

都會區暴雨逕流模式建置-以臺北市康樂抽水站系統為例

葉森海¹、陳偉柏¹、張志新¹、張向寬²

¹ 國家災害防救科技中心 坡地與洪旱組

² 臺灣大學 氣候天氣災害研究中心

摘要

為掌握雨水下水道系統對短延時、強降雨涵容能力、以及之雨水匯入下水道後之流體流動狀況，本研究應用美國環保署所發展之暴雨管理模式(Storm Water Management Model, SWMM)，模擬臺北市都會區雨水下水道排水系統之運作情形。本研究已完成 SWMM 模式之建模標準流程，並以臺北市康樂抽水站系統為例，進行 SWMM 模式之建置及驗證。暴雨模擬結果顯示，在應用測站時雨量條件下，SWMM 模式可快速(24 小時模擬時間約 10 秒)重現雨水下水道之實際流動與涵容能力；此外，未來可進一步耦合二維漫地流水理模式，成為一個完整之都會區致災性水動力預警系統，作業化產出警示成果。

一、前言

近年來臺北市都會區發生短延時強降雨之情況日益頻繁，即時評估可能淹水地區是一件重要的事情。目前臺北市都會區設有雨水下水

道排水系統，其管路排水容量大約是依 5 年重現期暴雨強度設計，當短延時、強降雨之情況發生時，可能淹水地區與雨水下水道之涵容能力有高度關聯性。為掌握雨水下水道系統對短延時、強降雨涵容能力、以及之雨水匯入下水道後之流體流動狀況，本研究應用美國環保署所發展之暴雨管理模式 (Storm Water Management Model, SWMM)，模擬臺北市都會區雨水下水道排水系統之運作情形。暴雨模擬結果顯示，在應用測站雨量條件下，SWMM 模式可快速(24 小時模擬時間約 10 秒)重現雨水下水道之實際流動與涵容能力；此外，未來可進一步耦合二維漫地流水理模式，成為一個完整之都會區致災性水動力預警系統，作業化產出警示成果。

二、 模式資料來源

建置 SWMM 模式需要使用來自部會署之眾多基礎資料，包括：雨水下水道主集水區(各系統集水範圍)、人孔資料、管線資料、人孔集水區(人孔集水範圍)及抽水站等資料。其中，人孔集水區資料來源為經濟部水利署，其餘資料則為臺北市政府水利處所提供。另外，SWMM 模式驗證所需之雨水下水道水位監測站即時資料來源同為臺北市政府水利處。

本研究為進行臺北市 SWMM 模式建置及驗證，分別從臺北市資

料大平臺及經濟部水利署蒐集雨水下水道，相關資料詳述如下：

(一) 臺北市雨水下水道資料

臺北市政府為推動開放政府(Open Government)之資料開放政策，整合臺北市政府各局處開放資料於單一入口網站(臺北市資料大平臺)，供市民瀏覽及程式開發者加值應用。目前平臺收錄多項高品質政府開放資料，並提供線上預覽、檔案下載及 API 介接等多種服務模式，格式多元且隨時更新。

本研究從臺北市資料大平臺蒐集資料計有：雨水下水道主集水區、雨水下水道人孔資料、雨水下水道管線資料、雨水下水道水位監測站、雨水下水道水位監測站即時資料(API)、水利處抽水站等，分別如表 1(臺北市雨水下水道資料)、圖 1(臺北市主集水區、人孔及管線空間分布)及圖 2(臺北市抽水站及水位監測站空間分布)所示。

表 1 臺北市雨水下水道資料
(資料來源：臺北市資料大平臺)

資料名稱	內容	最後更新時間
雨水下水道主集水區	78個主集水區	2021年8月2日
雨水下水道人孔資料	18,100個人孔	2021年8月2日
雨水下水道管線資料	17,066條管線	2020年7月30日
雨水下水道水位監測站	154個水位監測站	2021年7月9日
雨水下水道水位監測站 即時資料(API)	10分鐘1筆資料	即時更新
水利處抽水站	87個抽水站	2021年8月2日

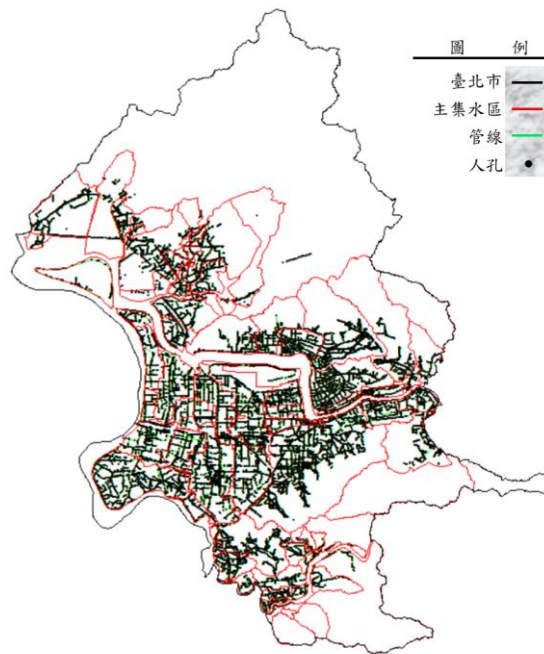


圖 1 臺北市雨水下水道資料(主集水區、人孔及管線)
(資料來源：臺北市資料大平臺)

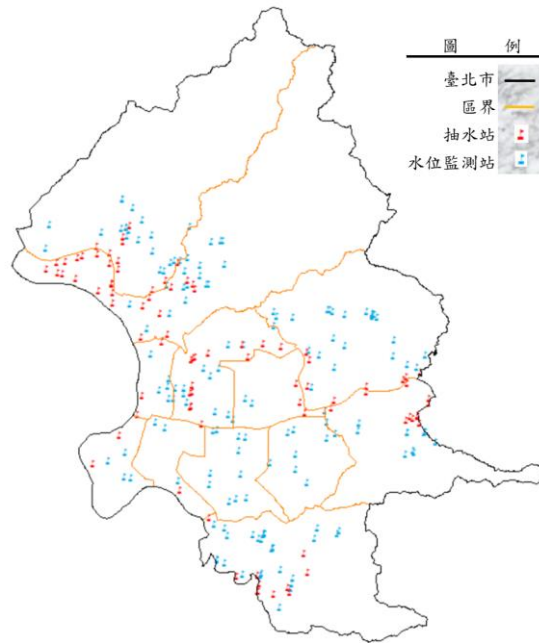


圖2 臺北市雨水下水道資料(抽水站及水位監測站)

(資料來源：臺北市資料大平臺)

(二) 經濟部水利署雨水下水道人孔集水區資料

本研究採用之雨水下水道人孔集水區資料，為經濟部水利署於 2016 年委託環興科技股份有限公司，進行臺北市淹水潛勢圖第二次更新計畫所建置，如圖 3(臺北市雨水下水道人孔集水區空間分布)所示。雨水下水道人孔集水區主要功能在將雨量轉換成地表逕流量後，匯入下水道進行水位演算。

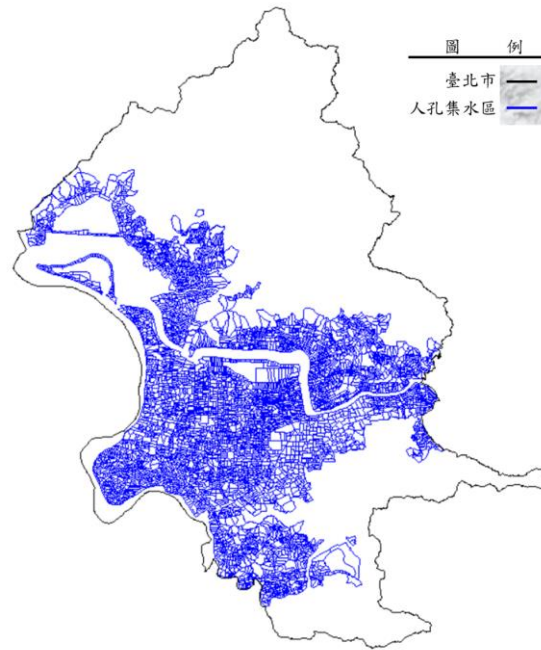


圖3 臺北市雨水下水道資料(人孔集水區)

(資料來源：經濟部水利署)

三、 模式基本理論

本研究為掌握水流在雨水下水道系統之流動狀況，採用美國環保署所發展之都會區暴雨逕流模式(SWMM 模式)來模擬臺北市都會區雨水下水道排水系統之水流情形。SWMM 模式主要依據變量流理論，以一維連續方程式與動力波理論為基礎，依水流流程之特性，將模式分成地表逕流(Runoff 模組)與排水幹管輸水(Extran 模組)兩部份，詳述如下：

(一) 地表逕流(Runoff 模組)

地表逕流是指雨量降落地面後，流入各排水幹管前之水流狀況，

模擬方式是經由動力波逕流演算，計算匯入排水人孔之水流流量歷線。各人孔集水範圍視為單一個集水區(如圖 4 所示)，依集水區之面積、寬度、坡度、不透水面積比例，在獲取集水區雨量後，以水文方法進行地表逕流量演算，求得集水區出口之流量。SWMM 假設集水區出口之流量直接流入人孔，並提供為 Extran 模組演算時之各人孔之入流邊界條件。

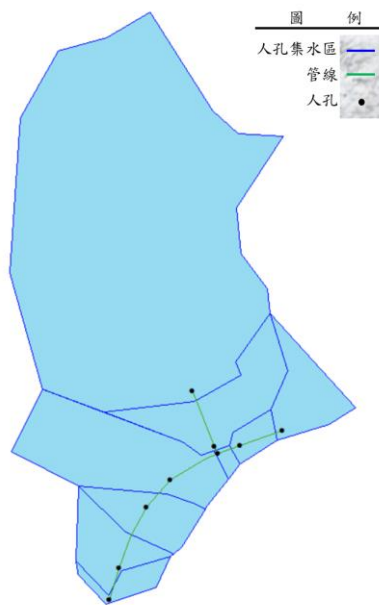


圖4 人孔集水範圍

(二) 排水幹管輸水(Extran 模組)

幹管輸水部份則是利用疊代法求解動力波方程式，計算各排水幹管系統之流量以及溢出人孔之出水量。假如入流量大於出流量，則僅有部分的入流量會由下游管線排出，其餘超出設計容量的流量則將由

人孔溢流至地表，如圖 5 所示。

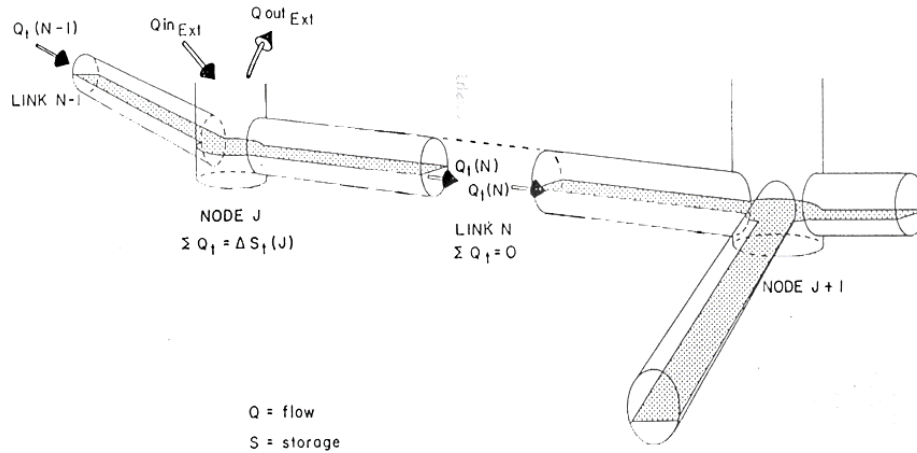


圖5 排水幹管輸水

(資料來源：Storm Water Management Model: User's Manual Ver.4)

四、 模式建置及驗證

本研究以臺北市康樂抽水站系統為例，進行 SWMM 模式之建置及驗證。臺北市康樂抽水站系統雨水下水道計有 80 個人孔及 78 條管線，如圖 6 所示。在本研究已建立之 SWMM 模式建模標準流程作業下，將人孔、管線及人孔集水區等資料依標準流程輸入 SWMM 模式中，配合降雨資料即可進行雨水下水道排水系統之水體流動模擬。

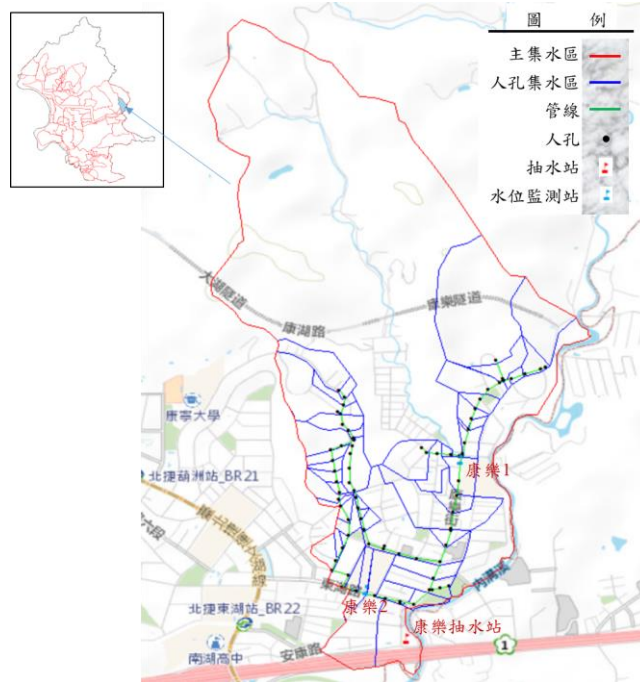


圖6 臺北市康樂抽水站系統雨水下水道資料

臺北市康樂抽水站系統範圍內設有康樂 1 及康樂 2 兩個雨水下水道水位監測站(如圖 6 所示)。由於康樂 2 測站點位可較為正確對應至 SWMM 模式水位輸出節點，本研究採用康樂 2 水位監測站資料進行模式驗證。依據 Google Map 街景顯示(如圖 7 所示)，康樂 2 測站之太陽能板及傳輸器架設於臺北市東湖路附近十字路口處，因此其水位計應架設在十字路口之鄰近人孔底部，並可對應至本研究所建置之 SWMM 中，編號為 108004 之人孔。因此，本研究將以康樂 2 水位監測資料與編號 108004 人孔模擬資料進行 SWMM 模式驗證。



圖7 康樂2水位監測站位置及街景

(資料來源：Google Map)

本研究以 2021 年 0604 豪雨進行 SWMM 模式驗證，2021 年 6 月 4 日降雨如圖 8 所示。採用最接近臺北市康樂抽水站系統之社后橋雨量站 2021 年 6 月 4 日小時雨量資料(當日 24 小時累積雨量為 174 毫米)，進行臺北市康樂抽水站系統 SWMM 模式建置驗證，康樂 2 水位監測資料與 SWMM 編號 108004 人孔模擬資料比對結果如圖 9 所示，由圖可知，模擬與觀測之尖峰水位發生時間一致，然而模擬之尖峰水位則高於觀測水位約 0.6 公尺，另外，模擬水位在退水時段亦稍高於觀測水位。模擬誤差可能來自於模式參數或人孔集水區劃分等，後續需要進行更細緻之調整。

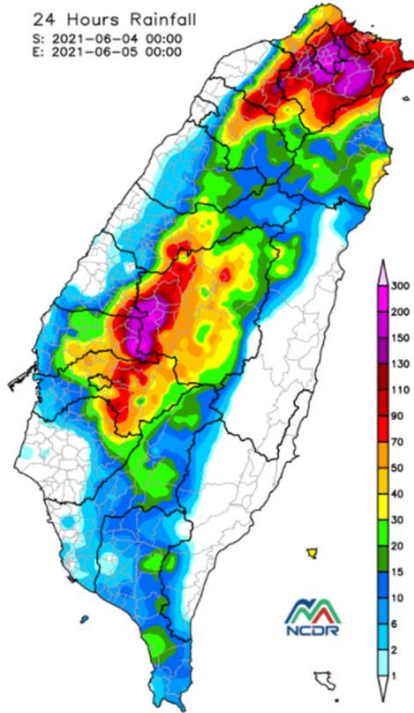


圖8 2021年6月4日降雨圖

社后橋雨量站(174毫米/24小時)

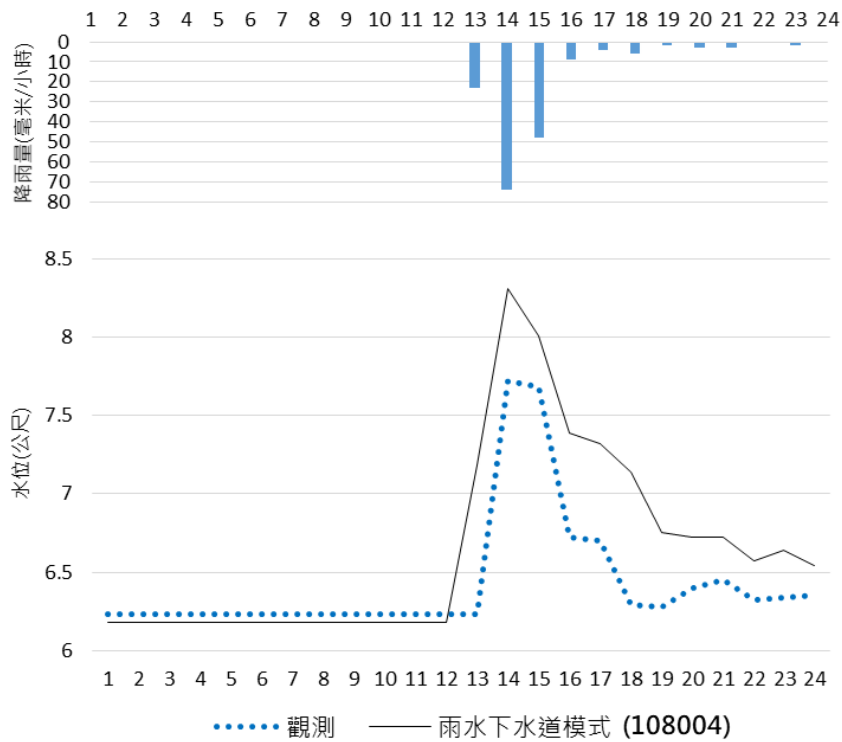


圖9 康樂2雨水下水道水位監測站模擬驗證結果 (2021年6月4日1時~24時)

五、 結論

本研究整合經濟部水利署及臺北市水利處所提供之基礎資料，以康樂抽水站系統為例，完成都會區暴雨逕流模式之建模標準流程，遵循標準流程所建置之模式經過與觀測值驗證後，本研究可獲得下列數點結論：

- (一)為掌握雨水下水道系統對短延時、強降雨涵容能力、以及之雨水匯入下水道後之流體流動狀況，本研究應用美國環保署所發展之暴雨管理模式(Storm Water Management Model, SWMM)，模擬臺北市都會區雨水下水道排水系統之運作情形。
- (二)本研究為進行臺北市 SWMM 模式建置，分別從臺北市資料大平臺及經濟部水利署蒐集雨水下水道相關資料，並整合建置於 SWMM 模式。
- (三)本研究已建立 SWMM 模式建模標準流程。
- (四)本研究以 2021 年 6 月 4 日豪雨事件為案例，進行臺北市康樂抽水站系統 SWMM 模式建置及驗證，從康樂 2 水位監測資料與 SWMM 編號 108004 人孔模擬資料比對結果可知，尖峰水位發生時間一致，但模擬尖峰水位值則高出量測水位值約 0.6 公尺，模式參數尚須再進行細部調整。
- (五)暴雨模擬結果顯示，在應用測站雨量條件下，SWMM 模式可快

速(24 小時模擬時間約 10 秒)重現雨水下水道之實際流動與涵容能力，未來可進一步耦合二維漫地流水理模式，成為一個完整之都會區致災性水動力預警系統，作業化產出警示成果。

參考文獻

1. Huber, W. C., Dickinson, R. E., Barnwell Jr, T.O. and Branch, A., “Storm water management model”, Version 4, Environmental Protection Agency, United States, 1988.
2. 王嘉和、游翔麟、梁益詮、王嘉瑜、張倉榮，街道及下水道之雙排水系統快速淹水模擬，農業工程學報第 65 卷第 1 期，2019 年 3 月。
3. 臺北市淹水潛勢圖(第二次更新)，經濟部水利署水利規劃試驗所，2016 年 12 月。
4. 臺北縣市淹水潛勢資料，防災國家型科技計畫辦公室，2000 年 3 月。
5. 臺北市資料大平臺網址：<http://data.taipei/>