

[illegible]

執行期間：90 年 8 月 1 日至 91 年 7 月 31 日

計畫主持人：張倉榮

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- ☐赴國外出差或研習心得報告一份
- ☐赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- ☐出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- ☐國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：國立台灣大學生物環境系統工程學系

中華民國九十一年七月三十一日

防洪示範區淹水境況模擬與決策
支援系統之研究（二）

子計畫七：基隆河流域整治段颱洪災害
淹水境況模擬（二）

Inundation Scenario Simulation and Decision Support
System for Flood-Damage Mitigation in Pilot Areas (II)

—Project 7 : Inundation Scenario Simulation for Flood
Damage Mitigation in the Improvement
Reach of Keelung River Basin (II)

計畫主持人：張倉榮 國立台灣大學生物環境系統工程學系助理教授

計畫參與人員：游家信 國立台灣大學生物環境系統工程學系碩士班研究生

吳毓庭 國立台灣大學生物環境系統工程學系碩士班研究生

執行單位：國立台灣大學生物環境系統工程學系

中華民國九十一年七月三十一日

中 文 摘 要

本計畫為「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究(二)」三年期整合型計畫之子計畫七，本三年研究計畫之主要目的在於探討基隆河治理工程範圍中，在不同降雨條件下之淹水境況。研究係依據經濟部基隆河治理推動方案對汐止、五堵等地區之影響程度。初期計畫方案以河道疏浚為主要整治工程，以能通過十年重現期之洪水量為目標，研究範圍為經濟部基隆河治理推動小組所提出之基隆河初期治理工程整治範圍，從上游之基隆市八堵暖暖橋至台北縣市交界之南湖大橋，全長23公里，研究範圍面積共約60平方公里。而長期整治方案則以「員山子分洪計畫」為探討對象。本研究第一年依該地區之水理特性，結合一維河川變量流模式與二維漫地流淹水模式，建立基隆河流域整治段河川主流與洪水平原間之互動式二維地表淹水模式，以了解河川主流與洪水平原漫地流間隨水位高低之變化而產生之互動關係。二維漫地流淹水模式則以二維零慣性模式為基礎，利用交替方向顯式差分法建立模式；在河川變量流模式方面，係以一維動力波方程式為基礎，利用非線性完全隱式差分法建立模式。河川主流與洪水平原漫地流之水位互動，係考慮河川-洪水平原之內外水位差，依自由堰或潛沒堰公式計算。研究中並選定87年瑞伯與芭比絲颱風及89年象神颱風之淹水資料作為模式之檢定與驗證。第二年研究中則針對初期計畫方案，模擬象神颱風洪事件及不同重現期降雨對研究地區之淹水境況，以探討整治河段疏浚後之改善程度。第三年研究進行模式之改進，模擬研究區域在長期治理工程方案完工後的各重現期降雨之淹水境況，了解汐止市區之洪水流向、淹水時間、範圍，以提供防災有關單位訂定防洪措施之參考依據。

關鍵詞：淹水境況模擬、溢淹洪水、洪水平原、淹水區域

Abstract

The main objective of this three-year project is to simulate the interaction between flooding and inundation of Shiji-Wudo area where is under the short-term project of channel improvement for 10-year flood protection level and the long-term project of flow divergence at Yuanshanzi, managed by Ministry of Economic Affairs. A two-dimensional flooding inundation model associated with dynamic interaction between channel flow in rivers and overland flow in floodplains are developed in the project. A two-dimensional inundation model based on the zero-inertia concept for computation of inundation zones and depths is used to simulate overland flow in floodplains, whereas a one-dimensional river routing model is adopted for channel flow using nonlinear finite difference method. The dynamic interaction between Keelung River and its adjacent floodplains is computed by using the weir or orifice formula, according to the difference between river stage and inland water stage. The effectiveness of the short-term as well as long-term projects is evaluated in the second and third year of this three-year project, respectively. Typhoon Zen and Babs in 1998, and Typhoon Xiansan in 2000 are used for model verification. The results of inundation scenario simulation can be used for flood mitigation measure and decision support system for government agencies.

Keywords: Inundation Scenario Simulation, Overbank Flooding, Floodplain, Inundation Zone.

目 錄

中文摘要	I
英文摘要	II
目錄	III
表錄	V
圖錄	VI
第一章 前言	1
1-1 研究背景與目的	1
1-2 過去相關研究	5
第二章 研究方法與流程	7
2-1 山區逕流模式	7
2-2 一維河系變量流模式	7
2-2-1 基本方程式	8
2-2-2 邊界條件	9
2-3 都會區雨水下水道模式	9
2-4 二維漫地流淹水模式	9
2-4-1 基本方程式	10
2-4-2 初始及邊界條件	11
2-5 地表漫地流出口與河川之匯流	12
2-5-1 重力排水情況	12
2-5-2 抽水站抽水操作情況	16
2-6 模式之銜接	16

第三章 基隆河流域水文地文資料	18
3-1 模擬區域概述	18
3-2 暴雨降雨量頻率分析	18
3-3 數值地形資料與土地利用資料	19
3-4 地理資訊資料庫之建立	19
第四章 基隆河流域過去淹水水文紀錄與模式驗證	21
4-1 八十七年十月瑞伯颱風與芭比絲颱風外圍環流	21
4-1-1 瑞伯颱風與芭比絲颱風發生歷程	21
4-1-2 瑞伯颱風與芭比絲颱風侵台期間降雨分析	22
4-1-3 瑞伯颱風與芭比絲颱風調查積水範圍	23
4-1-4 瑞伯颱風與芭比絲颱風模擬積水範圍比較	23
4-2 八十九年十一月象神颱風	24
4-2-1 象神颱風發生歷程	24
4-2-2 象神颱風影響台灣期間降雨分析	25
4-2-3 象神颱風調查積水範圍	26
4-2-4 象神颱風模擬積水範圍比較	27
第五章 洪災境況模擬	28
5-1 初期計畫方案對減洪效果之評估	28
5-2 洪災境況模擬	29
第六章 結論	30
參考文獻	31
附表	35
附圖	37

表 錄

表3-1 基隆河流域各重現期24小時延時降雨量.....35

表4-1 五堵雨量站降雨量記錄（象神、瑞伯、芭比絲與琳恩颱風）36

圖 錄

圖2-1	流量計算流程	37
圖3-1	基隆河流域整治段模擬區域	38
圖4-1	瑞伯颱風侵台期間10月15日至16日等雨量線圖	39
圖4-2	瑞伯颱風路徑圖	40
圖4-3	瑞伯與芭比絲颱風侵台期間降雨量組體圖	41
圖4-4	瑞伯、芭比絲與琳恩颱風降雨量組體圖比較	43
圖4-5	五堵雨量站降雨頻率分析	43
圖4-6	瑞伯颱風汐止地區調查積水範圍圖	44
圖4-7	芭比絲颱風外圍環流汐止地區調查積水範圍圖	45
圖4-8	瑞伯颱風汐止地區模擬淹水範圍圖	46
圖4-9	芭比絲颱風汐止地區模擬淹水範圍圖	47
圖4-10	象神颱風路徑圖	48
圖4-11	象神颱風侵台期間火燒寮、瑞芳、南港及五堵等雨量站時 雨量實測資料	49
圖4-12	象神颱風侵台期間降雨量頻率分析	51
圖4-13	象神颱風汐止地區調查積水範圍圖	52
圖4-14	象神颱風汐止地區模擬淹水範圍圖	53
圖5-1	模擬象神颱風在河道疏浚整治前之淹水範圍	54
圖5-2	模擬象神颱風在河道疏浚整治後之淹水範圍及深度	55
圖5-3	10年重現期降雨在初期整治方案完成後之模擬淹水範圍及 深度	56

圖5-4	25年重現期降雨在初期整治方案完成後之模擬淹水範圍及 深度	56
圖5-5	50年重現期降雨在初期整治方案完成後之模擬淹水範圍及 深度	57
圖5-6	100年重現期降雨在初期整治方案完成後之模擬淹水範圍及 深度	57

第一章 前言

1-1 研究背景與目的

由大漢溪、新店溪及基隆河等三主要支流所組成之淡水河系為台灣第三大河川，流域面積為2,726平方公里，蜿蜒於台北盆地之中。盆地內之台北都會區屬台灣首善之區，超過五百萬人居住於此。由於盆地內地勢本屬低窪，又因淡水河出海口附近之關渡隘口河槽狹窄，整個台北盆地水系呈壺口狀。造成每年颱風時期，洪水無法順利宣洩而在低窪處氾濫成災。為求能一勞永逸減除洪災，政府自民國49年起即著手研究規劃，最後訂定「台北地區防洪計畫」，自民國71年起分三期在大台北地區實施。該計畫之目標是以人口較為密集之淡水河主幹流、大漢溪、新店溪及基隆河在台北縣市界之南湖大橋以下地區為實施範圍，修築可抵禦200年重現期洪水之高標準堤防。故近年來，上述地區除少數重大颱風事件因部分堤防尚未完成(如90年9月納莉颱風)或水門未及關閉，而造成溢淹之情形，河水溢岸氾濫之現象已屬罕見。

另一方面，發源於台北縣平溪鄉，一路流經台北盆地北側的基隆河，在南湖大橋以上之地區，包括台北縣汐止市、瑞芳鎮及基隆市七堵、暖暖區，過去由於人口較為稀少，除極少數沿河岸小型社區築有抵禦局部洪水之小型堤防外，其餘大部份地區並無堤防之保護。在歷經二、三十年之都市化演變與急遽發展，市鎮發展與水爭地，該地區基隆河主河道兩側高樓林立，兩岸過度開發造成河道斷面減少。因此，在洪水期間高漲的基隆河水位沿峽谷地形漫淹到該地區，引發更嚴重之淹水災害。民國76年10月琳恩颱風來襲，降雨集中在基隆河流域，水利處五堵雨量站之連續24小時最

大雨量高達891公厘，基隆河沿岸之台北縣汐止五堵、七堵、暖暖等地區遭受嚴重之積水；而基隆河下游之台北市南港、內湖、松山區等精華區域，亦因當時該區200年重現期高標準堤防尚未完成而遭受洪水淹沒，其總淹水面積超過三千公頃[1]。民國87年10月15日瑞伯颱風侵襲台灣，降雨集中在台灣東北部山區，五堵雨量站之連續24小時最大降雨量雖僅有492公厘，但卻造成汐止五堵地區繼琳恩颱風以來最嚴重的水患，淹沒了汐止市46個里中人口最密集的23個里，並造成三人溺水死亡，受淹水影響的住戶超過一萬戶，其中五堵車站附近地區更有達4公尺之淹水情形[2]。十日後，芭比絲颱風外圍環流過境台灣，在10月25日及26日兩天之內，五堵雨量站之連續24小時最大降雨量約319公厘，再次造成汐止五堵地區接連兩次淹水，淹水規模雖無瑞伯颱風之大，但淹水範圍亦幾乎含蓋整個汐止市中心[3]。最近民國89年11月1日象神颱風更造成基隆、瑞芳、汐止各處廣大的淹水災情，死亡六十四人、受傷六十五人、失蹤二十五人，農漁業及民生物資損失難以估計，災情空前慘重[4]。另一方面，靠近基隆河岸，但已獲200年重現期高標準堤防保護之台北市南港、內湖、松山區，此次並無重大淹水災情。由此可見，汐止五堵地區之淹水與基隆河外水河水溢岸氾濫息息相關，該如何治理及保護沿岸居民之生命財產安全，值得進一步分析與研究。

政府目前已投資防洪經費約120億，實行經濟部基隆河治理推動小組所提出之基隆河初期治理工程實施方案，進行基隆河汐止、五堵等地區之主河道整治工程，整治段從八堵暖暖橋至南湖大橋，其方案之主要內容計有[5,6]

(1)河槽通洪斷面不足之河段 (北山大橋(二)至長安橋段約7,500公尺) 先予以疏濬，並配合疏濬河段，兩岸設置護岸，期以計畫整治河段能通過10年重現期之洪水量。

(2)兩岸未充分開發且洪泛區範圍不大之區段，協調洪泛區之地主先以疏濬土方填高，以防止洪水氾濫；或洪泛區管制土地開發，以減少災害。

從上述方案內容可得知，初期計畫方案係以河道疏浚為主要整治工程，期以能通過10年重現期之洪水量為目標。因此，本研究將結合一維河川變量流模式 [7,8,22,23,24] 與二維地表漫地流淹水模式 [9,10,16,17,18,19]，建立基隆河流域整治段河川主流與洪水平原間之互動式二維地表淹水模式 [7,25,26,27,28]，以其了解河川主流與洪水平原漫地流間隨水位高低之變化而產生之互動關係，並針對初期計畫方案，蒐集初期整治河段疏浚前後之斷面資料，進一步模擬瑞伯颱風、芭比絲、象神颱風等事件對研究地區衝擊。

此外，關於長期治理方案之內容，尚未完全定案，目前僅「員山子分洪治理方案」獲行政院會通過，故本研究根據過去基隆河治理規劃之報告，將「員山子分洪治理方案」提出以進行評估[7]。民國59年經濟部水資源統一規劃委員會曾針對基隆河流域上游員山子分洪方案做一探討，其分析重點偏向於基隆河分洪對淡水河之影響，研究結果顯示基隆河員山子分洪對淡水河之效益不大。民國76年發生琳恩颱風，造成台北市、台北縣及基隆市等地區相當嚴重水患，當時省主席立即裁示重新研擬員山子分洪方案之可行性，其後經前台灣省水利局規劃總隊於民國78年之研究指出：經統計民國51年至76年之降雨事件，其降雨中心位於下游陽明山山區約為64%，發生於上游火燒寮約為36%。當降雨中心發生於陽明山山區時，員

山子分洪則未發揮分洪效果；若發生於上游火燒寮時，員山子分洪才能發揮分洪效果，惟分洪量愈往下游愈遞減，對防洪效益不彰。近年來，基隆河汐止、五堵等地區急遽開發，沿河兩岸高樓林立，因此與水爭地與日俱增，連帶使此地區之防洪治水問題更加複雜，民國87年之瑞伯、芭比絲颱風及89年之象神颱風事件，使此地區之防洪問題更暴露其嚴重性與急迫性。前台灣省水利局規劃總隊於民國78年員山子分洪方案之研究，至今已十年餘，因此本研究擬蒐集近年之颱風事件資料予以分析，或許可為基隆河汐止、五堵等地區之防洪治水提供一新的解決之道。

本研究第一年計畫業已於去年度完成，其重點為建立基隆河流域整治段河川主流與洪水平原(汐止市區)間之互動式二維地表淹水模式，藉由一維河川變量流模式及二維地表漫地流淹水模式之結合，模擬河川主流與洪水平原漫地流間隨水位高低而互動之關係。本研究利用87年瑞伯、芭比絲颱風及89年11月象神颱風事件來進行模式檢定、調整與驗證，並進而探討基隆河流域整治段在遭受上述颱風事件時之洪水流向、淹水時間、範圍與深度。模擬淹水範圍並與經濟部水利處之調查淹水範圍進行比對。比較二者範圍可知，模擬結果與調查淹水範圍相當吻合，因此本研究所使用之模式已能反映象神颱風在汐止以上河段之洪患特性。

本研究第二年度計畫已於今年度完成，針對初期計畫方案，以驗證完成之基隆河流域整治段河川主流與洪水平原(汐止市區)間之互動式二維地表淹水模式探討整治河段疏浚後之改善程度。在初期計畫方案評估過程中，乃首先蒐集初期整治河段疏浚前後之斷面資料，進一步應用子計畫六所提供之各重現期降雨延時24小時事件之上游邊界入流量與殘流域入流量，並配合下游邊界條件、河道斷面資料與研究地區之降雨量等資料，輸入互動式二維地表淹水模式以進行模擬，完成基隆河流域整治段在十年重

現期護岸(初期計畫方案)完工後之各重現期降雨之淹水境況模擬。同時，本研究並分析基隆河流域整治段在初期計畫方案完工後之洪水瓶頸位置，完成洪水瓶頸地區之「主流－洪水平原(汐止市區)」二維動態淹水境況模擬。除此之外，為因應89年11月1日象神颱風對基隆、瑞芳、汐止等地區的嚴重淹水災情，本研究亦針對象神颱風進行淹水境況模擬。

本研究第三年度計畫將於下一年度針對長期計畫方案中之「員山子分洪計畫」進行模式之改進，工作重點為模擬研究區域在十年重現期護岸(初期計畫方案)及員山子分洪計畫(長期計畫方案)完工後的各重現期降雨之淹水境況，分析基隆河洪水瓶頸位置，並進行瓶頸地區之「主流－洪水平原(汐止市區)」二維動態淹水境況模擬，以期了解員山子分洪計畫完工後，汐止市區在遭受基隆河洪水襲擊後，河川主流與市區漫地流之水位互動關係、市區之洪水流向、淹水時間，範圍可能之淹水情況，提供防災單位決策支援之參考應用。

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(三)」整合型計畫之子計畫七，目的在研究模擬基隆河流域整治段在遭受不同程度颱風災害時之淹水境況。本計畫需要子計畫六提供水文相關資料，如降雨頻率、分析雨型及山區逕流等，研究果則可提供子計畫九、十，作為建立研究區域內淹水決策支援系統之參考，並加強與子計畫八間之橫向整合，以進行淹水區域模擬，達成總計畫所規劃之研究目標。

1-2 過去相關研究

本文之內容主要進行基隆河流域整治段之洪災境況模擬，模擬主要藉由山區徑流模式、一維河川變量流動力波模式及二維漫地流淹水模式等部分之銜接。在國內方面，顏氏等[10]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[11,12,13,14]。

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[14]。楊氏等曾利用有限元素法探討流域漫地流水理特性[15]。吳氏於民國82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[16]。許氏等[17,18,19]於民國85、86年將二維核胞淹水模式銜接一維變量流模式，以模擬八掌溪流域之淹水情況。另外，許氏等[20,21]於民國87、88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。許氏與張氏等[26,27,28]將二維零慣性漫地流淹水模式應用於高速鐵路場站設計及台北都會區淹水預測。這些研究皆可做為本文中淹水模式發展之參考。

第二章 研究方法與流程

本文主要在模擬基隆河流域整治段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基隆河流域中、下游地區，故使用山區逕流模式計算上游地區逕流量。中、下游之基隆河流域地區則建立基隆河流域整治段河川主流與洪水平原(汐止市區)間之互動式二維地表淹水模式，藉由一維河川變量流模式及二維地表漫地流淹水模式之結合，模擬河川主流與洪水平原漫地流間隨水位高低而互動之關係。另一目的是依據經濟部基隆河治理推動小組所提出之基隆河初期與長期治理工程方案，探討初期與長期整治方案對汐止、五堵等地區之影響程度，以提供基隆河治理之參考依據。

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之影響，故結合一維河川變量流洪水演算模式與二維漫地流模式，使地表淹水與河川水位進行水理之交互作用，使得進出流量能夠符合二者水位變化之關係，探討河川洪水與地表淹水之相互動態關係。本計畫之研究方法介紹如下：

2-1 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。

2-2 一維河系變量流模式

2-2-1 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：

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial X} - q_{t1} + q_{t2} = 0 \quad (2-2-1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial X} \left(\frac{Q^2}{A} \right) - gA \left(S_0 - \frac{\partial Y}{\partial X} - S_f \right) - q_{t1} V_t + q_{t2} \left(\frac{Q}{A} \right) = 0 \quad (2-2-2)$$

式中， A ：河川通水斷面積[m²]；

Q ：河川流量[m³/s]；

q_{t1} ：抽水站操作下之單位長度側入流量[m²/s]；

q_{t2} ：閘門未關閉時單位長度之側溢流量[m²/s]；

t ：時間座標[sec]；

X ：沿水流方向之距離座標[m]；

g ：重力加速度[9.8m²/s]；

S_0 ：河川底床坡度[0]；

Y ：河川之水深[m]；

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

R ：水力半徑[m]；

n ：河床之曼寧糙度係數[m^{1/6}]；

V_t ：河川側流平均流速在水流方向之分量[m/s]；

(2-2-1)式與(2-2-2)式分別表示水流之連續及動量方程式，(2-2-1)式係表示在一控制體積中，通過該體積之淨流量 $(-\frac{\partial Q}{\partial x} + q_{in})$ 等於該控制體積內所含水體積之變化率 $(\frac{\partial A}{\partial t})$ 。(2-2-2)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。(2-2-2)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。

2-2-2 邊界條件

(2-2-1)及(2-2-2)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。

2-3 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 二維漫地流淹水模式

2-4-1 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：

$$\frac{\partial d}{\partial t} + \frac{\partial(ud)}{\partial x} + \frac{\partial(vd)}{\partial y} = q \quad (2-4-1)$$

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

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

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]；

(2-4-1)式為連續方程式；(2-4-2)式、(2-4-3)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(2-4-1)、(2-4-2)及(2-4-3)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。

2-4-2 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。

(2-4-1)至(2-4-3)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(2-4-1)式至(2-4-2)式中之側流量 q 可寫成：

$$q = i_{eff} * C \quad (2-4-4)$$

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。

2-5 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(2-2-1)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，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，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，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 之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，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，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^[12,13]，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，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，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

$Q_{11}=Q_{m,n}$ ，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_{11} 為負值，即 $Q_{11}=-Q_{m,n}$ 。

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，此時河川斷面 n 之側入流量 $Q_{11}=Q_{m,n}$ 。

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2-1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。

模式銜接之流程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。

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，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 基隆河流域水文地文資料

本文在進行基隆河流域之淹水模擬時，為考慮能符合實際之淹水狀況，必須儘量蒐集真實地形、地貌、氣象及構造物等流域現況資料。針對降雨、地形與雨水下水道排水系統等資料之整理與輸入詳述如下。

3-1 模擬區域概述

基隆河為台灣北部淡水河系之三大支流之一，發源於台北縣平溪鄉石底林西邊之菁桐山(標高519公尺)，西鄰景美溪，南接坪林溪，各支流匯集後由東北流至瑞芳再向西折，一路流經八堵、七堵、五堵、汐止、南港、士林及北投，主流長約為86公里，流域面積約為501平方公里，於社子島、關渡附近蜿蜒匯入淡水河。其主要支流自上而下有東勢格溪、平溪、東勢坑溪、暖暖溪、大武崙溪、拔西猴溪、瑪陵坑溪、鹿寮溪、保長坑溪、康誥坑溪、北港溪、叭噠溪、大坑溪、外雙溪及貴子坑溪等。基隆河流經之行政區域包括台北市之北投、士林、大同、中山、內湖、松山、南港等七區，緊接台北縣之汐止、瑞芳、平溪三鄉鎮以及基隆市之七堵、暖暖二地區，共達十二鄉鎮，流域位置如圖3-1所示。由該圖可知基隆河流域中上游屬於峽谷地形，然而歷經二、三十年來之都市化演變及急遽發展，到處呈現與水爭地之現象，目前沿著基隆河主河道兩岸高樓林立，致使基隆河流域之水文環境存在相當複雜之問題，例如防洪排水設施嚴重不足、兩岸過度開發、河道通水斷面積逐年減少、橋樑阻礙河川水流、支流多且集中分布於中上游以及流域管理事權不一等問題。

3-2 暴雨降雨量頻率分析

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，故本文以24小時延時之颱風雨為研究標的。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，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。依據統計結果，基隆河流域各重現期之24小時延時降雨量如表3-1所示，表中顯示5年重現期之降雨量為363公厘，10年重現期為433公厘，100年重現期為678公厘，200年重現期為763公厘。

3-3 數值地形資料與土地利用資料

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。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。

3-4 地理資訊資料庫之建立

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。

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x40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40公尺x40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做為該格網之代表高程。

第四章 基隆河流域過去淹水紀錄與模式驗證

4-1 八十七年十月瑞伯颱風與芭比絲颱風外圍環流

瑞伯颱風(Zeb)，係於民國87年10月10日12Z在關島西南方海面形成，以偏西的路徑前進，於14日至16日影響台灣，而在10月16日18Z減弱為輕度颱風，往日本方向移動，生命期約8天。瑞伯颱風侵襲台灣時，中心並未登陸，僅沿著東部近海北行，然而伴隨而來的豐沛雨量對台灣地區造成嚴重的災害。除了中南部平地外其他地區皆有豪雨出現，全台降雨分佈如圖4-1所示，茲舉列部分最多降雨地區如下：陽明山921公厘、福山821公厘(台北縣山區)、太安805公厘(花蓮縣山區)、花蓮市548公厘、火燒寮723公厘(台北縣山區)、台北市506公厘、池端691公厘(宜蘭縣山區)、宜蘭市542公厘、台東525公厘。

4-1-1 瑞伯颱風與芭比絲颱風發生歷程

瑞伯颱風是民國87年氣象局發布的第10個颱風警報，圖4-2是瑞伯颱風10月10日00Z至10月17日18Z的路徑圖。由圖中可見當颱風形成後，開始以偏西方向移動，同時期強度和暴風範圍亦逐漸增大，至12日00Z其路徑均位在北緯10度到11度間移動，並於12日00Z增強為中度颱風，此時位置在台灣東南方約1700公里海面上，並開始轉向西北移動，朝巴士海峽接近。13日06Z瑞伯颱風升級為強烈颱風，且強度有繼續增加的趨勢，颱風中心在呂宋島東方海面，七級風暴風半徑亦達350公里，氣象局遂發布海上颱風警報，並於警報中強調北部地區、東半部地區、及恆春半島將有豪雨發生。13日12Z預測其將對全台灣地區構成嚴重威脅，遂級發布海上陸上颱風警報，呼籲各地皆應嚴防強風豪雨。隨後瑞伯颱風登陸呂宋島，在

呂宋島滯留近12小時，其強度受地形影響減弱為中度，14日晚起瑞伯開始偏北移動，朝台灣南端接近，暴風圈略為縮小，15日02Z時七級風暴風半徑降至300公里，中心通過巴士海峽，進入台灣東部近海，於15日19Z起暴風圈籠罩全台灣地區，颱風開始轉向北北東移動。16日起颱風移動速度逐漸加快，暴風圈逐漸脫離北部及東北部陸地，然台東地區於16日03Z至13Z出現焚風。當颱風中心在彭佳嶼東北方海面，對台灣地區威脅解除，因此於當地時間17日凌晨2時解除陸上颱風警報，颱風持續往東北移動，台灣附近海域已脫離暴風圈，氣象局遂於17日6時解除海上警報[8]。

4-1-2 瑞伯颱風與芭比絲颱風侵台期間降雨分析

瑞伯颱風中心並未直接登陸台灣，其颱風眼通過台灣東部近海地區，強度由原來之強烈轉為中度，由於颱風環流雲系範圍大（七級風暴風圈直徑達700 公里），籠罩台灣陸地時間長，給台灣各地區帶來豪雨。茲就瑞伯颱風造成台灣各地的一日降雨量分布進行分析。瑞伯颱風降雨多集中於10月15、16兩日，圖4-3為中央氣象局的火燒寮、瑞芳及南港等雨量站與台灣省水利處的五堵雨量站，分別於瑞伯颱風與芭比絲颱風侵台期間之時雨量實測資料。圖中顯示瑞伯颱風於上述四個雨量站之降雨量峰值，大多集中於10月15日晚上與16日清晨。

由於地理上五堵雨量站較接近台北縣汐止鎮，本文將進一步以五堵雨量站進行降雨頻率分析。五堵雨量站於10月15日23時之時雨量峰值為57mm，圖4-4為五堵雨量站瑞伯颱風、芭比絲颱風與琳恩颱風（民國76年10月24日）侵台期間之降雨量比較，其中琳恩颱風之時雨量峰值為79mm，較瑞伯颱風時雨量高出22mm，而芭比絲颱風時雨量峰值最小為37mm。根據瑞伯、芭比絲與琳恩颱風侵台期間五堵雨量站之實測降雨量資料，則可

推求上述三場颱風造成五堵雨量站降雨量之重現期，分析結果則如圖4-5所示。圖4-5為瑞伯、芭比絲與琳恩颱風侵台期間五堵雨量站之頻率分析結果與三者之比較，顯示連續24小時最大降雨量，瑞伯颱風為492mm達15年重現期，芭比絲颱風的降雨量較小，連續24小時最大降雨量分別為319mm，重現期未達10年，而琳恩颱風幾乎達到90年重現期[8]。

4-1-3 瑞伯颱風與芭比絲颱風調查積水範圍

民國87年10月15、16日瑞伯颱風侵襲台灣期間，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為繼民國76年10月琳恩颱風以來最嚴重的水患，共淹沒了汐止鎮四十六個里中最繁榮、人口最密集的二十三個里，淹水面積達到二百九十一公頃左右，並造成三人溺水死亡，受淹水影響的住戶超過一萬戶，停電戶數亦超過五萬戶，造成重大經濟、社會損失。十日後，芭比絲颱風外圍環流過境台灣，在10月25日及26日兩天之內，再度造成汐止地區接連兩次淹水，淹水規模雖無前次瑞伯颱風之大，但淹水範圍亦達到二百八十六公頃左右，整個汐止市區再度浸泡水中。兩次颱風的淹水地區主要集中在汐止大同路、汐萬路、中興路、長安路、五堵車站、樟樹灣附近等地區，其中五堵車站附近地區最為嚴重，有達4公尺之淹水情形。根據經濟部水利處淡水河流域防洪指揮中心之現地調查，此兩次颱風之淹水範圍詳細位置如圖4-6及圖4-7所示。

4-1-4 瑞伯颱風與芭比絲颱風模擬積水範圍比較

本淹水模式是由山區逕流、一維河系變量流模式、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)等四個模式組成，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基隆河流域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。

圖4-8及4-9為使用瑞伯與芭比絲颱風降雨事件及上列驗證參數值所模擬的基隆河汐止地區淹水範圍結果，其雨量資料是根據經濟部水利處五堵雨量站之實測時雨量，並將各小時之降雨歷線輸入模式中以進行淹水模擬，圖中並與經濟部水利處之調查淹水範圍進行比對。比較二者範圍可知，模擬結果與調查淹水範圍相當吻合。因此本研究所使用之模式已能反映汐止以上河段之洪患特性。

4-2 八十九年十一月象神颱風

象神颱風(Xangsane)為民國89年編號第20號之颱風，台灣地區受到此颱風及東北季風鋒面雙重影響，全省各地均有局部性豪大雨發生，依據中央氣象局之資料，自10月30日0時至11月1日17時出現較大累積雨量地區如下：花蓮縣玉里1054公厘、大屯山鞍部963公厘、台北縣大坪913公厘、台北縣火燒寮816公厘、宜蘭縣古魯759公厘、台東縣池上600公厘、基隆五堵716公厘、屏東縣滿州479公厘、高雄縣排雲462公厘。

4-2-1 象神颱風發生歷程

象神颱風(Xangsane)原為位於菲律賓東方海面之熱帶性低氣壓，於10月26日14時增強為輕度颱風，中心氣壓998百帕，26日14時的中心位置在

北緯10.2度，東經131.4度，即在馬尼拉東南東方約1230公里之海面上，預計向西移動，時速22公里，中心附近最大風速每小時65公里（即每秒18公尺），相當於8級風，瞬間最大陣風每小時90公里（即每秒25公尺），相當於10級風，7級風暴風半徑150公里。台灣地區自29日起受鋒面及象神颱風外圍環流雙重影響，北部及東半部地區有局部性降雨發生。象神颱風於10月30日增強為中度颱風，中心氣壓965百帕，30日14時的中心位置在北緯16.6度，東經118.7度，即在東沙島南南東方約500公里之海面上，向北北東移動，時速9公里，中心附近最大風速每小時130公里（即每秒35公尺），相當於12級風，瞬間最大陣風每小時165公里（即每秒45公尺），相當於14級風，7級風暴風半徑增大為250公里，10風暴風半徑100公里。象神颱風於10月31日深夜由恆春掠過，從東部海面北上，並和東部陸地保持二十至三十公里之距離，而在北上的過程中，颱風中心逐漸遠離台灣陸地，11月1日17時45分之中心位置在北緯27.4度，東經123.9度，即在台北的東北方約360公里之海面上，如圖4-10所示。

4-2-2 象神颱風影響台灣期間降雨分析

每年入秋之後九月至翌年三月間，東亞地區大氣環流型態有顯著改變，台灣地區常盛行東北季風；再加上台灣地區地形影響，在東北部迎風面地區常有顯著降雨。在此期間，若有颱風行經台灣東方或南方附近海面，綜觀氣流場將有顯著輻合作用，且因氣壓梯度增大，台灣北部及東北部地區風速明顯加強；颱風外圍暖濕氣流因受地形與東北季風冷空氣舉升，常於台灣北部或東北部迎風面地區發生豪雨，此乃所謂颱風與東北季風共伴之環流型態。象神颱風之降雨特徵即屬上述之類型，且其路徑與民國87年10月之瑞伯颱風（Zerb）極為相似；當時瑞伯颱風同樣為台灣東部、東北部及北部地區帶來大量降雨，釀成嚴重水患。

圖4-11a至圖4-11d為中央氣象局的火燒寮、瑞芳及南港等雨量站與台灣省水利處的五堵雨量站，分別於象神颱風侵台期間之時雨量實測資料。圖中顯示象神颱風於上述四個雨量站之降雨量峰值，大多集中於11月1日上午。由於地理上五堵雨量站較接近台北縣汐止市，且火燒寮雨量站位於基隆河汐止五堵段之上游，本文將進一步以五堵雨量站及火燒寮雨量站進行降雨頻率分析，以了解汐止五堵地區淹水災因，然而由於二雨量站在11月1日上午11時後雨量站無法正確傳回，故由鄰近各雨量站如瑞芳站補遺而得。五堵雨量站於11月1日上午3時及10時分別發生降雨尖峰，且以上午10時之時雨量峰值為49mm為最；火燒寮雨量站則於10月31日晚上10時及11月1日上午8時分別發生降雨尖峰，且以上午8時之降雨量峰值為59mm為最，但10月31日晚上10時之降雨量峰值亦有45mm。換言之，由實測降雨量資料比較顯示，火燒寮降雨量峰值發生時間站較五堵站早約1至3小時，所以基隆河上游降雨所造成之洪峰，將和五堵發生降雨尖峰時所產生局部之洪峰交會。

圖4-12a及4-12b分別為五堵雨量站及火燒寮雨量站象神風、瑞伯颱風（民國87年10月15日）、芭比絲颱風（民國87年10月25日）與琳恩颱風（民國76年10月24日）侵台期間之降雨量比較，其中琳恩颱風之五堵站時雨量峰值為79mm，較象神颱風時雨量高出30mm，而瑞伯颱風也較象神颱風時雨量高出8mm。但在分析火燒寮雨量站記錄時，則發現琳恩颱風時雨量峰值為61mm，僅象神颱風之59mm多出2mm，而瑞伯颱風與象神颱風時雨量相近。表4-1則為五堵雨量站降雨量記錄，包括象神、瑞伯、芭比絲與琳恩颱風之逐時雨量紀錄，此表可做為第五章之洪災境況模擬模式驗證時之雨量輸入資料。

4-2-3 象神颱風調查積水範圍

象神颱風淹水地區與87年之瑞伯與芭比絲颱風的淹水範圍大致相當，淹水面積稍大而達到三百四十六公頃左右，各地淹水深度亦較瑞伯與芭比絲颱風的淹水深度略有不同。根據經濟部水利處淡水河流域防洪指揮中心之調查，此次颱風之淹水範圍詳細位置詳如圖4-13所示。

4-2-4 象神颱風模擬積水範圍比較

圖4-14為使用象神颱風降雨事件及上列驗證參數值所模擬的基隆河汐止地區淹水範圍結果，其雨量資料亦是根據經濟部水利處五堵雨量站之實測時雨量。比較圖4-14與圖4-13之經濟部水利處調查淹水範圍可知，模擬結果與調查淹水範圍相當吻合。

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汐止地區淹水模擬。

第五章 洪災境況模擬

本研究在去年度係針對初期計畫方案，建立並驗證基隆河流域整治段河川主流與洪水平原(汐止市區)間之互動式二維地表淹水模式。本年度進一步應用子計畫六所提供之各重現期降雨延時24小時事件之上游邊界入流量與殘流域入流量，並配合下游邊界條件、河道斷面資料與研究地區之降雨量等資料，輸入互動式二維地表淹水模式，以探討初期計畫方案之河道疏浚整治工程對象神颱風之減洪效果進行初步評估。同時，本年度並已完成基隆河流域整治段在10年重現期護岸完工後之10年、25年、50年、100年及200年等重現期降雨之淹水境況模擬。

5-1 初期計畫方案對減洪效果之評估

圖5-1為利用河道疏浚整治前斷面資料及曼寧糙度資料，所初步模擬此次象神颱風降雨事件之淹水範圍及深度。圖5-2則為利用目前河道疏浚整治斷面資料及曼寧糙度資料，初步模擬此次象神颱風降雨事件之淹水範圍及深度。比較圖5-1與圖5-2可知其淹水區域範圍增加有限，但淹水深度卻相差不少，其原因是此次颱風降雨量(約30年重現期)已超過初期計畫方案所執行之10年重現期規模之主河道通洪能力。此時，沿岸所有低窪地區皆已被洪水所淹沒，且由於基隆河流域在汐止以上之河段為河谷地形，並沒有廣大之洪水平原來儲蓄溢出主河道之多餘洪水量，因此受到河谷地形影響，洪水只能拘限於某些低窪地區流動，再藉由提高淹水深度來容納洪水。所以利用河道疏浚整治前後斷面資料所模擬之淹水範圍相差不大，但整治前資料所模擬之淹水深度卻明顯增加不少，故本河段之河道疏浚整治仍有減緩河患之功能。

5-2 洪災境況模擬

另外，本研究再根據子計畫六所提供之各重現期降雨延時24小時事件之上游邊界入流量與殘流域入流量，進行洪災境況模擬。圖5-3至圖5-6分別為台北縣汐止地區在10年、25年、50年及100年等重現期之24小時延時降雨條件下，模擬所得之最大淹水深度。在10年重現期降雨條件下，基隆河主流及其支流河道容量尚可容納其逕流量，汐止地區除少數低窪地區外，尚無淹水之虞；在降雨增至25年重現期之時，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；隨著一日總降雨量增至50年及100年重現期此等較大降雨時，汐止地區沿基隆河岸已一片汪洋。

第六章 結論

本研究已完整建立基隆河流域整治段河川主流與洪水平原(汐止市區)間之互動式二維地表淹水模式，並藉由一維河川變量流模式及二維地表漫地流淹水模式之結合，模擬河川主流與洪水平原漫地流間隨水位高低而互動之關係。本研究利用87年瑞伯、芭比絲颱風事件來進行模式調整與驗證，並進而探討基隆河流域整治段在遭受上述颱風事件時之洪水流向、淹水時間、範圍與深度。為因應89年11月象神颱風對基隆河上、中游地區的嚴重淹水災情，本研究亦針對象神颱風進行淹水境況驗證，同時也評估初期計畫方案之河道疏浚整治工程對象神颱風之減洪效果。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。

最後，本研究再根據子計畫六所提供之各重現期降雨延時24小時事件之上游邊界入流量與殘流域入流量，進行研究地區在10年、25年、50年、100年及200年等重現期降雨條件下的洪災境況模擬，探討其最大淹水範圍與深度，以提供防災有關單位訂定防洪措施之參考依據。

參考文獻

1. 台灣省水利局第十工程處，淡水河系長期水理觀測暨洪水預報計畫：基隆河琳恩颱風專題報，民國76年12月。
2. 台灣省淡水河流域防洪指揮中心，瑞伯颱風淡水河洪水報告，民國87年12月。
3. 台灣省淡水河流域防洪指揮中心，芭比絲颱風淡水河洪水報告，民國87年12月。
4. 經濟部淡水河流域防洪指揮中心，象神颱風淡水河洪水報告，民國89年12月。
5. 台灣省水利局，基隆河治理規劃檢討報告(南湖大橋至介壽橋)，民國76年11月。
6. 台灣省水利局，基隆河治理基本計畫(南湖大橋至暖暖八德橋)，民國78年7月。
7. 顏清連，許銘熙，謝龍生，鄧慰先，簡名毅，基隆河治理方案之水理與水文評估，國科會防災國家型科技計畫研究報告第88-17號，行政院國科會，民國89年3月。
8. 許銘熙、張倉榮、鄧慰先、黃成甲、葉森海，87年汐止淹水災因分析與建議初步報告，防災國家型科技計畫辦公室專案研究報告第87-02號，行政院國家科學委員會，台北市，民國87年12月。
9. 許銘熙，張倉榮，汐止泡湯，肇劃整治大計，營建知訊，第191期，第17-24頁，民國87年12月。

- 10.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。
- 11.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。
- 12.顏清連，許銘熙，段鏞，淡水河系洪水演算模式（二）二重輪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。
- 13.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。
- 14.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。
- 15.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。
- 16.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。
- 17.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。
- 18.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。

- 19.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。
- 20.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。
- 21.許銘熙，張倉榮，鄧慰先，陳宣宏，林洙宏，傅金城，抽水站與閘門操作對都會區淹水影響之研究（二），行政院國科會，台北市，民國88年8月。
- 22.Cunge, J. A., F. M. Holly and A. Verwey, "Practical Aspects of Computational River Hydraulics", Pitman Publishing Ltd., 1980.
- 23.Vongisessomjai, S., T. Tinysanchali and C. Chaiwat, "Bangkok Flood Plain Model", pp. 433-438, 21th IAHR Congress, Mwlburn, Australia, 19-23 August, 1985.
- 24.Kidd, C. H. R., "Urban Hydrology Report Series", Institute of Hydrology, U. K., 1978.
- 25.Teng, W.H., M.H. Hsu, C.J. Lu and T.J. Chang, "Simulations of Flood and Inundation Affected by Pumping-Station Flood-Gate Operations."26th Annual Water Resources Planning & Management Conference, American Society of Civil Engineers, Tampe, Arizona, U.S.A, 1999.
- 26.Hsu, M.H., S.H. Chen and T.J. Chang, "Inundation Simulation for Urban Drainage Basin with Storm Sewer System." Journal of Hydrology, Vol. 234, Issue 1-2, 21-37, 2000.

- 27.Chang, T.J., M.H. Hsu, W.H. Teng and C. J. Huang, "A GIS-Assisted Distributed Watershed Model for Simulating Flooding and Inundation." *Journal of the American Water Resources Association*, Vol. 36, No. 5, 975-988, 2000.
- 28.Hsu, M.H, Chen, S.H., and Chang, T.J. "Dynamic Inundation Simulation of Storm Water Interaction between Sewer System and Overland Flows." *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, Vol. 25, No. 2, 171-177, 2002.

表3-1 基隆河流域各重現期24小時延時降雨量

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
歷年至 70 年	153	261	349	401	460	501	538	573
歷年至 75 年	172	262	336	381	436	477	516	556
歷年至 80 年	178	273	374	450	559	653	758	879
歷年至 86 年	156	262	363	433	526	599	678	763

表 4-1 五堵雨量站降雨量記錄資料

(象神、瑞伯、芭比絲與琳恩颱風) 單位：公釐

時 序	降雨量			
	象神 (89/10/31 0時)	瑞伯 (87/10/15 0時)	芭比絲 (87/10/25 0時)	琳恩 (76/10/24 0時)
1	18	0	4	1
2	13	0	4	1
3	1	0	4	1
4	0	0	6	4
5	0	0	4	6
6	1	1	16	10
7	0	0	24	3
8	1	1	30	11
9	0	0	29	15
10	0	2	22	18
11	0	4	26	16
12	0	6	26	28
13	3	1	37	12
14	1	0	9	11
15	9	11	8	16
16	20	12	15	29
17	12	19	9	49
18	41	37	9	47
19	11	26	7	16
20	25	42	1	36
21	30	34	1	32
22	4	31	2	25
23	34	41	7	23
24	30	57	16	19
25	0	5	7	19
26	14	6	7	13
27	10	24	4	43
28	37	4	3	40
29	14	17	7	52
30	40	14	10	57
31	22	12	17	35
32	23	24	27	79
33	37	17	25	32
34	35	2	30	46
35	49	8	29	37
36	49	1	10	62
37	39	5	4	30
38	39	12	3	53
39	32	34	7	50
40	7	20	3	17
41	6	14	4	30
42	3	11	2	25
43	1	4	6	12
44	2	6	2	44
45	0	2	1	48
46	0	0	0	21
47	0	0	1	4
48	1	0	1	3

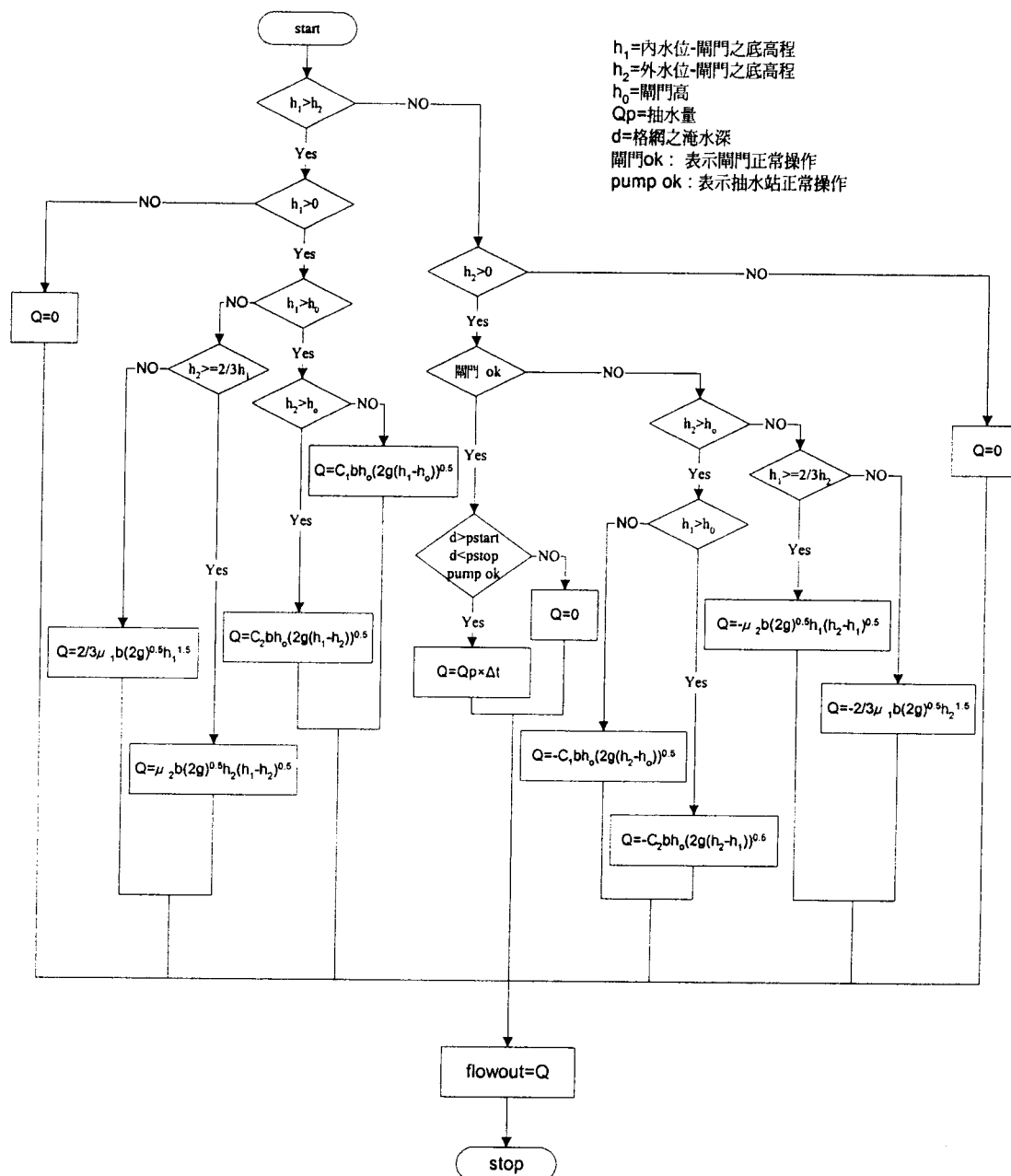


圖2-1 流量計算流程

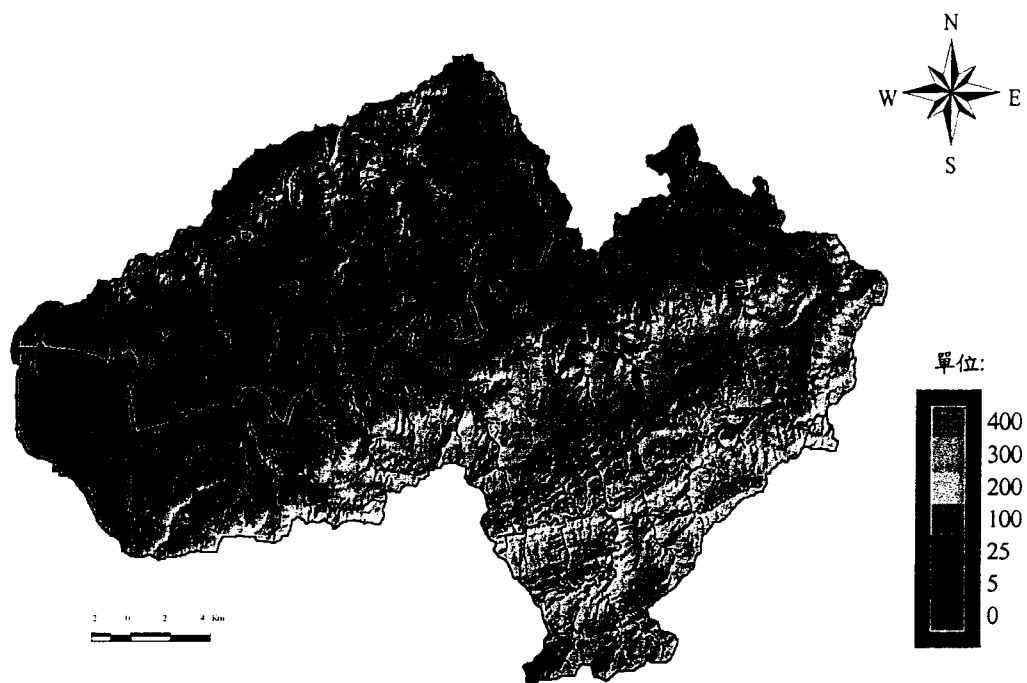


圖3-1 基隆河流域整治段模擬區域

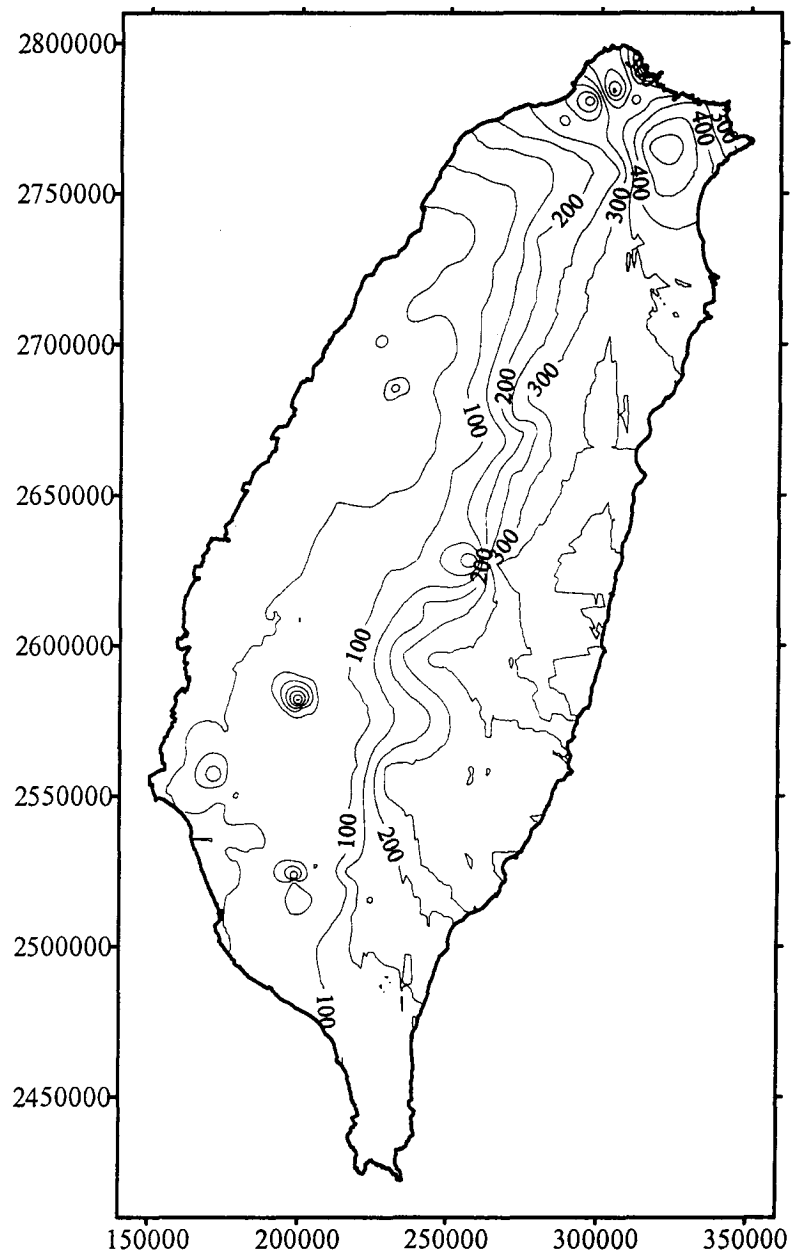


圖 4-1 瑞伯颱風侵台期間 10 月 15 日至 16 日等雨量線圖
(中央氣象局提供資料)

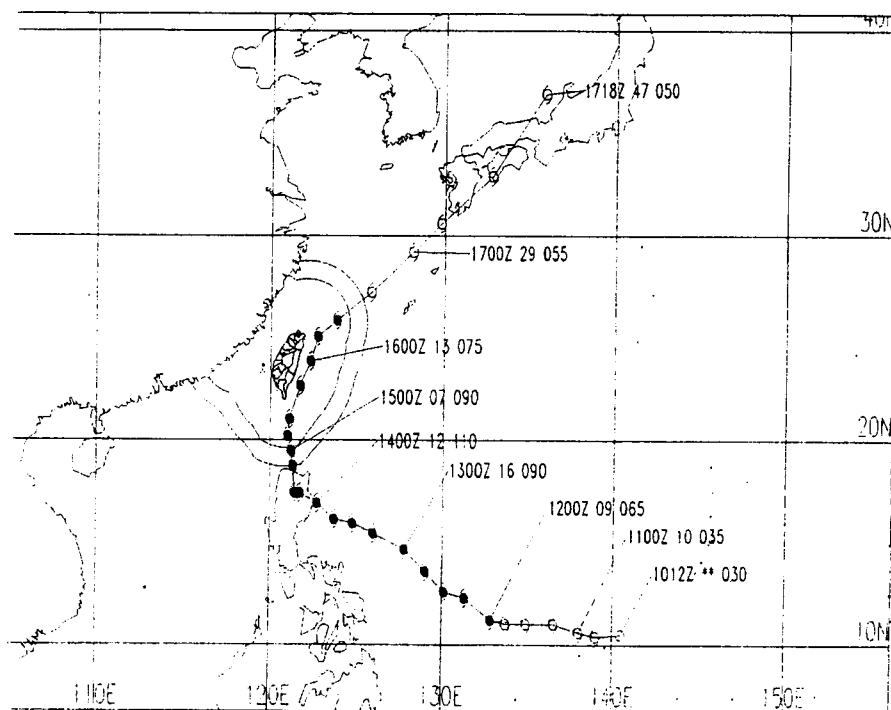
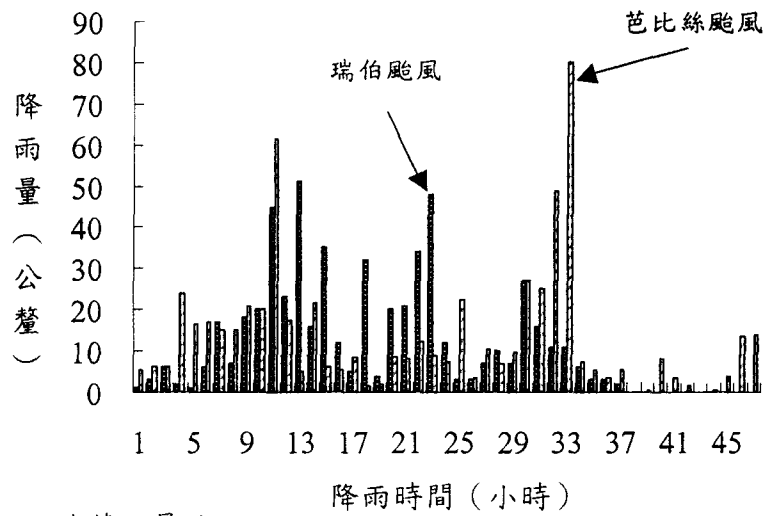
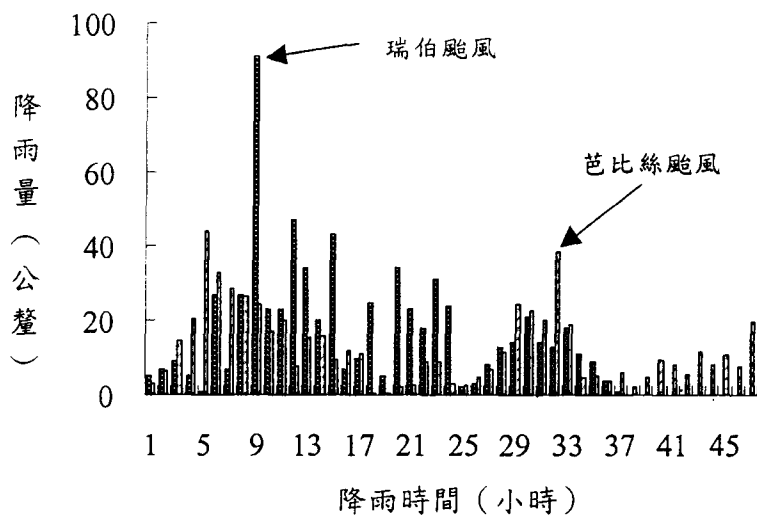


圖 4-2 瑞伯颱風路徑圖（中央氣象局提供）

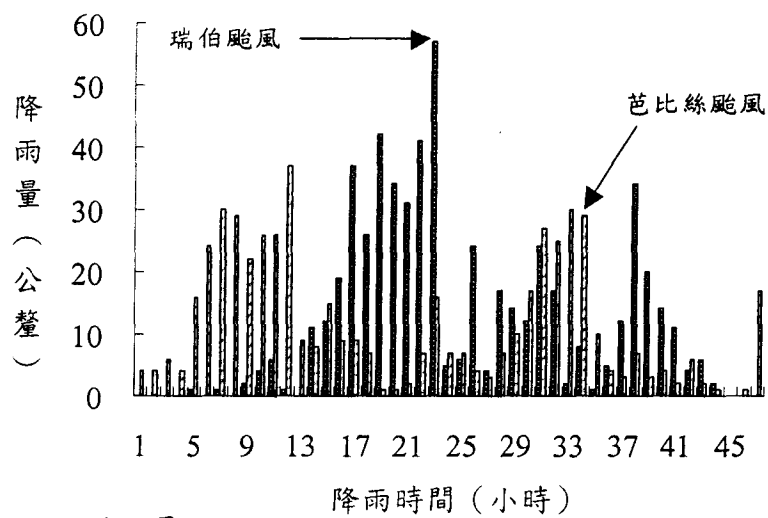


(a) 瑞芳雨量站

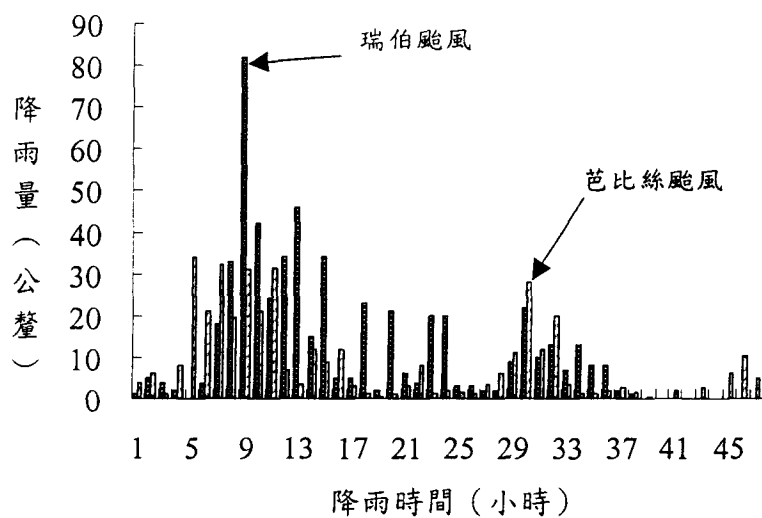


(b) 火燒寮雨量站

圖 4-3 瑞伯與芭比絲颱風侵台期間降雨量組體圖
(中央氣象局提供資料)



(c) 五堵雨量站



(d) 南港雨量站

圖 4-3 瑞伯與芭比絲颱風侵台期間降雨量組體圖 (續)
(中央氣象局與台灣省水利處提供資料)

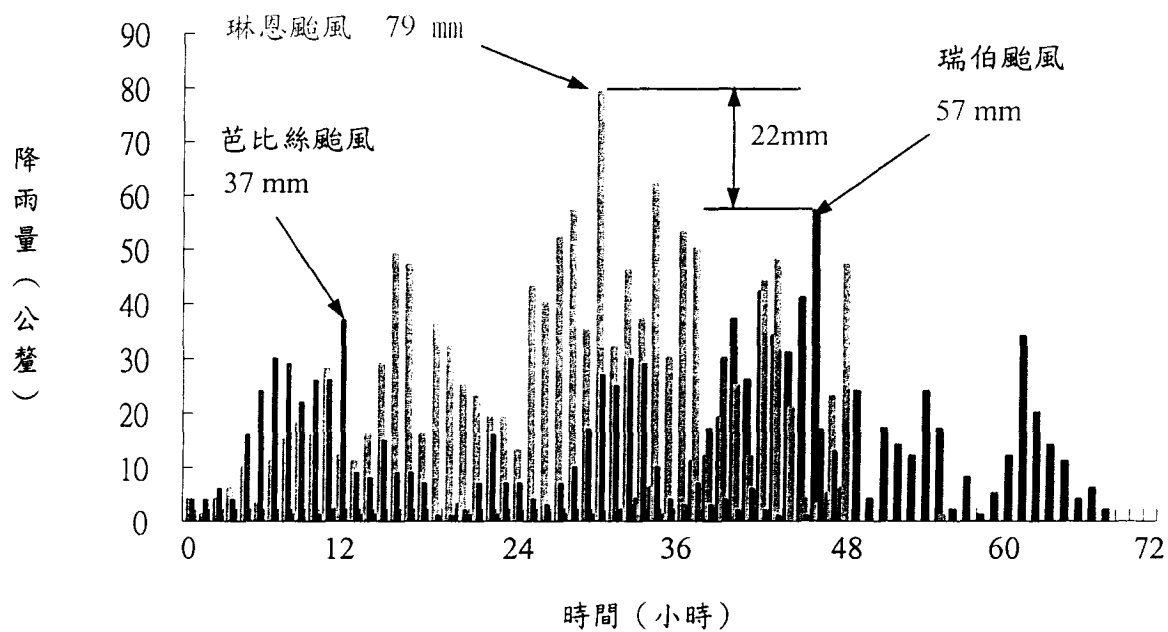


圖 4-4 瑞伯、芭比絲與琳恩颱風降雨量組體圖比較
(台灣省水利處提供資料)

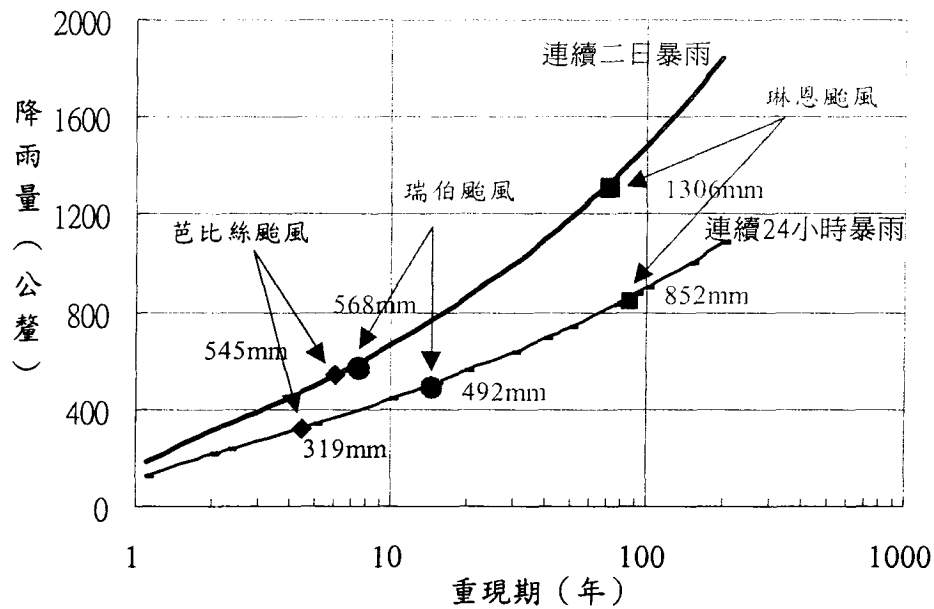


圖 4-5 五堵雨量站降雨頻率分析
(台灣省水利處提供資料)

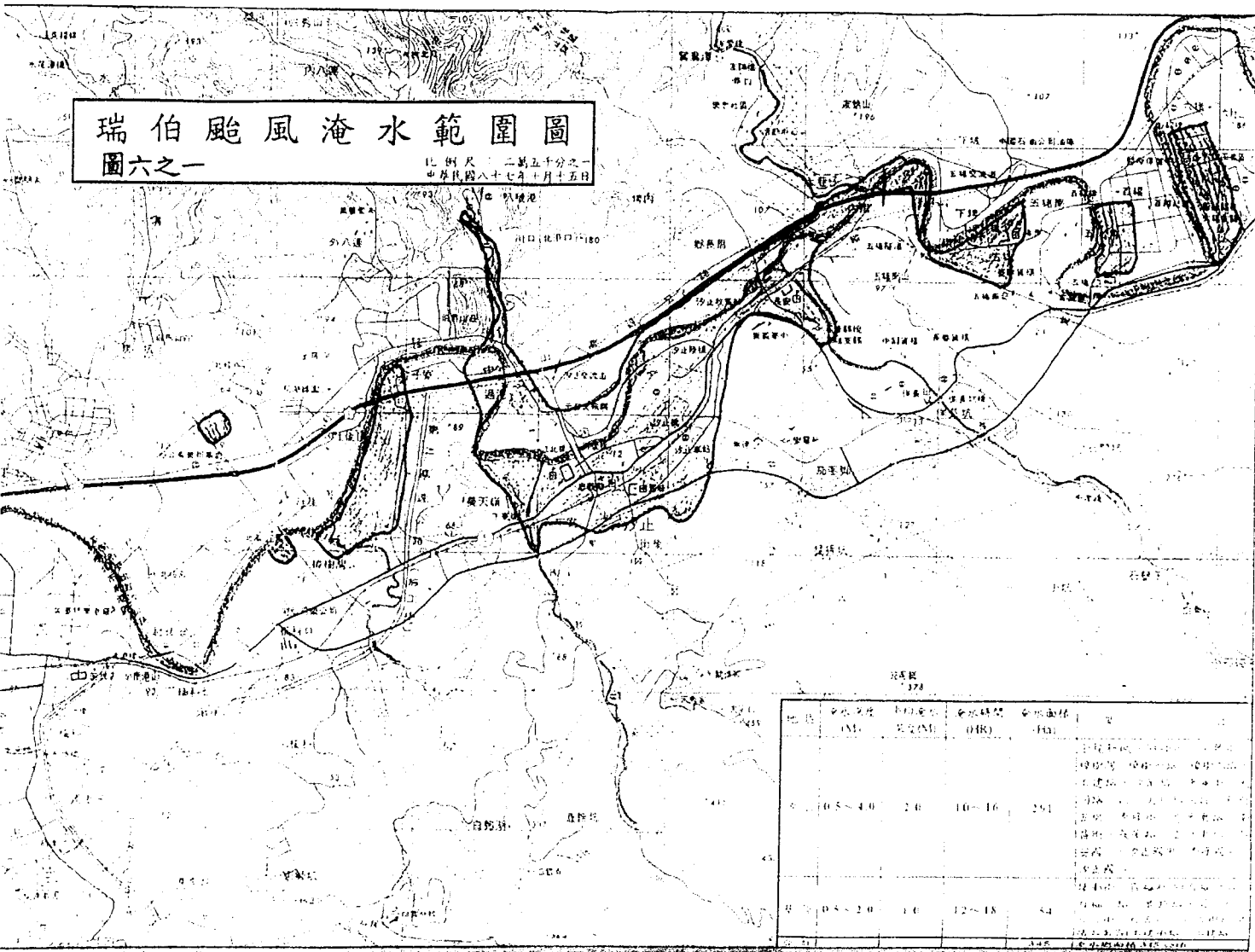


圖 4-6 瑞伯颱風沙止地區調查積水範圍圖

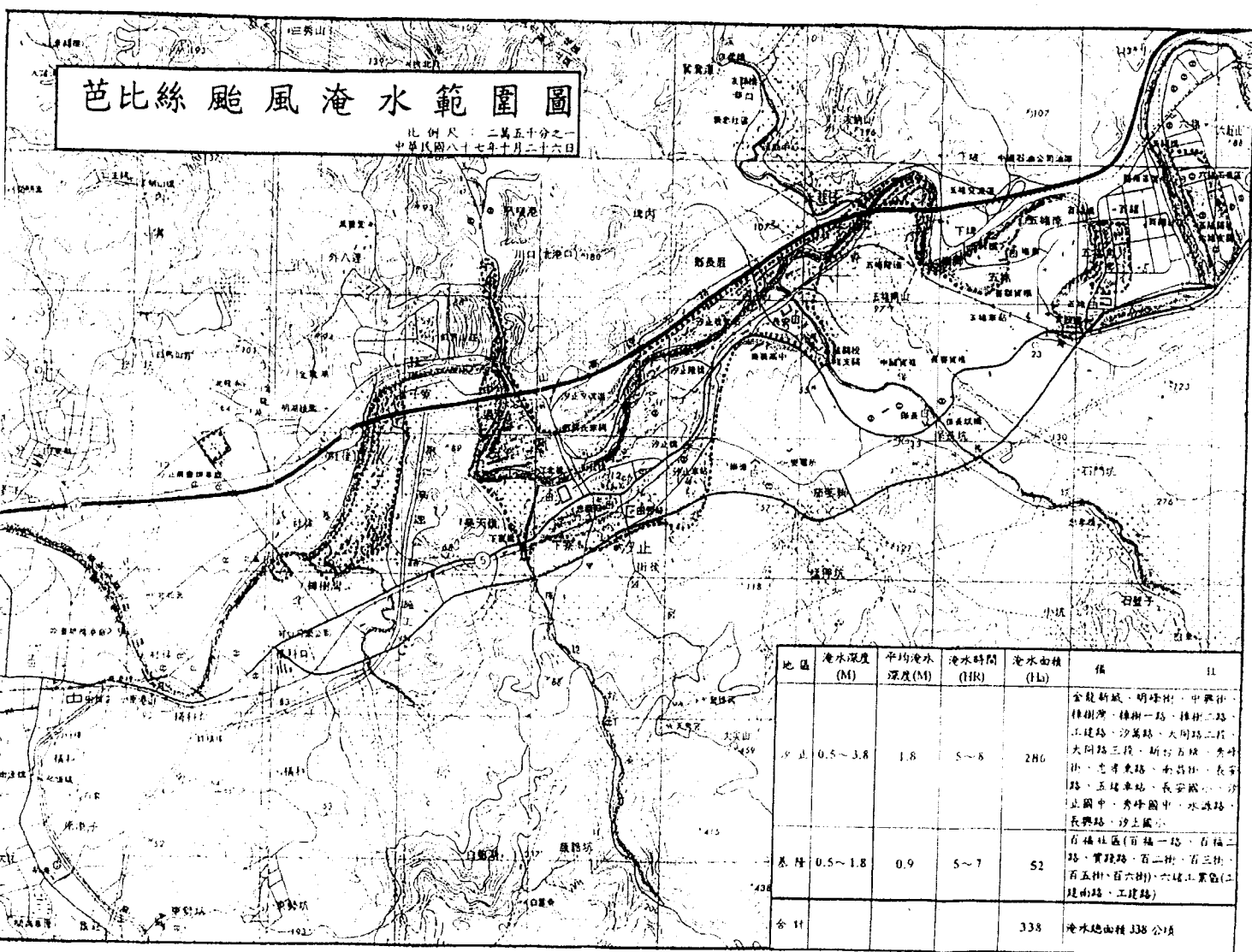


圖 4-7 芭比絲颱風外圍環流汐止地區調查積水範圍圖

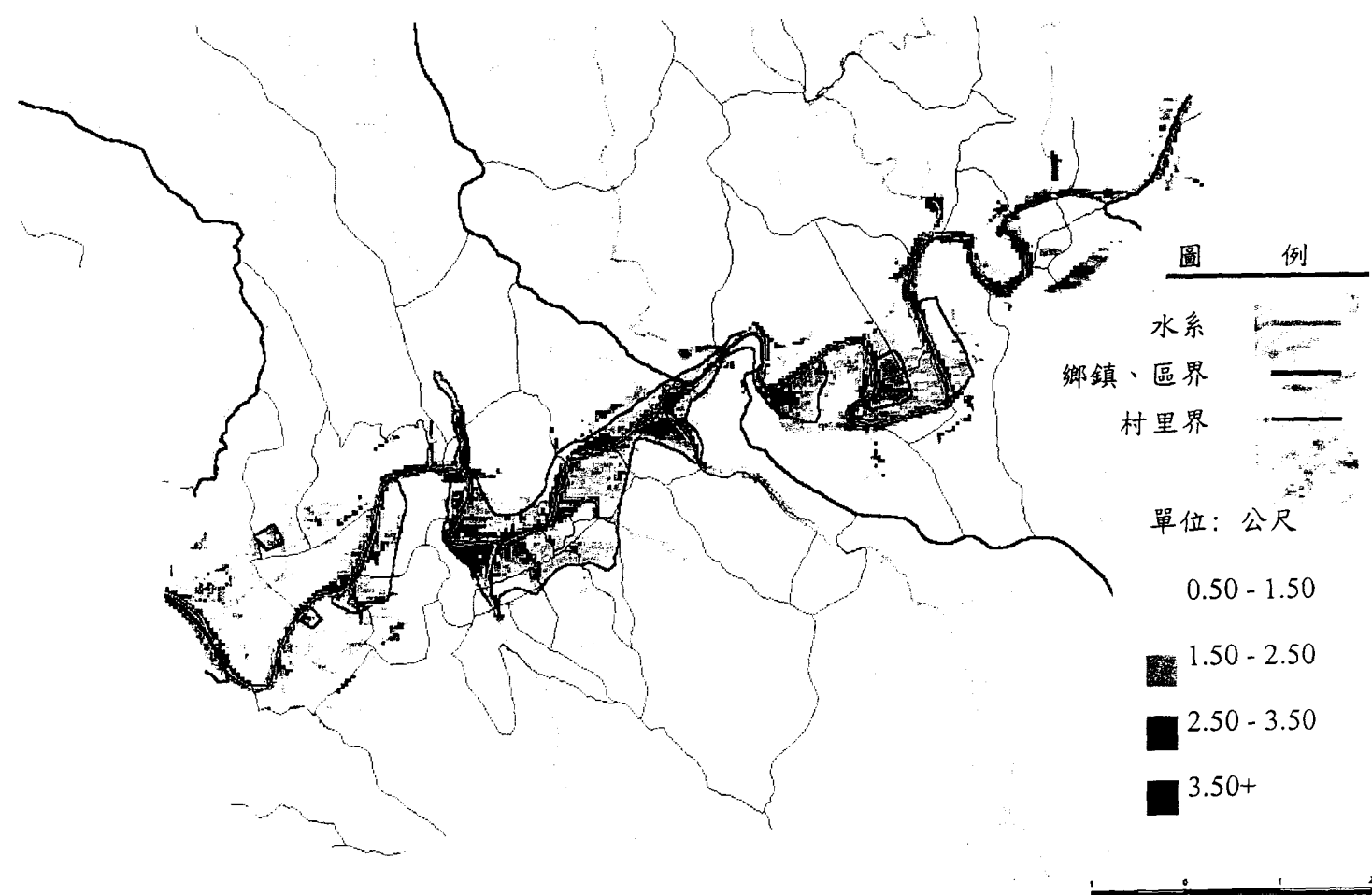


圖 4-8 瑞伯颱風汐止地區模擬淹水範圍圖

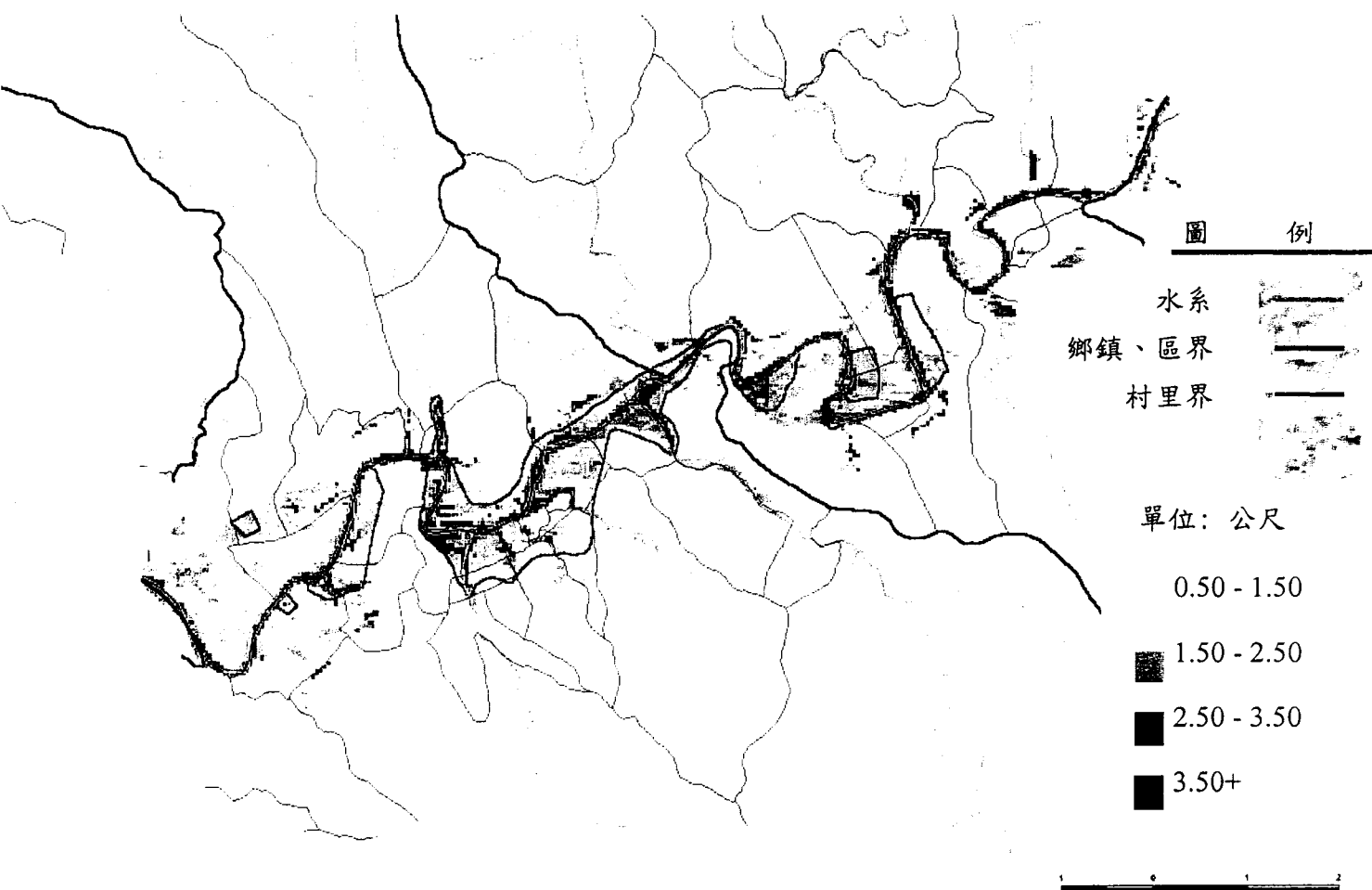


圖 4-9 芭比絲颱風汐止地區模擬淹水範圍圖

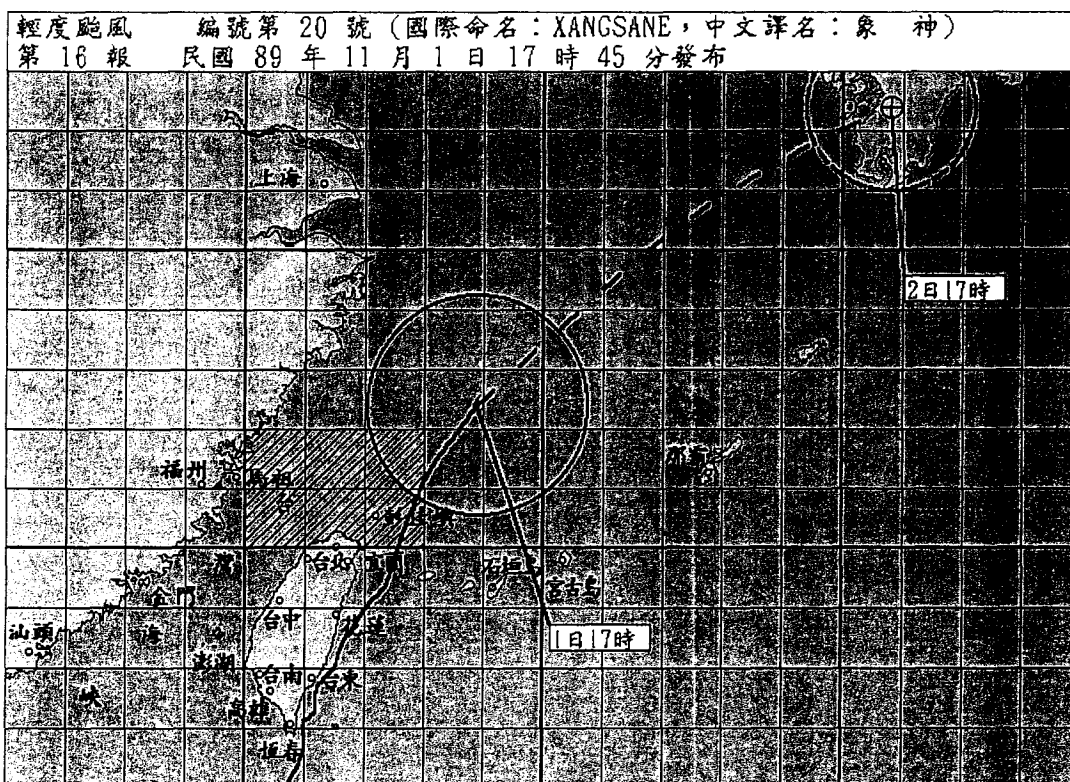
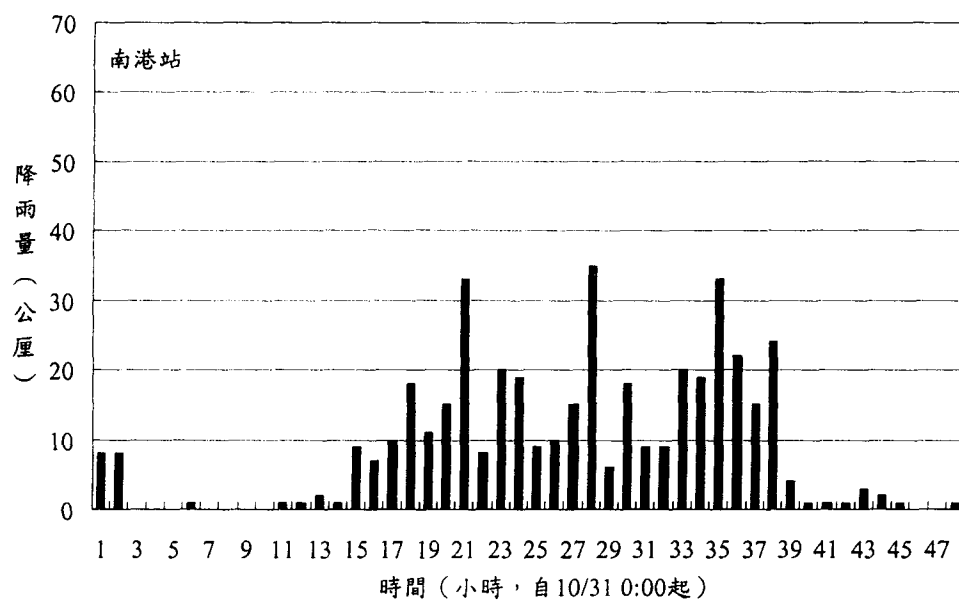
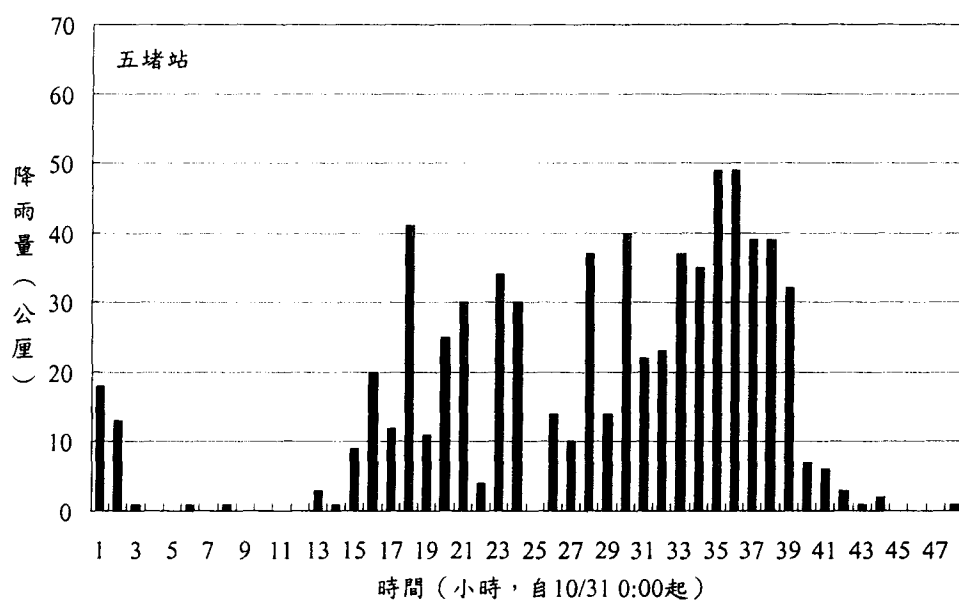


圖 4-10 象神颱風路徑圖 (資料來源: 交通部中央氣象局)

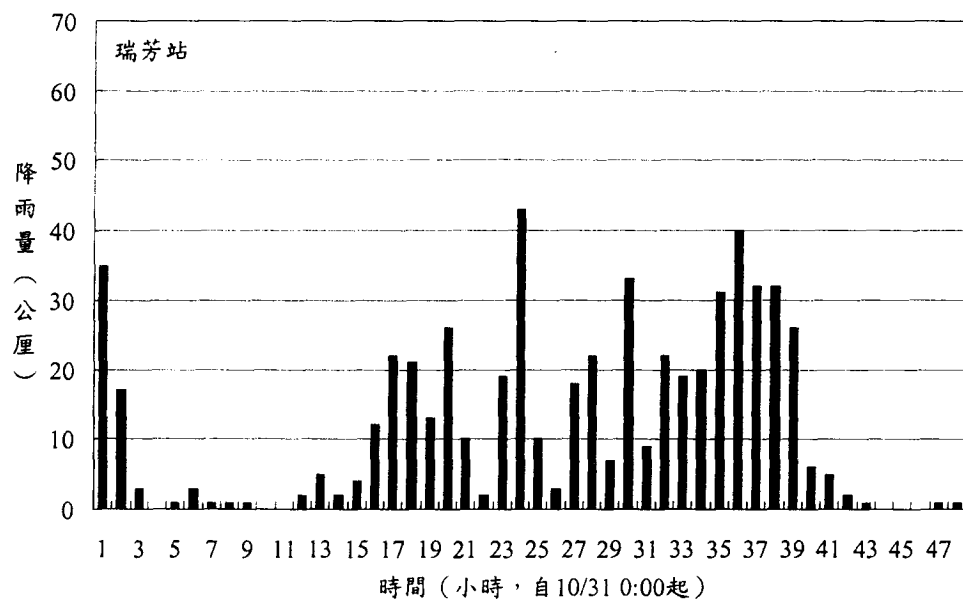


a. 南港站

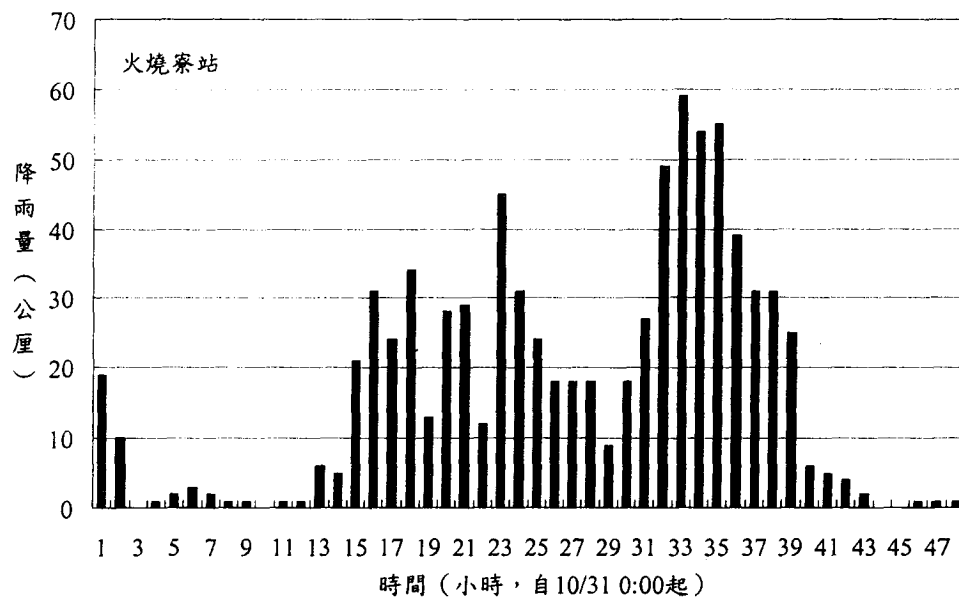


b. 五堵站

圖 4-11 象神颱風侵台期間火燒寮、瑞芳、南港及五堵等雨量站時雨量實測資料

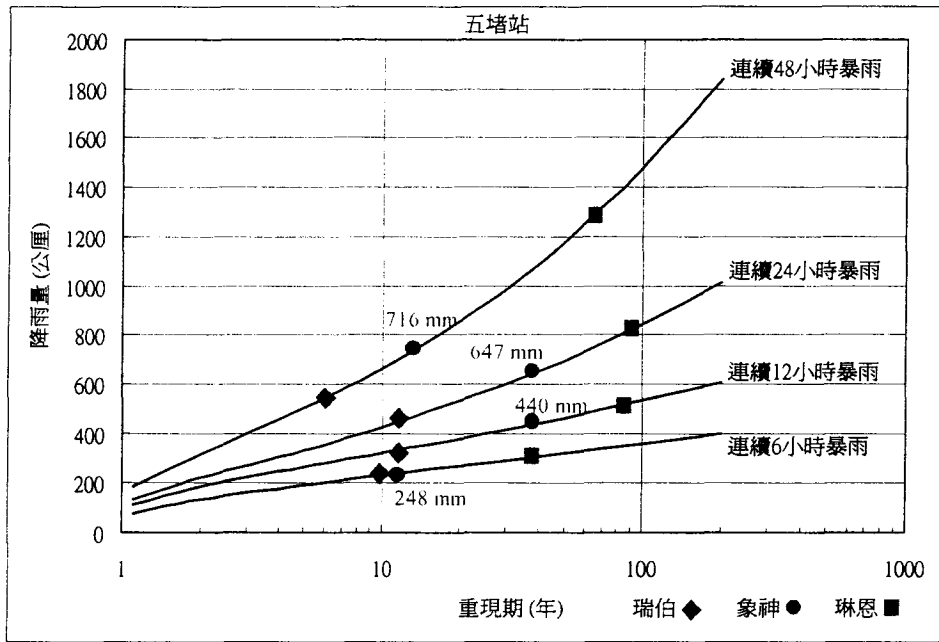


c. 瑞芳站

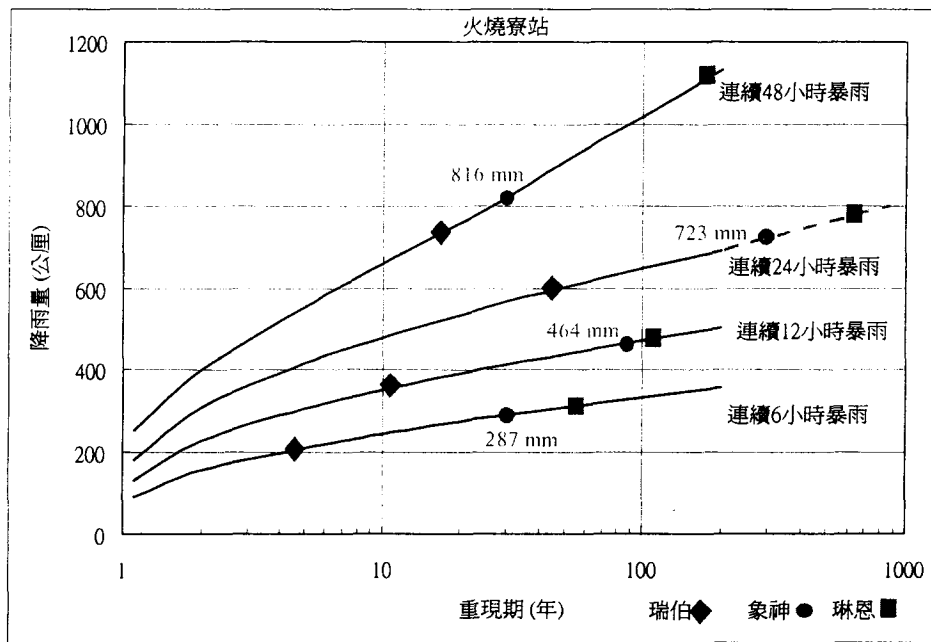


d. 火燒寮站

圖 4-11 象神颱風侵台期間南港、五堵、瑞芳及火燒寮等雨量站時雨量實測資料 (續)



a. 五堵站



b. 火燒寮站

圖 4-12 象神颱風侵台期間降雨量頻率分析

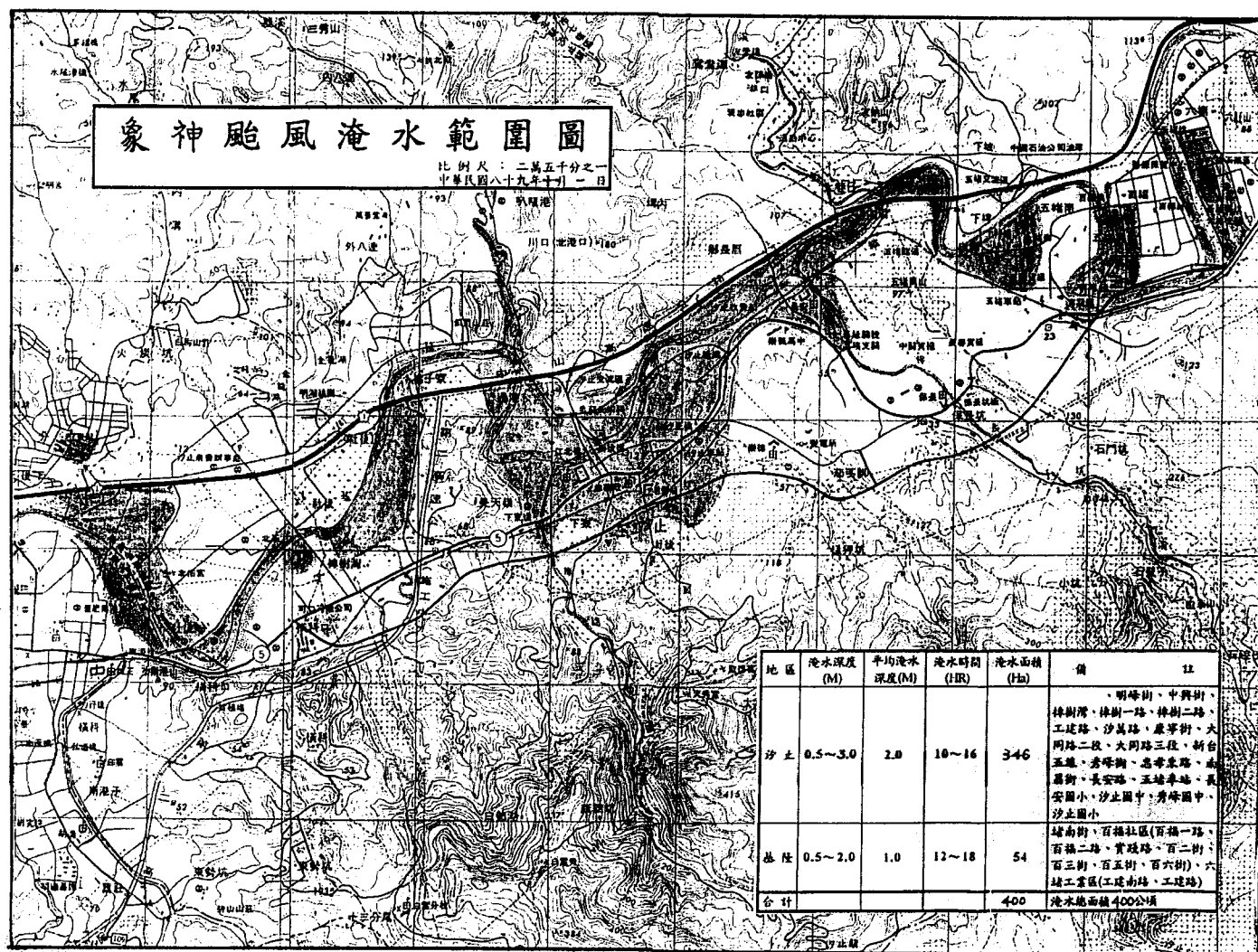


圖 4-13 象神颱風沙止地區調查積水範圍圖



圖 4-14 象神颱風汐止地區模擬淹水範圍圖



圖 5-1 模擬象神颱風在河道疏浚整治前之淹水範圍



圖 5-2 模擬象神颱風在河道疏浚整治後之淹水範圍及深度

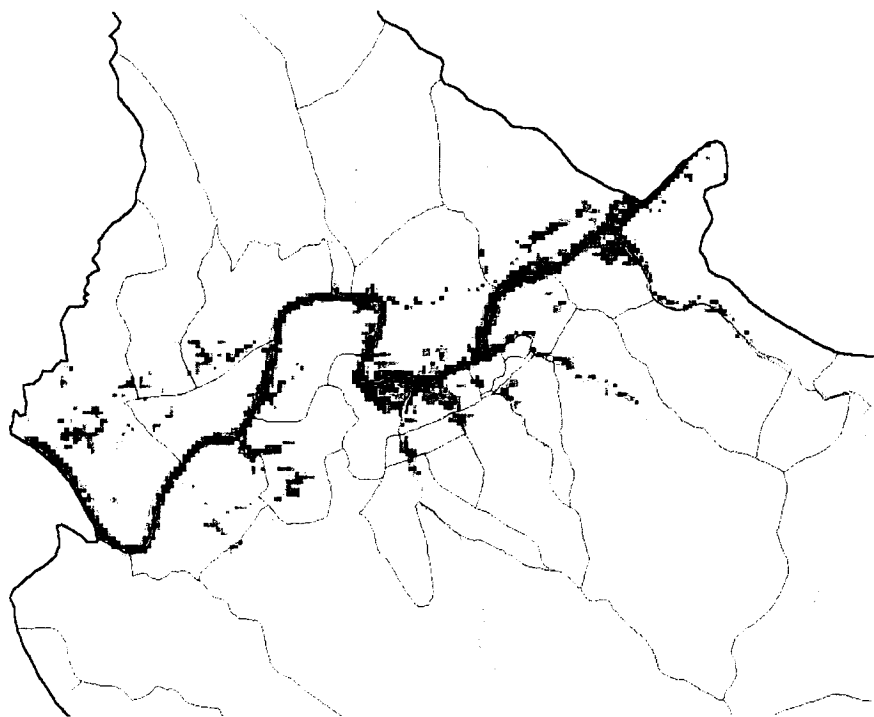


圖 5-3 10 年重現期降雨在初期整治方案完成後之模擬淹水範圍及深度

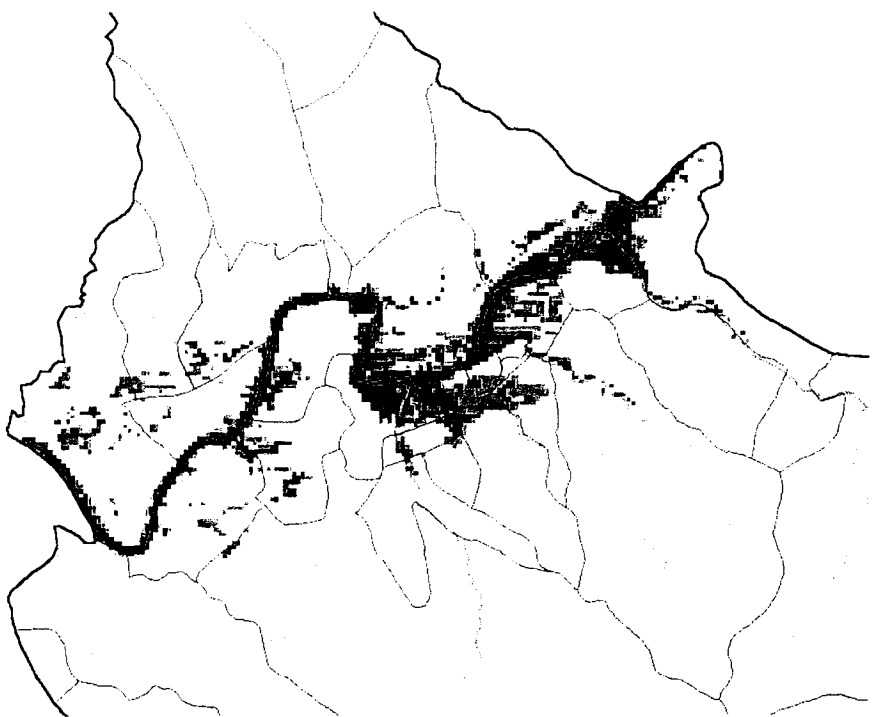


圖 5-4 25 年重現期降雨在初期整治方案完成後之模擬淹水範圍及深度

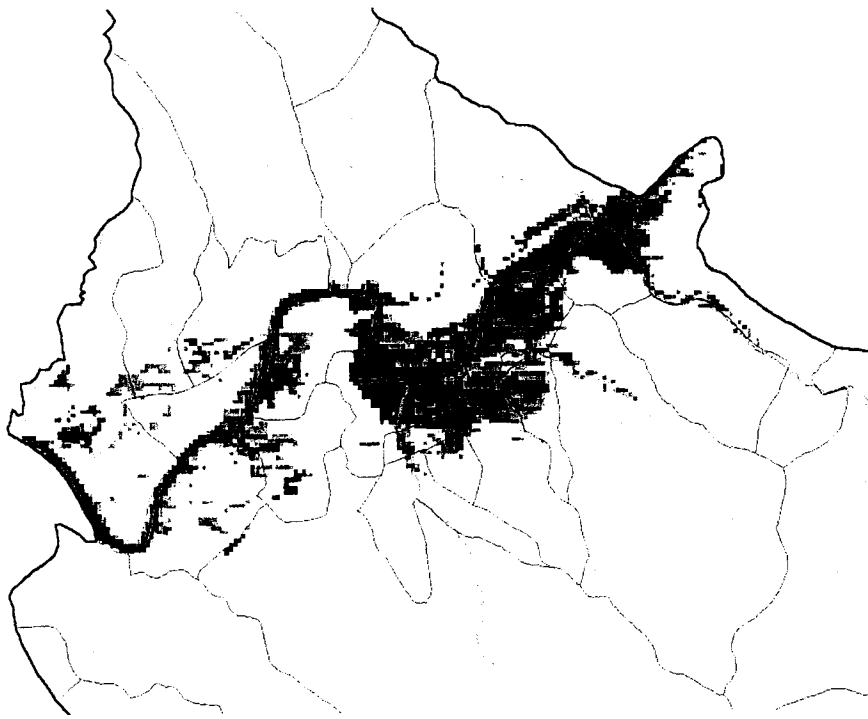


圖 5-5 50 年重現期降雨在初期整治方案完成後之模擬淹水範圍及深度

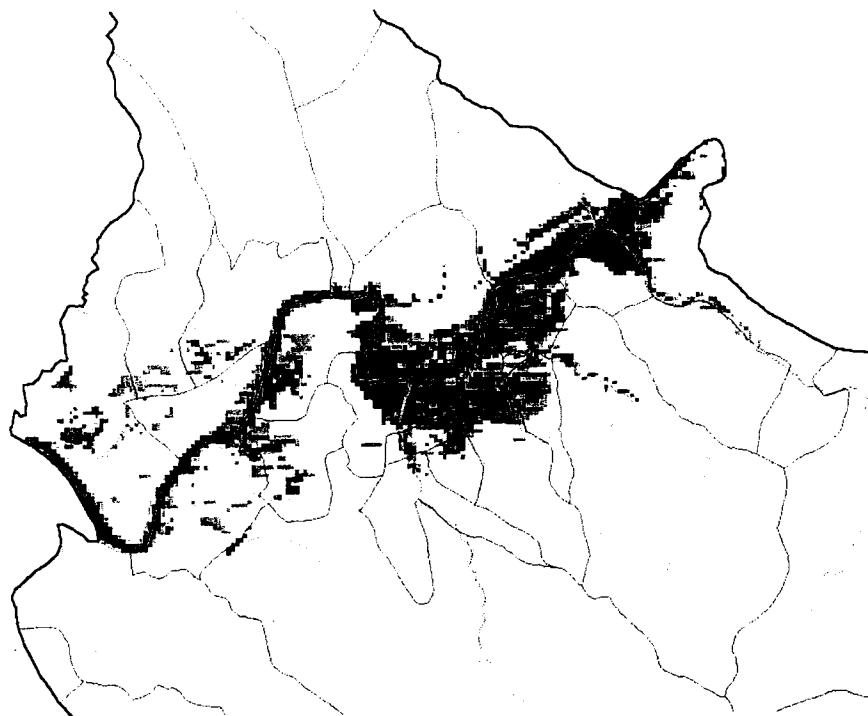


圖 5-6 100 年重現期降雨在初期整治方案完成後之模擬淹水範圍及深度