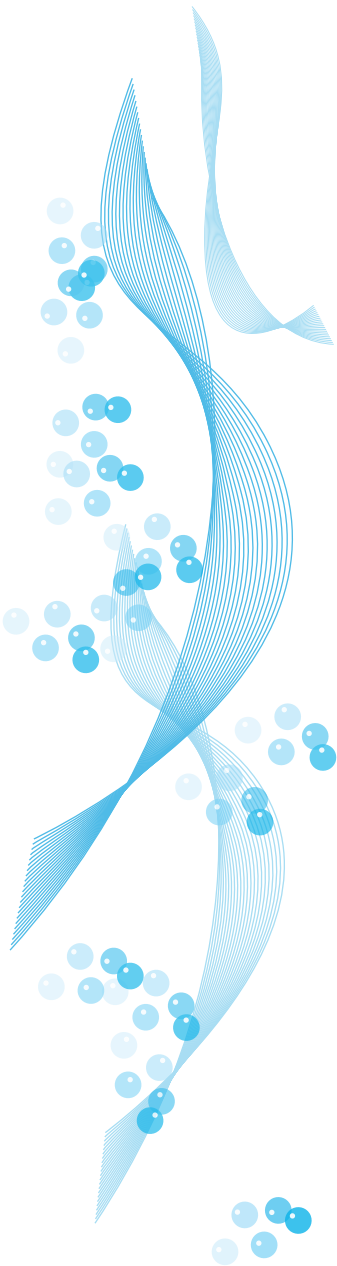




委託單位
內政部營建署

承辦單位
下水道工程技術研發計畫團隊

國立臺灣大學土木工程學系
國立中興大學土木工程學系
國立台灣科技大學營建工程系
國立台北科技大學土木工程系
中原大學土木工程系

編製單位
中原大學土木工程系

Construction Technology Development For Sewer Systems Engineering

都市暴雨模擬分析系統操作手冊



下水道工程技術研發計畫



編製日期:98年12月

都市暴雨模擬分析系統

操作手冊



目錄



第一章『緒論』

1.1「前言」

1.2「都市暴雨模擬分析系統框架概述」

1.3「都市暴雨模擬分析系統功能」



第二章『都市暴雨模擬分析系統分析與設計』

2.1「系統分析與設計」

2.2「相關理論」

2.3「系統實作」



第三章『都市暴雨模擬分析系統使用說明』

3.1「Web GIS子系統展示」

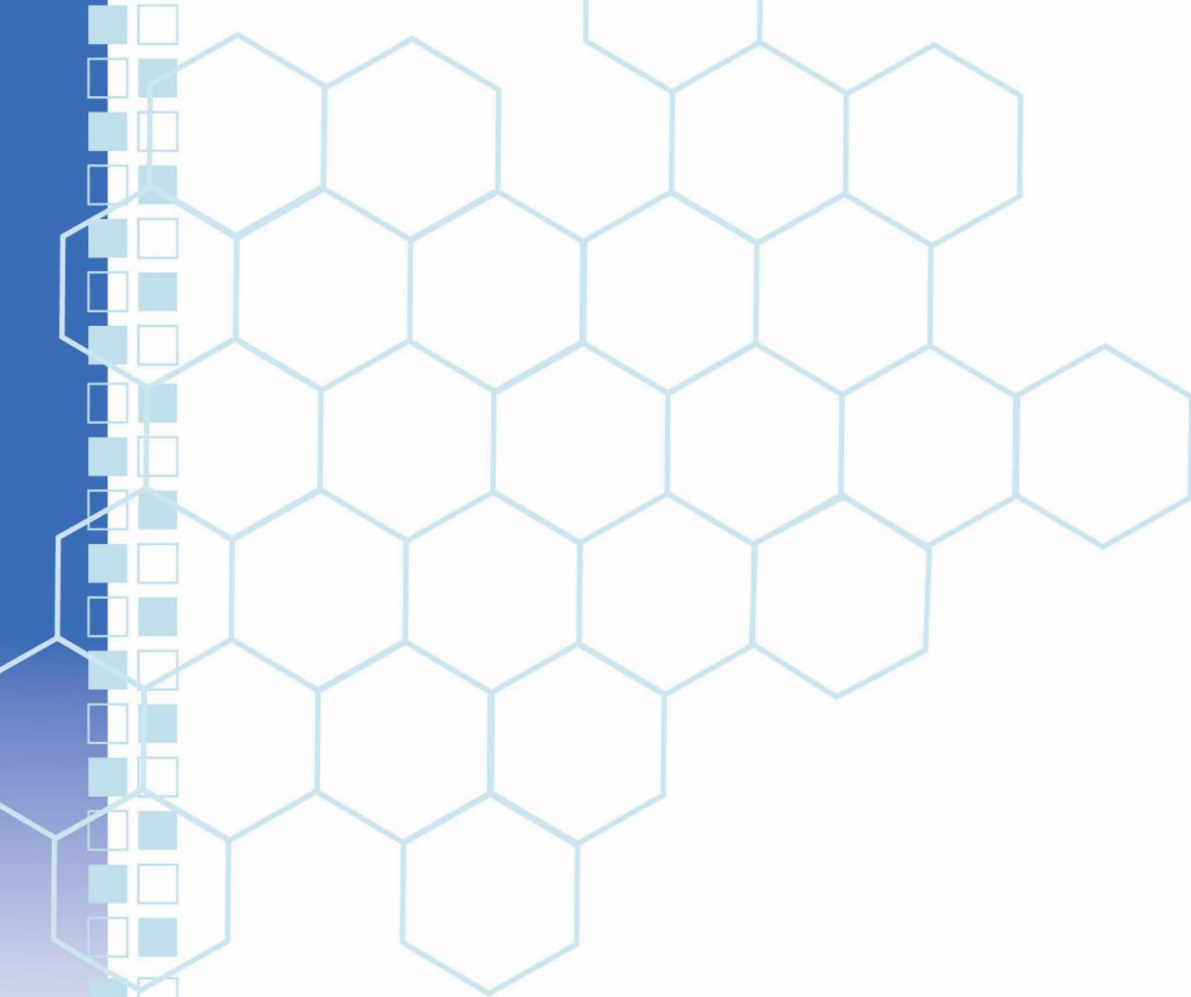
3.2「水文氣象查詢子系統展示」

3.3「都市雨水下水道即時預警子系統之即時模擬展示」

3.4「都市雨水下水道即時預警子系統之即時預警資訊展示」



第四章『結語』



第一章 - 緒論 -

第一章 緒論



1.1 前言

台灣島內地形複雜，東西向最寬距離約 140 多公里，卻有將近四千公尺的高聳山脈，如此特殊的地形，造成河川坡陡水急，集流時間短；加上台灣地區氣候屬於溫帶與熱帶間的副熱帶季風氣候區，天氣複雜多變，且夏秋兩季受颱風及西南氣流影響，常有大量降雨，易造成河川中下游流域嚴重水患。

近年來國內經濟快速發展、人口成長快速，對土地的需求日漸增加，都會地區擴大，使得地表入滲量大為減少，導致地表逕流增加；以台北都會區為例，都會區內的產業經濟發展快速，土地利用以工商業區與住宅區為主，人口密度相當密集，平均每平方公里高達 9640 人，加上台北都會區為盆地地形，地勢低窪，內水排除不易，幾乎完全倚賴人工排水設施。尤其當雨季來臨時，特別是颱風帶來之豪雨及夏季午後之暴雨，因為抽水站等之排水系統發生不可預期之狀況或超過抽水站之設計，導致雨水下水道之容量不足以承受流入雨水下水道系統之逕流量，發生溢流之情形，造成都市地區發生漫地流，都市內水積淹情況，威脅到居民的生命財產安全。

有鑑於此，以防災決策的角度來看，如果能夠在暴雨產生積淹水之前進行減洪作業與預警措施，勢必能夠降低人民生命財產之損失。為減低都市暴雨來臨時，洪水災害所造成的損失，目前已有許多相關防災單位利用都市水文模式，作為排水系統規劃設計及即時操作之依據，以期能降低淹水情形。

為了達到都市暴雨防災之目的，營建署於 96 年至 98 年，為期三年內，補助一研究計劃，內容主要有「都市雨水下水道資訊系統之規

劃與設計」、「都市雨水下水道資訊系統之實作」、「都市雨水下水道資訊系統之線上測試與運作」，根據上述之工作內容，研發『都市暴雨模擬分析系統』，以期降低都市暴雨所帶來之災害影響。『都市暴雨模擬分析系統』主要由「水文氣象查詢子系統」、「Web GIS 子系統」、「都市雨水下水道即時預警子系統」，三個子系統所組成；「水文氣象查詢子系統」能查詢歷史雨量與水位紀錄，讓使用者能對水文氣象資料有初步的了解；「都市雨水下水道即時預警子系統」能即時輸入雨量，經即時模擬後得到人孔水深，判斷人孔是否發生溢流現象，並結合「Web GIS 子系統」，更可以展示發生人孔溢流的位置，進而發出預警通知，使危害到一般大眾居家生命財產安全之災害降至最低。

本手冊旨在讓工程師、抽水站操作人員、行政首長，甚至是一般大眾都能藉本手冊來認識都市暴雨模擬分析系統，與相關的使用說明，進而達到全民防災之概念。本手冊共分為四個章節。分項說明如下：

第一章『緒論』，主要是概述都市暴雨模擬分析系統之系統框架與功能，以及介紹手冊之整體架構。

第二章『都市暴雨模擬分析系統分析與設計』，根據台北市之現況需求，作為都市暴雨模擬分析系統之分析與設計，並介紹相關理論，以及說明如何實作都市暴雨模擬分析系統。

第三章『都市暴雨模擬分析系統使用說明』，介紹都市暴雨模擬分析系統網站，並針對不同子系統做使用的說明。

第四章『結語』，針對都市暴雨模擬分析系統作結論，並提出建議，以利後續之研究發展。



1.2 都市暴雨模擬分析系統框架概述

都市暴雨模擬分析整合系統框架，是以服務導向為架構 (Service-Oriented Architecture，簡稱 SOA) 之基礎所研發。將系統框架研擬為三層，各層之間之訊息傳遞透過 Internet 達成。如圖 1-1 所示。

- Service Layer(計算服務層)
主要是做為暴雨模擬分析之計算服務。
- Simulation / Analysis Layer(模擬/分析層)
都市地區的暴雨模擬由此層所完成，包括了一連串都市水文歷程模擬(降雨逕流、下水道水理模擬)。
- Front Tier Layer(前端展示層)
用來管理及展示模擬分析結果。

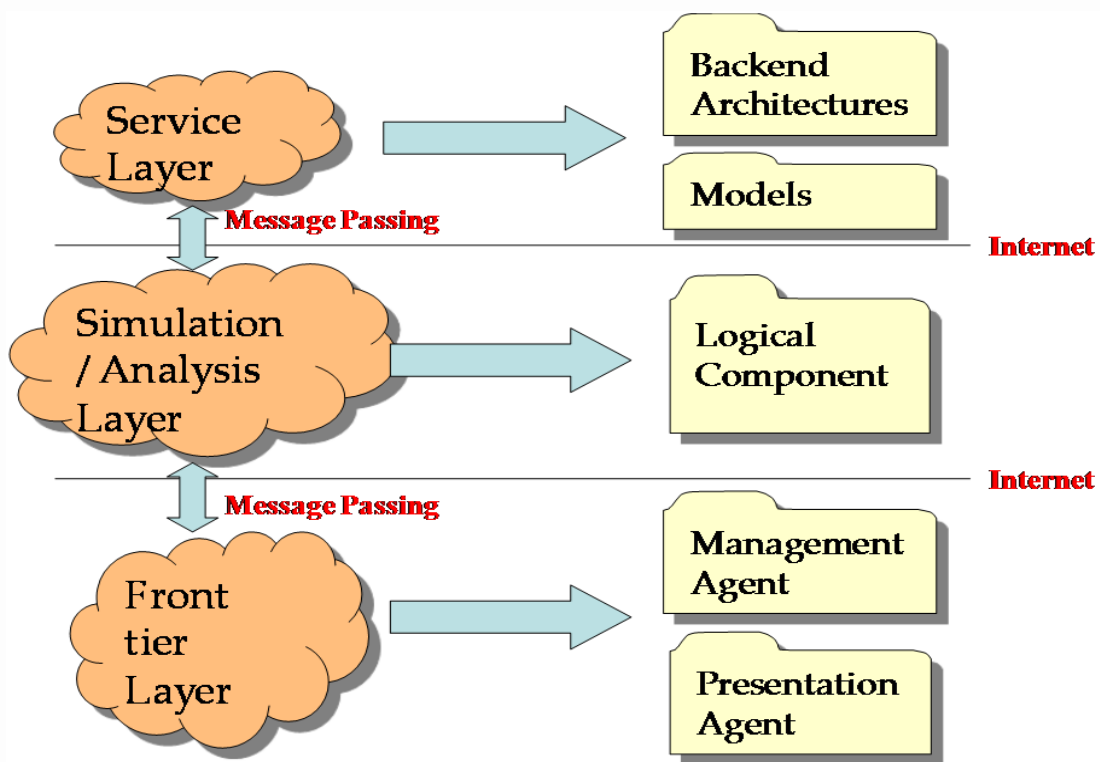


圖 1-1 系統架構分析與元件框架設計

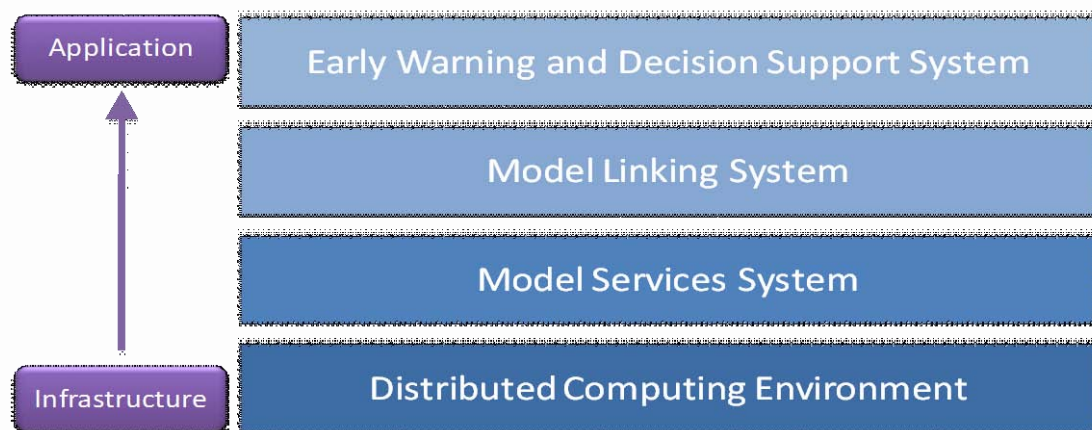


圖 1-2 都市暴雨模擬分析整合系統框架子系統架構示意

以實作的觀點而言，整體系統框架可大致區分成四個層級，如圖 1-2 所示，從基礎開發與計算環境到最高的應用層面分別為 Distributed Computing Environment(分散式運算環境)、Model Services System(模式服務子系統)、Model Linking System(模式連結子系統)、Early Warning System and Decision Support System(預警及決策支援系統)四大部份，對應到系統框架規劃的部份，分別說明如下：

- Distributed Computing Environment(分散式運算環境)：可視為整個系統框架的基礎建設，因為整個都市下水道淹水問題的模擬與演算不但牽涉到不同水理模式間的動態連結演算，也需在短時間內演算完畢進行預報，因此需用到大規模的計算，為使加速運算、整合分散之運算資源，並進行不同電腦之間的訊息溝通與傳遞，在這個框架中將以分散式運算技術做為整個運算環境之最基礎平台。
- Model Services System(模式服務子系統)：架構在分散式運算環境之上的各種水理模式服務，對應到整個系統框架的 Services Layer 部份，水理模式服務可對外開放，可由遠端就完成水理模式的運算，且更進一步來說，可使整個模式服務架構在高速運算的分散

式運算環境中，譬如說連接到格網系統或平行電腦，讓需要運算資源較大的案例能更快速完成演算，且這類高速運算設備可由遠端就予以啟動。

- Model Linking System(模式連結子系統)：對應到系統框架的 Simulation/Analysis Layer 的一部份，可視為一組 Logical Components，遵循物理的機制與法則，解決水理模式之間動態連結的問題。模式連結的部份架構在模式服務子系統上，模式連結子系統以一組 Logical Components 完成水理模式的動態串接，能在同步模擬中針對模式間進行動態的物理量交換，為一組較上層的架構，底層實作部份實際上是將水理模式封裝，模擬引擎則由模式服務子系統完成。
- Early Warning System and Decision Support System(預警及決策支援系統)：對應到系統框架的 Front Tier Layer，為前端管理、展示、操作的介面，可視為一個都市內水暴雨積淹預警的使用者操作介面，由操作介面可以讓使用者派送預報模擬、歷史狀態模擬、批次預報模擬、最佳化操作模擬、參數檢定模擬或其它不同的運算等工作至分散式運算的環境中完成，並與之資料同步，最後由前端展示、發佈預警、產生圖表並輔助決策分析等。



1.3 都市暴雨模擬分析系統功能

都市暴雨模擬分析系統，結合相關資訊技術(如 Web GIS 展示技術、資料庫應用、網路服務等)與模擬分析(雨水下水道即時水理模擬)，系統主要有以下四種功能(如圖 1-3 所示)，並以台北市為研究對象協助完成都市防災預警及提供即時線上模擬服務。



圖 1-3 都市暴雨模擬分析系統之功能圖

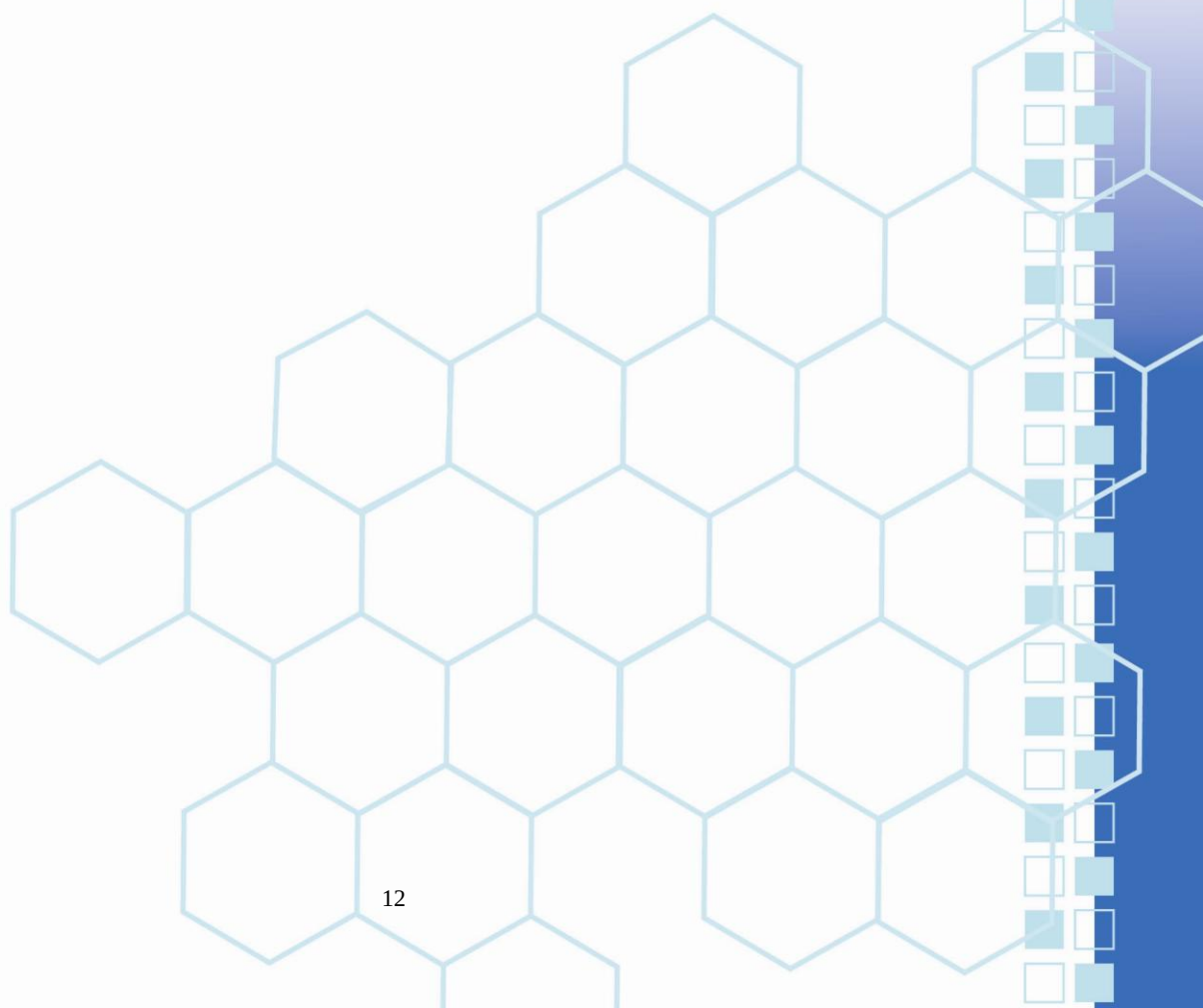
(1)**資料分析查詢**：由於模擬整個台北市區的水理狀況，需要用到許多相關資料，包含歷史和即時觀測降雨量、歷史和即時下水道水位觀測資料、歷史河川水位資料、GIS 相關圖層資料等，這些歷史下水道水位資料、雨量站氣象資料與相關圖層資料，則是由台北市政府提供；利用上述之歷史資料，進行資料分析並建立其資料庫，進而開發出「水文氣象資料查詢子系統」。其資料時間範圍由 2002 年至 2006 年止，資料內容包含水位站共 125 處之水位資料、水利處雨量站共 19 處之降雨量資料、景美溪流域之抽排水系統內外水位及抽水機閘門啟閉資料，共有 8 處抽水站。以及 GIS 相關圖層資料等。另外，還有預測降雨資料和各項模擬完畢之預測水理資料，都將納入其系統資料庫，加以整合應用。

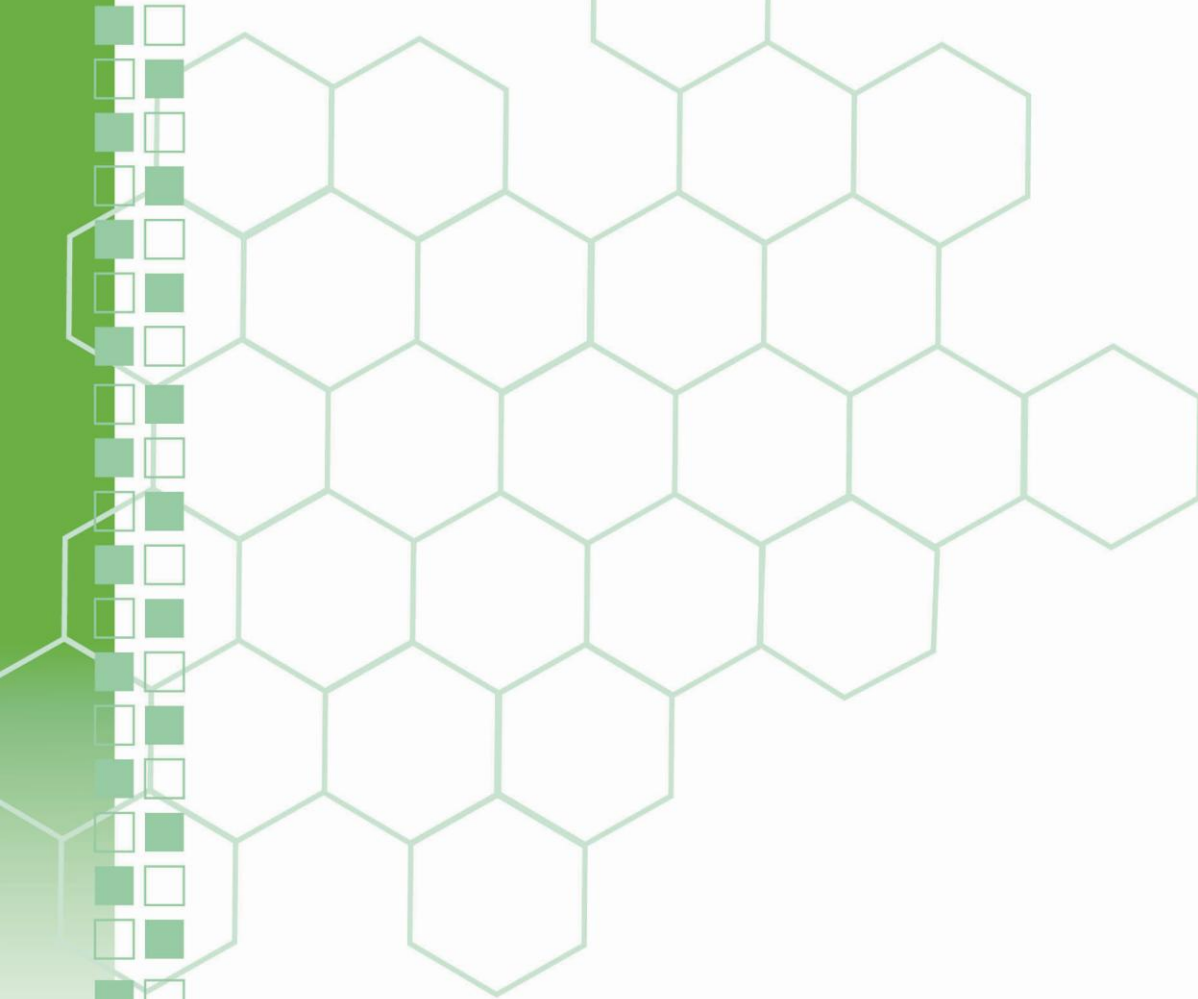
(2)**空間資訊展示**：為使模擬結果，可以清楚配合空間資訊展示於系統上，將使用 GIS Map 之功能，藉由台北市水利處提供部分人孔、雨水下水道管線、下水道水位站、水利處雨量站、抽水站、台北

市政府行政區、台北市河川及中港、實踐、保儀和六館抽水站集水分區等的圖資，使得系統中的「Web GIS 子系統」得以展示資訊。包括人孔及管線分佈，以及地理資料圖層，並將各項水理資訊放至 GIS 圖層上，可讓使用者清楚得知哪些人孔將有溢流狀況發生，並可直接由 GIS 圖上得知各管線和人孔之詳細資料。

(3)防洪預警：為達到防洪預警的功效，研發「都市雨水下水道即時預警子系統」，以即時水理模擬技術作為模擬核心，利用即時模擬之技術，以爭取預警時間，再利用模擬之結果，將各項水理資訊放至 GIS 圖層上，可讓使用者清楚得知哪些人孔將有溢流狀況發生，並可直接由 GIS 圖上得知各管線和人孔之詳細資料，藉由「Web GIS 子系統」將水理模擬資訊即時產生圖資展示於系統上，以分級警戒圖示表示人孔是否發生溢流現象；結合上述之「都市雨水下水道即時預警子系統」與「Web GIS 子系統」達到即時的防洪預警，以降低都市內水災害之可行性。所以當有颱風來臨時，即可於線上系統作查詢功能以得知預測水理狀況，而系統也將列出警戒地點，供操作人員，甚至到一般民眾都可以事先預防洪水來臨所造成之災害。

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





第二章

-都市暴雨模擬分析 系統分析與設計-

第二章 都市暴雨模擬分析系統分析與設計



2.1 系統分析與設計

都市暴雨模擬分析系統的功能如圖 1-3 所示，主要由「水文氣象資料查詢子系統」、「Web GIS 子系統」、「都市雨水下水道即時預警子系統」，三個子系統所組成，且針對台北市的現況需求，將都市暴雨模擬分析系統分為三大架構(如圖 2-1 所示)。每一層透過網際網路溝通息。第一層為系統資料庫底層，此層是做為存取資料和整合其他資料庫之用；第二層為模擬分析層(水理模擬子系統)，主要是做為都市暴雨即時模擬分析之計算服務，包括了一連串都市水文歷程模擬(降雨逕流、下水道水理模擬)；第三層為互動與展示層，使用者可利用此層之使用者介面與系統互動，並可以作模擬分析結果之展示和歷史水文資訊之查詢。再依據系統需要用到的理論分析做說明，如使用者案例圖(Use Case Diagram)、系統循序圖(System Sequence Diagram)、領域模型(Domain Model)。分項說明如下：

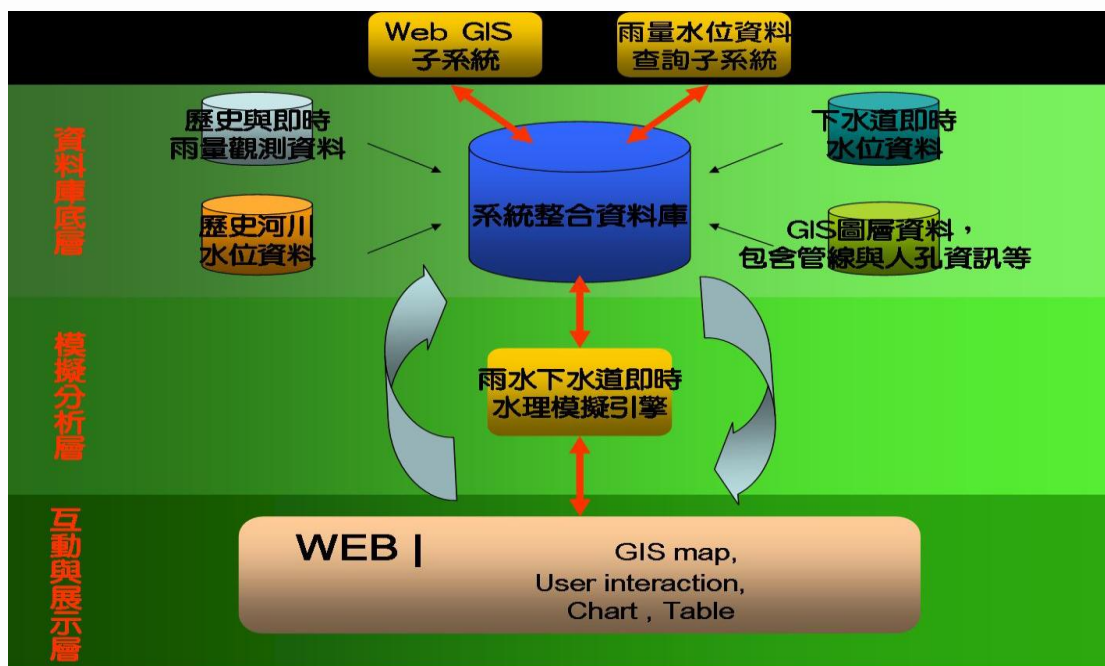


圖 2-1 結合資料庫與即時水理模擬

(1) 使用者案例圖(Use Case Diagram)

將系統需求分析深入其細節部份，以使用者案例(Use Cases)方式將系統細部需求分析明確地訂出。都市暴雨模擬分析系統包含帳號登入功能以辨識使用者身份，系統會依照不同的使用者，給予不同的使用權限，像是即時監測查詢、歷史監測查詢，線上雨水下水道水文模擬，線上操作模擬，及預警功能等。如圖 2-2 所示，為系統之 Use Cases 模式圖。

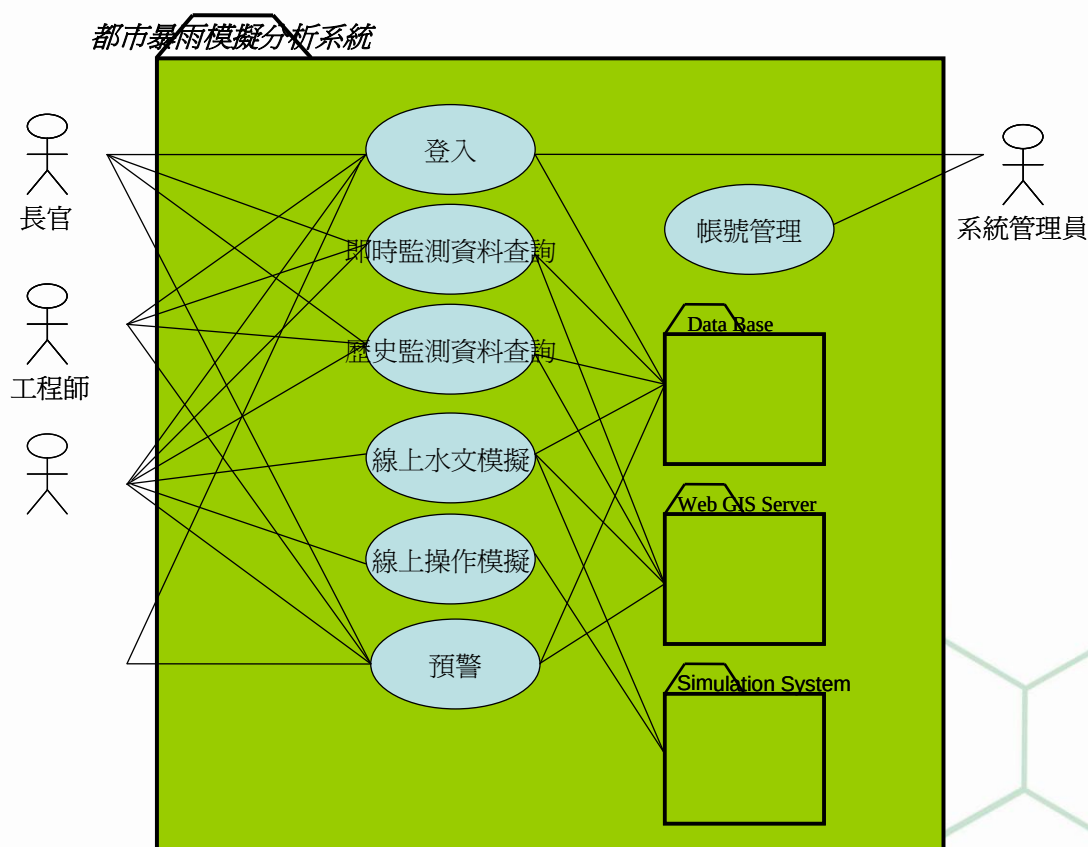


圖 2-2 都市暴雨模擬分析系統之 Use case 模式圖

經由 Use Cases 模式圖，本團隊將各項功能需求分析完成後，分別以 Use Cases 表示，其目錄如表 2-1。

表 2-1 Use Cases 目錄

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

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

I. Use Case UC1：登入

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

系統名稱：都市暴雨模擬分析系統

Actor：長官、工程師、操作人員、一般民眾、系統管理員

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

II. Use Case UC5：即時監測資料查詢

目的：使用者欲查詢人孔或管線之即時監測資訊。

系統名稱：都市暴雨模擬分析系統

Actor：長官、工程師、操作人員

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

III. Use Case UC6 : 預警提示

目的 : 系統提示使用者有哪些人孔將有溢流現象。

系統名稱 : 都市暴雨模擬分析系統

Actor : 長官、工程師、操作人員、一般民眾

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

IV. Use Case UC7：線上水文模擬

目的：使用者進入系統並作即時的水文模擬。

系統名稱：都市暴雨模擬分析系統

Actor：工程師

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

V. Use Case UC9：歷史監測查詢

目的：使用者使用系統查詢歷史雨量資料。

系統名稱：都市暴雨模擬分析系統

Actor：長官、工程師、操作人員

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

VI. Use Case UC9.1：查詢歷史雨量資料

目的：使用者使用系統查詢歷史雨量資料。

系統名稱：都市暴雨模擬分析系統

Actor：長官、工程師、操作人員

主要流程	
Actor action	System response
1.點選「歷史雨量查詢」鍵	2.系統要求選取欲查詢之雨量站，以及查詢之時間區段。
3.選取雨量站以及輸入觀測時間。	
5.得知歷史雨量資料。	
延伸或替代方案：	

(2) 系統循序圖(System Sequence Diagram，簡稱 SSD)

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

- 物件：放置於圖中之上方，如圖 2-3 中之 User 及 都市暴雨模擬分析系統為此圖之物件。

- 訊息：如圖 2-3 中之 `makeFreshHydQuery()`，是由某一物件傳送訊息至另一物件以啟動操作，而 Use Cases 中所出現之動詞也可能就是訊息。
- 生命線：如圖 2-3 中，畫在物件底下與物件垂直之虛線，虛線長度即表達物件存在之時段。
- 控制焦點：表達物件執行某動作之時段，控制焦點以長條圖表示，並與生命線重疊。如圖 2-3 中之縱向黃色長條圖。

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

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

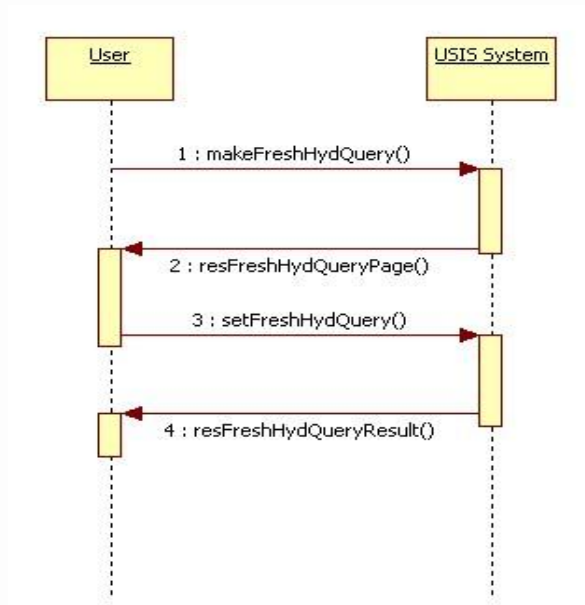


圖 2-3 使用者查詢即時水文資料之 SSD

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

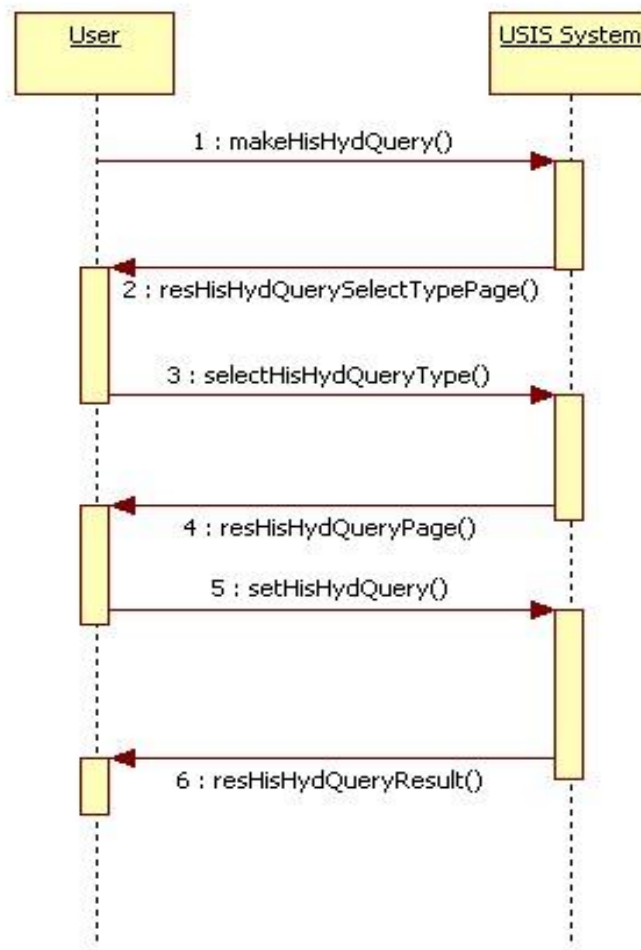


圖 2-4 使用者查詢歷史水文資料之 SSD

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

成後，訊息 9 將回傳系統設定之邊界條件，由訊息 10 讓系統開始進行模擬作業，最後系統會將結果由訊息 11 傳回。

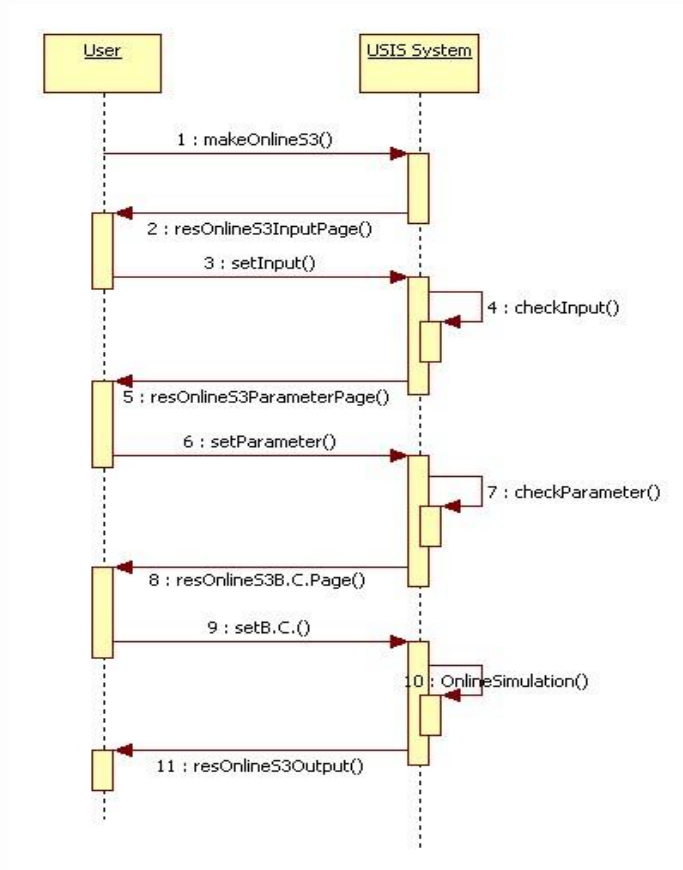


圖 2-5 使用者使用線上水文模擬之 SSD

4. 預警提示 SSD：(如圖 2-6 所示)，由外部使用者產生訊息 1 至系統，以開啟預警提示功能，系統由訊息 2 回傳使用者以開啟預警提示頁面，使用者於頁面中之地圖點選查詢之水位站或氣象站，再將選取之點以訊息 3 傳至系統，系統有訊息 4 回傳其所選點位之雨量水位資料。

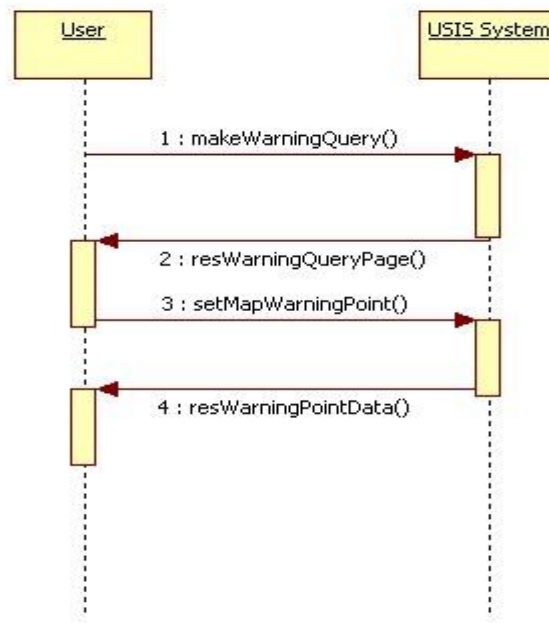


圖 2-6 使用者使用預警提示之 SSD

(3) 領域模型(Domain Model)

建立 Domain Model 是為了於系統分析階段，找出系統中之獨立概念性類別(class)以及真實事件中的物件(object)，並且定出各個抽象概念之關係。所以我們必須先從 Use Case 中找出其名詞，並由名詞演變為概念性之類別，再經由關聯、繼承、多重性以描述其關係。圖 2-7 為都市暴雨模擬分析系統之 Domain Model，其內容包括有各項概念性類別，如排水系統、管線、人孔、水位計、抽水站、雨量站、水理模式、工程師、長官、一般民眾等都是屬於系統分析階段之抽象概念性類別，此階段還不必將類別之屬性和方法明確描述，因為當系統實作時，有些類別不一定會實作出來。另外，圖中也有描述部份類別之關聯性及，如開啟/關閉、Run、命令等，而 0..1、1..*等則為類別之多重性。

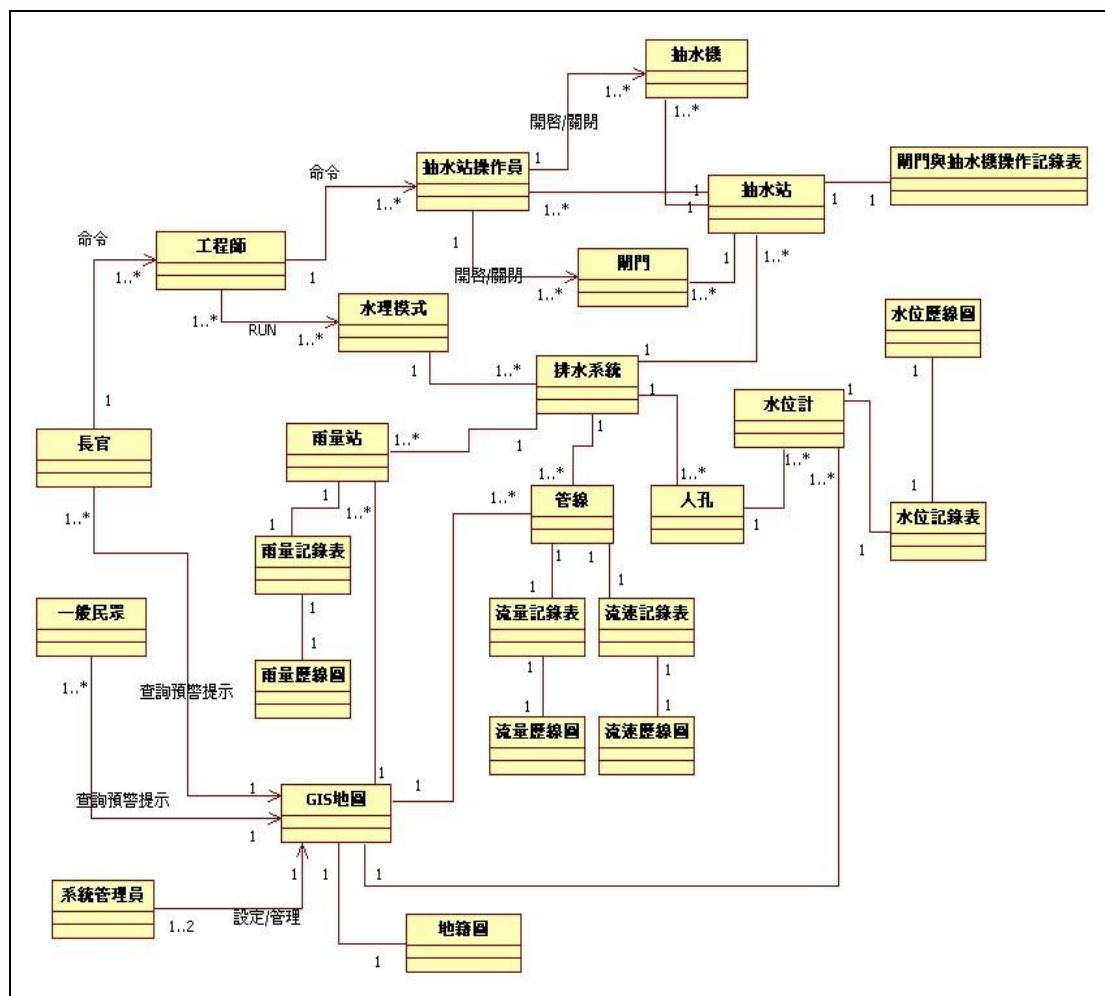


圖 2-7 都市暴雨模擬分析系統之 Domain Model



2.2 相關理論

根據都市暴雨模擬分析系統架構，在水理模擬子系統開發工作中需包含都市水文模式整合技術與即時水理模擬技術；以下將針對都市暴雨模擬分析系統所需要用到之 Web GIS 技術與資料庫查詢相關技術，敘述其相關的理論背景，分項說明如下：

2.2.1 SWMM 模式概述

SWMM 模式係由美國環境保護署所發展，主要是針對日漸嚴重之都市化所造成都市之排水問題(Huber 等人，1988)。此模式主要是

以單場降雨或者連續降雨所產生之降雨逕流進行動態水理模擬分析，以解決城市排水系統相關之水質與水量問題。SWMM 模式可模擬整個都市水文系統之過程，包含由降雨，雨水流至地表產生逕流，再經由人孔及管線流至下水道系統。因此，SWMM 包含有地表水流、排水管線之輸送、管線流量、離管儲存處理及對承受水體水質衝擊等之模擬。

第一版 SWMM 電腦程式版本乃於 1969 至 1971 年開發，主要是使用 Fortran 77 語言來撰寫，目前已發展至第五版(EPA SWMM5)。SWMM 包含許多模組，主要分為運算模組、輔助模組及執行模組，其模組關係圖如圖 2-8 所示。以下將針對其模組進行簡單介紹。

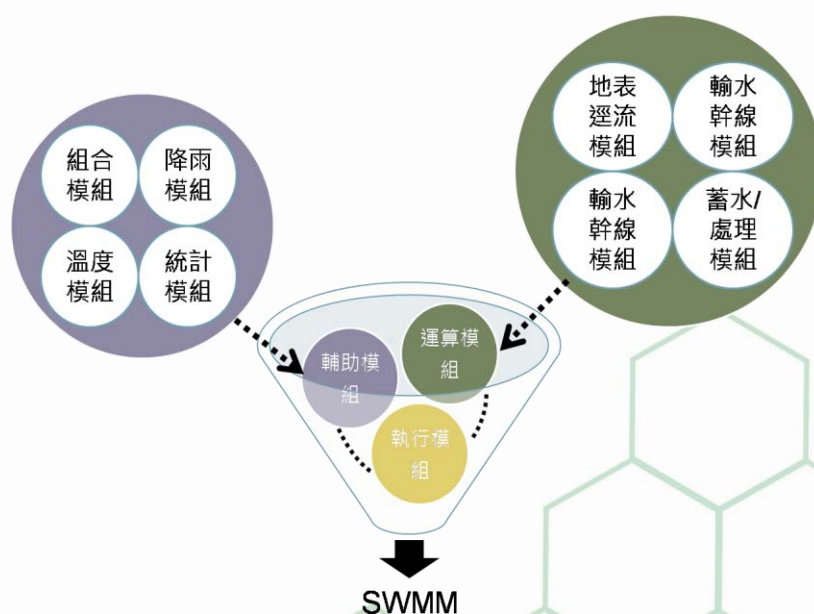


圖 2-8 SWMM 相關模組

A. 運算模組：

1. 地表逕流模組(Runoff module): 利用降雨資料計算出地表之逕流量、污染負荷及水質。

2. 幹線輸水模組(Transport module): 以動力波方法進行水力演算，可計算次幹管水流進入下水道系統之水流狀況，並可推算主幹管水流及管線內之晴天水量及水質問題。
3. 幹線輸水模組(Extran module): 針對原始輸水幹線模組對於一些問題無法完善的處理而加入之計算組，利用一維聖凡南方程式(Saint Venant equations)作水力演算，其功能在於處理迴水，溢流及壓力水等，但無計算水質之功能。
4. 蓄水/處理模組(Storage/Treatment module): 蓄水量演算及處理設施之水質模擬。

B. 輔助模組：

1. 組合模組(Combine module): 接前後模組之演算資料及檔案，使演算能順利進行。
2. 降雨模組(Rain module): 可處理長期性之降雨序列資料(以 1 hr 或 15 分鐘為單元)，輸入至地表逕流模組以進行連續性模擬演算。
3. 溫度模組(Temp module): 可處理長時期溫度、蒸發量、風速及融雪資料，輸入至地表逕流模組以進行演算。
4. 統計模組(Statistic module): 針對連續模擬而設計之模組，可以回顧模擬之輸出結果，利用所訂之準則來計算統計項目，包含依設計規範將暴雨事件排序(例如洪峰量、總逕流量、污染負荷及污染物平均濃度等)、依降雨頻率及重現期距，率定逕流及污染物參數、模式演算結果的表格化與圖

形化等功能。

C. 執行模組：

其主要功能是指定檔案之編排資料及程式模組之執行次序。

2.2.2 都市水文模式整合技術

都市雨水下水道水理模擬主要包含降雨逕流模擬及雨水下水道水理模擬兩部份。降雨逕流模擬是模擬暴雨降至地表形成地表逕流，由側溝匯集至下水道人孔，以模擬出下水道人孔之入流歷線；雨水下水道水理模擬則是模擬水由下水道人孔流入下水道管線之水理資訊。如欲求得都市雨水下水道水理資訊，必須分別由上述兩個不同水理模式來各別計算(例如 SWMM-RUNOFF 模式與 SWMM-EXTRAN 模式)。目前的都市雨水下水道系統之水理模擬方式主要分為模式分離演算(如圖 2-9)與模式整合演算(如圖 2-10)。以下將針對 SWMM-RUNOFF 模式及 SWMM-EXTRAN 模式兩種模式作介紹。

(1) 降雨逕流模式(SWMM-RUNOFF Model)：模擬雨水降落地面後，流入各排水系統前之水量變化歷程。當雨水降落地面後，其降雨量超過入滲容量時，地面凹陷處將開始積水，當積水達窪蓄飽和容量時，水便溢出而成漫地流。在漫地流現象中，側流量包括降雨量、入滲量等，最後以流量歷線流入各集水次區之入流人孔。此模式主要是以質量守衡的方式，利用非線性蓄水模型來模擬暴雨逕流。其過程是計算不同的集水區流量，再經由渠道或人孔作為連結，將不同次集水區的流量加總。在每一個次集水區中，假設有一致的土地利用型態、入滲率、坡度及窪蓄等，再由實際調查的透水區與不透水區之比例進行相關設定。

(2) 雨水下水道模式(SWMM-EXTRAN Model)：模擬雨水降落地面形成漫地流，經由側溝匯集進入人孔後，導入下水道管線之水理變化情形。此模式利用一維聖凡南方程式(Saint Venant equations)為控制方程式，再利用顯式差分法求解，可模擬雨水下水道管線中之水流流動情況，藉以了解各管線中之流量以及各人孔處可能之溢流量(overflow)。此外，還可以模擬動態迴水效應、逆向流、壓力流及迴路型排水網路系統。

一般都市雨水下水道水理模擬，採用如圖 2-9 模式整合之方法(模式分離演算)進行模擬，先利用 SWMM-RUNOFF 模式進行降雨逕流模擬，其主要之模擬輸入資料為整場降雨事件之降雨量，其模擬邊界為雨水下水道之人孔。因此 SWMM-RUNOFF 模式之出流量歷線即為雨水下水道人孔之入流歷線，經由人工方式進行資料轉移後，SWMM-EXTRAN 模式再以人孔之入流歷線作為輸入條件，進而演算出雨水下水道之人孔水位深度，以作為是否會造成溢流情況之判斷依據。



圖 2-9 模式分離演算

但上述之整合方法尚需依賴人工方式，才可將地表逕流模式模擬接續雨水下水道模式模擬。

本系統則採用如圖 2-10 所示之模式整合流程(模式整合演算)，此整合方法可讓系統自動傳輸資料，即時地進行都市雨水下水道系統之水理模擬演算。當使用者只要輸入降雨資料，則可直接執行 SWMM-RUNOFF 模式和 SWMM-EXTRAN 模式，不必經由人工方式

再轉移資料，即可直接得到最後的雨水下水道系統之水理資訊。

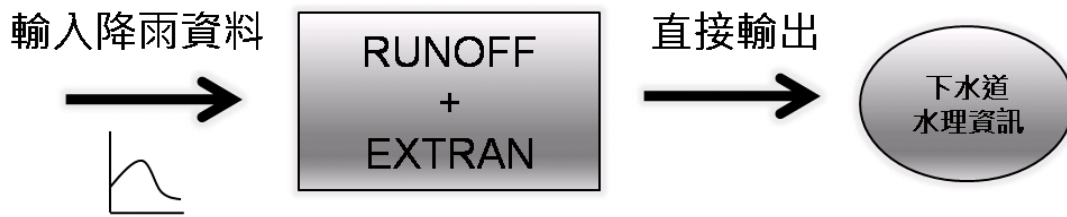


圖 2-10 模式整合演算

2.2.3 即時水理模擬技術

經由都市水文模式整合演算方法，可直接輸入降雨資料以求得雨水下水道水理資訊，但降雨資料必須為一已知降雨事件之完整降雨資料。為使都市地區於暴雨來臨時，可達到即時預警，則必須利用即時得知之降雨資料取代原來整場降雨之降雨資料，再經由都市雨水下水道系統之水理模擬進行即時演算。因此，本系統乃著重於如何在即時接收降雨資料後立即進行模擬暴雨可能產生的積淹水情況，例如將已發生之前 12 小時降雨量輸入至整合模式中進行模擬後，當有第 13 小時之即時接收(或預測)降雨量時(如圖 2-11 所示)，主要分為下列兩種方式以進行模擬演算。

- a. 事件起始時刻演算：將即時接收(或預測)降雨量加入輸入資料量檔內，再重頭由第 1 小時開始進行模擬運算。
- b. 即時接續演算：將即時接收(或預測)降雨資料在模擬完 1 至 12 小時後加入，從第 13 小時接續模擬運算。

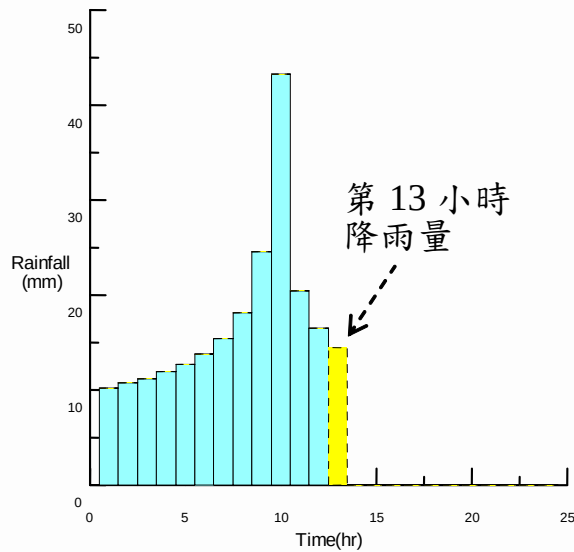


圖 2-11 第 13 小時降雨組體圖

在上述的兩種方式中，第一種方式是目前較為常用的方法，此種方法必須從降雨事件發生之起始時間演算，但是如果模擬之集水區域較大時，則模擬運算極為耗時。相對地若採用第二種方式接續演算不必重頭演算，可避免重複演算前段時間已發生降雨之水理情形，減少模擬耗時，以利防災決策分析。

所以針對第二種演算方法，發展出都市雨水下水道即時水理模擬運算技術，實作出一即時水理運算模組(Real-Time Sewer Simulation，簡稱 RTSS，將會在 2.3 系統實作詳細說明)，主要是修改及擴充 SWMM 模式其部份功能，進行都市水文模式整合後，再加入即時接續演算模擬之概念所研發而成。

利用上述之即時水理模擬運算技術，可將傳統水文模式輸入之完整降雨事件之降雨資料(如圖 2-12 所示)以時間分段進行模擬之方式，將各時間區段之降雨資料(如圖 2-13 所示)分別依序輸入至水文模式中，如第 2、第 3...之時間區段將接續前一段之模擬結果繼續模擬，而不是加入新雨量資料，再次從降雨事件發生之起始時間開始模擬。因此，即時模擬技術可將即時接收(或預測)之雨量資料直接輸入至模

擬核心中，並接續前段模擬結果進行演算，即時獲得模擬資訊。

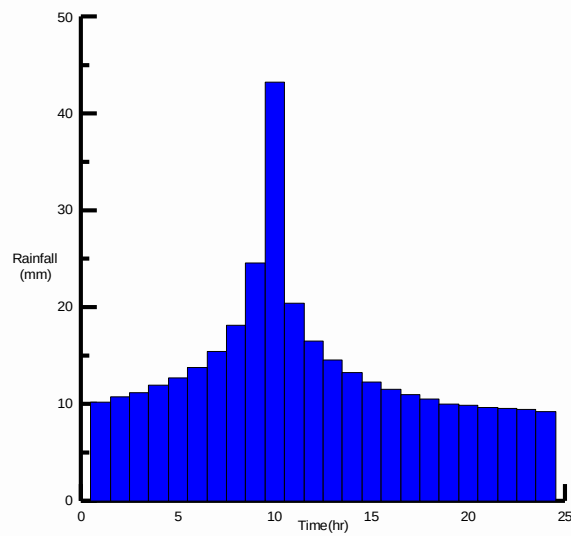


圖 2-12 整場降雨資料(24Hours)

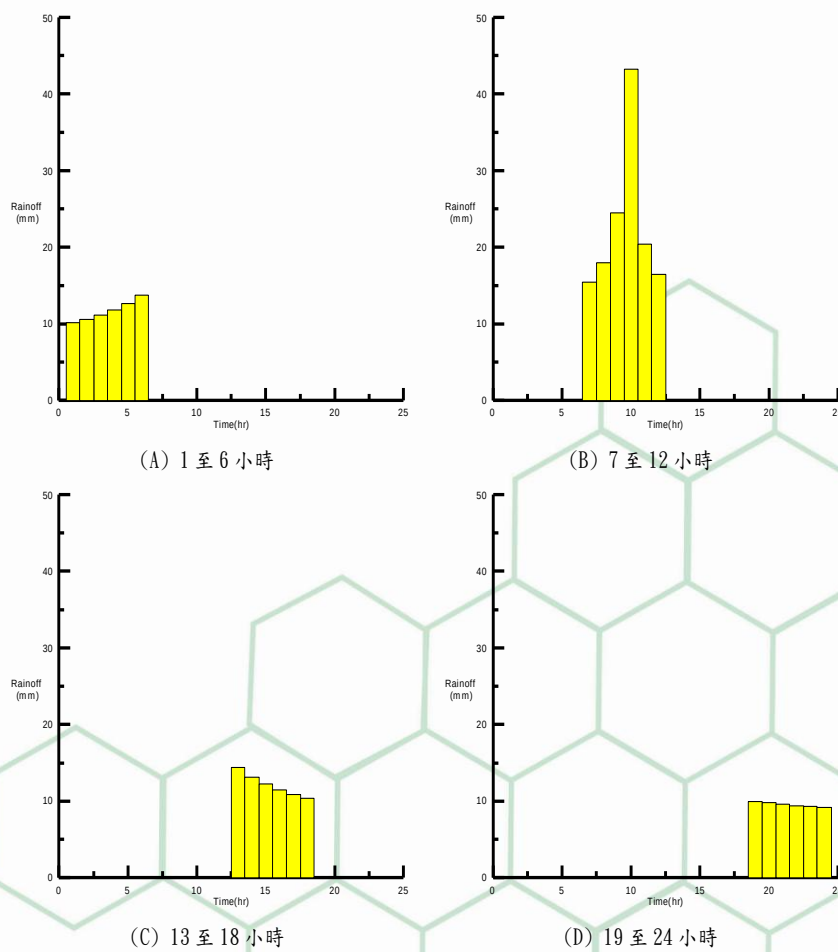


圖 2-13 將 24hr 分為 4 時間區段之降雨資料

2.2.4 Web GIS 展示技術

地理資訊系統 (Geographic Information System，簡稱 GIS)，其應用範圍甚廣，包括土地、道路、河川、建物等資訊之管理與利用，地理資訊系統的主要功能是用來輔助使用者蒐集、儲存、處理、更新、查詢、分析、統計及展示各種數值化地理資料的資訊系統。換句話說，GIS 整合了點線面空間數化資料(地圖)與描述性資料(表格資料)，以便使用者可作地理資訊的建檔、更新與搜尋。

自 1990 年代開始，許多網路技術已趨近成熟，且風行於現代大眾，所以有許多地理資訊系統之開發廠商也打破傳統單機之限制，紛紛致力於網際網路上建置 Web GIS，以讓地理資訊系統也可以走向大眾化。因此，現今人人都可隨時在網路上使用 GIS，使用者只需要透過網際網路瀏覽軟體，就能獲得許多豐富的地圖資訊。Web GIS 比傳統 GIS 更具有許多優點(其比較如表 2-2)。

表 2-2 Web GIS 與 GIS 之比較(黎漢林等人，1999)

比較項目	Web GIS	GIS
系統環境	透過網際網路之 WWW (World Wide Web)	單機作業平台
使用性	可立即於線上使用，資料不須額外加工。	須經由系統管理師加以安裝、規劃才能使用。
資料更新	隨時可更新	一旦更新則需要重新發行軟體，重新安裝。
操作介面	透過瀏覽器	各系統不一，使用者需重新學習。

Web GIS 之伺服器端主要分成 Web Server、Map Server 兩大部分，使用者在 Browser 上做查詢動作時，Web Server 會接收其要求後將相關訊息後以 CGI 指令傳給 Map Server；而 Map Server 在空間資料庫中取得資料後再向前傳回 Web Server，然後展示於使用者端如圖 2-23 所示。

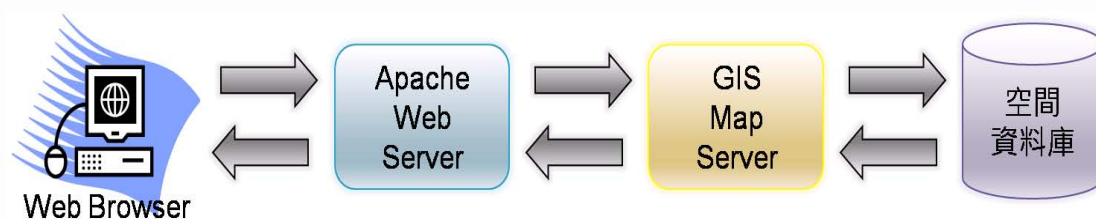


圖 2-23 Web GIS 子系統整體架構

(1) Web Server

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

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

(2) GIS Map Server

在自由軟體中有 ka-map、openlayers 等軟體，而本軟體使用由 University of Minnesota 發展的 Map Server 作為 GIS 伺服器，它是一個符合 OGC Web Mapping Testbed 規格的自由軟體，以 CGI 的方式與各軟體、資料庫進行聯繫與存取資料，利用 gd library 將從檔案或資

料庫抓取的空間資訊轉換成圖形在傳回到使用者的瀏覽器，如圖 2-24 所示；在 client 端不必像某些 Web GIS 軟體需要加裝特有的瀏覽套件就可以直接進行操作，對使用者來說相當方便。

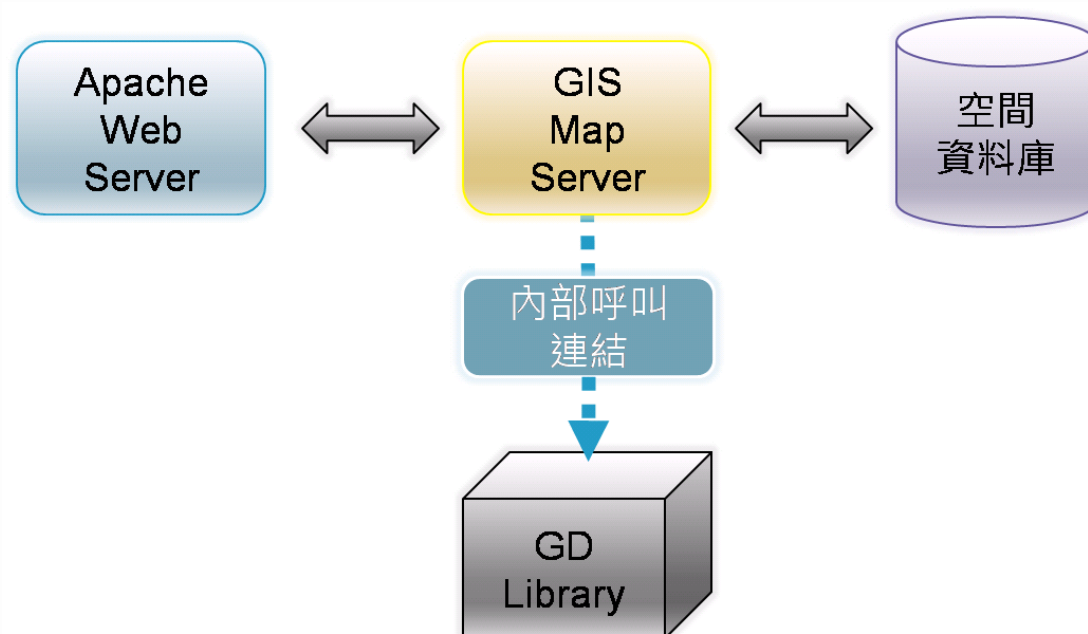


圖 2-24 Map Server 架構

Map Server 其主要功能為在接受使用者端的指令後，到後端空間資料庫中查詢並擷取相關的空間資料並以相關程式進行轉圖、字形轉換、比例尺製作等等。關於 Web GIS 之作業流程將於手冊 2.3 節(系統實作)詳細說明。

2.2.5 資料庫查詢相關技術

資料庫(database)為一組相關資料之集合。透過資料(data)，可得知所記錄下來的事實以及它所隱含的意義。

從資料庫開始發展以來，已有衍生出許多資料庫模式，如階層式、網路式、反轉和關聯性等。階層式、網路式、反轉為早期常用之

資料庫模式，而關聯性資料庫自 1970 年代開始發展至今，已為主流之資料庫系統。關聯性資料庫可區隔資料之實際儲存方式與概念上的表示方式，並提供資料庫在數學上的理論基礎。關聯性資料庫還可提供高階的查詢語言(query language)，在撰寫新查詢時會比程式語言介面快很多。關聯性資料庫會以 (Entity-Relationship model，簡稱 E-R model)來表示資料結構與內容之概念設計，經由 E-R model 再來進行資料庫之實體設計，比起早期資料庫模式更來得有彈性。

實體關係模型(E-R model)，顧名思義就是將資料模型分為實體(entity)與 (relationship)兩大部份，此外尚有屬性(attribute)。「實體」代表真實世界裡的一個物件或一種觀念，例如資料庫裡的員工和專案；「關係」代表實體間的互動，例如某員工與某專案之執行關係；「屬性」代表描述某個實體的重性，例如員工的姓名或性別。實體關係圖(E-R diagram)可用來表示各項 E-R model 中之各實體、屬性及其關係，如圖 2-25 所示。圖中包含有實體(員工、專案)、屬性(名稱、電話等)以及關係(專案執行)，而圖中之 1 與 N 即表示員工與專案為一對多之關係。由於目前軟體設計與軟體工程領域常使用到 UML 之方法，因此許多資料庫管理者也利用 UML 之類別圖(class diagram)來設計資料模型，與實體關係圖其實非常相似。

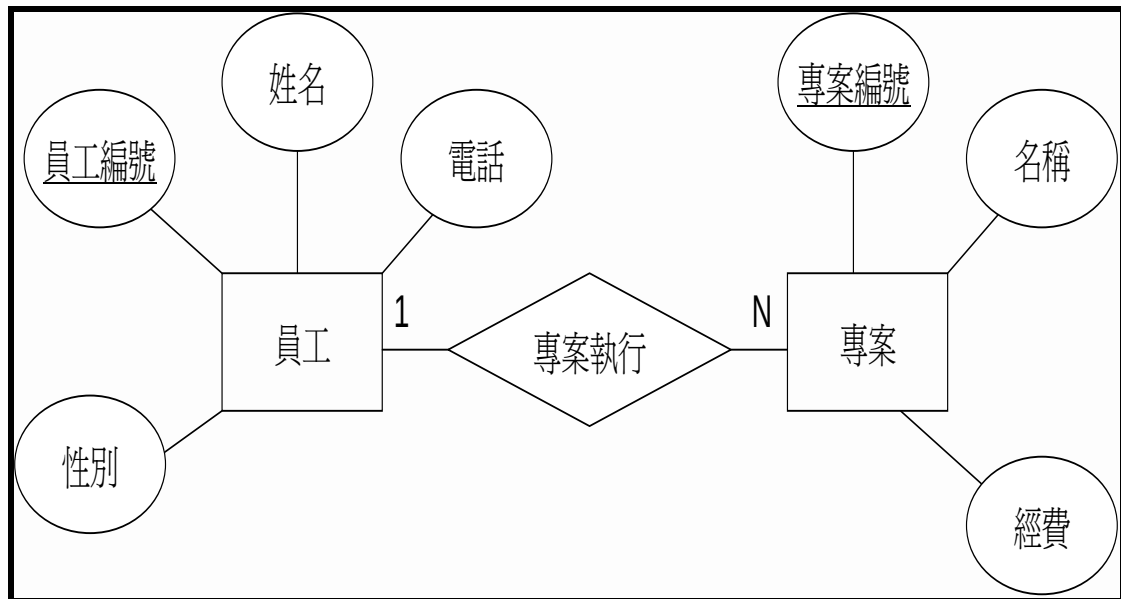


圖 2-25 實體關係圖(E-R diagram)範例



2.3 系統實作

對於所開發之都市暴雨模擬分析系統須包含之必要元件如 MySQL 資料庫系統、Apache Web Server 網路伺服器、Web GIS Map Server 地圖伺服器、即時水理運算模組，以下是說明如何利用上述元件，整合實作出系統架構，並敘述其方法步驟。

由於都市暴雨模擬分析系統是以台北市為研究對象，所以開發都市暴雨模擬分析系統必須先行取得台北市地區相關之雨量水位資料。因此向台北市政府索取了部份相關資料，目前資料主要以台北市水利處之監測資料為主，其資料內容如下：

1. 歷史水位資料：資料時間範圍由 2002 年至 2006 年之間，資料內容為記錄期間內台北市所發生暴雨事件之下水道水位站水位，水位記錄為以海平面為基準之絕對高程(m)，另外，資料為每分鐘一筆記錄。

2. 歷史雨量資料：資料時間範圍由 2002 年至 2006 年之間，資料內容為記錄期間內台北市所發生暴雨事件之水利處雨量站之降雨量，降雨量以每分鐘累積雨量(mm)記錄，所以資料也為每分鐘一筆。
3. 歷史抽水站內外水位及抽水機及閘門啟閉資料等：資料時間範圍由 2002 年至 2006 年之間，由於資料量龐大，目前無法完全取得，所以目前資料內容主要以景美溪流域之各抽水站排水系統為主，包含有抽水站之內外水位資料及抽水機及閘門啟閉資料。內水位資料為下水道之水位高程(m)，外水位則為河川水位高程(m)，另外抽水機及閘門啟閉資料則記錄抽水機及閘門開啟與關閉之狀態，其抽水站相關資料接收時間可記錄至秒。
4. 下水道水位站資料：為近期台北市下水道水位站資料，共有 125 個水位站，其資料包含水位站編號、名稱、所屬行政區、所屬抽排水系統、站址、所屬人孔、地面人孔高程、管線底高程、點位座標等，另外還包括其分級之警戒水位。
5. 抽水站資料：台北市抽水站抽排水系統之測站編號以及測站名稱，共有 64 個抽水站抽排水系統。
6. 雨量站資料：由台北市水利處所管轄之雨量站之測站編號以及測站名稱，共有 19 個水利處雨量站。

並將與台北市取得之雨量水位資料完成資料分析與整理，如資料庫各資料表及其欄位設計，另外還有資料之實體關聯圖，並將資料建置於系統資料庫，其詳細說明如下。

系統資料庫主要以 MySQL 關聯性資料庫建置而成，此資料庫伺

服器為 Open Source，無需額外支付軟體使用費。將台北市取得之資料分析完成後，並整理出其 E-R Model(如圖 2-26 所示)，各實體間存在關聯性以建立其關係，目前圖中有九個實體對應資料庫之九份資料表，當某資料表中之某筆資料刪除時，資料庫則會自動將其他資料表中與此筆刪除資料有關之資料也一併刪除。其資料表內容如下：

1. 抽水站資料表(pumpstation)：包含抽水站 ID、抽水站名稱等欄位。
2. 抽水站內外水位資料表(pumpstation_iowaterlevel)：抽水站 ID、資料接收時間、內水位資料及外水位資料等欄位。
3. 抽水站閘門啟閉資料表(pumpstation_gate)：抽水站 ID、資料接收時間、閘門啟閉之記錄等欄位。
4. 抽水站抽水機啟閉資料表(pumpstation_pump)：抽水站 ID、資料接收時間、抽水機啟閉之記錄等欄位。
5. 暴雨事件資料表(event)：事件 ID、事件名稱等欄位。
6. 雨量站資料表(rainfallstation)：雨量站 ID、雨量站名稱、所屬單位等欄位。
7. 歷史雨量資料表(historic_rainfall)：資料接收時間、雨量站 ID、降雨量、所屬事件 ID 等欄位。
8. 水位站資料表(watermeter)：水位站 ID、水位站名稱、一級警戒值、二級警戒值、三級警戒值、所屬單位等欄位。

9. 歷史水位資料表(historic_waterlevel)：資料接收時間、水位站 ID、水位、所屬事件 ID 等欄位。

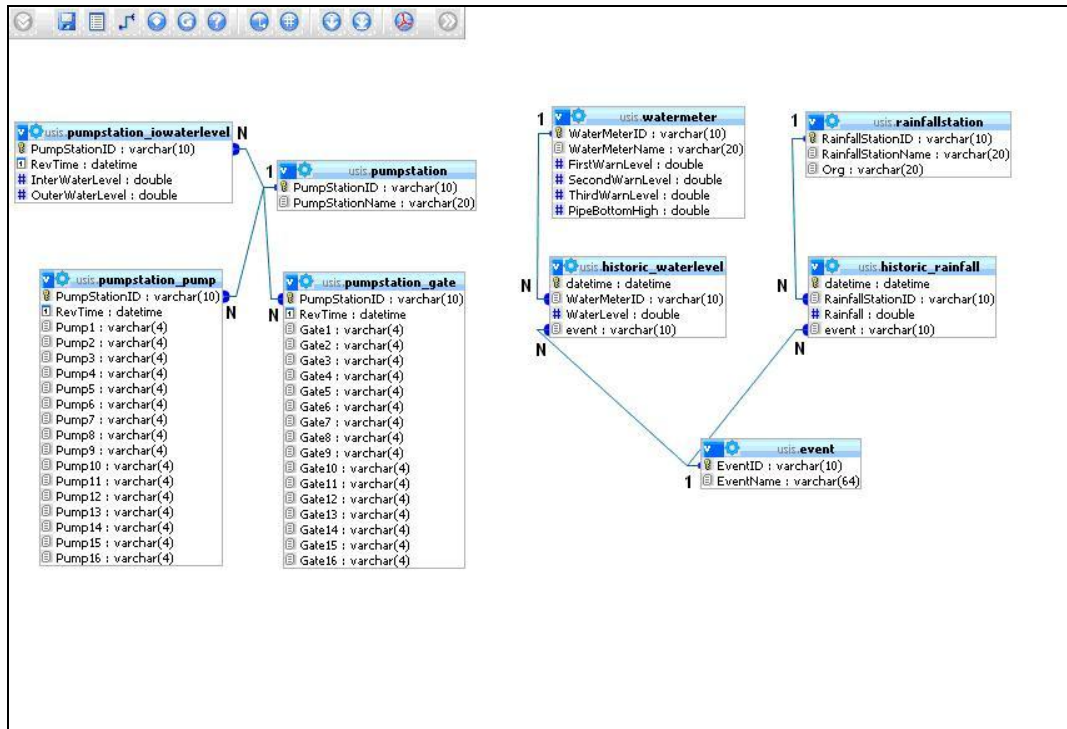


圖 2-26 都市暴雨模擬分析系統資料庫之 E-R Model

當資料分析階段完成後，則進行原始資料載入資料庫階段，但由於原始之歷史雨量及水位資料格式(如圖 2-27、圖 2-28 所示)為資料接收時間與雨量站或水位站所對應之降雨量或水位記錄，並且雨量及水位記錄在同一張資料表，與系統資料庫之資料表格式不符合，另外時間格式也不是資料庫之格式，所以需要進行資料格式轉換以符合資料庫所需。因此，使用 C++ 程式語言撰寫格式來進行格式轉換，更改其原始資料之時間格式，並將雨量及水位資料分開為兩張獨立資料表，重新整理後載入資料庫(如圖 2-29 所示)。

023		0													
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	時間	湖田國小	大屯國小	桃源國中	北投國小	陽明國中	太平國小	民生國中	中正國中	三興國小	格致國中	平等國小	至善國中	碧湖國小	東湖國小
2	2005/6/3 10:01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	2005/6/3 10:02	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	2005/6/3 10:03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	2005/6/3 10:04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	2005/6/3 10:05	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	2005/6/3 10:06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	2005/6/3 10:07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	2005/6/3 10:08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	2005/6/3 10:09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	2005/6/3 10:10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	2005/6/3 10:11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	2005/6/3 10:12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	2005/6/3 10:13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0
15	2005/6/3 10:14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	2005/6/3 10:15	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0
17	2005/6/3 10:16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	2005/6/3 10:17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	2005/6/3 10:18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	2005/6/3 10:19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0
21	2005/6/3 10:20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	2005/6/3 10:21	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0	0.5	0	0.5	0	0	0
23	2005/6/3 10:22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

圖 2-27 原始資料格式(雨量部份)

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

圖 2-28 原始資料格式(水位部份)

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

圖 2-29 建置後資料庫之雨量資料表

● 水文氣象資料查詢子系統建置

水位氣象資料查詢子系統主要以 PHP 語言、MySQL Server 及 Apache Server 來運作，其中 MySQL Server 做為系統後端資料庫系統，Apache Server 做為網頁伺服器，最後則利用 PHP 實作出雨量水位資料查詢功能。此子系統主要分為雨量、水位兩種查詢功能，再依照時間分為逐時與逐日查詢，共有七種查詢功能，以及繪製雨量組體圖與水位歷線圖功能(如圖 2-30 所示)。以下將依其各項功能作詳細介紹：



圖 2-30 雨量水位資料查詢子系統架構

1. 逐時雨量計資料查詢：

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

2. 逐日雨量計資料查詢：

與逐時雨量計資料查詢作法相同，但將逐時查詢改為逐日查詢。

3. 逐時水位計水位資料查詢：

水位計資料查詢可以查詢測站水位計在某時間範圍內之變化，由於原始資料是每分鐘一筆，如果未經過整理，直接提供使用者查詢，查詢結果只會是龐大的資料檔，並無實際用途。由於水位並

不同於雨量是屬於每分鐘累積加總，而是每分鐘記錄其實際水位值。因此，使用 AVG() 函數來處理每小時之平均水位，將亦即每小時的資料加總之後作平均值，即為逐時水位計資料。

4. 逐時內水位與外水位資料查詢：

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

5. 以內、外水位資料查詢測站：

在此功能裡，可以水位值來查詢測站，可以選定時間和水位值範圍來查詢相關測站。其主要作業流程如圖 2-31 所示。

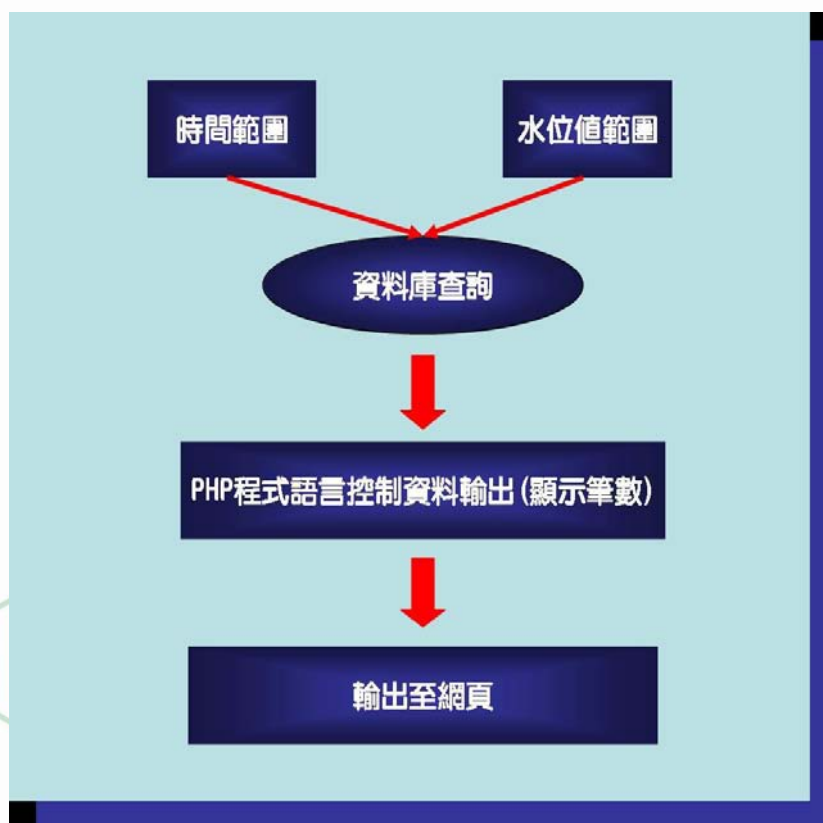


圖 2-31 以內、外水位值查詢測站之作業流程

6. 繪製雨量圖與水位圖：

圖表之繪製，主要是由使用者於執行查詢時，所選擇之時間範圍和測站值，來做繪製雨量組體圖或水位歷線圖之動作，其作業流程如下圖 2-32 所示。

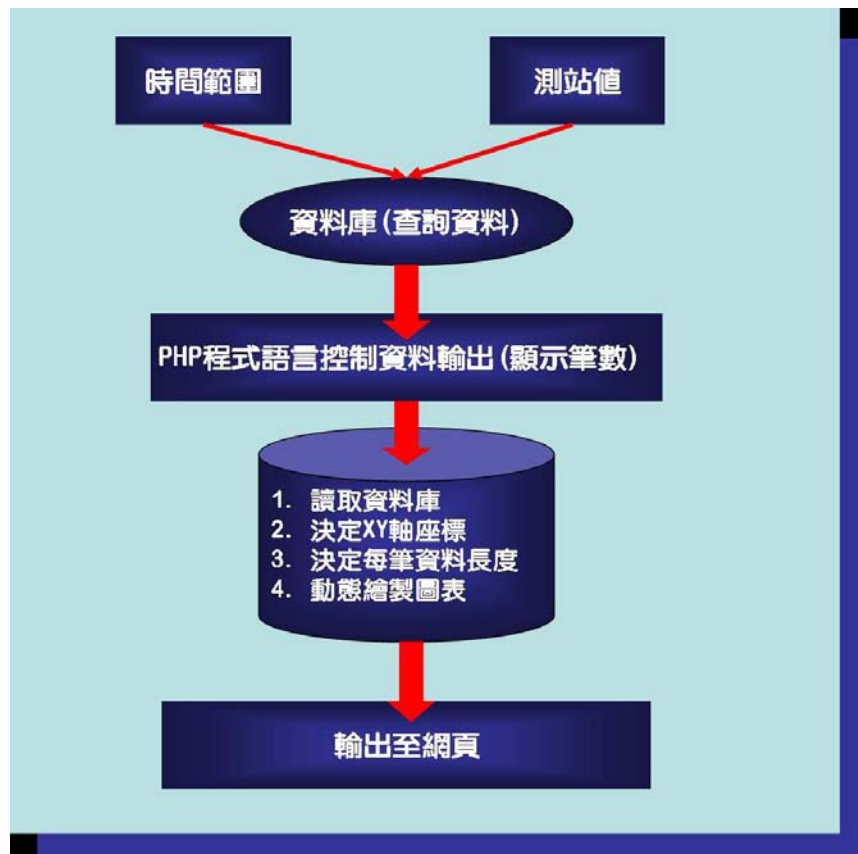


圖 2-32 雨量組體圖與水位歷線圖繪製流程

● Web GIS 子系統作業流程與實作

對於 Web GIS 子系統接收到 Client 端的使用者訊息時，其作業流程如圖 2-33 所示，詳述如下：

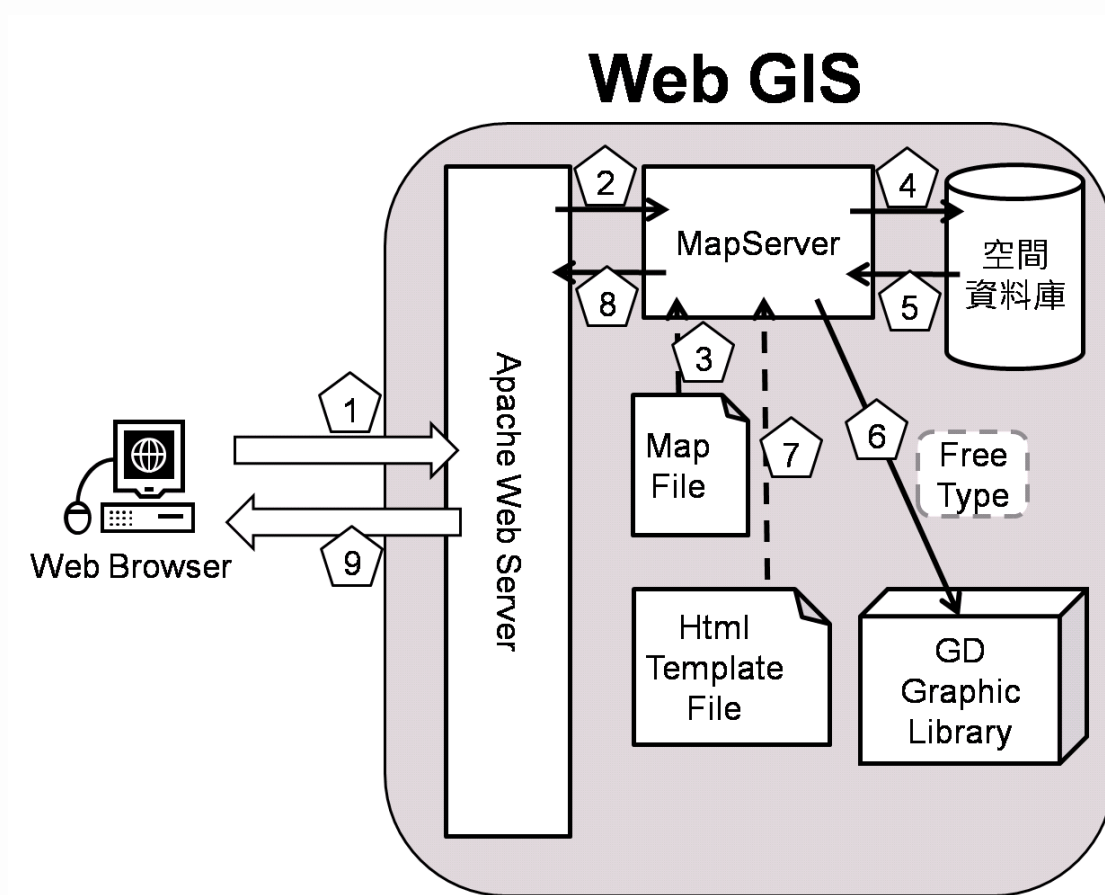


圖 2-33 Web GIS 系統作業流程

1. 使用者經由瀏覽器將請求傳至 Apache Web Server。(如圖 2-33 之步驟 1)。
2. Apache Web Server 接收到使用者請求後，將使用者所下達之相關參數轉送至 MapServer，如圖 2-33 之步驟 2。
3. MapServer 接收到 Web Server 所傳送之相關參數時，先由參數中的所指定的地圖定義檔(.map 檔，即圖 2-33 中之 Map File)查知圖層資料名稱、屬性資料表格以及相關空間資料檔案路徑等相關訊息後(如圖 2-33 之步驟 3)，向空間資料庫要求相關空間及屬性資料(如圖 2-33 之步驟 4)。

4. MapSever 由空間資料庫接收相關資料(如圖 2-33 之步驟 5)，先進行文字(屬性)的轉圖工作，這項工作其實是呼叫 FreeType Font Engine 配合 GD Graphics libray 將文字資料轉成圖型，再將空間資料由 GD Graphics libray 轉成 png 幾何圖形檔，最後 MapSever 將文字圖形套疊到幾何圖形中(圖 2-33 之步驟 6)。
5. 幾何圖形檔製作完成後，MapSever 依定義檔中的相關定義資訊，抓取指定的網頁展示樣版檔(Html template file)，以接續進行 HTML 及顯示畫面的配置與相關資料、圖形(如：比例尺、參考文字等)的產生與嵌入工作，將動態產生的空間資訊圖檔嵌入樣版檔已產生最後的 HTML 檔(如圖 2-33 之步驟 7~8)。
6. 當完成上述流程後，最後再由 Apache Web Sever 將結果傳送回客戶端，使用者即可於瀏覽器上得到 Web GIS 所呈現之地圖資訊(如圖 2-33 之步驟 9)。

所以使用者若經由都市雨水下水道即時預警子系統之模擬功能，將可得知雨水下水道之水理資訊，如果再請求子系統作即時預警展示，此時子系統會將特定之人孔資料配合空間資料，即時繪製出各級警戒人孔之點位圖層資料(create_shapefile()函數)，再啟動 GIS Map Server 以將 GIS 相關資料轉換為圖形資料(GIS_data_transform()函數)，以完成即時預警展示功能。以下將說明如何實作 GIS_data_transform()函數以及 create_shapefile()函數。

(A) GIS_data_transform()函數實作

首先必須架設 GIS Map Server 及設定其相關檔案，實作出 GIS_data_transform()函數，將 GIS 相關資料轉換為圖形資料。MapServer 之運作必須要有起始啟動設定檔、圖層資料(Shapefile)、地

圖定義檔(.map 檔)以及網頁展示樣版檔(Html template file)四項文件檔案。因此，使用 MapServer 須先自行設定此四項檔案方可運作，以下將分別介紹此四項文件檔案：

1. 起始啟動設定檔(Index.html)：此網頁檔案主要用來啟動 MapServer CGI 程式，並可作相關的起始設定，以溝通 MapServer 進行運作。例如圖 2-34 中，第 11 行程式碼為設定 MapServer CGI 程式之路徑；第 12 行為設定所選用的 MapServer 地圖定義檔(.map 檔)；第 13 行為設定放大縮小之倍率；第 14 行則為設定一開始 Web GIS 預先展示之圖層(如台北市行政區、中港抽水站集水分區、台北市河川、中港人孔雨水下水道管線等)。

```
1 <html>
2 <head>
3 <title> Web GIS 人孔水位預警展示 </title>
4 </head>
5
6 <body onLoad="send();" bgcolor="#E6E6E6" >
7
8     <h1>Going To Map...</h1>
9
10     <form name="sendForm" method="GET" action="/cgi-bin/mapserv.exe">
11         <input type="hidden" name="program" value="/cgi-bin/mapserv.exe">
12         <input type="hidden" name="map" value="C:\xampp\htdocs\gis\taipei.map">
13         <input type="hidden" name="zoomsize" size=2 value=2>
14         <input type="hidden" name="layers" value="台北市行政區 中港抽水站集水分區 台北市河川 中港人孔
    雨水下水道管線 實踐保儀六館人孔 實踐保儀六館集水分區 實踐保儀六館管線 v1 v2 v3">
15
16     </form>
17 </body>
18 </html>
19
```

圖 2-34 起始啟動設定檔之程式碼

2. 圖層資料(Shapefile)：圖層資料必須存放於空間資料庫，以提供 MapServer 使用，因此在實作都市雨水下水道即時預警子系統時，須自行建立一名稱為 data 之資料夾存放圖層資料。所使用之圖層資料是與台北市水利處所取得，包含有台北市行政區、抽水站集水區、下水道管線等。

3. 地圖定義檔(.map 檔)：為 MapServer 運作之依據，地圖定義檔中可設定許多 MapServer 內部運作之相關參數設定(如圖 2-35~圖 2-37 所示)。如各相關檔案路徑(空間資料庫路徑、文字格式檔案、圖層產生暫存路徑、網頁展示樣版路徑等)、初始顯示區域、地圖圖徵樣式設定(點、線、面樣式)、比例尺設定、各圖層展示樣式等各種設定。

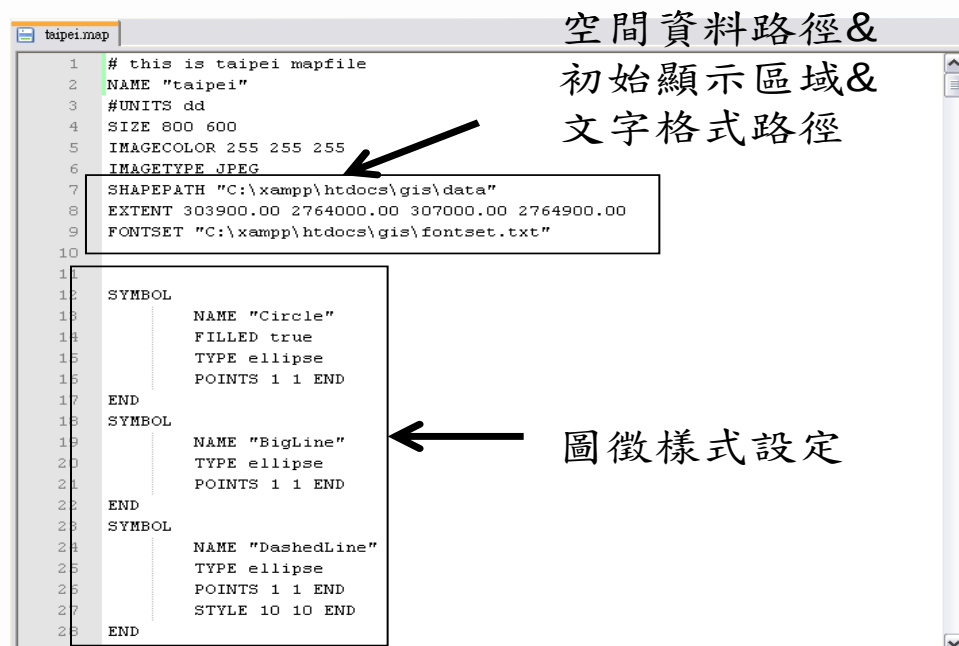


圖 2-35 .map 檔片段程式碼示意之 1



圖 2-36 .map 檔片段程式碼示意之 2

<pre> 130 LAYER 131 NAME "水利處雨量站" 132 STATUS on 133 TYPE point 134 DATA "水利處雨量站" 135 LABELITEM "NAME" 136 CLASS 137 NAME "水利處雨量站" 138 STYLE 139 SYMBOL "Circle" 140 SIZE 6 141 COLOR 0 0 255 142 143 END 144 LABEL 145 COLOR 0 0 255 146 OUTLINECOLOR 255 255 255 147 ENCODING BIG5 148 SIZE 10 149 POSITION auto 150 TYPE TRUETYPE 151 FONT "min" 152 END 153 END 154 END </pre>	<pre> 117 LAYER 118 NAME "台北市河川" 119 DATA "河川" 120 STATUS ON 121 TYPE polygon 122 LABELCACHE on 123 CLASS 124 NAME "台北市河川" 125 STYLE 126 COLOR 30 144 255 127 END 128 END 129 END </pre>
---	--

各圖層樣式設定

圖 2-37 .map 檔片段程式碼示意之 3

4. 網頁展示樣版檔(Html template file)：為 MapServer 之展示頁面，當 MapServer 出圖完畢後，即於所設定之網頁展示樣版檔進行展示，此網頁可利用 HTML 語言自行編撰使用控制介面及相關功能，如表格式、勾選式介面等，功能方面則可設定平移、放大縮小、選取欲展示之圖層等功能提供使用者。換句話說，即使用者可利用此網頁控制 Web GIS，當使用者按下網頁之「更新」功能鍵，則系統將 MapServer 重新溝通，依照使用者所需更新圖層地圖(如圖 2-38 所示)。

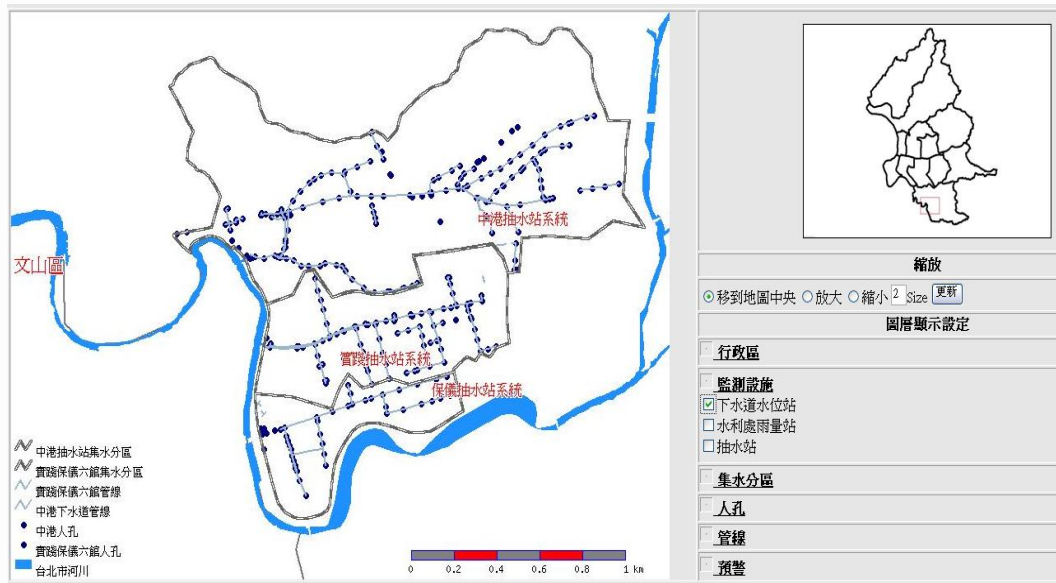


圖 2-38 樣版展示網頁

當設定完成上述四項主要文件檔案後，即可著手安裝 MapServer 地圖伺服器，因為 MapServer 為一 CGI 之程式，並無自動安裝檔，因此必須以手動方式自行將 MapServer 程式執行檔(.exe 檔)置入於 Apache Web Server 中之 cgi-bin 資料夾中，如此 MapServer 才可被啟動及運作。

(B) create_shapefile()函數實作

架設完 GIS Map Server 後，亦即完成 GIS_data_transform()函數之實作，都市雨水下水道即時預警子系統可自動將 GIS 相關資料轉換為圖形資料，實現 Web GIS 之展示功能。但為使雨水下水道即時水理模擬之輸出結果，即時轉換為空間圖層資訊在於 Web GIS 上展示，則必須先由都市雨水下水道即時預警子系統建立人孔分級警戒之 Shape Files 以提供 GIS Map Server 使用，也就是必須先實作 create_shapefile()函數。在此，都市雨水下水道即時預警子系統使用由 GNU(自由軟體基金會)所發佈之 BytesFall ShapeFile(簡寫為 bfShapeFiles)。

BytesFall ShapeFile 是一個免費提供使用的函式庫(library)，它可以讓使用者自行建立和編輯由 ESRI 公司所發行之 Shapefile。BytesFall ShapeFile 是由 Ovidio 於 2006-2007 年以 PHP 程式語言所撰寫而成的函式庫，並且也有取得 GUN GPL(General Public License)所批准之授權軟體，可保障程式設計師以及使用者的權益。bfShapeFiles 目前已確定可以實作出所有的 2D 圖形資料，它也准許使用者可自行建立及編輯 Shapefile，如.shp 檔、.shx 檔以及.dbf 檔，並可讓使用者可自行決定.dbf 檔之資料結構。(http://bfshapefiles.sourceforge.net)

目前 bfShapeFiles 發行至第二版(v0.0.2)，而本研究主要使用其中之兩個檔案，分別為 create_shapefile.php 檔以及 ShapeFile.lib.php 檔。以下將分別作介紹。

1. create_shapefile.php：使用者如想建立新的 Shapefile 檔案，則必須於此檔案，先作一些 Shapefile 產生前之基本資料設定，如圖層之大小及範圍、展示點位之經緯度座標以及圖層名稱等，此外也可於此檔案自行設定 Shapefile 之.dbf 檔案結構，如各類屬性欄位、欄位資料類別(int、char 等)，最後還可將各點位之相關屬性資料加入至.dbf 檔案中，其原始程式碼如圖 2-39 所示。圖 2-39 中，第 2 行程式碼為引用建立 Shapefile 之函式庫(ShapeFile.lib.php)；第 4 行為設定新圖層之大小範圍；6~13 行則為加入新的點位資料(如經緯度座標)以嵌入至此新圖層中作展示；15~17 行則為加入新點位之屬性記錄；19~20 行則為設定.dbf 檔之表格欄位以及各欄位之屬性類別等；24~31 行即為將各點位之屬性資料建立至.dbf 檔表格內；33 行即為圖層儲存之路徑。


```

1 <?php
2 require_once('lib/ShapeFile.lib.php');
3
4 $shp = new ShapeFile(1, array("xmin" => 464079.002268, "ymin" => 2120153.74792, "xmax" => 505213.52849, "ymax" => 2163205.70036));
5
6 $record0 = new ShapeRecord(1);
7 $record0->addPoint(array("x" => 482131.764567, "y" => 2143634.39608));
8
9 $record1 = new ShapeRecord(1);
10 $record1->addPoint(array("x" => 472131.764567, "y" => 2143634.39608));
11
12 $record2 = new ShapeRecord(1);
13 $record2->addPoint(array("x" => 492131.764567, "y" => 2143634.39608));
14
15 $shp->addRecord($record0);
16 $shp->addRecord($record1);
17 $shp->addRecord($record2);
18
19 $shp->setDBFHeader(array(
20     array('ID', 'N', 8, 0),
21     array('DESC', 'C', 50, 0)
22 ));
23
24 $shp->records[0]->DBFData['ID'] = '1';
25 $shp->records[0]->DBFData['DESC'] = 'AAAAAAAA';
26
27 $shp->records[1]->DBFData['ID'] = '2';
28 $shp->records[1]->DBFData['DESC'] = 'BBBBBBBBBB';
29
30 $shp->records[2]->DBFData['ID'] = '3';
31 $shp->records[2]->DBFData['DESC'] = 'CCCCCCCC';
32
33 $shp->saveToFile('data/new_shape.*');
34
35 echo "The ShapeFile was created.<br />\n";
36 echo "Return to the <a href='index.php'>index</a>.";
37 ?>

```

圖 2-39 create_shapefile.php 原始程式碼

2. ShapeFile.lib.php：此檔案即為建立 Shapefile 之函式庫，包含有許多建立 Shapefile 檔案之函式方法。它可取得 create_shapefile.php 檔案中所設定之新圖層基本資料後，經由內部函式，將空間資料轉換成 Shapefile 檔案格式(.shp 檔、.shx 檔、.dbf 檔)，儲存於系統之空間資料庫。

經由都市雨水下水道即時預警子系統之控制元件，把模擬完之人孔水位值先作預警等級之判定，記錄預警之人孔編號，在呼叫 create_shapefile() 函數，以建立新的 Shapefiles，最後再啟動 MapServer，以作即時預警展示。其詳細作法如下：

1. 都市雨水下水道即時預警子系統之控制元件讀入模擬完之各時刻人孔水位資料後，與警戒水位進行比較(其中一級警戒為達到滿管之 50%水位值；二級警戒為 75%；三級警戒為 90%，目前此制定方法主要作為研究之暫定依據，以利研究進行)，如果比較之人孔水位超過各水位警戒值，則會將其人孔編號分別記錄。
2. 都市雨水下水道即時預警子系統之控制元件將各警戒等級之人孔編號資料傳送至 create_shapefile()函數，create_shapefile()函數則以各警戒等級之人孔編號當作索引值，於抽水站人孔經度及緯度座標陣列中取得其人孔座標，以將警戒人孔之點位建立於圖層資料(Shapefiles)中；由於都市雨水下水道即時預警子系統分為三個警戒水位值，所以分別建立三個警戒圖層資料(Shapefiles)。最後，都市雨水下水道即時預警子系統之控制元件則會啟動 GIS Map Server，利用 GIS_data_transform()函數以轉換出圖形資料，於 Web GIS 上作預警展示。因為都市雨水下水道即時預警子系統必須在 GIS Map Server 啟動之前，將各警戒人孔之 Shapefiles 即時建立完成，才可於 Web GIS 上作預警人孔之空間展示，所以此步驟為系統技術整合之要點。

● **都市雨水下水道即時預警子系統之即時水理運算模組(Real-Time Sewer Simulation，簡稱 RTSS)實作**

都市雨水下水道即時預警子系統之水理模擬核心為 RTSS 模組，其 RTSS 模組由 C#程式語言所開發而成，其作業流程(如圖 2-40 所示)主要是經由讀取相關輸入參數檔案(即 RTSS_input 檔，包含模擬時間區間長度、SWMM 參數輸入檔以及降雨資料等，如圖 2-41 所示)後，接著啟動修改之 SWMM-RUNOFF 模式，當演算完畢後，再依照所得之參數判斷是否為初次模擬或接續模擬，並繼續進行修改之 SWMM 雨水下水道模式之模擬演算，如果此時為接續演算之情形時，此模式

將先取得前段模擬記錄之水理資訊，接續前段演算；當模擬完全結束，則將模擬完之輸出結果，作為相關圖表展示之來源資料。

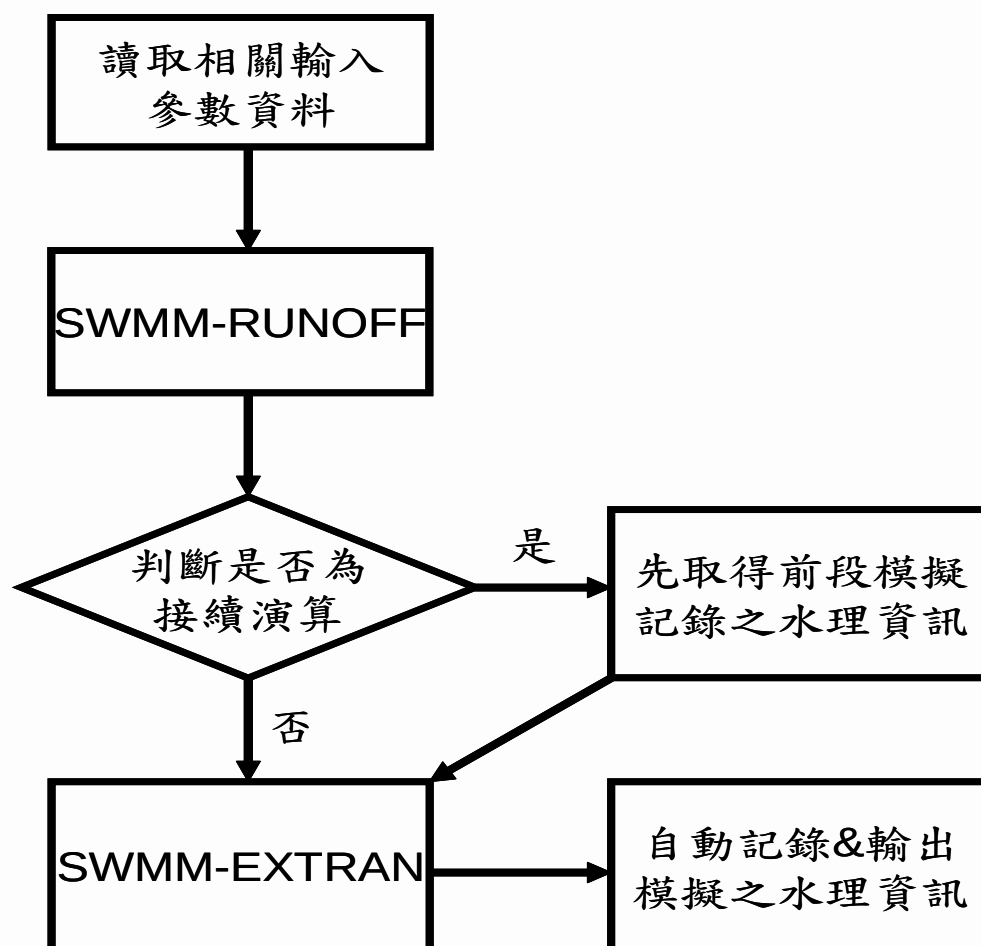


圖 2-40 RTSS 作業流程

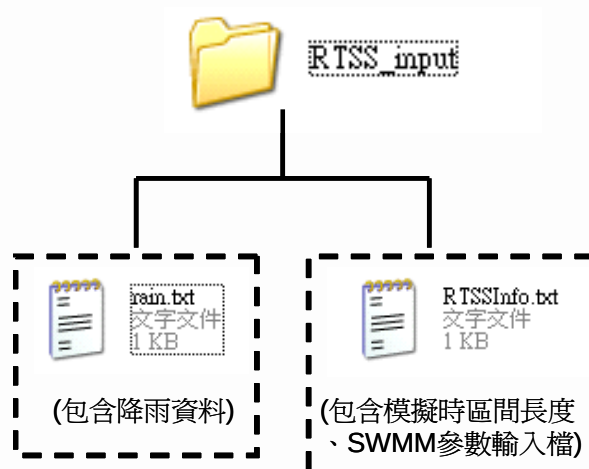
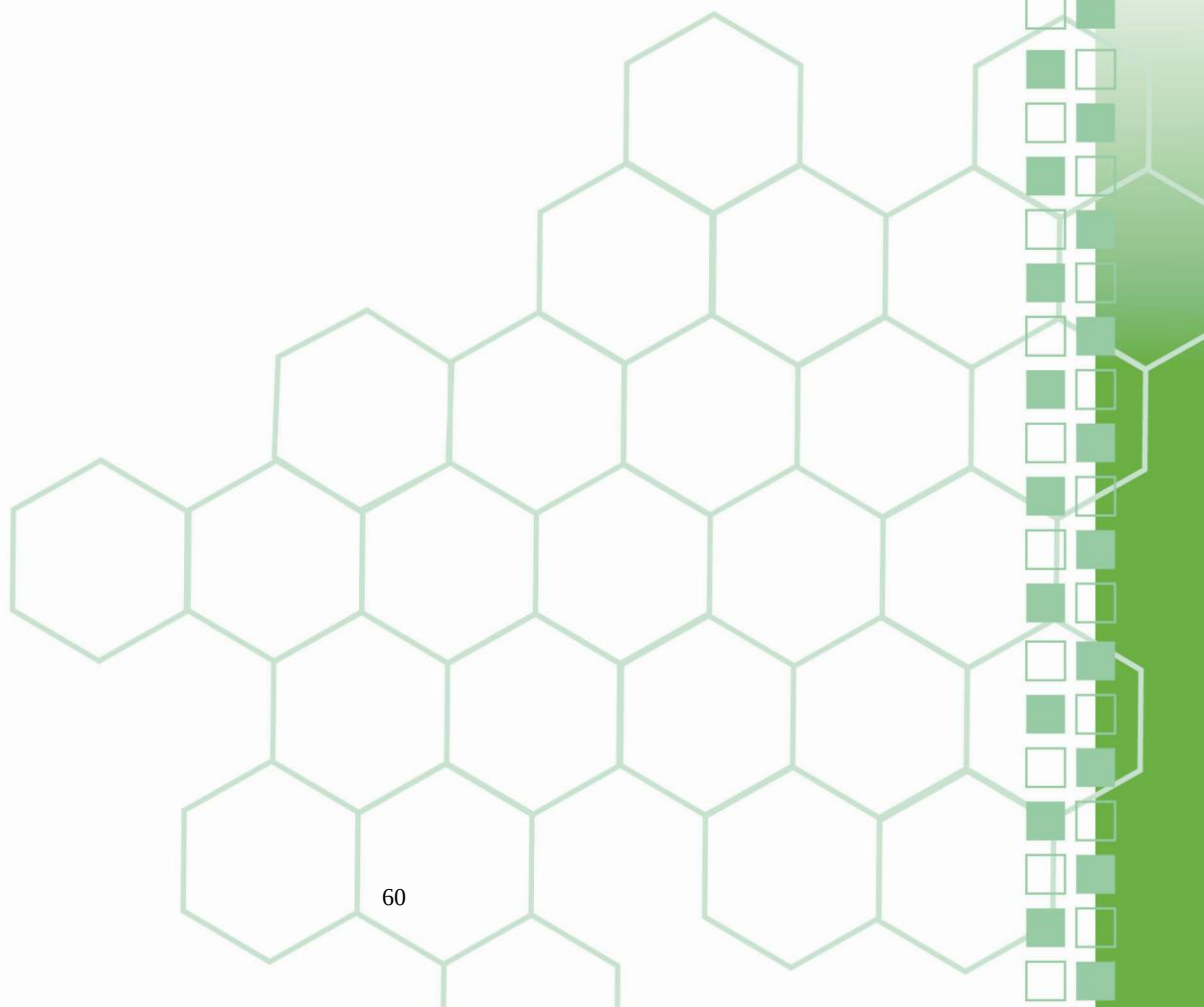
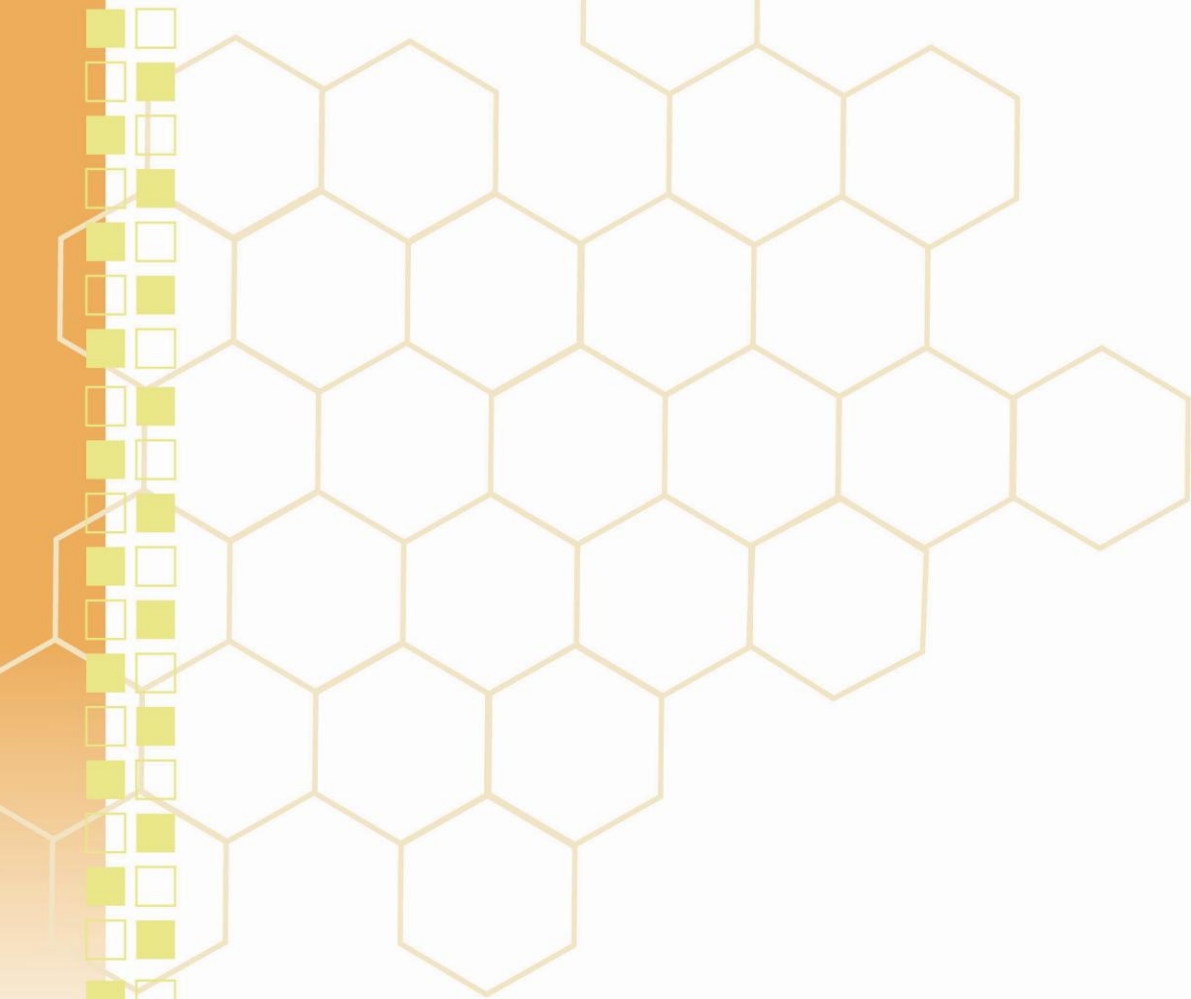


圖 2-41 RTSS 輸入資料檔案





第三章

- 都市暴雨模擬分析 系統使用說明 -

第三章 都市暴雨模擬分析系統使用說明

在都市暴雨模擬分析系統的起始首頁(如圖 3-1 所示)中分為三大欄位，左半部的登入區塊主要可以讓使用者做註冊與登入的動作；在主選單中，可以點選計畫目的、計畫發展背景、歷年成果，來回顧研發此系統的過程與成果；在相關連結的下拉式選單中，可以直接連結到下水道工程技術研發計畫網站與內政部營建署網站，做進一步的資料查詢。中間欄位為敘述都市暴雨模擬分析系統之計畫源起，說明為何要研發此都市暴雨模擬分析系統。右半部欄位則為萬年曆。



圖 3-1 都市暴雨模擬分析系統之起始首頁

新的使用者必須先註冊填寫基本資料(如圖 3-2 所示)，登入後才能使用都市暴雨模擬分析系統之功能。點選 USIS 選單後，即可使用「水文氣象資料查詢子系統」、「Web GIS 子系統」之功能，如圖 3-3 所示；點選 USWS 選單即可使用「都市雨水下水道即時預警子系統」之功能，如圖 3-4 所示。

圖 3-2 都市暴雨模擬分析系統之註冊畫面

圖 3-3 「水文氣象資料查詢子系統」、「Web GIS 子系統」



圖 3-4 「都市雨水下水道即時預警子系統」之頁面

以下將分為四個小節，針對系統介面，以案例方式展示系統操作，分項概述如下：

3.1 Web GIS 子系統展示

為了使模擬結果，可以清楚以空間方式展示於系統上，並說明如何判別哪些人孔將有溢流狀況發生，並讀取各管線和人孔的詳細資料，以下為測試圖例，如點選 GIS 地圖系統可見如圖 3-5 之畫面，頁面大致分為兩欄，左側為地圖顯示區，右側為功能區；功能區上方小地圖為參考圖，圖中會以紅框顯示目前所瀏覽地圖之區域；而功能區下方為地圖縮放功能與圖層顯示設定，而地圖縮放可於 size 前的小方框自行輸入縮放倍率(整數)，選擇放大或縮小後點選更新按鈕或以滑鼠點左側地圖即可產生新的地圖畫面如圖 3-6、圖 3-7 所示，而滑鼠在地圖上所點的位置，會成為新地圖的中心點。

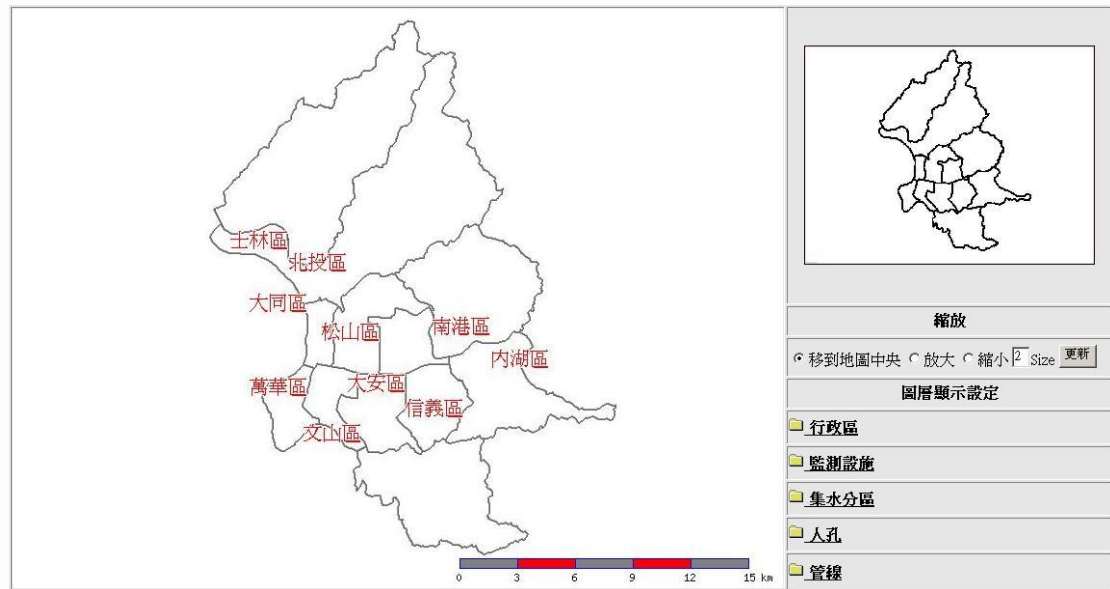


圖 3-5 Web GIS 子系統展示台北市行政區



圖 3-6 此圖為放大 2 倍的結果

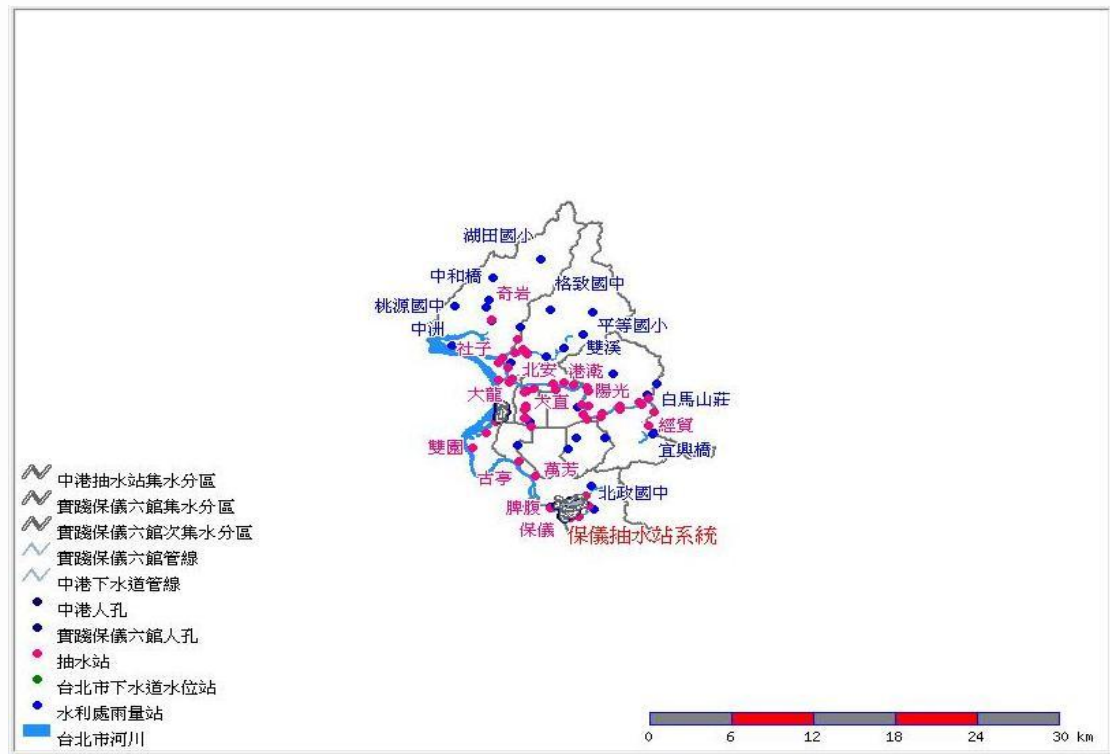


圖 3-7 此圖為縮小 2 倍的結果

圖層顯示設定部份，為樹狀選單如圖 3-8 所示，在選單中選取欲觀看之資料後點更新，並適當的移動跟縮放地圖，即可觀看所選取之資料如圖 3-9、3-10、3-11 分別為中港抽水站集水分區、實踐保儀抽水站集水分區和六館抽水站集水分區。而地圖左下方之圖例會隨所選圖層而變動如圖 3-12 所示，比例尺亦會隨圖縮放而更動。

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

圖 3-8 圖層功能



圖 3-9 中港抽水站集水分區



圖 3-10 實踐保儀抽水站集水分區



圖 3-11 六館抽水站集水分區

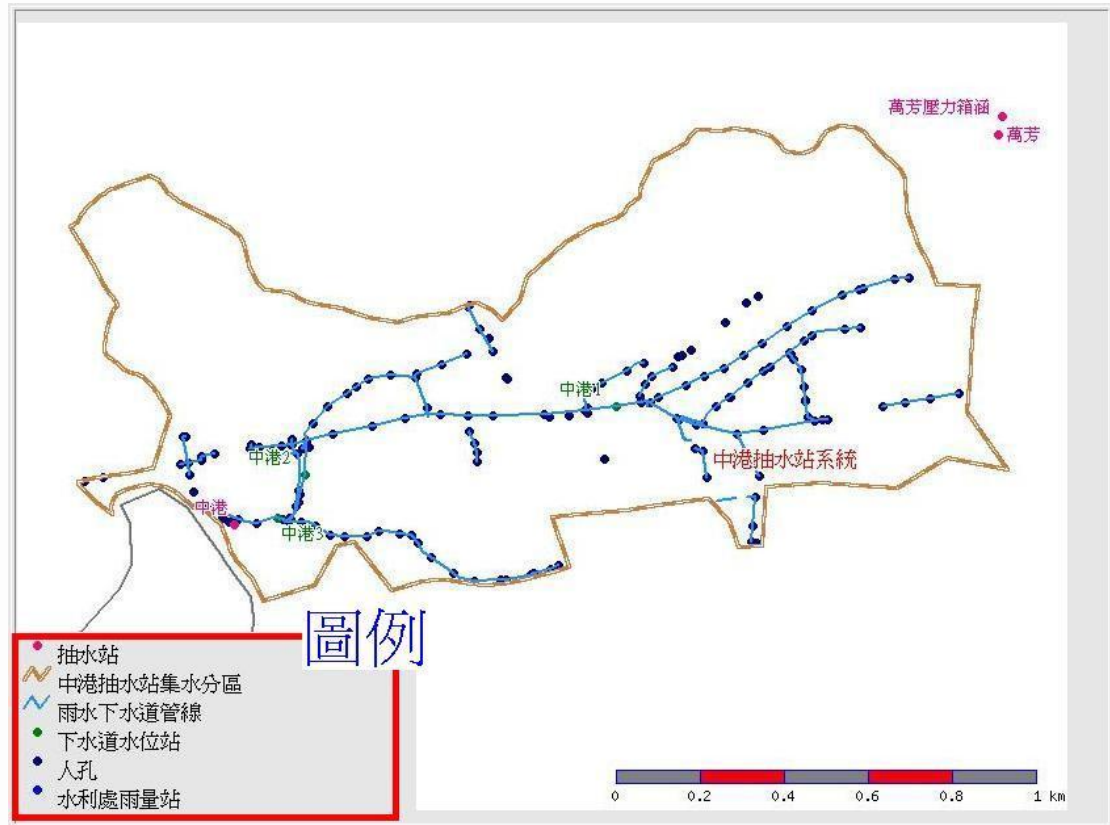


圖 3-12 圖例表

3.2 水文氣象資料查詢子系統展示

此子系統主要分為雨量、水位兩種查詢功能，再依時間分為逐時與逐日查詢，共有七種查詢功能，以及繪製雨量組體圖與水位歷線圖功能，目前水文氣象資料查詢子系統與 Web GIS 子系統已完成整合，點選歷史雨量查詢或歷史水位查詢即可看到如圖 3-13 之畫面，左側為水文氣象資料查詢子系統的樹狀選單如圖 3-14 所示，右側為 Web GIS 子系統。

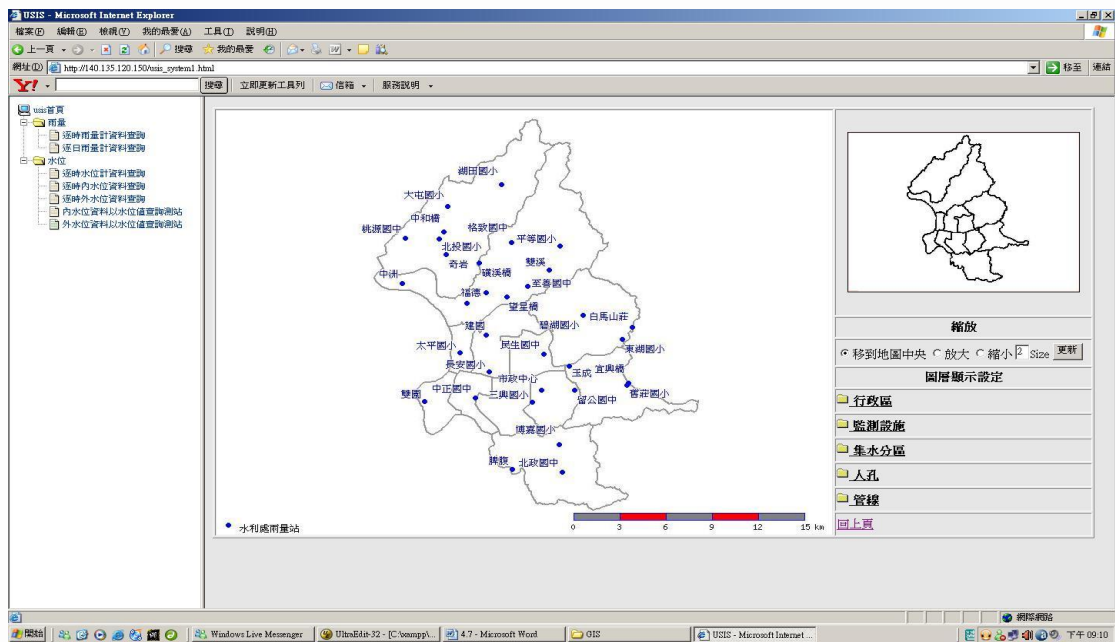


圖 3-13 歷史雨量查詢系統畫面

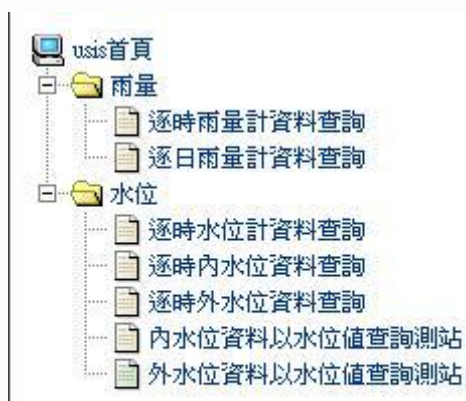


圖 3-14 水文氣象資料查詢子系統之樹狀選單

另外，以逐時、日雨量計查詢為例，使用者可以選擇時間與測站，查詢時間內範圍的雨量如圖 3-15 所示，可以選擇雨量站，並設定查詢起迄時間，選好後按送出即可得查詢結果如，可以知道雨量和圖 3-16 該雨量所發生的事件名稱(如颱風)，並有繪製雨量組體圖，縱軸為雨量單位(mm)，橫軸為時間，若資料量過大可按下一頁觀看後續資料，但雨量組體圖部分需自行按下重新繪圖才能同步更新資訊。



圖 3-15 湖田國小逐時雨量資料查詢

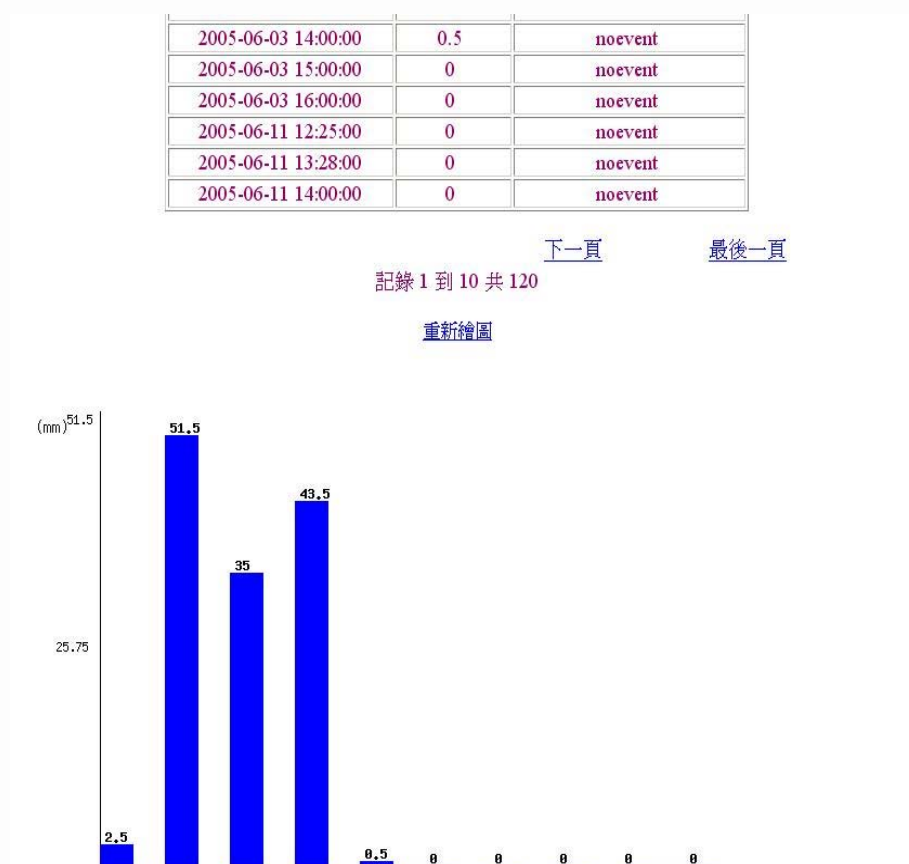


圖 3-16 逐時雨量查詢結果

另外，以逐時水位計資料查詢為例，水位計資料查詢(如圖 3-17、圖 3-18 所示)可以查詢測站水位計在某時間範圍內的變化，並以繪圖之方式以水位歷線圖表示水位變動的趨勢。



圖 3-17 逐時水位計資料查詢

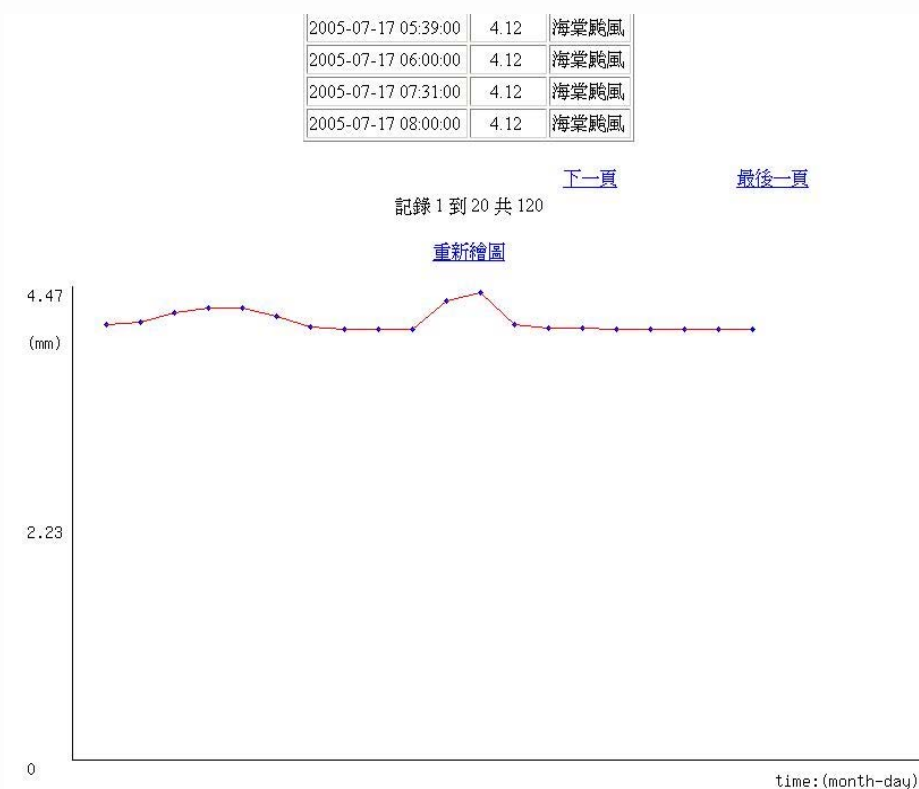


圖 3-18 逐時水位計資料查詢結果

另外，以逐時內、外水位資料查詢為例，每一個測站有分為外水位與內水位，此查詢功能可以查詢時間範圍內的水位計變化，如圖 3-19、圖 3-20 所示。



圖 3-19 逐時內水位資料查詢(以萬芳測站為例)

萬芳逐時內水位資料

查詢時間：2002/1/1至2007/1/1

紀錄時間	水位(mm)
2002-01-01 00:20:51	13.19
2002-01-01 02:00:50	13.19
2002-01-01 03:01:17	13.19
2002-01-01 04:02:05	13.18
2002-01-01 05:00:51	13.17

圖 3-20 逐時內水位查詢結果

另外，以內、外水位資料以水位值查詢測站為例，在此功能裡面，可以水位值來查詢測站，可以選定時間和水位值來查詢資料，水位設定部份可選擇大於、等於、小於所選定的水位高，如圖 3-21、圖 3-22 所示。

逐時內水位資料查詢

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

送出

圖 3-21 內水位資料以水位值查詢測站

逐時內水位資料

查詢時間：2002/1/1至2007/1/1

查詢水位大於13.19

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

圖 3-22 內水位資料以水位值查詢結果



3.3 都市雨水下水道即時預警子系統之即時模擬展示

輸入一組降雨資料，依 SWMM 模擬核心所修改及擴充的即時水理運算模組(RTSS)作演算，提供更即時且準確的預測資料。

使用者將由瀏覽器透過網路連接到都市雨水下水道即時預警子系統入口首頁，圖 3-23 與圖 3-24 為都市雨水下水道即時預警子系統之模擬起始資料設定與即時降雨量資料輸入之示意圖。

圖 3-23 模擬起始資料設定

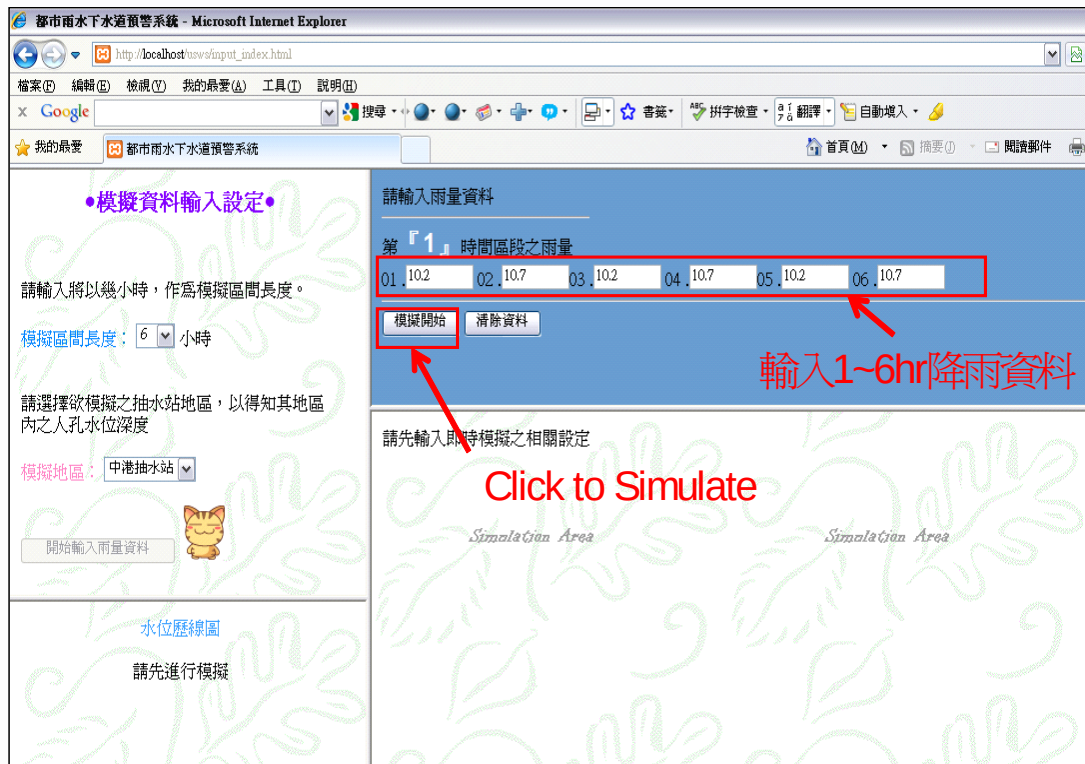


圖 3-24 即時降雨量資料輸入

當資料輸入完成後即可做線上即時模擬，進而得到模擬人孔水深資料，配合人孔編號之下拉式選單，選取指定之人孔編號，即可得到相對應之人孔水深歷線圖，如圖 3-25 所示。

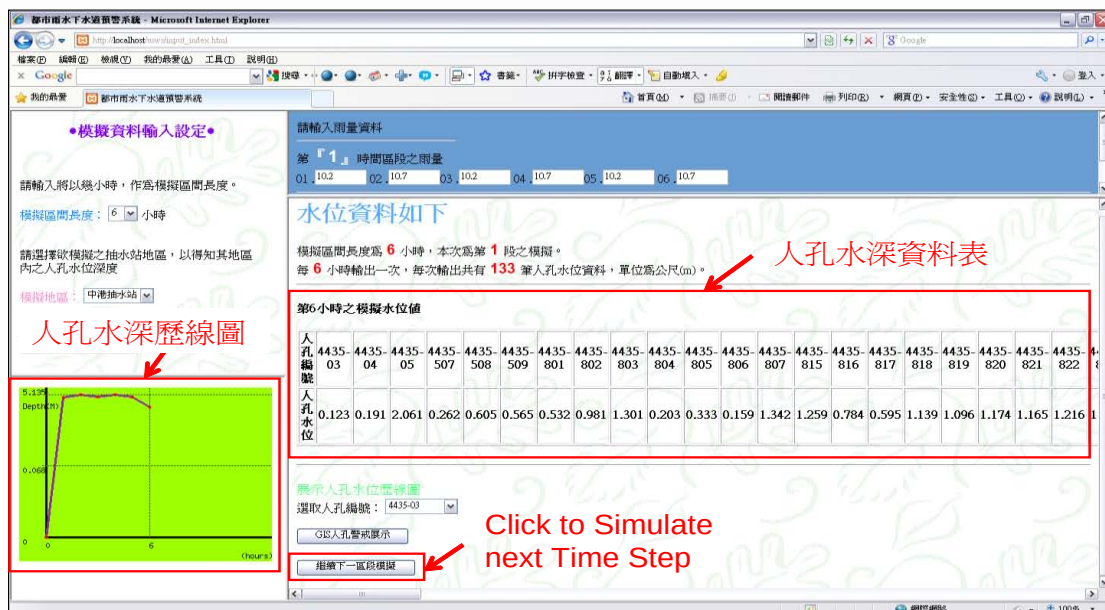


圖 3-25 模擬結果展示



3.4 都市雨水下水道即時預警子系統之即時預警資訊展示

結合 Web GIS 子系統與都市雨水下水道即時預警子系統之即時模擬，把模擬結果即時展現於系統上，並說明如何使用此都市雨水下水道即時預警子系統，當暴雨或颱洪發生時，於線上系統作查詢功能並得知預測水理狀況，列出警戒地點。

以上 3.「都市雨水下水道即時預警子系統之即時模擬展示」與 4.「都市雨水下水道即時預警子系統之即時預警資訊展示」之系統作業流程可見圖 3-26 所示。

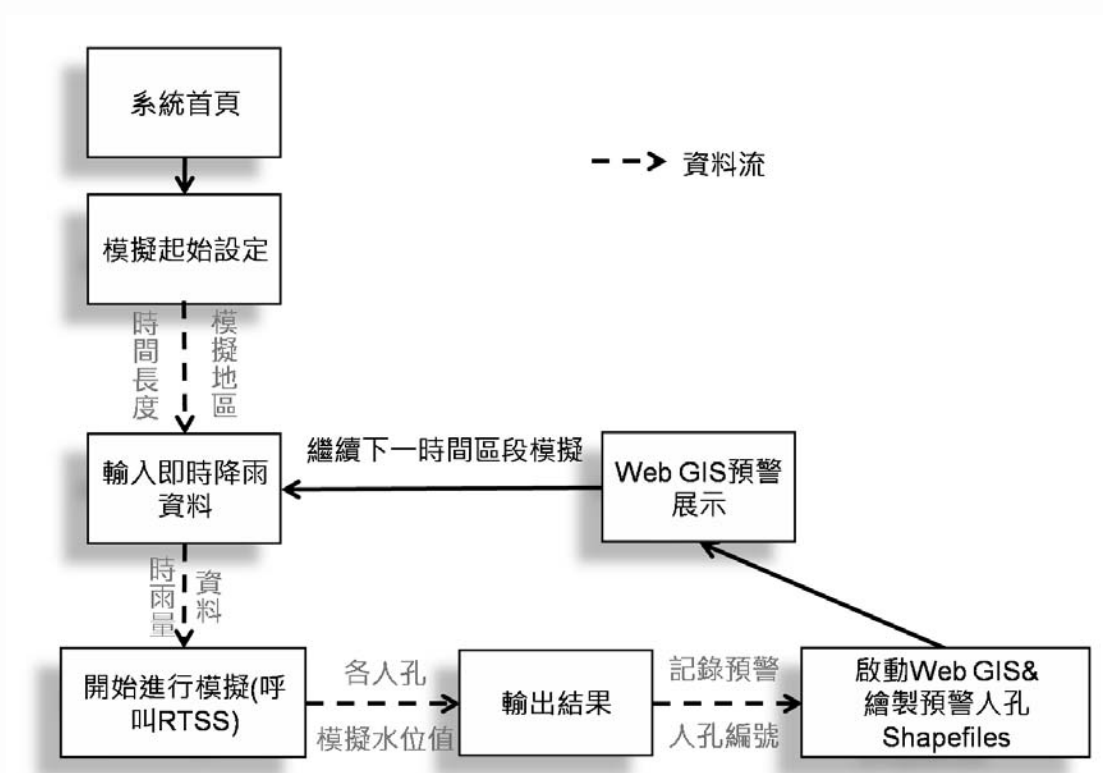


圖 3-26 即時模擬與即時預警資訊展示之系統作業流程

此時，都市雨水下水道即時預警子系統也會自動啟動 Web GIS 子系統，於地圖上展示出各警戒人孔之地理位置(如圖 3-27 所示)，以協助使用者了解何處將有溢流情形產生。

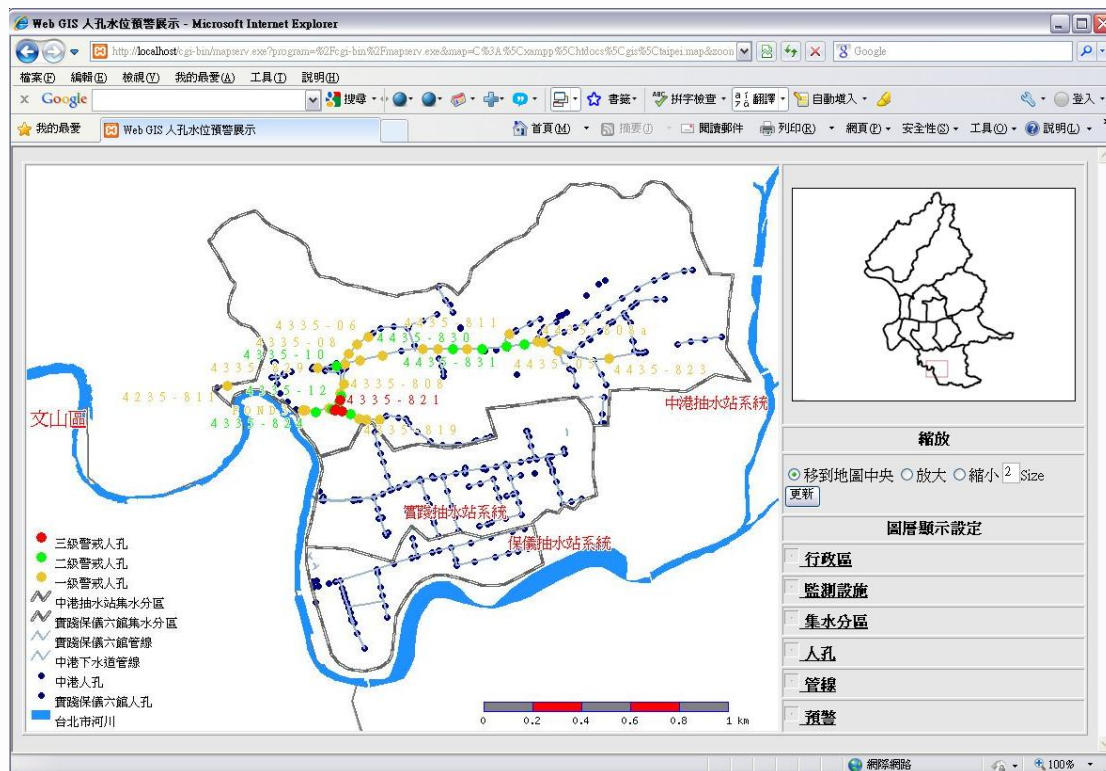
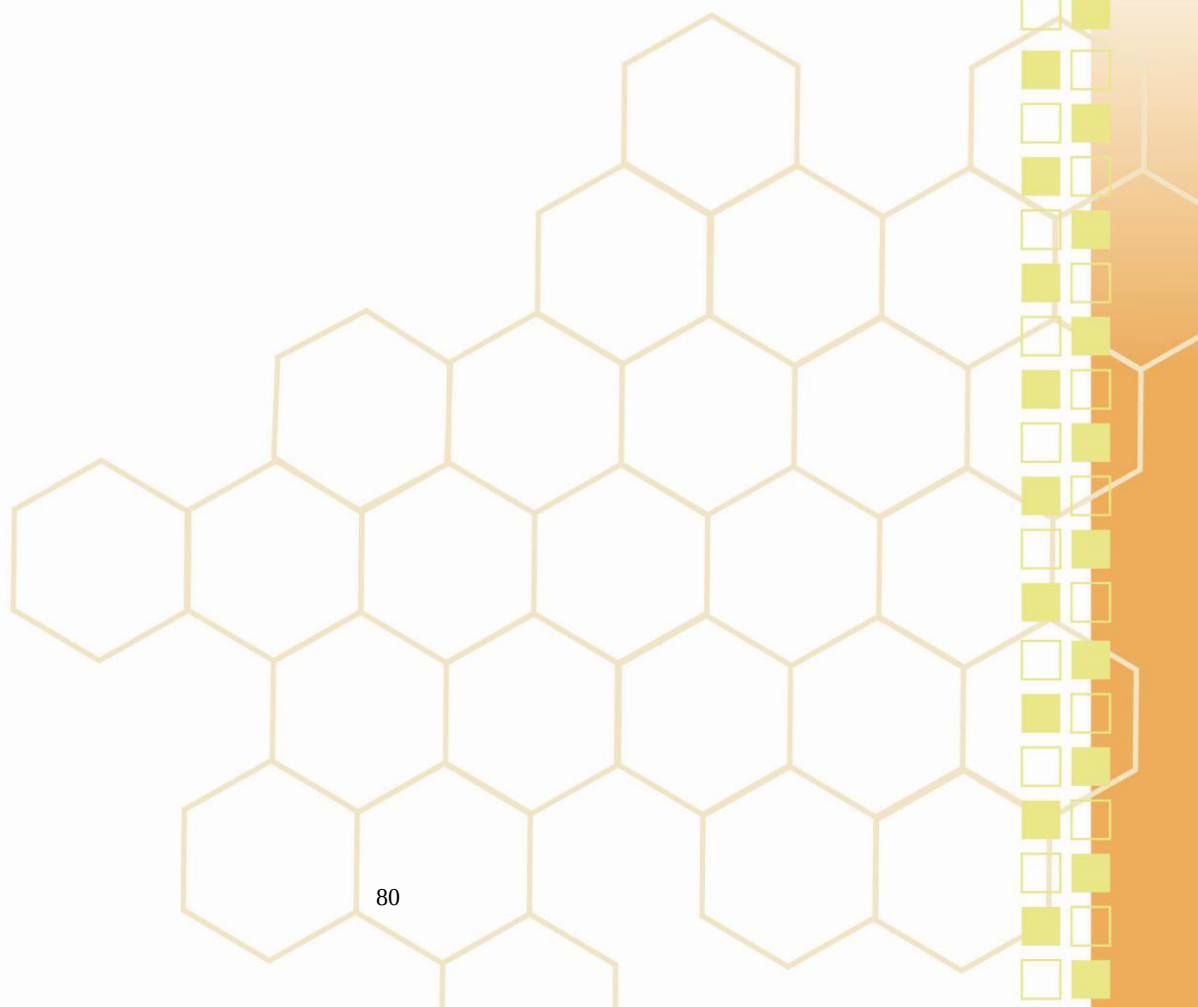
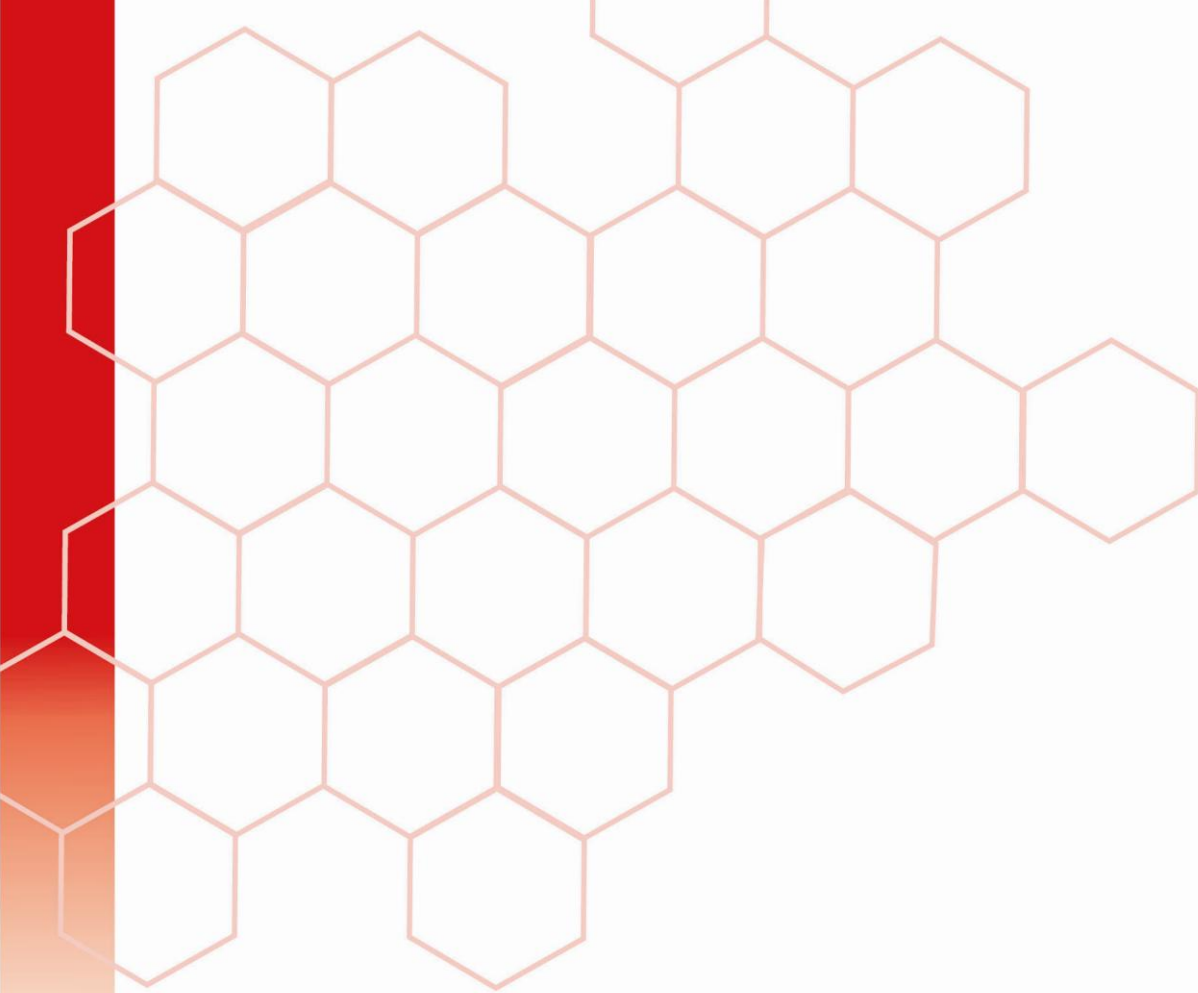


圖 3-27 Web GIS 預警展示





第四章

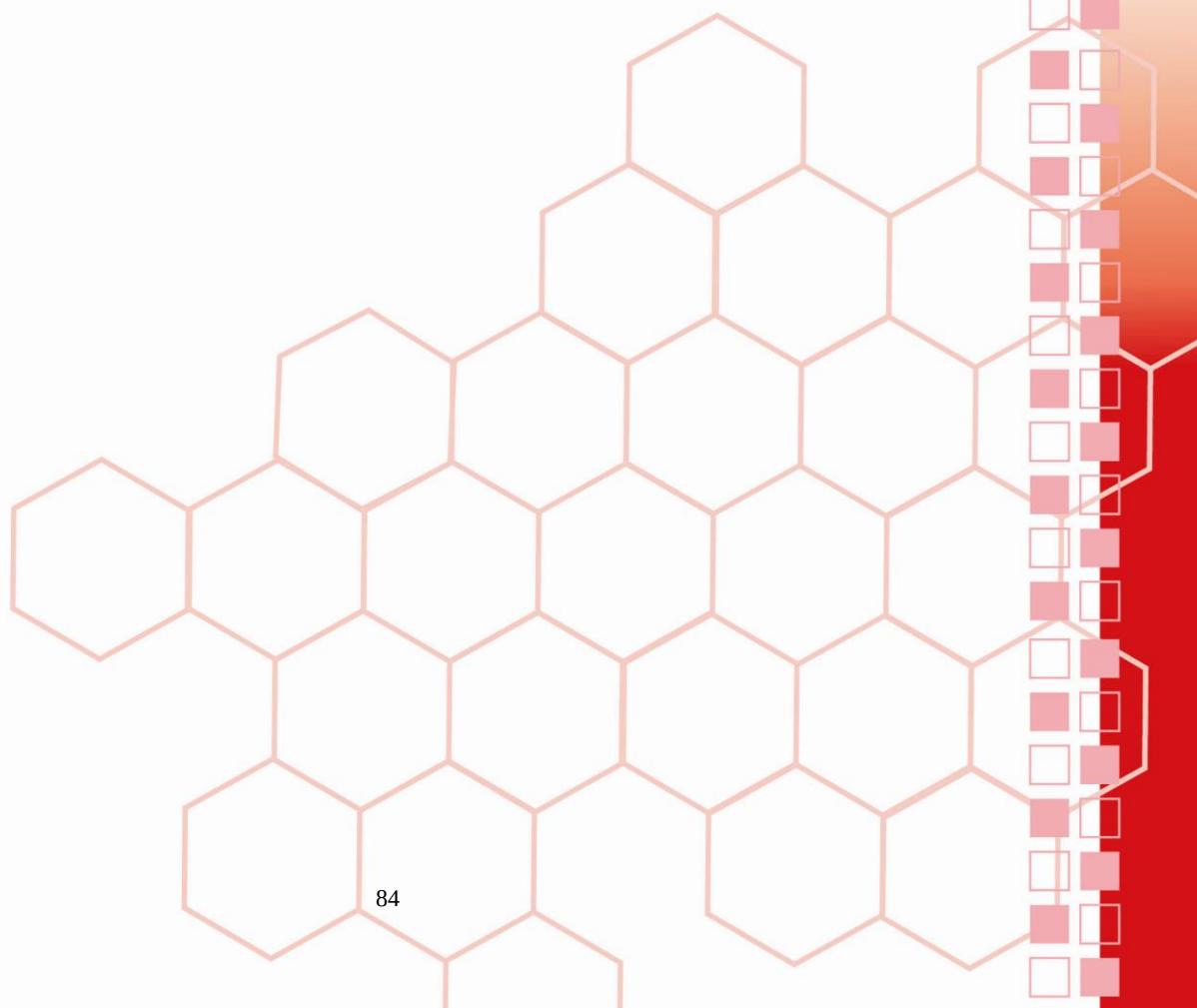
- 結語 -

第四章 結語

本系統主要是以台北市為案例，針對台北市第四排水分區實做出一都市暴雨模擬分析系統，此系統藉由軟體元件(如 Apache Web Sserver 網路伺服器、Web GIS Map Server 地圖伺服器、即時水理模組、MySQL 資料庫系統)之應用，並整合其技術，使其能提供便捷之查詢服務與有效之防災預警展示。

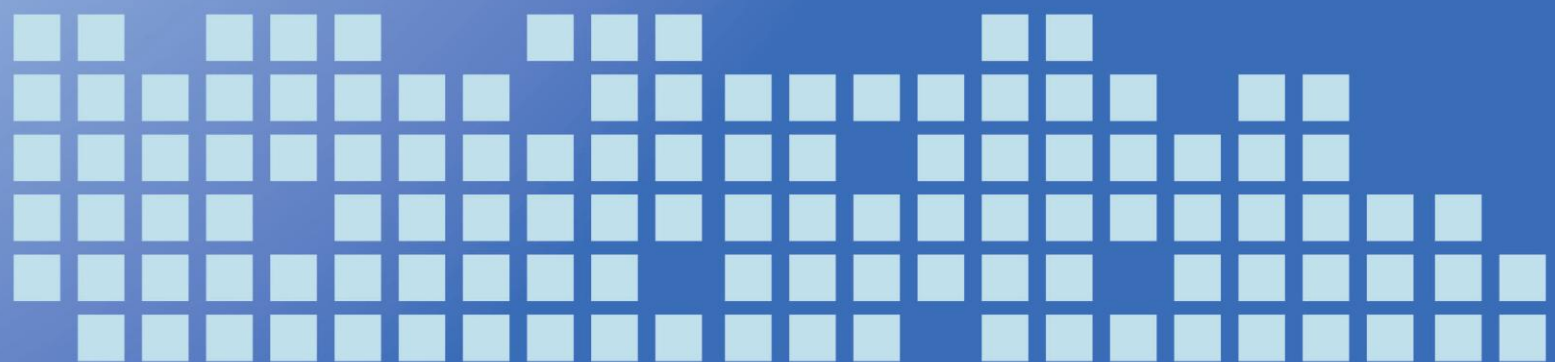
針對都市暴雨模擬分析系統，對於其系統之完整性將提出以下幾點建議：

1. 目前都市暴雨模擬分析系統之降雨資料必須由使用者自行輸入以進行即時水理模擬和預警，尚無預報功能。未來如可連接相關單位之降雨資料庫(如氣象局雷達回波資料等)進而取得預測降雨量，即可讓系統於每一段時間自行模擬運作，記錄各超前時刻之模擬結果，那麼系統使用者即可直接選取時段，觀看其預警資訊，達到預報功能。而不必經由人工方式輸入資料，對於非專業領域之使用者來說，就非常適用。
2. 水文查詢子系統主要以歷史雨量水位資料查詢為主，未來若與台北市政府取得即時監測資料後，即可再加入即時資料查詢功能，加上整合之水文氣象資料查詢子系統與 Web GIS 子系統，以便使用者可清楚了解查詢資料與其地理位置。
3. 本都市暴雨模擬分析系統目前是以一組雨水下水道之 SWMM 相關參數以作模擬，未來可將此組參數作最佳化調整，模擬出更正確之結果，可提升都市內水防災預警之功效。



參考文獻

1. Huber, W. C., Dickinson, R. E., 1988, *Storm Water Management Model. User's Manual Ver. IV*, U. S. Environmental Protection Agency.
2. <http://bfshapefiles.sourceforge.net>.
3. Kropla, B., 2005, *Beginning MapServer : Open Source GIS Development*, Apress.
4. 黎漢林, 李俊慶, 林立中, 1999, “網際地理資訊系統—設計與應用,” 儒林圖書有限公司.
5. 謝尚賢, 楊明德, 呂守陞, 林旭信, 2007, “下水道工程技術研發計畫 (I) 成果報告書,” 內政部營建署.
6. 謝尚賢, 楊明德, 謝佑明, 林旭信, 呂守陞, 陳立憲, 2008, “下水道工程技術研發計畫 (II) 成果報告書,” 內政部營建署.





內政部營建署
Construction and Planning Agency
Ministry of the Interior