

台北都會區淹水區域預測之研究（三）
—子計畫五：台北市中央、汐止、五堵及
新店研究區域

**A Study on Regional Inundation Forecast of Taipei
Metropolitan Area（Ⅲ）**

—Project 5: Taipei Downtown, Shiji, Wudo, and Shindan Area

中華民國八十九年七月

台北都會區淹水區域預測之研究（三）

子計畫五：台北市中央、汐止、五堵及新店研究區域

A Study on Regional Inundation Forecast of Taipei Metropolitan Area （Ⅲ）

—Project 5 : Taipei Downtown, Shiji, Wudo, and Shindan
Area

計畫主持人：許銘熙 國立台灣大學農業工程學系教授

研究人員：張倉榮 國立台灣大學農業工程學系助理教授

鄧慰先 國立台灣大學水工試驗所博士後研究

研究助理：黃成甲 國立台灣大學水工試驗所研究助理

陳宣宏 國立台灣大學農業工程學系博士班研究生

林洙宏 國立台灣大學農業工程學系研究助理

執行單位：國立台灣大學農業工程學系

中華民國八十九年七月

謝 誌

本研究承蒙行政院國家科學委員會經費補助，研究期間蒙經濟部水利處、濟部水利處第十河川局、台北市政府水利科、台北市政府下水道工程科、台北縣政府水利課、中華顧問工程司及中央大學遙測中心等單位提供資料，謹致謝忱。

中 文 摘 要

本研究屬於「台北都會區淹水區域預測之研究」整合型計畫中子計畫五「抽水站與閘門操作對都會區淹水影響之研究」全程三年計畫的第三年計畫，本年度研究區域擴大為台北中央區、台北縣新店市及汐止五堵地區，並完成瑞伯颱風與不同重現期降雨條件在各種不同閘門與抽水站操作方式下之淹水模擬。

本文以台北中央區(含台北市原市區、南港區及文山區)、台北縣新店市及汐止五堵地區為研究對象，在將降雨及流量資料輸入後，配合地文資料與抽水站及閘門之操作情況進行地表淹水與雨水下水道之模擬演算，以87年10月發生之瑞伯颱風作為模式驗證之依據，並完成進行5年、10年、25年、50年、100年及200年單日重現期降雨條件條件下之三種不同抽水站與閘門操作情況下之地表淹水模擬，包括(1)所有抽水站與疏散閘門均正常操作，(2)新生、雙園及撫遠抽水站無法正常操作，(3)淡水河三號、基隆河四號及基隆河九號疏散閘門未及時關閉等三種情況，研究結果顯示出本模式具有良好之精度，並可提供水利相關單位研擬水災防救措施。

關鍵詞：抽水站，閘門，雨水下水道系統，地表淹水

Abstract

This is a third year study result of project 5 "The Influence of Pumping-Station and Flood-Gate Operations on Regional Inundation of Metropolitan Area" for the three-year term integrated project "A Study on Regional Inundation Forecast of Taipei Metropolitan Area." The study area is enlarged in the third year study and contains the Central District, Hsien-Ten city and Shi-Ji city. The urban inundation model is applied to simulate the surface inundation in the study area for the Typhoon Zeb event and under the 24-hour design rainfalls of different return periods with the operation of pumping stations and flood-gates.

The study area located in the heart of Metropolis Taipei is selected as the study area, which includes Taipei Downtown, Hsien-Tehn city and Shi-Ji city of Taipei County. The rainfall data, geographic features, capacity of pumping station and flood gate operations are input for numerical simulations. The Typhoon Zeb event occurred in Oct 1998 is used for model verification. The urban inundation model is applied to simulate the surface inundation in the study area under the 24-hour design rainfalls of 5-, 10-, 25-, 50-, 100-, and 200-yr return periods. Three sets of scenario simulation including (1) all of the pumping stations and flood gates are in the condition of normal operation, (2) Shinshan, Shunyuan, and Foyuan pumping stations fail to operate, (3) Tansui No. 3, Keelung No. 4, and No. 9 floodgates cannot be turned off in time. The results are compared to be in good accuracy and assist the authorities concerned in proposing strategies for flood hazard mitigation plans.

Keywords: Pumping-station, Flood-gate, Sewer system, Surface inundation.

目 錄

謝誌	I
中文摘要	II
Abstract	III
目錄	IV
圖錄	VII
表錄	X
第一章 前言	1
1-1 研究目的	1
1-2 過去相關研究	3
第二章 研究方法	6
2-1 一維河系變量流模式	6
2-1-1 基本方程式	6
2-1-2 數值方法	8
2-1-3 邊界條件	9
2-2 二維漫地流淹水模式	10
2-2-1 基本方程式	10
2-2-2 數值方法	11
2-2-3 初始及邊界條件	13
2-3 雨水下水道模式	14
2-4 山區逕流模式	14

2-5	地表漫地流出口與河川之匯流	14
2-5-1	重力排水情況	15
2-5-2	抽水站抽水操作情況	19
2-6	模式之銜接	19
第三章 資料之整理與輸入		21
3-1	模擬區域	21
3-2	雨型雨量資料	22
3-2-1	設計雨型	22
3-2-2	暴雨降雨量之頻率分析	23
3-3	地形資料	24
3-3-1	DTM數值地形資料	24
3-3-2	土地利用資料	24
3-3-3	地理資料庫之建立	24
3-3-4	資料之處理	25
3-4	抽水站與閘門資料	25
3-5	雨水下水道系統資料	26
3-5	河川斷面資料	26
第四章 模式檢定與驗證		27
4-1	驗證事件瑞伯颱風簡介	27
4-2	模式驗證	27
第五章 模式之應用		29

5-1 台北市中央區.....	29
5-1-1 所有抽水站與疏散閘門均正常操作	29
5-1-2 新生、雙園及撫遠抽水站無法正常操作	31
5-1-3 淡水河三號、基隆河四號及九號閘門未及時關閉	32
5-2 台北縣新店區.....	33
5-3 台北縣汐止五堵地區.....	33
第六章 結論與建議.....	35
6-1 結論.....	35
6-2 建議.....	36
參考文獻	38
附圖	42
附表	74

圖 錄

圖2-1	自由堰流與潛沒堰流示意圖	42
圖2-2	孔口流示意圖	43
圖2-3	流量計算流程圖	44
圖3-1	台北市中央區模擬區域	45
圖3-2	台北縣新店地區模擬區域	46
圖3-3	台北縣汐止五堵地區模擬區域	47
圖3-4	五堵雨量站設計雨型圖	48
圖3-5	台北市中央區抽水站、下水道人孔及疏散閘門位置示意圖 ...	49
圖4-1	瑞伯颱風台北市中央區調查淹水範圍圖	50
圖4-2	瑞伯颱風台北市中央區模擬淹水範圍圖	51
圖4-3	瑞伯颱風汐止地區模擬淹水驗證圖	52
圖5-1	台北市中央區模擬淹水範圍(5年重現期降雨，所有抽水站與 疏散閘門均正常運作)	53
圖5-2	台北市中央區模擬淹水範圍(10年重現期降雨，所有抽水站 與疏散閘門均正常運作)	54
圖5-3	台北市中央區模擬淹水範圍(25年重現期降雨，所有抽水站 與疏散閘門均正常運作)	55
圖5-4	台北市中央區模擬淹水範圍(50年重現期降雨，所有抽水站 與疏散閘門均正常運作)	56
圖5-5	台北市中央區模擬淹水範圍(100年重現期降雨，所有抽水站 與疏散閘門均正常運作)	57

圖5-6	台北市中央區模擬淹水範圍(200年重現期降雨，所有抽水站與疏散閘門均正常運作).....	58
圖5-7	台北市中央區模擬淹水範圍(25年重現期降雨，新生、雙園及撫遠抽水站無法正常操作)	59
圖5-8	台北市中央區模擬淹水範圍(50年重現期降雨，新生、雙園及撫遠抽水站無法正常操作).....	60
圖5-9	台北市中央區模擬淹水範圍(100年重現期降雨，新生、雙園及撫遠抽水站無法正常操作).....	61
圖5-10	台北市中央區模擬淹水範圍(200年重現期降雨，新生、雙園及撫遠抽水站無法正常操作).....	62
圖5-11	台北市中央區模擬淹水範圍(100年重現期降雨，淡水河三號、基隆河四號及基隆河九號疏散閘門未及時關閉).....	63
圖5-12	台北市中央區模擬淹水範圍(200年重現期降雨，淡水河三號、基隆河四號及基隆河九號疏散閘門未及時關閉).....	64
圖5-13	台北縣新店區模擬淹水範圍(5年重現期降雨).....	65
圖5-14	台北縣新店區模擬淹水範圍(10年重現期降雨).....	66
圖5-15	台北縣新店區模擬淹水範圍(25年重現期降雨).....	67
圖5-16	台北縣新店區模擬淹水範圍(50年重現期降雨).....	68
圖5-17	台北縣新店區模擬淹水範圍(100年重現期降雨).....	69
圖5-18	台北縣新店區模擬淹水範圍(200年重現期降雨).....	70
圖5-19	台北縣汐止五堵區模擬淹水範圍(5年重現期降雨).....	71
圖5-20	台北縣汐止五堵區模擬淹水範圍(10年重現期降雨).....	71
圖5-21	台北縣汐止五堵區模擬淹水範圍(25年重現期降雨).....	72
圖5-22	台北縣汐止五堵區模擬淹水範圍(50年重現期降雨).....	72

圖5-23 台北縣汐止五堵區模擬淹水範圍(100年重現期降雨).....	73
圖5-24 台北縣汐止五堵區模擬淹水範圍(200年重現期降雨).....	73

表 錄

表3-1	瑞伯颱風降雨量(中正橋站).....	74
表3-2	瑞伯颱風降雨量(五堵站).....	75
表3-3	各重現期24小時延時降雨量(單位：mm)	76
表3-4	台北市中央區抽水站資料	76
表3-5	台北市中央區疏散閘門一覽表	77
表4-1	瑞伯颱風台北市中央區淹水調查表	78
表5-1	不同降雨強度下閘門進出流量表(單位：cms).....	80

第一章 前言

1-1 研究目的

台灣河川坡陡水急，集流時間短，下游多為平原，且由於夏秋兩季，受颱風及西南氣流之影響，常有颱風雨或暴雨，造成河川中下游地區嚴重的水患，平均每年損失達百億元，其中一半為水利工程相關損失，且災害損失有隨經濟發展而增加之趨勢。洪災除造成鉅量之財務損失及引起災區衛生、交通、電訊等問題外，另可能引發社會不安、民怨，甚至生命安全之損失。而近年來由於都會區人口密度增加，土地需求殷切，河川沿岸地勢低窪之邊際土地多被開發利用，相對洪災所可能造成之損失大幅提高，故如何做好洪水災害防治工作實為水利工程相關研究之重要課題。

台北都會區為一盆地地形，外圍山區環繞縣市境，佔全縣市面積約二分之一，內部盆地區背山臨河，地勢低窪，故盆地內之淡水河系由外向內呈放射狀走向。淡水河及其主要支流新店溪、大漢溪、基隆河匯流於盆地內，都會區內地勢由南逐漸向北降低，坡度約千分之一，區內人口總數達607萬人（包含台北縣344萬人與台北市263萬人）。「台北地區防洪計畫」自民國七十一年實施至今，雖已大部份完成，但由於部份抽水站及相關雨水下水道排水工程仍在進行，並未能完全發揮原先設計功能。如民國85年8月賀伯颱風、民國86年8月溫妮颱風及民國87年10月瑞伯、芭比絲颱風，河川堤防無溢堤情事發生，但仍造成台北都會區嚴重之區域水患，除鉅額的財務損失外，災後更耗費大量的人力、物力及金錢進行災後復建工作。可見目前以築堤約束洪水之工程方法，雖有助於

減少災害規模，但仍無法解決低窪地區之水患問題。由於都會區內人口密集，地勢低窪，為有效利用土地，必須透過許多人工排水防洪設施，如閘門、抽水站、滯洪池及雨水下水道系統等，以防範水患。過去傳統的二維漫地流淹水模式，無法考慮上述諸多防洪排水設施的操作影響，以致模擬結果與實際淹水情形常有所出入。

本研究計畫屬於「台北都會區淹水區域預測之研究(三)」整合型計畫之子計畫五，本研究於第一年計畫已完成模式之建立及驗證，以台北縣板橋和地區為主要研究地區，利用民國八十五年賀伯颱風記錄做為模式之驗證，並探討重現期100年與200年洪水發生時，不同抽水站與閘門操作方式對板橋和地區淹水區域、深度之影響。第二年計畫之研究區域為台北市中央區，針對抽水站與閘門操作，對台北中央區淹水影響進行研究，以模擬及預測市區淹水情況，使低窪地區之居民及行政機關得先了解淹水情況，提早防範及提出應變措施。本研究第三年計畫增加都市下水道排水系統對淹水之影響，研究區域並擴大為台北中央區、台北縣新店市及最近飽受淹水之苦的汐止、五堵區。針對前述問題將一維河川變量流動力波模式、二維漫地流淹水模式與閘門及抽水站之操作加以結合，並納入山區逕流與都市雨水下水道系統，以期能更正確模擬研究區域淹水情形，提供政府相關單位做為設施檢討改善工程、制訂防救災措施及規劃緊急逃生避難路線決策支援之用。目前已完成瑞伯颱風與5年、10年、25年、50年、100年及200年重現期降雨條件在各種不同閘門與抽水站操作方式下之淹水模擬，並加強各子計畫間資料之整合，達成總計畫所規劃之研究目標。

1-2 過去相關研究

本文內容主要分成一維河川變量流動力波模式、二維漫地流淹水模式及都市雨水下水道模式等部分。有關河川洪水演算模式方面之研究，顏氏、許氏等在民國72年到民國75年期間從事淡水河洪水演算模式之一系列研究，分別為二重疏洪道完成後之洪流模式之建立與驗證，結合集水區降雨逕流模式將逕流量以側流方式納入河川洪水演算中，完成了全流域洪水演算數值模式以及堤防潰決洪流模式之建立^[1,2,3,4]。另外，顏氏、許氏在民國72年間曾接受台北市政府之委託，從事有關基隆河水理特性之研究，探討基隆河水流與沈澱之運移情況^[5]。在民國73年曾接受台灣省水利局之委託，建立一曾文溪洪水演算模式，並考慮堤防溢頂之情況，以探討曾文溪水庫洩洪對下游流域之影響^[6]

在二維漫地流淹水模式方面，國內顏氏等於民國75年曾經分別利用單純顯式與交替方向顯式等兩種差分法，建立二維零慣性數值模式以模擬三重、蘆州地區萬一堤防潰決後洪流在洪氾區之流況^[4]。另外成功大學蔡氏也有這方面研究^[7]。楊氏等曾利用有限元素法探討流域漫地流水理特性^[8]。吳氏於民國八十二年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^[9]。許氏等於民國八十五年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^[10]，以及於民國八十五年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^[11]，並於民國八十六年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^[12,32]。另外，許氏等於民國八十七年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，將地表漫地流出口與河川匯流之流量及抽水站與閘門操

作納入考慮，以同時進行河川洪水及地表淹水之模擬^[13]，許氏等於民國八十九年將都會區下水道系統納入二維零慣性波淹水模式中，以模擬都會區淹水情形^[33]，張氏等於民國八十九年針對不同格網大小、填土及堤防的構築進行二維零慣性漫地流淹水模式的探討^[34]。國外方面，Preissmann與Cunge^[16]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^[17]。另Balloffet^[18]，Xanthopoulos^[19]，Katopodes^[20,21]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^[22]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^[23]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等^[24]利用 stagger scheme 模擬二維洪水波傳遞動態。Garcia等^[25]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。這些研究皆可做為本文中淹水模式發展之參考。

在都市雨水下水道模式部份，一般採用美國環保署所發展之都市暴雨經理模式(SWMM，Storm Water Management Model)^[26]來模擬台北市區雨水下水道排水系統之水流情形。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，顏氏等^[14]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。

有關雨型方面之研究，Huff^[27]首先提出平均雨型理論。Pilgrim及Cordery^[28]利用各降雨時段之平均值級序建立雨型。另Yen及Chow^[29]則使用簡單之三角型雨型，應用在小集水區中，並得到良好之驗證。在國內方面，顏氏等^[14]利用無因次移動平均法理論建立台北地區之設計雨型，以做為台北市捷運系統排水設計之參考。另外林與張氏^[15]再進一步將此理論應用於建立全台灣地區之設計雨型。

第二章 研究方法

本文主要在模擬台北都會區因河川水位高漲或暴雨宣洩不及所造成之淹水情況。上游山區因地勢高坡度陡，降雨產生之逕流量會快速流入中、下游台北盆地地區，故使用山區逕流模式計算上游地區逕流量。中、下游之台北都會盆地地區，因「台北地區防洪計畫」已完工，構築有保護二百年重現期洪水之高標準堤防，河水溢岸氾濫之現象已屬罕見，故假設若降雨量在不大於堤防設計保護標準條件下，堤防均不會有潰決之情形發生。因此，台北都會盆地地區可依其水系與高保護堤防之分佈，分為台北市中央區(含台北市原市區、南港區及文山區)、內湖大直區、士林北投區、汐止五堵區、新店區、三重蘆洲區、新莊泰山區(含樹林)及板橋雙和區(含土城)等八個淹水模擬區。其中，本子計畫負責進行台北市中央區、新店區及汐止五堵區之淹水模擬。

堤防內地區地勢平坦，暴雨漫地流會形成淹水，且其淹水情況受抽水站、閘門操作及雨水下水道排水系統之影響，故須分開處理堤防內地表漫地流、抽水站操作與下水道排水系統，分別採用山區逕流模式、二維漫地流淹水模式(含抽水站操作)與雨水下水道排水模式來模擬，並進行各模式的結合。另外，在考慮閘門操作對都會區淹水範圍之影響時，需要再考量河川內同一時刻外水位之互動關係，故加入一維河系變量流演算在模式中。

2-1 一維河系變量流模式

2-1-1 基本方程式

河川之洪流演算係採用一維渠道變量流之動力波傳遞理論為依據，即利用迪聖凡納氏（de Saint Venant）所導出之緩變量流方程式來描述河川中水流之動態：

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial X} - q_n = 0 \quad (2-1-1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial X} \left(\frac{Q^2}{A} \right) - gA \left(S_0 - \frac{\partial Y}{\partial X} - S_f \right) - q_n V_1 = 0 \quad (2-1-2)$$

式中， A ：河川通水斷面積 $[\text{m}^2]$ ；

Q ：河川流量 $[\text{m}^3/\text{s}]$ ；

q_n ：單位河川長度之側入流量 $[\text{m}^3/\text{s}]$ ；

t ：時間座標 $[\text{sec}]$ ；

X ：沿水流方向之距離座標 $[\text{m}]$ ；

g ：重力加速度 $[9.8\text{m}^2/\text{s}]$ ；

S_0 ：河川底床坡度 $[0]$ ；

Y ：河川之水深 $[\text{m}]$ ；

S_f ： $n^2 Q |Q| / A^2 R^{4/3}$ ，摩擦坡度 $[0]$ ；

R ：水力半徑 $[\text{m}]$ ；

n ：河床之曼寧糙度係數 $[\text{m}^{1/6}]$ ；

V_1 ：河川側流平均流速在水流方向之分量 $[\text{m}/\text{s}]$ ；

(2-1-1)式與(2-1-2)式分別表示水流之連續及動量方程式，(2-1-1)式係表示在一單位長度控制體積中，通過該體積之淨流量 $(-\frac{\partial Q}{\partial X} + q_n)$ 等於該控制體積內所含水體積之變化率 $(\frac{\partial A}{\partial t})$ 。(2-1-2)式表示在一控制體積中，沿 X 方向之外力總和等於該控制體積中動量對時間之變化率，其外力包括單位質量之重力 (gS_0) ，壓力梯度 $(-g\frac{\partial Y}{\partial X})$ 與摩擦阻力 $(-gS_f)$ 等。(2-1-2)式

中，假設溢流之瞬間，其沿X方向之溢流速度與河槽之平均速度(Q/A)相同。

2-1-2 數值方法

(2-1-1)與(2-1-2)式為雙曲線型偏微分方程式，在天然河川中其應變數(Q 、 A 或 Y)通常無法利用(2-1-1)與(2-1-2)式直接求解，須利用數值方法方能解得。本文中利用非線性隱式差分法求解各時段之水深與流量。若以 f 表示欲求解之因變數(包括 Q 或 A)，依非線性四點完全隱式差分法寫成差分式如下：

$$f = \frac{1}{2}(f_{j+1}^{i+1} + f_j^{i+1})$$

$$\frac{\partial f}{\partial X} = \frac{1}{\Delta X}(f_{j+1}^{i+1} - f_j^{i+1}) \quad (2-1-3)$$

$$\frac{\partial f}{\partial t} = \frac{1}{2\Delta t}[(f_{j+1}^{i+1} - f_{j+1}^i) + (f_j^{i+1} - f_j^i)]$$

式中 i ， j 分別代表時間與空間座標指數； $\Delta X = X_{j+1} - X_j$ ，為河川相鄰

斷面之距離； $\Delta t = t^{i+1} - t^i$ ，為演算時距。

將(2-1-3)式代入(2-1-1)與(2-1-2)式中，即可將任意兩斷面間(X_{j+1} ， X_j)之連續及動量方程式表示成：

$$F_j(Q_{j+1}^{i+1}, Y_{j+1}^{i+1}, Q_j^{i+1}, Y_j^{i+1}) = 0$$

$$G_j(Q_{j+1}^{i+1}, Y_{j+1}^{i+1}, Q_j^{i+1}, Y_j^{i+1}) = 0 \quad (2-1-4)$$

$$j = 1, 2, 3, \dots, N-1$$

因每兩個斷面間就可建之一組如(2-1-4)式之關係式，若將河川分為N站，欲求解之變數共有2N個，(2-1-4)式可得2(N-1)個差分式，再配合上、下游邊界條件，即有2N個方程式，故可解得2N個應變量。但(2-1-4)式所組成之聯立方程組為非線性，須利用疊代法求解。模式中採用牛頓-瑞福生法(Newton-Raphson method)逐次修正以逼近真解，即(2-1-4)式可表成：

$$\begin{aligned} [Q_j^{i+1}]_{k+1} &= [Q_j^{i+1}]_k + [\Delta Q_j]_k \\ [Y_j^{i+1}]_{k+1} &= [Y_j^{i+1}]_k + [\Delta Y_j]_k \end{aligned} \quad (2-1-5)$$

上式中k代表疊代次數， ΔQ_j 及 ΔY_j 表每次疊代修正量。(2-1-5)式中依河川斷面順序展開可得一 $2N \times 2N$ 之方矩陣。若邊界條件已知，則(2-1-5)式可利用消去法求解之，模式中採樞紐列之高斯消去法(Gauss elimination method with pivot row)解此矩陣。

檢驗每一次求得之 $\frac{\Delta Q_j}{Q_j^{i+1}}$ 和 $\frac{\Delta Y_j}{Y_j^{i+1}}$ ，其值若小於一微小值(模式中設定為0.01)則 Q_j^{i+1} 和 Y_j^{i+1} 即為所求之解，依此方法可求得各斷面之流量及水深，本模式為隱式法具有良好之穩定性，文中採用 $\Delta t=3600$ 秒，最多只需要4次疊代即可求得未知數 Q_j^{i+1} 及 Y_j^{i+1} 。在主支流匯流處則考慮匯流處主支流水位相等及進出匯流處間流量之平衡，建立匯流條件以求解各斷面之水深及流量^[4]。

2-1-3 邊界條件

(2-1-1)及(2-1-2)式兩式需要設定邊界條件始可求解，因此本研究採用之上游邊界條件為河川上游水文站之流量歷線，河系下游邊界條件採用河川最下游之河口潮位歷線。

2-2 二維漫地流淹水模式

2-2-1 基本方程式

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：

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

$$-\frac{\partial h}{\partial x} = u \left[\frac{n_x^2 |u|}{d^{4/3}} + \frac{q}{dg} \right] \quad (2-2-2)$$

$$-\frac{\partial h}{\partial y} = v \left[\frac{n_y^2 |v|}{d^{4/3}} + \frac{q}{dg} \right] \quad (2-2-3)$$

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]；

n_x ：沿 x 方向之曼寧糙度值[m^{1/6}]；

n_y ：沿 y 方向之曼寧糙度值[m^{1/6}]；

h ： $d+z$ ，地表水位[m]；

z ：地表高程[m]；

g ：重力加速度[m/s]；

q ：有效降雨強度[m/s]；

(2-2-1)式為連續方程式；(2-2-2)式、(2-2-3)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(2-2-1)、(2-2-2)及(2-2-3)

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。

2-2-2 數值方法

假若地表於初始時刻為無水狀態，洪流傳遞之前緣與乾地表接觸之交界鋒線將隨時間向下游推進，為簡易處理這種移動邊界水流流況，本文採用交替方向顯式差分法（Alternating direction explicit method，簡稱ADE）以建立模式。依標示網格（marker and cell，簡稱MAC）差分觀念，將(2-2-1)、(2-2-2)及(2-2-3)式中任意變量以 f 表示，其中 f 可代表 d 、 n_x 、 n_y 、 q 、 u 或 v 等變量，採用之差分型式如下：

$$\begin{aligned}
 f_{i+1/2,j} &= \frac{1}{2}(f_{i,j} + f_{i+1,j}) \\
 f_{i,j+1/2} &= \frac{1}{2}(f_{i,j} + f_{i,j+1}) \\
 \frac{\partial f}{\partial t} &= \frac{f_{i,j}^{m+1} - f_{i,j}^m}{\Delta t} \\
 \frac{\partial f_{i,j}^m}{\partial x} &= \frac{f_{i+1/2,j}^m - f_{i-1/2,j}^m}{\Delta x} \\
 \frac{\partial f_{i,j}^m}{\partial y} &= \frac{f_{i,j+1/2}^m - f_{i,j-1/2}^m}{\Delta y}
 \end{aligned} \tag{2-2-4}$$

式中， Δx 、 Δy 代表沿 x 、 y 方向之網格距離； Δt 代表演算時間間距； m 為時間指標； i 、 j 分別為沿 i 、 j 之空間指標。

本文採用交替方向顯式法，將演算時距(Δt)等分為兩個時階，且每前進一個時階即分別交替求解流速 u 及 v 。(2-2-1)、(2-2-2)及(2-2-3)式之差分方程式可依第一、二時階，分別列出如下：

(1)第一時階($m + \frac{1}{2}$)：

$$d_{i,j}^{m+1/2} = d_{i,j}^m - \frac{1}{2} \Delta t \left\{ \frac{[(d^m u^{m+1/2})_{i+1/2,j} - (d^m u^{m+1/2})_{i-1/2,j}]}{\Delta x} \right. \\ \left. \frac{[(dv)_{i,j+1/2}^m - (dv)_{i,j-1/2}^m]}{\Delta y} - q_{i,j}^{m+1/2} \right\} \quad (2-2-5)$$

$$\frac{[(d+z)_{i,j}^{m+1/2} - (d+z)_{i+1,j}^{m+1/2}]}{\Delta x} = \left\{ u^{m+1/2} \left[\frac{(n_x)^2 |u|^{m+1/2}}{(d^m)^{4/3}} + \frac{q^{m+1/2}}{(d^m * g)} \right] \right\}_{i+1/2,j} \quad (2-2-6)$$

$$\frac{[(d+z)_{i,j}^{m+1/2} - (d+z)_{i,j+1}^{m+1/2}]}{\Delta y} = \left\{ v^{m+1/2} \left[\frac{(n_y)^2 |v|^{m+1/2}}{(d^{m+1/2})^{4/3}} + \frac{q^{m+1/2}}{(d^{m+1/2} * g)} \right] \right\}_{i,j+1/2} \quad (2-2-7)$$

式中，(2-2-5)式為 $(i,j,m+1/2)$ 座標點之連續方程式，(2-2-6)及(2-2-7)式則分別為 $(i+1/2,j,m+1/2)$ 座標點沿 x 方向運動方程式與 $(i,j+1/2,m+1/2)$ 座標點沿 y 方向運動方程式。求解時首先將(2-2-5)及(2-2-6)兩式聯立解出 u 及 d ，再代入(2-2-7)式解出 v ，如此可得 $m+1/2$ 時階之 u 、 v 及 d 。

(2)第二時階 $(m+1)$ ：

將(2-2-5)式待求流速分量 u 更替 v ，並將(2-2-6)、(2-2-7)式之 u 、 v 互換，則：

$$d_{i,j}^{m+1} = d_{i,j}^{m+1/2} - \frac{1}{2} \Delta t \left\{ \frac{[(du)_{i+1/2,j}^{m+1/2} - (du)_{i-1/2,j}^{m+1/2}]}{\Delta x} \right. \\ \left. \frac{[(d^{m+1/2} v^{m+1})_{i,j+1/2} - (d^{m+1/2} v^{m+1})_{i,j-1/2}]}{\Delta y} - q_{i,j}^{m+1} \right\} \quad (2-2-8)$$

$$\frac{[(d+z)_{i,j}^{m+1} - (d+z)_{i,j+1}^{m+1}]}{\Delta y} = \left\{ v^{m+1} \left[\frac{(n_y)^2 |v^{m+1}|}{(d^{m+1/2})^{4/3}} + \frac{q^{m+1}}{(d^{m+1/2} g)} \right] \right\}_{i,j+1/2} \quad (2-2-9)$$

$$\frac{[(d+z)_{i,j}^{m+1} - (d+z)_{i,j+1}^{m+1}]}{\Delta x} = \left\{ u^{m+1} \left[\frac{(n_x)^2 |u^{m+1}|}{(d^{m+1})^{4/3}} + \frac{q^{m+1}}{(d^{m+1}g)} \right] \right\}_{i+1/2,j} \quad (2-2-10)$$

(2-2-8)式為 $(i,j,m+1/2)$ 連續方程式，(2-2-9)及(2-2-10)式則分別為 $(i,j+1/2,m+1)$ 座標點沿 y 方向運動方程式與 $(i+1/2,j,m+1)$ 座標點沿 x 方向運動方程式。第二時階以(2-2-8)及(2-2-9)兩式先聯立解出 v 及 d ，再代入(2-2-10)式解出 u ，則 $m+1$ 時階之 u 、 v 及 d 即可求得。由第一及第二時階可交替解出每一演算時距 Δt 中之 u 、 v 及 d 三個未知變數。

2-2-3 初始及邊界條件

初始條件係依臨前水文情況而定，並假設模擬區域內為無水狀態，亦即水深及流速均為零。

邊界條件在本文中主要為閉合邊界，任何阻擋水流穿越之障礙物，如堤防線、擋水牆或模擬區域之周圍高地等皆可視為閉合邊界。因水流無法穿越堤防，故垂直於堤防線之流速可令為零，即為數值模擬之閉合邊界條件。另外在排水系統於邊界出流處，於模式中需特別設定，使其淹水深到達某一高度後即將水排出模擬區域。

(2-2-1)至(2-2-3)式中之側流量 q ，代表單位面積進出地表面之水量，通常包括降雨量、入滲量。本文將有效降雨量換算成單位面積之側流量輸入二維漫地流模式中，以模擬地表之流況。因此(2-2-6)式至(2-2-7)式中之側流量 q 可寫成：

$$q = i_{eff} * C \quad (2-2-11)$$

式中， i_{eff} ：有效降雨強度[mm/hr]；

C ：單位換算因子（ $C = \frac{1}{3600000}$ ）。

由於本文之研究區域是以集水區之邊界或河川堤防為邊界，因此在本文中研究區域並無任何側入流流進研究區域內，即表示側流量為零。

2-3 都會區雨水下水道模式

為解決台北都會區內之排水問題，目前台北都會區設有雨水下水道排水系統，其管路排水容量是依五年重現期暴雨強度設計。本文為掌握水流在雨水下水道系統之流動狀況，採用美國環保署所發展之都市暴雨經理模式(SWMM, Storm Water Management Model) 來模擬台北市中央區雨水下水道排水系統之水流情形。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。地表逕流是指雨量降落地面後，流入各排水幹管前之水流狀況，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；幹管輸水部份則是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溢出人孔之水量。

2-4 山區逕流模式

山區逕流量計算採用美國陸軍工兵團所發展的HEC-1模式，配合山區集水區面積、形狀、坡度等地形特性及設計降雨量推估之，並將山區逕流歷線作為都市雨水下水道排水模式與二維漫地流淹水模式之上游側入流邊界條件。

2-5 地表漫地流出口與河川之匯流

本文為使模擬結果更接近於實際淹水狀況，考慮了地表排水出口流量受河川外水位與抽水站和閘門操作之影響，並結合一維河系變量流與

二維漫地流淹水模式，以探討河川洪水與地表淹水之間的相互關係。

在地表漫地流出口與河川之匯流的處理方式上，本文依抽水站與閘門之操作情況，將匯流處之地表格網與河川斷面間的流量計算分為重力排水與抽水站動力抽水兩種來考慮，而地表漫地流出口格網之出流量則以 Q_n 來表示。當水流由地表格網流向河川時，地表格網之出流量 Q_n 為正值；而當水流由河川流向地表格網時，則地表格網之出流量 Q_n 為負值。由於地表網格之出流量即為河川之側入流量，因此(2-1-1)式中之單位河川長度之側入流量 q_n 可以(2-5-1)式來表示：

$$q_n = Q_n / \Delta l \quad (2-5-1)$$

式中， Δl 為地表格網與河川匯流處之河道斷面間距

2-5-1 重力排水情況

若匯流處之地表格網水位與外水位之關係及抽水站與疏散閘門操作情形符合下列兩種情況時，則匯流處之流量計算以重力排水情況來考慮。第一種情況是閘門打開，且匯流處之地表格網水位高於河川水位；而第二種情況是閘門未能及時關閉，且匯流處之河川水位高於地表格網之水位，此時河川水倒流至地表格網中。

本文在考慮地表格網水位、河川水位、閘門底高程以及閘門頂高程間的相互關係後，將地表格網 m 與河川斷面 n 之間的流量 $Q_{m,n}$ 的計算分為下列五種情況來考慮：

- 1.當匯流處之地表格網水位與河川水位均低於閘門底高程時，則匯流處之地表格網 m 流至河川斷面 n 之流量 $Q_{m,n}$ 等於零。

2.當匯流處之地表格網水位介於閘門底高程與閘門頂高程間，且匯流處之地表格網水位減閘門底高程的三分之二若高於河川水位減閘門底高程，如圖2-1(a)所示；或當匯流處之河川水位介於閘門底高程與閘門頂高程之間，且匯流處之河川水位減閘門底高程的三分之二若高於匯流處之地表格網水位減閘門底高程時，匯流處之地表格網 m 與河川斷面 n 間的流量關係可假設為自由堰流之形式，其流量可以(2-5-2)式來計算[18,30,31]，因此匯流處之地表格網 m 與河川斷面 n 間之流量 $Q_{m,n}$ 可由(2-5-2)式求得。

自由堰流：
$$(H_L - Z_w) < \frac{2}{3}(H_H - Z_w)$$

$$Q_{m,n} = \mu_1 b (2g)^{1/2} \cdot \frac{2}{3} \cdot (H_H - Z_w)^{3/2} \quad (2-5-2)$$

式中， μ_1 ：表示自由堰流之流量係數；

b ：疏散閘門之寬度；

g ：重力加速度；

Z_w ：疏散閘門之底高程；

H_H ：銜接點相鄰之河川斷面與格網中較高之水位；

H_L ：銜接點相鄰之河川斷面與格網中較低之水位；

3.當匯流處之地表格網水位介於閘門底高程與閘門頂高程間，且匯流處之地表格網水位減閘門底高程的三分之二低於河川水位減閘門底高程，如圖2-1(b)所示，或當匯流處之河川水位介於閘門底高程與閘門頂高程之間，且匯流處之河川水位減閘門底高程的三分之二低於匯流處之地表格網水位減閘門底高程時，匯流處之地表格網 m 與河川斷面 n 間的流量關係可假設為潛沒堰流之形式，其流量可由(2-5-3)式來計算

[18,30,31], 因此匯流處之地表格網 m 與河川斷面 n 間之流量 $Q_{m,n}$ 可由(2-5-3)式求得。

潛沒堰流：
$$(H_L - Z_w) \geq \frac{2}{3}(H_H - Z_w)$$

$$Q_{m,n} = \mu_2 b (2g)^{1/2} (H_L - Z_w) (H_H - H_L)^{1/2} \quad (2-5-3)$$

式中， μ_2 ：表示潛沒堰流之流量係數；

b ：疏散閘門之寬度；

g ：重力加速度；

Z_w ：疏散閘門之底高程；

H_H ：銜接點相鄰之河川斷面與格網中較高之水位；

H_L ：銜接點相鄰之河川斷面與格網中較低之水位；

4.當匯流處之地表格網水位高於閘門頂高程，且河川水位低於閘門頂高程，如圖2-2(a)所示，或匯流處之河川水位高於閘門頂高程，且匯流處之地表格網水位低於閘門頂高程時，則匯流處之地表格網 m 與河川斷面 n 之間的流量關係可假設為第一型孔口流形式，即自由孔口流其流量公式如(2-5-4)式所示^[17]，所以匯流處之地表格網 m 與河川斷面 n 間之流量 $Q_{m,n}$ 可由(2-5-4)式求得。

$$Q_{m,n} = C_1 \cdot b \cdot h_0 \cdot \sqrt{2g \cdot ((H_H - Z_w) - h_0)} \quad (2-5-4)$$

式中， C_1 ：第一型孔口流之流量係數；

b ：堰之有效寬度；

g ：重力加速度；

h_0 ：閘門高；

H_H ：銜接點相鄰之河川斷面與格網中較高之水位；

Z_w ：河川斷面與格網中較低之水位減去閘門底高程；

5. 當匯流處之地表格網水位高於閘門提頂高程，且河川水位高於閘門提頂高程時，如圖2-2(b)所示，或匯流處之河川水位高於閘門提頂高程，且匯流處之地表格網水位高於閘門提頂高程時，則匯流處之地表格網 m 與河川斷面 n 之間的流量關係可假設為第二型孔口流形式，即潛沒孔口流其流量公式如(2-5-5)式所示^[17]，所以匯流處之地表格網 m 與河川斷面 n 間之流量 $Q_{m,n}$ 可由(2-5-5)式求得。

$$Q_{m,n} = C_2 \cdot b \cdot h_0 \cdot \sqrt{2g \cdot (H_H - H_L)} \quad (2-5-5)$$

式中， C_2 ：第二型孔口流之流量係數；

b ：疏散閘門之寬度；

g ：重力加速度；

h_0 ：閘門高；

H_H ：銜接點相鄰之河川斷面與格網中較高之水位；

H_L ：銜接點相鄰之河川斷面與格網中較低之水位；

Z_w ：河川斷面與格網中較低之水位減去閘門底高程；

在第一種情況下，匯流處之格網水位高於河川水位，因此水流是由地表格網 m 流至河川斷面 n ，所以在河川斷面 n 之側入流量 Q_n 為正值，即 $Q_n = Q_{m,n}$ ，而在第二種情況下，匯流處之河川水位高於地表格網水位，因此水流是由河川斷面 n 流至地表格網 m ，所以在河川斷面 n 之側入流量 Q_n 為負值，即 $Q_n = -Q_{m,n}$ 。

2-5-2 抽水站抽水操作情況

由於本文區域內設有抽水站抽水，因此將抽水站之操作納入模式中，以探討抽水站操作對地表淹水之影響。在本文中以抽水方式來進行區域排水時必須符合下列幾項條件：

1. 匯流處之堤外河川水位高於匯流處之地表格網內水位，且閘門能及時關閉。
2. 地表格網之內水位高於抽水站之起抽水位。
3. 抽水站之抽水機組必須能正常運作。

當抽水站以抽水方式來進行排水時，匯流處之地表格網 m 與河川斷面 n 間之流量 $Q_{m,n}$ 為抽水站之抽水容量，所以此時河川斷面 n 之側入流量 $Q_{n1}=Q_{m,n}$ 。

綜合上述各種計算流量之方式，本文能計算在各種不同疏散閘門與抽水站操作情況下，匯流處之地表格網 m 與河川斷面 n 間的流量 $Q_{m,n}$ ，其流量計算流程如圖2-3所示。

2-6 模式之銜接

使用山區逕流模式所計算之上游地區逕流量，是以上游側入流邊界條件代入平地淹水模式(包括都市雨水下水道排水模式與二維漫地流淹水模式)。在平地淹水模擬方面，本文為模擬更接近於真實情況之都會區淹水狀況，考慮先以都市雨水下水道排水模式承受上游地區逕流量與市區降雨量，若有發生人孔溢流之情況，則將人孔溢流量代入二維漫地流淹水模式中，以探討地表淹水之深度與範圍。另外，二維漫地流淹水模

式中各抽水站之操作設定是以各排水系統最終出口流量大小為依據；當出口流量小於該站設計總抽水量時，抽水站即以出口流量操作；當出口流量大於該站設計總抽水量時，抽水站即以設計總抽水量操作。

在模式銜接之流程上，台北市中央區係以山區逕流模式先行演算山區逕流量，求得山區逕流歷線，其次以都市雨水下水道排水模式接納山區逕流量及市區降雨量，再演算雨水下水道管線之水流狀況及人孔溢流量；最後，以二維漫地流淹水模式計算下水道管線之人孔溢流及部份山區逕流所引起之地表淹水情形；台北縣新店區及汐止五堵地區係以山區逕流模式先行演算山區逕流量，求得山區逕流歷線；其次以二維漫地流淹水模式計算山區逕流所引起之地表淹水情形。

本文應用上述之模式銜接方法，已成功地銜接整個都會區淹水模式，本文將以銜接完成之模式來進行台北市中央區各降雨事件在不同閘門與抽水站操作情況下之洪水及淹水模擬，以及台北縣新店區與汐止五堵地區在不同降雨事件下之洪水及淹水模擬，期以此洪水與淹水演算模式能真實地反應出河川水位與研究區域之地表淹水流況間之互動關係，使得模擬結果與實際情形能更加符合。

第三章 資料之整理與輸入

本文在進行研究區域淹水模擬時，為考慮能符合實際之淹水流況，在資料之蒐集方面必須儘量考慮配合真實地形、地貌、氣象及構造物等流域現況資料，其中包括台北市中央、汐止、五堵及新店區之地形與地貌資料，河川斷面、堤防資料及抽水站相關資料；台北市中央區下水道排水系統相關資料，資料之整理與輸入詳述如下。

3-1 模擬區域

本文以台北市中央區(含台北市原市區、南港區及文山區)、台北縣新店區及汐止五堵區為研究對象。台北市中央區研究範圍為北由基隆河左岸起，南至景美溪右岸止；西由淡水河右岸起，東至台北市東側山區，研究範圍面積共約110平方公里，位處大台北都會區中人口最密集之處，模擬區域之範圍及其DTM高程如圖3-1所示，由圖可知，研究區域地勢東南高西北低，沿岸地區多為地勢低窪之地區。台北縣新店區研究範圍北至景美溪左岸，西至新店溪右岸，東南至新店山區，研究範圍面積共約6平方公里，其模擬區域之範圍及其DTM高程如圖3-2所示，由圖可知，研究區域地勢東南高西北低。汐止五堵區研究範圍為沿基隆河兩旁之地區，南北以汐止之山區為界，上游至五堵橋，下游至南湖大橋，研究範圍面積共約16平方公里，模擬區域之範圍及其DTM高程如圖3-3所示，由圖可知，基隆河沿岸多為地勢低窪之地區。

為配合台灣省政府負責執行之「台北地區防洪計畫」中，大漢溪、新店溪及淡水河築有保護二百年重現期洪水之堤防，台北市政府亦在轄區內之基隆河(河口至南湖大橋段)及景美溪(溪口至萬壽橋段)興建二百

年重現期洪水保護標準之堤防。此外，基隆河左岸南湖大橋以上至省市界間河道，為配合南港經貿園區之開發，已新建相同保護標準之堤防。另基隆河在中山橋至成美橋段亦已完成河道截彎取直工程。因此，台北市中央區和台北縣新店區研究區域四周範圍均已構築有保護二百年重現期洪水之堤防。

3-2 雨型雨量資料

本文所使用之雨量資料分為兩類，一為瑞伯颱風之實測雨量資料，另一為各不同重現期之單日累積颱風雨降雨量。本文在進行中央區及汐止五堵區瑞伯颱風之淹水模擬時，雨量資料分別根據經濟部水利處中正橋雨量站及五堵雨量站之實測時雨量資料(如表3-1及表3-2所示)，並將各小時之降雨歷線輸入模式中以進行淹水模擬。

由水文分析得知，颱風雨是造成台灣地區各流域淹水的主因，其致災降雨延時約為24小時，故本文依24小時延時之颱風雨資料，採用無因次移動平均法推估淹水模擬所須使用的雨型。另一方面，本文亦參酌使用六種不同重現期24小時延時之降雨(5年、10年、25年、50年、100年及200年)，以模擬不同總降雨量在模擬區域中之淹水範圍及深度。

3-2-1 設計雨型

針對模擬區域進行淹水模擬時，本文使用之設計雨型是採用無因次移動平均法(dimensionless moving average method)，由小時降雨資料選出延時18小時至30小時之降雨事件，經無因次轉換為延時24小時颱風雨之降雨。其過程如下：

- 1.由小時降雨記錄求算尖峰降雨時間 T_p 與尖峰降雨前後三小時之平均降雨量。
- 2.以移動平均法求算每三小時平均雨量。
- 3.以無因次雨量（將每三小時之平均雨量除以最大之三小時平均雨量）為縱座標，無因次時間（即時間除以尖峰降雨時間）為橫座標，即為無因次移動平均雨型。
- 4.將各場降雨之無因次移動平均雨型累加，再予以平均。
- 5.以試誤法，測試在不同最大無因次時間下求取無因次重心時間平均值，使符合實際降雨資料之初始降雨時間 t^0 。
- 6.以符合初始降雨時間 t^0 之無因次化為橫座標之上限，重新分配各延時之降雨量比例，即得該站之設計雨型。

台北市中央區、台北縣新店區及汐止五堵區的設計雨型幾經考量，決定採用台北縣五堵雨量站(民國54-80年記錄)降雨資料做為分析的依據，其24小時延時颱風雨之無因次設計雨型如圖3-4所示。因此，本文使用之各不同重現期(5年、10年、25年、50年、100年及200年)降雨強度24小時延時之總降雨量，可依圖3-2之設計雨型百分比分配，則可推得不同總降雨量下之設計降雨組體圖。

3-2-2 暴雨降雨量之頻率分析

台灣北部地區之平均年雨量達2,850公厘，為全台雨量最豐沛之地區，尤其基隆河流域上游山區更有曾達年雨量7,500至8,000公厘之記錄；每年五月至十月為豐水期，雨量來自於五、六月間的梅雨及夏季之颱風

豪雨。豐水期雨量佔全年雨量之62%，雨量主要集中在幾場颱風或西南氣流引發之豪雨，故每逢颱風豪雨，極易遭受洪災淹水之苦。依據統計結果，台北市中央區、新店區及汐止五堵區各重現期一日暴雨量如表3-3所示，表中顯示中央區及新店區之200年重現期一日暴雨量為532公厘，100年重現期為447公厘，10年重現期為272公厘；汐止五堵區之200年重現期一日暴雨量為875公厘，100年重現期為767公厘，10年重現期為472公厘。

3-3 地形資料

3-3-1 DTM數值地形

臺灣地區DTM資料由國立中央大學太空及遙測研究中心提供，其資料型態為ASCII碼，資料內容含各點之UTM國際座標與高程資料。

3-3-2 土地利用資料

由於不同的土地利用型態會有不同的曼寧 n 值，因此本文根據內政部地政司的台灣省國土利用現況調查數化資料，將格網分為農業用地、水利用地、建築用地等，並依各網格的土地利用型態來決定其曼寧 n 值。

3-3-3 地理資料庫之建立

本文因採用小格網之數值模擬，模式所需資料量十分龐大，且需同時考慮地形之幾何與屬性資料，另外所利用之地圖種類亦很多，包括臺灣地區1/25,000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。為整合上述各種來源的資料，需要引用地理資訊系統（Geographic Information System，簡稱GIS）之技術，建立地理資料庫。

3-3-4 資料之處理

地理資料庫中，由DTM資料建立之點屬性資料為空間間距40公尺之高程資料，可滿足40公尺×40公尺數值模擬格網所需。格網間距大小對模式模擬之影響甚大，故參考以往之研究成果，以採用120公尺×120公尺之數值模擬格網較為恰當，故本文使用GIS之資料庫管理功能，將DTM之40公尺間距之高程資料統計平均後得到120公尺格網之平均高程資料。即針對120公尺間距格網中之9個40公尺間距之DTM資料點，各點高程經統計分析後得到算術平均高程，可做為該格網之代表高程，台北市中央區及台北縣新店區即使用120公尺×120公尺格網，台北縣汐止五堵區因要考慮基隆河河水溢流之情形，則使用40公尺×40公尺格網。

3-4 抽水站與閘門資料

隨著「台北地區防洪計畫」中各高保護標準堤防之興建，堤防內亦陸續建有多座抽水站，以利洪水來臨時，能將堤內水量迅速有效地排入堤外河道中。目前淡水河系建有82座抽水站，其中台北市所轄屬者有59座，台北縣管理者共23座，共計總抽水量2,109.07立方公尺/秒。抽水站容量是依據5年重現期24小時延時颱風雨設計。在本文研究區域內共有二十九個抽水站及二十八個疏散閘門，分佈在淡水河、基隆河與景美溪沿岸，其相關位置如圖3-5所示，而進行洪水與地表淹水模擬時需要抽水站與閘門之相關資料已由台北市政府下水道工程科取得，如閘門底高程、閘門頂高程、閘門寬、與抽水站所含資料包括抽水站名稱、所屬行政區域、隸屬流域、設施日期、總抽水量、抽水機台數及總馬力等，其資料如表3-4及表3-5所示。

3-5 雨水下水道系統資料

為解決台北都會區內之排水問題，目前台北都會區設有雨水下水道排水系統，其管路排水容量是依5年重現期暴雨強度設計。台北市規劃有雨水下水道幹、支線總長540公里，目前已完成498.5公里，完成率為92.3%。台北雨水下水道排水系統人孔位置如圖3-5所示。

3-6 河川斷面資料

在進行台北市中央區淡水河三號、基隆河四號及基隆河九號疏散閘門未及時關閉之淹水模擬時，須收集淡水河河系斷面資料，以進行一維河系變量流河川洪水位之演算，且在進行汐止五堵地區的淹水模擬時，由於基隆河流經研究區域，故須考慮基隆河斷面，本研究收集淡水河系各支流87年之河道斷面資料，輸入模式中，以探討地表淹水之深度與範圍，模擬更接近於真實之淹水情形。

第四章 模式檢定與驗證

4-1 驗證事件瑞伯颱風簡介

民國87年10月15日瑞伯颱風侵襲台灣，由於降雨集中在台灣東北部山區，五堵氣象站之連續24小時最大降雨量約492公厘，造成基隆河流域嚴重淹水災情，其中台北縣汐止地區遭遇繼民國76年10月琳恩颱風以來最嚴重的水患，共淹沒了汐止市四十六個里中最繁榮、人口最密集的二十三個里，並造成三人溺水死亡。在台北市中央區部份，中正橋氣象站之連續24小時最大降雨量亦達365公厘，淹水災情雖不若台北縣汐止地區般嚴重，但亦造成市區內二十二處地區積水，根據台北市政府工務局養工處之調查，此二十二處地區之詳細位置及其積水原因詳如表4-1所示。

4-2 模式驗證

本淹水模式是由山區逕流、都市雨水下水道排水模式及二維漫地流淹水(含抽水站、閘門操作)等三個模式組成，模式中包含若干參數，如地表漫地流曼寧 n 值、山區逕流出口流量、漫地流排水出口堰高、堰寬、堰流係數、與堰外水位等。其中山區逕流出口流量與漫地流排水堰高、堰寬、堰流係數、及堰外水位可由「台北地區防洪計畫」中水利設施資料計算而得；地表漫地流曼寧 n 值雖可由過去使用經驗值配合台北市土地使用狀況進行推估，例如水利用地曼寧 n 值採0.10，建築、工業用地採0.20，農業、交通、遊憩、礦業、軍事、及其他用地則採0.13。但上述各參數值仍需進行本區模式驗證，以確保模擬結果之準確性。如前所述，本地

區在去年瑞伯颱風來襲時，造成市區及汐止五堵地區多處積水，故本模式參數以該事件之調查積水範圍進行驗證。

圖4-1為台北市政府工務局養工處所提供之瑞伯颱風調查淹水範圍圖，由圖中可知，淹水地區在大同區承德路、赤豐街、迪化街二段、延平北路四段、萬華區廣州街、西園路、漢口街、中正區寶慶路總統府週邊及文山區羅斯福路五段師大分部附近、木新路、樟新街等地區；圖4-2則為使用瑞伯颱風降雨事件及上列驗證參數值所模擬的台北市中央區淹水範圍結果。

瑞伯颱風侵襲台灣，造成台北縣汐止地區遭遇繼民國76年10月琳恩颱風以來最嚴重的水患，圖4-3為瑞伯颱風汐止五堵地區模擬淹水驗證圖與經濟部水利處所提供之瑞伯颱風調查淹水範圍，由圖中可知，淹水地區在汐止大同路、汐萬路、長安路、五堵車站、樟樹灣附近等地區。

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，本文所建立之淹水模式提供可靠之淹水潛勢資訊，並且模擬過程中使用之各項參數可應用於其他降雨事件之淹水模擬。

第五章 模式之應用

本研究根據前二年之研究成果，進行模式之改進，已完成一維河系變量流模式、二維漫地流淹水模式、山區逕流模式及都市雨水下水道模式之銜接工作及模式之驗證，因此本文將模式進一步應用於幾種不同重現期降雨條件及抽水站與閘門操作情況中，以了解各研究區域範圍內可能之淹水情況，以提供防災單位之參考應用。

5-1 台北市中央區

台北市中央區所位處之台北都會盆地區，「台北地區防洪計畫」已經完工，構築有保護二百年重現期洪水之高標準堤防。當低於二百年重現期之暴雨發生時，若所有抽水站與疏散閘門均正常操作，堤防外河水當不會溢岸氾濫至堤防內市區，但市區內之雨量卻有可能會在地勢平坦的市區內形成淹水，且其淹水情況受抽水站與閘門操作及雨水下水道排水系統之共同影響。

由於抽水站與閘門操作對地表淹水之影響相當大，因此本文在考慮抽水站與閘門操作之情況後，將各降雨事件依抽水站及閘門之操作情形分成(1)所有抽水站與疏散閘門均正常操作，(2)新生、雙園及撫遠抽水站無法正常操作，(3)淡水河三號、基隆河四號及基隆河九號疏散閘門未及時關閉等三種情況來進行模擬。

5-1-1 所有抽水站與疏散閘門均正常操作

當都會區內所有抽水站與疏散閘門均正常操作下，因暴雨量過大所造成的淹水，須同時考量堤防內地表漫地流、抽水站及疏散閘門操作與

下水道排水系統等三部份，本文分別採用山區逕流模式、二維漫地流淹水模式(含抽水站操作)與雨水下水道排水模式進行模擬，並完成各模式的結合。另外，在模擬所有抽水站與疏散閘門均正常操作過程中，即表示當匯流處之河川水位高於格網水位時疏散閘門會關閉；而抽水站之操作方面，所有區域內之抽水站均能以設計抽水量正常運作。

圖5-1至圖5-6為台北市中央區一日降雨條件分別為5年、10年、25年、50年、100年及200年重現期，在所有抽水站與疏散閘門均正常操作之條件下，模擬所得之最大淹水深度圖。台北市的雨水下水道系統，其管路排水容量是依5年重現期短延時暴雨設計，而抽水站容量則是依據5年重現期24小時延時颱風雨設計，故於1.1年及2年重現期降雨條件下，降雨所產生的地表逕流均為下水道及抽水站容量所涵括，本文僅繪製5年重現期以上之淹水模擬結果。在5年及10年重現期降雨條件下，除少數地區如文山區羅斯福路五段師大分部附近、木新路、樟新街及中山區新生北路特一號排水幹線末端，新生抽水站周邊等地區；玉成排水系統管路末端玉成抽水站附近；萬華區雙園抽水站附近地區在超過排水系統設計容量下，出現輕微淹水情形外，其餘各地區之雨水下水道排水系統均可充分容納市區降雨量，而無淹水之虞。

隨著降雨條件增至25年、50年、100年及200年重現期，此時已遠超過台北市排水系統與抽水站設計容量，溢出人孔之水量會開始以地表漫地流之形式在市區流動。大安區、中正區等區域，地勢較高，排水系統通暢，無淹水之虞；信義區沿基隆路一段、二段之區域，因屬玉成排水系統管路末端，在超過排水系統設計容量下，淹水潛勢較高；松山區民生社區尾之撫遠街一帶，亦因人孔溢流而有類似情況；文山區羅斯福路

五段師大分部附近、木新路、樟新街等地區，亦出現2.0公尺以上之淹水；萬華區雙園抽水站附近地區，存在淹水可能性；大同區迪化街二段、延平北路四段地帶，有淹水可能；中山區與大同區靠近新生北路特一號排水幹線附近區域，為全台北市地勢地勢最低窪處，亦屬較高淹水潛勢區。

5-1-2 新生、雙園及撫遠抽水站無法正常操作

在處理台北市中央區內三個重要抽水站(新生、雙園及撫遠抽水站)無法正常操作下，因不同程度暴雨量所造成的淹水，則須與上一節相同，分別採用山區逕流模式、二維漫地流淹水模式(含抽水站操作)與雨水下水道排水模式來進行模擬結合。唯一不同之處是將新生、雙園及撫遠抽水站改為無法正常操作，其設計抽水量為零。

圖5-7與圖5-10為台北市中央區一日降雨條件分別為25年、50年、100年及200年重現期，在新生、雙園及撫遠抽水站無法正常操作下，模擬所得之最大淹水深度圖。與圖5-3、圖5-4、圖5-5及圖5-6比較可知，在一日總降雨量為100年與200年重現期此等超大降雨時，三個無法正常操作之抽水站及其所連接之雨水下水道人孔，溢出大量之水量而在市區隨地勢流動。撫遠抽水站所在之松山區民生社區尾之撫遠街一帶，人孔溢流造成2.0公尺淹水深之情況，淹水範圍並隨地勢向北邊之松山機場及濱江街地區蔓延；新生抽水站所在之中山區與大同區靠近新生北路特一號排水幹線附近區域，本為全台北市地勢地勢最低窪處，溢流量更造成沿排水幹線附近區域嚴重的淹水；雙園抽水站所在之萬華地區，亦因人孔溢流而有類似情況；另外信義區沿基隆路一段、二段之區域，因屬玉成排水系統管路末端，在超過排水系統設計容量下，淹水潛勢較高。上述模擬結果可提供台北市政府在研擬防災計畫時之參考。

5-1-3 淡水河三號、基隆河四號及基隆河九號疏散閘門未及時關閉

淡水河三號疏散閘門位於中正區市民大道底之忠孝大橋旁；基隆河四號疏散閘門位於松山區玉成及南京抽水站之間；基隆河九號疏散閘門則位於中山區建國與中山抽水站間。上述三個疏散閘門外均有堤外停車場之設置。因不同程度暴雨量所造成閘門未關所引致的都會區淹水，除了按照上節採用山區逕流模式、二維漫地流淹水模式(含抽水站操作)與雨水下水道排水模式來進行模擬結合外，尚須考量堤外河川洪水與堤內地表淹水間之相互關係，故利用一維河川變量流動力波模式同時進行河川洪水水位研究。一維河川變量流動力波模式採用重現期100年之山區逕流量為邊界條件。藉由一維河系變量流動力波模式及二維零慣性波漫地流淹水模式在每一演算時距相互迭代河川內外水位進行模擬，並將疏散閘門之入流量根據閘門尺寸及內外水位差，依堰或孔口流之公式計算，計算結果如表5-1所示。

圖5-11及圖5-12為台北市中央區一日降雨條件分別為100年及200年重現期，在上述三個疏散閘門未及時關閉情形下，模擬所得之最大淹水深度圖。由圖中可知，100年重現期降雨條件下，三個疏散閘門站址附近已開始溢入由淡水河與基隆河灌進之水量，中山區與大同區靠近新生北路特一號排水幹線附近區域，本為全台北市地勢地勢最低窪處，淹水深度達2.0公尺以上。200年重現期降雨條件下，三個疏散閘門溢入之水量復加上豐沛之雨量而在市區流動，淹水範圍繼續擴展到其鄰近區域。此模擬結果可提供台北市政府在研擬防災計畫時之參考。

5-2 台北縣新店區

圖5-13及圖5-18為台北縣新店區一日降雨條件分別為5年、10年、25年、50年、100年及200年重現期下，模擬所得之最大淹水深度圖。在5年重現期降雨條件下，西南方靠近新店溪碧潭橋的環河路旁低窪地區、北新路與中正路口附近已出現淹水情形，隨著重現期的增大，淹水範圍和淹水深也變大，但多局限於排水路旁低窪地區，新店區之淹水多為暴雨所形成之地表漫地流，因排水路容量不足宣洩不及而造成地表積水。

5-3 台北縣汐止五堵區

圖5-19及圖5-24為台北縣汐止五堵區一日降雨條件分別為5年、10年、25年、50年、100年及200年重現期下，模擬所得之最大淹水深度圖。因『台北地區防洪計畫』尚未將汐止五堵區納入考量，基隆河堤線及堤防保護標準尚在研擬中，故逢豪雨時，基隆河洪水有可能溢流至汐止五堵市區中。另外，汐止五堵區之水系極其複雜，港寮溪、保長坑溪、鄉長溪、茄苳溪、康誥坑溪、北港溪、八連溪、下寮溪、內溝溪等從四面八方匯入基隆河。在基隆河水高漲時，這些支流亦有可能因下游水位暴漲而連帶溢淹。民國87年10月之瑞伯及芭比絲颱風，即為一例。

在5年重現期降雨條件下，基隆河部份河道容量已顯不足，而在康誥坑溪交會口(水尾灣、大同路二段與汐萬路一帶地區)與保長坑溪匯流處(五堵長安路、大同路三段及五堵車站附近地區)造成淹水；隨著降雨量增大至25年及50年重現期時，汐止五堵區沿基隆河岸已一片汪洋，淹水地區包括金龍新城、明峰街、中興街、樟樹灣、樟樹一路、樟樹二路、工建路、汐萬路、大同路二段、大同路三段、長安路、五堵車站、秀峰街、新台五線、忠孝東路、南昌街、鄉長路等。在100年及200年重現期的降

兩條件下，汐止五堵區基隆河沿岸低窪地區淹水深達3公尺以上，幾成一片澤國。

第六章 結論與建議

6-1 結論

本文為探討都會區河川洪水與地表淹水間之相互關係，以一維河系變量流動力波模式、山區逕流模式、二維零慣性波漫地流淹水模式及SWMM都市雨水下水道等模式，並考慮抽水站及閘門操作之影響。本文已成功銜接上列模式，使模式於每一演算時距相互迭代河川內外水位，獲得都會區動態地表淹水資料。

本文完成5年、10年、25年、50年、100年及200年重現期降雨條件下中央區之三種不同抽水站與閘門操作情況下之模擬，包括(1)所有抽水站與疏散閘門均正常操作，(2)新生、雙園及撫遠抽水站無法正常操作，(3)淡水河三號、基隆河四號及基隆河九號疏散閘門未及時關閉等三種情況，以及台北縣新店地區及汐止五堵地區於5年、10年、25年、50年、100年及200年重現期降雨條件下之淹水模擬，研究成果除可作為台北都會區淹水區域預測之依據外，亦可作為建立大台北防洪作業系統之參考。

台北市區內一些重要的抽水站(如新生、雙園及撫遠抽水站)，若無法正常操作，會引發抽水站及其附屬雨水下水道系統連鎖溢淹效應，淹水的範圍與深度都十分可觀。反觀抽水站之正常操作亦可對附近之低窪地區的淹水情況有所幫助，而抽水站若能正常操作後，沿岸低窪地區之淹水情況均可獲得顯著之改善，足見抽水站之設立可改善低窪地區局部之淹水。除此之外，若在颱風期間，堤外河川水高漲，若有疏散閘門未能及時關閉，引發堤外洪水擁入市區之內，其淹水情況較抽水站無法正常操作之情形更加嚴重。足見在颱風期間閘門操作不當會使研究區域之淹

水情況更加惡化，無論是淹水深度或淹水範圍均較閘門能正常操作之情況為之嚴重，不可不慎。

由不同程度單日總降雨量條件下所模擬之結果發現，由於台北市的雨水下水道系統，其管路排水容量是依5年重現期短延時暴雨設計，而抽水站容量則是依據5年重現期24小時延時颱風雨設計，在100年及200年高重現期降雨事件中，即使抽水站與疏散閘門均能發揮正常功能，整個市區淹水的情況仍屬嚴重，足見以目前雨水下水道排水系統之佈置仍不足以解決高重現期降雨事件之淹水情況。

新店區之淹水多為暴雨所形成之地表漫地流，因排水路容量不足宣洩不及而造成地表積水，多局限於排水路旁低窪地區，汐止五堵地區由於『台北地區防洪計畫』尚未將汐止五堵區納入考量，基隆河堤線及堤防保護標準尚在研擬中，故逢豪雨時，基隆河洪水有可能溢流至汐止五堵市區中，淹水集中於沿岸地窪地區，造成重大的損失。

6-2 建議

本文目前已完成台北市中央區、台北縣新店地區及汐止五堵地區之洪水及地表淹水之模擬，未來應可將本模式應用於其他河川流域，在完成各河川流域之淹水模擬後，依據模擬成果，可作為當地防災工作策劃及施行之參考依據，其應用方向包括：

1. 協助地方政府及人民瞭解淹水潛勢與提高防災意識，並可依據淹水潛勢資料，作為地方政府研擬地區防災計畫之參考。
2. 淹水潛勢資料配合地區經濟發展的程度，可推估洪水發生時可能造成的經濟損失，並可作為洪水危害度評估之參考依據。

3. 淹水潛勢圖可作為未來檢討河川防洪及改善地區排水工程之參考依據。
4. 淹水潛勢資料可作為國土開發、地區綜合發展計畫及都市計畫之參考，以期減少淹水風險，另可考慮在高淹水潛勢區中執行土地利用限制措施。
5. 不同暴雨條件下所模擬之各地區淹水潛勢情況，可作為製訂洪災保險費率之參考，以為長期推動洪災保險措施之基礎。

參考文獻

1. 顏清連，許銘熙，陶偉麟，“淡水河系洪水演算模式（一）現況河道模式之建立驗證”，行政院國科會，防災科技研究報告72-08，台北市，民國72年9月。
2. 顏清連，許銘熙，段鏞，“淡水河系洪水演算模式（二）二重輸洪道完成後淡水河系洪流演算模式”，行政院國科會，防災科技研究報告73-06，台北市，民國73年10月。
3. 顏清連，許銘熙，唐建章，“淡水河系洪水演算模式（三）與逕流模式之銜接”，行政院國科會，防災科技研究報告74-26，台北市，民國74年12月。
4. 顏清連，許銘熙，陳昶憲，賴進松，“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，民國75年9月。
5. 顏清連，王如意，朱紹鎔，許銘熙，“基隆河水理特性之研究”，國立臺灣大學土木工程學研究所報告，水利7203，台北市，民國72年9月。
6. 顏清連，王如意，許銘熙，“曾文水庫操作對下游流域影響之研究”，國立台灣大學水工研究所研究報告第71號，台北市，民國73年12月。
7. 黃文亮，蔡長泰，張玉田，“平面二維性水流之數值模擬”，第二屆水利工程研討會論文集，台北市，民國73年6月，pp.171-186。
8. 沈榮茂，楊德良，“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，民國81年7月，pp.82-93

9. 吳啟瑞，"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，民國82年6月。
10. 許銘熙，鄧慰先，黃成甲，"嘉義地區逕流及淹水模式之研究(四)"，台灣省水利局，民國85年10月。
11. 許銘熙，鄧慰先，黃成甲，"八掌溪流域北岸洪水與淹水預報模式之研究(二)"，行政院國科會，台北市，民國85年8月。
12. 許銘熙，鄧慰先，黃成甲，"八掌溪流域北岸洪水與淹水預報模式之研究(三)"，行政院國科會，台北市，民國86年8月。
13. 許銘熙，鄧慰先，盧重任，黃成甲，葉森海，"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，民國87年8月。
14. 顏清連等，"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，民國78年12月。
15. 林國峰，張守陽等，"台灣地區雨型之初步研究"，國立台灣大學水工試驗所研究報告第118號，台北市，民國80年6月。
16. Cunge. J. A., Holly. F. M., and Verwey. A., "Practical Aspects of Computational River Hydraulics", Pitman Publishing Ltd., London, 1980.
17. Vongvisessomjai, S., Tingsanchali, T., & Chaiwat, C., "Bangkok Flood Plain Model", 21st IAHR Congress, Melbourne, Australia, 19-23 August, 1985, pp.433-488.
18. Balloffet, A. & Scheffler, M. L., "Numerical Analysis of the Teton Dam Failure Flood", Journal of Hydraulic Research, Vol. 20, 1982, pp.317-428.

19. Xanthopoulos, T. & Koutitas, C., "Numerical Simulation of Two-Dimensional Flood Wave Propagation due to Dam Failure", Journal of Hydraulic Research, Vol. 14, 1976, pp.321-331.
20. Katopodes, N. D., & Strelkoff, T., "Computing Two Dimension Dam-Break Flow Wave", Journal of the Hydraulic Division, ASCE, Vol. 104, Sept 1978.
21. Katopodes, N. D., & Strelkoff, T., "Two-Dimensional Shallow Water-Wave Models", Journal of the Engineering Mechanics Division, ASCE, Vol.105, No, EM2, April, 1979, pp.317-434.
22. Akinbi A. A. & Katopodes N. D., "Model for Flood Propagation on Initially Dry Land", Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 114, 1988, pp.689-705.
23. Gustafsson B., "An Alternating Direction Implicit Method for Solving the Shallow Water Equations", Journal of the Computational Physics, No. 7, 1971, pp.239-254.
24. Inoue K., Iwasa Y. & Matsuo N., "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. , 1987.
25. Garcia R. & Kahawata R. A., "Numerical Solution of the St. Venant Equations with the MacCormack Finite-Difference Scheme", International Journal for Numerical Methods in Fluids, Vol. 6, 1986, pp.259-274.
26. Huber, W. C. et al., "Storm Water Management Model: User's Manual Ver. IV ", U.S. Environmental Protection Agency, Virginia, 1984.
27. Huff, F. A., "Time Distribution of Rainfall in Heavy Storms", Water Resources, 3(4), 1007-1019, 1967.

28. Pilgrim, D. H, and Cordery I., "Rainfall Temporal Patterns for Design Floods", Journal of Hydraulics Division, ASCE, Vol. 101, pp81-95, 1975.
29. Yen, B. C. and Chow V. T., "Design Hyetographs for Small Drainage Structures", Journal of Hydraulics Division, ASCE, Vol. 106, pp1055-1076, 1980.
30. Bos, M. G. "Discharge Measurement Structure", International Institute For Land Reclamation And Improvement /ILRI P.O. Box 45.6700 AA Wageningen (the Netherlands) pp.228-233, pp.298-302, 1978.
31. Kandaswamy, P.K. and H.R. "Characteristics of flow over terminal weirs and sills", Journal of Hydraulics Division, ASCE, Vol. 83, pp.1345-13, 1957.
32. M. H. Hsu, W. S. Teng and F. C. Wu, "Inundation Models for Pa-Chang Creek Basin in Taiwan", Proceeding of the National Science Council ROC(A) : Physical Science and Engineering, EI, Vol. 22, No. 2, pp.279-289, 1998.3.
33. M. H. Hsu, S. H. Chen and T. J. Chang, "Inundation Simulation for Urban Drainage Basin with Storm Sewer System", Journal of Hydrology, SCI, Vol. 234, No. 1-2, 21-37, 2000.6.
34. T. J. Chang, M. H. Hsu, W. S. Teng and C. J. Huang, "A GIS-Assisted Distribution Watershed Model for Simulation Flood and Inundation", Journal of the American Water Resources Association, SCI, Vol. 36, No. 4, 2000.10.

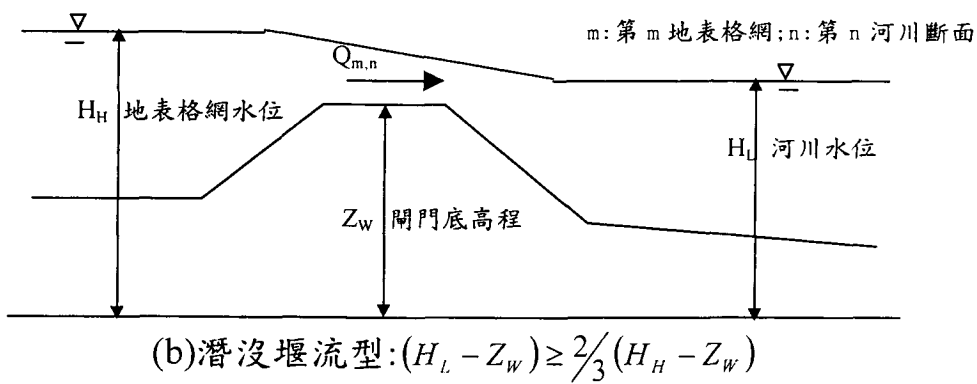
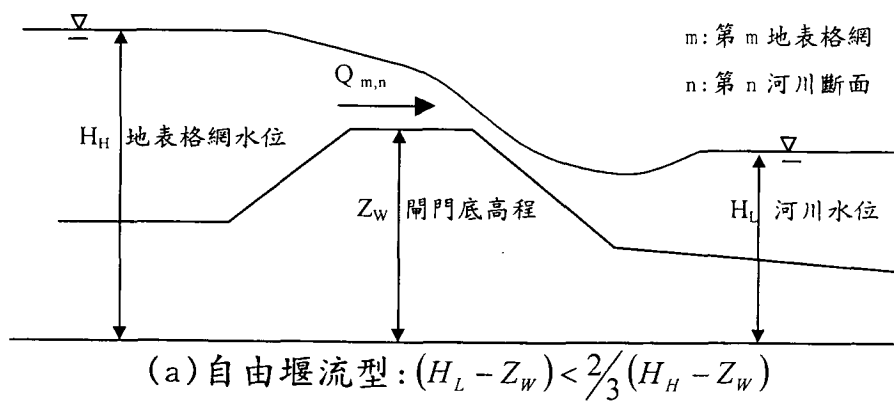
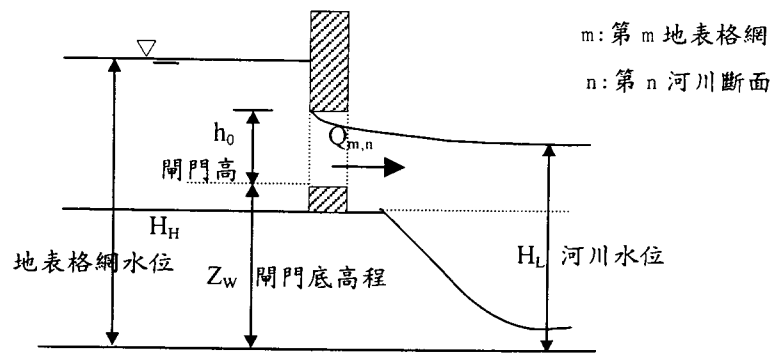
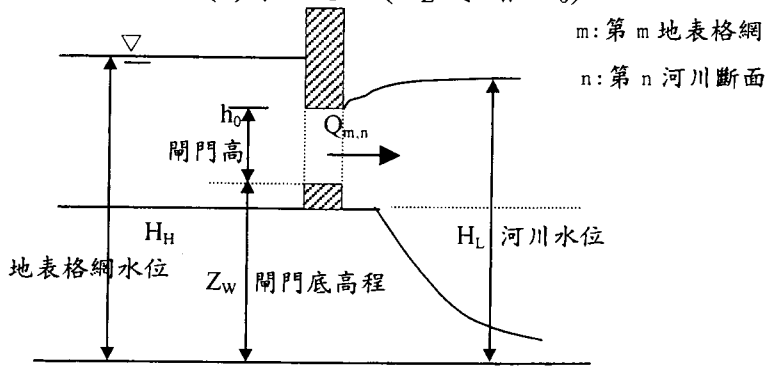


圖2-1 自由堰流與潛沒堰流示意圖



(a) 第一型: ($H_L < Z_w + h_0$)



(b) 第二型: ($H_L \geq Z_w + h_0$)

圖2-2 孔口流示意圖

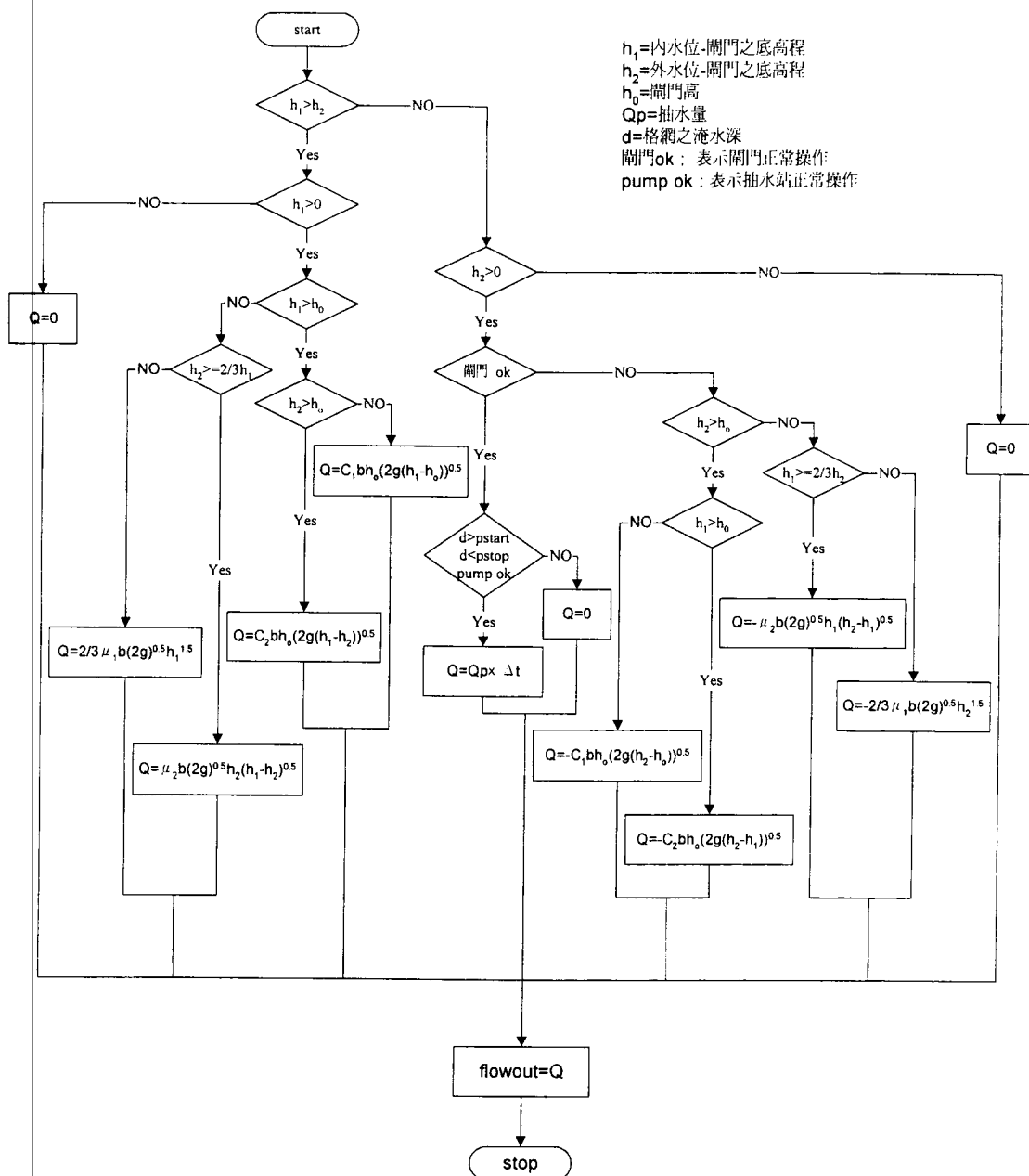


圖2-3 流量計算流程

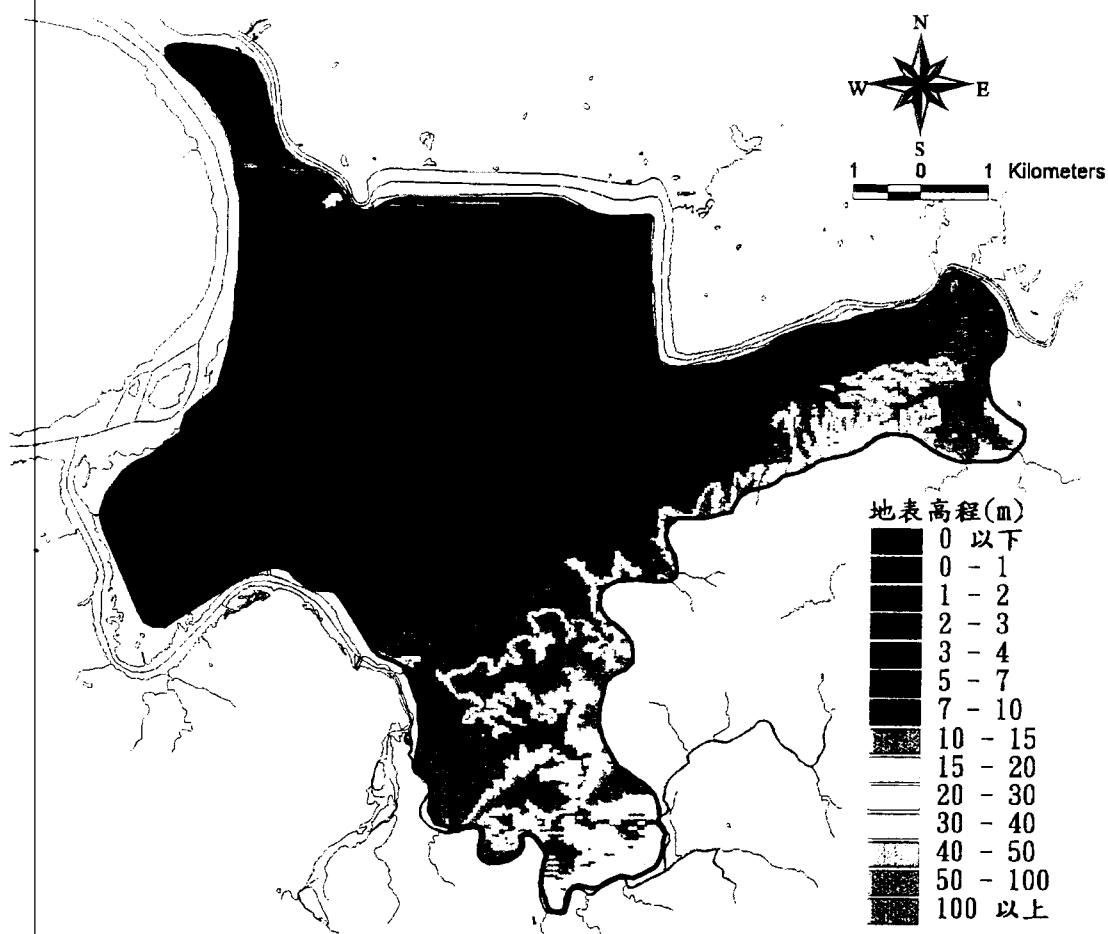


圖3-1 台北市中央區模擬區域

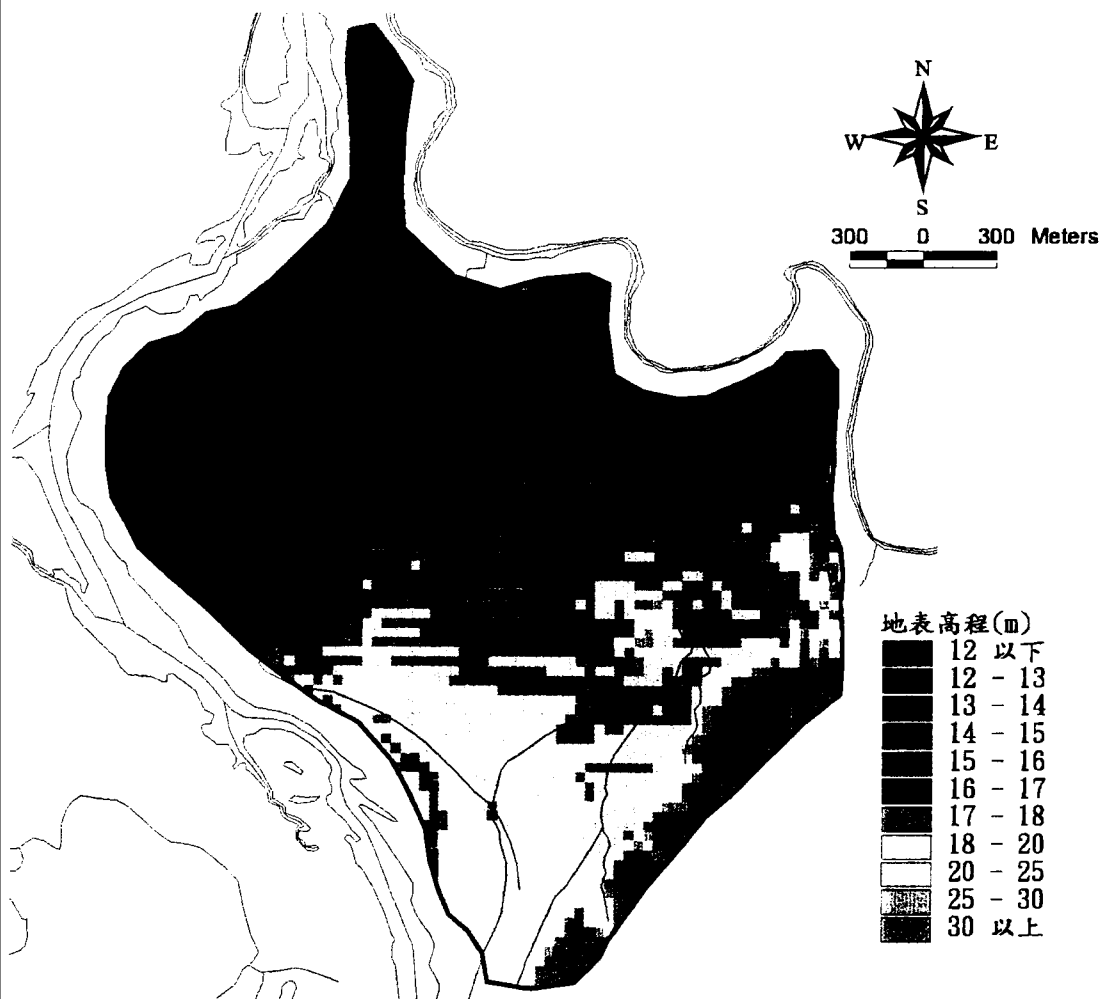


圖3-2 台北縣新店地區模擬區域



圖3-3 台北縣汐止五堵地區模擬區域

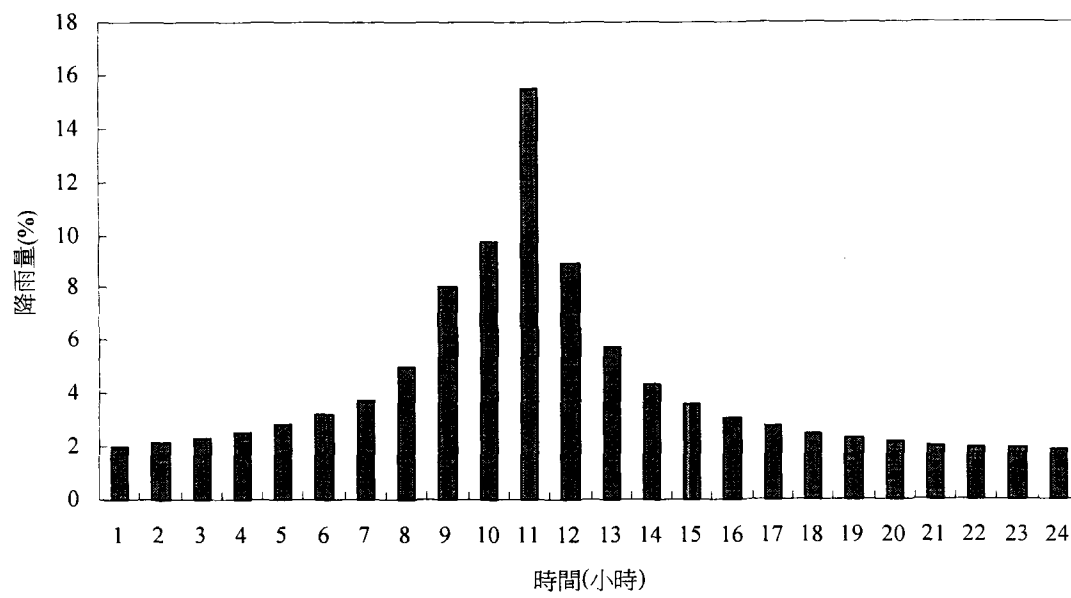


圖3-4 五堵雨量站設計雨型圖

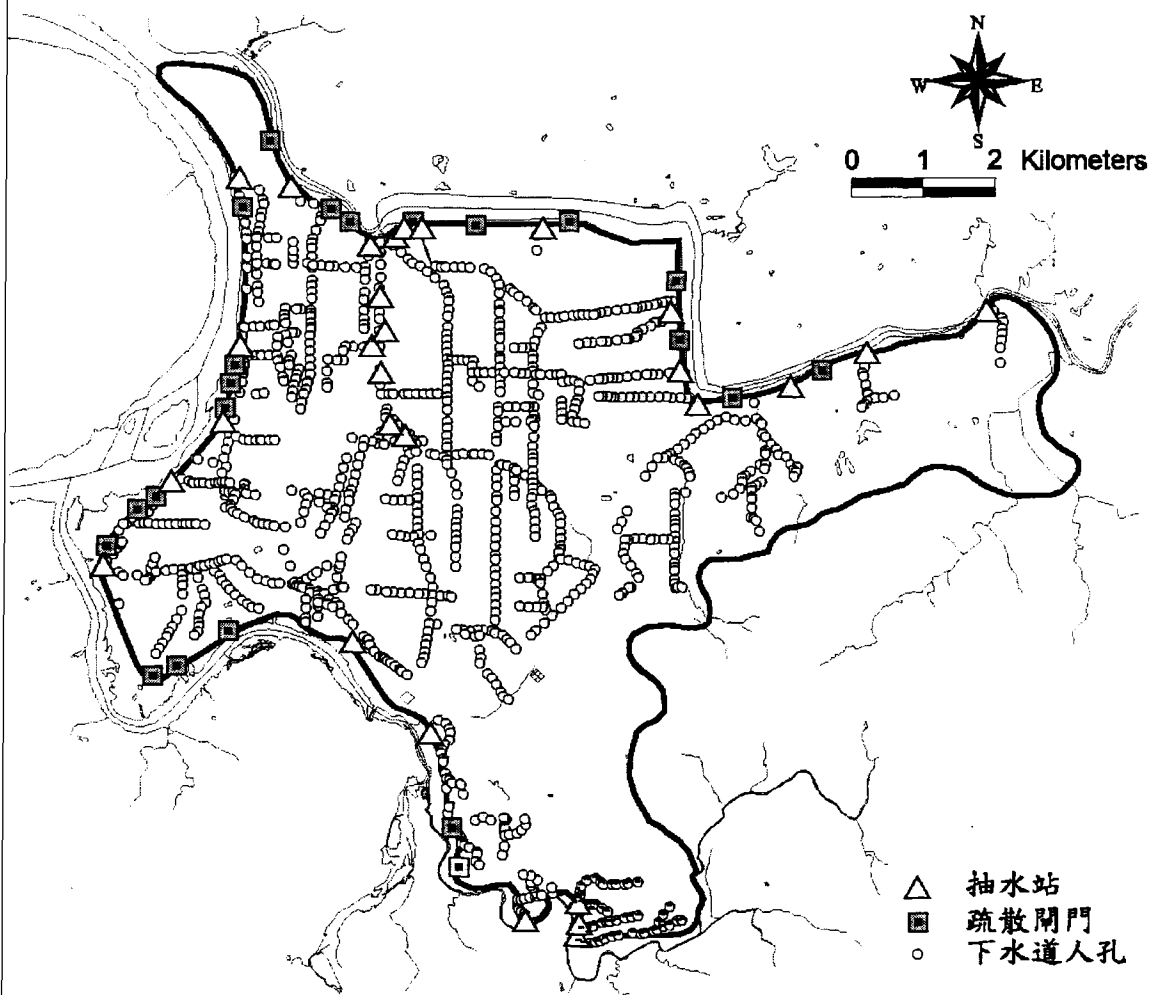


圖3-5 台北市中央區抽水站、下水道人孔及疏散閘門位置示意圖

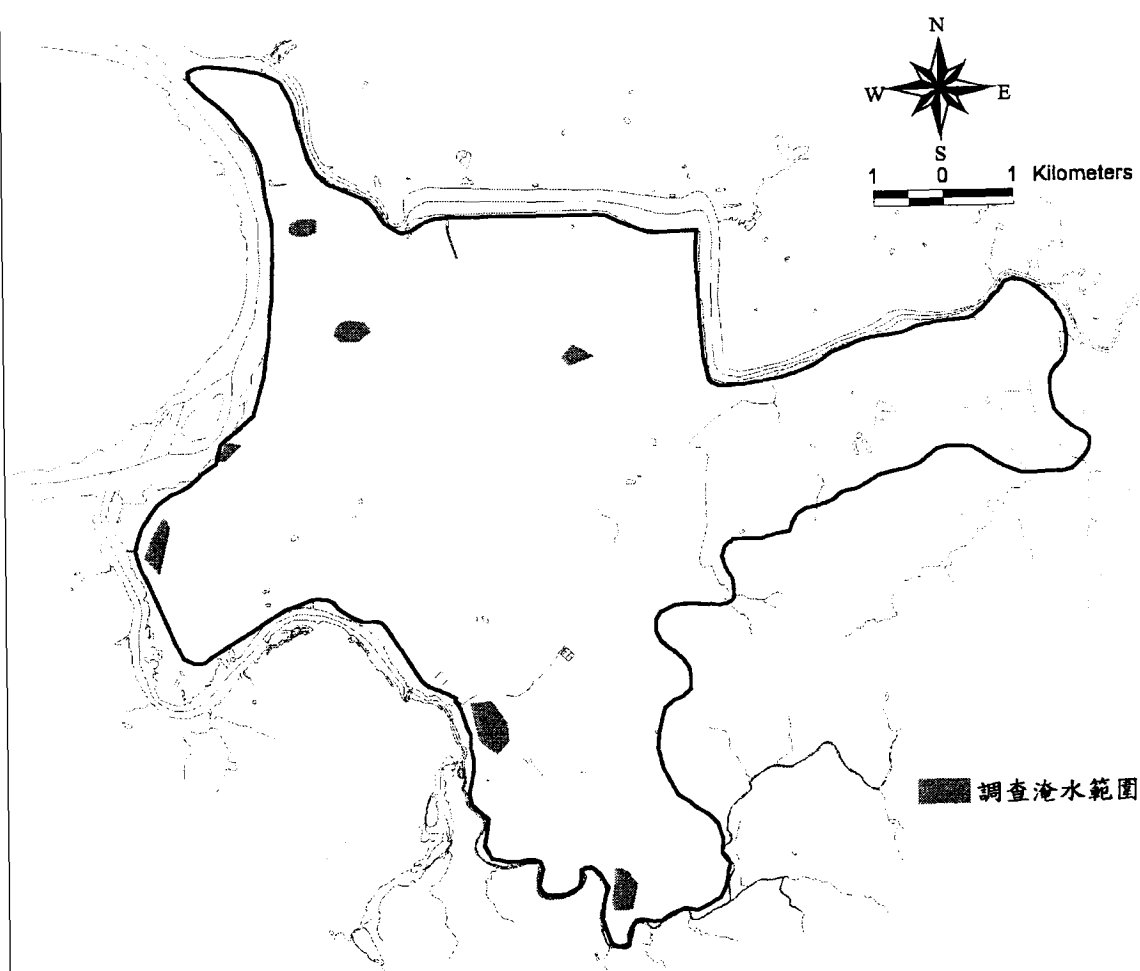


圖4-1 瑞伯颱風台北市中央區調查淹水範圍圖

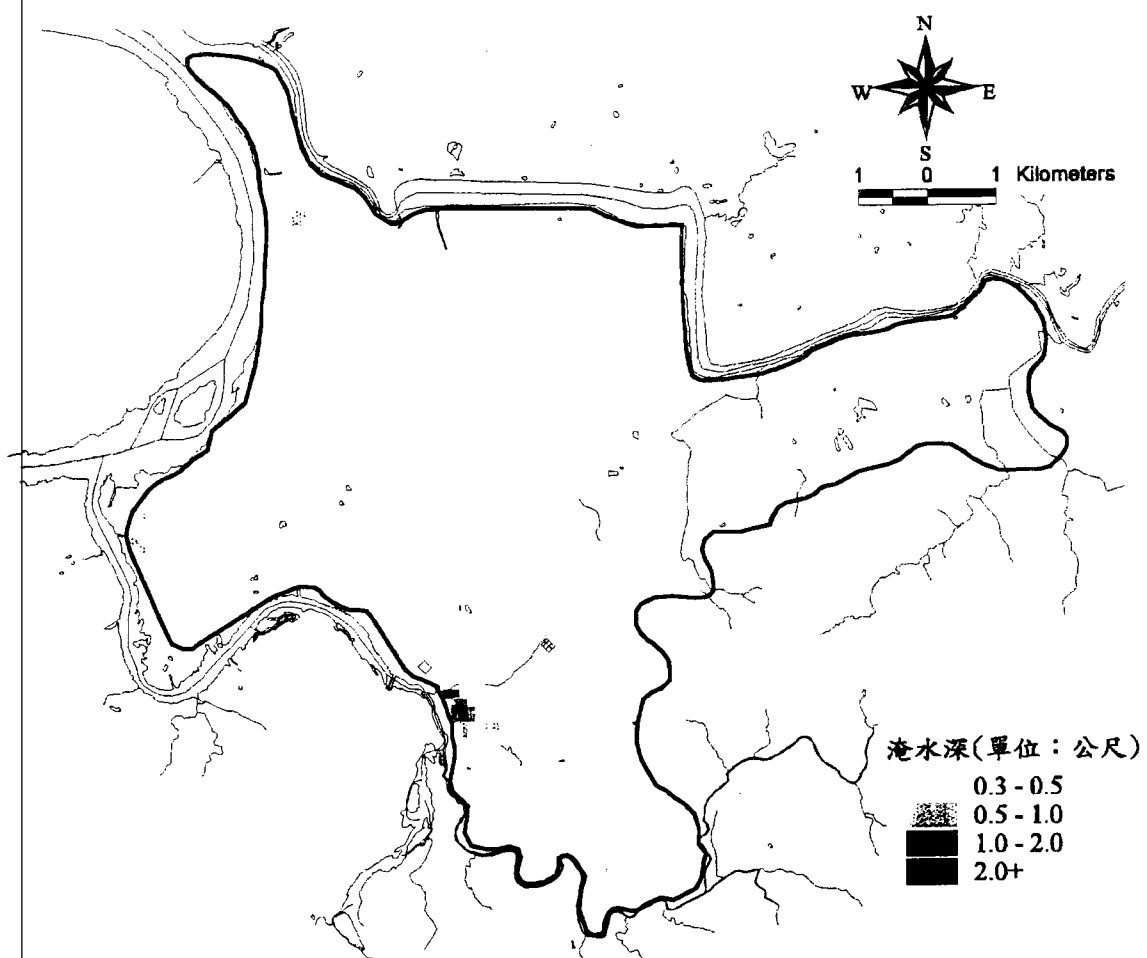


圖4-2 瑞伯颱風台北市中央區模擬淹水範圍圖

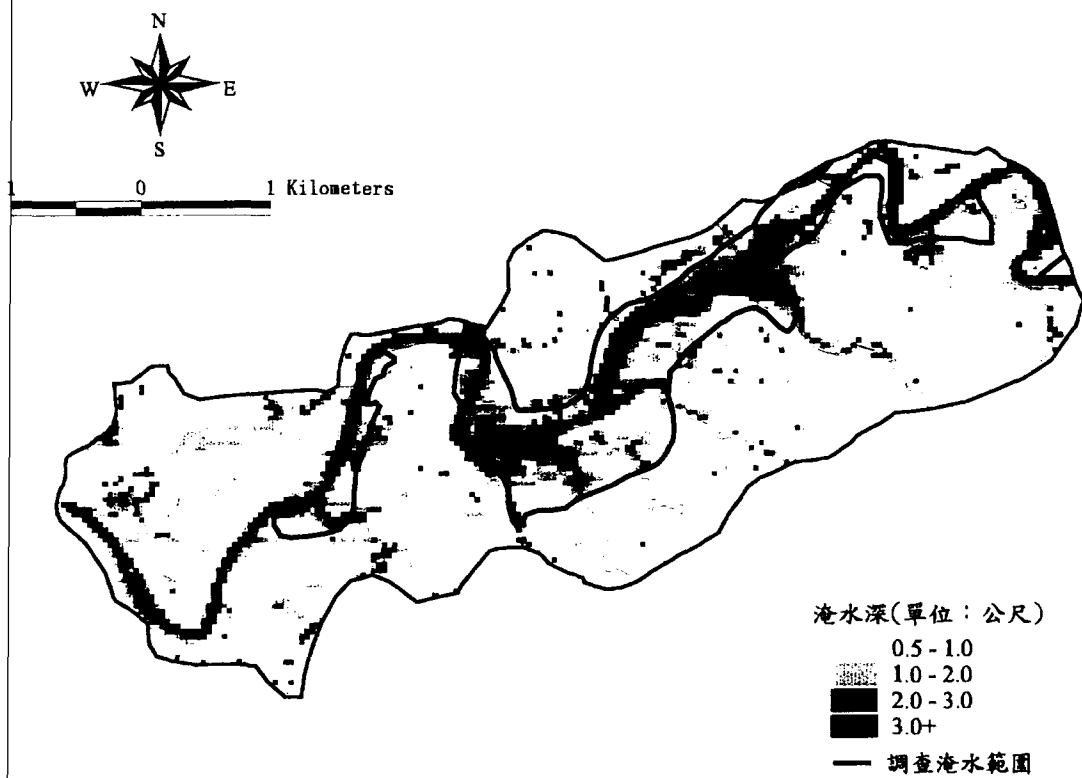


圖4-3 瑞伯颱風汐止地區模擬淹水驗證圖

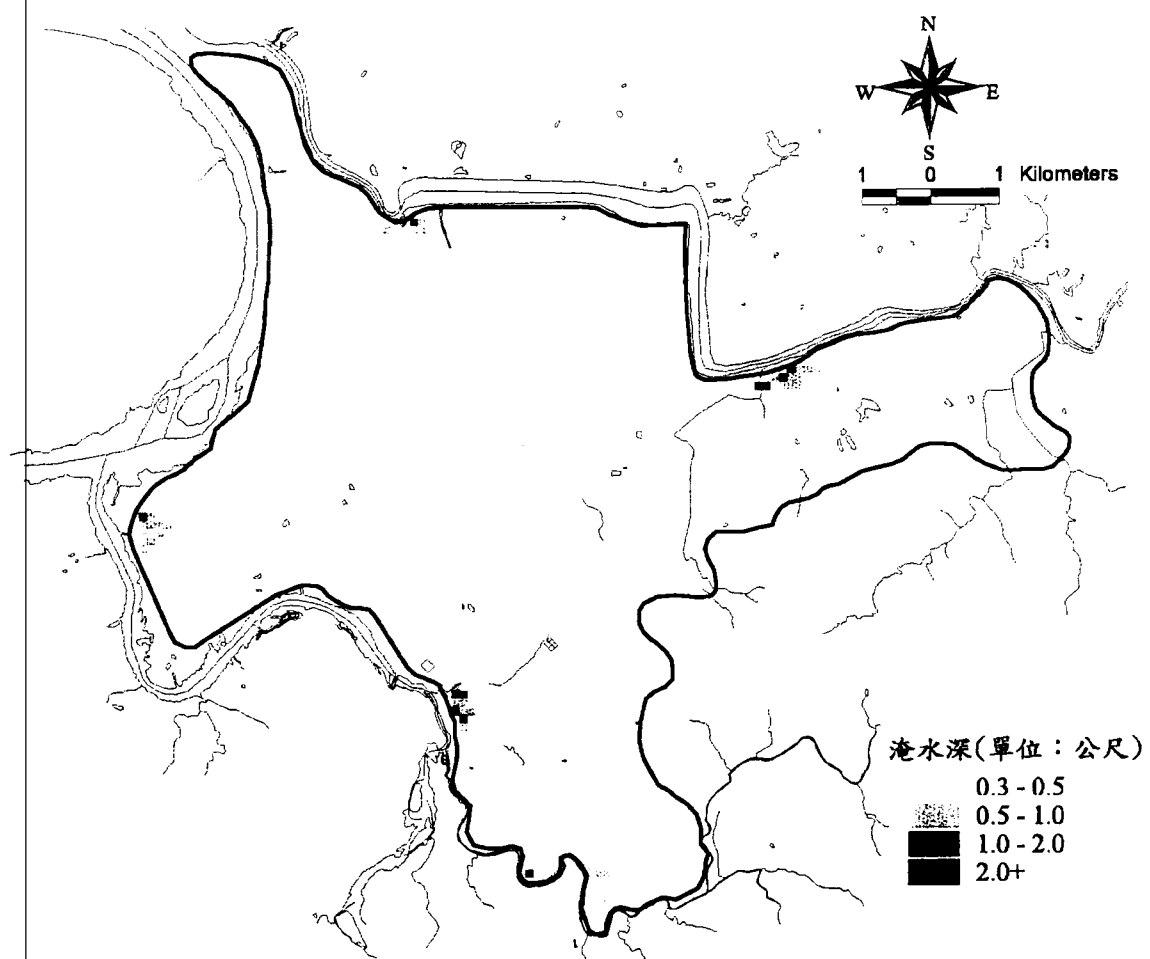


圖5-1 台北市中央區模擬淹水範圍 (5年重現期降雨，所有抽水站與疏散閘門均正常運作)

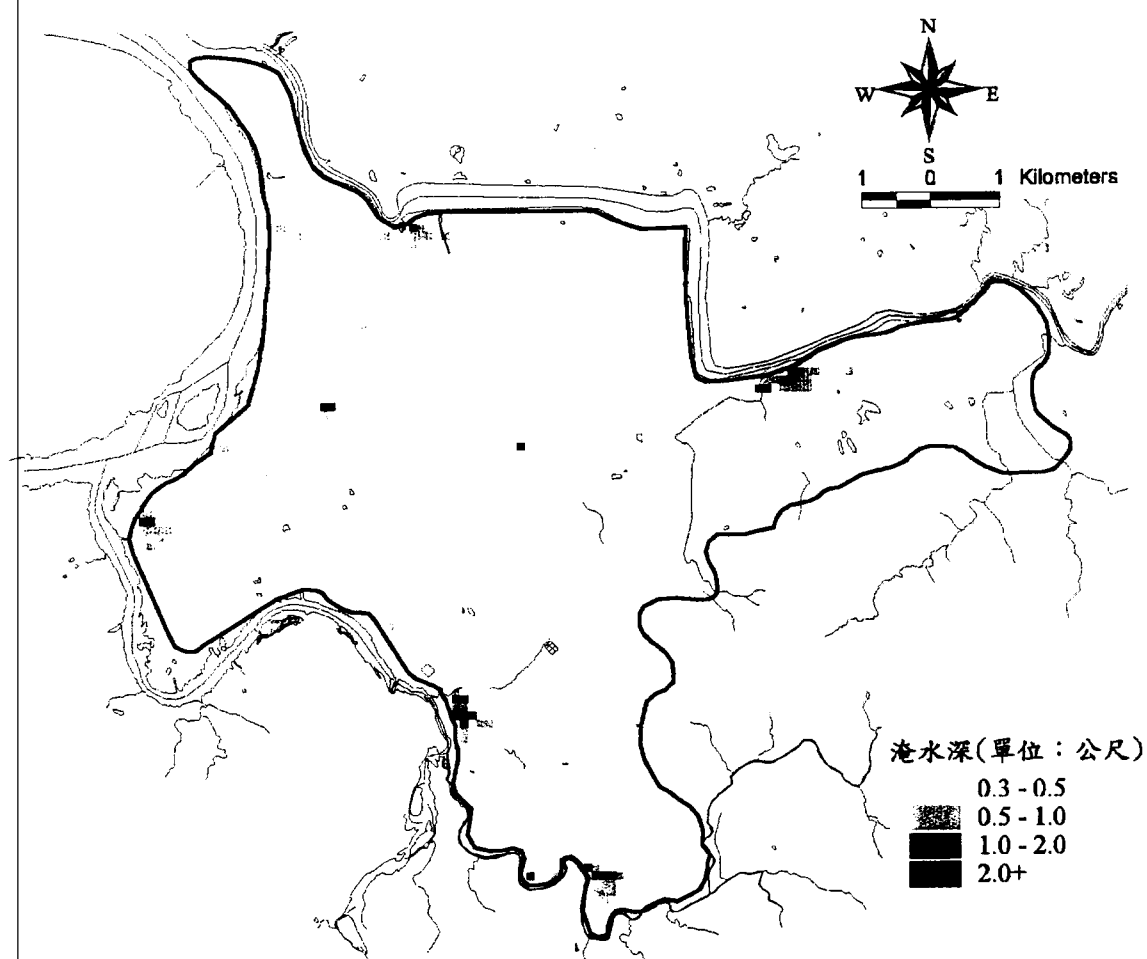


圖5-2 台北市中央區模擬淹水範圍 (10年重現期降雨，所有抽水站與疏散閘門均正常運作)

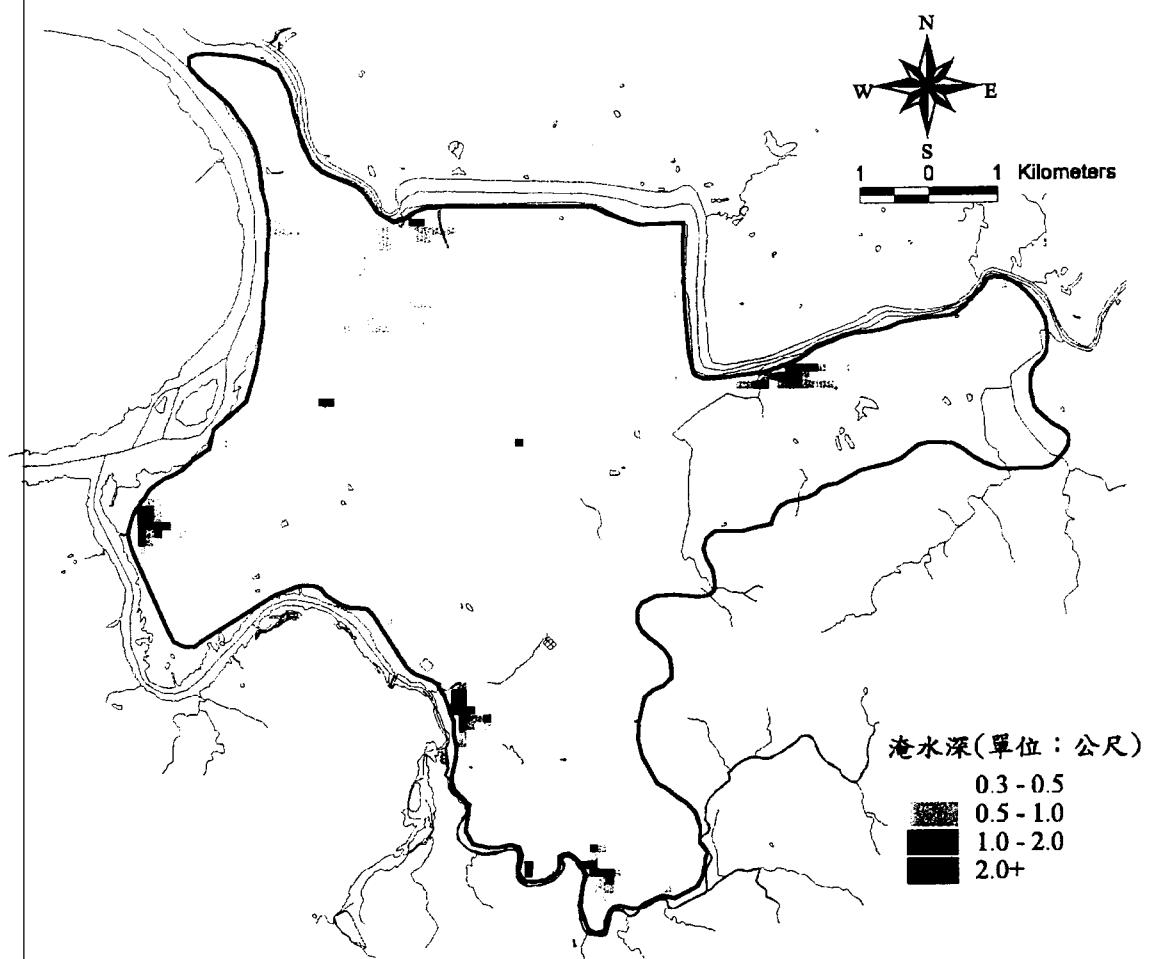


圖5-3 台北市中央區模擬淹水範圍 (25年重現期降雨，所有抽水站與疏散閘門均正常運作)

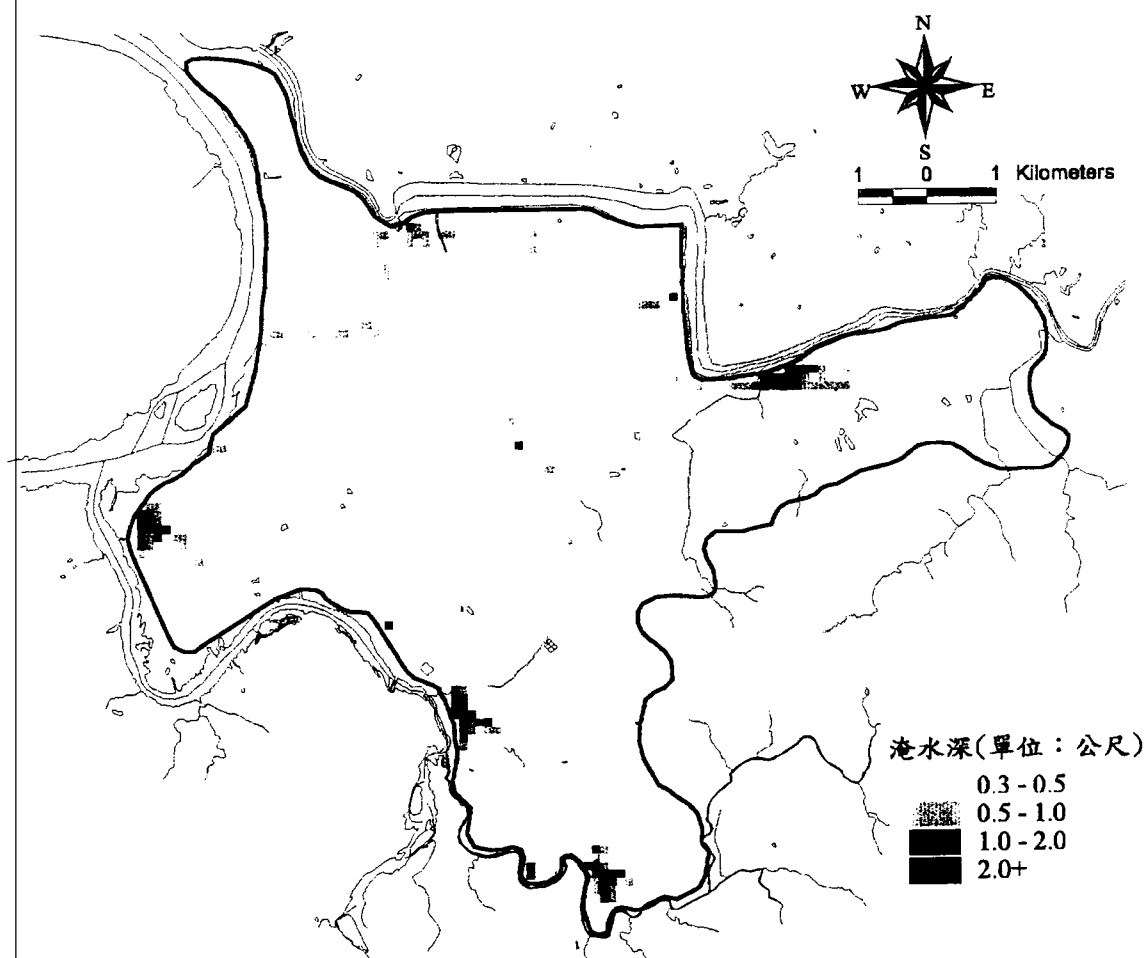


圖5-4 台北市中央區模擬淹水範圍 (50年重現期降雨，所有抽水站與疏散閘門均正常運作)

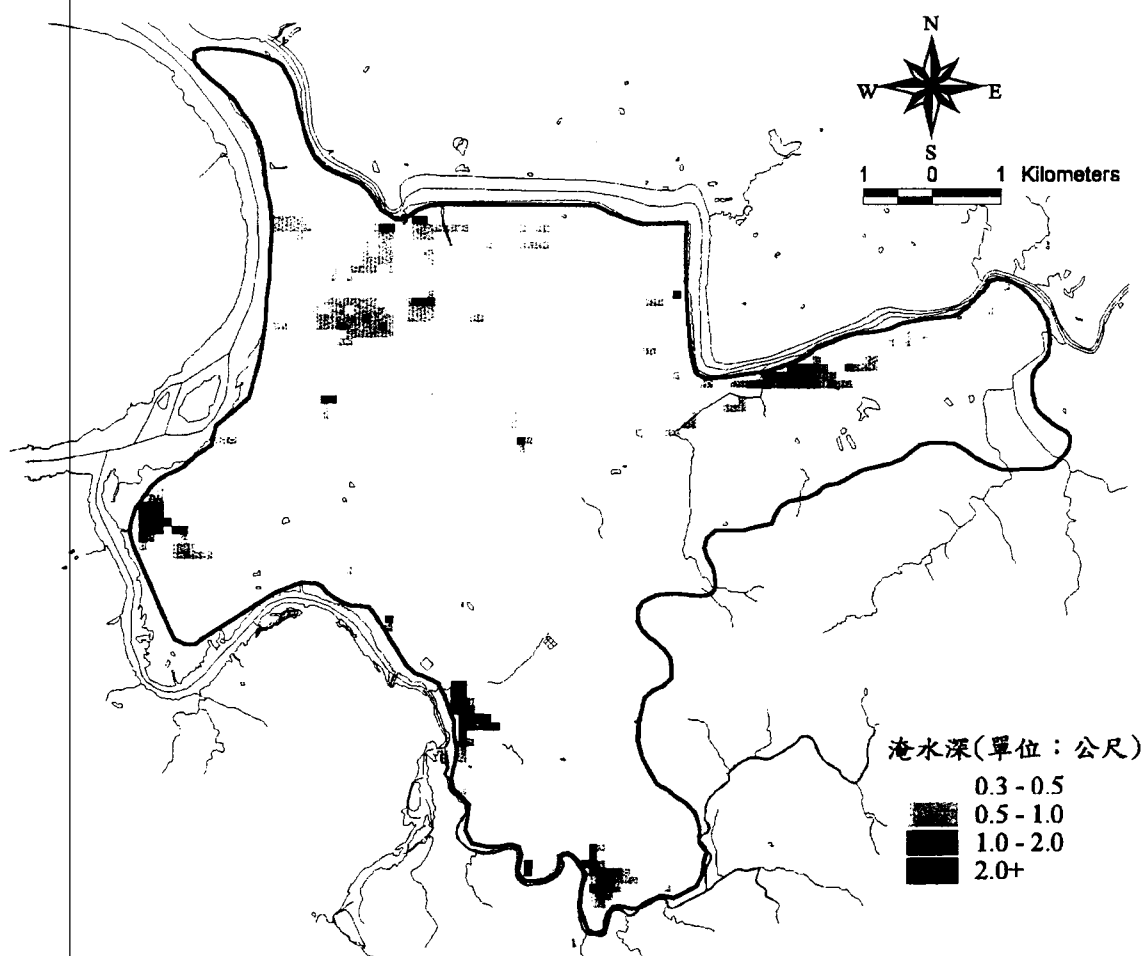


圖5-5 台北市中央區模擬淹水範圍 (100年重現期降雨，所有抽水站與疏散閘門均正常運作)

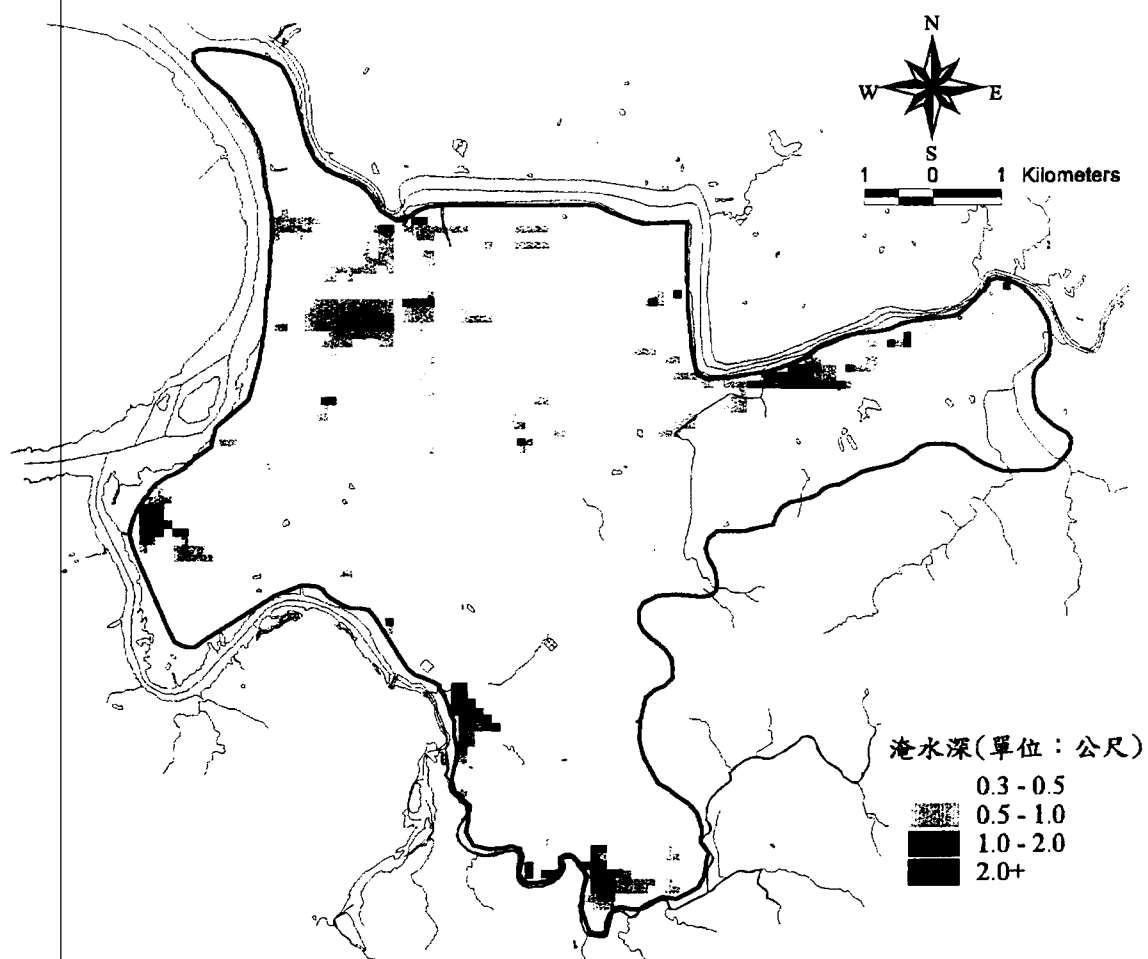


圖5-6 台北市中央區模擬淹水範圍 (200年重現期降雨，所有抽水站與疏散閘門均正常運作)

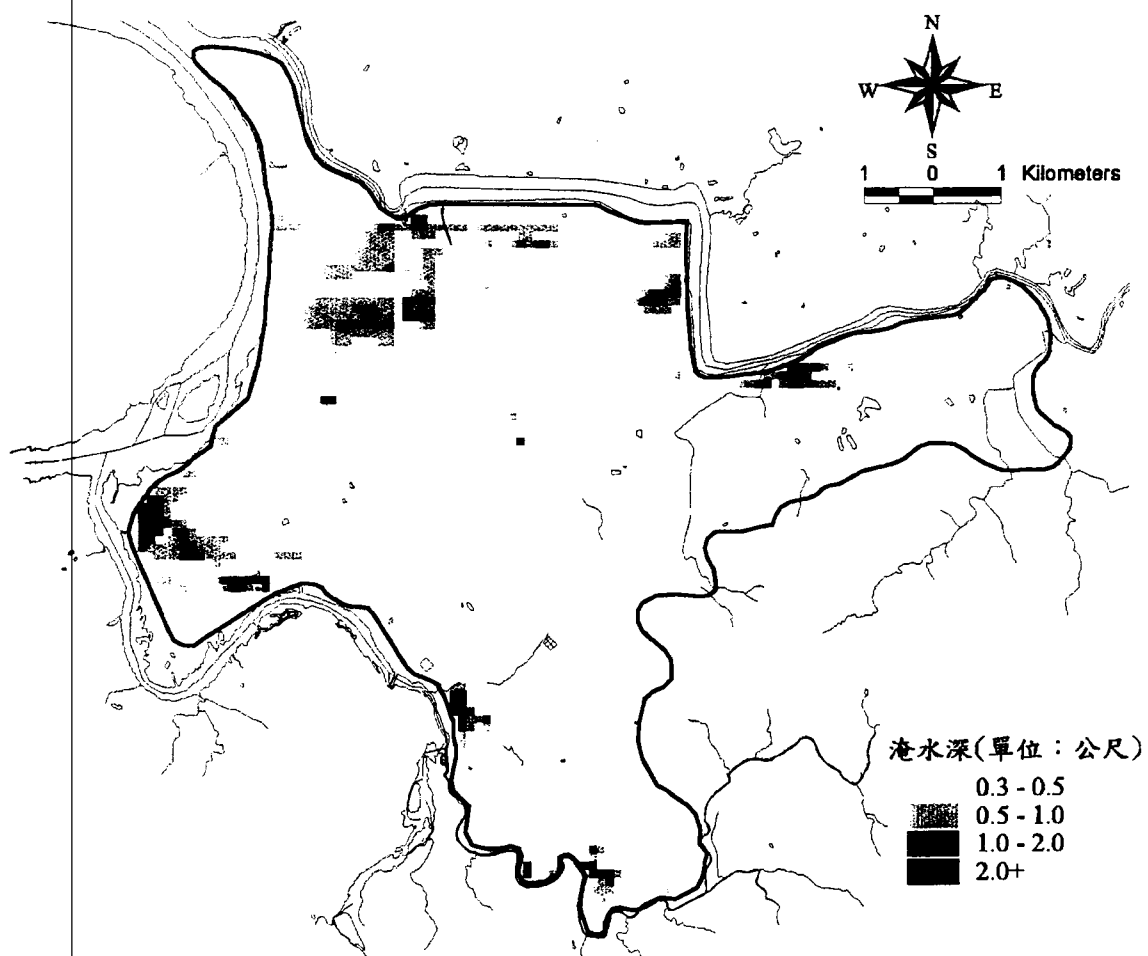


圖5-7 台北市中央區模擬淹水範圍 (25年重現期降雨，新生、雙園及撫遠抽水站無法正常操作)

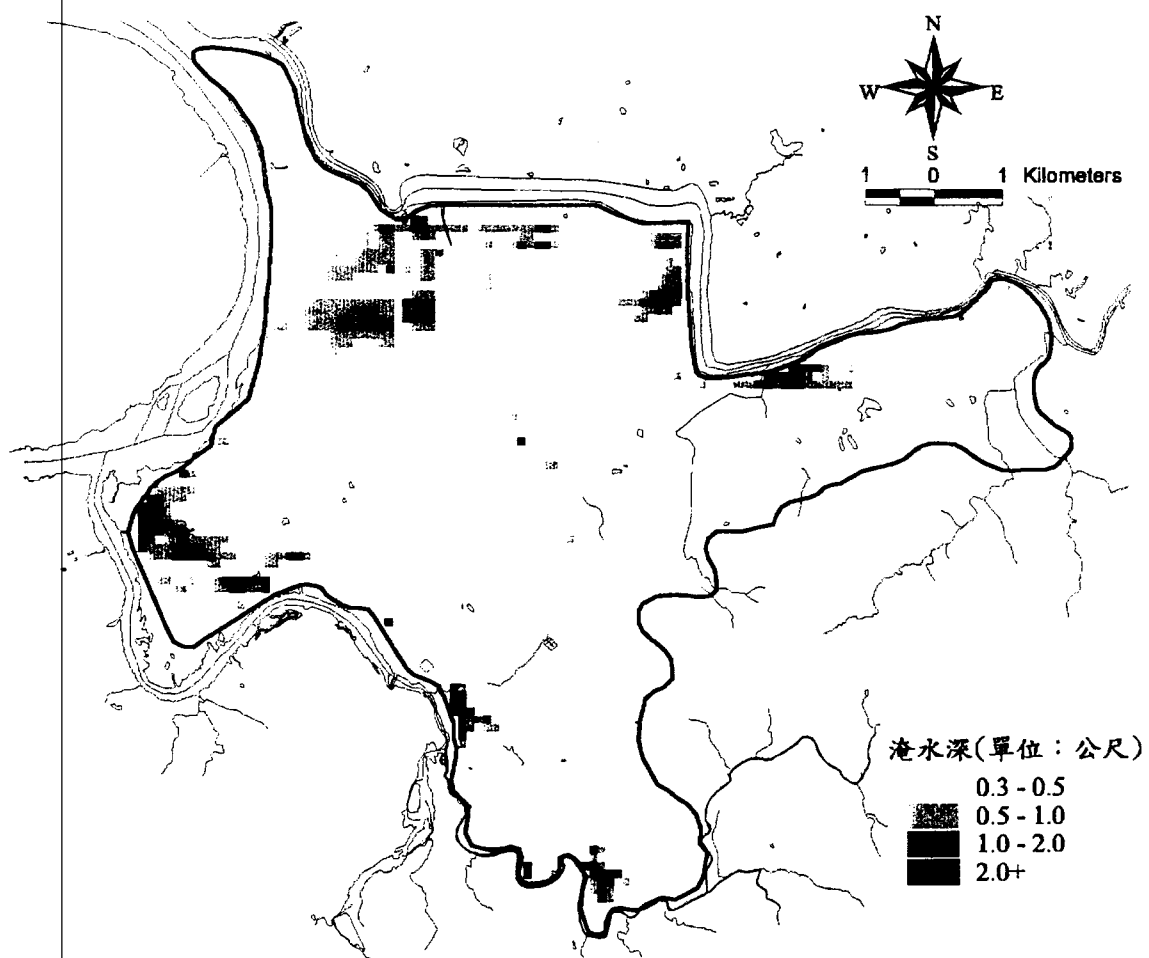


圖5-8 台北市中央區模擬淹水範圍 (50年重現期降雨，新生、雙園及撫遠抽水站無法正常操作)

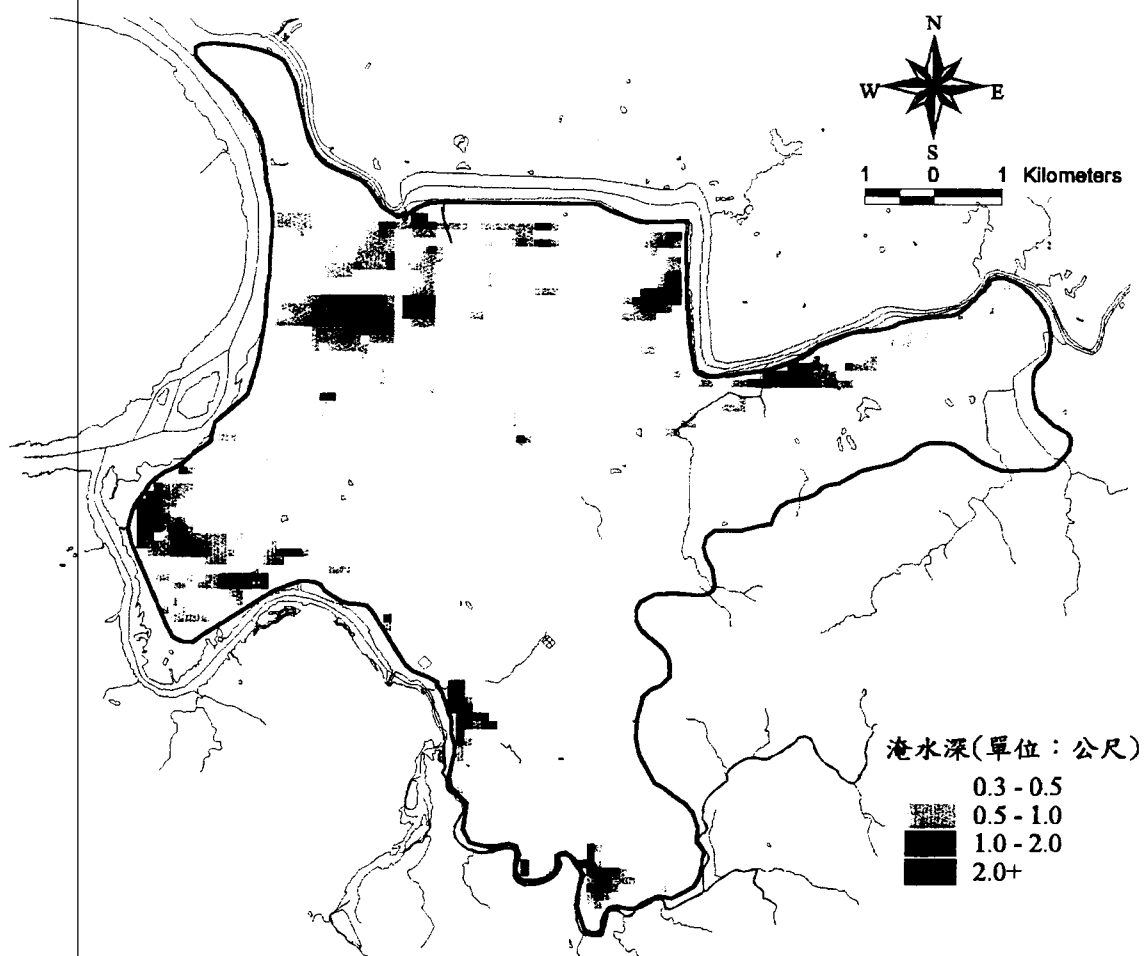


圖5-9 台北市中央區模擬淹水範圍 (100年重現期降雨，新生、雙園及撫遠抽水站無法正常操作)

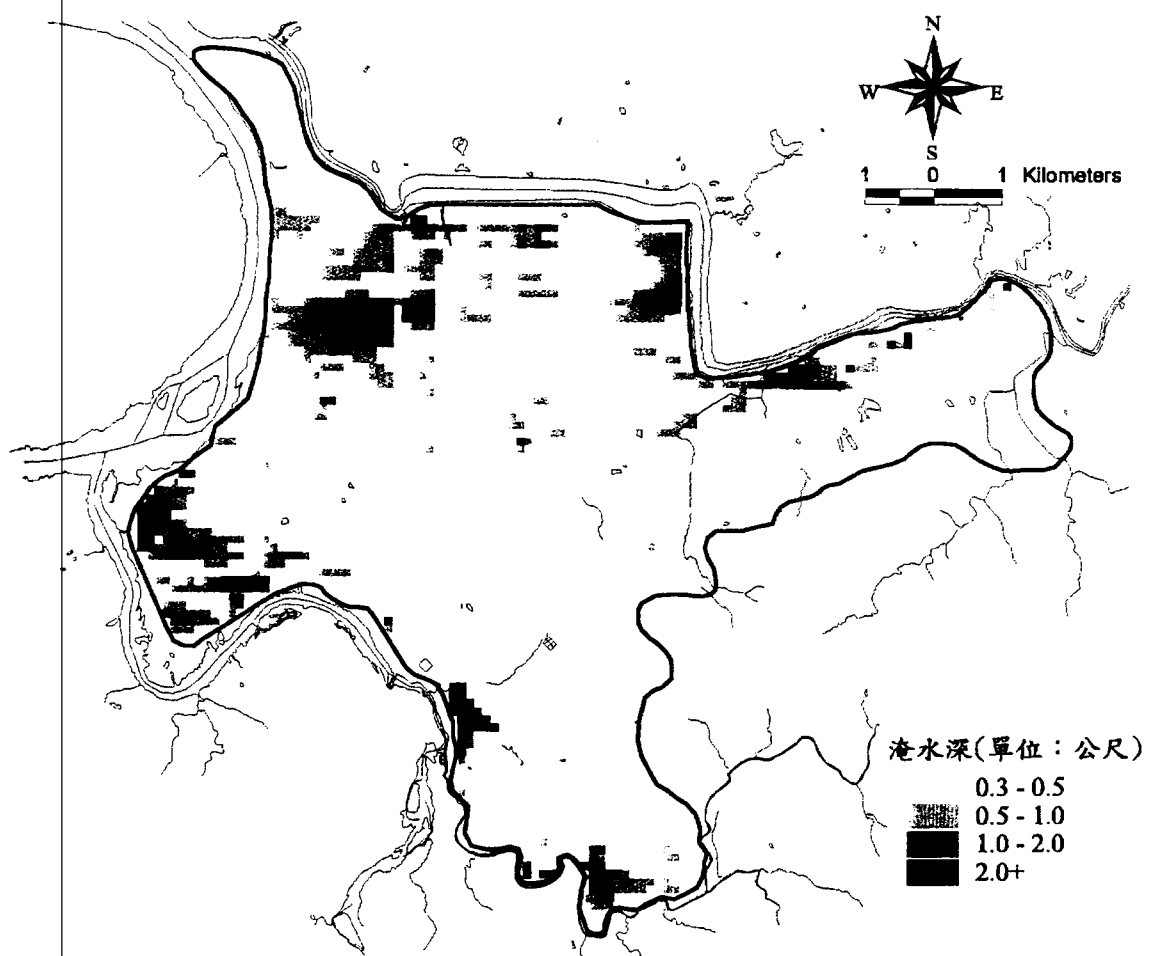


圖5-10 台北市中央區模擬淹水範圍 (200年重現期降雨，新生、雙園及撫遠抽水站無法正常操作)

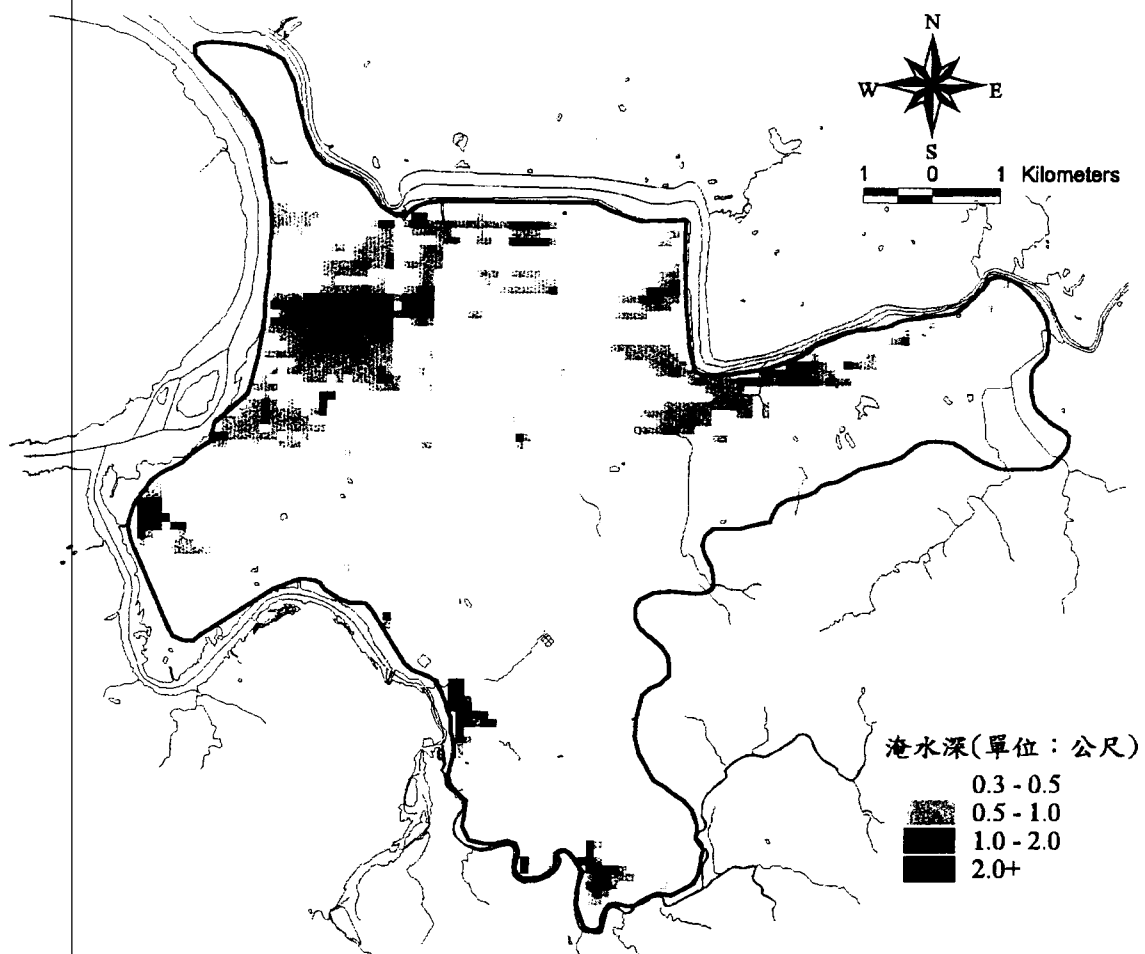


圖5-11 台北市中央區模擬淹水範圍 (100年重現期降雨，淡水河三號、基隆河四號及基隆河九號疏散閘門未及時關閉)

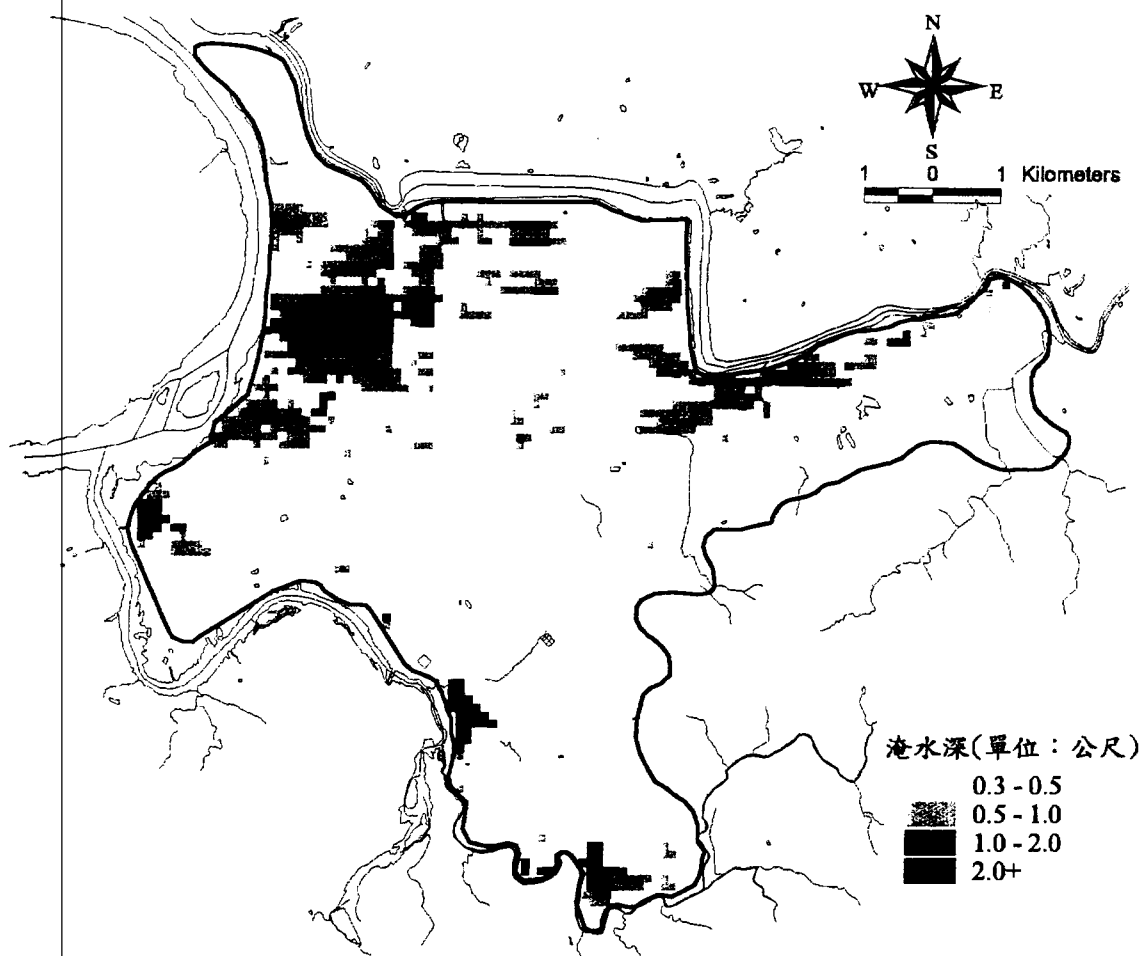


圖5-12 台北市中央區模擬淹水範圍 (200年重現期降雨，淡水河三號、基隆河四號及基隆河九號疏散閘門未及時關閉)

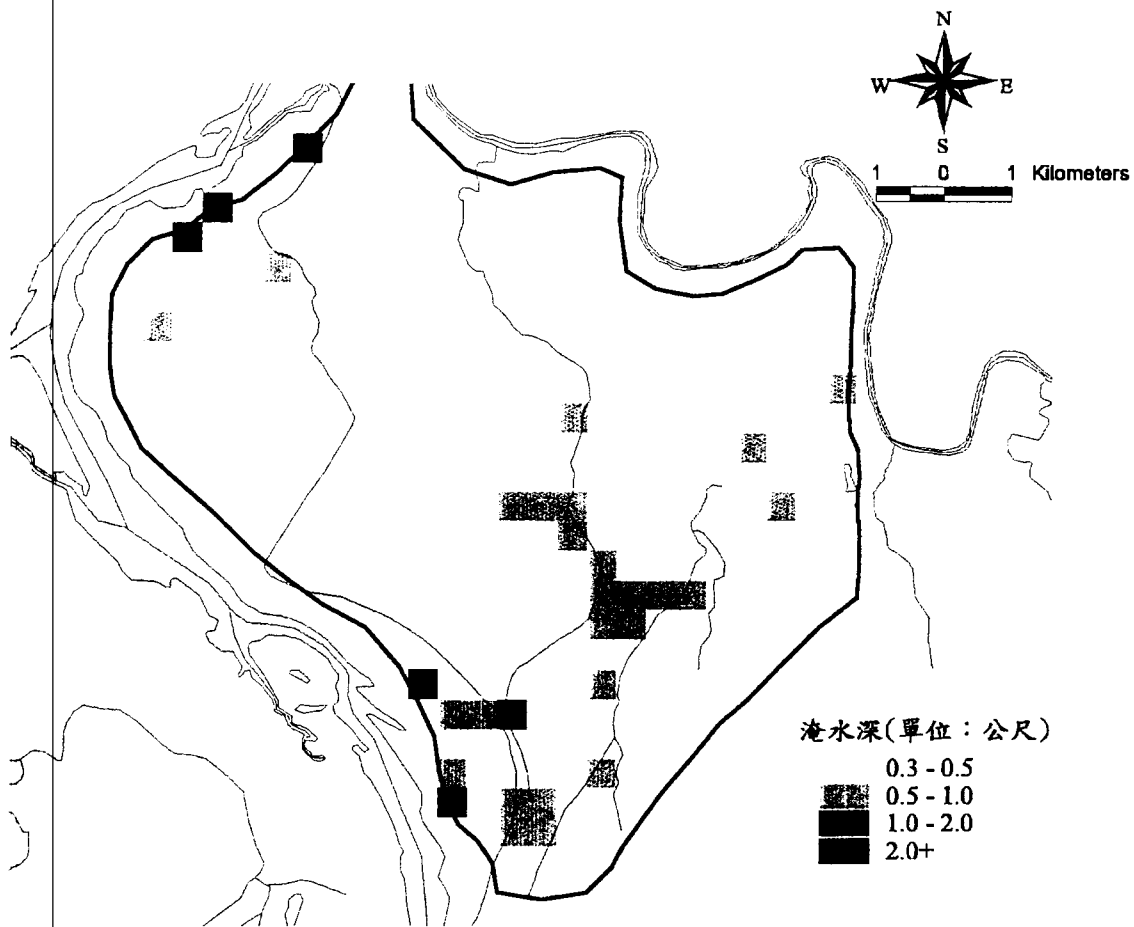


圖5-13 台北縣新店區模擬淹水範圍 (5年重現期降雨)

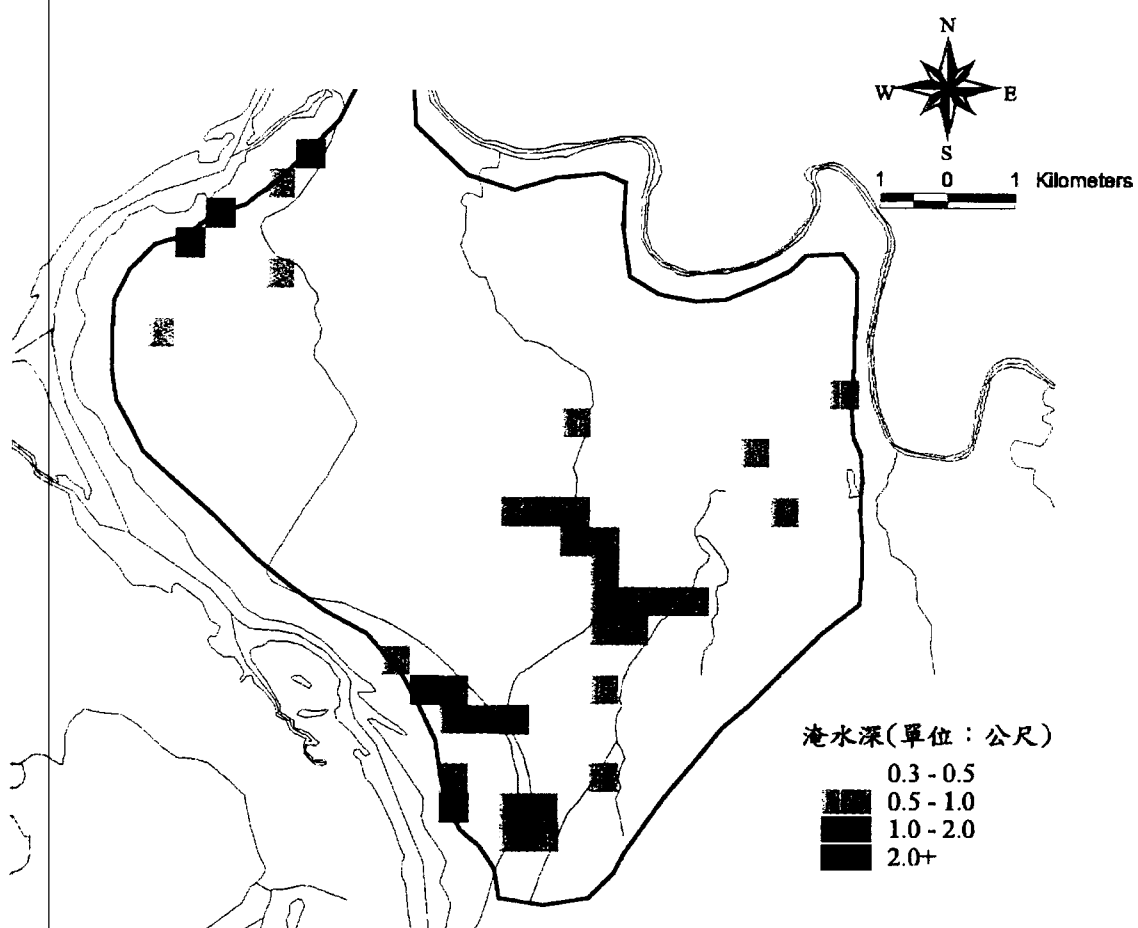


圖5-14 台北縣新店區模擬淹水範圍 (10年重現期降雨)

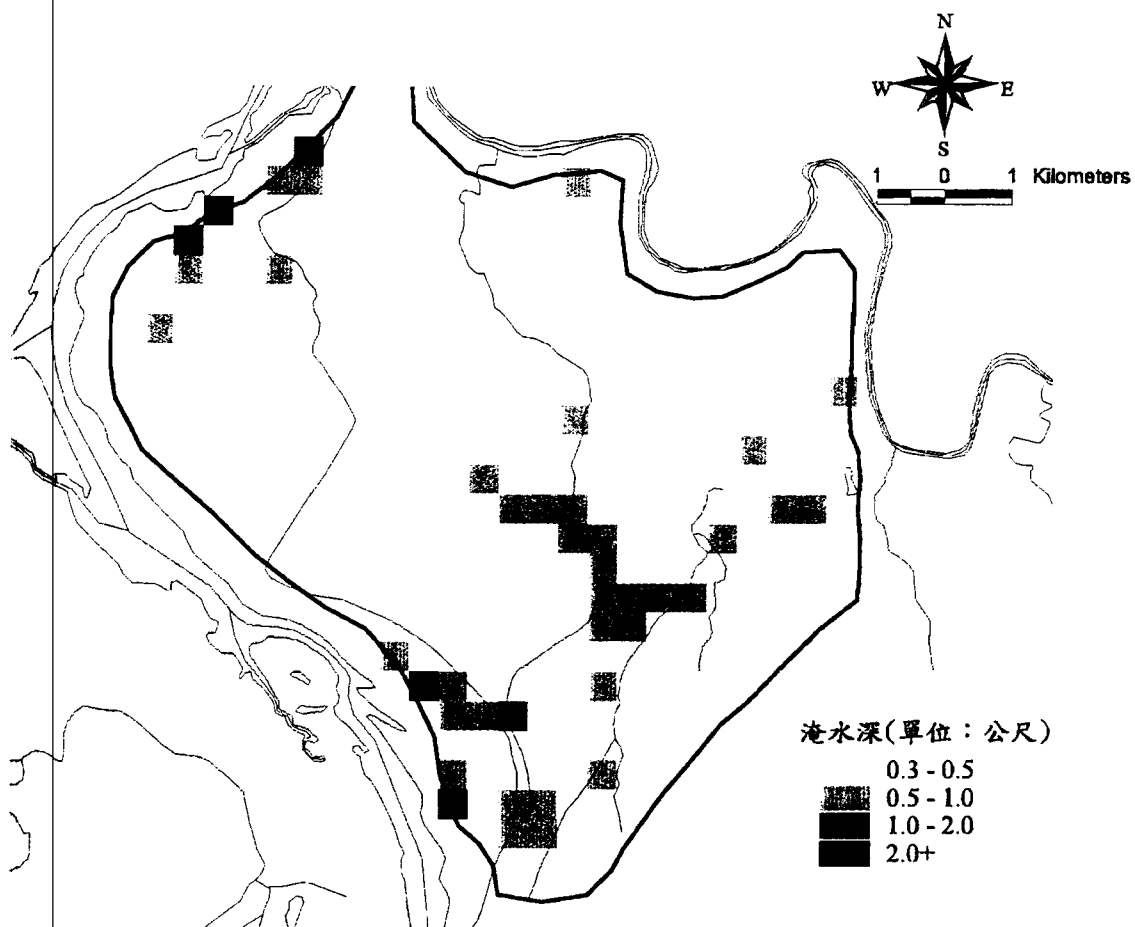


圖5-15 台北縣新店區模擬淹水範圍 (25年重現期降雨)

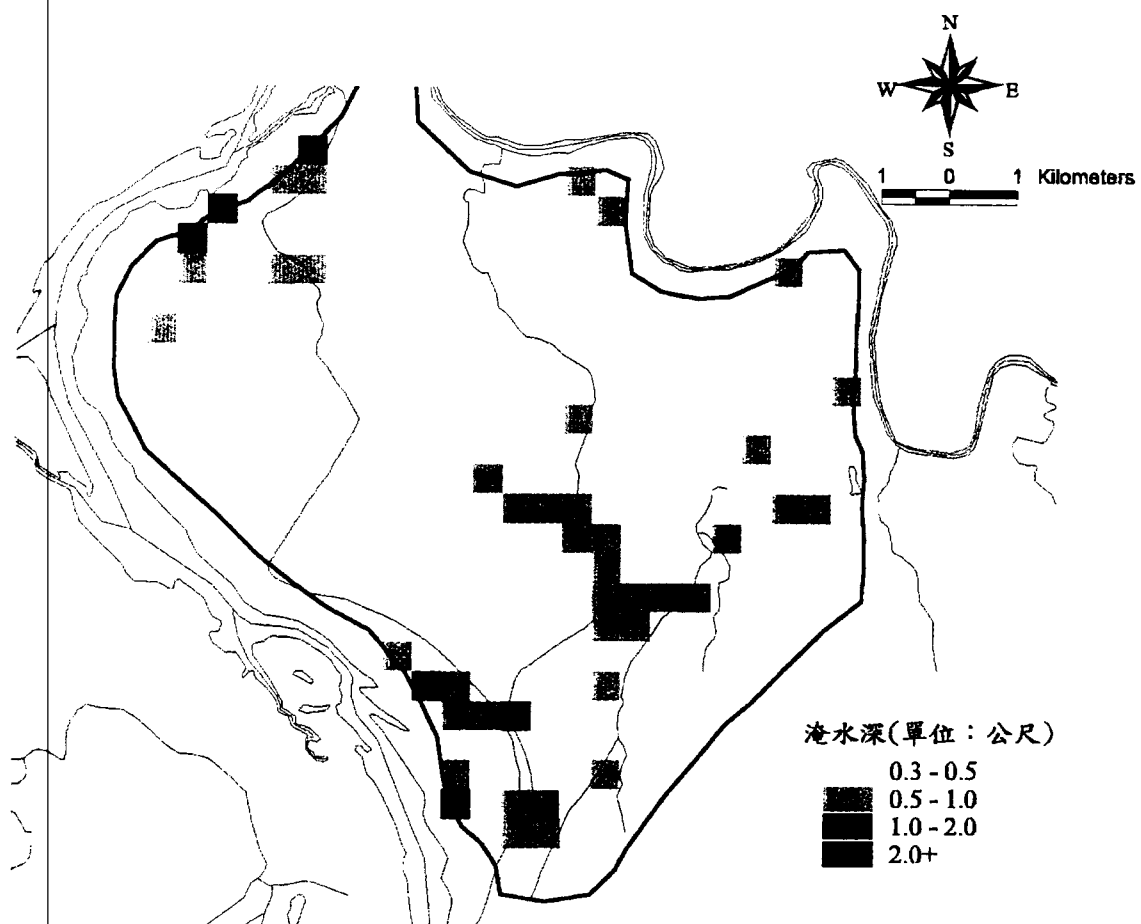


圖5-16 台北縣新店區模擬淹水範圍 (50年重現期降雨)

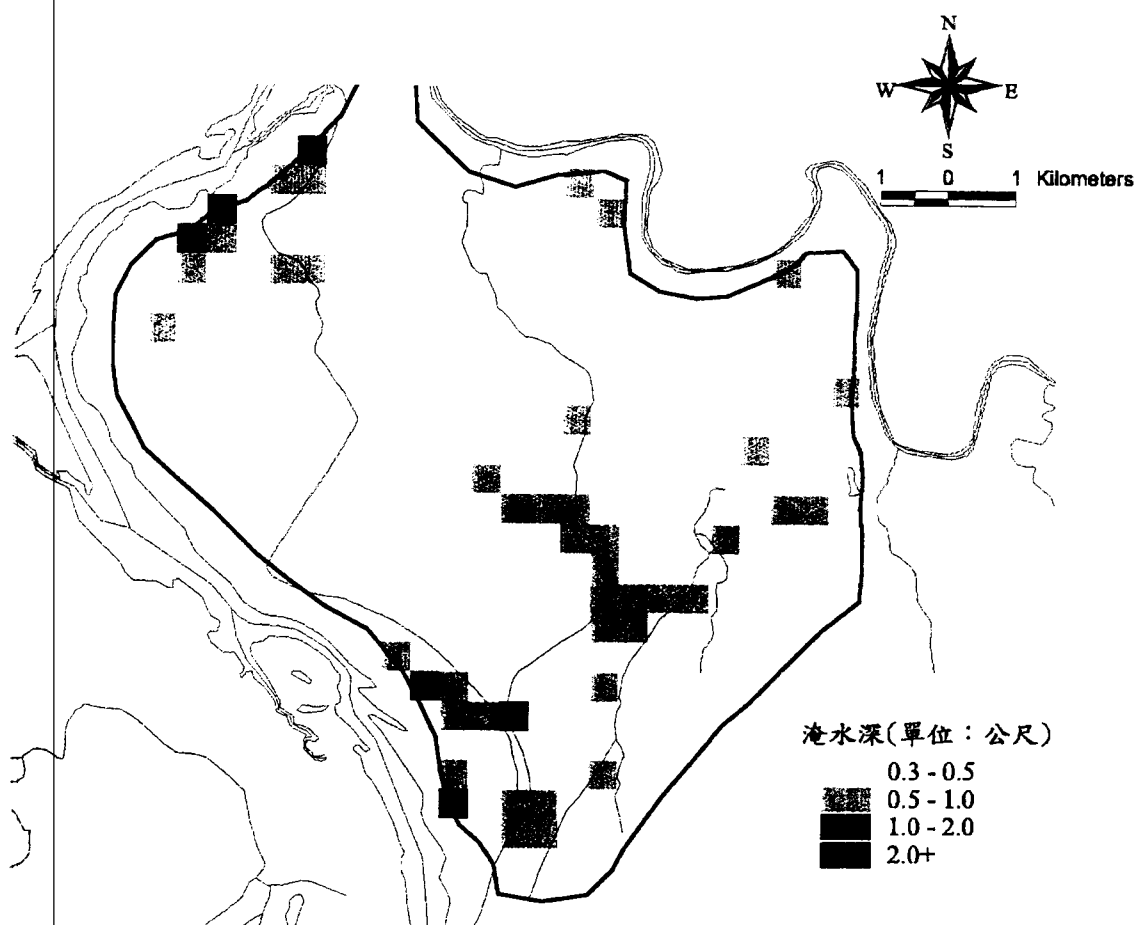


圖5-17 台北縣新店區模擬淹水範圍 (100年重現期降雨)

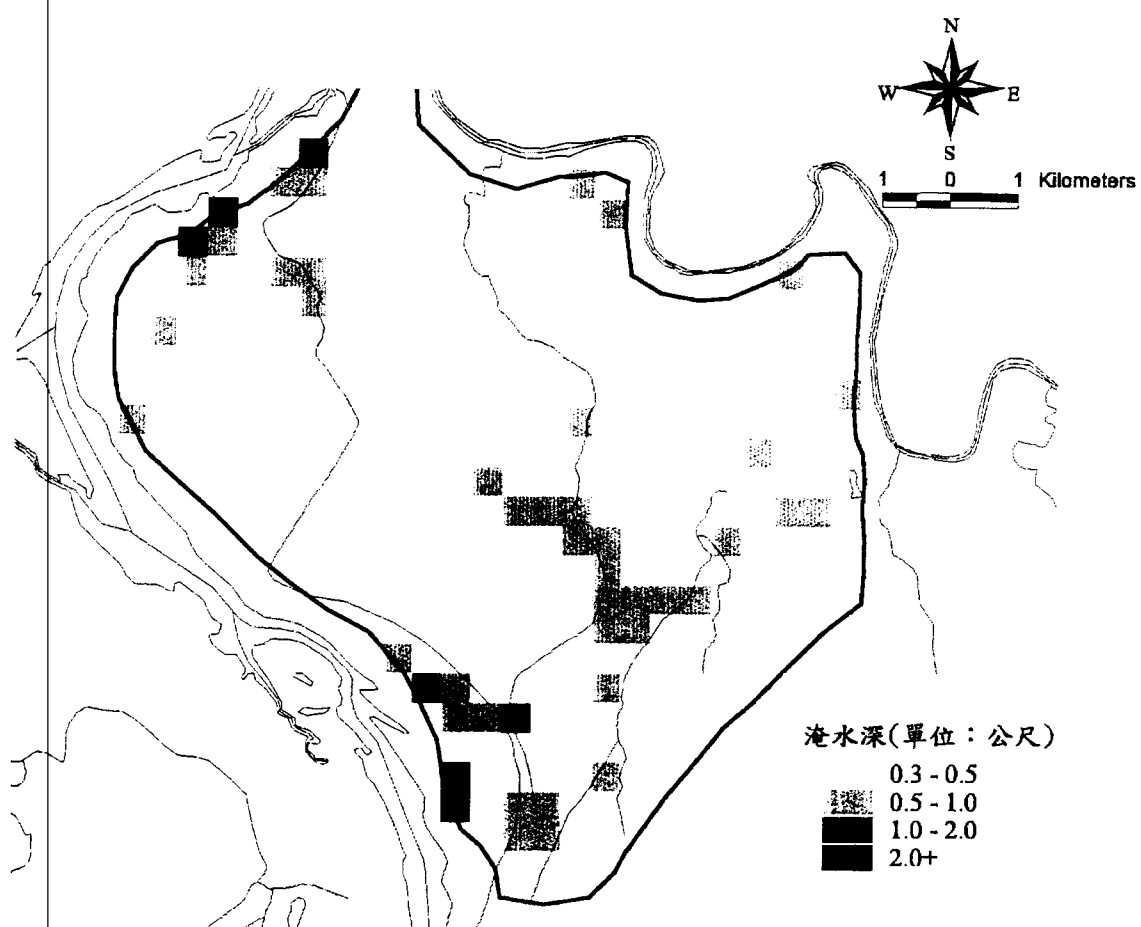


圖5-18 台北縣新店區模擬淹水範圍 (200年重現期降雨)

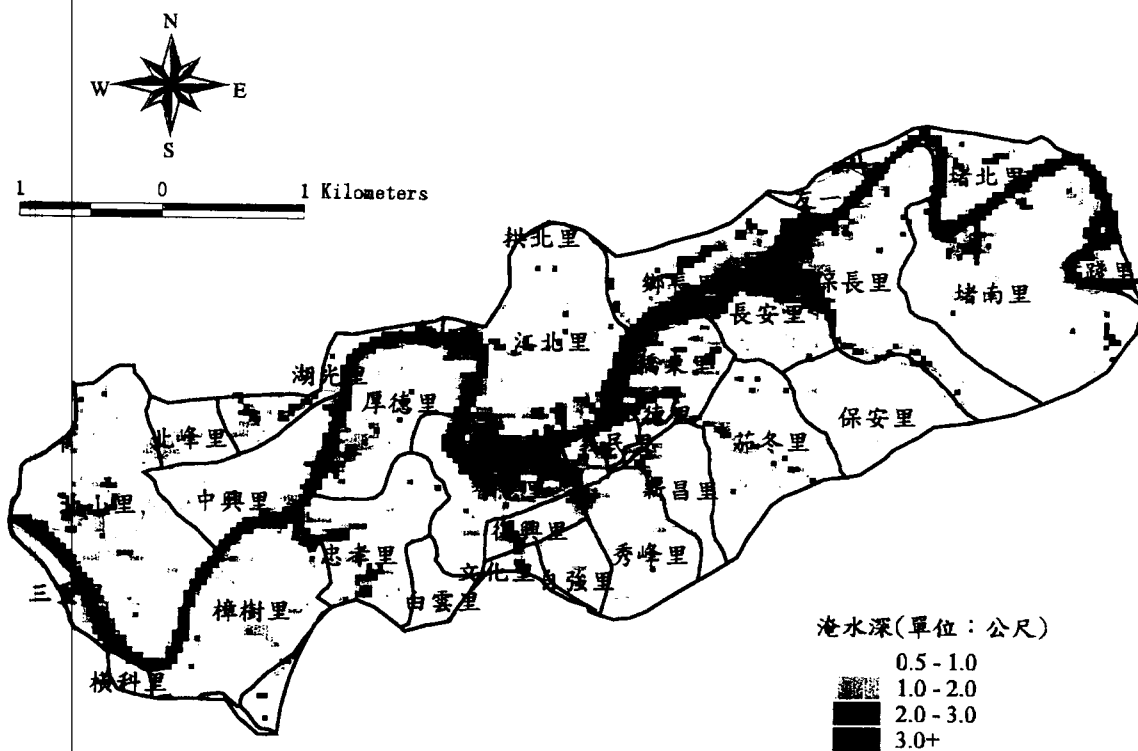


圖5-19 台北縣汐止五堵區模擬淹水範圍 (5年重現期降雨)

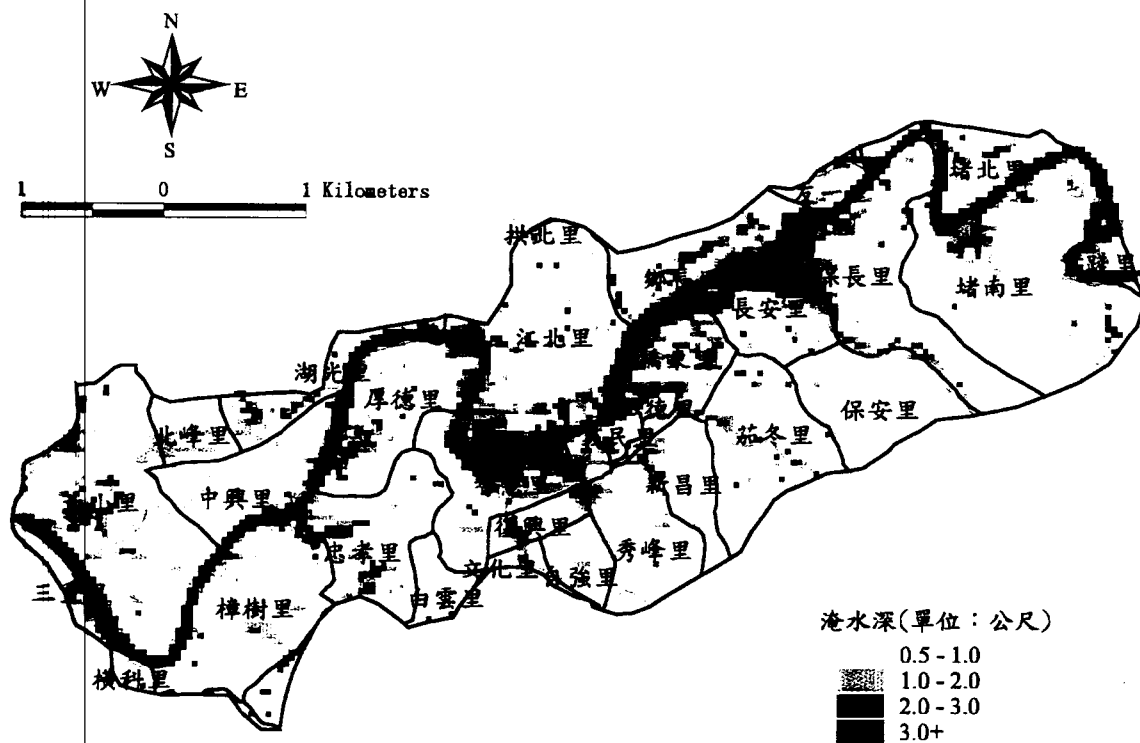


圖5-20 台北縣汐止五堵區模擬淹水範圍 (10年重現期降雨)

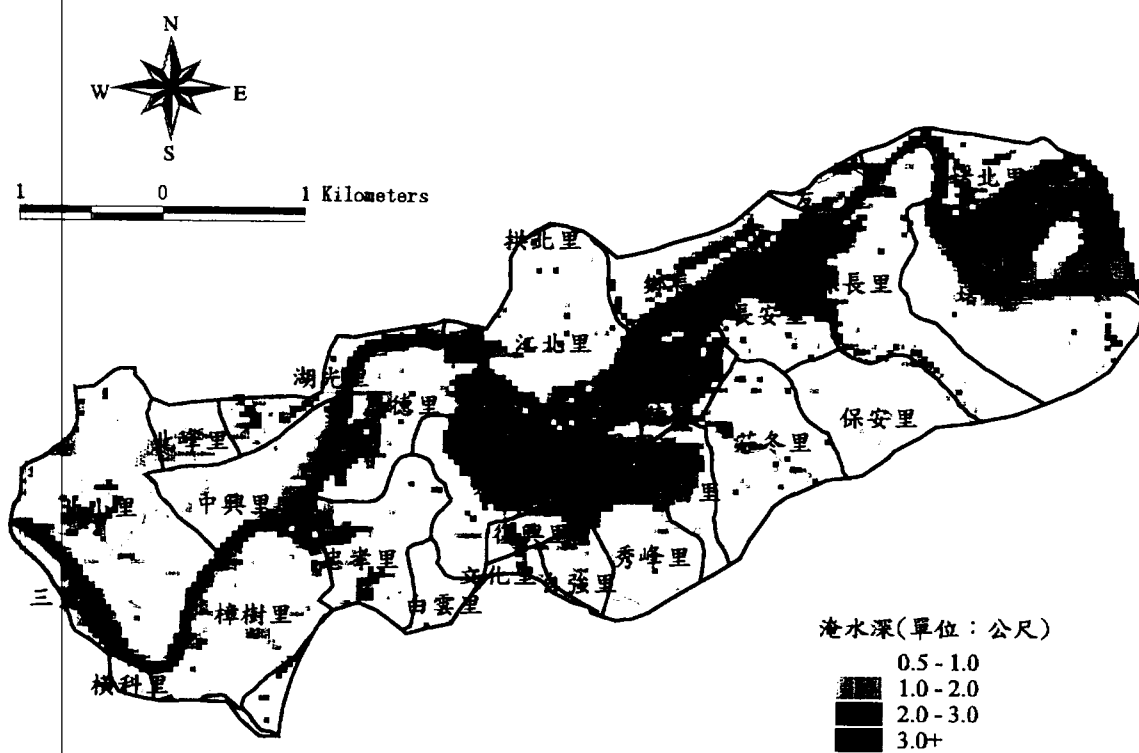


圖5-21 台北縣汐止五堵區模擬淹水範圍 (25年重現期降雨)

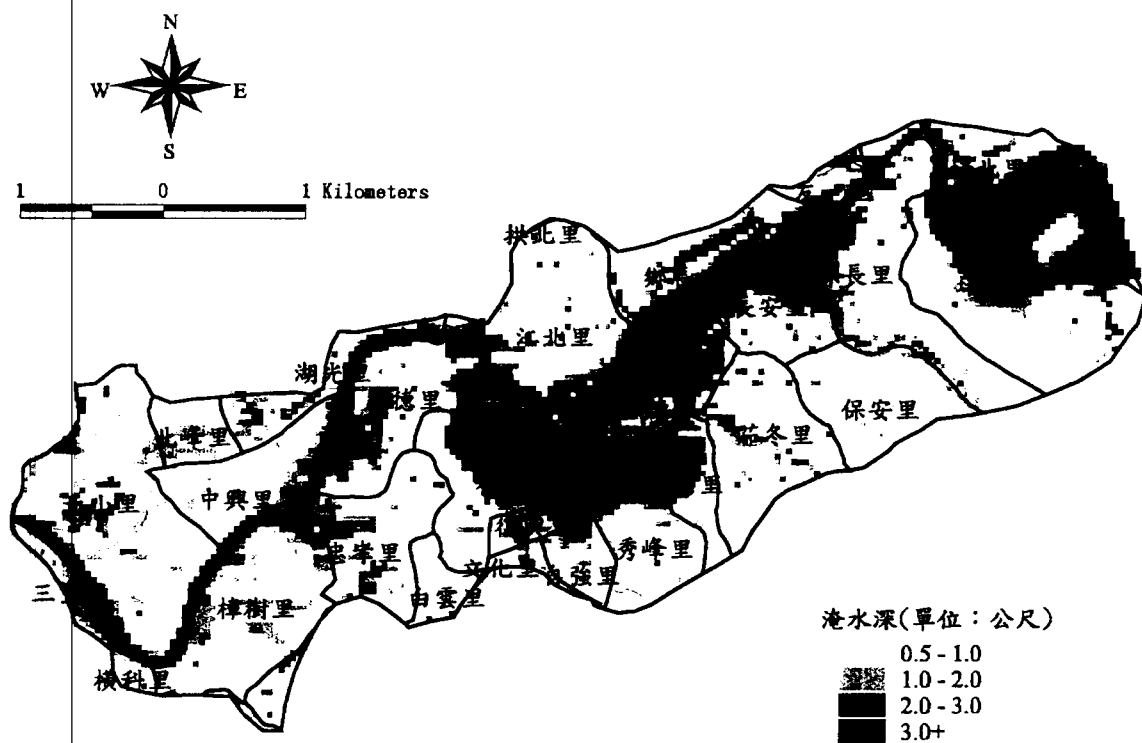


圖5-22 台北縣汐止五堵區模擬淹水範圍 (50年重現期降雨)

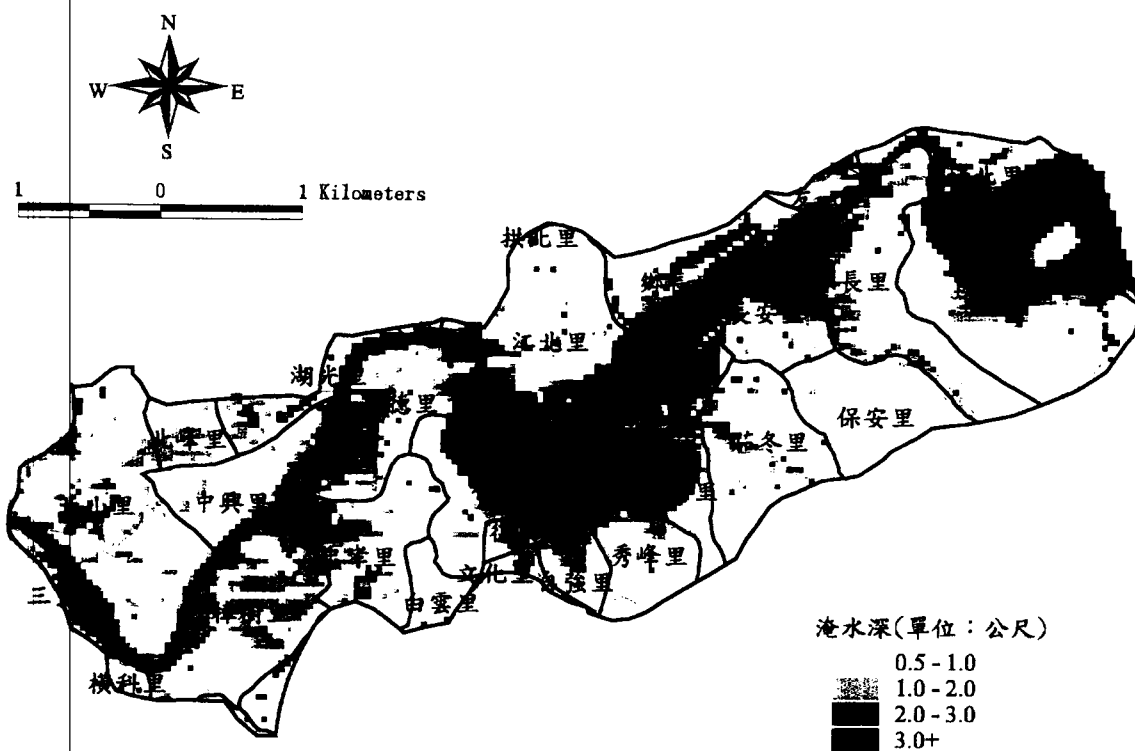


圖5-23 台北縣汐止五堵區模擬淹水範圍 (100年重現期降雨)

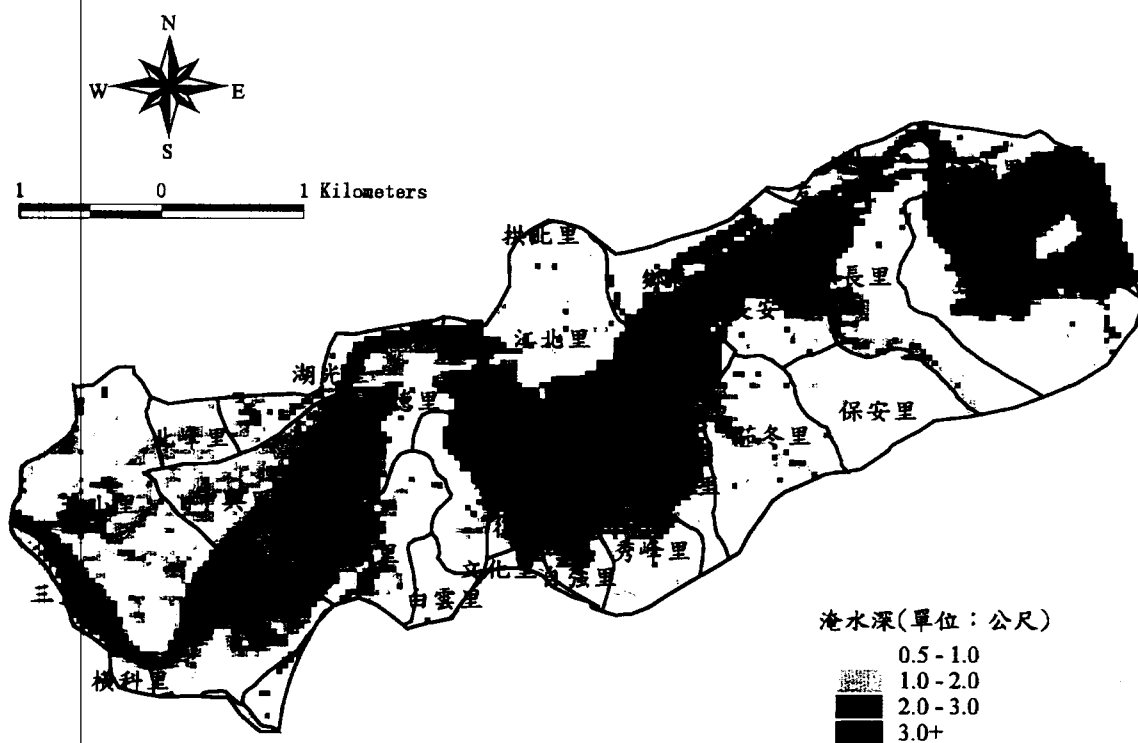


圖5-24 台北縣汐止五堵區模擬淹水範圍 (200年重現期降雨)

表3-1 瑞伯颱風降雨量(中正橋站)

日期	87 年 10 月 15 日		87 年 10 月 16 日	
小時	雨量(mm)	累積雨量 (mm)	雨量(mm)	累積雨量 (mm)
00-01	0.0	0.0	8.0	231.0
01-02	0.0	0.0	26.0	257.0
02-03	0.0	0.0	2.0	259.0
03-04	0.0	0.0	14.0	273.0
04-05	0.0	0.0	7.0	280.0
05-06	0.0	0.0	5.0	285.0
06-07	0.0	0.0	25.0	310.0
07-08	0.0	0.0	24.0	334.0
08-09	0.0	0.0	6.0	340.0
09-10	7.0	7.0	6.0	346.0
10-11	7.0	7.0	2.0	348.0
11-12	7.0	7.0	4.0	352.0
12-13	7.0	7.0	6.0	358.0
13-14	11.0	11.0	8.0	366.0
14-15	16.0	16.0	12.0	378.0
15-16	50.0	53.0	12.0	390.0
16-17	91.0	94.0	8.0	398.0
17-18	116.0	119.0	5.0	403.0
18-19	132.0	135.0	4.0	407.0
19-20	159.0	162.0	1.0	408.0
20-21	181.0	184.0	1.0	409.0
21-22	208.0	211.0	0.0	409.0
22-23	218.0	221.0	0.0	409.0
23-24	223.0	226.0	0.0	409.0

表3-2 瑞伯颱風降雨量(五堵站)

日期	87 年 10 月 15 日		87 年 10 月 16 日	
小時	雨量(mm)	累積雨量 (mm)	雨量(mm)	累積雨量 (mm)
00-01	0.0	0.0	5.0	330.0
01-02	0.0	0.0	6.0	336.0
02-03	0.0	0.0	24.0	360.0
03-04	0.0	0.0	4.0	364.0
04-05	0.0	0.0	17.0	381.0
05-06	1.0	1.0	14.0	395.0
06-07	0.0	1.0	12.0	407.0
07-08	1.0	2.0	24.0	431.0
08-09	0.0	2.0	17.0	448.0
09-10	2.0	4.0	2.0	450.0
10-11	4.0	8.0	8.0	458.0
11-12	6.0	14.0	1.0	459.0
12-13	1.0	15.0	5.0	464.0
13-14	0.0	15.0	12.0	476.0
14-15	11.0	26.0	34.0	510.0
15-16	12.0	38.0	20.0	530.0
16-17	19.0	57.0	14.0	544.0
17-18	37.0	94.0	11.0	555.0
18-19	26.0	120.0	4.0	559.0
19-20	42.0	162.0	6.0	565.0
20-21	34.0	196.0	2.0	567.0
21-22	31.0	227.0	0.0	567.0
22-23	41.0	268.0	0.0	567.0
23-24	57.0	325.0	0.0	567.0

表3-3 各重現期24小時延時降雨量 (單位：mm)

重現期	1.1 年	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年	100 年	200 年
中央區、新店區	101	174	222	272	341	392	447	532
汐止五堵區	178	284	393	472	581	670	767	875

表3-4 台北市中央區抽水站資料

No.	抽水站 名 稱	所屬區域	隸屬流域	設施日期 (年-月-日)	總抽水量 (CMS)	台 數 (台)	總馬力 (H.P.)
1	保 儀	文山區	景美溪流域	69-05-00	4.00	2	500
2	實 踐	文山區	景美溪流域	69-05-00	8.01	3	900
3	中 港	文山區	景美溪流域	63-10-00	15.00	3	1,650
4	埤 腹	文山區	景美溪流域	73-06-00	12.00	3	1,200
5	景 美	文山區	新店溪流域	71-10-00	8.00	2	680
6	古 亭	中正區	新店溪流域	77-05-00	8.00	4	680
7	雙 園	萬華區	新店溪流域	63-12-00	33.07	11	3,962
8	貴 陽	萬華區	淡水河流域	63-10-00	8.00	2	1,160
9	忠 孝	萬華區	淡水河流域	61-05-00	57.90	7	800
10	六 館	大同區	淡水河流域	62-04-00	7.90	2	840
11	林 森	中山區	基隆河流域	76-06-00	42.00	6	4,344
12	長 安	中山區	基隆河流域	58-08-00	9.09	3	822
13	長 春	中山區	基隆河流域	68-12-00	1.00	2	100
14	民 生	中山區	基隆河流域	58-08-00	12.62	5	1,052
15	民 權	中山區	基隆河流域	59-08-00	3.90	1	280
16	錦 州	中山區	基隆河流域	78-00-00	7.00	5	760
17	圓 山	中山區	基隆河流域	76-04-00	24.00	6	3,000
18	新 生	中山區	基隆河流域	71-11-00	53.00	4	3,800
19	建 國	中山區	基隆河流域	71-11-00	82.98	6	6,900
20	南 港	南港區	基隆河流域	85-09-00	20.00	4	6,704
21	成 功	南港區	基隆河流域	85-12-00	32.00	4	4,000
22	玉 成	南港區	基隆河流域	76-12-00	184.10	7	21,000
23	南 京	松山區	基隆河流域	79-05-00	9.00	3	1,110
24	松 山	松山區	基隆河流域	70-08-00	8.00	2	450
25	撫 遠	松山區	基隆河流域	81-06-00	25.00	5	4,150
26	濱 江	松山區	基隆河流域	71-03-00	10.00	2	550
27	中 山	中山區	基隆河流域	71-03-00	44.00	6	4,640
28	大 龍	大同區	基隆河流域	64-05-00	16.00	4	2,040
29	迪 化	士林區	淡水河流域	72-02-00	31.90	11	5,390

表3-5 台北市中央區疏散閘門一覽表

疏散門編號	門底高程	寬 度
基—1-2 疏	6.52	8.0
基—1-3 疏	6.40	8.0
基—2 疏	6.32	8.0
基—3 疏	6.24	8.0
基—4 疏	6.08	8.5
基—5 疏	5.87	8.5
基—6 疏	5.74	8.5
基—7 疏	5.66	8.5
基—8 疏	5.58	8.5
基—9 疏	5.42	8.5
基—10 疏	4.95	9.0
基—11 疏	4.89	9.5
基—12 疏	4.76	9.5
基—13 疏	4.61	9.0
基—14 疏	4.07	9.0
基—15 疏	3.61	10.0
基—16 疏	3.14	9.0
基—17 疏	2.21	9.5
基—18 疏	1.86	9.0
新—4 疏	4.62	8.0
淡—1 疏	2.54	6.0
淡—2 疏	3.19	6.0
淡—3 疏	3.31	6.0
淡—4 疏	3.48	6.0
淡—5 疏	3.52	6.0
淡—6 疏	3.68	6.0
淡—7 疏	3.91	6.0
淡—8 疏	4.26	6.0

表4-1 瑞伯颱風台北市中央區淹水調查表

編號	積水地點	積水深度	積水原因
1	文山羅斯福路五段 92、97 巷及汀州路四段 105 巷	30 公分	(1)尖峰雨量太大及持續降雨，新店溪河川水位暴漲，影響重力排水及區域排水。 (2)景美抽水站容量不足。
2-1	文山木新路	30 公分	(1)尖峰雨量太大，側溝容量無法即時渲洩。 (2)木新路排水系統末端保儀抽水站容量不足。
2-2	文山樟新街	30 公分	樟新街為一獨立排水系統，重力閘門關閉後，因無設置抽水站，排水無法排入景美溪，且不易引至保儀抽水站排放，致造成該地區淹水。
3	中正寶慶路總統府周邊	30 公分	(1)尖峰雨量太大，無法即時渲洩。 (2)依委託顧問工程司之檢討附近排水系統容量不足。
4	萬華廣州街、西園路附近	40 公分	該區排水系統老舊，經檢討排水支線及部分側溝容量不足。
5	萬華內江街、康定路	35 公分	該路段之側溝容量不足，經檢討需改進。
6	萬華漢口街(環河南路至昆明街)	30 公分	側溝系統老舊，容量不足，遇大雨易致水患。
7	大同承德路沿線自錦西街口以南區域	30 公分	承德路幹線箱涵呈現逆坡，影響排水功能。
8	大同赤峰街沿線	35 公分	(1)唯一排水出口承德路二段 91 巷出口，排水涵管阻塞。 (2)捷運北淡線施工，排水改道，未將路面側溝予以銜接。
9	大同(1)迪化街二段(2)延平北路四段(3)重慶北路三段	30 公分	(1)迪化公園附近地勢低窪，排水側溝容量不足。 (2)延平北路五段明溝及高速公路下方箱涵淤積。 (3)重慶北路(酒泉街至敦煌路)兩側排水側溝淤積及 $\phi 1000\text{mm}$ 涵管阻塞。
10	中山大直里一帶	30 公分	區域內排水系統容量不足，遇豪大雨即造成冒水外溢淹水情形。
11	松山民生東路 75 巷一帶	30 公分	下游富錦公園下方 $\phi 1500\text{mm}$ 涵管阻塞淤積。
12	內湖新明路 428 巷、522 巷等巷道附近	30 公分	局部地勢低窪及排水支線未完全銜街完成。
13	內湖港華街 51 巷、85 巷積水	30 公分	巷道邊溝流路過長，輸水容量不足。

14	康寧路三段，靠南湖大橋附近	80 公分	堤防因都市計畫尚未定案，而未興建，颱風雨造成河川水位暴漲倒灌。
15	內湖路三段 60 巷附近	30 公分	該附近地區較低窪，另成功路排水幹線尚不敷需求，造成輸水容量不足。
16	士林後港里地區	30 公分	原屬劍潭抽水站上游集水區，惟地勢低窪無法提供足夠位置水頭，以重力方式排出，故排水不良。
17	士林雙溪街、中山北路、至誠路附近	40 公分	福林抽水站抽水機容量不足，瑞伯颱風雙溪河水高漲，堤內排水無法完全抽排，致蓄積低窪區。
18	士林克強街 10 巷 21 弄	30 公分	濱磺溪低窪區，以獨立排水系統向磺溪排放，瑞伯颱風溪水高漲高出堤內地盤，隨閘門關閉，堤內排水無法排出。
19	士林前街一帶	30 公分	福德洋圳沿前街佈設，惟上游集水區過大，過文林路斷面束縮，溝底突高，造成集水量大，而排洪能力降低之雙重影響，導致淹水。
20	北投石牌路二段 315 巷	50 公分	北投 6 號公園山溝，因下游無適當出口，遇雨極易氾濫。
21	北投公館路、承德路口附近	30 公分	(1)經檢討大業(三)臨時抽水站容量不足。 (2)公館路下游涵管斷面過小。
22	大安光復南路 456 巷附近	30 公分	本路段涵管側溝老舊堵塞，遇雨易致道路積水現象。

表5-1 不同降雨強度下閘門進出流量表 (單位：cms)

時間(hr)	降雨強度					
	100 年重現期距			200 年重現期距		
	淡-3 疏	基-9 疏	基-4 疏	淡-3 疏	基-9 疏	基-4 疏
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.00	0.08	0.00	0.00	0.49	0.00
2	0.00	1.31	0.00	0.00	2.89	0.00
3	0.00	2.66	0.00	0.00	4.28	0.00
4	0.00	3.35	0.00	0.00	4.72	0.00
5	0.00	3.65	0.00	0.00	5.59	0.00
6	-14.44	4.41	0.00	-14.44	6.49	0.00
7	-52.30	5.45	0.00	-52.30	7.79	0.00
8	-85.48	4.67	0.00	-85.48	9.81	2.59
9	-104.16	-24.52	-9.70	-104.16	-24.52	-9.41
10	-101.51	-43.02	-46.74	-101.51	-43.02	-46.74
11	-83.53	-60.86	-60.87	-83.53	-60.86	-33.07
12	-60.08	-71.54	-62.16	-60.08	-71.54	-33.75
13	-38.19	-73.07	-55.96	-38.19	-73.07	-30.33
14	-20.53	-68.16	-46.92	-20.53	-68.16	-25.27
15	-7.45	-57.60	-36.31	-7.45	-57.60	-19.15
16	-0.11	-45.96	-25.84	-0.11	-45.96	-12.56
17	0.00	-34.52	-9.10	0.00	-34.52	-5.51
18	0.00	-24.59	-4.68	0.00	-24.59	4.79
19	0.00	-9.11	-0.68	0.00	-9.11	7.56
20	0.00	-5.37	0.30	0.00	-5.37	6.56
21	0.00	-1.84	0.11	0.00	-1.84	6.68
22	0.00	0.55	0.05	0.00	0.64	7.08
23	0.00	2.49	0.02	0.00	3.67	7.18
24	0.00	2.45	0.01	0.00	3.77	7.09

註：流量正值(水流由地表格網流向河川)

流量負值(水流由河川流向地表格網)