

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

防洪水利設施受損淹水數值模式研發與應用（一）

—子計畫：淹水監測預警系統規劃研究（一）

The System of Monitoring and Precaution on Inundation Events

計畫編號：NSC 90-2625-Z-009-001

執行期限：90年08月01日至91年07月31日

主持人：許盈松 執行機關：國立交通大學防災工程研究中心

共同主持人：楊錦釗 執行機關：國立交通大學土木工程學系

一、中英文摘要

自從民國八十六年行政院國科會成立防災國家型計畫以來，有關研究防洪項目之主要目標在於握掌握不同暴雨情況下，台灣都會地區之可能淹水區域及淹水深度，以評估洪災淹水潛勢，並研析流域因不同颱風降雨事件所導致之淹水災害境況模擬，進而研擬出減災應變措施及災害損失評估模式，最後再將流域防護基本資料庫與淹水災害境況模擬結合，建立一套颱風災害決策支援與展示系統，作為災害減輕及防災作業之參考。然而，除了大自然之颱風降雨事件所導致之淹水洪災外，由於人為之防洪水利設施受損而造成之洪災，亦是形成淹水災害的主要成因。防洪水利設施之構築，基本上乃是為保護河川沿岸人口密集、地勢低窪之都會區。

本研究目的在研發建構排水淹水監測預警系統，當上述水利設施若受損害而無法正常操作運用時，如何監測淹水積水之狀態，使低窪地區淹水訊息得以掌控，透過監測儀器設置訊號傳輸可獲得立即之淹水資訊，提供洪災淹水區域與淹水深度之預報，以掌握預警時機與效能，進而減少或避免災害的發生。

關鍵詞：水利設施；監測預警系統；淹水預報

Abstract

The researchers would start with the analysis on the phenomena of inundation events, and developed with the system of monitoring and precaution with inundation events. Based on the research of monitoring

and precaution with inundation events in real time, it should derive the inundation history and the failure timing of inundation disaster. For reducing the disaster of inundated areas appropriately and exact database and a good inundating monitoring mode should be established to analyze the inundated area and time under the different raining condition. If this database and inundating monitoring model can harmony with the information of heavy rain to infer the local residents, the possible flooded area and disaster level in advance, they can make necessary protection for themselves. The method of non-structural flood protection measures that mentioned above operates the improving structure system in coordination, it can decrease the inundated disaster efficiently.

Keywords：Monitoring system, Precaution system

二、前言

2.1 總計畫與子計畫分工內容概述

1. 整合之必要性

(1) 總體計畫目標

自從民國八十六年行政院國科會成立防災國家型計畫以來，有關研究防洪項目之主要目標在於握掌握不同暴雨情況下，台灣都會地區之可能淹水區域及淹水深度，以評估洪災淹水潛勢，並研析流域因不同颱風降雨事件所導致之淹水災害境況模擬，進而研擬出減災應變措施及災害損失評估模式，最後再將流域防護基本資料庫與淹水災害境況模擬結合，建立一套颱風災害決策支援與展示系統，作為災害減

輕及防災作業之參考。然而，除了大自然之颱風降雨事件所導致之淹水洪災外，由於人為之防洪水利設施受損而造成之洪災，亦是形成淹水災害的主要成因。防洪水利設施之構築，基本上乃是為保護河川沿岸人口密集、地勢低窪之都會區。

台灣地區為有效利用土地其大多在河川沿岸大多築堤束洪，或於河川上游築堤蓄洪，以防範水患，惟防洪問題涉及土地利用、工程及管理營運眾多因素，錯綜複雜。但是，由於防洪設施常因工程施工不良、營運管理不當或地震災害的自然因素，於颱風來臨時，若因兩岸堤防閘門損壞、抽水站操作故障、都會區內下水道排水系統受損、河川上游蓄洪水庫或集水區滯洪設施受損潰壞，可能造成嚴重之淹水或積水難退之災害，導致人民生命財產及國家社會經濟將蒙受重大損失。故防洪設施受損之淹水模擬及監測之研發與應用實屬重要。

本整合型計畫乃依據國科會永續會九十學年度「第二期防災國家型科技計畫規劃」之研究重點，針對目前及未來防洪科技研究相當關鍵的課題，提出「防洪水利設施受損淹水數值模式之研發及應用」之構想計畫內容。

本研究重點前二年為基本理論及模式之研發，第三、四年則初步選定經過台北縣市的淡水河流域為研究區域加以應用探討，最後一年則將各子計畫間加強整合於視窗化之工作環境中，讓使用者應用時，得以易學易操作。

研究區域選定淡水河流域，其中下游及支流流經縣市均為台灣的精華地帶，淹水帶來的損失遠大於其他流域，也是淹水監測預警系統規劃需求性較高之標的，尤其基隆河沿岸汐止、五堵一帶常有水患，淹水高度最深更達二層樓，災害損失嚴重，甚或危及居民生命的安全。淡水河主要支流及流經區域如表 1-1 所示。淡水河流域範圍如圖 1-1 所示。基隆河常淹水地區如圖 1-2 所示。

本整合型計畫結合國立台灣大學、交通大學及逢甲大學各校具有水利工程領域專長之教授專家，規劃五年期間完成建立

都市雨水下水道系統輸水淹水模式，研發抽水站及閘門受損之迴圈型區域排水模式，結合淹水監測模式之規劃與建置，發展河川上游水庫受損淹水模式，建立集水區滯洪設施受損逕流淹水模式，各子計畫之模式與成果，並由總計畫整合規劃於視窗展示操作系統中。

(2) 整體分工合作架構

本整合型計畫針對各項防洪水利設施受損時，所造成之淹水災害進行模擬研究。各子計畫首先考慮各相關水利設施之營運操作方式與維護，分析各設施可能在颱風發生時造成損壞之成因與影響，以作為控制淹水模式之邊界條件，進而發展建立淹水模式。以河川流域之整體觀點來看，在河川集水區內之滯洪設施以及水庫，具有減洪滯洪之功能；假若颱風期間，其因人為或天然外力受損時，對於河川兩岸低窪地區可能造成嚴重之淹水災情，再者當河道水位高漲時，立即阻緩自都會區排水系統所匯入河道中之水流，而其匯入河道前所經過之抽水站及堤防閘門則是水理現象之控制要素，若有損壞將進而引發都會區之淹水或積水，造成嚴重之損失。

此外，台灣地區河川兩岸之都會區大都以築堤束洪，並高度開發使用土地，由於人口密集、工商繁榮，因此，都會區內的防洪措施（如堤防、水門等）或排水系統（如雨水下水道幹線、抽水站等）必須保護有較高的標準；再者，上游河川具防洪功能之水庫或集水區內之滯洪設施，對減洪亦有十分重要之貢獻。然而，在颱風期間這些防洪水利設施若受損害、無法正常運作或發生之洪水大於設計洪水量時，可能釀成極為嚴重之淹水災害，因此必須針對各項洪水設施及淹水監測預警系統進行深入詳細之分析研究，並與淹水災害之模擬相互結合，以提供政府機關評估災損、支援決策過程之參考依據。

淹水模擬區之水文降雨條件可參考國科會永續會氣象組整合型計畫與經濟部推動之洪水預警報系統之相關研究成果，並依所選定之研究區域中具有排水系統（含抽水站及堤防閘門設施）盆地區進行都市雨水下水道系統輸水與淹水數值模式之研

表 1-1 淡水河主要支流及流經區域(節錄經濟部水利署網站資料)

發源地	品田山(標高 3,529 公尺，位於新竹縣及台中縣交界)
主要支流	大漢溪、新店溪、基隆河、三峽河、景美溪、北勢溪、疏洪道
	流域面積 2,726 平方公里 幹線長度 158.7 公里 計畫洪水量 23000 秒立方公尺
平均坡度	1:122
流經區域	台北市 台北縣：三峽鎮、鶯歌鎮、樹林鎮、土城市、板橋市、三重市、新莊市、蘆洲鄉、五股鄉、八里鄉、淡水鎮、新店市、深坑鄉、汐止鎮、瑞芳鎮、平溪鄉、泰山鄉、石碇鄉、坪林鄉、中和市、永和市、基隆市 桃園縣：復興鄉、龍潭鄉、大溪鎮、龜山鄉 新竹縣：尖石鄉、關西鎮



圖 2-1 淡水河流域範圍

基隆河淹水範圍圖



圖 2-2 基隆河常淹水地區

發(子計畫一)；然而上述水利設施若受損害而無法正常操作運用時，如何監測淹水積水之狀態，使低窪地區淹水訊息得以掌控，故需排水淹水監測預警系統之研發與建置(子計畫二)，透過監測儀器設置訊號傳輸可獲得立即之淹水資訊，提供洪災淹水區域與淹水深度之預報，以掌握預警時機與效能；對於堤防外之河川水位，將直接影響都會區內排水系統出口處之水流順暢與否，而若河川上游水庫受損或其集水區滯洪設施受損，則增大洪水量及河川水位之可能性，使淹水或積水之洪災更形嚴重，故子計畫(三)將對河川上游水庫受損淹水數值模式。最後，總計畫將各子計畫之模式整合於視窗化平台中，並利用圖形介面展示模擬成果，同時參考、引用及結合國科永續會防洪組整合型計畫之研發展示方式，使防洪水利設施受損後所造成淹水模擬結果可提供政府機關決策支援、災區居民洪災訊息及疏散應變措施之擬定。

(3)分年研究重點

本整合型計畫依據都市兩下水道系統受損、淹水監測預警系統、抽水站閘門受損、上游河川水庫受損以及集水區滯洪設施受損之淹水模式研發及應用，共分五個子計畫，預計五年間完成總計畫目標。分年研究重點如下：

第一年(民國90年8月~91年7月)：

子計畫(一)都市兩下水道系統受損淹水數值模式之研發(I)：

- 雨水下水道模擬資料蒐集及研析
- 市區暴雨排水模式(含雨水下水道系統輸水模式)之建立
- 淹水模式之選定
- 雨水下水道結構物受損原因與情形探討

子計畫(二)淹水監測預警系統規劃研究(I)：

- 國內外都市排水監測預警系統相關研究蒐集整理
 - 國內都市排水特性評估研討
 - 國內外都市排水規劃分析方法比較評估
 - 國內都市排水監測預警系統需求評估
- 子計畫(三)河川上游水庫受損淹水數值**

模式之研發(I)：

- 資料蒐集研析
- 國內外潰壩模式之比較
- 二維潰壩模式之建立
- 二維潰壩模式之測試

第二年(民國91年8月~92年7月)：

子計畫(一)都市兩下水道系統受損淹水數值模式之研發(II)：

- 雨水下水道排水系統網路之建立
- 市區暴雨排水模式之測試
- 淹水模式之測試
- 淹水模式參數之檢定驗證

子計畫(二)淹水監測預警系統規劃研究(II)：

- 都市排水監測預警系統整體架構(軟體)建置評估
- 都市排水監測分析方法評估

子計畫(三)河川上游水庫受損淹水數值模式之研發(II)：

- 二維潰壩模式之模擬與驗證
- 結合二維潰壩模式與二維淹水模式
- 進行各種水庫受損時淹水之情境模擬

第三年(民國92年8月~93年7月)：

子計畫(一)都市兩下水道系統受損淹水數值模式之研發(III)：

- 淡水河流域排水系統及水文資料彙整與研析
- 選擇一區排水分為模擬建置排水系統幹線資料
- 模擬降雨逕流與下水道排水銜接
- 人孔或幹渠溢流及回流模擬

子計畫(二)淹水監測預警系統規劃研究(III)：

- 以淡水河流域為研究案例，擇定合宜地點進行都市排水監測預警系統建置規劃
- 以前述研究案例，進行都市排水監測分析方法研究

子計畫(三)河川上游水庫受損淹水數值模式之研發(III)：

- 淡水河流域相關水文、地文資料之蒐集與建立
- 不同頻率年颱風時淡水河上游現況淹水模擬
- 不同頻率年颱風時潰壩淹水模擬
- 水庫受損時淹水虛擬實境之模擬展示

第四年(民國93年8月~94年7月)：

子計畫(一)都市雨水下水道系統受損淹水數值模式之研發(IV)：

- a. 模擬雨水下水道及抽水站操作
- b. 銜接雨水下水道溢流與淹水模式
- c. 探討不同損壞機制下淹水情形
- d. 建立淹水模擬區之地理資訊系統

子計畫(二)淹水監測預警系統規劃研究(IV)：

- a. 進行研究案例之都市排水監測預警系統實際建置工作
- b. 預警功能及管理值研訂課題探討

子計畫(三)河川上游水庫受損淹水數值模式之研發(IV)：

- a. 潰壩淹水之潛勢分析
- b. 潰壩淹水警戒區域劃定
- c. 潰壩淹水災害損失評估
- d. 提供子計畫(一)、(二)、(三)之上由邊界條件

第五年(民國94年8月~95年7月)：

子計畫(一)都市雨水下水道系統受損淹水數值模式之研發(V)：

- a. 與子計畫(二)淹水監測預警系統整合
- b. 與子計畫(三)河川上游水庫受模擬之河道淹水整合
- c. 與子計畫(四)集水區逕流淹水模擬整合
- d. 以視窗化展示成果

子計畫(二)淹水監測預警系統規劃研究(V)：

- a. 研究案例之都市排水監測資料分析評估
- b. 都市排水監測分析方法檢討
- c. 都會防洪決策支援系統建構評估

子計畫(三)河川上游水庫受損淹水數值模式之研發(V)：

- a. 整合淡水河流域防洪設施受損淹水災害模擬
- b. 提供決策支援中潰壩淹水時災害損失評估資料
- c. 整合潰壩淹水模式虛擬實境銜接洪災決策支援系統

2. 人力配合度

本研究計畫結合台大、交大及逢甲大學水利相關教授專家組成，計畫總主持人

林國峰教授，曾主持或共同主持都會區逕流水、洪水防災相關群體計畫多項，對計畫進度之掌控各子計畫間之協調、彙整具有相當經驗，相信可勝任計畫整合之工作。而各子計畫主持人所參與之主題亦為其主要專長之研究領域，故在整合型計畫之推動上，當可相互協調、分工合作以達成計畫總目標。各子計畫之主持人及子計畫名稱分別為：

總計畫：(台灣大學土木系林國峰教授) 防洪水利設施受損淹水數值模式之研發及應用。

子計畫一：(台灣大學土木系林國峰教授) 都市雨水下水道系統受損淹水數值模式之研發。

子計畫二：(交通大學防災工程研究中心許盈松副研究教授)。

淹水監測預警系統規劃研究

子計畫三：(逢甲大學水利系廖清標副教授) 河川上游水庫受損淹水數值模式之研發。

3. 資源之整合

(1) 人力資源

本整合型研究計畫包括三個子計畫，分別由國內三所大學水利工程領域專長之教授專家擔任主持人。各子計畫主持人所參與之主題亦為其主要專長之研究領域，故在整合型計畫之推動上，當可相互協調、分工合作，以達成計畫之總目標。

(2) 計畫協調及成果交流

- a. 為掌握各子計畫之研究進度及合作配合事項，平時每三個月召開一次工作討論會，進而協助解決各子計畫於執行期間所面臨之問題，以確保各子計畫之研究品質及成果。
- b. 為檢討整體計畫之研究方向、研究區域之劃分與選定，期使研究成果能落實及應用，將不定期召開各子計畫主持人與相關單位之座談會。
- c. 將各子計畫之研究成果建立一整合之視窗展示介面，提供動態之淹水模擬成果展示。

4. 申請機構或其他單位之配合度

台灣大學土木工程學研究所及水工

試驗所已購置工作站型電腦與全球定位系統（GPS）之野外量測設置可支援本計畫之執行，近兩年總計畫主持人林國峰教授曾參加淡水河流域防洪預警報規劃計畫之研究，淡水河研究區中之內氣象、水文、地文及人文資料都可以充分提供本計畫之應用，且研究區域之數值地形（DTM）資料亦可供各子計畫使用。

5. 預期綜合效益

本防災整合型計畫擬於五年期間完成下列多項目標：

子計畫(一)都市雨水下水道系統受損淹水數值模式之研發

- a. 市區暴雨排水模式（含雨水下水道系統輸水模式）之建立
- b. 雨水下水道排水系統網路之建立
- c. 建立人孔或幹渠溢流及回流模擬
- d. 選擇一區排水分為模擬建置排水系統幹線資料
- e. 建立淹水模擬區不同損壞機制下淹水情形之地理資訊系統

子計畫(二)淹水監測預警系統規劃研究

- a. 完成國內外都市排水監測預警系統現況評析
- b. 完成都市排水監測預警系統整體架構（軟硬體）建置評估
- c. 完成研究案例之都市排水監測分析方法建立
- d. 進行研究案例之都市排水監測預警系統實際建置工作
- e. 完成都會防洪決策支援系統建構評估及未來展望建言

子計畫(三)河川上游水庫受損淹水數值模式之研發

- a. 建立二維潰壩模式
- b. 建立水庫受損時淹水模擬及潰壩後河川之疏洪能力
- c. 淡水河流域合適二維潰壩、淹水動態境況模擬模式之建立
- d. 獲得實際土地利用狀況，分析淹水區域之淹水高度及淹水時間，進行洪災損失評估
- e. 獲得研究區域相關資料，瞭解該地區之淹水潛勢及危險度

總計畫將開發視窗化操作洪災展示系統，讓使用者能易於操作或學習；而其成果可讓政府及民間充分了解及掌握可能發生之災害訊息，及早做好應變措施，以減少洪災損害。此外，本整合型計畫之研究模擬及建議之相關成果，可提供行政院防災會報、經濟部水利單位、內政部消防署、各縣市政府防洪指揮中心、各鄉鎮市公所、河川局等機關之應用，透過模式之研發使用，將獲致提供政府機關決策支援、災區居民洪災訊息及疏散應變措施擬定之績效。

本子計畫為(二)淹水監測預警系統規劃研究，此報告為第一年成果報告，著重在國內外淹水監測預警系統相關資料之蒐集與分析，應用在台灣地區尤其是淡水河流域時，應如何規劃整體系統配置以掌握及預測淹水範圍及時間，監測分析結果有助於防救災工作之掌握及災後淹水原因的檢討與財物損失的估計。將搭配總計畫目標整合於視窗化平台，提昇相關單位決策支援之判斷能力。

2.2 研究動機與目的

自從民國八十六年行政院國科會成立防災國家型計畫以來，有關研究防洪項目之主要目標在於握掌握不同暴雨情況下，台灣都會地區之可能淹水區域及淹水深度，以評估洪災淹水潛勢，並研析流域因不同颱風降雨事件所導致之淹水災害境況模擬，進而研擬出減災應變措施及災害損失評估模式，最後再將流域防護基本資料庫與淹水災害境況模擬結合，建立一套颱風災害決策支援與展示系統，作為災害減輕及防災作業之參考。然而，除了大自然之颱風降雨事件所導致之淹水洪災外，由於人為之防洪水利設施受損而造成之洪災，亦是形成淹水災害的主要成因。防洪水利設施之構築，基本上乃是為保護河川沿岸人口密集、地勢低窪之都會區。台灣地區為有效利用土地其大多在河川沿岸大多築堤束洪，或於河川上游築壩蓄洪，以防範水患，惟防洪問題涉及土地利用、工程及管理營運眾多因素，錯綜複雜。但是，由於防洪設施常因工程施工不良、營運管理不當或地震災害的自然因素，於颱風來臨時，若因兩岸堤防閘門損

壞、抽水站操作故障、都會區內下水道排水系統受損、河川上游蓄洪水庫或集水區滯洪設施受損潰壞，可能造成嚴重之淹水或積水難退之災害，導致人民生命財產及國家社會經濟將蒙受重大損失。故防洪設施受損之淹水模擬及監測之研發與應用實屬重要。

本研究重點前二年為都市淹水預警系統基本理論及模式之研發，第三、四年則初步選定淡水河流域為研究區域加以建置應用探討，最後一年則將各子計畫間加強整合於視窗化之工作環境中，讓使用者應用時，得以易學易操作。

本計畫首先考慮各相關水利設施之營運操作方式與維護，分析各設施可能在颱風發生時造成損壞之成因與影響。以河川流域之整體觀點來看，在河川集水區內之滯洪設施以及水庫，具有減洪滯洪之功能；假若颱風期間，其因人為或天然外力受損時，對於河川兩岸低窪地區可能造成嚴重之淹水災情，再者當河道水位高漲時，立即阻緩自都會區排水系統所匯入河道中之水流，而其匯入河道前所經過之抽水站及堤防閘門則是水理現象之控制要素，若有損壞將進而引發都會區之淹水或積水，造成嚴重之損失。

此外，台灣地區河川兩岸之都會區大都以築堤束洪，並高度開發使用土地，由於人口密集、工商繁榮，因此，都會區內的防洪措施（如堤防、水門等）或排水系統（如雨水下水道幹線、抽水站等）必須保護有較高的標準；再者，上游河川具防洪功能之水庫或集水區內之滯洪設施，對減洪亦有十分重要之貢獻。然而，在颱風期間這些防洪水利設施若受損害、無法正常運作或發生之洪水大於設計洪水量時，可能釀成極為嚴重之淹水災害，因此必須針對各項洪水利設施及淹水監測預警系統進行深入詳細之分析研究，並與淹水災害之模擬相互結合，以提供政府機關評估災損、支援決策過程之參考依據。

本研究目的在研發建構排水淹水監測預警系統，當上述水利設施若受損害而無法正常操作運用時，如何監測淹水積水之狀態，使低窪地區淹水訊息得以掌控，透過監測儀器設置訊號傳輸可獲得立即

之淹水資訊，提供洪災淹水區域與淹水深度之預報，以掌握預警時機與效能，進而減少或避免災害的發生。

2.3 研究範圍與方法

本計畫共分五年執行，第一年預期完成國內都市排水監測預警系統需求評估，第二年預期完成研究案例之都市排水監測分析方法建立，第三年及第四年則預期完成研究案例之都市排水監測預警系統實際建置工作，第五年則對建置好之監測預警系統作分析評估，並完成都會防洪決策支援系統建構評估。以下將詳述其研究方法及進行步驟。

研究方法：(五年內完成的淹水監測預警系統內容說明)

一、系統架構

『淹水監測預警系統』(以下簡稱本資訊系統)之系統架構，擬分為單機(訊息接收處理儲存)及網路(訊息加值決策支援)兩層級。本資訊系統之單機部分，以建置蒐集防洪水利設施水位監測及洪氾區淹水位監測資訊為主，展示為輔，有簡易視窗操作介面、地理位置圖及淹水位歷線圖等；網路層級部分，則單就防洪水利設施水位監測及洪氾區淹水位監測成果之展示為規劃範圍，主要以平面可能淹水的分析資訊展示套疊為主，並以瀏覽器為其操作介面。

二、軟硬體規劃

由於對空間資訊的大量需求，本資訊系統之軟體部分，擬採用美國 ESRI 公司之地理資訊系統，單機部分以 ArcView 進行 GIS 資料建置與系統模組開發，輔以 Delphi 或 Java 發展相關應用程式，監測資料先轉入資料庫伺服器主機後，再轉出為 GIS 可讀取的格式，以利進行後續的分析工作；網際網路部分，則選擇 ArcIMS 為展示作業平台。

三、系統功能

(一)單機層級地理資訊系統

1.圖層編修與管理模組

針對研究區域雨水下水道相關圖籍，提供介面管理，除將其轉化為地理資訊系統可用之格式外，亦提供編修管理功能。圖層之內容可包括：

a.基本參考圖：研究區域千分之一地形

平面圖、剖面圖、千分之一街廓圖、農航所相片基本圖、區/村里行政區圖、研究區域建築區圖、路網分布圖等。

- b. 水文/雨水下水道相關圖籍：雨水下水道分布圖、水位監測偵測器配置圖、研究區域河川/湖泊分布圖、水利設施位置圖、雨量站、水庫、水門、水位站、河海堤位置圖等
- c. 其他：警察局、消防隊、防災公園等防救災資源之分布圖。

2. 水情水理資料庫建置模組

配合『雨水下水道水位監測系統』資料庫，或另以 Access 或 MS-SQL 為資料庫平台，建置水位水情資料庫。資料庫內容包含：

- a. 水情資料：氣象局之颱風、雨量等資料。資料庫之內容，以中央氣象局點對點連線定時遙控撥接的接收資料為主，其他水情資料為輔，並藉由另行開發之應用程式轉入資料庫提供後續分析或模擬使用。
- b. 水位資料：由本計畫所建置之雨水下水道水位監測及淹水位偵測器，透過網路即時傳回之水位，經接收伺服器取得結果後，依時間及水位計編號，直接紀錄於資料庫伺服器中，再由應用程式轉為本地地理資訊系統可讀取的資料格式，提供後續分析使用。
- c. 水理分析成果：研究水理之機制，開發水位預報模組，並考量水理分析之時距後，定時驅動水理分析模組，將水理分析之結果，依水位發生之時間寫入資料庫中。

3. 下水道水位資訊模組

透過地理資訊系統之查詢方式，可進行圖資互查之作業。使用者可直接於地圖上，以點選方式，查詢雨水下水道內，任一水位偵測器目前之水位狀況，是謂由圖查資；本模組擬提供之查詢方式，是謂資料查圖。經由 SQL 複合資料搜尋，可查詢符合設定條件之雨水下水道地區與水位監測偵測器分布，其目前之水位狀況亦可進一步取得。下水道水位資訊模組之功能包括：

- a. 水位警示：使用者設定警戒水位

後，系統即自動偵測各水位監測偵測器目前之水位狀況。若資料庫中之紀錄已達警戒水位，系統將自動彈出視窗，警示水位監測偵測器之編號，提醒使用者進行後續處置。

- b. 水位概況：水位監測偵測器位置之展現，擬以圖形化方式，將其視為一點圖元，將其分布標註於地圖上。以 GIS 結合自行開發之常駐程式，定時查詢水情水理資料庫，並將所得之水位狀況，依照所在範圍，以不同級距之顏色表示。級距之區分以水理慣用者為準。查詢者可一眼看出防汛期，各地雨水下水道之水位概況。

- c. 複合查詢：使用 SQL 語言，開發介面程式，提供使用者進行複合查詢。透過資料查圖之方式，將符合使用者設定條件之水位監測偵測器，以醒目顏色標示；使用者可由圖面得知需注意之偵測器分布，或藉由圖查屬性之操作方式，進一步查詢該族群內，某一偵測器之水位資訊，如歷史水位等等。

4. 水理分析預測結果查詢模組

本模組之目的，在於展示水位預報系統分析後，紀錄於資料庫之結果。功能規劃：

- a. 水理分析結果：顯示指定之水位站，其水理分析結果。如歷史水位紀錄、降雨-逕流歷線等。
- b. 淹水範圍顯示：將水情水理資料庫中各個水位監測偵測器之目前水位資訊及淹水位監測資訊，利用 GIS 圖形化介面之特性，於地圖上利用 Arcview 的 Spatial Analyst 模組作淹水深空間內插，動態繪製目前時間之淹水範圍。規劃以不同顏色之代表不同級距之淹水狀況，如以黃色警示淹水深度已達 30cm，紅色代表 100cm，至於水退情況時則以黑色表示。決策者可藉由圖面得知淹水地區及搶救之優先順序。另外也可以作為檢討防洪設施成效的參考。
- c. 淹水深度顯示：使用者指定特定地區之下水道水位監測及淹水位監測偵測

器，系統提供介面展示該地區之剖面，並將水情水理資料庫中，該地區各個水位監測偵測器目前之水位，以示意圖之方式標示於剖面圖上；或者以前述內插結果作圖查資查詢已知點的可能淹水深度。這些淹水位置可以作為規劃或檢討淹水位監測點分布的參考。

- d. 水位預報：動態連結水情水理資料庫中，進行水理分析，預測設定時間時，指定之水位站，其可能之水位。使用者可於圖上點選水位站查詢。系統可以動態圖像之方式顯示水位與周圍地形地物之關係，便於查詢者了解可能之水位變化。
- e. 淹水範圍預報：將水情水理資料庫中之水理分析成果，於地圖上利用 Arcview 的 Spatial Analyst 模組作預報淹水深空間內插，動態繪製將來可能之淹水地區。此一淹水範圍可提供決策者進行搶救災之參考，或作為將來淹水範圍預報之用。
- f. 淹水深度預報：將水情水理資料庫中之水理分析成果，動態於地圖上繪製將來可能之淹水深度等值線或以顏色區分其範圍，並可以圖查資的查詢方式得到已知點的預報淹水深度。使用者可參考此一淹水深度等值線進行搶救災之應變，或據之進行未來之淹水深度預報。

5. 連結其他網站/系統模組

有鑒於大多數之水情資訊，如颱風動態、豪/大雨資訊、水利設施災情、防救災資源等，均有其他相關計畫或負責單位已建置完成，且內容豐富，本系統重新建置未必完整，故連結其他其他網站/系統已有其可行性與參考性。本模組擬以提供介面，連結其他網站或系統為主要範圍。

(二) 網路層級地理資訊系統

網路層級地理資訊系統(以下簡稱 WebGIS)之規劃，乃是為了應用 Internet 技術，解除傳統單機之限制，提供遠程展示成果之目的。

系統規劃之考量，除圖資建置、編修之模組外，上述其他單機地理資訊系

統之功能，若網路技術可達成者，擬儘量予以呈現，故範圍包括雨水下水道水位監測以及分析之結果。

四、類神經網路應用

以水理模式來模擬都市雨水下水道的各種景況，在相關研究上已獲致相當良好成果。然而，由於資料收集在時空分配上的難度，研究成果多半只能應用在時間尺度較長的案例中，且侷限於大區域的總體判斷，不容易預測分析各管網重要節點上的水位反應。

配合水位監測系統的控制下，直接獲取大量空間適當分佈且動態變化的水位資料，並透過水理模式模擬，對於上述問題應當能提出合理的驗證成果。然而，如此大量的空間與時間的管網水位資料，實務上是否會導致水理模式的應用困難，如計算容量或時間不敷實際需要等問題，則不無商榷之處。

類神經網路在近年的資訊應用上，具有相當多的優點，尤其以反傳遞的監督式計算，以已知的輸出入資料作為訓練網路之用，可反應資料間的非線性關連。經過訓練後的類神經網路架構，對於使用者具有相當多的實務優點：

1. 不須學習使用艱深的物理模式
2. 計算過程往往較快於物理模式
3. 不會有數值發散的計算問題

當然，類神經網路的應用上也並非完美，潛在的缺點為：

1. 僅為輸出入資料數值上關連性，並未能提出物理特性的說明
2. 其計算精度受限於資料來源，如應用範疇超過訓練資料涵蓋面，計算成果可信度有待確認。

由於防災業務上對於即時預警的高標準需求，以類神經網路與水理模式的交互應用，具有符合物理特性與節省計算資源的雙重特點。因此，研究團隊於本計畫中擬提出如下分析架構：

1. 水理模式用以建立各分區連結機制。
2. 類神經網路用以模擬各分區內的管網節點之動態變化。

因此，水位監測儀器所傳遞的動態資訊，可迅速由類神經網路中獲得分區中之局部反應，再由水理模式計算，得到整體

區域的排水現況。

由於本計畫的應用範圍較為侷限，研究中擬應用類神經網路，直接引用水位監測記錄。以上述分區概念，先行推導訓練網路架構，驗證其局部模擬水理的可行性，以作為未來與全面性水理模式整合的先期規劃。

2.4 文獻回顧

2.4.1 淹水模式方面的研究

目前台灣較常使用的淹水模式大概分南、北兩套，北部以台灣大學許銘熙教授發展之『二維漫地流淹水模式』為主；南部則以成功大學蔡長泰教授發展之『擬似二維淹水模式』為代表。陸續都有許多學生進行功能改良及運用推廣，目前二維漫地流淹水模式還用在國科會計畫，用以執行全台灣西部縣市的淹水潛勢計算分析。

十幾年前電子計算機運算速度及儲存空間已能負荷大量的計算以後，淹水數值模擬才開始有人進行研究，十年前工作站如 VAX 被大量使用來做數學運算，繪圖工具也被發展用來展示成果，直到 PC AT 時代，大型主機才慢慢被其取代，而繪圖工具也轉為 PC 版本。國內對淹水模擬研究較多的首推成功大學水利系蔡長泰教授及台灣大學農工系許銘熙教授，蔡長泰教授發展的擬似二維淹水模式，主要以地形、水系、道路等地文自然及人為邊界來劃分網格，其網格可為非常不規則形狀，由網格間邊界的控制條件設定來計算流通量，在網格內用質量守恆概念(零維的連續方程式)保持水量不會無故消失，再配合邊界設定計算流量及邊界兩側的淹水位及淹水深，使用矩陣聯合求解，網格數越大，求解時間以等比級數成長，因此在考量計算時間及精度要求時，常是使用者面臨的一大難題，不過經過多年來的努力也讓處理網格邊界的複雜工作交由 GIS 來分析及整理，使人為整理資料的時間縮短了許多，蔡長泰教授曾用 INTERGRAPH 進行淹水模式的資料處理與成果展示環境，模式可掛於其中並執行及產出成果。後來也因為軟體趨勢使然，轉而採用 ARCVIEW 為其輸入資料整理的工具及環

境，並開發自動判斷劃分網格的功能出來，使該模式實用性又邁出了一大步；而許銘熙教授發展的二維漫地流淹水模式，以求解正方形網格內的水流動態為基本的網格假設，利用二維水流的簡化方程式，以有限差分交替方向顯示法(ADE)求解網格內的淹水位、淹水深及網格間邊界的流速。然而許多研究已發現在處理二維的地形資料及網格編碼實在是一件煩人的事，而十年前 GIS 剛引進國內不久，台大農工系許銘熙教授首先利用 ARCVIEW 處理 DTM 資料及規劃網格的功能來改進模式的輸入資料處理方式，後來在八掌溪流域的國科會研究計畫也利用二維漫地流淹水計算成果與相關圖層套疊產生精美的二維淹水深度分布圖。近期又利用二維漫地流淹水模式進行全國淹水潛勢區的模擬，並利用成果與相關單位進行常淹水區域確認，可提供做為配置防洪措施的參考依據。

二維漫地流淹水模式數值方法首先由台灣大學土木工程學系顏清連教授的碩士班學生賴進松博士在民國 75-77 年間發展完成，接下來謝慧民博士在民國 77 年至 79 年期間在台大許銘熙教授指導下修改該二維漫地流淹水模式，並應用於琳恩颱風基隆河沿岸的淹水模擬與檢討，此後此套模式的改良均在許銘熙教授的指導下陸續發展中。

如為小區域淹水，就模式的處理難易及精度比較，以台灣大學的二維漫地流淹水模式較佳，然依其原始功能仍無法處理在網格內邊界設定堤防及缺口情況的水流流況，而近年許銘熙的學生謝慧民博士改良的「二維綜合淹水模式」(簡稱為 2DIIM)似乎已結合了台大及成大兩個系統的優點，並提供 ARCVIEW 資料處理所需的網格輸出、入轉換格式，可以將輸入資料及模擬結果轉成 GIS 網格資料(Raster)提供必要的套圖，此改良模式除了可以輸出某些觀測點的淹水歷程線外，也可展現某些控制條件下平面二維淹水深、範圍及淹水時間的差異圖。

謝慧民博士的二維綜合淹水模式是以許銘熙教授之二維漫地流淹水模式為基礎，搭配 ARCVIEW 軟體開發改良的新

模式稱之為「二維綜合淹水模式」，除了原有功能及輸出、入資料搭配 ARCVIEW 網格資料輸、出入格式的建立外，也增加了蔡長泰教授的核胞邊界處理方法，可在內部網格間的邊界處加入路堤、堰、涵洞、道路立體交叉及河道等控制條件以反應實際地物的狀況，在山區高程落差大處可以由穩定度限制條件自行判斷是否需要採用一般曼寧公式來計算，除了可避免程式發散外，也讓模式的演算範圍不再受到山區陡坡等地形的限制，即可以不用再搭配其他模式來產生上游集水區入流的邊界條件。目前除了潮汐影響海水倒灌的功能介面未開發外，大致上與淹水模式有關的事項都已考慮了，並曾將模式應用於雲林縣、新市永康地區、岡山地區等淹水事件以及納莉颱風曾文溪麻善大橋左右岸淹水事件的測試，因其水流流速的計算可由穩定度條件及參數調整來控制，所以計算的地形高程可從 0 至 1000 公尺以上，甚至達 4000 公尺，計算域可擴大到整個流域集水區，可以不用再做其他搭配模式的銜接，如要求精細，也有介面可讓搭配模式得到的成果輸入以計算。

交通大學土木系楊錦釧教授曾用以河道沖淤模式為主體增加洪氾區域淹水高程計算的功能，將地形以大的區塊分割，與河道模式一起演算，也用在許多地區淹水的測試，穩定性堪稱良好。淹水區塊間的流量計算則與蔡長泰教授的擬似二維淹水模式相似。

台大黃良雄教授、賴進松博士等在「受感潮河川影響之花蓮市排水及淹水聯合模擬」論文中提到結合七個數值模式針對花蓮市區之排水及淹水情形進行聯合模擬研究：都市排水淹水方面以都市暴雨經理模式 (SWMM) 及二維零慣性淹水模式進行模擬；河川水理方面利用擬似二維河道水理沖淤模式 (NETSTARS) 計算河川水位，由於缺乏實測資料，文中以降雨逕流模式 (HEC-1) 計算集水區入流之流量，並以波場模式 (RCPWAVE)、改良之港灣水理模式 (m.HHM) 和擬似三維海岸水動力計算模式進行河口感潮段之模擬，以提供感潮河口水位—流量率定曲線作為邊界條件；文中並建立較完備之

重力排水邊界條件來模擬重力排水開門之操作，以銜接都市排水、淹水及河川水位方面之演算。模擬結果經與實際淹水記錄比較，可發現本研究考慮淹水情況受排水系統、地表逕流、河川水位及河口感潮之影響，能較合理正確地模擬花蓮市區淹水之情形。

2.4.2 河川洪水預警方面的研究

台灣地區水文情況特殊，坡陡流短，自上游降雨至下游匯流不過數個鐘頭，每逢颱風或豪雨，輒易造成洪災，在台灣之天然災害中，洪水災害為最嚴重者。有關洪水預警系統方面，目前國內僅淡水河流域建有洪水預報系統，其它流域則僅止於規劃階段。財團法人中華民國國家資訊基本建設(NII)產業發展協進會曾執行經濟部水資源局委託之「水資源全球資訊網及防洪資訊系統之規劃研究」於八十七年二月已針對台灣地區之洪水預警系統提出整體規劃，並提出應優先施設防洪預警系統之順序。後來經濟部水資源局考量國土綜合開發策略、相關經建科技建設之發展，委託 NII 產業發展協進會彙集國內相關學術研究及工程顧問單位共同執行「建立洪水預警系統暨水利設施災害防救體系整合計畫」，四個子計畫系分別針對〈1〉烏溪，〈2〉八掌溪及朴子溪，〈3〉鹽水溪，以及〈4〉高屏溪等重要流域進行防洪預警系統之規劃。其目的在建立國內洪水預警系統建置之雛形，也研擬「洪水預警系統參考準則」提供四個流域規劃建置過程的依循，並作為推廣至其他流域之基礎。自民國八十七年至民國九十年間完成了四個流域洪水預警系統軟硬體規劃，並選幾個試驗觀測點以 GSM 及 VSAT 最為資料、影像傳輸的通訊管道，並對鹽水溪、八掌溪及朴子溪進行洪水預警系統的模式建置及測試並開發 intranet 的操作平台，可以使用瀏覽器操作預報及水情的展示，案內完成多場颱風的預測演練，後續因為編列經費過於龐大，需要成立專案送行政院審查，目前這四個流域的洪水預警系統研發工作宣告暫停。濁水溪洪水預警系統也委託日本河川情報中心進行細部規劃中。另外，曾文溪的曾文水庫管理單位也設置簡易的洪水預警設施包括洩洪

廣播的警報器及一些高密度的水文觀測站等，但僅限於河道附近，發揮功效可能有限。

中國大陸每年汛期都會採用自行開發的洪水預警系統預報洪峰將會到達某地的資訊，如長江水患許多研發人員均快速利用高科技來分析災害可能的情形，作為疏散及搶救的決策參考。美國更有 FEMA 專責機構負責防洪等事務，台灣也漸漸重視專責機構存在的必要性。日本則在技術上領先台灣甚多，淡水河的整套更新設備幾乎全來自日本商人之手，台灣是有必要迎頭趕上，自製本土化的防洪預警系統。

2.4.3 淹水監測預警方面的研究

國內淹水預警研究方面首先運用在曾文水庫的防洪運轉上，國立成功大學蔡長泰、周乃昉教授在民國八十八、八十九年曾對河道洪水演算及水庫防洪運轉兩方面提出局部淹水預警系統的規劃並建置簡單的操作平台。

吳上煜的碩士論文中提到在因為技術的提昇，已經可以提供較以往更為精確的淹水預警。但資訊提昇後，應該有更適當的傳播方式來讓淹水的資訊傳輸出去。因此希望從地理資訊系統在網際網路上的應用角度出發，在網際網路平台上，以地理資訊系統技術整合空間資料和即時淹水預警訊息構成一淹水預警資訊系統。但是專業的資訊要讓一般大眾所能瞭解是不容易的事，所以必須讓這個系統成為方便民眾使用的平台為前提來進行研究。在研究方法中，先比較新舊預警方法的差異，並對民眾對預警系統的觀感與需求做民意調查，並對於系統的使用者介面做一研究。以台北市為研究區域，藉由訪談的方式瞭解一般民眾對淹水預警的資訊需求，進而設計對應的輔助功能，結合即時淹水分佈資料作為淹水預警資訊來源，搭配道路、地標、行政界等基本地文資料庫作為輔助資訊，經由系統分析設計，發展出一個系統。

經濟部水利署正工程司蕭茂鎮在「地理資訊系統在淹水預警上之應用研究簡介」一文中指出，台灣全島總計有 1,108 條排水系統，集水面積一百四十餘萬公

頃，約佔全島面積 40%，其中屬區域排水幹、支線長度約 7,499 公里，需改善者約 5,310 公里，而浸水時間一日之地區達十一萬公頃，政府限於人力、財力無法在近期內全部予以有效改善。為適度減輕淹水災害，並達預警效果，需建立完整精確之基本資料庫及建立適合各區域之良好的淹水模式，以分析各種降雨情況下之淹水地區及時間，因而可供區域排水治理規劃、工程實施及管理等多種用途使用以限制土地之不當利用而減少淹水損失，若進而配合豪雨情報資訊，將可能發生淹水之範圍及災害之程度預先告知當地居民，以做好必要之防範。因此他以高速公路以西、八掌溪以北、朴子溪以南及布袋沿海集水區為研究區域進行區域淹水預警系統的規劃。

經濟部水利署第十河川局每逢颱風時節，均在淡水河重要地點設置洪痕紙紀錄洪水痕跡，但這僅能知道最高洪水位並不能知道歷程線，需由河川的水位站紀錄補遺或估計通過歷線，同樣最近淹水頻繁的台北縣市相關地區也有單位使用洪痕紙設置在洪氾區內，用以估算淹水範圍，最近有些研究以趨向以類似水位計的儀器設置在洪氾區，帶洪水來臨時可以動態紀錄其淹水歷程，不過仍限於零星設置，沒有經過分析規劃其設置位置及密度，本計畫目標之一即在做這方面的規劃及評估，並運用相關的淹水模式模擬成果輔助這項工作。

三、淹水監測預警系統相關研究分析

3.1 國內淹水監測研究現況分析

對於研究範圍內的淹水預警方面，因基隆河的汐止地區幾乎每年淹大水，行政院核定達二百年防洪目標的基隆河整體治理計畫謀求改善，「基隆河整體治理計畫」分為前、後期治理計畫，主要計畫內容包括：

一、「前期治理計畫」（自九十一年七月至九十四年五月，工程經費初估約為三三一點一億元）：1、基隆河員山子分洪工程計畫—總經費六十三億元，九十四年五月汛期前完成。2、洪水預報及淹水

預警系統--總經費零點六六億元，九十一年底完成。3、低窪地區防洪區塊工程—整合區域內支流排水、橋樑、抽水站改善等工程，分為十一個區塊，採區塊治理分式辦理。4、坡地保育計畫—配合員山子分洪計畫於上游集水區進行水土保持工作。5、其他配合工程—包括台北市轄區之內溝溪下游堤防工程、磺港溪分洪工程、中山橋改建部分經費及鐵路局八堵鐵路橋週邊改善工程。6、其他方案規劃—包括圓山瓶頸段改善研究規劃、洪氾區劃設規劃設計及滯洪區劃設規劃設計等。

二、「後期治理計畫」(自九十四年六月至九十七年六月): 1、河道堤防工程—包括台北市洲美堤防新建工程及台灣省轄區堤防工程。2、排水改善工程—包括支流排水、提後排水，並興建二〇座抽水站(台北市二座、台北縣一〇座、基隆市八座)。3、橋樑配合改善工程—改建橋樑二十四座(台北縣一〇座、基隆市八座、省道公路橋三座、鐵路橋三座)。4、坡地保育計畫—辦理基隆河坡地保育工作。5、滯洪區建置計畫—規劃設置七處，面積合計約一〇〇公頃。

其中前期計畫第一項的第2點已編列新台幣 0.66 億元進行建置洪水預報及淹水預警系統。基隆河整體治理計畫至少還要四年才能完成，為減少上游低窪地區住戶的生命財產損失，經濟部規劃優先推動員山子分洪計畫，同時搭配洪災保險，及建構淹水預警應變系統。

經濟部水利署指出，納莉颱風的雨量平均為八百九十七公釐，淹水面積達六千六百四十公頃，可謂創下空前的紀錄，且集中暴雨規模超過整治工程標準，才釀成巨大災禍。南湖大橋以下河段屬台北市轄區，台北防洪計畫已大部分完成二百年防洪頻率標準，南湖大橋以上河段屬台北縣及基隆市轄區，早期僅有零星防洪措施，為避免下次豪雨來襲再造成淹水情況，水利處規劃針對汐止至八堵瓶頸，策略仍以「築堤防洪、束洪」為主，目標希望先獲得十年洪水通洪能力，作為後續整體治理的基盤。基隆河上游若要作整體治理，汐止地區行水區中的十一棟大樓應該要拆除，但經費高達一千零五十億元，以當前

政府困窘的財政，不可能執行此方案；較可行的作法，是儘速推動員山子分洪計畫及搭配低窪區住戶洪災保險。員山子分洪計畫初步規劃經費為六十三億元，此計畫已獲行政院核定辦理，預定在今年年底可通過環評審查，明年初發包興建，提前在九十三年底完成，較原訂時程提早一年五個月。

本計畫為國科會永續會委託研究，將來搭配基隆河的淹水預警系統資料繼續研發新技術，未來希望能將淹水、排水都建立一套預警制度，同時比照淡水河流域防洪指揮中心，發布的洪水預報方式，依山區、集水區雨量、水位不同的情況，分成「通知、注意、警告、危險」等不同程度，預先讓市民隨時知道不同的狀況，以便達到事先疏散居民的效果。

3.2 國外淹水監測研究現況分析

日本則是有專責單位負責轄區內的水情資訊彙整，對於淹水水情的掌握也非常迅速。我們蒐集到的有下列幾個地點：**信濃川工事事務所**

日本一些重要河川設一專門的流域管理單位，與中國大陸類似，信濃川工事事務所即是這種單位，信濃川是日本第一長及流出量最大的河川，總長 367 公里，流出量有 156 億立方公尺，流域面積為 11,900 平方公里(日本第三大流域)。有關信濃川流域的河川情報蒐集、水防(防洪)工作、河川水邊環境調查及管理基本計畫、水質、高灘地利用、水量利用規劃、相關治理工程等都是其業務範圍，比較重要的防洪工事從上游到下游有妙見堰、長崗消流雪用水導入設施及柿川排水機場、大河津分水洗堰等。水位雨量也有遙傳資料，每五分鐘更新一次資料，如圖 3-1 所示(淡水河流域也有類似的一套)。記錄看板上有觀測站的指定水位與警戒水位供作業人員參考，其監控螢幕除了傳回的水位流料資料外，也有與河川情報中心連線的即時雨量分佈資訊，操作及發佈訊息也有預報與警報之分，災害發生後派出在外人員需攜帶本流域的水防野帳簿紀錄相關資訊及救災。野帳簿內容相當齊全包括 1.洪水預報、水防警報的種類及內容及基準。2.水位、雨量狀況等紀錄表及位置。



圖 3-1 信濃川水位流量監視看板

3.洪水預報及水防警報傳達及通報系統。
 4.重要水防地點一覽表。5.水防上危險構造物一覽表。6.重要水防地點位置圖(如圖 3-2)。7.水防倉庫、資材放置地點及水防機具儲備狀況。8.救災工法的圖解說明。9.洪水預報、水防警報、水防報告的表格格式。台灣目前仍無如此精緻的攜帶式手冊可供巡防或救災第一線的人員參考。

妙見堰管理所，其功能為 1.用水取水位的穩定控制。2.JR 發電放流的逆調整。3.當作國道 17 號的跨河橋樑。另外也設計魚道及船行的水道，可謂多功能的堰。妙見堰有一觀景台，內部有模型操控監視中心，如圖 3-3，系統化非常健全，電腦螢幕可顯示閘門升降情形及水位高低、流域概況圖、操作狀況圖等，上方有監視螢幕重點式分割畫面顯示幾個監視地點現況，同時也有如同信濃川工事事務所的水位流量回傳顯示系統及面版。在平時操作規線如 JR 發電放流圖，在洪水時期全面打開閘門讓洪水宣洩，乾旱時則以確保計畫取水為主要操作。因堰附近之河岸高灘地開發為親水公園，假日可為民眾休閒及觀景，不但達到防洪、用水目的，也促進民眾對水防的認識與親和力。

柿川排水機場有兩套抽水設備，一套為長崗市的松葉排水之用(小容量的 3 及 4 號機)，一套是建設省的柿川排水之用(大容量的 1 及 2 號機)。洪水時期柿川上游常因信濃川的水倒灌及內水排不出去而氾濫成災，因此先利用閘門擋住信濃川逆流的水，再用抽水站將柿川的水抽排入信濃川，這是當初設計的目的。另外，非洪水暨下雪時期為了減少主流排雪的負荷，在排水機場上游處規劃設計了直接匯入柿川的兩條連接分水設施的渠道(赤川及東赤川)，載運該區域的雪水至柿川水機場直接導入信濃川，這稱為長崗消流雪。長崗消流雪及柿川排水機場的關係位置示意如圖 3-4 所示。柿川排水機場的系統關係如圖 3-5 所示。長崗消流雪的操作示意如圖 3-6 所示。同樣的監控中心也有機場附近監視螢幕及燈號操控顯示系統。柿川排水機場較重要設施詳圖 3-7 所示。抽水機房在監控廠房的地下室，內有四個抽水機組、預備柴油發電機、大口徑消音器、資料蒐集監控箱等設施。這也是一個兩種功能的排水機場設計，十年一次的暴雨再也不會對柿川上游造成淹水災害，同時快速消除流雪使道路通暢。另外大河津分水因時間關係未能參觀，其功能為在信濃川中下游離海最近處設置分洪水路直接導洪水入日本海，一般時候關閉臨日本海之可動堰調節水位至某個溢流水位，當洪水時期則關閉新瀉匯入的堰，全開臨日本海堰使洪水全速排入日本海，防止海水及分洪水量倒灌入新瀉縣，這是大河津分水功用所在。以上除了瞭解各種排洪設計原則以外，也瞭解了各管理站均有其監控設備，可謂工欲善其事，必先利其器也。

信濃川大河津分水有如基隆河上游的圓山子分洪(系統圖如圖 3-8，分流示意圖如圖 3-9，現況圖如圖 3-10)，對河川的排洪效益有直接貢獻，而淡水河二重疏洪道僅分攤主流進入台北市區的一些水量及降低水位，當二重疏洪道匯入淡水河後水位仍然與未分洪相當。因為台灣河川與海均垂直，難以找到中下游離海最近的點分洪入海，因此類似大河津分水的想法在台灣河川似乎很難使用。基隆河汐止水患除了新建堤防及抽水站的基本想法外，可

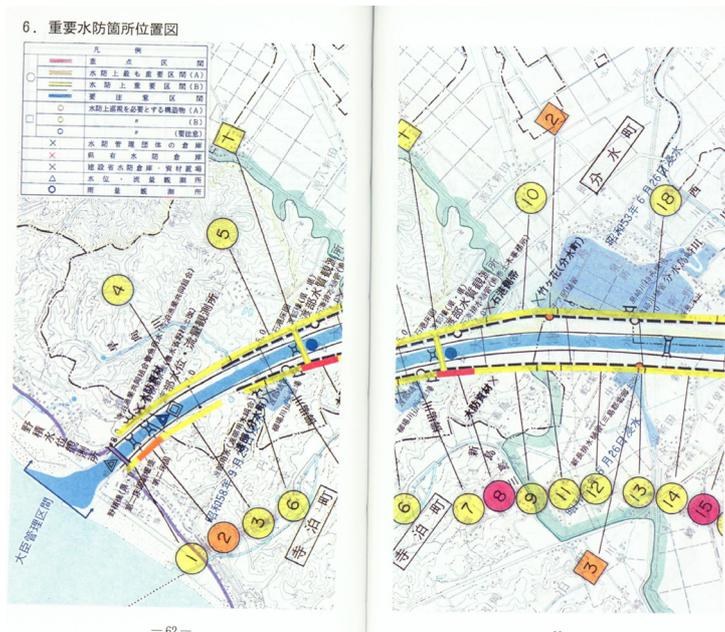


圖 3-2 信濃川水防重點區域圖



圖 3-3 妙見堰操作監控中心儀器設備

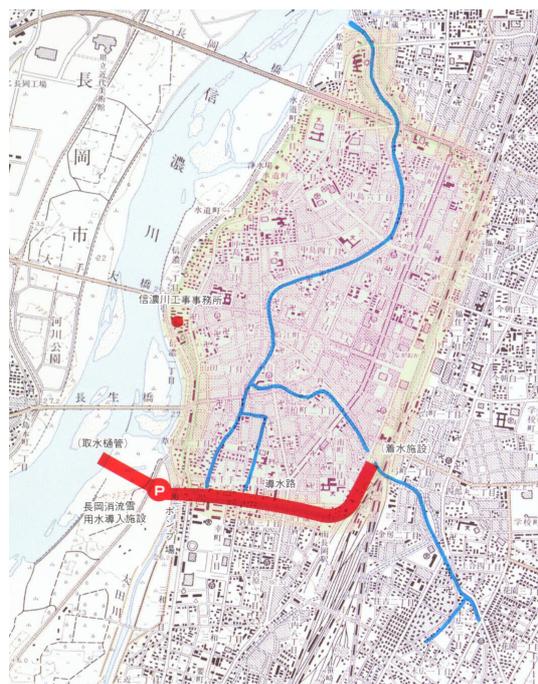


圖 3-4 柿川排水機場及長崗消流雪位置示意圖

能仍需從上游圓山子分洪及下游中山橋斷面拓寬著手，才能解決真正的問題。其他如妙見堰多功能的設計及柿川抽水站多方面考量的規劃設計或許提供國內規劃取排水設施時多一些考量及想法。信濃川全河系也有洪水氾濫區的標示，如圖 3-11 所示。

東京都防災中心

這個中心是類似台北市的災害防救中心的編制，災害發生時編組人員仍須按計畫報到進行相關工作，目前台灣各縣市防災基本計畫又重新修正一次，防災工作才剛起步，所有的災害防救中心都是以消防據點為主要考量，雖然有的場地空間還算大，但是內部牆壁掛著的仍然是靜態的圖示表格，連線的工作及資訊的處理仍以傳統的電話線方式進行聯絡及傳真，有看過先進國家防災設備的人都說台灣的防災工作落後這些先進國家幾十年，雖感慨但也提醒了我們要重視這個問題，或許從土石流預警、洪水預警、淹水預警及各方資訊的聯繫可以促進這些防災基本建設的腳步加快，軟硬體設施及系統在國內的防災體系仍顯的脆弱，有待政府多編列一些經費從事基本資訊傳遞建設及防災系統的規劃架設等，才能接近先進國家的水準，使防災工作變的單純及迅速。東京都防災中心的設備均透過高科技的技術來達成，例如水情資訊及災害顯示的固定看板，將所有相關的資訊集中在一個區域，給決策單位參考，看板如圖 3-12 所示。我們的科技島計畫似乎僅是從事生產零件而已，對整合型系統的研發仍有待加強。未來各縣市、中央的災害防救中心的設備及功能要求可以東京都防災中心為其目標，未來淹水預警的作業方式、設備及功能等也可參考東京都防災中心的操控中心。

荒川下流工事事務所

荒川由北往南流，出口在東京灣，可以說是都市河川，就如台灣地區台北地區的淡水河系一般的重要，下游低漥地區為了解其淹水潛勢，特別製作 200 年頻率洪水溢堤後的淹水分布圖，提供防救災參考，淹水潛勢圖如圖 3-13 所示。荒川本身有防洪預警及淹水監視系統，提供即時的影像

及水文資料，透過電視節目的播放，讓民眾了解河川水位及監視點淹水的情形，如圖 3-14 所示。另外在堤防高處或超級堤防上設置一些影像傳輸的據點，好讓巡防人員以數位攝影設備藉由筆記型電腦將現場影像傳回防汛中心，如圖 3-15 所示。這個裝置大約每隔一公里有一個據點，因此每到一處所傳回的影像均勢該點附近的狀況，這種設備台灣就沒有。因此即使有淹水攝影也只透過人員傳遞，因此時效性也打了折。淹水水情除了記者到現場拍攝及藉衛星傳回總部作資訊處理加工外，可能沒有其他單位有這樣的人力及精神來做這件事，因此民眾均從新聞報導得知淹水狀況，這是防災中心不如新聞單位的地方。對這一點日本下了相當的工夫可見一般。洪水平原的水尺也分階段高程擺設，目的是可以讓防汛人員帶的防汛手冊快速對照了解水情以緊急應變，依照階梯狀河床擺設的水尺如圖 3-16 所示。

美國對於淹水預警方面，利用 1/300 的地形圖繪製可能的淹水潛勢區(如圖 3-17)，比台灣國科會目前正在做的淹水潛勢圖更細，在通告方面利用固定的電視頻道不停的播報，好像第四台的某些新聞台不管什麼時候都可以收看新聞，這種頻道只在豪大雨時才換節目播放水情資訊，多少在宣導方面有很大的助益，平時這個頻道會不定時播放了解水情資訊的知識節目，民眾得以知悉自己的處境，好做下一步應變。另外，他們也像台灣、日本一樣製作 100 年頻率洪水氾濫區圖，作為防救災的參考。

3.3 淹水預警未來發展技術走向概述

未來淹水預警除了相當密度的 real time 監測站外，也需要有管理站房及分析可能淹水深度及時間的工具及操作平台，這幾項需要投入硬體經費及研發人力，本子計畫雖編列五年，但仍僅針對一些已設置的點進行評估，無法全面的使淹水預警系統實用化，有待未來成立專案來整體整合，軟硬體設置後，一些分析成果將可以提供洪災保險費率計算的參考，也可及時提供防救災單位一些可能淹水的資訊。



圖 3-11 信濃川洪水氾濫區分佈圖

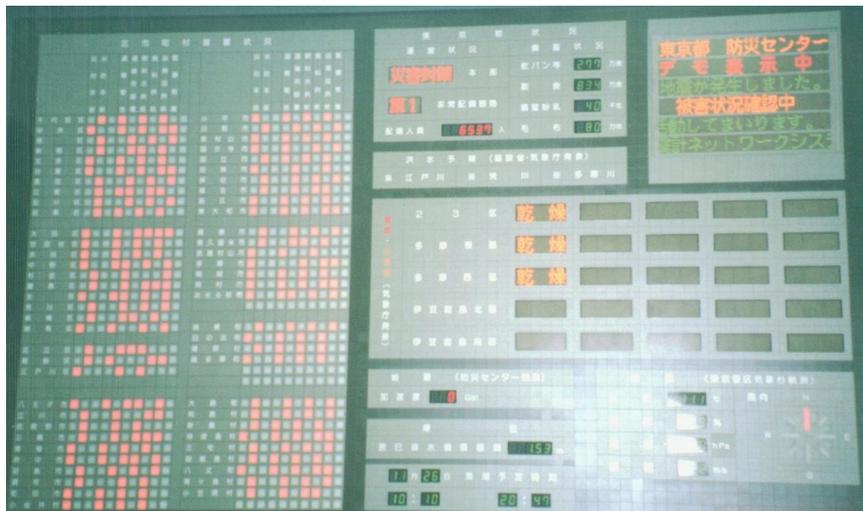


圖 3-12 東京都防災中心顯示大看板之一景



圖 3-13 荒川下游東京灣附近 200 年頻率洪水的淹水潛勢圖

●荒川防災情報ネットワーク

○防災情報ネットワーク

災害時に、河川管理者や自治体、防災機関、医療機関、企業や市民の有志の方々が連絡を取り合い、また日常から川の映像や水位などの防災情報を提供・交換。



圖 3-14 荒川情報系統提供電視節目淹水即時播報情形



圖 3-15 筆記型電腦將現場影像傳回防汛中心狀況



圖 3-16 洪水平原內依照階梯狀河床擺設的水尺

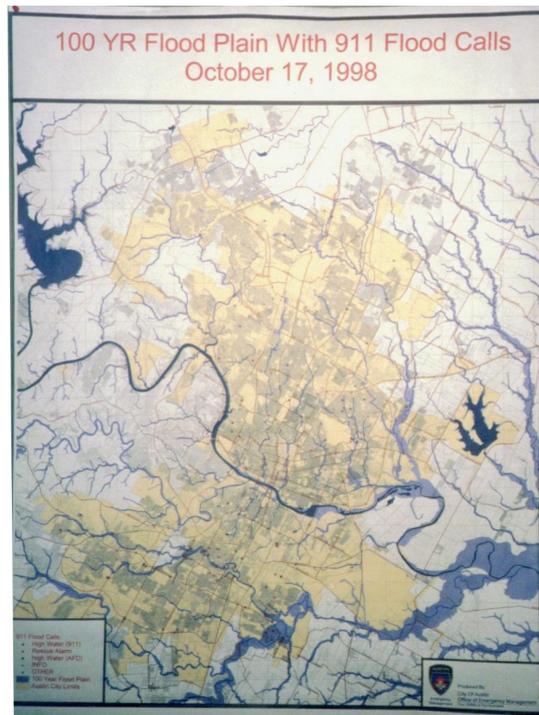


圖 3-17 美國某地區 100 年頻率洪水氾濫區圖

四、國內都市排水特性評估研討

4.1 國內都市排水現況分析評估

前水利局謝瑞麟局長民國九十年十月二十五日在國政評論的一篇「談水環境與防洪」文章中述說台灣地區排水與防洪的問題，節錄如下：

「都會區發展對於水文環境變化影響很大，由水文學上推估洪峰流量的簡便的合理化公式 $Q_p=CIA$ (其中 C：逕流係數，I：集流時間的降雨強度，A：集水區面積)即可得到一明顯的印證。一般土地作為都會區發展後，降雨的滲透能量減少，草木截流與地表阻流功能消失，導致逕流係數 C 增大。又地表之不透水覆蓋與人工排水路促使地表流速加快，集流時間大幅縮短且相對的集流時間內降雨強度 I 增強，這兩項因素相乘結果造成洪峰流量大增。經實際調查，都會區發展後的洪峰流量較發展前的流量相比增加二至三倍，因此容易造成都會區本身及其下游的水患。此外，降雨對地表的沖蝕，及河流沖淤會使水環境不停的變化，原來安全穩定的地形，經過水環境的變動以後可能演變成不穩定的危險地形，如平時不注意監測，等災害發生時已經來不及防範。防洪與排水為一體兩面的防範水災公共建

設，防洪在於防禦都市計畫區外的洪水侵害，排水在於排除計畫區內的雨水或廢水免除積水成災。一般都市排水採用的設計標準是二至五年發生一次機率之瞬時豪雨瞬時排除，而防洪採用較高的保護標準，例如台北地區淡水河水系防洪標準採用二百年發生一次機率之洪水。由於都市排水基於都市土地有效利用及經濟效益的考量所採用的標準。合乎先進國家的設計標準。在這種情況下超過排水標準的豪雨機會尚多，所以會有十年一小淹，三十年一大淹的情況發生。此情況不單在台灣各地都會區發生，在外國也時有所聞。故都市發展在公共建設（交通建設、學校、醫院等等）或民間的建築物，在規劃設計時如同耐震設計的考量一樣也需要耐水災設計，目前都市防災偏重於防火、防震，而防洪不在都市計畫範疇，都市耐水災的考量在於應付豪雨超過排水標準時之防水災能力。在防洪的手段中，可分成蓄洪（蓄水庫或蓄水池）、滯洪（滯洪池、游水池）、疏洪（水道疏浚）、分洪（分水道或疏洪道）、束洪（河堤）、抗洪（水閘、插板、墊高）及避洪（疏散）等七種，前六種為工程手段，最後一種為非工程手段。各種防洪手段在應用上各有其適用限制，並且各有其優點及缺點。因為各種防

洪手段各有其不同的防洪效應與風險，所以選擇時可單選一種或多種組合應用。其中以非工程手段的避洪風險為最小，亦表示最安全，惟在地稀人稠的台灣適用上有相當的困難。防洪工程在防災體系上屬於減災，是防災計畫中四個階段中的前段。當颱風或豪雨即將來臨前，應用防災科技預測颱風或豪雨可能發生的地區與規模，並預估其危險程度，事先準備因應對策與預防策略，盡可能避免災害損失，此為整備階段。當颱風或豪雨臨頭發生災害時，即進入災害應變階段，此階段的主要工作包括災害規模判斷、災情通報與災情掌握、救災動員與指揮、疏散避難，緊急搶救等，此等工作由各級政府所成立之災害應變中心指揮辦理。」

2001-09-26-納莉颱風帶來的降雨量打破歷年紀錄，內政部與台北市都決定檢討都市雨水下水道所能承受的暴雨頻率，以因應氣候變遷、降雨強度逐漸增加的趨勢。不過，礙於已開發的都市土地取得困難，拓寬既有雨水下水道極不容易，內政部強烈建議地方政府，改採「滯洪」方式延遲洪峰發生的時間，比照先進國家的設計，在必要時，利用公園、學校等地下停車場作為蓄貯洪水的蓄洪池，新開闢的公園也考慮滯洪功能。但台北市工務局認為，這項構想很好，但實際操作時有許多盲點有待克服，還需進一步考慮。主管都市排水的內政部營建署指出，受全球氣候變遷影響，颱風降雨的強度有逐漸升高的趨勢，市區排水系統的設計標準有重新檢討的必要；過去只要颱風離境，該署就會針對淹水地區，與水利單位、地方政府檢討都市排水系統所能承受的暴雨頻率標準，這次也不例外，而台北市的雨水下水道與世界各主要都市一樣，均以五年暴雨頻率為設計標準，近期內將檢討有無調整的必要。台北市工務局表示，這次台北市有五個行政區都泡在水裡，八個抽水站與水搏鬥到最後一分鐘才「陣亡」，撇開堤防有漏洞未補的問題不談，抽、排水系統面對空前的降雨挑戰，顯然難以負荷，確有必要提高暴雨與防洪頻率的標準。營建署說，若要提高台北市的防洪標準，除了考慮加高堤防與加大抽水站抽水量，市

區排水系統承受的暴雨頻率，也該一併提高。問題是，提高標準就得加寬雨水下水道，對已高度發展的台北市來說，困難重重，因此，保持下水道現狀，針對高強度暴雨規畫全市的截流系統，一旦暴雨超過排水系統正常的忍受範圍，即可利用截流系統，將洪水導入預先指定的公有地下停車場，或公園、運動場等開放性的公共設施，讓洪水暫時貯放在這些「滯洪池」內，等雨停後再慢慢抽乾。包括美國、日本等國家，都市防洪都有類似的設計，同樣的條件是，都市都已高度開發，要取得土地規畫滯洪池都很困難，但實施的效果都備受肯定。該署認為，這次有四、五千棟建築物的地下室淹水，胃納大量的積水，保守估計有四、五十萬噸，如果這些積水全傾洩在平地，災情將更為嚴重。北市工務局說明，都市內的抽、排水和都市外的防洪系統，設計標準都有檢討的必要，目前評估較經濟、技術上也可行的作法是加大抽水站的抽水量、加高堤防。中央的建議構想很好，該局也曾思考過其可行性，但每次淹水都會挾帶大量泥砂，清除相當困難，代價也不低；同時，什麼時機決定地下停車場開始蓄洪、何時該疏散車輛，執行上都不易克服，在沒有妥善計畫前，該局不敢貿然嘗試。

納莉風災後，基隆河整治問題成為大台北地區最重要的公共議題之一，行政院經建會副主委張景森指出，納莉風災重創台北引發各界對現行整治方案的檢討，未來的整治方案，將以上游分洪、中游截洪、下游蓄洪的方式，取代目前築堤圍堵的防洪構思。他在「新世紀水的關懷—海峽兩岸水資源暨環保交流系列活動—台北論壇」中，發表的「基隆河整治方案之探討與推動」論文指出，基隆河近來水患不斷，一方面與全球氣候異常的天然因素有關。另一方面，基隆河延河土地開發利用不當也是相當重要的原因。基隆河下游段截彎取直與水爭地結果，造成基隆河溝渠化，必須在兩岸興築高聳的堤防堵洪水，並大量設置抽水站將都市排水抽排到基隆河，才能獲得二百年頻率洪水的保護標準。這次納莉颱風帶來的大雨完全仰賴抽水站抽排，一旦當機，自然造成大台

北盆地汪洋一片，無處宣洩。基隆河沿岸貨櫃堆置場密佈，在未加妥善管理狀況下，颱風期間貨櫃順流而下，堵塞河川排水；基隆河南湖大橋與內湖垃圾山瓶頸段、及中山橋瓶頸段的阻水效應，都是必須加速檢討改善。此外，基隆河沿岸部分堤防尚未施築完成，南港、內湖段的堤防缺口則是導致該區域嚴重水患的主因。為落實「以疏導替代圍堵」的防洪治理策略，他建議，依據各分項計畫的急迫性，第一階段先實施上游分洪與下游疏洪道工程，第二階段接續辦理基隆和第二大分洪道及支流截流工程，同時強化基隆河防災體系，以減輕洪水災害可能帶來的損失。

研究範圍淡水河流域內台北縣的防洪措施及架構說明：(圖 4-1)

1. 汛期為每年五月一日至十一月卅日，期間本府及鄉鎮市公所編組有防汛搶修隊負責通訊聯絡災情、防救搶修、防汛設施巡護及操作管理等事宜，以隨時應變支援。
2. 中央氣象局發佈颱風、豪大雨警報通告後，台灣省北區水資源局隨即成立淡水河流域防洪指揮中心，本府暨各相關單位派員進駐中心及各抽水站、水門，統一接受指揮中心之命令負責操作相關事宜；本府並配合成立災害防救中心（防颱中心），依台灣省淡水河流域防洪指揮中心作業要點：公所負責執行已接管之抽水站及水門操作運轉指令及災害搶險事宜，本府並負責發佈洪水通告警報及執行災害防救事宜，接續救災由本縣災害防救（防颱）指揮中心統一派調公所暨相關單位辦理。
3. 汛期颱風、豪雨警報發佈後，台北防洪計畫水門及初、二期各抽水站進駐人員，於現場聽從台灣省北區水資源局駐站人員指揮，本府轉發佈洪水通告、警報及操作運轉指令，並負責搶險事宜，三期抽水站由省住都處駐站人員指揮並負責派各項技術人員進駐主導。

4.2 抽水站、閘門設置時機說明

通常抽水站設置地點都有水要往高處送的問題，當河川水位高於內水位時就需

設置閘門關閉排水路，設置抽水站將排水系統的雨水抽到河川中放流，這些設施在低窪地區、有潮汐的沿海區域及河川河床高於陸地的地點常看到，這也是需要設置抽水站、閘門的要因，如果因水環境改變時含有上述三個因素之一時，我們說是該設置抽水站、閘門的時機了。

排水閘門及抽水站均為防洪計畫屬排水工程設置之重要水利構造物，從規劃、設計、興建、操作時機、程序以及完工後之維護與管理工作，每一步驟皆關係地區防洪工程之良窳。水門之功能為當堤前水位未漲時，積水可以重力方式正常排洩。當提前水位高過水門設定關閉水位或堤後積水時，即須關閉水門，以避免有倒灌之虞。人口密集，經濟要地較不容浸水之處，則依排水範圍採適值頻率暴雨量符經濟原則適量設計機械方式排水抽水站，以抽除堤後將溢出下水道或排水路之積水。市區地面高程低於河川洪水位者，其排水之不二法門係配合堤防工程之興建，設置水門及抽水站以機械方式輔助排水。

目前我國對於興建水門、排水抽水站之規劃設計工作，並未訂定統一標準或常設指導單位，且興建及維護管理單位分別隸屬不同之機關，以管理機關而言，在中央為經濟部水利署，在縣市則為縣市政府之建設課或工務局。由於人力不足，現況水門、抽水站之管理工作實際由縣市管理機關責成鄉鎮區公所負責，其能力、經費及技術明顯不足，致使維護管理不盡完善。而操作工作經由鄉鎮公所再轉交村里長負責，一般村里長不具專業管理能力，常無法維持設施正常操作，更遑論發揮該設施應有功能，致使局部地區屢遭水患，為民眾所詬病。

台北市現有抽水站計有 69 座、疏散門 31 座、閘閘門 321 座，目的在抽取台北市區的雨水排到淡水河及其支流，這些設施平時都需有人保養及測試，颱風來臨更需要全天候備戰抽水以免造成市區淹水，這是台北市政府養工處業務之一。台北縣的抽水站則由住都處及鄉鎮公所人員負責操作管理。抽水站並不只是抽水機器與抽水功能，還要考慮抽水量；我們常

的積水愈來愈高，抽水機被積水「窒息」而死。

綜觀這次災情，完成兩百年洪水頻率的堤防，已達到原來保護效果，沒有發生溢堤情形；發生溢堤處是目前還沒有完工的河段，或是原來只有五十年防洪頻率的大坑溪、四分溪等處。經濟部水資局前身的水資會主任委員，現任經濟部顧問吳建民就指出，這次颱風，市內防洪工程並沒有問題。颱風時，曾沿著基隆河堤防一路觀察的吳建民說，在基隆河段靠撫遠街段，因為有一個大彎曲，流速最慢，水位最高，但颱風夜雨量最大時，河水離堤防頂仍有五十公分，出問題的是都市排水問題。吳建民指出，大台北區兩百年防洪的堤防，當初在設計時，因考慮到一些還沒有辦法掌握的因素，所以還在堤防上方又加了一點五公尺至兩公尺的「出水高」，這樣的堤防高度，可以抵擋五百年一次洪峰。目前市區的下水道設計是五年暴雨頻率，一般先進國家採用的是十年暴雨頻率，開發已達飽和的台北市，下水道設計容量顯然不足。其實北市的天然條件並不好，清康熙卅三年台北還是一個湖，後來發生地震，在關渡裂開一個出口，才將湖水宣洩掉，像汐止還有一個「水返腳」的地方，就是潮汐可至之處，當地才和海平面一樣高。美國規定在洪水頻率一百年以上的地區才叫土地，以下叫洪水平原，對洪水平原平時禁止開發或限制開發。

會造成都會區水患的原因主要有三項：都市排水不良、河川水流過大、及山坡地集水區無法有效涵育水源等，以汐止為例，近年來因為山坡地過度開發，而公共設施完全被忽略，加上都市計劃一再變更，不少河道被變為建地，而區域排水整治一拖再拖，因此要不淹水也難。

由一些現況調查及訪談報告了解都市排水淹水發生之原因，大致歸納如下：

由一些現況調查及訪談報告了解都市排水淹水發生之原因，大致歸納如下：

1. 構造物斷面不足。
2. 水路淤積（包括土砂污物）、排洩困難。
3. 水路土方陷崩。
4. 樹木雜草茂盛。

5. 地勢低窪，排水不良。
6. 排水系統紊亂。
7. 都市發展，建物阻塞排水。
8. 制水閘抬高水位，影響排水。
9. 無排水系統。
10. 海水或溪水倒灌，排水路逆流。
11. 水路蜿蜒曲折，影響排水機能。
12. 出口海砂淤塞。
13. 上游水土保持未能配合。
14. 灌排兼用，水路上游斷面大於下游，且無出口。
15. 排水系統銜接工程未配合-都市排水唯一日排水，農田排水為二日排水。
16. 建設及土地利用改變，逕流量增加。
17. 溪流及排水路未整治。
18. 缺堤。

五、國內外都市排水規劃分析方法比較

5.1 國內都市排水規劃分析方法

林憲德在「大地的生態水循環設計」一文指出，生態環境的基盤在於土壤的微生物活動，而有水份滋潤的土壤方能提供微生物活動的條件，因此維持大地的保水能力乃是生態環境中最重要的一環。大地的保水能力顯然與地表狀況有密切關係，自然森林地擁有最多的生物活動，其大地保有落葉、糞便、纖維、腐爛物、沃土等最多孔隙的土質以及昆蟲微生物穿梭活動的空間，是最好的保水地形，因此森林被譽為自然的水庫。人工對自然地的開發足造成大地保水能力下降、洪峰量上昇的主因。根據陳信雄先生在南投縣魚池鄉蓮花池集水區，所進行的森林砍伐比例對洪峰流量的模擬實驗中發現，當森林的砍伐比例為20%時，洪峰量為森林未砍伐時的兩倍，洪峰到達時間則提早1.4倍（溫清光，p305）。人類的開發行為中，城鄉建設更是造成大地保水能力下降的主因。根據日本在多摩新市鎮開發中所作的實驗指出，在充滿建築物、道路、停車場的某都市化區域之下雨，洪水直接流出量，約為另一自然林地區域的5.2倍（虫明等，p47）。又根據另一個洪水觀測實驗，也證實了市街地開發確實影響著洪峰

的發生量。此實驗是由鶴見川末吉橋的洪水觀測中發現的，當鶴見川流域的市街地開發比例由1958年的10%、1975年的60%發展至1985年的73%時，其洪峰量明顯隨著市街地的開發進度而上升，其洪峰發生時間也明顯縮短。此實驗同時預測，當市街地開發比例到達80%階段時，洪峰量將達到未開發前的二倍左右。從實驗研究中了解到，人造環境影響大地保水性能，進而影響洪水量之情形，可見一斑。為了維護大地的保水功能並減少洪峰量，在城鄉建設上可採用「貯留」與「滲透」兩種方法來達成。所謂「貯留」就是讓雨水暫時留置於基地上，然後再以一定流速讓水循環於人地的方法。所謂「滲透」就是促進土壤的滲透能力，直接增加雨水滲入土壤的流量，並減少地表逕流量的方法。這兩者均可以促進大地涵養雨水的能力，進而降低洪峰量，並增加土壤生物的活動空間。貯留式的水循環設計法，就如同在城鄉環境中創造無數個小水庫、小水塘、小濕地樣，採用延遲流出的方式，以抑制洪峰並增加大地的保水能力。滲透形的水循環設計法可說是促進大地保水最簡單、最普遍的設計法，最近新推出的開發案均已盡量作成透水鋪面設計。

1998.12.28「全國國土及水資源會議」，經濟部提出的水患防治措施，將從中、長期著眼。常發生淹水的基隆河汐止地區在我們規劃的研究範圍內，經濟部將推動『超級堤防』作為水患防範措施之一，其內容如下：「汐止水患的主要禍首之一為基隆河沿岸土地過度開發，根本未考慮水患的防治措施，以致豪雨無法宣洩成災，經濟部新提出由水利主管機關訂定水患防治標準，另為解決部份土地開發衍生缺水問題，也將訂定水資源供應能力，兩者將作為國土綜合開發計畫、區域發展計畫及都市計畫的限制條件。各項土地開發利用計畫的規劃及環境影響評估過程，應納入水患防治標準及水資源供應能力，通過此標準及條件，才可核准開發，以做好事前把關工作。另加強非工程措施的水患防治對策，河川流域治理整體規劃，牽涉河川整治、都市排水、水土保持、交通設施改善、山坡地建築管理及河道管

理等各層面，可行治理方案除工程計畫外，也應包括非工程措施。這些非工程措施有一、全面調查水患敏感地點，訂定淹水潛在區，並對外公布；二、全面調查河川流域過度開發，並對外公布；三、洪氾區的劃定及管制；四、健全洪水預警制度。此外，推動超級堤防也是未來目標之一，該堤防可創造安全生活空間、節省區劃整理費用、增加土地高度利用，耐震力較強及安全性較一般堤防高，經濟部擬結合農委會及內政部共同推動。依經濟部水資源局初步規劃國內適合設置超級堤防的河段，包括一、早期開發建築老舊待改建，且地勢低窪，時常受水患的地區，基隆河汐止五堵河段及瑞芳東和河段；二、配合國家建設在濱河岸安置民眾的計畫地區，江子翠重劃地段。三、配合都市老舊建築改建及老舊堤防培厚、加強工程的河段，新竹頭前溪省公路橋下游左岸地區及竹東鎮竹林大橋上下游左岸地區；四、其他堤防改建堤段，新店溪秀朗橋段的永和堤防。超級堤防是指施設的堤防在遭遇超過計畫洪水位時，雖遭受洪水溢流而不至於潰決的堤防，而該堤防除傳統堤頂及堤防受管制使用外，其後坡為可供一般都市計畫使用的土地，也稱為「超級堤防特別區域」，區域內可興建公寓大廈、辦公大樓及工廠設置地點，充分發揮河川多功能利用效益。」

住在都市遇道路淹水或損毀時，使交通癱瘓，電力的中斷使都市變成黑暗世界，靠電力運轉的通信系統、自來水系統及天然瓦斯系統無法正常運作，這種情況將造成生活困乏工作停擺，有如死城一般。在文明社會裡所有公共設施在耐震、防洪或抗風等都具有一定程度的安全保障，但在經濟效益考量下不保證百分之百的安全，台灣地區在耐震方面重要建造物採用經濟壽命年限內可能發生一次的地震規模，如使用壽命一百年則採相當於回復週期一百年地震，較為次要建造物採用回復週期如五十年或三十年之地震。防洪工程的堤防設計標準亦同，重要河川採二百年或一百年發生一次機率豪雨產生之洪水，較次要河川採用五十年或二十五年發生一次機率之洪水，都市排水採用五年

或三年發生一次短時暴雨即時排除之設計標準。此顯示在經濟考量下文明社會的公共設施或民間建造物無百分之百的安全保障，當建造物超過設計標準時允許發生可能之損壞，但在受損時須要謀求人命財產損失較少的設計技巧，以防洪為例，修建堤防時保護都會區的設計標準要高於保護農業區的標準，如此萬一發生超過設計標準之洪水發生時，先於農業區段溢流分洪，以避開人口密集都會區之重大災害及工商活動。

5.2 國外都市排水規劃分析方法

新加坡的組屋周圍都有很寬很深的排水溝，乾淨、幽雅，新加坡在建國時似乎就已經想到熱雷雨繁多的都市排水很重要。

在加拿大歐太華市 Lebreton 公園即是貯留水循環設計的一例。Lebreton 公園是 1980 年代初期建於一個稱為拉伯頓示範公寓 (the Lebreton Flats Demonstration Project) 的環境共生示範社區內的公園。Lebreton 公園的設計重點，主要提供大部份的草木、樹林及花園的軟性地面，並將社交、集會、遊戲所需的硬鋪面及位於南邊的街道旁、鄰近住宅旁的綠地則設置多層次密林區，可一方面防止遊客干擾住家，一方面保有生物棲息的空間。樹林邊也特別設置雨水滯留池以調節暴雨時的都市排水。此雨水滯留池設計貯水量為 76000 公升，可儲存當地兩年最大暴雨量，雨水由周圍的住家屋頂及公園內引水貯存。又為了減少周圍污染物流入水池，特在集水區入口處設置 46 公分深的水池，此水池可將貯水慢慢排放到都市雨水道系統，貯存水延遲在兩三大內釋放完畢，以降低都市洪峰，而水池在冬天可變成結冰而提供滑冰運動，在夏天則變成戲水池，為一個多功能的水池。因貯水池面為硬質鋪面，故在晴天時可提供各種活動及遊戲之用。在此公園完成後，居民以多樣有趣的方式使用此滯留池，每當雨後就有許多小孩來此涉水玩耍、划小船；在晴天時，則在此展開騎單車、流滑板、捉迷藏的遊戲。

即使在沒有植生環境的廣場、空地，如運動場、停車場一樣可以設計成防洪功

能的雨水調節池。例如圖 3.29 的日本山口縣某運動公園內，為了吸納大面積開發所增加的逕流量，就以棒球練習場、輔助田徑場、停車場作為雨水調節池，在這些本來就需要防護圍牆的廣場四周以亂石砌高 1.8 米以形成貯水池，其貯水總容量高達七萬立方米，由於它巧妙地善用自然地形地物，令平常使用這些設施的人一點也發覺不出是防洪用的調節池。

長久以來，美國的都市早就展開革命性的洪水調節對策，例如在屋頂、廣場、停車場、公園設置雨水貯留池，其結果不但減少洪水發生、也降低了雨水排水系統的設施費用，在芝加哥都市中廣設洪水調節池就是其例。芝加哥是位於 Michigan 湖畔的低地城市，長期為水患所困。在 1880 年全市的道路提高 3.6m，既有建築物全面以千斤頂提高地平，設置新的雨水排水系統。1885 年還因自來水受水患污染而流行霍亂與瘧疾，全市人口 12% 因而死亡。經過百年來與地奮戰，整建了洪水調節、雨水排水、下水道系統，同時在市內氾濫區廣設調節池，以便在豪雨時，暫時貯存雨水，而其中之一的 Melvina Ditch 調節池是休閒兼防洪的調節池，其池底為排球、籃球運動場、溜冰場，而以階梯斜面連結地面，貯水量高達 20 萬立方米。

除了芝加哥市之外，美國的一些州市也多廣設貯水調節池，例如 Colorado 州的 Denver 及 Boulder 市的許多停車場，就被設計成可以貯數十公分高之雨水貯留池，而 Missouri 州 St. Louis 市中心的 Freightways 公司也設置一個兼貯水用的停車場，節省了三萬五千美元的排水設備。又如 Denver 市中心的 Skyline 廣場平面就設計比路血還低，以便容納十年一次的大雨，在大雨時可貯存數英吋高的積水，並以每十時下降 2.5cm 的慢速度排入下水道中，廣場高處設有通行步通，以便在廣場低處淹水時可以讓行人自由來去。此外，Denver 市同時規定平屋頂的排水口必須裝上貯留設計的套圈，便屋頂能積水至 7.5cm 內時能緩慢地以每小時 1.25cm 的速度排出，而在豪雨時才溢流排出 (Anne Whiston, P162)。以上實例顯然可大大地減緩都市洪峰的發生量。

東京昭島市杜鵑丘社區的整體滲透計畫，完工於 1981 年的杜鵑丘社區總回積 27.8 公頃，其中特別選用 1.3 公頃區域全面進行滲透管溝、滲透井、滲水鋪面設計的示範，為了明示其滲透效果，還同時進行本社區與相鄰未實施滲透設計區域的雨水逕流量實驗比較。根據大雨後的逕流實驗指出，一般社區的逕流量為 0.6，而本透水化設計的區域只有 0.1。其逕流量僅為一般社區的 15 至 20%，相當於自然綠地的雨水流出性能。可見只要嚴格實施透水設計，我們也可以將人造環境作成如同自然綠地的保水能力水準，因而可把人類開發行為對地球環境的衝擊降至最低。

5.3 差異比較分析

由一些蒐集資料了解台灣的都市排水仍然使用古老的方法設置排水道，排不出時就設抽水站抽出，都市河川因為兩旁都市開發快速逕流量比以往增加許多甚至達倍數，以往的排水設計容量顯然不敷使用，在無法擴充排水斷面下，淹水變成自然現象，見怪不怪，因此新社區開發時，政府漸漸要求設置滯洪池減少洪峰，對自然滲漏儲水方式較少著墨，事實上社區開發後只要設計降雨下的尖峰逕流量不超過設計量就可以通過排水處理的部分，因而有些新開發地區除了設置水池作景觀設計外，也參考國外滲透的做法。然而降雨超過排水設計容量時，淹水則難以避免，國外已有洪災保險制度跟一般的火災險類似，需要對這個標的物估價，洪災所需考慮的範圍比火災多，本計畫將進一步將淹水監測點的設置位置及密度與洪災損失、洪災保險作一些關聯，提出一些想法給相關之政府機關及辦理洪災保險第一線的業者參考。

六、都市排水監測預警系統需求規劃評估

6.1 淹水災害肇因分類

台灣大學土木工程學系郭振泰教授在「台灣的洪水災害」一文指出，洪災往往是「天災」加上「人禍」的結果，而不是單一因素造成的，洪災的重要原因有 1.

天然因素一：雨量驚人。2. 天然因素二：河道坡度大。3. 天然因素三：表土沖蝕量大。4. 人為因素一：與水爭地。5. 人為因素二：都市化及集水區的開發。6. 人為因素三：破壞水土保持。7. 人為因素四：人類因為與水爭地而居住於河邊或利用洪泛區、闢地開墾，故築堤防以防洪水，尤其是寸土寸金的都市地區更嚴重。在都市地區，與水爭地的情況更為嚴重，因此都市外圍必須築起高高的混凝土防洪牆，而且都市雨水下水道收集的雨水也得依賴抽水站才能排往河川。一旦防洪牆潰決或抽水站功能不彰，損失程度往往十分慘重。都市的雨水下水道及抽水站等排水設施，因為都市的雨水下水道容易淤積、沈陷，使功能喪失，導致淹水。另外，抽水站若操作不當或維修不妥，也會導致水量積湧，無法及時宣洩，而造成都市積水。

淹水災害主要原因有幾類：1. 河川溢潰堤造成的大區域淹水。2. 都市排水不及造成下水道人孔或排水路溢出的局部淹水。3. 抽水站運轉無法排除內水量造成的幹線出口附近的淹水。4. 山區發生土石流堵塞河道造成的河道鄰近區域淹水。5. 海嘯或海水倒灌造成的沿海區域淹水。6. 含有上述多種原因造成的淹水。第 1 種淹水情形與淹水當地的降雨無太大相關，第 2-4 種淹水情形與淹水當地的降雨有較大的相關性，第 5 種淹水則與海象、潮汐變化有密切的關係，以上五種肇因都與防洪設施的保護頻率有很大的關係，因此在規劃都市排水監測預警系統需求時，要先弄清楚這個區域是屬於何種淹水肇因及防洪設施的保護頻率，再搭配淹水模式模擬成果來規劃這些監測儀器的密度及地點。以下將概述前五種淹水肇因的案例及淹水災害損失的狀況：

1. 河川溢潰堤造成的大區域淹水

颱風時期河川每逢高水位時，部分堤防保護頻率低的區域會有溢堤的洪水進入，造成快速且大量的淹水，這種淹水典型如基隆河汐止地區，該流域現在因都市開發過度、垃圾堵塞河道佔據通水斷面積，使排洪能力降低許多，所以在相同降雨條件下，尖峰流量以高出原設計洪水量許多，使得堤岸受到的保護頻率大大降

低。近年來淹水範圍更有擴大的趨勢，最大面積達全市的 2/3 強，深度更高達三公尺以上，每年淹水災害損失更是難以估計。而台灣也有些河川中下游河道則更是長年淤積的狀況，造成洪水位的抬升不利於洪水的宣洩，淹水的頻度近年來也增加不少，典型案例如八掌溪、朴子溪等。另外，去年納莉颱風過境，許多幾十年來未曾淹過水的地區也相繼淹了水，而且情況嚴重，這些地區大部分因為堤防缺口或潰堤引入洪水造成大範圍的淹水，典型如曾文溪麻善大橋左右岸，廢棄堤防缺口讓水流流入堤內進而破壞堤後的堤防結構，致使缺口數量增加，進入的洪水也就更快速且大範圍的竄流，這樣的淹水損失與堤防溢流情形類似，同樣都造成非常大的財物損失。

2. 都市排水不及造成下水道人孔或排水路溢出的局部淹水

賀伯颱風期間因降雨頻率各地均大，許多排水系統無法承受這些降雨量的匯集，以滿管或滿渠流狀況輸送排水，在某些排水隘口附近低窪地區就會出現局部淹水的情形，這種情形淹水時間並不會很長，只要洪峰一過積水馬上消退。短期暴雨也可能造成這種淹水狀況，典型如高雄市六四暴雨事件本和里淹水及潭美颱風造成愛河沿岸的區域淹水等。都市及非都市地區淹水造成的淹水災害損失有非常大之差異存在，因此不能單就淹水深度及時間來推估淹水的損失，必須將土地利用狀況也考慮進來才合理，洪災保險也需考慮此點去推估應繳保險額。人口及住宅密度高或高科技重鎮地區輕微的淹水就可以造成重大的損失，反之居住密度低的農業區，其災害損失就相對輕微或甚至沒有，因此在規劃淹水預警密度時除了可能淹水地點的淹水深度外還需加入災害損失程度的因素考慮。

3. 抽水站運轉無法排除內水量造成的幹線出口附近的淹水

賀伯颱風期間台北縣土城、板橋、中永和地區淹水事件裏有水門未關、抽水機停擺、上游水庫洩洪等眾多因素，造成此次大範圍的淹水。一般抽水站的設置都會搭配水門，負責將內水往外抽排入河川，

對於內水量超過設計標準或河川外水流入過多時，都可能將抽水機淹沒，致使無法運轉，內水並集中於水門附近再順勢流往低窪區域。當淹水在水門附近無法宣洩到河川時，這些水竄流的結果可能又會影響其他水門或抽水站的運轉，原本抽水機正常運轉的站可能受到越區的淹水影響而停擺，連串的淹水及抽水機停擺讓都市區的淹水情況更加嚴重，財物損失也就跟著增加。

4. 山區發生土石流堵塞河道造成的河道鄰近區域淹水

土石流一般發生在地形坡度 10-15 度的山區野溪或小支流，水、土石堆積物及足夠帶動土石的河道坡度是形成土石流流動的三個要素，通常土石流發生的上游常有大量的土石堆積，當土石的水分達到飽和狀態及土石穩定的支撐力不足時，則產生土石及水混合流動的情況，流動初期小顆粒在前頭，然後大顆粒追過小顆粒往前流動，流動的過程並淘刷河岸及河床，大約在 3-6 度時停止流動，大顆粒先停下來，小顆粒越過大顆粒往下游堆積形成扇狀堆積，因而佔據了部分通水斷面積，使得洪水位抬高，兩旁低窪地區除了可能有土石散開流入外，被沖積扇阻擋的大量的洪水將可能漫過河岸造成山區聚落的局部淹水，典型如花蓮縣美崙溪沿岸的佳民村淹水及 921 地震造成堰塞湖的草嶺潭等。

5. 海嘯或海水倒灌造成的沿海區域淹水

海水倒灌淹水一般發生在地層下陷嚴重的沿海地區，大部分原因是地下水超抽所造成，當漲潮高潮位時海水容易倒灌入漁村，此時可能是防潮閘門或抽水設施損壞所造成。如碰到上游下大雨時，洪峰在出海附近恰好碰到高潮位時，就可能造成較大區域的淹水，其他如颱風來襲，海水位突升形成暴潮也可能越過海堤侵襲臨海的漁村，典型如嘉義東石、布袋一帶，這個地區也因八掌溪長年淤積，漁村地面高程低於河道，因而需要靠抽水機將內水外排，甚至近年已以聚落為單位圍堤保護，類似中國大陸洞庭湖附近的聚落的防洪措施的做法，台灣的大都市除了高雄市直接臨海外，其他離海邊都還有一段距

離，但是高雄市十幾年來還不致有海水倒灌的情形，又考慮適合淹水監測預警系統者以都市區優先，因此在台灣地區可能暫無必要考慮此種淹水狀況的淹水監測預警系統規劃。

6.2 都市排水監測預警系統設置目的與應用分析說明

都市排水監測預警系統設置的地點應以排水系統內及排水系統外的常淹水地區為優先考量，設置在排水系統內的監測儀器大部分為水位計，少部分輔以其他量測設備，主要功能以監控排水系統的水位變化及水流動態為主。可以利用類似河川警戒水位的應變做法來提示防救災工作的相關作為及措施，我們可以設定滿水位的 80% 為警戒值，當某監測點監測的水位值到達此水位時，可以發布預警將有淹水事件要發生，代表淹水可能範圍的淹水潛勢圖可以配合提供查詢可能的淹水區域是哪些，以作為都市區排水系統淹水應變的參考。這是在排水系統內設置監測設備的目的。設置在排水系統外的監測儀器多為水位計，當淹水造成時，這些在排水系統內的監測儀器紀錄可能無助於災害的掌握及防救災工作的進行，此時排水系統外的監測水位計就可以發揮功能，當淹水波前進到監測點時，水位計就開始有淹水深度的紀錄，許多監測點的淹水深紀錄就可以利用 GIS 工具內外插出目前的淹水範圍及各網格點位置的推估淹水深度。除了未淹水地區可以事先警告即將淹水及疏散人員外，已淹水地區也可以進行搶救及蒐尋被水圍困的民眾，對災情的掌握有正面的助益。

將來規劃建置這些淹水監測設備及軟體後，不但在災前可以了解哪些都市區地區需要特別注意防範淹水，在災中可以掌握災情的狀況外，災後並可以檢討致災原因及推估淹水範圍，並作為洪災保險費率計算及調整之參考數據。

6.3 淹水監測預警系統相關影響因子探討

對於檢討淹水監測預警系統設置時需考慮的因子有哪些的問題是本計畫的重點工作之一。何處需要設置此套淹水監測預警系統呢？且設置後是否合乎益本比大

於 1 的經濟效益要求呢？這些都需要進一步評估及分析。通常設置一個淹水監測點的軟硬體分攤費用就要新台幣 80 萬元。設置的效益是要能有效降低淹水的損失，此方法是非防洪工程的手段之一。因此本計畫所提的都市區範圍，是一個人口密集且洪災頻繁的地區，才有符合設置淹水監測預警系統的基本門檻及效益。所以影響因子就需考慮到洪災損失的因素，我們說單位面積內的洪災損失值越大的地方，越有設置淹水監測預警系統的需求。另外，淹水的時間與深度是影響洪災損失大小的兩個重要因子，如果從淹水範圍來看，淹水深度越深的淹水中心點造成的淹水損失可能比外圍淹水深度淺者來的大，所以應該搭配二維淹水模式，建立一個災損計算的二維模式來計算平面二維的可能災害損失值分布圖。單位格點上的災害損失值愈大代表愈需要設置淹水監測預警系統的監測點來降低損失，所以災頻較大的區域，監測點密度相對就要高，至於設置密度要多高，就需要考慮益本比因素及經費的許可程度來衡量。如以開發二維災損模式的角度出發，在二維平面上可以利用地理資訊系統的網格資料值輸出作為該模式輸入的基本資料，這種與災損相關的網格資料圖，包括建築物分布圖(使用建蔽率資料替代)、土地利用狀況圖(可以再考慮地價分布圖加權加入)、淹水深度分布圖(分淹水深度等級作程式計算的判斷條件)、總淹水時間分布圖(分等級)、人口度分布圖(分等級判斷)、災害頻度分布圖(分等級)等。所以上述這些相關圖層是淹水監測預警系統規劃時應考慮的影響因子。其中淹水深度及時間需要由淹水模式輔助計算求得，其他則有現有資料可直接套用及轉換，致於如何建立與這些影響因子間的關係，將在下一節討論相關細節。

6.4 災害損失相關資料蒐集分析

洪災損失調查是一項既複雜且繁重之工作，因實際的洪災損失估計涉及相當程度的不確定因素，包含直接損失與間接損失。須擬定調查項目及製訂各類調查表格，於事前對可能發生淹水災害地區之土地利用實況作全盤性調查，了解資產分佈

現況。事後需於災害區按實際損失狀況做詳實的調查記錄，作為資料分析處理之依據。由於洪水損失評估牽涉範圍甚廣，實際損失金額涉及災害補償，以洪災損失模式所估計之結果主要提供各類損失程度的判斷，僅可作為工程、非工程措施之效益評估以及決策參考。本節先就洪災區內資產調查方式作一介紹，並參考日本統計水害對農作物、住宅以及一般資產損失率計算所使用之查詢表格，輔以淹水模式計算所得之淹水範圍、深度及浸水時間，建立一套程式，提供相關數據輸入，來評估淹災區內各類資產之損失程度，以推算淹水區的災害損失金額。

一、洪災區內資產損失調查

(一)洪災區內資產調查

預估洪災區內之損失，首先須調查可能遭受洪水災害地區內之資產，以供事後調查參考比較之用。一般資產包括房屋用物折舊及企業、農漁牧用資產。公共資產包括河流、鐵公路橋樑、農業設備、電力及電信等，茲分述如下：

1.房屋：

依據房屋調查及房屋稅及其他稅捐資料估計房屋數量，建坪單價各乘以其相對建坪數得在該計算網格上之房屋總金額。其建坪單價可由「房屋統計」或其他資料得之。

2.家用物件：

調查每一城市之家庭人口可由「居民基本登記」估計每等高線間之人口分佈，至於企業、農業家庭及漁業家庭具依此分配。計算家庭資產係以家庭人口乘以每一人擁有資產平均數而得。

3.機關及工廠折舊性質與存貨資產：

由「企業統計調查」可得悉企業家數及雇用人數，至於政府機關事業於上調查所列入者，則另調查增補之。以每人平均之折舊與存貨資產乘以從業人口數得其資產損失。存貨資產可由「工業調查」「企業調查」及「商業調查」等得之。

4.農漁業折舊資產及存貨資產：

可由農會調查農業人口，可由漁業主管機關及漁會調查漁業人口。由「農業經濟調查」之每人平均折舊資產及存貨資產乘以從事人口數得其資產。

5.農業作物：

決定耕作面積由地圖畫出，並根據農林水產部統計予以改正，調查作物平均年生產量，可根據農林水產部調查資料，乃可估計水稻及各種其他作物之總生產量。由生產量乘以各種作物單價得作物之生產值。此單價可由「農村產品價格調查」獲得。

6.公用設施：

由個別管理機關取得。

(二)預設災害量之計算方法

災害預設量係由不同流量求得其相應之預設災害量乘以其洪災區內資產值。由該不同流量求出淹沒深度累加得總災害損失。推求洪流量與災害損失的關係式，並予繪圖表明之。以下說明洪災區內資產以及預設災害量之推求方式。

1.一般資產：

房屋用物、機關之折舊與存貨資產，農業水產從事人口之折舊與存貨資產概屬之，稱為「一般資產」。由淹沒深度定出災害率乘以災害量，如表 6-1

2.農作物：

在每分區之農作物產量乘以表 6-2 中之災害損失率，此損失率係由估計淹沒深度及淹沒延時而定。

3.企業暫停：

係由一般資產災害損失乘 0.06，該數來源係取一般資產與企業暫停關係之平均數。此可由「洪災統計調查」查考。

4.公用設施：

- 由以前洪災記錄作為根據予以計算，核計物價上漲率及災害發生與調查期間公用設施之增加。
- 參考類似河川的公用設施流量災害損失關係曲線。
- 蒐集台灣地區公用設施損失與一般資產損失的比值資料，此比值係由洪水災害統計求得。
- 此比值乘以一般資產損失乃得公用設施損失。

5.人員傷亡：

依照災害歷史資料推估災害規模與人員死傷關係，及傷亡人員平均獲得理賠金額，藉此推估人員災害損失。

表 6-1 一般資產災害損失

產量分類		淹沒深度 淹水在地板以下	淹水高於地板					泥砂累積(高於地板)	
			不超過 50cm	50~ 99cm	100~ 199cm	200~ 299cm	300 cm 及超過	不超高 50 cm	50 cm 及超過
房屋	類A	0.03	0.053	0.072	0.109	0.152	0.220	0.43	0.57
	類B		0.083	0.126	0.177	0.266	0.344		
	類C		0.124	0.210	0.308	0.439	0.572		
家庭用品			0.086	0.191	0.331	0.499	0.690	0.50	0.69
折舊資產			0.180	0.314	0.419	0.539	0.632	0.54	0.63
機關及工廠 存貨資產			0.127	0.276	0.379	0.479	0.562	0.48	0.56
農、水產用 具	折舊資產		0.156	0.237	0.297	0.366	0.450	0.37	0.45
	存貨資產		0.199	0.370	0.491	0.576	0.692	0.58	0.69

注意：1. 凡房屋淹水超過200cm達45%，泥砂堆積超過50cm達50%則認定為全毀(災害率=1，並分開計算。
 2. 分類別A,B,C係依地盤傾度(A=不超過1/1000；B=1/1500~1/1000；C=1/1500及超過)。
 3. 下表則係基於『洪水災害統計調查』求得。

表 6-2 農作物損失

項目 淹水深度 淹水 延時		洪水												泥砂埋沒		
		不超過0.5m				0.5~0.99m				1.0m及超過				泥砂堆積高出地面		
		1	3	5	7	1	3	5	7	1	3	5	7	不	0.5	1.0m
作物		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	及	及	及
		超過	超過	超過	超過	超過	超過	超過	超過	超過	超過	超過	超過	超過	超過	超過
米類	米	21	30	36	50	24	44	50	71	37	54	64	74	68	81	100
其他	米(旱稻)	20	34	47	60	31	40	50	60	44	60	72	82			
作物	甘蔗	11	30	50	50	27	40	75	88	38	63	95	100			
	芹菜、包心菜	42	50	70	83	58	70	83	97	47	75	100	100			
	青菜	19	33	46	59	20	44	48	95	44	58	71	84			
	可食根類	32	46	59	62	43	57	100	100	73	87	100	100			
	瓜	22	30	42	56	31	38	51	100	40	50	63	100			
	豆	23	41	54	67	30	44	60	73	40	50	68	81			
	其他作物平均	27	42	54	67	35	48	67	74	51	67	81	91	68	81	100

注意：1. 青菜包括韭菜、菠菜及其他。可食根類包括蘿蔔、芋及胡蘿蔔。瓜包括黃瓜、瓜菜及西瓜。豆包括一般豆類，大豆、花生及蔥。
 2. 「泥砂埋沒」災害率適用於洪水河川之泥砂。土壤及岩石崩落則需予改正。

6.其他損失：

政府及地方救災、借款利息，在公共服務中斷(運輸、通訊、電力、給水、煤氣等)之損害損失等。

二、洪災損失評估之方法與步驟

本研究為估算淹水所造成之洪災損失，估算損失時之淹水範圍、淹水深度及淹水時間以淹水模式之輸出結果作為輸入條件，洪災區內資產調查以及災害損失估算時之計算區間亦配合淹水模式所採用之計算網格，初步的計算可以土地使用分區圖為底圖。經由 GIS 的空間分析功

能，計算每一網格內各類資產所佔之面積，並估算網格內之資產價值，以農作物損失調查為例，農業成本之計算可由每公頃生產費用與收益對應表之生產費用求得耕地面積之資產價值。淹水模式之輸出結果經由轉換程式轉為.Grd 檔之格式，計算區域內每一網格皆有一對應之淹水深度及延時輸出，此資料可供計算洪災預設量時使用，執行程式為一簡單之 FORTRAN 程式，將農作物、住宅以及一般資產損失率計算所使用之查詢表格予以程式化，經由程式之判斷及計算，求得計算區域內之資產損失。

可由以下程序求得可能災害損失值：

1. 淹水模式或實際調查淹水區域推估：

- a. 以不同重現期洪水，利用數值模式模擬淹水範圍、深度及時間長短，並繪製潛在洪氾區分佈圖，每一計算網格點可以記錄此種洪水造成的淹水最大深度及浸水時間分佈，由估算區域內超過 0.5m 淹水深度的網格資料來進行評估工作。
- b. 利用調查的淹水區域淹水深度及時間製作劃分網格，也是用網格為單位來進行下一步驟的評估工作。

2. 淹災區內資產價值調查：

根據收集之土地分區使用基本地形圖為底圖與淹水數值模擬知計算區域之網格做套疊，潛在洪氾區分部圖套疊於基本地形圖上，訂出其涵蓋區域內之一般資產、農作物、公共土木工程設備等所佔之數量及價值，做估算區域內資產價值的累加。

3. 淹災區內資產損失估計：

依據淹水模擬所計算的，淹水面積、淹水深度、浸水時間等災害狀況套用前述的表格可得估算區內資產受損程度，以災害預設量求得之方式估算總災害損失。

正因淹水在不同區域造成的損失有所不同，因此要判定哪些區域危險等級高，哪些地區是較低的，建議可考慮搭配 AHP(層級分析法)來作較客觀的評估。

6.5 淹水監測系統設置密度及地點規劃

當可能災損分布圖求得繪出後，可以進一步進行設置地點及密度的規劃，不同淹水肇因會有不同的規劃結果，當然需要用歷史資料先分析當地的主要淹水肇因為何，並求得發生頻率等資料，當主要淹水肇因決定後，再以淹水模式輔助模擬某些設計頻率的可能淹水情況，進而利用災損計算模式計算出當地可能淹水地區的災損分布圖。

以淹水中心點往外圍設置監測水位計，原則上採同心圓機率概念來規劃設置監測站的密度，以三層同心圓為例，如圖 6-1 所示，由內往外，面積分別為 A1、A2、A3，而單位面積平均災損值由內而外分別為 L1、L2、L3，如在中心點設一個監測

點，則責任區的災損值為 A1 L1，假如這一點的資訊可以減少責任區範圍內一定比例的災損，則可以達到設置的目的了。在圖 5-1 中，第二圈應設點數 = A2 L2 / A1 L1，第二圈應設點數 = A3 L3 / A1 L1。

所以我們可以將設置密度(Dm，點數/單位面積)與單位面積的災損(Lm)建立以下的關係：

$$Dm \text{ 設置密度} = \frac{\text{單位面積的災損 } Lm}{\text{設置一點責任區內的災損值 } Cl} \quad (6.1)$$

規劃時應從益本比觀念出發，以下以簡單範例說明設置點密度的估算：假如設置一淹水位監測點的費用是新台幣 80 萬元，則減少洪災損失的效益至少也要超過 80 萬元才合乎經濟效益原則，如果設置淹水監測預警系統可望平均減少 20 % 的淹水損失，則總災損超過 80 萬元 / 20 % = 400 萬元(即設置一點責任區內的災損值)的環狀面積內可以設置一個監測點，這樣益本比即大於 1 合乎所求，以都會區淹水災害一戶補償新台幣 2 萬元當災損來看，一戶佔地約 100 平方公尺，平均建蔽率 = 10 % 時，平均一平方公尺的災損約 20 元，400 萬的災損面積相當於 0.2 平方公里，如果淹水區災損都相同，以四方形網格去分割淹水區域，則大約 500 公尺見方內平均設置一點。

6.6 搭配分析之淹水模式特性及需求分析

擬似二維模式或核胞模式，都是以不規則區塊來模擬淹水情形，在進行災損計算時，雖然這些圖形都可網格化處理，然因為不規則區域的淹水成果較粗略，很大的區域用一個代表高程表示該區塊的地表高程，容易忽略地勢走向及水流真實流況的效果，且模式有關水流方向也難以真實表現，因此在進行淹水監測預警系統規劃分析時，純二維淹水模式較能符合模擬淹水水情及估算災害損失分布方面的需求。

6.7 淹水監測實例分析探討

以民國 90 年納莉颱風造成曾文溪麻善大橋南北岸溢、潰堤的淹水事件紀錄為

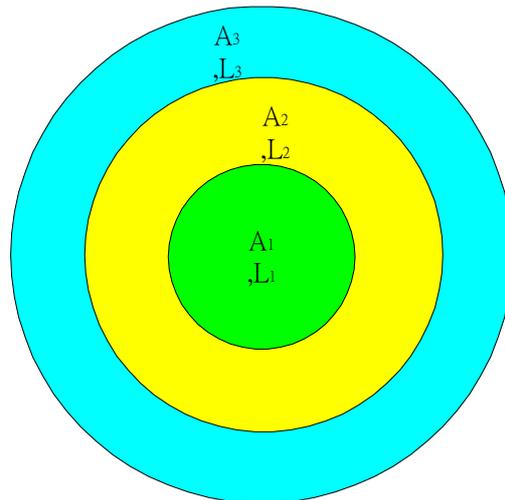


圖 6-1 三層同心圓機率概念圖例示意圖

對象，分析探討淹水監測點的密度對推估淹水量的影響。當時台灣高鐵在曾文溪南側淹水區正好有工程在進行，淹水後立即對淹水的幾個重要地點進行淹水位的施測工作，即找出淹水過程重要地點附近地上物的淹水痕跡(可以視為淹水最高水位位置)測量其高程，共有 16 個點。其中有兩個點位在堤防邊，這是當時淹水的入口位置之一，淹水過程中也是所有施測淹水位點的最大值。如果監測儀器擺設如測點位置，當該兩點淹水的過程失去紀錄時，則我們由 GIS 推估的淹水區淹水總量將會減少，利用 16 個監測點測量資料內外插推估的淹水區域圖如圖 6-2 所示，當淹水入口兩點淹水的過程失去紀錄後，僅用 14 個監測點測量資料內外插推估的淹水區域圖如圖 6-3 所示。兩者推估的淹水體積利用簡單 FORTRAN 程式計算分別得到 49,151,734 立方公尺及 118,215,561 立方公尺。缺少兩點淹水體積多了幾乎兩倍，淹水面積增加到整個模擬區，可見當重點區域的監測點失去紀錄時，推估的淹水量及淹水範圍就可能相對失真，所以監測儀器設置密度分析時，也需考慮這種推估失真的情形可能發生，或許在淹水中心點附近或在重點區提高設置監測點的密度，才能有效防範之。

七、結論

台灣地區為有效利用土地其大多在河川沿岸大多築堤束洪，或於河川上游築壩蓄洪，以防範水患，惟防洪問題涉及土

地利用、工程及管理營運眾多因素，錯綜複雜。但是，由於防洪設施常因工程施工不良、營運管理不當或地震災害的自然因素，於颱風來臨時，若因兩岸堤防閘門損壞、抽水站操作故障、都會區內下水道排水系統受損、河川上游蓄洪水庫或集水區滯洪設施受損潰壞，可能造成嚴重之淹水或積水難退之災害，導致人民生命財產及國家社會經濟將蒙受重大損失。故防洪設施受損之淹水模擬及監測之研發與應用實屬重要。本計畫第一年工作主要在於進行淹水監測預警相關資料蒐集與監測預警系統初步規劃，共完成以下課題：

1. 都市排水淹水監測預警系統規劃及研究現況，除探討國內目前河川防洪預報及淹水監測相關規劃及作業程序，並蒐集整理日本信濃川及東京都防洪測預報現況及作業程序，以及美國淹水潛勢圖作業現況。

2. 國內都市排水特性評估研討，針對國內都市排水現況、抽水站及閘門設置操作時機、都市排水特性等課題，進行評估分析，已作為本研究後續進程參考。

3. 國內都市排水監測預警系統初步規劃，初步規劃完成系統架構、軟硬體規劃、系統功能模組等，並將於後續研究中參照規劃方向陸續執行。

4. 國內都市排水監測預警系統需求研擬，針對監測系統相關影響因子分析、災害損失蒐集分析、淹水監測系統設置寬度及地點規劃及淹水監測系統設置密度分

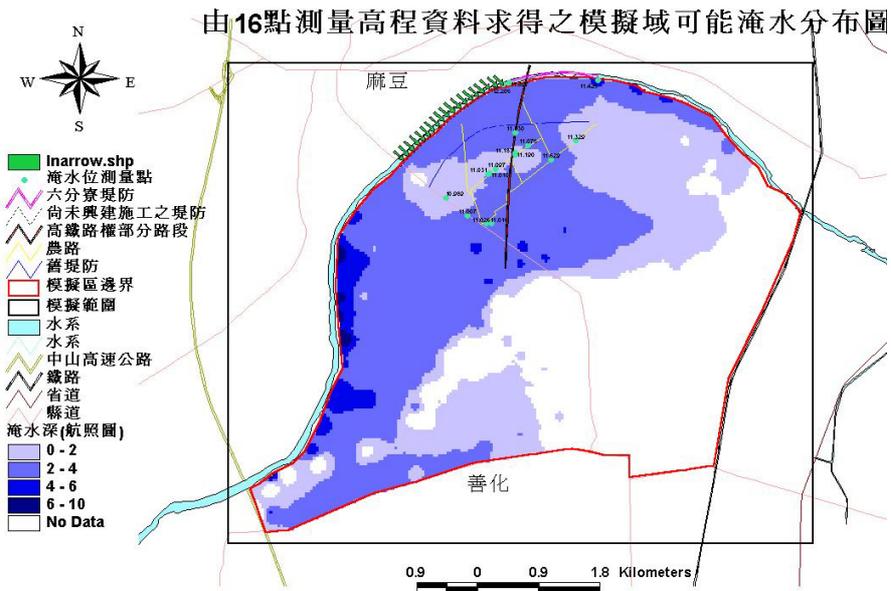


圖 6-2 由 16 個淹水測量點內外插的淹水深分布圖

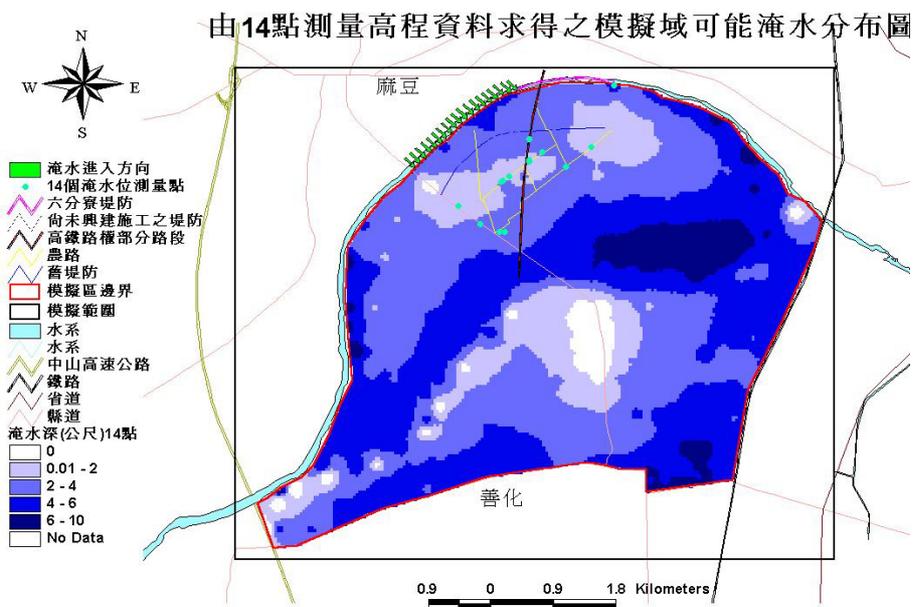


圖 6-3 由 14 個淹水測量點內外插的淹水深分布圖

析探討。未來將依據第一年之規劃架構，進行淡水河流域（擇定某一區域為例）淹水監測預警系統設置評估。

八、參考文獻

1. 蕭翰文, 謝龍生, 孫志鴻, 許銘熙, 2000.7, 即時降雨監測及淹水預警系統之研發, 地理學與永續發展研討會, 台北。

2. 蔡長泰, 1999, 淹水預警分析(一)河道洪水演算, 國立成功大學水利系執行, 國科會永續會委託。
3. 周乃昉, 2000, 淹水預警分析(二)水庫防洪運轉, 國立成功大學水利系執行, 國科會永續會委託。
4. 蕭茂鎮, 1997, 地理資訊系統在淹水預警上之應用研究簡介, 國土資訊系統通訊第二十二期。
5. 吳上煜, 2000, 「網際網路淹水預警資

- 訊系統介面設計之研究」，國立台灣大學地理學研究所碩士論文。
6. 謝慧民，1990，「台北市低窪地區之淹水模擬」，國立台灣大學農業工程學研究所碩士論文，p.1-170.
 7. 謝慧民，1999，「二維綜合淹水模式使用者手冊」，財團法人水利研究發展中心，p.1-116.
 8. 夏漢民、鄭昌奇、謝正倫、謝慧民等，2001，「建立洪水預警系統暨水利設施災害防救體系整合計畫(三)，建立八掌溪及朴子溪洪水預警系統」，經濟部水資源局委託，NII 產業發展協進會及財團法人 水利研究發展中心執行。
 9. 夏漢民、鄭昌奇、謝正倫、謝慧民等，2000，「建立洪水預警系統暨水利設施災害防救體系整合計畫(二)，建立八掌溪及朴子溪洪水預警系統」，經濟部水資源局委託，NII 產業發展協進會及財團法人 水利研究發展中心執行。
 10. 夏漢民、鄭昌奇、謝正倫、謝慧民等，1999，「建立洪水預警系統暨水利設施災害防救體系整合計畫(一)，建立八掌溪及朴子溪洪水預警系統」，經濟部水資源局委託，NII 產業發展協進會及國立成功大學防災研究中心執行。
 11. 謝正倫、謝慧民、曾志民等，1999，「南部重大淹災地區路堤效應檢討與改善對策」，交通部科技顧問室委託，國立成功大學防災研究中心執行。
 12. 謝慧民，1996，「賀伯颱風台北縣板橋、土城、及中永和地區淹水模擬及事件探討」，台灣省水利局第十工程處研究報告.
 13. 謝正倫、謝慧民、曹家文，1997，「七一暴雨新市台南科學園區淹水災害檢討報告」，國立成功大學防災研究中心研究報告.
 14. 許銘熙、謝慧民，1990，「基隆河沿岸低窪地區淹水模式(二)市區排水設施納入模式中」，行政院國科會研究報告.
 15. 許銘熙、謝慧民，1989，「基隆河沿岸低窪地區淹水模式(一)模式之建立與驗證」，行政院國科會研究報告.
 16. 陳亮全,鄧慰先,許銘熙,賴美如，2000.12，台灣地區淹水潛勢圖之應用方向，台灣水利。
 17. 許銘熙,鄧慰先,葉森海,黃成甲，2000.7，台北市及高雄市淹水潛勢資料，第十一屆水利工程研討會，台北。
 18. 黃良雄、賴進松、謝平城、林孟郁，2001，受感潮河川影響之花蓮市排水及淹水聯合模擬，中國土木水利學會工程月刊。
 19. 郭振泰，1998 秋季，台灣的洪水災害，地球科學園地季刊第七期。
 20. 林憲德，「大地的生態水循環設計」台灣濕地 90 年 9 月號第 28 期。