

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

防洪示範區淹水境況擬與決策支援系統之研究 (一)

A Study on Drainage Ability and Flood-damage Mitigation Measures for
Tainan Science-Based Industrial Park (I)

計畫編號：NSC 89-2625-Z-002-057

執行期限：89年8月1日至90年7月31日

計畫主持人：許銘熙 國立台灣大學農業工程學系

計畫參與人員：陳欣怡 國立台灣大學農業工程學系

計畫參與人員：陳宣宏 國立台灣大學農業工程學系

中文摘要

本研究計畫屬於「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究(一)」整合型計畫之子計畫二「台南科學園區排水能力及洪災防治措施之研究」，主要在模擬水流在排水系統流動及其溢流所造成地表淹水的影響。模式中將降雨所形成的地表水先流入雨水下水道系統，若有人孔溢流，則與二維漫地流模式結合，進行地表淹水演算，並考慮滯洪池對於排水能力的影響。

在排水系統模式方面，利用美國環境保護署之暴雨經理模式，以模擬排水系統中水流之流況以及發生溢流點的流量歷線。二維漫地流模式主要利用二維零慣性波理論，以有限差分法求解地表之淹水深及流速。滯洪池模式是求解水文連續方程式，採用雙出流口型式，建立滯洪演算程序，以獲得滯洪池之出流歷線。

關鍵詞：雨水下水道系統，滯洪池，排水系統淹水模式。

Abstract

The main purpose of this study is to investigate surface inundation with the consideration of water surcharges from drainage systems. Moreover, detention pond

model is taken into account to analyze the flooding areas for various return periods of flood.

Storm Water Management Model (SWMM) is employed to solve the storm sewer flow component and to provide the surcharged flow hydrographs for surface runoff exceeding the capacity of the storm sewers. The 2-D diffusive overland-flow model considering the non-inertia equation with alternative direction explicit numerical scheme is then used to calculate the inundation zones and depths due to the surcharged water on overland surface. Detention pond model deals with outlet work of rectangular orifices and weirs used for solving hydraulic equations to provide the outflow hydrographs of the detention ponds. In order to present better performance of the results, geographic information system (GIS) is employed to display simulated results.

Keywords : Storm sewer system, Detention pond, Inundation model.

一、前言

1-1 研究背景與目的

本計畫之研究區域為台南科學工業園區，位於台南市東北方約12公里之新市鄉三舍村與豐華村及善化鎮南部，原為台灣糖廠轄下之善化農場與道爺農場，其核心面積約638公頃。依行政院國家科學委員會初期規劃全區就業人數為77,000人，居

住人口 5,400 人。園區內預計設置「微電子精密儀器」、「半導體」及「農業生物技術」等三個專業區，引進積體電路、電腦及週邊設備、通訊、光電、精密機械與生物技術等六大產業。目前園區內許多基本設施已陸續完工，多家高科技廠商亦已完成設廠並開始生產，未來為台灣重要高科技工業園區，亦為台灣重要的維生線之一，重要性由此可見。然而由於園區之地勢較為低窪，若干自然排水路由於坡度平緩、泥砂淤積、通水斷面積不足，故排洪成效不彰，水患經常發生。如此高密度發展、高科技、高產能之工業園區，一旦完工上線生產後再有水患發生，勢將造成國家經濟嚴重影響。為能確保上述各項工程及高密度發展之科學園區計劃免受水患之威脅，本研究主要目的，即在進行園區內部排洪能力及洪災防治措施之研究。

1-2 過去相關研究

Chang 等將一維河川變量流動力波模式與二維零慣性波漫地流淹水模式結合演算，配合地理資訊系統資料庫，應用於台灣高鐵車站，作為車站設計洪水位計算之依據。Hsu 等結合 SWMM 都市雨水下水道模式及二維零慣性波漫地流淹水模式的演算模式，並考慮抽水站的操作，以探討都會區地表淹水模擬及抽水站操作狀況對研究範圍淹水的影響。

二、資料之蒐集與彙整

2-1 台南科學園區之區域特性

台南科學園區位於台南市東北方約 12 公里之新市鄉三舍村與豐華村及善化鎮南部，屬於嘉南平原中央地帶，地形相當平坦。地勢從東向西高程由 7.0 公尺~3.0 公尺斜降，因此灌排水路大多由東向西流，最後分別流入其所屬之集水分區。

2-2 台南科學園區之排水系統

2-2-1 流域與排水路

台南科學工業園區現有排水系統分別流入大洲排水路及鹽水溪排水路及安順寮

排水路中，最後均排入鹽水溪。

園區北側即為安順寮排水路、中央部分為鹽水溪排水路、東南側則流入大洲排水路。其中大洲排水路及新市排水路於園區南側匯入鹽水溪，而鹽水溪排水系統則於台南市安南區之四草內海併入鹽水溪後出海。

2-2-2 排水設施

園區內的排水工程主要包含兩水下水道排水管線、四個滯洪池及抽水站。排水設計保護基準幹線採重現期 25 年之洪峰流量，支線及路邊蒐集系統截流設施採重現期 10 年之洪峰流量，滯洪池設計容量採重現期 50 年之一日暴雨入流量，而其設計出口流量則是採重現期 10 年之洪峰流量。

在本研究中將南科園區劃分為 A、B、C、D 等四個集水區，A 集水區流入滯洪池 A，再流入鹽水溪排水路，B 集水區流入滯洪池 B，再流入鹽水溪排水路，C 集水區流入滯洪池 C，再流入安順寮排水路，D 集水區流入滯洪池 D，再流入大洲排水路。

2-3 蒐集資料之彙整

資料之整理與輸入包括(1)兩型資料(2)地形資料(3)整地及土地利用資料(4)雨水下水道系統資料(5)滯洪池資料(6)抽水站資料。

三、模式比較

3-1 MOUSE 模式

MOUSE 模式能夠涵蓋迴水影響、抽水站抽水、調洪池蓄水溢流、水工結構物、下水道合流及分流現象、滿管、人孔溢流等均能處理。但是 MOUSE 模式僅能得到溢流入孔的逕流歷線以及由體積-水深率定曲線得到一概念性的淹水深度，無法再進一步求得詳細的淹水面積及深度。

3-2 FLO-2D 模式

FLO-2D 模式不但能夠計算緩坡、陡坡以及溢堤的洪水演算，更能夠逐時的展示演算的結果，能隨時知道演算地區的淹

水情況，但是此模式沒有考慮雨水下水道系統的影響。

3-3 都會區淹水模式

3-3-1 暴雨經理模式 (SWMM)

經由 SWMM 可以得到溢流入孔點的逕流歷線，但是無法得到詳細的淹水區域及淹水深度。因此，若能將 SWMM 與二維漫地流模式結合則可以解決前述問題。

3-3-2 二維漫地流模式

對於一般之漫地流而言，變量流方程式中加速項之大小級次 (order of magnitude) 通常遠小於重力項或摩擦項。假設洪水歷線上升平緩，且忽略科氏力、風力及加速項之影響，則地表漫地流況可用二維零慣性模式予以描述。

在本研究中先利用 SWMM 計算雨水下水道系統的水流狀況，溢流入孔的流量成為二維漫地流模式的輸入值，同時逐時演算滯洪池模式，最後得到地表的淹水深度及滯洪池的出流量。此排水淹水模式結合了雨水下水道系統模式及二維漫地流模式，模式中將降雨所形成的地表水先流入雨水下水道系統，若有人孔溢流，則與二維漫地流模式結合，進行地表淹水演算，並考慮抽水站、截流設施及滯洪池對於排洪能力的影響。

3-4 模式比較

由上述幾個模式的介紹可知，唯有都會區淹水模式能同時考慮雨水下水道系統及地表漫地流的情況，並且將抽水站、滯洪池等截流設施一併考量，因此可將之用於台南科學園區排洪能力的模擬。

四、模式之驗證與應用

4-1 模式之驗證

由於目前台南科學區的排水系統尚在施工中，因此也無適當的驗證事件。但本研究中所使用的排水系統淹水模式曾經應用在台北都會區淹水區域預測之研究中，是以民國 87 年 10 月 15 日所發生的瑞伯颱風作為驗證事件。

比較上述之颱風事件調查積水範圍與模式計算淹水範圍可知，本研究所建立之排水系統淹水模式可提供作為具有下水道系統地區淹水計算之用。

4-2 暴雨排水之動態模擬

如上述本研究已完成暴雨經理模式、二維漫地流模式與滯洪池模式的銜接，因此將應用於重現期 25 年、50 年及 100 年的設計降雨事件，以瞭解南科園區暴雨排水的情況。

台南科學園區在整地過後地表高程均較園區外圍高，故本研究在模擬過程中假設園區外圍的水並不會流入園區內，各排水路僅是經過園區，並不會對園區內造成影響。

以下針對 100 年重現期降雨的模擬結果作一詳細討論。

南科園區內排水幹線及支線的設計重現期分別為 25 及 10 年，在 100 年重現期降雨下，造成溢流入孔個數有 129 個，其中，A 集水區的水道排水管線溢流個數有 22 個，1 個位在排水幹線上；B 集水區有 85 個，4 個位在排水幹線上；C 集水區有 20 個，4 個位在排水幹線上；D 集水區有 2 個溢流入孔。淹水之區域有漸漸往南科西邊移動的趨勢，在滯洪池 A 的北邊明顯有一大片淹水情形發生。園區內淹水深度高於 0.5 公尺的淹水面積約有 0.92 公頃，高於 0.15 公尺之面積有 40 公頃。

滯洪池在承受重現期 100 年的降雨時，累積的水量接近滿池的狀態，無溢流情形發生，但是出口最大出流量 39.64 cms 超過下游容許排洪量 18.6 cms，這是因為出口堰的寬度很大，水深一超過堰底，馬上經由堰而排出，以致於出口最大出流量超過下游容許排洪量；在第 10.75 小時以前，是以下方的孔口出流，第 10.75 小時以後，水深達 5.3 公尺時，孔口及堰同時出流，第 13.5 小時以後，水深降低，則是以孔口出流。在 24 小時內，總入流體積為 $581,400 m^3$ ，總出流體積為 $392,600 m^3$ ；洪峰消滅 $\Delta Q = 50.27$ cms，洪峰稽延 $\Delta t = 1$ 小時。滯洪池 D 的水深達到 2.7 公尺時，啟動 2 部抽水機，容量為 10 cms，停抽水深為 2.5 公尺；當水深達到 2.95 公尺時，再啟動 1 部抽水機，容量總共為 15 cms，停抽水深為 2.7 公尺；當水深達到 3.2 公尺時，再啟動 1 部抽水機，容量總共為 20 cms，停抽水深為 2.95 公尺。水深在第 9.5

小時達到 2.7 公尺，抽水機以 10 cms 的容量開始運作，到第 10.2 小時，啟動第 3 部抽水機，以 15 cms 的容量進行抽水，到第 10.5 小時，啟動第 4 部抽水機，以 20 cms 的容量進行抽水，在尖峰時刻以 20 cms 共保作了 0.8 個小時。在 24 小時內，總入流體積為 $306,900 m^3$ ，總出流體積為 $235,800 m^3$ 。

五、結論與後續研究

5-1 結論

1. 本研究蒐集洪災防治先進國家的淹水模式相關研究成果，以及國內實際應用之淹水模式，經過比較評比之後，決定採用都會區淹水模式。
2. 本文主要在模擬排水系統的操作對於地表淹水的影響。降雨所形成的地表水先進入雨水下水道系統，若有人孔溢流，則與二維漫地流模式結合，進行地表淹水演算，並將滯洪池及抽水站對於排洪能力的影響納入考量。
3. 本研究採用暴雨經理模式 SWMM、二維漫地流模式及滯洪池演算模式進行探討，並將之銜接起來應用於台南科學園區，分別進行重現期 25 年、50 年及 100 年三種重現期降雨量之演算，以獲得園區內暴雨排水之動態模擬。
4. 由研究結果顯示，在不同重現期的降雨下，淹水的範圍及深度都有隨重現期之增加而擴大，淹水區域由南科園區的東邊逐漸擴大至西邊，由北邊逐漸擴大至南邊。
5. 就園區內的排水設施而言，雨水下水道系統排水幹線上的人孔溢流情況較為輕微，並不會造成大範圍的溢流；滯洪池能夠蓄留住大部分的洪水，以確保下游地區不會因南科園區開發而所增加的逕流量造成影響。
6. 本研究在進行暴雨排水之模擬時，採用地理資訊系統 (GIS)，精確處理模式所需的各項輸入資料，以確保資料之正確性。並將結果也以地理資訊系統展示，使其易於瞭解。

參考文獻

1. Chang, T. J. Hsu, M. H. Teng, W. S. and Huang, C. J. (2000) "A GIS-Assisted Distribution Watershed Model for Simulation Flood and Inundation", Journal of the American Water Resources Association, Vol. 36, No. 5, 975-988.
2. Hsu, M. H. Chen, S. H. and Chang, T. J. (2000) "Inundation Simulation for Urban Drainage Basin with Storm Sewer System", Journal of Hydrology, Vol. 234, No. 1-2, 21-37.
3. 許銘熙、鄧慰先、黃成甲(1996)。「嘉義地區逕流及淹水模式之研究(四)」，台灣省水利局。
4. 許銘熙、鄧慰先、盧重任、黃成甲、葉森海(1998)。「抽水站與閘門操作對都會區淹水影響之研究(一)」，行政院國科會，台北市。
5. 顏清連、許銘熙、陳祖憲、賴進松(1986)。「淡水河系洪水演算模式(四)堤防潰決洪流模式之建立」，行政院國科會，防災科技研究報告 75-19，台北市。
6. 顏清連等(1989)。「台北都會區大眾捷運系統防洪排水設計之研究」，國立台灣大學水工試驗所研究報告第 100 號，台北市。
7. 行政院國科會(1998)。「台南科學工業園區排水防洪綱要計畫」。

摘要

本研究計畫屬於「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究(一)」整合型計畫之子計畫二「台南科學園區排洪能力及洪災防治措施之研究」，此計畫主要在模擬水流在排水系統流動及其溢流所造成地表淹水的影響。模式中將降雨所形成的地表水先流入雨水下水道系統，若有人孔溢流，則與二維漫地流模式結合，進行地表淹水演算，並考慮滯洪池對於排洪能力的影響。

本文以台南科學工業園區為研究對象，根據園區內特殊之水文、地文狀況以及排水系統及滯洪池的水流特性，建立排水及淹水模式，進行不同重現期降雨之淹水模擬。模式中包括排水系統演算、地表漫地流演算及滯洪池演算等三部分。

在排水系統模式方面，利用美國環境保護署之暴雨經理模式，以模擬排水系統中水流之流況以及發生溢流點的流量歷線。二維漫地流模式主要利用二維零慣性波理論，以有限差分法求解地表之淹水深及流速。滯洪池模式是求解水文連續方程式，採用雙出口型式，建立滯洪演算程序，以獲得滯洪池之出流歷線。在資料處理方面，本文使用 ARC/INFO 地理資訊系統，處理雨水下水道與淹水模式所需之各項資料，以合理呈現模擬區域的結果。

關鍵詞：雨水下水道系統，漫地流，滯洪池，地理資訊系統，排水系統淹水模式。

ABSTRACT

The main purpose of this study is to investigate surface inundation with the consideration of water surcharges from drainage systems. Moreover, detention pond model is taken into account to analyze the flooding areas for various return periods of flood.

Based on hydrologic and topographic conditions and hydraulic characteristics of storm systems, an inundation model was developed and applied in the Tainan Science-Based Industrial Park. The inundation model, which combines two-dimensional overland model, detention pond simulation model and storm sewer systems model, is developed to simulate the surcharge-induced inundation in the Park.

Storm Water Management Model (SWMM) is employed to solve the storm sewer flow component and to provide the surcharged flow hydrographs for surface runoff exceeding the capacity of the storm sewers. The 2-D diffusive overland-flow model considering the non-inertia equation with alternative direction explicit numerical scheme is then used to calculate the inundation zones and depths due to the surcharged water on overland surface. Detention pond model deals with outlet work of rectangular orifices and weirs used for solving hydraulic equations to provide the outflow hydrographs of the detention ponds. In order to better performance quality of the results, geographic information system (GIS) is employed to display simulated results.

Keywords : Storm sewer system, Overland flow, Detention pond, Geographic information system, Inundation model.

目 錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
目錄.....	III
圖錄.....	VI
表錄.....	VIII
第一章 前言.....	1
1-1 研究背景與目的.....	1
1-2 過去相關研究.....	2
第二章 資料之蒐集與彙整.....	5
2-1 台南科學園區之區域特性.....	5
2-1-1 地形狀態.....	5
2-1-2 氣候.....	5
2-1-3 地質.....	5
2-2 台南科學園區之排水系統.....	5
2-2-1 流域與排水路.....	5
2-2-2 排水設施.....	6
2-3 蒐集資料之彙整.....	7
2-3-1 雨型資料.....	7
2-3-2 地形資料.....	7
2-3-3 整地及土地利用資料.....	7
2-3-4 雨水下水道系統資料.....	8
2-3-5 滯洪池資料.....	8

2-3-6 抽水站資料.....	9
第三章 模式比較.....	10
3-1 MOUSE 模式.....	10
3-1-1 地表逕流.....	10
3-1-2 幹線輸水.....	11
3-1-3 模式適用範圍.....	11
3-2 FLO-2D 模式.....	12
3-2-1 模式簡介.....	12
3-2-2 模式適用範圍.....	13
3-3 都會區淹水模式.....	13
3-3-1 暴雨經理模式.....	13
3-3-2 二維漫地流模式.....	15
3-3-3 滯洪池演算模式.....	17
3-3-4 模式之演算流程.....	20
3-3-5 模式適用範圍.....	20
3-4 模式比較.....	21
第四章 模式之驗證與應用.....	22
4-1 模式之驗證.....	22
4-1-1 民國 77 年 8 月 14 日之暴雨事件.....	22
4-1-2 都會區淹水模式之驗證.....	22
4-2 暴雨排水之動態模擬.....	23
4-2-1 二十五年重現期降雨.....	23
4-2-2 五十年重現期降雨.....	25
4-2-3 一百年重現期降雨.....	26

4-2-4 綜合比較.....	27
第五章 結論與後續研究.....	28
5-1 結論.....	28
5-2 後續研究.....	28
參考文獻.....	29
附圖.....	34
附表.....	65

圖 錄

圖 2-1 台南科學工業園區地理位置	34
圖 2-2 台南科學工業園區鄰近排水系統分佈	34
圖 2-3 台南科學園區排水系統關連	35
圖 2-4 台南科學園區排水設施佈置	36
圖 2-5 各重現期設計降雨組體圖	37
圖 2-6 南科園區整地後高程	38
圖 2-7 南科園區土地利用情形	39
圖 2-8 台南科學工業園區滯洪池 B 之設計平面	40
圖 2-9 台南科學工業園區滯洪池 D 之設計平面	41
圖 3-1 SWMM 地表逕流流程	42
圖 3-2 入流量小於管線容量	43
圖 3-3 入流量大於管線容量	43
圖 3-4 SWMM 幹線輸水流程	44
圖 3-5 滯洪池入流示意圖	45
圖 3-6 邊界演算流程	46
圖 3-7 滯洪池出流口示意圖	47
圖 3-8 整體演算流程	48
圖 4-1 民國 77 年 8 月 14 日暴雨事件降雨組體圖	49
圖 4-2 民國 77 年 8 月 14 日受災浸水區域調查範圍	49
圖 4-3 民國 77 年 8 月 14 日模擬淹水結果	50
圖 4-4 瑞伯颱風台北市中央區調查積水範圍	51
圖 4-5 瑞伯颱風台北市中央區模擬積水範圍	52

圖 4-6 重現期 25 年降雨之溢流人孔	53
圖 4-7 重現期 25 年降雨之最大淹水深度	54
圖 4-8 重現期 25 年降雨之滯洪池 B 歷線.....	55
圖 4-9 重現期 25 年降雨之滯洪池 D 歷線	56
圖 4-10 重現期 50 年降雨之溢流人孔	57
圖 4-11 重現期 50 年降雨之最大淹水深度	58
圖 4-12 重現期 50 年降雨之滯洪池 B 歷線.....	59
圖 4-13 重現期 50 年降雨之滯洪池 D 歷線	60
圖 4-14 重現期 100 年降雨之溢流人孔	61
圖 4-15 重現期 100 年降雨之最大淹水深度	62
圖 4-16 重現期 100 年降雨之滯洪池 B 歷線.....	63
圖 4-17 重現期 100 年降雨之滯洪池 D 歷線	64

表 錄

表 2-1 南科園區各集水分區資料	65
表 2-2 南科園區不同重現期設計雨型總降雨量及尖峰小時降雨強度	65
表 2-3 南科園區整地後高程	65
表 2-4 南科園區內各種土地利用所佔面積比例	66
表 2-5 南科園區排水系統設計標準	67
表 2-6 南科園區滯洪池基本資料表	67
表 2-7 南科園區滯洪池設計數據資料表	68
表 2-8 抽水機基本資料表	68
表 4-1 淹水比較表	69
表 4-2 滯洪池 B 的滯洪特性比較表	69

第一章 前言

1-1 研究背景與目的

本計畫之研究區域為台南科學工業園區，位於台南市東北方約 12 公里之新市鄉三舍村與豐華村及善化鎮南部，原為台灣糖廠轄下之善化農場與道爺農場，其核心面積約 638 公頃。依行政院國家科學委員會初期規劃全區就業人數為 77,000 人，居住人口 5,400 人。園區內預計設置「微電子精密儀器」、「半導體」及「農業生物技術」等三個專業區，引進積體電路、電腦及週邊設備、通訊、光電、精密機械與生物技術等六大產業。目前園區內許多基本設施已陸續完工，多家高科技廠商亦已完成設廠並開始生產，未來為台灣重要高科技工業園區，亦為台灣重要的維生線之一，重要性由此可見。

台南科學園區之地勢較為低窪，若干自然排水路由於坡度平緩、泥砂淤積及通水斷面積不足等因素，故排洪成效不彰，水患經常發生。對於高密度發展、高科技、高產能之工業園區而言，一旦各項廠房建設完工，開始從事生產後發生水患，勢將對國家經濟造成嚴重影響。為避免上述情形發生，須針對園區內部排水設施之排洪能力進行分析，擬定洪災防治措施，將水患造成之衝擊降至最低。

園區內的排水系統分別流入鹽水溪及其排水路中。地形約由東北向西南傾斜，地勢東、北、西三面較高，中間較為低窪，形成一天然窪地。在南科園區開發後，地盤填高，原先可承納洪水之地區大幅縮減，因此在園區內設置有雨水下水道排水系統、滯洪池、抽水站及截流設施等，以加強園區內的排洪能力。本研究即是以台南科學工業園區為研究對象，針對兩

水下水道系統、地表淹水及滯洪池之水理特性，建立一排水及淹水演算模式，模擬當暴雨事件發生時，排水系統的運作及地表淹水情形。

1-2 過去相關研究

本文內容主要分成雨水下水道模式、二維漫地流淹水模式及滯洪池演算模式三部分。在雨水下水道方面，Yen 與 Akan^[27]對於各種下水道演算模式做一回顧。Lager 與 Smith^[20]，Marsalek et al.^[21]，與 Huber^[11]將下水道模式應用幾個不同都市區狀況，並比較模擬值與觀測值的差異，指出暴雨經理模式（Storm Water Management Model，簡稱 SWMM）可得到較佳的結果且提供了溢流人孔點的逕流歷線。SWMM 模式主要依據變量流理論，以一維連續方程式與動力波理論為基礎，依水流流程之特性，將模式分成地表逕流與排水幹管輸水兩部份。在國內方面，顏氏^[36]等曾成功將 SWMM 運用在台北都會區大眾捷運系統防洪排水設計上。

在二維漫地流模式方面，主要的控制方程式為動力波方程式。國外方面，Preissmann 與 Cunge^[6]曾將洪氾區依地形與地貌畫分網格，配合所發展之理想渠道、堰等概念模式，再利用一維水流理論求解各網格中心之淹水深度，並將此模式應用於湄公河三角洲低窪之洪氾平原。後來 Vongvisessomjai^[25]亦將此模式應用在曼谷地區，但此種概念模式需要較完整之水文站網與長期之記錄，方可檢定其參數值。另 Balloffet^[4]，Xanthopoulos^[26]，Katopodes^[17,18]曾建立二維數值模式以模擬潰壩後河川或洪氾平原區水流之流況等。Aknbi 及 Katopodes^[3]在初始無水陸地的洪水傳遞，利用有限元素法求解水流前進線及淹水深。Gustafsson^[8]利用交替方向隱式法解淺水波問題，並探討臨前狀況為無水陸地之流況。Inoue^[15]等利用 stagger scheme 模擬二維洪水波傳遞動態。Garcia^[7]等發展 MacCormack

scheme 應用於二維 St. Venant equation，並模擬突擴性斷面水流產生環場流 (circulation) 之情形。在國內方面，顏氏^[35]等對二維非慣性波方程式做各種數值模式的比較，包括了簡單顯示法 (simply explicit scheme，簡稱 SES)，交替方向隱示法 (alternating direction implicit scheme，簡稱 ADI)，連續鬆弛法 (linear successive over-relaxation scheme，簡稱 SOR)，交替方向顯示法 (alternating direction explicit scheme，簡稱 ADE)。文中指出，ADE 方法具有較短的執行時間。楊氏^[28]等曾利用有限元素法探討流域漫地流水理特性。吳氏^[29]建立二維漫地流淹水模式應用於八掌溪流域，以模擬其淹水情況。許氏^[30]等將二維核胞淹水模式應用於嘉義地區，並完成流域逕流及淹水之模擬，以及將二維核胞淹水模式應用於八掌溪北岸進行淹水模擬，並初步考慮一維河川水流對地表淹水之影響，並成功的銜接一維變量流模式及核胞淹水模式，以模擬八掌溪流域之淹水情況。另外，許氏^[31]等結合一維河川變量流動力波模式與二維零慣性漫地流淹水模式，將考慮水流在地表漫地流出口與河川匯流情況及抽水站與閘門操作等之交互作用，同時可計算河川洪水及地表淹水之情況。

在滯洪池演算模式方面，滯洪池出口一般主要可分為孔口流及堰流的出口形式。在堰流的研究上，Kindsvater 與 Carter^[19]根據試驗結果以及因次分析描述堰流的特徵。Kandaswamy 與 Rouse^[16]從試驗結果得知，流量係數 C_d 是堰上有效水頭與堰高比值 (H/W) 的函數，其中， H 為堰上之水頭， W 為堰高。Rajaratnam 與 Muralidhar^[22,23]由試驗結果繪得堰上水流的壓力及速度分佈，接著利用二維動量方程式及試驗數據推導自由跌水的流況特性。Hager^[9]利用動量及能量方程式推導出自由跌水的尾水深比值。Henderson^[10]則特別對 $10 < H/W < 20$ 的堰流問題進行討論。由前人研究得知，堰流的 C_d 值與 H/W (or W/H) 關係是依據水面剖線、壓力及速度分佈

的實驗值，再配合半經驗理論公式，將預測的結果與試驗值作比較。在孔口流的研究方面，Akan^[1]提出一半圖解法，可設計在某重現期距下具有上、下兩出水口（上方為堰，下方為孔口）的滯洪池。Akan^[2]再提出單一出水口之半圖解法，其出水口可以是堰或者孔口出流。有關流量係數方面，Strelkoff^[24]以堰流理論為分析依據，探討水流通過矩形堰口之流量公式，並提出流量係數之經驗式。陳氏等^[32]對於圓形孔口排洪效應做一探討，流量係數會隨相對水頭之增加而有遞減之情況。黃氏^[34]以射流理論為依據，配合水槽試驗結果，提出單孔流量係數，流量係數會隨相對水頭之增加而有遞減之情況。

Chang 等^[5]將一維河川變量流動力波模式與二維零慣性波漫地流淹水模式結合演算，配合地理資訊系統資料庫，應用於台灣高鐵車站，作為車站設計洪水位計算之依據。Hsu 等^[13]結合 SWMM 都市雨水下水道模式及二維零慣性波漫地流淹水模式的演算模式，並考慮抽水站的操作，以探討都會區地表淹水模擬及抽水站操作狀況對研究範圍淹水的影響。

第二章 資料之蒐集與彙整

2-1 台南科學園區之區域特性

2-1-1 地形狀態

台南科學園區位於台南市東北方約 12 公里之新市鄉三舍村與豐華村及善化鎮南部，屬於嘉南平原中央地帶，地形相當平坦，地理位置圖如圖 2-1。地表高程從東北 7.0 公尺斜降至西南 3.0 公尺，因此灌排水路大多由東向西流，最後分別流入其所屬之集水分區。

2-1-2 氣候

台南科學園區位於鹽水河流域，流域歷年平均降雨量約為 1644.4 公釐，降雨主要集中在 5~9 月，佔全年雨量 87.1%，其中 5 月佔 11.9%，6 月佔 19%，7 月佔 19.3%，8 月佔 24.8%，9 月佔 12.1%。

2-1-3 地質

台南科學園區位在台灣西南部，屬於嘉南平原之範圍，地質構造屬現代沖基層。區內之土壤大部分均屬第四紀砂岩與頁岩分解沖積而成，為粉砂、黏土、砂及壤土構成，厚度約 16 至 30 公尺。

2-2 台南科學園區之排水系統

2-2-1 流域與排水路

台南科學工業園區現有排水系統分別流入大洲排水路及鹽水溪排水路及安順寮排水路中，最後均排入鹽水溪。

大洲排水幹線長度 9.5 公里，流域面積 3413 公頃，南科開發面積佔 128 公頃，位於流域中、下游之低窪地帶。大洲排水流域地盤高介於 3.5 公尺至

22 公尺，平均坡降約 1/500，流域中、上游為四方形，下游較為狹長，排水路右岸堤防為大洲與鹽水溪排水之分界，排水路左岸地盤較低，為此排水最易淹水之地區。

鹽水溪排水幹線長度 19 公里，流域面積 11445 公頃，南科開發面積佔 489 公頃，位於流域上游之較高處。鹽水溪排水屬於感朝河段，趕潮範圍長達 17.3 公里，流域形狀為長條形，中、上游地盤高介於 1.5 公尺至 13 公尺之間，地勢平緩，平均坡度僅 1/2000。

安順寮排水為鹽水溪排水支流，長度為 10 公里，流域面積為 2090 公頃。安順寮排水以冬至南科園區開發邊緣以西地盤最為低窪，為此排水流域常淹水之地區。

園區北側即為安順寮排水路、中央部分為鹽水溪排水路、東南側則流入大洲排水路。其中大洲排水路及新市排水路於園區南側匯入鹽水溪，而鹽水溪排水系統則於台南市安南區之四草內海併入鹽水溪後出海。南科園區鄰近排水系統分佈如圖 2-2 及圖 2-3。

2-2-2 排水設施

園區內的排水設施主要包含雨水下水道排水管線、四座滯洪池及一座抽水站。排水設計保護基準幹線採重現期 25 年之洪峰流量，支線及路邊蒐集系統截流設施採重現期 10 年之洪峰流量，滯洪池設計容量採重現期 50 年之一日暴雨入流量，而其設計出口流量則是採重現期 10 年之洪峰流量。

南科園區的排水設施佈置圖如圖 2-4，本研究依據區內之下水道及滯洪池系統，將園區劃分為 A、B、C、D 等四個集水區，其分別所屬之排水分區及集水面積如表 2-1 所示。

2-3 蒐集資料之彙整

2-3-1 雨型資料

依據交替區塊法(Alternating Block Method)及頻率分析(Frequency Analysis)，分別推算重現期 25 年、50 年及 100 年之設計雨型^[37]，如表 2-2 所示，其 24 小時總降雨量分別為 404 mm、434 mm 及 550 mm，尖峰小時降雨強度則分為 183 mm/hr、198 mm/hr 及 250 mm/hr。降雨組體圖則如圖 2-5。

2-3-2 地形資料

地形高程及土地利用資料係採用中華顧問工程司所提供之資料。本文採用小格網之數值模擬，同時考慮地形之幾何與屬性資料，包括台南科學園區地形圖、河川流域圖、區域排水系統調查圖、雨水下水道系統圖等，引用地理資訊系統 (Geographic Information System，簡稱 GIS) 之技術，建立地理資料庫。在地理資料庫中，建立 20 公尺×20 公尺之數值網格資料。

2-3-3 整地及土地利用資料

在南科園區整地之前，鹽水溪排水路上游及新市鄉附近為一廣大低窪平地，高程約在 3~4.5 公尺之間，而園區東側大洲排水線以東地勢稍高，約在 5.0~7.0 公尺之間，大洲排水在園區東側或南北定向，南側下游附近高程在 4.0~5.5 公尺之間，園區北側地勢則較為均勻，高程約在 5.5~6.5 公尺之間，整體而言，園區地勢除東側地區外大致平坦，並無顯著之落差。在整地之後，園區西北側臨安順寮排水線附近佈設滯洪池 C，周圍整地高程約為 6.0 公尺，由此向東北方向以 0.1~0.2%坡度逐漸填高至邊界約為 7.0 公尺。園區西側佈設面積約 15 公頃之滯洪池 B，附近整地高程約 5.5 公尺，由此向東側以約 0.1~0.2%漸昇填土至邊界及鄰大洲排水，高程約在 6.5

公尺。大洲排水路以東地區，整地填土高約為 8.5~9.0 公尺。園區東南側佈設一處滯洪池 D，附近整地高程約為 6.0 ~6.5 公尺。整地之高程如表 2-3 及圖 2-6。

由於不同的土地利用型態會有不同的曼寧 n 值，因此本文根據中華顧問工程司於現場調查的結果，將網格劃分為工業用地、綠地、道路及住宅區等，並依照其利用型態來決定其曼寧 n 值。各土地利用所佔面積及百分比如表 2-4 及圖 2-7。

2-3-4 雨水下水道系統資料

台南科學園區內各項排水系統之設計標準如表 2-5，其中排水幹線設計基準採重現期 25 年之洪峰流量，總長度約為 15,839 m，箱涵人孔數 337 個，支線採重現期 10 年之洪峰流量為設計標準，總長度約為 9,209 m，箱涵人孔數 211 個。台南科學園區雨水下水道排水系統人孔位置如圖 2-4。

2-3-5 滯洪池資料

園區內設有四個滯洪池，以攔蓄洪水降低洪峰流量及延後洪水到達下游的時間。滯洪池排水路係以側渠溢洪道 (side-channel) 之設計方式，於滯洪池邊設置一洩洪排水路 (參見圖 2-8)，使超出側渠高程之流量流入滯洪池中以確保其出流量不高於下游容許排洪量。圖 2-8 為滯洪池 B 平面示意圖，西邊為一鋸齒型溢洪道，作為緊急洩洪之用。

滯洪池的容量是以 50 年重現期距降雨條件為設計依據，其設計標準及相關數據如表 2-6 及 2-7 所示。滯洪池 A 之面積為 5.0 公頃，調洪容量 $133,600 m^3$ ，排水面積為 94.47 公頃，在防汛期間，滯洪池的水深保持在低水位以下 (即孔口箱涵底高)，水位為 1.2 公尺，水由洩洪排水路經北五間厝小排匯入鹽水溪排水路；滯洪池 B 之面積為 15 公頃，調洪容量

439,400 m^3 ，排水面積為 287.56 公頃，在防汛期間，滯洪池的水位為 1.2 公尺，水由洩洪排水路經北五間厝中排匯入鹽水溪排水路；滯洪池 C 之面積為 5.0 公頃，調洪容量 169,100 m^3 ，排水面積為 107.11 公頃，在防汛期間，滯洪池的水位為 2.2 公尺，水由洩洪排水路接下游安順寮排水路；滯洪池 D 之面積為 20.0 公頃，調洪容量 300,000 立方公尺，排水面積為 250 公頃，在防汛期間，滯洪池的水位為 1.5 公尺，滯洪池 D 利用永久抽水站抽排池內積水，於非豪雨期間，當池內水位高於大洲排水水深時，則利用永久抽水站旁之重力水路排除。

就滯洪池的出口型式而言，A、B、C 三個滯洪池同樣是上、下方各有一出口，上方為銳緣堰出流型式，而下方為正方形孔口出流型式，滯洪池 D 則是具備有抽水站，排出池內的積水。圖 2-9 為滯洪池 D 之設計平面圖。

2-3-6 抽水站資料

在園區內設置有一永久性抽水站，配置於滯洪池 D 之東北角，為四部 5.0 cms 之防洪抽水站。當水位達到 2.7 公尺時，啟動兩部抽水機，容量為 10.0 cms，停抽水位為 2.5 公尺；當水位達到 2.95 公尺時，再啟動一部抽水機，容量總共為 15.0 cms，停抽水位為 2.7 公尺；當水位達到 3.2 公尺時，再啟動 1 部抽水機，容量總共為 20.0 cms，停抽水位為 2.95 公尺，其基本資料如表 2-8。

第三章 模式比較

台南科學園區內的排水設施包括雨水下水道系統、四座滯洪池及一座抽水站。為模擬台南科學園區內之暴雨淹水情形，採用之水理模式必須能完整考量上述各項排水設施之操作，以充分反應園區之排水機制，獲致良好之模擬結果。茲就目前國內外常用之相關水理模式進行評估，以建立適用於台南科學園區之淹水模式。

3-1 MOUSE 模式

MOUSE 水理模式係由丹麥 DHI 公司於 1964 年所發展具水文、水理、水質及沈積物傳輸模擬功能之軟體，以建構視窗環境、輸入及輸出介面圖形化，並能與相關資料庫軟體結合。MOUSE 模式之基本架構與 SWMM 相同，分為地表逕流及幹線輸水模組兩部分。地表逕流之模擬包含運動波、線性水庫等三種方式可供選擇，計算在人孔處匯入排水幹線之水流歷線；幹線輸水模組則應用隱式差分法計算排水幹線中各斷面位置之水理資料及溢流人孔的溢流量。

3-1-1 地表逕流 (RUNOFF)

地表逕流模組模擬雨水降落至地面後，進入各排水幹線前之漫地流現象。

降雨逕流演算模式包括下述三種方法：

- (1) Time-Area Routing (T-A curve)
- (2) Kinematic wave (Non-linear Reservoir)
- (3) Model C (Linear Reservoir)
 - a) Model C1 (Dutch runoff model)

b) Model C2 (French runoff model)

3-1-2 幹線輸水 (MOUSE HD)

本模組主要求解聖凡南 (Saint Venant Equations) 之連續及動量守恒方程式：

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \quad (3-1-1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(\alpha Q^2/A)}{\partial x} + gA \frac{\partial y}{\partial x} + gA(S_f - S_o) = 0 \quad (3-1-2)$$

式中， Q ：下水道管線之流量[m³/s]

A ：流體通過之斷面積[m²]

t ：時間座標[sec]

x ：沿流動方向之空間座標

q ：單位長度的側流量[m²/s]

y ：水深[m]

g ：重力加速度[m/s²]

α ：流速分佈係數， $\alpha = \frac{A}{Q^2} \int_A v^2 dA$

S_o ：渠底之縱向坡度

S_f ：能量坡降，可利用曼寧公式計算， $S_f = \frac{n^2 V^2}{R^{4/3}}$

方程式(3-1-1)及 (3-1-2)是一維緩變量流之連續方程式及動量方程式。由於上述兩式屬於非線性偏微分方程式，求解不易，故於實際應用時需依問題所需做適當之簡化。

3-1-3 模式適用範圍

MOUSE 模式能夠涵蓋迴水影響、抽水站抽水、調洪池蓄水溢流、水工結構物、下水道合流及分流現象、滿管、人孔溢流等均能處理。但在地表

淹水模擬方面，MOUSE 模式僅能得到溢流人孔的逕流歷線以及由體積—水深率定曲線得到一概念性的淹水深度，無法再進一步求得詳細的淹水面積及深度。

3-2 FLO-2D 模式

3-2-1 模式簡介

FLO-2D 為美國科羅拉多大學於 1988 年針對聯邦緊急應變中心(Federal Emergency Management Agency, FEMA)的都會區洪災保險研究計畫而發展之模式。FLO-2D 模式係以 H&Y (1987) 所提出之 DHM 模式為基礎，採用有限差分方法進行淹水演算。經過多年發展，目前 FLO-2D 已可處理一維渠道洪水、二維運動波、擴散波、動力波的地表淹水以及土石流等現象，同時亦可將堤防、抽水站、街道等設施納入考量。

FLO-2D 洪水演算部分主要是依據下列方程式：

$$\frac{\partial d}{\partial t} + \frac{\partial(ud)}{\partial x} + \frac{\partial(vd)}{\partial y} = i \quad (3-2-1)$$

$$S_{fx} = S_{ox} - \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{u}{g} \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{v}{g} \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{1}{g} \frac{\partial u}{\partial t} \quad (3-2-2)$$

$$S_{fy} = S_{oy} - \frac{\partial h}{\partial y} - \frac{v}{g} \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{u}{g} \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{1}{g} \frac{\partial v}{\partial t} \quad (3-2-3)$$

式中， x, y ：模擬地模擬區標示之迪卡兒空間座標[m]

t ：時間座標[sec]

d ：模擬區地表水深[m]

u, v ：分別為沿 x, y 方向之平均流速[m/s]

S_{fx} ：沿 x 方向之能量坡降， $S_{fx} = \frac{n^2 u \sqrt{u^2 + v^2}}{d^{4/3}}$

S_{fy} ：沿 y 方向之能量坡降， $S_{fy} = \frac{n^2 v \sqrt{u^2 + v^2}}{d^{4/3}}$

S_{ox} ：沿 x 方向之底床坡降

S_{oy} ：沿 y 方向之底床坡降

g ：重力加速度[m/s²]

i ：超滲降雨強度 [m/s]

3-2-2 模式適用範圍

FLO-2D 模式不但能夠計算緩坡、陡坡以及溢堤的洪水演算，更能夠逐時的展示演算的結果，能隨時知道演算地區的淹水情況，但是此模式無法考慮雨水下水道系統的操作。

3-3 都會區淹水模式

都會區淹水模式為國內學者^[13,31]針對都市地區常見之排水設施所發展之模式，結合美國環保署之暴雨經理模式（Storm Water Management Model, SWMM）、二維漫池流模式，可同時將雨水下水道、抽水站系統等設施納入考慮。本研究並進一步將滯洪池水理演算納入都會區模式中，以期完整模擬台南科學園內各項排水設施之排洪功能。

3-3-1 暴雨經理模式（SWMM）

SWMM 包含許多部模組，常運用在水質的模擬。在本研究中是採用 RUNOFF 及 EXTRAN 兩模組。其中 RUNOFF 是在計算水文模擬演算，而 EXTRAN 則是計算下水道管流的部分。依據變量流理論，以一維連續方程式與動力波理論為基礎，依水流流程之特性，將模式分成地表逕流（RUNOFF）與排水幹管輸水（EXTRAN）兩部份。

1. 地表逕流（RUNOFF）

地表逕流是模擬雨滴降落地面後，進入各排水幹道前之漫地流現象。當雨水降落後，如其強度超過地表入滲量，則地面凹陷處開始積水，積水達窪蓄飽和容量時，水便溢出而成為漫地流。在漫地流現象中，包括了降雨量及入滲量等。其模擬方式是經由動力波逕流演算，計算匯入排水人孔之水流流量歷線。其演算流程如圖 3-1。

2. 幹線輸水 (EXTRAN)

雨水降落地面形成漫地流，經由側溝匯集進入人孔後，導入幹線中，利用疊代法求解動力波方程式，計算各排水幹管系統之流量以及各人孔處可能之溢流量。

為求得流速及水深，可利用下兩式求之：

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (3-3-1)$$

$$\frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{V}{g} \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial x} = S_0 - S_f \quad (3-3-2)$$

式中， Q ：下水道管線之流量[cms]

V ：斷面之平均速度[m/sec]

t ：時間座標[sec]

x ：沿流動方向之空間座標

h ：水深[m]

g ：重力加速度[m/s²]

R ：水力半徑[m]

S_0 ：渠底之縱向坡度

S_f ：能量坡降，可利用曼寧公式計算， $S_f = \frac{n^2 V^2}{R^{4/3}}$

n ：曼寧糙度值[m^{1/6}]

方程式(2-1-1)及 (2-1-2)是假設無側流量下，一維緩變量流之連續方程式及動量方程式。

為避免因複雜之水力演算而耗用大量的計算時間，SWMM 逕流模式忽略局部加速度 $\frac{\partial V}{\partial t}$ 之影響，則方程式可變為：

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} (S_o - \frac{\partial y}{\partial x} - \frac{V}{g} \frac{\partial V}{\partial x})^{1/2} \quad (3-3-3)$$

若上游之總入流量大於下游管線之滿管流量，則有溢流量溢出，若定義溢流量為 $Q_s = Q_m - Q_f$ ，其中 Q_m 是上游管線的總入流量， Q_f 是下游管線設計的滿管流量，亦即 $Q_f = \frac{1}{n_c} A_f R_f^{2/3} S_{fc}^{1/2}$ ，其中 n_c = 管線的曼寧糙度， A_f = 管線的截面積， R_f = 滿管流的水力半徑， S_{fc} = 管線的摩擦坡降。一般情況，總入流量 Q_m 不超過設計出流量 Q_f (參見圖 3-2)，則管中的流量為 $Q_c = Q_m$ ，經由下游管線排出而不發生溢流。假如 $Q_m > Q_f$ (參見圖 3-3)，只有部分的流量 $Q_c = Q_f$ 會由下游管線排出，其餘超出設計容量的流量 $Q_s = Q_m - Q_f$ 會由人孔溢流至地表。

經由 SWMM 可以得到溢流人孔點的逕流歷線，但是無法得到詳細的淹水區域及淹水深度。因此，若能將 SWMM 與二維漫地流模式結合則可以解決前述問題。其演算流程如圖 3-4。

3-3-2 二維漫地流模式

對於一般之漫地流而言，變量流方程式中加速項之大小級次 (order of magnitude) 通常遠小於重力項或摩擦項。假設洪水歷線上升平緩，且忽略科氏力、風力及加速項之影響，則地表漫地流況可用二維零慣性模式予以描述，其控制方程式可簡化如下：

$$\frac{\partial d}{\partial t} + \frac{\partial(ud)}{\partial x} + \frac{\partial(vd)}{\partial y} = q_s \quad (3-3-4)$$

$$-\frac{\partial h}{\partial x} = S_{fx} + \frac{q_s u}{dg} \quad (3-3-5)$$

$$-\frac{\partial h}{\partial y} = S_{fy} + \frac{q_s v}{dg} \quad (3-3-6)$$

式中， x, y ：模擬地模擬區標示之迪卡兒空間座標[m]

t ：時間座標[sec]

d ：模擬區地表水深[m]

u, v ：分別為沿 x, y 方向之平均流速[m/s]

S_{fx} ：沿 x 方向之能量坡降， $S_{fx} = \frac{n^2 u \sqrt{u^2 + v^2}}{d^{4/3}}$

S_{fy} ：沿 y 方向之能量坡降， $S_{fy} = \frac{n^2 v \sqrt{u^2 + v^2}}{d^{4/3}}$

n ：曼寧糙度值[m^{1/6}]

h ： $d+z$ ，地表水位[m]

z ：地表高程[m]

g ：重力加速度[m/s²]

q_s ：單位網格面積人孔溢出的流量[m/s]

$$q_s = \frac{Q_s}{A_r} \quad , \quad A_r \text{ 為人孔溢流所分配之面積[m}^2\text{]}$$

Q_s 是經由 SWMM 計算所得的人孔溢流量；(3-3-4)式為連續方程式，(3-3-5)式、(3-3-6)式分別為沿 x, y 方向之運動方程式。若地形高程、曼寧糙度和側流量已知，則(3-3-4)、(3-3-5)及(3-3-6)式含有三個因變數 d, u, v 。此含三因變數的偏微分聯立方程式，須利用數值方法求解之。

暴雨經理模式 (SWMM) 與二維漫地流模式結合之流程係以降雨量輸

入 SWMM 中之 RUNOFF 模組，可得到地表面的逕流歷線，再由 EXTRAN 模組進行管線中水流運算。當管線中 $Q_m > Q_f$ 時，由人孔溢出之溢流量 Q_s 即成為二維漫地流模式的輸入值，經二維漫地流模式演算後即可得模擬區域的淹水情況及淹水深度。

3-3-3 滯洪池演算模式

雨水下水道系統出口是排入滯洪池內，所以需在進行滯洪池模式的演算。

1. 滯洪池演算

滯洪池之演算採用水文方程式 (Hydrologic Equation) 為依據，忽略蒸發量，同時假設池底為不透水構造且無入滲損失之情況下，其基本方程式如下：

$$\frac{dS}{dt} = Q_i(t) - Q_o(t) \quad (3-3-7)$$

式中，
 S ：滯洪池儲水量 [m^3]
 t ：時間 [sec]
 Q_i ：滯洪池流入量 [m^3/s]
 Q_o ：滯洪池流出量 [m^3/s]

2. 滯洪池入流量 (Q_i)

滯洪池的入流量的來源有兩部分，一為雨水下水道管線出口排入滯洪池中 Q_{mi} ，另一來源為漫地流流入 Q_{ni} ，亦即

$$Q_i = Q_{mi} + Q_{ni} \quad (3-3-8)$$

在漫地流流入滯洪池的部分即為二維漫地流模式與滯洪池模式的銜接，其示意圖如圖 3-5 (a)、(b)。設漫地流流入之滯洪池的周長為 L ，則

$$Q_{ni} = \int_0^L q_{ni} dl \quad (3-3-9)$$

式中 q_{ni} 為單位長度之漫地流入流量。地表水經二維漫地流模式演算至滯洪池邊界時，當池內、外水位相差過大，如圖 3-5 (c)，假設在邊界處產生臨界水深，因此採用臨界流流量公式，如下：

$$q_{ni} = \mu_1 \sqrt{g} \cdot (H_H - Z_w)^{3/2} \quad (3-3-10)$$

式中，
 q_{ni} ：滯洪池邊界單位長度的流量[m²/s]
 μ_1 ：流量係數，其值介於 0.6~0.9 之間
 H ：滯洪池內外水位中較高之水位[m]
 Z_w ：滯洪池周圍地表高程[m]

(3-3-10)式適用於三分之二的池外水位減堰底高程大於池內水位減堰底高程，或三分之二的池內水位減堰底高程大於池外水位減堰底高程，亦即 $(H_L - Z_w) < \frac{2}{3}(H_H - Z_w)$ 的情況。

若池內、外水位相差不多，如圖 3-5 (d)，則由水位差來決定流量的大小及方向，其流量公式如下：

$$q_{ni} = \mu_2 \sqrt{g} (H_L - Z_w) (H_H - H_L)^{1/2} \quad (3-3-11)$$

式中，
 μ_2 ：流量係數，其值介於 2.2~3.3 之間
 H_H ：堰內外水位中較高之水位[m]
 H_L ：堰內外水位中較低之水位[m]

(3-3-11)式適用於三分之二的池外水位減堰底高程小於或等於池內水位減堰底高程，或三分之二的池內水位減堰底高程小於或等於池外水位減

堰底高程，亦即 $(H_L - Z_w) \geq \frac{2}{3}(H_H - Z_w)$ 的情況。

若地表水位高於滯洪池內的水位，則交界處單位寬度的流量 q_m 為正值，表示水流由地表流進滯洪池內，反之， q_m 為負值，表示水流由滯洪池內流到地表。

經過此流量公式的演算之後，可得到邊界流量，再將此流量值更新二維漫地流模式的邊界條件（亦即滯洪池邊界），其流程如圖 3-6。

3. 滯洪池出流量 (Q_o)

滯洪池出流口的型式如圖 3-7，上、下方出流口分別為堰流與孔口流，其中 h 為孔口中心線所量測起之高度，而 h_w 為孔口與堰流口間之垂直高度。所以滯洪池的總出流量為：

$$Q_o = Q_{ori} + Q_{weir} \quad (3-3-12)$$

式中，
 Q_o ：滯洪池的總出流量[m³/s]
 Q_{ori} ：經由孔口所洩出之流量[m³/s]
 Q_{weir} ：經由堰所洩出之流量[m³/s]

當水位高度小於堰口之垂直高度，亦即 $h \leq h_w$ 時，且為滿管的情況下，洪水僅由下方孔口洩出，其出流的流量公式如下：

$$Q_{ori} = C_o \sqrt{2g} A_o \cdot h^{0.5} \quad (3-3-13)$$

$$Q_{weir} = 0 \quad (3-3-14)$$

式中，
 C_o ：孔口流流量係數
 g ：重力加速度[m/s²]
 A_o ：孔口面積[m²]

h : 滯洪池水位[m]

但當其水位低於孔口時，將高估水流斷面積及低估水深，故對水位低於孔口頂部之孔口出流量應修正 (3-3-13) 式為：

$$Q_{ori} = C_o \frac{2}{3} \sqrt{2g} w \cdot \left(\frac{h}{D}\right) h^{1.5} \quad (3-3-15)$$

式中， w : 孔口寬度[m]

D : 孔口高度[m]

當水位高於堰底時，會以孔口及堰同時出流，其出流量如下：

$$Q_{ori} = C_o \sqrt{2g} A_o \cdot h^{0.5} \quad (3-3-16)$$

$$Q_{weir} = C_w \frac{2}{3} \sqrt{2g} w_w \cdot (h - h_w)^{1.5} \quad (3-3-17)$$

式中， C_w : 堰流流量係數

w_w : 堰寬[m]

h_w : 孔口至堰底的高度[m]

3-3-4 模式之演算流程

在本研究中先利用 SWMM 計算雨水下水道系統的水流狀況，溢流人孔的流量成為二維漫地流模式的輸入值，同時逐時演算滯洪池模式，最後得到地表的淹水深及滯洪池的出流量，整體的演算流程如圖 3-8。

3-3-5 模式適用範圍

都會區淹水模式結合了雨水下水道系統模式及二維漫地流模式，模式中將降雨所形成的地表水先流入雨水下水道系統，若有人孔溢流，則與二維漫地流模式結合，進行地表淹水演算，並考慮抽水站、截流設施及滯洪

池對於排洪能力的影響。

3-4 模式比較

由上述幾個模式的介紹可知，唯有都會區淹水模式能同時考慮雨水下水道系統及地表漫地流的情況，並且將抽水站、滯洪池等截流設施一併考量，因此適用於台南科學園區排洪能力的模擬。

第四章 模式之驗證與應用

4-1 模式之驗證

4-1-1 民國77年8月14日之暴雨事件

民國77年8月12日至8月14日連續兩天在台灣南部地區發生豪大雨，受災地區以南投、彰化、雲林、嘉義、台南縣等最為嚴重，尤其是鹽水溪的堤防崩潰，海水倒灌，損失頗重。依據鄉市鄉公所之調查，新市鄉的淹水深度超過1.5公尺，淹水面積廣達1600公頃，淹水時間2天。其實測降雨量如圖4-1所示。圖4-2為新市鄉豐華大洲大社三舍等地區排水改善規劃報告中的受災浸水區域調查圖。

本研究將二維漫地流模式應用於南科未整地前的情況，以作為二維漫地流模式的驗證。圖4-3為應用二維漫地流模式模擬的最大淹水深度圖。由圖4-2及4-3比較得知，在南科園區的西南方淹水情況較嚴重，模擬結果與調查資料的淹水範圍相當符合。

4-1-2 都會區淹水模式之驗證

由於目前台南科學區的排水系統尚在施工中，因此也無適當的驗證事件。但本研究中所使用的淹水模式曾經應用在台北都會區淹水區域預測之研究^[33]中，是以民國87年10月15日所發生的瑞伯颱風作為驗證事件。

圖4-4為台北市政府工務局養工處所提供之瑞伯颱風調查積水範圍圖，圖4-5則為使用瑞伯颱風降雨事件所模擬的台北市中央區淹水範圍結果，其雨量資料是根據經濟部水利處中正橋雨量站之實測時雨量。比較上述之颱風事件調查積水範圍與模式計算淹水範圍可知，本研究所建立之排水系統淹水模式可提供作為具有下水道系統地區淹水計算之用。

4-2 暴雨排水之動態模擬

本研究已完成暴雨經理模式、二維漫地流模式與滯洪池模式的銜接，因此將應用於重現期 25 年、50 年及 100 年的設計降雨事件，以瞭解南科園區暴雨排水的情況。

台南科學園區在整地過後地表高程均較園區外圍高，故本研究在模擬過程中假設園區外圍的水並不會流入園區內，各排水路僅是經過園區，並不會對園區內造成影響。

4-2-1 二十五年重現期降雨

本研究在進行降雨事件之淹水模擬時，採用第四章所提到的降雨資料，進行台南科學園區不同重現期之淹水模擬。

在模擬結果方面，圖 4-6 及 4-7 分別為發生重現期 25 年降雨之溢流人孔位置圖及最大淹水深度圖。南科園區內排水幹線及支線的設計重現期分別為 25 及 10 年，由圖 4-6 可看出溢流人孔皆發生在排水支線上，溢流個數為 77 個，其中，A 集水區的下水道排水管線溢流個數有 5 個、B 集水區有 60 個、C 集水區有 12 個、D 集水區沒有溢流人孔。圖 4-7 能明顯看出淹水之區域大多在溢流人孔的附近，而且因為地勢的關係，水並不容易流到滯洪池內，淹水情況集中在南科園區東北方，尤其以滯洪池 B 區稍微嚴重。園區內淹水深度高於 0.5 公尺的淹水面積約有 0.12 公頃，高於 0.15 公尺之面積有 5.48 公頃。

就滯洪池排水系統而言，滯洪池排水路係以側渠溢洪道之設計方式，於滯洪池邊設置一洩洪排水路，使超出側渠高程之流量流入滯洪池中以確保其出流量不高於下游容許排洪量。在滯洪池模式演算時，以動態方式逐時反應排水系統之雨水逕流量、滯洪池入流量、出流量及池內水深，由於

滯洪池 A、B、C 三區具有相同的特性，因此以取滯洪池 B 為例子。滯洪池 B 之面積為 15 公頃，調洪容量 $439,400\text{m}^3$ ，排水面積為 287.56 公頃。在防汛期間，滯洪池的水位為 1.2 m，水由洩洪排水路經北五間厝中排以及滯洪池出口匯入鹽水溪排水路。圖 4-8 為滯洪池 B 的入流、出流歷線及水深歷線。由圖 4-8 (a) 知，滯洪池 B 於第 8.75 小時開始有水入流，於第 13.25 小時之後入流量減少；出流量則自第 8.75 小時開始發生，於第 12.5 小時達到尖峰，在 25 年重現期降雨下，僅有下方之孔口出流，最大出流量為 4.3 cms，入流歷線與出流歷線的尖峰值相交。由圖 4-8(b)，滯洪池的水深歷線在第 8.75 小時以前均保持在低水位以下，即水深 1.7 公尺，當有水入流至池內時，水深便逐漸增加，其後又會受到出流量的影響而改變，就整體的趨勢而言，水深歷線與出流歷線的趨勢相符合。在 24 小時內，總入流體積為 $343,200\text{m}^3$ ，總出流體積為 $183,400\text{m}^3$ ，理論上二者應該相等，若是演算時間加長，則出流體積將等於入流體積；入流歷線與出流歷線之尖峰流量的差值 ΔQ ，稱為洪峰消減 (peak attenuation)，到達入流歷線及出流歷線尖峰流量時間差值 Δt ，稱為洪峰稽延 (time-lag)，當洪峰消減 ΔQ 愈大、洪峰稽延 Δt 愈長，則表示滯洪的效果愈佳。由圖 4-8(a) 知， $\Delta Q=59.5\text{ cms}$ ， $\Delta t=2.25$ 小時。

圖 4-9 為滯洪池 D 的入流、出流及水深歷線圖，圖 4-9(a) 中三角形點即為抽水機抽水的情況，水深在第 10.1 小時達 2.7 公尺，抽水機以 10 cms 的容量開始抽水，到第 10.5 小時，則啟動了第 3 部抽水機，以 15 cms 的容量抽水，一直到水深降至 2.5 公尺才停止，所以池內的水深會有起伏的現象。在 24 小時內，總入流體積為 $224,300\text{m}^3$ ，總出流體積為 $154,800\text{m}^3$ 。在尖峰時刻以 15 cms 的容量操作了 0.9 個小時。由於滯洪池的設計重現期為 25 年，所以滯洪池體積並無溢流及出流量超過下游容許排洪量的情形發生。

4-2-2五十年重現期降雨

圖 4-10 及 4-11 為發生重現期 50 年降雨之溢流人孔位置圖及最大淹水深度圖。由圖 4-10 可看出溢流人孔除了發生在排水支線上，有少數排水幹線上的人孔也有溢流的情形發生，溢流個數為 102 個，其中，A 集水區的下水道排水管線溢流個數有 18 個；B 集水區有 66 個，2 個位在排水幹線上；C 集水區有 18 個，3 個位在排水幹線上；D 集水區沒有溢流人孔。圖 4-11 能明顯看出淹水之區域仍然集中在溢流人孔的附近，南科園區南方也出現了淹水情況。園區內淹水深度高於 0.5 公尺的淹水面積約有 0.4 公頃，高於 0.15 公尺之面積有 15.64 公頃。

圖 4-12 為滯洪池 B 的入流、出流歷線及水深歷線。由圖 4-12 (a) 知，滯洪池 B 於第 8.75 小時開始有水入流，第 13.25 小時之後入流量減少。出流自第 8.75 小時開始發生，於第 11.75 小時達到尖峰出流量 17.3 cms，約略小於下游容許排洪量 18.6 cms。在 50 年重現期降雨下，會同時發生孔口及堰出流，在第 11.25 小時以前，僅以下方的孔口出流，第 11.25 小時以後，水深達 5.3 公尺時，孔口及堰同時出流，第 13 小時以後，水深降低，則是以孔口出流，入流歷線與出流歷線的尖峰值相交於第 11.75 小時。滯洪池的水深歷線在第 8.75 小時以前均保持在低水位以下，即水深 1.7 公尺，水深歷線與出流歷線的趨勢相符合。在 24 小時內，總入流體積為 $457,100 m^3$ ，總出流體積為 $264,700 m^3$ ；洪峰消減 $\Delta Q = 69.17 \text{ cms}$ ，洪峰稽延 $\Delta t = 1.5$ 小時。

圖 4-13 為滯洪池 D 的入流、出流及水深歷線圖，水深在第 10.1 小時達到 2.7 公尺，抽水機開始運作，到第 10.4 小時，啟動第 3 部抽水機，以 15 cms 的容量進行抽水，直到水深降至 2.5 公尺才停止。在 24 小時內，總入流體積為 $243,100 m^3$ ，總出流體積為 $176,400 m^3$ 。在尖峰時刻以 15 cms 共操作了 1.3 個小時。由於滯洪池的設計重現期為 50 年，所以滯洪池 A、B、C 內的

出流量略小於下游容許排洪量。

4-2-3 一百年重現期降雨

圖 4-14 及 4-15 為發生重現期 100 年降雨之溢流人孔位置圖及最大淹水深度圖。南科園區內排水幹線及支線的設計重現期分別為 25 及 10 年，在 100 年重現期降雨下，造成溢流人孔個數有 129 個，其中，A 集水區的下水道排水管線溢流個數有 22 個，1 個位在排水幹線上；B 集水區有 85 個，4 個位在排水幹線上；C 集水區有 20 個，4 個位在排水幹線上；D 集水區有 2 個溢流人孔。圖 4-15 明顯看出淹水之區域大幅增加，有漸漸往南科西邊移動的趨勢，在滯洪池 A 的北邊明顯有大片淹水情形發生。園區內淹水深度高於 0.5 公尺的淹水面積約有 0.92 公頃，高於 0.15 公尺之面積有 40 公頃。

圖 4-16 為滯洪池 B 的入流、出流歷線及水深歷線。由圖 4-16 (a) 知，滯洪池 B 於第 8 小時開始有水入流，於第 13.75 小時之後入流量減少；出流自第 8 小時開始產生，在第 11.25 小時達到尖峰；滯洪池在承受重現期 100 年的降雨時，累積的水量接近滿池的狀態，無溢流情形發生，但是最大出流量 39.64 cms 超過下游容許排洪量 18.6 cms，此乃由於出口堰的寬度很大，水位一超過堰底，立即經由堰而排出，以致於出口最大出流量超過下游容許排洪量；在第 10.75 小時以前，僅以下方的孔口出流，第 10.75 小時以後，水深達 5.3 公尺時，孔口及堰同時出流，第 13.5 小時以後，水深降低，則是以孔口出流。水深歷線與出流歷線的趨勢大致符合。在 24 小時內，總入流體積為 581,400 立方公尺，總出流體積為 392,600 m^3 ；洪峰消減 $\Delta Q=50.27$ cms，洪峰稽延 $\Delta t=1$ 小時。

圖 4-17 為滯洪池 D 的入流、出流及水深歷線圖，水深在第 9.5 小時達到 2.7 公尺，抽水機以 10 cms 的容量開始運作，到第 10.2 小時，啟動第 3

部抽水機，以 15 cms 的容量進行抽水，到第 10.5 小時，啟動第 4 部抽水機，以 20cms 的容量進行抽水，在尖峰時刻以 20 cms 共操作了 0.8 個小時。在 24 小時內，總入流體積為 306,900 立方公尺，總出流體積為 235,800 m^3 。

4-2-4綜合比較

表 4-1 分別將重現期 25 年、50 年及 100 年的溢流人孔數及淹水面積作一比較。就淹水面積而言，重現期 100 年的淹水面積為 50 年的 2.5 倍，重現期 50 年的淹水面積為 25 年的 3 倍。

表 4-2 為滯洪池 B 在重現期 25 年、50 年及 100 年的滯洪特性比較圖。洪峰消滅 ΔQ 愈大、洪峰稽延 Δt 愈長，則表示滯洪池的滯洪效果愈佳。由表中明顯得知，滯洪池 B 在 50 年重現期下， ΔQ 最大，代表其消滅洪峰流量的能力較佳。在 25 年重現期下， Δt 最長，代表其延長洪峰到達下游的時間的效果較佳。

第五章 結論與後續研究

5-1 結論

- 一、本研究蒐集洪災防治先進國家的淹水模式相關研究成果，以及國內實際應用之淹水模式，進行模式比較評估，發現都會區淹水模式可完整考量下水道、抽水站、滯洪池等設施操作，適用於台南科學園區之淹水模擬。
- 二、本研究將滯洪池演算納入都會區淹水模式，並初步應用於台南科學園區，分別進行重現期 25 年、50 年及 100 年三種重現期降雨量之演算，獲得園區內暴雨排水之動態模擬。模擬結果顯示，在不同重現期的降雨下，淹水的範圍及深度都有隨重現期之增加而擴大，淹水區域由南科園區的東邊逐漸擴大至西邊，由北邊逐漸擴大至南邊。
- 三、就園區內的排水設施而言，雨水下水道系統排水幹線上的人孔溢流情況較為輕微，並不會造成大範圍的溢流；滯洪池能夠蓄留住大部分的洪水，以確保下游地區不會因南科園區開發而所增加的逕流量造成影響。
- 四、本研究在進行暴雨排水之模擬時，採用地理資訊系統 (GIS)，精確處理模式所需的各項輸入資料，以確保資料之正確性。並將結果也以地理資訊系統展示，使其易於瞭解。

5-2 後續研究

- 一、由於缺乏整地過後的淹水資料，因此無法對各項參數作檢定。淹水模式中之參數，除了由過去使用經驗值配合實地現況進行推估外，亦將利用歷史洪災記錄進行模式之驗證，以確保模式之準確性，也更能確

實掌握現地排水及淹水的情況。

- 二、本研究中初步之模擬應用，係假設園區外圍的逕流及排水路並不會對園區內造成影響，未來研究將與子計畫三之鹽水溪流域洪災模擬成果銜接，將園區外逕流對區內淹水之影響納入考量。
- 三、未來工作將把本子計畫之研究成果提供子計畫四、五，進行洪災損害評估及建立防洪決策支援系統，以利整體計畫之推動。

參 考 文 獻

1. Akan, A.O.(1989), "Detention Pond Sizing for Multiple Return Period", *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, Vol. 115, No. 5, pp.650-664.
2. Akan, A.O. (1990), "Single-Outlet Detention-Pond Analysis and Design", *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, ASCE, Vol. 116, No.4, pp.527-536.
3. Aknbi A. A. & Katopodes N. D. (1988), "Model for Flood Propagation on Initially Dry Land", *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, Vol. 114, pp.689-705.
4. Balloffet, A. & Scheffler, M. L. (1982), "Numerical Analysis of the Teton Dam Failure Flood", *Journal of Hydraulic Research*, ASCE, Vol. 20, pp.317-428.
5. Chang, T. J. Hsu, M. H. Teng, W. S. and Huang, C. J. (2000) "A GIS-Assisted Distribution Watershed Model for Simulation Flood and Inundation", *Journal of the American Water Resources Association*, Vol. 36, No. 5, 975-988.
6. Cunge. J. A., Holly. F. M., and Verwey. A.(1980), "Practical Aspects of Computational River Hydraulics", Pitman Publishing Ltd., London .
7. Garcia R. & Kahawata R. A. (1986), "Numerical Solution of the St. Venant Equations with the MacCormack Finite-Difference Scheme", *International Journal for Numerical Methods in Fluids*, Vol. 6, pp.259-274.
8. Gustafsson B. (1971), "An Alternating Direction Implicit Method for Solving the Shallow Water Equations", *Journal of the Computational Physics*, No. 7, pp.239-254.
9. Hager, W.H. (1983), "Hydraulics of Plane Free Overfall", *Journal of*

Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 109, No. 12, Dec., pp.1683-1697.

10. Henderson, F. M. (1966), Open Channel Flow, Macmillan Co., New York, N.Y.
11. Huber, W. C., (1975) Model for Storm Water Strategies. APWA Reporter.
12. Huber, W.C., Dickinson, R.E., (1988). "Storm Water Model. User 's Manual Ver. IV", US Environmental Protection Agency.
13. Hsu, M. H. Chen, S. H. and Chang, T. J. (2000) "Inundation Simulation for Urban Drainage Basin with Storm Sewer System", Journal of Hydrology, Vol. 234, No. 1-2, 21-37.
14. Hunter Rouse, (1946) Elementary Mechanics of Fluids, New York : John Wiley & Sons, Inc.
15. Inoue K., Iwasa Y. & Matsuo N. (1987) "Numerical Analysis of Two Dimensional Free Surface Flow by Means of Finite Difference Method and Its Application to Practical Problems", Proceedings of ROC-Japan Joint Seminar on Water Resources Engineering, Taipei, R. O. C.
16. Kandaswamy, P.K., and Rouse, H. (1957), "Characteristics of Flow Over Terminal Weirs and Sills", Journal of the Hydraulics Division, ASCE, Vol. 83, No. 4, Aug., pp. 1-13.
17. Katopodes, N. D., & Strelkoff, T. (1978), "Computing Two Dimension Dam-Break Flow Wave", Journal of the Hydraulic Division, ASCE, Vol. 104
18. Katopodes, N. D., & Strelkoff, T. (1979), "Two-Dimensional Shallow Water-Wave Models", Journal of the Engineering Mechanics Division, ASCE, Vol.105, No, EM2, pp.317-434.
19. Kindsvater, C. E., and Carter, R. W. (1957), "Discharge Characteristics of

- Rectangular Thin-Plate Weirs”, Journal of Hydraulics Division, ASCE, Vol. 83, No.6, pp. 1-36.
20. Lager, J. A. and Smith, W. G., (1974) Urban Stormwater Management and Technology - An Assessment. U.S. EPA Report, EPA-67012-74-040.
 21. Marsalek, J., Dick, T. M., Wisner, P. E., and Clarke, W. G., (1975) “Comparative Evaluation of Three Urban Runoff Models”, Water Resources Bulletin, AWRA, 11(2).
 22. Rajaratnam, N., and Muralidhar, D. (1968), “Characteristics of the
 23. Rectangular Free Overfall”, Journal of Hydraulic Research, IAHR, Vol.6, No. 3, pp. 233-258.
 24. Rajaratnam, N., and Muralidhar, D. (1971), “Pressure and Velocity Distribution for Sharp-Crested Weirs”, Journal of Hydraulic Research, IAHR, Vol.9, No. 2 , pp. 241-248.
 25. Strelkoff, T. S. (1964) “Solutions of Highly Curvilinear Gravity Flows”, Journal of Eng. Mech. Div. Proc., ASCE, Vol. 90, pp.195-219.
 26. Vongvisessomjai, S., Tingsanchali, T., & Chaiwat, C. (1985), “Bangkok Flood Plain Model”, 21st IAHR Congress, Melbourne, Australia, 19-23 pp.433-488.
 27. Xanthopoulos, T. & Koutitas, C. (1976), “Numerical Simulation of Two-Dimensional Flood Wave Propagation due to Dam Failure”, Journal of Hydraulic Research, Vol. 14, pp.321-331.
 28. Yen, B. C. and Akan, A. O., (1999) Hydraulic Design of Urban Drainage Systems. In: L. W. Mays (Eds.), Hydraulic Design Handbook, McGraw-Hill Inc., New York.
 29. 沈榮茂，楊德良(1992)，「流域之漫地流有限元素模式及穩定度分析之

- 研究」，第六屆水利工程研討會論文集，新竹市，pp.82-93
30. 吳啟瑞(1993)，「八掌溪流域之淹水模擬」，國立台灣大學農業工程研究所碩士論文。
 31. 許銘熙，鄧慰先，黃成甲(1996)，「嘉義地區逕流及淹水模式之研究（四）」，台灣省水利局。
 32. 許銘熙，鄧慰先，盧重任，黃成甲，葉森海(1998)，「抽水站與開門操作對都會區淹水影響之研究（一）」，行政院國科會，台北市。
 33. 陳正炎、藍令財、宋爾寧（1996）「山地河川中圓孔式滯洪壩排洪流量公式之研究」，第八屆水利工程研討會，pp.271-278。
 34. 陳增壽，張倉榮，鄧慰先，陳宣宏，陳春宏，李昌益(2000)，「台北都會區淹水區域預測之研究（Ⅲ），子計畫七：台北市中央區洪災境況模擬與應變措施之研究」，行政院國科會，台北市。
 35. 黃宏斌（1998）「調節池孔口配置之水理特性研究」，台灣水利，46 卷 1 期，pp.53-59。
 36. 顏清連，許銘熙，陳昶憲，賴進松(1986)，「淡水河系洪水演算模式（四）堤防潰決洪流模式之建立」，行政院國科會，防災科技研究報告 75-19，台北市。
 37. 顏清連等(1989)，「台北都會區大眾捷運系統防洪排水設計之研究」，國立台灣大學水工試驗所研究報告第 100 號，台北市。
 38. 行政院國科會(1998)，「台南科學工業園區排水防洪綱要計畫」。

附圖

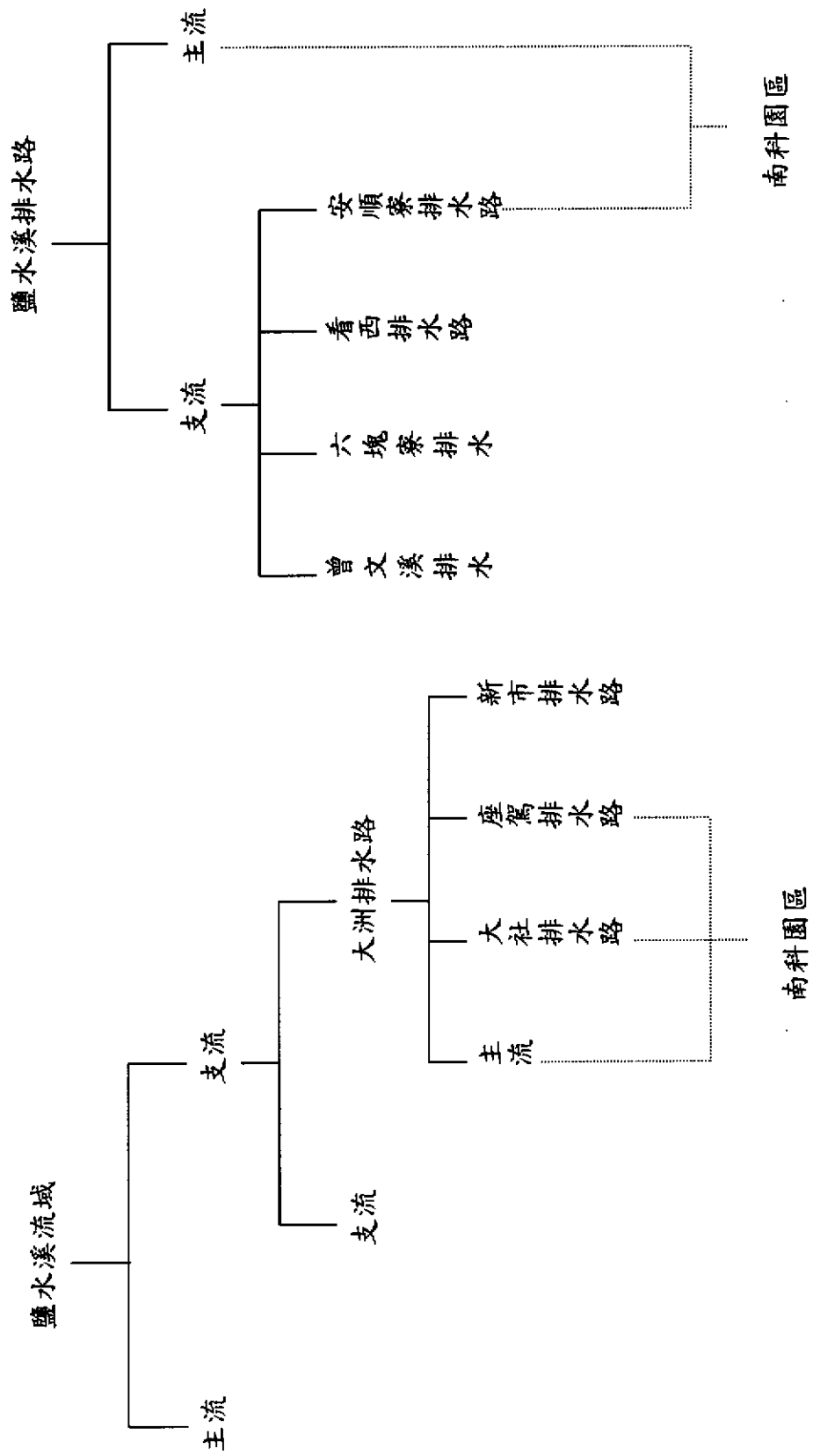


圖 2-3 台南科學園區排水系統關連

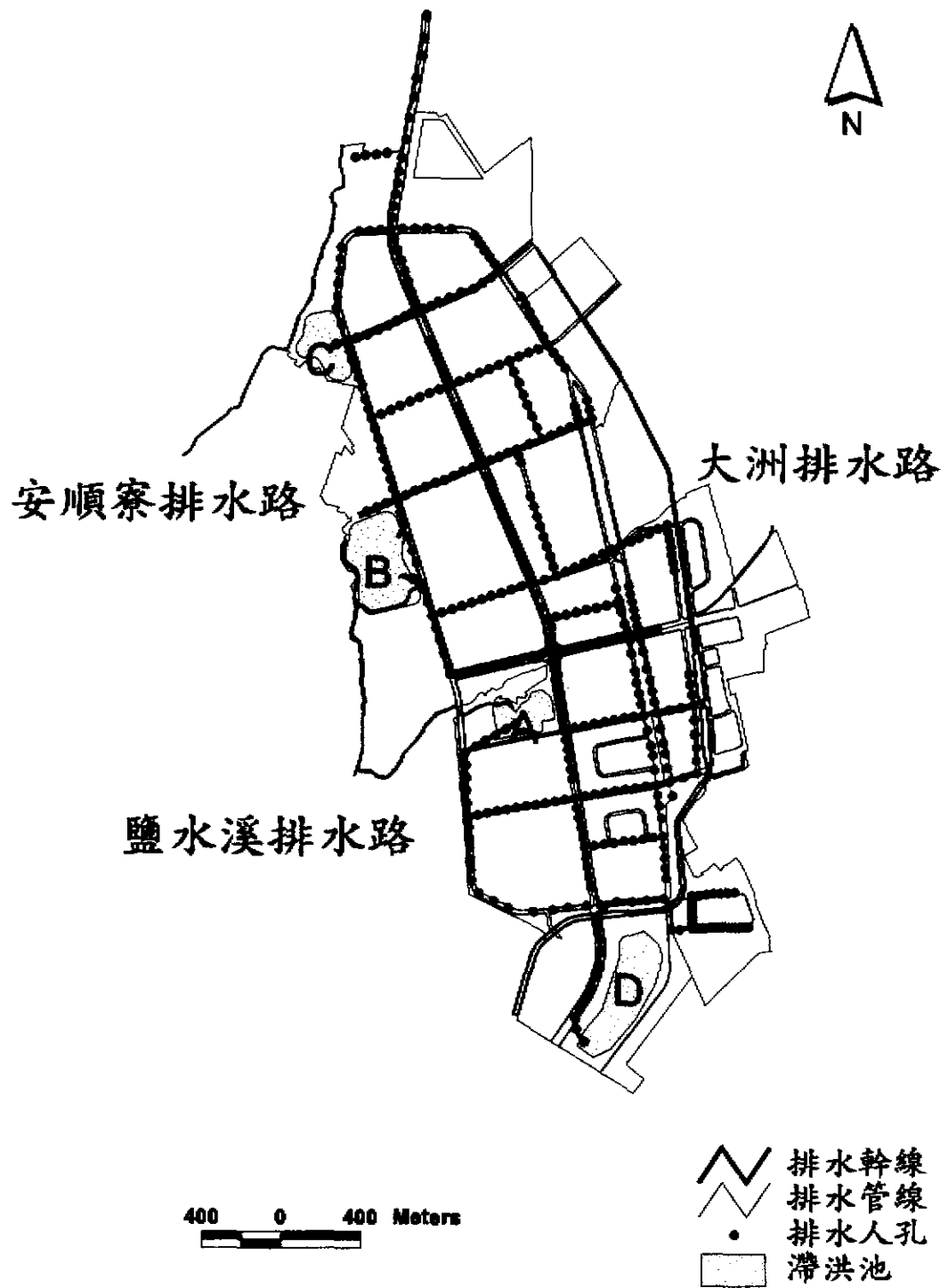


圖 2-4 台南科學園區排水設施佈置

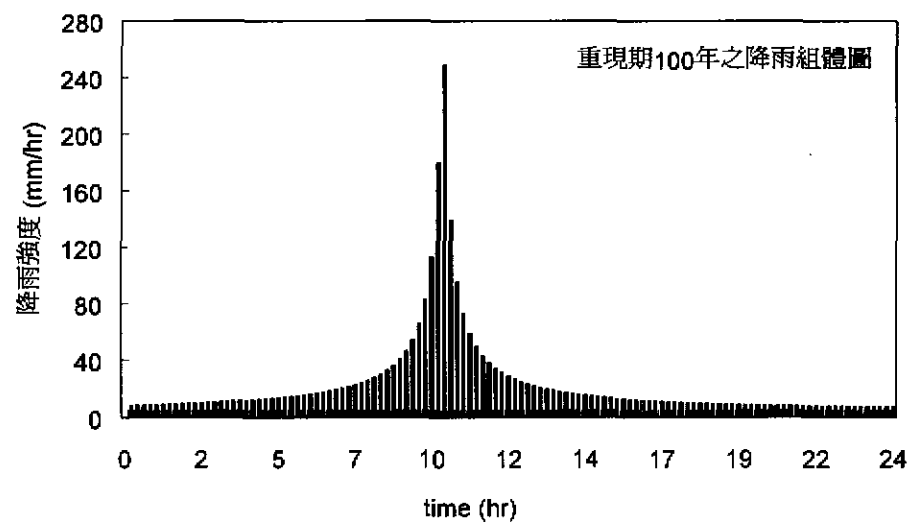
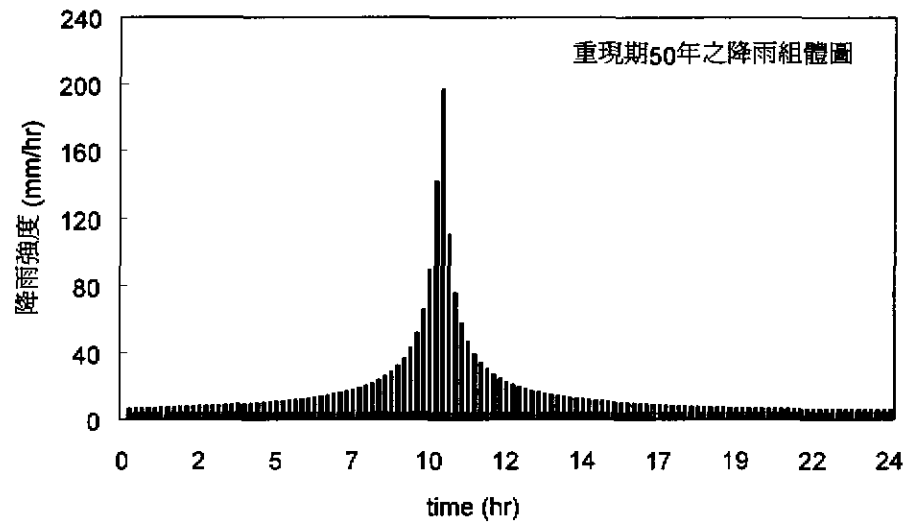
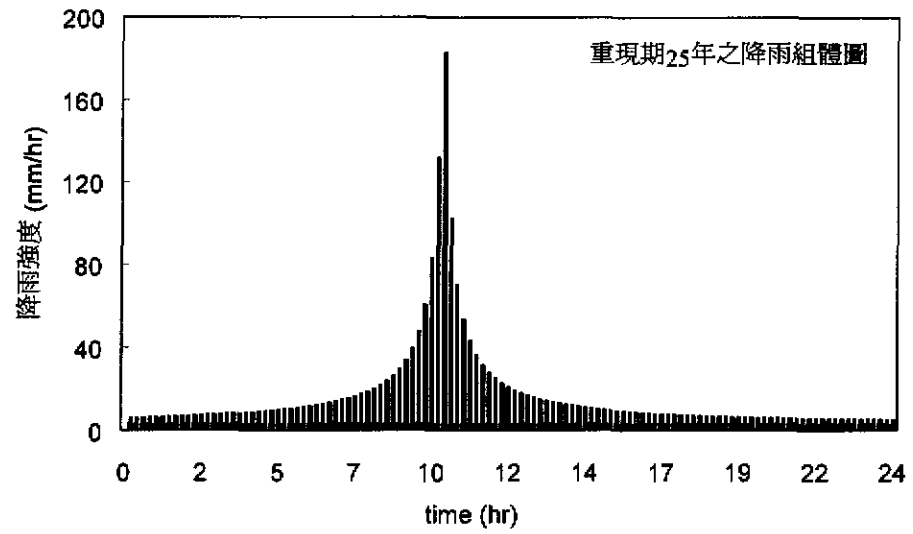


圖 2-5 各重現期設計降雨組體圖

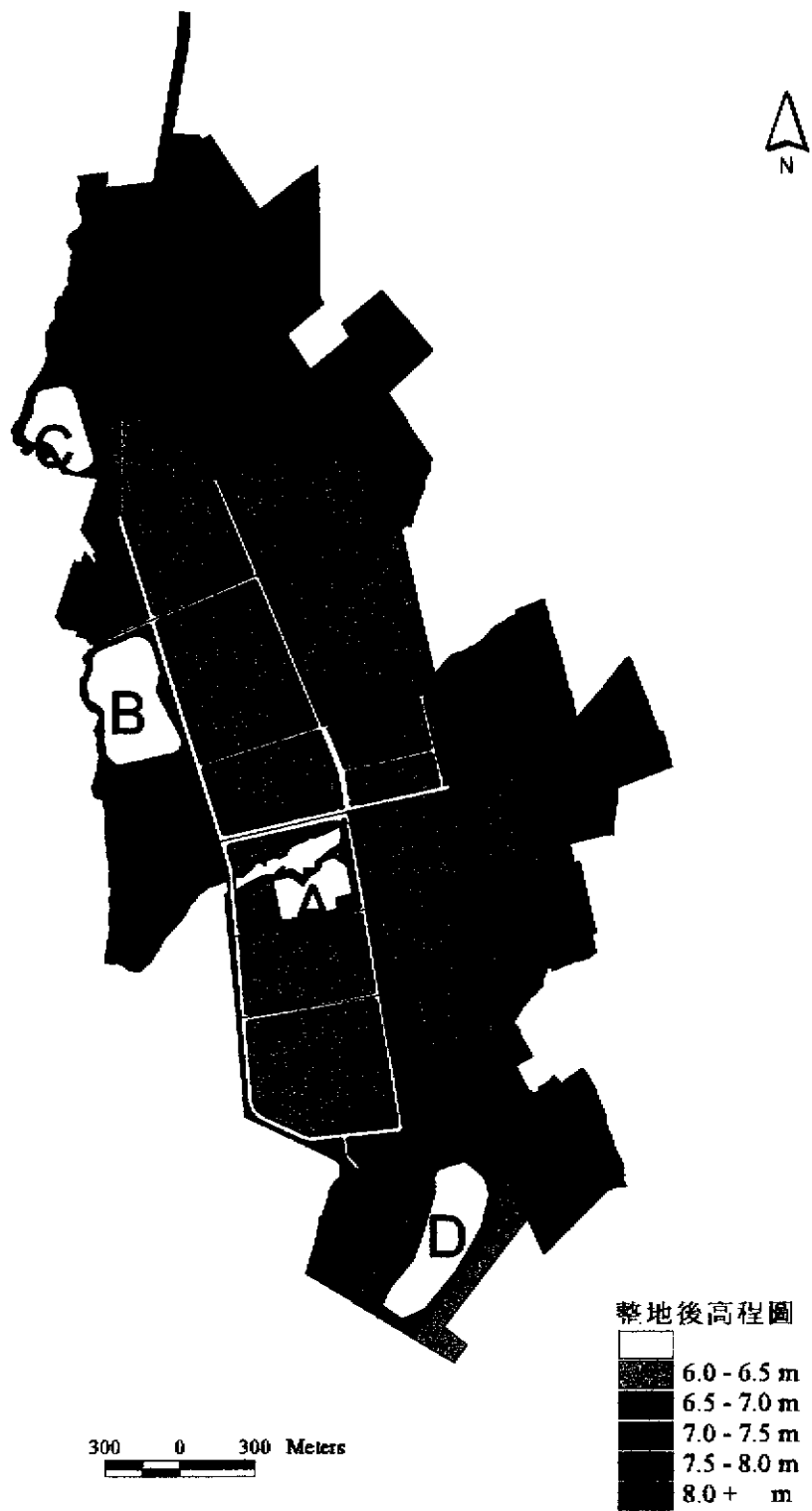


圖 2-6 南科園區整地後高程

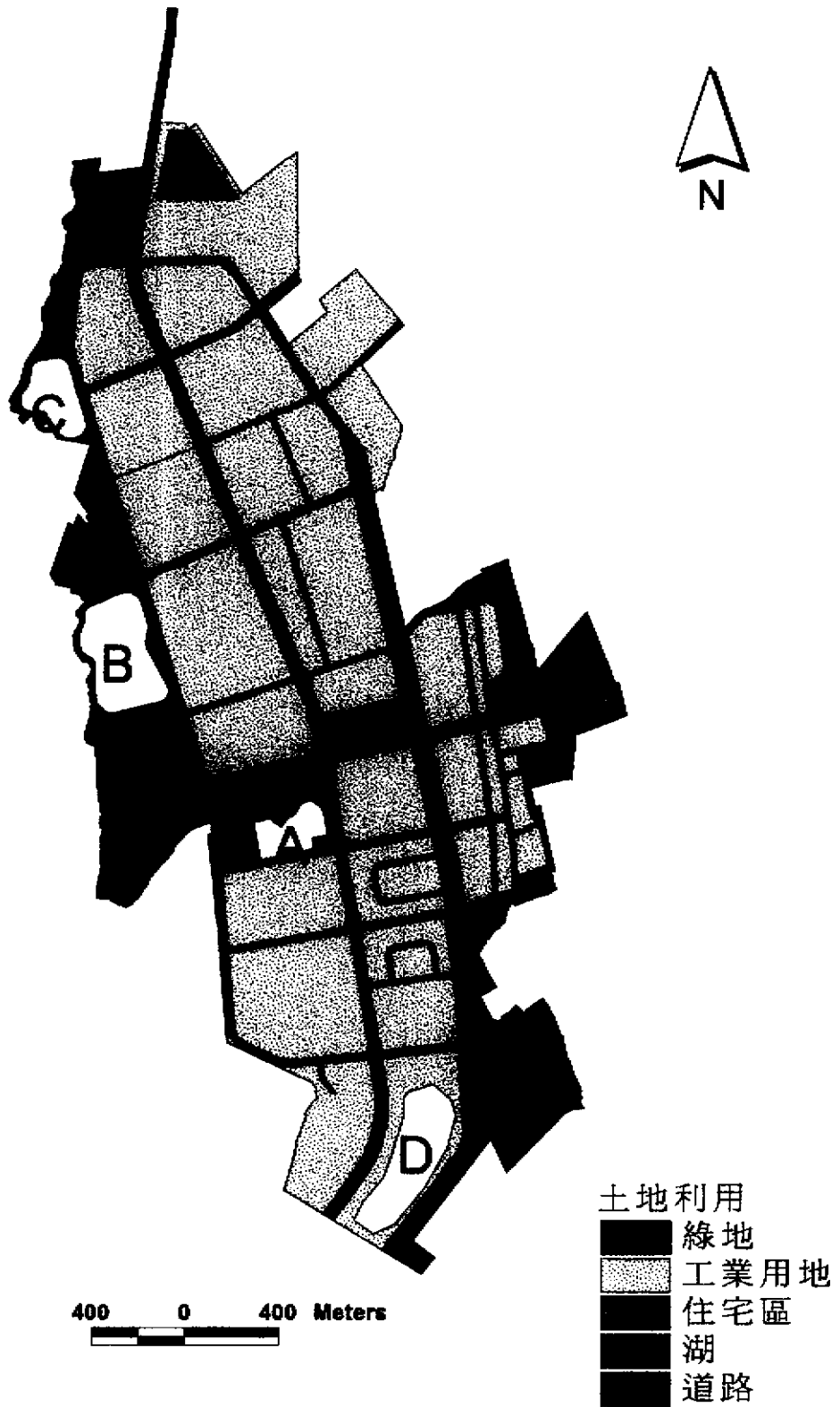


圖 2-7 南科園區土地利用情形

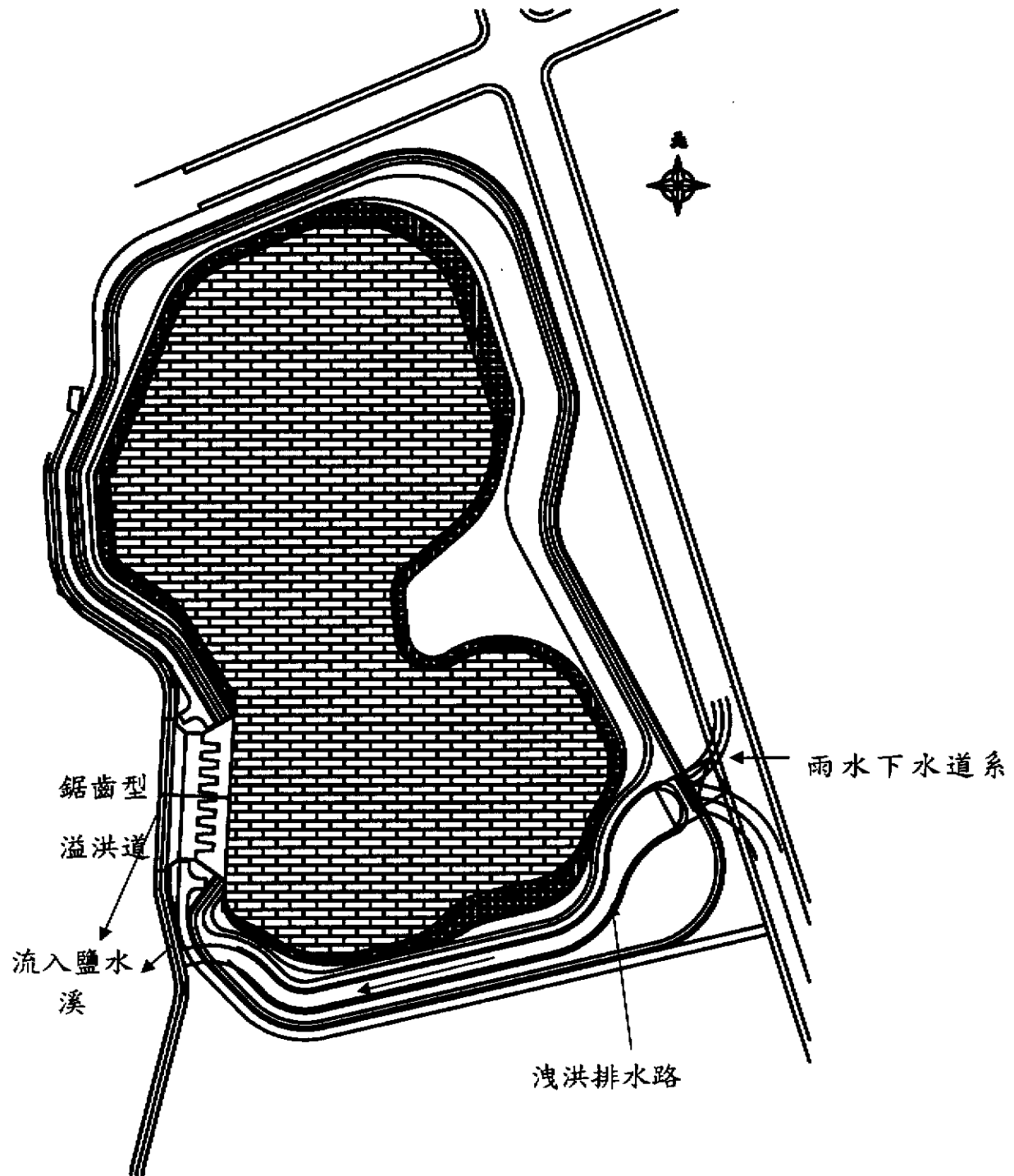


圖 2-8 台南科學工業園區滯洪池 B 之設計平面

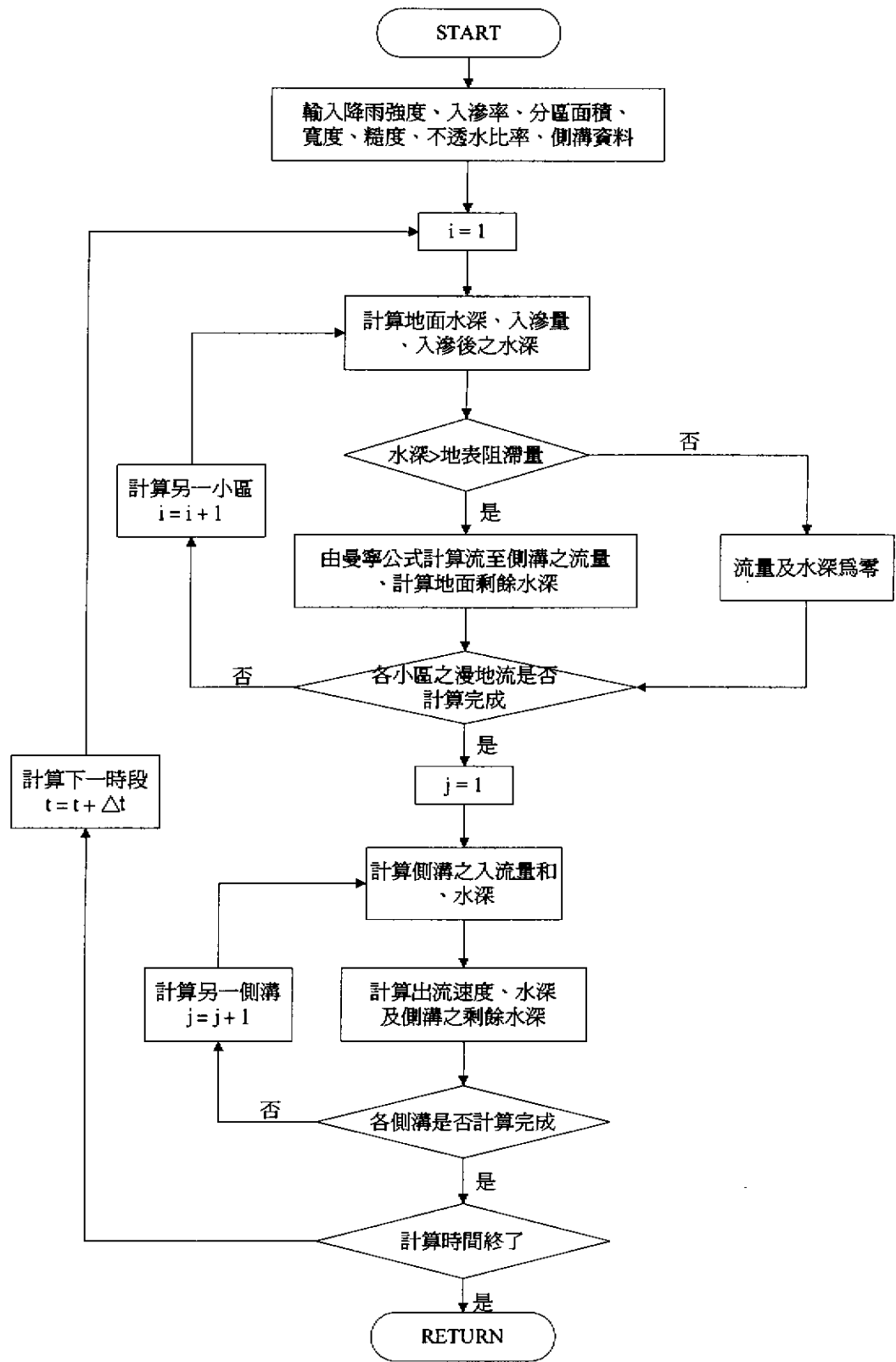


圖 3-1 SWMM 地表逕流流程

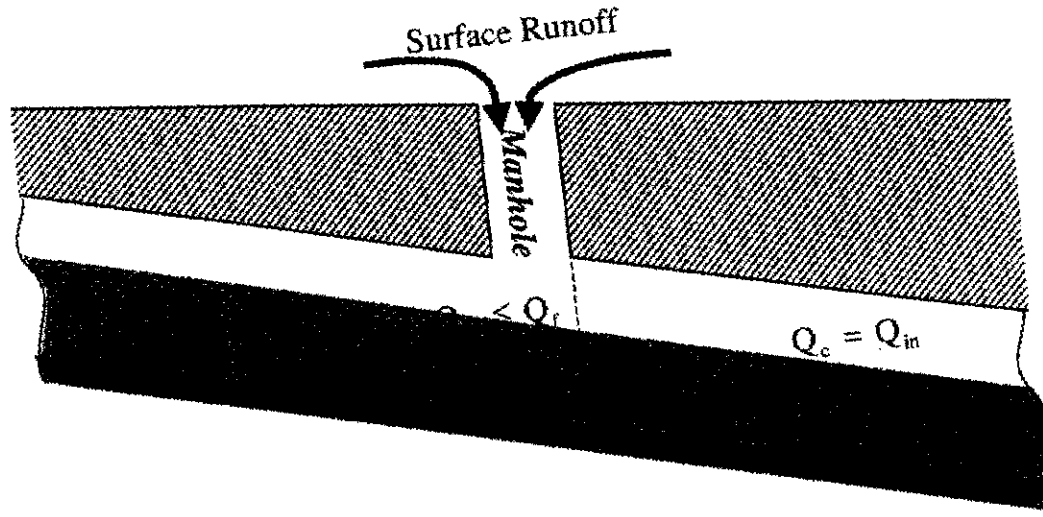


圖 3-2 入流量小於管線容量

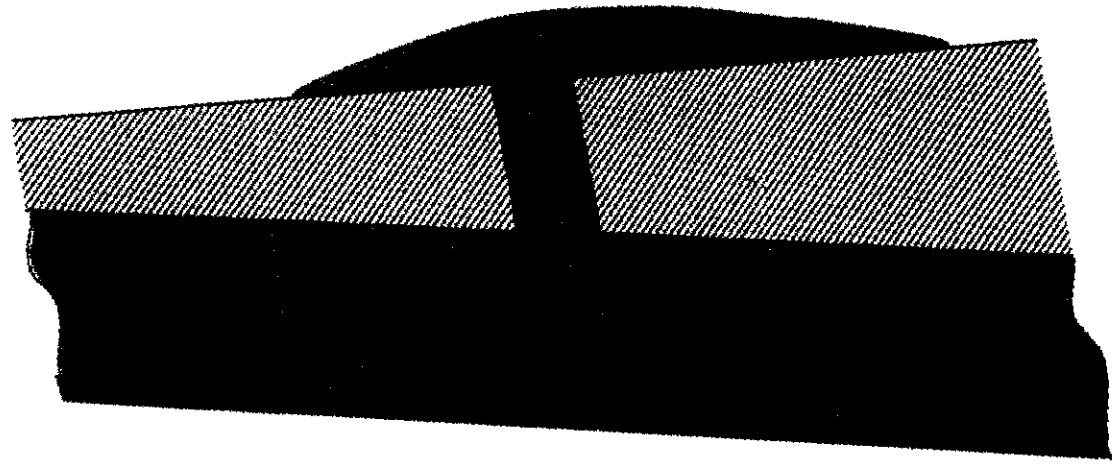


圖 3-3 入流量大於管線容量

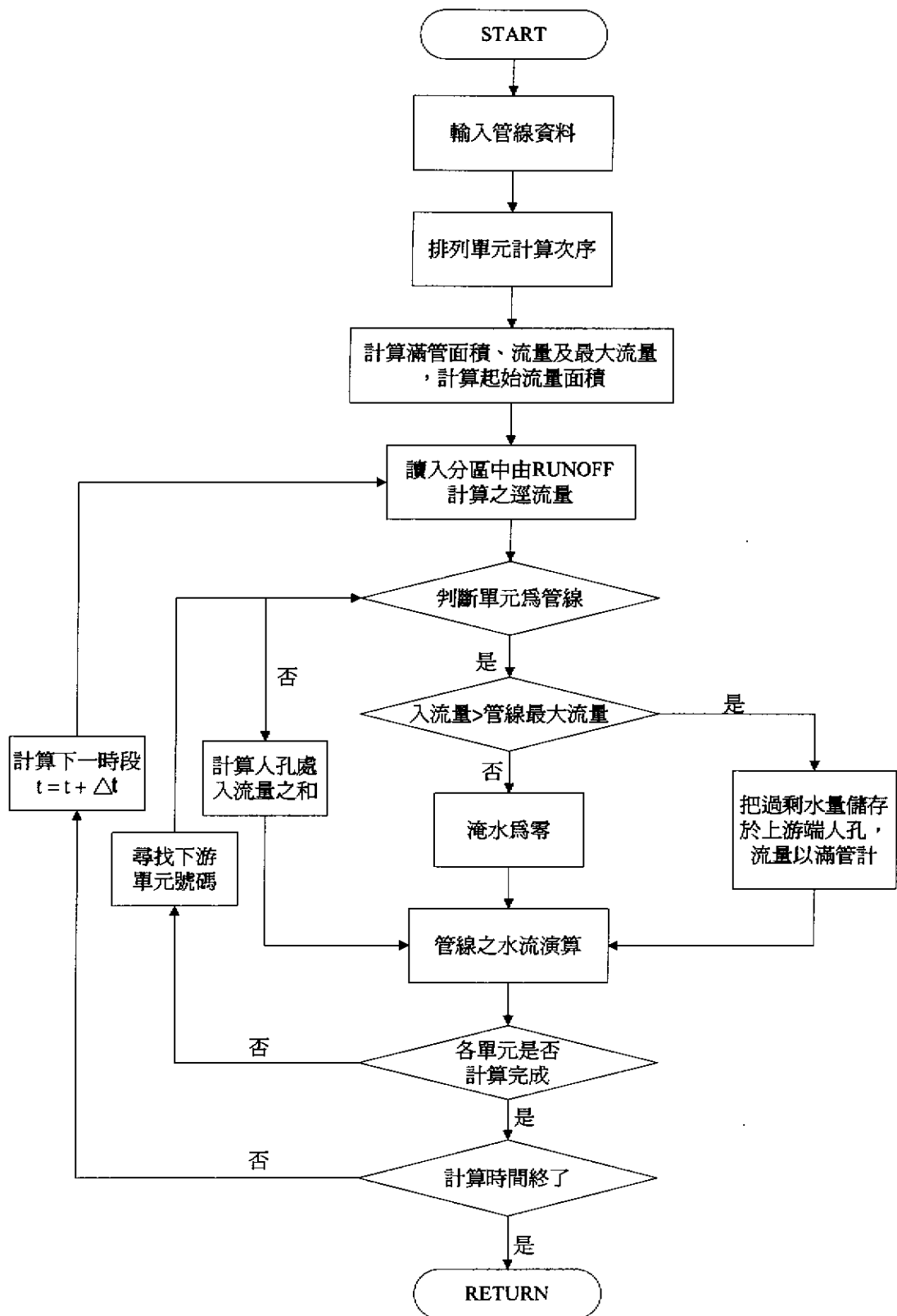
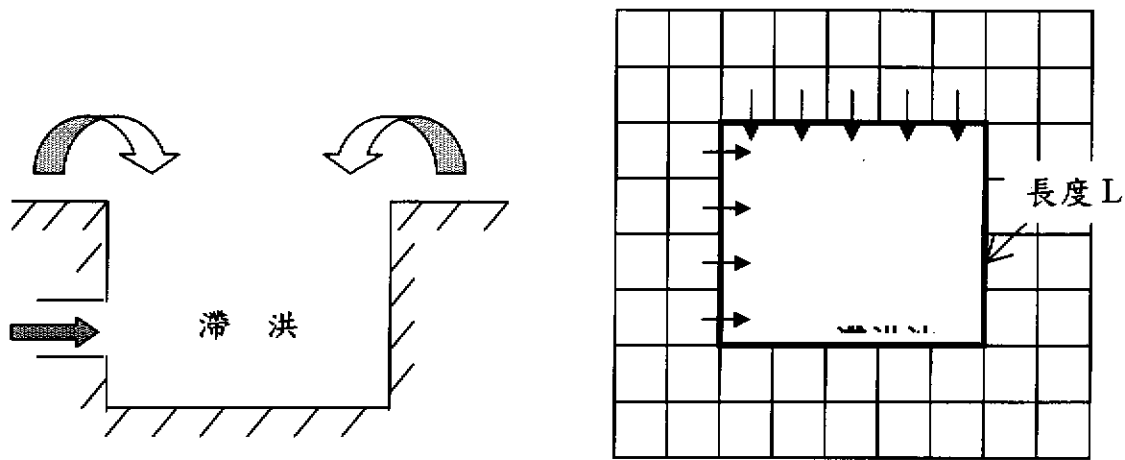
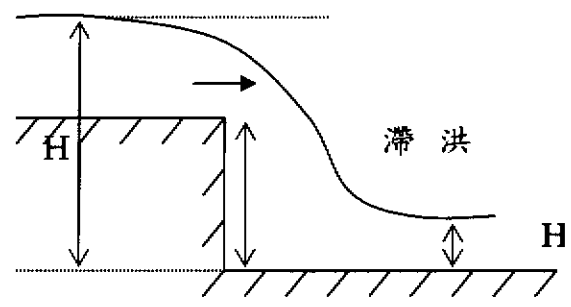


圖 3-4 SWMM 幹線輸水流程

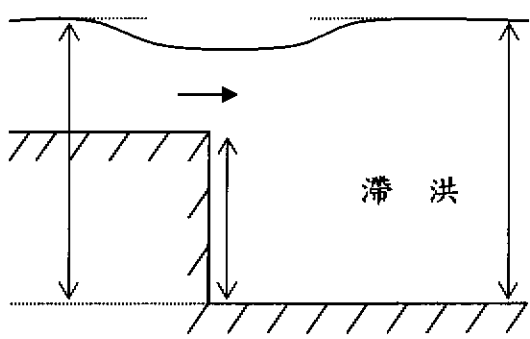


(a) 剖面

(b) 俯視圖



(c) 滯洪池內、外水位差大



(d) 滯洪池內、外水位差小

圖 3-5 滯洪池入流示意圖

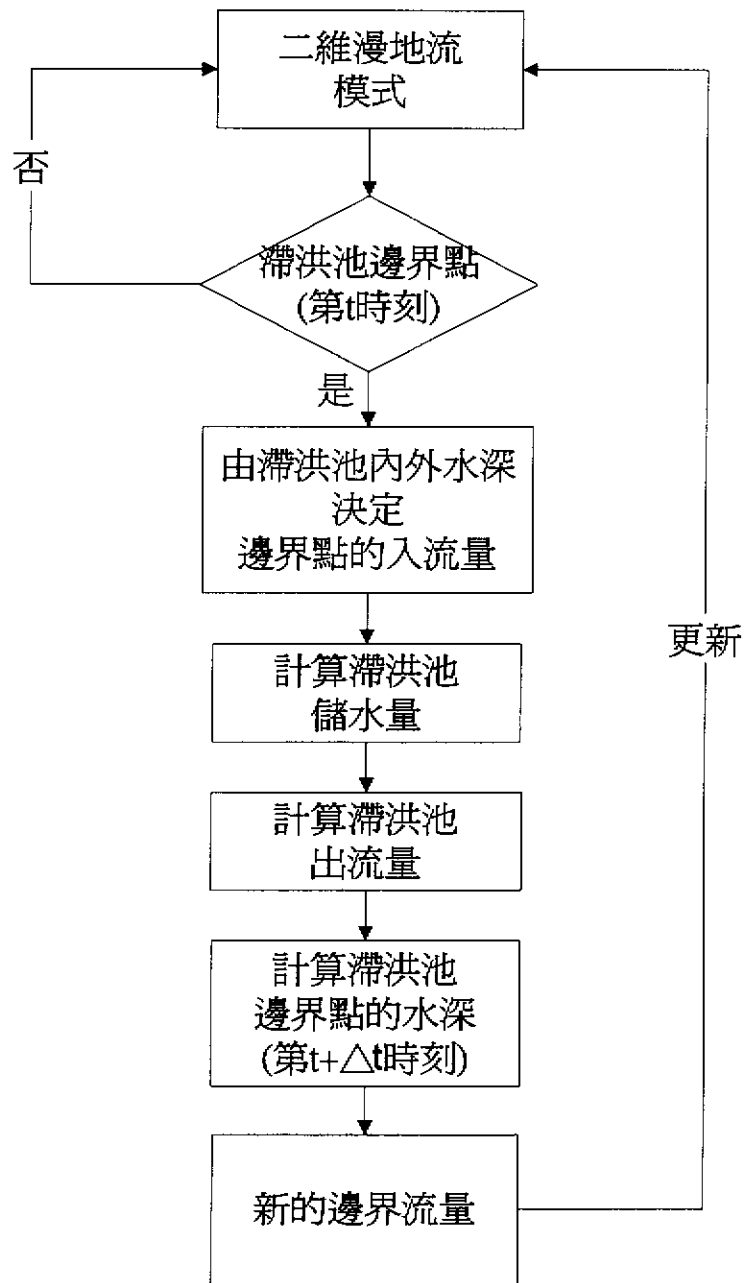


圖 3-6 邊界演算流程

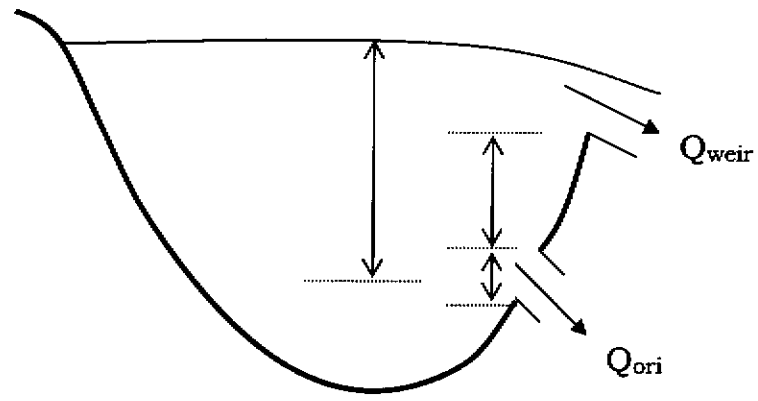


圖 3-7 滯洪池出流口示意圖

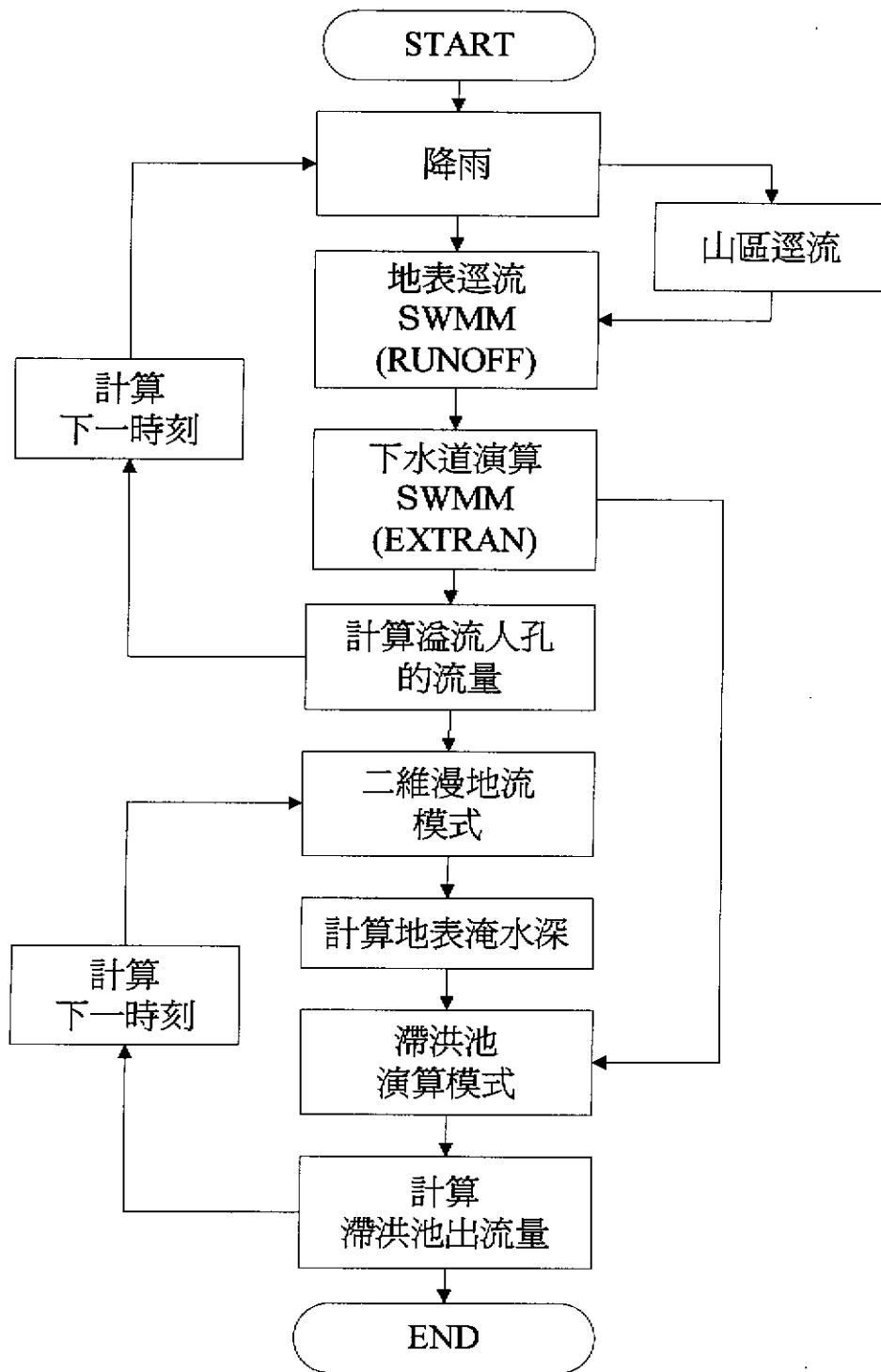


圖 3-8 整體演算流程

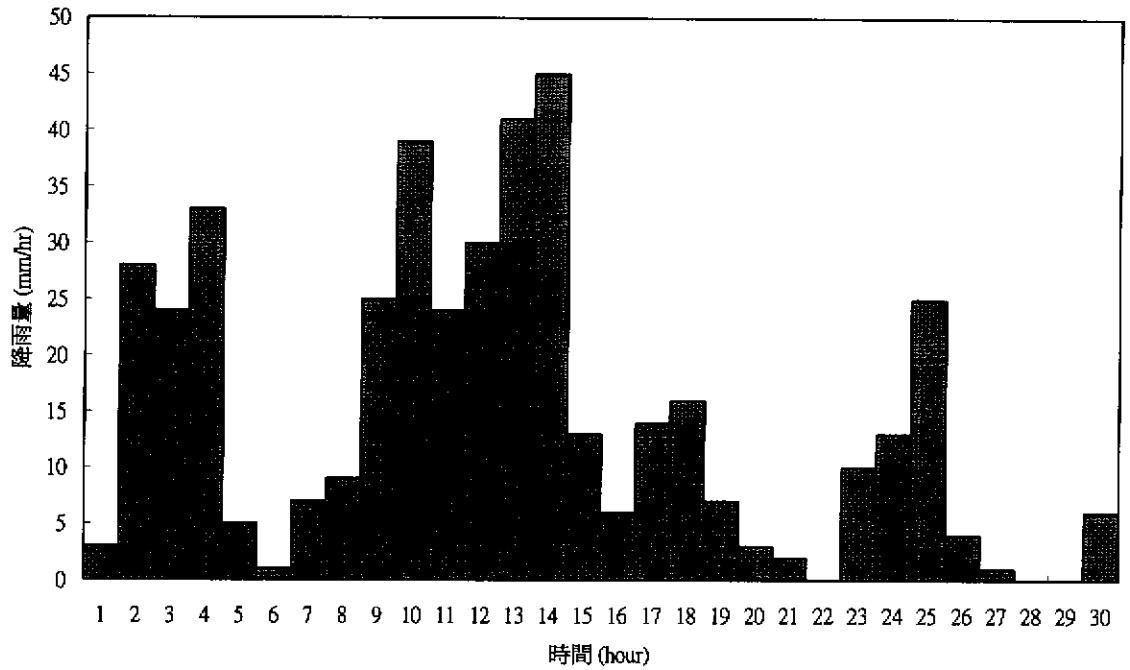


圖 4-1 民國 77 年 8 月 14 日暴雨事件降雨組體圖

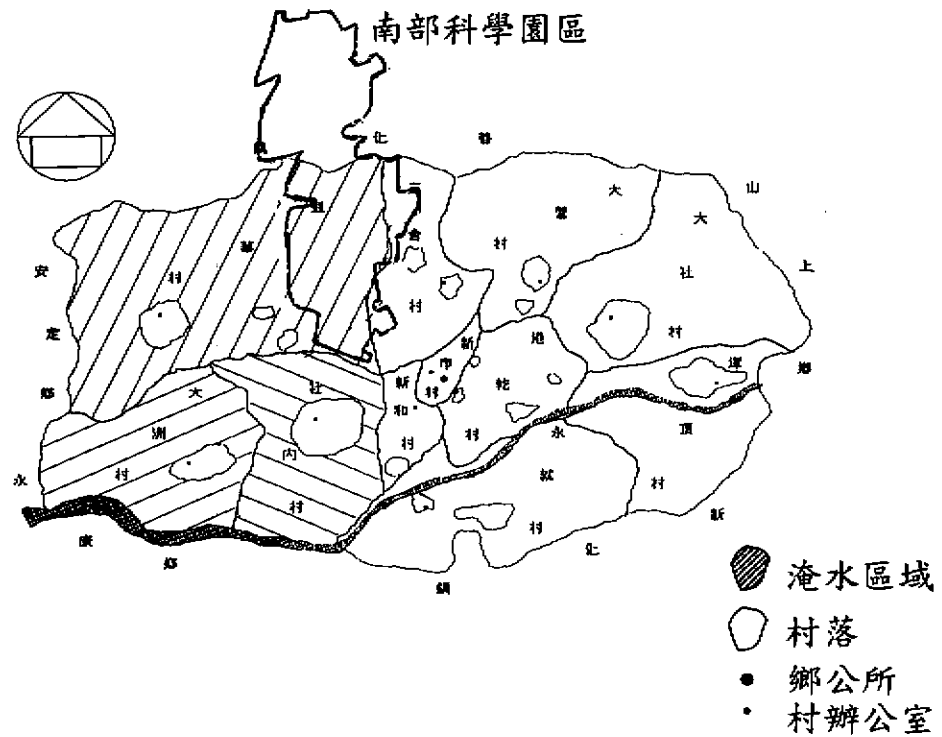


圖 4-2 民國 77 年 8 月 14 日受災浸水區域調查範圍

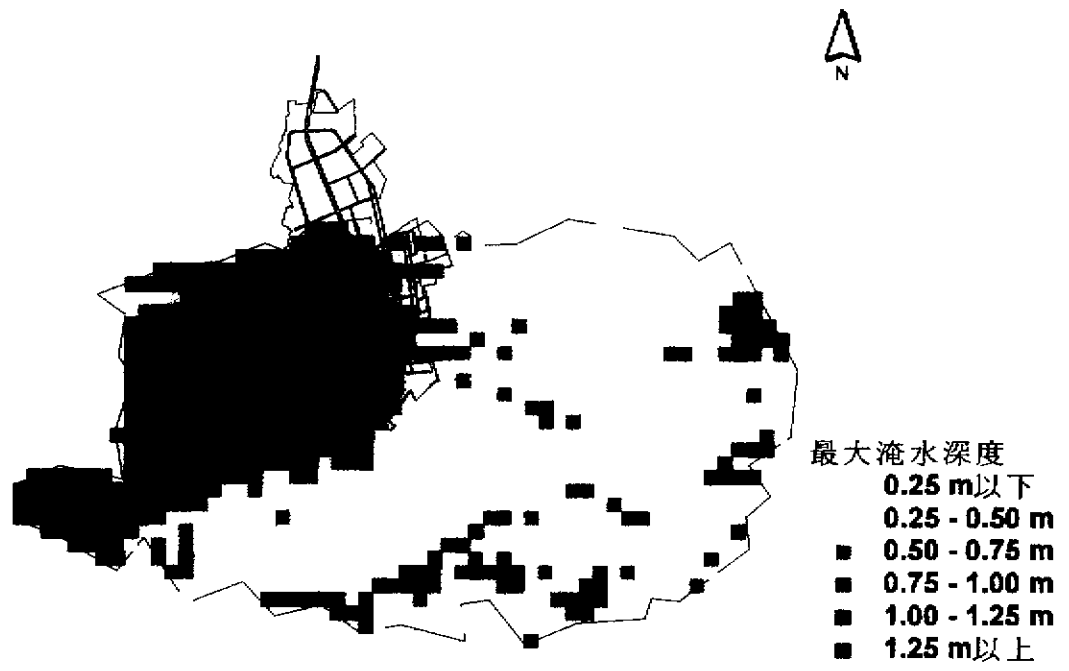


圖 4-3 民國 77 年 8 月 14 日模擬淹水結果



圖 4-4 瑞伯颱風台北市中央區調查積水範圍
(資料來源：台北都會區淹水區域預測之研究)

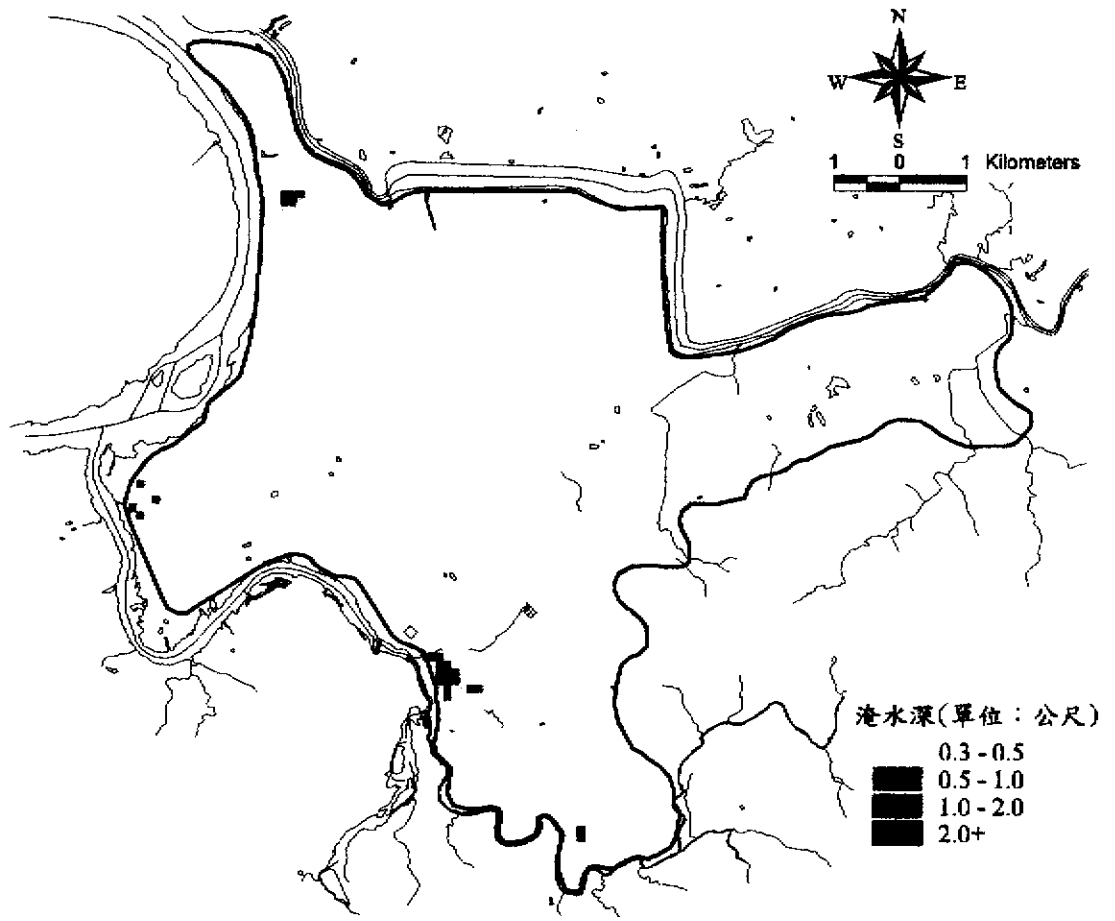


圖 4-5 瑞伯颱風台北市中央區模擬積水範圍

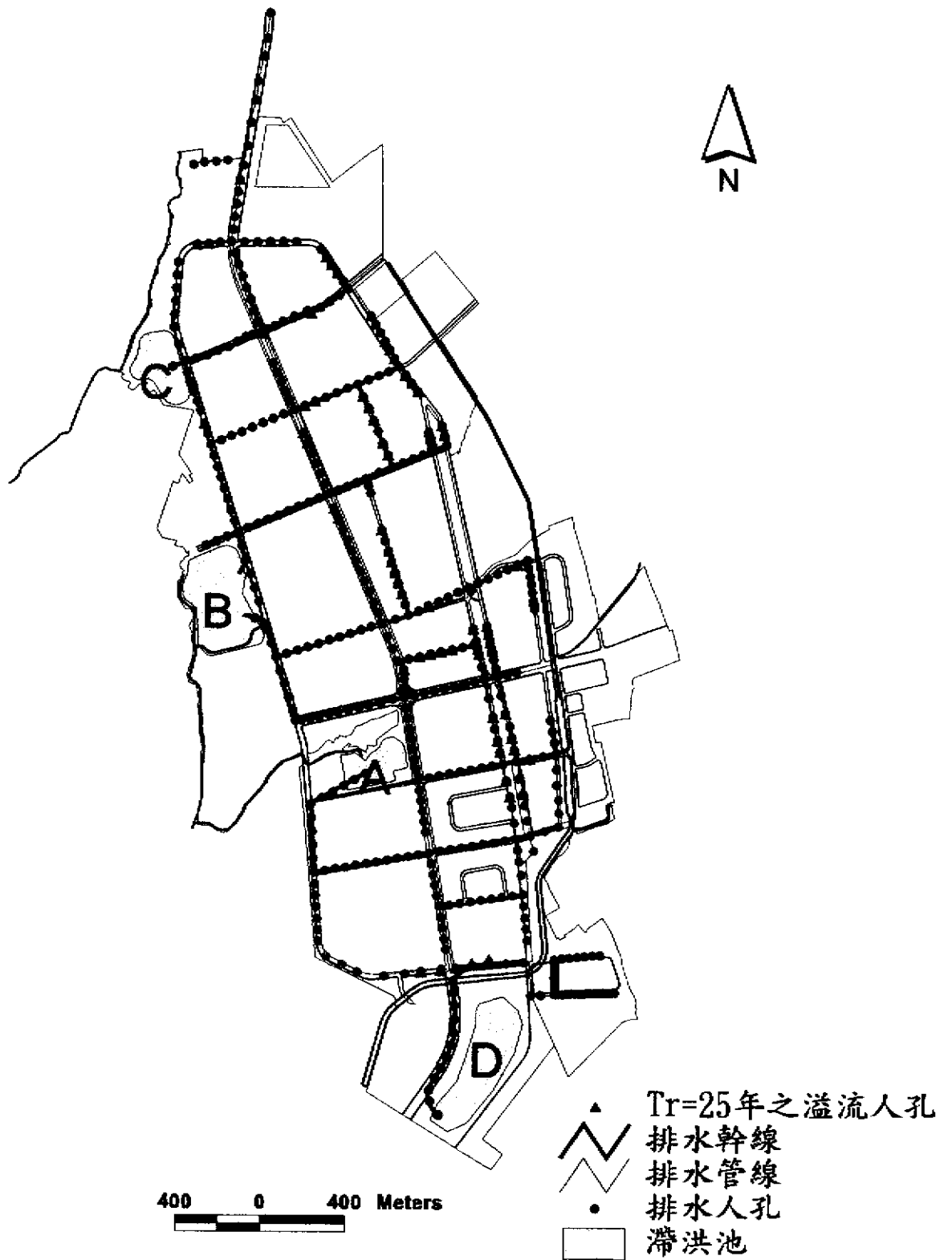


圖 4-6 重現期 25 年降雨之溢流人孔

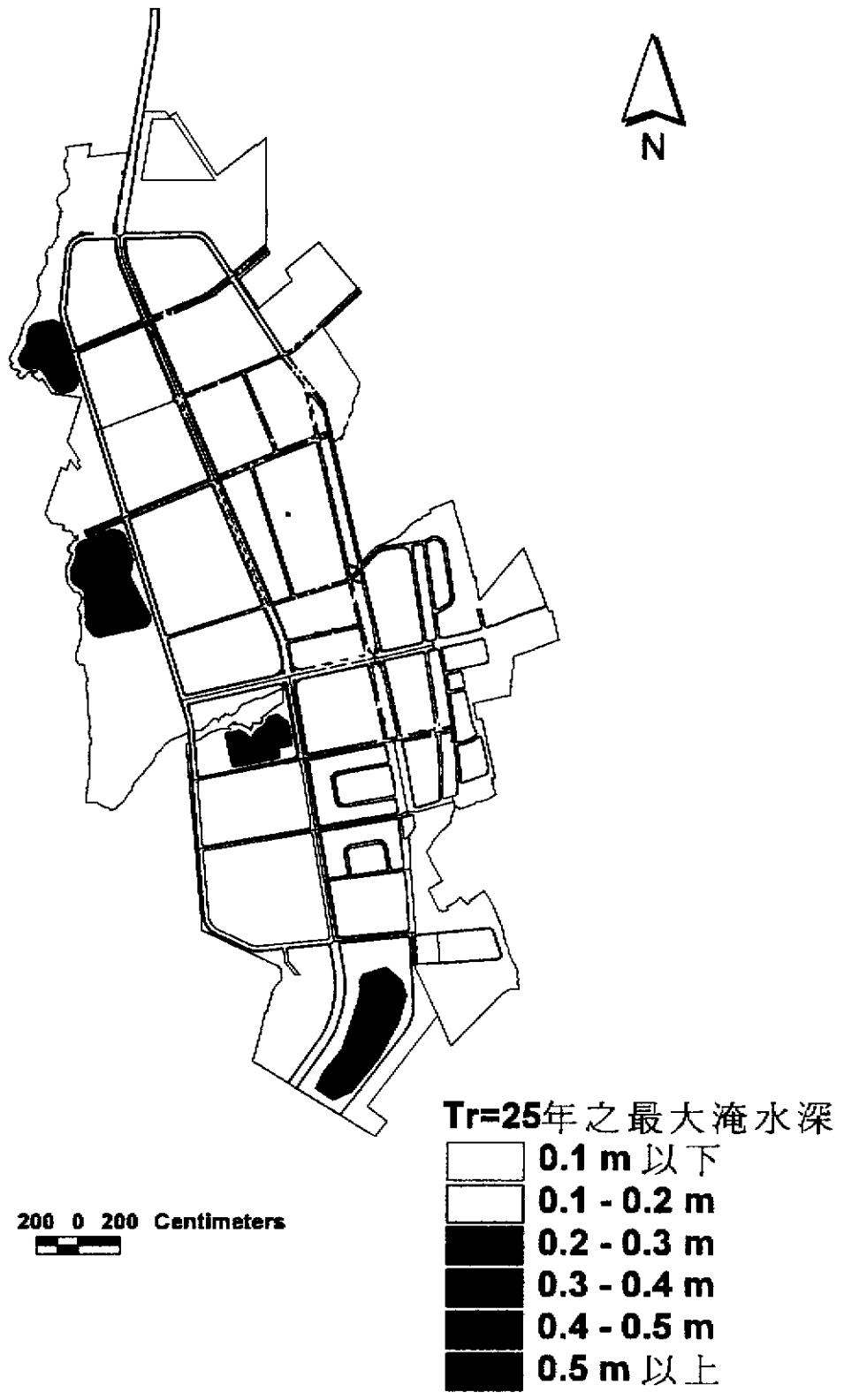
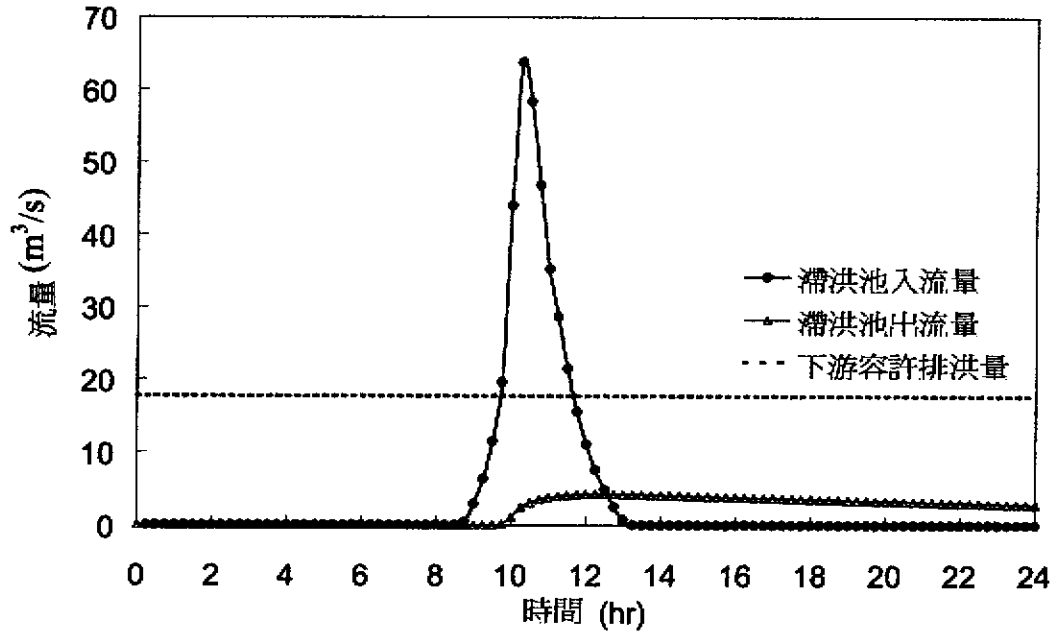
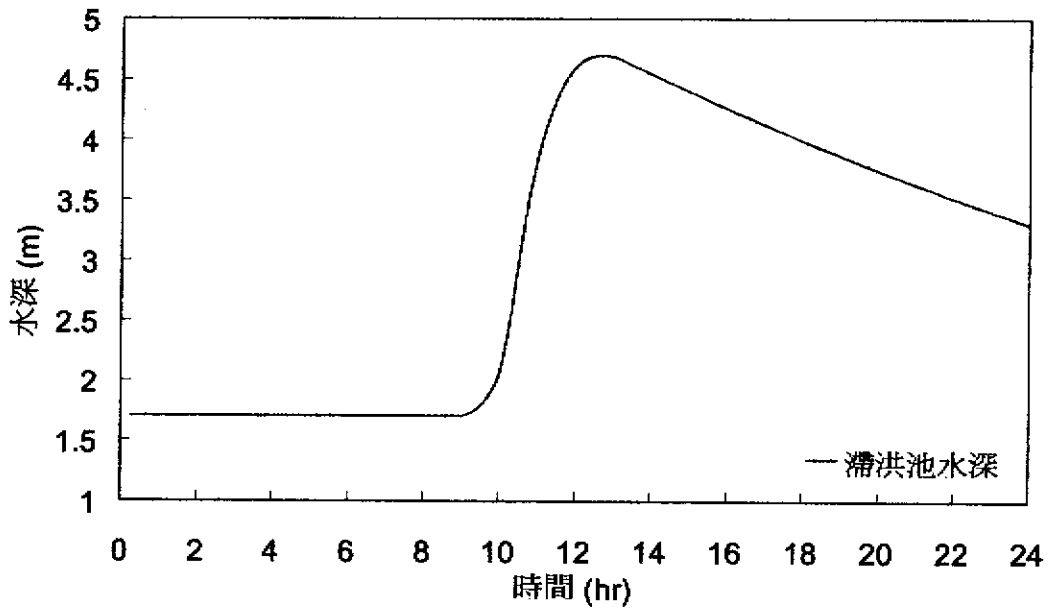


圖 4-7 重現期 25 年降雨之最大淹水深度



(a)

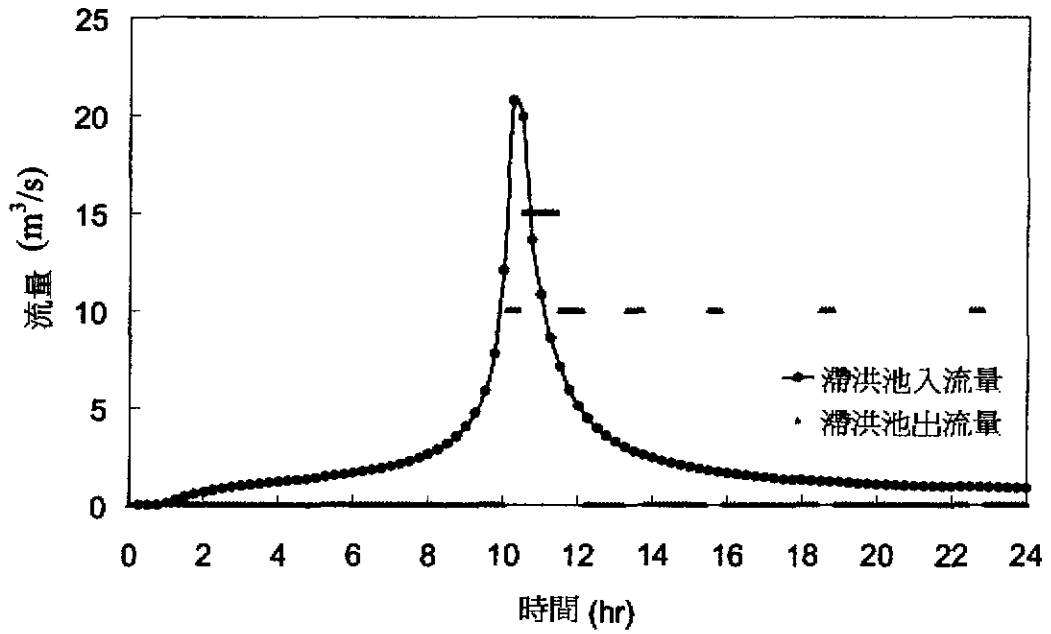


(b)

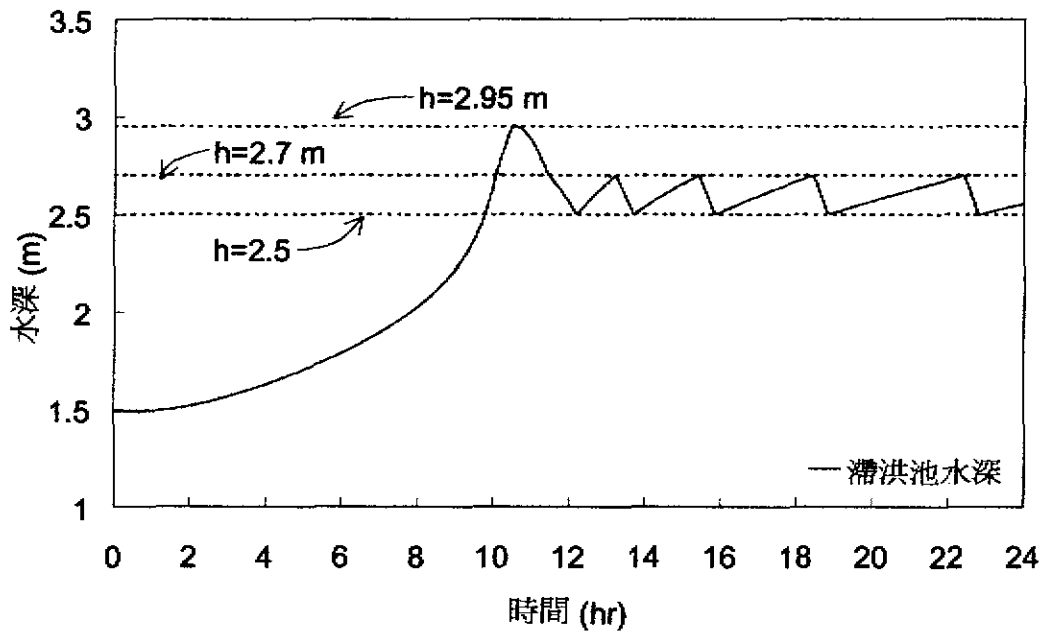
圖 4-8 重現期 25 年降雨之滯洪池 B 歷線

(a)滯洪池 B 的入流、出流歷線

(b)滯洪池 B 水深隨時間變化歷線



(a)



(b)

圖 4-9 重現期 25 年降雨之滯洪池 D 歷線

(a) 滯洪池 D 的入流、出流歷線

(b) 滯洪池 D 水深隨時間變化歷線

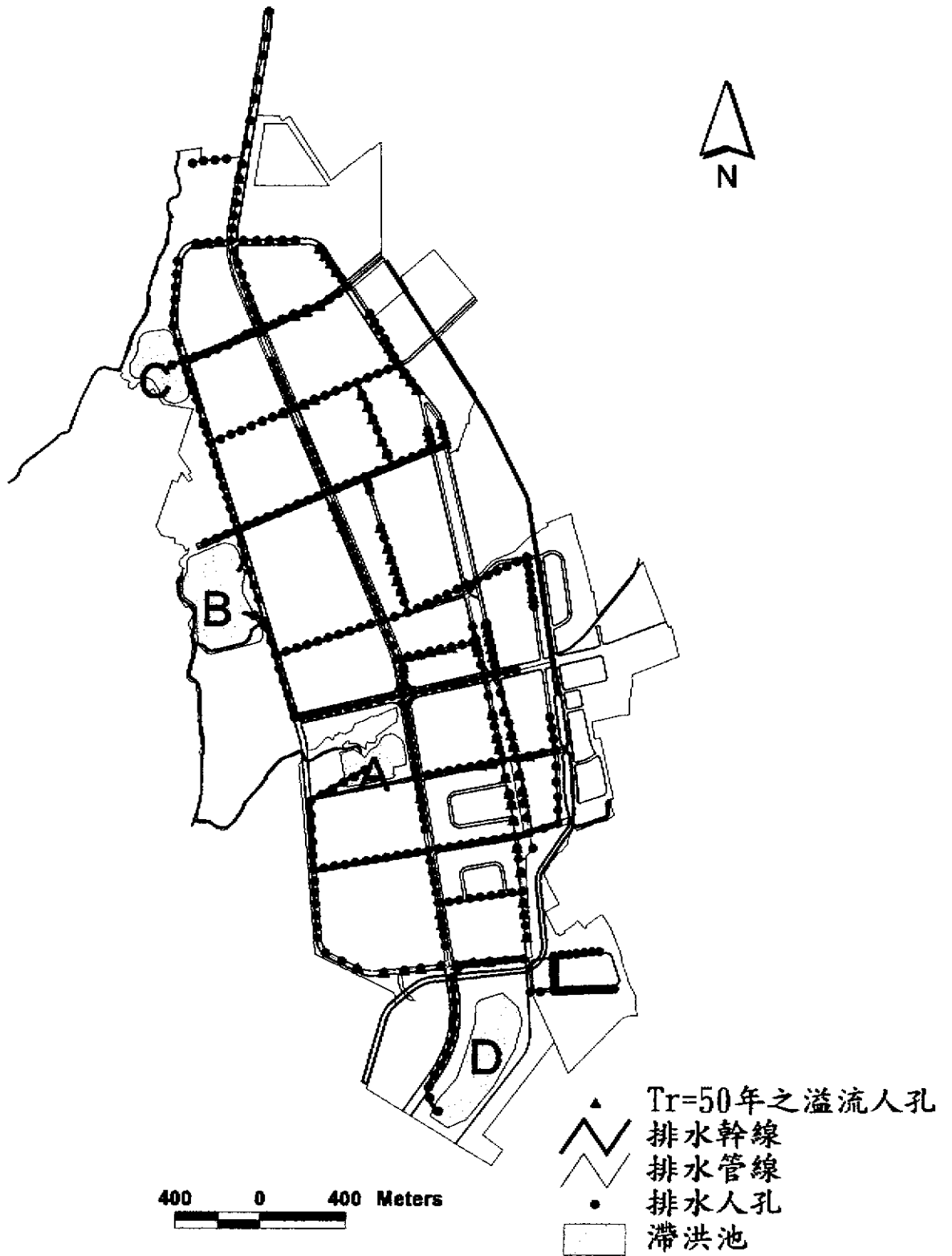


圖 4-10 重現期 50 年降雨之溢流人孔

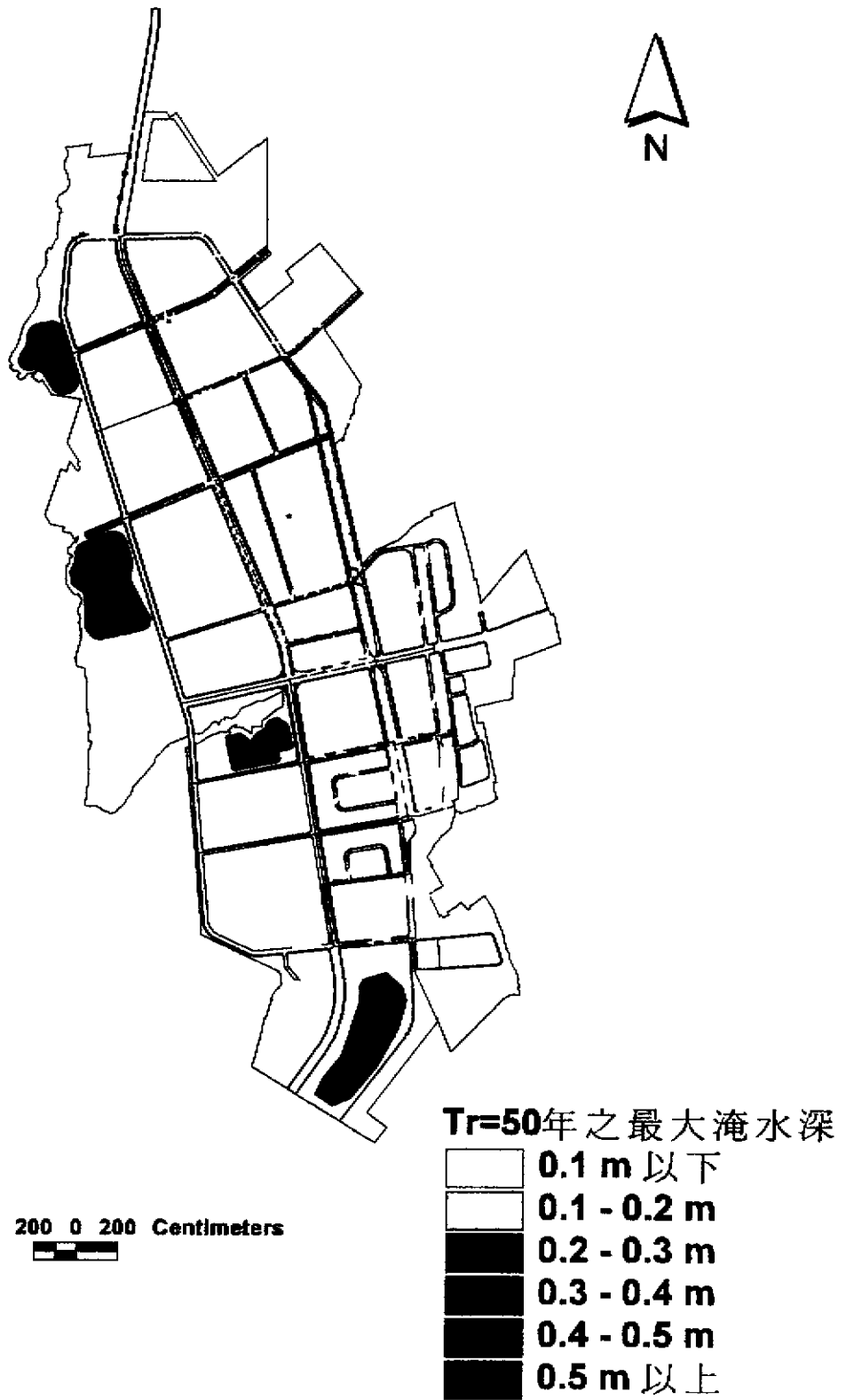
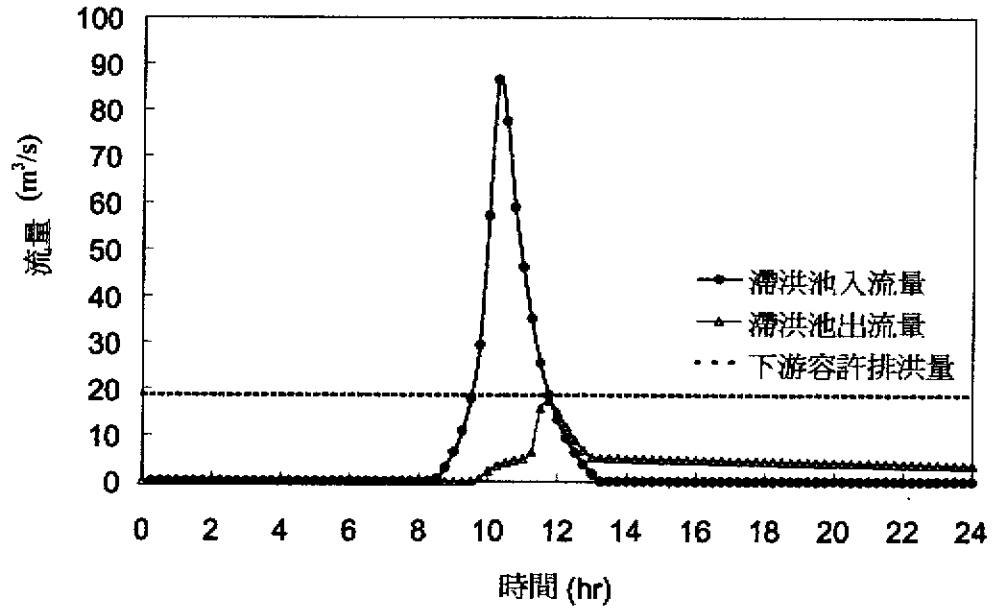
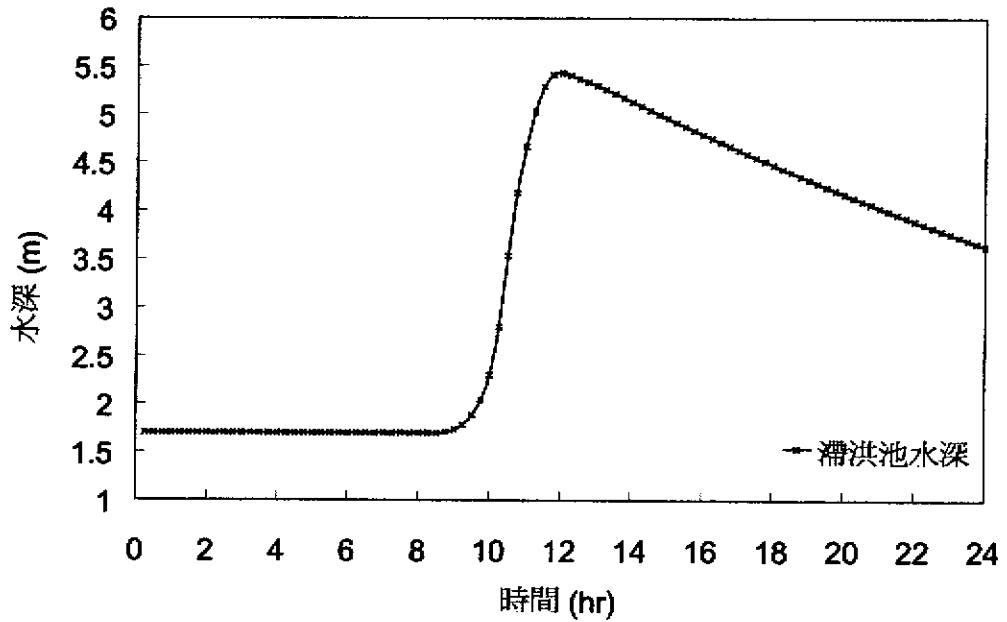


圖 4-11 重現期 50 年降雨之最大淹水深度



(a)

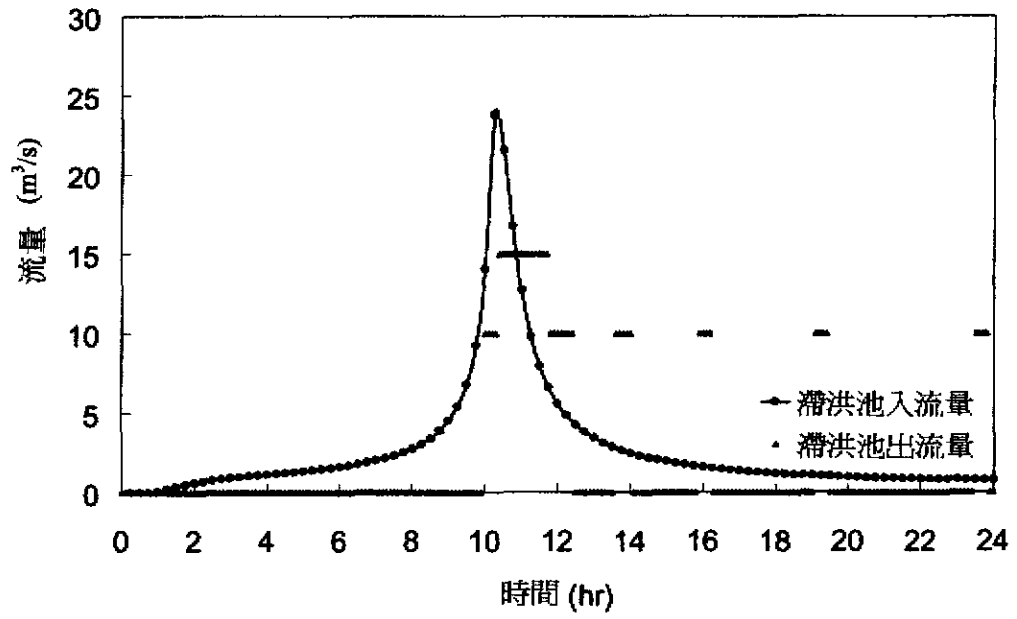


(b)

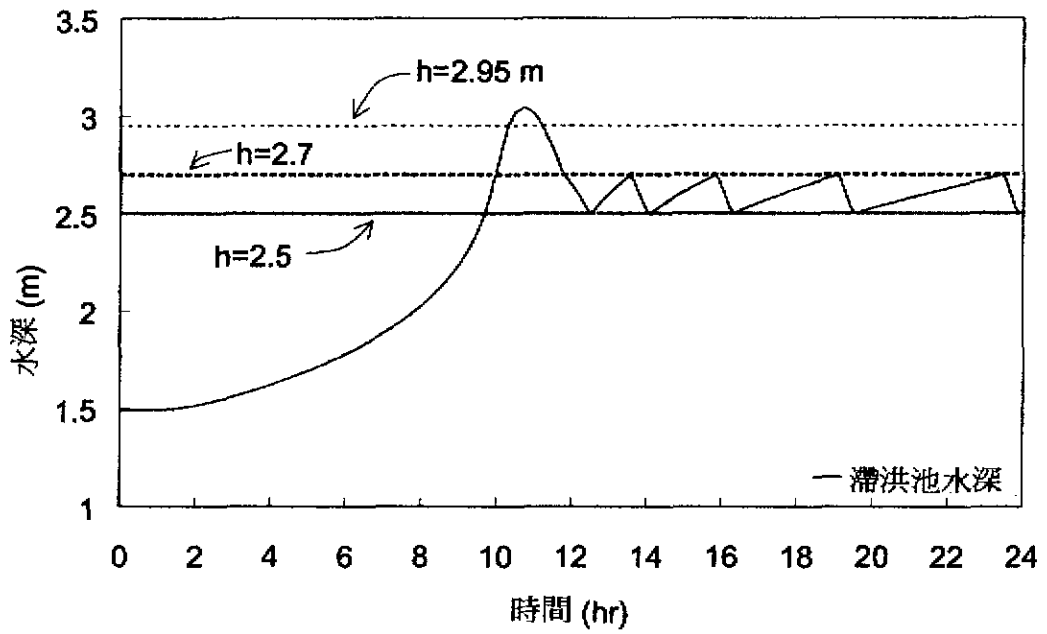
圖 4-12 重現期 50 年降雨之滯洪池 B 歷線

(a)滯洪池 B 的入流、出流歷線

(b)滯洪池 B 水深隨時間變化歷線



(a)



(b)

圖 4-13 重現期 50 年降雨之滯洪池 D 歷線

(a) 滯洪池 D 的入流、出流歷線

(b) 滯洪池 D 水深隨時間變化歷線

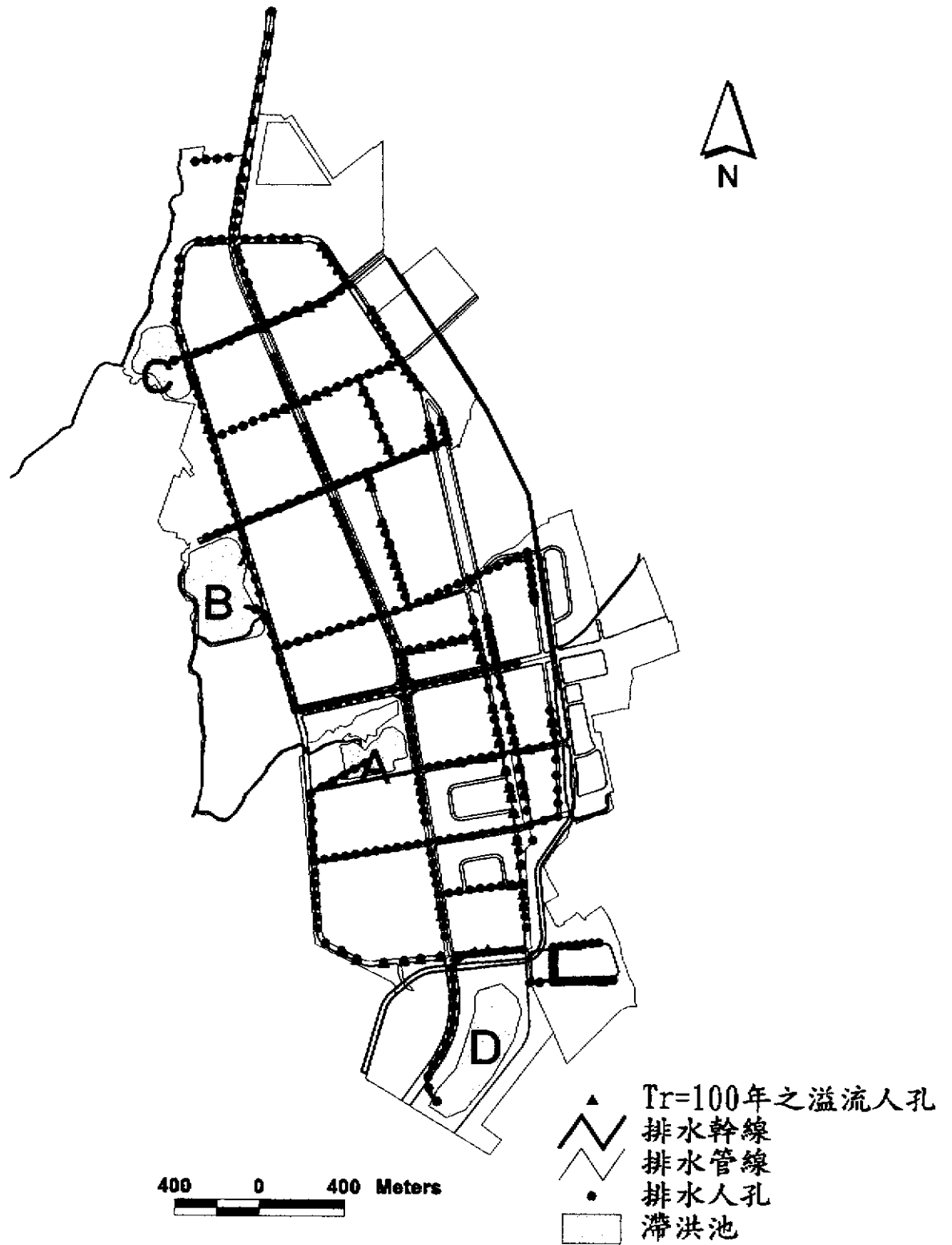


圖 4-14 重現期 100 年降雨之溢流人孔

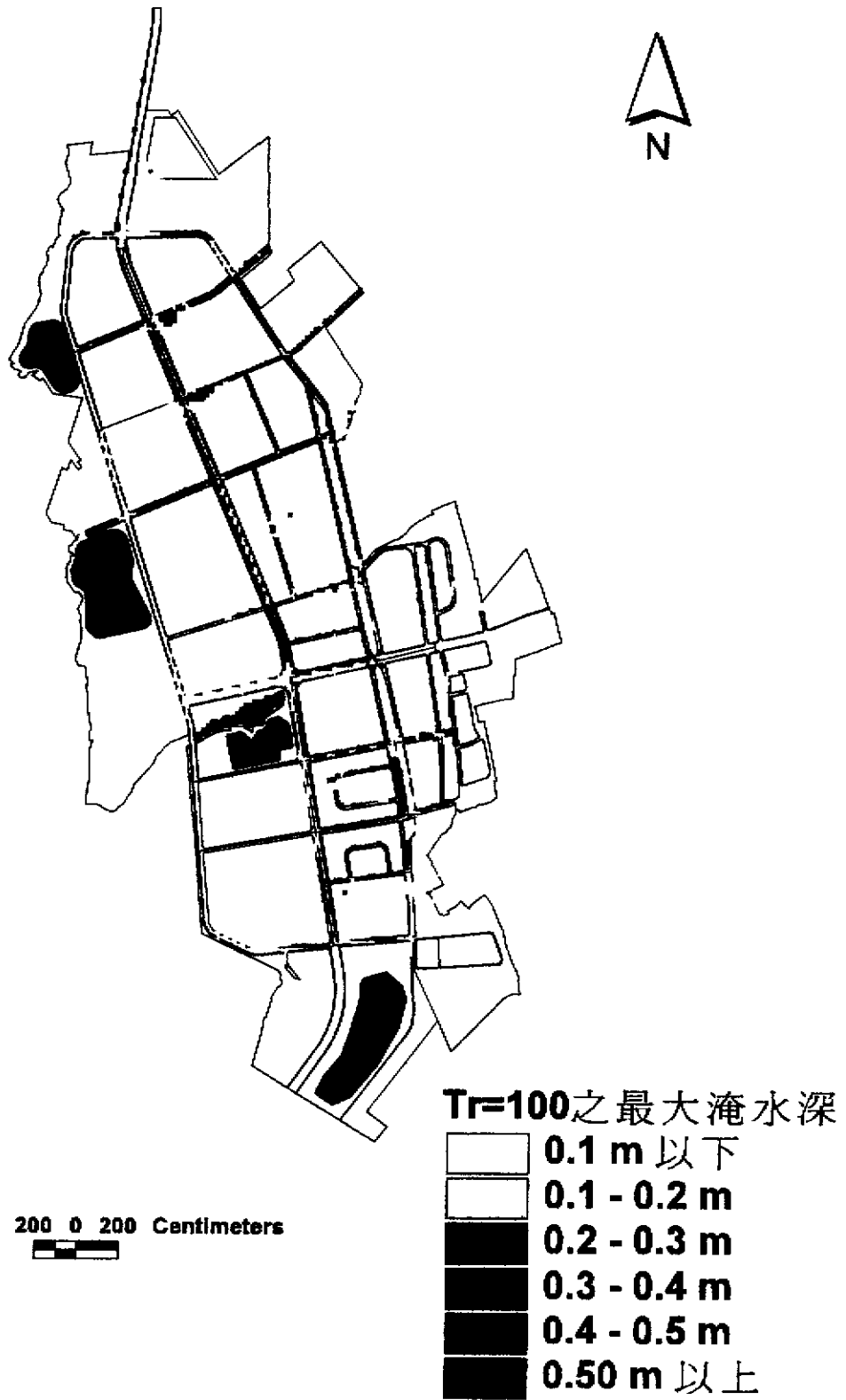
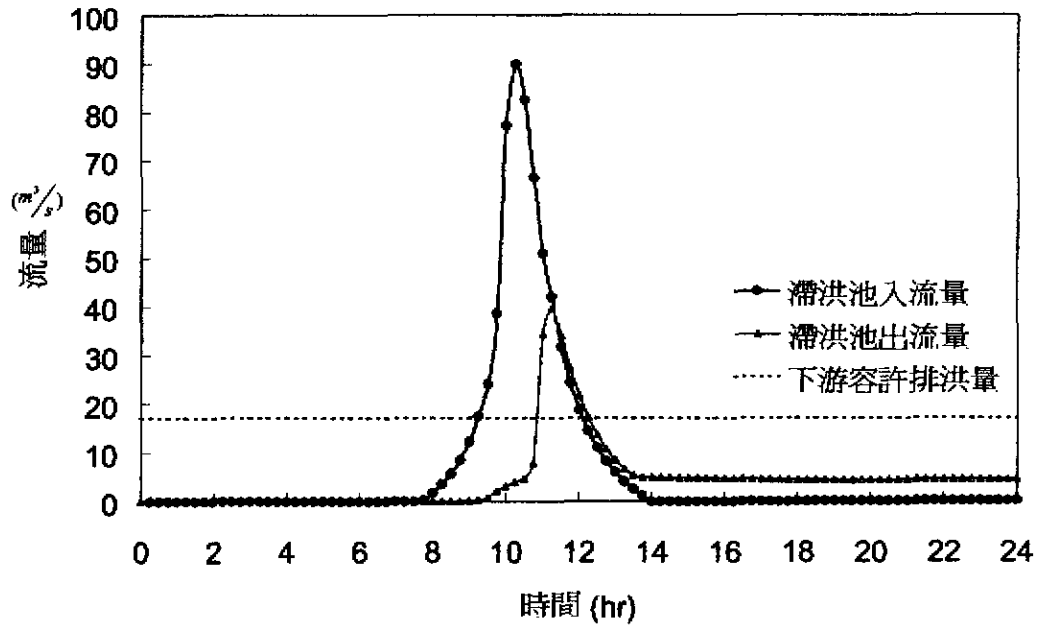
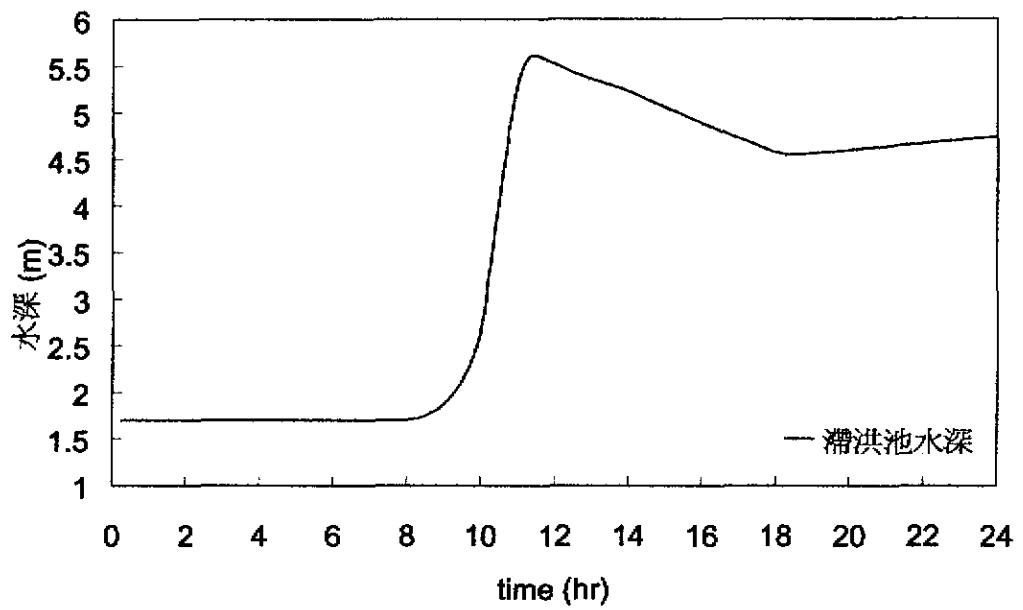


圖 4-15 重現期 100 年降雨之最大淹水深度



(a)

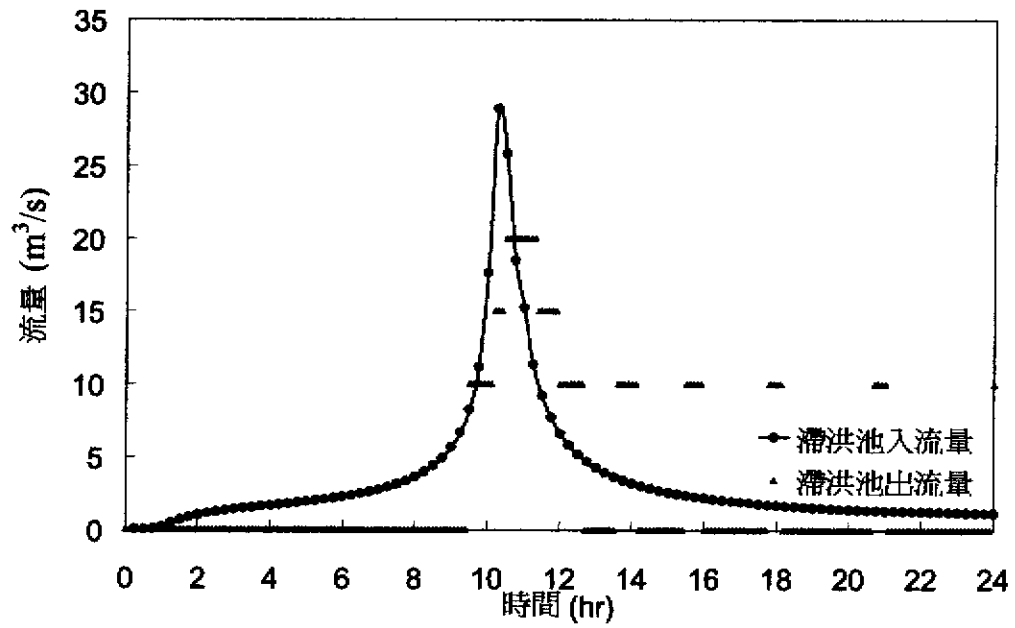


(b)

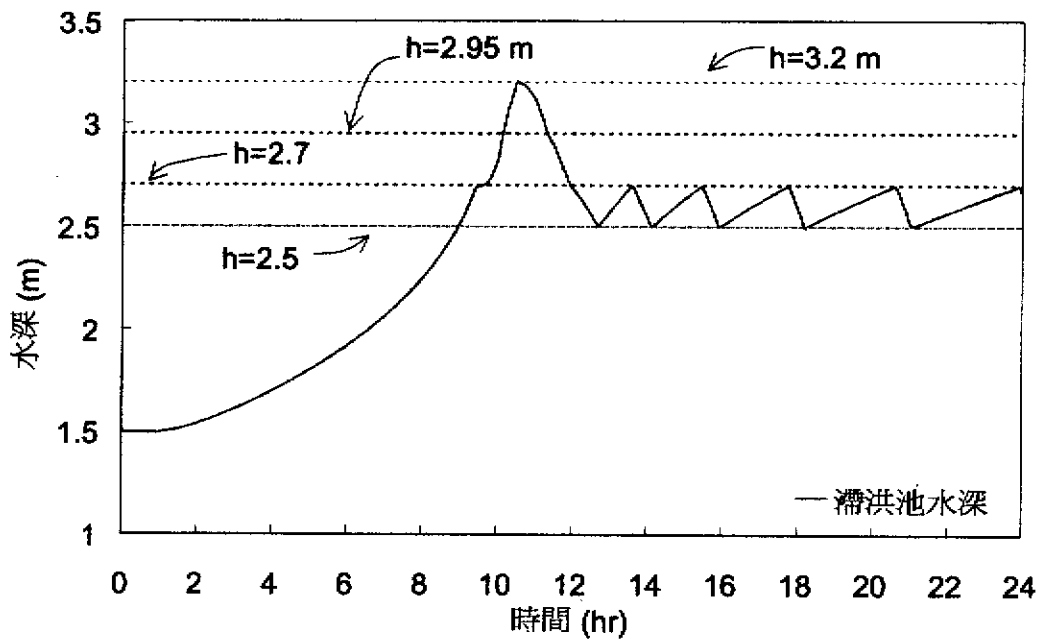
圖 4-16 重現期 100 年降雨之滯洪池 B 歷線

(a)滯洪池 B 的入流、出流歷線

(b)滯洪池 B 水深隨時間變化歷線



(a)



(b)

圖 4-17 重現期 50 年降雨之滯洪池 D 歷線

(a) 滯洪池 D 的入流、出流歷線

(b) 滯洪池 D 水深隨時間變化歷線

附 表

表 2-1 南科園區各集水分區資料

排水分區	集水區編號	流入滯洪池	集水面積 (公頃)
鹽水溪排水路	A	A	100.48
	B	B	325.41
安順寮排水路	C	C	107.11
大洲排水路	D	D	119.67

表 2-2 南科園區不同重期距設計兩型總降雨量及尖峰小時降雨強度

重現期距(年)	25	50	100
總降雨量(mm)	404	434	550
尖峰小時降雨強度(mm/hr)	183	198	250

表 2-3 南科園區整地後高程

地區	整地後高程 (公尺)
滯洪池 C 以東	6.0~7.0
滯洪池 B 以東	5.5~6.5
大洲排水路以東	8.5~9.0
滯洪池 D 以東	6.0~6.5

表 2-4 南科園區內各種土地利用所佔面積比例

土地使用項目	面積 (公頃)	百分比 (%)
(一) 廠房用地 自建廠房 標準廠房	266.08 17.97	40.77 2.75
(二) 公共設施用地 環保設施 通關服務中心 公用事業 停車場	18.64 6.92 16.19 9.44	2.86 1.06 2.48 1.45
(三) 公園	54.73	8.39
(四) 綠地	57.38	8.79
(五) 服務及管理中心用地	11.45	1.75
(六) 住宅社區用地 住宅區 學校用地 社區中心	16.58 5.88 0.55	2.54 1.18 0.09
(七) 生態保護用地	30.00	4.60
(八) 其他設施用地 灌排用地 零售及服務業 道路	13.79 30.03 97.04	2.11 4.60 14.87
合計	652.67	100.00

表 2-5 南科園區排水系統設計標準

排水設施	設計重現期
排水幹線	25 年
排水支線	10 年
滯洪池設計容量	50 年
滯洪池設計出口流量	10 年
截流設施	10 年

表 2-6 南科園區滯洪池設計標準

	滯洪池 A	滯洪池 B	滯洪池 C	滯洪池 D
設計面積 (公頃)	5.0	15.0	5.0	20.0
設計調洪量 (m ³)	133,600	439,400	169,100	300,000
集水面積 (公頃)	100.48	325.41	107.11	119.67
最大出口流量 (cms)	4.9	17.68	4.3	20.0
下游容許排洪量 (cms)	5.7	18.6	5.0	30.4

表 2-7 南科園區滯洪池設計數據資料表 (單位：公尺)

	滯洪池 A	滯洪池 B	滯洪池 C
池底高程	-0.5	-0.5	0.5
正方形孔口箱涵	0.9*0.9	0.9*0.9	0.9*0.9
孔口箱涵底高	1.2	1.2	2.2
溢洪堰底高	4.75	4.2	5.1
溢洪堰頂高	5.5	5.3	6.0
堰寬	18	76	18

表 2-8 滯洪池 D 抽水機基本資料表

抽水機 編號	容量 (cms)	起抽水位 (m)	停機水位 (m)
No.1	5	2.7	2.5
No.2	5	2.7	2.5
No.3	5	2.95	2.7
No.4	5	3.2	2.95

表 4-1 淹水比較表

	重現期 25 年	重現期 50 年	重現期 100 年
溢流人孔 個數	77	102	129
淹水深度 > 0.5 m 的 淹水面積 (公頃)	0.12	0.40	0.92
淹水深度 > 0.15 m 的 淹水面積 (公頃)	5.48	15.64	40.00

表 4-2 滯洪池 B 的滯洪特性比較表

	重現期 25 年	重現期 50 年	重現期 100 年
入流體積 (m ³)	343,215	457,130	581,369
出流體積 (m ³)	183,411	264,673	392,646
洪峰消減 ΔQ (cms)	59.45	69.17	50.27
洪峰稽延 Δt (hr)	2.25	1.50	1.00