

利用 SWMM 模擬社區尺度的在地滯洪與綠屋頂之減洪效果

Using SWMM to simulate the effect of on-site flood detention and green roof flood mitigation at the community scale

國立中央大學水文與海洋科學研究所

碩士生

周冠霖

Kuang-Lin Chou

助理教授

陳沛芫

Pei-Yuan Chen

摘要

近年來水利署為應對氣候變遷所造成的洪災，因此提出了以 Nature-base Solution(NbS)為概念的「逕流分擔與出流管制」的方法，其中更是提出了「在地滯洪」為新穎的減洪方法，其主要概念為提高田埂高度的方式增加滯洪體積，本研究結合了在地滯洪及逕流分擔概念中的綠屋頂作為社區滯洪的減洪手段。首先探討暴雨管理模式 SWMM 中綠屋頂之參數檢定，其中參數參考了建置在中央大學科學一館屋頂的綠屋頂實驗的情況，並驗證綠屋頂的滯流能力。其次，使用 SWMM 之中的生態滯留池模組來模擬在地滯洪，模擬時段包含了 2021 整年的情況，並考慮了水稻的生長期變化，在滯洪結束後恢復為不同的生長階段對應的湛水深度，以達到分擔逕流的效果，最後模擬社區結合綠屋頂及在地滯洪之減洪效果。

關鍵詞：在地滯洪，綠屋頂，NbS，SWMM 模式

Abstract

In recent years, in order to cope with the floods caused by climate change, the Water Resources Department has proposed a method of "runoff sharing and outflow control" based on the concept of Nature-base Solution (NbS). The main concept is to increase the flood retention volume by raising the height of the ridge. This study combines the green roofs in the concept of on-site flood retention and runoff sharing as the flood mitigation means for community flood retention. Firstly, the parameter verification of the green roof in the rainstorm management model SWMM is discussed. The parameters refer to the green roof experiment built on the roof of the Science Building of Central University, and the stagnation ability of the green roof is verified. Secondly, using the Ecological Retention Pond Module in SWMM to simulate on-site flood detention. The simulation period includes the situation of the whole year in 2021, and the changes in the growth period of rice are considered. After the flood detention, the water depth corresponding to different growth stages is restored. , in order

to achieve the effect of sharing runoff, and finally simulate the flood reduction effect of the community combined with green roofs and on-site flood detention.

Keywords: on-side flood detention, green roof, NbS, SWMM model

一、前言

「逕流分擔與出流管制」為水利署(2018)近年在台灣提出的減洪手段，「逕流分擔」定義為「使公共建設具有滯洪功能，並讓雨水不立即流入河川及排水系統，土地與水道共同分擔降雨逕流」，而「出流管制」為「開發單位於基地內設置出流管制設施，自行吸收因開發所增加之洪水量」，而綠屋頂即為逕流分擔之手段，綠屋頂同時具有解決熱島效應、減少洪水災害、成為二氧化碳的碳匯等功能，而「在地滯洪」於2021年水利署提出，利用提高田埂高度的方式增加滯洪體積。

SWMM為美國環保署開發之免費軟體，有內建低衝擊開發(LID)模組可模擬綠屋頂之減洪效果，其中的生態滯留池與在地滯洪之概念相呼應，因此可將兩者結合模擬農村社區之減洪能力。目前台灣在地滯洪施行於廢田地，未考慮種作物期間之減洪效果，而本研究考慮水稻種植時期之在地滯洪效果，由於水稻田在不同時期有不同湛水深度，因此將以排水至湛水深度為主要模擬依據。

二、研究方法

本研究選擇桃園市大園區溪海里為研究地區，此地區佔地618.82公頃，多以水稻及花卉為作物，本地區主要以桃園大圳7支線之灌溉區，並選擇其中的7-12號池之灌區來模擬滯洪，主要是因為此地區多為水稻田且區域內包含一間國小：溪海國小，其面積加此區住宅面積約為21.62公頃，稻田區面積約為61.16公頃，降雨採用極端降水之Horner公式設計兩型，其參數參考水利署(2017)最新的頻率分析結果，並使用重現期2年、5年和10年，及降雨延時24小時做模擬，初始水深參考水稻生長期之湛水深，如表1所示，並以降雨前湛水深之最大值為主，因此設定有4種初始深度：2cm、3cm、5cm和10cm。

表1、水稻生長期湛水深度(整理自2015年台中區農業技術專刊)

生長期	秧苗至插秧	成活期至生長期	分蘖始期	施肥	曬田期
湛水深(cm)	1~2	3	3~5	1~2	0
生長期	幼穗成形前期	稻穗成形後	孕穗期	抽穗開花至糊熟期	完熟期
湛水深(cm)	3	5~10	3	5~10	3

接著利用SWMM模擬計算各重現期之逕流量，綠屋頂之參數參考洪祥峰(2021)於中央大學設置之綠屋頂實驗結果，利用2021年至2022年7月降雨資料校正參數，由於在研究地區模擬時假設綠屋頂為剛架設，因此臨前含水量參考凋萎點0.095為基礎，在洪祥峰(2021)論文中提及綠屋頂之滯流量與臨前含水量具有高度相關，當臨前含水量為10%時綠屋頂滯流量計算公式如式1表示。而在地滯洪使用生態滯留池之功能模

擬，其優勢在於生態滯留池可設置作物參數、田埂高度及底部排水層可假設為牛踏層不排水，研究地區之土壤性質為砂質黏壤土，並以假設增高田埂高度 10cm 模擬。

$$y = 33.2x^{-1} \quad (1)$$

y=綠屋頂滯流量(mm)，x=降雨強度(mm/day)

計算滯洪結果參考洪祥峰(2021)中的三項指標：滯留體積比、尖峰削減比及尖峰延遲時間，滯留體積比為總降雨量與滯洪後總排出量的差值百分比，如下式(2)，尖峰削減比為為最大降雨量與滯洪後總排出量的尖峰流量的差值百分比，如下式(3)，尖峰延遲時間為最大降雨量發生的時間與滯洪後總排出量尖峰發生時間的時間差，如下式(4)。

$$\text{滯留體積比(Retained Volume)} = \frac{\sum P - \sum Q}{\sum P} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{尖峰削減比(Peak Reduction)} = \frac{P_{\max} - Q_{GR,\max}}{P_{\max}} \times 100\% \quad (3)$$

$$\text{尖峰延遲時間(Delay)} = T_{Q_{GR,\max}} - T_{P,\max} \quad (4)$$

P 為降雨量，Q 為總排出量； P_{\max} 為事件中降雨量的尖峰值， $Q_{GR,\max}$ 為綠屋頂排出量的尖峰值； $T_{Q_{GR,\max}}$ 為綠屋頂排出量的尖峰值發生的時間， $T_{P,\max}$ 為降雨量尖峰值發生的時間。

三、結果與討論

圖 1 為 SWMM 模擬結果，由上至下為不同重現期，圖中深藍色為不同重現期之設計降雨，並採用對數皮爾遜三型和降雨延時 24 小時以計算，而左列為在地滯洪之結果，圖中淺藍色線為設置在地滯洪、粉紅色線為未設置，右列為綠屋頂之結果，圖中淺藍色線為設置綠屋頂、粉紅色線為未設置。可從左列圖中明顯看出設置在地滯洪之效果可完全減緩重現期 2 年的暴雨量，而在 5 年及 10 年重現期中可分別減少 78% 及 60% 之滯留體積比，尖峰削減比分別為 69% 及 54%，尖峰延遲時間皆減緩近 8 小時。而在綠屋頂的模擬中，雖然沒有像在地滯洪一樣完全減緩 2 年重現期之暴雨，但依舊於 2 年、5 年及 10 年重現期事件中滯留體積比分別為 18.6%、13.5% 及 11%，尖峰削減比分別為 32%、24% 及 21%，但尖峰延遲時間卻沒有顯著效果，雖然綠屋頂在此種大型降雨事件中表現不佳，但後續結合兩種減洪措施以模擬研究地區之滯洪量。

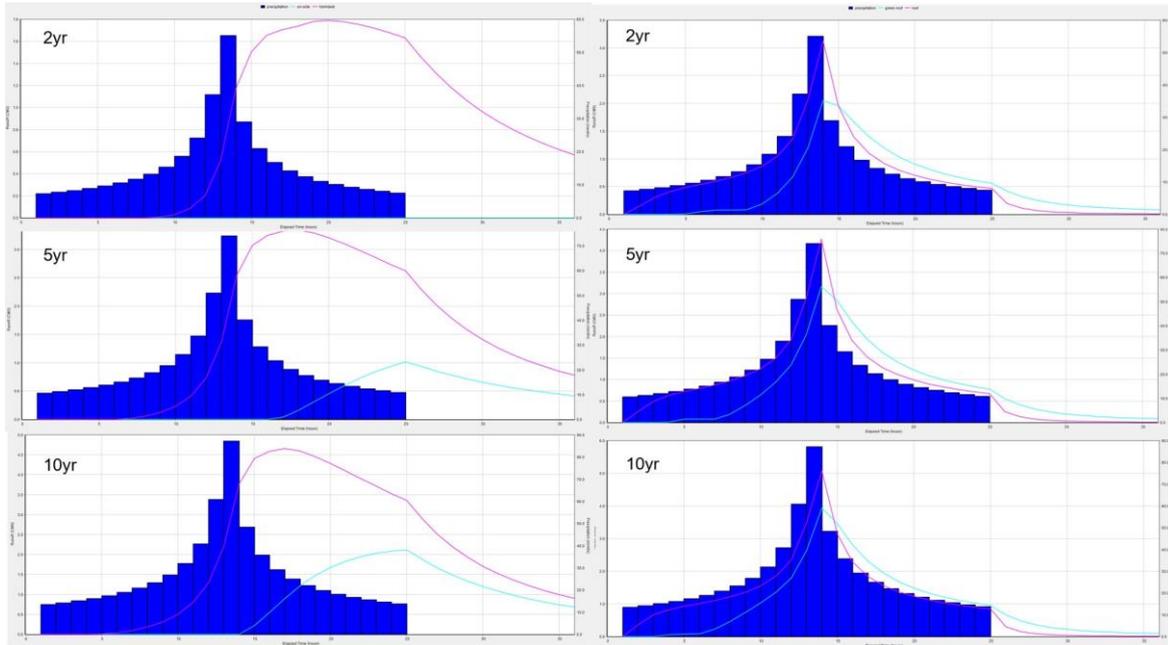


圖1、SWMM 模擬結果(左列為農田滯洪設置差異、右列為綠屋頂設置差異、由上至下分別為2年、5年、10年重現期)

四、結論與建議

本研究提出以生態滯留池之模組作為在地滯洪之模擬方法，其優勢為可藉由模式參數設定模擬農田中牛踏層導致垂直滲漏速率變慢之效果，且可計算滲漏量，由於暴雨期間幾乎不會有蒸發散，因此蒸發散忽略不計，從結果中顯示在地滯洪之效果可有效減緩重現期2年之暴雨，在5年及10年重現期中滯留體積比可減少78%及60%且也有良好的尖峰削減比及洪峰延遲時間之效果，而綠屋頂做為小型NbS施作在暴雨時表現不佳；後續可繼續模擬更高重現期下之降雨(如：50年、100年等)或提高更多的田埂高度(提升15cm或20cm)，並可結合農田供水以解決極端事件中乾旱之問題。

五、參考文獻

1. 洪祥峰.(2021). 應用綠屋頂水文模式分析不同雨量與臨前含水量下之減洪效用. 國立中央大學. 桃園市.
2. 經濟部水利署.(2017). 台灣地區雨量測站降雨強度-延時 Horner 公式參數分析. 2017年12月
3. 經濟部水利署.(2018). 水利法修正通過「逕流分擔與出流管制」未來可有效提升土地耐淹能力. 水利署電子報, 第286期.
4. 經濟部水利署.(2021). 小小面積大大發揮 韌性承洪幸福有才. 水利署電子報, 第437期.
5. 賴文龍、郭雅紋.(2015). 「水稻栽培管理技術手冊」. 台中區農業技術專刊, 2015年5月。