

都會區短延時強降雨積水預警/警戒值分析 - 以新北市板橋、中和、永和為例

URBAN FLASH FLOOD EARLY WARNING AND ALERT THRESHOLD ANALYSIS FOR SHORT-DURATION HEAVY RAINFALL
EVENTS: CASE STUDIES IN BANQIAO, ZHONGHE, AND YONGHE DISTRICTS IN NEW TAIPEI CITY

國立臺灣大學
氣候天氣災害研究中心
副研究員

王嘉和
Chia-Ho Wang

國立臺灣大學
生物環境系統工程學系
研究專員

王嘉瑜
Jia-Yu Wang

國立臺灣大學
生物環境系統工程學系
博士

游翔麟
Hsiang-Lin Yu

國立臺灣大學
生物環境系統工程學系
教授

張倉榮*
Tsang-Jung Chang

摘要

近年來因為氣候變遷以及暖化，短延時強降雨暴雨強度越來越大，且隨著都市化與極端降雨頻率增加，僅依據傳統排水設計標準（如 5 年重現期的設計降雨）進行長期規劃已不足以支援即時積淹水預警。本研究旨在建立一套積淹水警戒值，將「設計降雨強度」與「實際淹水降雨強度」整合，並藉由實際發生積淹水的降雨量來分析積淹水機率，並以積淹水機率高於 50% 的雨量值做為積淹水警戒值。

本研究首先彙整研究區域相關排水設施設計規範，評估各排水設施的集水延時以及最小設計降雨強度，其中以早年側溝及雨水進水井的 5 ~ 10 分鐘集流時間、2 ~ 5 年重現期設計標準為最低；因此本研究配合雨量站 10 分鐘紀錄資料以 10、20 分鐘降雨強度進行積淹水警戒值的評估分析，其分析結果為板橋區 10 分鐘雨量達 15.0 毫米、中和區達 17.5 毫米、永和區達 15.0 毫米，以及板橋區雨量站雨量 20 分鐘達 25.0 毫米、中和區達 30.0 毫米、永和區達 25.0 毫米，既會有 50% 以上機率發生積淹水事件，因此將此些值定為積淹水警戒值，並將警戒值雨量降低 2.5 毫米訂為預警值，其 2021 ~ 2024 年警戒值平均命中率有 80% 以上。並藉由 LINE 進行積水預警推播給新北市水利局，此些資訊可以更精進研究區域對於積淹水的判定，並藉由預警值進行提醒，並以警戒值作為防救災以及通知巡查的啟動依據，以降低短延時強降雨所造成的積淹水災害。

關鍵詞：排水設計、短延時強降雨、淹水機率、淹水預報、淹水警戒值。

* 國立臺灣大學生物環境系統工程學系教授

10617 臺北市羅斯福路四段 1 號 · tjchang@ntu.edu.tw

URBAN FLASH FLOOD EARLY WARNING AND ALERT THRESHOLD ANALYSIS FOR
SHORT-DURATION HEAVY RAINFALL EVENTS: CASE STUDIES IN BANQIAO, ZHONGHE,
AND YONGHE DISTRICTS IN NEW TAIPEI CITY

Chia-Ho Wang National Taiwan University Center of Weather and Climate Disaster Research	Jia-Yu Wang National Taiwan University Department of Bioenvironmental Systems Engineering	Hsiang-Lin Yu* National Taiwan University Department of Bioenvironmental Systems Engineering	Tsang-Jung Chang* National Taiwan University Department of Bioenvironmental Systems Engineering
--	--	---	--

ABSTRACT

2

In recent years, climate change and global warming have intensified the magnitude of short-duration heavy rainfall events. Coupled with rapid urbanization and the increasing frequency of extreme precipitation, long-term planning based solely on traditional drainage design standards (*e.g.*, design storms with a 5-year return period) has proven insufficient to support real-time urban inundation early warning. This study aims to establish a pluvial flood (inundation) warning threshold system by integrating design rainfall intensity with observed rainfall intensities that have actually caused flooding, and by analyzing the probability of inundation based on rainfall records associated with past flooding events. The rainfall intensity corresponding to an inundation probability exceeding 50% is adopted as the inundation warning threshold.

First, this study compiles and reviews design standards for drainage facilities within the study area and evaluates the time of concentration and minimum design rainfall intensities of individual drainage components. Older roadside ditches and stormwater inlets were found to have the lowest design standards, typically characterized by concentration times of 5–10 minutes and design return periods of 2–5 years. Accordingly, 10-minute rainfall records from rain gauge stations were used, and rainfall intensities over 10- and 20-minute durations were analyzed to determine pluvial flood warning thresholds. The results indicate that when the 10-minute rainfall reaches 15.0 mm in Banqiao District, 17.5 mm in Zhonghe District, and 15.0 mm in Yonghe District, and when the 20-minute rainfall reaches 25.0 mm in Banqiao District, 30.0 mm in Zhonghe District, and 25.0 mm in Yonghe District, the probability of pluvial flooding exceeds 50%. These values are therefore defined as the inundation warning thresholds, while values 2.5 mm lower are designated as early warning thresholds. Validation results for the period 2021–2024 show that the warning thresholds achieve an average hit rate exceeding 80%. Furthermore, the warning information is delivered to the New Taipei City Government Department of Water Resources via the LINE messaging platform. These results enhance the capability of the study area to identify pluvial flood risks in real time. The early

warning thresholds provide advance alerts, and the warning thresholds serve as activation criteria for emergency response and field inspection, thereby reducing the impacts of urban flooding disasters caused by increasingly frequent short-duration extreme rainfall events..

Keywords: Drainage design, Short-duration heavy rainfall, Flooding probability, Flood forecasting, Flood warning thresholds.

一、前言

隨著氣候變遷加劇短延時強降雨事件的頻率與規模，都市淹水已成為全球都會區愈發嚴峻的挑戰。快速都市化使不透水面積大幅增加、地表入滲能力降低，加上老化的排水與下水道系統容量受限，皆使得淹水風險顯著提升。在此背景下，建立能即時、可信並發出警訊的都市淹水預警系統 (Urban Flood Early Warning System, UFEWS) 成為防減災工作的重要核心 (林等, 2021; 張與張, 2018)。

淹水預警系統的關鍵在於淹水預警值與警戒值之設定，其為利用特定的降雨強度、累積雨量、水位或水動力反應所對應的淹水風險等級 (許等, 2002; 陳, 2013; 吳與王, 2009; Jang, 2015; Dao *et al.*, 2020; Chen *et al.*, 2015)。這些門檻值是連結氣象預報與水文衝擊的重要橋樑，可作為應變決策啟動的行動化指標。在實務中，門檻值可由歷史淹水紀錄-實際降雨關係分析、統計性降雨-逕流分析、排水系統設計標準、深度-損失關係、機器學習模態辨識或即時水力模式模擬等方法推估。由於都市水文過程的高度複雜性與區域差異性，如何建立準確且具區域適用性的警戒值仍具挑戰。

然而，降雨空間異質性、預報不確定性、監測密度不足，以及模式與實際淹水差異等問題仍待克服。因此，亟需建立一套能整合降雨特性、排水系統設計與實際淹水觀測的系統化流程，以推估具操作性與可靠度之都市淹水警戒值。特別是將既有排水設計標準與即時淹水行為相結合，被視為近年最具潛力的方向，能更準確描述都市從安全轉為危險狀態的臨界降雨強度，並有效提升短時預警能力與都市抗災韌性。

本研究旨在提出一套綜合方法，透過實際降雨強度、排水設計評估及歷史淹水紀錄進行分析，建立都市淹水預警與警戒值。所建構的流程旨在提升門檻值之準確性、操作性與區域適用性，以適應人口密集之都會環境。期望藉由補足現行淹水警戒值推估的不足，促進都市淹水預警系統的發展，並支持科學化的淹水風險管理。

二、研究方法

本研究為都會區短延時強降雨積水預警與警戒值的分析，需要先蒐集歷史積淹水紀錄、歷史觀測雨量、排水設施設計標準等相關資料，其中都會區排水系統包含：(1) 進水口 (公路排水)、(2) 側溝 (公路排水)、(3) 雨水井、(4) 連接管、(5) 雨水下水道，如圖 1 所示 (國土規劃署, 2020)；其都會區短延時強降雨積水預警/警戒值設計流程如圖 2 所示，先利用淹水感測器、積淹水調查、民眾淹水通報來彙整歷史積淹水紀錄，再統

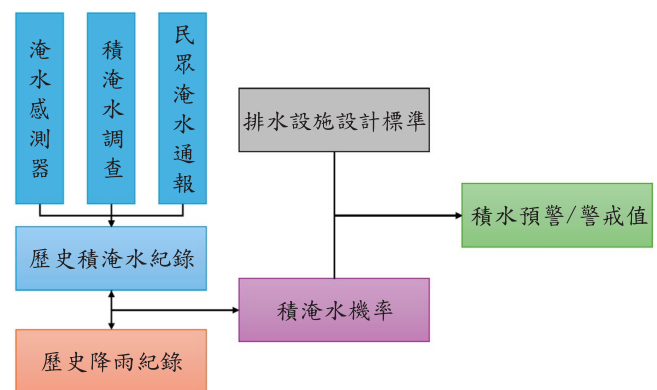
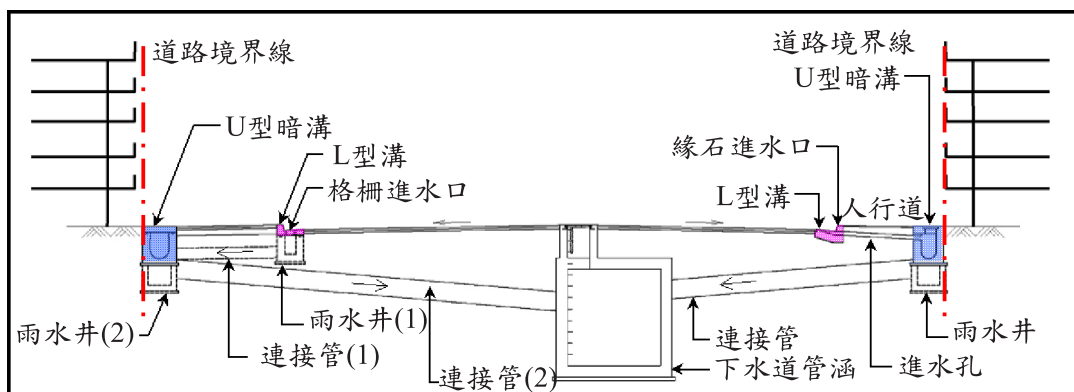


圖 2 積水預警/警戒值分析流程示意圖



註：左側為格柵進水口，右側為緣石進水口；

資料來源：內政部國土規劃署，2020，雨水下水道設計指南。

圖 1 地面逕流收集系統配置示意圖

計歷史降雨紀錄 (積淹水發生時雨量站降雨分析特定延時的降雨強度的資料), 利用歷史積淹水紀錄以及歷史降雨紀錄分析特定延時的積淹水機率, 最後利用排水設施設計標準比對積淹水機率並訂定積水預警/警戒值。

2.1 歷史積淹水紀錄

蒐集研究區域淹水感測器、積淹水調查、民眾淹水通報等相關淹水紀錄資料, 其中積淹水調查為中央或地方政府水利或防災單位調查紀錄資料, 而民眾淹水通報為消防署 119 通報資料, 此資料須濾除一些建築淹水情況 (室內或地下室淹水, 非一般道路積水所造成) 以及特殊淹水情況 (如自來水管線異常損壞等, 非一般道路積水)。

2.2 歷史降雨紀錄

蒐集研究區域各雨量站觀測資料, 並以 10 分鐘雨量資料分析積淹水事件的各延時降雨量, 如圖 3 所示, 以利後續比對歷史積淹水紀錄的降雨強度以及排水設施系統設計標準, 其中都會區排水系統除了區域排水等水系系統外, 集流時間大多低於 3 小時 (180 分鐘)。

2.3 排水設施設計標準與統計驗證

依據相關排水設施設計標準等規範進行相關資料與設計方法進行彙整, 如內政部國土規劃署-雨水下水道系統規劃原則檢討 (2020)、內政部-市區道路及附屬工程設計規範 (2024)、交通部-公路排水設計規範 (2017) 等相關法規, 其排水設施設計重現期 (再現期,

Return Period) 擇定原則:

2.3.1 雨水下水道系統規劃原則檢討 (內政部國土規劃署, 2020)

1. 考慮因素

排水設施之建設及維護管理費用不貲, 惟卻關係集水區域內居民生命財產之安危, 以及生活環境品質, 因此計畫規模之釐定, 過與不及均屬不當。前省住都局在降雨重現期之選擇方面, 主要考慮因素如下:

- (I) 經濟分析: 包括浸水損害冒險度 (Risk) 及減低損害之益本比較。
- (II) 社會衛生觀點: 包括免於浸水之法律責任考慮, 人體生命危害程度, 及浸水之不便與合流制下水道系統因浸水所造成環境衛生之衝擊等。
- (III) 其他特殊之考慮: 包括重要國防建設設施之保護, 以及未來之發展計畫配合考慮等。

2. 以人口數分級標準

依上述因素考量後, 前省住都局擬定標準如次:

- (I) 社區人口在五萬人以下者: 採用 1 ~ 2 年暴雨頻率。
- (II) 人口在五萬至十萬人之地區: 採用暴雨頻率為 2 ~ 5 年。
- (III) 人口在十萬以上者: 則採用 2 ~ 10 年之暴雨頻率。

3. 採行政區級訂定原則

由於都市雨水下水道系統, 均係就公佈之都市計畫區予以規劃設計, 而都市計畫區常為各市鄉鎮行政區之一部分, 因此前省住都局配合行政區級而

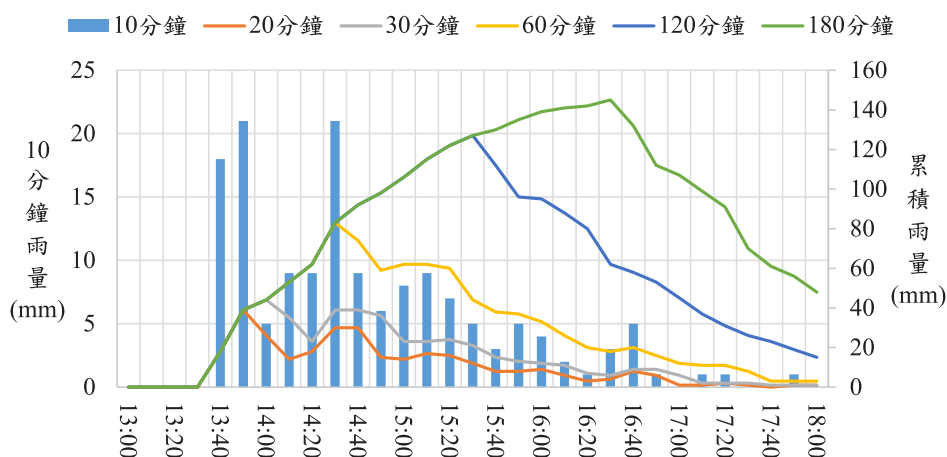


圖 3 中正橋雨量站 20210604 事件各延時降雨量示意圖

訂定之原則說明如下：

- (I) 鄉級地區：採用 1 ~ 2 年一次重現期。
- (II) 縣轄市及鎮地區：採用 2 ~ 3 年一次重現期。
- (III) 省轄市級地區：採用 5 年一次重現期。

4. 降雨延時及集流時間

都市計畫區之流入時間，一般「流入時間」規定如下：

- (I) 側溝及雨水井：採用 5 分鐘至 10 分鐘。
- (II) 雨水下水道幹支線系統：採用 10 分鐘至 15 分鐘。
- (III) 地下道採用：5 分鐘。

2.3.2 公路排水設計規範 (交通部，2017)

公路排水設計除已有規定者外，公路排水設施設計重現期距應視設施規模之經濟性及安全性，參照表 1 研選。

表 1 公路排水設施設計重現期距研選範圍

公路排水設施種類	重 現 期 距 (年)		
	國 道	省縣道	鄉 道
路面排水設施淺溝及路邊溝	5 ~ 10	5 ~ 10	2 ~ 5
進水口	5 ~ 20	5 ~ 10	2 ~ 5
排水聯絡支管	5 ~ 20	5 ~ 10	2 ~ 5
涵洞	20 ~ 50	10 ~ 50	5 ~ 20
路旁渠道 - 排水路 (寬度 ≥ 10 m)	20 ~ 50	20 ~ 50	10 ~ 50
排水路 (寬度 < 10 m)	10 ~ 20	10 ~ 20	5 ~ 20
平台截流溝及豎溝	5 ~ 20	5 ~ 20	5 ~ 20
滯洪池排水口	5 ~ 20	2 ~ 10	2 ~ 5
滯洪池溢流道	20 ~ 50	10 ~ 50	10 ~ 20
橋梁 - 跨中央及直轄市管河川	100 以上	100 以上	100 以上
跨縣 (市) 管河川	50 以上	50 以上	50 以上
跨區域排水路	25 以上	25 以上	25 以上
跨其他排水路	20 以上	20 以上	20 以上
地下道抽水設施	20 以上	20 以上	10 以上

資料來源：交通部，2017，公路排水設計規範。

2.3.3 市區道路及附屬工程設計規範 (內政部，2024)

1. 重現期

市區道路道路排水設計重現期之選定，依表 2 設計重現期之選定。

2. 集流時間

雨水下水道設施之集流時間包括起始時間及

表 2 市區道路及附屬工程設計重現期之選定範圍

適用排水設施	設計重現期 (年)
路邊溝及進水口	2 ~ 5
箱 (管) 涵	5 ~ 10
車行地下道	20
橋梁 (橋面排水)	5
橋梁 (跨既有水路)	從水利主管機關規定

資料來源：內政部，2024，市區道路及附屬工程設計規範。

管渠中之流經時間。考量排水幹線累計之集流時間較長，須依相關集流時間計算公式實際推求為宜外，其他排水設施可從以下之規定：

- (I) 街道側溝及雨水進水井採用 5 分鐘至 10 分鐘。
- (II) 排水支線採用 10 分鐘至 15 分鐘。
- (III) 地下道採用 5 分鐘。
- (IV) 高架道路採用 5 分鐘。

2.3.4 重現期分析 (內政部國土規劃署，2020，雨水下水道系統規劃原則檢討)

一般常採「經驗次數分析法」及「頻率分析法」，前省住都局早期辦理降雨強度公式分析，均採用「經驗次數分析法」，其由歷年資料各延時降雨強度發生次數予以分析；而「台灣地區雨量測站降雨強度－延時 Horner 公式分析 (水利署 92.2)」及部分「雨水下水道系統檢討規劃」，則係採用「頻率分析法」。「頻率分析法」有採二參數對數常態、三參數對數常態、皮爾遜三型、對數皮爾遜三型、極端值一型等分布等。

「經驗次數分析法」係由歷年發生次數分析再現期，一般而言較為可靠，惟其所需分析資料之紀錄年數不宜少於所用頻率之 3 倍至 5 倍，因此無法如「頻率分析法」推算較高再現期之降雨強度公式。

2.3.5 降雨強度分析 (內政部國土規劃署，2020，雨水下水道設計指南)

雨水下水道降雨強度公式，主要以二參數之 Talbot、Sherman 及三參數之 Horner 等型式予以分析。前省住都局早期則較常採 Talbot 及 Sherman 予以分析，並檢驗比較其精確度後，擇定降雨強度公式之型式。

Talbot : $I = \frac{a}{t + b}$ (1)

Sherman : $I = \frac{a}{t^c}$ (2)

$$\text{Horner: } I = \frac{a}{(t+b)^c} \dots\dots\dots(3)$$

式中， I 為降雨強度 (mm/hr)
 t 為降雨延時 (分鐘)
 a 、 b 、 c 為常數

三參數 Horner 公式之 $c = 1$ ，即為 Talbot 公式；
 而 Horner 公式之 $b = 0$ ，即為 Sherman 公式，一般分析成果以 Horner 公式之精確度較高，因此經濟部水利署 (以下簡稱水利署) 及交通部中央氣象署 (以下簡稱氣象署) 等單位均採 Horner 公式分析。爾後如辦理降雨強度公式分析，建議採三參數之 Horner 公式。

2.4 積淹水機率

本計畫利用研究區域周邊雨量站的雨量資料統計分析各雨量站各降雨強度發生次數，並用此些降雨強度比對歷史積水紀錄，進一步分析各降雨強度下可能發生積水的機率，其分析公式如式 (4)。

$$\max \left(\frac{\text{各區過去發生積淹水事件對應雨量站特定降雨強度次數}}{\text{各區對應雨量站特定降雨強度發生次數}} \times 100\% \right) \dots\dots\dots(4)$$

2.5 積水預警/警戒值

本研究參考吳與王 (2009) 對雨量警戒值淹水之定義，將淹水機率超過 50% 的各延時降雨量定為警戒值，因為此雨量已經有 50% 的可能發生積淹水；而將各延時的警戒值雨量降低適當的雨量值定為預警值，以達到在積水發生前可以事先預警，如 10 ~ 20 分鐘降雨降低 2 ~ 5 毫米、60 ~ 120 分鐘降低 10 毫米等。

2.6 統計驗證

使用列聯表 (contingency table) 中的四項元素進行命中率、誤報率、預兆得分統計驗證，其列聯表中的四項元素如下說明：

預警 淹水	有	無
有	H (hits)	M (misse s)
無	F (false alarm)	C (correct negatives)

各統計量的詳細公式如下 (Wilks, 2011·Stanski *et al.*, 1989)：

命中率 (Probability of Detection, POD)：

$$\frac{H}{H+M} \dots\dots\dots(5)$$

誤報率 (False Alarm Ratio, FAR)：

$$\frac{F}{H+F} \dots\dots\dots(6)$$

預兆得分 (Threat Score, TS)：

$$\frac{H}{H+M+F} \dots\dots\dots(7)$$

由於淹水位置多為淹水通報或淹水感測器紀錄為主，而淹水通報無詳細淹水歷程較難判定實際淹水開始時間，因此本研究已淹水感測器紀錄進行統計分析；亦因為如此，非淹水感測器位置的淹水較難以卻確認，預警有發生但實際無淹水的情況 (*false alarm*) 較難以判斷，故本研究以命中率 (POD) 進行分析。

三、研究區域概述與資料蒐集

本研究以新北市的板橋、中和、永和為研究區域，蒐集新北市板橋、中和、永和近年積淹水調查資料、鄰近雨量站觀測雨量以及相關雨量站降雨強度回歸數據等相關資料。

3.1 積淹水調查資料

本研究蒐集積淹水調查資料包含淹水感測器淹水紀錄 (2021 ~ 2024)、新北市水利局淹水調查資料 (2021 ~ 2024)，近年淹水位置如表 4 所示；而新北市的板橋、中和、永和淹水感測器位置如表 4 以及圖 4 所示，總計 28 處。其中以 2021/06/04 事件為例，淹水感測器積水紀錄如圖 5 所示。

表 3 研究區域內近年易淹水位置列表

區	位置
中和區	民享街 36 巷口至民享街 86 巷口
中和區	民享街 469 巷
中和區	民有街、中山路口

區	位置
中和區	中山路二段、板南路口
中和區	華新街、忠孝街口
中和區	忠孝街 2、11、58 巷
中和區	中山路二段(威力廣場)
中和區	圓通路 (北二高涵洞)
中和區	中正路 (健康路-連城路)
中和區	仁愛街
永和區	林森路單號側 (83-111 號)
永和區	永利路 70-112 號
永和區	永元路-林森路口
永和區	竹林路沿線
永和區	中正路、民享街口 (智光-瓦礫溝)
永和區	秀朗路一段 (復興商工)
永和區	林森路-永亨路口 (福和橋下)
永和區	復興街 54 巷 16 號
永和區	福和路 125 巷
永和區	國光路 49 巷口
永和區	永貞路-永利路口
永和區	國中路-永中前
板橋區	文化路一段 (民生路至民權路)
板橋區	大觀路一段 38 巷 (浮州車站)
板橋區	龍興街-大觀路二段 30 巷
板橋區	僑中二街 102 巷
板橋區	大仁街
板橋區	中山路一段-漢生東路口
板橋區	四川路一段 325 巷
板橋區	金華街 10 巷
板橋區	金門街 260、280 巷
板橋區	中山路一段-實踐路口
板橋區	板城路-南興橋
板橋區	板城路 (新興橋)

表 4 研究區域淹水感測器列表

淹水感測器設置位置
板橋區文化路一段 207 號
板橋區民權路 89 號
板橋區中山路與漢生東路口
板橋區民生路三段 317 號
板橋區大觀路一段 (車行地下道)
板橋區龍興街 73 巷 2 號
板橋區大觀路二段 251 號
中山路一段 158 號
板橋區板城路與館前西路口
板橋區僑中二街 152 號
板橋區大仁街 115 號
板橋區板城路 7 之 2 號
中和區水源路 62 號
中和區中山路 3 段 109 號
中和區民享街 86 巷 2 號
中和區忠孝街 2 號
中和區國光街與莒光路口
中和區南山路 174-3 號 (美廉社)
永和區中正路 82 號
永和區林森路 65 號
永和區復興商工
永和區永利路 73 號
永和區國光路 35 號
永和區中興街 147 巷口
永和區福和路與中正路口
永和區福和國中
永和區竹林路 75 巷
永和區林森路 132 號

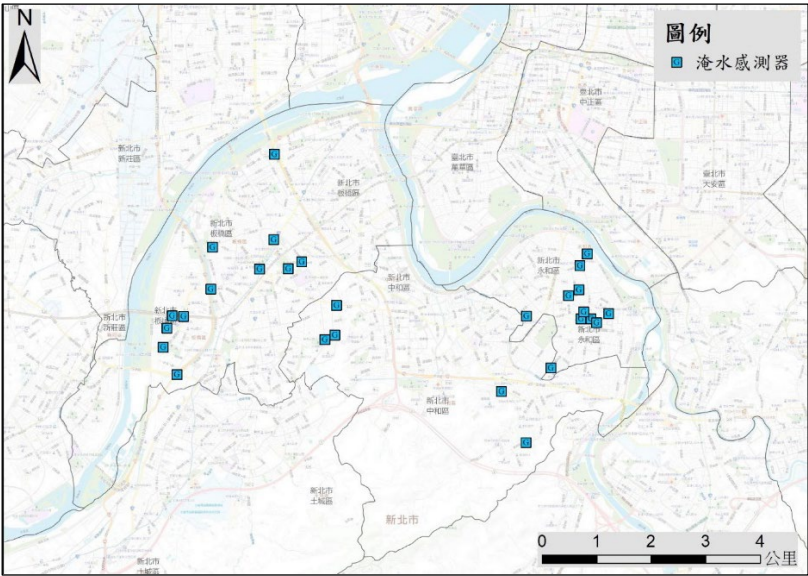


圖 4 研究區域內淹水感測器位置示意圖

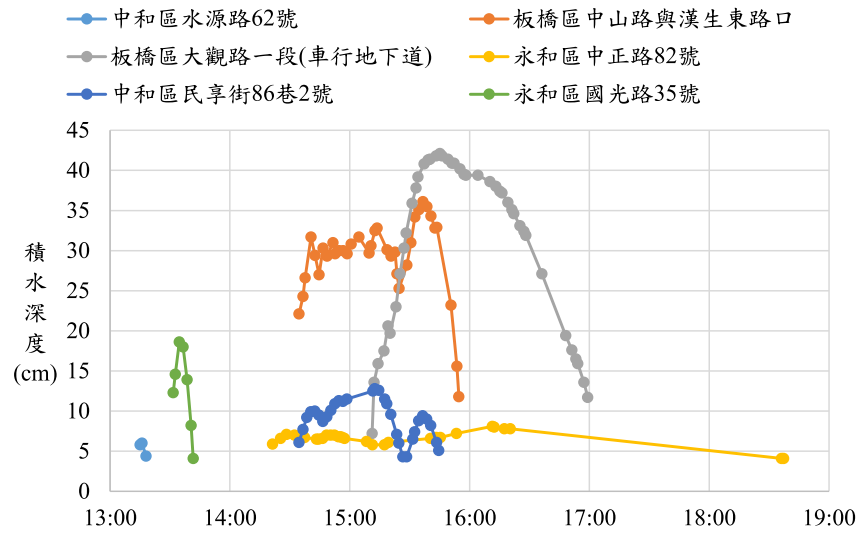


圖 5 研究區域內 2021/06/04 淹水感測器紀錄積水深度圖

表 5 研究區域周邊雨量站列表

站名	站碼	經度	緯度	高程	縣市	區界	所屬單位
新莊	C0ACA0	121.4468	25.0515	25	新北市	新莊區	中央氣象署
中和	C0AG80	121.4918	24.9916	48	新北市	中和區	中央氣象署
土城	C0AD40	121.4452	24.9732	32	新北市	土城區	中央氣象署
永和	C0AH10	121.5081	25.0113	30	新北市	永和區	中央氣象署
國三 S037K	CAA050	121.4710	24.9824	51	新北市	土城區	中央氣象署
板橋	C0AJ80	121.4487	25.0111	38	新北市	板橋區	中央氣象署
中正橋	01A410	121.5164	25.0219	15	臺北市	中正區	水利署第十河川分署
雙園	A1AB20	121.4903	25.0303	31	臺北市	萬華區	臺北市水利工程處
仙跡岩	A1AG70	121.5432	24.9893	81	臺北市	文山區	臺北市大地工程處
臺灣大學	A0A010	121.5394	25.0143	17	臺北市	大安區	中央氣象署

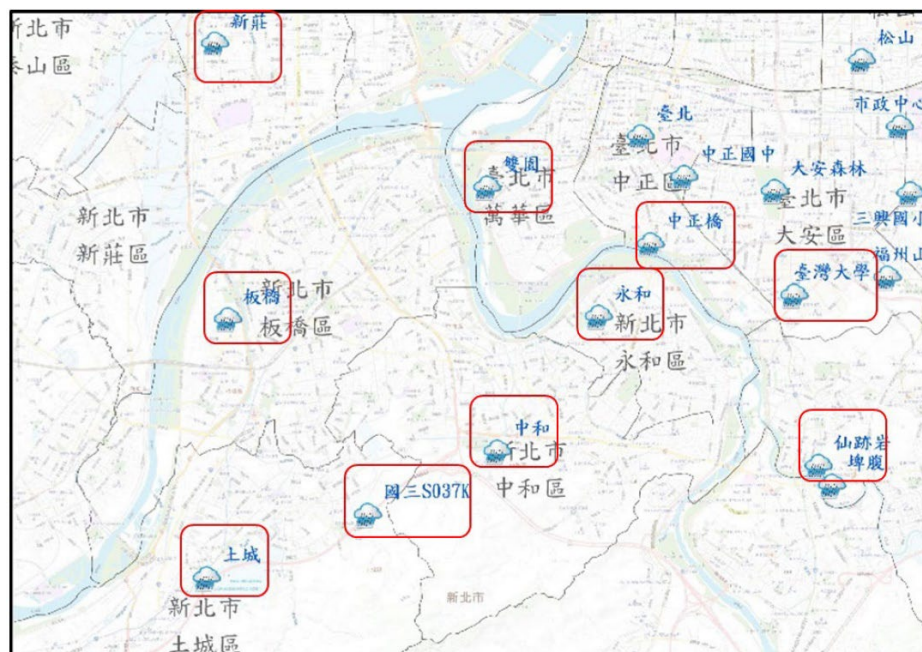


圖 6 研究區域周邊雨量站位置示意圖

3.2 雨量站觀測資料

本研究蒐集雨量站如表 5 以及圖 6 所示，共有 10 個雨量站，分別隸屬於中央氣象署、水利署第十河川分署、臺北市水利工程處、臺北市大地工程處。

3.3 雨量站重現期與降雨強度選定

依據早期相關設計，如雨水下水道系統規劃原則檢討（內政部國土規劃署，2020）以及市區道路及附屬工程設計規範（內政部，2024），路邊溝及進水口重現期為 2 ~ 5 年，集流時間為 5 ~ 10 分鐘，且早期建設的雨水下水道重現期亦為 2 ~ 3 年（縣轄市及鎮地區），雨水下水道幹支線集流時間為 10 ~ 15 分鐘；依據雨水下水道系統規劃原則檢討（內政部國土規劃署，2020）板橋、中和及永和降雨強度公式如表 7、表 8 所示。

依據近年相關報告，如北部地區都市總合治水推動計畫-雨量站短延時降雨公式檢討（內政部國土規劃署，2025），板橋、中和及永和鄰近雨量站降雨強度公式如表 9 所示，板橋、中和及永和鄰近雨量站 10、20 分鐘設計降雨量如表 10、表 11 所示。

統整表 6 至表 11，由於早期建設的排水設施會因為老舊或淤積造成排水量下降，因此本研究取最小排水設施進水口排水量，其 2 年重現期板橋區、中和區、永和區 10/20 分鐘排水量分別為 17/30、20/35、20/35 毫米，如表 12 所示。

表 6 板橋、中和以及永和降雨強度公式列表

行政區	2 年	3 年	5 年
板橋	$\frac{1840.313}{(t+19)^{0.7733}}$	$\frac{2072.709}{(t+19)^{0.7629}}$	$\frac{2206.3650}{(t+19)^{0.7441}}$
中和及永和	$\frac{7522}{t+47.43}$	$\frac{7920}{t+44.98}$	$\frac{8336}{t+41.37}$

資料來源：內政部國土規劃署，2020，雨水下水道系統規劃原則檢討

表 7 板橋、中和以及永和 10 分鐘設計降雨量列表

行政區	2 年	3 年	5 年
板橋	22.7 mm/10min	25.2 mm/10min	27.3 mm/10min
中和及永和	21.8 mm/10min	24.0 mm/10min	27.0 mm/10min

表 8 板橋、中和以及永和 20 分鐘設計降雨量列表

行政區	2 年	3 年	5 年
板橋	36.1 mm/20min	40.6 mm/20min	44.8 mm/20min
中和及永和	37.2 mm/20min	40.6 mm/20min	45.3 mm/20min

表 9 研究區域周邊雨量站降雨強度公式列表

雨量站	2 年	3 年	5 年
土城	$\frac{2521.7482}{(t+44.2662)^{0.7988}}$	$\frac{1997.9240}{(t+38.9471)^{0.7367}}$	$\frac{1475.6176}{(t+31.5849)^{0.6640}}$
新莊	$\frac{3866.7701}{(t+50.7307)^{0.8714}}$	$\frac{4099.7353}{(t+49.8178)^{0.8641}}$	$\frac{4044.2935}{(t+47.5154)^{0.8454}}$
永和	$\frac{3747.8126}{(t+39.0518)^{0.8739}}$	$\frac{3942.7932}{(t+42.2026)^{0.8621}}$	$\frac{3400.3469}{(t+41.0725)^{0.8183}}$
中正橋	$\frac{3737.5920}{(t+44.3319)^{0.8535}}$	$\frac{3397.8051}{(t+40.6652)^{0.8160}}$	$\frac{2508.9832}{(t+31.2735)^{0.7460}}$
臺北	$\frac{2724.7814}{(t+49.8767)^{0.7908}}$	$\frac{2587.6987}{(t+48.4010)^{0.7595}}$	$\frac{2366.2714}{(t+45.2548)^{0.7249}}$

資料來源：內政部國土規劃署，2025，北部地區都市總合治水推動計畫

表 10 研究區域周邊雨量站 10 分鐘設計降雨量列表

雨量站	2 年	3 年	5 年
土城	17.7 mm/10min	19.4 mm/10min	21.1 mm/10min
新莊	18.1 mm/10min	20.1 mm/10min	22.2 mm/10min
永和	20.8 mm/10min	21.6 mm/10min	22.4 mm/10min
中正橋	20.6 mm/10min	23.0 mm/10min	26.2 mm/10min
臺北	18.3 mm/10min	20.1 mm/10min	22.0 mm/10min

表 11 研究區域周邊雨量站 20 分鐘設計降雨量列表

雨量站	2 年	3 年	5 年
土城	30.0 mm/20min	32.7 mm/20min	35.3 mm/20min
新莊	31.1 mm/20min	34.3 mm/20min	37.6 mm/20min
永和	35.6 mm/20min	38.1 mm/20min	40.5 mm/20min
中正橋	35.4 mm/20min	39.4 mm/20min	43.9 mm/20min
臺北	30.5 mm/20min	33.6 mm/20min	37.0 mm/20min

表 12 研究區域進水口排水量列表

行政區	10 分鐘	20 分鐘
板橋	17 mm	30 mm
中和	20 mm	35 mm
永和	20 mm	35 mm

四、短延時強降雨積水預警/警戒值

4.1 積淹水機率分析

本計畫利用研究區域周邊雨量的雨量資料統計分析各雨量站 10、20 分鐘各降雨強度發生次數，並用此些降雨強度比對歷史積水紀錄，進一步分析各降雨強度下可能發生積水的機率，其分析公式如式 (4)，其中和、永和、板橋區各雨量站積淹水機率如

表 13 至表 18 所示，其中中正橋站因為連接臺北市中正區以及新北市永和區的中正橋改建 (2019/05 ~ 2024/08) 造成雨量值異常，而中央氣象署臺灣大學站因為常常異常，因此也暫不納入考量，此外“-”表示 2021 ~ 2024 未發生此種強度雨量事件。

表 13 板橋區 2021 ~ 2024 積淹水事件 10 分鐘強度發生機率表

雨量站	板橋	土城	國三 S037K	新莊
站碼	C0AJ80	C0AD40	CAA050	C0ACA0
雨量 (mm)	機率			
≥5	14.3%	11.0%	11.8%	17.3%
≥7.5	23.8%	17.3%	18.3%	27.7%
≥10	47.6%	24.3%	26.3%	38.1%
≥12.5	64.3%	24.3%	37.5%	60.0%
≥15	71.4%	35.7%	37.5%	75.0%
≥17.5	100.0%	50.0%	37.5%	75.0%
≥20	100.0%	100.0%	-	100.0%
≥22.5	100.0%	-	-	100.0%
≥25	-	-	-	-

註：“-”表示實際雨量為達到此降雨強度

表 14 板橋區 2021 ~ 2024 積淹水事件 20 分鐘強度發生機率表

雨量站	板橋	土城	國三 S037K	新莊
站碼	C0AJ80	C0AD40	CAA050	C0ACA0
雨量 (mm)	機率			
≥15	38.5%	21.7%	23.4%	39.1%
≥20	56.3%	31.8%	36.0%	50.0%
≥25	71.4%	31.8%	36.0%	62.5%
≥30	100.0%	50.0%	36.0%	80.0%
≥35	100.0%	100.0%	-	100.0%
≥40	100.0%	-	-	100.0%

註：“-”表示實際雨量為達到此降雨強度

表 15 中和區 2021 ~ 2024 積淹水事件 10 分鐘強度發生機率表

雨量站	中和	永和	國三 S037K	板橋
站碼	C0AG80	C0AH10	CAA050	C0AJ80
雨量 (mm)	機率			
≥5	12.4%	12.6%	11.8%	11.4%
≥7.5	16.7%	18.6%	18.3%	16.7%
≥10	22.5%	28.6%	26.3%	33.3%
≥12.5	22.5%	33.3%	41.7%	42.9%
≥15	31.3%	35.3%	41.7%	42.9%
≥17.5	42.9%	35.3%	41.7%	66.7%
≥20	66.7%	35.3%	-	66.7%
≥22.5	66.7%	35.3%	-	66.7%
≥25	-	-	-	-

註：“-”表示實際雨量為達到此降雨強度

表 16 中和區 2021 ~ 2024 積淹水事件 20 分鐘強度發生機率表

雨量站	中和	永和	國三 S037K	板橋
站碼	C0AG80	C0AH10	CAA050	C0AJ80
雨量 (mm)	機率			
≥15	22.7%	28.2%	25.5%	26.9%
≥20	28.0%	33.3%	36.0%	31.3%
≥25	46.2%	41.2%	36.0%	42.9%
≥30	66.7%	41.2%	36.0%	66.7%
≥35	100.0%	40.0%	-	66.7%
≥40	100.0%	100.0%	-	66.7%

註：“-”表示實際雨量為達到此降雨強度

表 17 永和區 2021~2024 積淹水事件 10 分鐘強度發生機率表

雨量站	永和	中和
站碼	C0AH10	C0AG80
雨量 (mm)	機率	
>=5	10.8%	9.3%
>=7.5	15.7%	13.3%
>=10	31.4%	17.5%
>=12.5	41.7%	18.5%
>=15	58.8%	18.8%
>=17.5	77.8%	18.8%
>=20	77.8%	33.3%
>=22.5	77.8%	33.3%
>=25	-	-

註：“-”表示實際雨量為達到此降雨強度

表 18 永和區 2021~2024 積淹水事件 20 分鐘強度發生機率表

雨量站	永和	中和
站碼	C0AH10	C0AG80
雨量 (mm)	機率	
>=15	28.2%	18.2%
>=20	41.7%	24.0%
>=25	58.8%	24.0%
>=30	100.0%	16.7%
>=35	100.0%	100.0%
>=40	100.0%	100.0%

註：“-”表示實際雨量為達到此降雨強度

4.2 10、20 分鐘積水預警/警戒值

依據 3.3 節最小排水設施進水口排水量，板橋區、中和區、永和區 10/20 分鐘排水量分別為 17.0/30.0、20.0/35.0、20.0/35.0 毫米；而 4.1 節板橋區、中和區、永和區 10/20 分鐘淹水機率超過 50%分別為 12.5/20.0、17.5/30.0、15.0/25.0 毫米。而板橋區浮洲地區有多處屬於住宅區-再發展區，此些區域早期為非都市計畫區域，雖然近年已是都市計畫中已劃定，但尚未進行開發，或者需要進行更新改造的地區，因此排水能力可能較低，因此較易發生積水情況，若排除板橋區浮洲部分非都市區域，板橋區 10/20 分鐘淹水機率超過 50%可以提升為 15.0/25.0 毫米。

因此，本研究取設計量與淹水紀錄超過 50% 的降雨強度較低者定為積水警戒值，其板橋區 10/20 分

表 19 研究區域建議警戒值/預警值列表

行政區	警戒值(mm)		預警值(mm)	
	10 分鐘	20 分鐘	10 分鐘	20 分鐘
板橋	15.0	25.0	12.5	22.5
中和	17.5	30.0	15.0	27.5
永和	15.0	25.0	12.5	22.5

鐘積水警戒值 15.0/25.0 毫米 (浮洲區域 12.5/20.0 毫米)，中和區 10/20 分鐘積水警戒值 17.5/30.0 毫米，永和區 10/20 分鐘積水警戒值 15.0/25.0 毫米；而本研究為了預先提防積水造成的不便與降低淹水損失提升防災韌性，且依據表 7、表 8 以及表 10、表 11 可以發現重現期 2 年與 3 年的雨量差值約 2~5 毫米，故本研究取降低 2.5 毫米作為預警值，因此訂定預警值分別為板橋區 10/20 分鐘預警值為 12.5/22.5 毫米 (浮洲區域 10.0/17.5 毫米)、中和區 10/20 分鐘預警值為 15.0/27.5 毫米、永和區 10/20 分鐘預警值為 12.5/22.5 毫米，如表 19 所示。

4.3 即時觀測資料推播積水預警/警戒值應用

為了做到積淹水預警以及警戒之作用，本研究將修改新北市政府水利局“新北市降雨即時模擬預報 (以板橋為示範區)”計畫的預警以及警戒推播閾值，推播資訊如圖 7 所示，建議將板橋區預警值修正為 12.5 mm / 10 min 以及 22.5 mm / 20 min (浮洲地區 10.0 mm / 10 min 以及 17.5 mm / 20 min)，而警戒值為 15.0 mm / 10 min 以及 25.0 mm / 20 min；中和區預警值修正為 15.0 mm / 10 min 以及 27.5 mm / 20 min，而警戒值為 17.5 mm / 10 min 以及 30.0 mm / 20 min；永和區預警值修正為 12.5 mm / 10 min 以及 22.5 mm / 20 min，而警戒值為 15.0 mm / 10 min 以及 25.0 mm / 20 min。

4.4 統計驗證分析

本研究利用 2021~2024 年實際雨量站觀測資料以及淹水感測器淹水紀錄 (2021~2024) 進行命中率 (POD) 分析，其各事件分析結果如表 20 所示，除了 2023/09/06、2024/09/22 事件 POD 不為 100%，其餘事件 POD 均為 100% 完全命中，其中又以 2024/09/22 事件板橋、中和區 POD 均為 0.0% 較為特殊，其原因可能為中午 (11~12 時) 已下過一場暴雨，最大 10 分

**臺灣大學通報**

近20分鐘累積雨量超過20毫米雨量站

土城區：土城, 國三S037K

若強降雨持續，上述雨量站周邊可能發生積淹水。

資料來源：中央氣象署&新北市水利局

資料更新：2024/09/07 12:30:00

觀測雨量地圖

**臺灣大學通報**

近10分鐘累積雨量超過15毫米雨量站

土城區：土城, 國三S037K

若強降雨持續，上述雨量站周邊可能發生積淹水。

資料來源：中央氣象署&新北市水利局

資料更新：2024/09/07 12:30:00

觀測雨量地圖

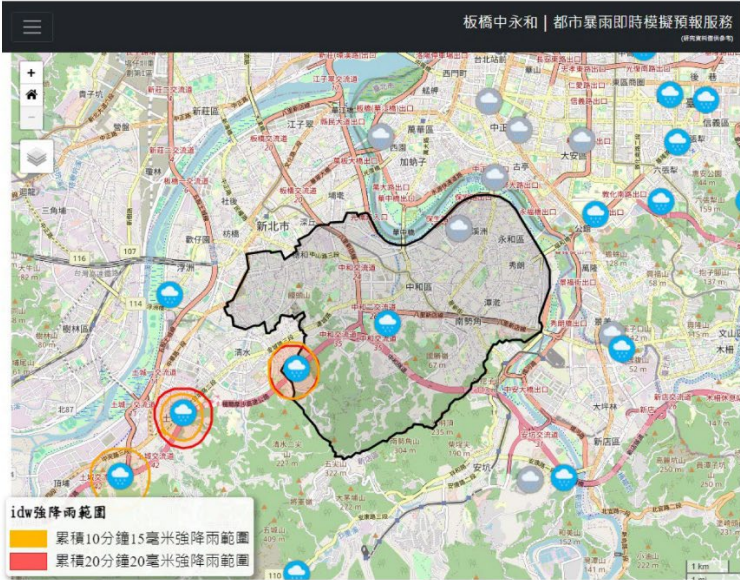


圖 7 短延時強降雨推播預警資訊示意圖

表 20 2021 ~ 2024 進行命中率 (POD) 分析表

事件	區域	感測器紀錄	10 分鐘警戒	10 分鐘 POD	20 分鐘警戒	20 分鐘 POD
2021 0604	板橋 (浮洲)	2	2	100.0%	2	100.0%
		1	1	100.0%	1	100.0%
	中和	2	2	100.0%	2	100.0%
	永和	2	2	100.0%	2	100.0%
	全部	6	6	100.0%	6	100.0%
2022 0802	板橋 (浮洲)	1	1	100.0%	1	100.0%
		0	0	-	0	-
	中和	0	0	-	0	-
	永和	0	0	-	0	-
	全部	1	1	100.0%	1	100.0%
2022 0825	板橋 (浮洲)	0	0	-	0	-
		0	0	-	0	-
	中和	0	0	-	0	-
	永和	2	2	100.0%	2	100.0%
	全部	2	2	100.0%	2	100.0%

事件	區域	感測器紀錄	10 分鐘警戒	10 分鐘 POD	20 分鐘警戒	20 分鐘 POD
2023 0616	板橋	0	0	-	0	-
	(浮洲)	0	0	-	0	-
	中和	0	0	-	0	-
	永和	1	1	100.0%	1	100.0%
	全部	1	1	100.0%	1	100.0%
2023 0623	板橋	0	0	-	0	-
	(浮洲)	0	0	-	0	-
	中和	1	1	100.0%	1	100.0%
	永和	1	1	100.0%	1	100.0%
	全部	2	2	100.0%	2	100.0%
2023 0630	板橋	1	1	100.0%	1	100.0%
	(浮洲)	0	0	-	0	-
	中和	0	0	-	0	-
	永和	0	0	-	0	-
	全部	1	1	100.0%	1	100.0%
2023 0811	板橋	1	1	100.0%	1	100.0%
	(浮洲)	1	1	100.0%	1	100.0%
	中和	0	0	-	0	-
	永和	0	0	-	0	-
	全部	1	1	100.0%	1	100.0%
2023 0820	板橋	2	2	100.0%	2	100.0%
	(浮洲)	1	1	100.0%	1	100.0%
	中和	0	0	-	0	-
	永和	0	0	-	0	-
	全部	2	2	100.0%	2	100.0%
2023 0906	板橋	2	1	50.0%	2	100.0%
	(浮洲)	1	1	100.0%	1	100.0%
	中和	2	1	50.0%	1	50.0%
	永和	1	1	100.0%	1	100.0%
	全部	5	3	60.0%	4	80.0%
2024 0624	板橋	0	0	-	0	-
	(浮洲)	0	0	-	0	-
	中和	0	0	-	0	-
	永和	1	1	100.0%	1	100.0%
	全部	1	1	100.0%	1	100.0%
2024 0709	板橋	1	1	100.0%	1	100.0%
	(浮洲)	1	1	100.0%	1	100.0%
	中和	0	0	-	0	-
	永和	0	0	-	0	-
	全部	1	1	100.0%	1	100.0%
2024 0922	板橋	1	0	0.0%	0	0.0%
	(浮洲)	0	0	-	0	-
	中和	1	0	0.0%	0	0.0%
	永和	0	0	-	0	-
	全部	2	0	0.0%	0	0.0%
全事件 捕捉率	板橋	11	9	81.8%	10	90.9%
	(浮洲)	5	5	100.0%	5	100.0%
	中和	6	4	66.7%	4	66.7%
	永和	7	7	100.0%	7	100.0%
	全部	24	20	83.3%	21	87.5%

註：“-”表示淹水感測器無積淹水紀錄。

鐘雨量達 13 毫米 (中和雨量站)，晚上 (19~20 時) 又再次發生暴雨，最大 10 分鐘雨量達 11 毫米 (中和雨量站)，此時側溝可能因為中午的暴雨造成淤積或堵塞，因而造成積水發生 (淹水感測器紀錄水深約 7.4 公分)。

本研究利用短延時強降雨雨量制定警戒值，其統計驗證分析顯示，2021~2024 年歷史機淹水事件，板橋區 10 分鐘雨量/20 分鐘雨量警戒值 POD 可達 81.8%/90.9% (浮洲區域為 100%/100%)，中和區 10 分鐘雨量/20 分鐘雨量警戒值 POD 可達 66.7%/66.7%，永和區 10 分鐘雨量/20 分鐘雨量警戒值 POD 可達 100%/100%，整體而言 10 分鐘預警以及 20 分鐘預警的 POD 均有超過 80%。

五、結論

本研究利用現行排水設計的相關規範進行積淹水閾值評估，配合實際積淹水紀錄配合實際降雨量進行 10 分鐘、20 分鐘短延時強降雨積淹水機率分析，以 10 分鐘、20 分鐘短延時強降雨高於 50% 積淹水機率的雨量作為積淹水警戒值判定，並以此雨量值訂定警戒值以及稍低雨量作為預警值。

本研究利用即時觀測雨量進行強降雨積水關注時，當雨量站雨量 10 分鐘板橋區達 15.0 毫米、中和區達 17.5 毫米、永和區達 15.0 毫米，以及雨量站雨量 20 分鐘板橋區達 25.0 毫米、中和區達 30.0 毫米、永和區達 25.0 毫米，即會藉由 LINE 進行積水警戒推播；當雨量站雨量 10 分鐘板橋區達 12.5 毫米、中和區達 15.0 毫米、永和區達 12.5 毫米，以及雨量站雨量 20 分鐘板橋區達 22.5 毫米、中和區達 27.5 毫米、永和區達 22.5 毫米，即會藉由 LINE 進行積水預警推播。此些資訊可以更精進研究區域對於積淹水的判定，藉由預警值進行提醒，並以警戒值作為防救災以及通知巡查的啟動依據，以降低近年來短延時強降雨所造成的積淹水災害。

致謝

本研究承蒙新北市政府水利局“新北市降雨即時模擬預報 (以板橋為示範區)”計畫經費補助與技術支援得以順利完成階段性成果並持續精進與推廣應用，謹致謝忱，其新北市政府水利局即時積淹水預測成果網站 (板橋、中和、永和)：<https://storage.googleapis.com/taipei-2020/newtaipei-web/FloodingMap.html>。

參考文獻

1. Stanski, H. R., Wilson, L. J., & Burrows, W. R. Survey of Common Verification Methods in Meteorology, 1989.
2. Chen, Y., Zhou, H., Zhang, H., Du, G., & Zhou, J. Urban Flood Risk Warning Under Rapid Urbanization. *Environmental Research*, 139, pp.3-10, 2015.
3. Dao, D. A., Kim, D., Park, J., & Kim, T. Precipitation Threshold for Urban Flood Warning-an Analysis Using the Satellite-based Flooded Area and Radar-gauge Composite Rainfall Data. *Journal of Hydro-Environment Research*, 32, pp.48-61, 2020.
4. Gambini, E., Ceppi, A., Ravazzani, G., Mancini, M., Valsecchi, I. Q., Cucchi, A., ... & Tolone, I. An Empirical Rainfall Threshold Approach for the Civil Protection Flood Warning System on the Milan Urban Area. *Journal of Hydrology*, 628, 130513, 2024.
5. Jang, J. H. An Advanced Method to Apply Multiple Rainfall Thresholds for Urban Flood Warnings. *Water*, 7(11), pp.6056-6078, 2015.
6. Wilks, D. S. *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences* (Vol. 100). Academic Press, 2011.
7. 內政部，「市區道路及附屬工程設計規範」，2024。
8. 內政部國土管理署，「雨水下水道系統規劃原則檢討」，2020。
9. 內政部國土管理署，「雨水下水道設計指南」，2020。
10. 交通部，公路排水設計規範，2017。
11. 吳東昇、王藝峰，「臺灣雨量警戒值淹水預警系統之研究」，臺灣災害管理研討會，2009。
12. 林熾瑛、張志新、陳偉柏、陳奕如、于宜強、林欣弘，「沿海鄉鎮之動態淹水警戒值的建置與測試」，國家災害防救科技中心災害防救電子報，第 194 期，2021。
13. 張駿暉、張志新，「短期暴雨都市迅洪預警系統開發_本土淹水模式之產業化應用」，科技部補助專題研究計畫，2018。
14. 許銘熙、鄧慰先、黃成甲、連宛淪，「即時雨量觀測應用於淹水預警系統之研究」，中央氣象局天氣分析與預報研討會，2002。
15. 陳振宇，「以雨量為基礎之土砂災害警戒系統成效評估—以台灣及日本為例」，中華水土保持學報，44 卷 1 期，頁 50-64，2013。

收稿日期：民國 114 年 12 月 08 日

修改日期：民國 114 年 12 月 19 日

接受日期：民國 114 年 12 月 23 日