

P_w = 泥水壓(tf/m²)

$$f_0 = \beta [(\pi \times B_c \times q + w) \times \mu + \pi \times B_c \times C] \quad (2.5.3)$$

其中 μ : $\tan(\psi/2)$ 為管材與周遭地層之摩擦係數，一般沖積

層建議採 $\psi/2$ ； ψ 為周遭地層之內摩擦角。

B_c = 推管外徑 (m)； q = 管外周之均佈載重 (tf/m²)

w = 推管單位重 (tf/m)

C = 推管與地層間之附著力 (tf/m²)

β = 滑材減低係數 (沖積層：0.5 ~ 0.9，砂礫石層：0.7 ~ 1.0)

(修改自褚炳麟等，1996)

台中西屯路至福科路段案例，元押推進力計算採用 $\alpha = 3$ ， $\beta = 1$ ，摩擦係數 μ 假設為 $\tan(\psi/2)$ 、 $\tan(3\psi/4)$ 、 $\tan(\psi)$ ，之條件下，分別計算其推進力；再將現場施工推力比較如圖 2-59 所示。由圖 2-59 得知，本台中案例大部份時間之摩擦係數採用 $\tan(3\psi/4) \sim \tan(\psi/2)$ 之間做分析時，量測推力值與公式(2.5.1)計算值接近，但在初期鑽掘時，為抵抗最大靜摩擦力，其推進力為大。

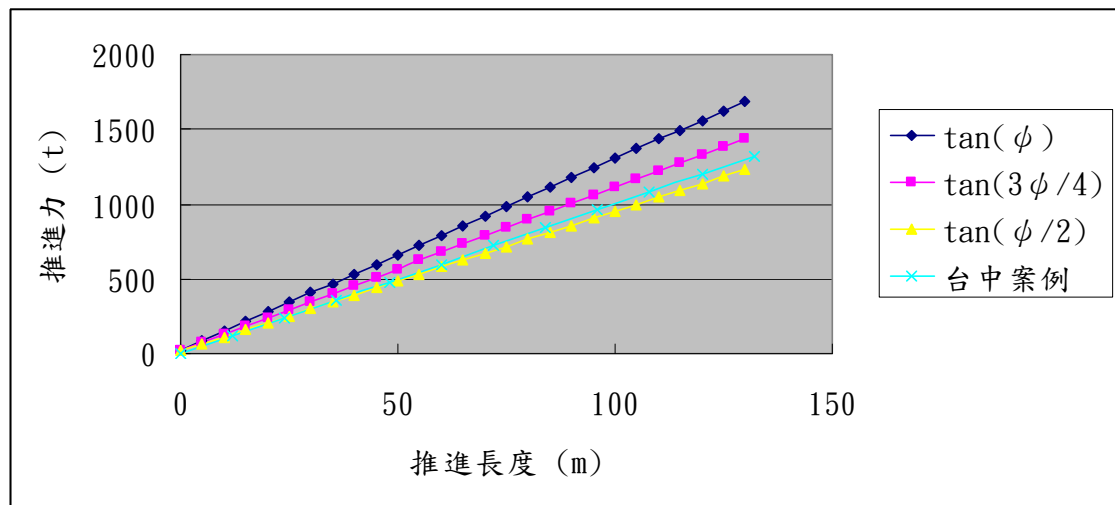


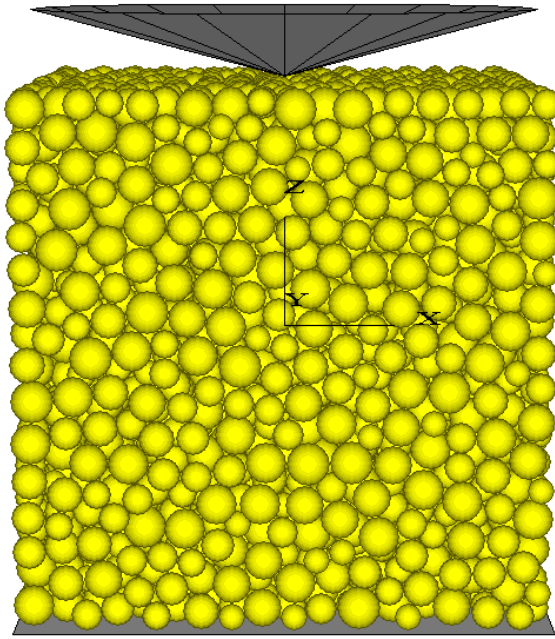
圖 2-59 台中案例推進力分析

2.5.4. 研析卵礫石推進工法開挖性指標

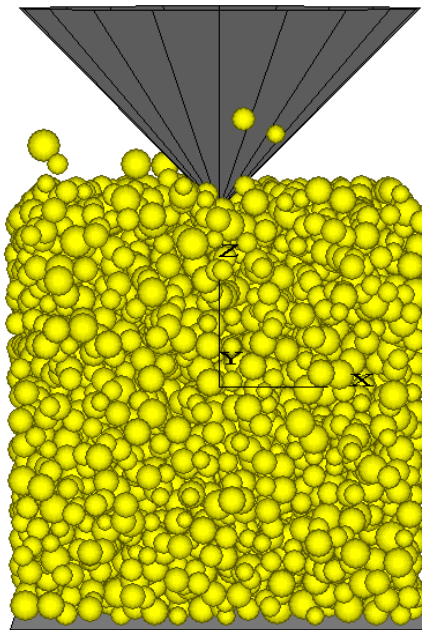
研究團隊於本期報告中，依據表 2-37 所示進行卵礫石地質之複合土層（列於表之左欄）與單一刀口（列於表之右欄）利用數值軟體 PFC3D 進行下列推進接觸之相關模擬。針對主體材料：卵礫石（粒徑大、小）與客體機具：單刀之角度變化（ $\beta=45^\circ$ 、 15° ）與不同幾何形狀（三維式鑽掘錐頭與二維式鑽掘楔刀）進行系列模擬。探求於卵礫石推進接觸過程中，切削面盤推進力能量耗損之影響。機械刀具模擬示意如圖 2-60、圖 2-61 所示，模擬結果經整理後得表 2-38 之機械刀具配置對推進接觸破壞之結果，其中 $N = F_{\max} \times d/2$ 。

表 2-37 岩土與機械刀口接觸之界面關係

開挖接觸質材類別	機械型態
1.岩盤、孤石 2.一般土壤-黏性與砂性土壤 3.複合土壤-紅土、卵礫石、橫、 縱向夾層 4.其他：流木、改良後土質、 混凝土	1.單刀-不同幾何形狀（如三維式 錐頭與二維式楔刀）、刀具磨耗 2.雙刀-間距影響 3.群刀-整體影響 4.刀口接觸角度（如：斜向）

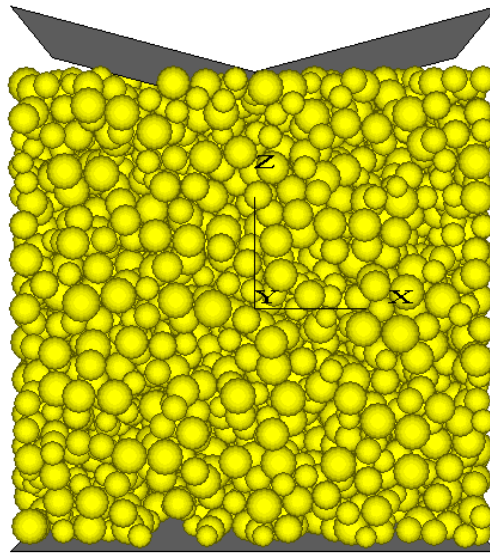


$\beta = 15^\circ$

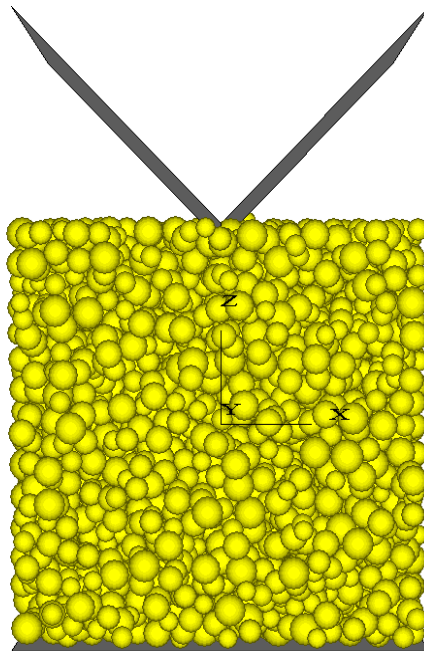


$\beta = 45^\circ$

圖 2-60 機械刀具示意圖 - (a) 三維式鑽掘錐頭形式



$$\beta = 15^\circ$$



$$\beta = 45^\circ$$

圖 2-61 機械刀具示意圖 - (b) 二維式鑽掘楔刀形式

表 2-38 機械刀具配置對推進接觸破壞之結果

粒徑	機械刀具 配置型態	刀具角度 (β)	最大貫切力 $F_{\max}$ (kN/m)	貫入深度 d (mm)	能量 U (N)
粗顆粒 (7.5 mm)	三維式錐頭	15°	4593.3	3.01	6912.9
		45°	3025.3	3.33	5037.1
	二維式楔刀	15°	7226.7	0.91	3288.1
		45°	7226.7	0.79	2854.5
較細顆粒 (3.75 mm)	三維式錐頭	15°	3626.7	2.9	5258.7
		45°	1409.3	4.4	3100.5
	二維式楔刀	15°	4700.0	1.4	3290.0
		45°	3414.7	1.35	2304.9
細顆粒 (1.5 mm)	三維式錐頭	15°	N.A		
		45°	N.A		
	二維式楔刀	15°	3066.7	0.52	797.3
		45°	2693.3	0.43	579.1

將表 2-38 以能量方式繪於圖 2-62，由圖中觀察得知，當以刀具角度(β)為變數時，不論三維式鑽掘錐頭或二維式鑽掘楔刀的機械配置，能量消耗皆隨著 β 之增加而減少耗能。如以機械刀具配置型態為變數探討則由表中可知於相同刀具角度時二維式鑽掘械刀所耗費之能量較為節省。於主體材料部分，不論卵礫石粒徑大小於配置二維式鑽掘械刀時，其能量並不會有明顯之變化，但當機械刀具配置型態為三維式鑽掘錐頭時，則可發現主體材料卵礫石粒徑較小時其能量耗損方面較為降低。

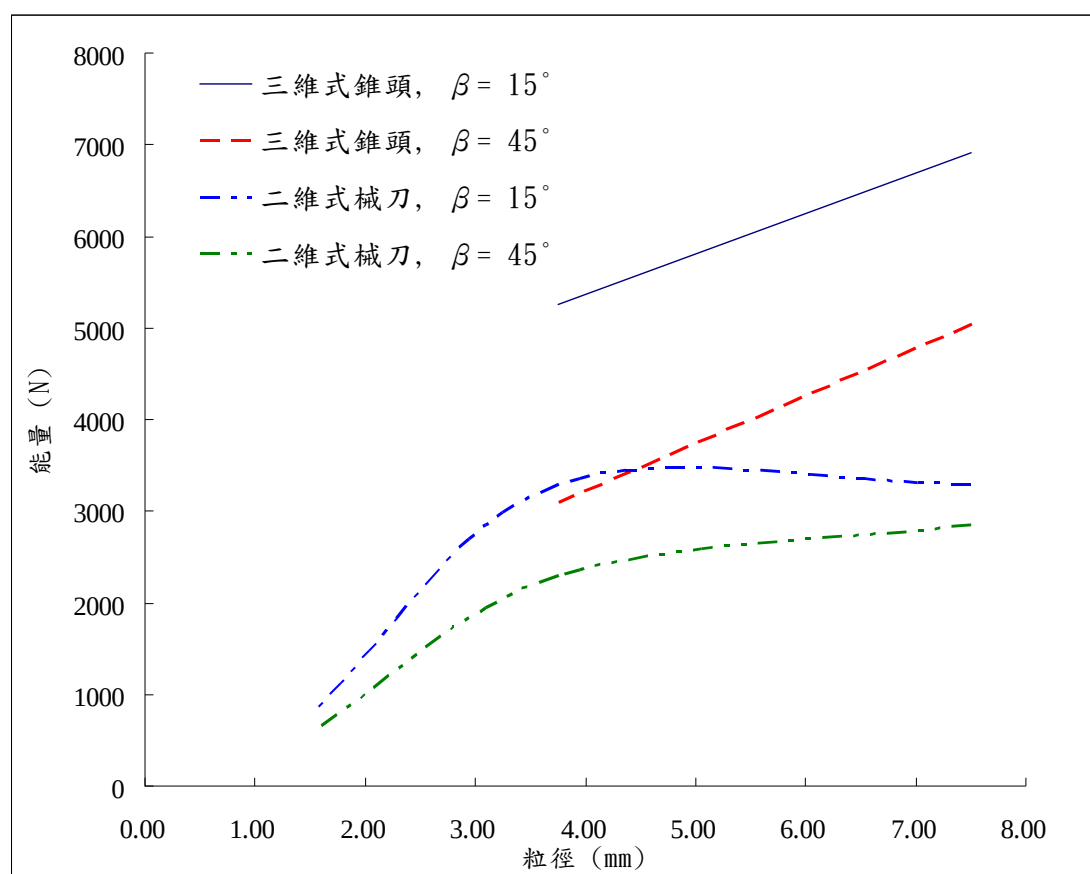


圖 2-62 機械刀具配置對推進接觸破壞之能量關係圖

此外，若將表 2-38 以最大貫切力方式繪於圖 2-63，則由圖中可得知當機械刀具配置型態為三維式鑽掘錐頭時，最大貫切力將可大幅降低。

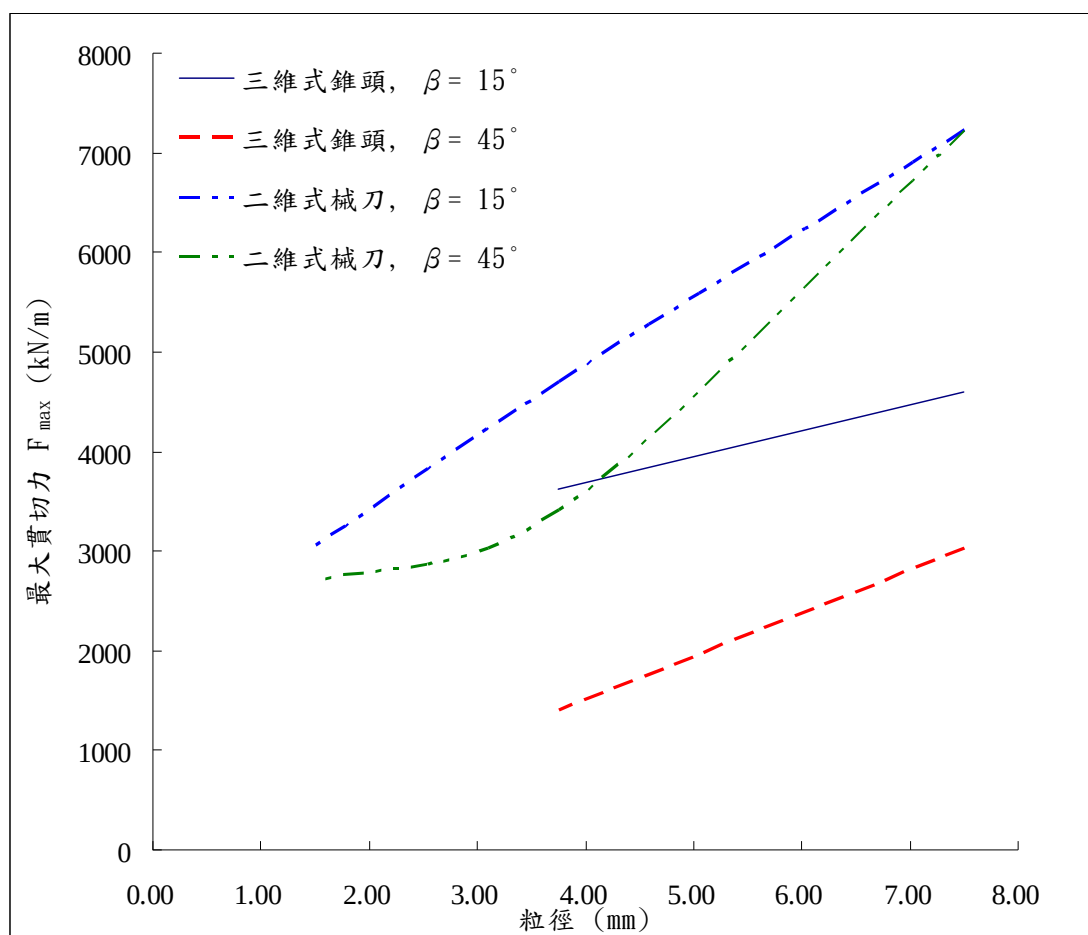


圖 2-63 機械刀具配置對推進接觸破壞之能量關係圖

2.5.5. 小結

延續去年度研究計畫目標，並透過個案分析，進行推進工法開挖性指標之實證探討。本期以卵礫石為對象，首以收集台灣分區之卵礫石層相關地質以建立研究底層資料，再佐以現場調查驗證（外業）及數值分析（內業），推估推進工程之可挖性指標。

三、污水下水道管線檢測維修技術之建立

3.1. 前言

污水下水道建設在先進國家均視為環境品質指標之一，行政院亦將下水道普及率列為提升國家競爭力生活品質組之重要指標。截至 96 年 12 月，全國污水下水道用戶接管普及率約 17.47%，每年以 1.65% 持續成長。污水下水道興建之相關技術自 1975 年引進台灣後，迄今已二十餘載，由於以往政府對於污水下水道之政策為積極提升國內下水道之普及率，故於興建同時常忽略污水下水道之檢視及維修工作。在過去幾年中，本團隊自民國 92 年至 96 年度間，分別執行與貴署合作之下水道相關計畫，並已完成 CCTV 影像圖資資料庫建置、下水道最佳維修方案優選、建立下水道檢測維修之修繕架構及自動化管線缺失診斷系統等成果。

下水道修復工程在污水下水道系統中扮演一重要不可消去之重要環節，而早期下水道修繕作業中多數採用完全置換之方式施行，但並非所有管道皆達破壞無法使用程度，所以世界各國許多工程師皆積極投入規劃有效預防下水道損害及修繕檢測之策略，以打破傳統之消極且被動之修繕觀念(Fenner, 2000; Yang & Su, 2007)。一個完整的下水道檢測維修計劃中應包含：管道清理作業、管線結構之內外部檢測、針對管線缺失進行診斷、決定修繕方式及費用(Yang & Su, 2006)，故本研究審視國內外文獻整合出一下水道維修檢測流程架構，如圖 3-1，期望透過修繕架構之訂立有效提升維修效率。

污水管線檢視一般包括管線內部結構狀況檢視與管線外部基礎狀況檢視 (Maker, 1999)。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 (Franks, 1999)，如：裂縫、穿孔、變形、塌陷、接頭位移、表面沖蝕、滲入、阻塞、結垢等 (Water Research Centre, 1994)。圖 3-2 為英國

WRc 所提供各類管線結構缺失狀況之 CCTV 檢視影像樣本。之後，依據 WRc 污水下水道維修手冊之管線結構缺失狀況分級表，對每一管段進行結構狀況分級。結構狀況共分為五級，如圖 3-3 所示。等級 I 與 II 之結構狀況分別表示為無結構缺失與輕微結構缺失，因此一般修繕作業對於等級 I 的管段大多採不維修方式處理，等級 II 的管段則採取局部修補方式較為經濟 (Ouellette and Schrock, 1981)。圖 3-3 所示為管線結構狀況分級流程，圖中假設某一管段之缺失有裂縫及穿孔兩種形式，依據 WRc 管線結構缺失評點表該管段之總分為 175，損壞等級屬於第 5 級。

對於管線結構缺失等級 III 以上之管段，以基因演算法研擬其最佳成本效益維修方案，維修方案對每一破損管段列出其維修工法與置換管材，並於高雄及台中兩都市各選擇一污水下水道系統進行測試。圖 3-4 為台中市 9 期重劃區之污水管網系統，透過基因演算技術設定 0.5-0.8 等四種不同交配率進行最佳成本效益維修方案研擬。演算結果發現，設定不同交配率所獲得之成本效益權衡曲線相當接近（見圖 3-5 及圖 3-6），證明基因演算技術最佳化表現相當穩定。圖 3-7 與圖 3-8 分別為高雄與台中下水道系統優選方案之地理資訊展示。

營建自動化為當前之主要趨勢，利用影像處理之小波轉換（Wavelet transformation）與共生矩陣計算（computation of co-occurrence matrices）技術，分析影像之各項統計量化值，如圖 3-9 所示，以萃取管線缺失紋理特徵（Amet et al., 2000; Arivazhagan and Ganesan, 2003; Yao and Li, 2003; Hwang et al., 2005）。相關研究提出利用小波轉換配合共生矩陣計算，可有效萃取影像中的紋理特徵進行缺失偵測或分類應用（蔡榮得，1999; Latif-Amet et al., 2000; Arivazhagan and Ganesan, 2003）。經由小波轉換及共生矩陣運算後，透過機械學習模式進行影像缺失之自動化判釋，成果約可達 7 成準確率。由於目前所使用之檢視機具，將影像拍攝種種資訊一併記錄於檢視影像中，雖然方便人工檢閱之用，但卻成為自動化缺失影像辨識過

程中，產生過多雜訊導致判釋精度不佳原因之一。本年度期望透過形態影像分割技術，有效解決影像雜訊問題，以提昇整體自動化判釋之準確度。

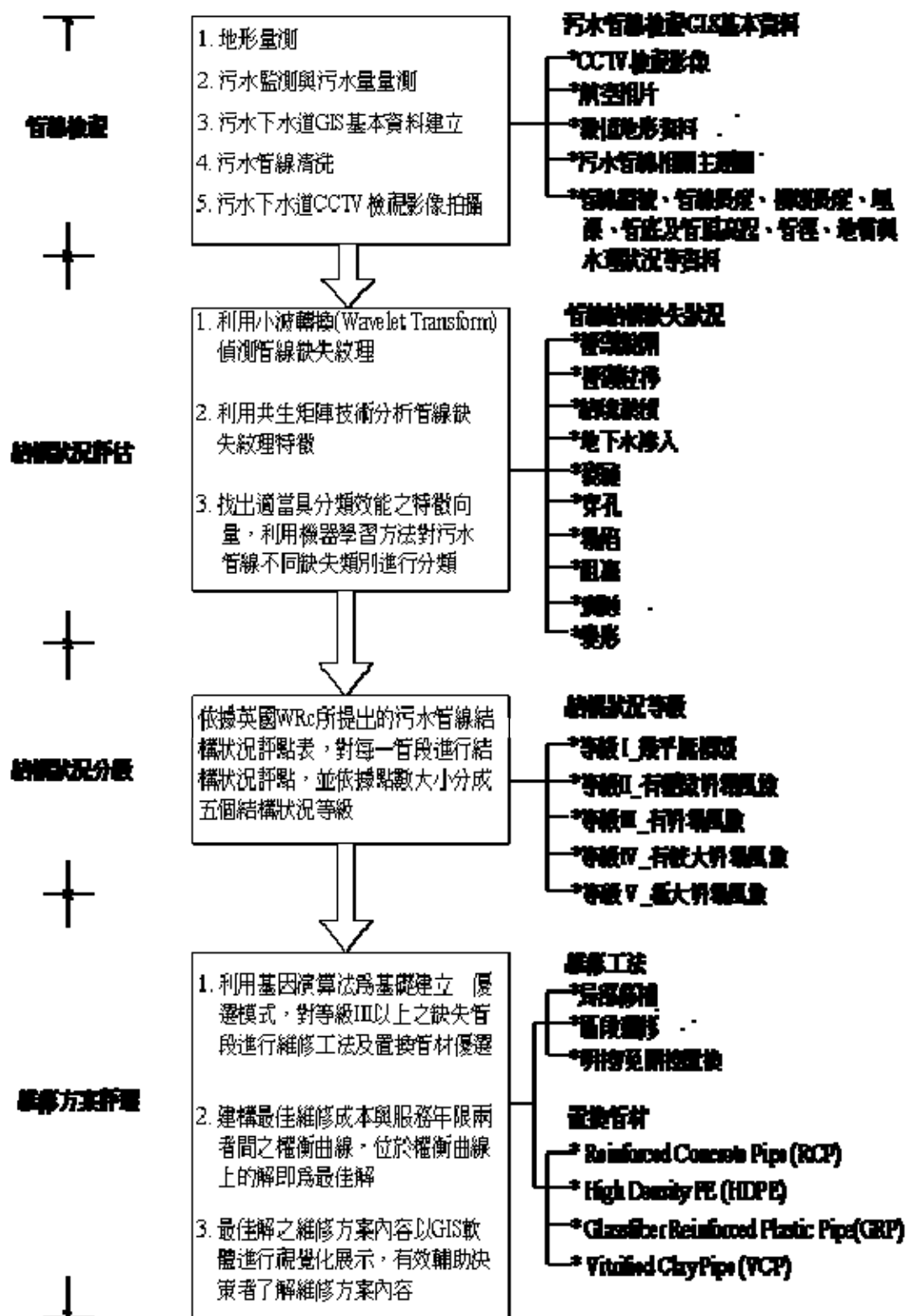
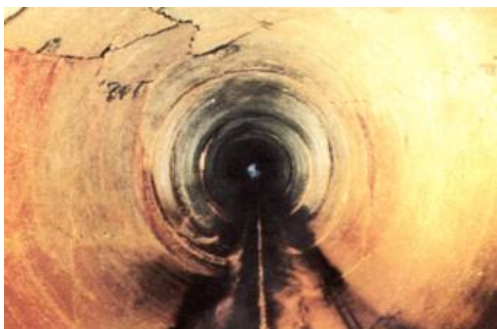


圖 3-1 污水下水道修繕流程



多重徑向裂縫



結塊淤積



穿孔



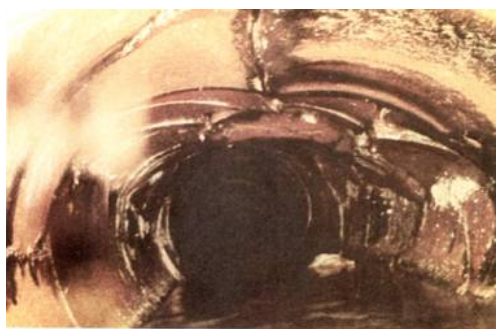
腐蝕



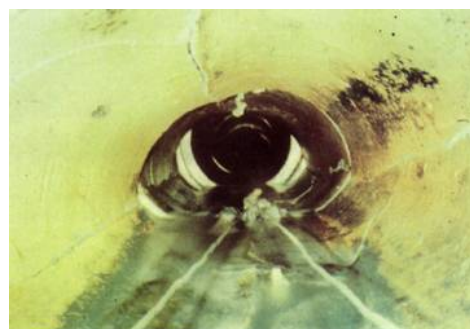
崩塌



接頭脫開



破裂



變形

圖 3-2 CCTV 檢視影像樣本

(影像來源:英國 Water Research Centre)

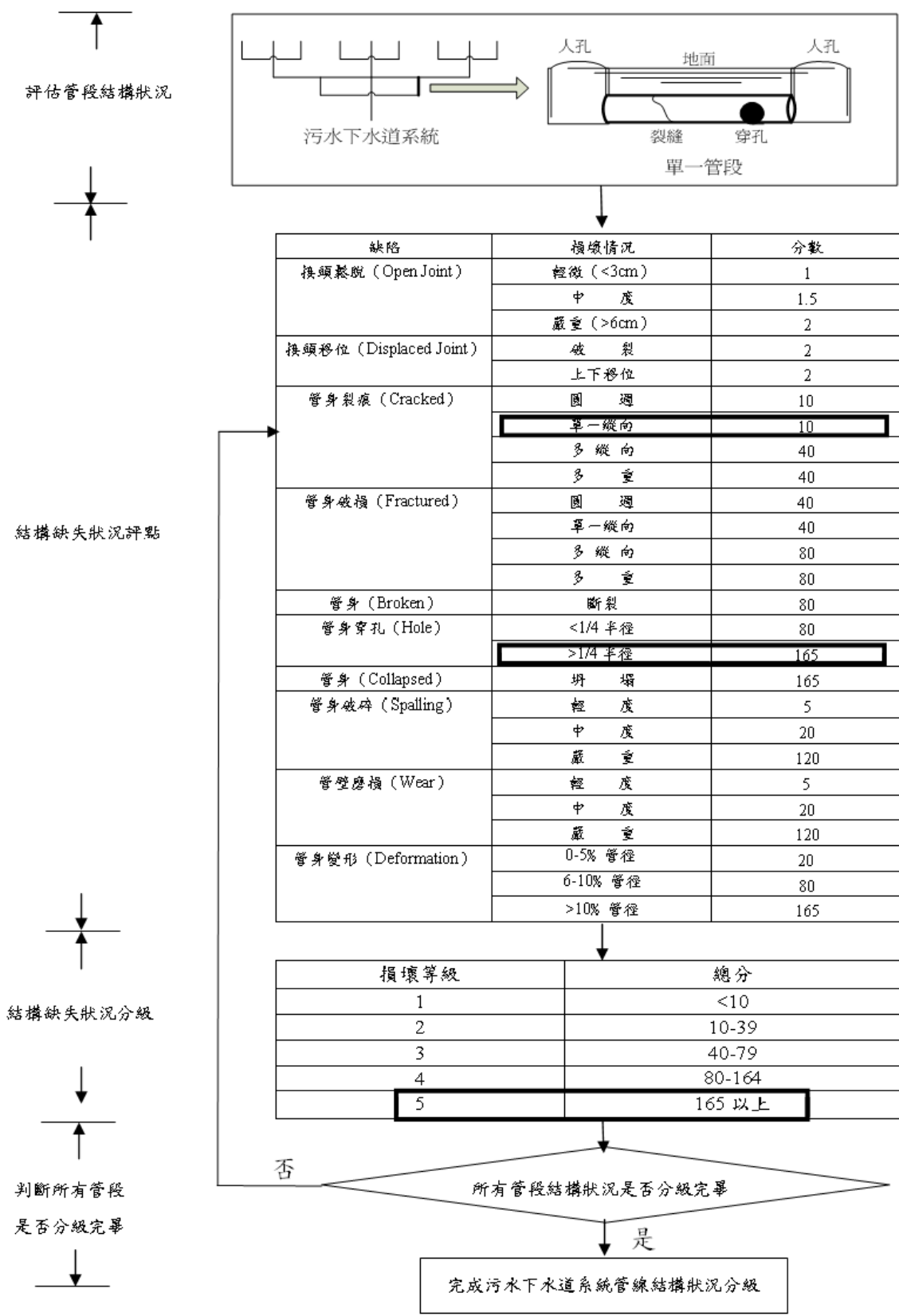
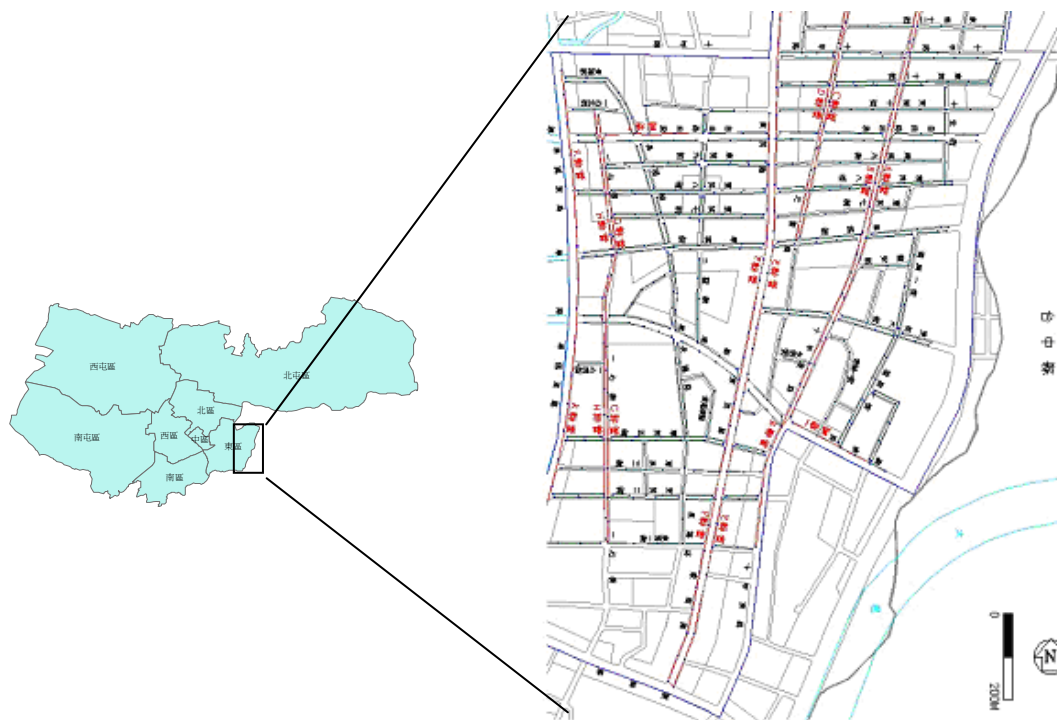
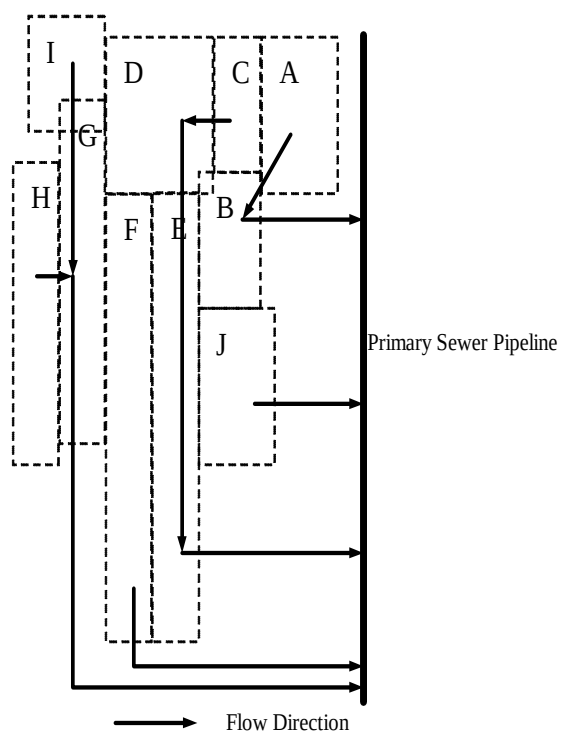


圖 3-3 污水下水道管線結構狀況分級流程圖



(a) 台中市 9 期重劃區位置



(b) 污水下水道系統 A 至 J 配置圖



(c) 污水下水道系統 G (研究區域)

圖 3-4 台中市 9 期重劃區污水下水道系統

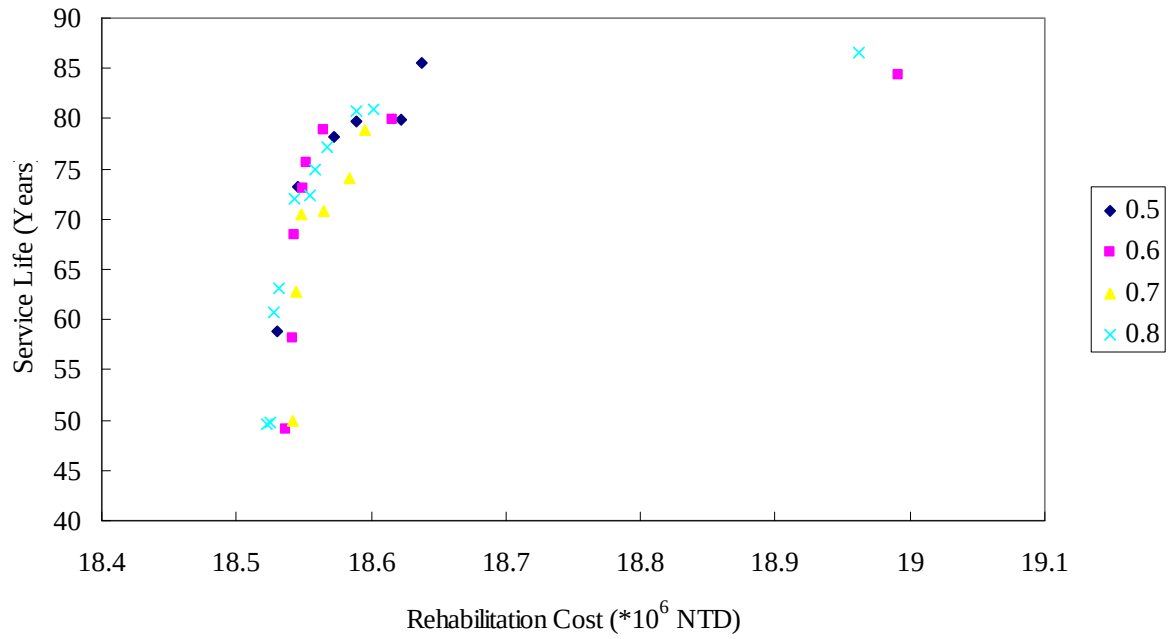


圖 3-5 基因演算法不同演算參數下之維修成本效益權衡解分析結果
(台中市 9 期重劃區)

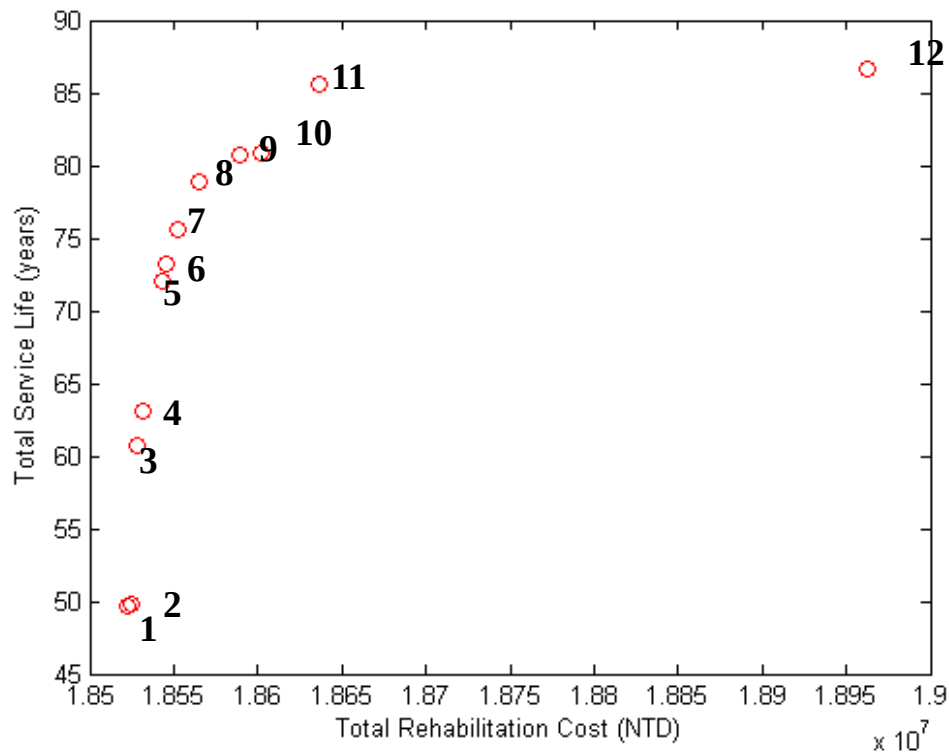
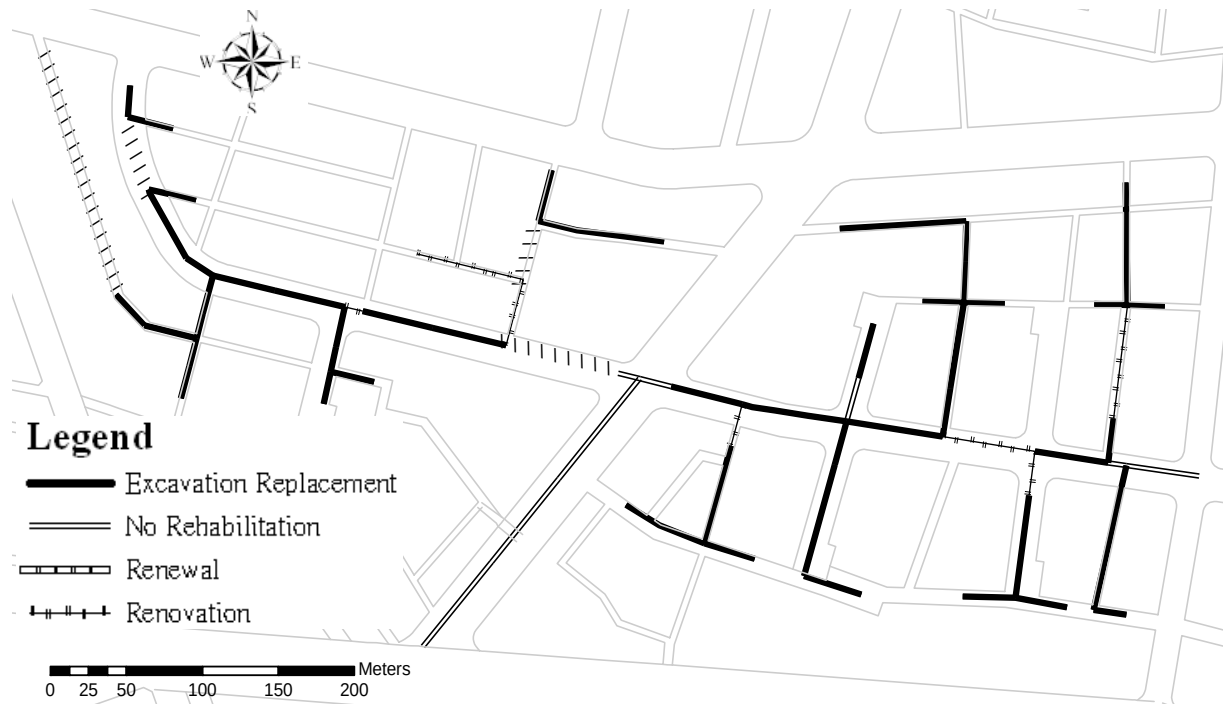
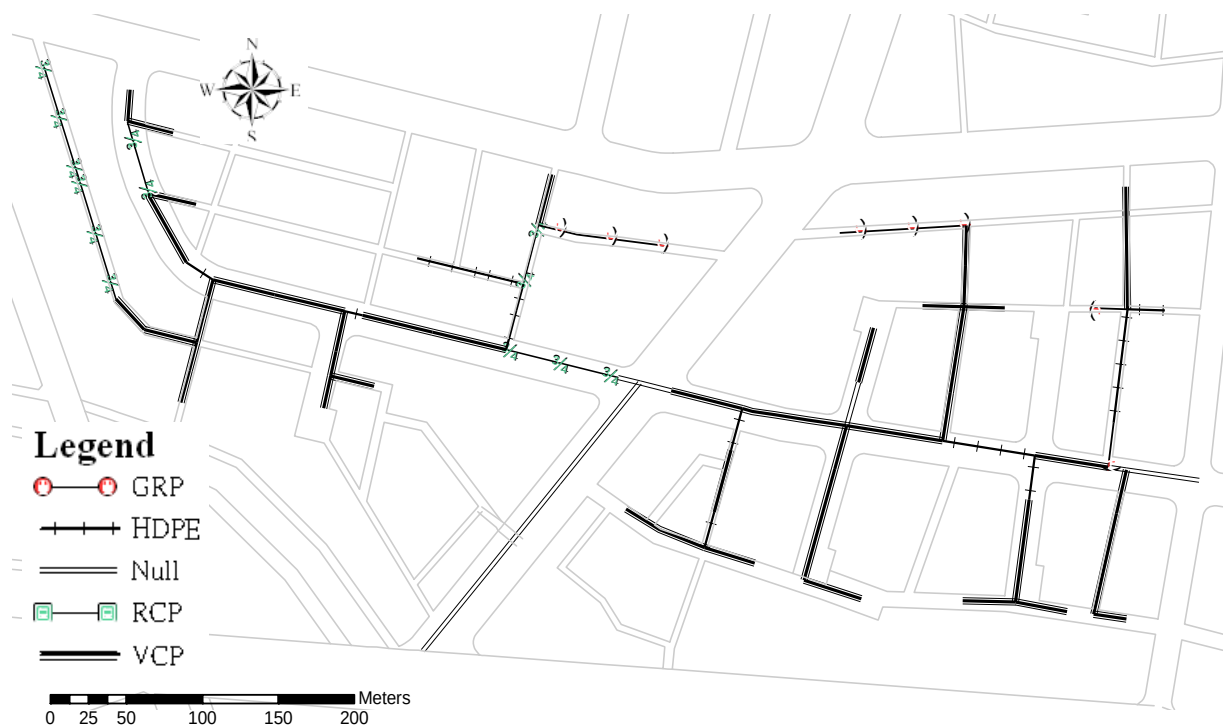


圖 3-6 最佳維修成本效益權衡曲線(台中市 9 期重劃區)

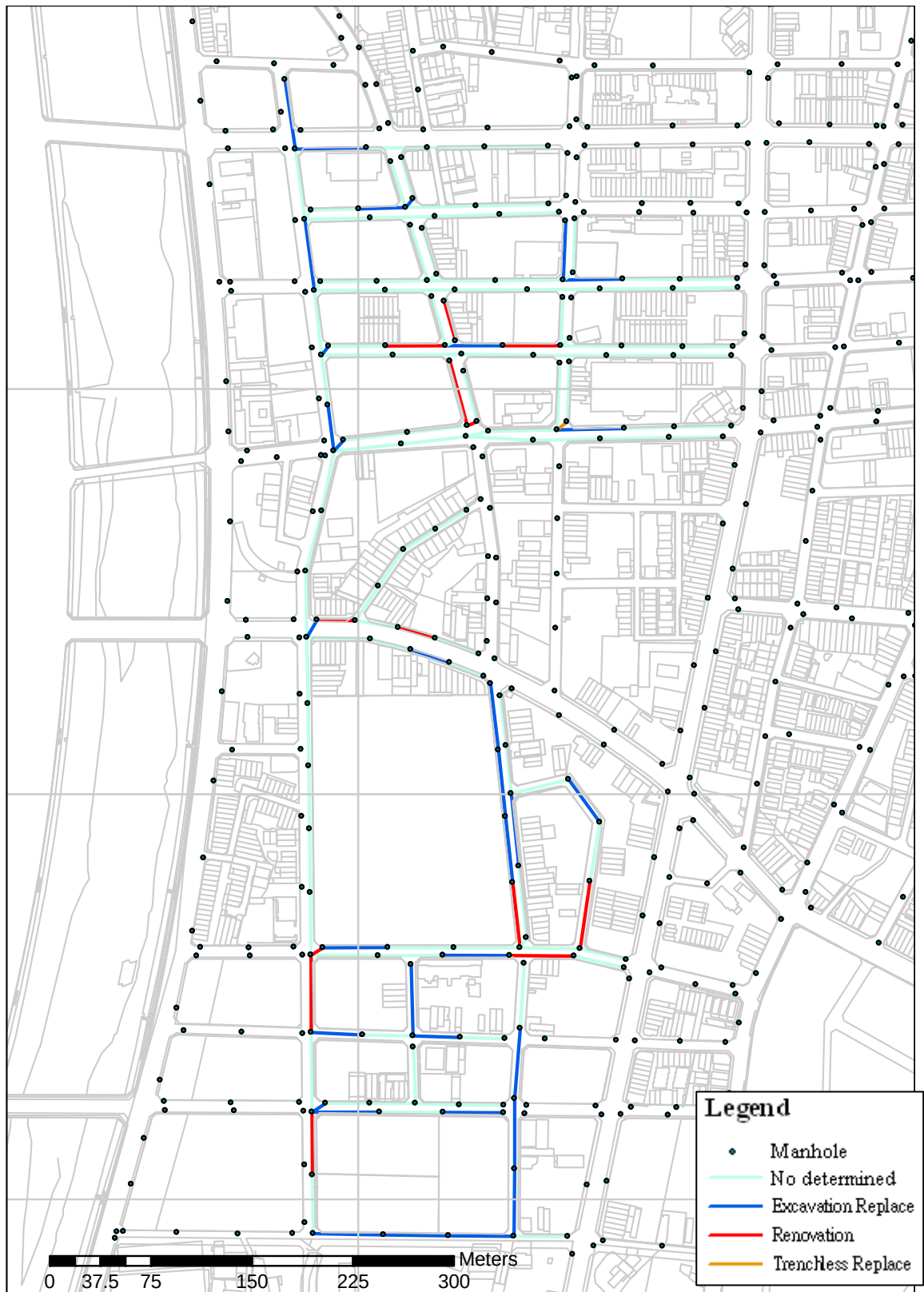


(a) 維修工法



(b) 置換管材

圖 3-7 最佳成本效益維修方案 GIS 展示(高雄市 15 期重劃區)

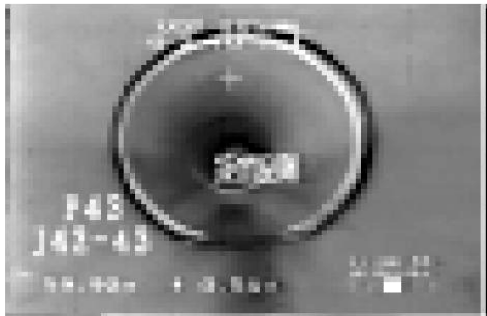


(a) 維修工法

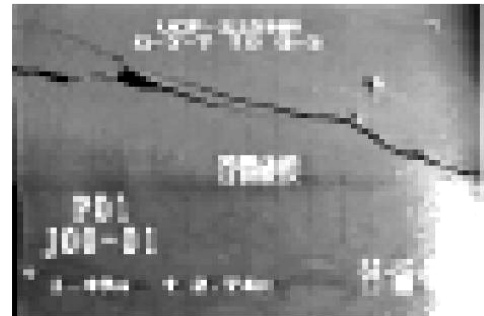


(b) 置換管材

圖 3-8 最佳成本效益維修方案 GIS 展示(台中市 9 期重劃區)



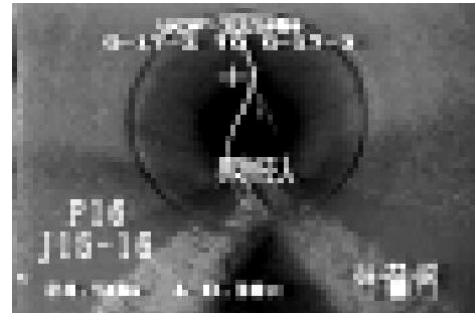
接頭脫開



管體破損



管體崩塌



樹根入侵

(a) 概似影像



接頭脫開



管體破損



管體崩塌



樹根入侵

(b) 水平方向細節影像



接頭脫開



管體破損



管體崩塌



樹根入侵

(c) 垂直方向細節影像



接頭脫開



管體破損



管體崩塌



樹根入侵

(d) 對角方向細節影像

圖 3-9 二階離散小波轉換結果

3.2. 研究目的及流程

於96年之研究報告中，本研究利用小波轉換及共生矩陣之影像處理技術進行CCTV影像特徵萃取，並透過類神經網路學系建構一自動化影像缺失判釋系統。其影像測試結果，目前其準確度約可達到7成，討論其判釋準確度不佳之主要原因之一為影像中所含文字雜訊過多，此文字雜訊為CCTV影像拍攝時，記錄影像拍攝之各項資訊。雖然此資訊有助於人工資料判讀，但卻造成影像缺失特徵萃取成果不佳，進而影響整體判釋成果。

本研究期望透過影像處理技術中的形態學原理：二元化開放操作(opening operation)及Otsu's technique建構一管線缺失影像診斷流程，如圖 3-10所示。二元化開放操作(opening operation)，其主要乃利用形態學中膨脹及收縮原理，透過各影像中各像元之膨脹與收縮，影像所含雜訊將逐漸去除而缺失部分則獲得保留，藉此將可獲得較佳之缺失範例影像。Otsu's technique則是藉由門檻值設定方式，將影像進行二元化處理。藉由所獲得之二元化處理之影像進行相關缺失形態之定義及各項量測，最後經由徑向基類神經網路之訓練，進行影像自動化判釋。

目前CCTV影像拍攝面臨許多問題，其中之一即影像拍攝光源之影響。由於其光源照射距離限制，導致其拍攝影像僅光源周圍可獲得清晰內容，而影像中心位置則由於光源照射距離限制而呈黑色(Moselhi & Shehab-Eldeen, 2000)。利用形態原理進行缺失形態切割時，此缺乏光源照射之黑色區域，將造成其缺失形態切割之困難。此外，隨著不同的缺失也會造成光源減少進而影響拍攝品質。Moselhi & Shehab-Eldeen (2000) and Shehab& Moselhi (2005)分別提出利用類神經網路系統進行下水道管線缺失分類及尋找管段滲漏之研究成果。此為影像型態分割原理首度運用於CCTV拍攝影像之研究，其型態分類結果中有一部份區域包含管線缺失，而其他部分則為一般完好管線影像，但後續並未有其他相關研究發表。所以，若欲進行影像自動化缺

失判釋前，仍需透過具有專業判斷能力之專家進行管線影像缺失辨識及診斷以作為評判之準則。

相關文獻指出，利用形態學原理建立下水道管線缺失特徵，並進行自動化下水道管線缺失診斷及判釋(Moselhi & Shehab-Eldeen, 1999; Moselhi & Shehab-Eldeen, 2000; Shehab & Moselhi, 2005)。各種形式的CCTV管線缺失影像透過形態學原理的數學運算進行分析，而形態學主要被廣泛應用於影像處理技術，如：影像平滑化、影像分類、邊緣萃取及外型分辨等 (Iyer & Sinha, 2005; Sinha & Fieguth, 2006)。目前，已有一名為SSET(Sewer Pipe Scanner and Evaluation Technology)之自動化管線缺失辨識系統(McKim & Sinha, 1999)，其主要作業流程已包含管線內部影像獲取，並經由系統分析後完成管線內部缺失辨識。此外，其整體辨識準確率可高達90%以上，且SSET系統若配合理想之CCTV缺失形態影像對於其分析品質及成果將更有利(McKim & Sinha, 1999)。

本計畫選擇台中市九期重劃區之汙水下水道系統為研究區域，該區共有系統A至J等10個下水道系統（見圖 3-4），於民國92年該區汙水下水道系統因後續用戶接管工程之需要，已辦理一次管線檢測維修計畫。於該次檢測結果中發現，汙水下水道系統G內的管線缺失類別較其他系統多樣，包括：接頭脫開、管體破損、管體崩塌、樹根入侵等四類缺失狀況，所獲得之CCTV檢視影像張數經專業技術人員辨識後，分別為107、112、16、及56幅等共291幅檢視影像。因此本計畫以系統G為例，對291幅CCTV檢視影像進行管線缺失診斷測試，圖 3-11為四類缺失之CCTV檢視影像樣本。

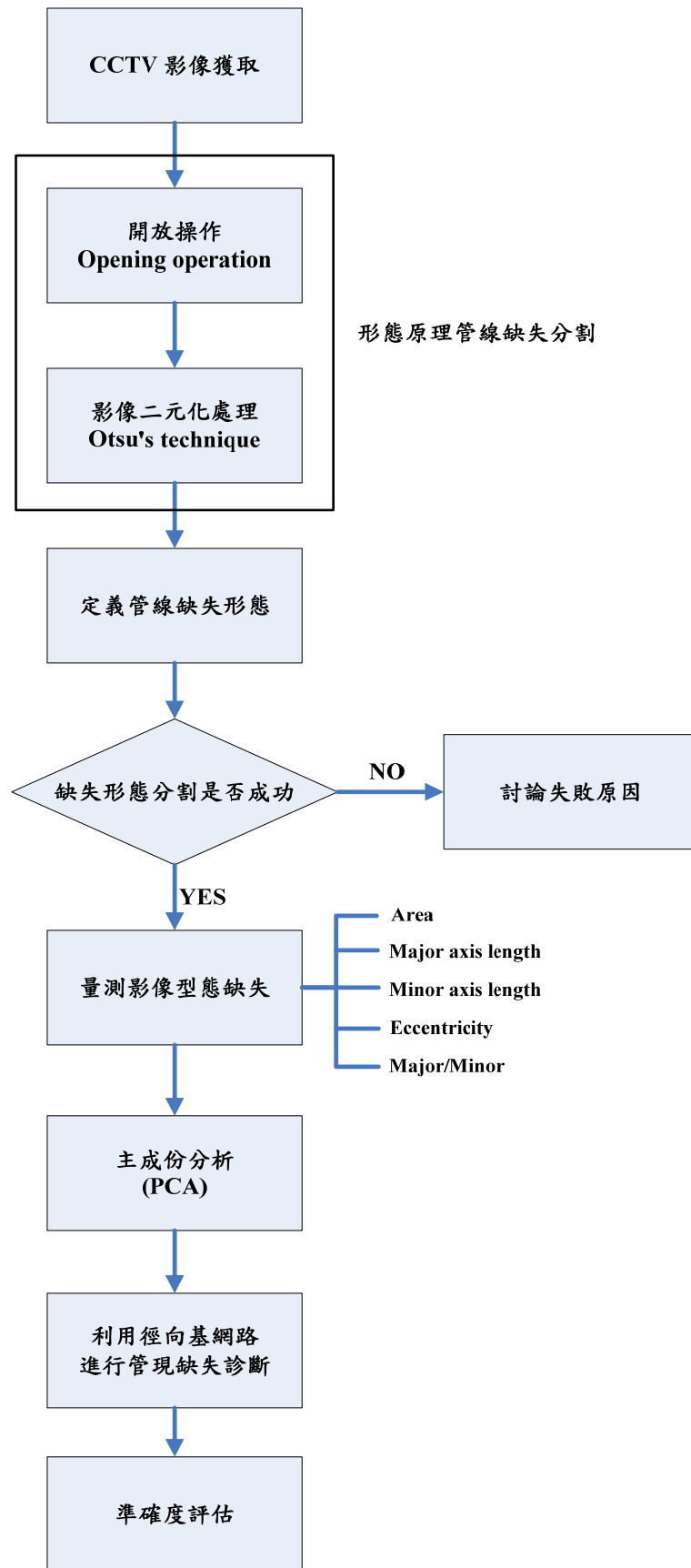
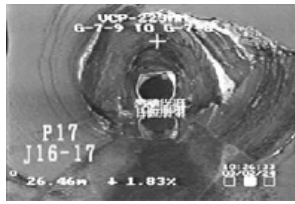
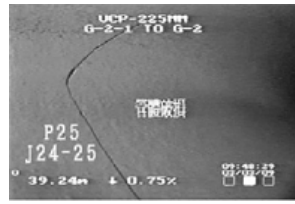


圖 3-10 形態原理應用於管線缺失診斷流程圖



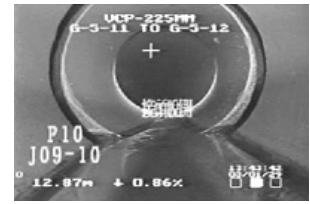
B1



C1



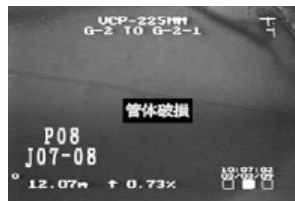
F1



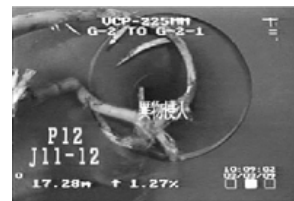
O1



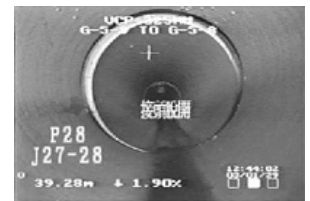
B2



C2



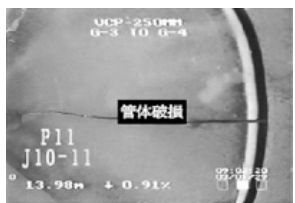
F2



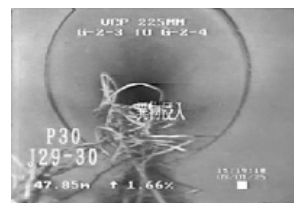
O2



B3



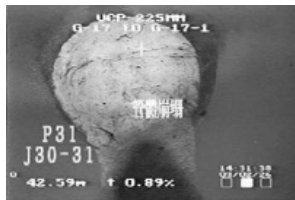
C3



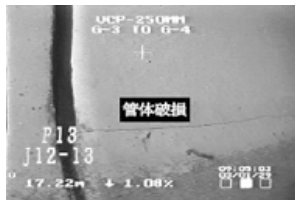
F3



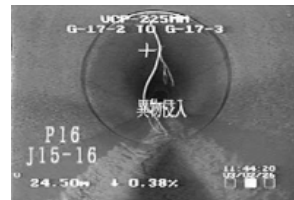
O3



B4



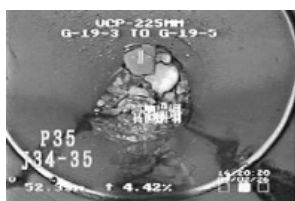
C4



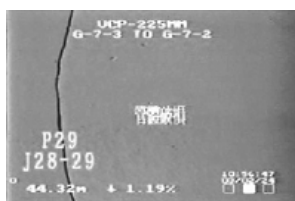
F4



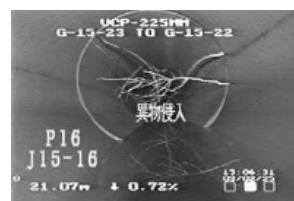
O4



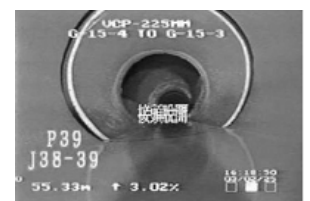
B5



C5



F5



O5

圖 3-11 台中市 9 期重劃區 CCTV 檢視影像樣本
 註：B, C, F 與 O 分別表示管體崩塌、管體破損、樹根入侵與接頭脫開

3.3. 污水下水道管線檢視模式與修繕規劃

3.3.1. 自動化管線缺失診斷方法研發

目前形態學理論對於形狀定義及原理已成功的運用於解決各式分類問題 (Moselhi & Shehab-Eldeen, 1999; Moselhi & Shehab-Eldeen, 2000; Shehab & Moselhi 2005; Sinha & Fieguth, 2006)。利用形態原理可有效從CCTV影像中分割出管線缺失之影像，其主要乃運用影像處理技術中的影像開放操作(opening operation)，其主要作用包括侵蝕(erosion)及膨脹(dilation)。此一方式為利用CCTV影像轉換為二元化灰階影像後，影像中管線缺失部分通常具有相同的結構元素之特性(Parker, 1997; Gonzalez & Woods, 2002)。而Otsu's technique則是用來找尋理想的門檻值提供作為CCTV灰階影像進行缺失型態分割之用。管線之缺失影像透過圖形切割，並透過主成分分析方式(Principal component analysis；簡稱PCA)，將缺失影像之型態特徵透過量測並量化計算後，提供作為徑相基類神經網路系統進行學習。

3.3.2. 影像開放操作(opening operation)

形態之開放操作的主要項目包括影像之侵蝕與膨脹(Dong, 1997)，透過影像中各像元之膨脹與收縮，透過影像像元平滑化處理所含雜訊將逐漸去除，而缺失部分則可透過此處理有效增揚，藉此將可獲得較佳之缺失範例影像。假設影像A和開放操作像元B為 Z^2 空間中的兩個集合，且其分別代表一灰階影像中所含之影像像元區域 $p(x, y)$ ，其公式表示為：

$$A = \{(x, y) \mid p(x, y)\} \quad (1)$$

$$B = \{(x, y) \mid (x, y) \text{ in structuring element}\} \quad (2)$$

若A集合藉由B集合膨脹，記為 $A \oplus B$ ；則A集合中所含所有像元被B集合所包覆合併，其公式表示為：

$$A \oplus B = \{a + b \mid \text{for all } a \in A \text{ and } b \in B\} \quad (3)$$

若A集合藉由B集合侵蝕，記為 $A \ominus B$ ；則A集合所含像元被B集合所扣除，其公式表示為：

$$A \ominus B = \{a \mid b + a \in A \text{ for every } b \in B\} \quad (4)$$

而影像開放操作(opening operation)之主要運算公式為：

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \quad (5)$$

此運算結果將可有效去除影像中所含區域較少之像元結構，並保留影像所含區域較大之主要內容(Sinha & Fieguth, 2006)。

3.3.3. Otsu's technique

在本文中，Otsu's technique 主要運用於如何將經由開放操作後所得之灰階影像進行二元化轉換，提供作為缺失影像形態分割之用。

Otsu's technique 為一種門檻值法之分辨系統，其理想門檻值之設定可透過持續量測灰階影像中所含各類別之最大值。其公式表示如下：

$$D(T) = \frac{P_1(T)P_2(T)[m_1(T) - m_2(T)]^2}{P_1(T)\sigma_1^2(T) + P_2(T)\sigma_2^2(T)}, \quad (6)$$

當

$$P_1(T) = \sum_{z=0}^T h(z), \quad (7)$$

$$P_2(T) = \sum_{z=T+1}^{L-1} h(z) = 1 - P_1(T), \quad (8)$$

$$m_1(T) = \frac{1}{P_1(T)} \sum_{z=0}^T zh(z), \quad (9)$$

$$m_2(T) = \frac{1}{P_2(T)} \sum_{z=T+1}^{L-1} zh(z), \quad (10)$$

$$\sigma_1(T) = \frac{1}{P_1(T)} \sum_{z=0}^T [z - m_1(T)]^2 h(z), \quad (11)$$

$$\sigma_2(T) = \frac{1}{P_2(T)} \sum_{z=T+1}^{L-1} [z - m_2(T)]^2 h(z), \quad (12)$$

Z 為一 CCTV 灰階影像所含之像元值，其範圍從 0 至 L-1，h(z) 為經由正規化後所得之 CCTV 灰階影像。藉由公式(6)之區域最大值運算，可將影像中之亮區及暗區有效分離。

透過二元化處理後，影像即成為一黑白影像，並以 0 及 1 的儲存方式表示：0 表示影像儲存為黑色；1 則代表影像儲存為白色；本研究採用之 CCTV 影像為凸顯其缺失特徵及管線輪廓，故選擇以白色紀錄。

3.3.4. 主成份分析方式(PCA)

PCA 為一種掌握主要事物之統計方式，其主要想法為減少資料的維度數，並保存原始資料的變異(Lillesand & Kiefer, 2000; Widodo et al., 2006; Polat & Güneş, 2007)。主成份分析可藉由取得少量變異資料，快速簡單獲得與原始資料間的關係及變異。此一資料壓縮技術已被廣泛應用於許多研究範圍，如：群集分析、數據回歸、資料壓縮及圖形辨識(Widodo et al., 2006)。本研究主要利用 PCA 降維分析，將原本已完成統計之五項維度資料：面積、半長軸、半短軸、偏心率及長短軸比例特徵值進行資料簡化作業，獲得具代表性之參數以加速資料處理之速度。

首先，M 為一個 $d \times d$ 斜變方矩陣，由一管線缺失 P 之原始形態特徵推估而得，且當 $x = e_i$ ($i=1, \dots, d$) 且其特徵值 $\lambda = \lambda_i$ ，則可推得其線性評估方程式為：

$$Mx = \lambda x$$

代入特徵值為 λ ，則方程式則改寫為：

$$(M - \lambda I)x = 0$$

則I為一單位矩陣，0則為一零向量，透過大範圍d個特徵值排序分類後，有K個特徵值被保留下來，K可視為一大範圍缺失管線形態特徵值域中之代表性指數，故d減K後所剩餘的特徵值中通常包含部份雜訊(Duda et al., 2001)。一般而言僅有少數的管線缺失分類特徵值可以獲得保留。因此，可得一 $d \times k$ 之A矩陣，其排列組合中由K個特徵值構成。由原始矩陣可減為K維度之次矩陣如下：

$$P^t = A^t(P - \mu)$$

3.3.5. 徑向基網路(RBN)

過去研究中，本研究已採用過倒傳遞類神經(BPN)、徑向基網路(RBN)及支持向量機三種類神經網路進行管線缺失診斷之測試。而其測試結果顯示倒傳遞類神經網路所需之運算時間花費較長且準確度較其他兩者為低。而徑向基網路及支持向量機兩種類神經網路於缺失影像判釋之判釋準確度均有不錯表現，但支持向量機中 kernel function 相關參數之設定，目前尚無系統性之方法予以決定，主要還是依賴測試時對參數進行試誤測試，以獲得最佳參數值(Seo, 2007; Yang & Su, 2007b)，故本計畫決定採用徑向基網路進行影像形態分析。

徑向基網路亦為多層網路結構，如圖 3-12所示。基本上其訓練方式與倒傳遞網路有極大差異，網路之間的鏈結權重僅存在隱藏層與輸出層間。其網路訓練分為兩個階段，第一階段為非監督式學習階段，第二階段為監督式學習階段（Zhang et al., 2005）。於非監督式學習階段，當管線缺失紋理特徵以批次的方式輸入網路後，首先對輸入資料進行群集分析（clustering analysis），獲得的群集數即為隱藏層感知器之數目。每一群集內之資料可以利用如下之徑向基模式予以描述（Hwang and Bang, 1997）：

$$G_j = \begin{cases} \exp\left\{-\frac{\|s - c_j\|^2}{2\sigma_j^2}\right\}, & j = 1, 2, \dots, n_H, \\ 1 & j = 0 \text{ (bias neuron)}, \end{cases}$$

其中， s 為每一個群集內之樣本， c_j 為群集內中心， σ_j 為群集共變異矩陣。於監督式學習階段，於隱藏層與輸出層間之鏈結權重，利用下式求解網路最佳權重值：

$$z_l = \sum_{j=0}^{n_H} G_j w_{lj}$$

換句話說，隱藏層內每一感知器會輸出其樣本徑向基模式值（ G_j ），與獲得之最佳網路鏈結權重作內積後，輸出層的每一感知器將加總其所獲得之訊號（ z_l ），最後，每幅 CCTV 影像即被判定為具有最強訊號感知器所代表的管線缺失。

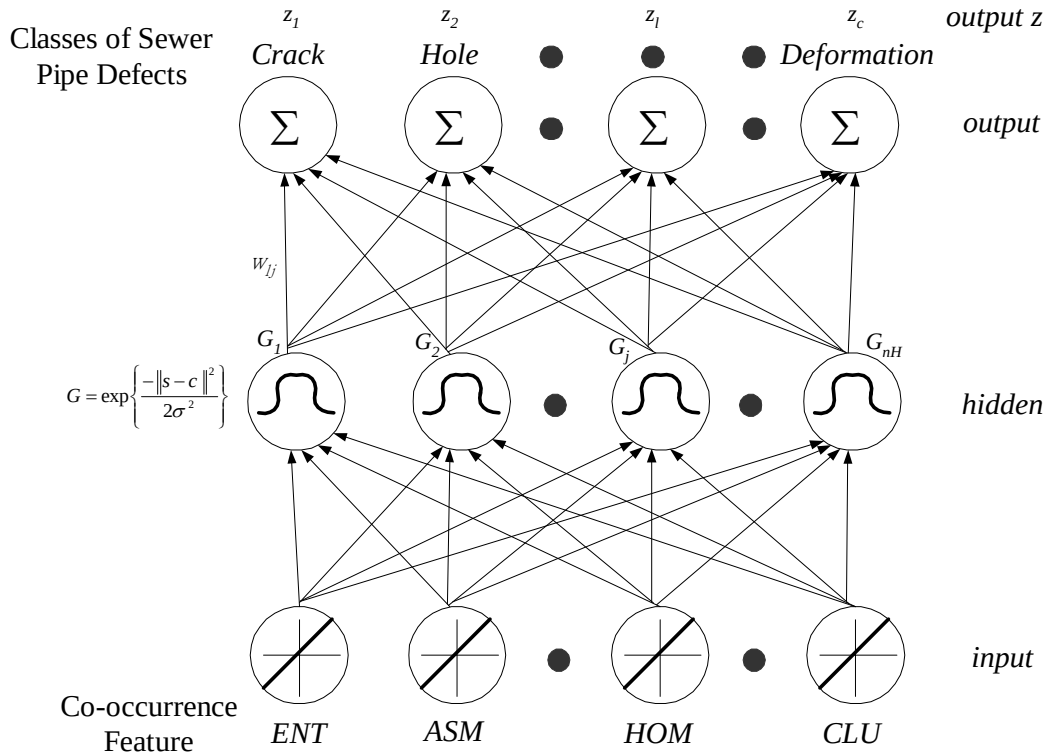


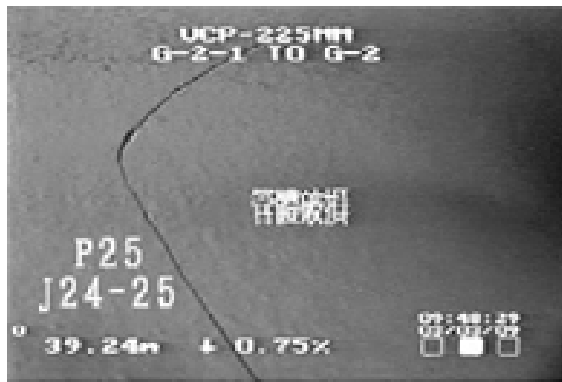
圖 3-12 徑向基網路結構

3.4. 形態學影像缺失判釋成果

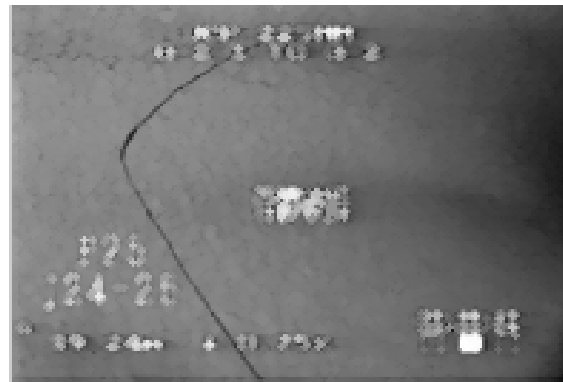
3.4.1. 影像開放操作(opening operation)

本計畫選擇台中市九期重劃區之污水下水道系統為研究區域，該區共有系統A至J等10個下水道系統（見圖3-4），於民國92年該區污水下水道系統因後續用戶接管工程之需要，已辦理一次管線檢測維修計畫。於該次檢測結果中發現，污水下水道系統G內的管線缺失類別較其他系統多樣，包括：接頭脫開、管體破損、管體崩塌、樹根入侵等四類缺失狀況。因此本計畫以系統G為例，對291幅CCTV檢視影像進行管線缺失診斷測試。

於圖 3-11中可發現CCTV灰階影像中所含之文字雜訊，此為影響自動化判釋準確率不佳之原因之一。形態學所使用之開放操作作業，不只是進行雜訊的去除，也包括進行缺失影像之平滑化處理。透過Matlab 6.5程式撰寫，使用不同半徑(r)之圓形和一不同寬度(w)但長度 $L=5$ 之矩形之圖像運算結構，並利用圖 3-11中C1影像進行影像開放操作測試。主要採用圓形及矩形結構進行影像運算之緣由，乃由於此兩種形狀為影像處理技術中最為基本及簡單之運算結構，故本研究以此兩種形狀結構進行影像測試。結果顯示隨著半徑及寬度之變大，則影像平滑化之效果越佳，此外當圓形運算結構 $r=4$ 及 $r=5$ 之影像平滑效果優於寬度 $w=4$ 及 $w=5$ 之矩形結構，圖 3-13及圖 3-14所示。但並非其半徑及寬度越大則勢必較佳，若所設定之範圍值過大，將影響原始影像內容造成影像變形(Jang and Chin, 1998)。經比較測試結果，本計劃採用圓形半徑 $r=4$ 之運算結構為影像開放操作之準則。



(a) 原始 CCTV 影像



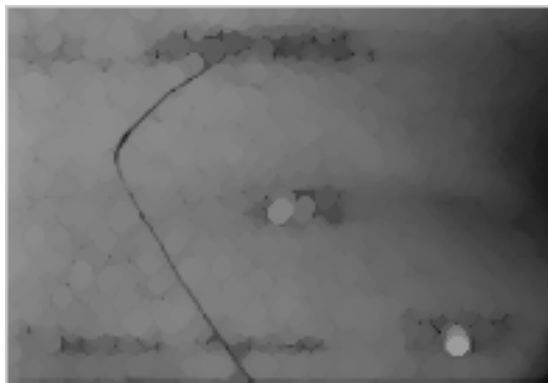
(b) $r = 1$



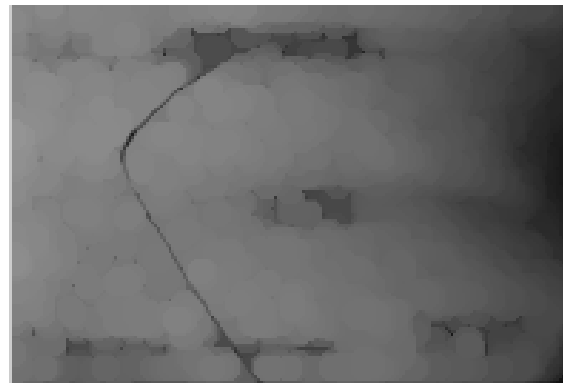
(c) $r = 2$



(d) $r = 3$

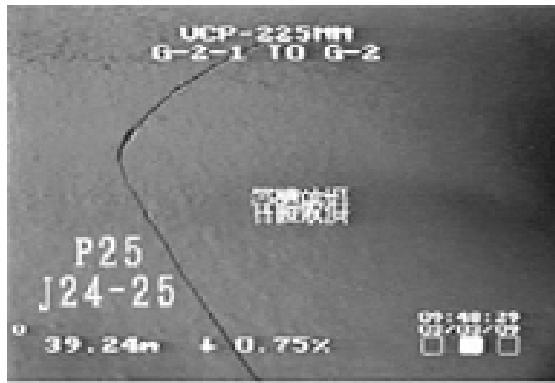


(e) $r = 4$

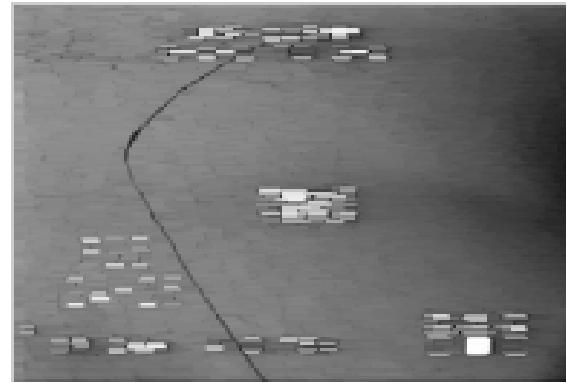


(f) $r = 5$

圖 3-13 不同半徑 r 之圓形結構進行開放操作測試結果



(a) 原始 CCTV 影像



(b) $w = 1$



(c) $w = 2$



(d) $w = 3$



(e) $w = 4$



(f) $w = 5$

圖 3-14 不同寬度 w 之矩形結構進行開放操作測試結果

3.4.2. 管線影像之形態分割

圖 3-11中顯示，管體崩塌及樹根入侵其影像相較於裂縫及接頭脫開複雜，且裂縫可輕易的分辨為管線周圍破損或長形裂縫(Water Research Centre, 1994)。接頭脫開於影像中，其形狀近似一圓形，且其與樹根入侵可藉由相機沿著管線前進拍攝直接獲取其管線缺失資訊。

在進行影像分割前，可由多數的灰階CCTV影像中發現，大多數的影像中心皆屬於灰暗區域，而其影像之四週多屬光亮。2005年時Shehab及Moselhi即提出，利用型態分割方式對樹根入侵及接頭脫開進行影像形態分割；其成果與本研究中圖 3-15所示結果相符，接頭脫開與樹根入侵經由形態分類後，其二元化影像分割結果將影像中所含缺失分類為白色區域。針對每張影像進行形態分割雖為繁複且耗時之作業，但此一步驟將有助於確認影像中之缺失區域為何。

多數的接頭脫開影像，由於其缺失多分布於影像四週光源照射充足區域，影像中心應為灰暗區域且透過形態可輕易分割缺失區域，但由於影像拍攝時受到管線內所殘餘之水體反射光源之影響，造成影像中缺失區域形態分割之困難。為有效提升管線缺失影像之型態特徵量測，本文參考圖 3-15及圖 3-16對於各種管線缺失提出一新的型態定義，裂縫之形態為影像中含有白色不規則線條；樹根入侵及接頭脫開則分別為一類似鑰匙孔之形態中，含有黑色不規則線條或其周圍產生白色之弧線；而理想之崩塌形態則為管線嚴重損害後造成管線堵塞，故其缺失形態為一白色圓圈。

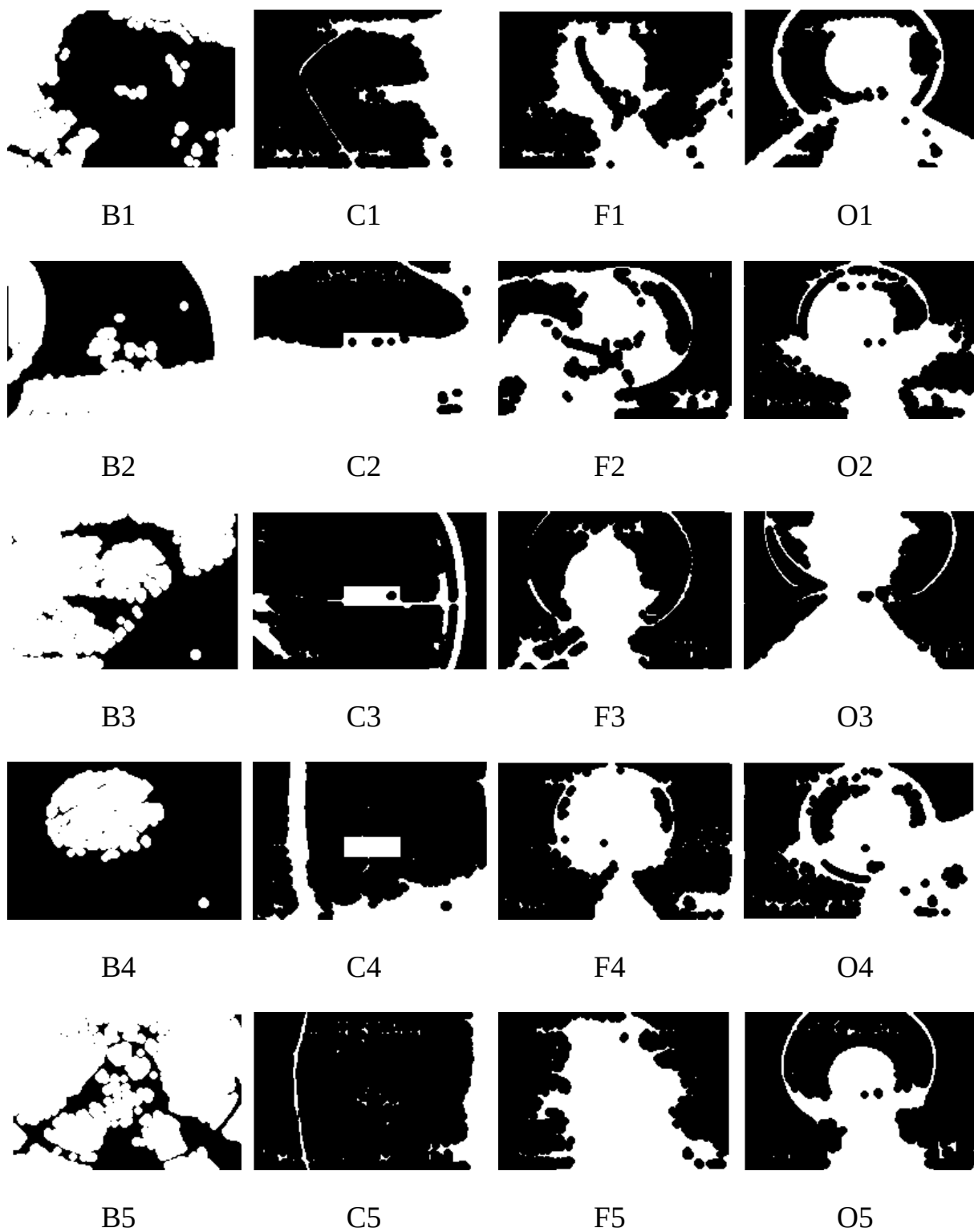
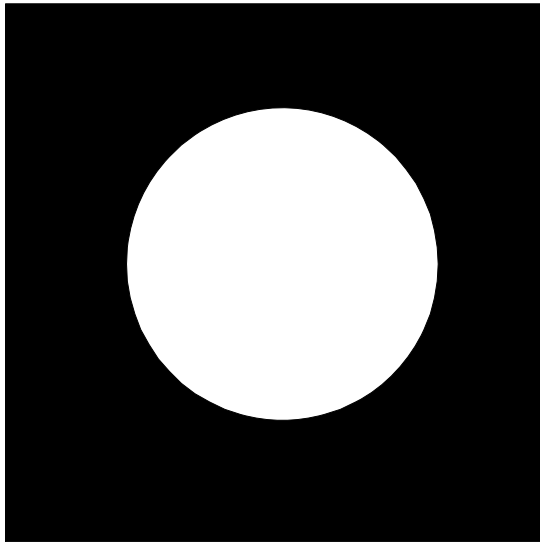
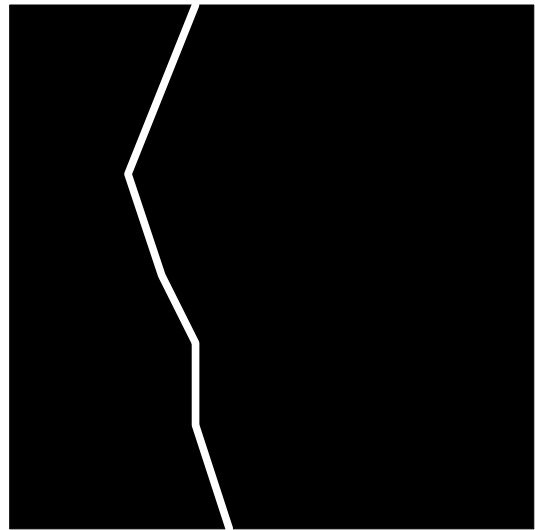


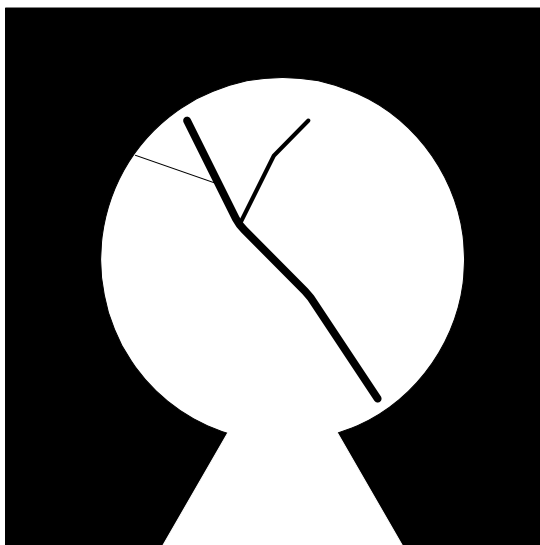
圖 3-15 二元化管線缺失影像範例



崩塌



裂縫



樹根入侵



接頭脫開

圖 3-16 理想化管線缺失影像範例

3.4.3. 影響缺失型態分割原因探討

圖 3-11 中，樹根入侵之灰影 CCTV 影像，其底部及四周區域較影像中心為亮。然而於圖 3-15 中，分割之二元化影像 F3、F4、F5 顯示影像中較細之樹根卻無法藉由有效分割其缺失形態，導致無法正確量測其形態特徵進而導致分割失敗。在圖 3-11 中，CCTV 影像缺失為管線崩塌之影像，其崩塌區域將會對於拍攝光源產生反射進而影響後續形態的分割成果。但其拍攝之光源反射若較四週之管壁光線為強，則對於管線破裂之缺失形態分割具有突顯之效果，由圖 3-15 中 B4 影像可清楚表示出。另外，比較其他三項缺失之灰階 CCTV 影像似乎亦有類似情況，其主要原因皆為影像光源之反射而影響後續分割結果。因此，由圖 3-15 之管線二元化影像成果顯示，其拍攝光源反射造成二元化影像分割成果為白色區域之區域，將會增加自動化影像缺失分類之難度。

由圖 3-11 中得知，接頭脫開之缺失會將光線反射，而裂縫則為吸收 CCTV 所投射之光線，此兩項缺失皆可藉由形態分割有效取得其缺失特徵，因此可推論此兩項缺失對於光線反射所造成之影響較小。圖 3-15 中顯示 C1 及 C5 可完整的分割出細微之裂縫缺失，但是影像 C2 其拍攝時由於影像缺失上方區域之拍攝亮度高於缺失下方，故其進行形態分割後之成果則無法有效分割其缺失特徵。總結上述關於分割失敗之緣由，主要歸納出造成影像形態分割失敗之主因有：相機拍攝姿態、光線投射方向、CCTV 影像上之文字標記、管體本身的污垢等。

在圖 3-15 中的二元化影像 B4、C5、F1 及 O5 為較具成功分割之缺失形態。在 291 張影像中，成功分割之影像總計有 62 幅，其各項缺失分別成功分割之圖幅為 5、22、2、及 33 幅分割影像，缺失分別為管體崩塌、管體破損、異物入侵、接頭脫開。由於異物入侵僅有 2 張影像成功分割，故可進行訓練之樣本相較於其他缺失仍舊不足，故本研究將此缺失剔除，以剩餘之 60 張影像進行訓練分析。由表 3-1 中可清楚

看出，於面積參數計算結果，管線崩塌及管線脫開較裂縫數值為大。而其三種缺失之偏心率範圍值分別：管體崩塌為0.6~0.8、裂縫約為0.9、接頭脫開為0.3~0.6。而其影像半長軸及半短軸之比例在管體崩塌及接頭脫開數值約介於1.0~2.0，但在管體裂縫中則較其他兩者比例數值大的多。

3.4.4. 管線缺失診斷

為了測試診斷系統準確度，本研究設計兩組實驗：實驗 I 及實驗 II 分別給予 15 及 30 個管線缺失影像，這些缺失影像乃由經形態學分割處理並成功分割其缺失特徵之 60 張缺失影像中挑選。此這兩個實驗之訓練樣本分別擁佔有 1/4 和 1/2 的人為診斷成果。台中市 9 期重劃區 G 系統影像總數為 291 幅缺失影像，經由形態分割之成功影像約有 62 幅。

從表 3-1 中，可得知管線破裂、崩塌和管線脫開比例分別為8.3%, 36.7%,和55.0%。

在實驗1(訓練影像框架)中管線破裂、崩塌和管線脫開的Assuming unequal prior probability參數分別給定1、6和8; 在實驗2中管線破裂、崩塌和管線脫開的參數(Assuming unequal prior probability)分別給定2、11、17。在各個訓練任務裡，診斷系統的準確度與效率是為一預估值(即有一個估計值)。表 3-1 中顯示原始管線偵測的形態學特徵資料被設為5維度：面積、半長軸、半短軸、偏心率、長短軸比例 (單位：像元)。在資料輸入到診斷系統之前，將5維度之資料經由PCA轉換降低至2個維度後，其仍保有降低維度前95%的資訊(見表 3-2)。

此2維度之設定為經由診斷系統分析而得，兩個實驗都獲得100.0%的準確率，而且實驗1和2對於整體的準確率分別為93.3%和95.0%。比較實驗1、2，可以得知增加樣本數並沒有顯著提高準確率，顯示給予15個缺失影像之訓練成果即可獲得9成之判釋準確率。

除了整體的準確率之外，表 3-3和表 3-4分別顯示了生產者和使用者

的準確率，生產者準確度，是指屬於某一真實參考資料的缺失類別之影像，有部份的影像被錯誤分類，而被正確分類的缺失項目之百分比；使用者準確度，此精度是指分類後的缺失類別，對應到真實參考資料時，真正為該種類別的缺失項目之百分比。這個診斷系統可以精確的區分接頭脫開之缺失，但是它只有90%的準確率。相反的對於管線破裂與崩塌其使用者的準確率皆可達到100%。由於本研究之訓練樣本數較少，所以管線破裂比崩塌更有機會被分類為接頭脫開。高於90%的準確率證明，利用形態學分辨管線缺失是可行的，對於管線缺失診斷將來的運用會有極大的幫助。

表 3-1 管線缺失形態特徵分割成果

管線缺失	Area	Major axis length	Minor axis length	Eccentricity	Major/Minor
崩塌	11025	179.3331	129.7225	0.6905	1.3824
	10662	155.0269	105.2767	0.7341	1.4726
	8934	145.9232	103.9595	0.7017	1.4037
	10941	171.1512	106.1450	0.7845	1.6124
	5379	96.3136	73.8643	0.6417	1.3039
裂縫	907	97.8161	14.2119	0.9894	6.8827
	2182	141.1859	111.7988	0.6107	1.2629
	1904	152.8344	24.5892	0.9870	6.2155
	841	155.2565	8.7959	0.9984	17.6510
	318	158.3682	11.6273	0.9973	13.6204
	83	42.6751	6.1486	0.9896	6.9406
	558	153.9083	20.6073	0.9910	7.4686
	104	99.8998	6.9348	0.9976	14.4056
	438	43.6900	17.4418	0.9169	2.5049
	202	96.3043	8.0486	0.9965	11.9654
	69	40.0425	4.7486	0.9929	8.4325
	60	39.6009	8.1370	0.9787	4.8668
	72	66.3502	4.7615	0.9974	13.9347
	206	111.1348	11.1307	0.9950	9.9845
	258	137.0497	11.2996	0.9966	12.1287
	126	75.7388	4.8499	0.9979	15.6166
	57	33.0237	2.6561	0.9968	12.4331
	325	144.7255	13.7188	0.9955	10.5494
	419	170.1375	19.9687	0.9931	8.5202
	417	138.6845	20.2706	0.9893	6.8417
	169	94.5528	5.5906	0.9983	16.9128
	83	69.8607	3.5234	0.9987	19.8276
接頭脫開	4680	165.3972	69.1441	0.9084	2.3921
	9667	130.3706	126.2636	0.2490	1.0325
	9831	130.7117	117.5811	0.4368	1.1117
	7005	109.6634	94.9257	0.5007	1.1553
	14074	163.5757	132.9916	0.5822	1.2300
	7597	151.4679	90.9738	0.7995	1.6650
	12316	167.5232	148.3640	0.4644	1.1291
	10887	147.1307	134.4684	0.4059	1.0942
	13754	172.2098	150.0235	0.4910	1.1479
	9264	148.2113	121.7512	0.5703	1.2173
	12481	163.8687	135.0470	0.5664	1.2134
	11139	147.4967	139.6121	0.3226	1.0565
	6465	110.1912	90.9229	0.5649	1.2119
	8029	128.4295	107.9100	0.5422	1.1901
	9157	138.3897	113.7347	0.5697	1.2168
	8766	129.6492	116.0195	0.4463	1.1175
	8447	140.5758	109.1084	0.6305	1.2884
	7098	128.5467	101.0536	0.6181	1.2721
	9601	154.0402	111.4404	0.6904	1.3823
	7525	151.7261	98.1155	0.7628	1.5464
	8279	140.3253	115.9082	0.5637	1.2107
	9425	139.6398	128.2848	0.3950	1.0885
	12058	174.6893	136.2170	0.6261	1.2824
	8746	136.3048	129.3318	0.3157	1.0539
	6840	154.7491	127.4175	0.5675	1.2145
	9563	141.4691	120.8469	0.5199	1.1706
	11849	154.5819	133.8950	0.4997	1.1545
	11183	174.9488	146.4154	0.5473	1.1949
	10757	177.8374	155.2148	0.4881	1.1458
	8248	163.0742	138.4349	0.5285	1.1780
	9455	149.0819	130.7129	0.4809	1.1405
	14889	167.2766	137.2068	0.5720	1.2192
	14206	148.5983	141.2652	0.3103	1.0519

表 3-2 主成份分析結果

主成份	變異數	累積變異數
1	0.875	0.875
2	0.077	0.952
3	0.025	0.977
4	0.018	0.995
5	0.005	1.000

表 3-3 徑向基網路診斷測試誤差矩陣(實驗 I)

	參考資料			
診斷資料	B	C	O	小計
B	2	0	0	2
C	0	21	0	21
O	3	1	33	37
小計	5	22	33	60
生產者準確度		使用者準確度		
B = 40.0% (2/5)		B = 100.0% (2/2)		
C = 95.5% (21/22)		C = 100.0% (21/21)		
O = 100.0% (33/33)		O = 89.2% (33/37)		
整體準確度 = 93.3%				

註：B、C、O 分別代表管體崩塌、管體破損、接頭脫開

表 3-4 徑向基網路診斷測試誤差矩陣(實驗 II)

	參考資料			
診斷資料	B	C	O	小計
B	3	0	0	3
C	0	21	0	21
O	2	1	33	36
小計	5	22	33	60
生產者準確度		使用者準確度		
B = 60.0% (3/5)		B = 100.0% (3/3)		
C = 95.5% (21/22)		C = 100.0% (21/21)		
O = 100.0% (33/33)		O = 91.7% (33/36)		
整體準確度 = 95.0%				

註：B、C、O 分別代表管體崩塌、管體破損、接頭脫開

3.4.5. 管線缺失診斷系統操作介面開發

下水道缺失診斷系統所包含的相關子程式，利用 Matlab 7.0 進行撰寫，為方便使用者執行診斷系統中的各項子程式，亦利用 Matlab GUI 進行操作介面開發。下水道缺失診斷系統將包含兩大操作模式，一為下水道缺失型態特徵擷取操作模式，另一為類神經缺失分類操作模式。今年度已完成下水道缺失型態特徵擷取操作模式，圖 3-17 下水道影像匯入為操作介面。圖 3-17 所示為將一下水道影像匯入系統中，勾選”Transfer to gray scale image”將彩色影像轉換至灰階(見圖 3-18)，以進行後續影像處理。利用影像處理技術”Open Operation”突顯管線缺失型態並將其他雜訊模糊化，如圖 3-19 灰階影像 Open Operation 處理所示。最後執行”Segmentation”，由系統自行決定最佳門檻值，將影像突顯出的部份進行擷取，圖 3-20 管線缺失擷取結果為管線缺失型態擷取結果。

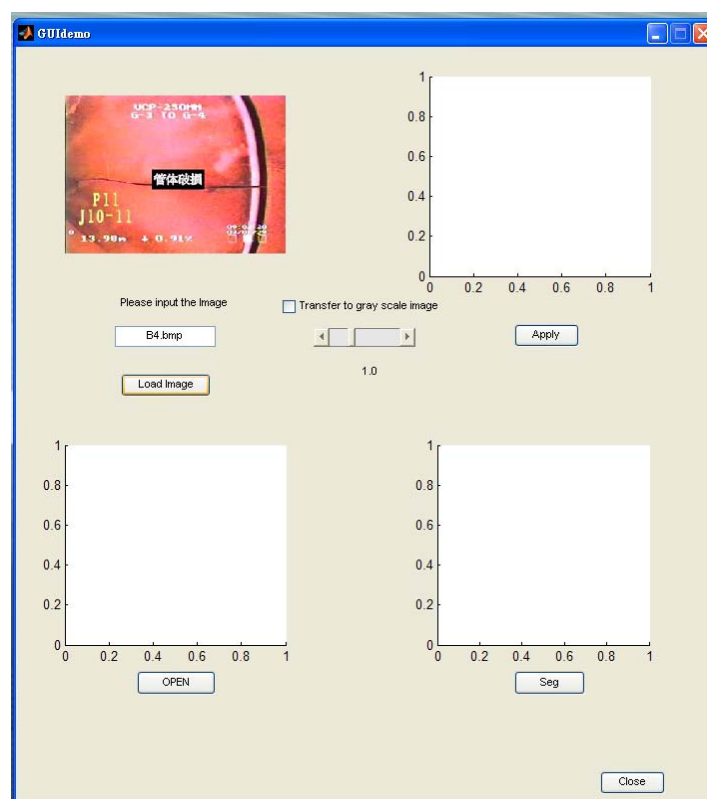


圖 3-17 下水道影像匯入

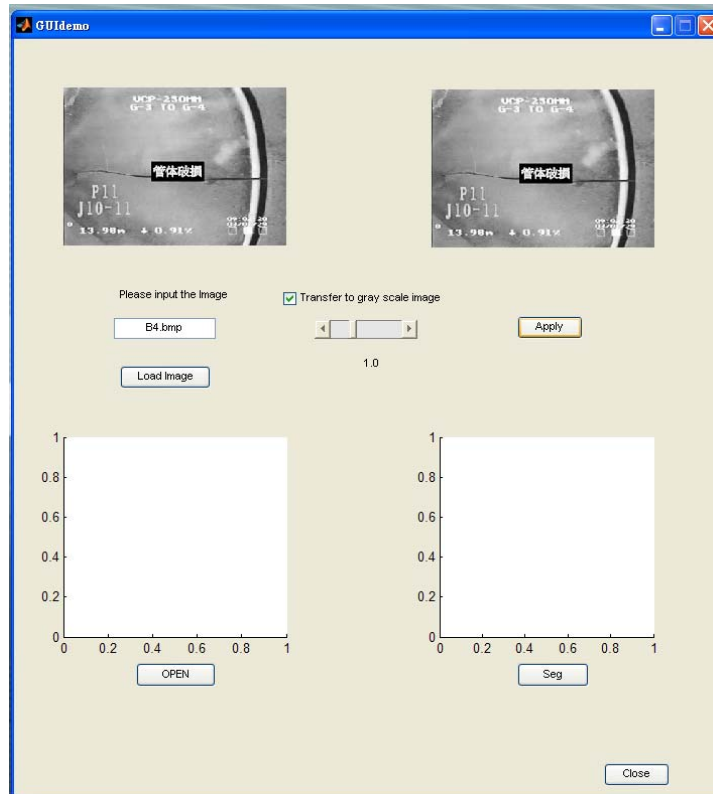


圖 3-18 影像灰階處理

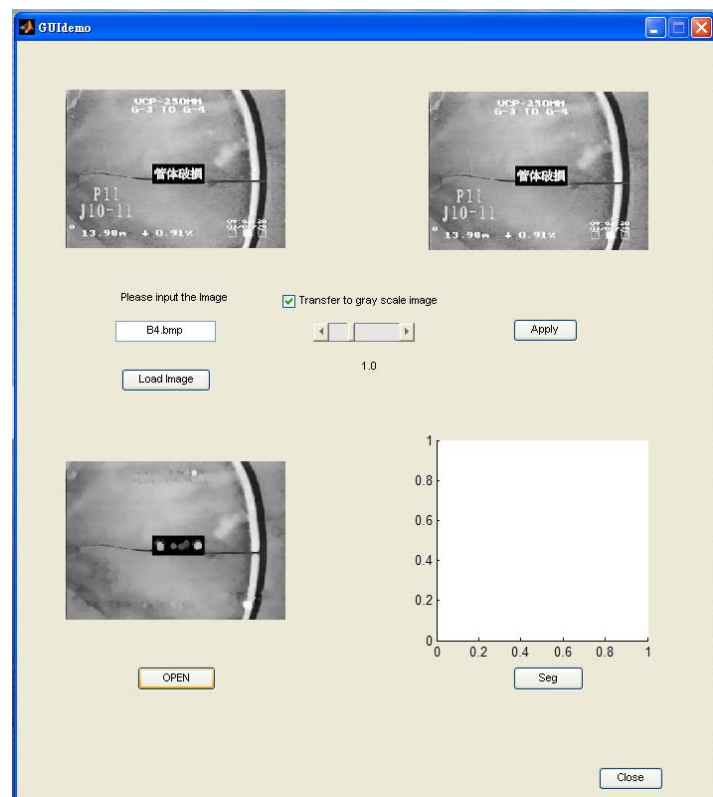


圖 3-19 灰階影像 Open Operation 處理

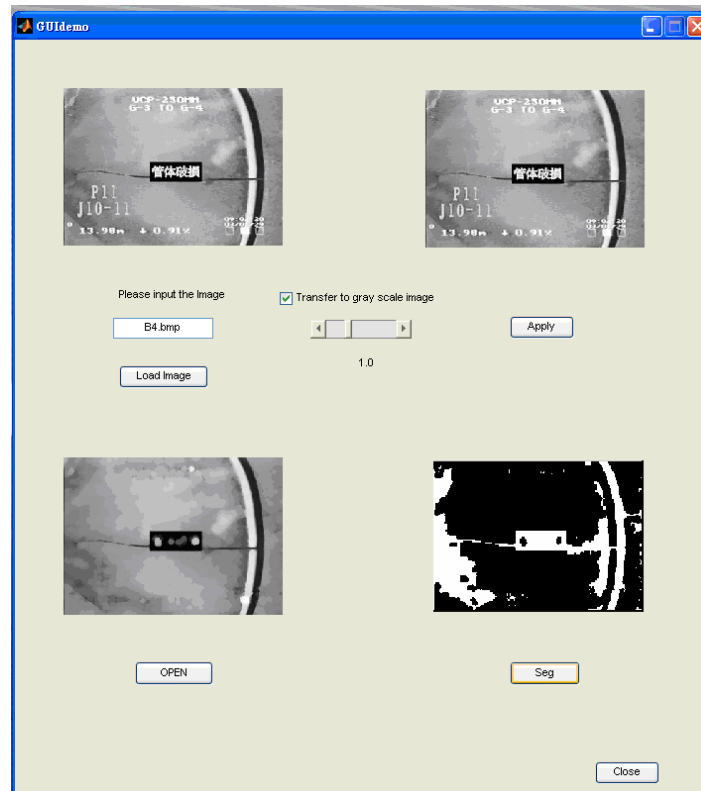


圖 3-20 管線缺失擷取結果

3.5. 污水下水道檢測及維修作業教材製作

目前污水下水道系統的普及率於台灣約僅達 20%，就普及率而言已遠不如歐美等國，國內不僅僅為系統的普及率不足，其國人對污水下水道系統之相關認知更不甚了解。而近年來由於電腦硬體及網路的普及，大量資訊可透過網路傳輸下載，更可藉由各項搜尋引擎獲得所需資料，因此藉由網路平台發展而成的線上學習概念逐漸可被大眾所接受。因此，本計劃期望透過網路平台的建置，有效推廣污水下水道系統之各項概念，藉由網頁的呈現促使使用者能快速瞭解目前下水道產業發展之近況。

本研究團隊於下水道學習平台，除基本之各項相關活動的最新消息，主要乃提供下水道相關知識學習及研究成果展示，如下圖 3-21 所示，在相關知識學習部分包括：1.下水道技術之教學 2.本研究團隊過去之研究成果整合 3.各項研究成果發表之論文展示。其技術教學內容有：下水道工程施工工法介紹、管線檢測技術及缺失評估等準則、下水道管線管材介紹及如果將影像處理技術應用於下水道管線缺失診斷。而研究成果整合部分則包含：本計劃之研究發展動機及目的、近年來研究成果展示：如最佳維修方案之優選策略、CCTV 缺失影像自動化判釋系統及其所運用之示範區域成果等。

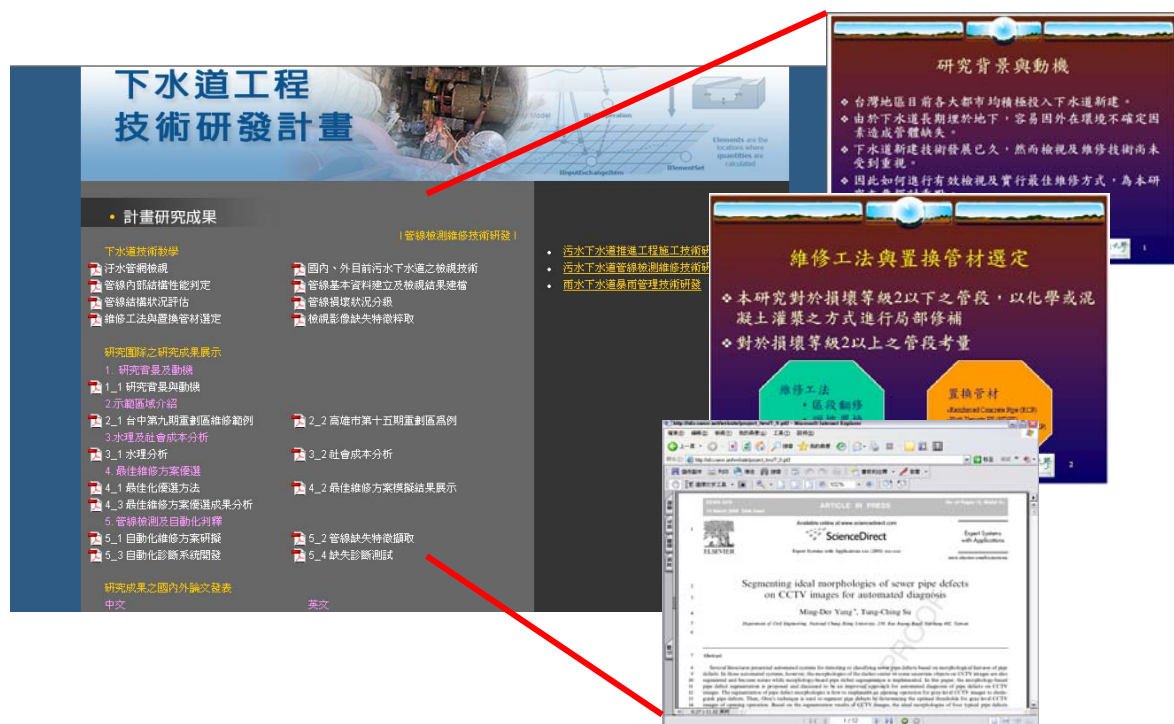


圖 3-21 下水道學習教材資源網站網頁成果展示
(http://sds.caece.net/website/tech_research.htm)

此外，下水道學習教材資源平台亦展示本團隊投稿國內外各項期刊其學術研討會之成果論文，並將持續更新相關成果及研究資料以分享給使用者最新資訊。下水道產業資訊調查成果，本團隊主要收集國內從事下水道工程之工程顧問公司及營造廠商之產業資料，此資料所包含的項目有：公司名稱、住址、通訊及各項聯絡方式、公司網頁、主要從事之工程項目及部分完工案例等，目前所收錄之廠商約有 22 家。如圖 3-22 示。調查國內下水道相關產業資料之主要目的，乃期望提供政府單位、一般民眾及國內各相關營造工程產業查詢之用，另外，本資料亦可作為營造工程公司及顧問公司尋求技術支援及合作廠商查詢依據，增進各營造相關產業間之商業互動及技術交流。國內多數的中大型營造及顧問工程公司大多有其主要網頁供人查詢，但中小型之工程營造廠商則較無此部份之資訊，故其相關資訊較不易取得，本團隊將會持續收集更多相關廠商資訊，以期此資料更具完整並發揮其技術支援及交流之價值。

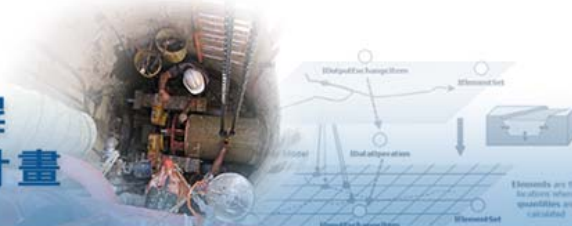
首頁 · 整體計畫介紹 · 計畫研究成果 · 教育推廣 · 資料下載 · 相關網頁連結 · 留言板  下水道工程技術研發計畫 							
計畫研究成果		！管線檢測維修技術研發！			下水道產業資料調查		
	公司名稱	住址	工程實績	聯絡電話	手機	e-mail	傳真
1	順成環保工程(有)	100台北市中正區漢口街1段132號5樓之1		02-96853205	0919-737-104	shuen.shih@msa.hinet.net	02-96853206
4	歐政環保工程有限公司	台北市新橋市四川路一段295巷13號		02-29560535	0919-673179	fan111827@yahoo.com.tw	
3	金宏昌營造有限公司	300新竹市東大路三段110號3樓7		03-6316131	0927-796777		03-6316189
4	太乙環工有限公司			02-33652742		service@tai-ecoengineering.com	
5	惠順工程股份有限公司	台北市南港區南港路三段49號4樓 萬里鄉六崙鄉六崙工業區萬興二路5號		02-27638250 (07) 3524901		resli@res.com.tw	02-27638232 (07) 351-9720
6	北崙環保股份有限公司	台北市觀音水利局		02-29602456轉 4822 02-28058691			
7	新海工程股份有限公司					ole.com@msa.hinet.net	02-22288878
8	隆久環保工程有限公司	宜蘭市松金路167號					
9	久斯(清潔)環境綠島有限公司	基隆市基金二路41號		02-2430-1011	0936-686-649	jokai00@gmail.com	02-2432-3902

圖 3-22 下水道產業資料調查表

(http://sds.caece.net/website/tech_research_2.htm)

3.6. 輔導縣市政府及廠商進行污水下水道管線檢視維修操作

3.6.1. 縣市政府及廠商輔導

國內下水道系統的全國普及率近年已攀升至 20%，但大多數比例多集中於台北及高雄兩大直轄市。近年來國人逐漸重視生活品質，故政府單位亦大力提倡下水道系統之建設。本團隊長期與台中市政府下水道課合作，期望透過實務及學術之運用，打造更符合人民居住的理想城市。本團隊經多次拜訪台中市政府下水道科，了解其於未來及目前之工程內容，其訪談內容如下表 3-5 所示。在過去幾年間，台中市政府已陸續完成各區域之下水道檢測工作，並規劃於本年度陸續進行修繕工程，本團隊希望將現有之研究成果藉由舉辦研習會等方式輔導縣市政府合作及得標廠商，以提升整體下水道工程產業技術。

表 3-5 縣市政府及廠商訪談記錄表

日期	聯絡方式/討論地點	訪談內容
5月16日	電話訪談及E-mail通訊	1. 提供計畫舉辦之「污水下水道推進工程施工與檢測維修技術」講習會相關內容資訊予台中市政府下水道科，並邀請其參與本次會議。 2. 了解台中市政府之下水道工程規劃。 敲定6/13訪談時間。
6月13日	至台中市政府下水道科訪談	與台中市政府下水道科人員葉筱萍小姐，討論投稿「第十二屆營建工程與管理學術研討會」之論文內容及簡報。 作者：楊明德、葉筱萍、黃子懷

		投稿題目：應用AHP模式進行汙水下水道系統維修排序。
6月27日	電話訪談及E-mail通訊	與台中市政府下水道科人員葉筱萍小姐，討論投稿「第十二屆營建工程與管理學術研討會」之論文內容及簡報。 作者：楊明德、葉筱萍、黃子槐 投稿題目：應用AHP模式進行汙水下水道系統維修排序
8月12日	E-mail通訊	追蹤台中市政府下水道科現有工程規劃進度，並詢問工程施工等各項規劃時間。
9月11日	至台中市福田水資源回收中心	參與台中市政府下水道科之下水道施工說明會，如下圖 3-23所示。
10月7日	電話訪談及E-mail通訊	持續追蹤台中市政府下水道工程檢測維修規劃進度，並取得本年度規劃之檢測修繕主要區域及修繕項目。如下表 3-6所示。
10月22日	至台中市政府下水道科訪談	承諾輔導CCTV影像拍攝品質鑑定。

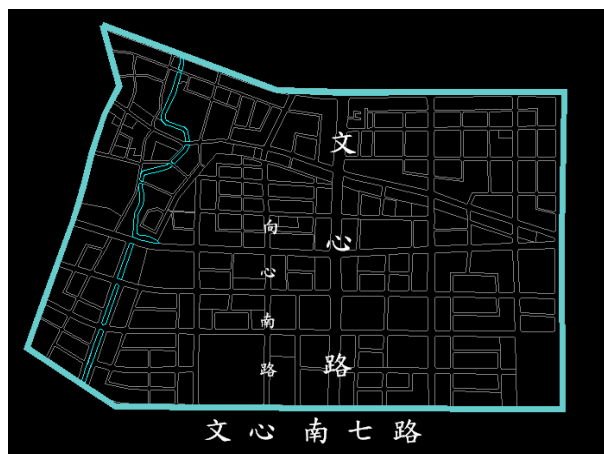


圖 3-23 參與台中市政府下水道維護修繕工程施工前說明會

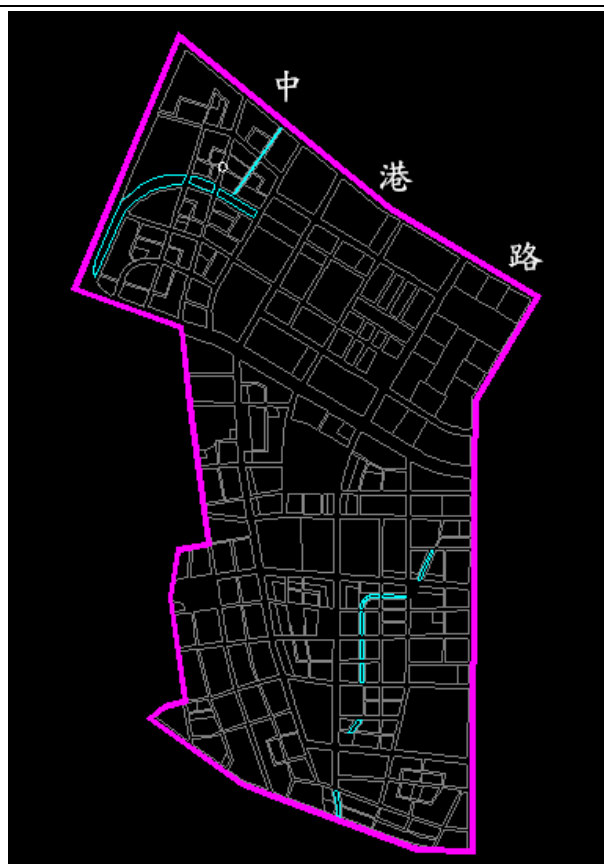
表 3-6 台中市下水道工程年度主要工作項目及施工範圍

工程範圍	施工範圍示意圖
臺中市污水下水道分支管網暨用戶接管開口契約 (30) -第一期範圍及鄰近區域	
臺中市污水下水道分支管網暨用戶接管開口契約 (31) -精誠南路、五權西路、林森路、建國北路、所圍範圍及鄰近區域	
臺中市污水下水道分支管網暨用戶接管開口契約 (32) -文心南路、建國南路、建國路、樂業路、旱溪西路、興大路、綠川及高工路所圍範圍及鄰近區域	

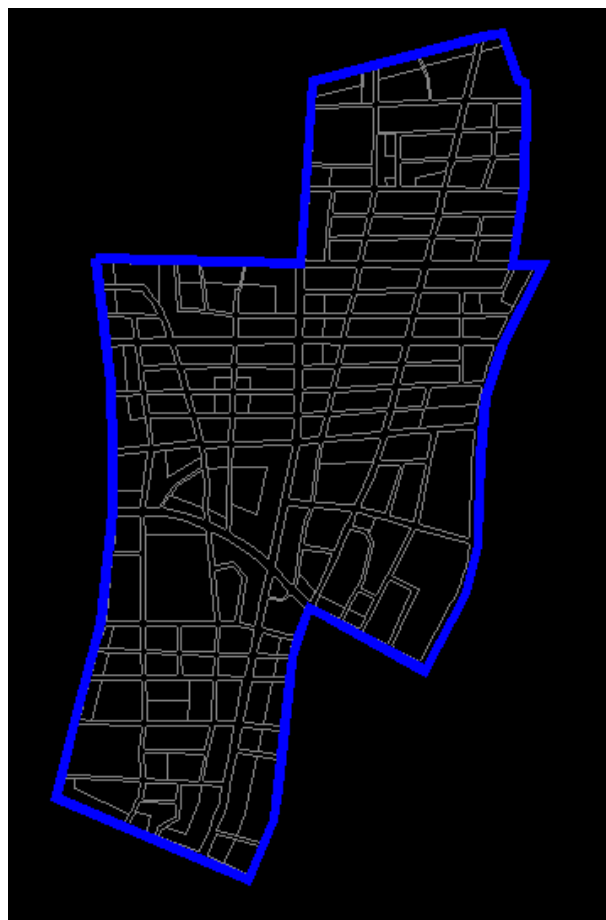
臺中市污水下水道分支管
網暨用戶接管開口契約
(33)
-五權西路以南、八期重劃
區及鄰近區域



臺中市污水下水道分支管
網暨用戶接管開口契約
(34)
-七期重劃區及鄰近區域



臺中市污水下水道分支管
網暨用戶接管開口契約
(35)
-九期重劃區及鄰近區域



台中市政府下水道科本年度規劃之主要檢測維修施工重點為：採用明挖或推進方式施工，以契約單價派工方式埋設污水下水道次幹管（ $\phi 450\text{mm}$ 以上之耐酸鹼鋼筋混凝土污水管四級管）；並于次幹管工程完成後，採用明挖方式施工，進行分支管、巷道連接管（ $\phi 200\sim 400\text{mm}$ 之耐酸鹼鋼筋混凝土污水管四級管、塑化類管或DIP管）之佈設及銜接用戶接管之工程（ $\phi 50\sim 150\text{mm}$ 塑化類管），損壞管線開挖更換等。

3.6.2. 下水道教育研習

本計劃為有效推動下水道技術發展及輔導縣市政府相關工程技術，已於97年6月26日完成「污水下水道推進工程施工與檢測維修技術」講習會，本次教育訓練內容包括以下各項：

3. 對於下水道推進工法施工流程進行績效評估，針對三項主要層

面進行探討：管理層面生產力調查、機具層面—可挖性指標研擬及、資料系統層面—資料環境、施工資料剖析及系統功能應用。透過各層面的分析模擬，完成推進施工知識庫建置。

4. 主要針對中部科學園區污水放流管線第一標案進行相關簡報，其內容除介紹相關管線所使用之管材、強度及漏水性質外，尚有各不同開挖工法所需進行之檢測及防水措施。並介紹不同管材之接合方式及完工後之TV檢視作業應如何進行。
5. 中部科學園區台中基地污水放流管線第四標之報告主要內容著重於該標工程所面臨之施工問題及問題排除方法。
6. 中部科學園區台中園區放流管線之報告內容為該標案施行推進施工工法之概況，並介紹相關推進機具之規格及其開挖後機具之鑽頭破壞情況。

除辦理室內講習課程外，本次研習更安排有戶外現地參訪行程，使參加人員除了聽取現地簡報外，更可實際到達現場觀看施工情況。讓學員更能深刻體會下水道工程進行推進鑽探及襯砌等各項工程運作之流程。

四、雨水下水道暴雨管理技術之建立

4.1. 前言

下水道系統為現代化都市基礎建設之一環，台灣地區主要都市於第二次世界大戰前建有局部的明溝排水系統，以排除雨水為主要目的。近來由於都市化造成人口過度集中於都市，土地利用的情形大幅度地改變。一般而言人口成長、道路面積、住宅開發之擴大、森林與農地之減少以及土地利用等地文因子之改變，均會造成集水區入滲量減少，逕流係數增加，導致逕流量增大。加上地球暖化全球氣溫上升，海面溫度亦隨之提高，平均海水面亦逐年升高。海面溫度高，形成颱風之機率亦相對地增加，此等颱風皆夾帶大量的水汽，造成強度極高之降雨。此外，部分地區因土地開發而改變原來設計之排水系統，加上氣候條件的變遷與都市化導致環境的改變，抽水站突發情況發生或超過抽水站之設計容量，遇到颱風期間暴雨來襲，都市內水積淹的情況極易發生。由於這種種的因素使得原先設計之都市雨水下水道系統，當暴雨來襲時可能無法順利將暴雨排除造成淹水，導致居民的財產損失。當雨水下水道系統之容量不足以承受流入雨水下水道系統之逕流量，則發生溢流之情況，造成都市地區發生漫地流，則雨水下水道系統為失效(fail)。Schilling 等人（1989）的研究指出對於都市地區雨水下水道實施即時控制（Real-Time Control, RTC），能有效提升下水道之效能，在緊急時刻進行最佳化操作，使得雨水下水道系統在最佳化操作之下，免於發生溢流或使其溢流情況降到最低。

國外下水道系統完成時間很早，因此對於下水道即時控制之相關研究不少，早期研究包括將研究區域加以理想化或簡化，並假設系統的輸出輸入為線性關係，如 Neugebauer 等人（1991）以數學模型簡

化下水道即時控制系統，將此即時控制問題轉成一最佳化問題。且由於此控制系統的目標函數為線性，故可以線性規劃法求解此一簡化之系統。Nelen (1993)，假想一個理想的網路系統，分析降雨量的時間序列，模擬降雨事件，作用於此假想之網路系統，以出流體積作為控制變數，控制與操作此一網路系統，得知即時控制 RTC 運用於雨水下水道系統的潛能。Linaza 等人 (2002) 研究指出，當異常暴雨事件發生時，下水道系統的效能通常並未充分發揮，因此為了能在雨水下水道系統失效的臨界狀況，透過即時控制能更有效的發揮下水道的效能。

目前國內關於雨水下水道最佳化操作的相關研究報告非常少見，有鑑於都市在暴雨期間是否發生內水積淹，雨水下道扮演著重要的角色，除了受限於雨水下水道本身的設計容量外，暴雨量的大小、暴雨時期外水水位（河川水位）和抽水機的運轉是否正常均會影響內水積淹發生的嚴重程度。

有鑑於此，本團隊與內政部營建署共同發展雨水下水道系統最佳化操作技術及模擬系統，於「下水道自動化管理技術研究」計畫的第一期已於民國九十二年十二月執行完成（郭振泰，2003），第二期也於民國九十三年十二月執行完成，主要是建立了雨水下水道系統最佳化操作模擬系統的雛形（prototype），即為 RTCFT(real-time control feasibility tool)。該研究第三期基於未來持續研究發展與推廣，將 RTCFT 做階段性的全盤檢討，以物件導向（object-oriented）和樣式導向（pattern-oriented）的軟體工程技術（Gamma et al, 1995; Buschmann et al., 1996; Schmidt et al., 2002; Völter et al., 2005），擴充及改寫 RTCFT 成一個以輔助分析設計模擬為導向之軟體，提供更具有親和力的使用者介面，讓一般工程師使用之雨水下水道模擬系統（Storm Sewer Simulation System，簡稱 S4）。第四期則為 S4 之功能擴充及使用者操作介面改善，包含操作介面之改善、渠道斷面圖形化管理及編輯輔助工具之發展。最後則對 S4 持續做系統的維護及多項

功能的更新，並建立使用者社群，以獲得使用者之回饋，進一步提升程式執行的穩定性。

由於 S4 系統主要功能為輔助雨水下水道水理模擬分析及最佳化操作，且受限於單機限制和並未連結資料庫以存取模擬資料，對於都市地區於暴雨來臨時，目前尚無系統可於線上即時提供決策支援及防災預警。

以台北市而言，台北市雨水下水道以五年迴歸期暴雨（一組固定暴雨雨型）進行規劃設計，對於雨水下水道操作運轉與支援決策，無法動態地從即時觀測降雨量運算其雨水下水道人孔水位及管路流量，以作為颱風事件即時操作與防洪預警之依據。再者，經由實地訪談台北市政府相關作業人員得知，此種操作運轉問題，『都市水文模式整合』（例由結合都市降雨逕流與雨水下水道模式）與『雨水下水道即時水理模擬技術』，對於解決雨水下水道即時操作與支援決策具有關鍵性之影響。最後，對於操作人員與決策者而言，若能將即時監測之雨量水位資料、相對應之即時下水道水理模擬結果與空間資訊加以整合，應能更有效達到即時操作與支援決策之目的。

因此，本團隊擬開發都市雨水下水道資訊系統(Urban Sewer Information System，簡稱 USIS)，以軟體技術角度出發，結合上述『都市水文模式整合技術』、『雨水下水道即時水理模擬技術』、『即時雨量水位資料查詢技術』與『Web GIS 空間資訊展示技術』，達到暴雨時期下水道即時操作與支援決策。由於現地問題仍過於複雜，本研究乃著重於相關關鍵技術研發以及各項重要軟體技術之整合方法，實作出 **USIS 系統雛型**以作後續應用，並可作**即時模擬相關研發與整合技術之推廣**，USIS 系統雛形可作為後續防洪作業相關人員**教育訓練與研究使用**。

USIS 系統主要以 3 年為期完成，並以監測資料較為健全之台北市為研究案例，進行 USIS 系統測試。96 年度為計劃第一期，96 年度已完成台北市第一到第四分區之抽水站及區域排水系統相關文獻之

回顧，以及至北高兩市政府進行相關業務之訪談，找出其實際需求，初步分析整合系統架構與元件框架設計、溝通介面及泛用型別設計、運算策略分析等；97 年度(本年度)為第二期，主要工作為使用物件導向方式進行 USIS 系統需求分析與設計，以及系統相關技術之研發，包含雨量水位資料查詢子系統、Web GIS 子系統、水理模擬子系統，以及使用者介面之初步實作；98 年度為最後一期，工作重點為將各項技術加以整合至完成 USIS 系統之實作與實際案例分析，系統開發完成將推廣至台北市實際應用與測試。

關於都市暴雨防災相關宣導推廣工作，本團隊將以都市暴雨防災為主軸，於 97 年度及 98 年度將陸續完成。另外，本年度另一項工作重點為以各抽水站為實際案例，進行規劃、設計及操作等合理性之分析探討，並完成實際案例之建立，最後再針對先進的雨水下水道工程技術及工法(可實質改善都市淹水的問題)進行相關文獻回顧，以供縣市政府改善都市淹水問題之參考。

後續章節將進一步說明本年度之主要工作成果，包含都市暴雨模擬分析整合系統之規劃、抽水站設計及合理性分析檢討以及都市暴雨防災相關宣導推廣工作。

都市暴雨模擬分析整合系統之規劃工作於本年度之具體成果，包含都市雨水下水道系統之介紹、USIS 系統分析與設計、資料庫建置方法與研發雨量水位資料查詢子系統、WebGIS 子系統開發及運作流程、水理模擬子系統之開發，最後為目前 USIS 系統初步成果展示。

抽水站設計及合理性分析檢討之工作成果，主為分為設計兩型推估、抽水站系統現況介紹、抽水站系統水理模擬以及雨水下水道工程技術之回顧。

4.2. 都市暴雨模擬分析整合系統之規劃(II)

運用 96 年度針對都市暴雨模擬分析整合系統所規劃評估之成果，本團隊研擬開發都市雨水下水道資訊系統(USIS)，並進行都市水理模式整合及完成即時模擬技術之研發。此外，也將系統之相關子系統建置完成(如雨量水位查詢、Web GIS)，增加其使用者之親和性，並進行相關系統之實際案例建立，以擴大其實用效益。因此，本節將針對本團隊擬開發之都市雨水下水道資訊系統於其相關研發新技術與子系統之建置方式作介紹。

4.2.1. 都市雨水下水道資訊系統(USIS)

4.2.1.1. 台北市雨水下水道現況概述

台北市目前將其排水系統分為四個分區，而本團隊也於 96 年度完成台北市之抽水站及區域排水系統相關文獻之回顧(請參考附錄一)，包括詳細之規劃與設計檢視。此外，今年度也完成中港抽水站系統之參訪(請參考附錄二)，以了解實地操作現況。台北市雨水下水道系統分為以下四個區域：

- 第一分區：台北市排水系統之第一分區，在行政區包括中正區、中山區、大同區、萬華區、大安區、士林區等區域，排水系統涵蓋新生抽水站系統(含建國南路東、西側幹線、林森抽水站系統、民生抽水站系統、長安抽水站系統、長春民權錦州抽水站系統)，承德路幹線，圓山大龍抽水站系統，貴陽抽水站系統，成都閘門系統，六館抽水站系統，迪化抽水站系統，大直抽水站系統，忠孝抽水站系統等。
- 第二分區：台北市排水系統之第二分區，在行政區包括中正區、萬華區、松山區、大安區等區域，集水區位置主要介於

基隆路、新生大排間至基隆河側，及羅斯福路、愛國西路和新店溪、淡水河間，總集水面積約 2,327 公頃。目前區內並無天然河溪穿越和山區逕流匯入，故主要以市區排流為主，區內現況雨水下水道概分為 8 個抽水站分區

- 第三分區：台北市第三排水分區，主要是包括台北市以北的北投區與士林區。北投區之排水系統涵蓋關渡抽水站系統、大業抽水站系統、百齡抽水站系統、知行抽水站系統、東華抽水站系統、奇岩抽水站系統、大業路東側和磺港溪間排水系統、磺港溪沿岸及山區截流溝系統、磺港溪支流系統、磺溪支流系統。士林區之排水系統則涵蓋劍潭抽水站系統、士林抽水站系統、福德抽水站系統、社子抽水站系統、文昌抽水站系統、芝山抽水站系統、福林抽水站系統(含蘭雅溪壓力涵箱系統)、社子島排水系統、士林區迪化抽水站系統、故宮排水系統。
- 第四分區：台北市規劃興建雨水下水道幹、支線總長 540 公里，截至民國 96 年 12 月底已完成 519.8 公里，完成率達 96.26%。第四分區包括文山區、內湖區、南港區、信義區、松山區、中山區等範圍，這些地區經都市計畫發展造成土地利用變遷等因素，使排水系統之需求及設施功能均大幅改變。因此台北市政府乃陸續於民國 75 年及 88 年間辦理木柵、景美及松山、南港、內湖區之系統檢討改善計畫。

目前台北市乃是以一組固定雨型作為雨水下水道容量設計之用，由於要模擬整個台北市排水系統區域的水理狀況，包含範圍較大，模擬運算時需要耗費相當大的時間，而無法達到即時防洪預警之功效。對於防災支援決策而言，動態地從即時觀測降雨量直接當成模式輸入，模擬預報水位及流量對颱風事件之預警是極為重要的資訊，因此目前台北市於颱風事件來臨時，要進行下水道即時模擬和預測有

其困難之處。台北市為了達到防洪預警和決策支援之目的，目前設置相關之監測站，隨時掌握雨水下水道之即時水理狀況，以因應當颱風事件發生時，可以根據即時下水道水位的監測資料，再以經驗判斷是否會有可能發生淹水現象，而事先操作閘門及抽水機，以防止淹水狀況發生。監測站目前運作中的即時監測資料概況如下：

- 雨量計：台北市政府自行設置 33 站雨量站，目前以無線傳輸方式傳送資料，時距 10min 一筆資料。另外也旁收氣象局雨量站（台北市地區）即時監測資料。雷達方面，目前有五分山即時雷達資料，希望未來能預留彈性讓 QPESUMS 的即時資料也能接收進來（1km*1km,10min 一筆，1hr 雨量預報）。
- 水位計：市政府於這幾年積極設置下水道人孔水位監測計，目前共 123 處，全部以 GPRS 傳輸方式將即時監測資料連續傳回來，目前已陸續累積了 2~3 年的歷史觀測資料，在監測時距方面亦可由遠端來控制，平時控制 10 min 傳回一筆監測資料，而防汛期則調整至約 1 min 傳回一筆監測資料。
- 流量計：流量計 1 處，因為目前全世界流量觀測技術都還在發展階段，流量計即時監測資料只是參考用途。
- CCTV 影像共 4 處，沒有紅外線功能因此只能於白天使用，可透過遠端操作鏡頭遠近及方向。

雖然經由監測站作即時的觀測，再作事先的現場防洪操作模擬，可以解決洪災發生，但終究還是得依賴人工以經驗方式來作決策，以決定是否要開啟抽水機、關閉閘門等操作，經驗傳承並不容易，加上監測資料有限(如水位計有限)，所以必須依靠水理模式模擬以克服此問題。有鑑於此，台北市希望未來有一系統可以提供支援決策和防洪預警功能，並將以即時模擬之技術，縮短運算模擬時間，即時預測未來下水道水位，以使預警時間可以延長，並減低災害損失。

經由與台北市政府相關人員訪談以及上述的問題探討之後，將空間資訊氣象水文資料及雨水下水道即時水理模擬技術整合，對於現況問題具有極大的關鍵性，但要將即時的觀測雨量做為水理模擬模式之輸入以進行即時預報模擬，其預報結果之準確度仍然與很多因素相關，其中可能包括下水道系統與地表淹水的交互行為，最重要的也包括輸入邊界條件的準確度，在下游情形較為單純，可由觀測河川水位或抽水機之操作做為下游邊界條件，但上游邊界條件則較多不確定性，主要是需要透過一個水文模式將降雨量轉換成集水區出流歷線，做為人孔入流量邊界條件。目前沒有標準的次集水區畫分，因此現行情況只把每個雨量站最接近的人孔做為其對應的匯流點，這部份對於未來預報模擬的準確度也有很大的影響。

有鑑於此，本團隊擬開發都市雨水下水道資訊系統(USIS)以協助台北市完成都市防災預警及提供即時線上模擬服務，USIS系統將有以下功能：

- 資料分析查詢：由於要模擬整個台北市區的水理狀況，需要用到許多相關之資料，包含歷史和即時觀測降雨量、歷史和即時下水道水位觀測資料、歷史河川水位資料，GIS相關圖層資料等。另外，還有預測降雨資料和各項模擬完畢之預測水理資料，都將納入其系統資料庫，加以整合應用。
- 空間資訊展示：為使模擬結果，可以清楚以空間方式展示於系統上，將使用GIS Map之功能，包括人孔及管線分佈，以及地理資料圖層，並將各項水理資訊放至GIS圖層上，可讓使用者清楚得知哪些人孔，將有溢流狀況發生，並可直接由GIS圖上得知各管線和人孔之詳細資料。
- 防洪預警：為達到防洪預警的功效，將利用即時模擬和分散式運算之技術，加速及減短運算模擬時間，以爭取預警時間，而模擬結果也會即時展現於系統上。當有颱風來臨時，即可

於線上系統作查詢功能以得知預測水理狀況，而系統也將列出警戒地點，供長官、工程師、操作人員甚至到一般民眾都可以事先預防洪水來臨所造成之災害。

- 輔助分析設計：系統將以其模擬核心，另外再獨立出一雨水下水道線上作業模擬功能，可輔助工程師等，經由網際網路於線上作雨水下水道之模擬分析和設計，擺脫單機使用的限制。

4.2.1.2. USIS 系統需求分析與架構

在上一小節(4.2.1.1 現況概述)已有提到對於台北市的現況需求，本團隊則將針對上述之需求，將 USIS 系統大略分為三層式架構，其架構如圖 4-1 所示。每一層透過網際網路溝通訊息。第一層為系統資料庫底層，此層是做為存取資料和整合其他資料庫之用；第二層為模擬分析層(水理模擬子系統)，主要是做為都市暴雨即時模擬分析之計算服務，包括了一連串都市水文歷程模擬(降雨逕流、下水道水理模擬、地表淹水模擬、河川水理模擬等)；第三層為互動與展示層，使用者可利用此層之使用者介面與系統互動，並可以作模擬分析結果之展示和歷史水文資訊之查詢。USIS 系統框架中除了主要之三層式架構，此外還包含 Web GIS 子系統和雨量水位資料查詢子系統，這兩個子系統將在底層運作，並與資料庫作資料交換，最後將與使用者介面整合以展示結果。

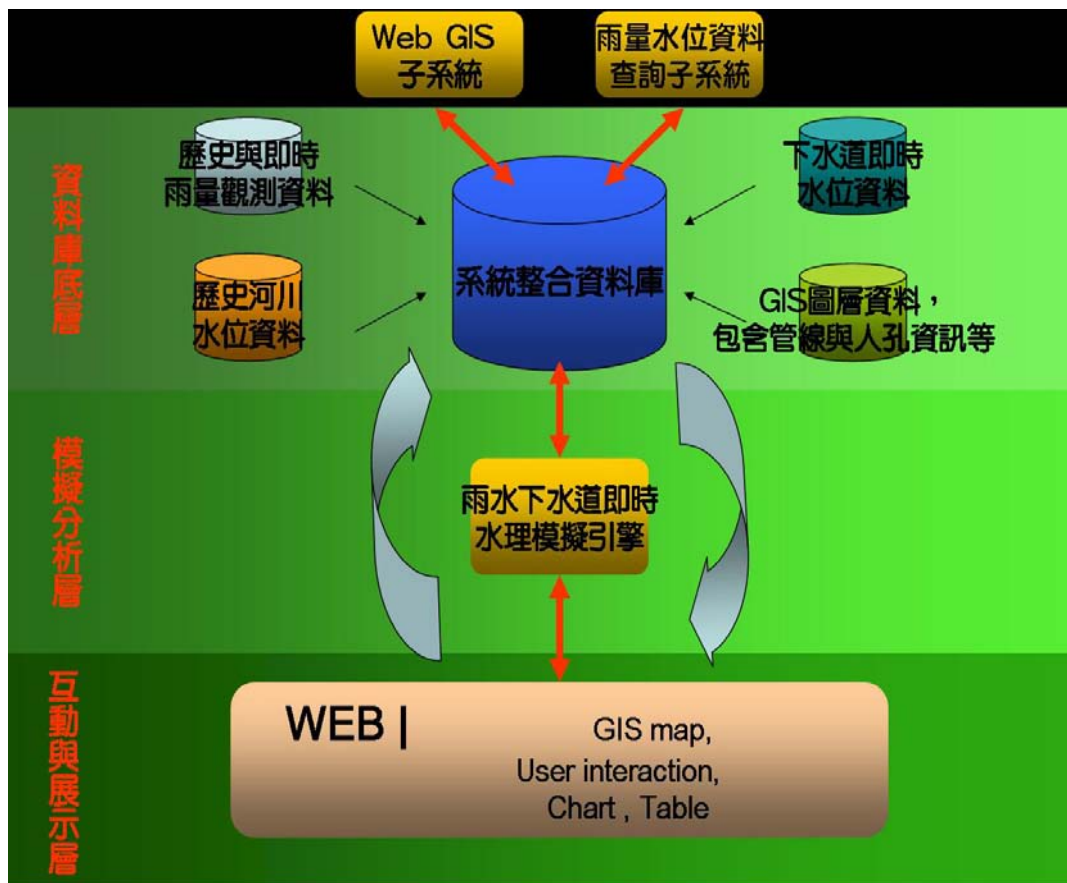


圖 4-1 USIS 系統結合資料庫與即時水理模擬

USIS 系統根據其架構，本團隊將依 97 和 98 年度來進行研發，其研發重點如圖 4-2 所示。97 年度主要研發重點為系統需求分析與設計，進而經由分析文件，開發雨量水位資料查詢子系統、Web GIS 子系統以及水理模擬子系統以及初步使用者介面實作。其中雨量水位資料查詢子系統開發工作包含整合資料建置(I)，而水理模擬子系統開發工作包含即時水理模擬技術、都市水文模式整合技術。98 年度主要研發重點為整合資料庫建置(II)，並完成各子系統及相關技術之整合，最後則為 USIS 系統實作及測試。

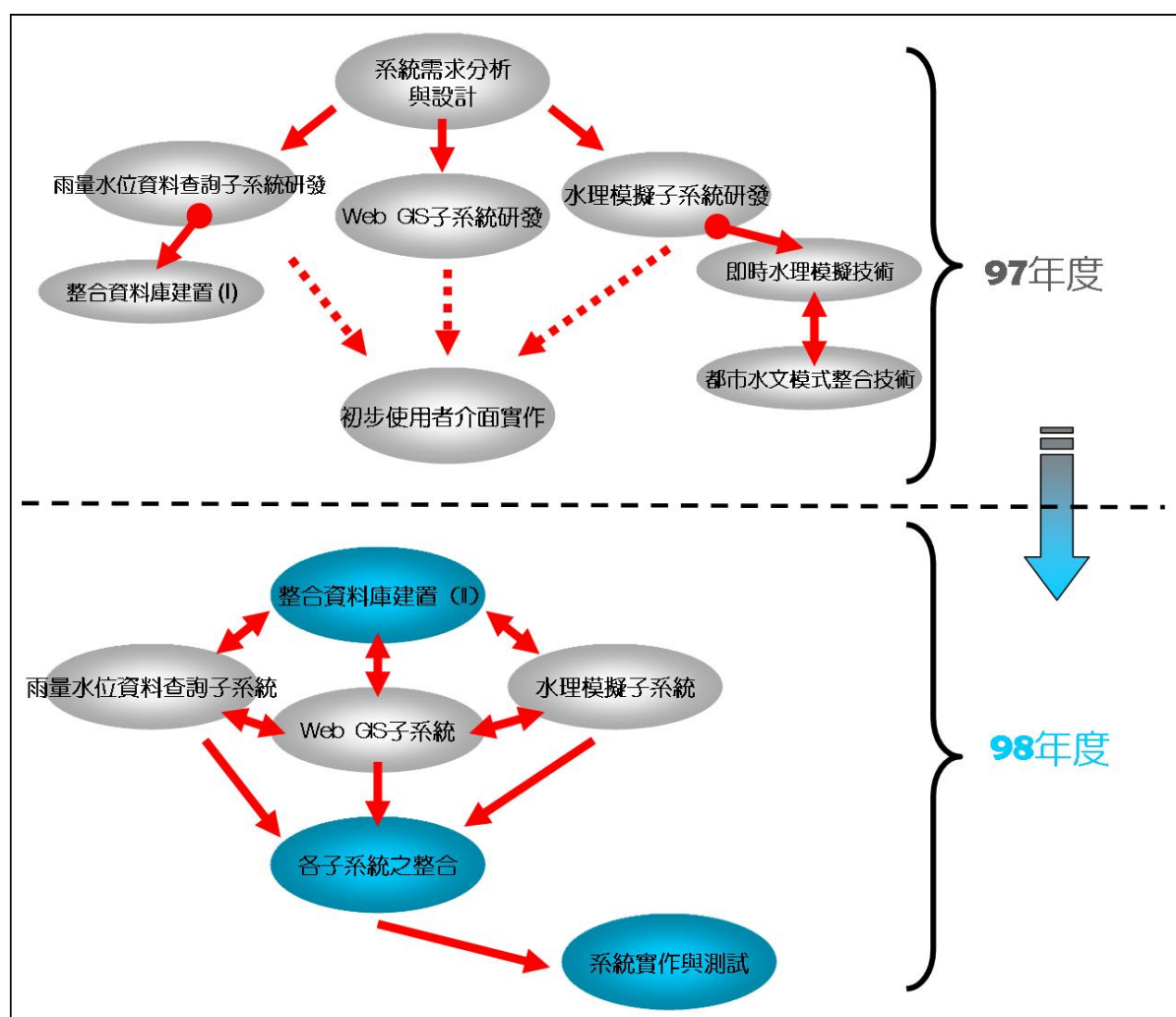


圖 4-2 USIS 年度研發重點

97 年度之主要研發工作重點包含以下六點：

1. 系統需求分析與設計：以物件導向之方法，進行系統之需求分析與設計，如繪出系統之 Use Case Diagram、System Sequence Diagram、Domain Model 等，以作為後續系統實作之設計藍圖。
2. 研發雨量水位資料查詢子系統：包含整合資料庫建置(I)，亦即將目前與台北市政府所取得之歷史下水道水位與雨量站氣象資料進行資料分析並建立其資料庫，以及開發資料氣象查詢子系統。其資料時間範圍由 2002 年至 2006 年止，資料內容包含水位站共 125 處之水位資料、水利處雨量站共 19 處之降雨量資料、景美溪流域之抽排水系統內外水位及抽水機閘門啟閉資料，共有 8 處抽水站。
3. 研發 Web GIS 子系統：為使未來 USIS 系統可與空間資訊結合及展示，本團隊於本年度自行開發 Web GIS 子系統。目前此子系統已可展示台北市政府所提供相關之圖層資料，包含水利處所架設之雨量站資料以及部份抽水站之集水區、水位計與管線資料。
4. 研發水理模擬子系統：由於 USIS 系統必須模擬整個都市地區之水理狀況，但模擬範圍太大，以致於原始模擬核心之模擬時間太過冗長而無法達到即時預警之功效。因此，本團隊 97 年度研發即時水理模擬技術以及都市水文模式整合技術，以克服模式交換與介面整合之困難以及縮短整體模擬時間。
5. 初步使用者介面實作：初步實作系統架構之互動展示層，包含實作未來作為使用者介面之 USIS 網站，並將雨量水位資料查詢子系統與 Web GIS 子系統作初步整合至 USIS 系統之框架。

98 年度之主要研發工作重點包含以下三點：

1. 整合資料庫建置(II)：完成系統架構之資料庫底層實作，將各

項雨量水位資料整合，包含有監測資料，模擬預測資料等，並使資料庫可與各子系統間存取。

2. 系統相關技術之整合：延續 97 年度所研發之子系統相關技術，將其整合至 USIS 系統，如 GIS 與水理模式之整合等。
3. 系統實作與測試：經由 97 年度之系統分析與設計，將系統於 98 年度實作完成，並先將系統應用台北市政府，並持續作系統之測試與更新。

4.2.2. USIS 系統分析與設計

4.2.2.1. 使用者案例圖(Use Case Diagram)

將系統需求分析深入其細節部份，以使用者案例(Use Cases)方式將系統細部需求分析明確地訂出。USIS 系統包含帳號登入功能以辨識使用者身份，系統會依照不同的使用者，給予不同的使用權限，像是即時監測查詢、歷史監測查詢，線上雨水下水道水文模擬，線上操作模擬，及預警功能等。如圖 4-3 所示，為系統之 Use Cases 模式圖。

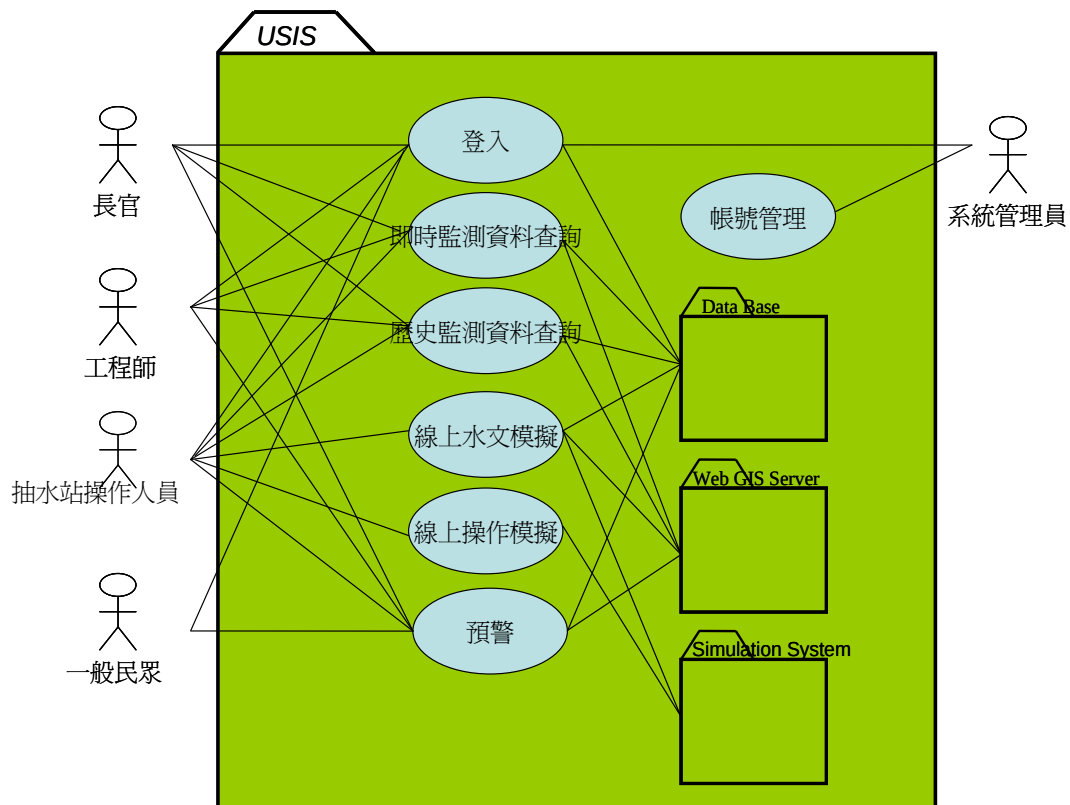


圖 4-3 系統之 Use case 模式圖

經由 Use Cases 模式圖，本團隊將各項功能需求分析完成後，分別以 Use Cases 表示，其目錄如表 4-1。

表 4-1 Use Cases 目錄

Use cases 目錄；	
Use case UC1	登入
Use case UC2	補發密碼
Use case UC3	申請帳號
Use case UC4	審核帳號
Use case UC5	即時監測資料查詢
Use case UC6	預警提示
Use case UC7	線上水文模擬
Use case UC8	線上操作模擬
Use case UC9	歷史監測資料查詢
Use case UC9.1	查詢歷史雨量資料
Use case UC9.2	查詢歷史水位資料
Use case UC9.3	抽水站操作啟閉與內外水位資料查詢

以下為節錄之 Use Cases。其內容包含 Use Case 名稱、目的、系統名稱以及使用者(Actor)。

I. Use Case UC1：登入

目的：系統辨識登入之 user，並根據不同使用者之身份，進入進階網頁，並給予適當的功能按鍵。

系統名稱：USIS

Actor：長官、工程師、操作人員、一般民眾、系統管理員

主要流程	
Actor action	System response
1.使用瀏覽器經由網路連線至系統網頁 3.輸入帳號及密碼，按下「登入」鍵	2.系統網頁提示輸入帳號及密碼，以辨識使用者身份。 4.系統網頁連接至資料庫，並確認帳號密碼是否正確。 5.確認帳號密碼正確後，依帳號開啟適當的網頁和功能按鍵。
延伸或替代方案：	
4.a 當密碼錯誤時，三次以內要求重新輸入。超過三次時，將帳號關閉 30 分鐘，不得再次輸入密碼登入，並開啟 UC 2。	

II. Use Case UC5：即時監測資料查詢

目的：使用者欲查詢人孔或管線之即時監測資訊。

系統名稱：USIS

Actor：長官、工程師、操作人員

主要流程	
Actor action	System response
1.於網頁的地圖功能上(位於網頁右側)以「點擊滑鼠右鍵」選取任一人孔或任一管線。	2.系統經由資料庫，將目前選取人孔之即時監測水位及溢流狀況或將選取管線之流量及流速以圖表方式顯示於網頁左側。
3.由系統得知人孔及管線之即時監測資訊。	
延伸或替代方案：	

III. Use Case UC6 : 預警提示

目的 : 系統提示使用者有哪些人孔將有溢流現象。

系統名稱 : USIS

Actor : 長官、工程師、操作人員、一般民眾

主要流程	
Actor action	System response
2. 「點擊滑鼠右鍵」選取任一溢流人孔或任一管線。	1.系統經由資料庫，將最新模擬預測之溢流人孔以紅點方式顯示於地圖上。 3.系統經由資料庫，將選取人孔之最新模擬預測水位及溢流狀況或將選取管線之最新模擬預測流量及流速
4.查詢完畢，得知何處為洪災危險區域。	以圖表方式顯示於網頁左側。
延伸或替代方案：	

IV. Use Case UC7 ：線上水文模擬

目的：使用者進入系統並作即時的水文模擬。

系統名稱：USIS

Actor：工程師

主要流程		
Actor action	System response	
1.點選「水文即時模擬」功能鍵	2.系統提示 user 設定欲模擬之 Input 資料。 4.系統確認 input 資料，提示工程師點擊「設定參數」。 6.系統進入「設定參數」頁面。 7.系統提示工程師輸入各項參數。 9.系統進行即時模擬。 10.系統模擬完畢，以圖表方示將 Output 展示於網頁。並存取至資料庫。 11.查看水文模擬結果。	
3.設定 Input 資料。		
5.點選「設定參數」功能		
8.輸入參數後，點選「進行模擬」鍵		
11.查看水文模擬結果。		
延伸或替代方案：		
6.a 無法找到 Input 資料，要求工程師重新設定 Input 資料。		
11.a 如果參數太大或太小，不符合標準以至無法模擬，要求工程師重新設定參數。		

V. Use Case UC9：歷史監測查詢

目的：使用者使用系統查詢歷史雨量資料。

系統名稱：USIS

Actor：長官、工程師、操作人員

主要流程	
Actor action	System response
1.點選「歷史監測查詢」鍵	2.系統進入歷史監測查詢頁面。 4.系統依照使用者選擇，使用 UC9.1 或 UC9.2。
3.選擇「歷史雨量查詢」或是「歷史水位查詢」。	
5.得知歷史監測資料。	
延伸或替代方案：	

VI. Use Case UC9.1：查詢歷史雨量資料

目的：使用者使用系統查詢歷史雨量資料。

系統名稱：USIS

Actor：長官、工程師、操作人員

主要流程	
Actor action	System response
1.點選「歷史雨量查詢」鍵	2.系統要求選取欲查詢之雨量站，以及查詢之時間區段。
3.選取雨量站以及輸入觀測時間。	
5.得知歷史雨量資料。	
4.系統經由資料庫，將選取之雨量站雨量資料和觀測時間以表方式顯示於網頁。	
延伸或替代方案：	

4.2.2.2. 系統循序圖(System Sequence Diagram，SSD)

本團隊針對前述之 Use Cases，找出使用者與系統間之互動行為，並於 SSD 中描述其互動關係，SSD 強調以時間發生之先後順序表達外部使用者與系統間之訊息傳遞與處理程序。SSD 圖之重要元件包含有物件、訊息(message)、操作(operation)與操作描述、生命線(lifeline)與控制焦點(focus of control)及框架(frame)等，部份介紹如下：

- 物件：放置於圖中之上方，如圖 4-4 中之 User 及 USIS System 為此圖之物件。
- 訊息：如圖 4-4 中之 makeFreshHydQuery()，是由某一物件

傳送訊息至另一物件以啟動操作，而 Use Cases 中所出現之動詞也可能就是訊息，

- 生命線：如圖 4-4 中，畫在物件底下與物件垂直之虛線，虛線長度即表達物件存在之時段。
- 控制焦點：表達物件執行某動作之時段，控制焦點以長條圖表示，並與生命線重疊。如圖 4-4 中之縱向黃色長條圖。。

以下將介紹及說明經由 Use Cases 進一步所描述之系統部份 SSD，包含有即時水文資料查詢 SSD、歷史水文資料查詢 SSD、線上雨水下水道水文模擬 SSD 以及預警提示 SSD。

1. 即時水文資料查詢 SSD：(如圖 4-4 所示)其訊息 1：makeFreshHydQuery()為由使用者傳送一訊息至系統，以開啟系統之即時水文查詢功能，之後系統會回傳訊息 2：resFreshHydQueryPage()以開啟使用者之查詢頁面，當使用者設定好查詢相關數值後，會經由訊息 3：setFreshHydQuery()傳值至系統處理，系統處理完後會再將結果由訊息 4：resFreshHydQueryResult()回傳給使用者以得知查詢結果。(後續 SSD 之介紹，訊息直接以代號表示。)

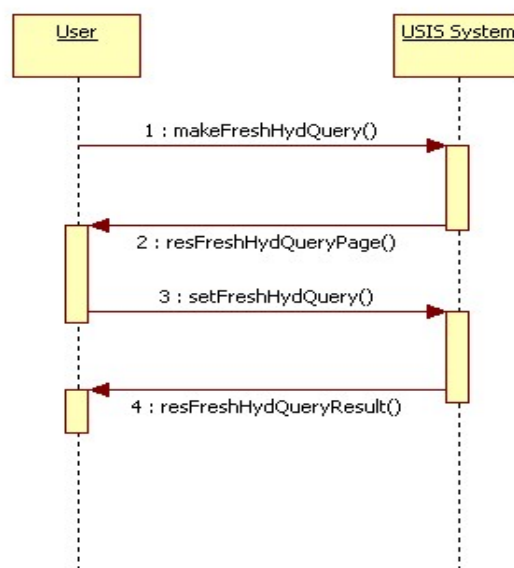


圖 4-4 使用者查詢即時水文資料之 SSD

2. 歷史水文資料查詢 SSD：(如圖 4-5 所示)使用者傳送訊息 1 至系統，以開啟系統之歷史水文查詢功能，之後系統會回傳訊息 2 以開啟使用者之歷史查詢選擇頁面(如可選擇查詢雨量或水位)，使用者選擇後經由訊息 3 讓系統得知其選擇，系統則再經由訊息 4，回傳使用者所欲使用之查詢頁面，當使用者設定好查詢相關數值後，會經由訊息 5 傳值至系統處理，系統處理完後會再將結果由訊息 6 回傳給使用者以得知查詢結果。

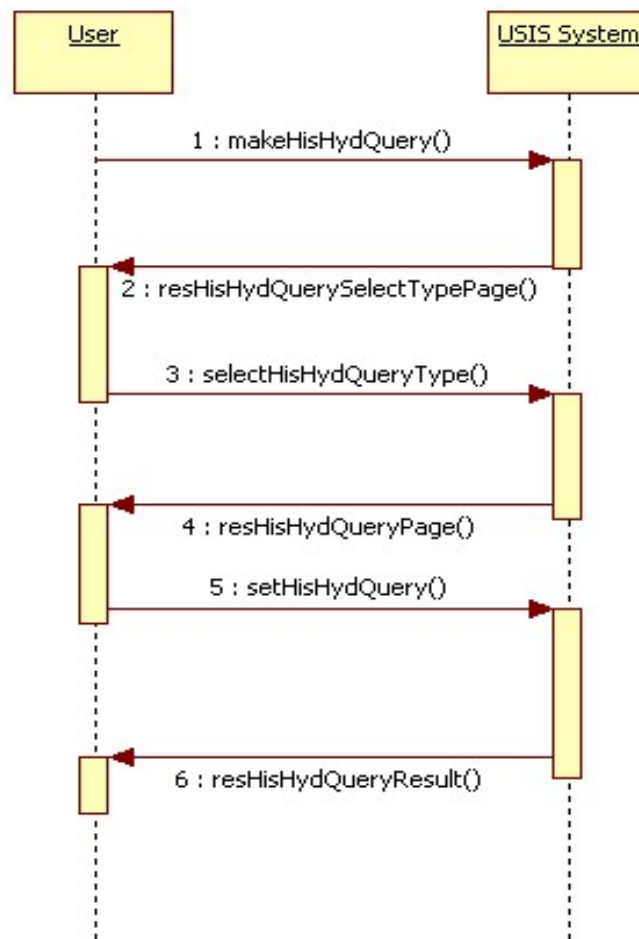


圖 4-5 使用者查詢歷史水文資料之 SSD

3. 線上雨水下水道水文模擬 SSD：(如圖 4-6 所示)訊息 1 為使用者傳送一訊息至系統，系統將開啟線上雨水下水道水文模擬功能。系統傳回訊息 2 給使用者以開啟線上雨水下水道水文模擬之模式輸入資料頁面，使用者設定模式輸入檔完成，由訊息 3 傳送至系統，系統內部執行訊息 4 以確定模式輸入格式是否正確，系統確認無誤之後(如果錯誤要求重新輸入)，由訊息 5 回傳使用者以開啟模擬參數設定頁面，使用者設定參數完畢，由訊息 6 傳值至系統，系統由訊息 7 再次自行執行參數確認(如果錯誤則要求重新輸入)，確認完畢後由訊息 8 回傳使用者以開啟模擬邊界條件設定，使用者設定完成後，訊息 9 將回傳系統設定之邊界條件，由訊息 10 讓系統開始進行模擬作業，最後系統會將結果由訊息 11 傳回。

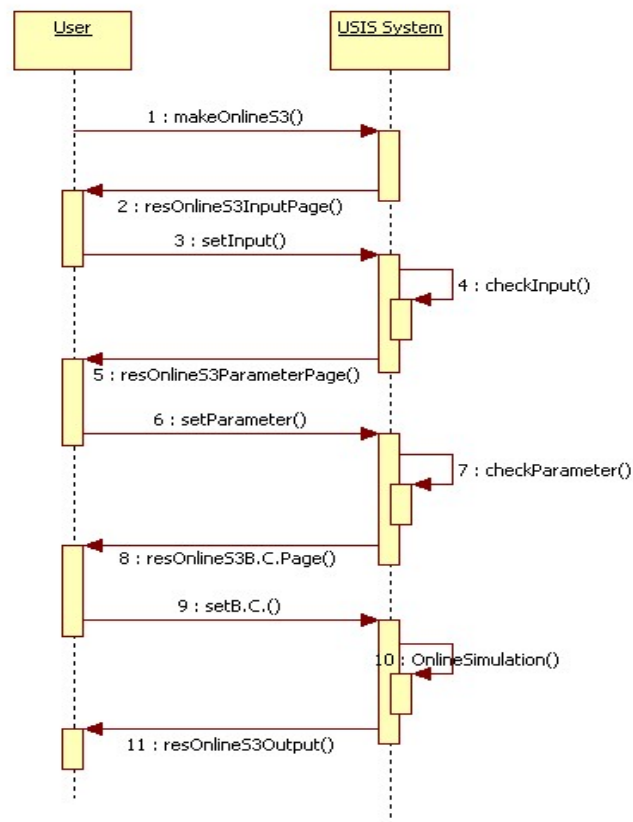


圖 4-6 使用者使用線上水文模擬之 SSD

4. 預警提示 SSD：(如圖 4-7 所示)，由外部使用者產生訊息 1 至系統，以開啟預警提示功能，系統由訊息 2 回傳使用者以開啟預警提示頁面，使用者於頁面中之地圖點選查詢之水位站或氣象站，再將選取之點以訊息 3 傳至系統，系統有訊息 4 回傳其所選點位之雨量水位資料。

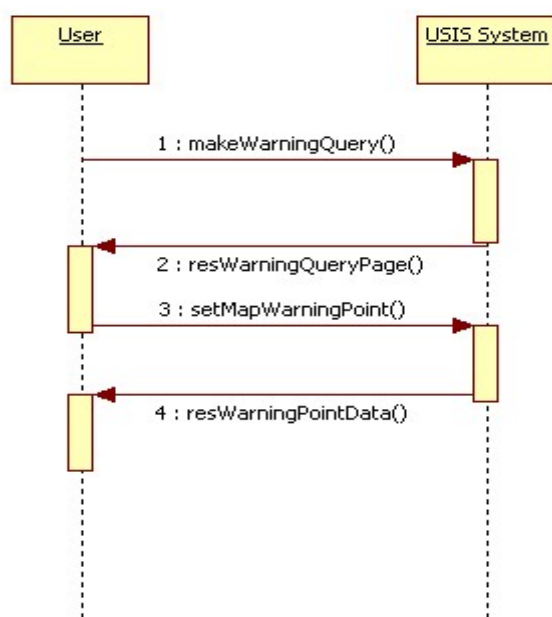


圖 4-7 使用者使用預警提示之 SSD

4.2.2.3. 領域模型(Domain Model)

建立 Domain Model 是為了於系統分析階段，找出系統中之獨立概念性類別(class)以及真實事件中的物件(object)，並且定出各個抽象概念之關係。所以我們必須先從 Use Case 中找出其名詞，並由名詞演變為概念性之類別，再經由關聯、繼承、多重性以描述其關係。圖 4-8 為 USIS 系統之 Domain Model，其內容包括有各項概念性類別，如排水系統、管線、人孔、水位計、抽水站、雨量站、水理模式、工程師、長官、一般民眾等都是屬於系統分析階段之抽象概念性類別，此階段還不必將類別之屬性和方法明確描述，因為當系統實作時，有些類別不一定會實作出來。另外，圖中也有描述部份類別之關聯性

及，如開啟/關閉、Run、命令等，而 0..1、1..*等則為類別之多重性。

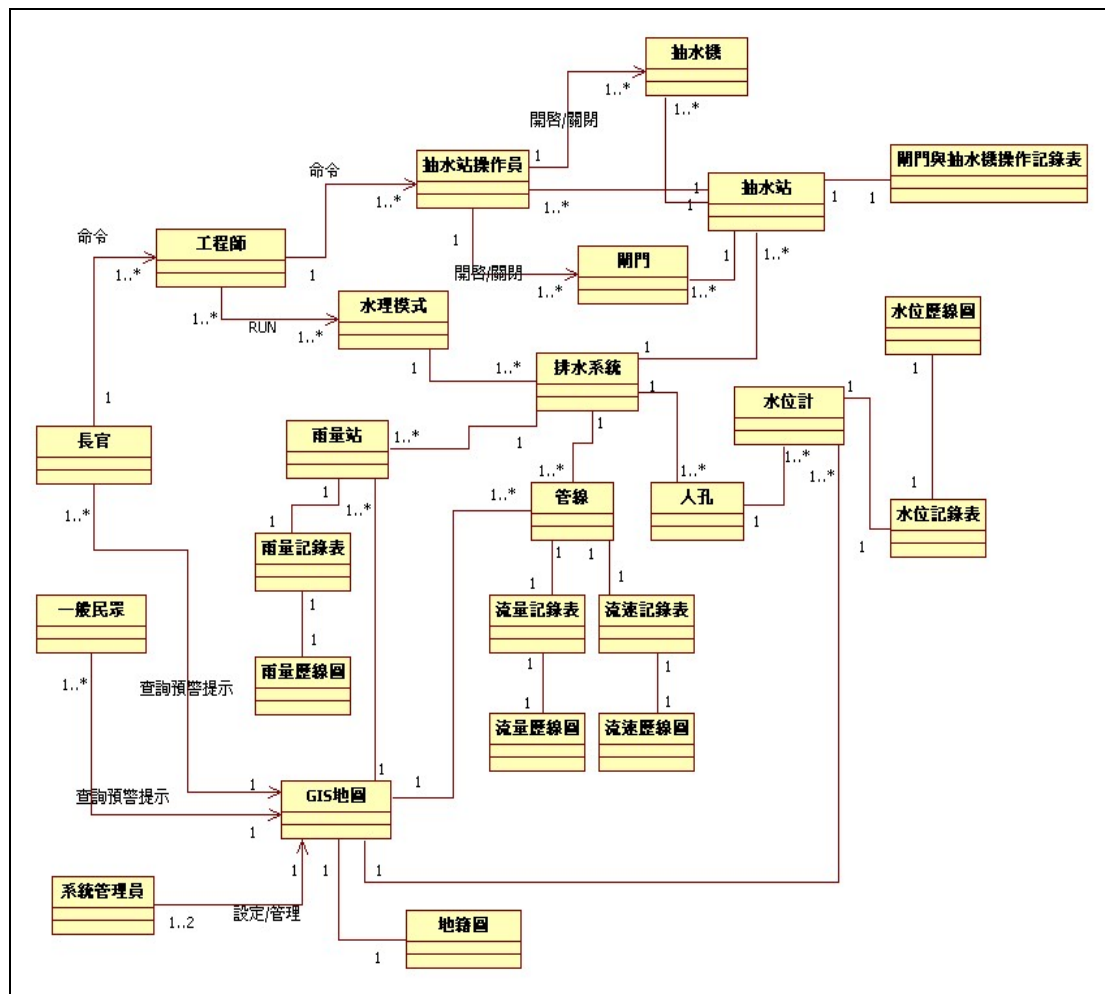


圖 4-8 USIS 系統之 Domain Model

4.2.3. USIS—雨量水位資料查詢子系統之建置

4.2.3.1. 整合資料庫初步建置

由於 USIS 系統先以台北市為研究對象，所以開發 USIS 系統必須先行取得台北市地區相關之雨量水位資料。因此，本團隊於今年度與台北市政府索取了部份相關資料，目前資料主要以台北市水利處之監測資料為主，其資料內容如下：

1. 歷史水位資料：資料時間範圍由 2002 年至 2006 年之間，資料內容為記錄期間內台北市所發生暴雨事件之下水道水位站水位，水位記錄為以海平面為基準之絕對高程(m)，另外，資料為每分鐘一筆記錄。
2. 歷史雨量資料：資料時間範圍由 2002 年至 2006 年之間，資料內容為記錄期間內台北市所發生暴雨事件之水利處雨量站之降雨量，降雨量以每分鐘累積雨量(mm)記錄，所以資料也為每分鐘一筆。
3. 歷史抽水站內外水位及抽水機及閘門啟閉資料等：資料時間範圍由 2002 年至 2006 年之間，由於資料量龐大，目前無法完全取得，所以目前資料內容主要以景美溪流域之各抽水站排水系統為主，包含有抽水站之內外水位資料及抽水機及閘門啟閉資料。內水位資料為下水道之水位高程(m)，外水位則為河川水位高程(m)，另外抽水機及閘門啟閉資料則記錄抽水機及閘門開啟與關閉之狀態，其抽水站相關資料接收時間可記錄至秒。
4. 下水道水位站資料：為近期台北市下水道水位站資料，共有 125 個水位站，其資料包含水位站編號、名稱、所屬行政區、所屬抽排水系統、站址、所屬人孔、地面人孔高程、管線底高程、點位座標等，另外還包括其分級之警戒水位，。

5. 抽水站資料：台北市抽水站抽排水系統之測站編號以及測站名稱，共有 64 個抽水站抽排水系統。
6. 雨量站資料：由台北市水利處所管轄之雨量站之測站編號以及測站名稱，共有 19 個水利處雨量站。

本團隊目前已將與台北市取得之雨量水位資料完成資料分析與整理，如資料庫各資料表及其欄位設計，另外還有資料之實體關聯圖(entity-relation model，簡稱 E-R Model)，並將資料自行建置於系統資料庫，其詳細說明如下。

系統資料庫主要以 MySQL 關聯性資料庫建置而成，此資料庫伺服器為 Open Source，無需額外支付軟體使用費。目前本團隊已將從台北市取得之資料分析完成，並整理出其 E-R Model(如圖 4-9)，各實體間(entity)存在關聯性(relation)以建立其關係，目前圖中有九個實體對應資料庫之九份資料表，當某資料表中之某筆資料刪除時，資料庫則會自動將其他資料表中與此筆刪除資料有關之資料也一併刪除。其資料表內容如下：

1. 抽水站資料表(pumpstation)：包含抽水站 ID、抽水站名稱等欄位。
2. 抽水站內外水位資料表(pumpstation_iowaterlevel)：抽水站 ID、資料接收時間、內水位資料及外水位資料等欄位。
3. 抽水站閘門啟閉資料表(pumpstation_gate)：抽水站 ID、資料接收時間、閘門啟閉之記錄等欄位。
4. 抽水站抽水機啟閉資料表(pumpstation_pump)：抽水站 ID、資料接收時間、抽水機啟閉之記錄等欄位。
5. 暴雨事件資料表(event)：事件 ID、事件名稱等欄位。
6. 雨量站資料表(rainfallstation)：雨量站 ID、雨量站名稱、所屬

單位等欄位。

7. 歷史雨量資料表(historic_rainfall)：資料接收時間、雨量站 ID、降雨量、所屬事件 ID 等欄位。
8. 水位站資料表(watermeter)：水位站 ID、水位站名稱、一級警戒值、二級警戒值、三級警戒值、所屬單位等欄位。
9. 歷史水位資料表(historic_waterlevel)：資料接收時間、水位站 ID、水位、所屬事件 ID 等欄位。

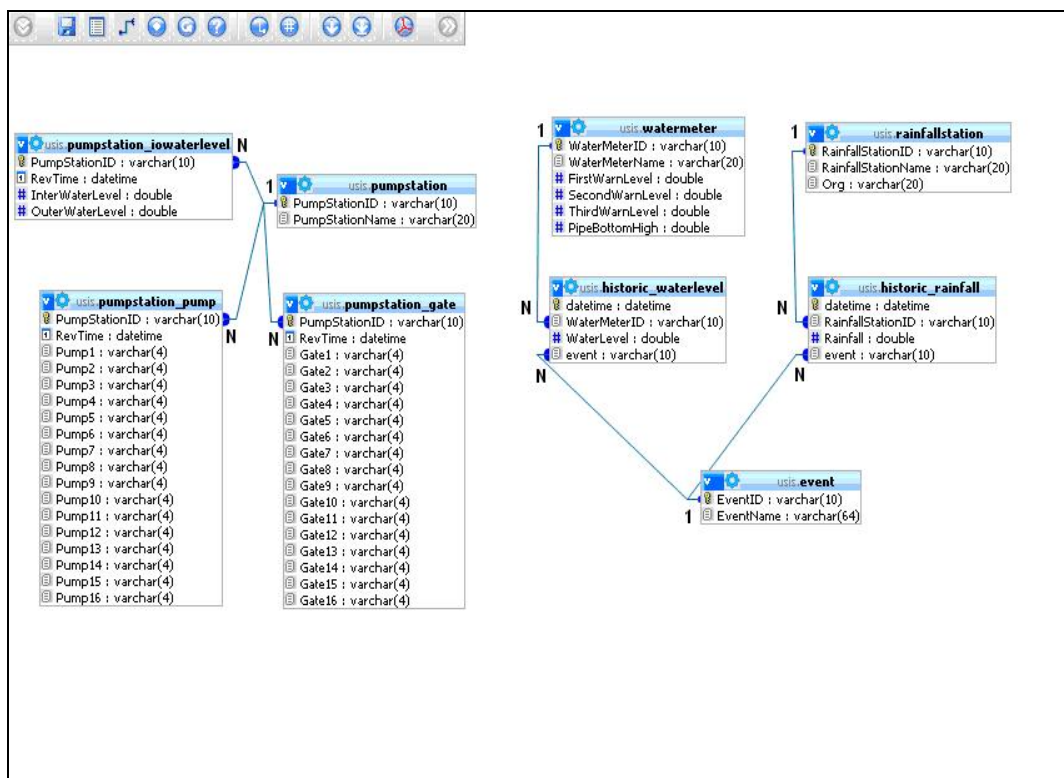


圖 4-9 USIS 系統資料庫之 E-R Model

當資料分析階段完成後，則進行原始資料載入資料庫階段，但由於原始之歷史雨量及水位資料格式(如圖 4-10、圖 4-11)為資料接收時間與雨量站或水位站所對應之降雨量或水位記錄，並且雨量及水位記錄在同一張資料表，與系統資料庫之資料表格式不符合，另外時間格式也不是資料庫之格式，所以需要進行資料格式轉換以符合資料庫

所需。因此，本團隊使用 C++ 程式語言來進行格式轉換，更改其原始資料之時間格式，並將雨量及水位資料分開為兩張獨立資料表，重新整理後載入資料庫(如圖 4-12)。未來本團隊將再與台北市政府取得即時水文監測資料，而即時雨量水位資料也將納入至系統資料庫。

Q23		0													
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	時間	湖田國小	大屯國小	桃源國中	北投國小	陽明國中	太平國小	民生國中	中正國中	三興國小	格致國中	平等國小	至善國中	碧湖國小	東湖國小
2	2005/6/3 10:01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	2005/6/3 10:02	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	2005/6/3 10:03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	2005/6/3 10:04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	2005/6/3 10:05	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	2005/6/3 10:06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	2005/6/3 10:07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	2005/6/3 10:08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	2005/6/3 10:09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	2005/6/3 10:10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	2005/6/3 10:11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	2005/6/3 10:12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	2005/6/3 10:13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0
15	2005/6/3 10:14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	2005/6/3 10:15	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0
17	2005/6/3 10:16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	2005/6/3 10:17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	2005/6/3 10:18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	2005/6/3 10:19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0
21	2005/6/3 10:20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	2005/6/3 10:21	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0	0.5	0	0.5	0	0	0
23	2005/6/3 10:22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

圖 4-10 原始資料格式(雨量部份)

	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG
1	A1	A2	A3	B1	B2	大湖1	大湖2	雙湖1	南港3	康樂1	康樂2	研究院1	南港1
2	4.124	4.074	3.369	2.968	2.281	15.532	14.746	7.791	10.736	5.529	3.088	10.92	6.693
3	4.124	4.074	3.369	2.968	2.281	15.532	14.746	7.791	10.736	5.529	3.088	10.92	6.693
4	4.124	4.074	3.369	2.968	2.281	15.532	14.746	7.791	10.736	5.529	3.088	10.92	6.693
5	4.124	4.067	3.364	2.968	2.281	15.533	14.746	7.79	10.735	5.524	3.088	10.917	6.692
6	4.121	4.073	3.363	2.968	2.274	15.533	14.748	7.795	10.736	5.525	3.087	10.917	6.692
7	4.124	4.08	3.364	2.965	2.28	15.532	14.748	7.794	10.735	5.527	3.086	10.918	6.692
8	4.114	4.079	3.363	2.967	2.279	15.532	14.744	7.792	10.734	5.526	3.086	10.921	6.692
9	4.125	4.079	3.364	2.962	2.276	15.533	14.745	7.795	10.734	5.524	3.09	10.917	6.692
10	4.123	4.066	3.363	2.965	2.275	15.533	14.744	7.794	10.736	5.525	3.09	10.921	6.692
11	4.125	4.09	3.363	2.962	2.274	15.533	14.738	7.794	10.739	5.526	3.086	10.918	6.692
12	4.111	4.074	3.363	2.96	2.273	15.533	14.742	7.796	10.735	5.525	3.085	10.92	6.692
13	4.13	4.08	3.363	2.963	2.276	15.533	14.741	7.792	10.736	5.529	3.082	10.922	6.692
14	4.113	4.077	3.358	2.963	2.269	15.535	14.741	7.794	10.738	5.526	3.085	10.918	6.692
15	4.119	4.079	3.359	2.96	2.266	15.533	14.744	7.795	10.735	5.524	3.085	10.921	6.692
16	4.116	4.076	3.362	2.96	2.268	15.532	14.741	7.792	10.736	5.527	3.081	10.921	6.691
17	4.13	4.087	3.358	2.959	2.266	15.535	14.742	7.794	10.738	5.525	3.078	10.917	6.692
18	4.115	4.086	3.358	2.959	2.27	15.535	14.742	7.794	10.739	5.524	3.08	10.918	6.692
19	4.121	4.072	3.358	2.959	2.269	15.532	14.741	7.795	10.735	5.525	3.083	10.916	6.692
20	4.131	4.079	3.353	2.959	2.268	15.532	14.742	7.795	10.735	5.524	3.083	10.918	6.692
21	4.115	4.076	3.359	2.959	2.269	15.533	14.741	7.796	10.734	5.524	3.078	10.917	6.692
22	4.118	4.073	3.362	2.959	2.268	15.532	14.741	7.797	10.736	5.526	3.082	10.92	6.692
23	4.124	4.08	3.363	2.959	2.264	15.533	14.741	7.794	10.735	5.527	3.081	10.915	6.692
24	4.123	4.069	3.366	2.959	2.264	15.532	14.741	7.796	10.738	5.526	3.083	10.918	6.692
25	4.134	4.087	3.369	2.959	2.271	15.533	14.742	7.795	10.736	5.524	3.085	10.911	6.691
26	4.136	4.087	3.373	2.96	2.265	15.532	14.74	7.795	10.735	5.527	3.088	10.917	6.69
27	4.145	4.069	3.375	2.962	2.268	15.533	14.742	7.796	10.735	5.525	3.085	10.912	6.691
28	4.146	4.082	3.388	2.963	2.271	15.533	14.741	7.794	10.739	5.524	3.085	10.921	6.692
29	4.158	4.08	3.399	2.965	2.268	15.533	14.74	7.795	10.736	5.522	3.086	10.915	6.691
30	4.165	4.09	3.409	2.969	2.275	15.535	14.74	7.794	10.734	5.526	3.086	10.922	6.692

圖 4-11 原始資料格式(水位部份)

← T →			datetime	RainfallStationID	Rainfall	event
☐			2005-06-03 10:01:00	001	0	-0.9999
☐			2005-06-03 10:01:00	002	0	-0.9999
☐			2005-06-03 10:01:00	003	0	-0.9999
☐			2005-06-03 10:01:00	004	0	-0.9999
☐			2005-06-03 10:01:00	005	0	-0.9999
☐			2005-06-03 10:01:00	006	0	-0.9999
☐			2005-06-03 10:01:00	007	0	-0.9999
☐			2005-06-03 10:01:00	008	0	-0.9999
☐			2005-06-03 10:01:00	009	0	-0.9999
☐			2005-06-03 10:01:00	010	0	-0.9999
☐			2005-06-03 10:01:00	011	0	-0.9999
☐			2005-06-03 10:01:00	012	0	-0.9999
☐			2005-06-03 10:01:00	013	0	-0.9999
☐			2005-06-03 10:01:00	014	0	-0.9999
☐			2005-06-03 10:01:00	015	0	-0.9999
☐			2005-06-03 10:01:00	016	0	-0.9999
☐			2005-06-03 10:01:00	017	0	-0.9999
☐			2005-06-03 10:01:00	018	0	-0.9999
☐			2005-06-03 10:01:00	019	0	-0.9999

圖 4-12 建置後資料庫之雨量資料表

4.2.3.2. 水文氣象資料查詢子系統建置

雨量水位資料查詢子系統主要以 PHP 語言、MySQL Server 及 Apache Server 來運作，其中 MySQL Server 做為系統後端資料庫系統，Apache Server 做為網頁伺服器，最後則利用 PHP 實作出雨量水位資料查詢功能。此子系統主要分為雨量、水位兩種查詢功能，再依照時間分為逐時與逐日查詢，共有七種查詢功能，以及繪製雨量組體圖與水位歷線圖功能(如圖 4-13 所示)。以下將依其各項功能作詳細介紹：

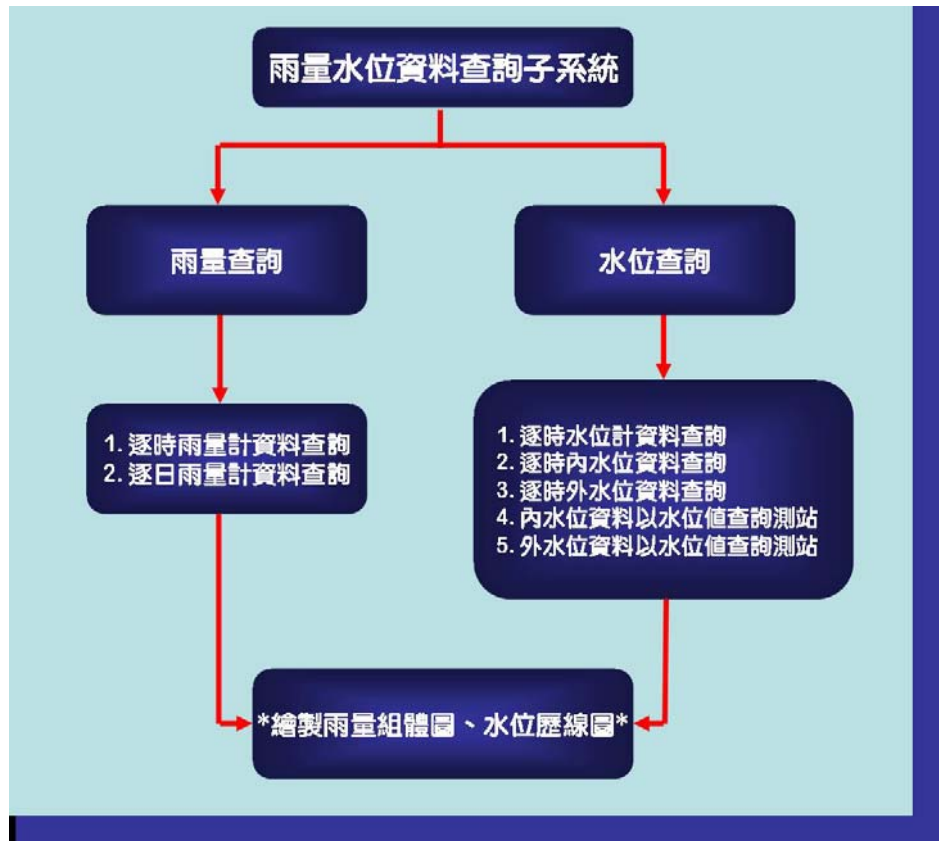


圖 4-13 雨量水位資料查詢子系統架構

1. 逐時雨量計資料查詢：

使用者可以選擇時間與測站，查詢時間範圍內雨量站之時雨量，也可以查詢由何種事件所造成之降雨(如颱風或是午後雷陣雨等)。由於原始資料之雨量記錄並不是按小時記錄，而是以每分鐘累積雨量來記錄，所以逐時雨量便是將每小時內的雨量加總。

2. 逐日雨量計資料查詢：

與逐時雨量計資料查詢作法相同，但將逐時查詢改為逐日查詢。

3. 逐時水位計水位資料查詢：

水位計資料查詢可以查詢測站水位計在某時間範圍內之變化，由於原始資料是每分鐘一筆，如果未經過整理，直接提供使用者查詢，查詢結果只會是龐大的資料檔，並無實際用途。由於水位並不同於雨量是屬於每分鐘累積加總，而是每分鐘記錄其實際水位值。因此，本團隊使用 AVG()函數來處理每小時之平均水位，將

亦即每小時的資料加總之後作平均值，即為逐時水位計資料。

4. 逐時內水位與外水位資料查詢：

抽水站資料包含有內外水位與抽水機閘門啟閉資料，而為縮短查詢所需時間，本團隊在建置資料庫之時，將原始資料分成內外水位、抽水機啟閉以及閘門啟閉三個資料表。此方法可以使得在查詢的時間縮短，不會造成網頁讀取緩慢或網頁逾時，此查詢功能可以查詢時間範圍內的水位計變化。

5. 以內、外水位資料查詢測站：

在此功能裡，可以水位值來查詢測站，可以選定時間和水位值範圍來查詢相關測站。其主要作業流程如圖 4-14。

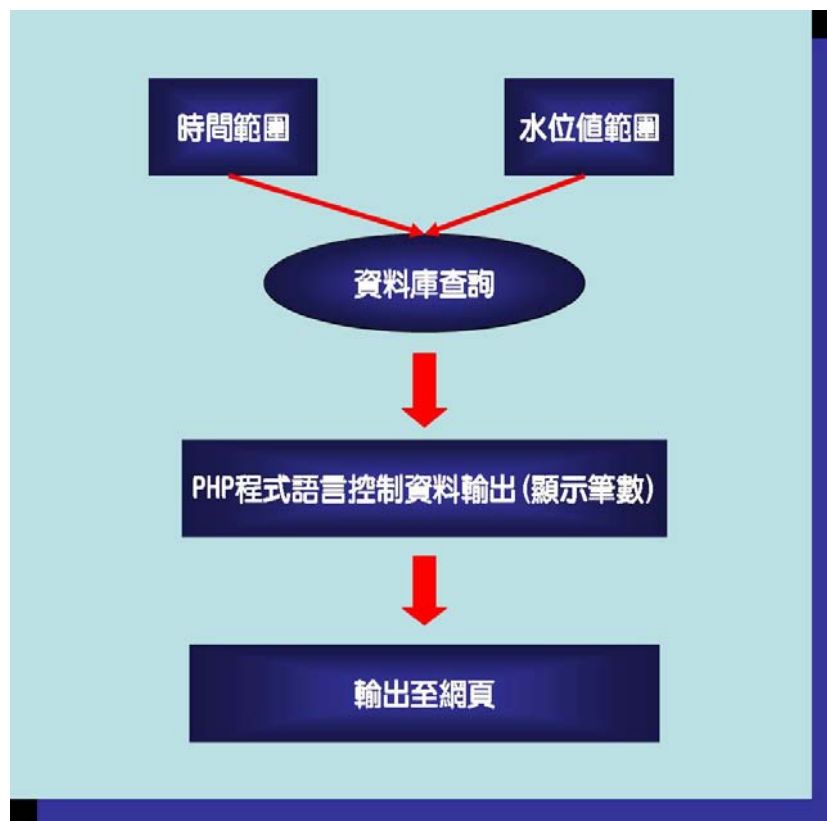


圖 4-14 以內、外水位值查詢測站之作業流程

6. 繪製雨量圖與水位圖：

圖表之繪製，主要是由使用者於執行查詢時，所選擇之時間範圍和測站值，來做繪製雨量組體圖或水位歷線圖之動作，其作業流程如下圖 4-15 所示

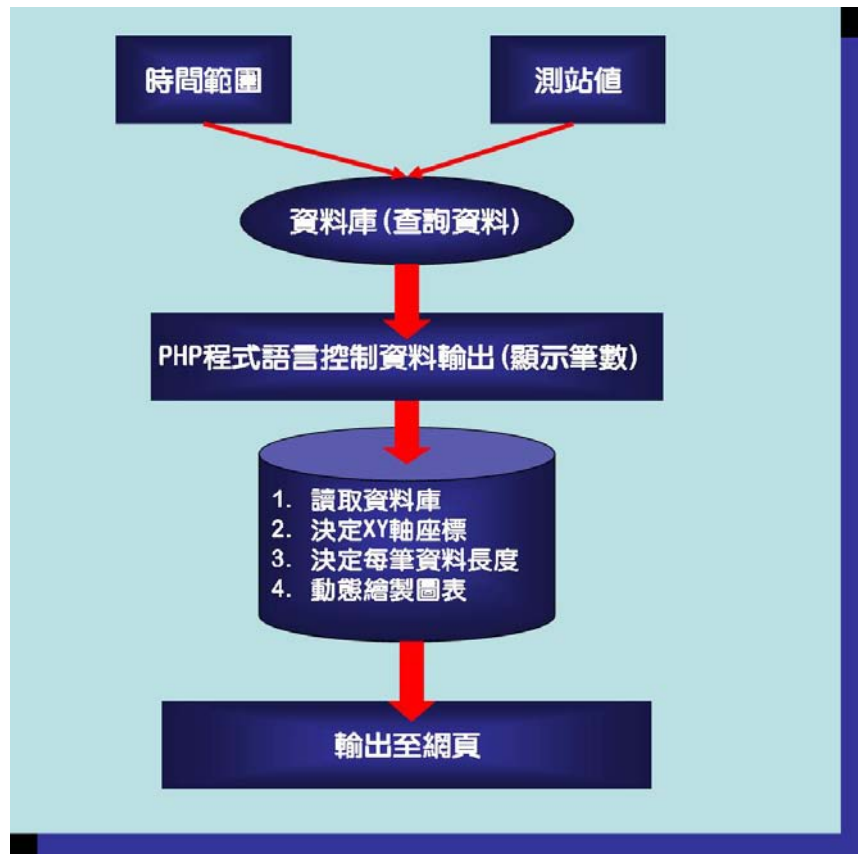


圖 4-15 雨量組體圖與水位歷線圖繪製流程

目前此查詢子系統主要以歷史雨量水位資料查詢為主，未來與台北市政府取得即時監測資料後，將再加入即時資料查詢功能，後續研究也整合雨量水位資料查詢子系統與 Web GIS 子系統，以便使用者可清楚了解查詢資料與其地理位置。

4.2.4. USIS—Web GIS 子系統

早期地理資訊系統(Geographic Information System，簡稱 GIS)只有少數財力雄厚的機構才能擁有，到現今人人都可隨時在網路上使用 GIS；隨著電腦硬體處理能力提高，硬體成本下降，更使得 GIS 的需求者增加。

而不同的 GIS 開發廠商所研發出來的 GIS 軟體，往往其資料並不能相容，需要轉檔，可是轉檔後常有資料遺漏或是錯誤的情形，而當「開放式地理資訊系統協會」(Open GIS Consortium，簡稱 OGC)成立，並進行 GIS 相關規格作業程序標準化的制定與開放式共通平台的建置，讓資料供應者、應用系統開發者和資訊整合者，能在短時間內、花最少的費用，透過此介面讓使用者更容易取用資料並使用系統之各項功能。

4.2.4.1. Web GIS 子系統伺服器架構

本子系統之伺服器端主要分成 Web Server、Map Server 兩大部分，使用者在 Browser 上做查詢動作時，Web Server 會接收其要求後將相關訊息後以 CGI 指令傳給 Map Server；而 Map Server 在空間資料庫中取得資料後再向前傳回 Web Server，然後展示於使用者端如圖 4-16。

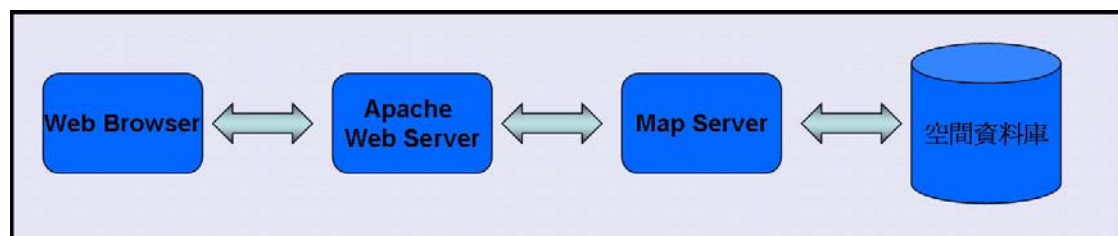


圖 4-16 Web GIS 子系統整體架構

(1) Web Server

目前 Web Server 中主流軟體有 Microsoft IIS、Apache，而 Appserv 是整合性的免費軟體，內容包含有 Apache、Mysql、Phpadmin 三種軟體，所以使用上較 IIS 方便，所以本系統選用 Apache Web Server。

系統中 Apache Web Server 用於接收使用者對 Web GIS 子系統的要求，並將相關空間參數後傳給 Map Server；而 Map Server 將結果處理後回傳 Web Server，然後 Web Server 依照 Map Server 及樣本檔的格式做成結果以 HTTP 協定傳回給使用者端。

(2) GIS Map Server

在自由軟體中有 ka-map、openlayers 等軟體，而本軟體使用由 University of Minnesota 發展的 Map Server 作為 GIS 伺服器，它是一個符合 OGC Web Mapping Testbed 規格的自由軟體，以 CGI 的方式與各軟體、資料庫進行聯繫與存取資料，利用 gd library 將從檔案或資料庫抓取的空間資訊轉換成圖形在傳回到使用者的瀏覽器，如圖 4-17；在 client 端不必像某些 Web GIS 軟體需要加裝特有的瀏覽套件就可以直接進行操作，對使用者來說相當方便。

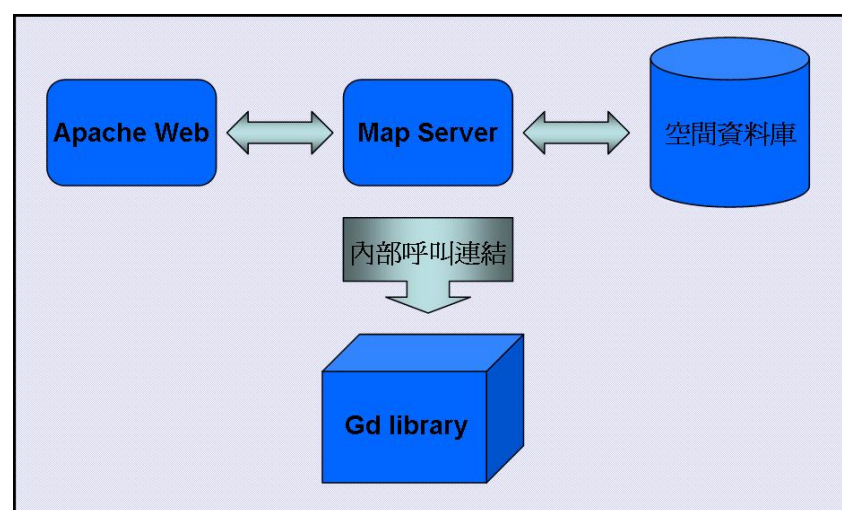


圖 4-17 Map Server 架構

Map Server 其主要功能為在接受使用者端的指令後，到後端空間資料庫中查詢並擷取相關的空間資料並以相關程式進行轉圖、字形轉換、比例尺製作等等。

4.2.4.2. Web GIS 子系統作業流程

對於 Web GIS 子系統接收到 Client 端的使用者訊息時，其作業流程詳述如下：(如圖 4-18)

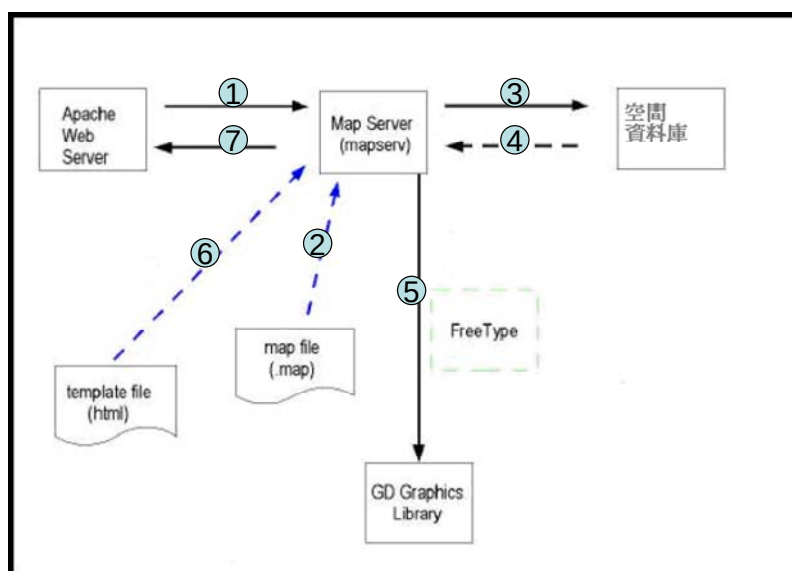


圖 4-18 Web GIS 系統作業流程

1. 由 Apache Web Server 將使用者下達的參數及要求轉送給 Map Sever，如圖 4-18 之步驟 1。
2. Map Sever 接收到 Web Server 轉送的參數時，先由參數中的所指定的定義檔 (.map 檔) 查知資料檔案名稱、相關資料表格等相關訊息 (如圖 4-18 之步驟 2) 後，向 DATA 要求相關空間及屬性資料 (如圖 4-18 之步驟 3)。
3. Map Sever 接收相關資料 (如圖 4-18 之步驟 4)，先進行文字 (屬性) 的轉圖工作，這項工作其實是呼叫 FreeType Font Engine

配合 GD Graphics library 將文字資料轉成圖型，再將空間資料由 GD Graphics library 轉成 png 幾何圖形檔，最後 Map Sever 將文字圖形套疊到幾何圖形中（圖 4-18 之步驟 5）。

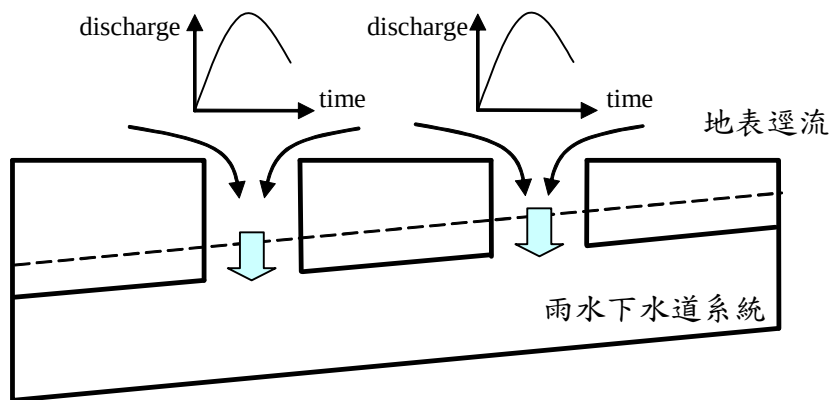
4. 幾何圖形檔製作完成後，Map Sever 依定義檔中的相關定義資訊，抓取指定的樣版檔（template file），進行 HTML 及顯示畫面的配置與相關資料、圖形（如：比例尺、參考文字等）的產製與嵌入工作，將動態產生的空間資訊圖檔嵌入樣版檔已產生最後的 HTML 檔。完成後交由 Web Sever 將結果傳送給 Client（如圖 4-18 之步驟 6~7）。

本系統之核心皆採用自由軟體，雖然功能上不能媲美市面上的商用軟體，然而在系統穩定度與執行效能上卻可與之相抗衡。目前 USIS 展示系統建構於 Apache 上，與 Web GIS 能相互結合，使得展示網頁有動態圖層顯示，並融入了查詢系統，未來希望能更進一步提供資料庫與圖層相互查詢的功能，以提供使用者更多的參考資料水理模擬子系統。

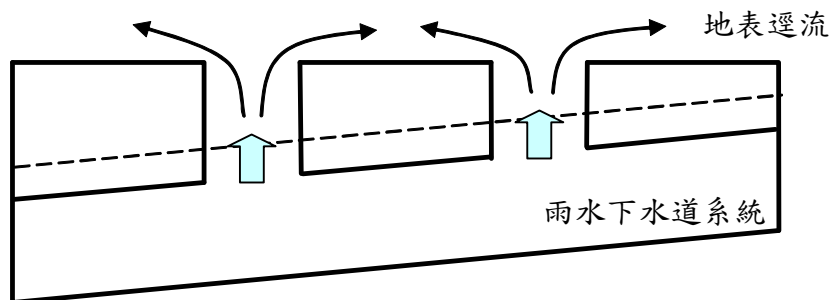
4.2.5. USIS—水理模擬子系統

4.2.5.1. 都市水文模式整合

在都市水文系統中，地表逕流與雨水下水道系統是由兩個不同的模式進行模擬演算。在暴雨期間，地表逕流經由人孔流入雨水下水道系統，透過管線排至河川系統中(圖 4-19(a))。當雨水下水道管線滿管時，無法立即排除之水量便又經由人孔溢流至地表，進而形成積淹水情況(圖 4-19(b))。因此透過地表逕流模式與雨水下水道模式之整合模擬，能有效的表現出物理量交換機制，進而了解都市積淹水的程度，達到即時模擬之目的。



(a) 地表逕流經由人孔進入雨水下水道



(b) 雨水下水道滿管形成溢流

圖 4-19 物理量交換示意

利用 SWMM 中的 RUNOFF 模組進行地表逕流模擬，模式主要之輸入資料為降雨量，其模擬邊界是雨水下水道之人孔。因此，RUNOFF 模式之出流量歷線便是 EXTRAN 模組之入流歷線，經由 EXTRAN 模式之演算推估人孔水位高度判斷是否產生溢流造成地表積淹水(圖 4-20)。

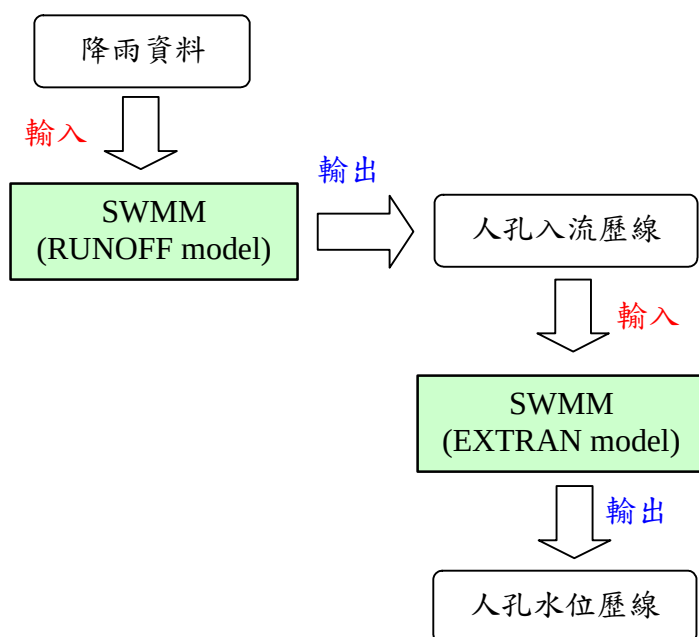


圖 4-20 模式整合流程

上述之模式整合是目前較普遍被採用的方式，但其輸入資料的轉移必須倚賴人工的方式進行，而本研究採用之架構如圖 4-21 所示，雨水下水道模式執行時所需之人孔入流歷線資料，經系統請求由地表逕流模式進行演算求得並回傳，以提供雨水下水道模式使用，並由雨水下水道模式演算推估人孔水位高度。而為避免迴流(即人孔產生溢流後，當人孔有體積可容納水體時，其溢流水又自人孔流入雨水下水道系統)演算過程過於繁雜，本研究並不考慮人孔溢流至地表後的迴流現象。此整合 SWMM 之 RUNOFF 與 EXTRAN 的模式稱為 IRES(Integration of Runoff and Extran System)。

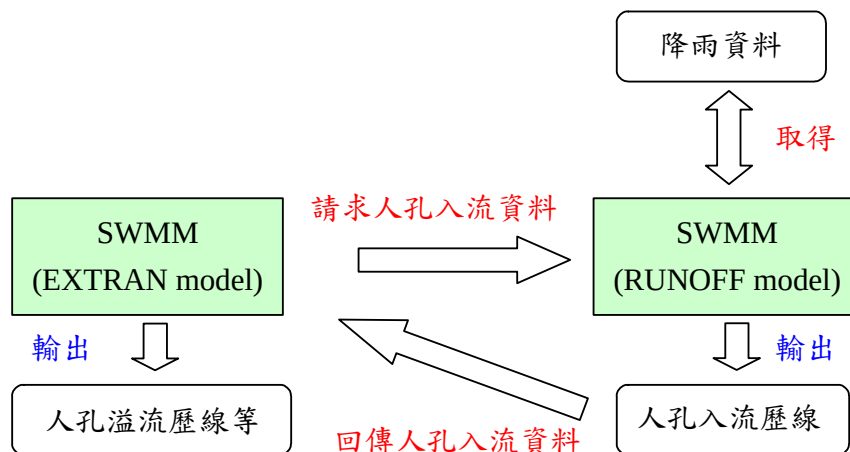


圖 4-21 IRES 模式整合流程

4.2.5.2. 即時水理模式技術

以防災決策的角度來看，如果能夠在暴雨產生積淹水之前進行排洪作業與居民疏散，其必能夠降低人民生命財產的損失，因此，本研究著重於如何在降雨資料接收後立即進行模擬暴雨可能產生的積淹水情況，以現今的技術而言，已發生前 12 小時的降雨量給予核心進行模擬後，當有第 13 小時的預測降雨量時(圖 4-22)如何進行模擬演算，下列分為兩種方式：

1. 事件起始時刻演算：將預測降雨量加入輸入資料量檔內從第一小時開始模擬運算。
2. 接續演算：將預測降雨量在模擬完 1 至 12 小時後加入，從第 13 小時開始模擬運算。

在上述的兩種方式中，第一種方式是目前較為常用的方法，在小區域的運算上面，其可行性較高，但是在大區域的演算上從頭演算較為耗時。相對的，接續演算可減少已知降雨量的重複演算，大大的降低耗損的時間，以利於防災決策分析。

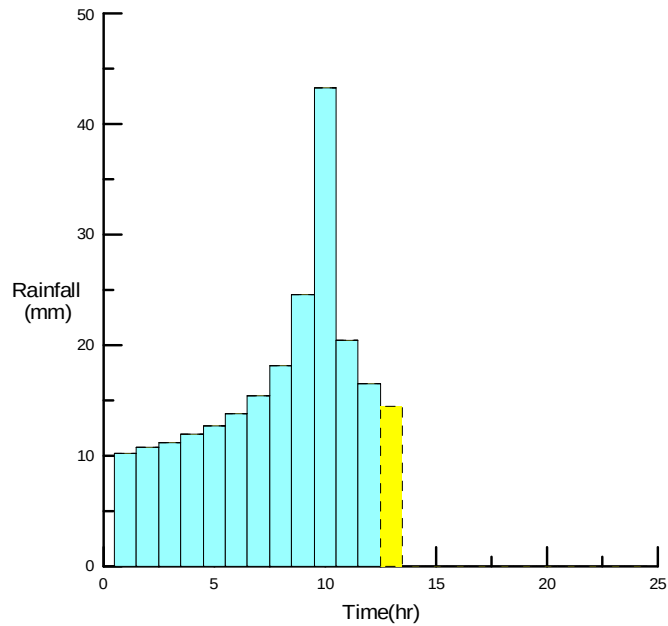


圖 4-22 預測第 13 小時降雨組體圖

本團隊為了進行後續即時線上模擬，已針對前期研究所採用之美國環保署SWMM模擬系統為核心，修改及擴充其部份功能後，開發出新的水理模擬核心，為了確定新水理模擬核心是否與SWMM執行後之結果相同，本團隊使用中港排水系統五年24小時之設計雨型模擬進行測試(圖 4-23)。分為下列步驟執行：

1. 執行原始 SWMM 取得對照值。
2. 執行 S4 系統觀看中港排水系統人孔位置(圖 4-26 中港排水系統人孔展示))。
3. 隨機抽取人孔樣號進行比對(圖 4-27 系統局部放大圖)。
4. 分段執行模擬，並將結果個別儲存。
5. 將結果繪製成圖表(圖 4-28 人孔編號 4335-04 分析~圖 4-29 人孔編號 4335-508 分析)。

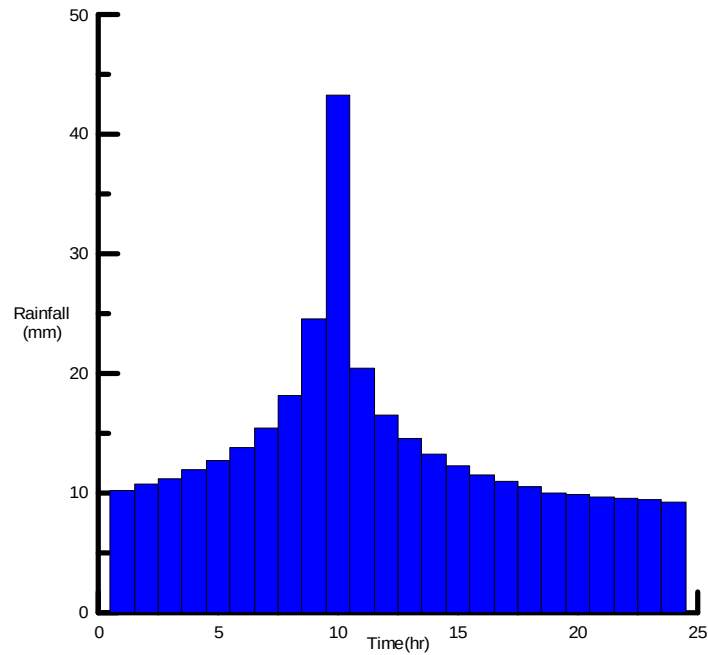
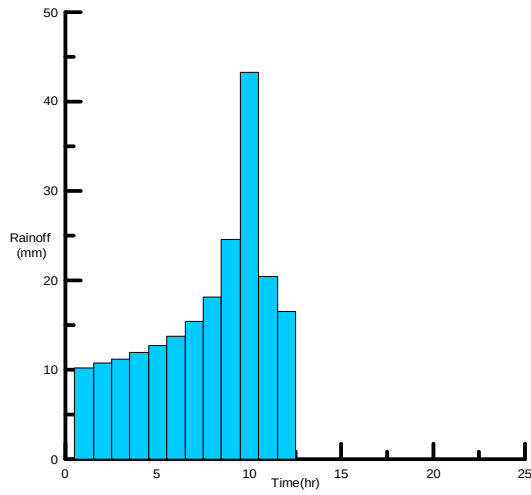
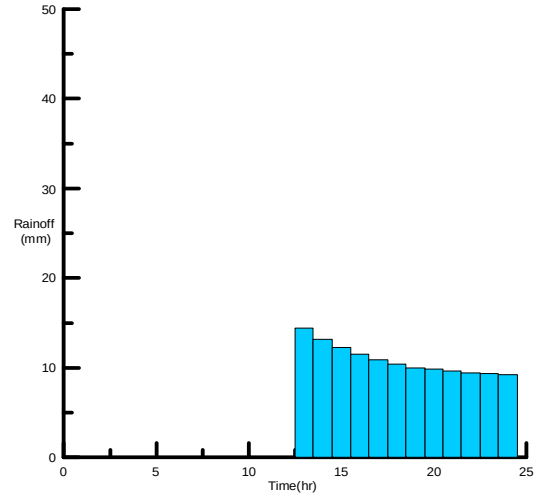


圖 4-23 降雨組體圖

對於新核心的分段模擬，在此採用分段模擬時距分別為 12hr、6hr、4hr、2hr 進行模擬。模擬時距 12hr 是將 24 小時之設計雨型(圖 4-23)分成兩段各為 12 小時之時段，一段為時間 1 至 12 小時之設計雨型(圖 4-24(A))，一段為 13 至 24 小時之設計雨型(圖 4-24 (B))。模擬時距 6hr 是將 24 小時之設計雨型(圖 4-23)分成四段各為 6 小時之時段，一段為時間 1 至 6 小時之設計雨型(圖 4-25 (A))，一段為 7 至 12 小時之設計雨型(圖 4-25 (B))，一段為時間 13 至 18 小時之設計雨型(圖 4-25 (C))，一段為 19 至 24 小時之設計雨型(圖 4-25 (D))。模擬時距 4hr 與模擬時距 2hr 以此類推。

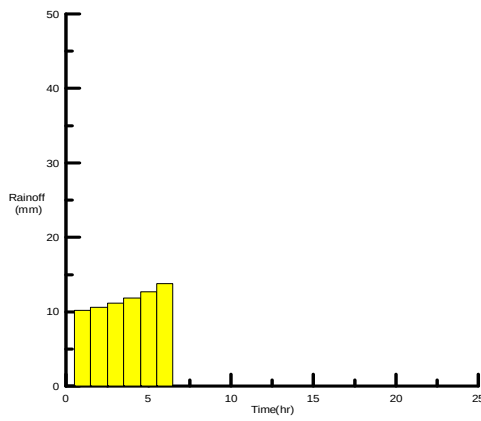


(A) 1 至 12 小時

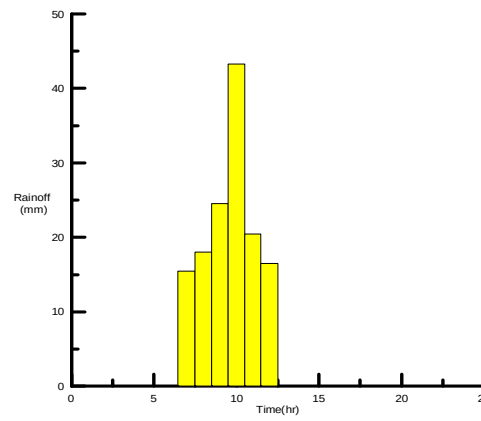


(B) 13 至 24 小時

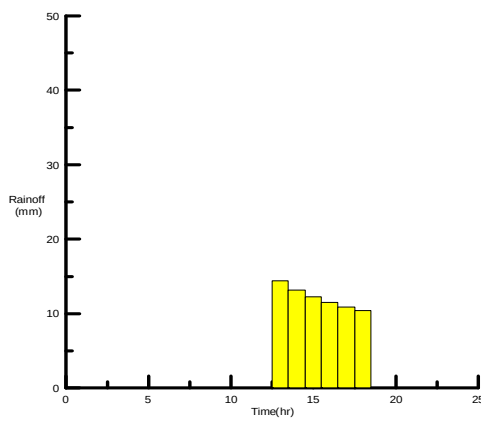
圖 4-24 十二小時區間降雨組體圖



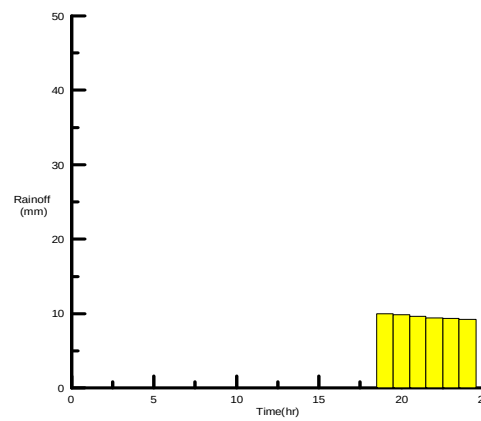
(A) 1 至 6 小時



(B) 7 至 12 小時



(C) 13 至 18 小時



(D) 19 至 24 小時

圖 4-25 六小時區間降雨組體圖

在 S4 的簡易 GIS 系統中可以清楚的看到整個中港排水系統的人孔位置(圖 4-26)，透過 GIS 系統隨機挑選人孔(圖 4-27)對 SWMM 與新核心進行比對。

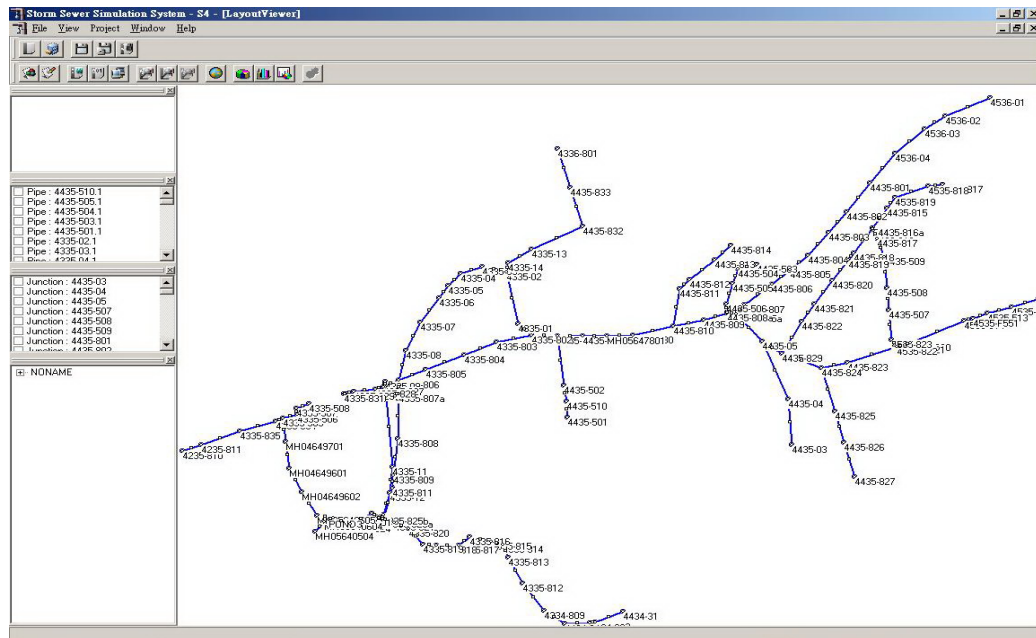


圖 4-26 中港排水系統人孔展示

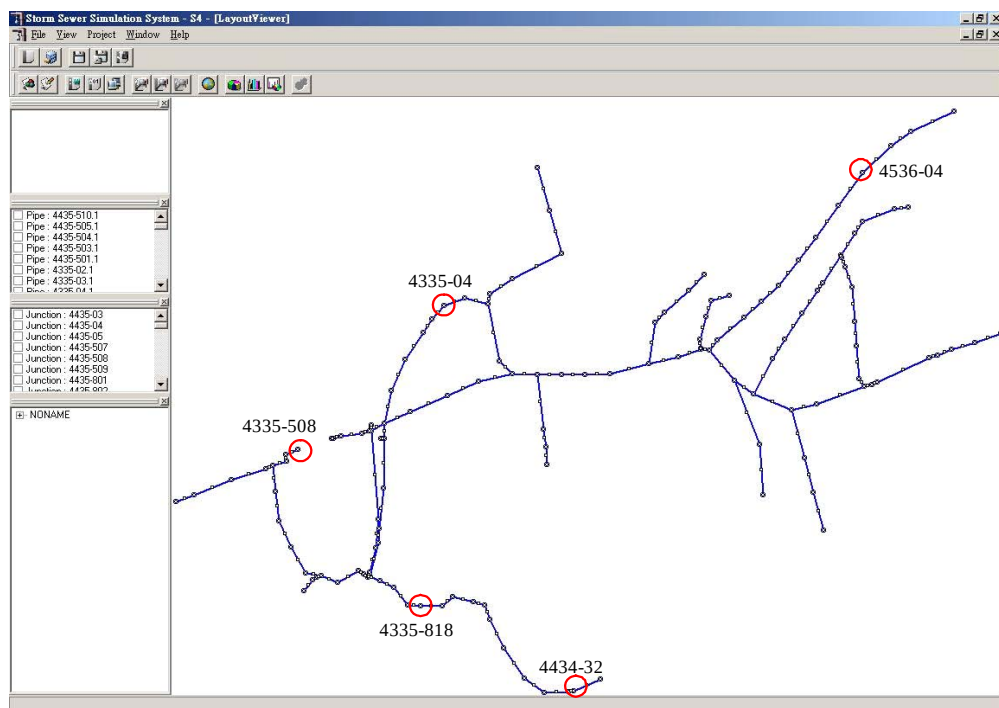


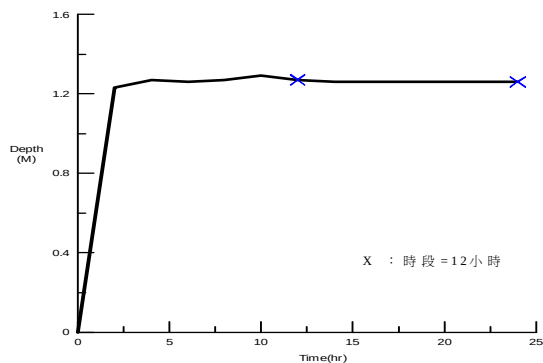
圖 4-27 系統局部放大圖

本團隊隨機挑選了人孔編號 4335-04、4335-508、4335-818、4434-32、4536-04 進行比對，將其數據資料整理成表 4-2~表 4-6，比對資料包含 SWMM、二區間(12 小時)、四區間(6 小時)、六區間(4 小時)、十二區間(2 小時)之模擬人孔水深，利用 SWMM 之模擬結果作為對照組，比對分段模擬之結果與 SWMM 之結果，並將其繪製成曲線圖(圖 4-28~圖 4-32)。

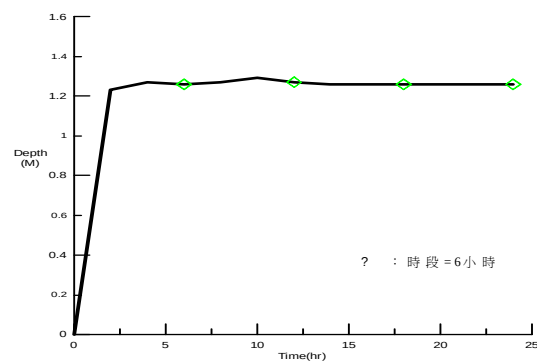
比對結果十分良好，僅有少數人孔模擬資料之誤差為 0.01，研判為電腦模擬運算時之進位誤差。故修改過後的新核心與 SWMM 模式模擬結果相同，因此可放置於本研究之 USIS 系統中使用。

表 4-2 人孔 4335-04 分析表

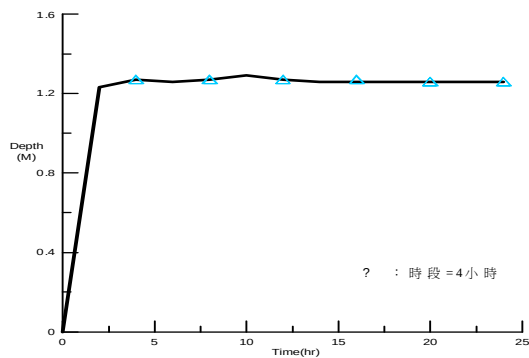
Time(hr)	SWMM(M)	2 區間(12 小時)	4 區間(6 小時)	6 區間(4 小時)	12 區間(2 小時)
0	0				
2	1.23				1.23
4	1.27			1.27	1.27
6	1.26		1.26		1.27
8	1.27			1.27	1.27
10	1.29				1.29
12	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27
14	1.26				1.27
16	1.26			1.27	1.27
18	1.26		1.26		1.26
20	1.26			1.26	1.26
22	1.26				1.26
24	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26



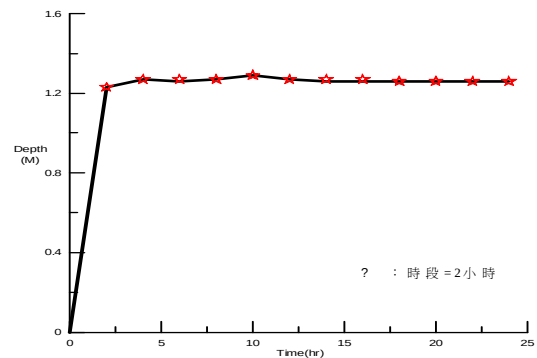
(A) 兩個區間



(B) 四個區間



(C) 六個區間



(D) 十二個區間

圖 4-28 人孔編號 4335-04 分析

表 4-3 人孔 4335-508 分析表

Time(h r)	SWMM(M)	2 區間(12 小 時)	4 區間(6 小 時)	6 區間(4 小 時)	12 區間(2 小 時)
0	0				
2	0.06				0.06
4	0.06			0.06	0.05
6	0.06		0.06		0.06
8	0.07			0.06	0.06
10	0.09				0.09
12	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
14	0.06				0.06
16	0.05			0.05	0.05
18	0.05		0.05		0.05
20	0.05			0.05	0.05
22	0.05				0.05
24	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

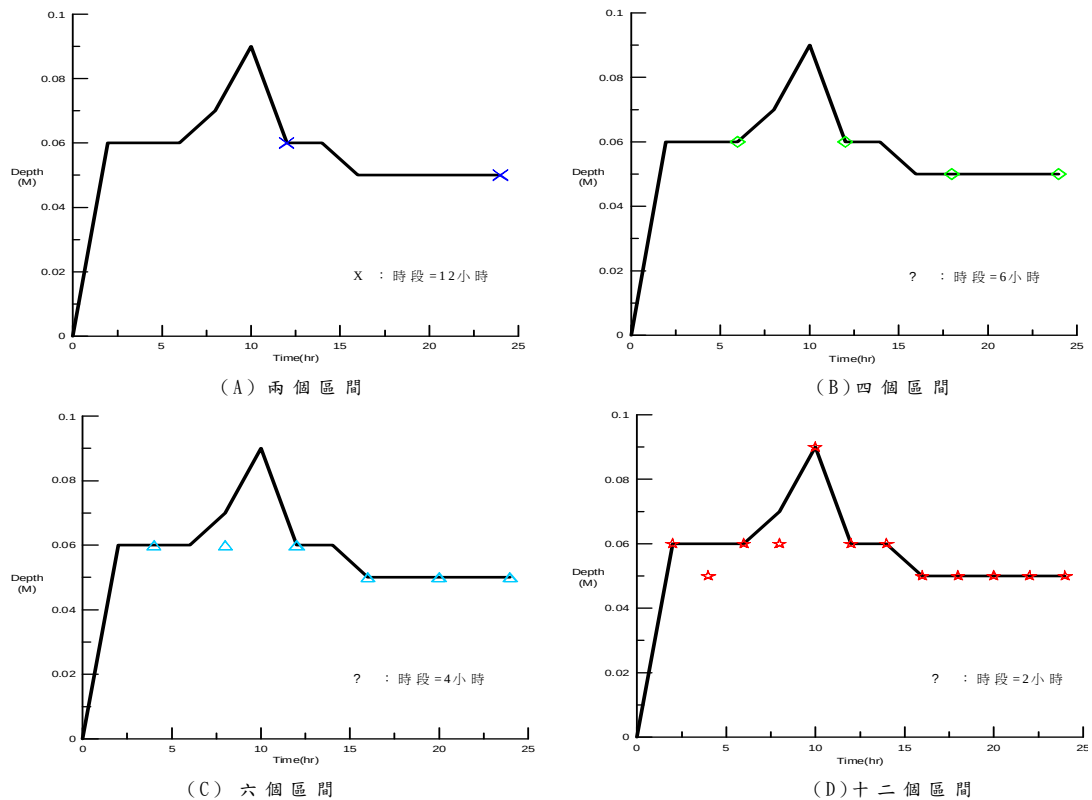


圖 4-29 人孔編號 4335-508 分析

表 4-4 人孔 4335-818 分析表

Time(hr)	SWMM(M)	2 區間(12 小時)	4 區間(6 小時)	6 區間(4 小時)	12 區間(2 小時)
0	0				
2	1.74				1.74
4	1.74			1.74	1.74
6	1.74		1.74		1.74
8	1.75			1.75	1.75
10	1.75				1.75
12	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74
14	1.74				1.74
16	1.74			1.74	1.74
18	1.74		1.74		1.74
20	1.74			1.74	1.74
22	1.74				1.74
24	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74

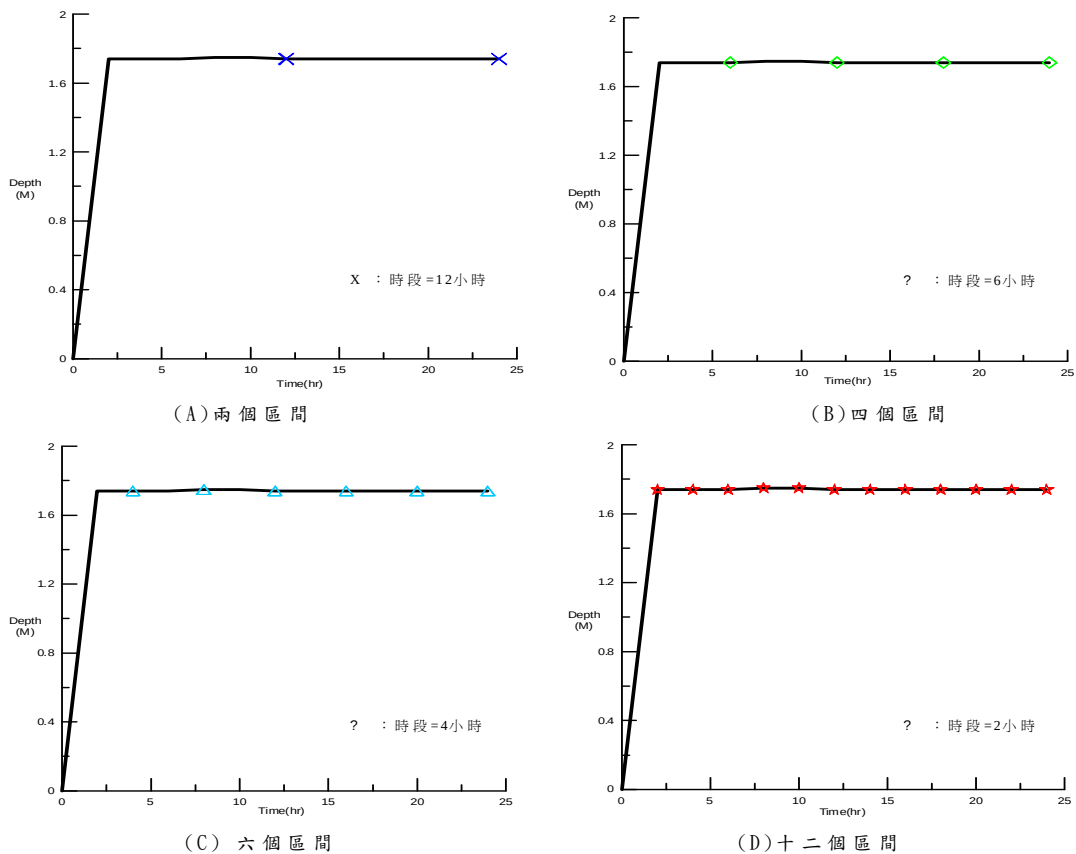
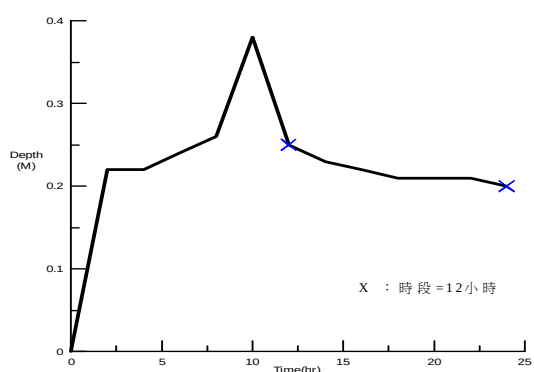


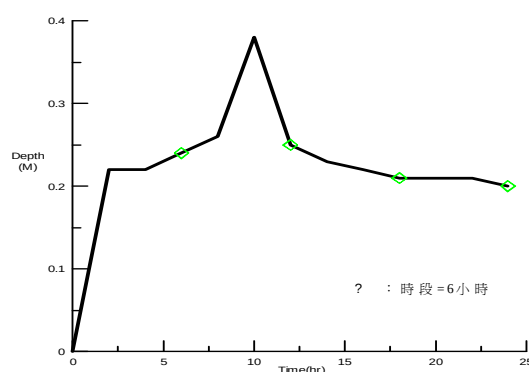
圖 4-30 人孔編號 4335-818 分析

表 4-5 人孔 4434-32 分析表

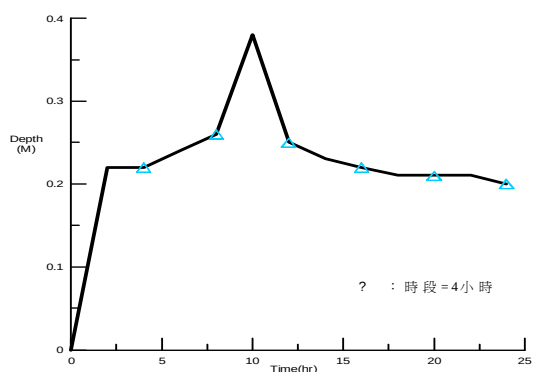
Time(hr)	SWMM(M)	2 區間(12 小時)	4 區間(6 小時)	6 區間(4 小時)	12 區間(2 小時)
0	0				
2	0.22				0.22
4	0.22			0.22	0.22
6	0.24		0.24		0.24
8	0.26			0.26	0.26
10	0.38				0.38
12	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
14	0.23				0.23
16	0.22			0.22	0.22
18	0.21		0.21		0.21
20	0.21			0.21	0.21
22	0.21				0.21
24	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2



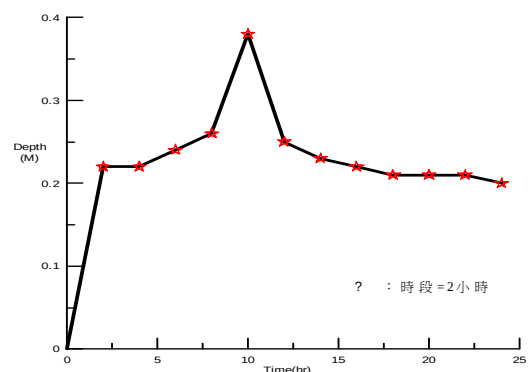
(A) 兩個區間



(B) 四個區間



(C) 六個區間

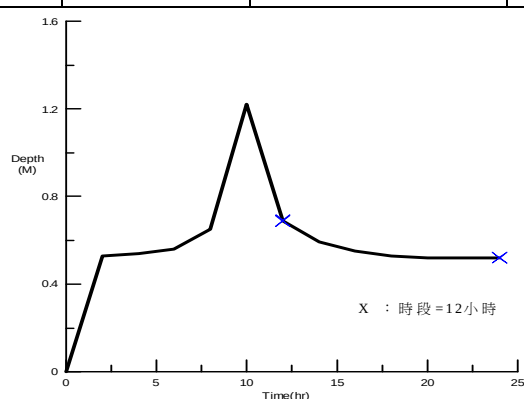


(D) 十二個區間

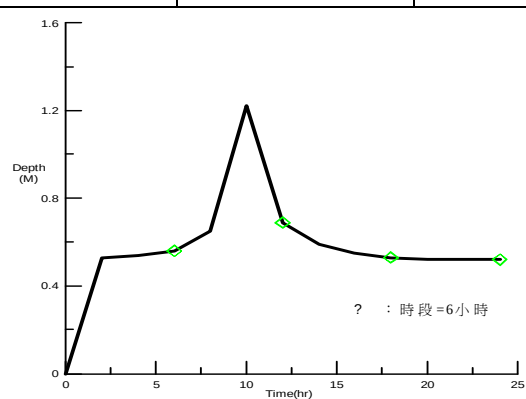
圖 4-31 人孔編號 4434-32 分析

表 4-6 人孔 4536-04 分析表

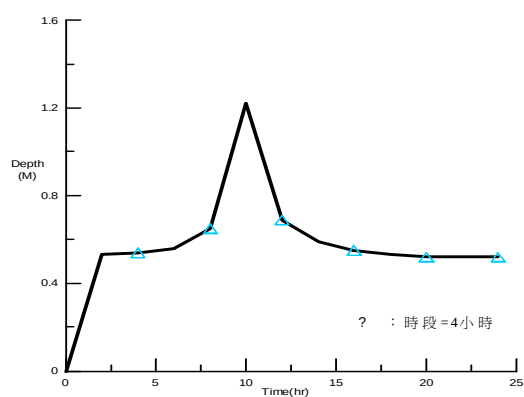
Time(hr)	SWMM(M)	2 區間(12 小時)	4 區間(6 小時)	6 區間(4 小時)	12 區間(2 小時)
0	0				
2	0.53				0.53
4	0.54			0.54	0.54
6	0.56		0.56		0.56
8	0.65			0.65	0.65
10	1.22				1.22
12	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69
14	0.59				0.59
16	0.55			0.55	0.55
18	0.53		0.53		0.53
20	0.52			0.52	0.52
22	0.52				0.52
24	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52



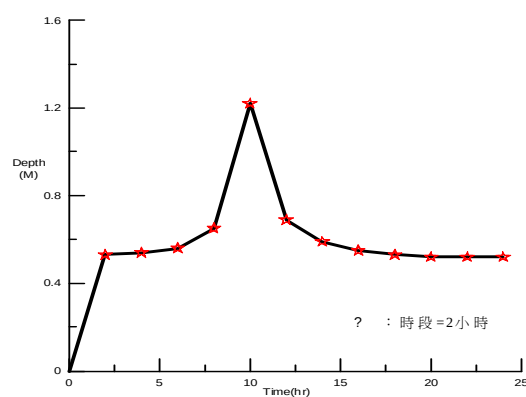
(A) 兩個區間



(B) 四個區間



(C) 六個區間



(D) 十二個區間

圖 4-32 人孔編號 4536-04 分析

其次，為了確定 IRES 在演算效率上較原始 SWMM 快速，本團隊將兩個核心分別進行 300 次反覆運算，並經由 300 次反覆運算所耗費的時間計算進行一次完整的運算所耗費的平均時間，測試設備如下表 4-7。在模擬方法上一樣採用前述之分段模擬，以 24 小時為基準，分為 2 段進行演算其時距為 12hr，分為 4 段進行演算其時距為 6hr，時距 4hr 與 2hr 模擬演算以此類推。

表 4-7 測試硬體設備

名稱	硬體設備
個人電腦	CPU：Intel Pentiumn 5 3.4G RAM：1G HDD：160G

對於原始 SWMM 而言，12hr 時距模擬是由 Runoff 先演算 0 至 12 小時再進行 Extran 0 至 12 小時的演算，最後由 Runoff 先演算 0 至 24 小時再進行 Extran 0 至 24 小時的演算。而 6hr 時距模擬是由 Runoff 先演算 0 至 6 小時再進行 Extran 0 至 6 小時的演算，其次是由 Runoff 先演算 0 至 12 小時再進行 Extran 0 至 12 小時的演算，再由 Runoff 先演算 0 至 18 小時再進行 Extran 0 至 18 小時的演算，最後由 Runoff 先演算 0 至 24 小時再進行 Extran 0 至 24 小時的演算(如圖 4-33)。

對於 IRES 而言，12hr 時距模擬是由 Runoff 先演算 0 至 12 小時再進行 Extran 0 至 12 小時的演算，最後由 Runoff 先演算 13 至 24 小時再進行 Extran 13 至 24 小時的演算。而 6hr 時距模擬是由 Runoff 先演算 0 至 6 小時再進行 Extran 0 至 6 小時的演算，其次是由 Runoff 先演算 7 至 12 小時再進行 Extran 7 至 12 小時的演算，再由 Runoff 先演算 13 至 18 小時再進行 Extran 13 至 18 小時的演算，最後由 Runoff 先演算 19 至 24 小時再進行 Extran 19 至 24 小時的演算(如圖 4-34)。

在測試完成後將其結果整理成表 4-8 與圖 4-35 測試時間比較曲線，由圖表可發現新核心的運算效率大於 SWMM，並且隨著分段數目的增加其效能差距越明顯，因此新模擬核心能夠為 USIS 即時模擬系統提高其演算效能，減少反覆運算所耗損的時間。

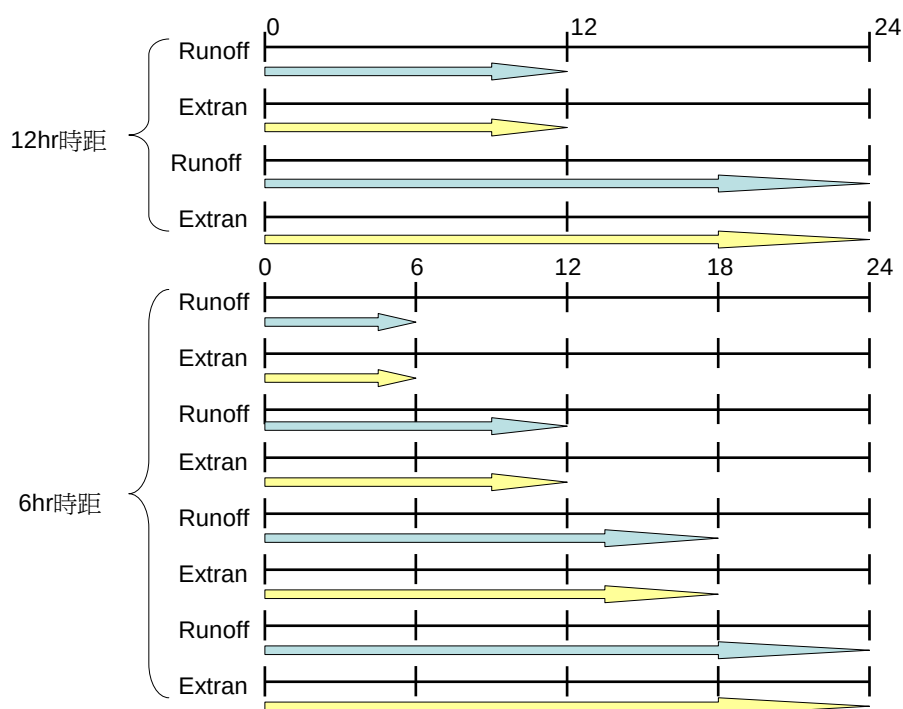


圖 4-33 SWMM 分段運算示意

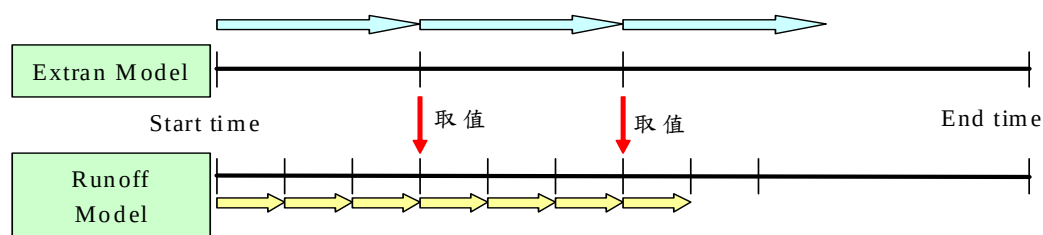


圖 4-34 IRES 模擬運算流程

表 4-8 測試時間

	SWMM(秒)	IRES(秒)	秒差 (秒)
12HR 時距	19.57	17.36	2.21
6HR 時距	33.07	20.92	12.15
4HR 時距	47.51	24.66	22.85
2HR 時距	87.74	32.32	55.42

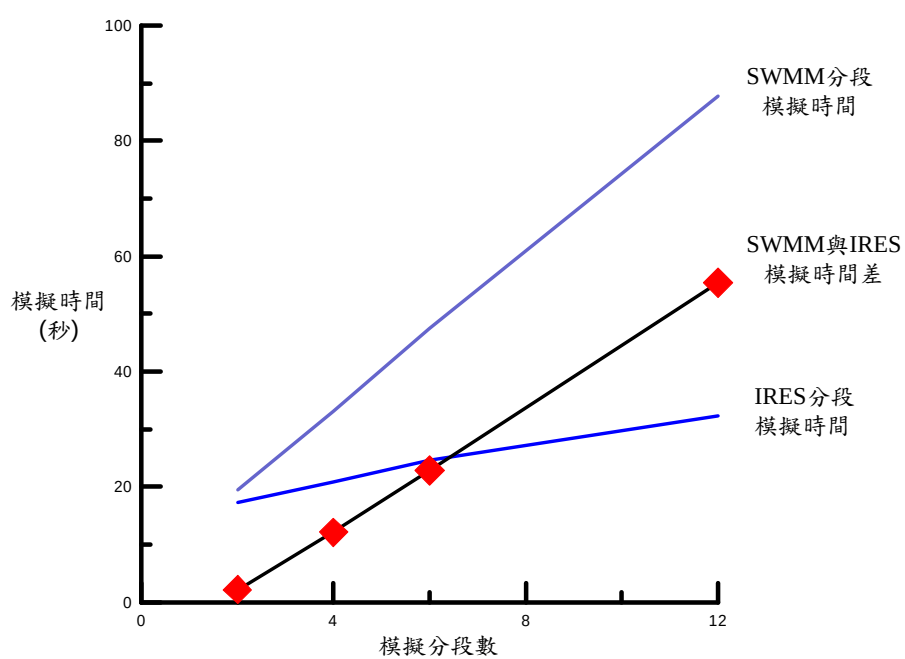


圖 4-35 測試時間比較曲線

4.2.6. USIS—系統展示

USIS 系統網頁主要是利用 XOOPS 架構所開發，大致分為三欄，左為主選單、中間為展示區、右側為使用者功能選單，如圖 4-36 USIS 系統，主選單中包含了計劃目的、計劃發展背景、歷年成果、工作團隊、USIS 系統及 USIS 討論區、下載中心以及相關連結，敘述計劃發展的過程以及歷年來的成果，現下結合了 Web GIS 系統與雨量水位資料查詢子系統，從系統網頁登入後，點選主選單的 USIS 可見如圖 4-36 USIS 系統的頁面，而 USIS 系統主要有，預警系統、即時查詢、GIS 地圖系統與歷史監測查詢，目前只建構完成 GIS 地圖系統與歷史監測查詢部分。



圖 4-36 USIS 系統

4.2.6.1. Web GIS 子系統

由於台北市水利處提供了部分人孔、雨水下水道管線、下水道水位站、水利處雨量站、抽水站、台北市政府行政區、台北市河川及中港、實踐、保儀和六館抽水站集水分區等的圖資，使得系統中的 Web GIS 子系統得以展示資訊。

於圖 4-36 USIS 系統 USIS 系統中點選 GIS 地圖系統可見如圖 4-37 之畫面，頁面大致分為兩欄，左側為地圖顯示區，右側為功能區；功能區上方小地圖為參考圖，圖中會以紅框顯示目前所瀏覽地圖之區域；而功能區下方為地圖縮放功能與圖層顯示設定，而地圖縮放可於 size 前的小方框自行輸入縮放倍率（整數），選擇放大或縮小後點選更新按鈕或以滑鼠點左側地圖即可產生新的地圖畫面如圖 4-38、圖 4-39，而滑鼠在地圖上所點的位置，會成為新地圖的中心點。

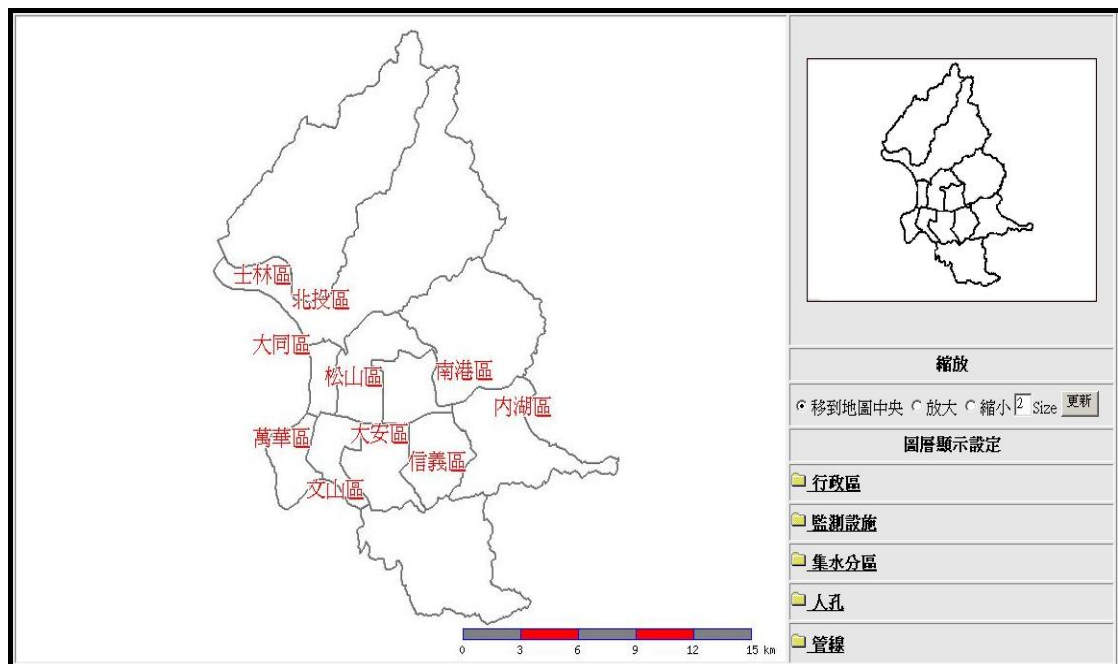


圖 4-37 Web GIS 子系統展示台北市行政區



圖 4-38 此圖為放大 2 倍的結果

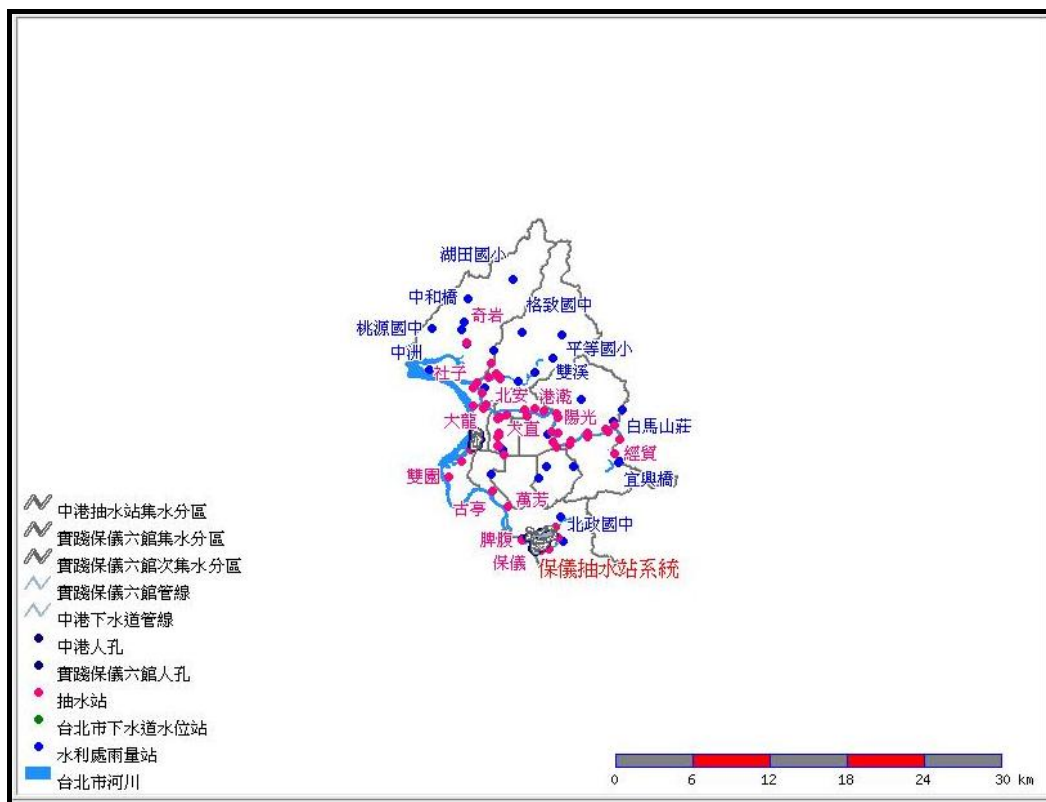


圖 4-39 此圖為縮小 2 倍的結果

圖層顯示設定部份，為樹狀選單如圖 4-40，在選單中選取欲觀看之資料後點更新，並適當的移動跟縮放地圖，即可觀看所選取之資料如圖 4-41、圖 4-42、圖 4-43 分別為中港抽水站集水分區、實踐保儀抽水站集水分區和六館抽水站集水分區。而地圖左下方之圖例會隨所選圖層而變動如圖 4-44，比例尺亦會隨圖縮放而更動。

縮放	
☐ 移到地圖中央	☐ 放大 ☒ 縮小 2 Size 更新
圖層顯示設定	
☒ 行政區	
☒ 台北市行政區	
☒ 台北市河川	
☒ 監測設施	
☒ 下水道水位站	
☒ 水利處雨量站	
☒ 抽水站	
☒ 集水分區	
☒ 人孔	
☒ 中港人孔	
☐ 中港人孔編碼	
☒ 實踐保儀六館人孔	
☐ 實踐保儀六館人孔編碼	
☒ 管線	

圖 4-40 圖層功能



圖 4-41 中港抽水站集水分區

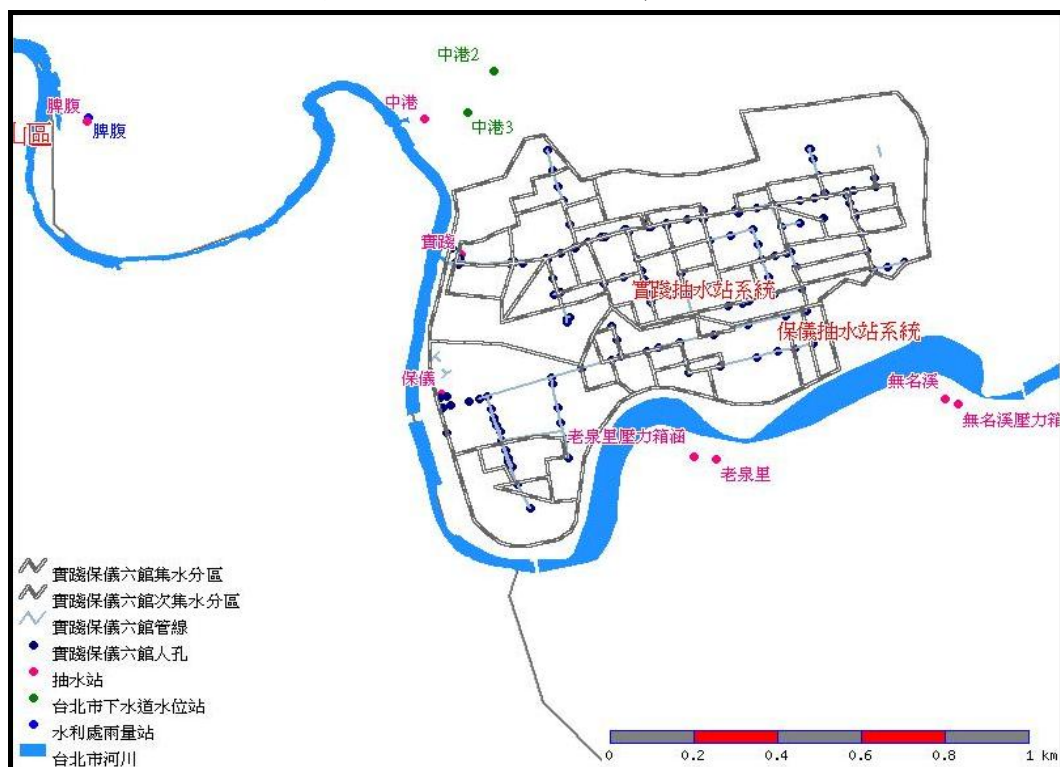


圖 4-42 實踐保儀抽水站集水分區



圖 4-43 六館抽水站集水分區

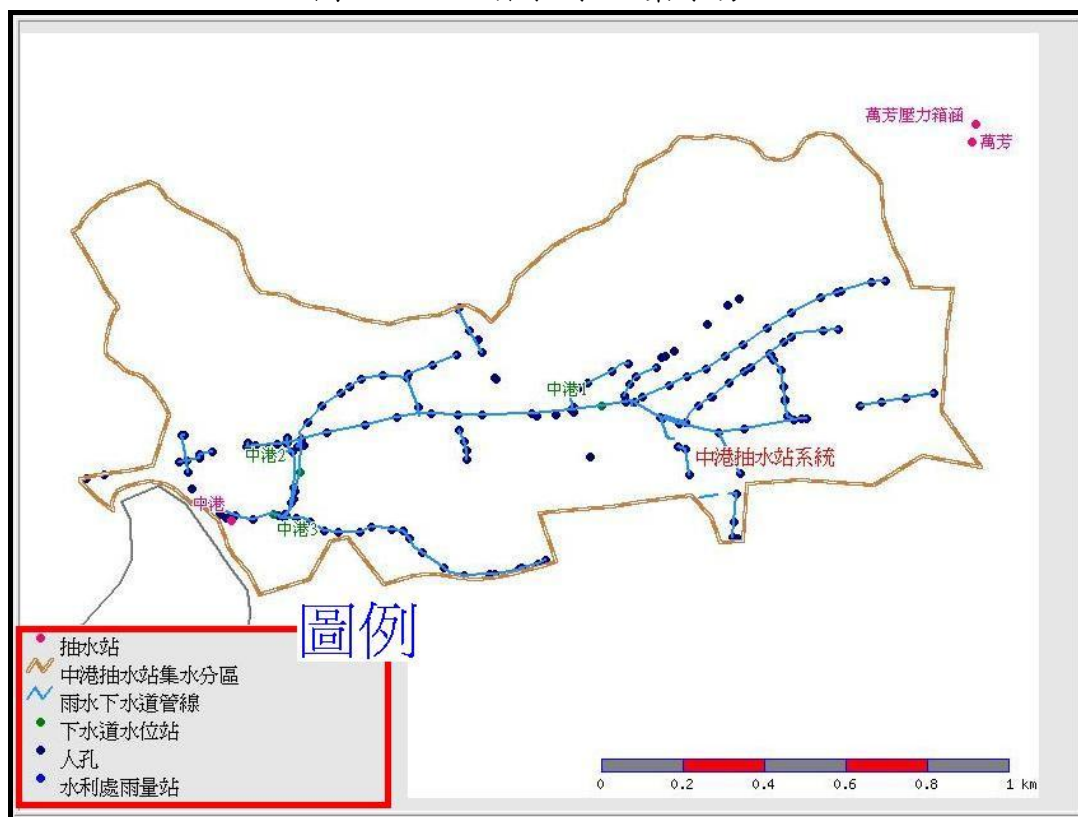


圖 4-44 圖例表

4.2.6.2. 雨量水位資料查詢子系統

目前雨量水位資料查詢子系統與 Web GIS 子系統已完成初步整合，點選圖 4-36 中的歷史雨量查詢或歷史水位查詢即可看到如圖 4-45 之畫面，左側為雨量水位資料查詢子系統的樹狀選單如圖 4-46，右側為 Web GIS 子系統。

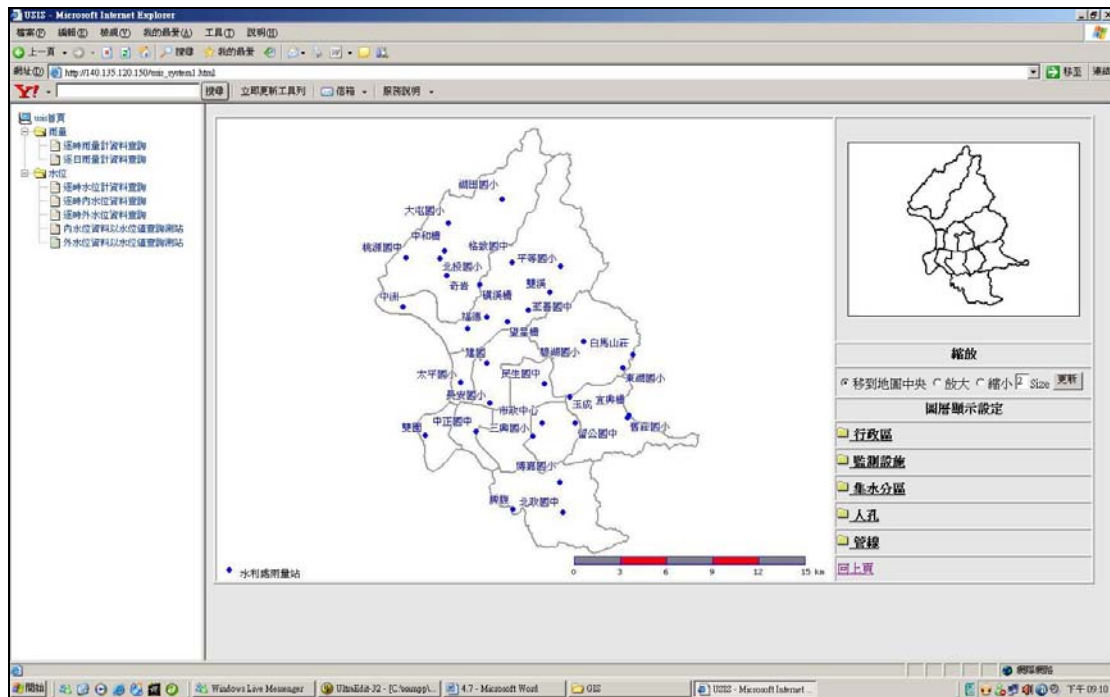


圖 4-45 歷史雨量查詢系統畫面



圖 4-46 雨量水位資料查詢子系統之樹狀選單

(1) 逐時、日雨量計查詢

使用者可以選擇時間與測站，查詢時間內範圍的雨量如圖 4-47，可以選擇雨量站，並設定查詢起迄時間，選好後按送出即可得查詢結果如，可以知道雨量和圖 4-48 該雨量所發生的事件名稱（如颱風），並有繪製雨量組體圖，縱軸為雨量單位（mm），橫軸為時間，若資料量過大可按下一頁觀看後續資料，但雨量組體圖部分需自行按下重新繪圖才能同步更新資訊。



圖 4-47 湖田國小逐時雨量資料查詢

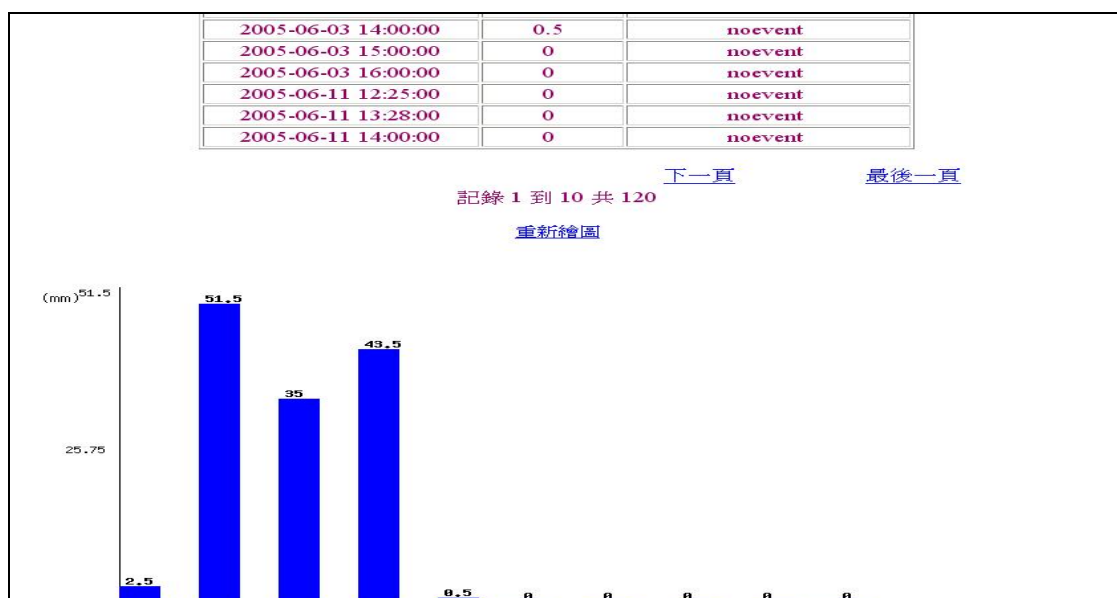


圖 4-48 逐時雨量查詢結果

(2) 逐時水位計資料查詢

水位計資料查詢（如圖 4-49、圖 4-50）可以查詢測站水位計在某時間範圍內的變化，使用方式如同 4.7.2.1 節，差別在於繪圖部份以水位歷線圖表示水位變動的趨勢。

圖 4-49 逐時水位計資料查詢

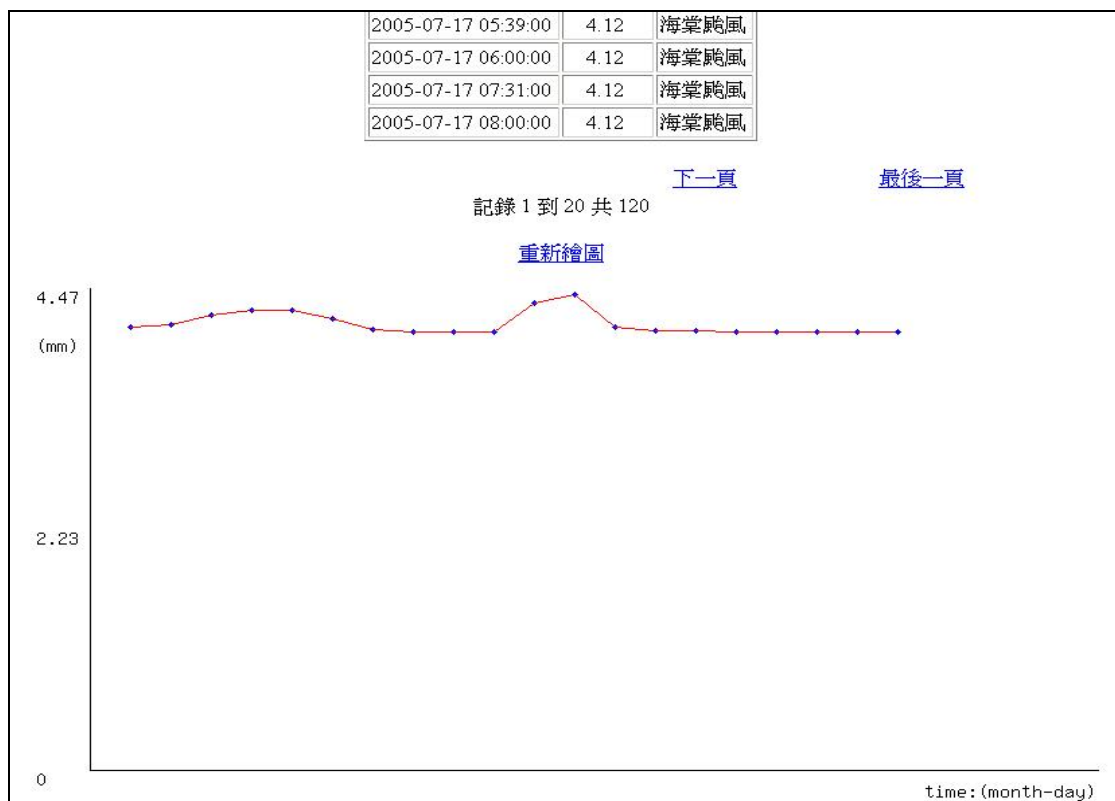


圖 4-50 逐時水位計資料查詢結果

(4) 逐時內、外水位資料查詢

每一個測站有分為外水位與內水位，此查詢功能可以查詢時間範圍內的水位計變化，如圖 4-51、圖 4-52。



圖 4-51 逐時內水位資料查詢（以萬芳測站為例）

萬芳逐時內水位資料	
查詢時間：2002/1/1至2007/1/1	
紀錄時間	水位(mm)
2002-01-01 00:20:51	13.19
2002-01-01 02:00:50	13.19
2002-01-01 03:01:17	13.19
2002-01-01 04:02:05	13.18
2002-01-01 05:00:51	13.17

圖 4-52 逐時內水位查詢結果

(5) 內、外水位資料以水位值查詢測站

在此功能裡面，可以水位值來查詢測站，可以選定時間和水位值來查詢資料，水位設定部份可選擇大於、等於、小於所選定的水位高，如圖 4-53、圖 4-54。



逐時內水位資料查詢

水位	水位 = 13.19
查詢起始時間	西元 2002 年 1 月 1 日
查詢結束時間	西元 2007 年 1 月 1 日

送出

圖 4-53 內水位資料以水位值查詢測站

逐時內水位資料

查詢時間：2002/1/1至2007/1/1

查詢水位：大於13.19

紀錄時間	測站名	內水位(mm)
2002-01-01 00:00:00	道南	13.78
2002-01-01 00:10:22	道南	13.76
2002-01-01 00:20:50	道南	13.76
2002-01-01 00:21:52	道南	13.76
2002-01-01 00:30:37	道南	13.76
2002-01-01 00:40:30	道南	13.76

圖 4-54 內水位資料以水位值查詢結果

4.3. 抽水站設計及操作合理性分析檢討—以第四分區抽水

站系統為主要實際案例分析

使用 SWMM 模擬雨水下水道系統之水理條件時，其系統入流量的給定是利用 SWMM 中地表逕流模式進行演算推估，而地表逕流模式是透過降雨資料來進行演算，又因為台北市之雨水下水道是依據設計雨型興建，所以為了分析台北市抽水站系統之合理性，本研究團採用台北市之設計雨型進行分析。本研究針對第四分區之中港、實踐與保儀木新抽水站系統，進行抽水站系統實際案例模擬及分析。

4.3.1. 設計雨型推估

設計雨型為水利工程上許多電腦模式所不可欠缺之基本資料。為模擬 X 頻率年之最大降雨，其設計雨型求算方法有許多種，通常在應用合理化公式時，配合該地區 X 頻率年降雨強度公式求算設計雨型，其方法之一乃是：以某一時距為降雨時間單位 ΔT （一般以集水分區之集流時間 T_c 作為時距 ΔT ），一場設計雨型可由 N 個 ΔT 構成，則其降雨延時為 $N\Delta T$ 。然後再將不同降雨時間 ΔT ， $2\Delta T$ ， $3\Delta T$ ， $4\Delta T$...， $N\Delta T$ 代入降雨強度公式，計算其對應之累積降雨強度 a, b, c, d...，而後再求各段降雨時間之降雨強度 a, 2b-a, 3c-2b, 4d-3c...，最後則依降雨尖峰發生時間之不同，可分為前峰式、中央式及後峰式等三種設計雨型，其中前峰式設計雨型為降雨尖峰 a 發生在降雨之最初時刻，2b-a, 3c-2b, 4d-3c...依序排列遞減之，後峰式設計雨型為降雨尖峰 a 發生在降雨之最末時刻，而 2b-a, 3c-2b, 4d-3c...則依相反次序排列之，至於中央式設計雨型為降雨尖峰 a 發生在降雨之中間時刻，而 2b-a 及 3c-2b 則分別排列於 a 之右側及左側，其餘依此類推之。

由上可知，台北市 5 年一次頻率 90 分鐘暴雨之設計雨型，可以

由表 4-9 查得 5 年一次頻率之 $I = 8606 / (t + 49.14)$ ，設集水分區之集流時間為 5 分鐘，因此以 5 分鐘作為時距 ΔT ，累積降雨強度 a, b, c, d... 以及各段降雨時間之降雨強度 a, 2b-a, 3c-2b, 4d-3c...之計算詳見表 4-10 降雨強度計算表，以降雨延時 30 分鐘時為尖峰 a 依序排列即為設計雨型(圖 4-55)，10 年 90 分鐘與 20 年 90 分鐘以此類推(表 4-11、圖 4-56、表 4-12、圖 4-57)，以 5 年 24 小時為準(表 4-13、圖 4-58)。

表 4-9 台北市政府(短延時)降雨強度公式表

地區	頻率年		
	5 年	10 年	20 年
台北	$9606 / (t + 49.14)$	$346.3 / t^{0.330}$	$363.7 / t^{0.327}$

資料來源：台北市政府工務局（1989），台北市山坡地開發建築基地規劃設計技術規範。

表 4-10 5 年 90 分鐘(mm/hr)

降雨延時(分鐘)		累積降雨強度		降雨強度	設計雨型
5	a	158.96	a	158.96	45.31
10	b	145.52	2b-a	132.08	56.38
15	c	134.18	3c-2b	111.49	72.08
20	d	124.47	4d-3c	95.36	95.36
25	e	116.08	5e-4d	82.50	132.08
30	f	108.74	6f-5e	72.08	158.96
35	g	102.28	7g-6f	63.51	111.49
40	h	96.54	8h-7g	56.38	82.50
45	i	91.42	9i-8h	50.40	63.51
50	j	86.81	10j-9i	45.31	50.40
55	k	82.64	11k-10j	40.96	40.96
60	l	78.85	12l-11k	37.21	37.21
65	m	75.40	13m-12l	33.95	33.95
70	n	72.23	14n-13m	31.10	31.10
75	o	69.32	15o-14n	28.59	28.59
80	p	66.64	16p-15o	26.38	26.38
85	q	64.16	17q-16p	24.41	24.41
90	r	61.85	18r-17q	22.66	22.66

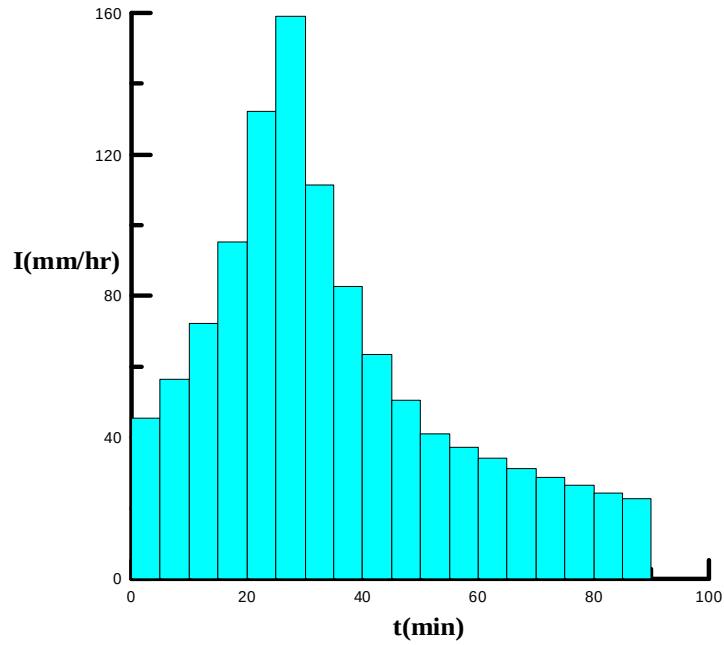


圖 4-55 5 年 90 分鐘之設計雨型

表 4-11 10 年 90 分鐘(mm/hr)

降雨延時(分鐘)		累積降雨強度		降雨強度	設計雨型
5	a	203.61	a	203.61	64.91
10	b	161.98	2b-a	120.35	70.18
15	c	141.69	3c-2b	101.12	77.77
20	d	128.86	4d-3c	90.36	90.36
25	e	119.71	5e-4d	83.12	120.35
30	f	112.72	6f-5e	77.77	203.61
35	g	107.13	7g-6f	73.59	101.12
40	h	102.51	8h-7g	70.18	83.12
45	i	98.60	9i-8h	67.34	73.59
50	j	95.23	10j-9i	64.91	67.34
55	k	92.29	11k-10j	62.80	62.80
60	l	89.67	12l-11k	60.94	60.94
65	m	87.34	13m-12l	59.28	59.28
70	n	85.23	14n-13m	57.80	57.80
75	o	83.31	15o-14n	56.45	56.45
80	p	81.55	16p-15o	55.22	55.22
85	q	79.94	17q-16p	54.09	54.09
90	r	78.44	18r-17q	53.05	53.05

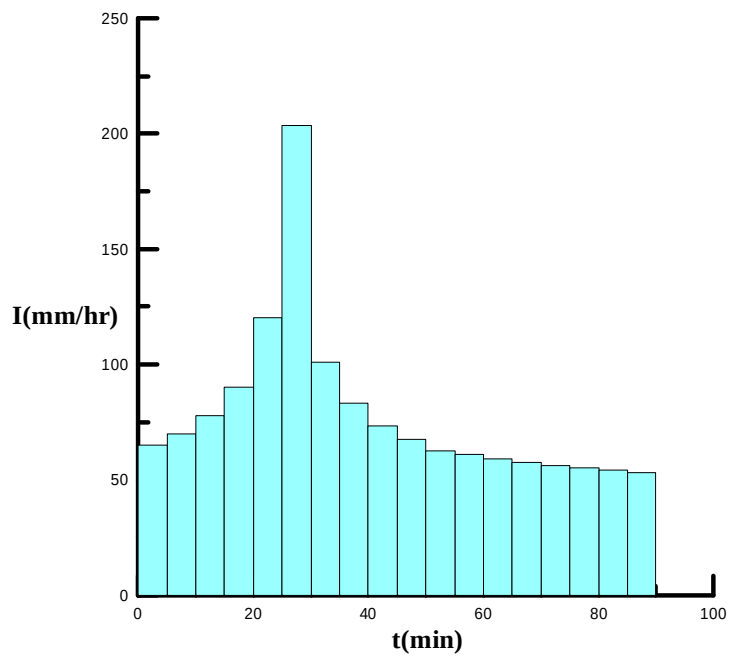


圖 4-56 10 年 90 分鐘之設計雨型

表 4-12 20 年 90 分鐘(mm/hr)

降雨延時(分鐘)		累積降雨強度		降雨強度	設計雨型
5	a	214.87	a	214.87	69.27
10	b	171.29	2b-a	127.72	74.85
15	c	150.02	3c-2b	107.48	82.86
20	d	136.55	4d-3c	96.15	96.15
25	e	126.95	5e-4d	88.51	127.72
30	f	119.60	6f-5e	82.86	214.87
35	g	113.72	7g-6f	78.44	107.48
40	h	108.86	8h-7g	74.85	88.51
45	i	104.75	9i-8h	71.84	78.44
50	j	101.20	10j-9i	69.27	71.84
55	k	98.09	11k-10j	67.04	67.04
60	l	95.34	12l-11k	65.07	65.07
65	m	92.88	13m-12l	63.32	63.32
70	n	90.66	14n-13m	61.75	61.75
75	o	88.63	15o-14n	60.32	60.32
80	p	86.78	16p-15o	59.02	59.02
85	q	85.08	17q-16p	57.82	57.82
90	r	83.50	18r-17q	56.72	56.72

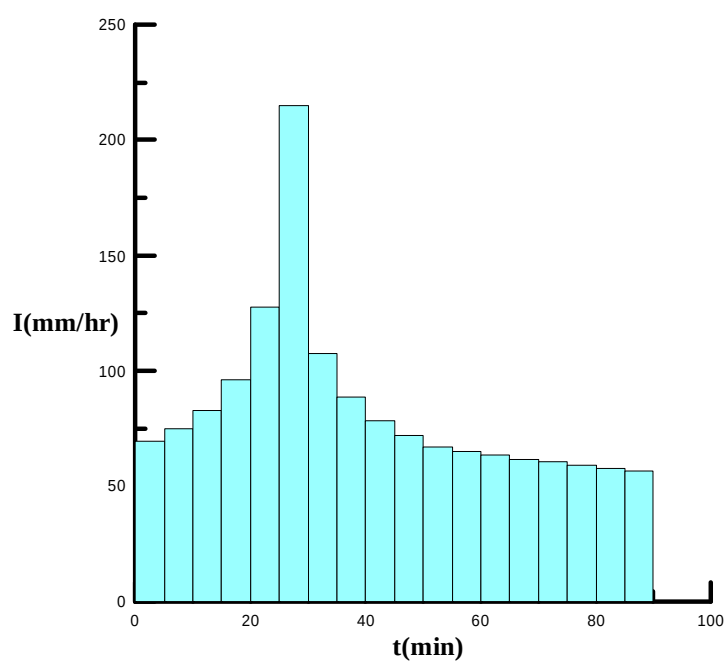


圖 4-57 20 年 90 分鐘之設計雨型

表 4-13 5 年 24 小時

小時 (hr)	設計雨型 (mm/hr)	小時 (hr)	設計雨型 (mm/hr)
1	10.20	13	14.50
2	10.70	14	13.20
3	11.20	15	12.30
4	11.90	16	11.50
5	12.70	17	10.90
6	13.80	18	10.50
7	15.40	19	10.00
8	18.10	20	9.90
9	24.60	21	9.70
10	43.30	22	9.50
11	20.40	23	9.40
12	16.50	24	9.20

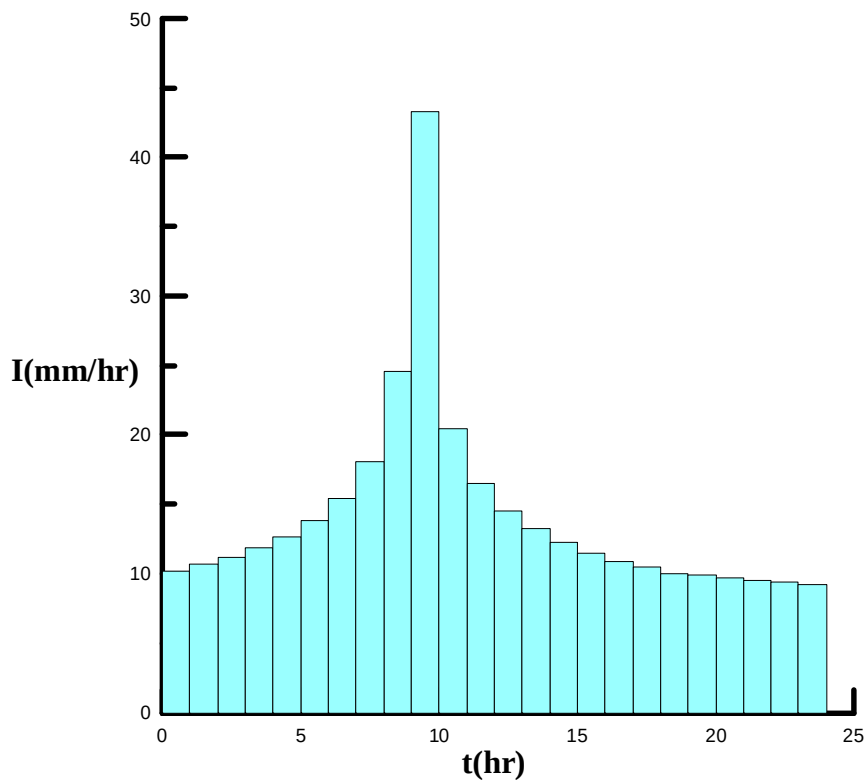


圖 4-58 5 年 24 小時之設計雨型

4.3.2. 抽水站系統現況

1. 中港抽水站系統：

(1) 管線系統：

中港抽水站承接木柵路及下崙路兩大幹線系統，經民國 89 年重新劃分集水分區，將秀明路與木柵路三段交會口以南約 27 公頃之範圍劃分為木新抽水站集水區後，本區總集水面積僅約 122.4 公頃，本區主要收集木柵路線以北山區之雨水，下崙路幹線全長約 607 公尺，全線以箱涵為主，在光明路與木柵路幹線會合後進入中港抽水站。

本區光輝路光明公園附近於 88 年 6、7 月間豪雨及 89 年 11 月象神颱風期間，嚴重積水，經台北市政府養工處調查處理及水理檢討

結果發現，該處積水系因公明公園地形標高為中港抽水站系統中相對之最低點，且中港抽水站集水區兩大幹線在光明公園交會，易造成流況紊亂，加上排水幹線段面束縮及有逆坡坎，迫使上游水位抬高，排水不良。另外中港抽水站現有抽水容量為每秒 15 立方公尺，無法滿足現況集水區 5 年暴雨頻率所設計逕流量之抽水容量需求等因所造成。本區經檢討以減少及水面積、改善逆坡情形及在光明公園下幹線匯流處改設大型匯流池及增加抽水機組來改善易積淹水之情況。

(2) 抽水站設施：

中港抽水站集水面積約 122.4 公頃，原有 3 台額定抽水量為 5CMS 之抽水機，設計抽水量為 15CMS，經改善後，增加 12CMS 之抽水機組，目前最大抽水量可達 27CMS。

2. 實踐抽水站系統：

(1) 管線系統：

實踐抽水站承接忠順街幹線，主要排除中順街北側至木新路間地區之雨水，總集水面積 48.0 公頃，幹線長度約 2745 公尺。

(2) 抽水站設施：

實踐抽水站現有 1 台額定抽水量為 2.67CMS 及 2 台額定抽水量為 3.00CMS 之抽水機，設計抽水量為 8CMS。

3. 保儀抽水站系統：

(1) 管線系統：

經民國 89 年重新劃分集水分區，將木新路二段 299 巷口處上游段之集水面積約 39 公頃之範圍劃為木新抽水站集水區後，本區之總集水面積僅 26.6 公頃。

(2) 抽水站系統：

保儀抽水站集水面積約 26.6 公頃，現有 2 台額定抽水量為 2CMS

之抽水機，設計抽水量為 4CMS；木新抽水站則有兩台額定抽水量為 1CMS 之抽水機，設計抽水量 2CMS。

表 4-14 文山區抽水站概況

站名		中港	實踐	保儀&木新
集水面積(ha)		122.4	48.0	26.2
集流時間(min)		23.0	18.0	18.0
重力出口	段面尺寸(m)	□4.2*3.6	2- ϕ 1.50	ϕ 1.20
	箱涵底高程(m)	10.64	11.67	9.55
	5 年颱風雨計畫容量(cms)	22.05	9.30	5.15
抽水站	裝置容量(cms)	27.0	8.67	6.0
	抽水機組	<u>3@5.0CMS</u> <u>1@12.0CMS</u>	<u>1@2.67CMS</u> <u>2@3.00CMS</u>	<u>2@2.0CMS</u> <u>2@1.0CMS</u>
	設計揚程	6.24	4.50	5.2 7.2
	起抽水位(EL.m)	12.25	13.20	14.00
操作外水位		16.24	16.51	18.70

資料來源：台北市排水系統調查檢討及資料建檔(第四分區：文山區、內湖區、南港區、信義區、松山區、中山區)(民國 94 年 5 月)

4.3.3. 抽水站系統水力模擬

利用 4.8.1 節所計算之設計雨型進行中港、保儀與實踐抽水站系統之模擬，將其結果製成圖表(表 4-15~表 4-18，圖 4-59~圖 4-70)，進而檢討下水道系統的排洪效用。在保儀抽水站系統的 90 分鐘短延時降雨(5 年、10 年、20 年)模擬中(圖 4-59~圖 4-61)，其抽水站系統在使用重力排水，不啟動抽水機的情況下能夠正常排除雨水，僅有一

個人孔產生溢流情況；在實踐抽水站系統的 90 分鐘短延時降雨(5 年、10 年、20 年)模擬中(表 4-15~表 4-17，圖 4-62~圖 4-64)，其抽水站系統在使用重力排水，不啟動抽水機的情況下，在下游地區產生小範圍人孔溢流情況；在中港抽水站系統的 90 分鐘短延時降雨(5 年、10 年、20 年)模擬中(圖 4-65~圖 4-67)，其抽水站系統在使用重力排水，不啟動抽水機的情況下，在上下游地區產生大範圍人孔溢流情況。而在 5 年 24 小時的長延時降雨模擬中(圖 4-68~圖 4-70)，在抽水機啟動的情況下保儀與實踐系統皆只有少數人孔產生溢流情況，但中港系統在下游地區產生了大範圍的人孔溢流情況。

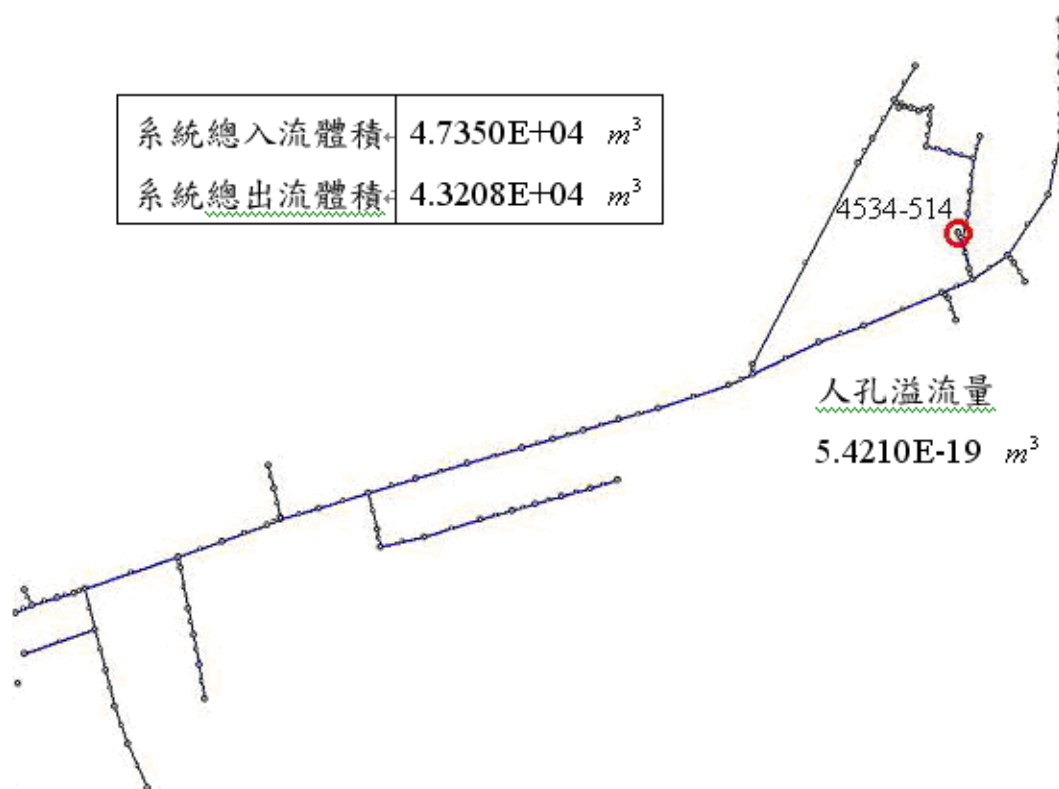


圖 4-59 保儀 5 年 90 分鐘設計降雨之溢流情形

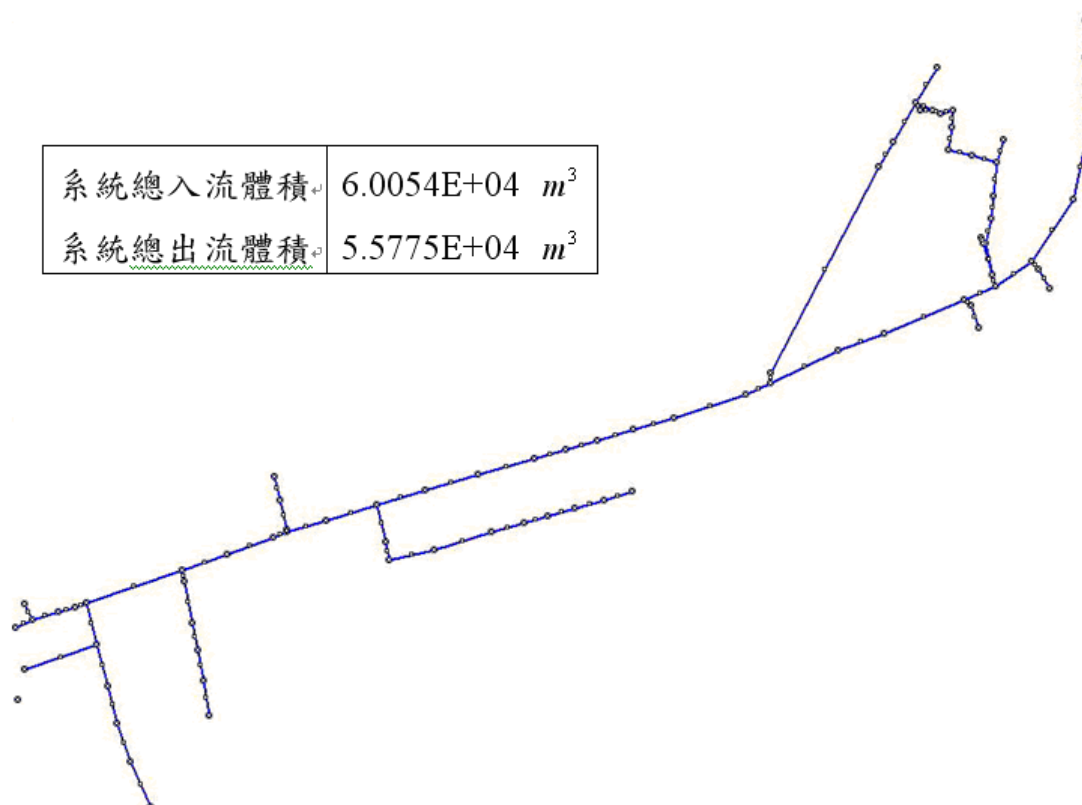


圖 4-60 保儀 10 年 90 分鐘設計降雨之溢流情形

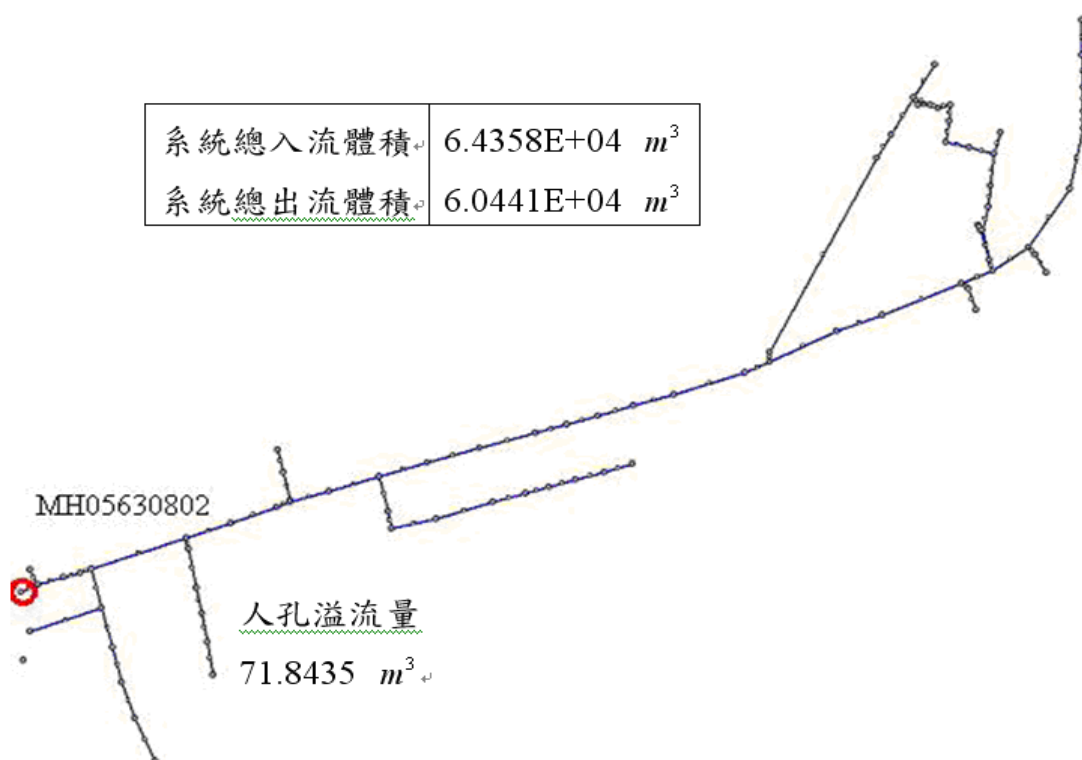


圖 4-61 保儀 20 年 90 分鐘設計降雨之溢流情形



圖 4-62 實踐 5 年 90 分鐘設計降雨之溢流情形

表 4-15 人孔溢流量統計(m^3)

人孔編號	溢流體積
4334-13	71.8435
4334-802	9.4740
4334-05	1.6836
4334-08	0.0061
4334-09	30707.9902
MH05640204	7719.4394
POND	2271.0017



圖 4-63 實踐 10 年 90 分鐘設計降雨之溢流情形

表 4-16 人孔溢流量統計(m^3)

人孔編號	溢流體積
4334-14	2.2399
4334-15	3.2158
4334-17	13.8745
4334-09	37650.4219
MH05640204	9889.2373
POND	3.3454

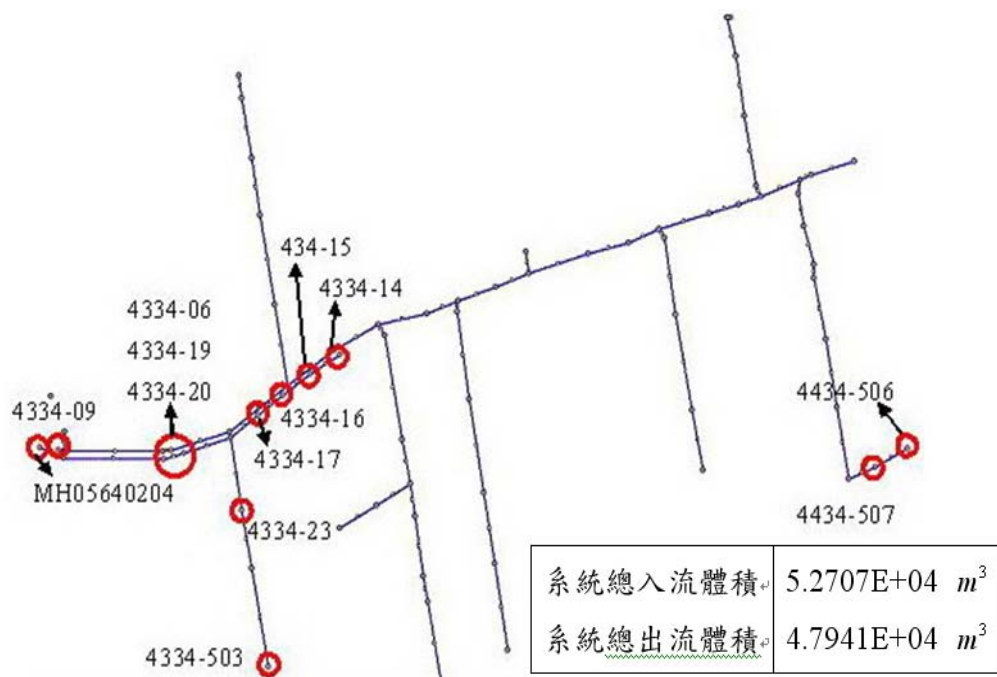


圖 4-64 實踐 20 年 90 分鐘設計降雨之溢流情形

表 4-17 人孔溢流量統計(m³)

人孔編號	溢流體積
4334-14	36.1953
4334-15	1.8196
4334-17	148.1827
4334-23	2.6449
4334-503	0.2181
4334-19	210.1946
4334-16	0.1951
4334-06	323.0108
4334-20	11.4003
4334-09	36690.875
MH05640204	10675.0127
4434-507	3.7228
4434-506	0.9061



圖 4-65 中港 5 年 90 分鐘設計降雨之溢流情形

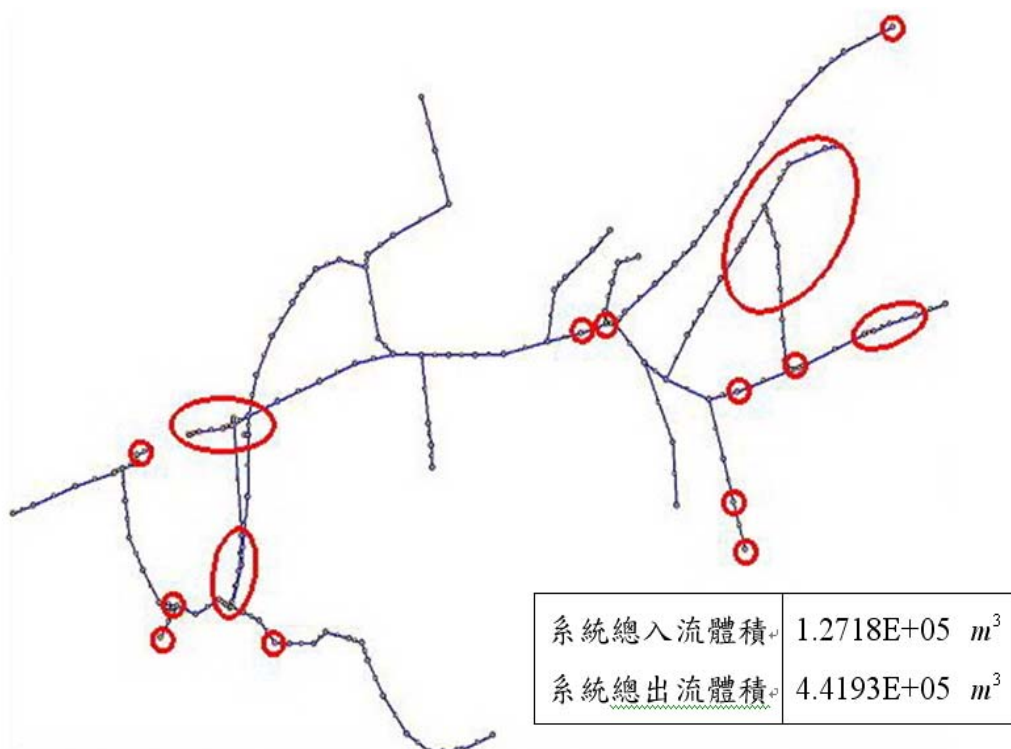


圖 4-66 中港 10 年 90 分鐘設計降雨之溢流情形

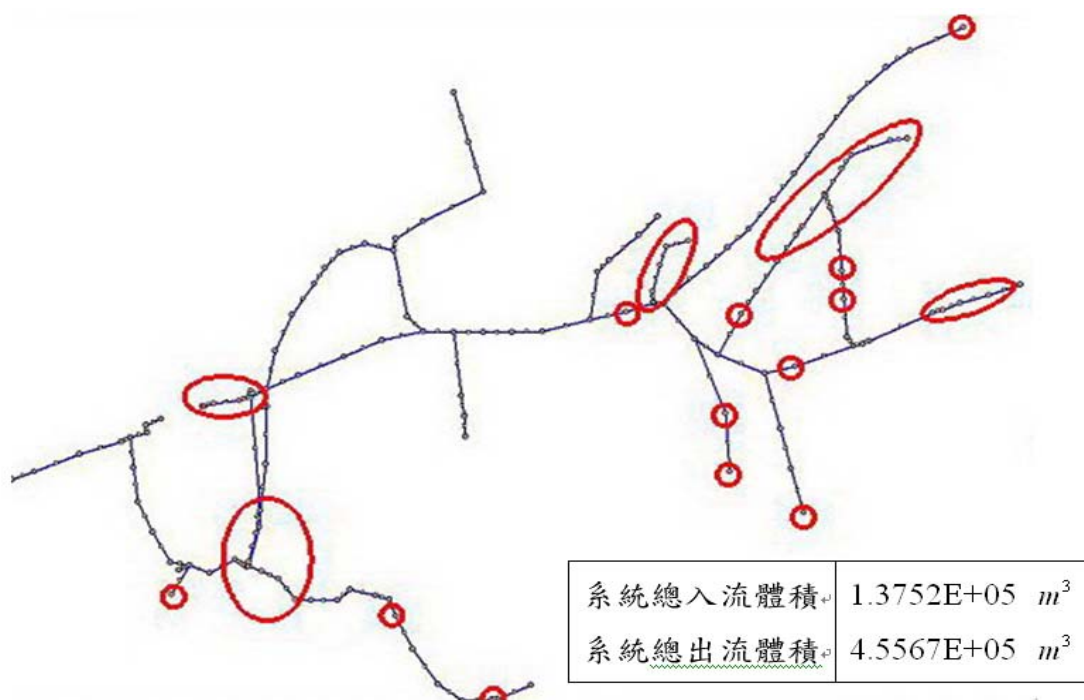


圖 4-67 中港 20 年 90 分鐘設計降雨之溢流情形

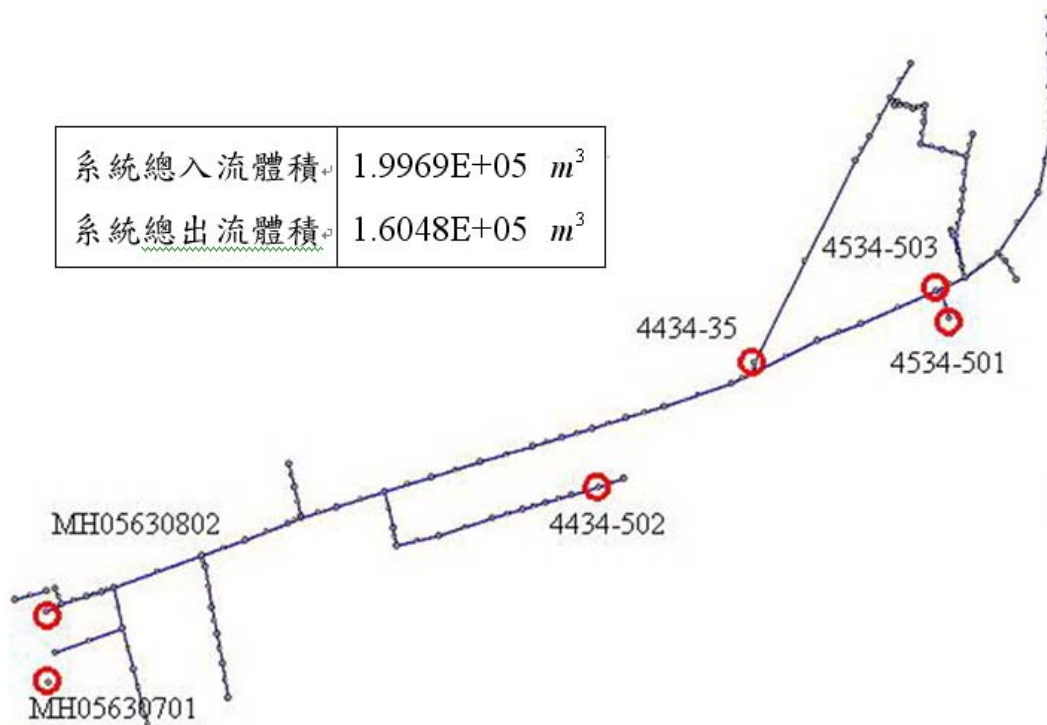


圖 4-68 保儀 5 年 24 小時設計降雨之溢流情形



圖 4-69 實踐 5 年 24 小時設計降雨之溢流情形

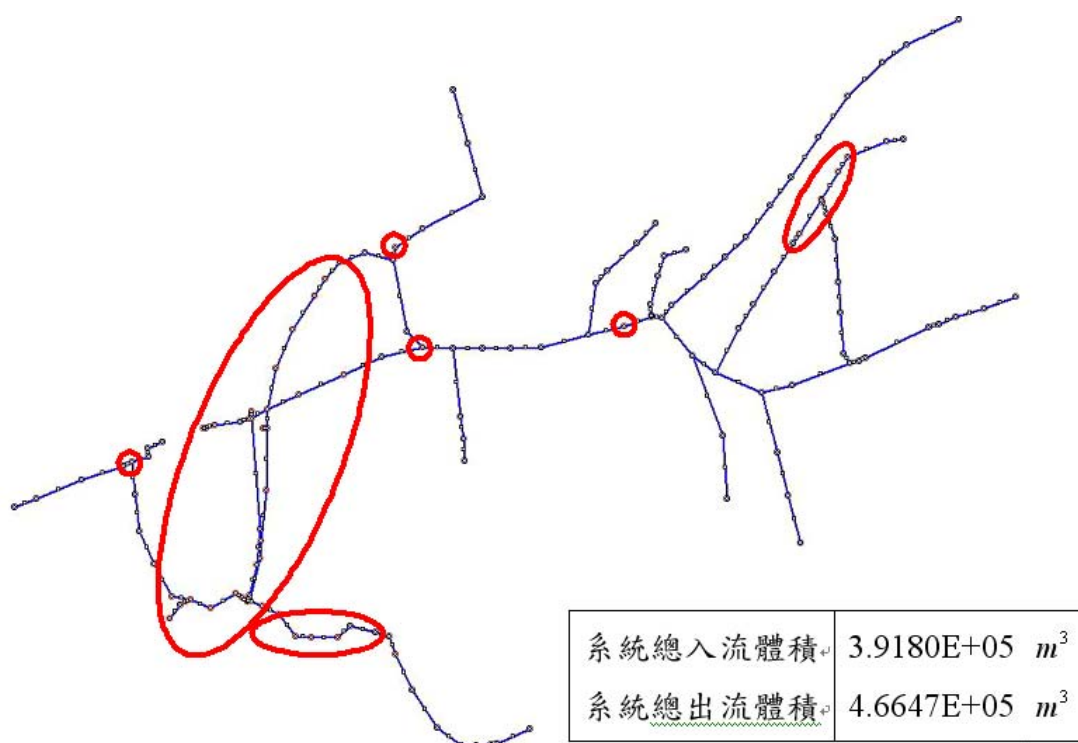


圖 4-70 中港 5 年 24 小時設計降雨之溢流情形

表 4-18 設計降雨模擬結果統整(m^3)

	抽水站	5 年 90 分鐘	10 年 90 分鐘	20 年 90 分鐘	5 年 24 小時
總入流量	保儀	4.7350E+04	6.0054E+04	6.4358E+04	1.9969E+05
總出流量		4.3208E+04	5.5775E+04	6.0441E+04	1.6048E+05
總溢流量		2.94E+04	6.52E+04	8.72E+04	1.41E+05
總入流量	實踐	3.8621E+04	4.9212E+04	5.2707E+04	1.4552E+05
總出流量		4.0712E+04	4.4818E+04	4.7941E+04	1.4304E+05
總溢流量		--	--	--	6.35E+03
總入流量	中港	9.8982E+04	1.2718E+05	1.3752E+05	3.9180E+05
總出流量		1.8595E+05	4.4193E+05	4.5567E+05	4.6647E+05
總溢流量		6.01E+03	1.25E+04	1.79E+04	2.34E+06

4.3.4. 總結

針對上述之研究模擬事件中，保儀抽水站系統在 90 分鐘的短延時降雨情況下只有一個人孔產生溢流，且溢流量十分微小。而在 24 小時長延時的情況下，其溢流情況僅有少數人孔溢流且在抽水站系統分散溢流無集中的現象。

實踐抽水站系統在 90 分鐘的短延時與 24 小時長延時降雨情況下只有少數人孔產生溢流，其溢流區域集中在系統下游部分。

相反地，中港抽水站系統不管是在 90 分鐘的短延時或 24 小時長延時降雨情況下模擬，都產生了大範圍的區域性人孔溢流，其明顯集中在抽水站系統上游與下游，本團隊規納出可能原因為：1.是否有鄰近之抽水站系統對中港抽水站系統進行分流。2.中港抽水站系統之抽水機組抽水量太小，而其相關之研究將持續進行。

4.3.5. 雨水下水道工程技術回顧

都市防洪可以從工程和非工程的手段著手，非工程手段包括如本計畫所開發的暴雨模擬系統或是監測系統等，以管理層面進行防災措施，除此之外，亦可透過先進的工程技術及工法實質改善都市淹水的問題，本節將針對這一部份進行相關文獻回顧，以供縣市政府改善都市淹水問題之參考。

傳統都市下水道乃是為了迅速地將地表逕流排走，這種結果增加了都市下游的洪峰流量與逕流體積，並加速洪峰到達時間，新的都市排水方法與觀念乃將逕流延遲流出，並增加入滲量，減少逕流量，減低原來水環境之破壞程度，因此於都市區域中使用雨水滯蓄措施以維持適當的自然滲透機制以延遲排水及減少內水，可減輕下游防洪負荷及恢復水循環，「讓雨水回歸大地」應為一值得思考的方向，故雨水滯蓄措施為一值得推廣與應用的都市水環境管理方式。

4.3.5.1. 雨水滯蓄措施之種類、功能與目的

都市化對於逕流機制的改變，主要為土地使用方式的改變及逕流體積與洪峰流量的增加，而上述原因可歸納為降雨損失的減少。在水文學上因土地使用導致水文狀況的改變一般可用美國水土保持局所建議之 CN (Curve Number) 來表示，當 CN 值越大則表示開發程度越高（即不透水區域越大），反之則越小。

CN 值的增加涉及地表不透水區域的增加及自然覆蓋的減少等因素，造成的結果為地表保水能力變弱；集流時間的縮短肇因的因素頗多，如工程排水道與開發等均會影響，使得水流時間縮短造成尖峰流量的增加；所以為了回復至開發前之水文狀況，必須針對此二因素謀求解決之道，需從下列五方面著手，分別為：盡量降低集水區或區域之 CN 值；增加集流時間；提供滯洪 (Detention)、滯留 (Retention) 空間及增加地表入滲的功能，並達到下列五項目的 (Liaw, et al., 2000)：

1. 逕流體積之抑制
2. 尖峰流量之衰減
3. 高流量延時之縮短
4. 水質之改善
5. 自然生態環境之維持

根據上述五項功能及雨水滯蓄措施之五項目的，歸納整理雨水滯蓄措施之種類如表 4-19 所示，且依各措施之工法將其分為兩種型式，分別為：地表改良措施與雨水滯蓄措施，且在使用上是有次序性的，依序為地表改良措施與雨水滯蓄措施。

表 4-19 雨水滯蓄措施之種類、功能及其目的一覽表

雨水滯蓄措施之種類		功 能				
		降低 CN	增 加 集流時間	滯留	滯洪	入滲
地表改良措施	減緩坡度		●			
	增加流路長度		●			
	增加流路糙度		●			
	減少工程下水道		●			
	減少不滲透區域	●	●	●		●
	人工植生	●	●	●		●
	自然綠地植物之保存	●	●	●		●
雨水滯蓄措施	屋頂雨水貯集		●	●		
	滯洪池 (Detention Pond)		●		●	
	滯留池 (Retention Pond)		●	●	●	
	生態調節池 (Bioretention)	●	●	●		●
	入滲設施	●	●	●	●	●
	地下雨水滯蓄				●	
	碎石孔隙滯蓄		●	●		●
	濕地 (Wetland)	●		●		●
目的						

(一) 地表改良措施

為減少尖峰流量與逕流體積，可先使用地表改良措施，如人工植生及減少不透水區域等方法，使尖峰流量與逕流體積均減小，可同時利用減緩坡度、增加流路長度或渠道糙度等方式，儘量增加集流時間。

(二) 滯蓄措施

經採地表改良措施，若尖峰流量與逕流體積仍不能達到預期成效，則考慮實行滯蓄措施，主要是利用滯蓄、滯洪及入滲措施降低尖峰流量與逕流體積；具滯留功能的滯蓄措施同時具有減少逕流體積、降低尖峰流量與入滲的功能，如：入滲措施、生態調節池等，因此首

先考慮實行此類型的滯蓄措施，但在降低尖峰流量上相對於滯洪措施則需要較大的容量，因此如仍無法降低之尖峰流量，則需設置以滯洪為主之滯蓄措施，而在消減尖峰流量及逕流體積之後，流量延時也可以得到適當的控制，而由各使用措施的特性使其具有自然生態環境資源改善等附加效益

因此藉由雨水滯蓄措施的應用，對於逕流體積之減少與尖峰流量的衰減具有顯著的功效，而削減了此二因素的影響，流量延時也可得到適當的控制，而由各使用措施的特性使得其具有自然生態環境資源改善等附加效益，其中雨水滯蓄措施是一種具多功能的逕流調節設施，其種類概可分為：屋頂雨水貯集、滯洪池、滯留池、生態調節池、入滲設施、地下雨水滯蓄、碎石孔隙滯蓄與濕地等種類，以下就各種類分別介紹：

(一) 屋頂雨水貯集

建築物的屋頂，本來就具有將所降的雨水通過集水溝管儘速排入下水道管渠等基本目的；在住宅區所建造屋頂平坦的住宅，屋頂本身就剛好成為雨水滯留場所，本方式的特性為建蔽率與貯留能力直接成比例，對經常為都市型洪水所苦惱的高密度街市來說，本方式不失為最具效用的方法；屋頂貯留調節在美國的都市都被評為最有效的貯留方式，實例很多，有些州政府還將該設施列入建築規範內，賦予實施之義務。

(二) 滯洪池

此型式雨水滯蓄設施適用在密集都市化地區，特別是地價昂貴的地方，此設施是將調整機能限定在一定期限內的調節暫時貯存逕流，在下雨時貯存雨水與逕流，雨停後在慢慢排去，除有減洪功能外，同時土地也可具有雙重功能：減洪及提供其他使用空間，如公園、高爾夫球場及停車場等，在平時為開放使用空間，下雨時則發揮調節逕流功能，充分顯示此類型雨水滯蓄措施在空間的使用和減洪功能是相容的。

(三) 滯留池

此型式雨水滯蓄設施是結合現有或人工的池塘、窪地予以設置，因有池塘與窪地維持少量的水位，除有減洪功能外尚可維持水生生態系統的穩定性，若能有效的連續供應，維持穩定的入流與出流，對於河川基流量的確保與環境生態的穩定性將有所助益，開放的水域也能提供親水及視覺美化的效果。

(四) 生態調節池

所謂生態調節池是將調節池底部覆以土壤並種植污染物吸附性高之水生植物，因土壤與水生植物是最佳的天然水質過濾器，利用自然生態反應以沈降或稀釋移除污染，淨化之水再排入下游或污水下水道，使調節池具有逕流調節與改善水質之雙重功能。

(五) 入滲設施

將雨水滯蓄措施底部覆以高滲透性之土壤或將不透水區域，如道路、停車場等，覆以多孔性鋪面使之具有自然排水功能，即同時具有入滲、滯留的能力，有減洪、水質淨化與地下水涵養的優點，且其大多為中、小型設施，可充分配合現場之環境予以規劃設置，即使在高密度的都市區域仍可充分利用，如於球場、運動場、停車場及社區公園等地區設置。

(六) 地下雨水滯蓄

地下雨水滯蓄係將滯留逕流之空間設於地下，為洪水發生頻率較多且住宅密度高的地區所使用，一般以利用高層住宅或樑較高建築物的地下空間為主；地下滯蓄之單位滯蓄容量的建設費較高，且為防止蚊蟲等之發生，須避免槽內滯留死水；而於高地下水位地區，洪水多之地區等設置幫浦予以強制排水；為提高調節效率可將數處住宅的地板下滯蓄槽以管接續使成連結槽以增加調節容量。

(七) 碎石孔隙滯蓄

碎石孔隙滯蓄調節為利用碎石等空隙為滯蓄空間的方法，在地面設碎石溝或碎石槽，導引地表逕流至碎石間之孔隙，其上部則利用為

綠地或運動場等。這種滯蓄方法所需費用與其他滯蓄設施比較，價格較為低些，設施的計畫規模也較有彈性。本法可與其他工法或設施搭配且有容易規劃的特點，如將透水性鋪裝的路基利用為碎石孔隙滯蓄或與滲透工法組配成滲透地下溝等。

(八) 濕地

濕地是改善天然之沼澤地，使其具有可供有效利用的資源與功能，除減洪功能外，其主要的功能是在生態及水質上；濕地具有生物處理的功能，可提升逕流水質，而且有維持河川基流量和防止河道沖刷、修復被損壞水生和陸生物種棲息地的功能；在歐美等國常利用濕地來淨化都市地表逕流，濕地有時可配合前述兩種型式雨水滯蓄設施進行配置以增加其洪澇調節的功能。

4.3.5.2. 雨水滯蓄措施之配置方式

都市區域對於興建防治洪澇之結構物，其用地往往面臨取得不易的情況，故設置集中、大型之防洪結構物耗費成本甚鉅；因此若能利用微管理（Micro-management）與源頭消減逕流（Source Control）的方式，配合土地使用方式及建物型式於都市集水區分散設置雨水滯蓄措施，在都市區域中實行雨水滯蓄，使之既能防止洪澇又可維持其原有的水文循環，在人類經濟活動與水環境維護上取得平衡。

都市化常造成地表不透水層面積增加，以致減少降雨時之入滲機會，因而造成地表逕流之增加，引起都市區域之排水問題，針對此問題，經常採取於集水區出口設置一滯洪設施以減少尖峰流量；圖 4-71 為集中末端處理之排水方式示意圖，圖中逕流歷線 A 為地區開發後之歷線，而開發後不透水面積增加導致逕流體積量增加，且尖峰流量亦比開發前之流量高，欲使開發後之尖峰流量與開發前相同，在集中末端處理的方式上是將水約束於一定之渠道，以滯洪設施削減其尖峰

流量，所產生之逕流歷線如歷線 B 所示，但尖峰流量雖已抑制但逕流體積並未相對減少，其仍較開發前（歷線 C）之逕流體積高，如此將會使得下游河道處於高流量水流的情況下的時間較長，仍會對下游的排洪能力與河道之沖刷造成不利之影響。因此集中末端處理之逕流管理方式僅達成尖峰流量之衰減而已，故如何利用雨水滯蓄措施消除這多餘之逕流，使逕流歷線 B 衰減為歷線 C，即尖峰流量與逕流體積皆可回復到開發前之狀態，即為所需探討的課題。

微管理及源頭削減逕流之配置方式如圖 4-72 所示，其在都市集水區中分散設置各種不同型式的小型雨水滯蓄措施，取代在集水區出口設置防洪結構物的方式，藉由滯蓄措施之「調節」、「蓄存」與「入滲」的功能來減少尖峰流量及逕流體積，而在消減尖峰流量及逕流體積之後，流量延時也可以得到適當的控制，而由各措施的特性使得其具有自然生態環境資源改善等附加效益。

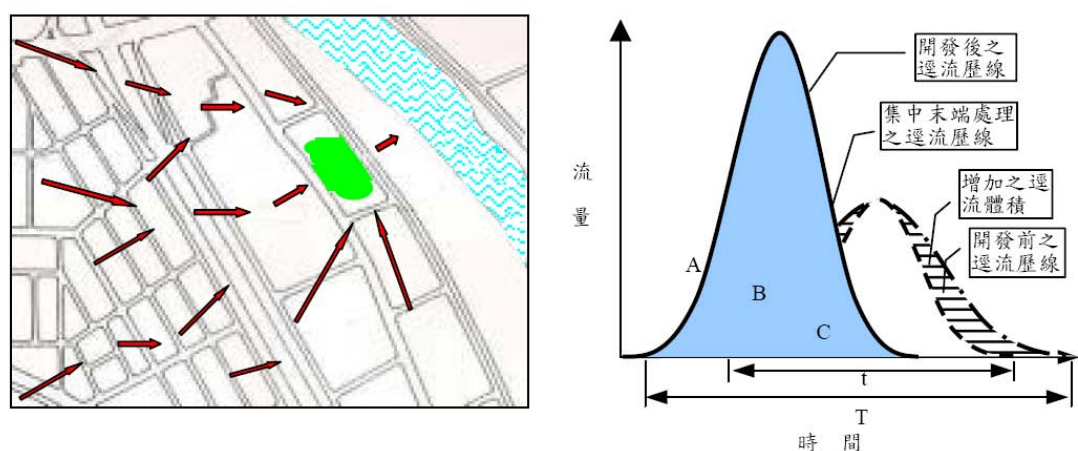


圖 4-71 集中末端處理治水方式示意圖

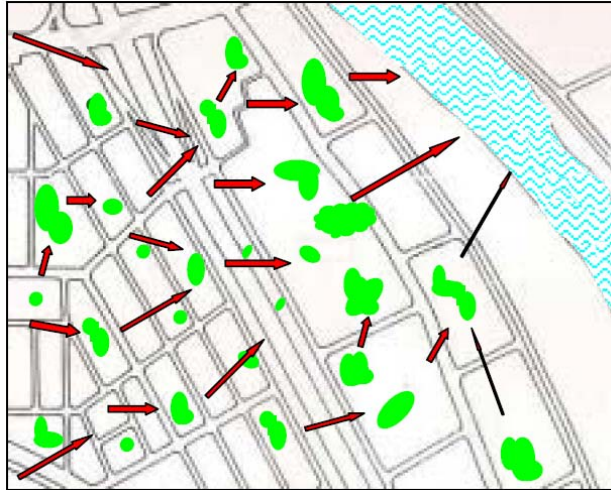


圖 4-72 微管理及源頭削減逕流配置方式示意圖

4.3.5.3. 雨水滯蓄措施之逕流控制機制

雨水滯蓄措施的著眼點在於既可防治洪澇又將其對於水文環境的影響減至最低，因此在應用上是有其程序性，分別為：地表改良措施與雨水滯蓄措施。

(一) 地表改良措施

地表改良措施的主要功能為：

- 回復或減小地表使用型態（CN）之改變
- 盡量維持開發前之集流時間

圖 4-73 中逕流歷線 A 為地區開發後之歷線，其尖峰流量與逕流體積均比開發前（歷線 C）高，因此先使用地表改良措施，如人工植生及減少不透水區域等方法，使尖峰流量與逕流體積均減小，即盡量回復開發前之地表使用型態（CN），如歷線 D 所示；而在此同時利用減緩坡度、增加流路長度或渠道糙度等方式，盡量使集流時間回復到原來開發前之狀態，則歷線 D 將變為圖 4-74 中歷線 E 之型式

(二) 雨水滯蓄措施

經過地表改良措施的使用，若此時尖峰流量與逕流體積仍較開發

前高，則考慮設置雨水滯蓄設施，其利用入滲、滯留及滯洪等功能使集水區回復原來之水文情況。

1. 維持開發前之逕流體積

具入滲功能的雨水滯蓄設施同時具有滯留及入滲的功能，能同時減少逕流體積及尖峰流量，如：入滲調節池、生態調節池等，因此首先考慮設置此類型的雨水滯蓄措施；若滯蓄措施的貯存容量足夠的話，則能將逕流體積與尖峰流量降低至開發前之狀態。

2. 設置滯洪功能之滯蓄設施

滯留功能的雨水滯蓄措施在降低逕流體積上具有極大的功效，但在降低尖峰流量上相對於滯洪池則需要較大的容量，因此在經過降低CN、增加集流時間及設置滯留功能的滯蓄措施後，如仍無法回復開發前之尖峰流量，則需設置以滯洪為主之滯蓄措施，如：滯洪池等，圖 4-75 中的逕流歷線 F 為使用滯留功能的滯蓄設施後之逕流歷線，而再經過滯洪為主之滯蓄設施的調節後，始回復開發前之尖峰流量（如逕流歷線 G 所示）。

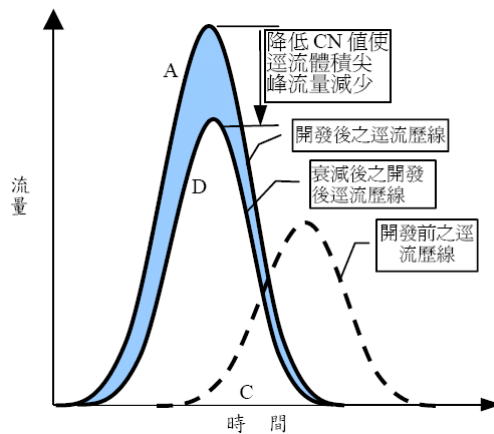


圖 4-73 地表改良措施對逕流歷線影響圖

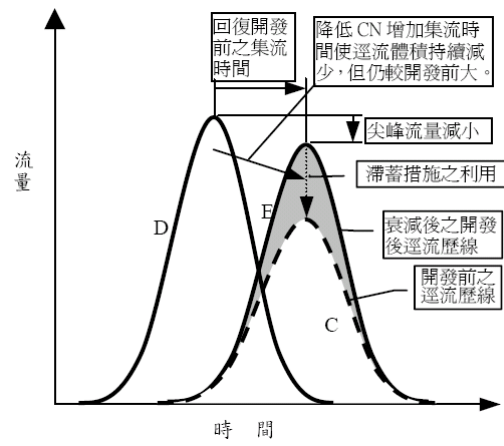


圖 4-74 維持開發前集流時間對逕流歷線影響

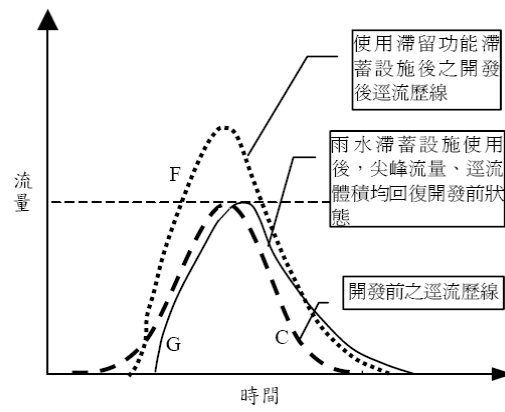


圖 4-75 滯蓄措施之滯洪功能示意圖

4.4. 都市暴雨防災相關宣導推廣工作

1. 推廣研習會：於 97 年 7 月 25 日舉辦一場推廣研習會，一方面就都市雨水下水道水理模擬與暴雨管理技術作詳盡的解說與深入的剖析，另一方面則邀請雨水下水道之相關業界人員參與，並講習暴雨管理相關技術以及相關應用軟體。藉由此研習會，提供從事下水道工程相關業者以及從業人員一個技術交流的機會。
2. 專家學者座談會：於 97 年 7 月 25 日舉辦一場專家學者座談會，邀請雨水下水道暴雨管理技術相關之各領域專家與學者參與，針對前期研究成果所研發之 S4 系統與目前 USIS 系統作承接之相關工作與技術層面交流，以專家座談之型式，給予本計劃團隊建議與指教。
3. 業務訪談及需求分析：本團隊已於 96 年底至台北市與高雄市政府下水道相關單位進行業務訪談，內容包含有北高兩市目前對於防洪之現況及作業流程等（詳情請參見『內政部營建署下水道工程技術研發計畫，96 年期末報告』之附錄八）。此外，本團隊也於今年(97 年)4 月初至台北市中港抽水站進行實地業務操作訪談，以了解台北市防災人員實地操作狀況以及暴雨來臨時之應對方法等，(詳情請參見本報告之附錄一與附錄二)。
4. 文獻彙整及教戰手冊編製：本團隊將上述 1~3 項推廣工作之成果加以整理，並編製『都市暴雨防災教戰手冊』，針對不同層級單位，提供適當之暴雨防災資訊。
5. 全民推廣：維護及推廣 USIS 計劃網站，網站包含有計劃之相關介紹，使一般民眾也可參與及了解計劃內容。此外，也設立計劃討論區，以提供意見交流之網路平台。(詳情請參見『內政部營建署下水道工程技術研發計畫，97 年期中報告』之 4.4 節)
6. 系統維護及推廣：本團隊於今年度完成 S4-offline 模式以及 S4 模

擬核心之更新工作。此外，本團隊也設置 S4 系統下載網頁，提供相關人員下載使用以推廣 S4 系統。

4.5. 九十八年度後續工作重點

1. 整合資料庫建置(II)：本團隊已於 97 年度初步完成歷史雨量水位資料之資料庫建置，未來將整合其他 USIS 系統相關資料，包含有系統使用者資料、水理模擬核心模擬結果等。
2. USIS 系統實作與整合：延續 97 年度所研發完成之子系統和相關技術，將其整合至 USIS 系統，並依照系統需求分析與設計文件，實作出 USIS 系統之主要功能，如結合空間資訊與水理模擬結果，以提供決策支援以及防災預警之功效。
3. 辦理教育推廣：為推廣計劃之研發成果及 USIS 系統，預期將於南部地區舉辦一場教育訓練，以使下水道科技計劃能於北、中、南地區都有教育推廣之舉辦。教育推廣之目的為使計劃各項成果與研發之技術可推廣至各相關政府單位、業界單位以及學術單位等。並可經由參與者所提供之意見，以作為實際需求之參考。
4. 研擬都市暴雨模擬分析系統相關技術規範：本團隊將於 98 年度實作完成 USIS 系統以及編寫系統操作技術手冊。另外，將研擬災害與平時之應變操作程序及其相關規範，使業務人員之整體作業流程標準化、表格化，有效提高災害來臨時之應變效率。
5. 抽水站設計及操作合理性分析檢討(II)：接續 97 年度之抽水站設計及操作合理性分析檢討(I)工作，本團隊將使用不同之設計雨型，再以主要研究之排水區域進行案例模擬，以檢視分析抽水站相關設計參數是否合理，如啟抽水位、操作曲線等之調整，本團隊將針對合理性進行分析及檢討。

五、成果與教育推廣及座談會

為分享研究成果及確認研究方向能符合目前下水道工程的實際需求，本研究團隊透過成果發表會、座談會、講習會等方式，邀請業界企業領袖、學界相關領域專業師資及政府部門等各方代表，就研究內容主題「下水道推進施工技術研發」、「下水道檢測維修技術研發」及「雨水下水道暴雨管理技術研發」進行成果發表與意見交流討論，並配合計畫之滾動式修正原則，以期能真正落實各項技術於實際工程上之應用，近一步加速國內下水道工程之施工進度、降低下水道管線之維修成本及減少暴雨災害對國人造成的危害及損失。

5.1. 教育推廣成果發表會之舉辦

為廣為宣導營建署營建科技計畫研發成果，並廣納社會各界意見，以瞭解整建市場之需求，達到精進及修正計畫內容之目的，已於97年4月18日假台灣大學集思會議中心舉辦96年度研發計畫成果聯合發表會暨研討會，也於97年度11月20日假高雄市蓮潭國際會館舉辦97年度下水道工程技術研發計畫成果發表暨研討會，透過結合研討會的討論與案例參觀形式，蒐集與會各界先進之建議，並將相關意見彙整後回饋至本年度計畫內容中作為執行時之參考，期使本年度計畫成果更為貼近民眾需要。96年度成果發表會活動照片如表5-1，97年度成果發表會議程內容與活動照片分別如表5-2及表5-3。

表 5-1 九十六年度研發計畫成果聯合發表會暨研討會照片

	
集思會議中心國際會議廳聽取簡報	集思會議中心國際柏拉圖廳聽取簡報
	
營建署北區工程處聽取簡報	營建署北區工程處聽取簡報
	
中和案例參觀情形	中和案例參觀情形

表 5-2 九十七年度研發計畫成果發表會暨研討會議程表

	時間	課程名稱	主講人	主持人
--	8:30-9:00	報到		
--	9:00-9:10	貴賓致辭		
1	9:10-9:50 (40min)	污水下水道推進施工技術研發： 污水下水道推進工程現況探討與發展	台灣科技大學 謝佑明 教授	呂守陞 教授
	9:50-10:00	問題討論		
--	10:00-10:10	休息		
2	10:10-10:50 (40min)	污水下水道管線檢測維修技術研發： 污水下水道檢測理論與實例說明	中興大學 楊明德 教授 美商傑明工程顧問公司黃靖修 協理	
	10:50-11:00	問題討論		
	11:00-11:10	休息		
3	11:10-11:50 (40min)	雨水下水道暴雨管理技術研發： 雨水下水道水理模擬與資訊技術整合應用	中原大學 林旭信 教授	
	11:50-12:00	問題討論		
	12:00	回程		

表 5-3 九十七年度研發計畫成果發表會暨研討會照片

	
蓮潭國際會館學員報到情形	蓮潭國際會館學員上課情形
	
蓮潭國際會館成果簡報情形	蓮潭國際會館學員問卷繳交

5.2. 教育推廣講習會之舉辦

為推廣計畫研究之成果，本計畫舉辦教育訓練推廣講習會，透過教育訓練講習會，一方面可推廣下水道自動化管理技術研究之成果，教育訓練的課程更可使政府機關內相關人員了解並熟悉下水道工程技術，並可針對承辦業務內容進行雙向溝通。另一方面，亦可以聽取專家與各機關人員的建議。本計畫分別於 97 年 6 月 26 日在台中國立中興大學及 97 年 7 月 25 日在台灣大學水工試驗所，完成兩次的教育訓練活動，活動邀請了國內各縣市政府相關機關人員、工程師，及國內各大顧問公司技術人員參加活動，期望藉由研討會，提供從事下水道工程相關業者以及從業人員一個技術交流的機會，講習會的課程內容項目規劃如下：

(一) 污水下水道推進工程施工與檢測維修技術研討會

「污水下水道推進工程施工與檢測維修技術研討會」於 6 月 26 日在台中國立中興大學舉辦，舉辦此場次講習會，一方面就下水道工程技術研發計畫詳盡的解說與深入的剖析，另一方面利用案例參觀的方式，加強學員對實際工地的操作與施工情形了解。本次研討會課程內容與活動照片如表 5-4 和表 5-5。

表 5-4 污水下水道推進工程施工與檢測維修技術研討會議程表

--	時間	課程名稱	主講人	主持人
--	8:30-9:00	報 到		
--	9:00-9:10	貴賓致辭		
1	9:10-10:10 (60min)	推進工法(代定)	謝佑明教授	謝尚賢 教授
--	10:10-10:25	休 息		
2	10:25-11:25 (60min)	中部礫石層之推進-中科放流管 管線工程第四標	台灣世曦藍啟榮 主任	
	11:25-11:40	休 息		
3	11:40-12:20 (40min)	污水下水道之檢測維修-中科放 流管管線工程第一標	台灣世曦蘇大展 專案工程師	
--	12:20-13:50	午 餐		
--	13:50-14:30	搭車前往工地(備有遊覽車)		
4	14:30-15:00 (30min)	案例簡報	台灣世曦 藍啟榮主任	楊明德 教授
	15:00-15:20	搭車前往中部科學工業園區		
5	15:20-16:20 (60min)	工地參觀-中科放流管管線工程 第四標	台灣世曦 藍啟榮主任	
	16:20-17:00	回程		

表 5-5 污水下水道推進工程施工與檢測維修技術研討會照片

	
中興大學演講情形	中科放流管管線工程參觀
	
中部科學工業園區演講情形	中科潛盾機參觀

(二)都市雨水下水道水理模擬與暴雨管理技術研討會

「都市雨水下水道水理模擬與暴雨管理技術研討會」於 97 年 7 月 25 日在台灣大學水工試驗所舉辦，為使政、商、學界相關人員熟悉雨水下水道暴雨管理之相關技術，遂舉辦此場次研討會，一方面就都市雨水下水道水理模擬與暴雨管理技術作詳盡的解說與深入的剖析，另一方面將邀請雨水下水道之相關業界人員參與，並講習暴雨管理相關技術以及相關應用軟體。本次研討會課程內容與活動照片如表 5-6 和表 5-7。

表 5-6 都市雨水下水道水理模擬與暴雨管理技術研討會議程表

	時間	課程名稱	主講人	主持人
--	8:30-9:00	報 到		
--	9:00-9:10	貴賓致辭		
1	9:10-10:00 (50min)	高雄市雨水利用與都市減洪	高雄市政府工務局下 水道工程處 張世傑 科長	謝尚賢 教授
--	10:00-10:10	休 息		
2	10:10-11:00 (50min)	Bentley 工程軟體於雨水防洪 規劃之功能應用	美商賓特力系統公司 特約顧問 品創股份有限公司 總經理 楊潮瑞	
	11:00-11:10	休 息		
3	11:10-12:00 (50min)	都市暴雨管理資訊系統與雨 下水道即時水理模擬技術	中原大學 林旭信 教授	
	12:00	研討會結束		

表 5-7 都市雨水下水道水理模擬與暴雨管理技術研討會照片

	
台大水工試驗所報到情形	台大水工試驗所講課情形

5.3. 座談會之舉辦

為使研究成果及研究方向能切確符合目前下水道工程的實際需求，本計畫舉辦了專家座談會，研究團隊邀請業界企業領袖、學界相關領域專業師資及政府部門等各方代表，就研究內容主題「暴雨管理技術研發與應用」進行意見交流討論，配合計畫之滾動式修正原則，期能真正落實各項技術於實際工程上。

座談會於 97 年 7 月 25 日假台灣大學水工試驗所舉辦，邀請了「中興工程顧問社」、「亞新工程顧問股份有限公司」、「美商傑明工程顧問公司」、「中央營建技術顧問研究社」、「台灣世曦工程顧問有限公司」、「內政部營建署」、「高雄市政府工務局下水道工程處」、「台北縣政府水利局」、「台南市政府公共工程處」、「國立台灣大學土木工程學系」、「國立台灣大學水工試驗所」、「中原大學土木系」等單位，對於下水道工程皆有相當的實務經驗、學術理論研究，以解決國內下水道工程目前的問題與瓶頸。本次座談會課程內容與活動照片如表 5-6 和表 5-7。

表 5-8 都市淹水與雨水下水道暴雨管理技術專家座談會議程

時間	活動內容	主持人/引言人
14:00 –14:10	主席致詞	謝尚賢 教授
14:10 –14:40	下水道工程技術研發計畫簡報	謝尚賢 教授 /林旭信 教授
14:40 –15:50	聽取專家學者建言，及與專家學者對談及交換意見，討論相關議題。	謝尚賢 教授 /林旭信 教授
15:50 –16:00	主席結語	謝尚賢 教授

表 5-9 都市淹水與雨水下水道暴雨管理技術專家座談會照片

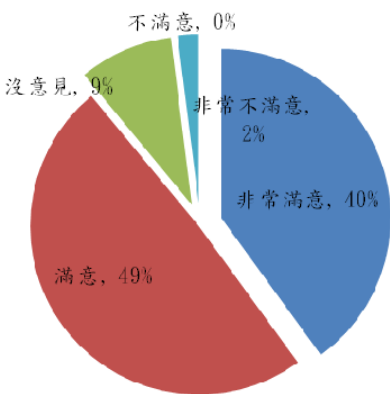
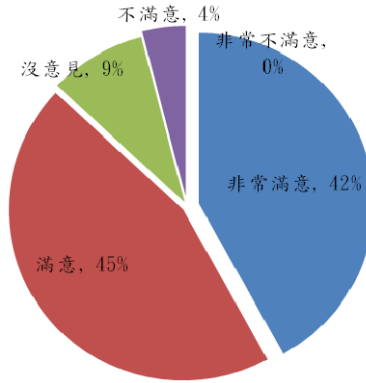
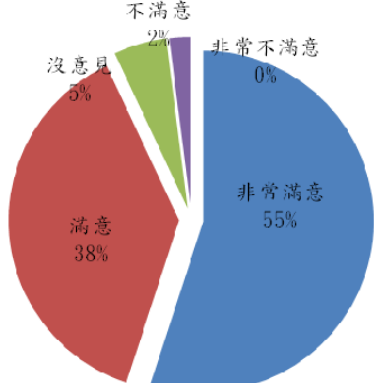
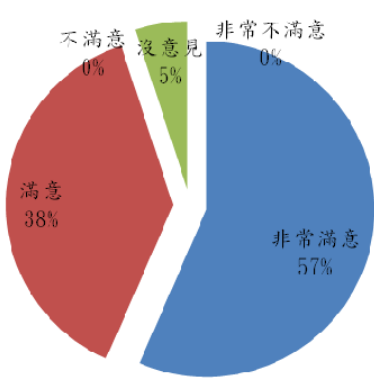


5.4. 問卷統計

為了解成果發表會與研討會舉辦成效，評估課程內容是否符合參加人員預期，以及提供與會人士對於座談會提出建議的管道，於報到時一併將問卷發出，並請來賓於離場時繳回，統計得到的資料如表 5-10 至表 5-13

表 5-10 九十六年度成果發表會問卷統計分析結果

題目	統計分析結果
一、請問您是以何種方式參加本次訓練或研習？	主動報名參加：74% 被指定參加：29.33%
二、請問您認為本項訓練或研習之授課時數是否適當？	應予增加：23.67% 適當：76.33% 應予減少：0%
三、請問您是否滿意本次訓練或研習之講授內容？	非常滿意：13% 滿意：82% 沒意見：4% 不滿意：2% 非常不滿意：0%

題目	統計分析結果	
四、請問您認為本次訓練或研習之講授方式如何？	 非常滿意：40% 滿意：49% 沒意見：9% 不滿意：0% 非常不滿意：2%	
五、請問您認為本次訓練或研習之教材如何？	 非常滿意：42% 滿意：45% 沒意見：9% 不滿意：4% 非常不滿意：0%	
六、請問您認為本次訓練或研習之場地設備如何？	 非常滿意：55% 滿意：38% 沒意見：5% 不滿意：2% 非常不滿意：0%	
七、請問本次研習會，對於您目前執行業務或將來個人發展，是否有所助益？	 很有助益：57% 略有助益：38% 沒意見：5% 無助益：0% 極無助益：0%	

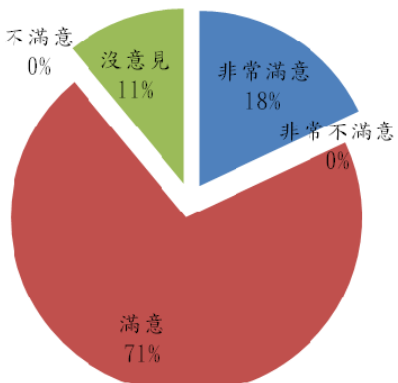
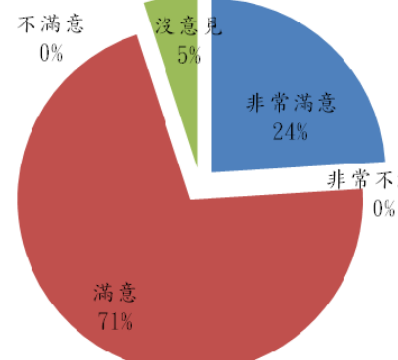
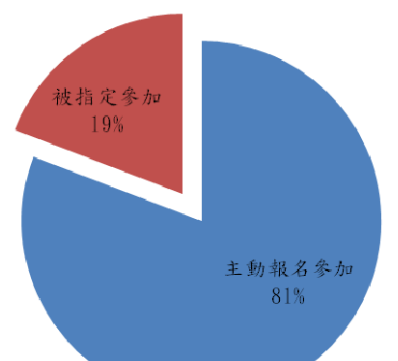
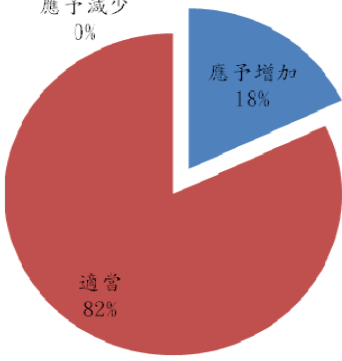
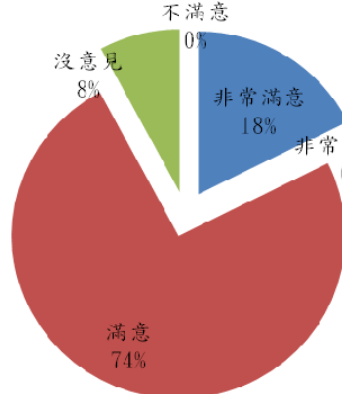
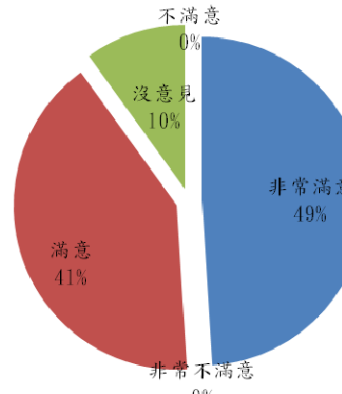
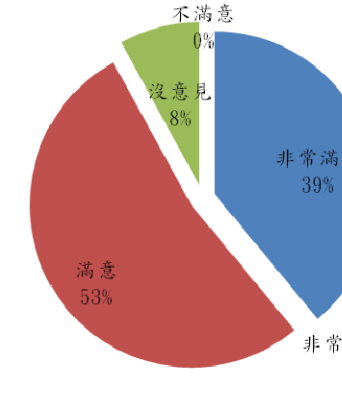
題目	統計分析結果
八、請問在參加完本次活動後，若有機會您是否會推薦他人參加？	 非常推薦：18% 推薦：71% 沒意見：11% 不滿意：0% 非常不滿意 0% 極不推薦 0%
九、請問您對本訓練研習的綜合評價為何？	 非常滿意：24% 滿意：71% 沒意見：5% 不滿意:0% 非常不滿意:0%

表 5-11 污水下水道推進工程施工與檢測維修技術研討會問卷統計分析結果

題目	統計分析結果
一、請問您是以何種方式參加本次訓練或研習？	 主動報名參加：81% 被指定參加：19%

題目	統計分析結果
二、請問您認為本項訓練或研習之授課時數是否適當？	 應予增加：18% 適當：82% 應予減少：0%
三、請問您是否滿意本次訓練或研習之講授內容？	 非常滿意：18% 滿意：74% 沒意見：8% 不滿意：0% 非常不滿意：0%
四、請問您認為本次訓練或研習之講授方式如何？	 非常滿意：49% 滿意：41% 沒意見：10% 不滿意：0% 非常不滿意：0%
五、請問您認為本次訓練或研習之教材如何？	 非常滿意：39% 滿意：53% 沒意見：8% 不滿意：0% 非常不滿意：0%

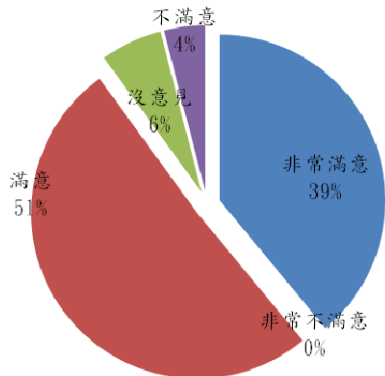
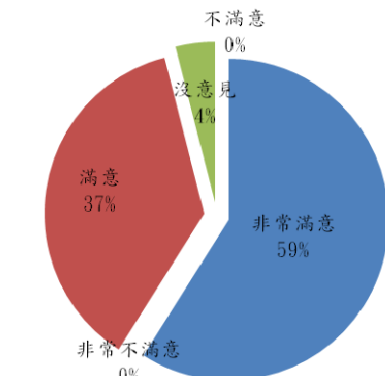
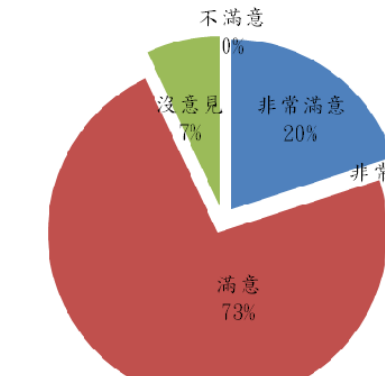
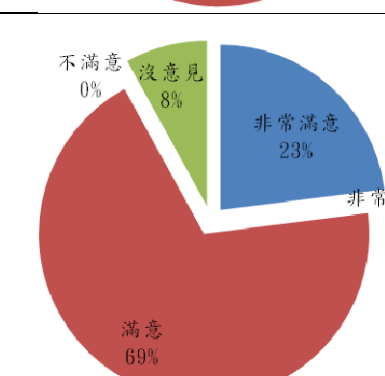
題目	統計分析結果	
六、請問您認為本次訓練或研習之場地設備如何？	 非常滿意：39% 滿意：51% 沒意見：6% 不滿意：4% 非常不滿意：0%	
七、請問本次研習會，對於您目前執行業務或將來個人發展，是否有所助益？	 很有助益：59 % 略有助益：37% 沒意見：4% 無助益：0% 極無助益：0%	
八、請問在參加完本次活動後，若有機會您是否會推薦他人參加？	 非常推薦：20% 推薦：73% 沒意見：7% 不推薦：0% 極不推薦 0%	
九、請問您對本訓練研習的綜合評價為何？	 非常滿意 23% 滿意：69% 沒意見：8% 不滿意：0% 非常不滿意：0%	

表 5-12 都市雨水下水道水理模擬與暴雨管理技術研討會研討會問卷統計

題目	統計分析結果
一、請問您是以何種方式參加本次訓練或研習？	主動報名參加：71% 被指定參加：29% A pie chart with two segments. The larger segment, colored blue, represents '主動報名參加' (Active registration) at 71%. The smaller segment, colored red, represents '被指定參加' (Specified participation) at 29%.
二、請問您認為本項訓練或研習之授課時數是否適當？	應予增加：28% 適當：72% 應予減少：0% A pie chart with three segments. The largest segment, colored red, represents '適當' (Appropriate) at 72%. The medium segment, colored blue, represents '應予增加' (Should be increased) at 28%. The smallest segment, colored white, represents '應予減少' (Should be decreased) at 0%.
三、請問您是否滿意本次訓練或研習之講授內容？	非常滿意：19% 滿意：74% 沒意見：7% 不滿意：0% 非常不滿意：0% A pie chart with five segments. The largest segment, colored red, represents '滿意' (Satisfied) at 74%. The next largest, colored blue, represents '非常滿意' (Very satisfied) at 19%. A small green segment represents '沒意見' (No opinion) at 7%. Two white segments represent '不滿意' (Dissatisfied) and '非常不滿意' (Very dissatisfied), both at 0%.

題目	統計分析結果	
四、請問您認為本次訓練或研習之講授方式如何？		非常滿意：41% 滿意：50% 沒意見：9% 不滿意:0% 非常不滿意:0%
五、請問您認為本次訓練或研習之教材如何？		非常滿意：36% 滿意：55% 沒意見：9% 不滿意:0% 非常不滿意: 0%
六、請問您認為本次訓練或研習之場地設備如何？		非常滿意：41% 滿意：45% 沒意見：10% 不滿意:2% 非常不滿意: 2%
七、請問本次研習會，對於您目前執行業務或將來個人發展，是否有所助益？		很有助益：60% 略有助益：38% 沒意見：2% 無助益：0% 極無助益：0%

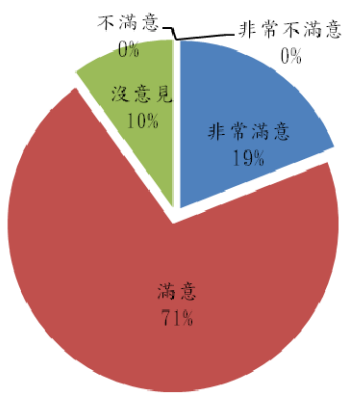
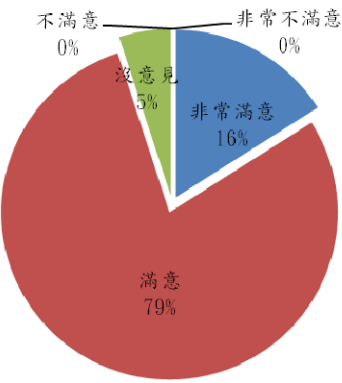
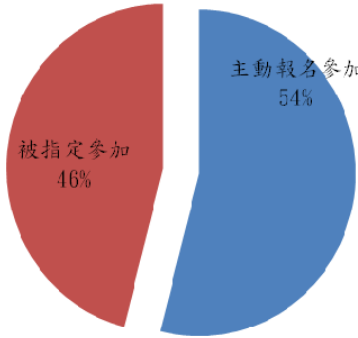
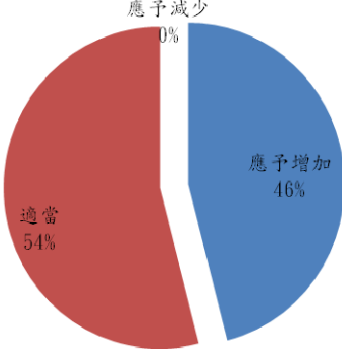
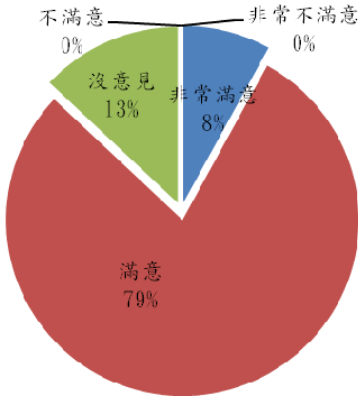
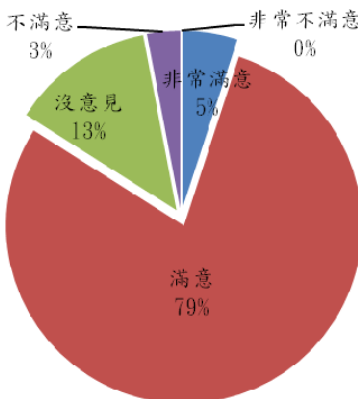
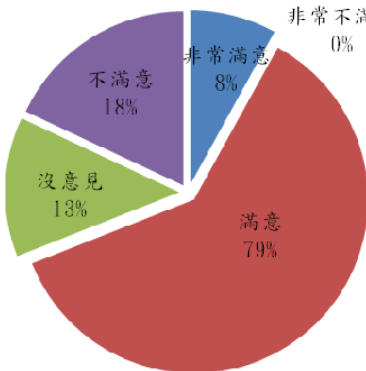
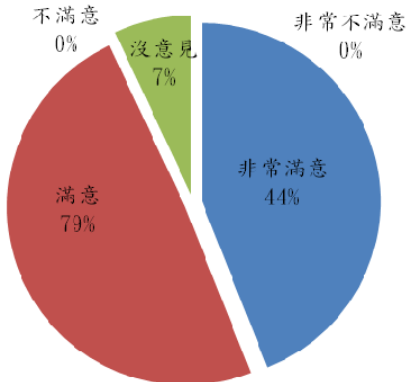
題目	統計分析結果
八、請問在參加完本次活動後，若有機會您是否會推薦他人參加？	 非常推薦：19% 推薦：71% 沒意見：10% 不滿意：0% 非常不滿意：0%
九、請問您對本訓練研習的綜合評價為何？	 非常滿意：16% 滿意：79% 沒意見：5% 不滿意：0% 非常不滿意：0%

表 5-13 九十七年度成果發表會問卷統計分析結果

題目	統計分析結果
一、請問您是以何種方式參加本次訓練或研習？	 主動報名參加：54% 被指定參加：46%
二、請問您認為本項訓練或研習之授課時數是否適當？	 應予增加：46% 適當：54% 應予減少：0%

題目	統計分析結果
三、請問您是否滿意本次訓練或研習之講授內容？	 非常滿意：8% 滿意：79% 沒意見：13% 不滿意：0% 非常不滿意：0%
四、請問您認為本次訓練或研習之講授方式如何？	 非常滿意：5% 滿意：79% 沒意見：13% 不滿意：3% 非常不滿意：0%
五、請問您認為本次訓練或研習之教材如何？	 非常滿意：8% 滿意：61% 沒意見：13% 不滿意：18%(講義黑底投影片有些模糊，事後已寄送彩色電子檔給學員) 非常不滿意：0%
六、請問您認為本次訓練或研習之場地設備如何？	 非常滿意：44% 滿意：49% 沒意見：7% 不滿意：0% 非常不滿意：0%

題目	統計分析結果
七、請問本次研習會，對於您目前執行業務或將來個人發展，是否有所助益？	很有助益：46% 略有助益：54% 沒意見：0% 無助益：0% 極無助益：0%
八、請問在參加完本次活動後，若有機會您是否會推薦他人參加？	非常推薦：15% 推薦：69% 沒意見：15% 不推薦：0% 極不推薦 0%
九、請問您對本訓練研習的綜合評價為何？	非常滿意：13% 滿意：79% 沒意見：5% 不滿意:3% 非常不滿意:0%

5.5. 小結

整體而言，超過八成的與會人員對於成果發表會與研討會感到滿意，參與成果發表會的來賓對於演說內容大部分皆給予正面評價，這也是本研習會預期的成效，各主題精心準備之內容皆相當豐富，部分學員甚至私下來信詢問索取教學用簡報，教材的質與量皆能獲得學員的認同。但亦有一成多不抱持任何意見及不滿意，可見研討會與成果發表會部份細節仍有改進空間。各主題及研究概念對於參加人員是有啟發、有正面幫助的，也有相對應的意見要求希望增加關於實務經驗分享的部份，著實顯示出目前業界、各政府單位對於實際應用上的需求。

本年度計畫團隊已舉辦了「96 年度營建科技聯合成果發表會暨研討會」、「污水下水道推進工程施工與檢測維修技術研討會」、「都市雨水下水道水理模擬與暴雨管理技術研討會」、「都市淹水與雨水下水道暴雨管理技術專家座談會」及「97 年度下水道工程技術研發計畫成果發表會暨研討會」，共計 360 人次參加，除了落實本計畫將研發成果推廣至業界的任務，同時也收到相當多的意見回饋，不論是程式相關說明、及演講議題是否符合實際使用需求等等問題，對團隊而言都是寶貴的建議，團隊也正參考使用者、與會人士的建議，調整計畫研發方向，使研發成果更加符合實際使用需求。

六、計畫網站之建置

為使本計畫之研究內容能廣為外界了解、同時推廣計畫研發成果，本團隊於去年度即開始建立計畫網站，初期由子計畫各自建立子計畫網站，再由總計畫網站以超連結方式整合。然有鑑於各子計畫網站風格迥異，且整體網站之整合性亦有待加強，因此，今年度特別重新設計建置一個新網站架構，如圖 6-1 所示。

新網站上除了提供計畫組織簡介、相關資訊及近期動態活動資訊外，並提供計畫前期研發成果、本期研發成果及詳細教材與相關程式，供各界可隨時透過網路下載，是本計畫與與各界溝通交流及推廣團隊各項研究成果的線上數位平台。本團隊將持續加強此網站之服務功能與內容，提供各界最即時之技術與教育訓練資訊服務。網頁規劃設計如表 6-1 所示。

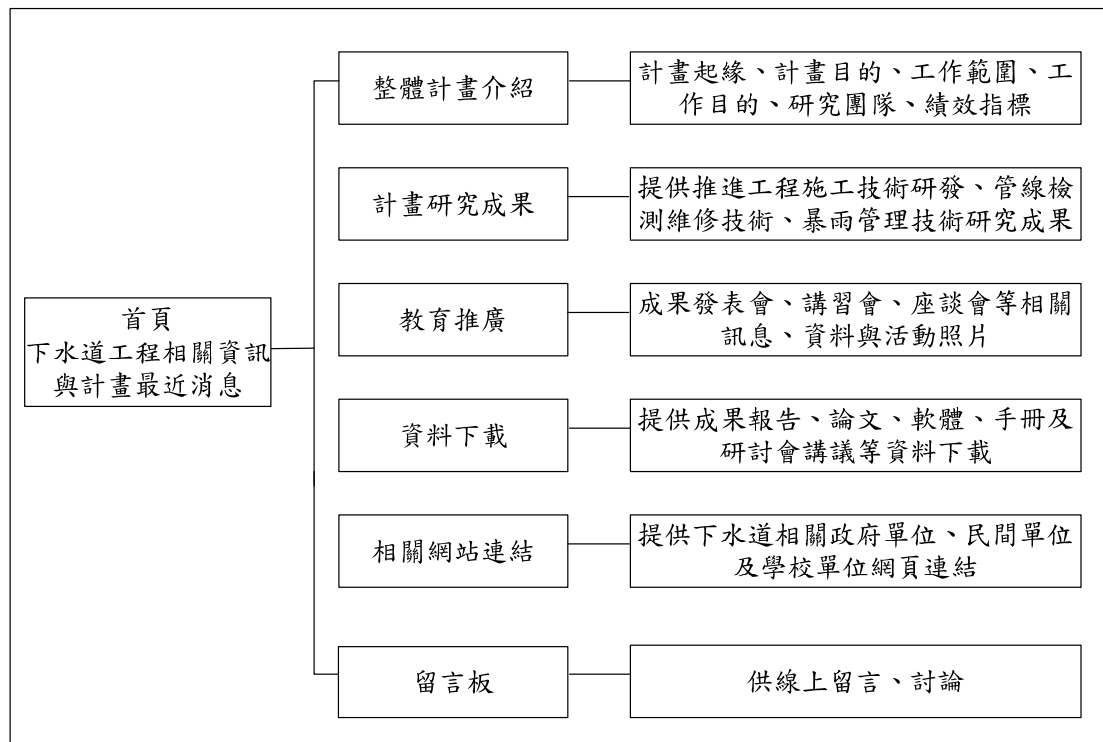


圖 6-1 網頁架構

表 6-1 下水道工程技術研發計畫網站

	
(a) 首頁	(b) 整體計畫
	
(c) 研究成果頁	(d) 教育訓練
	
(e) 資料下載	(f) 留言板

七、近三年績效

藉由本技術研究發展計畫之推動，近三年(95 年至 97 年)已達成之績效可分為學術成就(科技基礎研究)、技術創新(科技整合創新)、經濟效益(產業經濟發展)及民生社會發展，以下分別敘述之。

一、學術成就(科技基礎研究)

95 年

1. 發表期刊論文 3 篇：
 - Water Science and Technology 期刊論文 1 篇。M.D. Yang and T.C. Su (2006) “Automation model of sewerage rehabilitation planning” Water Science and Technology, 54(11-12), pp. 225-232.
 - Journal of the Chinese Institute of Engineers 期刊論文 1 篇。M.D. Yang and T.C. Su (2006) “An optimization model of sewerage rehabilitation” Journal of the Chinese Institute of Engineers.
 - SCI 期刊論文 1 篇。S.-S. Lin, S.-H. Hsieh, J.-T. Kuo, Y.-P. Liao, and Y.-C. Chen, (2006) “Integrating Legacy Components into a Software System for Storm Sewer Simulation,” Environmental Modelling and Software, Vol. 21, No. 8, pp. 1129-1140. (SCI)
2. 建立泥濃式推進工法施工流程及技術手冊，強化本土下水道工程長距離和急曲線等都市施技術，提升對整體下水道施工能力。
3. 經由模糊德爾菲法進行下水道推進工法評估項目之篩選，建立推進工法評估之層級架構。
4. 依施工管徑、施工地質，建立出完整的推進工法生產力與成本參考資料表。

5. 建立推進工法評估模式之基礎研究，透過下水道推進工法適用性評核機制，達到推進工法選擇之決策支援效益。
6. 整合目前已開發完成之二維地表淹水模式，初步模擬都市地區暴雨侵襲下發生洪災時地表淹水分佈情況，並評估各模式間整合之系統框架，以規劃分散式都市暴雨模擬分析整合系統。
7. 舉辦教育訓練以推廣下水道工程技術，並聽取各界人員的建議。

96 年

1. 英文期刊發表 1 篇

Yang, Ming-Der and Tung-Ching Su, 2007. An optimization model of sewerage rehabilitation. Journal of the Chinese Institute of Engineers. 30(4), 651-659p. (SCI, IF=0.125)

2. 發表國內論文 2 篇:

- 林郁修、陳立憲(2007)，分離元素法於無圍壓岩石貫切破壞試驗之模擬分析，第三十一屆中華民國力學學會暨全國力學會議，高雄。
- 邱煌升、林旭信、廖英博 (2007)，「XML 技術於都市水文模式之動態整合應用」，九十六年電子計算機於土木水利工程應用研討會，淡江大學，9 月 6-7 日。甘秉玄、林旭信、廖英博 (2007)，「結合減法聚類法之模糊降雨逕流模式適用性探討」，第 16 屆水利工程研討會，國立聯合大學，8 月 22-23 日。

3. 博碩士人材培育 7 位: 歐陽偉(台灣科技大學營建工程系碩士班)、林弘倫(台灣科技大學營建工程研究所博士班)、劉紀明(台灣科技大學營建工程研究所碩士班)、楊喆巽(台北科技大學土木與防災研究所碩士班)。蘇東青(國立中興大學土木系博士班)、林佑昌(國立中興大學土木系碩士班)、劉益誠(國立中興大學土木系碩士班)

4. 編撰下水道工程技術參考準則，包含泥濃、土壓、泥水式三種下水道推進常用之工法，以提昇國內下水道工程施工技術。
5. 形成「污水下水道推進施工技術研發」、「污水下水道管線檢測維修技術研投」及「雨水下水道暴雨管理技術研發」3 個研究小組，
6. 舉辦教育訓練台北及台中各一場。以推廣下水道工程技術，邀請產官學界相關業務人員參與並聽取各界人員的建議。

97 年

1. 發表 4 篇論文。
 - Yang, Ming-Der and Tung-Ching Su, 2008. Automated diagnosis of sewer pipe defects based on machine learning approaches. Expert Systems With Applications, Vol 35, No. 3, pp 1327-1337
 - 楊明德、葉筱萍、黃子懷，「應用AHP模式進行汙水下水道系統維修排序」，2008營建工程與管理學術研討會。
 - 林旭信、陳立偉、廖英博(2008)，「氣候變遷對於水資源衝擊評估之初步研究-以牡丹水庫為例」，第十七屆水利工程研討會，逢甲大學，8月5~6日。
 - 甘秉玄、林旭信、蔡孝忠、廖英博 (2008)，「結合聚類分析與人工智慧模式於颱風時雨量即時預測」，第17屆水利工程研討會，逢甲大學，8月5-6日。
2. 開發與建置下水道推進工法資料庫，並進行相關資料收集與資料登錄。
3. 培育博碩士共計 9 位:許展祥(國立中興大學土木系博士班)、蔡婷鈺(國立中興大學土木系博士班)、黃子懷(國立中興大學土木系碩士班)、黃凱翔(國立中興大學土木系碩士班)、郭冠宗(國立中興大學土木系碩士班)、張騏顯(國立中興大學土木系碩士班)邱煌升(中原大學土木系碩士班)甘秉玄(中原大學土木系碩士

班)陳立偉(中原大學土木系碩士班)

4. 利用資料庫所收集之推進工程資訊與實務個案進行推進工法施工效能指標之實證探討。
5. 利用現地調查，記錄現行下水道施工作業流程，以電腦模擬方式，改善現有流程缺失，提出流程改造方案。
6. 舉辦二場教育訓練與成果發表會，邀請各產官學界及相關業務人員，以推廣下水道工程技術，並聽取各界人員的建議。

二、技術創新(科技整合創新)

96 年

1. 找出掘削進度延宕之特徵要因，進行學理上之初步分析，並以 PFC3D，建立推進過程中之模型。
2. 協助國內檢視廠商，發展檢視影像自動化辨識。
3. 撰寫「USIS 系統技術手冊」，協助實務操作者了解相關技術規格說明，並使系統維護者藉由技術報告了解系統規格及其架構，協助技術的獲得。
4. 專家座談會 3 場:與其它計畫團隊共邀產官學界合辦「下水道工程推動策略座談會」。另外也與北高兩市政府進行業務訪談，了解實際業務需求，並做成訪談記錄如 96 年度期末報告書附表八。

97年

1. 擬定生產流程再造改善方案，藉以提高下水道推進工程施工的生產力與管理績效。
2. 開發自動化 ETL (Extraction, Transformation, and Load) 程式處理收集到之電子化資料。
3. 本團隊利用影像處理技術：小波轉換、共生矩陣及紋理特徵描

述子運算、形態學影像特徵分割等，並配合類神經電腦網路學習，對 CCTV 影像進行自動化影像缺失判釋之研究。所發展之自動化缺失影像判釋系統已趨於成熟，已規劃申請發明專利。未來，若配合儀器機具之開發結合將有助於下水道產業自動化之發展。

4. 拜訪台中市政府下水道課，了解台中市下水道工程發展現況，並透過技術輔導之方式，輔助台中市下水道工程得標廠商進行下水道維護檢測作業。
5. 研發即時水理模擬核心技術，以減少都市水文模擬時間，再與空間資訊整合，使 USIS 系統可有效率的提供決策支援及預警成效。整個系統研發過程，都將以標準物件導向軟體技術，以確保軟體品質及彈性。
6. 完成 USIS 系統技術手冊一份，以協助使用者之實際操作。
7. 拜訪台北市政府進行業務訪談和中場抽水站實地參觀，並將系統應用於現行雨水下水道暴雨管理作業及其實際業務需求。

三、經濟效益(產業經濟發展)

95年

1. 建立數據資料庫及施工知識平台，提升業界交流程度並加速後續研究腳步。
2. 收集與分析本土下水道推進工程之生產力與成本資訊，並與日本推進資料進行交叉分析，以作為業界作業評估與後續推進工程研發之參考。
3. 建立推進工程技術轉移模式，配合台灣下水道協會與地下管道協會，輔導國內推進專業廠商，建立後續產官學合作關係。

96年

1. 建立推進施工與技術參考手冊(草案):蒐集推進工法的相關資

訊，撰寫施工與技術參考手冊之草案，以為推進施工與評估之參考。

2. 將下水道維修案例、最佳維修策略知識與下水道施工知識保存，提升國內營造廠的競爭力，並發展本國特有的下水道技術，進而將觸角伸至世界。

97年

1. 定期於受試工區舉行座談會，深入瞭解受試者心得及回饋報告，以體察施工效能指標之可行性，以隨時進行修正。
2. 計劃之 E 化學習網頁之主旨之一，即提供線上查詢及學習，有助於下水道產業推廣；另外，本學習平台亦提供相關顧問公司及營造廠商資訊，可協助產業間之技術支援及交流，將有助於下水道產業之發展。
3. 合作研究 1 件，與台北市政府合作，進行相關業務訪談、抽水站實地訪談等，並與台北市政府索取系統相關所需資料，以期完成 USIS 系統，協助台北市達到防洪預警之功效。
4. 技術服務，當 USIS 系統成熟發展後，期望可以地方政府之使用次數，以作為本計劃之主要績效指標之一。
5. 擬定生產流程再造改善方案，藉以提高下水道推進工程施工的生產力與管理績效。

四、民生社會發展

96年

1. 建立下水道推進工程知識庫:將下水道維修案例、下水道施工知識保存，提升國內營造廠的競爭力，並發展本國特有的下水道技術，進而將觸角伸至世界。
2. 資訊服務:各子題完成計畫推廣網站 1 個與總計畫 1 個，共 4 個

97年

1. 由於下水道工程之蓬勃發展，將有助於提升各縣市政府之都市發展及人民生活品質，另外產業所需之大量人力資源，亦可提供廣大的就業發展機會，有助於帶動整體民生經濟發展。
2. 總計畫匯整各子題計畫網站，並架設整體計畫推廣網站 1 個，提供各產業、學者及相關人員以及一般民眾等，可以由線上得知相關資訊及成果，並下載相關資料與軟體使用。
3. 由多位教授及副教授所共同建構之管線自動化檢視維修研究實驗室，將提供更多元之研究方向及問題諮詢。
4. 下水道管線檢測維修工程之實行將有助於提升國民生活品質，另外可解決污水外露等問題。

八、結論

本年度計畫之研發工作內容主要分為「污水下水道推進工程施工技術之研發」、「污水下水道管線檢測維修技術之研發」及「雨水下水道暴雨管理技術之研發」等三部分，其結論分別略述於 8.1 至 8.3 節。8.4 節報告本計畫本年度應達成之工作內容與所對應之工作成果。

8.1. 污水下水道推進工程施工技術研發

- (一)承續 96 年度研究成果，持續蒐集施工記錄表格，並從歷史資料與正在推動標案之施工日報表、地質鑽探報告與施工計畫書中，依照文獻資料與專家建議於施工記錄中擷取影響因子，並進行基本統計，以評估本土下水道推進生產力現況。截止民國 97 年 8 月底止，已累積普通土層資料 943 筆，卵礫石層資料 170 筆，總累積筆數已達 1113 筆。
- (二)藉由現地調查與文獻回顧結果，決定下水道推進施工流程改善重點，並利用 EZ STROBOSCOPE 系統，進行電腦模擬，並就模擬結果進行分析，提出流程改造方案。
- (三)在本年度進一步收集其它各方與下水道施工相關之資訊，並加以參考之用，補強改善 96 年度之下水道資料庫設計上不足之部份。並透過撰寫之 Excel VBA 程式轉化建置了 216 筆施工日報資料於系統資料庫中。
- (四)針對網頁式資訊系統進行初步之系統功能規劃，並根據規劃之概念進行系統功能之實作。
- (五)文獻資蒐及推進工法延滯困難要項調查。以卵礫石為對象，首以收集台灣分區之卵礫石層相關地質以建立研究底層資料，再佐以現場調查驗證如前述之表 2-34 至表 2-36 並初步研擬掘削進度

延宕之特徵要因，以推進力之評估並與內業數值模擬相比對，定性指出當材料粒徑的漸增所需之推進力亦有上升之趨勢，並作為後續工程學理之研析暨應用於掘削進度之探討。

- (六)卵礫石層之數值模擬。利用數值軟體 PFC3D，針對主體材料：卵礫石與客體機具：單刀之角度變化與不同幾何形狀進行系列模擬，得知於能量消耗方面不論何種的機械配置，能量消耗皆隨著 β 之增加而減少。隨著主體材料粒徑的漸增，所消耗之能量易隨之增加。

8.2. 污水下水道管線檢測維修技術研發

- (一)CCTV 影像形態分割結果，約可獲得 62 幅成功分割之影像，其中樹根入侵僅有 2 幅影像順利分割成功。分析其分割失敗之緣由，主要歸納出造成影像形態分割失敗之主因有：相機拍攝姿態、光線投射方向、CCTV 影像上之文字標記、管體本身的污垢等。為加速後續影像自動化系統之運用及發展，建議可訂定一標準化之拍攝流程，如檢視機具於不同缺失之拍攝姿態及光源投射等標準。期望透過各方面之改進獲取較佳之影像缺失拍攝成果，以加速後續影像自動化處理速度。
- (二)本研究所提出之理想化管線缺失形態定義，可提供作為 CCTV 影像缺失之形態分割基準，有效提升管線缺失形態分割量測之效率。
- (三)本研究利用形態學運算，主要乃計算其 5 項維度數值，分別為：面積、半長軸、半短軸、偏心率、長短軸比例。並藉由主成分分析(PCA)分析計算後，由原始資料之 5 個維度轉換 2 個非相關維度數值，其資料量雖大幅減少但卻仍保有原始資料 95% 的資訊。由此可知，藉由主成分分析運算(PCA)可大幅減少資料量計算，加速整體影像分析速度。

(四)利用形態學原理進行自動化影像缺失判釋結果顯示，其判釋準確度相較於利用紋理特徵萃取之成果為佳，其整體準確度已由 7 成提升至 9 成，顯示利用形態學原理進行自動化影像缺失判釋為可行且可大幅解決影像雜訊造成準確率不佳之問題。

下水道網路學習平台之建立，對於一般民眾及各相關政府單位及營造產業，除提供線上知識學習及下水道資料查詢外，更提供一討論交流之區域，對於下水道技術推廣有實質的意義。另外，下水道產業資料調查成果，除提供大型營造廠商尋求合作廠商或技術支援外，尚可提高中小型營造企業之企業知名度，以激勵整體下水道產業競爭力。

8.3. 雨水下水道暴雨管理技術研發

(一)完成都市暴雨模擬分析整合之規劃(II)工作，包含有完成 USIS 系統之需求分析文件、系統整合資料庫初步建置、USIS 系統相關之子系統研發與建置以及初步整合。此外，新水理模擬核心部份已以中港抽水站系統作為實際案例模擬，比對新模擬核心(IRES)與原模擬核心(SWMM)之結果，比對結果十分良好，新核心的運算效率也大於 SWMM。

(二)經由研究模擬事件發現，保儀抽水站系統在 90 分鐘的短延時降雨情況下只有一個人孔產生溢流，且溢流量十分微小。而在 24 小時長延時的情況下，其溢流情況僅有少數人孔溢流且在抽水站系統分散溢流無集中的現象。實踐抽水站系統在 90 分鐘的短延時與 24 小時長延時降雨情況下只有少數人孔產生溢流，其溢流區域集中在系統下游部分。相反地，中港抽水站系統不管是在 90 分鐘的短延時或 24 小時長延時降雨情況下模擬，都產生了大範圍的區域性人孔溢流，其明顯集中在抽水站系統上游與下游，本團隊規納出可能原因為:1.是否有鄰近之抽水站系統對中港抽

水站系統進行分流。2.中港抽水站系統之抽水機組抽水量太小。

- (三) 關於本年度之都市暴雨防災相關宣導推廣工作，包含有舉辦推廣研習會及專家學者座談會各一場、實地業務訪談及需求分析、都市暴雨防災教戰手冊之編製、維護及更新 USIS 計劃網站以及系統維護及推廣。

8.4 本年度成果摘要

依據本計畫之邀標書、契約書與工作計畫書規定，本年度應達成之工作內容與成果彙整如表 8-1，所有預定之工作項目，皆已達成預期之成果目標。

表 8-1 計畫成果彙整說明

應達成工作內容	工作成果
污水下水道推進工程施工技術之建立	
• 持續收集施工相關之資訊	• 截止民國 97 年 8 月底止，已累積普通土層資料 943 筆，卵礫石層資料 170 筆，總累積筆數已達 1113 筆。
• 下水道施工流程再造方案探討	• 透過利用 EZ STROBOSCOPE 系統，進行電腦模擬，提出流程改造方案。
• 進行資料庫之分析與設計，並將資料建置於資料庫中	• 已根據 96 年度之雛型資料庫進行資料庫架構上之改善，並已可透過 VBA 程式將 Excel 施工報表轉存於資料庫。
• 網頁式資訊系統初步系統分析及開發	• 依所設計之資料庫系統內之資料初步規劃了網頁式資訊系統可能之功能，並加以將功能進行實作開發。
• 蒐集推進工程施工資料，藉以研擬下水道施工效能指標。	• 已蒐集下水道施工日報表及相關資料，並完成初步統計分析。
• 實際與計算推進力之差異、單一刀頭與總推進力相關性最後結合外業調查與內業數值模擬以推估推進工程之可挖性指標（Cuttability Index）。	• 初步比對成果可定性指出當材料粒徑的漸增所需之推進力亦有上升之趨勢，並作為後續工程學理之研析暨應用於掘削進度之探討。
•	

污水下水道管線檢測維修技術之建立	
• 自動化管線缺失診斷方法研發	• 利用形態學原理建構一自動化影像判釋流程。 • 運用不同半徑(r)之圓形和不同寬度(w)但長度相同之矩形之圖像運算結構進行影像開放操作測試。結果顯示利用半徑(r=4)之圓形運算結果成果最佳。 • 完成台中市 9 期重劃區之 291 幅 CCTV 管線缺失影像進行型態分割測試。主要之四項缺失影像可成功分割缺失型態之影像分別有管體崩塌*5 幅、管體破損*22 幅、異物入侵*2 幅、接頭脫開*33 幅。 • 完成形態學原理自動化影像缺失測試，其缺失類別判釋精度可達 9 成。 • 已利用 Matlab 程式語言之撰寫完成「管線缺失診斷系統操作介面」
• 污水下水道檢測及維修作業教材製作	• 已完成下水道 E-Learning 網路學習平台之建構。網站主要提供：1.下水道技術之教學 2.研究團隊過去之研究成果 3.各項研究成果發表之論文展示 4.留言討論區。 • 完成下水道產業資料調查，其成果已整合放置於 E-Learning 學習平台提供查詢。
• 輔導縣市政府及廠商進行污水下水道管線檢視維修操作	• 輔助台中市政府下水道科實行檢測修繕計畫，並取得相關工程施工規劃及主要施工範圍資料。 • 透過實際訪談了解台中市政府下水道工程施工所迫切解決之問題，並參與工程施工前之說明會議，以了解各得標廠商之職責。 • 完成舉辦「污水下水道推進工程施工與檢測維修技術研討會」，參與人數約達 110 人。
雨水下水道暴雨管理技術之建立	
• 都市暴雨防災相關宣導推廣工作	• 已舉辦教育推廣研討會和專家座談會各一場，亦即「都市雨水下水道水理模擬與

(I)	暴雨管理技術研討會」和「都市淹水與雨水下水道暴雨管理技術專家座談會」，完成都市暴雨防災相關宣導推廣工作。
	• 編制完成「都市暴雨防災教戰手冊」，以針對不同層級人員，給予適當之防災資訊。
	• 至中港抽水站進行實地業務訪談，並進行需求分析。
	• 維護及更新計劃教學網站，以提供全民參與計劃成果之網路平台。
	• 於今年度完成 S4-offline 模式以及 S4 模擬核心之更新工作。此外，本團隊也設置 S4 系統下載網頁，提供相關人員下載使用以推廣 S4 系統。
• 都市暴雨模擬分析整合系統之規劃(II)	• 完成 USIS 系統需求分析與設計。
	• USIS 系統整合資料庫之初步建置完成，並完成水文氣象資料查詢子系統之開發。
	• 完成 Web GIS 子系統研發與建置。
	• 完成水理模擬子系統之開發工作。
	• 初步整合水文氣象資料查詢子系統以及 Web GIS 子系統之至 USIS 之系統框架。
• 抽水站設計及操作合理性分析檢討	• 主要以第四分區之中港、實踐與保儀木新抽水站系統，進行抽水站系統水理模擬，以檢視其相關設計參數之合理性。
計劃整體及辦理教育訓練推廣活動	
• 三年期下水道工程技術研發整體績效指標之建立。	• 已針對本案研發一套適合整體績效指標。
• 計畫網站之建置。	• 建立計畫整體網站，並持續更新。
• 舉辦推廣宣導研討會及教育訓練活動，完成舉辦 2 場次及一場成果發表會，共 250 人次參與之推廣效益。	• 已完成舉辦「96 年度營建科技計畫成果聯合發表暨研討會」、「污水下水道推進工程施工與檢測維修技術研討會」、「都市雨水下水道水理模擬與暴雨管理技術研討會」及「都市淹水與雨水下水道暴雨管理技術專家座談會」，並達成共計 310 人次參加之效益。

參考文獻

1. 王進源(民 94)。影響輸水潛盾隧道施工生產力因子之探討與改善對策—以大台北地區為例。國立台灣大學土木工程研究所碩士論文。
2. 徐朝權(民 85)。企業生產力衡量與分析之研究。國立政治大學企業管理研究所博士論文。
3. 張紹勳，張紹平，林秀娟(民 89)。SPSS For Windows 統計分析——初等統計與高等統計（上）（下）冊(4 版)。台北市：松崗電腦圖書資訊股份有限公司。
4. 陳順宇(民93)。多變量分析(3版)。台北：華泰。
5. 陳清南(民 95)。營建機具設備維護策略之探討——以機具租賃業為對象。國立台灣科技大學營建工程系碩士論文。
6. 劉福勳 (民 93)。營建生產力之量度及其效益。營造天下月刊，102，17~21。
7. 林惠玲，陳正倉(民95)。應用統計學(3版)。台北市：雙葉書廊圖書有限公司。
8. 黃俊英(民87)。多變量分析(6版)。台北市：中國經濟企業研究所。
9. 徐坤榮(民89)。建築工程營建生產力之研究——以預鑄工法為例。國立台灣大學土木研究所碩士論文。
10. 蔣緯鳴(民94)。下水道短管推進力分析。國立中央大學土木工程學系碩士論文。
11. 張嘉倫(民95)。污水下水道用戶接管點生產力模型之研究。國立高雄第一科技大學營建工程系碩士論文。
12. 羅勝全(民91)。污水下水道推進施工管理對策與管線維護之探

討。國立海洋大學何海工程系碩士論文。

13. 劉福勳，周勁言(民 94)。短時效率評估法之量測與應用。營造天下月刊，111，44~49。
14. 劉福勳，李昌明(民 94)。營建業生產力之評估與改善對策。營造天下月刊，109，18~25。
15. 傅和彥(民 77)。工廠管理。台北市:前程企業管理公司。
16. 工廠管理編輯委員會(民 71)。工廠管理。中壢市:和昌出版。
17. 陳文哲，楊銘賢(民 85)。工廠管理。台北市:中興管理。
18. 林清河(民 84)。工作研究。台北市:華泰文化。
19. 簡德金(民 86)。工作研究。台北市:育有出版。
20. 王麗琴，「Excel 2002/VBA 程式設計」，松崗電腦圖書資料股份有限公司，2001。
21. 王文祥，礫石層之沉積特徵及量化描述方法嘗試，「地工技術」，第 55 期，pp. 25-34，1996。
22. 林炳森、褚炳麟、林銘煌、張翔年、曲先慎，“林口臺地紅土礫石層之力學特性研究”，「防災科技研究報告」，75-60 號，行政院國家科學委員會，1988。
23. 林炳森、褚炳麟、林銘煌、曲先慎，“夯實紅土礫石之力學特性研究”，「防災科技研究報告」，74-58 號，行政院國家科學委員會，1986。
24. 竺文彥、李宗坤、鍾仁金、盧之偉，曲線推進工法規劃設計與施工，「地工技術」，第 106 期，pp. 5-14，2005。
25. 洪如江、詹勳山、楊彰文、何鏗釗、魏烈舫、陳振才、鄭在仁、馬炤津、陳煌銘，“複合土工程性質之初步研究”，「國立台灣大學工程學刊」，第 23 期，1986。
26. 張曉瑞，排列方式及試驗方式對顆粒材料剪力強度之影響，「碩士論文」，朝陽科技大學，台中，2002。

27. 張吉佐、陳逸駿、嚴世傑、蔡宜璋，台灣地區中北部卵礫石層工程性質及施工探討，「地工技術」，第 55 期，pp. 35-46，1996。
28. 許海龍、陳中原，“粗顆粒卵礫石之剪力強度力學特性之研究”，「十四屆全國力學會議」，第一卷，pp. 823-831，1990。
29. 董家均、黃安斌，礫石土材料之力學試驗，「地工技術」，第 55 期，pp. 59-70，1996。
30. 褚炳麟、孫漢豪、許金龍，推進工法在卵礫石地層中之案例研究，「地工技術」，第 106 期，pp. 15-24，2005。
31. 褚炳麟、潘進明、張國雄，台灣西部卵礫石層現地之大地工程性質，「地工技術」，第 55 期，pp. 47-58，1996。
32. 顏君行，管推進工程管線與土壤互制行為之分析研究，「碩士論文」，國立中興大學，台中，2006。
33. 鄧屬予，台灣卵礫石層的地質背景，「地工技術」，第 55 期，pp. 5-24，1996。
34. 鄭文隆，“以室內試驗方法對夯實紅土礫石材料力學性質之研究”，「國立臺灣工業技術學院營建系大地工程報告書」，1986。
35. 周斯畏、陸雅璟、張春霞、簡杏玟，「物件導向系統分析與設計—使用 UML 與 C++」，全華科技圖書股份有限公司，民國 91 年。
36. 高煥堂，「Use Case 入門與實例」，廣悅文化事業有限公司，2007 年。
37. 張紹勳、張紹平、林秀娟，「SPSS For Windows 統計分析—初等統計與高等統計（上）（下）冊」，松崗電腦圖書資訊股份有限公司，2000。
38. 郭振泰、謝尚賢、陳彥璋、林旭信、廖英博、汪立本，台灣大學土木工程學系：「雨水下水道模擬系統—技術手冊」，2005 年。
39. 郭振泰、謝尚賢、陳彥璋、林旭信、廖英博、汪立本，台灣大學土木工程學系：「雨水下水道模擬系統—使用手冊」，2005 年。
40. 郭振泰、謝尚賢、楊明德，台灣大學水工試驗所：「下水道系統

- 自動化監測、操作及維修系統之研究」，內政部營建署成果報告，2003。
41. 郭振泰、謝尚賢、楊明德，台灣大學水工試驗所：「下水道系統自動化監測、操作及維修系統之研究」，內政部營建署成果報告，2004。
 42. 郭振泰、謝尚賢、楊明德、林正芳，台灣大學水工試驗所：「下水道系統自動化監測、操作及維修系統之研究」，內政部營建署成果報告，2005。
 43. 趙光正，「UML 與樣式徹底研究」，培生教育出版集團，2008。
 44. 鄧慰先，國立聯合大學災害防救科技研究中心：「水災境況模擬與降雨資訊展示系統之建置與應用」，台北市政府消防局期中成果報告，2004。
 45. 顏清連、李天浩、王如意、楊德良、許銘熙，台灣大學水工試驗所：「淡水河整體洪水預報系統模式之研發—子題一：降雨觀測及預報模式」總報告，1998。
 46. 歐陽嶠暉，「下水道管渠管理維護與修繕」，詹氏書局。
 47. 行政院公共工程委員會，「施工階段」 G2B 工程進度管制 XML 資料及 BPS 流程標準建置指引，台北，2003。
 48. 藍啟榮、顏君行、李英彰、唐其巍，長距離推進在台中卵礫石層中之案例研究，「地工技術」，第 115 期，pp. 83-90，2008。
 49. Arditi, D., Krishna M. (2000). Trends in productivity improvement in the US construction industry. *Construction Management & Economics*, 18(1), 15-27.
 50. Fayyad, U., Uthurusamy, R. (1996). Data mining and knowledge discovery in databases. *Communications of the ACM*, 39(11), 24-26.
 51. Drewin, F. J.(1982). *Construction productivity :measurement and improvement through work study*. New York: Elsevie.

52. Thomas, R. H. (1986). An analysis of the methods for measuring construction productivity. Austin TX: University of Texas at Austin.
53. Alfeld, L. R. (1988). Construction productivity :on-site measurement and management. New York: McGraw-Hill.
54. Sink, D. S. (1985). Productivity management :planning, measurement and evaluation, control, and improvement. New York: Wiley.
55. Lockyer, K. G.(1974). Factory and production management. London: Pitman.
56. Slack, N., Chambers S., Johnston R. (2007). Operations management. Harlow, England: Prentice Hall.
57. Fabrycky, W. J. (1966). Operations economy :industrial applications of operations research. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
58. Holtz, W. G., and Gibbs, H. J., “Triaxial Shear Tests on Pervious Gravely Soils”, J. Soil Mech. And Found. Engng. Div., 82, pp. 1-22, 1956.
59. Marsal, R.J., Ramirez de Arellano, L., and Nunez, A. “Plane Strain Testing of Rockfill Materials”, Proc., 3rd. Pan-Am. Conf. On Soil Mech. 1,pp. 249-271, 1967.
60. Marachi, N. D., Chen, C. K., and Seed, H. B., “Evaluation of Properties of Rockfill Materials”, J. Soil Mech. and Found. Engng. Div., 98 pp. 95-114, 1972.
61. Fenner, R. A. (2000). Approaches to sewer maintenance: a review. Urban Water, 2(4), 343-3
62. Yang, M. D., & Su, T. C. (2006). An automation model of sewerage rehabilitation planning. Water Science and Technology, 54(11-12), 225-232.
63. Makar, J. M. (1999). Diagnostic techniques for sewer systems. Journal of Infrastructure Systems, 5(2), 69-78.

64. Franks, S. W. (1999), "Disaggregation of Environmental Factors Affecting Sewer Pipe Failures," *Journal of Infrastructure Systems*, ASCE, Vol. 5, No. 4, pp. 150-158.
65. Water Research Centre (1994), *Sewerage Rehabilitation Manual*, 3rd Ed., WRC, Swindon, U.K., Vol. 2, pp. 109-134.
66. Ouellette, H. and Schrock, B. J. (1981), "Rehabilitation of Sanitary Sewer Pipes," *Proceedings of the American Society of Civil Engineers*, Vol. 107, No. TE4, pp. 479-513.
67. Moselhi, O., & Shehab-Eldeen, T. (2000). Classification of defects in sewer pipes using neural network. *Journal of Infrastructure Systems*, 6(3), 97-104.
68. Shehab, T., & Moselhi, O. (2005). Automated detection and classification of infiltration in sewer pipes. *Journal of Infrastructure Systems*, 11(3), 165-171.
69. Iyer, S., & Sinha, S. K. (2005). A robust approach for automatic detection and segmentation of cracks in underground pipeline images. *Image and Vision Computing*, 23(10), 921-933.
70. Mckim, R. A., & Sinha, S. K. (1999). Condition assessment of underground sewer pipes using a modified digital image processing paradigm. *Tunneling and Underground Space Technology*, 14(2), 29-37.
71. Parker, J. R. (1997). *Algorithms for Image Processing and Computer Vision*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
72. Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2002). *Digital Image Processing*. 2nd ed. Prentice Hall, New Jersey.
73. Sinha, S. K., & Fieguth, P. W. (2006). Segmentation of buried concrete pipe images. *Automation in Construction*, 15(1), 47-57.
74. Lillesand, T. M., & Kiefer, R. W. (2000). *Remote Sensing and Image*

Interpretation. 4th ed. New York: Wiley.

75. Widodo, A., Yang, B. S., & Han, T. (2007). Combination of independent component analysis and support vector machines for intelligent faults diagnosis of induction motors. *Expert Systems with Applications*, 32(2), 299-312.
76. Polat, K., & Güneş, S. (2007). Automatic determination of diseases related to lymph system from lymphography data using principles component analysis (PCA), fuzzy weighting pre-processing and ANFIS. *Expert Systems with Applications*, 33(3), 636-641.
77. Seo, K. K. (2007). An application of one-class support vector machines in content-based image retrieval. *Expert Systems with Applications*, 33(2), 491-498.
78. Yang, M. D., & Su, T. C. (2007a). An optimization model of sewage rehabilitation. *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, 30(4), 651-659.
79. Yang, M. D., & Su, T. C. (2007b). Automated diagnosis of sewer pipe defects based on machine learning approaches. *Expert Systems with Applications*, doi: 10.1016/j.eswa.2007.08.013. in press.
80. Zhang, C., Jiang, J., & Kamel, M. (2005). Intrusion detection using hierarchical neural networks. *Pattern Recognition Letters*, 26(6), 779-791.
81. Hwang, Y. S., & Bang, S. Y. (1997). Recognition of unconstrained handwritten numerals by a radial basis function neural network classifier. *Pattern Recognition Letters*, 18(7), 657-664.
82. Jang, B. K., & Chin, R. T. (1998). Morphological scale space for 2D shape smoothing. *Computer Vision and Image Understanding*, 70(2), 121-141.
83. Cassar, A. and Hans-Reinhard Verworn (1999), "Modifications of

- Rainfall Runoff and Decision Finding Models for On-Line Simulation in Real Time Control,” *Water Science Technology*, Vol. 39, No. 9, pp. 201-207.
84. De Roo, A., Gouweleeuw, B., Thielen, J., Bartholmes, J., Bongioannini-Cerlini, P., Todini, E., Bates, P., Horritt, M., Hunter, N., Beven, K., Pappenberger, F., Heise, E., Rivin, G., Hills, M., Hollingsworth, A., Holst, B. Kwadijk, J., Reggiani, P., van Dijk, M., Sattler, K., and Sprokkereef, E. (2003), “Development of a European flood forecasting system,” *International Journal of River Basin Manage*, Vol. 1, No. 1, pp. 49–59.
 85. Huber, W. C., Dickinson, R. E., Roesner, L. A. and Aldrich, J. A. (1988), *Stormwater Management Model User’s Guide*, Vol. 2, Canada.
 86. Li, X. Y., Chau, K. W., Cheng, C. T., and Li, Y. S. (2006), “A Web-based flood forecasting system for Shuangpai region,” *Advances in Engineering Software*, Vol. 37, pp. 146-158.
 87. Linaza, M. T., A. Salterain, E. Ayesa (2002), “Real Time Control Modules for Sewer Simulations,” *Water Intelligence Online* (<http://www.iwapublishing.com/>).
 88. Maker, J. M. (1999), “Diagnostic Techniques for Sewer Systems,” *Journal of Infrastructure Systems*, Vol. 5, No. 2, pp. 69-78.
 89. Nelen, F. (1993), “On The Potential of Real Time Control of Urban Drainage Systems,” *Water Science and Technology*, Vol. 27, No. 5-6, pp. 111-122
 90. Neugebauer, K., W. Schilling and J. Weiss (1991), “A Network Algorithm for the Optimum Operation of Urban Drainage Systems,” *Water Science and Technology*, Vol. 24, No. 6, pp. 209-216.
 91. Sample, D. J., James P. Heaney, Leonard T. Wright, and Richard

- Koustas (2001), "Geographic Information Systems, Decision Support Systems, and Urban Storm-Water Management," *Journal of Water Resources Planning and Management*, Vol. 127, No. 3, pp. 155-161.
92. Liao, Y., Fang, S. C., & Nuttle, H. L. W. (2004). A neural network model with bounded-weights for pattern classification. *Computers and Operations Research*, 31(9), 1411-1426.
93. Moselhi, O., & Shehab-Eldeen, T. (1999). Automated detection of surface defects in water and sewer pipes. *Automation in Construction*, 8(5), 581-588.

附錄

附錄一 台北市雨水下水道抽水站系統易淹水原因之 回顧

台北市雨水下水道監測站目前利用雨量計、水位計、流量計和 CCTV 影像來取得即時監測資料，而暴雨管理分析模擬方面，目前有在使用 XP-SWMM 及 PC-SWMM，但是目前還無法動態的從即時觀測降雨量就直接當成模式輸入來模擬預報水位及流量以作為颱風事件預警之用，所以現階段防洪預警是利用水位計之即時觀測水位，加上委託中華顧問工程公司開發的水位預測系統來做為預警之用。

而淹水方面，現場調查時發生淹水的原因主要包括有：

1. 工程施工時之污染物：大型污染物可能藉由雨水沖刷至雨水下水道形成淤積，甚至有民眾的彈簧床流進去卡住等等。
2. 其他管線佔用下水道通水斷面：許多電信業者的電纜網路等也走雨水下水道管路，越來越多的情況下將導致通水斷面縮減。目前對於電纜等管線埋設方式也訂了一些法規規範，既有的部份先就地合法，並規定當該區域有進行道路開挖時電纜管線應埋設路面下，必需確保下水道管路通水斷面於一定的比例以上。

以中港抽水站為例，該處會淹水乃光明公園為中港抽水站系統中相對最低點，且中港抽水站集水區兩大幹線在光明公園交會，易造成流況紊亂，加上排水斷面束縮及有逆坡坎，迫使上游水位抬高，排水不良。而改善方法有減少集水面積、改善逆坡情形及在光明公園下幹線箱涵匯流處改設大型匯流池及增加抽水機組來改善易積水之狀況。

附錄二 抽水站系統實地操作現況

操作設備：

操作設備部份，站房裡有發電機一台（如圖 1），提供站裡照明及抽水機使用，抽水機部份，共有四台，其中有三台 5CMS 抽水機及一台 12CMS 抽水機，分為前後兩個部份，後方是引擎，如圖 2 所示，提供機械動力，圖 3 為前方動力傳動軸，將動力傳動至下方抽水設備。



圖 1 中港抽水站發電機



圖 2 12CMS 抽水機後端



圖 3 12CMS 抽水機前端

圖 4 為抽水站內池（前池），左側出流幹線從光明公園出來，右側另設一個三角型溢流矮堰，主要功能為防砂，溢流後的水含砂量較小，由 3 台 5CMS 的抽水機負責抽排，主幹線的含砂量較大，主要除了由 12CMS 的抽水機負責抽排之外，下方也設有兩扇重力閘門，負責平時內池水位未達起抽水水位時之排水工作。



圖 4 中港抽水站內池（前池）

在前池處設有維修閘門，因為深度相當深，故閘門由捲揚機帶動，如圖 5 所示，從閘門往下看則約略可看到抽水井，如圖 6 所示，因為水會夾帶泥砂，所以可以利用這個維修閘門把水流攔掉，之後再利用污水棒把水抽乾，最後再清除底下的污泥，以確保抽水井能維持一定的抽水深度，抽排的水量則由埋在下面的壓力鋼管（經辛亥路底下）將水送到外池排至河川。圖 7 為水位電子看板，有即時的內池水位及外池水位。



圖 5 12CMS 抽水機內池維修閘門操作設施



圖 6 12CMS 抽水機內池維修閘門維修井



圖 7 即時水位電子看板

圖 8 及圖 9 為外池站房裡的設施，主要有 6 組外池維修閘門，站房內看到的是操作及帶動閘門的設施，閘門在正下方，其功能及作業方式與內池維修閘門相同，圖 8 三組依序是兩扇重力閘門及 12CMS 抽水機之維修閘門，圖 9 則為另 3 組 5CMS 抽水機之維修閘門。圖 10 為 12CMS 抽水機之維修閘門，圖中看到的帶動設施為兩支梯桿，由捲揚機帶動閘門，閘門及壓力鋼管孔口都在正下方。



圖 8 重力閘門及 12CMS 抽水機外池維修閘門操作設施



圖 9 5CMS 抽水機外池維修閘門操作設施



圖 10 12CMS 抽水機外池維修閘門操作設施

下方出流設施部份，圖 11 為兩扇重力閘門之出流口，上方有兩支超音波水位計量測外池水位，如圖 12 所示，雖然實際上此處水位與外面的河川（如圖 13）還有些許距離，比實際河川水位會在高一些，但設在此處仍相當合理，因為當河川水位實際上到達這個位置才是重力排水完全失效的狀態，如果需嚴格定義外池水位需和河川水位一致時，這個排水工就必需延伸到河川水位所在位置，於結構考量上也不經濟。



圖 11 重力閘門出水工



圖 12 重力閘門上方超音波水位計



圖 13 中港系統外排河川

圖 14 及圖 15 分別為 3 台 5CMS 抽水機及 12CMS 抽水機之出流設施，圖中可看到外側有維修閘門，平時是開啟狀態，內側則是排放孔口。12CMS 抽水機較不同處為它的孔口有一個圓型的什閥，平常是關閉，當有水排放時則會自動打開，5CMS 抽水機則沒有。



圖 14 5CMS 抽水機出流口



圖 15 12CMS 抽水機出流口

圖 16 可清楚看到 12CMS 抽水機維修閘門由一組梯桿帶動，5CMS 抽水機之維修閘門則由單桿帶動，如圖 17 所示，該圖攝於站房內。



圖 16 12CMS 抽水機閘門



圖 17 5CMS 抽水機閘門帶動桿

中港系統有三條支幹，都會匯入光明公園由主幹匯入前池排出（如圖 4）。原本開發時遇到岩盤抬高 30cm 使得水路不順時常淹水，現在光明公園下方全部挖空，建立光明公園調洪池，已能有效減低淹水。中港系統集流時間為 23 分鐘，此時間是由模式估計出從最遠處流到抽水站裡的時間。水位計部份，木新保儀只設 1 支水位計，中港系統則有 3 支水位計，這 3 支水位計都參考北政國中雨量站，一方面這是最近的雨量站，另一方面實務上無線站較不穩定，因此以參考有線站之即時監測資料為主。圖 18 為中港系統編號第 1 支水位計，位於光明公園旁，水位計使用太陽能板供電，資料靠 ADSL 傳輸，水位監測設施埋設於路面下方之管線處。



圖 18 中港系統水位計

實務作業：

實務作業部份，當海上颱風警報涵蓋北部區域時，市府將成立監視小組，業管科 8 人進駐市府監視水情，聯絡各業務單位，巡勘下水道、堤防、水門、疏散門等，並測試抽水機，這些準備工作都要先前做好，待陸上颱風警報涵蓋北部區時就全員待命，成立防汛搶救隊，全台北市抽水站不管河系全部都待命抽排。

抽水站操作部份，抽水量轉速靠手動調整，原則上參考操作曲線，惟特別要求水位在 12.3m 以下，因此實際上是憑經驗聽引擎聲及看流量並參考建議轉速來調整抽水量。原則上，平常河川水位（外池水位）低於內池水位時用重力閘門排。抽水機之起抽水位為 12.25m(內池水位)，內池水位不能高於這個水位，否則將開啟抽水機運作，另外，當河川水位（外池水位）高於內池水位時，重力排水失效，為防止倒灌，將會關閉閘門並開啟抽水機。另外有個特殊情形，也就是當河川水位（外池水位）不高但內水流量卻特別大時，重力閘門不夠用就會開抽水站幫忙排水，但此情形發生之機率並不高，通常還是重力排水失效時使用抽水機。

附錄三、96 年度期初計畫書審查意見及回覆辦理情形

張委員	
審查意見	回覆辦理情形
1. 請問貴團隊對於目前台灣與污水下水道的興建情形了解到什麼程度？	關於台灣雨污水下水道興建概況，依照行政院經濟建設委員會表示，台灣污水下水道普及率提升至 16.13%，提前達成今年底目標 15.2%，並於工作計畫書中之計畫緣起補充說明主要縣市之普及率、下水道興建辦理方式、以及預期之服務人口等。
2. 有關施工技術的開發，如何與設計與施工業者結合？	1.本研究撰寫泥濃式、土壓式及泥水式推進工法之施工技術參考準則，並開設研討會進行推廣。 2.本研究擬請相關領域之專家研擬切削技術與地質間之關係，並彙整其資料，以做為評估可開挖性之指標供業界參考。 3.建立下水道推進工法施工資料庫，達到知識傳播的目的。 4.組建技術輔導團，協助廠商提升施工技術及困難克服。
3. 請問目前營建署監管的抽水站有幾個？	以台北市而言，目前台北市四排水分區一共有 52 座永久抽水站。
4. 請問技術服務團的架構為何，如何與技術的研究與開發結合？	本研究會和相關協會、主辦單位共同研發及推動技術輔導團組織架構。

周委員

審查意見	回覆辦理情形
1. 請問分散式運算於都市暴雨系統的必要性？	使用分散式架構之主要考量為，在未來將有各種針對不同模式開發之水文模組，希望藉由分散式系統架構降低整合各模式之難度，也能將各水文模式以網路服務的形式提供模擬計算，且必須整合其他系統，如資料庫系統以進行支援決策。然而，分散式系統架構牽涉網路傳輸速度，開發的複雜度，因此本計畫仍會持續評估分散式系統架構與開發技術。
2. 請問貴團隊預計如何落實相關研究資料、應用於實務上？	1.本研究將組建技術輔導團，進行技術轉移並落實相關研究資料。 2.選定配合廠商，並開授講習訓練班，實地進行測試。 由於污水下水道管線檢測維修技術研發成果之使用者為管線檢測廠商，因此將邀集廠商透過教育訓練及辦理講習會之方式，提供研發成果之實作方式與其作交流。此外，亦邀集地方政府之下水道管理單位參與講習，使其了解現行已發展之管線檢測維修技術，以便於後續污水下水道檢測維修計畫之推展。
3. 貴團隊所提到的最佳化其最佳化目標為何？	本研究所提到的最佳化，是指以最高的人力素質、最適用的工法、最有效率的管理方式構成，以低成本、高效率的下水道推進工成為目標。

謝委員

審查意見	回覆辦理情形
1.計畫書 20 頁所列的開挖性指標有什麼方法可以去歸納？指標要如何數化、量化？	擬以實務調查統計，配合理論或數值解析，就地質狀況、機具分類、耗能與掘進效率之關係，研擬定量性指數以評估之。
2. 計畫書 38 頁，生產力的定義詳細內容不夠清楚。	本研究之下水道推進工法生產力為：推進長度(公尺)/ 工作天(日)，為目前業界普遍採用的日進量。
3. 計畫書 39 頁，管理績效指標於專案管理中有 SPI 與 CPI 兩種評估方式，可考慮使用。	本研究會參酌專案績效指標，選擇合適者為衡量基準。
4. 計畫書 41 頁，地質資訊使用馬可夫鏈，但馬可夫鏈為時間序列的方法，平面情況或許可以考慮顆粒徑法去分析比較正確。	本研究擬以管推沿線之地質與生產力為預測對象，因此馬可夫鏈為合適之推估模式。
5. 計畫書 56 頁，CCTV 於多個現地使用時，會不會有資料量過大，實際操作上是否會有問題？影像分析處理如何正確分析出管線問題？	由於一個下水道系統經 CCTV 檢視後，所獲得之影像張數往往數千甚至數萬幅。經由先前研究計畫對影像分析測試後發現，利用影像處理擷取一幅影像中之管線缺失特徵之時間大約為 60 秒。若能多部電腦同時處理，對於實際處理龐大 CCTV 影像資料之所需時間可大幅縮短。影像特徵處理的確為計畫實作上的困難點之一，團隊參考相關研究之建議，考量管線缺失之紋理特徵，結合光譜法之小波轉換及統計法之共生矩陣計算，擷取管線紋理特徵。
6. 計畫書 73 頁，雨水下水道系統的 RTCFT 有無考慮介面中文化？	RTCFT 為本計畫前期為了評估雨水下水道實施即時控制可行性之模擬工具，目前已將 RTCFT 重新設計、

	撰寫成雨水下水道模擬系統 S4，S4 同時提供中英文使用者操作介面。
7. 計畫書 91 頁，分散式暴雨模擬系統之系統框架並無詳細解釋實做，像是使用 Java 或是 .NET 平台等。	謝謝委員意見。將於第二年（97 年度）計畫中詳細討論實做細節。敬請參考服務建議書 pp.90。
8. 計畫書 96 頁，網路架構之應用程式，有不少解決方案，但是多個使用者同時使用的問題須先考量。	多個使用者同時執行的情況有賴於硬體架構與軟體系統的配合，以目前的技術而言，以目前規劃的架構而言，是以標準 HTTP 協定傳輸，因此使用者的數目應該可以由 HTTP 伺服器解決。
9. 台中 9 期重劃區除了建置與分析之外，如能將整台中 9 期重劃區作為後續工作的目標案例，整體資料將較有連貫性。	本團隊對台中市 9 期重劃區之污水管線蒐集完整之檢視與維修資料，因此後續之延續計畫仍以台中市 9 期重劃區之污水管網為研究區域。
10. 計畫書 109 頁，第三年是否有考慮加入採購伺服器？以及將軟體轉移至伺服器上等作業，於計畫書中沒有提到，是否沒有此工作項目？	感謝委員寶貴的建議，工作將於第二年後進行詳細評估，依照實際需求修正計畫工作項目。
11.E-Learning 的部份，用 Flash 仍不易表現，建議拍攝現場操作實況，並轉成線上播放之串流格式，納入 E-Learning 教材的一部份。	關於 E-Learning(改稱為學習教材資源網站)網路線上教學部份，除了有 Flash 之動畫輔助教學外，本團隊亦收集部份管線檢測維修之現地拍攝實況，將置於網頁上供瀏覽學習。
12.Sobek 是個強大的軟體，貴團隊採用的軟體並非 Sobek，想請問貴團隊使用軟體上的考量及取捨。	謝謝委員建議。本計畫所規劃之分散式架構，最終所欲達成之目標，乃是希望能更有彈性地整合不同的水文模式，而目前所採用美國環保署所開發之 SWMM，其主要考量為 SWMM 已經廣泛地被使用，同時 SWMM 開放原始碼，可供免費使用與修改，目

	前採用 SWMM 來測試分散式系統架構之可行性，將來亦可將其他（如 SOBEK）水文模式整合至分散式架構中。

吳委員	
審查意見	回覆辦理情形
1. 服務建議書中的各項指標只有列出要因圖，由於要因圖之因素相當多，若要簡化成指標中間的轉換須注意。	感謝委員指正，本研究後續會遵照辦理。
2. 下水道的施工日報表的搜集好像不是很必要性，應針對各種要因去搜集，成果較有意義。	1.為確保資料庫設備之完整性與通用性，因此第一期之工作項目乃透過多次的專家諮詢與座談擬定適當之資料庫架構。是以內涵資料與區域尚未確定，將於第一期末時完成資料庫架構之研擬與初步資料收集。 2.第二年工作項目主要是將收集之資料導入資料庫，並著手進行網頁之開發，並於第二年期末前舉辦相關之研習會。 3.第三年將持續招募合作廠商收集施工資料以充實資料庫內容，並持續增加網頁界面之查詢功能
3. 資料庫之開發相當必要，但於指標上並無提及資料庫之架構、建置時間、內涵資料、資料所涵蓋之區域，應分年列出相關進度。	資料庫的建置將持續的進行，並將關於地質的資料、施工過程的日報表等各項資料，也希望將所蒐集之資料回饋到之前的技術評估、開挖性評估等。
4. 所使用的軟體如 php、apache 等，於數值處理上較不適用，對於企業級運算可能不足，不	本團隊將建置之施工資料庫主要用於主要用於收集國內相關之施工資料，並透過全球資訊網供國內學界

知貴團隊對於所建置之資料庫之期許到何程度？希望能說明關於資料庫、軟體等選擇之考量。	與實務界參考。因此，該系統主要為資料之存取與展示。而 PHP 與 Apache 等軟體在此方面之能力已有許多知名大流量網站如 YouTube、Slashdot 等證實其足以應付龐大之網路服務。此外，在網際網路上之資訊安全性為重要考量，而 PHP 與 Apache 在安全性之記錄是相當優秀的。
5. 關於下水道推進預測的部份，使用馬可夫鏈此時間序列的方法，做分析都市區域變化較小的地質情況，其價值可能較低，倒不如將目標放在訓練機具之訊號回饋系統及自動化應變之部分，與業界較為相關。	為確保資料庫設備之完整性與通用性，第一期會透過專家諮詢與訪談擬定適合之資料庫架構，第二年將所收集之資料導入資料庫中，並著手網頁的開發及招開研討會，第三年將持續招募合作廠商收集施工資料以充實資料庫內容，並持續加強網頁界面之查詢功能。本計畫擬建立自動化資訊收集系統，配合第二、三年建制之資料庫系統及開發出的網頁，將資料回饋到技術評估及開挖性評估等指標上，以提供更全面性預測評估機制。
6. 分散式系統對於安全性及管理性的問題，貴團隊的系統可能需要多加著墨。	謝謝委員建議。關於分散式系統的安全性問題，目前的開發環境均已有安全性方面的考量與軟體上支援。

于委員	
審查意見	回覆辦理情形
1. 希望貴團隊將目標專注在技術性、技術面上，不用過於著墨在科學性發展上。	本年度關於污水下水道管線檢測維修技術研發部分，在於提出管線缺失診斷系統輔助工程人員進行管線缺失診斷。本計畫藉由辦理講習會及教

	育訓練之方式，將邀集工程實務界人士對下水道檢視進行雙向討論，以作為後續系統改進與落實計劃成果之基礎。而關於雨水下水道方面，目前雨水下水道管線測量記錄以台北市最為完整，未來本計畫將以台北市的經驗為基礎，推廣至各縣市地方政府。
2. 各種技術研發如何落實在工地實務上？	本年度關於污水下水道管線檢測維修技術研發部分，在於提出管線缺失診斷系統輔助工程人員進行管線缺失診斷。本計畫藉由辦理講習會及教育訓練之方式，將邀集工程實務界人士對下水道檢視進行雙向討論，以作為後續系統改進與落實計劃成果之基礎。
3. 暴雨率的重分析不知貴團隊有無考慮？實做上直接將雨水下水道及合流之下水道考慮成污水下水道，不知貴團隊如何評估？	本團隊擬開發之 USIS 系統主要是以短期之模擬操作與決策支援為主，而其模擬核心是以 SWMM 改良擴充而成。然而，SWMM 本身可作為規劃設計之用，其模擬過程也有考慮到氣候因素，所以對於長期氣候變遷所造成之影響，USIS 系統仍然可以適用。
4. CCTV 之影像分析不知是 Fix or Mobile？影像辨識系統之實際利益可能不如訓練相關工程師來的實際，以及水量、水質之監測對於預警及管理似乎較為實際。	本團隊採用的方法為 Mobile 的 CCTV，由於影像辨識張數常多達幾千張甚至上萬張，利用人工檢視常有主觀性的問題存在，希望能藉由建置自動化辨識系統，並應用於維修檢視作業上，以加速相關檢視作業之進行。

陳委員		
	審查意見	回覆辦理情形
1.	今年的計畫進度因受影響，時間只剩半年，不知貴團隊對於進度規劃有何計畫？	由於半年之期程相當緊迫，因此計畫執行將利用 7-8 月暑期空檔，將需要大量人力的密集作業完成。此外，預計於 10 月中前辦完契約內容規定之兩場教育訓練。
2.	績效目標請分年將進度及成果詳述，希望能加入以便檢核。	感謝委員建議，已遵照辦理。
3.	研究團隊延續過去既有成果發展，希望能將與過去成果之關連性加以敘述。	感謝委員意見，已於工作計畫書中增列“成果回顧”小節，分年對過去成果之關連性作說明。
4.	抽水站的設計合理性探討等內容，計畫書內的敘述較少，不知此部分貴團隊有何計畫、構想？	感謝委員建議。因牽涉到未來氣候變遷所導致的影響，本計畫中未將此部分列入研究考量，但仍持續參考國內外相關研究成果，納入考量。

國科會		
問題	審查意見	回覆辦理情形
1.本計畫內容如與其他計畫有重複，重覆之處為何？對本計畫修正之建議	1.考量將污水下水道系統接管完成家戶之後，將家戶住宅大樓之既有污水處理設施轉型為雨水儲存設施，成為雨水下水道或中水道系統的一部份，避免都市降雨過度集中匯流成地表逕流而淹水，應納入計畫項目。	本研究計畫目前是將雨水下水道與污水下水道分別考量。目前台灣地區大多數為此種分流式下水道系統。至於中水道系統，將雨水儲存後直接排放，不在目前的計畫工作內容之中。
2.本計畫應與其他計畫做上、中、	1.執行成果應與都市防患防災連結部份，應納入計畫內容。	計畫中所規劃之分散式架構將防災支援決策部分之資料傳輸標準納入。

下游整合之建議？		
3.基於成本效益原則，評述本計畫資源投入之合理性	1.應以透過滾動式修正方式，修正計畫工作內容，針對本計畫科技關聯性程度不高，且無顯著產業效益等，加強計畫規劃，以提升本計畫具體效益。	感謝委員寶貴意見，團隊遵照辦理。
	2.有關分散式暴雨管理計畫部份，請參照委員建議，將計劃期程予以調整，有系統開發工作提前於97年完成，至98年規劃進行實際示範區系統建立、實際操作與測試，並進行相關規範建立與推廣工作，以增進本系統正確性及可靠性，並擴大展示與服務功能。	感謝委員建議，團隊遵照辦理，擬於96年度完成所有系統之相關規劃與設計，並完成目前排水區設計之檢討，於97年將完成系統開發，98年度將結合實際案例操作，並建立實體案例分析及相關規範和技術文件之撰寫。
	3.有關污水下水道相關二項子計畫執行期程，配合上開分散式暴雨管理計劃期程一併調整，期能提前於98年完成，以提前落實本計畫具體效益與應用成果。	先進污水下水道施工法計畫回覆：本計劃第一年將建立適合台灣的下水道推進技術參考準則、研析推進工法施工效能指標、研擬推進工程開挖性指標、研擬下水道資料庫架構。第二年會進行下水道推進工法資料庫的建置及施工效能指標及可挖性指標進行實地測試。第三年則進行建立高效率下水道推進工法之開挖模式、下水道推進資料庫加值運用、建立工程現地資料自動化收集系統及建立下水道推進工程分析與預測系統。

		監測自動化計畫回覆：遵照委員意見，已將 99 年度計畫內容提前挪至 98 年完成，96 至 98 年績效指標詳列於工作計畫書 84 至 87 頁。
4.評估本計畫可達成的預期效益與績效及計畫內容修正之建議	1.請參照委員建議，將透過本計劃之執行，如何降低都市暴雨淹水比例，提升接管率及增加污水處理率等，納入本計畫年度重要執行預期效益與績效指標。	雨水下水道所能排除之暴雨量受限於暴雨之雨型、雨量大小，這些乃是不確定之因素，因此，降低淹水比例有其實質上之困難度；如何提升接管率及增加污水處理率等與政府之預算及政策有關，並無法納入本計畫年度重要執行預期效益與績效指標。
	2.計畫內容宜依照建議之效益指標設定計畫內容，並配合實際下水道計畫執行需要，以提升本計劃執行每年之執行效率與績效改善部分，請納入本計畫績效指標與預期效益之訂定。	計畫擬使用 KPI 指標，各項工作將依 KPI 指標執行，並依委員其他意見重新定立、增加整體績效指標，以明確說明計畫之績效。
5.評述本計畫可暫緩執行或不執行之項目？	1.工作項目名稱似與過去研究主題相似，請加以區隔與釐清，於年度計畫內容與細項補充文字說明，並整合相關研究細項，明確條列化加以區隔，以免重複研究。	感謝委員寶貴意見，已於服務建議書及工作計畫書中，各子計劃章節內加入相關內容，加強說明計畫的研究緣起、與前期成果的關聯性。

	2.本計劃有關年度研究工作項目與內容，請參照委員意見，依滾動式修正原則，及年度執行成效，及配合實際下水道系統實體計畫之執行適時調整修正，並追蹤執行成效，以落實研究成果效益考核。	感謝委員寶貴意見，計畫將依實際成果及各項實地應用成果回饋資料，對計畫內容做調整，進一步修正後續計畫內容。
6.評述延續計畫過去之執行績效，建議有效評估計畫之主要績效指標(KPI)	1.績效指標宜盡量量化部份，請依照委員寶貴意見，就(1)學術成就(2)技術創新(3)經濟效益(4)社會影響等面向設定具體績效指標，尤其是經濟效益和技術創新部份，強化計劃落實執行，以確實達成具體且量化績效指標。	感謝委員寶貴意見，相關指標內容已遵照委員意見修正，修正後之績效指標列於工作計畫書第 84 頁。
	2.請強化本計劃有關政策目標文字說明，並與本計畫預期效益與具體成果相呼應，以落實並擴大本計畫具體績效。請依照委員建議本計畫績效指標應包括(1)分散式暴雨管理系統：以示範區域之系統完成率為指標及暴雨逕流洪峰量之降低比率為指標(2)監測自動化：維修成本降低比例(3)先進污水下水道施工法：施工進度之提升率等效益指標，納入本計畫主要績效指標。	(1) 分散式暴雨管理系統：關於暴雨系統管理方面，由於主要的關鍵因素為降雨事件，就模擬角度可以評估其可行性，實際操作時，因為需要現地操作設施之配合，降低逕流洪峰量則有其困難性，初步可就實際示範區域之實際案例之分析，以進一步研擬操作法則，模擬可使洪峰量降低之境。 (2)監測自動化：維修成本降低比例，依據台中市 9 期重劃區之檢視維修案例單價分析，本計劃若完成自動化系統之開發，並實際應用於管線檢視維

		修作業上，可降低約 2~3 成之維修成本，已遵照委員意見，將相關效益指標納入績效指標評量表之”重大突破中”說明，請參照工作計畫書(服務建議書)第 84-87 頁。 (3)先進污水下水道施工法：感謝委員寶貴意見，本計畫將生產力列為施工效能指標之研擬，相關指標的建立已於工作計畫書中說明，請參照本書第 17 頁。
7.綜合意見	1.本計畫名稱為下水工程科技發展中程綱要計畫，計畫內容包括「雨水下水道工程科技發展計畫」及「污水下水道工程科技發展計畫」兩部分，主要目標著重下水道施工自動化技術及改良現行施工技術之研發，整合作業生產力、工作時間之研究，並導入不確定性的概念，構建一推進工法之排程模式，藉以提昇現行下水道之施工流程之績效；期在資源有限的情況下，提升推進工區之總體生產力，將推進資源做最大限度的發揮。請以此理念設定計畫執行可以產生的績效列為指標。	感謝委員寶貴意見，團隊遵照辦理，本計畫預定以生產力為做下水道推進效能衡量之指標，並分析對於生產力影響較大之因素。

	2.請強化本計劃實質工作計畫內容重要參考依據，以提升本計畫預期效益。	感謝委員寶貴意見，團隊遵照辦理。

附錄四、96 年度期中報告審查意見及回覆辦理情形

周教授	
審查意見	回覆辦理情形
1. 就暴雨管理而言，RTCFT 軟體雖有演進，但對於整個暴雨過程模擬而言仍顯不足，且模擬過程不夠詳細，是否能以實際案例作為模擬數據？	於前期之研究中已分別針對台北市地區之中港、保儀木新、實踐等不同之排水區進行模擬，請參考「下水道自動化管理技術研究」第二期及第三期報告。
2. 水理計算的 model 部分，目前只有看到 SWMM 的 Extran 模組，上游的 rainfall excess 及 overland flow 皆無呈現，對於上游的水理模組等規劃，不知貴團隊有何計畫？	目前 S4 只針對雨水下水道最佳化操作進行模擬，於模擬時會先執行 Runoff 水文模式後再執行下水道模式，但靜態的串接且未考量滿管後地表淹水情形，確實有失精準。也因為如此本團隊於今年度重新規劃新系統「都市暴雨模擬分析整合系統（USIS）」，旨在串接不同之都市水文模式以進行較為準確之都市暴雨水文歷程模擬。
3. 97 年度所提及的即時預警及決策支援的部份，若提供的決策資訊過多等於沒有資訊，決策系統所提供精簡化過的關鍵資訊請審慎設計評估。	感謝委員意見，於將來提供決策資訊時將會根據實務業務需求提供更為有用的訊息。
4. 對於可以改變系統水流的設施、如抽水站及閘門等，S4 系統似乎沒有考量進去？請相關議題作檢討。	S4 系統目前使用模擬核心為 SWMM Extran，因此可以模擬所有 Extran 內可接受的水工結構物，包括抽水站及閘門。除此之外更進一步更改 SWMM 核心程式使之可以於模擬中可動態改變水流，目前以抽水機做為操作設施來模擬。

5. 對於 OpenMI 的寫作語言貴團隊是否有相當程度的掌握？程式後續的發展限制、每個年度的維護與修改是否皆在掌控範圍內？這部份請做相關的檢討。	OpenMI 為標準介面的訂定，其規格強調可以多種語言實作，目前已有一份官方的 Java 和 C#實作品。
6. (97 年) 在水理模式的 review 方面，除了 extran 以外，重點是否僅有二維淹水模式？是否也能探討回顧 overland flow 的部份？	感謝委員意見，這部份於 95 年度已做過相關的探討，請參考「下水道自動化管理技術研究」第四期期中及期末報告。
7. (97 年)決策系統的重點資訊須徵詢機關首長及決策人員，對於各個層級不同的使用者，皆需作相關的調查。	感謝委員寶貴意見，本團隊將於未來開發決策支援系統時一併考量。
8. (97 年)氣候變遷與下水道氣候系統氣候變遷是兩個不同的事情，一個是外水位、即為海面上升的議題，另一個為暴雨事件的降雨強度上升，請以這兩點作方向為評估重點，以集中工作團隊的人力、物力。	本團隊將考量氣候變遷所帶來的海平面及降雨強度上升之現象加以檢討目前排水區設計之合理性，以做為未來排水系統設計檢討。
9. (97 年)對於都市暴雨防災教戰手冊的部份，請初擬章節以說明貴團隊針對不同對象想呈現的內容及結果，也讓委員們對於明年度、後年度預計得到的成果有初步的了解。	今年度已進行一些實務推動工作，包括業務訪談及研習會等，旨在了解各階層實務現況與需求，將於明年進一步擬定都市暴雨防災教戰手冊之預定章節及內容。

台北市政府水利處	
審查意見	回覆辦理情形
1. 關於暴雨模擬分析系統與決	感謝評審提供寶貴意見，團隊將遵照

策支援系統的聯繫，本單位已有引進水位計、雨量計、流量計及暴雨雷達等多項系統，櫃團隊在時做系統時，可以將本單位的系統一併納入考量。	辦理。

歐陽教授	
審查意見	回覆辦理情形
1. 計畫既然為下水道技術研發計畫，但偏於管線推進的施工、雨水排水及管線檢測，無法了解目前所急需的議題。	感謝委員的寶貴意見，本計畫依邀標建議書內容執行，目前急需的議題將依滾動式修正原則，修正計畫重點、研發方向。
2. 研發方向建議先檢視下水道工程有什麼技術問題？及欠缺哪些技術？國內外相同工程的差異何在？有哪些技術書籍、手冊可引用？哪些技術可引進？哪些技術應由本土研發？經過探討後，那些議題可以作為研究題目？	本研究團隊將透過座談會方式與產業界先進討論現有工程所面臨之各項問題。此外，持續收集國內外下水道工程相關文獻及資訊，以尋求適合國內下水道發展之技術及資訊。並將國外的制度與技術引入國內並將做本地化之改進。
3. 計畫應聽取下水道工程第一線之顧問、工程公司，及有經驗之優秀業者，在實際執行上所遭遇的問題、技術上的困難，以篩選研究的專題，並針對相關問題研擬績效指標。	本研究團隊，將會請相關專業人士，進行意見交流，並擬定研究重點方向。
4. 下水道工程如何帶動下水道產業並發展系統化之施工機具以加速、推動建設？	藉由政府持續推動下水道工程，並透過產、官、學界之合作，期望因而加速下水道建速之速度。
5. 報告於文獻回顧時，應對計畫的相關成果做相關的說明。	團隊一：感謝委員意見，將會遵照辦理。 團隊二：期末報告中將增列計畫的相

	關成果的說明。 團隊三：遵照辦理。

台北市政府 衛工處	
審查意見	回覆辦理情形
1.關於營造業生產力提升的部分，營造廠商負責人對於計畫的態度有著相當的影響力，是否考慮於技術士訓練時一併邀請廠商負責人參與，以達到技術士訓練的目的。	針對營造廠高階主管，可擬定高階技術課程，或以研討會、座談會等相關方式進行技術宣導之訓練。
2.目前台北市政府衛工處於下水道施工上所遇到較為直接的問題為用戶接管率的提升，其原因包括施工空間不夠、管線埋設深度及坡度不允許接管、下水道臭氣回流、缺乏全國統一的下水道資訊資料庫、後續管線的阻塞、維修，請貴團隊參考。	感謝委員意見。接管確為一重要議題，但並非推進技術之研發內容，建議另成研究專案進行探討。
3. 關於檢測維修的部分，是否有國外適合的相關檢測維修設備可引進台灣?另、類神經網路是否有辦法針對滲流的問題做判讀?	國外有相關檢測維修設備，但因價格與專利考量是否適合國內公共工程採用，值得討論。本子計畫未利用類神經網路對滲流進行測試與判讀，乃因所得滲流相關訓練影像不足，若能獲取足夠訓練樣本，管道滲流判視應亦可執行。
4. 本報告只有針對下水道檢測的部分，應加入下水道維修的部分，對於實務上的應用會更有幫助。	本計劃於下水道維修部份，已於 93 及 94 年計畫中提出相關研究成果，期末報告中將增列相關成果的簡述，詳請參考該年度報告。

台北市政府工務局本部 水利科

審查意見	回覆辦理情形
1. 建議貴團隊可將各地方單位所用之現有技術、系統做調查，並加以修正計畫之研發方向。	有關於下水道檢測維修部份，本團隊已向台北市衛生下水道工程處請教相關檢測技術，並取得現有檢測維修之相關報告，期望能藉由報告更了解當前各地方單位執行下水道檢測維修所面臨之實務問題，並思考如何加以協助改進。另研發之技術也曾用於台中市與高雄市之下水道系統，並發表於國際研討會及國際知名期刊。

高雄市政府

審查意見	回覆辦理情形
1. 污水下水道之相關研發，應聽取第一線相關人員之建議，並了解相關問題，並修正計畫研究方向，以解決當務之急。	本計劃團隊已取得台北市衛生下水道工程處現有下水道維修檢測報告，並於兩場“下水道工程技術研習會”與與會學員討論相關實務問題及需求。另計劃於 11 月中旬所舉辦之“企業領袖座談會”中，向下水道工程之產業代表請教關於下水道維修檢測實務所面臨之問題。希望能藉此使研究成果更符合實務所需。
2. 目前高雄縣雨水下水道目前以建設完成 95%，而淹水區域也多半鄰接高雄縣，各區域間之雨水下水道整合實為高雄市目前急需解決的問題，請貴團隊參考。	感謝委員的寶貴意見，本團隊將於明年度選擇研究、示範區域時，優先評估高雄縣市之相關條件、狀況。

台北縣政府 水利局污水科

審查意見	回覆辦理情形
1.目前國內推進技術之來源多為日本及德國，各研究團隊是否可與各技術之原廠商查詢齊技術所設計之目標、條件，並針對台灣之環境加以修改齊技術內容，以增加目前國內工法模式的可信度及可行度。	感謝委員意見，目前本團隊已將日本技術納入參考範圍，並會於後續計畫中，將委員及相關人員意見納入考量。
2.管線修復技術可分為破壞式及非破壞式兩大族群，歷年來使用的管材種類也相當多，是否能將這兩個議題一併列入專家系統開發的研究範圍內？	團隊一：感謝委員意見，本團隊將會與專家進行意見交流，瞭解業界之需求，以提供未來下水道推進之預警功能。
3.下水道維修時若使用非破壞式的工法將造成通水段面的縮減，一般下水道多半使用重力式排水原理，請貴團隊於開發系統時一併考慮以上條件。	感謝委員意見，相關理論技術將於規劃系統時，進一步探討並納入考量。
4.各廠商使用 CCTV 影像檢視時，影像檔案之格式不盡相同，請貴團隊增加對於各影像格式之支援。	將於”企業領袖座談會”中，向下水道工程之產業代表請教有關檔案之格式統一之可行性。

內政部營建署 下水道工程處

審查意見	回覆辦理情形
1.研究計畫大量使用數值模擬，而數值模擬與邊界條件及相關參數的設定有密切關係，將來在軟體開發時，煩請貴團隊在軟體內提供相關條件的說明。	於數值模擬方面目前本團隊並不自行開發模式，皆使用現有之水文水理模式，並希望未來能直接使用測站實收資料做為模式演算之邊界條件。

2.不知數值模擬的研發成果於實務應用上是否可行?如研發的成果與實務有相當的落差，那便失去了計畫發展的本意了。	於數值模擬方面目前本團隊並不自行開發模式，皆使用現有之水文水理模式，且盡可能優先採用本國自行開發之模式，以考良本土化之局部性特質。
3.雨水下水道的預警及決策系統，能否以下水道雨水流速的變化判斷何處發生淹水，不知技術上是否可行?	因為本團隊並未自行開發水理模式，目前採用之下水道模式為SWMM EXTRAN，該水理模式為求解一維淺水波方程式，可由邊界條件計算出每個時刻之人孔流量與體積，便可知道是否有滿管發生，並非由流速變化得知。

內政部營建署 雨水下水道課	
審查意見	回覆辦理情形
1.關於雨水下水道暴雨管理技術之後續工作重點，目前看起來仍著重於各水文、水理模式之串接，看不出相關研究的實用性，而目前市府著重於各雨量站的資料回傳、人孔冒水的顯示、淹水區域及範圍的顯示及抽水站的即時操作及最佳化操作功能，請貴團隊參考。	感謝寶貴意見，為達到預警功能，首先針對淹水及下水道問題需有精確模擬的能力，因此目前首重水文模式動態串接，使之為一具備精確都市內水模擬的水理模式，做為未來預警系統模擬核心，預警系統可從不同測站（如水位計、雨量站等）的實收資料來源放進模式中進行模擬，以達到淹水預報之能力，最後再根據觀測測站資料、淹水預報模擬結果、GIS 圖層等做一整合性展示，使管理者及業務操作員能知道預報淹水範圍。
2.是否可以列出預計串接、使用的模式，並檢討其連接的可能性，以進一步增進 S4 的功能，達到預警的效果。	目前規劃之系統與 S4 是不相同的系統，請參見期末報告 4.4.3 節之比較。於都市水文模式方面，目前先考慮水文模式及下水道模式之串接，之後將進一步考慮淹水模式或河川模

	式之串接。

內政部營建署 公共工程組	
審查意見	回覆辦理情形
1.請研究團隊參考以上各委員的意見，修正 97 年度計畫方向。	感謝委員意見，本團隊遵照辦理。
2.後續兩年半的計畫應從兩方面來檢討，首先是減少災害、淹水所造成的損失，另一方面是提供預警的功能及技術，並了解顧問公司、營造業的需求，以上意見請貴團隊納入參考。	團隊二：本研究團隊將舉辦”企業領袖座談會”，並與下水道工程之產業代表討論現今下水道維修檢測實務所面臨之問題，以期能藉此使研究成果更符合實務所需。 團隊三：感謝委員意見，本年度已經由業務訪談及研習會等型式逐漸了解業界現況及實務需求，團隊於未來將持續加強此一方向，使未來系統提供之預警及管理功能能更貼切實務之需求。
3.(國科會)本計畫配合目前正在推動的雨水下水道及污水下水道建設計畫，目的在於縮短建置的時程、減少淹水所造成的損害，並擴大建設計畫的效果，請就以上方向修正計畫執行方式。	團隊一：感謝委員意見，將會遵照辦理。 團隊三：關於暴雨管理系統方面，由於主要的關鍵因素為降雨事件，就模擬角度可以評估其可行性，實際操作時，降低逕流洪峰量則有其困難性。
4.(國科會)計畫所研發的數值模擬方法其重點應在模擬方法的正確性及可靠性，公開發布的水理模式除了取得方便之外，同時也應要求其正確性及可靠性，並要能接受公開的驗證。	本團隊並未自行研發水理模式，而是使用現有且廣泛使用之水文水理模式，如下水道模式使用美國環保署研發之 SWMM 模式，其源碼皆公開可自由取得修改，亦為目前全世界最普遍使用之下水道模式之一。其餘模式之選用將遵照相同的精神及原則進行之。

5.(國科會)工作項目之績效指標的建立，應以污水下水道建造速率的提升及暴雨事件的淹水面積減少及下水道維修成本的降低為主。	團隊一：污水下水道工程技術研發其主要目的即為透過研擬生產力績效指標、資料庫及知識庫之建立及開挖性方向來著手進行，以提高下水道施工效率。 團隊三：雨水下水道所能排除之到雨量受限於暴雨之雨型、雨量大小，這些乃是不確定之因素，因此，降低淹水比例有其實質上之困難度。
6.施工效能的指標，貴團隊預計將如何去宣傳、推廣？推進工法及開挖性的指標該如何去量化？	1.效能指標，將會藉由下水道技術輔導團之成立，進行推廣宣導，並不定時與國內相關下水道協會進行合作，以達到宣傳之效果。 2. 擬以實務調查統計為基礎，再配合理論或數值解析，就地質狀況、機具分類、耗能與掘進效率之關係，研擬定量性指數以評估之。
7.目前 CCTV 的準確率達到將近 70%，後續是否有相關改善方法可提升其準確率？	目前 CCTV 影像判視準確率僅可達到 70%，其主要原因乃由於目前取得之影像資料中所函文字雜訊較多，以致影響類神經網路學習及判視。倘若能取得較佳之影像資料(將文字資訊與影像資料分層儲存)，相信其所得之判視準確率應可提升。
8.不同的下水道管材會有不同的缺失，相關計畫是否有蒐集不同管材缺失的 CCTV 影像進行測試？所研發的系統該如何與實際下水道工程進行配合？請提出後續的規劃。	本研究計畫所取得之 CCTV 影像管材以 VCP 管材為主，目前並未取得其他管材之影像資料。若可獲取其他管材之影像，亦可透過類神經網路訓練學習，並獲得一定準確率之判視成果。本系統未來將藉由 CCTV 拍攝技術、管線缺失影像自動化判讀系統及拍攝機具之結合，達到下水道管線缺失檢測自動化之目標。

9.暴雨模擬系統如何落實、加強系統之推廣?	為落實都市暴雨防災相關宣導推廣工作，從目前直到 98 年間，將以舉辦專家學者講座及座談會、小型研討會、業務訪談等型式進行文獻回顧、知識及經驗之交流與累積、了解業界實務需求等，最終將成果累積並分類整理編彙成冊，完成「都市暴雨防災教戰手冊」，由上到下針對中央業務單位、地方業務單位、業務操作人員、學術單位及顧問公司、全體民眾等不同對象提供不同且適當之防災相關資訊，完成全民推動都市暴雨防災之工作，並特別針對落實全民都市暴雨防災觀念，建立交流網站及電子討論平台，甚至以平面或電子媒體形式宣導政府推動都市暴雨防災管理相關業務成果，使全民了解目前政府推動之都市暴雨防災工作，並落實教育宣導，以期最終讓全民能參與其中。至於系統維護及推廣部份，將針對地方政府、地方業務單位、業務操作人員等持續推動都市暴雨模擬及管理輔助系統之相關工作，包括業務訪談、需求分析、系統開發及持續維護等。
10.都市暴雨整合模擬分析系統與 S4 系統之差異及關聯性請加強說明。	已於期末報告詳細比較說明，請參考期末報告 4.4.3 節。
11.(97)服務建議書內所提的工作項目與目前所提送的 97 年度服務書內容有所不同，對於計畫方向調整之目的請加以說明。	團隊三：於暴雨管理方面，原本之服務建議書內容較偏技術面，因考量應更著重實務應用層面之落實及推廣，因此修正服務建議書內容使之更具實務導向。

附錄五、96 年度期末報告審查意見及回覆辦理情形

謝慧民教授	
發言意見	回覆辦理情形
1. 使用 SPSS 分析中，含砂率及黏土相關係數，其中相關係數有負值者，其意義為何，是否表格製作之筆誤？	相關係數若為正，說明一變數隨另一變數增減而增減，方向相同；若為負，表示一變數增加、另一變數減少，即方向相反。相關係數之值為-1到+1 間。
2. 土壓式及泥水式工法的相關係數於表內是完全相同的，是否其中一個表格資料有誤，請再確認。	感謝委員指正。此為作業錯誤，已於本報告書中更正此項錯誤。
3. 與生產力相關的十個項目中，推進長度與粘土含率為影響較大的兩個項目，是否可以用這兩項目推估生產力？其中推進長度又與機械性能、管徑有關，是否可以請研究團隊進一步分析生產力與推進長度的關係？	1.感謝委員寶貴意見。本研究已利用各項統計分析方式，進行係數與生產力間之相關分析，以篩選出主要影響項目，用以推估生產力。 2.感謝委員寶貴意見。本研究羅列出生產力影響因子，並對其進行統計分析，其中管徑與推進長度已納入其中。
4. PFC3D 為套裝軟體，其數值解、理論解及解析解於先前應已有方法間的比較，但仍缺少實驗數據去檢核該軟體的參數，因此該軟體所模擬出的結果可信度是否足夠？希望研究團隊能用相關的實驗數據去驗證、補強。	感謝委員寶貴意見。本研究已於本期研究中，完成推導理論解析解並與數值解比對核驗 PFC3D 於推進工法之刀刀與地質材料之互制行為，其結果頗為相符。而實驗數據的驗證工作，乃本研究下階段預定實施之工作。
5. 資料庫中的 ER-Model(期末報告第 85 頁)部分物件有 ID、部分沒有 ID，表中所有物件應都有其	感謝委員的細心指教，資料庫中 ER-Model 圖的部份由於作業時疏失，貼附了非最終版本之 E-R model

專屬的 ID，是否有缺漏？	圖示，已於本報告書中更正此項疏失並調整為適當格式。
6. 施工日報表、施工項目表的內容應再詳細規劃，如廠商資料表、工程資料表、施工機具資料表、施工人員資料表、監造人員資料表、取樣資料表、施工項目資料表等，關於各資料表間的關係、ER-Model 的建立，請研究團隊再次檢視並妥善規劃。	感謝委員的提醒，由於本期計畫僅為初步規劃，因此僅針對施工與監造日報表的部份進行細部設計。取樣資料表據與中央地調所合作使用該單位所開發之 Geo2005 工程地質資料庫，故未另行設計。至於而在廠商資料、施工機具、人員資料目前僅規劃為文字描述或名稱，預定於下一期擴充。
7. 本年度工作之一為規劃設計資料庫架構，計畫書於之後年度的工作部分有提到將完成一個 web 介面存取資料庫，建議將介面的樣式及外觀明確規劃出來，希望研究團隊能於爾後的計畫書中加強此介面的介紹及描述。	關於資訊系統設計的部份，如委員所述，為規劃於後年度的工作。並將於明年度透過一次或多次的專家諮詢會議充份掌握各方使用者的需求。因此，目前僅能將初步構想可能的功能列出 (圖 2-39 ~ 圖 2-43)，尚未對於外觀上進行設計。
8. 本案所使用之三種類神經方法，請問是使用 Matlab 來編寫嗎？訓練用的樣本只有 100 組，這樣的數量足夠嗎？為何一萬張影像中只取一百張？這樣訓練完成的結果準確度夠高嗎？	1. 本團隊主要利用 Matlab 6.5 進行 CCTV 影像之類神經應用。 2. 對於訓練樣本部分，樣本數越大，其所獲得之訓練成果或許會相對較佳，但其所需花費之成本及訓練時間亦相對較大，且過多之訓練樣本可能造成 Over fitting 之情形，對於判釋結果未必較佳。未來，本團隊將持續收集其他研究區域之樣本進行分析。此外，本團隊認為其所取得之樣本影像若能藉由圖層分離，將影像與文字資訊分別記錄於各圖層，如此將可獲得最低雜訊之 CCTV 影像，對準確度之提升必有極大幫助。
9. S4 使用基因演算法完成最佳	S4 最佳化操作的部份目前是針對台

化閘門操作，高雄部分是針對滯洪池的閘門進行最佳化操作，而台北市應該是針對下水道的閘門進行最佳化操作，這部分請研究團隊於報告中交代清楚。	北市下水道閘門最佳化操作為主，高雄市的部份目前 S4 並未特別考量，但會在未來開發的系統中列入考慮。已於報告中加強說明。
10. USIS 架構頗為複雜，研究團隊是否有相關備案可供選擇？是否有相關的程式原始碼可以使用？以及該架構使用什麼程式語言、工具去實做，請一併清楚交代。	USIS 規劃架構雖複雜，未來實作時將會視實務需求情況加以調整，程式語言方面目前預計以 C# 實作，開發環境暫訂 Microsoft .NET 2005，明年度實作系統時將會視實際情形調整使用語言與工具，並會於技術報告中清楚說明。
11. 附錄三的標題建議加上”參考”二字，才能符合先前報告內容。	感謝委員指正。已於本報告書中更正此項疏失。
12. 下水道模式目前僅於規劃階段，關於預想的成果請補充。	下水道模式目前已整合 SWMM 並實作於 S4 系統之中。USIS 的部份，更具體的系統功能及預期成果將以使用者案例（Use Cases）之方式表示之，目前仍正擬訂中，此部份預訂明年期中前會有具體成果，並會一併列入技術報告中說明。已於報告中對預想之成果進行補充說明。
13. 水保局有建置「土石流防災資訊網」，並提供分層、分年齡的線上教材，建議參考其網站規劃方式。	感謝委員意見，本團隊會參考其網站規劃方式來改善計畫網站。
14. CCTV 是使用單張影像作為類神經網路的訓練，關於背景雜訊部分不知研究團隊如何去除，另建議增加基本底圖作為類神經網路訓練使用。	本子計畫中主要以紋理特徵萃取破壞管線之影像，試驗過程中，本團隊試圖利用去除雜訊方式將影像中的文字資訊濾除，但其成果不佳。經反覆測試後發現，若改以形態學方式進行影像雜訊濾除，可獲得到一較佳之

	成果，目前已將成果撰寫並投稿至國際期刊等待審查發表。
15. S4 請考慮將介面文字中文化。	感謝委員意見，S4 目前已有輸入欄位的中英文說明，使用者介面中文化部份本團隊已將之列入未來系統維護項目。
16. S4 安裝檔是使用何種工具包裝？GIS 介面使用何種 SDK 實做？請交代清楚。	S4 安裝檔以 Advanced Installer 製作，已說明於報告之中(p.176)。GIS 介面部份乃本團隊自行研發，詳細細節已於報告中請讀者參考 94 年度期末報告。

台北市政府 水利處	
發言意見	回覆辦理情形
1. 看起來本計畫是集中在 S4 軟件，但台北市政府已做過 3 年，經驗是預測時間只有 10 分鐘，設定 1 小時，本單位曾與前中華顧問工程司(現為台灣世曦工程顧問公司)、淡江大學合作開發過水理模式，累積許多相關經驗，若 S4 能結合下水道觀測、雨量監測最少也得 30 分鐘，能輔助下游邊界的抽水站操作。	感謝委員意見，於系統開發時原本就希望能結合實測資料進行模擬及展示等決策支援工作，本團隊會列入參考。
2. 關於 RTC 部分，最重要的還是演算速度問題，1 小時無法達到及時，另外就是演算完畢之結果要做什麼應用，建議研究單位能仔細思考系統的目的、定位以及需求。	演算速度方面，本團隊針對模式核心修改，目前研發之技術已能進行階段性模擬，不必等整個演算完畢才得到結果，於演算過程中就能不斷取得計算結果並進行相關預警及應變措施。系統目的及應用方面，本團隊目前將以結合北高兩市實務需求應用為主要考量。
3. 往年本單位已有不少針對台	感謝委員提供之研究方向建議，應變

北市地區的研究與分析，建議研究團隊能以這些已完成的研究為基礎；並以”應變”為出發點做相關研究。	與預警原本就是本系統發展方向。
4. 關於國內推進工人才培訓部分，建議中期能建立專業證照的技術士認證制度，並藉由法令來落實，以利人才的培養及提升相關人員參加訓練活動的意願。另建議建立一套機具標準操作流程(SOP)，做為人才檢定之標準，並加強落實人才回訓。	感謝委員寶貴意見。關於人才培訓部份，本團隊將會協助營建署進行相關計畫擬定。但機具操作部份，由於各家廠商機具操作方式大不相同，如只限定某家廠商之機具進行教學或建立標準作業程序，則有圖利廠商之疑，故建立機具操作標準作業程序，尚有其困難之處。

內政部營建署 下水道水工處	
發言意見	回覆辦理情形
1. 若研究團隊於研究上需要水工處提供相關實際案例、數據、資源與協助，本單位很樂意提供相關報告及技術支援。	感謝委員寶貴意見。本團隊若需任何相關資料，將會與貴單位聯絡，感謝貴單位的協助。
2. 實務上實施推進時，所遭遇的不僅止於地質方面的問題，例如卵礫石地質的石頭大小、礫石與顆粒的配比等，建議研究團隊能以力學模擬方式去研究、克服現地已存在的問題。	感謝委員寶貴意見。團隊已於本期研究建立合適之數值模擬並與理論解比對得到初步良好結果，預訂於下階段實施此一地質之模擬分析。
3. 針對推進的部分，請補充說明當石頭粒徑超過多少比例時，將造成機具推進困難。	感謝委員寶貴意見。本團隊已將數值工具與本期研究之理論解比對得到初步良好結果，預訂於下階段實施此一地質之模擬分析。並將辦理現地調查、專家諮詢以完成此一課題之落實。
4. 推管生產力的部分，由於現地施工時間並非固定，建議使用”	感謝委員寶貴意見。本團隊對於後續資料之擷取將會謹慎處理。

天”為單位，當遇到業者三班制趕工，或者施工單位只有進場施作兩小時，此時將造成數據的落差。	
5. 日本在推進施作時，所編列的預算通常足夠支應使用全新的機頭，當推進一定距離後，該機頭在報廢、改裝、重新組裝面板機具後，便流用至台灣現地，造成國內施工推進效能低落。本單位發現這種情形後，便要求施工單位使用新機頭，推進效能果然大幅增加，關於這點建議研究團隊於研究時能與承商詢問其使用的機頭是否為全新機頭，以釐清該案例與工具間的關係。	感謝委員寶貴意見。本團隊於後續研究中會遵照辦理。
6. 報告書所提及二維淹水模式，不知與水利署所用的模式是否一樣？另外暴雨延時對於案例有著相當的影響，建議研究團隊於研究時能注意暴雨延時長短的問題。	二維淹水模式目前採用台大水工所自行研發之產品，於系統設計時將著重彈性及模式抽換，盡量不針對特定的模式實作，以便保留抽換其它淹水模式之彈性。另外，於案例模擬時已考慮不同降雨延時影響，考慮5年90分鐘及5年24小時之不同降雨強度，期末報告中已增列相關成果的簡述，細節請參考前幾年之成果報告。

高雄市政府 水工處	
發言意見	回覆辦理情形
1. 由於整體環境與國外不同，污水下水道推進生產力指標不需特別與國外指標做比較，應針對國內的環境建立生產力效能指標較有意義。	感謝委員寶貴意見。本研究將以搜集國內下水道推進施工資料進行效能指標建立之依據，並希望藉由與國外資料相比對，找出國內施工資料除地質條件外，造成生產力降低之原因，並對該原因進行改善。

2. 目前國內的機具與人力無法完全配合政府的計畫，所以 94 及 95 年相關工程進度皆嚴重落後，建議研究團隊未來工作年度能將以往實務上的缺失與研究做結合，提升污水下水道實務技術。	感謝委員寶貴意見。人力不足部份，本團隊將會協助營建署進行『下水道施工技術人員』培訓計畫之研擬，希望藉此培訓下水道技術人員投入下水道設施之建設，以解決人力不足之問題。機具部份，本團隊已邀請台北科技大學 <u>陳立憲</u> 教授，進行機頭與土壤互制行為之相關研究，以研擬出可控性指標，以提昇下水道推進效率。
3. 高雄市的確是重力排水，但並非以滯洪池為主要操控目標，仍然以抽水機與閘門為主。而操控機制則以滯洪池的水位為操控基準。	感謝委員意見，本團隊會持續深入了解高雄市現地實務狀況與需求，做為本系統開發之基礎。

台中市政府	
發言意見	回覆辦理情形
1. 就推進的三種工法中，表面上泥濃式可以用藥劑固化泥土，但台中地質屬卵礫石層且粒徑孔隙均很大，所以地層藥劑灌入未能固化良好，以目前營建署在台中幹管潛盾施工均以泥水加壓式施工才可能有固化泥土及推進進度，報告書中也未見到該區域之施工報告較為可惜。	感謝委員寶貴意見。本研究於後續研究中，將會擴大資料搜集之範圍地區。
2. 就管線部分，本計畫報告書有提出本市九期重劃區之管網維修，但未有更具體的建議，該如何去維修或是用何種方式去維修現有管線。	本計劃於下水道維修部份，已於 95 年計畫中提出相關研究成果，期末報告中已增列相關成果的簡述，詳請參考該年度報告。
3. 建議邀集下水道工程第一線之從業人員、工程顧問公司，針	感謝委員寶貴意見。於後續研究中，本團隊將會繼續以召開座談會或問

對實際執行所遭遇的問題及困難，研擬對策及績效指標。	卷調查方式，與業界先進進行意見及施工技術問題交流並針對困難點進行相關對策研擬。
4. 有關雨水下水道部分，僅就台北市及高雄市訪談，建議未來能就國內區分北、中、南、東區辦理。	目前先針對北高兩市做為研發目標與對象，未來會將研發成果推廣到其它地區，以期能符合全台灣地區需求。
5. 本計畫之教育訓練推廣建議以第一線從業人員為主，另就硬體設備輔助地方政府做為後續資料建置及未來工程設計指標。	感謝委員寶貴意見，本團隊於後續研究會納入考量。

歐陽嶠暉理事長（書面意見）	
發言意見	回覆辦理情形
1. 建議重新檢討當前下水道技術重點之優先順序，以為資源有效利用之參考。	感謝委員寶貴意見。本團隊會繼續透過座談會方式，與營建署及業界先進們一起檢討下水道技術的綜合優先順序，以利資源有效利用。
2. 技術開發宜有現場資深人員參與，而非文獻的整理。	感謝委員寶貴意見。本計畫已透過訪談現場資深人員來取得技術開發所需之實務經驗。例如，本計畫為了解下水道維修檢測之施工實際需求，透過與承包台北市衛生下水道工程處 CCTV 檢測維修之施工廠商之訪談，瞭解目前下水道於檢測維修所面臨之問題，及取得相關檢測維修資料，相信藉由這些寶貴的資訊將有助於本計畫之執行。本計畫會繼續加強與現場資深人員的溝通與互動，讓技術研發能更符合實務之需求。
3. 技術人員的訓練部分宜由「台灣下水道協會」結合會員及資深工程師協辦，以累積經驗。	感謝委員寶貴意見。關於技術人員培訓計畫部分，本團隊將協助營建署進行相關措施規劃，實際實施辦法仍以

	營建署公佈為主。

于嘉順教授	
發言意見	回覆辦理情形
1. 本計畫內容豐富，但似缺乏各子計畫間之關連與整合，感覺上像是數個計畫。就報告內容看來，亦缺乏整合性及連慣性，有些內容看起來，似乎有與其他單位之研究計畫重疊，請貴團隊說明。	感謝委員寶貴意見。因下水道工程技術研發範圍很廣，當初營建署規劃本計畫時，為有效利用有限資源，乃將重點放在目前三個子計畫所負責之研究範圍，且因本年度開始之計畫重點有別於過去較重技術研發，而較重技術應用與推廣，因而將之整合於本計畫中，較利下水道工程技術之整體應用推廣。本計畫會持續加強各子計畫在應用與推廣工作上之關連與整合。
2. 目前 CCTV 檢測辨識系統研發成果僅能達成 70%辨識率，且為已經人工篩選分類之影像，通常為連續檢測，似應先建立分辨是否有問題之辨識能力，再辨識問題種類，才能符合實際的操效率，即使機器辨識後亦需經人工確認。況且，下水道系統檢測通常必須經由人工操作，且檢視長度易受限於操控及影像線路、清洗管線等附屬設備長度之影響，不可能做得太快，因此如何訓練檢測技術之工程人員，才是基本原則，請貴團隊參考。	感謝委員寶貴意見。本研究主要目的正是期望透過自動化判釋系統，輔助並減少於影像判釋所花費之人力，並解決傳統人工進行管線缺失診斷易產生判別主觀性與效率不佳之缺點。雖然目前所採用之訓練資料乃由人工判釋後所得，但透過類神經學習及與機具整合，希望未來可達到下水道管線檢測維修自動化之目標。對於如何訓練檢測技術之工程人員，本團隊亦會一併加以研究。
3. 下水道應用模式不但應與實測雨量資料結合做現報，更需與即時水位流量資料校驗，以取得每次計算之驗證，增加預報操作	本團隊目前已朝委員建議方向進行研發，因此於成果中特別提及之模式動態串接為系統發展重點，以期動態結合不同之水理模式(更廣義的模式

之可信度。如排水與河川連結，更應取得或結合河川模式結果，以確認排放水位之動態變化，如水庫洩洪影響，感潮段僅考慮潮汐變化仍不足以保證安全，應取得氣象局或交通部港灣研究中心之環台海域暴潮水位預報資訊。	定義包括監測資料提供者)來進行都市暴雨水文水理的模擬，因此與水庫操作、河川模式甚至潮汐(包括天文潮及暴潮)監測或預報模式都已列入系統未來研發可行的考量範圍之一，現階段為起步階段，以弄清楚模式串接標準介面設計，並先考量下水道與降雨逕流模式串接為初步工作重點。計算結果與監測水位校驗的部份乃屬第二階段工作，於系統開發完成已能線上作業後，將再進行與實測水位檢定模式參數的部份，於現階段首重系統開發，因此並未列入本階段之工作重點。
4. Sontek 公司已有為下水道系統設計之流速流量量測系統，建議評估其功能，以便提供營運管理之精確數據，請貴團隊參考。	感謝寶貴意見，本團隊會評估其功能。
5. 目前的計算硬體發展迅速，單機已可直接進行平行計算，單機計算已有很好的效率，不需要以分散計算取得計算效率，而且網路連線資料傳輸經常是分散是計算的致命傷。歐洲發展分散式計算很重要的精神是在於整合各流域管理單位之計算，以便分享結果，共同應變。目前台灣多僅由單一單位負責，如台北水利處或高雄下水道工程處沒有分置的管理單位執行流域管理，因此並無此需求。純以計算效率而言，直接發展平行計算即可。	感謝委員意見，於系統實作時會以考量實際需求及實務可行性為第一優先，再來調整運算策略及系統架構整合方案。

主席：副署長	
發言意見	回覆辦理情形
1. 本案應朝技術研發及實際應用的方向落實於縣(市)政府及相關單位，請加強檢討後續研究重點。	感謝寶貴意見，團隊已調整後續年度學術研究與技術研發、推廣應用之比例，將持續針對業務單位之需求，依滾動式原則調整計畫方向。
2. 貴團隊於報告中提及 CCTV 之判讀準確率可達八成，不知國外之判讀準確率為何？請提出相關數據說明比較。	國外目前已有廠商研發出相關自動化判釋儀器，其成果準確率約可達到八至九成，但其設備必須搭配廠商所研發之軟體配件合併使用。若考量成本及效益，是否適合國內使用仍有待評估。本計劃團隊所開發之自動化判釋系統，乃期望提供一花費成本低，即可獲得一定標準之成果，雖目前所得成果與國外廠商仍有一定差距，但本計劃團隊將努力尋求進步，以提升系統之整體效能。

內政部營建署 公共工程組	
發言意見	回覆辦理情形
1. 有關本計畫績效指標 KPI 部分，依邀標文件，本(96)年度工作為確立三年期具體、量化的績效指標，並提出績效評估報告，本報告書第 210 頁請依規定改善。又指標的擬訂應依計畫目的、性質及效益(outcome)審慎評估而非只是有產出成果。	感謝寶貴意見，團隊已重新檢討相關指標，以經濟及社會面向為重點，並已於成果報告書中說明。
2. 11 月 16 日「下水道工程推動策略座談會」出席人員之相關意見，請研究團隊亦列表逐一回應，納入期末成果報告書中。	由於座談會日期晚於報告繳交期限，因此未將座談會內容放入期末報告書中，相關意見、發言紀錄及團隊回覆已納入報告書中。

3. 技術研究應與實務結合，研究團隊應將國內的下水道現況針對問題提出改善方案，妥為規劃並協調相關協會協助辦理，提升計畫績效。	感謝委員們的寶貴意見，本團隊會持續擴大辦理教育訓練研習會、推廣計畫研發成果，同時與業界人員交流、修正計畫研發方向，使計畫更能符合國內業界需求。
4. 關於研發團隊所建置的計畫網站，建議將三個子題網站併入整體計畫維護，並思考能否將整體網站轉移至營建署，以便各界查詢、取用計畫相關資訊。	感謝寶貴意見。本年度由於計劃時程較緊湊，因此本團隊各子計畫之網站皆由各子計畫自行管理，以方便各子計畫管理網站、快速更新網站資訊，下年度會將三個子題網站併入整體計畫維護。至於將網站轉移至營建署，因事關網站存取權限、安全責任及方便性等問題，本團隊會與營建署進一步討論評估。

附錄六、97 年度期初計畫書審查意見及回覆辦理情形

審查時間:97 年 3 月 31 日 回覆時間:97 年 4 月 10 日

歐陽理事長嶠暉	
審查意見	回覆辦理情形
1. 推進工程現況最缺乏的為如何製造推進器、改良推進器及遇到問題如何改裝推進器，為目前最迫切需要解決問題。	感謝委員寶貴意見。因為台灣推進工程尚未發展完善，且市場規模之考量，大多直接引進國外新型或二手機具，因此目前推進器如潛盾等機器，尤以日本為進口最大宗，次為歐規。而台灣的推進廠商多只在切削面盤進行加工，以符合台灣特殊地質條件。如能先由理論著手，並由實驗與數值驗證，再配合吸收各國推進機具相關文獻，輔導業界製造或研發適合台灣地質條件的推進機具，相信應有俾助。
2. 計畫中所提報表，可參考營建署「污水下水道管線施工監造及驗收手冊」，對照是否有缺失。	感謝委員意見，本計畫將會遵照辦理。
3. 下水道管渠維護認定，請參酌「下水道管渠管理維護修繕」，確實檢討有用的研究。	本研究團隊已取得歐陽委員等人所共同編著之「下水道管渠管理維護與修繕」之文獻資料，對於文獻中所提及之相關資料及寶貴建議，於未來的研究中將列為考量項目，以期達到提升下水道維護修繕技術為研究的最終目標。
4. 暴雨管理應務實解決淹水問題，使用何種方法，應注意需求與提供面衝突問題。	下水道暴雨管理相關的實務技術和工法，譬如滲透性下水道等，本團隊將蒐集文獻，加以整理，以提供

	相關技術給予縣市政府參考。

李錦地教授	
審查意見	回覆辦理情形
1. 請就 92 年到目前為止，科技計畫五年內所做的研究回顧，檢討那些研究為實際應用之項目，那些研究為未來需加強之項目，並探討未來研究的前瞻性。	感謝委員的建議，已於 96 年度成果報告中回顧 92 年迄今之研究成果並做檢討，將於 97 年度及後續工作中持續進行檢討，加強對已可實際應用之研究的推廣，補強尚待加強之研究，並探討研究之前瞻性。
2. 「中興新村」為最早的分流式下水道，建議作一探討。	本研究團隊會針對中興新村之個案進行評估，適當地將中興新村個案納入實地參考案例進行分析與探討。
3. 雨水下水道台灣做的很多，維護工作宜針對已有部分做。而污水管線大部分為新的，所以如何就舊的(如箱涵不均勻沉陷)為借鏡來探討？	感謝委員的指教，本計畫會朝此方面探討。
4. 台北市如何改善抽水站能量不足，有很多探討方式，建議將各種因素分析，以符合實際情形。	本團隊已針對台北市第四排水分區之抽水站系統進行實地訪談，以期了解抽水站現況作業與操作流程。
5. 下水道接頭方式很多，可對下水道不同接頭方式做探討。	感謝委員寶貴意見。由於資源有限，目前並未收集下水道接頭相關資料；未來計畫中將規劃相關資料調查，於未來報告中講述相關調查成果並將該資訊放置於下水道 E 化學習平台作為研究計畫之參考，並可供一般民眾、民間顧問公司及政府機關人員查詢之用。
6. 雨水管理，可參考 IWA(國際	感謝委員寶貴意見。關於雨水管理

水協會)之文獻，並做文獻蒐集。	方面，本團隊未來將進行相關之文獻蒐集與整理(例如 IWA 之文獻)。
7. 雨水下水道系統在國外常以一個領域來探討預警系統，建議考慮微氣象，就雨季降雨量、路面的不同和分區域做探討。	降雨即時預測，本團隊未來將使用雷達回波來作預測，另外也會進行定量降雨預測專家座談或訪談，並先將此部份保留至 USIS 系統，未來再考慮將其納入系統。

胡兆康先生	
審查意見	回覆辦理情形
1. 建議對推進工法從設計到施工應注意事項做完整分析。因地質會影響施工的選擇，建議建立一地質資訊平台，了解不同地質所需要的機械，使用的工法，將提供設計者很大幫助。計畫中提到成立下水道推進技術輔導團，可發揮很大的功能，對於協助推廣全國下水道和人員訓練有很大的幫助。	感謝委員寶貴意見。本計劃研究重點乃針對下水道推進工程之施工階段，並於施工過程中之管理層面及施工層面，就下水道推進工程施工計劃進行生產力分析與土壤-機頭互制行為探討，以利於實施管理與施工流程之改造。於管理層面上，將藉由研究建制輔導機制之技術移轉功能，將生產力效能指標應用於工程實務上，藉此提昇下水道推進施工績效，並協助營建署進行下水道工程人員配訓計畫架構研擬，建立下水道工程從業人員認證制度，供應工程業界足夠之專業從業人員。於施工層面，計畫將輔導機具製造廠商，進行切削刀盤之改良，使推進機頭能適應困難之複合土層。 目前中央地質調查所提供一套 Geo2005 地質系統，其已將部份地質資訊建入其資料庫中，本團隊亦預計與中央地質調查所進行溝通，

	以取得所需之地質資料，爾後便以此資料及其他收集之資料進行分析及建立合適之地質資訊資料庫。地質資訊平台為本期計畫實施要項之一。而由文獻資蒐與自行研究台灣地質與機制切削之互制行為，應對業界之輔導推廣與人員培訓有所助益。
2. 下水道維護管理很重要，應讓地方政府正視此課題。	本團隊於過去研究期間已陸續辦理下水道教育研習及座談會，到場參予的人員涵蓋各社會階層，其中不乏許多各地方政府機構下水道從業人員到場給予指教，可見各地方政府仍相當關注下水道技術之發展。今年本團隊亦規劃舉辦相關教育研習，期望透過研習會能有效為下水道產業宣導盡綿薄之力。
3. 市區的暴雨量值得檢討，如積水問題。	感謝委員之意見。關於市區暴雨量之探討，在前期研究的相關成果報告已有部份整理，本團隊將繼續以文獻回顧的方式來進行。

于嘉順教授	
審查意見	回覆辦理情形
1. 應針對研發過程，如何評估績效並予以量化，加強說明。	感謝委員的指教，本計畫在 96 年度已建立本計畫之績效評估指標，並說明於 96 年度成果報告中，本(97)年度會持續對研發成果進行績效評估。
2. 有關數值模擬分析部分，究為自行研發或國外引進，是否做實地驗證，請加強說明。	感謝委員寶貴意見。本研究已於本期研究中，完成推導理論解析解並與數值解比對核驗 PFC3D 於推進

	工法之刀刀與地質材料之互制行為(並非引進)，其結果頗為相符。而針對實驗室與現場調查數據的驗證工作，乃本研究下階段預定實施之工作。
3. 對於已經輔導廠商或未來將輔導的廠商加強說明。	本計劃預計於中和地區與新店地區下水道工程承包商尋找泥水加壓工法與土壓平衡工法之合作廠商以評估下水道推進生產力效能指標與可挖性指標並進行技術成果之移轉。此外，藉由機頭-土壤互制行為數值模擬成果，給於推進機具製造廠商設計建議，以改良切削刀盤。
4. 檢測部分應著重於實用，並加強人員訓練，讓訓練更為落實。	本團隊於教育訓練內容中，已規劃有下水道工程實務案例介紹及現地參訪行程，並計劃將未來所獲取之技術訓練資料放置於學習教材資源網站平台，透過網路學習平台的重複學習可有效提升訓練成果。
5. 有關 S4 系統，外國是否也有相同系統，請說明。	本研究團隊前期研究成果已有將 S4 系統與其他國外類似系統作過比較，而未來進行功能面之更新時，也會持續比較。
6. 即時模擬並無法解決問題，應針對如何有效提高預測做探討，另在預測方面是否考量潮汐，水位即時監控，國外已做到流速、流量部分，對此是否業考量，請說明。	即時模擬及有效預測之精準性牽涉範圍廣泛複雜，如定量降雨預測及下水道管線水位流量檢定等決定性關鍵，都需依賴更廣泛之研究配合。目前本研究擬先實作出功能性，作為淹水預警之參考。目前系統所採用之模擬核心為 SWMM，已可模擬出人孔之水位和溢流狀況以及管線之流量和流速，另外潮汐的考量也許可以當作邊界條件來作模

	擬。目前本系統之監測資料為接收縣市政府既有之觀測資料來源，以台北市為例目前已經有即時監測水位資料。從模擬角度而言，越多越精準之即時監測資料將有助於模擬檢定之有效性，間接提升預測之精準性。

周乃昉教授:	
審查意見	回覆辦理情形
1. 工作項目請儘量量化，所辦理的宣導推廣、教育訓練活動和座談會，宜與其他三個技術項目明確配合並加強說明。	感謝委員的指教，已修正 97 年度計畫書，加入 97 年度與 98 年度的預期績效指標達成成果，讓預期成果更量化及具體。總計畫會配合子計劃並統籌辦理教育訓練與座談會活動。
2. 暴雨即時控制與預警模擬宜有較明確的預期成果，計畫中提到要對各縣(市)做模擬，請說明究竟是整個台北市和高雄市的模擬，抑或部分區域模擬。	感謝委員的指教，預期成果已於 97 年度工作計畫書中補充說明，另外計劃各細項工作之掌控將依照甘梯圖來進行。對於各縣市案例模擬的部份，由於台北市資料較為齊全，系統發展將先以台北市為目標，並先以其排水系統之第四分區為主要模擬案例。
3. 在宣導都市暴雨防災部分，全民教育宣導之方向、內容範圍、全民要如何參與防災，及縣(市)政府統籌管理的內涵，請加強說明。另邀請專家學者宣導，宣導事項是甚麼，希望得到甚麼樣的結果，如何請國外專家學者，透過電子平面媒	宣導方面，將參考消防署建置的防災計劃，並依照台北市政府水災防治政策及縣市政府所訂定之標準災作業程序，進而宣導民眾防災觀念。邀請專家學者參與宣導，乃借重其專業知識及實務經驗，並與交流及建立其良好互動關係，希望能結合更多的專家學者來參與及推動

體宣導，以及系統開發事宜，亦請一併說明。	下水道相關技術研發。經費編列接依照營建署嚴格之經費編列要求來編列，已於經費需求表中逐項說明。關於專家學者座談會的量化資料，已於工作計劃書中補充，希望的參與人數，乃依計畫合約要求編列。
4. 不同的地質條件，各家廠商根據不同經驗均有不同的設計，宜先收集推進工法適用的情況,推進機的刀口設計資料。	感謝委員寶貴意見。本團隊除由理論與數值自行開發研析外，將會參考各家廠商針對不同情況所提出之經驗設計資料與本團隊所收集之現地調查資料進行統整合理。
5. 請說明管線結構缺失影像研判，針對幾項嚴重的情況進行研判的標準。	本計畫主要判釋缺失項目有下列四項：管體崩塌、管體破損、樹根入侵、接頭脫開。其主要分類標準乃由一經傳統人工判釋其管線缺失破壞模式之影像(本研究將其準確度視為 100%)，取其中一部分影像藉由類神經網路學習後再進行剩餘影像缺失分類，比較其與人工判釋結果為何。
6. 建議將防洪預報系統加入研究系統中。	感謝委員意見，針對都市內水積淹部份，目前 USIS 系統已有將防洪預警和支援決策納入系統開發的一部份，河川防洪的部份將不在本系統開發範圍之中。
7. 建議廣為蒐集消防署所建置各縣(市)防災計畫，中央氣象局及水利署等相關資料參考採用，以提升預警成效。	感謝委員寶貴意見。各縣市政府大多已遵照災害防救之四大原則：減災、整備、應變、復原，建立相關防災救護機制。可透過各縣市資訊網站獲得相關救災資訊，此相關資料融入計畫執行將有助於研究分析。本團隊會將其列入參考，並應

	用到系統之開發。
台北市政府衛工處	
審查意見	回覆辦理情形
1. 管線缺失提到的都是考慮結構性，是否考量到水理性缺失，若為水理性缺失如何檢測及維修。	水理缺失檢測及維修部份，於過去研究中主要考量項目包括：管線污水量推估、污水流速分析並加入社會成本等因素考量，進而推求最佳修繕工法及置換管材。此相關研究可查閱 95 年度計畫成果報告。
2. 請考量管線在污水管排水性下如何維修。	於污水管排水性情況下進行管線維修，可藉由管道截流及放流 (By-pass) 或管線繞道等方式進行特定管段維修作業，此一實際操作案例已於教育訓練中進行相關解說，未來會將相關資料置於 E-Learning 平台提供作為參考。

台中市政府	
審查意見	回覆辦理情形
1. 台中市轄內目前採推進工法辦理的污水下水道有大墩路主幹管及安和路中科放流管，但因地質條件屬於礫石，曾有每日僅推進一公尺的進度，其後部分增加地盤改良工法及變更為明挖方式辦理，故台中市是一個很好的實務研究環境。	感謝委員寶貴意見。本研究於後續研究中若需任何相關現地實、調查，將會與貴單位聯絡，感謝貴單位協助。
2. 簡報內容有提及搜集施工日報表做研究，建議就現有推進工程進行困難之實例，採實際	感謝委員的指教，也感謝委員提供資料收集來源資訊，所收集到之施工相關資料越多，則更加幫助本計

駐點方式搜集資料，使資料來源更直接及正確。	畫進行更進一步之分析、探討及評估。

台北市政府水利處	
審查意見	回覆辦理情形
1. RTC 模擬難度較高，請研究單位說明是否考慮此部分。	RTC 模擬現階段暫不列入 USIS 系統之考慮範圍，但本團隊仍會就下水道操作方面持續做實務訪談及業務需求的探究，以期能在 USIS 大部份功能完成後，再來考慮簡單的操作境況模擬。
2. 即時模擬部分，台北市區設置 122 處水位計，提供了即時監測、即時水位資料，後續的預測因為影響防災資訊的分配，應更具機動性，市政府朝小型雷達辦理，此可供研究單位參考。	感謝委員意見，小型雷達若能搭配定量降雨預報確實能大大的提升模擬及預報之精準性，USIS 亦會對此做重點的研發並保留相當的彈性。
3. 市府可提供監測資料，供研究單位參考，以利研究成果更為正確。	已有計劃與台北市政府申請系統所需之相關資料，例如雷達回波資料、即時歷時雨量和水位資料等。

台北市政府工務局	
審查意見	回覆辦理情形
1. 子題一請說明推進工法的工作項目與減少工期。	本研究將於本年度計劃中個別針對管理層面之生產力分析與開挖層面之可挖性進行探討，並整合相關研究成果，此外，藉由輔導機制之技術移轉，提供產業界運用，再依據現地生產力調查結果，驗證管理績效與開挖衡量指標之實質效用。
2. 子題二模擬準確度達百分之	96 年度計畫中利用紋理特徵方式進

70%，請考量是否符合要求。	行類神經網路訓練後之判釋成果雖僅達 70%，造成判釋率不高之主要原因乃影像中所附含之文字雜訊所制。但本計劃已於本年度針對準確率提升問題，提出一運用型態學原理之影像處理技術進行雜訊濾除之相關測試，預估判釋準確率不佳之問題將可獲得大幅改善。
3. 子題三暴雨的預警時間是否有研究的規劃。	預警時間將根據預測雷達接收的時間和模擬所花費的時間來決定。

營建署南工處	
審查意見	回覆辦理情形
1. 高雄鳳山有一曲線推進，研究主題是否有該部分研究的規劃，如果需要資料，本處可提供。	感謝委員的指教，也感謝委員提供資料收集來源資訊，所收集到之施工相關資料越多，則更加幫助本計畫進行更進一步之分析、探討及評估。
2. 高雄市紅毛港開發案，本處已完成全面檢測，如有需要本處可提供資料，也歡迎到本處座談。	感謝委員提供相關資訊。目前，本團隊已取得該負責單位之聯繫資料，計劃於近日拜訪取得相關資料。特別感謝營建署南區工程處陳盈利委員協助及鳳山工務所吳順發主任提供相關檢測維護成果資料。

附錄七、97 年度期中報告審查意見及回覆辦理情形

審查時間:97 年 7 月 15 日 回覆時間:97 年 7 月 25 日

(一) 謝慧民教授:	
審查意見	回覆辦理情形
1. 綜合建議： 請加強各子計畫間之相關性陳述，並建議於計畫名稱加(II)	感謝委員建議，本計畫將會於期末報告中做各子題相關性陳述，並於修改之期中報告計畫名稱加上(II)。
2. 污水下水道推進工程施工技術部分： (1) 期中報告中 P.13 請增加陳述分析方法。 (2) 所蒐集施工資料的來源(廠商)、時間及工區，請列對照表。 (3) 生產力的定義以天為單位，日本一天 8 小時、台灣一天 12 小時工作量，均推進 50m，生產力定義並不相同，建請釐清。 (4) 請釐清生產效率、工作效率、作業效率及生產力間之關係。 (5) 請補充日本推進工法資料年數。	(1) 感謝委員意見。本計畫已於期中報告中增加分析方法。 (2) 感謝委員意見。本計畫已於期中報告中增加資料來源陳述，並於期末報告中製表對照。 (3) 感謝委員指教。本計畫於進行生產力分析時，已將台灣地區工作時數進行正規化程序，統一以八小時進行比較。 (4) 感謝委員指教。本研究中所指工作效率與作業效率皆指推進工班進行作業時，有效工作人力與總工作人力的比值。而生產效率所指為推管作業之速度。 (5) 本研究所述日本資料皆為日本相關下水道組織所出版之刊物，並於期中報告文獻回顧中陳列相關參考書籍。
3. 污水下水道管線檢測維修技術部分： (1) 請中補充說明期中報告中 P.87 測試使用圖像運算結構，何以採用圓形及矩形的理論。 (2) 請補充影像開放操作與 PCA(主成份分析)相關說明。	(1) 本研究採用圓形及矩形結構進行影像運算，乃由於此兩種形狀為影像處理技術中最為基本及簡單之運算結構，故本研究以此兩種形狀結構進行影像測試。 (2) 感謝委員的建議，影像開放操作之主要目的為將 TV 檢視之管線影像轉換

(3) 期中報告中 P.94 分割成果各項資料缺乏文字說明，以及與理論的部份如何產生關聯。 (4) 請說明生產者準確度與使用者準確度之差異性。 (5) 請說明 E-learning 之數據。 (6) 理論敘述過於簡略，不易了解理論與產出成果的關係，請加強連貫性敘述。	為二元影像以方便後續形態分割作業之進行，而 PCA 運算則為降低資料維度，並加速資料運算之速度。本研究將於報告書中加強此兩項影像處理技術之相關解說。 (3) 此一成果主要乃說明其各項形態缺失特徵之相關性，並將於期末報告時針對其造成形態分割失敗之原因進行整理討論。 (4) 此評估方式為誤差距陣中最常使用之方法，生產者準確度指在已知參考資料下所評估之準確度，而使用者準確度則是指在未知(假設為未知)參考資料下，依據分類結果所評估之準確度。此一相關解釋將於研究報告中加強說明。 (5) E-Learning 平台目前所完成之部分主要為「線上學習」、「研究成果發表」及「留言討論」三大主要內容，未來將新增相關下水道產業調查結果，本研究已設計相關調查表格，其調查成果將於期末報告呈現。 (6) 感謝委員建議，本研究將會針對理論說明及研究應用流程之內容，進行補充說明以強化整體連貫性。
4. 雨水下水道暴雨管理技術部分： (1) 請補充期中報告中 P.124 採兩區間、四區間等進行模擬的原因，另外請確認水位變化不大與兩邊集中現象之差異。 (2) 圖名與圖號相連，建議以空格區分。 (3) 請說明 GIS 展示係使用何種方	(1) 感謝委員建議，本研究將於修改後之期中報告做詳細解說。 (2) 感謝委員建議，此部份將於期中報告作修改。(P.104~P.141) (3) GIS 展示是使用由美國明尼蘇達大學所研發之 Map Server，此軟體伺服器之授權屬於 Open Source，對於本研究經費可有效使用。

式(是 IMS 或 Map Guide)。 (4) 水理模式本年度只有使用 SWMM，請再補充。 (5) 即時降雨量自動載入模式計算，技術上是否可行?集流時間是 23 分鐘，載入時間過長，預測恐無法達到效果。	(4) 感謝委員建議，本年度於案例測試使用的水理模式除了包含 SWMM，另外還包含以 SWMM 為基礎作修改與擴充之新模擬核心(IRES)。 (5) 感謝委員建議，本研究將於未來拿到台北市即時資料之後，再做進一步的確認，測試系統模擬時間與即時資料載入時間，並持續評估其可行性。

(二) 周乃昉教授:	
審查意見	回覆辦理情形
1. 綜合之建議: 請配合章節規劃，適當重組文字內容，報告中錯字頗多，請各子題親自檢閱修改。專業技術觀念之用詞宜多思考釐清	感謝委員的建議，本計畫會針對期中報告做檢閱，並修正。
2. 污水下水道推進工程施工技術部分： (1) 建議主持人或主要工作人員親自入坑觀察潛盾機之操作，測試不同的角度、壓力及速度對生產力的影響。 (2) 自動化資料轉化應補充資料軟硬品質檢核機制，並實例檢討其正確的百分比及轉化錯誤之影響。	(1) 感謝委員建議，本研究在研究過程中有派研究人員至現地進行觀察，以了解工地實際之情況，未來如情況允許，也將會實際操作相關之儀器。 (2) 感謝委員寶貴的意見，此部份將於期末報告中，加入自動化資料轉化程式的資料驗證部份，並探討其轉化之正確性。
3. 污水下水道管線檢測維修技術部分： (1) 除理想影像範例分析外，亦請著墨實際影像之轉換處理技術。 (2) 理想影像或可增加隨機變化測試判釋模式之應用。	(1) 感謝委員之建議，本研究所提出之理想影像成果，乃利用台中九期重劃區實際影像分割處理後所整理歸納之結果。本研究於期末報告中將針對造成形態分割轉換失敗之緣由進行相關探討。 (2) 本研究採用類神經網路訓練模式之

	主要目的為建立自動化影像判釋機制。透過取得更多的缺失影像並藉由類神經網路學習將有助於完成隨機變化測試判釋模式之實際應用。
4. 雨水下水道暴雨管理技術部分： (1) 預期完成事項應與計畫經費合理配合，報告中對 USIS 的需求分析太廣泛，計畫成果有流於不夠完整之可能。 (2) 本計畫應對擬發展之「管理技術」及所欲解決之課題有較特定深入完整之界定，定義清楚比較好做驗收的工作。 (3) 即時淹水預警應對降雨預報成果進行模擬，抽水站即時操作策略不易配合淹水預警達到顯著成效。欲利用「即時觀測雨量」直接模擬進行預報，因時限緊迫，實際成效極為有限，不宜在現階段列為計畫目標。 (4) 部份敘述可考慮以條列方式展現，例如：易淹水原因，並做輔助規格書，對其內容予以檢討。 (5) 對 USIS 之預期成果建議本年度優先辦理，以 QPESOMS 的預警降雨量進行即時模擬並參考發佈淹、積水預警，其次與實務主管機關討論模擬成果的展現形式以利決策判斷。 (6) 圖號與圖名之間應留一空格，以全形空白更好。 (7) 外池水位高於河川水位似不必解釋其原因，誌謝亦不應納入	(1) 感謝委員建議，此部份本團隊將於期中報告作進一步之修改，並將 USIS 之需求分析界定清楚，以使計劃成果可以更完整呈現。 (2) 感謝委員建議，本年度之工作重點是以模式發展為主，而明年度將以 USIS 系統開發為主要重點，本研究也將會於期末報告作詳細說明以清楚界定。 (3) 感謝委員建議，本研究將於未來拿到台北市即時資料之後，再做進一步的確認，測試系統模擬時間與即時資料載入時間，並持續評估其可行性。 (4) 感謝委員建議，本研究將參酌此建議，並於期中報告中類似之描述作修改，以條列方式清楚展現。 (5) 感謝委員建議，本研究目前尚無針對使用何種預測降雨量預測方來作模擬以進行研究，未來將聽取專家之意見，以選用最適合之降雨量預測方式，並加以測試其可行性，本研究也會將委員之建議納入後續之研究。 (6) 感謝委員建議，本研究將於期中報告作修改。(P.104~P.141) (7) 感謝委員建議，本研究將於期中報告作修改。 (8) (9) 感謝委員建議，本團隊目前開發之系統模擬結果只考慮至水位部份，還未

報告內文。 (8) 有海上、陸上颱風警報，卻未見海、陸上颱風警報？ (9) 對 SWMM 之模擬檢核與呈現，除水位外亦應比較流量過程。	作到流量部份，所以還未進行流量之檢核，未來模式開發成熟後，會再進行流量守恆之檢核。

(三)李錦地教授:	
審查意見	回覆辦理情形
1. 綜合之建議: 教育訓練與座談除辦理滿意度調查，建議將參與學員所提與本計畫相關之專業實務意見整理登錄。	感謝委員的建議，本計畫會於問卷上增列計畫相關專業意見的詢問，並於日後辦理研討會後，將參與學員之專業實務意見整理登錄。
2. 污水下水道推進工程施工技術部分： (1) 建議依表 2.3-4 生產力影響因子(修正後)，就資料項目分項，收集資料及案例加以檢討歸納並提出建議。(工班管理是否應納入項目中，請再予檢討) (2) 施工日報與監造日報建議收集整理並檢討後提出建議，尤其應與目前資訊應用及技術資料收集目的相符合。	(1) 感謝委員指教。本研究於管理層面中目前以小管徑推進為主要研究對象，由於小口徑推進工法使用人力少，一般推進工班人數約 5 到 6 人不等，其中包含一個操作手，及其它作業人員，且受限於作業空間有限，若增加工班人數對生產力的提升有限，因此本研究將其剔除。而流程再造中將再針對目前工班人力配置與作業項目流程進行調整與修正，並提出改善方案提以提昇推進工班工作效率。 (2) 感謝委員寶貴的建議，此部份待本研究收集到更多不同廠商之施工、監造日報表後，將會於期末報告中提出施工與監造日報表相關之比較與探討。
3. 污水下水道管線檢測維修技術部分：	本研究依據檢測維修所制定之主要四大檢測維修工作項目，但污水下水道檢

建議依圖 3.1-1 流程，依管線檢視，結構狀況評估，結構狀況分級，維修方案評選四大項及其相關中項目及分項目就研究成果逐項陳述。	測項目眾多繁雜，本年度主要之研究聚焦於管線檢視之自動化管線缺失檢測，本研究亦將採納委員之建議，修正本研究之未來研究方向。
4. 雨水下水道暴雨管理技術部分： 建議先搜集案例探討過之原規劃報告中之背景數據加以探討，再據以探討開發技術之研究。	感謝委員建議，本團隊會參酌此建議以探討開發技術之研究。

(四) 胡兆康先生：	
審查意見	回覆辦理情形
1. 綜合建議： 本計畫包括科技計畫中技術高層的上游計畫，但營建署在執行污水下水道建設是一實務問題的檢討與解決，因此每天面對的都是要解決即時的問題，建議在這方面多加強，以利營建署改善工程的進行。	感謝委員的意見，本計畫除了技術之研發，也將技術行著重於工程實務上，以利相關研究之成果能實際應用於現地工程之問題上。
2. 污水下水道推進工程施工技術部分： 推進工程的成效，實務上宜就不同地質，使用適當的機械，加上訓練經驗足夠的操作人員。而人員的訓練除了講習之外，實際操練更為重要，可提供一個完整的訓練計畫供營建署來參考，依污水下水道政策加強訓練人員。	本計畫已於 96 年 8 月 10 日與 96 年 11 月 06 日分別協助營建署召開『下水道推進技術士訓練座談會』與『下水道工程推動策略座談會』，就技術人員培訓議題與業界先進進行意見交流，並擬定培訓架構，實際推動則需以營建署之政策為主。
3. 污水下水道管線檢測維修技術部分：	污水下水道檢測維修標準之制定，乃目前實務運用中最為急迫之需求。本團隊

檢測維修技術的研發與引進新的技術及訂定標準之後，使產業在國內生根還有成長空間，因污水下水道近幾年才全面推動，還有很多機會可配合營建署推動工作之進行。	將輔導台中市政府及相關檢測維修廠商，輔助制定相關維修檢測標準及流程，以期建立一高效率之下水道維修檢測維修架構。
4. 雨水下水道暴雨管理技術部分：雨水下水道的排水效能從設計時即已確定，超過標準就會積水和淹水，因此對積水與淹水要有認知，以利教育政府管理者及享受成果的民眾。同時亦可提供都市排水設計標準與投資的經濟效益。	感謝委員建議，本團隊將會參考此建議，並納入後續之研究。

(五) 台北市政府工務局水利處	
審查意見	回覆辦理情形
雨水下水道暴雨管理技術部分： (1) P.99 台北市雨水下水道至 96 年 12 月底已完成 519.8 km，完成率 96.26%。 (2) P.99 台北市政府水利處自設雨量站 33 站，其中 20 站為無線傳輸。 (3) P.100 台北市目前水位計 123 處，平時 10 分鐘一筆資料回傳，降雨發生則 1 分鐘一筆回傳值。 (4) 以 SWMM 進行即時線上模擬，建議應注意下游抽水站操作、外水位、開門操作之即時	(1) 感謝委員建議，本研究將於期中報告作修改。 (2) 感謝委員建議，本研究將於期中報告作修改。 (3) 感謝委員建議，本研究將於期中報告作修改。 (4) 感謝委員建議，未來拿到即時資料進行線上即時模擬時，本團隊將會注意資料是否一致。 (5) 感謝委員建議，此部份將於期中報告作修改。 (6) 感謝委員建議，本研究於預警資訊部份，將使用水利處之水位計預設之警戒等級來區分，並將不同警戒等級給

資訊導入，以免與實際狀況不相符。 (5) 中港抽水站集水區降雨資訊，係以北政國中雨量站為主要參考站(P.121)。 (6) 水理模擬結果，建議分段警示提供決策資訊，將水孔水位分級，例如滿水位與八分滿水位用不同顏色區分。 (7) 降雨逕流分析參數部分建議結合 GIS 空間分析以符實際狀況。 (8) 台北市降雨局部性分佈差異甚大，降雨空間分佈建議納入水文分析中。	於不同之顏色來表示。 (7)感謝委員建議，本研究所使用之參數，是以台北市前期之計劃所率定完成之參數，但這些參數是以淹水事件來率定，所以未來我們也將於後續研究中，把 GIS 空間分析納入，以進行參數檢核。 (8)感謝委員建議，本團隊將會參酌此建議，以利後續之研究。

(六) 台中市政府:	
審查意見	回覆辦理情形
1. 綜合之建議: 建議加強辦理教育宣導，並配合軟體應用，請營建署能補助硬體設備，以利未來下水道建設之執行。	感謝委員建議，本計畫會舉辦研討會與座談會，推廣計畫成果，並利用教學網頁加強辦理教育宣導。
2. 污水下水道推進工程施工技術部分： 污水下水道興建為中央、地方機關積極辦理事項，必須了解地方開發區域之土質選擇，推進工法免除施工開挖造成民眾居住環境破壞及反感，故施工方式取決相當重要，必需採取最快施工的工法完成下水道管線埋設。	感謝委員指教。目前推進工程標案多以得標廠商現有機具進行推進作業，如需加以規範使用工法，則需牽涉合約規範，此屬法規層面，不在本計畫之研究範圍。
3. 污水下水道管線檢測維修技術	本研究在過去之研究中，已完成下水道

部分： 污水下水道管線埋設係配合各區重劃建設施設，重劃區完成後，後續開發續行(房屋興建其他管線埋設)，造成污水下水道管線因其他管控而毀壞。開始進行用戶接管時，原先施設之主幹管、次幹管及分支管網無法銜接，再進行TV檢測並確定毀壞位置，但維修技術為何?用何種方式達到最快速、最適合完成修理工作。	檢測維修之工法及選材等相關研究(詳細資料可參考 94 年~95 年研究報告)，但其於實際運用尚須配合現地狀況進行各項討論，以修正研究模式各項參數，使其更符合實際所需。
4. 雨水下水道暴雨管理技術部分： 暴雨管理應著重實務技術研發，才能達到預期成效。	感謝委員建議，本團隊待 USIS 系統開發完成後，將落實於實例之應用，並提供防洪預警與支援決策之功效。

(七) 高雄縣政府水利處	
審查意見	回覆辦理情形
1. 綜合建議： 相關成果發表及研習，建議部分場次能於南部舉辦。	感謝委員的建議，本計畫未來相關研習發表時，會將台南與高雄列為規劃主要地點。
2. 污水下水道推進工程施工技術部分： (1) 表 2.3-6 施工管徑推進長度，基本統計結果是否已考量法規規定最大人孔間距的影響，請釐清。 (2) 本府旗山地區卵礫石的推進案日進量約僅 2~5m，研究單位若有需要，可供參考。引進量影響因子可能包含卵礫石的石英含量及石塊單壓強度等可研討。	(1) 本計畫資料皆從已完工歷史標案與進行中標案之施工計畫書、地質鑽探報告與施工(監工)日報中擷取，其已通過主管機關之審核，故已考量過法規規定。 (2) 感謝貴單位協助，本計畫將會盡速與貴單位聯繫，尚請提供寶貴資料，供本計畫參考。

3. 污水下水道管線檢測維修技術部分： 建議藉由本計畫之研究，一併研訂 CCTV 影像解析度及光線明亮度等作業標準。	感謝委員建議，CCTV 檢測目前並未有相關之作業規定，也因如此，部分檢測維修廠商所使用之 TV 檢視機具其解析度及光線明亮度不一，其拍攝成果即有所差異。而其拍攝成果於自動化管線缺失判釋時，將造成極大之影像，本團隊感同身受。未來，本研究將針對相關 TV 檢測之拍攝作業制定一相關標準，以提昇檢測維修之整體效益。
4. 雨水下水道暴雨管理技術部分： (1) 中港抽水站系統案例模擬，建議與實際降雨記錄及操作結果比對。 (2) 防洪預警超前時間可達何標準？建議氣象預報之時雨量推估可能淹水地區。 (3) S4 建議開放各顧問公司試用，並收集使用意見，以為操作介面修改參考。	(1) 感謝委員建議，此部份將於下半年度進行，並於期末報告中詳細說明。 (2) 感謝委員建議，防洪預警超前時間之標準，本研究將於未來拿到台北市即時資料之後，測試系統模擬時間與載入即時資料時間，並持續作評估其可行性。 (3) 感謝委員建議，台北市政府單位已有開始使用 S4，並給予本團隊使用意見以更新 S4，另外 S4 目前已有開放使用，下載網址為 http://usis.cycu.edu.tw/index.files/Page1859.htm

(八) 本署水工處中區分處	
審查意見	回覆辦理情形
1. 污水下水道推進工程施工技術部分： (1) 生產力分析與工作流程再造資料來源，建議擴及 600mm 以上管徑，N 值較大卵礫石(如台中縣)及其他推進工法等。 (2) 日本比較資料，請補充說明資	(1) 感謝委員指教。考量到目前工程推案量，本研究目前將以中小管徑推進工程為主要探討對象。且受限於執行人力有限，本研究生產力分析與工作流程再造工作尚無法擴及至大管徑作業。 (2) 本研究所提日本資料，皆參考日本下

料來源、樣本數等。 (3) 生產力影響因子尚包括輔助工法使用(如地質改良)，機具(頭)型式新舊，礫石粒徑及硬度、複合地質等，影響日進量甚鉅，建議考量納入。 (4) 台中市污水下水道推進，應考量卵礫石 N 值高、含石量高、粒徑大等特性。	水道相關組織發行之刊物，詳細資料請見期中報告附錄所載之文獻回顧。 (3) 感謝委員指教。本研究將會針對生產力影響因子進行檢討。 (4) 感謝委員指教。本研究進行生產力分析，已包含卵礫石含量。於後續研究中將會與大地工程專家進行地質條件影響因子進行意見交流，以檢討地質條件對於卵礫石層生產力之影響。
2. 污水下水道管線檢測維修技術部分： (1) 徑向基網路整體判釋準確度管線結構缺失項目，除管體崩塌、破損接頭脫開外，其他項目準確度請補充說明。 (2) 九期重劃區之污水管線屬預埋性質，尚未用戶接管通水。	(1) 管體崩塌、破損接頭脫開及樹根入侵為下水道管線缺失之主要缺失項目，除此四大缺失外雖有其他各項缺失，但由於其判釋較為複雜，故須輔以人工判釋。未來，本研究將盡力收集其他各項下水道管線缺失影像資料，以期強化本研究所建議之自動化管線缺失診斷系統之判釋能力及判釋缺失之項目。 (2) 目前台中市下水道之主要作業項目為加強家戶接管，且目前其用戶接管之普及率約近 20%。本團隊已拜訪台中市政府了解其未來之下水道相關規劃，並期望透過合作輔導得標廠商，提升台中市下水道檢測維修作業之成效。
3. 雨水下水道暴雨管理技術部分： (1) $Q=CIA$ 式中，都市雨水下水道(短延時)瞬時排水與區域排水(長延時)平均排水的不同，須特別注意模式演算 C、I 的基礎不同。 (2) 水利署水規所針對台中市排水	(1) 感謝委員建議，本研究所主要是以動力波模式來求得各項水理值，對於 $Q=CIA$，主要是可求得其整場降雨事件洪峰流量，而即時水理模擬之技術主要是將整場事作分段模擬，由於時間有區段之現象，所以使用動力波模式，未來本研究也會採納委員之意見，以 $Q=CIA$ 來作模擬結果之流量

系統各雨水下水道作過不同降雨量淹水潛勢模擬規劃報告，建議可洽取瞭解參考。 (3) 本署已建置之下水道資料庫(台中市)，本計畫都市下水道資訊系統可參考瞭解功能內容差異性、資料相容性及未來統合可能性。	檢核。 (2) 感謝委員建議，本團隊會將會參考其模擬規劃報告，並加以探討其內容，以利後續之研究。 (3) 感謝委員建議，本團隊會加以參考，並評估其資料之差異與相容性，以使USIS 系統可保留更大之使用彈性。

(九) 本署公共工程組	
審查意見	回覆辦理情形
請研究單位於期末時併同期末報告書研提下(98)年度工作計畫書送審；行政院國科會針對該年度綱要計畫之審查意見，請於該工作計畫書撰擬時一併納入檢討辦理。	感謝委員建議，本團隊會針對 98 年度國科會審意見辦理工作會議，檢討撰擬 98 年度工作計畫書，並於期末時併同期末報告書研提下(98)年度工作計畫書送審。

附錄八、針對 97 年度期中報告審查意見之回覆辦理情

形補充說明

回覆時間:97 年 10 月 30 日

謝慧民教授	
審查意見	回覆辦理情形補充說明
1.期中報告中 P.13 請增加陳述分析方法。 2.施工資料蒐集的來源(廠商)、時間及工區，請列一個對照表。 3.生產力的定義以天為單位，日本一天 8 小時、台灣一天 12 小時工作量，均推進 50m，生產力定義並不相同。 4.生產效率、工作效率、作業效率及生產力有一些關係請釐清。 5.日本推進工法資料年數請補充。	1.已於該單元簡略說明分析方法與工具，詳細分析請參閱期末報告書 p.39 至 p.53。 2.已增加資料來源與工法管徑對照表，請委員參閱期末報告 p.23。 3.感謝委員指教。本計畫於進行生產力分析時，已將台灣地區工作時數進行正規化程序，統一以八小時進行比較。 4.謝委員指教。本研究中所指工作效率與作業效率皆指推進工班進行作業時，有效工作人力與總工作人力的比值。而生產效率所指為推管作業之推管速率。 5.本研究所述日本資料皆為日本相關下水道組織所出版之刊物，並於期中、期末報告文獻回顧中陳列相關參考書籍。
期中報告中 P.87 測試使用圖像運算結構，為何採用圓形及矩形的理論，請說明補充。	本研究採用圓形及矩形結構進行影像運算，乃由於此兩種形狀為影像處理技術中最為基本及簡單之運算結構，故本研究以此兩種形狀結構進行影像測試。此相關內容已加註於期末報告 P.109
影像開放操作與 PCA(主成份分析)相關說明不清楚，請補充。	影像開放操作之主要目的為將 TV 檢視之管線影像轉換為二元影像以方便後續

	形態分割作業之進行，而 PCA 運算則為降低資料維度，並加速資料運算之速度。本研究已於報告書中修正此兩項影像處理技術之相關解說，請詳見期末報告 3.3.2 及 3.3.4 節。
期中報告中 P.94 分割成果各項資料缺乏文字說明，與理論的部份如何關聯？	此一成果主要乃說明其各項形態缺失特徵之相關性，並將於期末報告時針對其造成形態分割失敗之原因進行整理討論。相關內容請詳見期末報告第 3.4.3 節。
1. 請補充期中報告中 P.124 採兩區間、四區間等進行模擬的原因，另外請確認水位變化不大與兩邊集中現象之差異。 2. 圖名與圖號相連，建議以空格區分。 3. 請說明 GIS 展示係使用何種方式(是 IMS 或 Map Guide)。 4. 水理模式本年度只有使用 SWMM，請再補充。 5. 即時降雨量自動載入模式計算，技術上是否可行？集流時間是 23 分鐘，載入時間過長，預測恐無法達到效果。	1. 感謝委員建議，本團隊已於期末報告 4.6.1 小節補充說明。 2. 感謝委員建議，本團隊會更加注意報告之編寫方式，圖名圖號也已於期末報告修改完畢。 3. GIS 展示方式已於期末報告 4.5.1.2 節補充說明。 4. 感謝委員建議，本年度於案例測試使用的水理模式除了包含 SWMM，另外還包含以 SWMM 為基礎作修改與擴充之新模擬核心(IRES)。(請見期末報告 4.6.1 小節) 5. 感謝委員建議，本年度目前已針對 IRES 與 SWMM 之模擬計算時間作比較(請見期末報告 P.181-P.183)，另外，資料部份尚有即時資料未進入，此部份將於 98 年度取得即時資料後，再做進一步的測試系統模擬時間與即時資料載入時間。

周乃昉委員：	
審查意見	回覆辦理情形補充說明
1、建議主持人或主要工作人員	1.感謝委員建議。本研究在研究過程中

親自入坑觀察並操作潛盾機，測試不同的角度、壓力及速度對生產力的影響。 2. 自動化資料轉化應補充資料軟硬品質檢核機制，並實例檢討其正確的百分比及轉化錯誤之影響。	相關研究人員採定期方式前往下水道施工現地進行調查與記錄。
除理想影像範例分析外，亦請著墨實際影像之轉換處理技術。	本研究所提出之理想影像成果，乃利用台中九期重劃區實際影像分割處理後所整理歸納之結果。本研究於期末報告中將針對造成形態分割轉換失敗之緣由進行相關探討。相關內容請詳見期末報告第 3.4.3 節。
理想影像或可增加隨機變化測試判釋模式之應用。	本研究採用類神經網路訓練模式之主要目的為建立自動化影像判釋機制。透過取得更多的缺失影像並藉由類神經網路學習將有助於完成隨機變化測試判釋模式之實際應用。相關說明可參考本年度期末報告 3.3.5 節，或 96 年成果報告書。
1. 預期完成事項應與計畫經費合理配合，報告中對 USIS 的需求分析太廣泛，計畫成果有流於不夠完整之可能。 2. 本計畫應對擬發展之「管理技術」及所欲解決之課題有較特定深入完整之界定，定義清楚比較好做驗收的工作。 3. 即時淹水預警應對降雨預報成果進行模擬，抽水站即時操作策略不易配合淹水預警達到顯著成效。欲利用「即時觀測雨量」直接模擬進行預報，因時限緊迫，實際成效極為有	1. 本研究主要是為開發防洪預警所須克服之相關技術，並以整合各項技術至系統為重點，未來實作品可作為教學推廣及研發技術推廣。 2. 感謝委員建議，本年度之工作重點是以研發 USIS 相關技術為主，包含新水理模式技術研發以及軟體技術整合。並於期末報告作詳細說明以清楚界定。(請見期末報告 P.140-P.142) 3. 感謝委員建議，本研究主要著重於新水理模式技術之研發與軟體技術整合，並於未來推廣這些相關技術，以進一步開發即時預警之系統。 4. 感謝委員建議，本團隊已參考委員建

限，不宜在現階段列為計畫目標。 4. 部份敘述可考慮以條列方式展現，例如：易淹水原因，並做輔助規格書，對其內容予以檢討。 5. 對 USIS 之預期成果建議本年度優先辦理，以 QPESOMS 的預警降雨量進行即時模擬並參考發佈淹、積水預警，其次與實務主管機關討論模擬成果的展現形式以利決策判斷。 6. 圖號與圖名之間應留一空格，以全形空白更好。 7. 外池水位高於河川水位似不必解釋其原因，誌謝亦不應納入報告內文。 8. 對 SWMM 之模擬檢核與呈現，除水位外亦應比較流量過程。	議，於期末報告中附錄一中作修改，將易淹水原因等以條列方式展現。 5. 感謝委員建議，本年度主要為進行水理模式技術之研發，尚無針對使用何種預測降雨量預測方式來作模擬以進行研究，明年度將聽取專家之意見，以選用最適合之降雨量預測方式。 6. 感謝委員建議，本團隊會更加注意報告之編寫方式，圖名圖號也已於期末報告修改完畢。 7. 感謝委員建議，本團隊已於期末報告作修改。(請見期末報告附錄二) 8. 感謝委員建議，目前下水道僅有水位監測資料，尚無管路中流量記錄，但原始 SWMM 中已有質量守恆之檢核。

李錦地委員：	
審查意見	回覆辦理情形補充說明
宜依圖 3.1-1 流程，依管線檢視，結構狀況評估，結構狀況分級，維修方案評四大項及其相關中項目及分項目就研究成果逐項陳述。	本研究依據檢測維修所制定之主要四大檢測維修工作項目，但污水下水道檢測項目眾多繁雜，本年度主要之研究聚焦於管線檢視之自動化管線缺失檢測，本研究亦將採納委員之建議，修正本研究之未來研究方向。

胡兆康委員：	
審查意見	回覆辦理情形補充說明

檢測維修技術的研發與引進新的技術及訂定標準之後使產業在國內生根還有成長空間，因污水下水道只是在最近幾年才全面推動，還有很多的機會可配合營建署推動工作之進行。	污水下水道檢測維修標準之制定，乃目前實務運用中最為急迫之需求。本團隊將輔導台中市政府及相關檢測維修廠商，輔助制定相關維修檢測標準及流程，以期建立一高效率之下水道維修檢測維修架構。相關輔導成果可詳見期末報告第 3.6 節。
雨水下水道的排水效能從設計時即已確定，超過標準就會積水和淹水，因此對積水與淹水要有認知，以利教育政府管理者及享受成果的民眾。同時亦可提供都市排水設計標準與投資的經濟效益。	感謝委員建議，下水道之規劃設計具不確定性，然而根據文獻得知，即時控制(RTC)能在系統臨界狀態提供額外的預警時間，降低災害損失，所以本研究之重點在於新水理模式技術之研發與軟體整合技術，未來將作為技術推廣及教育推廣之用。

台北市政府工務局水利處	
審查意見	回覆辦理情形補充說明
1. P.99 台北市雨水下水道至 96 年 12 月底已完成 519.8 km，完成率 96.26%。 2. P.99 台北市政府水利處自設雨量站 33 站，其中 20 站為無線傳輸。 3. P.100 台北市目前水位計 123 處，平時 10 分鐘一筆資料回傳，降雨發生則 1 分鐘一筆回傳值。 4. 中港抽水站集水區降雨資訊，係以北政國中雨量站為主要參考站(P.121)。 5. 台北市降雨局部性分佈差異甚大，降雨空間分佈建議納入	1. 感謝委員建議，本研究已於期末報告作修改。(請見期末報告 P.136) 2. 感謝委員建議，本研究已於期末報告作修改。(請見期末報告 P.136) 3. 感謝委員建議，本研究已於期末報告作修改。(請見期末報告 P.137) 4. 感謝委員建議，此部份已於期末報告作修改。(請見期末報告 P.243) 5. 未來將利用空間平均之降雨量作為代表雨量，以進行即時模擬。

水文分析中。	
台中市政府	
審查意見	回覆辦理情形補充說明
污水下水道管線埋設配合各區重劃建設施設，重劃區完成後，後續開發續行(房屋興建其他管線埋設)造成污水下水道管線因其他管控而毀壞，開始進行用戶接管時，原先施設之主幹管、次幹管及分支管網無法銜接再進行 TV 檢測並確定毀壞位置，但維修技術為何?用何種方式達到最快速、最適合完成修理工作。	本研究在過去之研究中，已完成下水道檢測維修之工法及選材等相關研究(詳細資料可參考 94 年~95 年研究報告)，但其於實際運用尚須配合現地狀況進行各項討論，以修正研究模式各項參數，使其更符合實際所需。
暴雨管理應著重實務技術研發，才能達到預期成效。	感謝委員建議，本研究主要著重於新水理模式技術之開發與軟體技術整合，待 USIS 系統開發完成後，將作為技術推廣與教育推廣之用。

高雄縣政府水利處	
審查意見	回覆辦理情形補充說明
1. 表 2.3-6 施工管徑推進長度，基本統計結果是否已考量法規規定最大人孔間距的影響，請釐清。 2. 本府的旗山地區卵礫石的推進案日進量約僅 2~5m，研究單位若有需要，可供參考。影進量影響因子可能包含卵礫石的石英含量及石塊單壓強度等可研討。	1. 本計畫資料皆從已完工歷史標案與進行中標案之施工計畫書、地質鑽探報告與施工(監工)日報中擷取，其已通過主管機關之審核，故已考量過法規規定。 2. 感謝貴單位協助，本計畫將會盡速與貴單位聯繫，尚請提供寶貴資料，供本計畫參考。
建議藉由本計畫之研究一併研	CCTV 檢測目前並未有相關之作業規

訂 CCTV 影像解析度及光線明亮度等作業標準。	定，也因如此，部分檢測維修廠商所使用之 TV 檢視機具其解析度及光線明亮度不一，其拍攝成果即有所差異。而其拍攝成果於自動化管線缺失判釋時，將造成極大之影像，本團隊感同身受。未來，本研究將針對相關 TV 檢測之拍攝作業制定一相關標準，以提昇檢測維修之整體效益。已規劃於 98 年工作項目中進行，可詳見 98 年度工作計畫書。
1. 中港抽水站系統案例模擬，建議與實際降雨記錄及操作結果比對。	感謝委員建議，此部份為模式驗證部份，將於明年度進行，本年度之重點主要在於模擬技術之研發。

水工處中區分處	
審查意見	回覆辦理情形補充說明
1.生產力分析與工作流程再造資料來源，建議擴及 600mm 以上管徑，N 值較大卵礫石(如台中縣)及其他推進工法等。 2.日本比較資料，請補充說明資料來源、樣本數等。 3.生產力影響因子尚包括輔助工法使用(如地質改良)，機具(頭)型式新舊，礫石粒徑及硬度、複合地質等，影響日進量甚鉅，建議考量納入。 4.台中市污水下水道推進，應考量卵礫石 N 值高、含石量高、粒徑大等特性。	1.感謝委員指教。考量到目前工程推案量，本研究目前將以中小管徑推進工程為主要探討對象。且受限於執行人力有限，本研究生產力分析與工作流程再造工作尚無法擴及至大管徑作業。不過已於期末報告前增加小管徑推進工程卵礫石層資料蒐集工作，請參閱期末報告書表 p.28 至 p.33。 2.本研究所提日本資料，皆參考日本下水道相關組織發行之刊物，詳細資料請見期中、期末報告附錄所載之文獻回顧。 3.感謝委員指教。本研究將會針對生產力影響因子進行檢討。 4.感謝委員指教。本研究已於期末報告前增加卵礫石層資料蒐集工作，請參閱期末報告書表 p.28 至 p.33。
徑向基網路整體判釋準確度管	管體崩塌、破損接頭脫開及樹根入侵為

線結構缺失項目，除管體崩塌、破損接頭脫開外，其他項目準確度請補充說明。	下水道管線缺失之主要缺失項目，除此四大缺失外雖有其他各項缺失，但由於其判釋較為複雜，故須輔以人工判釋。未來，本研究將盡力收集其他各項下水道管線缺失影像資料，以期強化本研究所建議之自動化管線缺失診斷系統之判釋能力及判釋缺失之項目。
九期重劃區之污水管線屬預埋性質，尚未用戶接管通水。	目前台中市下水道之主要作業項目為加強家戶接管，且目前其用戶接管之普及率約近 20%。本團隊已拜訪台中市政府了解其未來之下水道相關規劃，並期望透過合作輔導得標廠商，提升台中市下水道檢測維修作業之成效。

附錄九、97 年度期末報告審查意見之回覆辦理情形

回覆時間:97 年 12 月 20 日

謝慧民教授	
審查意見	回覆辦理情形
子題一:污水下水道推進施工技術研發	
1. 本研究為何觀測單位時間，請說明不採用原「短時效率評估法」的 5 分鐘，而採用 3 分鐘(以 5 分鐘為記錄單位較容易)原因。	感謝委員指教。短時效率調查法中，五分鐘所指每一觀測總量度時間不得低於 5 分鐘。而本研究選用 3 分鐘為量測單位，其考量為下水道小管推進工區特性，其工區通常位於鬧區故導致面積狹小，且現地機具密佈，為避免觀測時間過長造成因人員移動而導致調查對象被機具設備等遮蔽而造成無效觀測現象發生機率，本研究因而採用 3 分鐘為一調查單位。
2. P44 圖 2-25 看不懂開始及結束，表示方式太複雜，能否用類似系統分析方式將各功能塊分解出來;專案管理工時計算的流程(如網路圖)EZ STROBSCOPE 是否也是一種專案管理分析工時的相關軟體。	感謝委員指教。本研究將會在期末報告中將推進施工流程以作業系統分類，分解相關作業流程模型，以明確說明下水道推進施工作業流程。 P.43-45 EZ Stroboscope 其可視為一專案作業流程模擬系統，並可找出作業與資源之空閒等待時間，雖有部份功能重疊(如資源分派)，但其仍缺乏找出要徑與作業浮時...等相關功能，故其並非專案管軟體。
3. 網頁式資訊系統使用什麼網路程式設計語言開發及簡單的查詢統計功能何時要做，請補充說明。	感謝委員的指教。整體系統開發環境及系統查詢功能將會於期末成果報告書中第 2.4 節中(P.73、74)加以補充說明。
子題二:污水下水道管線檢測技術研發	
1. 管線缺失診斷系統開發介面，只有擷取結果的黑白影	目前其主要介面乃進行形態分割，其類神經網路介面期望透過獲取更多

像展示，數據轉到類神經網路資料檔未提供，也缺少類神經網路方法推估破壞情形分類的操作介面，建議在 98 年度繼續完成，以利從業人員應用。	影像案例之學習，以強化整體判釋系統，本計畫將朝向此一方面努力以求介面化成果更具實用價值。
2. E-Learning 平台只有提供一些教材文件下載，並沒有教師、學生、管理者等三種不同功能，本建議改為「學習教材資源網站」。	感謝委員的建議。本計畫所建構之學習平台最初以全民學習為基本概念，並未思考較廣之層面及針對不同之學習對象設計不同教材，本團隊已採納委員之意見將此成果名稱改為學習教材資源網站。請詳見第三章，第 134 頁。
子題三:雨水下水道暴雨管理技術研發	
1. SWMM 模式在各時距演算是否有提供預測功能，報告提到 IRES 是自己修改後的功能或是 SWMM 提供，交待清楚 SWMM 在做預測是不是重算，請補充之，並註明所用版本。	SWMM 模式無法提供預測功能，主要是因為無法分段動態輸入雨量，因此如果有新的雨量進入系統則必需重頭計算，IRES 以 SWMM 4.4 版為基礎擴充即時模擬功能，使得動態加入雨量不需重頭演算，確保預測功能之可行性。
2. USIS 之 Web 系統使用 XOOPS 架構(圖 4-36)，請於報告中說明。	感謝委員建議，由於目前 USIS 網站需要會員登入制及討論區等功能，所以使用 XOOPS 架構以架設網站，本團隊也會於期末報告中加以說明，請見成果報告 p.196。
3. 請說明 IRES 未來將透過什麼機制將模擬成果轉給 MySQL 資料庫提供查詢，將來是可以瀏覽網頁方式在伺服器背景執行此程式以即時將成果加入資料庫。	感謝委員建議，資料傳遞機制目前仍在研究規劃中，而未來 IRES 將分為兩部份於線上作業，其一：獨立 IRES 線上模擬，主要使用對象為工程師，介面包含執行模擬、相關模擬參數、時間等設定，當使用者確認執行後，系統會將這些設定傳送至伺服器做運算模擬，再將輸出結果傳回給使用者。另外一部份是作為 USIS 系統之模擬核心，當資料庫接受即時雨量資

	料後，資料庫會將即時雨量傳送至 IRES 作批次模擬(如每小時一次)，然後模擬結果再會傳至資料庫儲存，再由 Web GIS 取出資料，展示模擬結果於空間資訊。
整體計畫	
1. 教育訓練問卷統計建議再加入圓餅圖來表示。	感謝委員建議。已於期末報告教育訓練問卷統計中增加圓餅圖，讓分析統計更清楚顯示其結果。
2. 免費的數位學習平台 MOODLE 可以快速建立所有計畫的成果，建議在 98 年度最後成果的展現。	感謝委員建議。本團隊會評估 MOODLE 數位學習平台的適用性，並研討計畫成果建立於 MOODLE 之可行性。
3. 本案 98 年度後續工作的重點應納入資訊整合、教育訓練、系統轉移及使用手冊等。	感謝委員建議。本研究計劃於 98 年度研究中會多方考量系統移轉或知識傳遞等事項，並撰寫相關使用手冊以供使用者參考，以落實研究成果。

張仁德經理	
審查意見	回覆辦理情形
子題二:污水下水道管線檢測技術研發	
1. 是否能增加缺失通水斷面的影響程度，以了解污水下水道通水功能是否受影響。	有關通水斷面之考量。可透過遙測技術之運用，利用衛星影像配合管線埋設位置圖之套疊或分析，可清楚了解其管線埋設位置周遭之環境特徵，透過環境因素之分析可推估管線破壞可能造成之原因，如：管線位於植被茂密區，其樹根入侵而造成管線破損進而影響通水斷面。本計劃將納入委員建議，以修正未來之研究方向。
2. 有關下水道檢測缺失位置定位是否能結合影像研判，以確保廠商有實際施作。	下水道 CCTV 檢測之影像中大多鑲有相關拍攝文字資訊，可透過文字資訊了解拍攝過程自走車行進之距離及位置，但為避免拿取其他地區拍攝影片替代實際拍攝成果，建議監督單

	位應派員到場監督以防止類似情形發生。
子題三:雨水下水道暴雨管理技術研發	
1. P139 頁固定雨型做為下水道容量設計之用，建議修正為下水道容量檢討之用。	感謝委員建議，本團隊已於期末報告作修改。
2. P141 目前沒有標準的次集水區劃分，只把每個雨量站最接近人孔做為對應的匯流點，似乎難以理解，目前已經有邊溝流向調查，可提供劃定次集水區。	感謝委員寶貴建議，人孔入流量因為難以驗證，目前模擬過程從降雨逕流 RUNOFF 模式接入下水道 EXTRAN 模式執行，RUNOFF 模式輸入檔中已有考量子集水區之劃分，本團隊於後續之研究將依循此方向進行檢討修正。
3. 開發水文氣象資料查詢並沒有包括其他氣象資料，只有水位雨量，建議名稱修正「雨量水位查詢系統」。	感謝委員建議，本團隊已於期末報告中修正。
4. 有關 IRES 的測試，只有 EXTRAN 的部份，未看見有 RUNOFF 部份，因為 RUNOFF 也具有其複雜性，除了水文部分亦包括邊溝水理的部分，請說明中港抽水站系統是否有邊溝資料與是否分段測試過。	IREs 目前的分段動態模擬，可於固定時距加入雨量資訊，在計算時已經先執行 RUNOFF 模式，計算人孔入流歷線，以作為 EXTRAN 模式之入流量，因此目前 IRES 模式已結合 RUNOFF 與 SWMM 模式。
5. 有關於表 4-8 測試時間比較，似乎意義不大，因為 SWMM 所模擬的時間遠比 IRES 來的長，請加強說明 IRES 整合的效率為何?同樣的模擬時間，IRES 增加了讀寫及 RUNOFF 演算時間為多少，是否有加速的可能，如寫到硬碟或是直接寫到記憶體中的差別，可以評估最佳模擬時距。	基本上目前 IRES 的 I/O latency 是非常低的，因為所有的資料都是透過二進位檔存取，並且 RUNOFF 及 EXTRAN 模組的串接都是 in process 完成。

6. 建議多增加實測的例子，因為 RUNOFF 參數相當多，建議配合台北市資料對 RUNOFF 參數一併做檢討，可利用不同的 RAINFALL RUNOFF 模式進行比較。	感謝委員意見，本團隊於後續研究中將利用現有之下水道觀測水位資料即著手 RUNOFF-EXTRAN 整體參數的率定與檢討工作。
7. 思考如何運用台北市降雨之空與 RUNOFF 結合，討論 IRES 如何與即時降雨結合，找到最佳的結合時間與演算時間與接收時間的匹配。	感謝委員意見，由於本團隊所使用之資料庫伺服器為 MySQL Server，所以未來傳遞資料變數等將使用 PHP 程式語言來結合 IRES 作運算，演算時間和接收時間也將在進行系統整合時進行測試。
整體計畫	
1. 本計畫在技術、資訊及教育宣導均有良好的成果。	感謝委員的肯定，本團隊將持續努力。
2. 宜再與工程實務單位及未來可能使用對象，加強溝通，使得本計畫成果發揮最大功能。	感謝委員建議，本團隊將再透過如專家座談或現地訪查等方式加強落實方案。子計畫二與台中市政府下水道科保持密切聯繫，除輔導得標廠商進行下水道修繕計畫之進行，亦與市府下水道科共同討論現有實務迫切解決之問題，以輔助建立各項下水道修繕流程制度及技術。子計畫三也將持續與相關單位及人員進行溝通，以深入了解其對於 USIS 系統之需求。
3. 各計畫所建置或發展出的資料庫，其後續維護管理宜建立一套流程，以供後續資料之更新修正。	感謝委員建議，本團隊目前已有訓練新進成員以管理資料庫，另外本團隊也將參考委員建議，未來也將針對內部作業建立一套流程以管理資料庫。

林金德	
審查意見	回覆辦理情形
子題一:污水下水道推進施工技術研發	
1. 效能指標及開發性指標建議可以檢核表進行案例試填，並	感謝委員的建議，本研究計畫已制定表格進行案例調查，經由分析驗

經分析驗證後進行回饋修訂，以增進其實用性。	證後再回饋修訂檢核表，會持續實施於下年度的開挖性指標分析中，並呈現簡潔明瞭之方式詳細說明，再進一步驗證以達到實用性之目的。
2. 業界對於特殊地質環境條件一般感到困擾，建議加強此方面之技術研發，如卵礫石、岩層、地質變化(軟硬岩交接)及流木等。	感謝委員之提醒，在特殊地質環境條件之技術研發已經列於未來工作項目之一，本年度主要解析單一複合材料卵礫石並持續研發不同地質對應不同開挖機械型態，並在下年度的報告中給予適當之介紹與說明。
3. 建議可建立推進技術之重要因子及參數，考慮推進實務施工影響，並增加實作觀摩之教育訓練。	感謝委員指教，本研究於後續工作中，將會納入考量範圍，適時修正研究方向。另本研究於主辦之研討會與教育訓練課程中，已安排工地參訪課程，期能藉由工程實務參訪，增加學員學習興趣與達到理論與實務整合之目標。
4. 資訊化系統建議實用化，如重要因子參數範圍，判讀方式、查核及預警措施。	感謝委員的建議。本研究計劃會在日後研究中更加考量實用化之部份，並在接下來的研究過程中，加以適時修正方向，使資訊化系統能落實。
子題二:污水下水道管線檢測技術研發	
1. 自動化管線缺失診斷技術建議可以實際案例試行，以利驗證分析及回饋修訂。	本計畫所採用之範例影像為台中市九期重劃區 G 系統之缺失影像，透過形態分割擷取可利用之影像進行類神經網路之訓練，再進行整體 G 系統 291 幅影像之判釋。未來將配合台中市政府下水道科之修繕作業，持續收集相關 CCTV 檢測影像，增進整體自動化判釋系統之學習及判釋能力。
2. 建議由管線材料及其對應容易發生之缺失進行探討，以了解其主要原因，並據以提出具體可行之防範措施。	感謝委員建議。本研究將採納委員所提供之建議，並收集相關文獻資料以作為研究方向之參考。

3. 建議妥善彙整國內外相關資料，並依國情需求建立本土化之技術手冊，提供標準化作業程序，係提昇作業效率。	本研究已於 96 年研究報告中參考國內外相關下水道文獻及法規，制訂一標準化修繕維修架構，其主要作業流程可分為四大工作項目：管線檢視、結構狀況評估、結構狀況分級及維修方案之評選，本研究期望透過標準化程序之建立提升整體檢測維修之效率。此一相關成果可參考 96 年成果報告書。
子題三:雨水下水道暴雨管理技術研發	
1. 即時降雨資料做分散式運算防洪困難性相當高，請說明提供整體可行性分析，並說明可行的話應該具備哪些需求。	感謝委員建議，由於先前許多委員之建議，本團隊已於上年度期末之後修正研究方向，將不會著重於分散式運算架構之研究，而目前先以功能面考量，以基本技術建立起符合功能需求之軟體系統為主。
2. 建議將暴雨管理應行之技術與措施加強宣導，並研究納入規範之可行性，如 CA 值的改變容許值。	感謝委員寶貴建議，本團隊於後續之研究將依循此方向進行修正。
3. USIS 系統目前以台北市為應用區，建議考量到其它縣市也可使用，介面和參數也要考慮，供其它縣市參考。	感謝委員建議，本團隊目前先以資料較為齊全之台北市為研究案例。當系統完成後，將先應用於台北市進行系統測試，而本團隊也會保留 USIS 系統之彈性，以因應其他縣市之應用。
4. 建議 USIS 系統可建立網路平台，以供各界討論交流及操作試用，以供意見回饋，並與實務結合。	感謝委員建議，目前 USIS 系統是建立在 USIS 計劃網站之下，所以也包含了討論區，前期研究成果下載等功能，以提供使用者一個提供及交換意見之網路討論平台。
整體計畫	
1. 建議學術研究之外，可加強與實務之結合，並使研究成果更為具體務實。建議(a)研究方向與產業界結合，可招開與業界之座談會，事先規劃填寫問	感謝委員的建議，本團隊 98 年度將加強與實務之結合，將著重於技術輔導與教育推廣上，並尋求有意願之業界單位進行技術合作與輔導工作。

卷，再作研討分析及歸納。(b)建議經由需求分析後，可由研究團隊自提具體務實之企劃書，經審定後據以執行。	
2. 本計畫子題範圍過大，可考慮單純化，並列出可行之目標，或列出無法達成之項目，讓業主知悉其可行性及推展所需之設備、經費、時程及尚須研發之項目內容。	感謝委員的建議，本團隊會檢視工作內容，並於 98 年度工作計畫書中提出可行之目標，而無法達成之項目將會提出與業主研商。

胡兆康理事長	
審查意見	回覆辦理情形
子題一:污水下水道推進施工技術研發	
1. 推進工程到目前效率不彰，管理上亦有很多不良，希望能加強訓練推動証明制度，才能提高推進工程的效率。 2. 實務訓練要選分受訓對象，政府單位、設計人員、管理人員及施工的人員，因所需的訓練內容均不同，希望能建立各種不同的訓練課程。 3. 要有系統的宣導污水下水道，讓全國人民眾了解什麼是污水下水道及如何使用、維護與管理。	1. 感謝委員指教。本計畫研究內容將會分別從巨觀(管理)與微觀(技術)面分別進行調查與探討。以改善下水道推進效率不彰現象，但人員訓練與認證制度，並不包含於本研究工作範圍，其相關推動措施，仍以營建署相關政策為主。 2. 感謝委員指教。本研究已針對下水道從業人員培訓與認證制度從旁協助營建署舉辦『下水道推進技術士訓練座談會』，並初步規畫下水道人才培訓計畫流程，並實際落實仍以營建署政策為主。 3. 感謝委員建議。本團隊將會就委員意見思考宣傳工作項目，以達到教育目的。

子題二:污水下水道管線檢測技術研發	
1. 檢測的 CCTV 方式無法顯現及落實的事項，有什麼更好的方式來了解小管徑施工成果是優良的。 2. 管線維修技術在台灣污水下水道領域建設才開始全面動，全國普及率才 30% 左右，但最早完成的系統也有 20 幾年了，正要進入維修與更新的週期，因此管線系統之檢測與維修更是要投入本土的技術研發。	由國內外文獻中整合出目前尚有其他檢測技術，如：聲吶系統、透地雷達及紅外線雷射掃瞄系統等。但此相關系統可能須配合特定開發之軟體及硬體，故其成本相對於國內普遍使用之 CCTV 方式差距甚遠。本計畫主要乃期望發展一便宜、簡單並快速之自動化檢測系統，以解決傳統浪費人力及時間之工程缺失。
整體計畫	
本計畫太大，推進機械的研發及產業的轉移實在不必，因推進機具在日本與德國已有很好發展，目前國內全面推動污水下水道，其是施工設備使用維修的技術人員不足，加強地方政府對下水道的設計、施工、維修等及管理教育、講習、參觀及座談等。	感謝委員的建議。推進機之發展在國際上確實已有相當良好之機具，而施工人員之素質與技術則應是國內提升施工速度、品質等重要的因子，本研究計劃在未來將會再進行探討透過如教育講習或座談會等資訊傳遞之方式以落實加強下水道推進等知識。

台北市政府	
審查意見	回覆辦理情形
子題二:污水下水道管線檢測技術研發	
管線檢測驗收有很多盲點，可多收集文獻，建立查核驗收標準。	感謝委員之建議。本研究將持續收集國內外相關文獻並配合輔導縣市政府及施工廠商之作業，找尋現有下水道管線檢驗之各項缺失，並與監驗單位共同思考如何建立各項標準化之檢驗流程，以提昇整體下水道檢測管理品質。

子題三:雨水下水道暴雨管理技術研發	
Kernel 分段可以節省時間，90 秒至 30 秒，節省時間 1 分鐘，也與系統大小有關，SWMM 分段固然節省時間，但讀取和操控之時間和測溝也要考慮評估。	感謝委員意見，關於讀取和操控時間之評估，本團隊將於系統整合完成後，再進行一次系統由接收資料、運算至展示資料所花費之時間測試。
對早期預警(early warning)如何納入雨量，2D 淹水一起考量。	目前之實作已整合降雨逕流與下水道模式，如果要再納入 2D 淹水模式將有其困難點，包含有模式整合之困難性以及即時淹水模擬會比較耗時，對於預警較難以爭取時間，此外，模式驗證也較有困難性。

公共工程組	
審查意見	回覆辦理情形
子題三:雨水下水道暴雨管理技術研發	
研究單位擬開發之都市雨水下水道資訊系統，若要達成暴雨時期下水道即時操作與支援決策功能，勢必要考慮到集水區集流時間過短的問題，以期末報告所模擬之中港抽水站為例，其集流時間為 23 分鐘，由雨量站接收即時訊息並作演算，依內容所示之流程勢必無法達到即時操作與支援決策的功能，請說明。	感謝委員的建議。 1. 都市暴雨模擬分析系統於規劃設計階段時，得知如要達到即時預警功效，有其必須克服之關鍵技術，如即時水理模擬技術、都市水文模式連結技術、即時資料傳輸技術以及決策反應方式等。 2. 於水理演算的角度而言，本團隊所研發之即時水理模擬技術，以目前運算速度確實能提昇模擬運算之效能以爭取反應時間。 3. 雨量站接收即時資料方面，受限於資料傳輸之相關技術，以目前的研究成果，尚沒有實測數據，因此若在資料傳輸效能提升，應有機會達到即時之效用。 4. 對於反應模擬結果之展示方法，尚需考慮到政府對於防洪事件之決策機制流程等，這部份也

	是會影響系統是否可達到即時預警之原因之一。 綜合以上幾點敘述，所以目前系統著重於架構與相關技術之研發，以作為系統之雛型，以利後續研究和作為防洪操作人員教育訓練之用。
整體計畫	
1. 有關國科會建議的績效指標(KPI)，請確實檢討參採並應加強效益(outcome)及產業輔導。另請擇日召開工作會議，討論本計畫 98 年度工作計畫及退場機制。	本團隊將重新檢視及回顧相關工作項目及內容，並落實完成其工作，並已於 97 年 12 月 8 日召開工作會議討論本計畫退場機制與 98 年工作內容。
2. 97 年度意見審查記錄有分被刪減，請將資料補列上，	感謝委員的意見，附錄中 97 期中報告審查遺漏了營建署公共工程組的意見，已補上，並於附錄中增加內部工作會議記錄。

附錄十、97 年度摘要說明書審查意見及回覆辦理情形

	審查意見	回覆意見
委員一	本計畫之主要目標是研發雨水下水道與污水下水道相關技術，政策依據不清楚，但研究成果有其社會效益。	下水道工程技術研發計畫主要是依據政府挑戰 2008 的國家重點發展計畫，為達到提升全國污水下水道的普及率，確實改善人民生活品質。所依據政策為：「促使科技民生應用，強化社會互動發展」之第二點「環境科技與永續發展」及第三點「生活品質與民生科技運用」。而在下水道法第一條中提列，下水道建設依其排水功能，主要區分為：雨水下水道及污水下水道，均為都市健全發展重要公共設施之一。本署基於上述政策及規定，提出四年期的下水道工程整合應用研發計畫——「下水道工程科技發展中程綱要計畫」。本計畫的兩大發展重點分別為「雨水下水道工程科技發展計畫」及「污水下水道工程科技發展計畫」。期利用研發污水下水道與雨水下水道相關技術，減少成本以提升下水道普及率；降低環境污染而提升人民生活品質。
	與公共建設相關研究計畫最重要的成果是「提出解決方案並具體落實」，不是學術論文的產出。就「提出解決方案」部分而言，本計畫的研究內容確實有針對問題提出技術對策，值得肯定；在「具體落實」部分，部分研究內容有辦理技術轉移的活動，但是並沒有落實到公共設施管理部門的規劃，這一部份需	本署規劃以各縣市地區擇一為應用實例，達到落實地方之目的，未來也將持續進行整合雨水下水道模擬及監控平台；污水下水道部分，也將配合政府單位或業界進行開發實作，並持續進行教育推廣。以達成「具體落實」，相關內容將於綱要計畫書中補充說明。

	要在綱要計畫書中補充說明。	
委員二	1.政策目標描述散亂,沒有重點.建議用列舉方式填表.直接敘明政策目標.本計畫為總計畫之第二年,由填表方式看出計畫管理不上軌道,連計畫之精神都沒有抓到,文字可能與去年計畫書相同,真是不用心. 2.本計畫之子計畫"水質災害管理計畫"指定使用 SWMM 模式,有綁標之嫌.計畫僅敘明模式之利用分析,無法直接連結至減輕排放逕流造成水體污染負荷.使用模式應已具備之功能為規格,不得指定套裝商業軟體. 3.錯把相關子計畫內容當作政策目標	1. 本署提出四年期的下水道工程整合應用研發計畫。此計畫執行目標主要包括了雨水下水道與污水下水道兩大部分。 (1)雨水下水道：研發重點在於都市地區暴雨來臨時之水文條件即時模擬與最佳化分析，減低災害之發生，並有效的管理降雨逕流污染，減輕地表水體的水質及生態環境受污染的威脅。 (2)污水下水道：研發重點在於針對既有之污水下水道提出一套更為有效之最佳化操作與監測策略，同時研發更為先進之污水下水道施工法，使得污水下水道之建造成本更為低廉，施工期更為縮短，助於污水下水道普及率之提升。 本計畫為延續型計畫，執行理念與目標實為一貫，年度執行目標與內容將於中綱計畫中說明，並將相關子計畫內容與政策目標區隔，避免混淆。 2. 在減輕水體污染負荷之前提下，首要的難題是建立出一套有效且完整的決策模式，以利有效地掌握截流時機，所截流的高濃度污染水將仰賴處理場作進一步處理。另外，在模式軟體的選擇上，SWMM 為美國環保署(U.S. EPA) 於1969-1971 年所發展之模擬都市地區漫地流及管路系統之水理及水質模式。SWMM 原始碼公開且可自行視應用上之需要而進行修改，因此本署已於 93~95 年採用 SWMM 模式作為雨水下水道

		水理核心，修改 SWMM 模式進行下水道即時操作模擬評估，並與地表淹水模式做初步整合。為了後續對下水道系統水質、水量做統合式管理，本署將發展分散式暴雨管理平台，以都市地區為應用實例而規劃，達到落實地方之目的。但對於委員的提醒，本署深感認同，未來也將避免限制使用單一模式，並盡可能選擇高準確度及廣泛使用的軟體，以方便大多數使用者的操作，完成分散式暴雨平台之建置工作。
	1.政策目標應敘述總目標,總目標描述不具體完整.分項目標及分年目標應與總目標密切聯結,呈現如何達成政策總目標 2.不要使用"台灣地區"一詞 3.似乎都是連續性委辦計畫,應該建立委辦退場機制,執行不良時可以迅速處理,以維護計畫執行品質 4.績效指標都屬產出性(output),應增加效益性(outcome)之指標.部分指標描述流於抽象空洞. 5.此中綱計畫執行方式只會有4 個研究團隊受益,因為政策目標不明確,故知,政府受益不大,也因為學研界沒有機會參與,容易受到綁標批評. 6.科技關聯性之研發屬性不強,偏向應用面.缺乏計畫引導創新性的效果.	1. 本計畫之總目標、年度執行目標與內容之關連將於中綱計畫說明書中明確說明，以期計畫能確實完成分年政策目標，進一步達成總目標。 2. 未來將避免採用"台灣地區"一詞，改以"各縣市"或其餘詞彙代替。 3. 本署除進行教育訓練及技術轉移外，亦加入每年度結案時需由評審委員同意後方可執行下個年度的計畫之機制，避免計畫執行不良情形產生。 4. 本計畫之績效指標，依照國科會制訂之指標內容，衡量計畫執行績效，以達成計畫目標。 5. 本計畫執行內容除研發外，亦包含整合國內外之工法及技術；提昇下水道建造、維修、監測及操作最佳化之工程技術，降低下水道系統所需之興建、營運及維修成本，並降低對環境污染之負荷及人民生命財產的損失。
委員三	符合促使科技民生應用，強化社會互動發展之政策需求。	為符合「促使科技民生應用，強化社會互動發展之政策需求」政策之第二項措施：環境科技與永續發展及第三項措

		施：生活品質與棉生科技運用，本署所提出四年期的「下水道工程科技發展中程綱要計畫」，期利用研發污水下水道與雨水下水道相關技術，以改善都市居住環境衛生，提升生活環境品質，防止水域污染，確保良好水源水質。
	為加速下水道系興建速率，「污水下水道推進工程施工自動化與本土化技術之研發與推廣計畫」的主要目標著重下水道施工自動化技術及改良現行施工技術之研發，期使污水下水道之建造成本更為低廉，施工期更為縮短。	「污水下水道推進工程施工自動化與本土化技術之研發與推廣計畫」的主要目標著重下水道施工自動化技術及改良現行施工技術之研發，將整合作業生產力、工作時間之研究，並導入不確定性的概念，構建一推進工法之排程模式，藉以提升現行下水道之施工流程之績效；期在資源有限的情況下，提升推進工區之總體生產力，將推進資源做最大限度的發揮。

附錄十一、97 年度綱要計畫書評審結果

審議編號:97-0801-02-03-01

中程綱要計畫名稱:下水道工程科技發展中程綱要計畫(2/4)

主管機關:內政部(營建署)

經費(千元):

項 目	申請金額	核定金額
一般計畫	5,645	5,125
優先計畫		
小 計	5,645	5,125

評審意見:

1. 本計畫是配合現在已經在推動的雨水與污水下水道建設計畫，重點就是要提升建置的時程縮短及淹水災害的減少。並擴大建設計畫執行的效果。執行單位既已承諾就執行方式加以調整，本計畫執行產生的加乘效果應可期待。
2. 計畫所使用的數值模擬模式，最重要的是模式的正確性與可靠性，公開領域的模式只是取得方便而已，縱然是驗證比較有依據，但並非所有的使用者都會正確運用，對於所有數值模式，就計畫執行機關的角度而言，必須要求程式的正確性，可以公開驗證，不能接受黑盒子的模式。
3. 主要績效指標(KPI)相關建議事項：
本計畫之目標在於提升污水下水道推動與建置的速率，及減少雨水過度集中造成淹水損失。因此建議之主要績效指標應該是污水下水道建造的速率提升及受到暴雨淹水面積比例或次數的減少、維修成本的降低等。

附錄十二、98 年度摘要說書審查意見及回覆辦理情形

序 號	審 查 意 見	部 會 署 說 明
一	符合全國科學技術會議國家科學技術發展計畫遠景與重要措施第五項促進科技民生應用，主要之重點在進行下水道施工之自動化、機頭開挖效率的研究，並將各項研究成果整合，符合政策需求。	感謝委員之寶貴意見，本研究案將續依審查意見所提示重點研究方向加強辦理，期使各項成果能符合政策實際需求。
二	1.宜納入現代化檢測技術、維修系統、環化科技及施工流程等項目。 2.過去兩年成果宜加強評估其成效，作為今年執行參考。	感謝委員之寶貴意見，未來計畫執行時擬加入過去兩年之成效評估章節，以加強說明；關於現代化檢測技術、維修系統、環化科技及施工流程等項目之使用，將配合計畫研究之需求加入相關應用，並於計畫成果報告書中加強說明。

附錄十三、98 年度綱要計畫書審查意見及回覆辦理情形

審查意見	部會署說明
一、計畫內容是否已對摘要審階段之審查意見作合理回復並反映於計畫書內？	
本計畫之研究範疇為污水下水道部分，主要之重點在進行下水道施工之自動化、機頭開挖效率的研究。然而對於預期成果部分不夠明確，因此似乎未能適切回應摘要審查階段，宜加強評估其成效，作為今年執行參考。	感謝委員之寶貴意見。 1. 污水下水道推進工程施工技術研發部分，預期針對下水道施工之自動化與機頭開挖鑽掘效能之研究進行探討，藉以提高現行施工技術的鑽掘效率，並運用馬可夫鏈建立工程地質分佈機率圖，對下水道施工前及施工後之地層進行預測，以具體掌握推進工段之地質概況，並連結前期研究之生產力資料，以模擬並決定適用的推進工法與作業。 2. 在下水道檢測維修部分，主要係建立一高效率之管線檢測維修流程，透過目前本研究所建立之自動化管線缺失診斷系統及管線缺失維修方案之優選模式，整合建立一高效率之管線檢測維修流程，並擬透過提供縣(市)政府及檢測廠商之技術輔導，評估驗證本研究所建立之管線檢測維修流程執行績效，並藉以修正各項模式參數設定，期更符合實際所需。 3. 研究團隊擬就委員指教事項，依上述規劃原則加強評估成效，期更符合實際所需。
二、評述計畫架構與內容之合理性與可行性	
基本上計畫已涵蓋下水道工程科技之重點工作	

要項，故計畫架構尚稱完整，內容亦具有一定程度之可行性。	
三、本計畫內容如與其他計畫有重複，重複之處為何？修正之建議	
對國內外相關研究之回顧不夠，不足以突顯本計畫之重要性。	感謝委員提供寶貴意見，針對相關研究與文獻回顧加強探討如下： 1. 在污水下水道推進工程施工技術部分，已進一步蒐集、參考及比較國內外與污水下水道相關之研究。 2. 在下水道檢測維修部分，已加強並持續收集國內外下水道檢測維修之研究成果及文獻，考量現有國內維修檢測技術之優劣，並歸納於 97 年度之研究報告書，以促進國內下水道維修檢視作業之發展。 3. 在雨水下水道暴雨管理部分，研究團隊已開始進行雨水下水道暴雨管理相關實務技術和工法，以及雨水管理技術相關文獻蒐集與整理(例如 IWA 研討會文獻)，並將持續進行文蒐與研究回顧。
四、本計畫應與其他計畫作上、中、下游整合或橫向連結之建議	
無	
五、評估本計畫可達成的預期效益與績效，並請說明是否合理	
本計畫績效指標都有加以量化，惟本年度為本計畫最後年度，如何評估是否有達成技術移轉和促成廠商投資，將有其難度。另外技術發展方面之較重要績效指標只有發展	感謝委員提供意見。 (一)有關技術移轉部分說明如下： 1. 雨水下水道資訊系統其終端使用者為地方政府機關，故擬於開發完成後，先以台北市雨水下水道系統之應用為首要目標，現階段並與該府密切合作，取得系統所需相關資料。 2. 污水下水道推進工程施工技術部分，業利用所建立之「高效率推進工法開挖模式」與「現地

兩套軟體，此等產出似不合理。

資料自動化收集及分析與預測系統」，輔導廠商提升施工技術，以達到技術移轉並促成廠商投資。另藉由下水道技術輔導團進行技術推廣，移轉所建立下水道地質預測系統予合作廠商，協助其進行工程規劃與評估之工作。

3. 在下水道檢測維修部分，將規劃相關研發技術移轉予台中市政府，目前已完成台中市下水道系統部分 CCTV 之檢測，並將逐步規劃修繕工程與施工，提供技術輔導其相關修繕作業流程及修繕方案優選等。

(二)有關計畫預期效益之合理性說明如下：

1. 軟體研發部分，雖然雨水下水道暴雨管理實質產出為一個線上即時模擬軟體系統，但系統內部運用之技術卻為研發重點，包括分散式計算、歐盟 Framework 水理模式動態銜接標準 OpenMI 於台灣下水道系統之首次實作及運用、以舊有 SWMM 水理模式為基底研發之新模式核心及新的多行程整合技術等，統合產出為一套軟體。因此這些水理及資訊應用之突破成果較難於現行國科會規定之 KPI 指標內反應出來，將於其他地方加強說明。
2. 在下水道檢測維修部分，利用層級分析模式定出各因子之權重，同時制定評點準則以量化管段之影響因子，最後將效益評點除以成本評點即可求得污水系統之益本比作為維修之排序，其成果提供地方政府在有限的維修經費下，進行適當的維修策略。藉由此流程之確立可大幅提升整體維修檢測效率。另外，利用各種影像處理技術：小波轉換、共生矩陣及紋理特徵描述子運算、形態學影像特徵分割等，並配合類神經電腦網路學習，對 CCTV 影像進行自動化影像缺失判釋之研究。將有效輔助傳統人工判釋影像所造成之人力效率不佳等效益。

六、本計畫若有前期或相關計畫，請評述過去之執行績效，並建議有效評估本計畫之主要績效指標（KPI）

計畫書所述之近三年績效說明，未能顯現具體之經濟效益和技術創新貢獻，本年度尤其應落實計畫書所提到之技術移轉和促成廠商投資。

感謝委員意見，將確實要求落實計畫之績效指標。

1. 台中市 9 期重劃區之下水道系統 G 已完成 CCTV 之檢測，目前正逐步規劃修繕工程，研究團隊規劃將現有之下水道研究成果—維修檢測流程之建立、維修檢測方案優選等技術，輔導修繕廠商進行相關修繕作業，未來將整合輔導成果於報告書中呈現。
2. 雨水下水道暴雨管理部分，計畫所研發之系統也保留許多彈性空間，以期將計畫成果落實應用並技術移轉予更多縣(市)政府，期提升防災防洪功效。
3. 污水下水道推進工程施工技術方面，已自 97 年度開始成立下水道施工技術輔導團進行相關成果推廣與技術移轉。

七、對計畫執行之建議及綜合意見

本計畫涵蓋污水與雨水兩種下水道，污水下水道包含「污水下水道推進工程施工技術研發」和「污水下水道管線檢測維修技術研發」兩項工作，而雨水下水道則在進行「雨水下水道暴雨管理技術」工作。本計畫為第三年度，除「污水下水道推進工程施工技術研發」工作，其餘兩項工作在科技研發方

感謝委員意見，有關研發量方面：

1. 在污水下水道管線檢測維修技術之自動化管線缺失診斷系統，將提升各式影像處理技術，如：小波轉換、特徵萃取、共生矩陣運算及型態特徵萃取等，並配合類神經電腦網路學習，進行一系列的研發作業。
2. 在雨水下水道暴雨管理線上即時模擬軟體系統，將再提高系統內部運用之技術，例如本系統運用(1)新的資訊科技技術，如新式分散式運算技術及多行程整合技術，(2)以標準物件導向軟體工程程序研發，確保軟體品質及彈性。水理模式方面，(1)以舊有 SWMM 水理模式為基底研發之新模式核心及新的多行程整

面的量宜再提高。	合方法，(2) 歐盟 Framework 水理模式動態銜接標準 OpenMI 之實作及運用。
八、評述本計畫資源投入之合理性	
計畫書無法顯現具體產業效益，科技關聯性程度亦不高。與本計畫相關之污水與雨水下水道研究已經很多，本計畫宜突顯科技創新性。	1. 感謝委員提供意見，加強產業效益，污水下水道推進工程施工技術地下管線推進機具研發成果，可改善整體機具施工狀況，進而提升現地施工效率及機具商之開發意願。而自動化資料蒐集研發成果，可改善傳統資料匯整之方式，提供較佳且統一的資料管理模式，進而提升業主、施工或監工單位進行施工會議、驗證或品質檢討時更有效率地獲取資料。 2. 就科技創新性部分，污水下水道推進工程施工技術整合宏觀施工管理層面與微觀開挖互制行為，並配合推進工法資料庫之建立，提供施工廠商得以迅速收集施工效能相關資料，以即時評估施工現地效益。都市暴雨防災預警系統及下水道維修檢測技術發展適合國內環境操作應用，對國內下水道產業之科技創新將有顯著幫助。
可暫緩執行或不執行之項目及建議刪減經費理由說明	
由計畫書審閱可知其餘兩項工作在科技研發方面的量和層次皆不高。	

附錄十四、96 年度「下水道工程推動策略座談會」來

賓意見及回覆辦理情形

於 96 年 11 月 16 日舉辦之「下水道工程推動策略座談會」中，長官及來賓們有相當多精采的討論，以下意見回覆僅針對與計劃相關之部份。

林欽榮署長

發言意見	回覆辦理情形
學術界研究除了理論探討之外，也應重視實務的需求，可多參觀、思考各地方的系統，並將各項研究成果推廣、落實至實務，經由學術研究提供實務上的技術支援。	感謝署長寶貴的意見，團隊將經由研習會、座談會的舉辦，持續推廣研發成果，保持和業界人員的交流，並參考其意見修正計畫研究方向。

陳森淼副處長

發言意見	回覆辦理情形
國內污水下水道推進工法以泥水加壓、土壓平衡以及泥濃式為主，建議透過廠商簡介說明、安排工地現場參觀、辦理污水管線施工技術研討會等方式，使施工廠商對相關技術的優缺點有進一步的認知，並透過技術移轉機制，使實務技術進一步提升。	本團隊將會於後續年度成立下水道工程技術輔導團，其工作內容之一即為輔導下水道施工廠推進工法技術之提昇。

陳肇琪組長

發言意見	回覆辦理情形
感謝各界對於下水道事務的寶貴	感謝組長寶貴意見，團隊遵照辦理，

意見，這些意見對於往後年度的研究內容都將有正面的影響，也請研發團隊能針對各位來賓的意見，思考並修正計畫方向。	並參考各位來賓所提之意見修正計畫方向。

游源順副處長	
發言意見	回覆辦理情形
1. 回應王董事長所提的概念，結合污水下水道與雨水下水道來防洪是很不錯的觀念，但是污水下水道於防洪功能中是在最不得已、最緊急的情況下才會啟用，此肇因於雨水下水道及污水下水道系統於分流上的不同，日前曾有污水下水道成功調節暴雨洪水而降低了積淹損害，但是之後檢視污水下水道系統，多處因排放暴雨雨水而造成多處系統淤積大量泥沙，對該系統造成相當大的傷害，因此污水下水道雖然可以協助防災，但仍應盡量避免。	感謝委員意見，本團隊目前計畫所發展的系統確實也只先考量雨水下水道的問題，暫不將 Combined Sewer Overflow 併入考慮範圍。
2. 雨水下水道暴雨管理近來因氣候變遷，亟極需相關技術解決問題，然而學術研究與實地系統如何連接，為相當複雜的問題，有賴學術單位費心去解決。	感謝寶貴意見，本團隊於未來兩年研究規劃中除考慮系統開發與實務界之結合應用外，亦將考慮氣候變遷帶來之衝擊分析及下水道系統設計因應條件。
3. 除了雨水下水道之外，日本於洪水的預防上，尚有大樓滯洪池，污水下水道協助滯洪，另外興建大型滯洪池等多項技術，學術研究上也可參考這些概念、納入研究之中。	感謝寶貴意見，本團隊將更廣泛地參考國外這部份之研究成果，並朝委員建議之方向進行，但研究之應用方向將仍朝都市水災系統模擬方面思考。
4. 目前營建署內部下水道檢視維	有關於下水道檢測維修部份，本團隊

修技術仍在發展階段，研究團隊相關研究可以考慮以台北市現有系統作為研究地區，多與現地人員、政府單位溝通並提供相關技術，加速檢視維修技術的推廣。	已向台北市衛生下水道工程處請教相關檢測技術，並取得現有檢測維修之相關報告，期望能藉由報告更了解當前各地方單位執行下水道檢測維修所面臨之實務問題，並思考如何加以協助改進。

羅薪又主任	
發言意見	回覆辦理情形
1. 關於技術參考準則部分，目前業界較需要者為施工準則，在規劃、設計、營運方面，目前實務上皆已有相當數量的準則可參考，建議針對施工部分予以加強，解決目前業界迫切需要的問題。關於下水道資料庫的部分，日前營建署已委外建置，網站內容資訊相當良好，可惜近兩年來沒有持續更新，如能持續更新並加上經驗交流的部分，對業界相當有幫助。	本研究團隊已於96年10月24日利用召開專家座談會議之方式，瞭解業界對於下水道工程技術參考準則之需求，並針對業界專家意見修定技術準則內容。並預計將於98年度底完成下水道工程資料庫及知識庫系統，以提供下水道工程經驗累積及交流之平台。
2. 下水道技術輔導團的成立，重點應在協助地方政府訓練相關人力、提供規劃設計審查意見及辦理下水道工程技術士的檢定與訓練等工作。	本團隊已於96年8月10日，協助營建署邀請產、官、學界之人士舉辦『下水道工程技術人員培訓計畫』座談會議，並已協助營建署初步擬定人員培訓計畫架構。
3. 推進施工技術方面，如遇到垃圾回填層等特殊的軟弱地層時，施工效率將因地質而受影響，如有相關方面之研究，對於實務將有相當幫助。	對下水道開挖性部份，本團隊亦邀請台北科技大學陳立憲教授針對本議題進行相關可挖性指標之研擬。

5. 依臺灣營建研究院的調查，95年度台灣推進工程的技術人力仍短缺約 292 人左右，同時推進工程人員之素質也仍須提升，下水道技術人員的訓練有著相當良好的功效及人員產出、提升，建議營建署能持續辦理相關人才的培訓。	本團隊已於 96 年 8 月 10 日，協助營建署邀請產、官、學界之人士舉辦『下水道工程技術人員培訓計畫』座談會議，並已協助營建署初步擬定人員培訓計畫架構。

林金德經理

發言意見	回覆辦理情形
目前國內相關技術研究相當缺乏，若能結合產官學界力量進行研發，應能有相當之成效，建議營建署與研究團隊能持續進行研究，提供國內廠商技術支援。	感謝委員寶貴意見，團隊將持續進行研究，也期望研發成果能落實於實務、對業界有所助益。

李乾德董事長

發言意見	回覆辦理情形
建議政府及研究單位，對於下水道技術的宣導、技術移轉，能夠更密切的舉辦說明會及研習會，這些活動對於下水道工程廠商是有迫切需要的。	感謝委員寶貴意見，計劃於後續年度，將持續舉辦研習會及座談會並邀請各界人員參加活動，除了研習活動本身的教育目的外，也希望透過活動能促進各界人員之間的交流。

王朝源董事長

發言意見	回覆辦理情形
本人專業雖非在雨水下水道部分，但在國外的研究中，污水下水道有具防洪功能的案例，研究團隊在研究時不知是否可考慮國外模式，將雨水下水道、污水下	感謝委員意見，本團隊將會參考。目前計畫所發展的系統將先考量雨水下水道的問題，暫不將 Combined Sewer Overflow 併入考慮範圍。

水道結合，進一步降低暴雨造成之積淹水。	

陳淳錚技術經理	
發言意見	回覆辦理情形
如同幾位先進所提到的，希望能有專職的單位負責營運下水道相關資訊的交流平台，提供各界做為交流的窗口、引介相關專業人員協助解決問題，同時也可累積其中知識，建置知識庫。	本團隊將會於後續年度，成立下水道工程技術輔導團。並於 97 年度建置下水道工程資料庫，以提供技術及經驗累積交流之平台。 同時本計劃將規劃建置 E-Learning 平台。此平台主要功用乃提供相關資訊的查詢、交流、討論等功能，此一平台將有助於下水道工程技術提升。

陳清南協理	
發言意見	回覆辦理情形
1. 新工法、新技術的引進，在尚未掌握技術的效益時，便已面臨支出增加的問題，使業者有相當程度的顧慮，而不敢採用新技術。另因為採購法的限制，政府單位給予的支援不足，讓營造單位在採用新技術時只能自力更生，而採購法又不會因此而修改，因此相關新技術的宣傳及研究報告的發表、推廣對廠商而言更形重要。而國內欠缺相關的管道、單位負責彙整有關資訊，常造成業者求助無門，學術單位有必要擔任相關資訊傳遞者的角色，促進產學研之間的溝通。	本計畫擬成立之「下水道工程技術輔導團」將會扮演著產、官、學界之溝通媒界，提供傳遞業界需求及政府法令、政策之功能。 下水道相關資訊整合部分，本計畫已逐步建構下水道相關 e 化教材，並透過網路平台展示。期望能藉由 e 化教材之建立及資訊更新，達到知識學習、施工成果展示及技術傳承之目的。此外，E-Learning 平台將有效提供下水道相關產業之工程資訊及聯絡方式，並可藉由互動式平台尋求問題解答及建議，將有助於提升下水道工程技術交流。

2. E-Learning 平台對於現地施工的人員而言，恐無太大成效，而施工方法的引進、輔導部分，業界可能有相關技術可供支援，但又怕蒙上圖利廠商之嫌，因此如何將關鍵技術傳遞最底層為相當重要的議題，如這問題有良好的解決辦法，台灣的下水道施工層次可望有進一步的提升。	1.針對此議題，本團隊將會協助營建署規畫技術人員培訓計畫，以達到培育下水道第一線施工人員之目標，藉以提昇下水道工程從業人員之能力。 2.E-Learning 平台不僅僅提供人員學習之用，亦可作為產業與產業及產業與政府間之問題傳達及技術交流之橋樑。下水道相關問題可藉由平台發布，透過線上討論及搜尋適合管道獲得解決問題的方法，此平台將有助於提升下水道工程層次。 3.下水道人員技術之傳遞，除了透過產業界之現地施工訓練，本團隊於本年度亦舉辦兩場「下水道教育研習會」，其主要目的正是期望將現有下水道技術及知識，藉由講述及討論等方式，達成知識學習及技術傳承之目標。本研習會歡迎產業及學術各階層人員參與，未來更期望每年舉辦相關類似活動，以有效推廣下水道技術。
3.國內可考慮較小規模的雷達監測系統，輔助監視天氣狀況，結合下水道模擬系統達到暴雨管理、預防災害的目的，水利署在此方面有一些構想，建議可評估水利署的模式，並與其聯繫做系統上的連結。	根據北市現況，已有旁收的水利署與氣象局之即時監測資料，於系統設計將會優先考慮接收即時雷達雨量向量資料，如 QPESUMS 系統。另外根據本次訪談，北市將有計畫向日本方面購買小規模氣象雷達，將來能提供台北地區較高規模之雷達降雨觀測。

黃建源總經理

發言意見	回覆辦理情形
1. 暴雨管理技術的開發及研究在國外已有相關成果，目前計畫的成就多半在於資料的運算處	感謝寶貴意見，於將來實際應用時將會特別注意資料正確性的檢核工作。目前因為還沒有接收即時觀測資料的

理，然而，對模擬的精確度有重大影響者，為資料的正確性，如沒有精確的數值資料，依該資料模擬的暴雨，其意義就不是那麼高。	模擬系統，因此模擬工作仍以設計參數及設計雨型為主。
2. 有關下水道管網及地面流，在國外已有成熟的商業軟體可以成功模擬，國內也有不錯的成果，但如何與產業實務結合，滿足實務上的需求，是值得探討的問題。	感謝寶貴意見，本團隊將會持續回顧國內外各專業軟體或模擬程式之成果，目前之實際應用仍以開放源碼軟體或自由軟體為主，至於商用軟體，本團隊也將盡量參考其功能性。於系統開發時，也將盡量與實務界結合，目前將根據北高兩市實務訪談結果歸納其於業務上之需求性做為軟體開發之目標。
3. 軟體的開發模式，建議由學術單位、顧問公司、政府單位三方合作，進行一持續性的軟體開發，並持續修正軟體，使軟體功能與實務能結合，最後透過軟體商業化，經由軟體公司維護並不斷納入新的實務需求，使軟體能真正發揮效用，國外方面已有相關的成功案例，請研究團隊參考。	感謝寶貴意見，本團隊將更廣泛地參考國外研究成果，並朝委員建議之方向進行。
4. 預測的通報系統是一個重要的議題，如何與政府單位結合，建議研究團隊考量。	本團隊目前為使系統符合實際應用之需求，並使系統能實際應用至縣市政府，本年度進行北高兩市業務訪談，根據業務實際應用需求架構出本系統開發之目標及功能性，使產品能符合地方性及實用性。

上官兆祥總經理	
發言意見	回覆辦理情形
1. 目前 CCTV 檢視多數依附於	下水道檢測維修工作，未來勢必為一

新設工程建案中，在目前台灣的環境中屬於不太重要的部分，當用戶接管、系統開始運行後，檢修便是相當重要的一部分，此時也才會開始需要 CCTV 檢視技術的使用，建議營建署持續投入相關計畫的研發，以使用戶接管工程完成之後，相關檢修機制也能同時啟用，並針對台灣的情況進行調整、最佳化。	重要課題，期望政府機關及營建署能及早規劃相關檢測維修機制，以利未來下水道維修管理之工作能順利進行。
2. 管線維修施工準則、規範目前並未針對各種不同情形而訂，然而實際上每個區域、工法所需要的準則皆不同，希望能增加此部份之相關準則以供參考。	本計劃未來將規劃調查、收集國內外相關檢測維修資訊，提供比較各項工法所適用之情形及準則規範，以期能對檢測維修技術有所助益。
3. 在管線的損壞檢修部分，有時管線損壞在早期便已發現，理應使用補強手段、灌注等工法做初步維修，但有時受限於採購法，使得維修與損壞檢視兩件事情不能合併，建議能修正此部份之修復準則、增加檢修效率。	下水道檢視及維修兩部份，未來期望透過溝通及協調，以達到檢測及維修工作能相輔相成之適用合約。

附錄十五、96 年度『下水道推進工程技術』座談會記 錄

時間：民國九十六年十月二十四日下午三點三十分

地點：國立台灣科技大學工程二館 E2-222 會議室

主持人：呂守陞 教授

謝佑明 教授

陳立憲 教授

與會人員：

展崧營造公司 黃鴻基 先生

勝揚營造公司 張永宜 先生

台灣世曦工程顧問股份有限公司 官良民 先生

扶裕有限公司 楊曹枝 先生

仁泉營造股份有限公司 郭民俊 先生

鉅工實業股份有限公司 陳清南 先生

建豐工程公司 陳鵬舟 先生

會議記錄：

1. 現行業界對於推進長度的定義不清，但長度為推進工法技術選擇之考量，所以建議可以在準則中加以定義推進長度，以助業界分類長短管推進。
2. 在編撰準則時，曲線推進其標準誤差規範值應與直線推進有所區隔。
3. 日進量與地質條件與推進工班素質有關，建議準則中可以對此加以說明。
4. 下水道推進較一般土建工程較為特殊，施工資料記錄建議可以以

管為單位。

5. 技術研發部份，可以將特殊地質與機械面之選擇列入研究範圍。
6. 建議準則中可加入地調報告及地盤改良之方式，供從業人員參考。
7. 對於於卵礫石下推進之工程，建議可以利用此次研究計畫宣導埋入式接環，其效能較好。
8. 滑材之控制為影響推進工程成敗極重要之因素，於準則中可對滑材加以著墨。
9. 卵礫石層對於機具之磨耗較大，希望在研發可挖性時，能針對卵礫石層多加留意。
10. 發進前止水設施、地盤改良範圍及地調方式及方法應納入準則內容中。
11. 下水道推進工班人數及成本費用精算項目可考慮納入準則中。
12. 現行市面下水道推進管管材種類眾多，建議可將管材適應、用產納入。
13. 台灣目前與日本施工日進量差異大，建議可做資料蒐集工作，建構自己的生產力參考表。
14. 長、短距離推進目前施工業界易混淆，可以加以定義長、短管推進。
15. 工作井之種類及適用產可加以介紹。
16. 現行台灣地工建築、建築設計及其它地下構造物之建設復衽，應結合各單位進行地下構造物之統計。
17. 水文理理論及管線遷移問題可納入可挖性研究中。
18. 現行台灣下水道工程多以小管徑推進為主，所以相關技術研發應以中小管徑為主。
19. 不同地層對應之機械選擇為可研究之方向。
20. 施工日報表之分析站立點可將其分為 1)統計觀點、2)實質觀點，以幫助研究。

附件十六、都市淹水與雨水下水道暴雨管理技術專家 座談會紀錄

時間：97 年 7 月 25 日下午 2:00~4:30

地點：台灣大學水工試驗所 204 會議室

參加人員：

營 建 署：吳科長冰、趙編審啟宏、林昆賢工務員

地方政府：台北縣政府水利局李局長戎威、台南市政府公共工程處
吳處長宗榮

業 界：台灣世曦工程顧問有限公司張經理仁德、亞新工程顧問
股份有限公司林經理金德、美商傑明工程顧問公司黃總
經理建源、美商傑明工程顧問公司黃協理靖修、美商傑
明工程顧問公司林技師金龍、中央營建技術顧問研究社
郭經理東晃

學 界：台灣大學土木系李教授天浩、台灣大學水工試驗所賴博
士進松

研究團隊：台灣大學土木系謝教授尚賢、中原大學土木系林教授旭
信

記錄：陳怡如、蔡文雄

發言摘要：

李教授天浩

1. 根據本人協助十河局和水利署建立洪水預報系統的經驗，認為此計畫未來若要做到發展「淹水潛勢即時預報系統」則工作量非常大。建議營建署建立此計畫明確的目標，清楚定義是在某些預報技術上點的突破，或是要發展作業化的即時預報系統。若是後者，目前的人力和經費規模都遠遠不足。
2. 若要發展都市淹水潛勢即時預報系統，還須整合納入很多相關技術，可能包括：(1)因為都市集水區面積小、反應快，若擬採用黑盒模式的方式建立降雨—逕流模式或參數，降雨的時空解析度和準確度的要求均極高；相對而言，現有雷達觀測系統資料不確定性很高。(2)都市逕流量測數據極有限，在降雨不確定性高和迴水影響下，利用不確定降雨和不確定流量導出的黑盒逕流模式，推估流量的不確定性高。(3)不確定性高的預報模擬，模擬值和真實值往往不相同，除了應納入降雨、逕流的不確定性和資料不確定性概念外，預報模式還須具備「資料同化」功能。(4)都市淹水模擬是個「資料密集」、「演算必須快速」的工作，發展「淹水潛勢即時預報模式與系統」需要做很多模式和資料的簡化及參數化。
3. 洪水預報系統需使用大量電腦，但因為不常使用，所以採租用電腦計算、儲存資源的方式。針對此目標，水利署的分散式洪水預報系統採用的三層式架構，第一層為展示層，第二層為中介層，第三層是計算和儲存資源。中介層的主要功能是取得、儲存和供應資料，將演算工作自動化送交可擴充的、遠端租用電腦資源演算，以減少硬體資源的投資與維護，所以中介層將發揮其功用，此點可供計畫團隊參考。
4. 即時預報系統需要大量的人力與經費，應促成各相關單位一起來投資研發，將各單位之需求納入系統，可使系統彈性更大，以便

系統應用得更廣泛。

張經理仁德

1. 模式發展之目的和效益為何？是作為評估還是規劃設計之用？
2. 需考慮模式有何限制？以免讓大眾以為一按就有結果，所以有何限制之說明是很重要的。
3. 如將 USIS 系統鎖在 SWMM 之下，是否真能達到即時預警功能，或是說明這樣做有什麼優點呢？
4. 隱性和顯性法數值分析方法需做正確的選用。
5. S4 使用目的要明確，要教導使用者正確使用模式，使其模式可被充分了解使用。
6. 發展 USIS 的前提為，水文水理的引擎及現地資料要成熟及完整，才能提供決策者較正確之研判。
7. 即時預報模擬，除雨量預測外，亦可考量水位監測資料的加入。
8. 國外 XP-SWMM，Sobake 等均有商業利益維持後續的服務及推廣，且需有較大的團隊以支援。
9. 可將 USIS 系統與營建署雨水下水道資料庫結合。

黃總經理建源

1. 雨水下水道水質模擬是否為未來發展的重點？如果是，如何結合非點源水質模式(non-point source water Quality model)？
2. 系統要克服之瓶頸包括實際管線埋設所需克服的問題，例如，有沒有考慮到兩個或多個抽水站系統重力連接管之模擬，雨水下水道內部之結構、淤損、掛有有線電視電纜...等，要能克服，才談得到模擬之正確性。
3. 即時模擬概念上，構想非常好，但是否能快速收斂？因為，即時雨型為上游進入雨水下水道之邊界條件，河川即時水位為下游邊界條件，兩者皆為即時資料，故中間之演算如何達到正確且快速收斂？
4. 是否未來考慮軟體系統之商業化？建議不要只當研究性工具。如

果有，建議與工程單位或工程顧問公司合作，類似 Wallingford Software 公司之經驗，從實務應用結果，修改校正與驗證模式。

5. 本公司有 MWH soft，有一個軟體叫 InfoSewer(使用 SWMM)其開發經驗值得分享。
6. 氣象預測要配合工程改善，才能把積淹水次數與面積當 KPI，建議以應用到實務次數當 KPI。

賴博士進松

1. 經由模式可建議縣市政府於易淹水區域多作些防洪工程，以減少淹水所造成之災害，並可以此回應國科會之意見。
2. 希望能在實務上有運用及使用的機會。可利用幾個案例以進行實測應用上的效率或成效比例分析。
3. 與資料庫連結及即時模擬技術的整合十分重要，目前程式本身可即時進行演算，已有初步基礎。
4. USIS 若是都市雨水下水道資訊系統，則當務之應用在防洪預警時，則需考慮即時雨量的預報分析、即時傳輸、演算或展示，因此 USIS 應考慮其時效上的呈現。
5. 規劃之系統應可受到肯定，但希望能有較充裕的人力與經費，因此，其目標得明確，以確定 USIS 發展之目的。
6. 目前淹水(特別是都市淹水)的效益評估是否由內政部主管？若不是，則是否與地方政府或水利署討論其分工，則效益評估才有其權責區分的分界。
7. 建議在修訂目標後，能持續研發推動本計劃。

黃協理靖修

1. 建議界定 S4 開發之目的，是作為 SWMM 之模擬介面，或是給使用模式者一個整合介面(如 PC-SWMM)，或是以最佳化模組為重點？建議以提供本土使用為主。
2. 展示、輸入、校正模組之考量開發，對於使用者而言，可考慮容易使用的介面，如一開始只使用 SWMM 格式為輸入檔，可否有更

容易設定輸入檔以使用此系統？free software 較易推廣。

3. 以台大或本系統團隊做為教育訓練推廣之支援。
4. 設定 USIS 要整合之軟體，規劃完整資料庫，避免日後需修改。
5. 考量結合二維淹水模式，河川排水之模式，另納入水質模擬之考量。
6. KPI 可考量以 S4 軟體應用在實務專案數量或專業人員使用數或機關使用數。

郭經理東晃

1. 發展目標定位為政府發展的免費軟體，並讓輸入介面更人性化，使政府承辦工程師亦能應用。
2. 執行合約時最困難點在於「驗證」。而最後「驗證」也是系統開發很重要的一環。建議可使用實際資料以作驗證，並建議政府建立全省重要下水道系統(含抽水站)之水位流量監測系統，以便模式之驗證使用。
3. 需投入更多經費建立基本資料並納入 GIS 系統以提高未來預警模式之準確性。
4. 作為預警系統可以水利署所研發之洪水預報系統為參考。
5. 實際推廣需有長期經費投入及經驗累積。
6. 可利用本模式和其他二維模式之結合來模擬淹水範圍。

林技師金龍

1. 模式要有用、好用(參數方便調整，容易上手)、耐用(認證)。
2. 辦理座談會，邀請產官學界代表，以推廣 S4。並爭取國際組織(FEMA，USEPA...)或國內相關單位(水利署，營建署...)之認證。
3. 開發 S4 自動校正(Calibration)之功能
4. USIS 系統可增加不同格式之資料輸出。
5. 試著連接現場已佈設流量計、水位計等監測資料庫並比較即時模擬成果以作為預測基準。
6. USIS 系統之部份網路分級分享已滿足不同需求之分層管理，另外

可參考 Wallingford Software 的 InfoNet。

7. USIS 系統需克服問題：(1)模式預測之準確性。(2)龐大資料傳輸及允許多方同時擷取資料之情形。
8. 淹水效益之評估主要採可量化(有形)及無形效益分類。有形：直接影響人命、財產等損失。無形：人民觀感、認知。
9. 建議採損失金額之方式評估淹水之效益。
10. 多舉辦 S4 及 USIS 之教育訓練。
11. 可朝向建立一套以台灣為起始對象之系統，進而推廣亞洲、亞太區、世界使用。

林昆賢工務員

1. 可針對暴雨雨型進行探討。
2. 在作預警與決策支援時，即時模擬需作極端水文事件之模擬。
3. 需考慮淹水模式才可達到真正的暴雨管理。
4. 淹水時，溢出水體的走向，模式應考慮如何處理。

李局長戎威

1. 系統定位很重要：規劃設計(可作到)→預測(尚可作到)→預報(很難作到，要克服時間緊迫之問題。)
2. 資料需完整以率定參數。
3. 可發展一套抽水站操作模式，例如：抽水機有十台，如有一套模式可告知操作人員，何時開第一台，幾小時後開第二台...等，可讓操作人員預先預熱機具與預先準備。
4. 案例分析很重要，才可說服別人。
5. 需注意模式的適用範圍，需注意山區之雨水。
6. 北縣目前已有淡水河之預報模式(外水預測模式)，但欠缺市區裡各大排之預測模式(內水預測模式)，將來如果可以將外水的預報系統增加內水的預報系統，將對都市的災害防治上有所幫助。

吳處長宗榮

1. 治水問題之建議，如要治本需考量整體區域，且需多方面互相配

合，不單是水利單位單方面治水，應結合都市發展單位及地政單位，嚴格且有效規劃控管土地開發利用，如此一來不但可達到治水功效，亦可抑制都市過度開發造成地表逕流量過大無法即時排水至下水道系統而導致淹水。

2. 利用氣象預報資料、即時觀測降雨量及歷年來相關氣象資料比對模擬預報降雨量，並訂出各區域所能承受之降雨強度，以作為防災預警參考。
3. 分析淹水模擬時應將洪峰流量和潮汐間關係之影響納入考量。
4. 分析淹水潛勢應該將都市計劃使用分區(公園、廣場、綠地、住宅、學校)納入考量。
5. 模擬分析降雨強度時，如超出設計標準，應加以分析出淹水區域之水位、需調度移動式抽水機數量及抽水時間。

林金德經理

1. 依模式本身目前發展而言，S4 適用於雨水下水道模擬評估，應有其利益，但是以即時性降雨資訊並將分散式運算而達到預警或防洪之功能，恐怕在模式本身，即時監測之正確性(技術)以及人力，設備，成本上應有相當之困難。
2. USIS 應可結合 GIS 及相關淹水模式(二維模式)，以提昇其功能，並且擴展至網路服務，若要達到即時模擬，防洪預警之功能，除了技術本身知問題需克服外(如監測資訊之正確性)，人力，設備，成本與操作之問題均必須能解決。
3. USIS 若是定位在即時預警防洪之目標時，基本上與現況需求尚有相當之距離。例如監測資訊的正確性及都市化資料複雜特性不易克服，無法提供決策支援所需的預測洪泛面積與深度，以及相關排洪之時序變化程度。
4. 關於 USIS 推廣可行性和必需克服之困難，建議確定以下之一：A. 雨水下水道之模擬評估(可加上淹水模擬評估)或 B. 即時暴雨管理及防洪預警。如果採 A 較可能達到，可結合 GIS，淹水模擬模式

及網路技術服務；採 B 相當困難，即時性監測資料之正確性以及提供維護是關鍵問題。

5. 都市(區域)開發之 C 值應加以重視，應將 CA 值的改變量容許值納入法令或規範，可參考比照容積律、建蔽率等相當之觀念。
6. 都市維生機制之教育及實務推廣，如透水性、保水性區域(措施)應可結合地下滯洪池及水資源儲存池(依照水質狀況，設於都市綠地或公園等區域)。

吳科長冰

1. 根據各位學者專家大多數的意見，暴雨管理要做到即時預報，依本計畫的預算規模及人力規劃均不足，其預期效益不易達到國科會對本計畫 KPI 有關實際應用面效益提升的建議，如淹水面積或次數減少等具體指標。
2. 建議針對國科會意見，研擬具體作法在工作會議提出討論。
3. 本計畫有關人才培訓、教育訓練等宜加強與學校及地方政府合作推動以提升效益。

附件十七、97 年度『下水道推進工程研發專家座談會』

會議記錄

時間：民國九十七年十二月一日下午一點三十分至下午四點三十分

地點：台灣科技大學營建工程系 E2-221 會議室

主持人： 台灣科技大學 呂守陞 教授

台灣科技大學 謝佑明 教授

台北科技大學 陳立憲 教授

業界代表：一字工程有限公司 尹進來 先生

台北榮民技術勞務中心 江志雄 先生

柏郁工程有限公司 汪玉崑 先生

建豐工程有限公司 陳鵬舟 先生

翔益營造有限公司 龔書譚 先生

鉅工實有股份有限公司 陳清南 先生

裕豐工程有限公司 邱德圳 先生

記錄：劉紀明、楊喆巽

發言摘要：

陳清南 先生：

1. 下水道推進工程施作流程，會因各廠商甚至各工班之管理模式及工作人員觀念而異，故各工作班間會有差異存在，故建議研究應找出適合所有工班工作改造方案。

2. 下水道推進工班工作模式，受到工地領班影響甚鉅，其對工作的認知與管理技術，皆會影響到下水道推進工班施工效率。
3. 推進機具切削盤，理論上開口率愈大其進度會愈佳，但開口率仍應以螺旋軸比例為考量，不宜過大。
4. 一盤來說，單刀鋒切削力大於雙刀鋒，因其力量集中於單一刀頭。但近年來已研製出加強雙刀鋒，以雙軸設計，增加雙刀頭切削力。
5. 研製切削刀盤時應廣泛考量其它影響刀盤效能之因素，例如作泥材之材料、比例等等。
6. 於複合土層施工時，作泥材可以提供很好的幫助，但目前台灣地區仍沒有一有效的系統與公式，完成僅能憑藉著經驗與日本廠商建議，所以如有可能，於進行刀頭模擬時，能將作泥材納入考量。
7. 台灣目前施工資料已相當充足，不需依賴外國施工相關資料，故如往後需資料蒐集，建議可以國內資料為主。
8. 下水道推進資料庫內容，建議可以比照勞檢所事故資料庫累積資料方式，進行推進資料累積動作。

江志雄 先生：

1. 作業流程再造工作，需達到何種效果或效能，才能夠吸引廠商注意，研究單位應思考，以達到產學合一目標。
2. 研究成果如日後移轉予以廠商，該如何評估實施效果，以瞭解是否符合業界需求，將會是影響日後推廣與宣導及廠商接受度之主因，研究單位應提出相關評估方案。

邱德圳 先生：

1. 推進工法有許多工法、機具廠牌與管徑，建議應以不同機具、管徑做區隔，不僅僅是以工法做為分類。
2. 推進施工中，相關行政公辦程序、居民抗爭是影響工程進度之最大主因，應將相關資料、資訊納入研究範圍。

3. 推進相關法令中，有許多制度對推進業者不合理，應加強整合推進業者反應。
4. 現行日本地區有重工、建築機械出租，台灣地區是否可行，以降低廠商自有機具比重，減輕成本負擔。

陳鵬舟 先生：

1. 就流程再造工作而言，操作手其工作因技術性較高，造成取代性不足外，其它工作項目工種是可以互相取代。但工作效率是高低其主因仍是工班管理模式與作業人員工作觀念。
2. 日系推進施工方式與歐式不同，台灣地區推進施工技術與流程較接近日系流程。
3. 目前切削刀盤之配置應為依據經驗而成，學理基礎較為不足。
4. 單刀、雙刀與三刀切削方式其差異為何，應明確說明。
5. 地下工程於進行時，不論是採用何種工法，如潛盾、推進等，作泥材皆對其工程進行有很重要的幫助，所以建議進行機具與土壤互制行為研究時，應將其納入考量範圍。
6. 推進工程其技術門檻較高，其技術傳承現行是以口正相承為主，故常有遺漏，建議應以學術單位為主軸，進行相關技術成員訓練，避免造成技術人員斷層或不足現象。
7. 推進工程量大量釋出，但相關廠商如管材供應商是否有能力配合，將會是造成工程推進效率之影響因素。

尹進來 先生：

1. 目前位於新店之工區，其地層差異極大，導致機頭推進困難，常發生推進障礙，造成機頭倒拉或開井取出，增加施工成本。
2. 現行推進工程，常常會發生推進工作、開井..等工作分開發包現象，此會造成介面協調困難，造成工程展延。
3. 為避免上述現象發生，可採用類似統包制度，廠商成立開井工作

班、推進工作班與收底工作班，避免介面協調不清，並有效掌握資源。

4. 現行推進施工常有推進米計價方式，但此方式有可能造成工班以法規下限為目標，進行推進，造成推進效率下降產生弊端。

龔書譚 先生：

1. 在進行機頭掘削研究時，理論破壞力可否換算成扭力、推力，以便推進機具廠商做為機具採購之依據。
2. 2 維與 3 維切削刀盤，其切削刀鋒配置相當重要，將會影響日後推進進度甚鉅。
3. 推進工程相關行政程序對於推進工程進行順利與否佔相當重要的成份，建議資料庫可將其納為保存案例。
4. 日本相關協會已有積算資料，或許可提供給予資料庫架構新思維。

汪玉崑 先生：

1. 現行台灣卵礫石之分類不甚明確，故對卵礫土層定義爭議很大，此會造成日進量訂定之爭議。
應明確定出卵礫石之定義，以免造成日進量訂定爭議，並提供給予推進廠商機頭選擇之依據。

附件十八、下水道工程技術研發計畫工作會議紀錄(1)

一、時間：97 年 10 月 27 日 上午 10 點

二、地點：國立台灣大學土木系 318b 會議室

三、主席：謝尚賢計畫主持人

紀錄：陳怡如

四、出席人員：謝尚賢教授、楊明德教授、謝佑明教授、林旭信教授、
吳冰科長、趙啟宏編審。

五、結論事項：

1、各子計畫重要結論如次：

子計畫一：

(1)下水道知識庫網頁請與總計畫網頁連結，知識庫網頁風格請參考總計畫網頁。

(2)98 年重點工作應加強在成立技術輔導團。

子計畫二：

(1)報告中可加強形態分割說明，簡報中未顯示計畫成果判釋的成功率，應修改以顯示計畫成果。

(2)cctv 操作步驟可加強說明。

(3)98 年應將對相關單位之技術輔導列為工作重點。

子計畫三：

(1)期末簡報中技術說明可減少，另請加強說明如何協助地方政府辦理防災部份。

(2)USIS 是否應有一些情境模擬，在應用與技術輔導方面可加強。子計畫三的研究定位應釐清，不宜僅定位在軟體開發，除報告中應予說明，並請加強應用推廣部分。另可考量將軟體做為學術教材，並以政府機關或公司單位應用次數做為 KPI 指標。

(3)98 年應將對相關單位之技術輔導列為工作重點。

2、97 年度成果發表會預定於 11 月 20 日(星期四)上午 9 點至 12 點於高雄蓮潭國際會館辦理，請各子計畫準備 40 分鐘的簡報。

3、各子計畫 98 年度後續工作重點及工作計畫書，請加強技術輔導部份。

4、各子計畫應回顧所有審查意見，檢視回覆辦理情形如何。

9、請各子計畫就 97 年期中報告意見審查回覆做一補充說明，由總計畫統一擬定格式，再由各子計畫說明。

10、期末報告與 98 年度工作計畫書請於 10 月 29 日中午前修正寄送給總計畫匯整，需較多時間修正部份，請於 11 月 5 日修正完畢寄送。

六、臨時動議：

七、散會：同日上午 12:30

附件十九、下水道工程技術研發計畫工作會議紀錄(2)

一、時間：97 年 12 月 8 日 上午 10 點

二、地點：國立台灣大學土木系 318a 會議室

三、主席：謝尚賢計畫主持人

紀錄：陳怡如

四、出席人員：謝尚賢教授、楊明德教授、謝佑明教授、林旭信教授、呂守陞教授、陳彥璋教授、吳冰科長、趙啟宏編審。

五、結論事項：

子計畫一：

1. 應加強效益(outcome)，如成本減少或工作時程縮短等。
2. 加強產業輔導，並應以具體 KPI 指標修正 98 年工作計畫書。

子計畫二：

1. 本部分的使用者為政府單位、顧問公司及營造業，如何在不同的需求面，提供研發成果，落實應用為前提目標。
2. 應兼顧本案邀標書所列工作項目，並加強科技關聯性。

子計畫三：

1. 國科會建議之 KPI 請切實檢討參採，並正面回應。
2. 本案邀標書所規定工作項目必須納入 98 年工作計畫書內，並以其為核心範圍，不宜另立目標，以免計畫落空。
3. 本部分似有人力不足現象，目標設定應與營建署密切聯繫，並應注意契約相關規定，以利成果驗收。
4. 有關 97 年教戰手冊，陳彥章教授所提架構同意辦理，並請陳彥章教授積極參與本計畫 98 年度之規劃，以加強執行成效。

(二)各子計畫 kpi 中主要有技術創新、經濟效益、社會影響三大項，建議技術創新中績效指標應按各子計畫分為三大項，並列出各子計畫的技術研發項目，再於預期成果中說明。例如子計畫一有流程改造、刀頭模擬分析..等技術，子計畫二有影像檢測與品

質檢測技術…等，子計畫三有即時模擬的技術…等。

(三)98 年計畫工作項目，應與邀標書中所提的工作項目一致，服務建議書與邀標書如有衝突，以邀標書為主。

(四)各子計畫之 97 年工作成果報告及 98 年工作計畫書請於 16 日前送交彙整單位，以利彙整後於本(12)月 20 日送營建署。

六、臨時動議：

七、散會：同日上午 12:30