

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

總計畫暨子計畫：都市雨水下水道系統受損淹水數值模式之 研發(1/2)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC91-2625-Z-002-015-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：國立臺灣大學土木工程學系暨研究所

計畫主持人：林國峰

共同主持人：賴進松

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 92 年 6 月 3 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫期中報告

防洪水利設施受損淹水數值模式之研發及應用(二)

—子計畫一：都市雨水下水道系統受損淹水數值模式之研發

(二)

Development of a Numerical Model for Urban Inundation under the Damage of Storm Sewer Systems (II)

計畫編號：NSC 91 - 2625 - Z - 002 - 016

執行期限：91年8月1日至92年7月31日

主持人：林國峰 教授 國立台灣大學土木工程
學系

共同主持人：賴進松 助理研究員 國立台灣大學水工試驗
所

計畫參與人郭文達 研究生 國立台灣大學土木工程
員 學系

一、中文摘要

近年來由於國內人口的急遽增加，經濟迅速成長，使得都市雨水下水道系統常無法負荷及滿足現有與未來都市發展之需求。當雨水下水道系統因工程施工不良、營運管理不當或地震災害等天然因素，受損壞時，溢流出下水道排水幹線之水量，將漫流於地表上，而造成淹水水患。

本研究計畫為整合型計畫：「防洪水利設施受損數值模式之研發及應用(二)」之一子計畫。主要研發淹水數值模式以探討都市區內因雨水下水道系統受損所造成之淹水情況，並且模擬研究區範圍可能之淹水深度。

本研究計畫第一年已完成結合二維地表淹水模式與暴雨經理模式，並且進行台北縣新莊市區之淹水模擬。本年度將所研發之淹水模式應用於台北縣永和市區之永和排水分區。首先收集研究區域之降雨資料與地文資料，接著模擬賀伯颱風事件下，永和地區可能之淹水範圍與淹水深度，並將模擬演算結果與淹水範圍調查結果進行比較。模擬淹水範圍結果顯示與調查範圍相近。

關鍵詞：都市雨水下水道系統、二維地表淹水模式、暴雨經理模式

Abstract

Due to the growth of economics and population, urbanization in Taiwan area is significant. The urban storm sewer systems usually cannot meet the demand and hence urban flood inundation is often encountered. Therefore, the research on urban storm sewer hydraulics is rather important. The objective of this study is to combine the two-dimensional inundation model with the storm water management model (SWMM). Then, the combined model is applied to simulate the urban inundation under the condition if the damage of the storm sewer systems happens. The study area is the Yung-Ho area located in the Taipei County. The urban flood inundation in the study area during for the event of Herb typhoon is simulated. The simulated result is compared with the measured flood inundation region. Application of the combined model to Yung-Ho area has shown that the simulated result agrees well with the measured.

Keywords: Urban storm sewer system, Two-dimensional inundation model, Storm water management model (SWMM)

二、緣由與目的

近年來由於國內經濟的迅速成長，人口急遽增加，使得各地區都市化的現象日漸顯著。當雨季來臨，特別是颱風帶來之豪雨及夏季午後之暴雨，所挾帶之降雨強

度遠超過雨水下水道系統之設計容量時，造成雨水下水道系統無法負荷而受損壞；或是排水系統維護不當、抑或其它天然災害如地震等因素，使其受損壞時，溢流出下水道排水幹線之水量，將漫流於地表上，而造成淹水水患。

永和市位於台北盆地之南側，北面新店溪與台北市相望，東、西、南面隔中和市與板橋、土城、新店緊鄰，為北縣鄰近鄉鎮市進入台北市之交通樞紐。新店溪為淡水河主要支流，流域面積廣闊，水源豐富，該溪迴繞永和市東北面，為永和市雨水下水道系統主要出口，且區內防洪抽水站皆設於該溪左岸旁，故與防洪計畫之關係至為密切。

永和市雨水下水道規劃系統於民國六十六年由省政府建設廳公共工程局所規劃，至今已逾 25 年之久。永和市轄區之主要排水系統包括永和排水分區、秀郎排水分區，以及與中和市相鄰之瓦瑤東支流排水分區、秀山排水分區。永和排水分區北鄰新店溪，西南與瓦瑤溝東支流排水分區為界，東南則與秀郎排水分區為鄰，集水面積 158 公頃。永和市轄區內之各主要排水幹線，除與中和市相鄰之瓦瑤溝東支流整治工作尚在進行，其餘幹線大致已設施完成，因此市區排水均能發揮功能，惟局部地區受地形地勢限制，造成排水瓶頸，易有淹水現象。例如民國 85 年 7 月賀伯颱風侵襲台灣，永和市之中正橋雨量站最大小時雨量高達 280mm，造成永和抽水站上游新生地、中正橋引道兩側、環河西路以南地區等的淹水情形嚴重。

本研究計劃為研析都市雨水下水道系統受損之淹水情形，應用第一年度所研發之淹水數值模式進行台北縣永和市區之永和排水分區，於賀伯颱風事件下之淹水模擬。並將模擬演算結果與淹水範圍調查結果進行比較。

三、演算模式

本研究將針對都市雨水下水道系統受損後之淹水境況模擬，首先進行整合銜接雨水下水道排水系統模式(SWMM)及地表二維淹水模式，後應用在選定之研究區域中。先以 SWMM 模式模擬當排水系統超過設計排水量時之人孔溢流量，並將人孔溢流量視為源點再銜接於地表二維淹水模式進行淹水演算。以下簡要說明 SWMM 模式與二維地表淹水模式之基本控制方程式與數值解法，最後說明兩模式之整合銜

接方式。

1. SWMM 模式

本研究採用 SWMM 模式[1]進行雨水下水道之水理演算，演算過程可區分為地表逕流及幹線輸水兩部分。當雨滴降落到地面後，或經入滲成為地下水，或經地表滯留等流程，由人孔進入排水幹道，因此在各幹道中流動之水流時有流量加入，總流量也隨流程在改變，使得整個排水系統構成一極複雜的現象。SWMM 模式即依排水系統的水流動態及特性，予以分成地表逕流及幹線輸水兩部份，再依各部份的水流特性分別給予合理之假設，以簡化方程式。管路之水理演算係採用一維變量流理論，根據 Saint-Venant 所導出之緩變量流基本方程式：

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

$$\frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{V}{g} \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial x} = S_o - S_f \quad (2)$$

其中方程式(1)及(2)乃假設無側流量下，一維緩變量流(one-dimensional gradually varied unsteady flow)之連續方程式及動量方程式，式中 Q 為流量， x 為沿流動方向之空間座標， V 為斷面之平均流速， y 為水深， t 為時間座標， g 為重力加速度， S_o 為渠底之縱向坡度， S_f 為能量坡度線，可利用曼寧公式計算。

SWMM 模式採用簡單之有限差分法離散方程式(1)與(2)。模式演算之起始條件給定，係先假設起始排水系統中之水流為定量流況，再根據上游邊界條件起始之流量和下游邊界起始之水深，以迴水演算法求得每一斷面之起始水深。模式上游邊界條件可有兩種選擇。一是水深與時間之關係，即水位歷線；一是流量與時間之關係，即流量歷線。下游邊界由於為模擬整個排水幹線水流及抽水之連續過程，故除了單獨的水位歷線、流量歷線或率定曲線(流量與水深的關係)之型式可個別選擇外，亦可再模擬時段內輸入由以上三者任意組合之混合歷線型式。

2. 二維地表淹水模式

一般而言，洪水波傳播運行於開闊之二維性區域時之水理特性，可以二維水深平均變量流方程式（二維淺水波方程式）描述。通常於水流流速在時間及空間上變化極大時，動量方程式中之慣性項之影響十分重要而不可忽略；然而，當水流運行於低窪平坦地區時，則地表之高程坡降及摩擦阻力漸成為控制水流運行之主要因素。因之，本研究選用忽略加速項之二維零慣性方程式予以描述地表淹水之情形，則方程式可表示為：

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(uh)}{\partial x} + \frac{\partial(vh)}{\partial y} = q_\ell \quad (3)$$

$$-\frac{\partial(h+z)}{\partial x} = u \left[\frac{n^2 |u|}{h^{4/3}} + \frac{q_\ell}{h \cdot g} \right] \quad (4)$$

$$-\frac{\partial(h+z)}{\partial y} = v \left[\frac{n^2 |v|}{h^{4/3}} + \frac{q_\ell}{h \cdot g} \right] \quad (5)$$

其中 x 、 y 為空間座標， t 為時間座標， h 為水深， u 為 x 方向分量之水深平均流速， v 為 y 方向分量之水深平均流速， n 為曼寧糙度係數， z 為地表高程， g 為重力加速度， q_ℓ 為單位面積之側流量。

本研究採用 MAC(marker & cell)之差分觀念，以交替方向顯式法(alternating direction explicit scheme)求解方程式，期模擬較遠離決口處洪水運行之過程[2, 3]。模式之初始條件係依臨前水文條件(antecedent hydrologic condition)而定，若不考慮降雨和入滲因素，則於洪氾淹水區域為無水狀態，亦即水深及流速均為零。模式之邊界可分為三種型式：開放邊界、閉合邊界以及移動鋒線邊界。其中開放邊界為模擬區域內水流進出之邊界處，其給定條件可為流量歷線、水位歷線、流速歷線或者為前兩者之組合，若欲精確計算入流量體積，必須採用流量歷線做為數值模擬之開放邊界條件。

3. 模式之整合

模式整合之銜接，必須考慮兩模式之初始與邊界條件。初始條件之設定，通常依臨前水文情況而定，本研究假設降雨或人孔溢流前模擬區中不考慮地表任何水流存在，亦及水深及流速均為零。首先以所收集到之降雨量以及排水幹線資料輸入

SWMM 模式，進行雨水下水道系統演算；接著以演算獲得之人孔溢流量做為二維地表淹水模式中之輸入點源(source)，用側流(lateral flow)型式加入模擬區各個發生溢流之網格中；如此可模擬出研究區內之淹水現象。模擬區內若有抽水站設置時，將抽水機之運作情形載入 SWMM 中模擬[4-6]。

四、淹水模擬與模擬結果

本研究之模擬研究區域選定為台北縣永和市區之永和排水分區，其地表高程如圖 1 所示。首先收集雨水下水道系統資料，圖 2 為中永和排水分區略圖(不含瓦瑤溝排水分區)，圖 3 為永和市轄區內抽水站位置圖。

本研究採用 40 公尺 × 40 公尺解析度之 DTM 數值資料，以此高程資料作為該格網之代表高程，並將模擬區劃分為 2960 個網格。曼寧 n 值初步由過去使用經驗值配合本區土地使用狀況進行推估。在水文條件方面，本研究選用中正橋雨量站之賀伯颱風事件下為模式輸入雨量資料，其降雨組體圖如圖 4 所示。

整理賀伯事件之雨量資料、地文資料以及模擬區之下水道系統資料，進行永和排水分區之淹水模擬，模擬時間選取為民國 85 年 7 月 31 日中午 12 點至 7 月 32 日上午 8 點，共 17 小時。圖 5 至圖 8 分別為模擬演算至 4、8、10 以及 14 小時之淹水模擬結果。因本研究尚未將回流現象考慮於模式中，所以模擬結果顯示淹水之範圍隨模擬時間之增加而增加。圖 9 為賀伯颱風事件下台北縣板橋、土城、中和及永和等地區之淹水範圍調查結果。調查結果顯示永和市區之淹水範圍為 0.4 至 1.5 公尺，平均淹水深度為 0.95 公尺。圖 10 為模擬演算時間內最大之淹水深分布結果，結果顯示模擬區內永和路、新生路以及保平路之淹水趨勢與淹水範圍調查結果相近。

五、參考文獻

- [1] Waune, C. H., Heaney, J. P., Nix, S. J., Dickinson, R. E., and Polmann, D. J. (1984). "Storm Water Management Model, User's Manual, Version III." U.S. EPA.
- [2] 賴進松，「堤防潰決後二維性洪流演算模式」，國立台灣大學土木工程學研究所

碩士論文 (1986)。

- [3] 賴進松、林國峰、郭文達，「平面二維淹水模式之應用研究」，第十二屆水利工程研討會論文集(2001)。
- [4] 林國峰、許銘熙、王如意，「受迴水影響之下水道排水功能檢討與改進」，國立台灣大學水工試驗所研究報告第 197 號 (1995)。
- [5] 林國峰、林志勇，「市區雨水下水道系統流況與地表水流之數值模擬」，第十三屆水利工程研討會論文集(2002)。
- [6] 林國峰、賴進松，「都市雨水下水道系統受損淹水數值模式之研發(I)」，國科會研究計畫報告，NSC90-2625-Z002-016 (2002)。

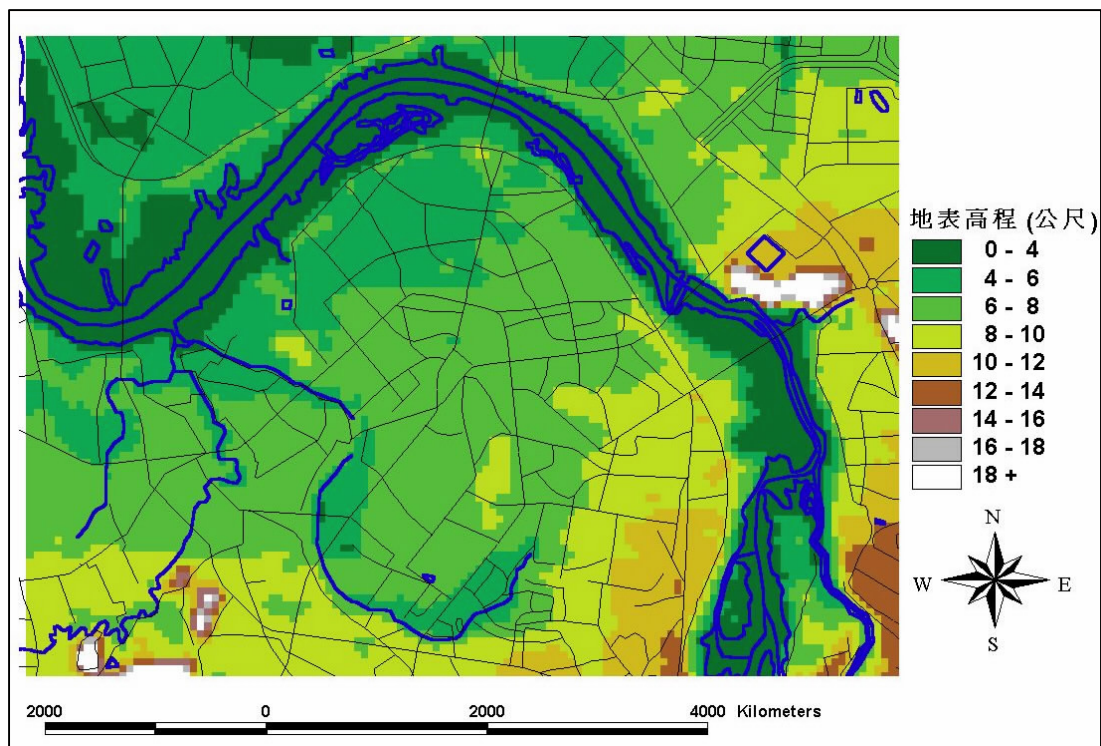


圖 1 研究區域之地表高程

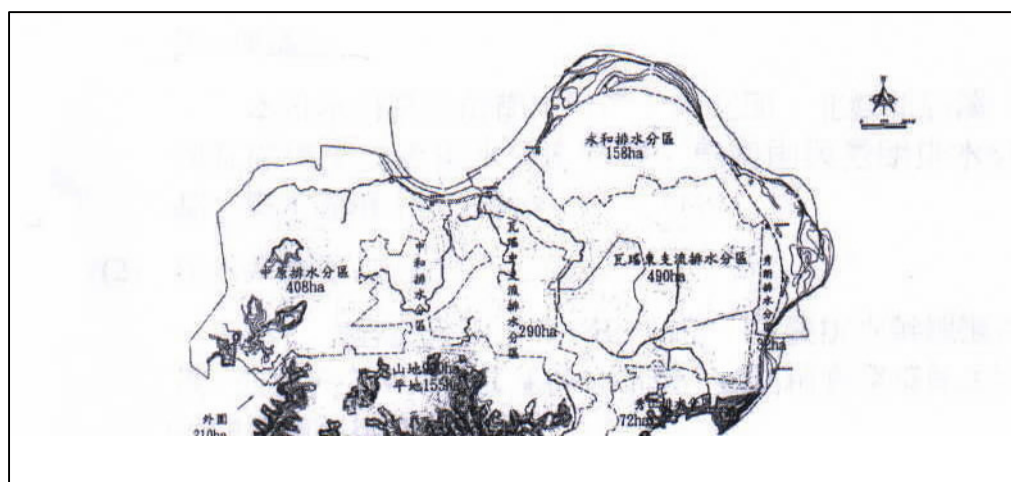


圖 2 研究區域

圖 2 中永和排水分區略圖

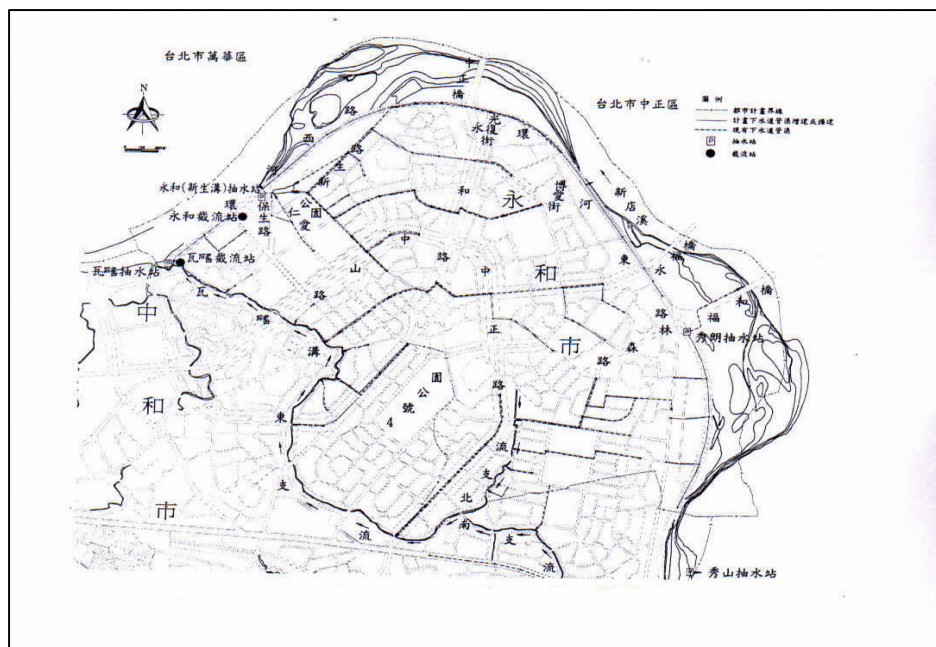


圖 3 永和市轄區內抽水站位置圖

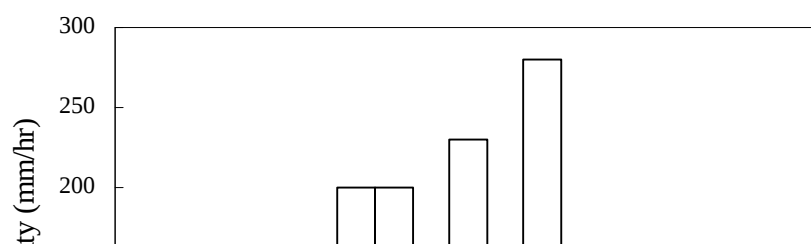


圖 4 中正橋雨量站，賀伯颱風事件下之降雨組體圖

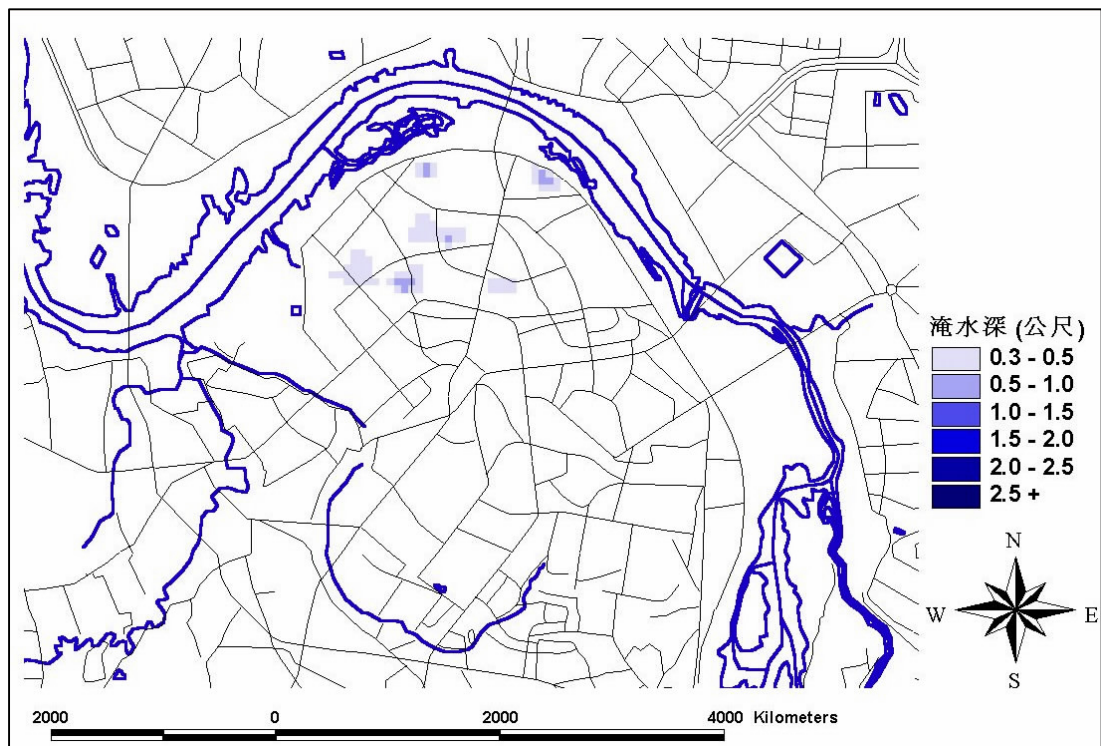


圖 5 模擬演算至第 4 小時之淹水範圍

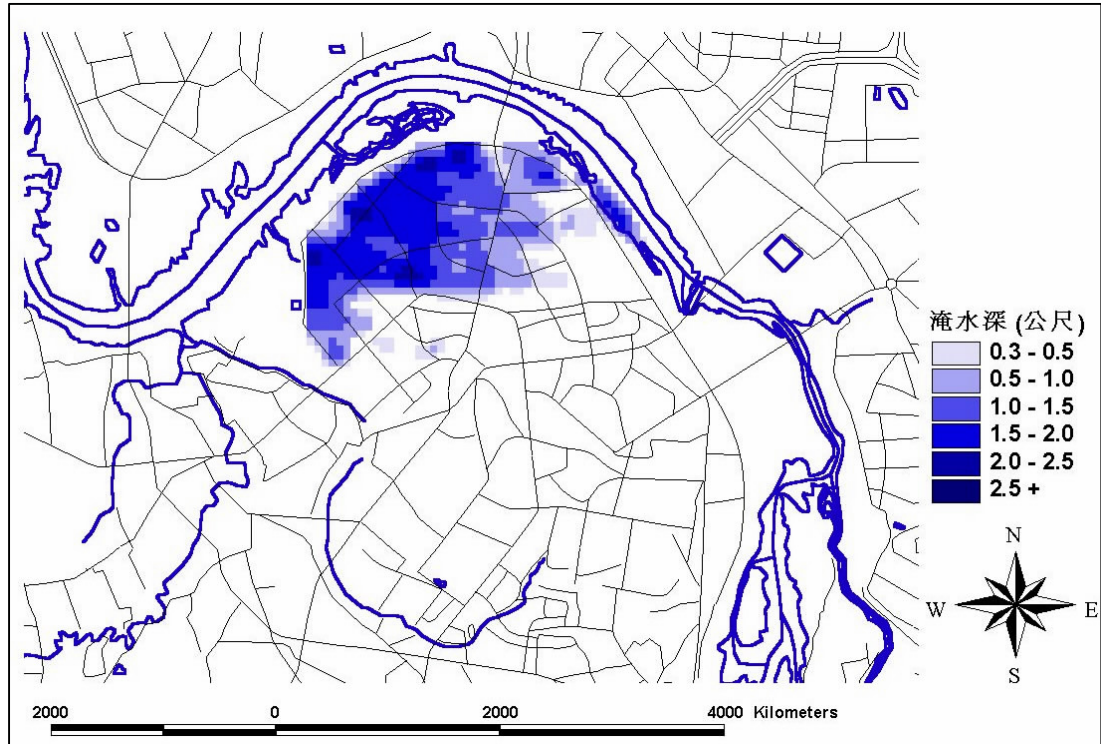


圖 6 模擬演算至第 8 小時之淹水範圍

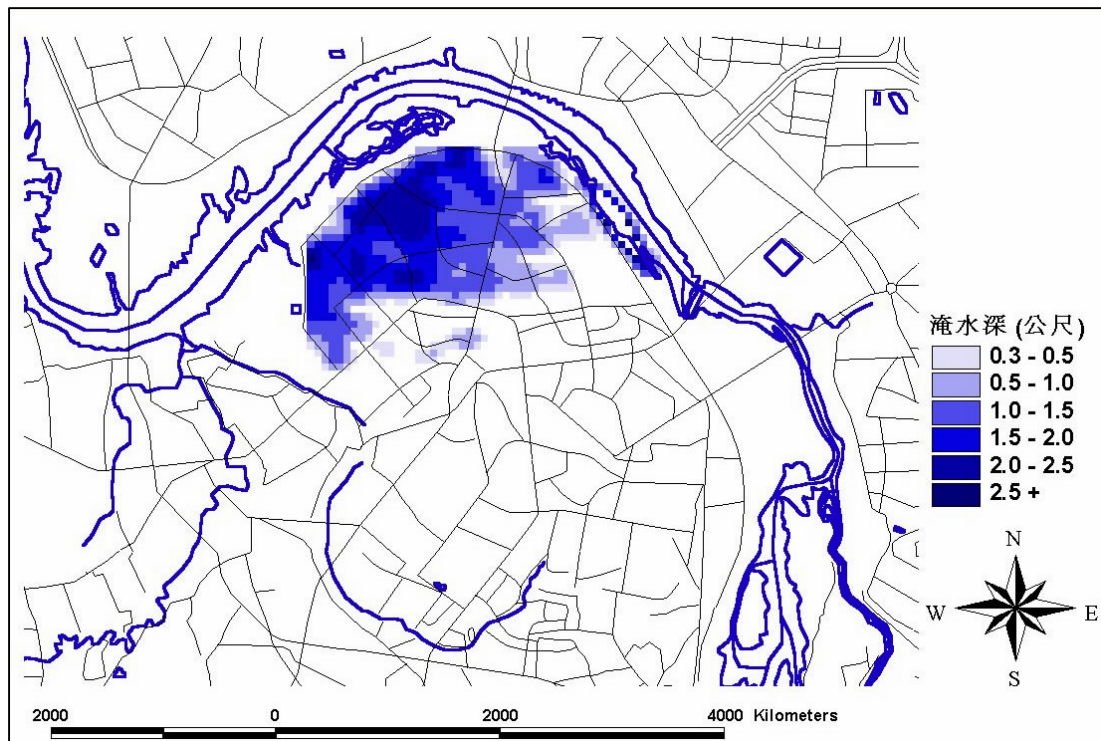


圖 7 模擬演算至第 10 小時之淹水範圍

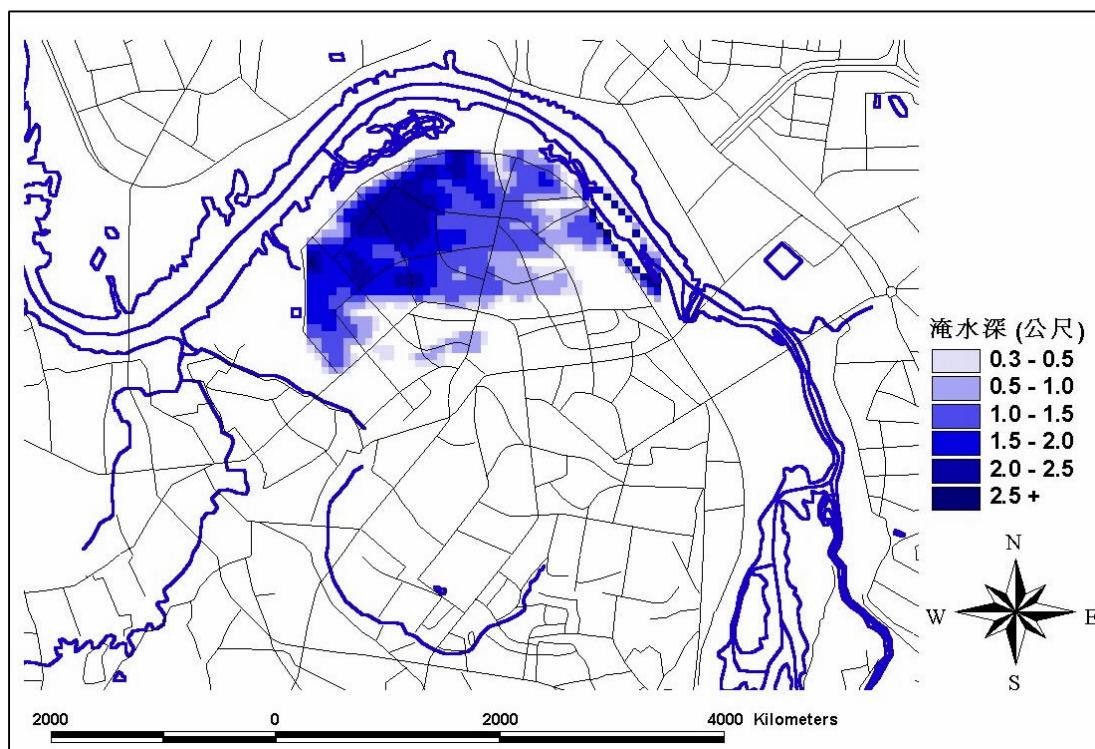


圖 8 模擬演算至第 14 小時之淹水範圍

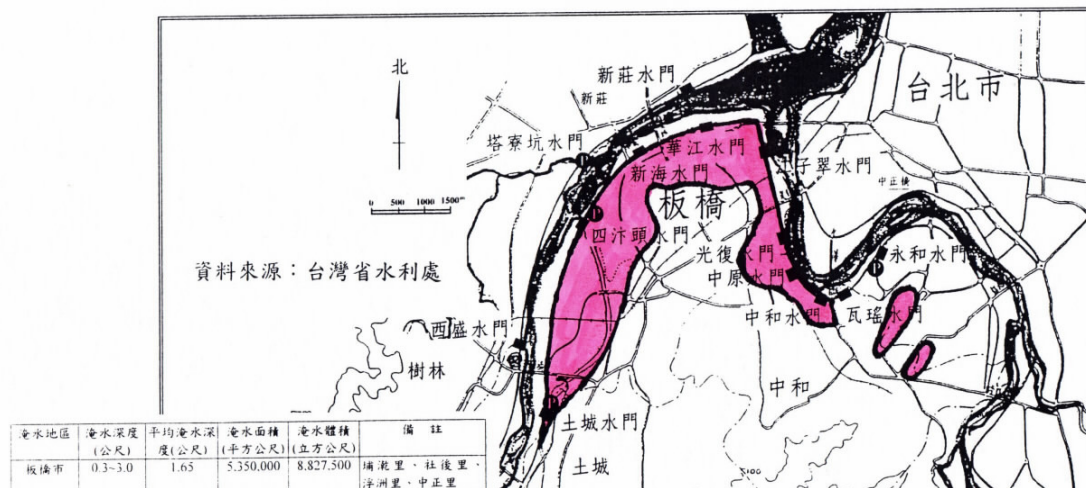


圖 9 板橋、土城、中和及永和等區賀伯颱風實際淹水範圍圖

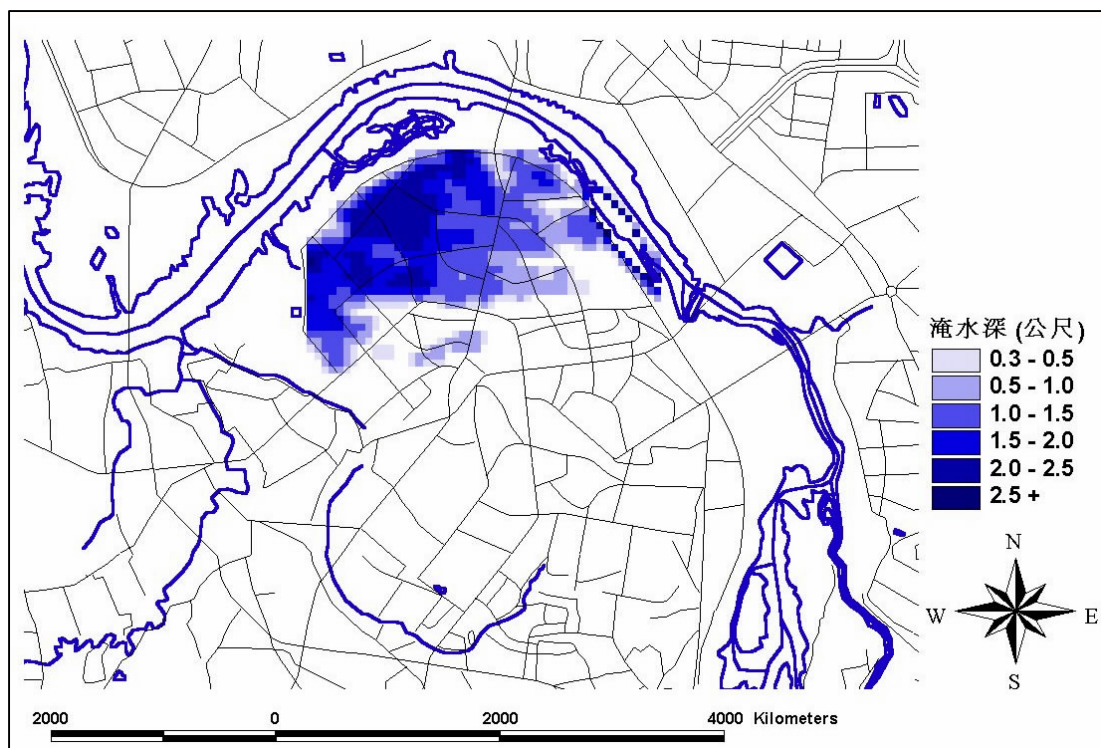


圖 10 模擬時間內之最大淹水分布