

應用都市洪水即時預警模式進行滯蓄洪設施整合減災調適技術研究

內政部建築研究所委託研究報告

(
108
年度)

應用都市洪水即時預警模式進行滯蓄洪 設施整合減災調適技術研究

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國 108 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

108301070000G0020

PG10802-0166

應用都市洪水即時預警模式進行滯蓄洪 設施整合減災調適技術研究

受委託者：國立成功大學
研究主持人：羅偉誠
協同主持人：蔡長泰
研究員：巫孟璇
研究助理：翁俊鴻、陳麗貞、黃智聰、譚禧年
研究期程：中華民國 108 年 2 月至 108 年 12 月

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國 108 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

目次

目次	I
表次	III
圖次	V
摘要	IX
ABSTRACT	XIII
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起與背景	1
第二節 研究方法與步驟	2
第二章 蒐集資料與文獻分析	5
第一節 研究案例選定及資料蒐集	5
第二節 文獻分析	27
第三章 模式建置與演算分析	35
第一節 地文性淹排水模式建置	35
第二節 佈置研究都市非結構性格網	40
第三節 演算與分析	42
第四章 滯蓄洪設施優化	59
第一節 滯蓄洪設施優化改善效能評估	59
第二節 滯蓄洪設施優化操作減洪效益即時演算及減災調適策略建議	

第五章	都市減災調適技術評估	67
第六章	結論與建議.....	71
	第一節 結論	71
	第二節 建議	73
附錄一	審查意見回覆.....	75
附錄二	期中審查意見回覆	77
附錄三	期末審查意見回覆	85
附錄四	專家座談會會議紀錄	91
附錄五	颱風暴雨事件模擬演算案例之雨量歷程.....	103
參考資料	113

表次

表 2-1	演算範圍內雨量站概況表	8
表 2-2	演算範圍內水位站概況表	9
表 2-3	演算範圍內潮位站概況表	11
表 2-4	演算範圍內土地利用概況表	14
表 2-5	仁德區土地利用變化表	14
表 2-6	演算範圍內防洪構造物一覽表	16
表 2-7	演算範圍內滯洪池概況表	19
表 2-8	演算範圍內抽水站概況表	25
表 2-9	淹水模擬模式比較表	33
表 3-1	各雨量站之面積權重百分比	42
表 4-1	0823 豪雨事件各抽水站之運轉情況	64

圖次

圖 1-1	研究流程圖	4
圖 2-1	演算範圍地理位置分布圖	6
圖 2-2	鹽水溪及二仁河流域概況圖	7
圖 2-3	演算範圍內雨量站分布圖	9
圖 2-4	演算範圍內水文站分布圖	11
圖 2-5	演算範圍內數值高程圖	12
圖 2-6	演算範圍內交通路網圖	13
圖 2-7	演算範圍內土地利用概況圖	14
圖 2-8	仁德區土地利用概況圖(96 年).....	15
圖 2-9	仁德區土地利用概況圖(105 年).....	15
圖 2-10	演算範圍內水門分布圖	17
圖 2-11	演算範圍內滯蓄洪設施分布圖	20
圖 2-12	仁德滯洪池標準斷面圖	20
圖 2-13	仁德滯洪池溢流堤及閘門尺寸	21
圖 2-14	仁德滯洪池進出口型式流向及現勘照片	22
圖 2-15	港尾溝滯洪池標準斷面圖	22
圖 2-16	港尾溝滯洪池溢流堰及閘門尺寸	23
圖 2-17	港尾溝滯洪池進出口型式流向及現勘照片	24
圖 2-18	演算範圍內抽水站分布圖	27
圖 2-19	中部科學園區滯 6 滯洪池.....	30
圖 2-20	臺南科學園區道爺湖(滯洪池 A).....	30
圖 2-21	高雄柴山滯洪公園滯洪池 A	31
圖 2-22	港尾溝溪滯洪池.....	31
圖 3-1	自由堰流與潛沒堰流示意圖	39
圖 3-2	抽水站示意圖	39
圖 3-3	演算範圍格網佈置.....	41
圖 3-4	演算範圍內雨量站徐昇多邊形網	43

圖 3-5	尼莎暨海棠颱風期間面積平均雨量組體圖	44
圖 3-6	尼莎暨海棠颱風期間四草大橋潮位站潮位	44
圖 3-7	0823 豪雨期間面積平均雨量組體圖	45
圖 3-8	0823 豪雨期間四草大橋潮位站潮位	46
圖 3-9	0813 豪雨期間面積平均雨量組體圖	47
圖 3-10	0813 豪雨期間四草大橋潮位站潮位	47
圖 3-11	鹽水溪安順橋測站及二仁溪華醫大橋測站位置圖	49
圖 3-12	尼莎暨海棠颱風期間模式演算之洪水歷程與測站實測資料比較圖	49
圖 3-13	0823 豪雨期間模式演算之洪水歷程與測站實測資料比較圖	50
圖 3-14	0813 豪雨期間模式演算之洪水歷程與測站實測資料比較圖	50
圖 3-15	研究區域於 0813 豪雨期間模式演算之淹水範圍與淹水站之水深比較圖	51
圖 3-16	仁德區與區外水流交換情形	53
圖 3-17	10 年重現期一日暴雨模式演算之進流總量與出流總量之關係	54
圖 3-18	10 年重現期一日暴雨模式演算之可流入暫貯留空間	54
圖 3-19	25 年重現期一日暴雨模式演算之進流總量與出流總量之關係	55
圖 3-20	25 年重現期一日暴雨模式演算之可流入暫貯留空間	55
圖 3-21	港尾溝滯洪池與保安抽水站之位置圖	57
圖 3-22	10 年重現期一日暴雨模式演算港尾溝滯洪池與保安抽水站有無操作之兩岸淹水區水位歷線	57
圖 3-23	25 年重現期一日暴雨模式演算港尾溝滯洪池與保安抽水站有無操作之兩岸淹水區水位歷線	57
圖 4-1	仁德滯洪池增加閘門控制條件下滯洪池水位變化	60
圖 4-2	仁德滯洪池增加抽水機操作條件下滯洪池水位變化	60
圖 4-3	連續豪雨事件仁德滯洪池水位變化	60
圖 4-4	連續豪雨事件配合抽水機操作仁德滯洪池水位變化(峰值間隔 12 小時)	61
圖 4-5	連續豪雨事件配合抽水機操作仁德滯洪池水位變化(峰值間隔 24 小時)	61
圖 4-6	0823 豪雨配合抽水機操作情境下仁德滯洪池水位變化	62
圖 4-7	重現期 10 年豪雨在不同延時啟動抽水機仁德滯洪池水位平均降低值	65
圖 4-8	颱風豪雨期間抽水機建議佈設位置	65

圖 5-1 案例研究地區可供蓄滯洪水之容洪空間分佈	68
圖 5-2 滯蓄洪空間分佈圖	68
圖 5-3 2 年重現期一日設計降雨事件	69
圖 5-4 以崑山科技大學臨近三爺溪排水校地(運動場)建置滯蓄洪空間成效評估	69
圖 5-5 以崑山科技大學臨近三爺溪排水校地(運動場)建置滯蓄洪空間周邊區域減洪成效評估	70
附圖 5-1 尼莎暨海棠颱風期間演算範圍內各雨量站之降雨歷程組體圖	104
附圖 5-2 0823 豪雨期間演算範圍內各雨量站之降雨歷程組體圖	107
附圖 5-3 0813 豪雨期間演算範圍內各雨量站之降雨歷程組體圖	110

摘要

關鍵詞：滯蓄洪設施、減災、調適、即時預警

一、研究緣起

民國 107 年 6 月 20 日總統華總一義字第 10700066601 號令修正水利法部分條文，第七章之一為「逕流分擔與出流管制」專章，要求土地與建築開發者共同分擔滯洪、蓄水責任，以提高土地整體耐淹能力。此一修法點出逕流分擔與出流管制之重要性與防洪治水觀念之轉換。

都市積淹水之因素眾多且複雜，縱然有防洪設施之建設，但一旦雨量強度過大、下游潮位過高引發潮位上溯排水系統等，排水設施亦可能渲洩不及甚至溢流。滯蓄洪設施是近期都市減洪規劃中重要設施，然可能因啟動操作之時機影響其運作效能，進而衍生都市地區存在無法排除之有害逕流造成積淹水之問題。為避免逕流疊加造成更嚴重的局部地區淹水問題，需先分析在現有防洪設施基礎下，暴雨事件造成之都市區域地表逕流量，以進一步規劃減災調適之策略以容蓄洪水避免災害。

本研究以「極端降雨引致都市洪水即時預警模式與減災調適技術整合應用研究」之研究成果為基礎，以滯蓄洪設施為中心，綜合檢討分析都市地區之現有防洪設施，如排水系統、抽水站與滯蓄洪設施，各防洪設施之運作對都市防洪機制之影響，進而探討降雨事件之都市積淹過程各滯蓄洪設施如何運作，規劃佈設臨時抽水機位置，提高淹水時抽水效率、縮短退水時間等，加強淹水時之應變能力，以發揮其較佳效能，達到減災調適之目的。

二、研究方法及過程

本研究應用「極端降雨引致都市洪水即時預警模式與減災調適技術整合應用研究」之研究成果—都市洪水即時預警模式，發展滯蓄洪設施模組並整合至都市洪水即時預警模式，以檢討分析都市地區之現有滯蓄洪設施操作與排水系統對都市減洪機制之影響，進而探討提高淹水時抽水效率、縮短退水時間等減災調適技術，加強淹水時之應變能力，以發揮其較佳效能。本研究成果應用於災中提供即時水情資訊作為相關單位研擬減災調適策略以降低洪災衝擊之參考。

三、重要發現

本研究在選定案例研究區域後，完成演算範圍之水文、地文等相關資料之蒐集，依據所蒐集之地文資料完成都市區域非結構性格網之佈置，再以蒐集之民國 106 年尼莎暨海棠颱風、民國 107 年 0823 豪雨與民國 108 年 0813 豪雨等 3 場事件降雨與潮位歷程，分別作為輸入與邊界條件，利用本研究建置之地文性淹排水模式進行降雨逕流演算分析、演算並分析案例研究地區降雨—逕流機制、進行滯蓄洪設施之優化、都市減災技術之評估、舉辦 2 場專家座談會，分別就本研究之 2 個重要議題：「滯洪設施操作與都市防洪減災策略之探討」及「都市容洪空間規劃之探討」進行討論，會議記錄詳如附錄四，將專家對於滯洪設施操作、都市防洪減災策略及都市容洪空間規劃方面之經驗與建議納入滯蓄洪優化與都市減災調適技術評估時之重要參考。本計畫成果分述如下。

(一) 蒐集資料與文獻分析

本研究完成研究案例選定與資料收集，包括研究區域之水文、地文資料、滯蓄洪設施操作資料、路面淹水感測器相關資料之收集。進一步利用上述蒐集之資料完成研究區域之非結構性格網佈置，並完成地文性淹排水模式建置。

蒐集與本研究相關之國內外文獻後，依滯蓄洪設施定義與分類、滯蓄洪設施於淹水模式之模擬等進行整理分析。

(二) 模式建置與演算分析

以上述資料蒐集及分析成果為基礎，本研究依演算區域內之地形地貌及土地利用情形，佈置都市非結構性演算格網，格區間選擇適當之水流方程式演算地面水流，以擬似二維流觀念建置地文性淹排水模式，測試演算民國 106 年尼莎暨海棠颱風、民國 107 年 0823 豪雨事件、民國 108 年 0813 豪雨事件等 3 場颱風事件作為檢定與驗證案例，以完成地文性淹排水模式之建置。

模式演算成果之水位歷程與面積平均雨量組體圖比較可知，雨型與水位歷線之分布十分類似，模式模擬之峰值、發生時間與實測水位相比亦有相同趨勢，顯示模式可合理演算降雨形成之逕流歷程。由模式演算結果與水位測站實測水位資料比較可知，民國 106 年尼莎暨海棠颱風安順橋測站第 60 小時即第 2 峰值之後模擬水位較實測水位低很多，水位趨勢與雨量一致，第 2 峰值與第 3 峰值間降雨有間歇，模式模擬排水較實測快。民國 107 年 0823 豪雨與民

國 108 年 0813 颱風 2 場豪雨降雨較無間歇現象，流量峰值較接近單峰形式。

研究區域於民國 108 年 0813 豪雨期間模式演算結果與淹水站 13、15、28 及 57 之實測水深歷程相符，模式演算地面積淹 30 公分之到達時間亦與淹水感測器測得時間相近。

演算案例地區 10 年與 25 年重現期設計暴雨事件，透過降雨事件逕流分析，可得出 10 年重現期一日暴雨逕流分析之最大可暫貯留空間約在第 14.9 小時，最大可暫貯留量約 2,110 萬立方公尺。25 年重現期一日暴雨逕流分析之最大可暫貯留空間約在第 14.7 小時，最大可暫貯留量約 2,090 萬立方公尺。進一步進行現有滯蓄洪設施分析，比較港尾溝滯洪池與保安抽水站兩站無操作與有操作之水位歷線，可知滯蓄洪設施經操作後，10 年重現期與 25 年重現期之設計暴雨下，左右岸淹水區域約可降低 0.6 公尺至 0.8 公尺，且淹水延時均有縮短。滯蓄洪設施入口以堰流流入與出口以抽水流出均有其降低洪峰、洪峰到達時間後延之效。

(三) 滯蓄洪設施優化

以民國 107 年 0823 豪雨事件與重現期 10 年設計豪雨事件進行滯蓄洪設施優化操作演算，分析與探討減洪效果並規劃佈設臨時抽水機位置。

由民國 107 年 0823 豪雨事件演算結果之流量歷線與降雨歷程互相比較可知，流入淹水區域之流量歷線之形狀與降雨歷線較為相近，即直接反應降雨產生地表逕流；而流出淹水區域之流量歷線，因受地表逕流、滯蓄與滯洪池蓄洪之影響，先反應第 1 個較大的峰值後以一平緩多峰歷時 20 小時後才開始退水。於第 1 峰值後發生前開始抽水，抽水開始後滯洪池水位即開始下降，歷程中以豪雨尖峰過後開始退水之有無抽水之水位相差較大，滯洪池於退水開始即進行抽水機操作，可有效迅速降低滯蓄洪水位，強化滯蓄洪設施功能。

為進一步分析滯蓄洪設施優化條件，以連續 2 場重現期 10 年豪雨事件(間隔 12 小時)，搭配在不同延時啟動抽水機，演算水深以分析滯蓄洪設施操作減洪效果。以水深之平均降低值分析減洪效果，結果顯示啟動抽水機的時約在洪峰過後 4 小時，可以有較佳的降低滯洪池水位的成效。另以演算結果之仁德區之積淹地區，研判臨時抽水機佈設位置：三爺溪排水之上游佈設 1 個，仁德滯洪池佈設 1 個，三爺溪排水下游兩岸易淹水地區佈設 4 個，港尾溝溪上游佈設 1 個，二仁溪中下游北岸之大甲里佈設 3 個，共 10 個臨時抽水機建議佈設位置。

(四) 都市減災調適技術評估

初步分析仁德常淹水地區後，初擬可以研究區域內面積較大之校園綠地規劃增加約 4 萬

應用都市洪水即時預警模式進行滯蓄洪設施整合減災調適技術研究

立方公尺之滯蓄洪空間，並以 2 年重現期一日降雨事件模擬評估減洪效果，由校園水位變化可知，此一規劃於降雨歷程前 4-10 小時可發揮約 10cm-20cm 之減洪作用。進一步探討其周邊區域之水位變化，可發現水位歷線洪峰約可延遲 0.5 至 1 小時，可發揮約 5cm 之減洪作用。

四、主要建議事項

建議一

滯洪設施之優化操作策略：立即可行建議

主辦機關：直轄市、各縣(市)政府水利機關

協辦機關：經濟部水利署、內政部建築研究所

本年度已完成滯蓄洪設施整合減災調適技術初步研究，建議將優化滯洪設施操作應用於實務，在即時掌握颱風期間現地水情資訊下，可以本研究之地文性淹排水模式進行滯洪設施排洪操作評估與建議，減少都市溢淹。

建議二

土地因應氣候變遷減災調適技術研究：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：經濟部水利署、內政部營建署

都市洪水逕流除以排水系統及滯洪設施排除外，土地亦需配合遲滯洪水，透過水理演算分析淹水區域，進一步藉由土地使用之規劃，將位於淹水風險較高區域之土地規劃為承洪或滯洪區，以提升都市耐洪減災能力，降低淹水損失。

Abstract

Keywords : detention pond, mitigation, daptation, real-time prediction

Background and objectives

The causes of inundation in urban areas were numerous and complex. Even though there were flood mitigation facilities, once the rainfall intensity and the downstream tidal level were exceedingly high, the flood in drainage could not be drained in time or even overflow. Detention pond was an important flood mitigation facility in recent years. However, the detention efficiency might be affected by the timing of the operation and harmful runoff that cannot be drained caused flooding in the urban areas. In order to avoid the problem of flooding in the local area caused by the superposition of runoff, it was necessary to analyze the surface runoff of the urban areas caused by the storm events on the basis of the current flood mitigation facilities.

Method and approach

Based on the research results from the previous project, “Integrated Applications of the Implementation Model of Timely Alarming as well as the Innovative Technology of Disaster Reduction and Adaption for Urban Flooding Induced by Extreme Rainfall Events”, the simulation of detention ponds have been considered and integrated into an urban real-time predicted inundation model. The model could be applied to comprehensive review and analyze current flood mitigation facilities in urban areas, such as drainage systems, pumping stations, and detention ponds, the effect of the operation of various flood mitigation facilities on urban flood mitigation mechanisms. Furthermore, how the various detention ponds operating, planning the location of mobile pumping stations, improving the pumping efficiency during flooding, and reducing the duration of flood recession during the storm events could be more effective and improve the disaster response ability to achieve the purpose of disaster mitigation and mitigation.

Main results

After choosing the study area, Rende District, hydrologic and physiographic data are collected and compacted. The computational cells are automatically generated in accordance with physiographic data such as terrain, landscape and drainage network. The Physiographic drainage-inundation model (the PHD model) is then is applied to simulate the rainfall-runoff scenarios for two typhoon events, Typhoon Nesat in 2017 and two extremely heavy rainfall events, 0823 rainfall event in 2018 and 0813 rainfall event in 2019. The effect of rainfall-runoff in the study area were analyzed. Plan the optimization of detention facilities and evaluation of urban disaster

reduction technologies. The two expert forums for two important issues of this study, “the discussion of flood detention facilities operation and flood mitigation and disaster reduction strategies in urban area” and “the discussion of urban flood detention space planning”. The suggestions from the two expert forums are considered as important references of planning flood detention facilities operation, flood mitigation and adaption strategies in urban area.

The main results obtained from this study can be summarized as follows:

1. Reviewing relevant literatures

This study completed the selection of research cases and data collection, including the hydrology, geography data, operation data of detention facilities, and the collection of relevant data of “instant flood water level sensors”. Further use the collected data to complete the non-structural cells of the study area and complete the PHD model.

After collecting domestic and foreign literature related to this research, it includes the definition and classification of detention pond and how the detention pond operation be considered in the inundation model.

2. Developing the PHD model, simulation, and analysis

Based on the above data collection and analysis results, this study arranges the urban non-structural computational cells according to the terrain and land use in the study area, and selects the appropriate water flow equation to calculate the surface runoff. The establishment of the PHD model was carried out to test the calculus of Typhoon Nesat in 2017, extremely heavy rainfall events 0823 in 2018 and 0813 in 2019 as a verification case. The relationship of the inflow, outflow and the storage in the study area are analyzed. Select the relevant rainfall events and collect relevant rainfall forecast data, and apply the PHD model to calculate the real-time rainfall-runoff, and obtain the inundated depth and area.

This study has compared the water level between the simulated and measured results of the typhoon and rainfall events. these results shows a good agreement in the peak value of water level, and the PHD model can reasonably calculate the runoff.

3. Optimization of detention facilities and Integration of real-time prediction model and mitigation and adaption technologies

Based on the 0823 heavy rain event in 2017 and the design heavy rain event in the 10-year return period, the operation optimization evaluation of flood detention facilities was analyzed, the effect of flood reduction was analyzed, and the location of mobile pumping

stations was planned.

Analyze the optimal conditions of the detention facilities. Based on two consecutive 10-year heavy rain events (with an interval of 12 hours), and start pumping at different delays, calculate the water depth to analyze the flood reduction effect of the detention facilities. Analysis of the flood reduction effect based on the average reduction of water depth, the results show that when the pumping is started about 4 hours after the flood peak, the effect of lowering the water level of the detention pond can be better. In addition, based on the calculation results, in the flooded area of Rende District, there are 10 mobile pumping station locations are suggested.

4. Evaluation of flood disaster mitigation and adaption technologies in urban area

After preliminary analysis of the flooded area in Rende District, it is initially planned that the campus space in the area can be increased by about 40,000 m³ of flood detention storage, and the flood mitigation will be evaluated by a 24-hr rainfall event simulation of the 2-year return period. The effect can be seen from the change of the campus water level. This plan can exert a flood mitigation effect of about 10cm-20cm 4-10 hours before the rainfall course. Further exploring the changes of the water level in the surrounding area, it can be found that the flood peak of the water level can be delayed by about 0.5 to 1 hour, and it can exert a flood mitigation effect of about 5 cm.

Major suggestions

This study proposes one short-term strategy and one long-term strategy as follows:

For municipalities and county government (short-term strategy)

A preliminary study on the adaptation and mitigation technologies of detention pond has been completed. It is suggested that the optimized operation of detention facilities can be applied in the field. The suggestions of optimized operation of detention facilities can be analyzed and evaluated by the PHD model during the flood events.

For CPAMI (long-term strategy)

Besides drainage and detention system, land are also utilized to drain or detent the runoff in urban area. Through hydraulic routing to analyze the flooded area, and further through the land use planning, the land located in the area with higher flood risk will be planned to flood resilience area to improve urban flood resilience, disaster reduction.

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

壹、研究緣起

民國 107 年 6 月 20 日總統華總一義字第 10700066601 號令修正水利法部分條文，第七章之一為「逕流分擔與出流管制」專章，要求土地與建築開發者共同分擔滯洪、蓄水責任，以提高土地整體耐淹能力。此一修法點出逕流分擔與出流管制之重要性與防洪治水觀念之轉換。

都市積淹水之因素眾多且複雜，縱然有防洪設施之建設，但一旦雨量強度過大、下游潮位過高引發潮位上溯排水系統等，排水設施亦可能渲洩不及甚至溢流。滯蓄洪設施是近期都市減洪規劃中重要設施，然可能因啟動操作之時機影響其運作效能，進而衍生都市地區存在無法排除之有害逕流造成積淹水之問題。為避免逕流疊加造成更嚴重的局部地區淹水問題，需先分析在現有防洪設施基礎下，暴雨事件造成之都市區域地表逕流量，以進一步規劃減災調適之策略以容蓄洪水避免災害。

本研究以「極端降雨引致都市洪水即時預警模式與減災調適技術整合應用研究」之研究成果為基礎，以滯蓄洪設施為中心，綜合檢討分析都市地區之現有防洪設施，如排水系統與抽水站，各防洪設施之運作對都市防洪機制之影響，進而探討降雨事件之都市積淹過程各滯蓄洪設施如何運作，規劃佈設臨時抽水機位置，提高淹水時抽水效率、縮短退水時間等，加強淹水時之應變能力，以發揮其較佳效能，達到減災調適之目的。

貳、研究背景

臺灣建築物、人口密集的都市地區多位於丘陵盆地或淺山丘陵與海岸間的沖積平原，需設置防洪排水工程以減免颱風豪雨期間洪水氾濫積淹災損。而都市地區日益發展、人口與建築物密集、道路系統擴建，造成豪大雨時地表逕流增加、集流時間縮短。若遇急驟降雨時，地表逕流快速匯集，致使原有排水系統及雨水下水道系統無法及時渲洩，易造成都市地區街道洪水與街區積淹水現象，因而增大原防洪排水設施之輸出流量。

從出流管制及逕流分擔的概念來說，由中上游匯聚往下游的流量，不應超過原本設計的防洪排水設施容量標準，因此應處理因都市發展或土地開發後超出原防洪排水設施設計容量

而增加的地面水量，例如土地開發時規劃滯蓄洪設施或利用低衝擊開發技術來調適與減災等。

本研究於減災調適技術方面，初步分析整理案例研究地區可供蓄滯洪水之容洪空間，在不考慮土地取得難易度之實際狀況下進行減洪效果之評估。

第二節 研究方法與步驟

本研究之工作項目及內容、研究方法與步驟概述如下：

壹、工作項目及內容

本研究執行期間自民國 108 年 2 月 15 日起至 108 年 12 月 31 日止，主要工作項目及內容如下：

一、降雨事件之逕流分析

由降雨量資訊應用降雨—逕流演算模式，分析在案例研究地區地表逕流時間與空間之分布，進行入流量、貯蓄量、出流量之關係探討。

二、現有滯蓄洪設施分析

蒐集都市區域現有防洪排水滯蓄洪設施蓄排洪啟動時機與操作方式，以暴雨事件演算並分析在暴雨過程中現有滯蓄洪設施操作之連動情況，包括蓄排洪量之時間空間分布。

三、滯蓄洪設施優化改善效能評估

以暴雨事件演算並分析在暴雨過程中單一及多個滯蓄洪設施，於不同蓄排洪啟動時機與操作方式之影響，評估其蓄排洪運作之效能，進一步規劃效能提升之優化蓄排洪操作方式。

四、滯蓄洪設施優化操作減洪效益即時演算及減災調適策略建議

將效能提升之優化蓄排洪操作方式整合入都市淹水即時預警模式，即可由降雨預報雨量即時資訊演算即時都市洪水，透過利用滯蓄洪設施既有之即時水位監測與回傳資訊分析其現階段蓄排洪操作效能並提供蓄排洪操作之減災調適策略之建議，規劃佈設臨時抽水機位置，提高淹水時抽水效率、縮短退水時間等，以提升滯蓄洪設施效能，加強淹水時之應變能力。

五、都市減災調適技術評估

廣泛應用之減災調適技術有利用既有防洪及抽排水設施進行洪水調節，都市區域規劃時進行出流管制，都市容洪空間之評估等。為因應都市洪水過程特性及未來極端降雨事件，在以現有蓄滯洪設施啟動滯蓄洪調節洪水後，仍有需在調節之洪水量，需進一步以演算豪雨期間淹水區積貯水量之歷程找出最大積貯水量，評估尚需減洪之量體，找出可能之都市地區之滯蓄洪空間，如公園綠地、公共設施屋頂、學校操場等，以提升都市耐洪能力。

貳、研究方法與步驟

本研究依研究目的與工作項目及內容研擬本研究之研究步驟，如圖 1-1 所示。

本研究先進行研究案例選定及資料收集，根據研究目的需求選定研究案例地區，蒐集水文資料(包括雨量、水位、流量)、地文資料(包括排水系統、防洪建造物、重要街道地形與地貌、土地利用)、滯蓄洪設施，瞭解研究案例地區之水文與地文特性，根據上述蒐集完成之資料進行都市非結構性格網佈置，並完成地文性淹排水模式之初步建置，接著以上述蒐集之水文資料進行案例測試以完成地文性淹排水模式之建置。

以上述建置之地文性淹排水模式，進行「降雨事件之逕流分析」與「現有滯蓄洪設施分析」，再根據上述演算與分析成果與國內外相關研究蒐集，進行「滯蓄洪設施優化改善效能評估」，進一步研提「滯蓄洪設施優化操作減洪效益即時演算及減災調適策略建議」，最後進行「都市減災調適技術之評估」。

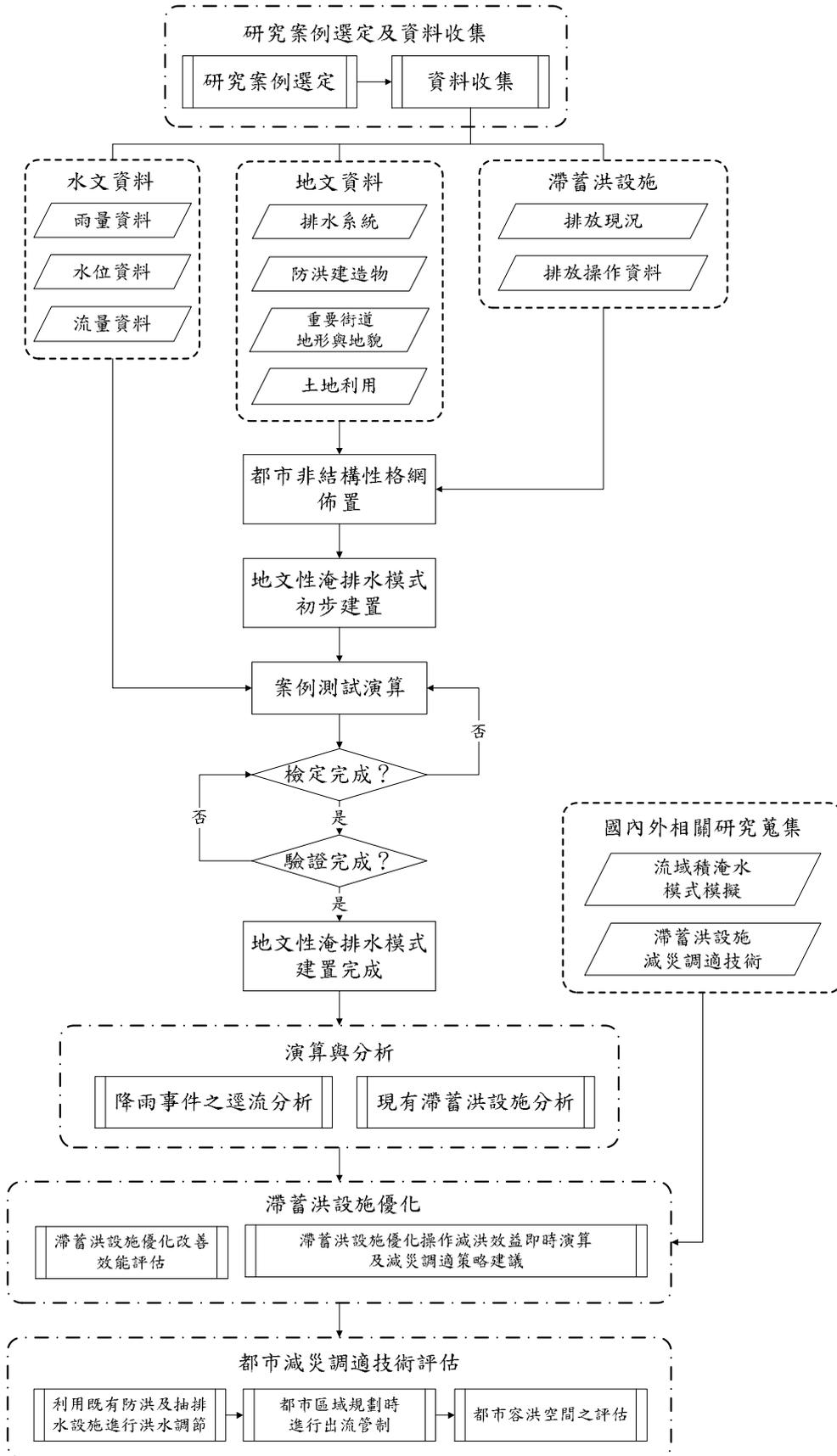


圖 1-1 研究流程圖

(資料來源：本研究成果)

第二章 蒐集資料與文獻分析

在進行研究區域淹水模擬演算之前，需先收集地文性淹排水模式之演算研究區域水文及地文之相關資料，以建置模式輸入檔及佈置演算格網。與本研究相關之文獻蒐集分淹水預報相關研究及減災措施相關研究說明如下。

第一節 研究案例選定及資料蒐集

經濟部水利署為因應未來水資源科技政策，於 106 年開始推動「智慧水管理產業創新發展計畫」，主要包含多個面向如智慧防汛、智慧灌溉、地下水及水庫智慧管理等，其中選定臺南市執行「智慧防汛網建置計畫」。臺南市 37 個行政區中，仁德區地處易淹水區域，臺南市政府為減緩仁德區淹水情形，建設有仁德滯洪池、港尾溝滯洪池等滯蓄洪設施。此外，根據臺南市政府民政局統計資料，自民國 99 年至 107 年共計 8 年間，仁德區人口成長總數於臺南市 37 區排名為第 3 名，僅次於永康區與安南區，成長率為 9.4%，在臺南市 37 個行政區中排名第 2 名，僅次於善化區人口成長率(10%)，顯見仁德區人口逐年成長，具都市發展潛力，隨著都市逐漸發展，土地利用、地形地貌改變，地表逕流量也隨之增加，若排水系統之改善與擴充有限或受限，則有尋求都市容洪與操作滯蓄洪設施以減輕淹水災害之需求。綜上所述，本研究選定臺南市仁德區為案例研究區域，案例研究區域之地理位置如圖 2-1 所示，並蒐集相關資料概述如下。

本研究選定之研究區域為臺南市仁德區，因臺南市位處嘉南平原，地勢平坦，易有越域水流現象發生，仁德行政區範圍及其鄰近區域內有兩條中央管河川，分別為鹽水溪及二仁溪，本研究為考量越域水流之影響，因此模式進行降雨逕流模擬時，將以鹽水溪流域及二仁溪流域為模擬演算區域。以下將針對演算範圍進行水文、地文等基本資料蒐集。

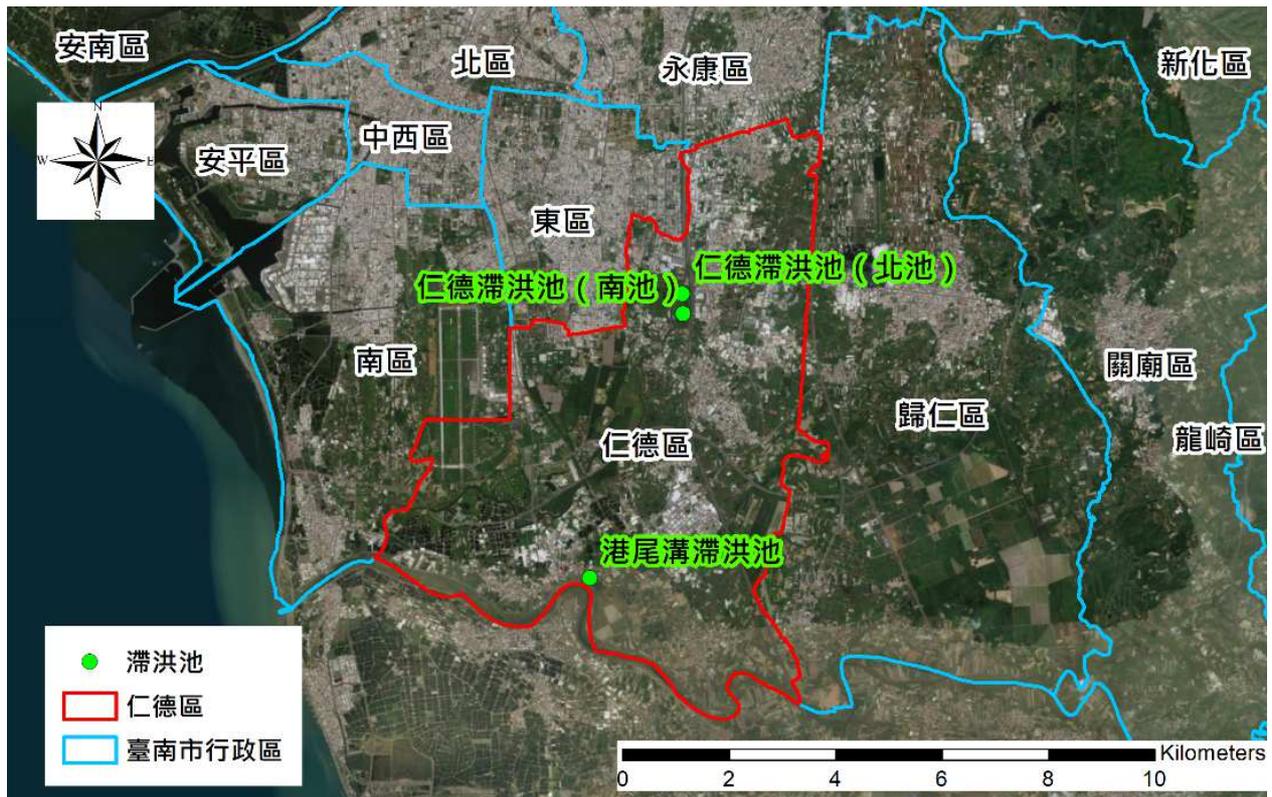


圖 2-1 演算範圍地理位置分布圖

(資料來源：本研究蒐集彙整)

壹、水系概況

鹽水溪主流發源於臺南市龍崎區大坑尾中央山脈南部，向西流經龍崎區、關廟區後，於歸仁區轉北流至新市區，與支流那拔林溪及虎頭溪排水匯合後再轉西南經永康區，於安南區匯入鹽水溪排水後流入臺灣海峽，主流全長約 41.3 公里，流域面積約 343.17 平方公里。上游自發源地至新南北寮橋屬山區型河川，河道受兩岸山地侷限蜿蜒於山谷中；中游新南北寮橋至豐化橋屬淺山河川，平均坡降約 1/700；下游豐化橋至河口為典型平地河川，平均坡降約為 1/3000。

二仁溪流域北與鹽水溪流域相鄰，主流發源於高雄市內門區木柵村山豬湖山，自北往南流經內門盆地後，穿行於丘陵山谷間至崗山頭地區而後再蜿蜒西行，於高雄市茄萣區白沙崙與臺南市南區喜樹之間流入臺灣海峽，主流全長約 61.2 公里，流域面積 339.2 平方公里。中上游木柵至崇德橋河段平均坡度為 1/323；下游崇德橋至河口，平均坡度為 1/3,500，流域位置如圖 2-2 所示。

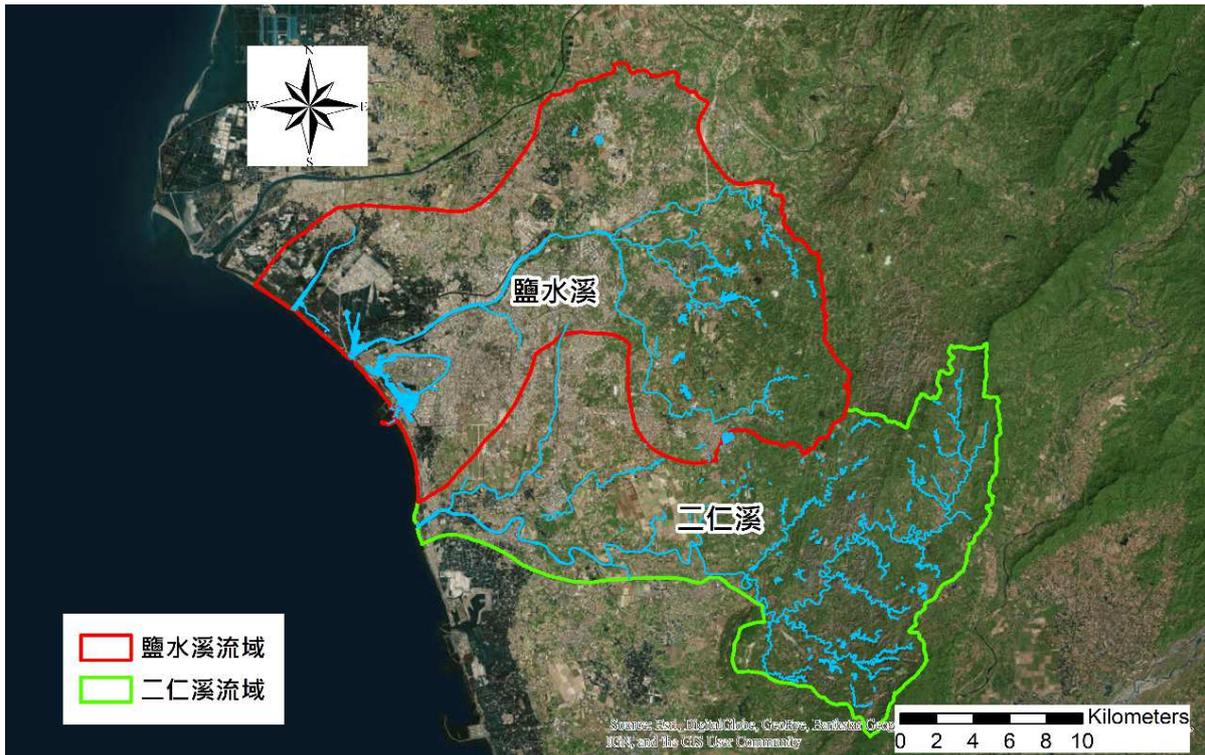


圖 2-2 鹽水溪及二仁河流域概況圖

(資料來源：本研究蒐集彙整)

貳、水文資料

水文資料包括雨量、水位、流量及潮位等，降雨歷程作為本研究地文性淹排水模式之演算輸入水文條件，潮位歷程為模式演算之下游邊界條件，水位及流量則可供模式進行檢定與驗證之用。演算範圍內設置有許多水文記錄測站，包括雨量測站、記錄水位、流量等水文測站及潮位測站等，分別說明如下。

一、雨量

蒐集演算範圍內所有中央氣象局及水利署所轄測站之雨量資料總計 24 站，其中氣象局 20 站，水利署 4 站，各雨量測站之基本概況及分布位置如表 2-1 及圖 2-3 所示。

表2-1 演算範圍內雨量站概況表

站名	站號	主管機關	TWD97_X	TWD97_Y	記錄時間	備註
467410	臺南	氣象局	168476	2543751	1897~迄今	
467420	永康	氣象局	171773	2548739	1947~迄今	
C00900	善化	氣象局	178013	2556958	1988~迄今	
C00950	安南	氣象局	162389	2553033	1992~迄今	原站號為C1095
C00960	崎頂	氣象局	185325	2539937	1992~迄今	原站號為C1096
C00970	虎頭埤	氣象局	183161	2546802	1992~迄今	原站號為C1097
C00980	新市	氣象局	178088	2551277	1992~迄今	原站號為C1098
C00990	媽廟	氣象局	177569	2543550	1992~迄今	原站號為C1099
C0V360	內門	氣象局	195330	2541669	1992~迄今	原站號為C1V360
C0V370	古亭坑	氣象局	188639	2532582	1992~迄今	
C0V530	阿蓮	氣象局	181000	2531507	2012~迄今	原站號為C1V530
C0V640	湖內	氣象局	172486	2531980	2013~迄今	
C0X100	臺南市北區	氣象局	167400	2545662	2013~迄今	
C0X110	臺南市南區	氣象局	166775	2540217	2013~迄今	
C0X150	安定	氣象局	170898	2555854	2013~迄今	
C0X160	仁德	氣象局	173886	2540965	2013~迄今	
C0X170	關廟	氣象局	181071	2540344	2013~迄今	
C0X180	山上	氣象局	184766	2552808	2013~迄今	
C0X190	安平	氣象局	163084	2543781	2013~迄今	
C1N001	沙崙	氣象局	179170	2537307	1992~迄今	原站號為C1N000
01N860	崎頂	水利署	184354	2540549	1973~迄今	
01O710	虎頭埤	水利署	182064	2547285	1980~迄今	
01P190	木柵	水利署	195350	2541692	1959~迄今	
01P280	古亭坑	水利署	188908	2532538	1980~迄今	

(資料來源：中央氣象局、水利署地理資訊倉儲中心)

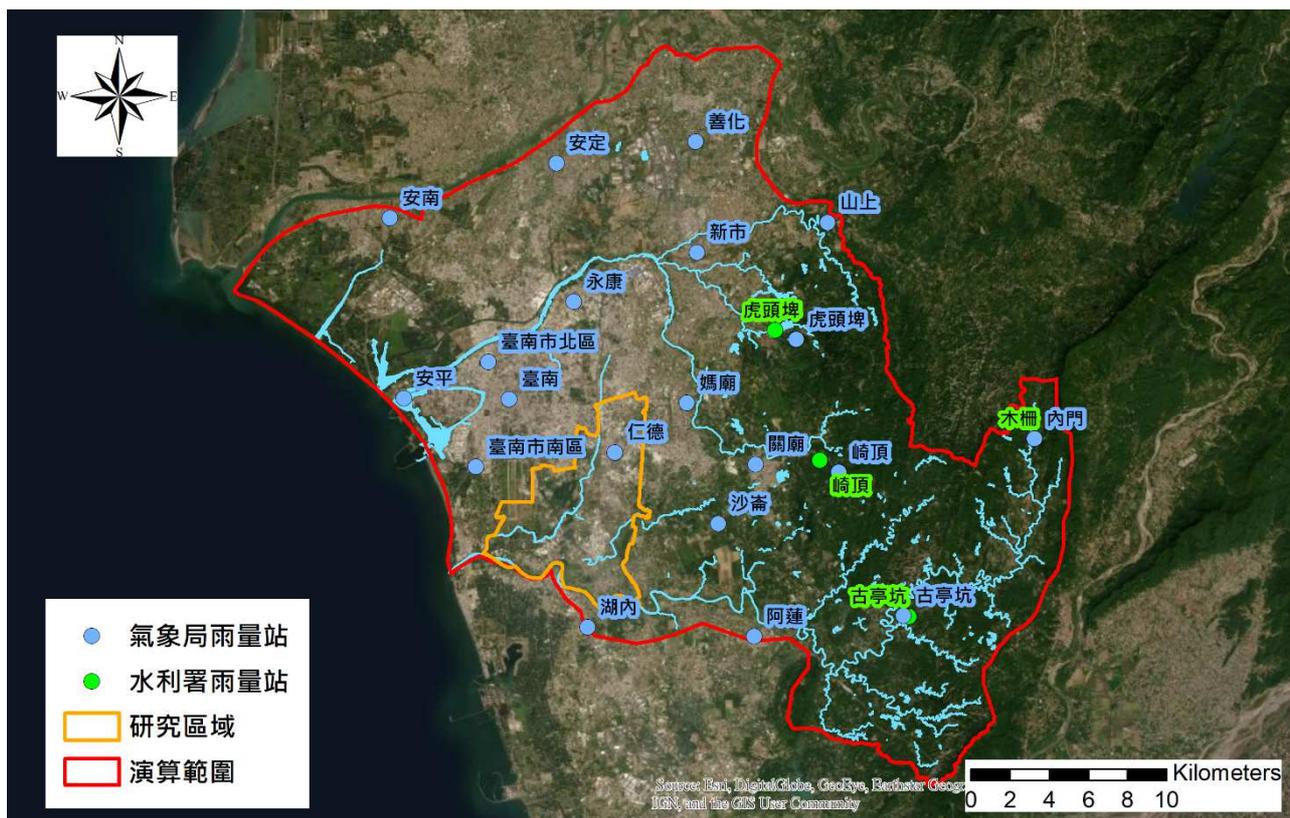


圖 2-3 演算範圍內雨量站分布圖

(資料來源：本研究蒐集彙整)

二、水位及流量

鹽水溪及二仁溪流域範圍內現存之水位站共有 52 站，其中屬於水利局架設有 12 站，臺南市政府架設有 40 站。其中鹽水溪新市站、二仁溪南雄橋(阿蓮(2))及崇德橋等 3 站亦同時記錄流量資料，各水文測站之基本概況及分布位置如表 2-2 及圖 2-4 所示。

表2-2 演算範圍內水位站概況表

站名	站號	流域	主管機關	X	Y	紀錄年份
南雄橋(阿蓮(2))	1660H009	二仁溪	第六河川局	182140	2532204	1991~迄今
崇德橋	1660H010	二仁溪	第六河川局	184551	2530661	1984~迄今
39號二仁溪橋	1660H011	二仁溪	第六河川局	177980	2533506	2011~迄今
二層行橋	1660H012	二仁溪	第六河川局	170580	2535231	2012~迄今
華醫大橋	1660H013	二仁溪	第六河川局	172771	2540091	2012~迄今
灣裡抽水站水門	W1770202	二仁溪	臺南市政府	166138	2535520	2012~迄今
網寮橋	W1771002	二仁溪	臺南市政府	173161	2544320	2014~迄今
文化站	W1771004	二仁溪	臺南市政府	173577	2545910	2016~迄今

表2-2 演算範圍內水位站概況表

站名	站號	流域	主管機關	X	Y	紀錄年份
五甲教養院旁箱涵橋	W1771101	二仁溪	臺南市政府	176885	2539300	2013~迄今
五空橋	W1771701	二仁溪	臺南市政府	170147	2536450	2012~迄今
洋子下橋	W1771702	二仁溪	臺南市政府	172362	2539630	2012~迄今
鯽潭橋	W1771703	二仁溪	臺南市政府	173155	2543490	2012~迄今
大甲橋	W1771704	二仁溪	臺南市政府	167825	2535980	2012~迄今
港尾溝溪水門內水位	W1771705	二仁溪	臺南市政府	171197	2535540	2012~迄今
港尾溝溪水門外水位	W1771706	二仁溪	臺南市政府	171197	2535540	2012~迄今
港尾溝臺86線下橋	W1771707	二仁溪	臺南市政府	174279	2537140	2012~迄今
港尾溝溪分洪口	W1771708	二仁溪	臺南市政府	173804	2536430	2015~迄今
港尾溝溪分洪匯流口	W1771709	二仁溪	臺南市政府	174873	2533750	2015~迄今
仁德滯洪北池	W1771710	二仁溪	臺南市政府	172830	2540650	2015~迄今
仁德滯洪南池	W1771711	二仁溪	臺南市政府	172802	2540200	2015~迄今
萬代橋	W1771712	二仁溪	臺南市政府	173004	2541390	2015~迄今
蘇厝橋	W1774501	曾文溪	臺南市政府	173265	2558430	2012~迄今
曾文溪排水無名橋	—	曾文溪	臺南市政府	164082	2547190	2013~迄今
新市	1650H006	鹽水溪	第六河川局	175903	2550925	1991~迄今
永安橋	1650H008	鹽水溪	第六河川局	172030	2550224	2011~迄今
安順橋	1650H009	鹽水溪	第六河川局	169431	2547764	2011~迄今
第十號橋	1650H010	鹽水溪	第六河川局	163506	2550685	2011~迄今
仁愛橋	1650H011	鹽水溪	第六河川局	170582	2551599	2011~迄今
中正橋	1650H012	鹽水溪	第六河川局	169613	2546626	2011~迄今
新灣橋	1650H013	鹽水溪	第六河川局	176415	2546788	2011~迄今
喜樹抽水站	W1770201	鹽水溪	臺南市政府	165992	2539400	2012~迄今
北辰橋	W1770401	鹽水溪	臺南市政府	169394	2546690	2014~迄今
民生截流站	W1770801	鹽水溪	臺南市政府	167213	2544040	2014~迄今
顯宮橋	W1770901	鹽水溪	臺南市政府	161756	2550610	2012~迄今
濱海橋	W1770902	鹽水溪	臺南市政府	165303	2547140	2012~迄今
怡安培安路口	W1770903	鹽水溪	臺南市政府	169277	2549020	2012~迄今
鹽水溪橋	W1770904	鹽水溪	臺南市政府	167235	2546750	2012~迄今
安清城南路口	W1770906	鹽水溪	臺南市政府	160291	2550220	2013~迄今
城西橋	W1770907	鹽水溪	臺南市政府	156584	2550740	2013~迄今
總安橋	W1770910	鹽水溪	臺南市政府	168991	2550400	2014~迄今
永康排水分洪口	W1771001	鹽水溪	臺南市政府	173472	2550030	2012~迄今
永康排水分洪閘門	W1771003	鹽水溪	臺南市政府	173516	2550790	2014~迄今
穗芳橋	W1771201	鹽水溪	臺南市政府	179532	2548980	2013~迄今
牛稠橋	W1771202	鹽水溪	臺南市政府	179376	2550600	2013~迄今
新豐1號橋	W1771203	鹽水溪	臺南市政府	181268	2546990	2013~迄今
帝溪橋	W1771206	鹽水溪	臺南市政府	179732	2548580	2016~迄今
北新大橋	W1771801	鹽水溪	臺南市政府	181638	2540830	2014~迄今
新市橋	W1774401	鹽水溪	臺南市政府	177495	2551770	2013~迄今

表2-2 演算範圍內水位站概況表

站名	站號	流域	主管機關	X	Y	紀錄年份
港口橋	W1774502	鹽水溪	臺南市政府	171873	2554400	2012~迄今
永康排水出水口	—	鹽水溪	臺南市政府	171360	2549500	2017~迄今
海西抽水站旁箱涵橋	—	鹽水溪	臺南市政府	165020	2548950	2017~迄今
海尾滯洪池	—	鹽水溪	臺南市政府	165706	2548700	2014~迄今

(資料來源：水利署地理資訊倉儲中心、臺南市水利局地理資訊平台)

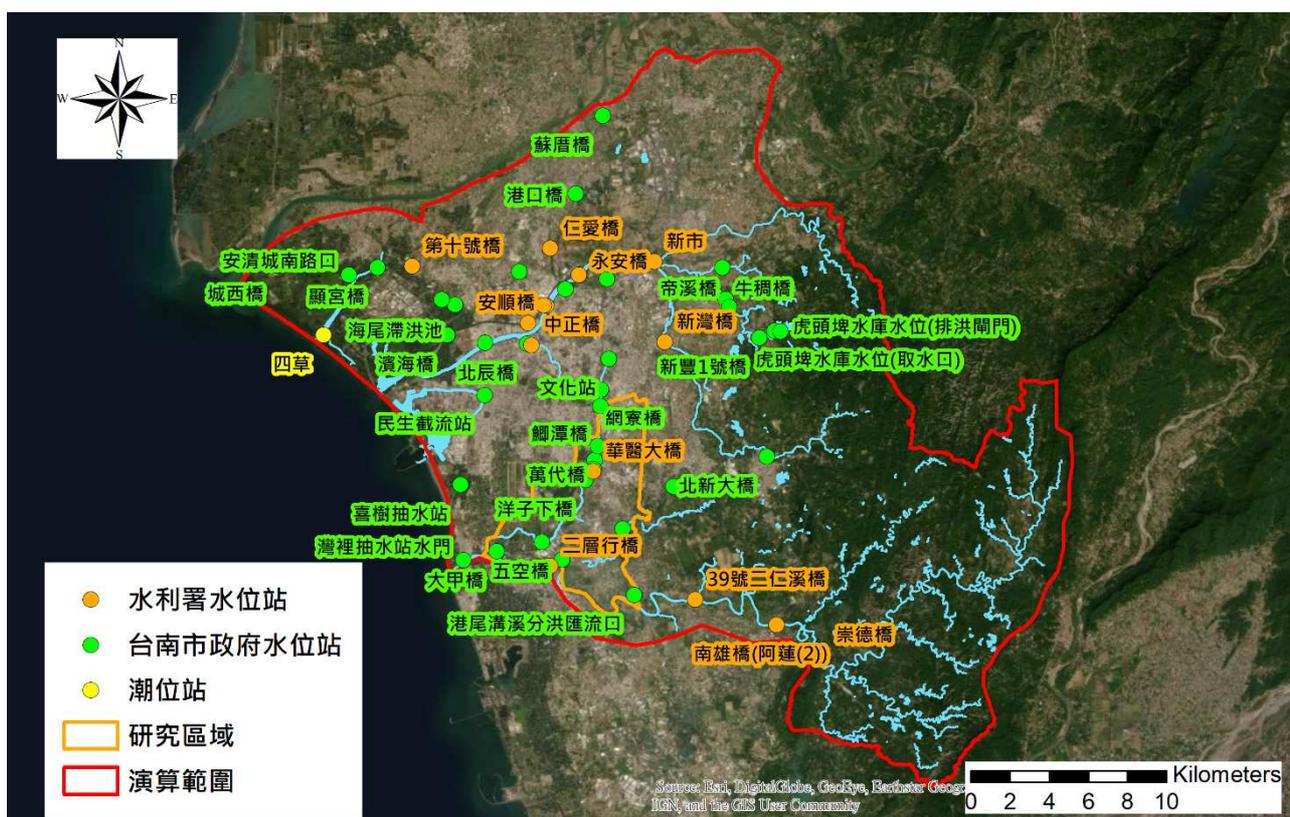


圖 2-4 演算範圍內水文站分布圖

三、潮位

在海象資料部分，本計畫亦蒐集鹽水溪及二仁溪河口周圍潮位資料，潮位測站之概況及分布位置如表 2-3 及圖 2-4 所示。

表2-3 演算範圍內潮位站概況表

站名	站號	主管機關	TWD97_X	TWD97_Y	位置
四草	11781	水利署	158977	2547143	鹿耳門溪 四草漁港出口

(資料來源：水利署地理資訊倉儲中心、港灣環境資訊網)

參、地文資料

一、地形地勢

演算範圍內鹽水溪及二仁溪流域之高程，大致上皆為西向東遞減，除了臺南市新化區、龍崎區及高雄市田寮區及內門區地勢較高，高達 50 公尺以上，其餘地區高程皆為小於 50 公尺的平原地區，沿海地區高程，高程分布情形詳如圖 2-5。

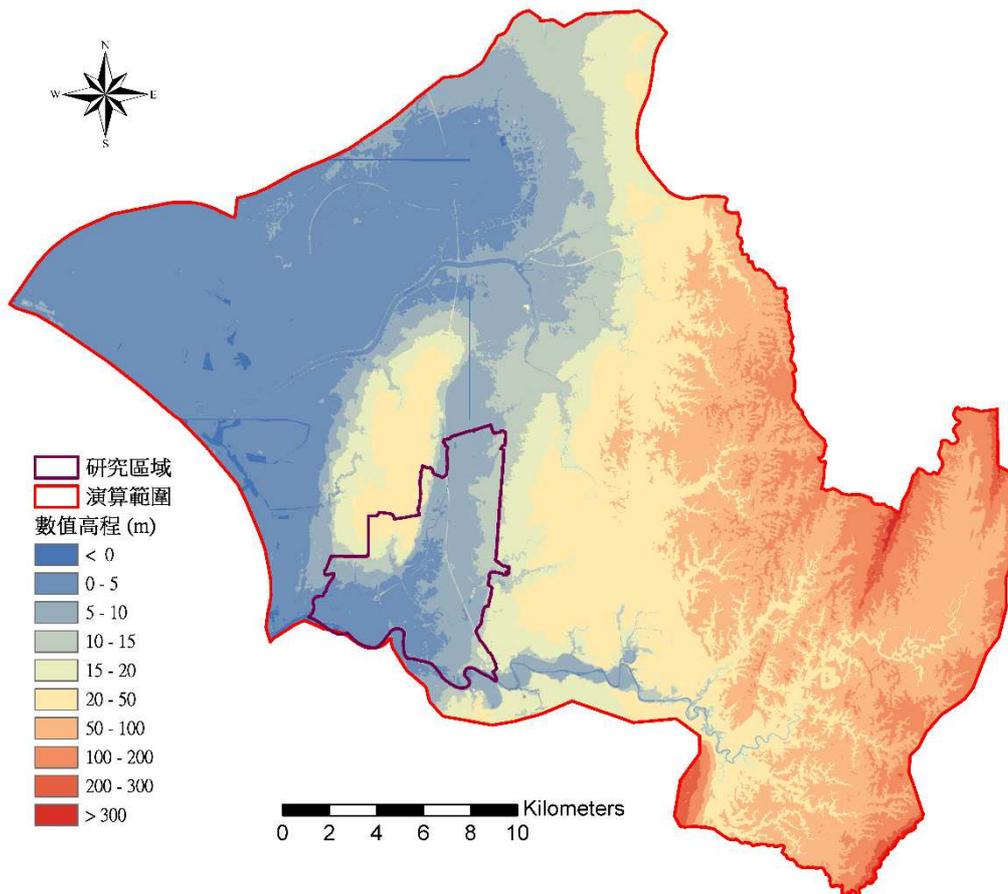


圖 2-5 演算範圍內數值高程圖

(資料來源：本研究蒐集彙整)

二、交通系統

演算範圍聯外交通路線發達，除了高鐵及臺鐵之外，尚有國道一號公路(中山高速公路)、國道三號公路(南部第二高速公路)、國道八號公路、臺 86 線(東西向快速道路)、臺 1 線、臺 3 線、臺 17 線、臺 17 甲線、臺 17 乙線、臺 19 線、臺 19 甲線、臺 20 線、臺 28 線、臺 39 線及縣道 177、178、180、182 與其他市區道路等聯外道路，交通路網分布情形如圖 2-6 所示。

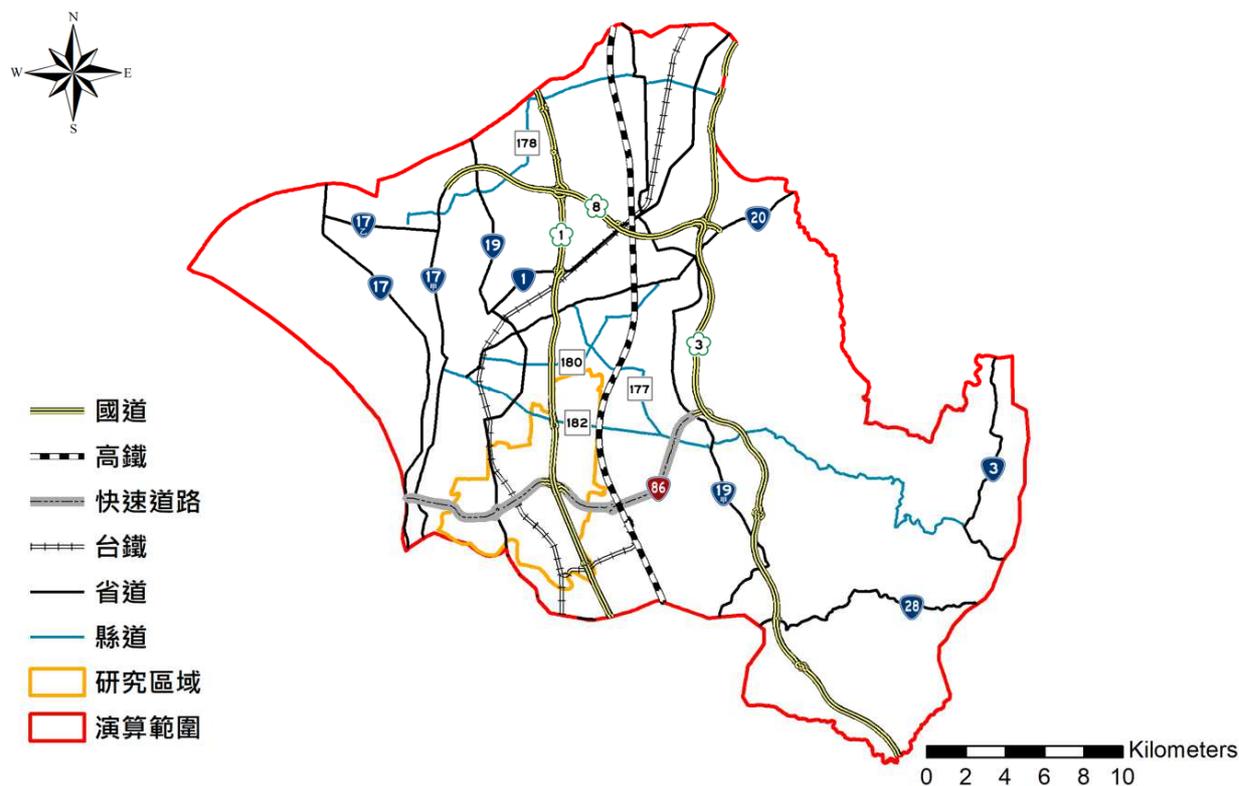


圖 2-6 演算範圍內交通路網圖

(資料來源：本研究蒐集彙整)

三、土地利用

根據內政部營建署國土測繪中心民國 96 年國土利用調查資料，演算範圍內土地利用以農業用地為主，主要分布在鹽水河流域及二仁河流域中下游，約佔全區面積 38.87%；其次為森林用地，主要集中在二仁溪中上游，約佔全區面積 22.52%；第三則為建築用地，主要集中在舊臺南市區及永康區、仁德區及新營區，約佔全區面積 13.65%，其餘各土地利用之分布情形如表 2-4 及圖 2-7 所示。考量到環境的快速變化及實際需求，本計畫蒐集內政部國土測繪中心於 105 年更新之土地利用調查資料，以了解研究區域範圍內的土地利用情形。分析仁德區更新前後之土地利用情形可知，相較 96 年與 105 年調查成果可發現農業用地減少約 8%、其他用地減少約 1%，主要變更為交通、水利、公共及建築使用，各項用地變化及分布情形(資料來源：本研究蒐集彙整)

表 2-5 及圖 2-8、圖 2-9 所示。

表2-4 演算範圍土地利用概況表

土地利用分類	面積(平方公里)	比例(%)
農業用地	306.32	38.87
森林用地	177.49	22.52
交通用地	55.67	7.06
水利用地	28.52	3.62
建築用地	107.60	13.65
公共用地	14.45	1.83
遊憩用地	15.23	1.93
礦鹽用地	0.97	0.12
其他用地	81.88	10.39

(資料來源：本研究蒐集彙整)

表2-5 仁德區土地利用變化表

土地利用分類	96年調查成果		105年調查成果	
	面積(平方公里)	比例(%)	面積(平方公里)	比例(%)
農業用地	22.22	44.06	18.10	35.90
森林用地	3.59	7.13	3.64	7.21
交通用地	4.26	8.44	6.49	12.88
水利用地	1.51	2.99	2.35	4.65
建築用地	11.00	21.80	11.63	23.07
公共用地	1.08	2.14	2.02	4.01
遊憩用地	0.80	1.58	0.89	1.77
礦鹽用地	0.13	0.25	0.04	0.07
其他用地	5.85	11.60	5.27	10.45

(資料來源：本研究蒐集彙整)

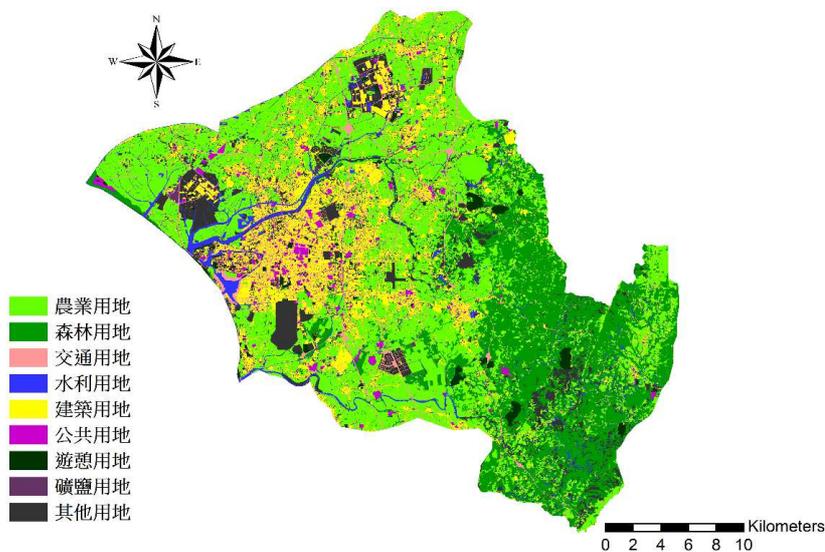


圖 2-7 演算範圍內土地利用概況圖

(資料來源：本研究蒐集彙整)

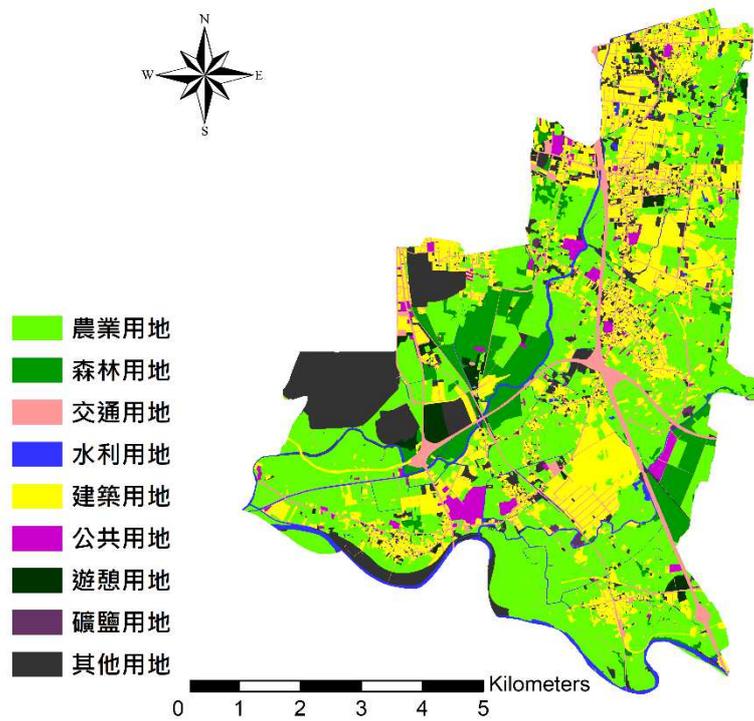


圖 2-8 仁德區土地利用概況圖(96 年)

(資料來源：本研究蒐集彙整)

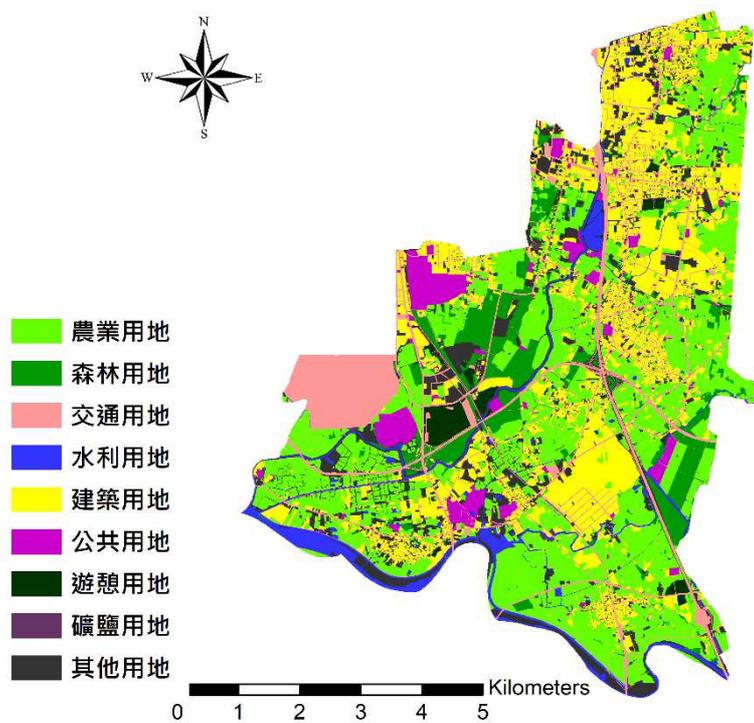


圖 2-9 仁德區土地利用概況圖(105 年)

(資料來源：本研究蒐集彙整)

四、水利設施

演算範圍內之水利設施依防洪構造物、水門、抽水站、滯蓄洪設施分別說明如下。

(一) 防洪構造物

鹽水溪現有防洪構造物，左岸計有安平堤防、鄭子寮堤防、鹽行堤防、三民堤防、車行堤防等；而右岸計有四草堤防、溪心寮堤防、安順堤防、大洲堤防、北勢堤防等，共計 36,271 公尺。

二仁溪現有防洪構造物，左岸計有圍子內堤防；右岸計有灣裡堤防及大甲堤防，共計 3,758 公尺，各防洪構造物詳如表 2-6 所示。

表2-6 演算範圍防洪構造物一覽表

流域	岸別	堤防名	長度
鹽水溪	左岸	安平堤防	2,680
		鄭子寮堤防	5,611
		鹽行堤防	3,460
		三民堤防	3,555
		車行堤防	1,603
	右岸	四草堤防	770
		溪心寮堤防	8,599
		安順堤防	3,950
		大洲堤防	2,869
		北勢堤防	3,174
小計			36,271
二仁溪	左岸	圍子內堤防	1,776
	右岸	灣裡堤防	1,086
		大甲堤防	896
小計			3,758

(資料來源：「臺南市淹水潛勢圖(第二次更新)」，經濟部水利署水利規劃試驗所，民國 104 年)

(二) 水門

演算範圍內水門資料共計 1,695 筆，其中位於鹽水河流域內計有 409 筆，二仁河流域內計有 1,286 筆，水門分布位置如圖 2-10 所示。

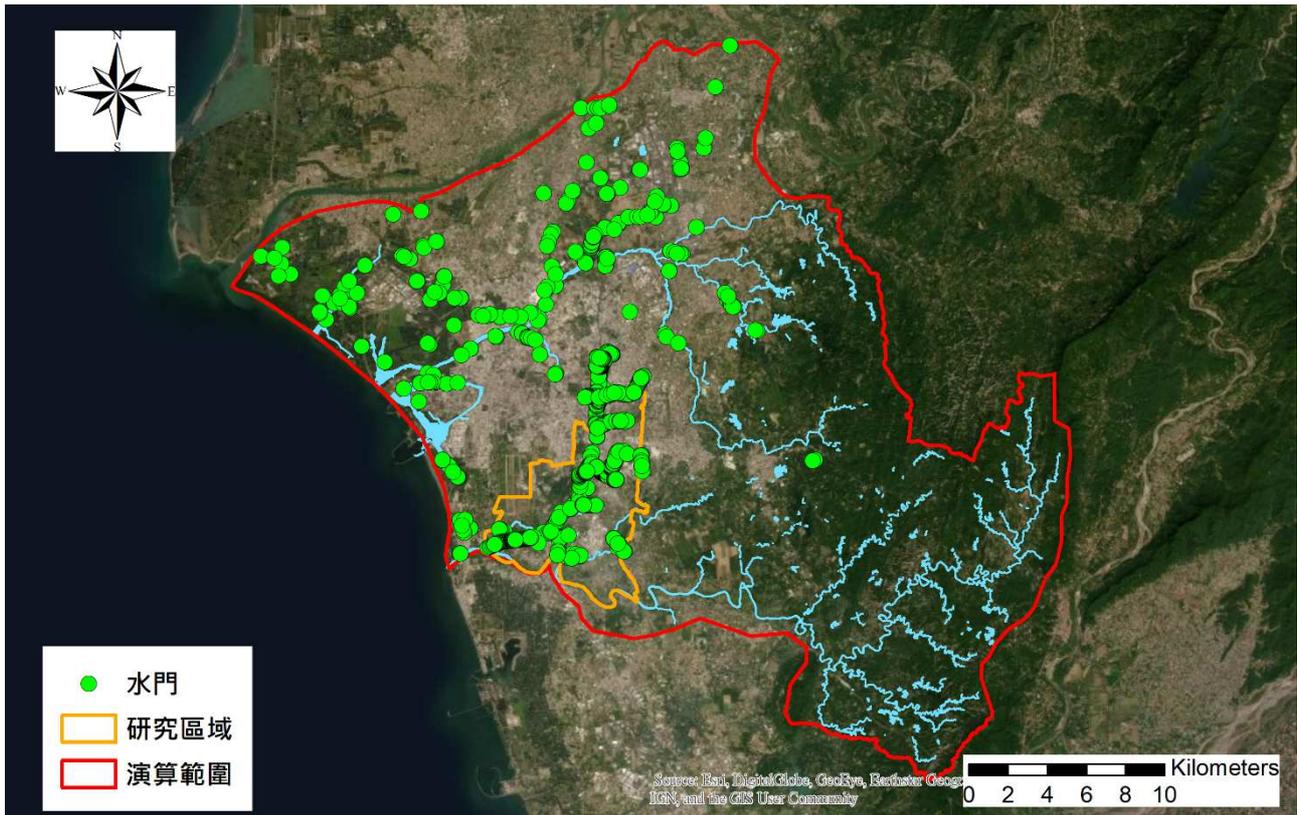


圖 2-10 演算範圍內水門分布圖

(資料來源：本研究蒐集彙整)

(三) 現有滯蓄洪設施

本研究蒐集滯蓄洪設施資料包括滯洪池與抽水站，分述如下。

1. 滯洪池

演算範圍內共有 18 處滯洪池，總滯洪量為 441.19 萬噸，其中鹽水溪流域有 15 處，主要集中在新市區的南部科學工業園區，由南部科學工業園區管理局管理，多為兼具景觀及遊憩功能之滯洪池；二仁溪流域則有 3 處，皆位於仁德區，各滯洪池之概況及分布位置如

及圖 2-11 所示。位於研究區域之 3 處滯洪池，仁德滯洪池(北池、南池)與港尾溝滯洪池相關資訊分述如下。

(1) 仁德滯洪池

仁德滯洪池為依據「易淹水地區水患治理計畫第 2 階段」實施計畫設置，地點位於萬代橋下游左岸，總面積 24 公頃。

滯洪池共分為南、北兩池，其北池功能為收集塗庫仔排水上游集水區，包含雨水下水道仁德四街 Q 幹線、仁中街 R 幹線、及仁德排水舊河道以北仁德都市計畫區之逕流，於塗庫仔排水路上游設溢流堤將集水區中上游水量排入滯洪池北池，再以抽排方式排放滯洪池之內水至三爺溪。

仁德滯洪池南池之功能主要為降低三爺溪排水主流之洪峰流量，透過三爺溪排水之溢流堤，於水位壅高時分攤部分洪水，待洪峰過後，再以重力方式排除滯洪水量，可有效降低三爺溪排水洪峰流量約 40cms。

南、北滯洪池最大蓄水面積分別為 16 公頃與 2 公頃，最大蓄水量分別為 4.38 萬噸及 50.98 萬噸，滯洪池深度均為 4.5 公尺，淺池區池底高程均為 2 公尺，深池區則為 1.2 公尺，預計可增加保護人口約 2 萬人，滯洪池標準斷面圖如圖 2-12 所示，溢流堤及排洪閘門尺寸詳圖 2-13。

為模擬進出仁德滯洪池水流現象與滯蓄洪情形，本研究將上述進出滯洪池之流向與進出口型式及於 108 年 9 月 20 日之現場踏勘拍照繪製如圖 2-14 所示。

(2) 港尾溝滯洪池

依據民國 102 年 2 月「易淹水地區水患治理計畫第一階段實施計畫縣管港尾溝排水出口改善工程(滯洪池及抽水機平台工程)竣工圖(修正)」，顯示因下游長期飽受二仁溪壅水，致內水無法排水，故採設置 268 公尺背水堤、10 公頃滯洪池，並搭配抽水機組改善出口段淹水問題，並於中游採高、低地分流方式，設置 3.8 公里疏洪道將港尾溝溪排水中、上游洪水量疏洪至二仁溪，以解決下游淹水問題。港尾溝滯洪池標準剖面詳圖 2-15，其溢流堰與排水剖面則詳圖 2-16 所示。

為模擬進出港尾溝滯洪池水流現象與滯蓄洪情形，本研究將上述進出滯洪池之流向與進出口型式及於 108 年 9 月 20 日之現場踏勘拍照繪製如圖 2-17 所示。

表2-7 演算範圍內滯洪池概況表

名稱	座標X	座標Y	面積 (公頃)	滯洪量 (萬噸)	呆水位 (m)	滿水位 (m)	抽水機	抽水量 (cms)	閘門數	管理單位
國立臺灣歷史博物館 滯洪池	171606	2550896	5.12	22.28	1.8	4	0	0	1	臺南市政府 水利局
港尾溝滯洪池	170802	2535092	10	30	0	4	12	6	4	臺南市政府 水利局
南科滯洪池A (道爺湖)	176109	2555441	5	13.36	1.2	5.3	0	0	1	南科管理局
南科滯洪池B (霞客湖)	175374	2556330	15	43.94	1.2	5.5	0	0	1	南科管理局
南科滯洪池C (三抱竹湖)	175102	2557374	5	16.91	2.2	6	0	0	1	南科管理局
南科滯洪池D (迎曦湖)	176646	2553895	20	30	2.5	6	5	20	2	南科管理局
南科滯洪池E1 (安定湖)	174671	2556972	13.41	47.94	1.5	6.5	0	0	5	南科管理局
南科滯洪池E2 (舒湖)	175149	2556049	3.27	10.04	1.7	6	0	0	3	南科管理局
南科滯洪池F (堤塘湖)	174895	2554619	10.86	38.05	1	5	0	0	5	南科管理局
樹谷滯洪池3 (曼陀林湖)	173433	2555001	15	54.03	0.8	3.86	0	0	2	樹谷園區
樹谷滯洪池5	174764	2555110	7	34.15	1.2	4.21	0	0	1	樹谷園區
三舍滯洪池抽水站	177390	2555330	3.5	13.485	1.5	5	2	4.8	2	新市區公所
座駕滯洪池抽水站	177205	2556210	4.5	15.025	1.5	5	2	4.8	2	新市區公所
仁德滯洪池(北池)	172981	2540809	2.52	9	1.7	6.5	0	0	1	臺南市政府 水利局
仁德滯洪池(南池)	172847	2540451	14.03	50	1.7	6.5	0	0	1	臺南市政府 水利局
立德滯洪池(一)	163904	2551169	2.06	3.868	0.8	3.2	0	0	2	臺南市政府 水利局
立德滯洪池(二)	163449	2550813	2	3.653	0.3	3.1	0	0	2	臺南市政府 水利局
永康分洪滯洪池	173606	2550583	1.3	5.46	1.8	5.1	2	8	0	臺南市政府 水利局

(資料來源：「高時空解析度淹水模式之應用研究」，經濟部水利署水利規劃試驗所，民國 106 年)

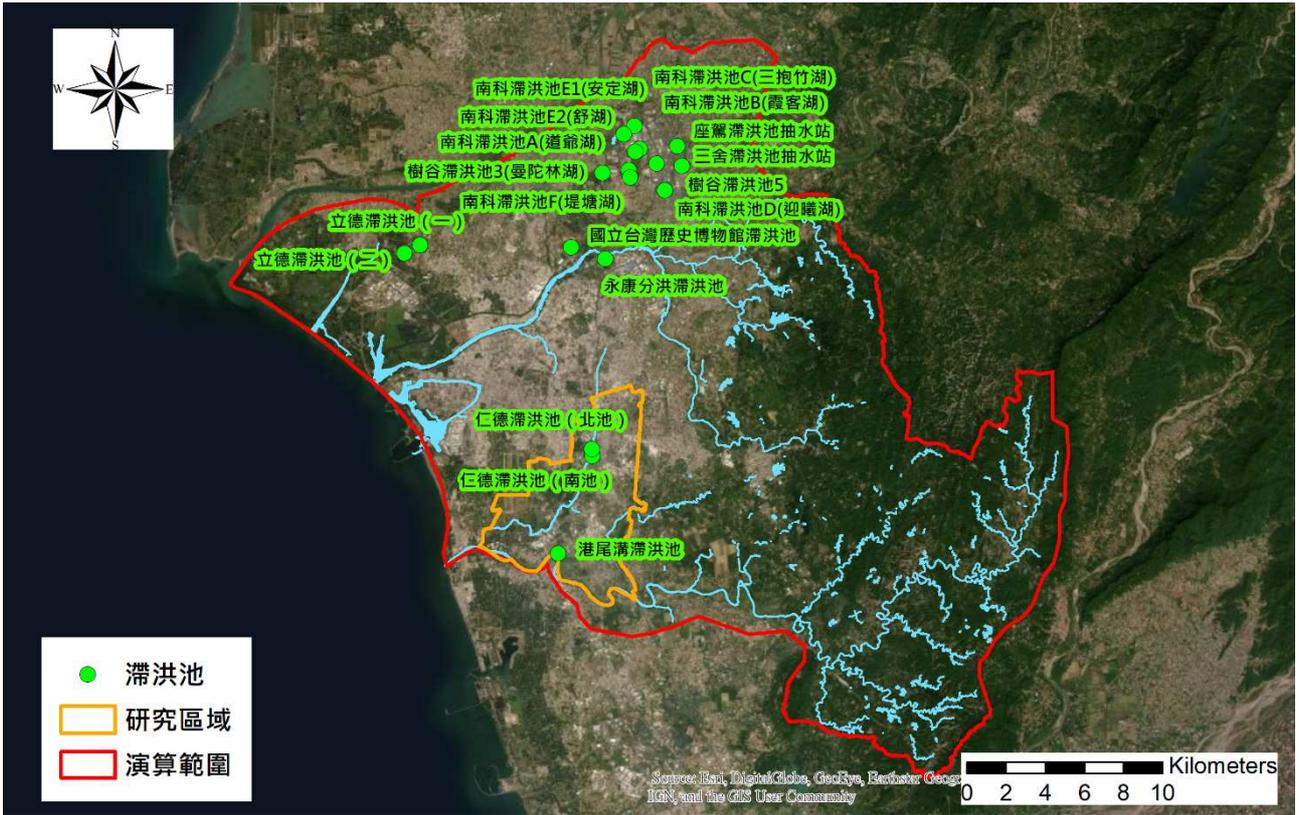


圖 2-11 演算範圍內滯蓄洪設施分布圖

(資料來源：本研究蒐集彙整)

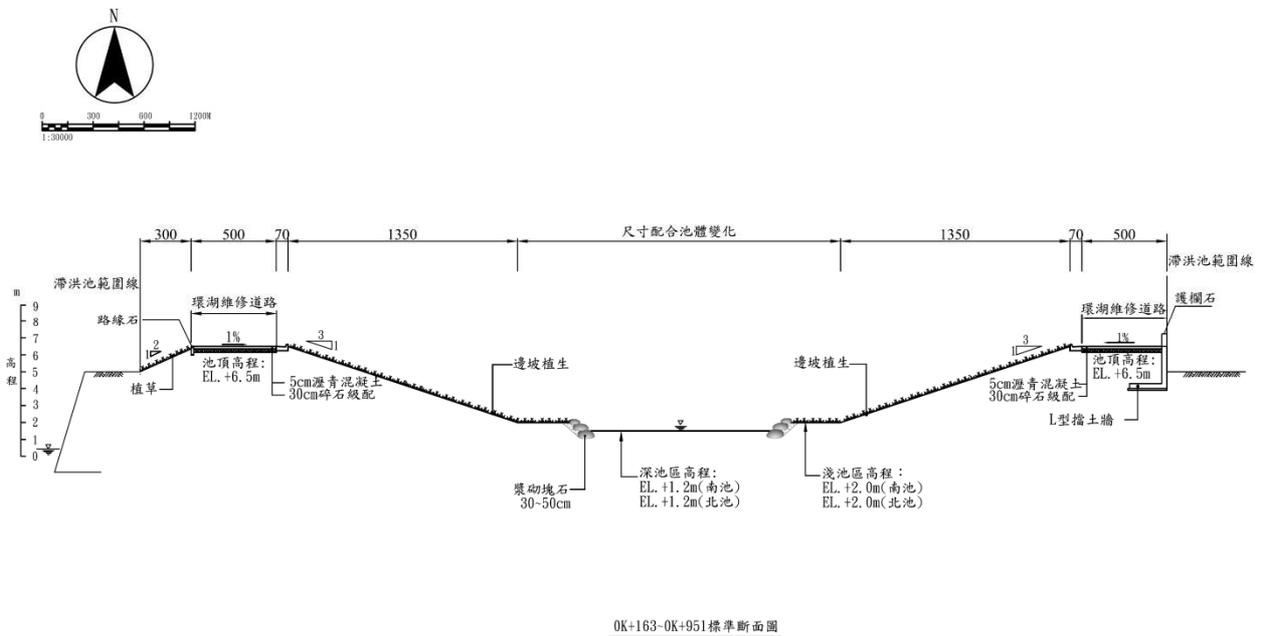


圖 2-12 仁德滯洪池標準斷面圖

(資料來源：「三爺溪排水仁德滯洪池治理工程」，經濟部水利署第六河川局，民國 103 年)



圖 2-14 仁德滯洪池進出口型式流向及現勘照片

(資料來源：本研究蒐集彙整)

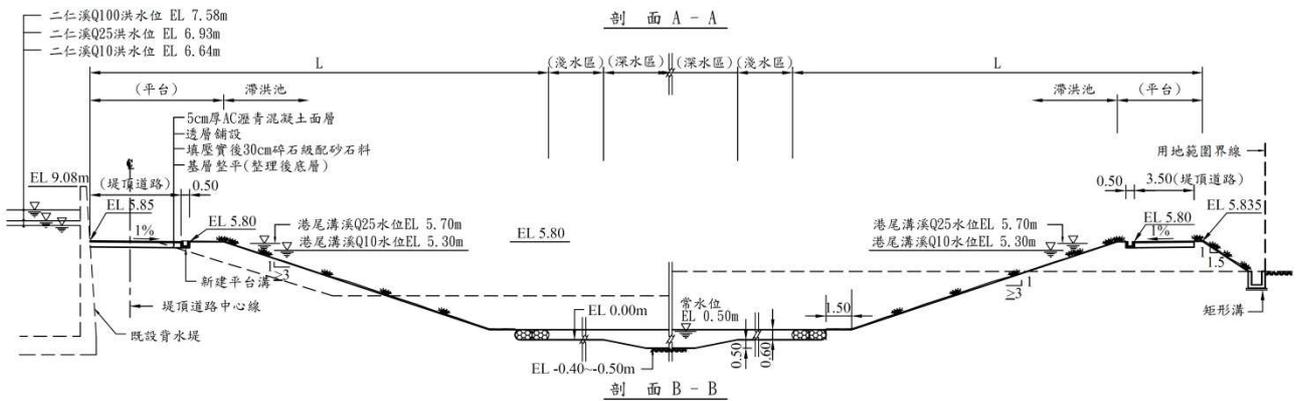
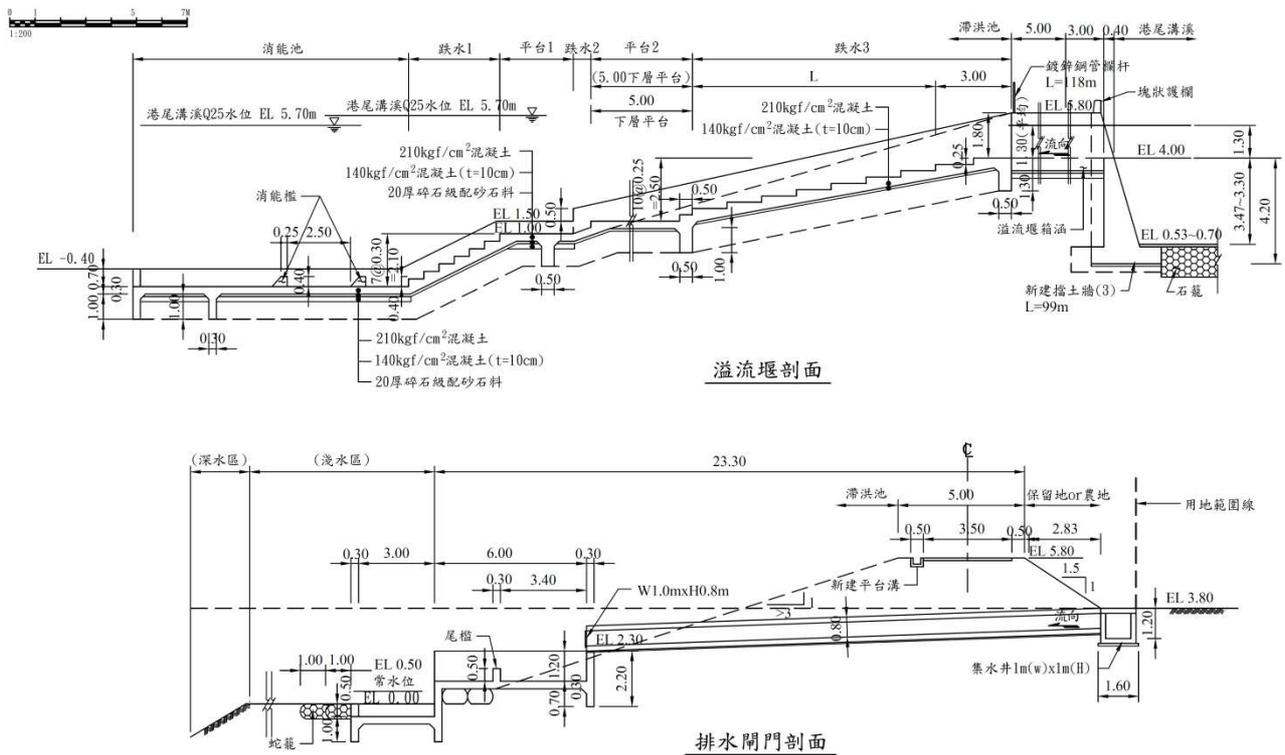


圖 2-15 港尾溝滯洪池標準斷面圖

(資料來源：「三爺溪排水仁德滯洪池治理工程」，臺南市政府水利局，民國 102 年)



資料來源：臺南市政府水利局，「港尾溝溪排水出口改善工程(滯洪池及抽水機平台工程)」竣工圖102.2。

圖 2-16 港尾溝滯洪池溢流堰及閘門尺寸

(資料來源：「港尾溝溪排水出口改善工程(滯洪池及抽水機平台工程)」，臺南市政府水利局，民國 102 年)



圖 2-17 港尾溝滯洪池進出口型式流向及現勘照片

(資料來源：本研究蒐集彙整)

2. 抽水站與移動式抽水機

演算範圍內共設有 174 站抽水站，其中包含固定式抽水站 36 站及移動式抽水機 138 站，分布位置如圖 2-18 所示，固定式抽水站之概況如表 2-8 所示，統計總抽水量 451.1cms。臺南市政府所轄之抽水站管理屬臺南市政府水利局水門抽水站管理科業務。

表2-8 演算範圍內抽水站概況表

抽水站	排水出口 (mm)	保護面積 (ha)	總抽水量 (CMS)	總組數	抽水量×組	揚程 (M)	最低水位	最高水位	內水	TWD97 X座標	TWD97 Y座標
永康分洪站	1350	1926.0	32.0	8	4.0*8	5.20	2.20	3.40	永康大排	173535.93	2550778.89
三崁店抽水站	1350	44.0	12.0	3	4.0*3	4.50	1.00	3.00	三崁店社區	172489.08	2550474.18
永康抽水站	4500	1926.0	41.5	5	8.3*5	3.00	0.50	5.40	永康大排	170935.19	2549253.04
永康東抽水站	1800	1926.0	25.5	3	8.5*3	4.50	1.00	5.00	永康大排	170986.90	2549341.36
和順寮抽水站	1000	192.0	4.0	2	2.0*2	3.10	0.80	3.00	忘憂湖滯洪池	171969.33	2551030.59
安定抽水站	1100	565.0	10.0	4	2.5*4	4.50	4.20	6.50	安定排水	172243.47	2558426.87
九份子	1350 700	164.0	12.0	6	4.0*2 1.0*4	5.00	0.90	2.50	九份子生態池	166275.62	2546243.92
北安抽水站	1850	86.0	32.0	4	8.0*4	4.80	0.50	2.70	鄭仔寮社區	167908.09	2546711.11
賢北街抽水平台	500	1.0	0.5	1	0.5*1	6.00	0.75	2.90	賢北、大港里	166139.45	2545724.18
文賢抽水站	1350	80.0	16.0	4	4.0*4	5.00	-0.40	1.20	大港寮社區	166489.47	2545988.02
安平抽水站	500 1000	41.0	15.2	8	2.6*2 3.0*2 1.0*4	0.00	-2.43	-0.23	安平老街	164009.35	2544318.69
鯤鯓抽水站	1200	34.0	8.0	4	2.0*4	3.52	-0.88	1.22	鯤鯓社區	165206.52	2540258.65
喜樹抽水站	1500	153.4	25.0	5	5.0*5	3.95	-1.50	1.80	喜樹大排A幹線	165930.16	2539457.24
灣裡抽水站	1650	65.0	19.8	3	6.6*3	5.20	-1.50	1.70	灣裡社區	166082.57	2535513.92
安中抽水站	1200	5.0	7.0	2	3.5*2	4.00	-0.10	3.00	本淵中排一	163885.55	2549546.57
天馬抽水站	1100	4.0	5.0	2	2.5*2	3.50	-0.30	2.10	淵中排水	164784.28	2548987.71
海西抽水站	1100	4.0	6.0	4	2.5*2 0.5*2	3.50	-0.30	2.10	海尾寮社區下水道	165030.19	2548975.24
海東抽水站	1100	4.0	7.0	3	2.5*2 2.0*1	4.00	-0.30	2.10	本淵寮社區下水道	165229.49	2549782.55

表2-8 演算範圍內抽水站概況表

抽水站	排水出口 (mm)	保護面積 (ha)	總抽水量 (CMS)	總組數	抽水量×組	揚程 (M)	最低水位	最高水位	內水	TWD97 X座標	TWD97 Y座標
海尾寮抽水站	900	6.0	3.0	2	1.5*2	3.50	-0.30	2.10	海尾寮社區下水道	166104.66	2548670.18
鹿耳門抽水站	1200	37.6	12.0	4	3.0*4	3.52	-0.50	1.50	鹿耳社區下水道	159975.25	2548639.26
大灣小排七站	1350	100.0	10.0	3	4.0*2 2.0*1	3.00	5.50	7.40	大灣A幹線	173613.67	2545916.88
崑山抽水站	1800	300.0	21.0	3	7.0*3	6.00	2.00	7.30	大灣B幹線	173194.63	2544158.21
土庫抽水站	1350	287.0	21.0	6	3.0*4 4.5*2	4.00	2.40	6.30	土庫排水 石橋仔排水	173053.26	2542575.32
港尾溝抽水站	500	289.4	0.0	5	0.5*5 0.5*6(移抽)	6.50	0.50	4.00	港尾溝滯洪池	171036.86	2535420.74
田厝抽水站	1500	74.1	9.0	2	4.5*2	4.50	1.20	4.00	田厝里社區	171746.93	2537831.21
二層行抽水站	1200	78.0	9.0	3	3.0*3	4.00	0.85	4.50	二層行排水	169872.14	2536312.82
保安抽水站	1800	546.0	48.0	6	8.0*6	2.70	1.70	4.80	港尾溝支線	171150.97	2535663.77
正義抽水站	1000	0.0	6.0	3	2.0*3	6.90	2.30	6.00	區域箱涵	173110.13	2541666.94
社內抽水站	1200	120.0	12.0	4	3.0*4	4.90	1.80	4.40	社內/新和里	175812.15	2553093.05
坐駕抽水站	1200	80.0	4.8	2	2.4*2	6.58	0.30	7.80	座駕排水	177200.24	2556198.11
三舍抽水站	1200	80.0	4.8	2	2.4*2	6.58	0.30	7.80	三舍排水	177400.87	2555322.26
豐華抽水站	1000	60.0	3.0	3	1.0*3	3.60	0.50	3.00	豐華社區	173583.46	2554067.72
大洲抽水站	1000	40.0	6.0	3	2.0*3	4.30	1.50	4.70	大洲里社區	174169.78	2552503.26
新市衛生排	500	66.0	1.0	2	0.5*2	3.00	0.60	5.00	新市衛生排水	176459.55	2553477.45
新和重劃一	500	1.0	1.0	2	0.5*2	2.00	4.00	7.50	新和重劃區	176828.23	2553442.42
新和重劃二	500	2.0	1.0	2	0.5*2	2.00	4.00	7.50	新和重劃區	176992.37	2553485.92

(資料來源：臺南市政府資料開放平台)

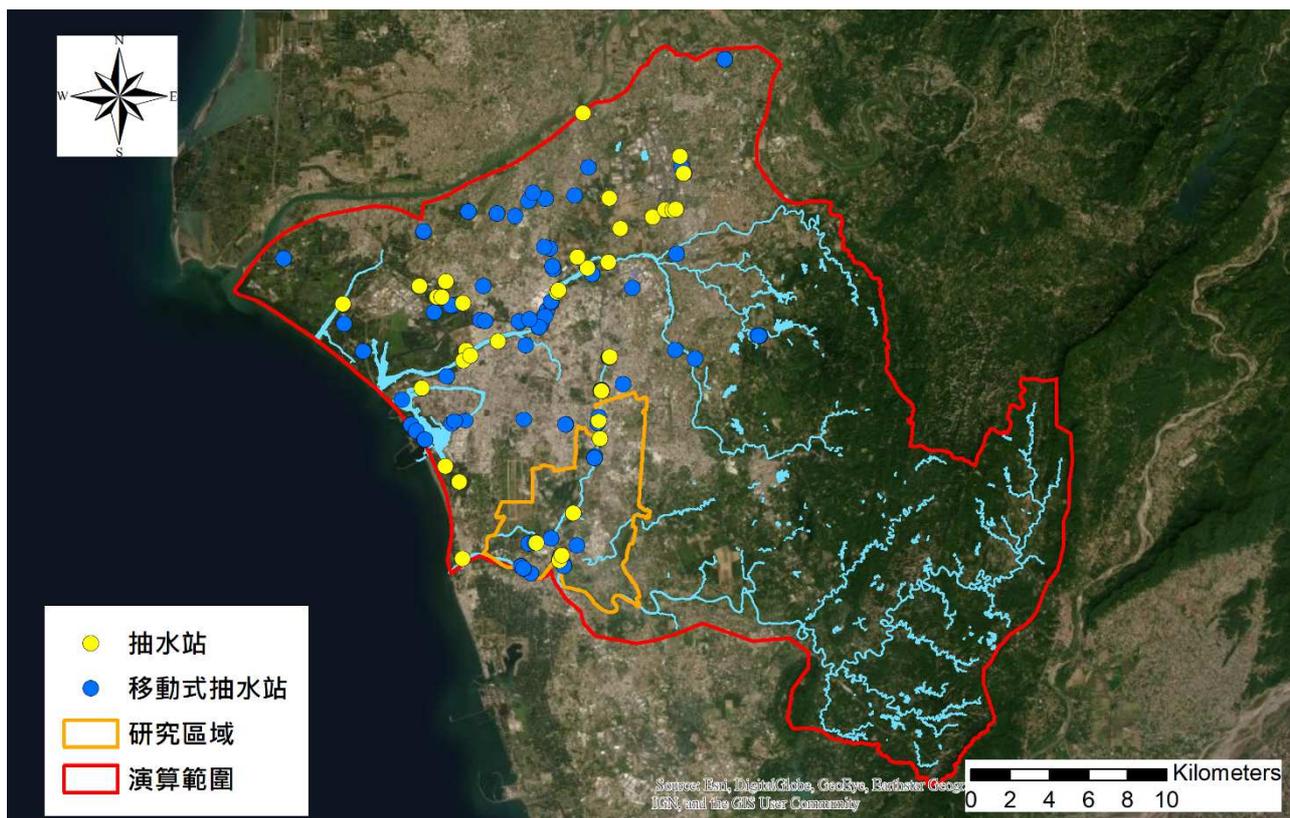


圖 2-18 演算範圍內抽水站分布圖

(資料來源：本研究蒐集彙整)

第二節 文獻分析

針對本研究滯蓄洪設施整合減災調適技術之相關研究文獻整理如下：

壹、滯蓄洪設施定義與分類

近年來由於人口的成長以及經濟的發展，使得土地開發行為越來越頻繁，而過度的土地開發將使得地表逕流總量及洪峰流量增加，造成洪災的風險，加上氣候變遷全球暖化的影響，短延時強降雨發生的頻率越來越高，為了降低開發地區及其下游的洪災風險及影響程度，因此常在開發區及其下游找尋適當地點設置滯洪設施，以降低洪峰流量及延長洪峰到達的時間，減少洪災帶來的損失。各國對滯洪的定義略有所不同，以下針對美國、日本、中國、臺灣的滯蓄洪設施相關定義進行整理分析。

一、美國

美國有關「滯洪」的定義可分為蓄洪(retention)及滯洪(detention)，Chow(1988)將蓄洪池

定義為可長時間貯留，並藉由蒸發而逐漸減少的蓄存空間，滯洪池則為短時間貯留，並可由放流而減少的蓄存空間。Urbanas and Stahre (1989)則明確定義滯洪設施可於短時間內貯留水，其主要目的為降低下游洪峰流量，而蓄洪設施則可於不特定期間貯留水，通常配合沉砂池來移除隨著暴雨所帶來的污染物。Bedient(1992)和 Mays(1992)則將蓄洪池定義可將水保留相當長時間的貯水設施，且設施內的水不會被排放到下游水路，而滯洪設施則是較為短期的貯留，並且可將設施內的水再排放至下游水路，使得暴雨造成的逕流能較晚排放至下游。Akan(2003)則以容量大小區分兩者，當容量小於 10 acre-ft(約 12,335 立方公尺)則為滯洪池。

二、日本

日本滯蓄洪設施可分為遊水地和調整池，其中遊水地是指用於洪水來臨時河水氾濫的土地，其設置並無特別規定，但是其需要的面積較大，因此在人口集中經濟高度發展的日本設置是相對較困難的。而調整池是在短延時強降雨之集中豪雨發生的區域所設置的暫時貯留設施，主要選擇設置在易淹水地區以及已開發導致雨水滲透能力受到破壞的區域，其特點在於可利用開發後的多餘土地，平日不蓄水時也可做為公園或停車場使用。

三、中國

中國將解決城市洪災、河道溢流等問題的滯洪設施統稱為雨水調蓄池，定義為一種佔地面積大的雨水逕流蒐集設施，因調蓄池佔地面積較大，應盡量利用現有設施或天然場所設置雨水調蓄池，其功能主要是在雨水造成的地表逕流太大時，將高峰流量暫時儲存在調蓄池中，待流量下降後，再將水從調蓄池中排出以削減洪峰流量，提高區域防洪能力，減少洪災影響。

四、臺灣

臺灣對於滯蓄洪設施的定義，可參考民國 103 年 09 月 11 日修正之「水土保持技術規範」第九十四條「滯洪設施係指具有降低洪峰流量、遲滯洪峰到達時間或增加入滲等功能之設施。滯洪設施包括滯洪壩、滯洪池等」。另依據 106 年 12 月出版之「水土保持手冊」內容定義，滯洪池係指在河床或基地水路構築橫向構造物或側流堰，或挖填土方產生窪地，以無控制設施或抽排設備藉由所製造之蓄水空間暫時儲蓄暴雨逕流以調整洪峰流量之池堰構造物。此外根據民國 98 年 11 月 27 日修正之「下水道工程設施標準」第二條第一項第八款將雨水調節池定義為「具有適當容量可調節降雨時尖峰流量之貯留池」。

各國雖然對滯蓄洪設施的定義有部分差異，但設置滯蓄洪設施之主要目的皆為貯留雨水

造成的洪峰流量，降低洪災發生機率及影響程度。

臺灣常見的滯洪池根據現場蓄水狀況可分為乾式及濕式滯洪池(Mays, 1999)，根據引水方式可分為在槽或離槽式等，上述常見的滯洪池型式說明如下。

(一) 乾式滯洪池

乾式滯洪池最大的特點在於只在洪水發生期間蓄存水，在非洪水期間可作為停車場、公園或其它遊憩場所等其他用途使用，優點為非洪水期間不蓄水，可另作他用，缺點為洪水期間需進行安全管理，在洪水過後排出蓄水量後，易有泥砂淤積需清除以恢復平日用途，如圖 2-19 所示之中部科學園區滯 6 滯洪池(設計容量為 12,612 立方公尺)，於非洪水期間時即作為公園使用。

(二) 濕式滯洪池

濕式滯洪池與乾式滯洪池不同，即非洪水期間滯洪池內也保持在低水位狀態，以營造類似生態池或小型湖泊的環境，優點為具有生態與景觀環境，缺點為濕式滯洪池於洪水期間之蓄洪量體受限於平常水位至滯洪池岸頂之空間而定，如圖 2-20 所示之臺南科學園區內的道爺湖(滯洪池 A)(面積為 5 公頃，容量為 133,600 立方公尺)，於非洪水期間時亦有湖泊景觀。

(三) 在槽滯洪池

在槽滯洪池的特點是直接河道或排水路上構築攔水堰，並將河道拓寬，以便洪水期間蓄存洪水，適合設置於坡度大之排水，如圖 2-21 所示之高雄柴山滯洪公園滯洪池 A(面積為 0.9 公頃，容量為 30,000 立方公尺)。

(四) 離槽滯洪池

離槽滯洪池是在河道或排水路堤岸兩旁設置洪水蓄存空間，當洪水來臨且超過下游容許排放量時，則可將水導入旁邊的滯洪池，適合設置於坡度小之排水，如圖 2-22 所示位於港尾溝溪左岸的港尾溝溪滯洪池(面積為 10 公頃，容量為 300,000 立方公尺)。



圖 2-19 中部科學園區滯 6 滯洪池

(資料來源：中部科學工業園區管理局)



圖 2-20 臺南科學園區道爺湖(滯洪池 A)

(資料來源：臺南市新市區公所)



圖 2-21 高雄柴山滯洪公園滯洪池 A

(圖片來源：高雄市水利局柴山滯洪公園網頁)



圖 2-22 港尾溝溪滯洪池

(圖片來源：臺南市政府施政成果網)

除了前述滯洪池依蓄水與引水型態的分類之外，另可依滯蓄洪設施之進出口水流型式與操作方式進行分類，本研究整理國內外滯洪池控制水流進出的方式大致可分為以下幾種：

一、溢流堰

溢流堰的設計最常應用於滯洪池的入口端，當洪水導致河道下游水位抬升至特定高度時，

即可透過溢流堰將超出下游排放量的水體導引至滯洪池貯留，避免發生洪災。

二、閘門

閘門的設計可同時應用於滯洪池的入口及出口端，當洪水來臨時，利用閘門的啟閉，控制滯洪池的入流量，當洪水消退後，也可視外水情形再不超過下游河道容許排放量下，將滯洪池貯留的水體排放至下游河道。

三、抽水機

抽水機主要是設置在滯洪池的出口端，當洪水消退後配合前述出口端閘門，將滯洪池快速排空至下游河道或排水路，為下一次洪水進行準備。

貳、滯蓄洪設施於淹水模式之模擬

目前常應用於臺灣之淹水模擬模式大部分演算核心大同小異，其渠道演算與地表漫地流演算核心、有無滯蓄洪池演算、演算格網形式、擴充性及研發單位特性等描述如表 2-9 所示。

為描述都市地區建築物、交通系統等複雜之地形地物地貌需要小尺度之格區，現行常用淹水模式之地表漫地流演算核心多為二維流演算，部分模式為考量演算速度而簡化淹水模式演算，僅考量淹水受河道外水影響，即河道漫淹至地表產生淹水，其原因為漫地流淹水演算需依網格計算，格網數多需耗費長時間進行計算，網格愈細緻，時間所花費越久，而拖延應變時間。上述常應用臺灣之淹排水模擬模式對於滯蓄洪設施演算並無強調有專屬特定模組，其中，SOBEK 模式與 SWMM 模式進行滯蓄洪設施演算時，均為選定特定位置設置蓄水單元 (Storage Unit)，給定其面積、底部高程、設計容量等相關條件後，設定其出入流方式，如出流孔口、閘門、堰或抽水站等資訊後進行模擬，並非以一滯蓄洪設施之模組。

在考量格網具描述地形地物能力、演算快速、擴充性高、滯蓄洪池操作演算等優點，本研究採用地文性淹排水模式為演算核心進行後續研究。

根據前述文獻分析針對滯洪池之定義與類型，設計滯洪池格區佈置方式，並於本研究之地文性淹排水模式新增滯蓄洪之進出口水流方式於格區交換流量方式，據以建立滯蓄洪設施演算模組。

表2-9 淹水模擬模式比較表

模式名稱	渠道演算	地表漫地流演算	滯蓄洪池演算	格網	擴充性	研發單位
PHD (地文性淹排水模式)	擬似二維流 (水流連續方程式及流量律)	擬似二維流 (水流連續方程式及流量律)	有	依地形地物建置 任意格區	國內研發 擴充性高	成功大學
NTU-2DFIM (臺大二維淹水模式)	一維變量流	二維零慣性	-	規則正方形	國內研發 擴充性高	臺灣大學
SOBEK	一維變量流	二維動力波	有	規則正方形	商用付費	荷蘭Delft Hydraulics
WASH123D 集水區數值模式	一維變量流	二維 (動力波、運動波及擴散波)	-	非結構性三角形	國內研發 擴充性高	葉高次教授
FLO-2D	一維變量流	二維動力波	-	規則正方形	商用付費	美國FLO-2D公司
SWMM	一維變量流	集水區模式估算逕流量	有	節點與管線	免費下載	美國環保署
MIKE-FLOOD	一維變量流	MIKE21 二維質量與動量 方程式	有	非結構性三角形	商用付費	丹麥水力研究所 DHI
3Di	一維變量流	二維變量流 二維擴散波	有	非結構性正方形	商用付費	荷蘭 3Di Water Management Deltares
HEC-RAS	一維變量流	二維變量流 二維擴散波	-	規則正方形	免費下載	美國 陸軍工兵團

(資料來源：本研究蒐集彙整)

第三章 模式建置與演算分析

都市地表逕流與降雨之時空分布及地面水流動現象有關，因此在進行都市地表逕流模擬時，需考慮演算範圍內之水文、地文條件。本研究分析演算範圍內之地形地貌及土地利用情形，應用地理資訊系統軟體佈置演算格網，格區間選擇適當之水流方程式演算地面水流，以擬似二維流觀念建置地文性淹排水模式，做為都市洪水即時預警模式演算核心，進一步應用都市洪水即時預警模式進行滯蓄洪設施整合減災調適技術研究。

由降雨量資訊應用都市洪水即時預警模式進行降雨事件之逕流分析，分析在案例研究地區地表逕流時間與空間之分布；針對現有滯蓄洪設施以暴雨事件演算並分析暴雨過程中現有滯蓄洪設施之排蓄洪量歷線；以暴雨事件演算並分析在暴雨過程中單一及多個滯蓄洪設施，於不同蓄排洪啟動時機與操作方式之影響，進行滯蓄洪設施優化改善效能評估；可進一步規劃效能提升之優化蓄排洪操作方式，研提滯蓄洪設施優化操作減洪效益即時演算及減災調適策略建議；最後，為因應都市洪水過程特性及未來極端降雨事件，在以現有蓄滯洪設施啟動滯蓄洪調節洪水後，仍有需在調節之洪水量，需進一步以演算豪雨期間淹水區積貯水量之歷程找出最大積貯水量，評估尚需減洪之量體，找出可能之都市地區之滯蓄洪空間，如公園綠地、公共設施屋頂、學校操場等，以提升都市耐洪能力。

第一節 地文性淹排水模式建置

本研究以擬似二維流觀念建置地文性淹排水模式，依模式之基本方程式、數值方法、邊界條件與模式模組化分述如下。

壹、基本方程式

演算範圍之相鄰格區間應用擬似二維流理論之水流連續方程式及適當之流量律連接，以分析格區水位及格區間之流量，說明如下：

1. 水流連續方程式

演算範圍佈置演算格網後，任一格區 i 與其相鄰各格區間之水流連續方程式可表如(1)式：

$$As_i \frac{dh_i}{dt} = Pe_i + \sum_k Q_{i,k}(h_i, h_k) \quad (1)$$

式中， As_i 為 t 時刻 i 格區之面積； Pe_i 為 t 時刻 i 格區之每單位時間超滲降雨體積，等於超滲降雨強度與 i 格區面積之乘積； $Q_{i,k}$ 為由 k 格區流入 i 格區之流量，正值代表水流由 k 格區流入 i 格區，負值代表水流由 i 格區流入 k 格區； h_i 為 t 時刻 i 格區之水位； h_k 為 t 時刻 k 格區之水位。

2. 流量律

相鄰兩格區之水流交換型式，可歸納為川流連接型、堰流連接型、箱式涵洞連接型，各類型流量律分述如後。

(3) 川流連接型

若相鄰兩格區間之水流交換無局部障礙，則視為漫地流式之流動，可使用曼寧公式或謝希公式等，計算流過兩格區間交界面之流量。本研究採用曼寧公式計算流過兩格區間交界面之流量。

以 i 格區而言，由 k 格區流至 i 格區的流量為：

$$Q_{i,k} = \frac{h_k - h_i}{|h_k - h_i|} \cdot \Phi(\overline{h_{i,k}}) \cdot \sqrt{|h_k - h_i|} \quad \text{for} \quad \frac{\partial Q_{i,k}}{\partial h_i} \leq 0 \quad (2)$$

$$Q_{i,k} = \Phi(h_k) \cdot \sqrt{|h_k - h_i|} \quad \text{for} \quad \frac{\partial Q_{i,k}}{\partial h_i} > 0 \quad (3)$$

式中 $\overline{h_{i,k}}$ 為 i 格區與 k 格區交界處之水位。

$$\overline{h_{i,k}} = h_k + (1 - \alpha)h_i, \quad 0 \leq \alpha \leq 1 \quad (4)$$

而 $\Phi(h)$ 為：

$$\Phi(h) = \frac{A(h)R(h)^{2/3}}{n\sqrt{\Delta x}} \quad (5)$$

Δx 為 i 、 k 兩格區之中心距； n 為兩格區間之曼寧糙率係數； A 、 R 分別為兩格區交界處

之通水面積和水力半徑。

當 i 格區水深小且水位下降， k 格區流至 i 格區的流量減少時，為消除 i 格區水位之影響，令(4)式之 $\alpha=1$ ， k 格區流至 i 格區的流量以(3)式計算。

(4) 堰流連接型

若相鄰兩格區間以道路、堤防、田埂、塹堤、天然岸堤或自由溢流之水庫堰壩等為交界，則可將交界視為寬頂堰，以堰流公式計算流過兩格區間交界面之流量。

若以 $h_k > h_i$ 之情形而言，可分為自由堰流及潛沒堰流兩種形式，如圖 3-1 所示。

自由堰流 $(h_i - h_w) < \frac{2}{3}(h_k - h_w)$ ：

$$Q_{i,k} = \mu_1 b \sqrt{2g} (h_k - h_w)^{3/2} \quad (6)$$

潛沒堰流 $(h_i - h_w) \geq \frac{2}{3}(h_k - h_w)$ ：

$$Q_{i,k} = \mu_2 b \sqrt{2g} (h_i - h_w) (h_k - h_i)^{1/2} \quad (7)$$

以上二式中， h_w 為堰頂高程，即交界處之路面、堤頂或地面高程； b 為堰頂之有效寬度，即相鄰兩格區之交界長； g 為重力加速度； μ_1 、 μ_2 分別為自由堰流及潛沒堰流之堰流係數， $\mu_1=0.36\sim 0.57$ ， $\mu_2=2.6\mu_1$ 。

(5) 涵洞連接型

若相鄰兩格區間為道路分隔，且道路下以涵洞連接，則以涵洞流量公式計算相鄰兩格區間之流量。

此種流況較為複雜，至少包括閘流、堰流與管流等三種類型

(6) 人為操作影響

為使模式之模擬更為符合現地情況，宜考慮人為操作所造成之格區水量交換情形。

若格區設置抽水站，則兩相鄰格區之水量交換，依據抽水站操作原則，於格區水位超過啟抽水位時，依據抽水機抽水量進行格區間水量交換，如圖 3-2 所示。

$$\text{格區水位超過啟抽水水位 } h_i \geq h_p : Q_{i,k} = Q_p \cdot \Delta t \quad (8)$$

$$\text{格區水位未超過啟抽水水位 } h_i < h_p : Q_{i,k} = 0 \quad (9)$$

式中， h_p 為抽水站操作規則之啟抽水水位， Δt 為 t 時刻至下一時刻 $t+1$ 之時間增量， Q_p 為 Δt 時間中之抽水率(cms)。

貳、數值方法

地文性淹排水模式為依據擬似二維流基本方程式以顯式有限差分法建立數學模式。水流連續方程式(1)式以顯示有限差分法離散化如(10)式所示：

$$\Delta h_i = [Pe_i + \sum Q_{i,k}(h, h_k)] \Delta t / As_i \quad (10)$$

Δh_i 為 Δt 時間中之水位增量，底床不沖淤時，亦等於水深增量。 $Q_{i,k}$ 可依交界條件及流況選用適當之流量公式計算之。 t 時間之水位(或水深)加上水位增量(或水深增量)即為 $(t + \Delta t)$ 時間之水位(或水深)。

(7) 雨水下水道影響

都市地區多建置有雨水下水道與區域排水系統連結，本研究為更合理模擬都市地區淹排水情形，以地文性淹排水模式耦合 SWMM 模式之雨水下水道演算，雨水下水道格點與地面格區產生連結，進行水流交換演算，雨水下水道管路則以相關之區域排水格區水位做為下游邊界，模擬雨水下水道與區域排水系統交界間自由跌流或迴水雍高等水理現象。

參、邊界條件

演算範圍中，以演算範圍之邊界為部份邊界之格區稱為邊界格區，無水流進出之邊界(如分水嶺、邊界堤防等)模式中定義為封閉邊界；若有水流進出邊界(如潮流、水庫洩洪進流等) 模式中定義為開放邊界。開放邊界之邊界格區應給予進出水流之邊界條件，包括相鄰海域之潮位歷線、水庫之洩洪流量歷線等。故以演算範圍內之降雨歷程及相鄰海域之潮位歷線作為輸入水文條件及下游邊界條件，可據以演算豪雨過程中之淹水現象。

肆、模式模組化

考量未來模式之使用更具彈性、容易維護及因應未來平台整合之需求，本研究將地文性淹排水模式進行模組化，依據不同的演算功能獨立出各演算模組，使模式更具即時淹排水模擬演算之優勢。本模式經模組化後，分涵洞、閘門、抽水站、防潮閘、滯蓄洪設施等演算模組可獨立演算，依據不同的應用目的(即時預報或減洪規劃)決定演算時開啟之模組。

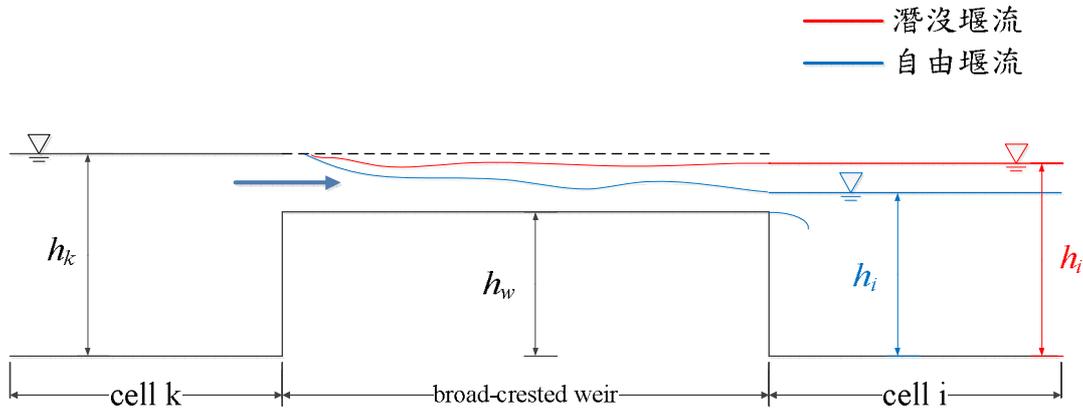


圖 3-1 自由堰流與潛沒堰流示意圖

(資料來源：本研究蒐集彙整)

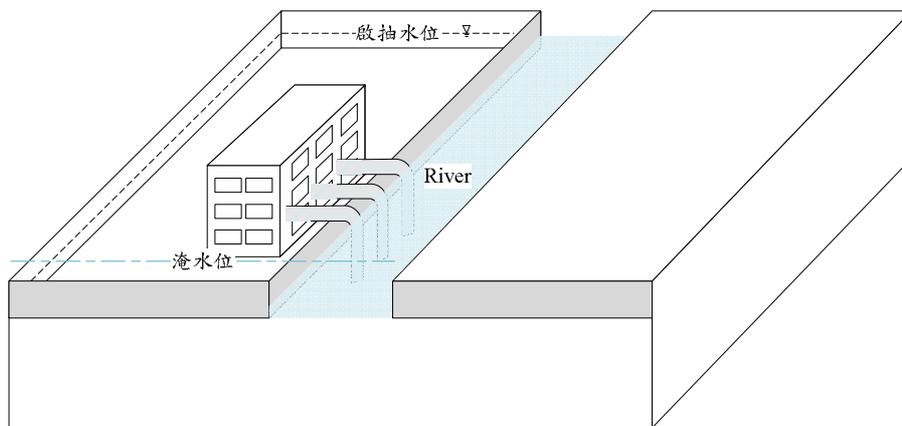


圖 3-2 抽水站示意圖

(資料來源：本研究蒐集彙整)

伍、模式適用範圍及限制條件

本研究所建立之地文性淹排水模式盡可能考慮現場狀況，並在實用考量下簡化部分複雜參考。地文性淹排水模式主要以格區演算，每個格區內之地文水文條件假設為相等，例如以格區內之平均高程或可辨識流向之代表點之高程為格區高程，同一格區內之雨量均為所屬雨量站之雨量。因此若所劃分之格區內有不同之水文或地文資料(如高程或土地

利用等)，則應考慮要再細分格區，盡可能將高程、土地利用相近的區域劃為同一格區。遇有堤、堰、河道中水工構造物、橋梁、田埂、塹梗等，需作為格區之邊界予與劃分。演算所需最主要之參數為地表漫地流糙率係數，與土地利用狀況有關，因此模式適用於已知土地利用資料之集水區降雨逕流演算。

第二節 佈置研究都市非結構性格網

降雨及其水流相關區域均會發生淹水現象，皆應納入分析降雨-淹水演算之演算範圍。因地面水之流動現象主要受地形、地貌、地物之影響，故分析地表逕流現象時，應考量上述地文條件之影響。

本研究先依之地形、地貌、地物之分布情形，視演算目的與演算範圍尺度，將演算範圍佈置為相對均勻且適當之演算格網，每一網格即為一演算格區(cell)，每一演算格區之形狀及大小，因地形、地貌、地物而異。部分邊界為演算範圍邊界之格區模式中定義為邊界格區，其餘之格區模式中定義為內部格區。內部格區中，位於陸地之格區模式中定義為陸地屬性格區，位於排水路、河流或湖泊之格區模式中定義為渠流屬性格區，演算格網劃分原則如下：

3. 每一演算格區內應具相同水文氣象條件。
4. 道路、堤防、天然岸堤等可取為格區邊界，若無上述地物時，則依地形、坡度、坡向、地表植被、土地利用、表土質地等資訊，選擇適當格區邊界。
5. 為提高模式計算精度與效率，相鄰格區面積不宜差距過大。
6. 對於上述非結構性網格之每一演算格區取下列假設：
 - (1) 每一演算格區選擇可代表格區水流方向之位置為格區中心，不易辨識時，可選以面積形心為格區中心，有觀測結果時再作調整。
 - (2) 每一演算格區平均地面高程代表格區高程，亦為格區中心高程。
 - (3) 每一演算格區平均水面高程，代表整個格區水位，亦為格區中心水位。
 - (4) 格區蓄水量只與該格區中心水位有關。
 - (5) 相鄰兩格區間之流量，為此兩格區中心水位及交界幾何條件之函數。

演算範圍之地形可利用數值高程資料得之，分析數值高程資料以給定每一演算格區之高程值。演算範圍之河系及集水區可以地理資訊系統軟體 ArcMap 進行分析，繪製演算範圍水

系中各支流之集水區，每個集水區之河流或排水路及其兩側均可各佈置若干演算格區。集水區格網初步劃分完成後，若有特殊地貌，則分析後套疊至現有格網上；再套疊土地利用、道路系統、航照等圖層，進行格網細部劃設。位於山區之網格主要依等高線進行細部劃分，位於平原都市區域之格網因排水路與交通系統密佈其中，故道路、堤防均視為格區邊界，再將格網細分，都市中之路塹型重要街道，可視同水路，劃分為街道演算格區，並依蒐集之測量資料設定其寬度。埤塘、湖泊、滯蓄洪設施與水庫之劃分方式均相同，可依庫底高程資料進行細部劃分。魚塢、水田、鹽田、聚落等區域，可視演算格網整體格網大小與密度適度調整上述區域之大小。圖 3-3 為本研究以上述原則劃分演算範圍演算網格之成果圖，演算範圍面積約 788 平方公里，共劃分為 11,052 格，演算格網之精度為 598.4 平方公尺至 602,626 平方公尺。本研究之研究案例區域—臺南市仁德區，面積約 51 平方公里，共計 1,100 格。

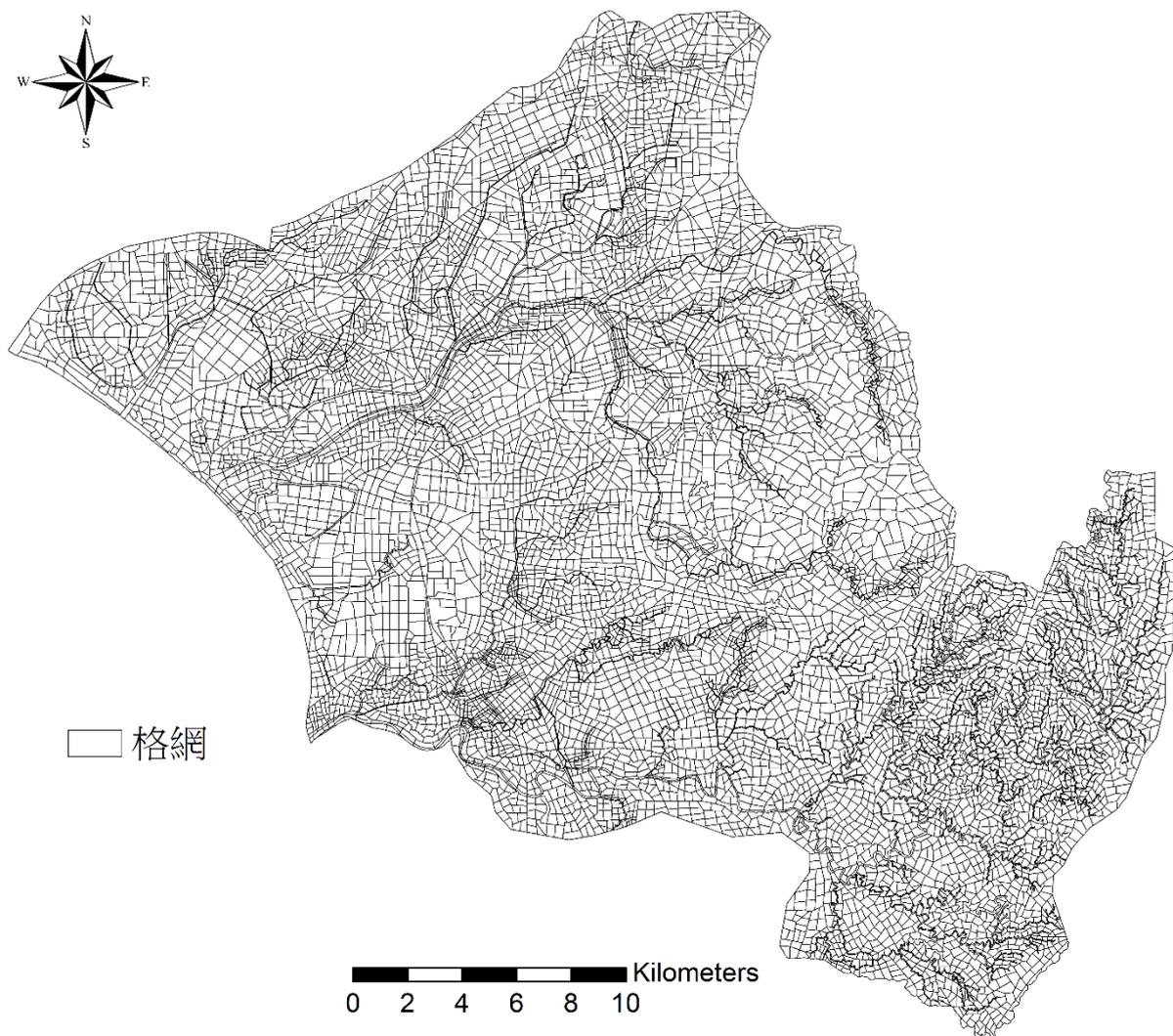


圖 3-3 演算範圍格網佈置

(資料來源：本研究成果)

模式建置完成後，針對降雨事件對地表逕流之影響與現有滯蓄洪設施之操作與貯蓄量進行分析，分述如下。

第三節 演算與分析

壹、颱風豪雨事件演算結果

本研究以數值地形高程並參考河道大斷面測量資料建置地文性淹排水模式之演算地形條件，並以研究區域內近年所發生較大的颱風暴雨事件為演算案例。本研究選取發生於民國 106 年之尼莎暨海棠颱風與民國 107 年 0823 豪雨作為演算案例，尼莎暨海棠颱風洪水歷程模擬自民國 106 年 7 月 29 日 14:00 至 8 月 2 日 17:00，共 100 小時，民國 107 年 0823 豪雨洪水歷程模擬自民國 107 年 8 月 23 日 03:00 至 8 月 25 日 12:00，合計 58 小時之洪水歷程。

一、雨量分佈與邊界條件

演算範圍內有 20 個中央氣象局雨量站分布如圖 2-3 所示，依徐昇法劃分各雨量站之控制面積如圖 3-4 所示，其面積權重百分比如表 3-1 所示。每一控制面積內之各格區以所屬雨量站之降雨歷程作為模式演算輸入之雨量條件。

表3-1 各雨量站之面積權重百分比

站號	C0V640	C0V530	C0V360	C0O970	467410	C0X150	C0X180	C1N001	C0V370	C0X170
站名	湖內	阿蓮	內門	虎頭埤	臺南	安定	山上	沙崙	古亭坑	關廟
面積權重(%)	3.49	4.24	5.33	5.72	2.44	4.76	2.5	4.49	12.88	2.79
站號	C0O990	C0O980	C0O960	467420	C0X190	C0X160	C0X110	C0X100	C0O950	C0O900
站名	媽廟	新市	崎頂	永康	安平	仁德	臺南市南區	臺南市北區	安南	善化
面積權重(%)	4.14	5.25	6.52	5.61	3.56	5.04	4.34	3.34	6.98	6.6

(資料來源：本研究蒐集彙整)

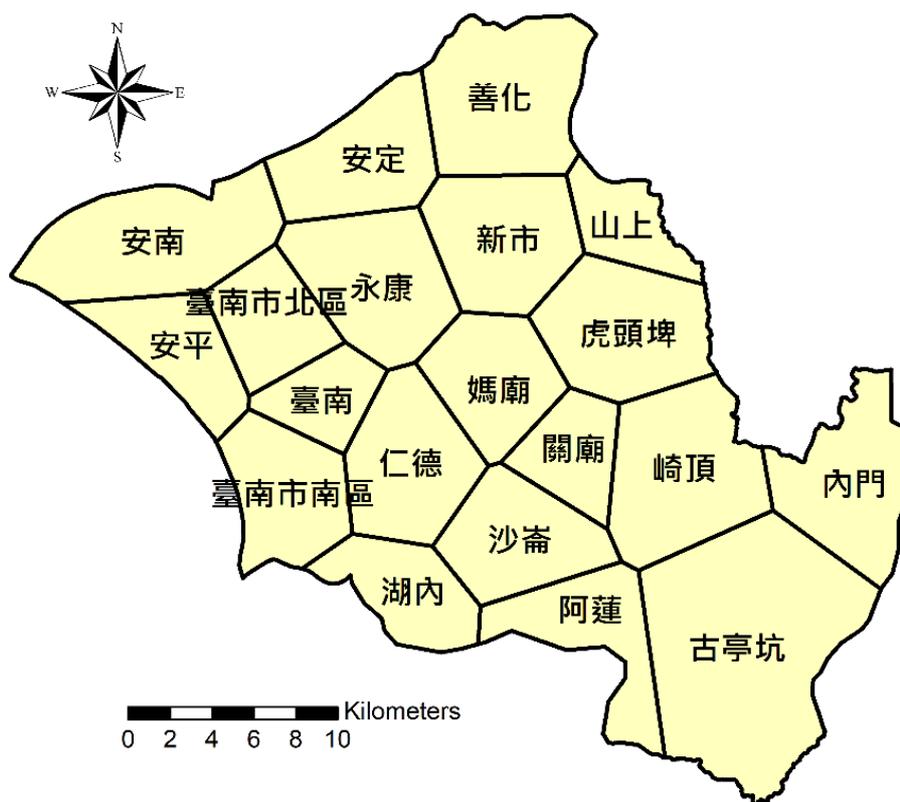


圖 3-4 演算範圍內雨量站徐昇多邊形網

(資料來源：本研究蒐集彙整)

(一) 尼莎暨海棠颱風事件模擬(民國 106 年)

20 個雨量站於尼莎暨海棠颱風期間之面積平均降雨組體圖如圖 3-5 所示，可看出演算範圍在颱風過程中之平均降雨現象。各雨量站於尼莎暨海棠颱風期間個別之降雨歷程示如附圖 5-1，最大累積總雨量為關廟雨量站之 580.5 公厘。

沿海潮位依據尼莎暨海棠颱風期間將四草大橋潮位站之潮位歷線如圖 3-6 所示，由圖 3-6 可知最大潮位約 1.28 公尺，發生於民國 106 年 7 月 31 日 05:00。

本文應用上述降雨條件及沿海潮位條件，模擬尼莎暨海棠颱風自民國 106 年 7 月 29 日 14:00 至 8 月 2 日 17:00，合計 100 小時之洪水歷程。

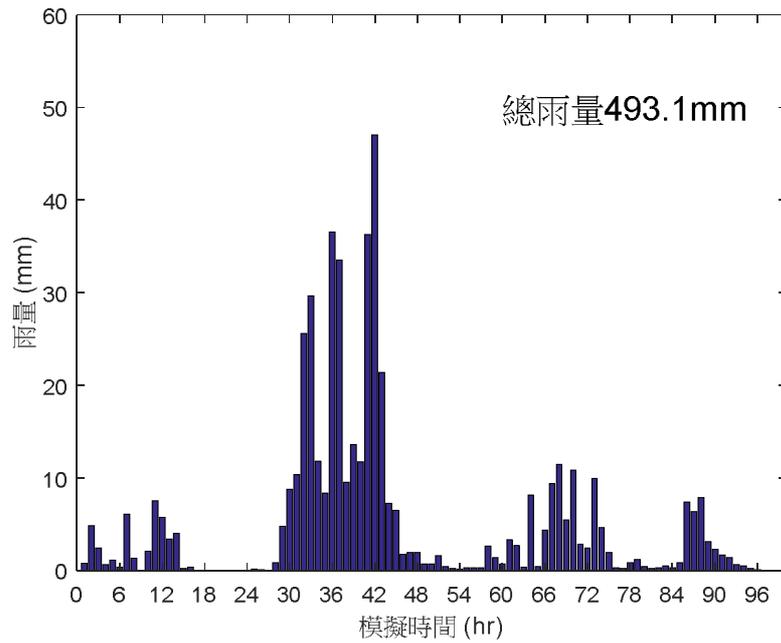


圖 3-5 尼莎暨海棠颱風期間面積平均雨量組體圖

(資料來源：本研究蒐集彙整)

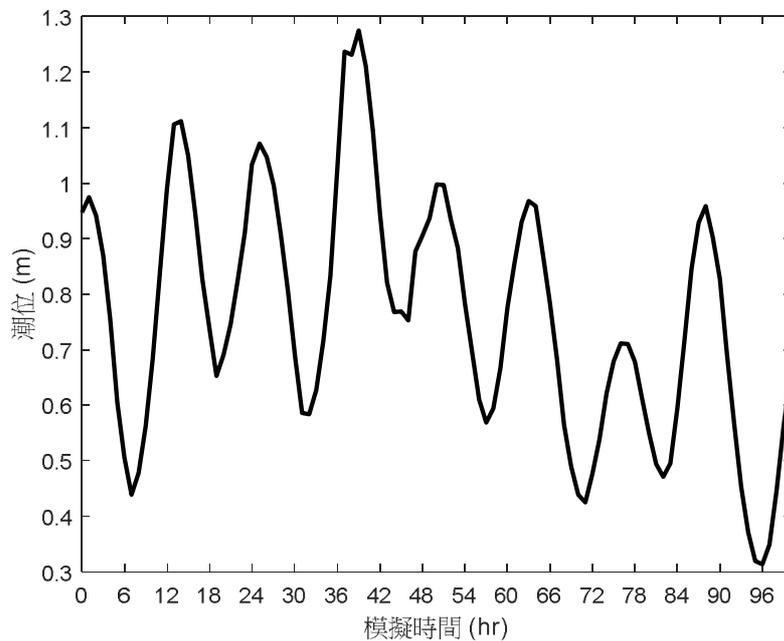


圖 3-6 尼莎暨海棠颱風期間四草大橋潮位站潮位

(資料來源：本研究蒐集彙整)

(二) 0823 豪雨事件模擬(民國 107 年)

20 個雨量站於 0823 豪雨事件期間之面積平均降雨組體圖如圖 3-7 所示，可看出演算範圍在颱風過程中之平均降雨現象。各雨量站於 0823 豪雨期間個別之降雨歷程示如附圖

5-2，最大累積總雨量為安定雨量站之 735 公厘。

沿海潮位依據 0823 豪雨期間將四草大橋潮位站之潮位歷線如圖 3-8 所示，由圖 3-8 可知最大潮位約 1.183 公尺，發生於民國 107 年 8 月 24 日 07:00。

本文應用上述降雨條件及沿海潮位條件，模擬 0823 豪雨自民國 107 年 8 月 23 日 03:00 至 8 月 25 日 12:00，合計 58 小時之洪水歷程。

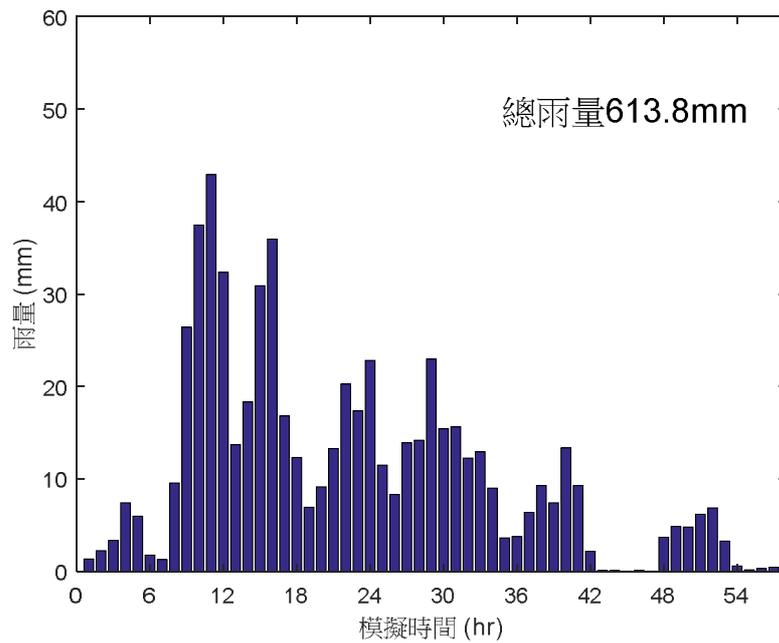


圖 3-7 0823 豪雨期間面積平均雨量組體圖

(資料來源：本研究蒐集彙整)

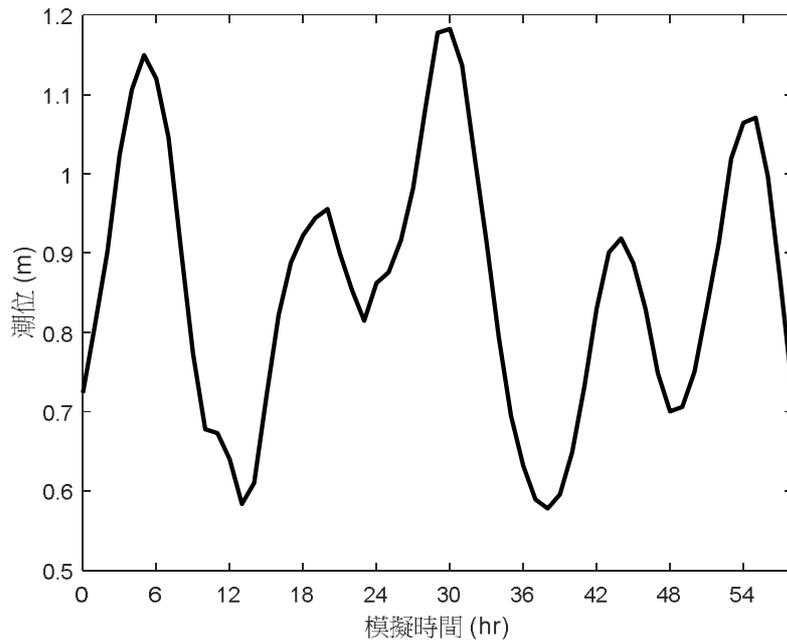


圖 3-8 0823 豪雨期間四草大橋潮位站潮位

(資料來源：本研究蒐集彙整)

(三) 0813 豪雨事件模擬(民國 108 年)

20 個雨量站於 0813 豪雨事件期間之面積平均降雨組體圖如圖 3-9 所示，可看出演算範圍在颱風過程中之平均降雨現象。各雨量站於 0813 豪雨期間個別之降雨歷程示如附圖 5-3，最大累積總雨量為仁德雨量站之 325.5 公厘。

沿海潮位依據 0813 豪雨期間將四草大橋潮位站之潮位歷線如圖 3-10 所示，由圖 3-8 可知最大潮位約 1.02 公尺，發生於民國 108 年年 8 月 12 日 07:00。

本文應用上述降雨條件及沿海潮位條件，模擬 0813 豪雨自民國 108 年 8 月 12 日 01:00 至 8 月 13 日 24:00，合計 48 小時之洪水歷程。

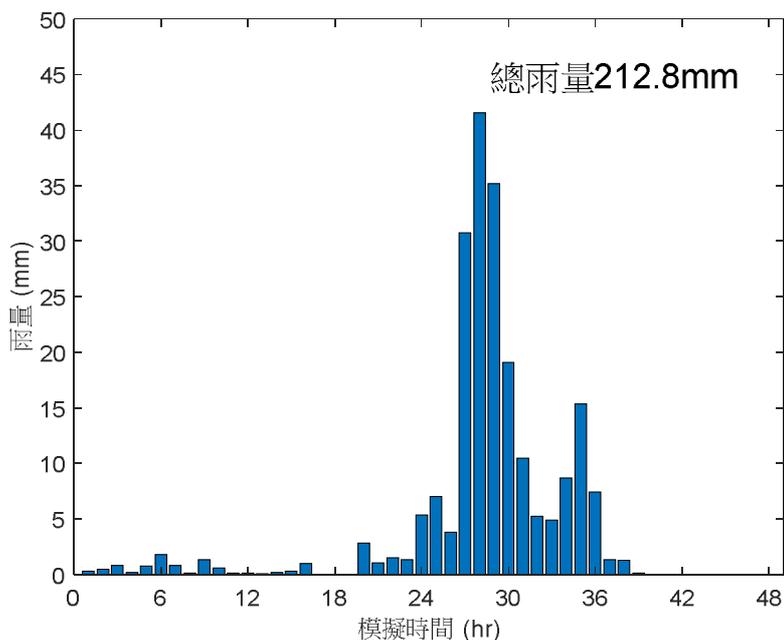


圖 3-9 0813 豪雨期間面積平均雨量組體圖

(資料來源：本研究蒐集彙整)

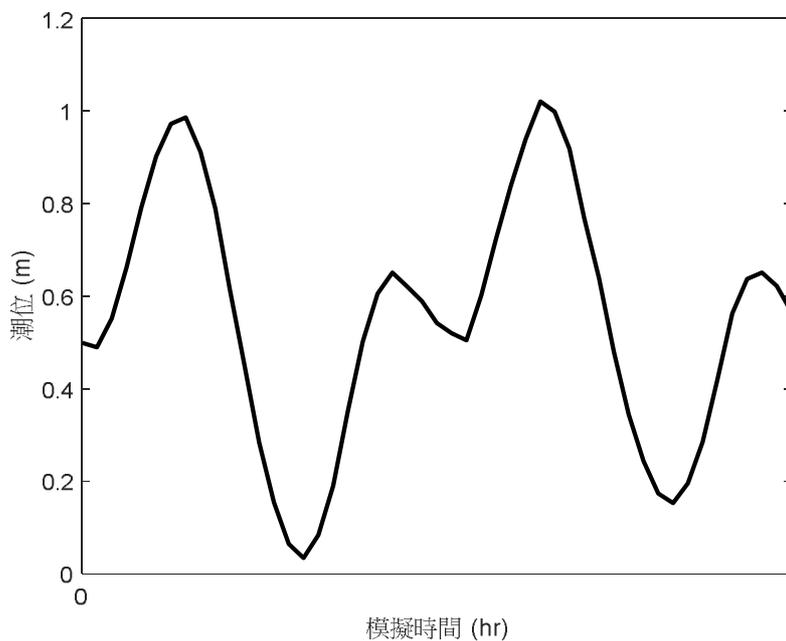


圖 3-10 0813 豪雨期間四草大橋潮位站潮位

(資料來源：本研究蒐集彙整)

二、演算結果與比較

以前述水文條件演算之民國 106 年尼莎暨海棠颱風與民國 107 年 0823 豪雨期間洪水歷程分別與鹽水溪安順橋測站及二仁溪華醫大橋測站(圖 3-11)實測水位資料繪製比較圖分別如圖 3-12 至圖 3-13 所示，演算民國 108 年 0813 豪雨期間洪水歷程分別與鹽水溪新市測站及二仁溪華醫大橋測站(圖 3-14)實測水位資料繪製比較圖。與前述之面積平均雨量組體圖(圖 3-5、圖 3-7、圖 3-9)比較可知，雨型與水位歷線之分布十分類似，民國 106 年尼莎暨海棠颱風與民國 107 年 0823 豪雨分別均有 1 大 3 小 4 個峰值與 1 大與數個小峰值，民國 108 年 0813 颱風則有 1 大 1 小 2 個峰值，屬多峰型降雨歷程，易形成流量疊加現象，則模式模擬之峰值、發生時間與實測水位相比亦有相同趨勢，顯示模式可合理演算降雨形成之逕流歷程。民國 106 年尼莎暨海棠颱風安順橋測站第 60 小時即第 2 峰值之後模擬水位較實測水位低很多，水位趨勢與雨量一致，第 2 峰值與第 3 峰值間降雨有間歇，模式模擬排水較實測快。民國 107 年 0823 豪雨與民國 108 年 0813 颱風 2 場豪雨降雨較無間歇現象，流量峰值較接近單峰形式。

研究區域於民國 108 年 0813 豪雨期間模式演算之淹水範圍如圖 3-15 所示，臺南市近年已佈設多處地面淹水感測器，模式演算結果與淹水站 13、15、28 及 57 之實測水深歷程相符，模式演算地面積淹 30 公分之到達時間亦與淹水感測器測得時間相近。

以本研究之都市洪水即時預警模式演算臺南市未來 3 小時之淹水狀況，計算時間只需不到 5 分鐘，如能接收到準確之預測雨量，搭配智慧型水尺及地面淹水感測器資料即時修正演算數據，將有助於即時預警以進行防減災。

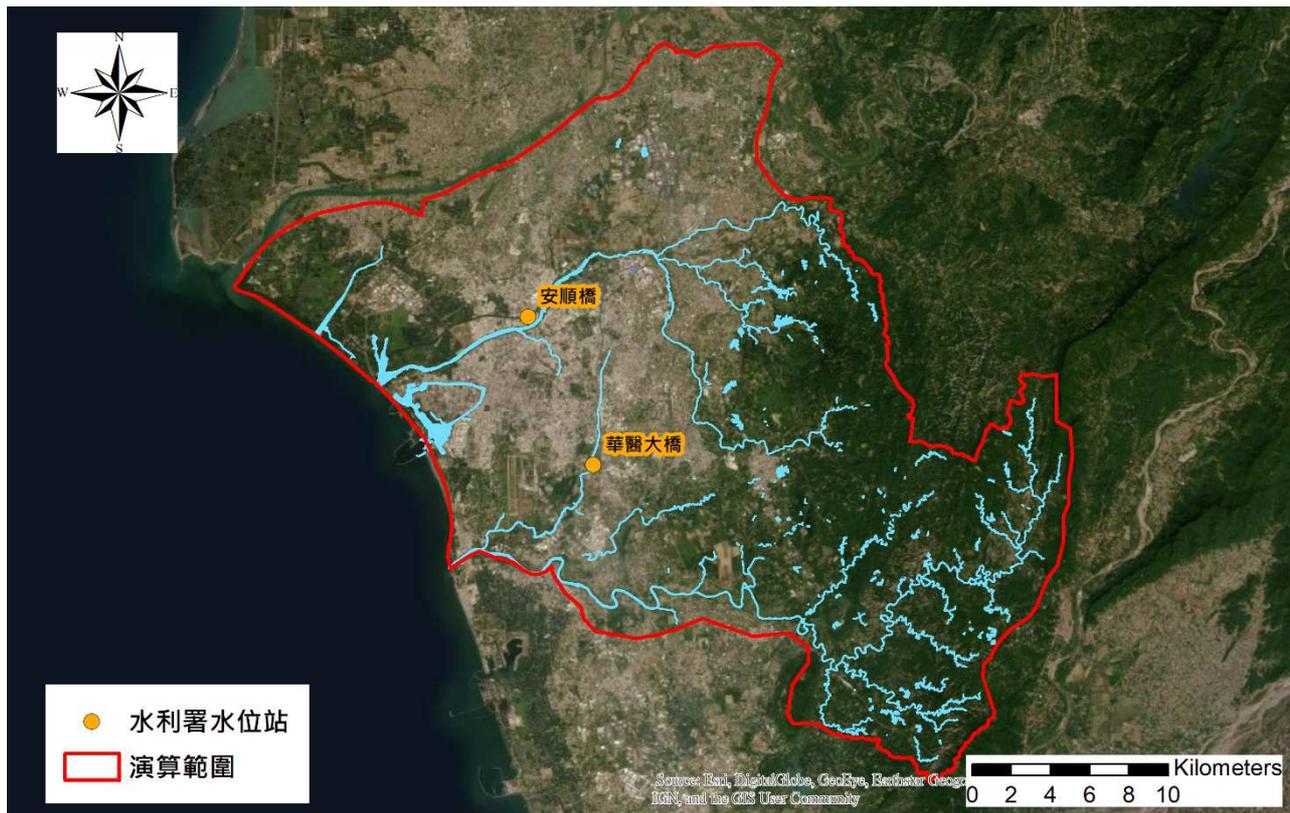


圖 3-11 鹽水溪安順橋測站及二仁溪華醫大橋測站位置圖

(資料來源：本研究蒐集彙整)

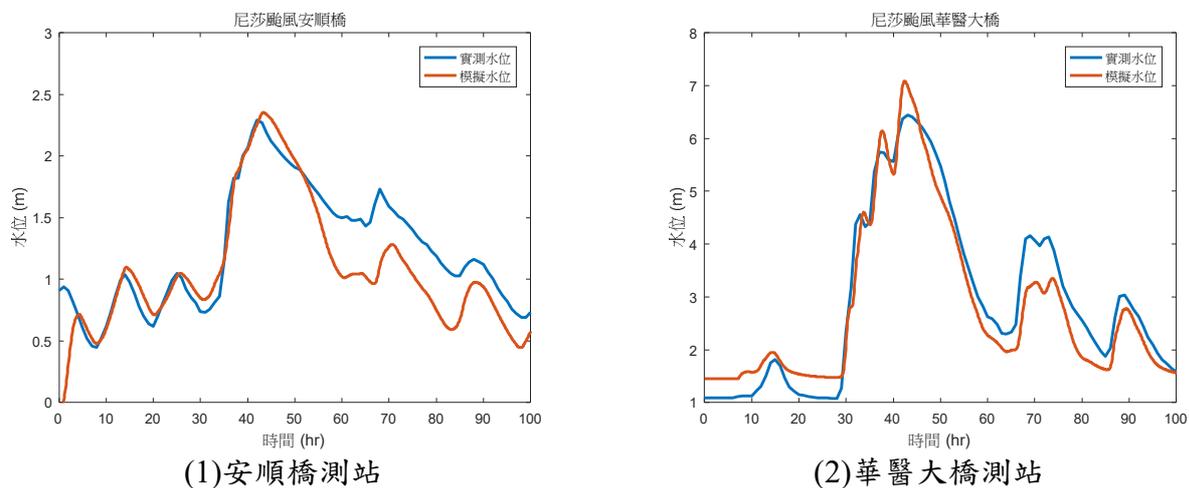
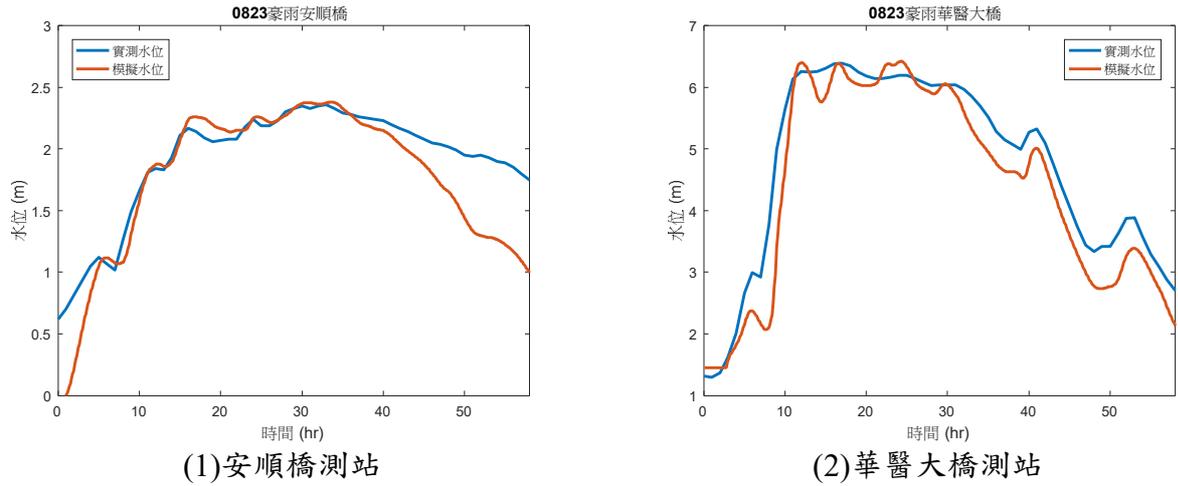


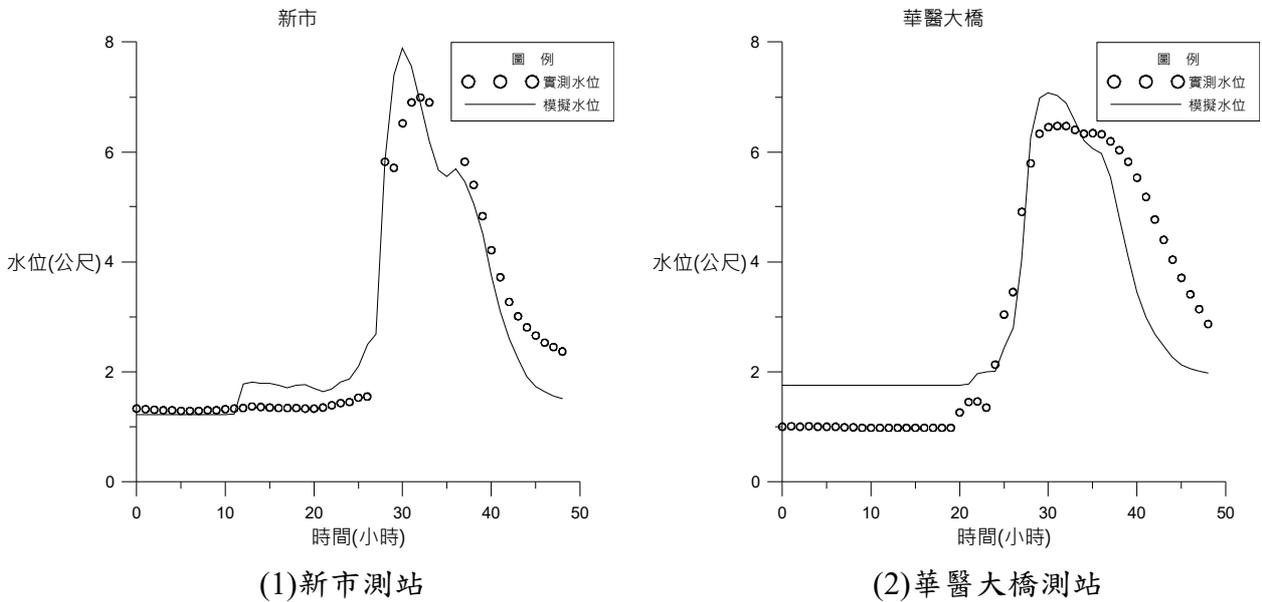
圖 3-12 尼莎暨海棠颱風期間模式演算之洪水歷程與測站實測資料比較圖

(資料來源：本研究成果)



(1)安順橋測站 (2)華醫大橋測站
圖 3-13 0823 豪雨期間模式演算之洪水歷程與測站實測資料比較圖

(資料來源：本研究成果)



(1)新市測站 (2)華醫大橋測站
圖 3-14 0813 豪雨期間模式演算之洪水歷程與測站實測資料比較圖

(資料來源：本研究成果)

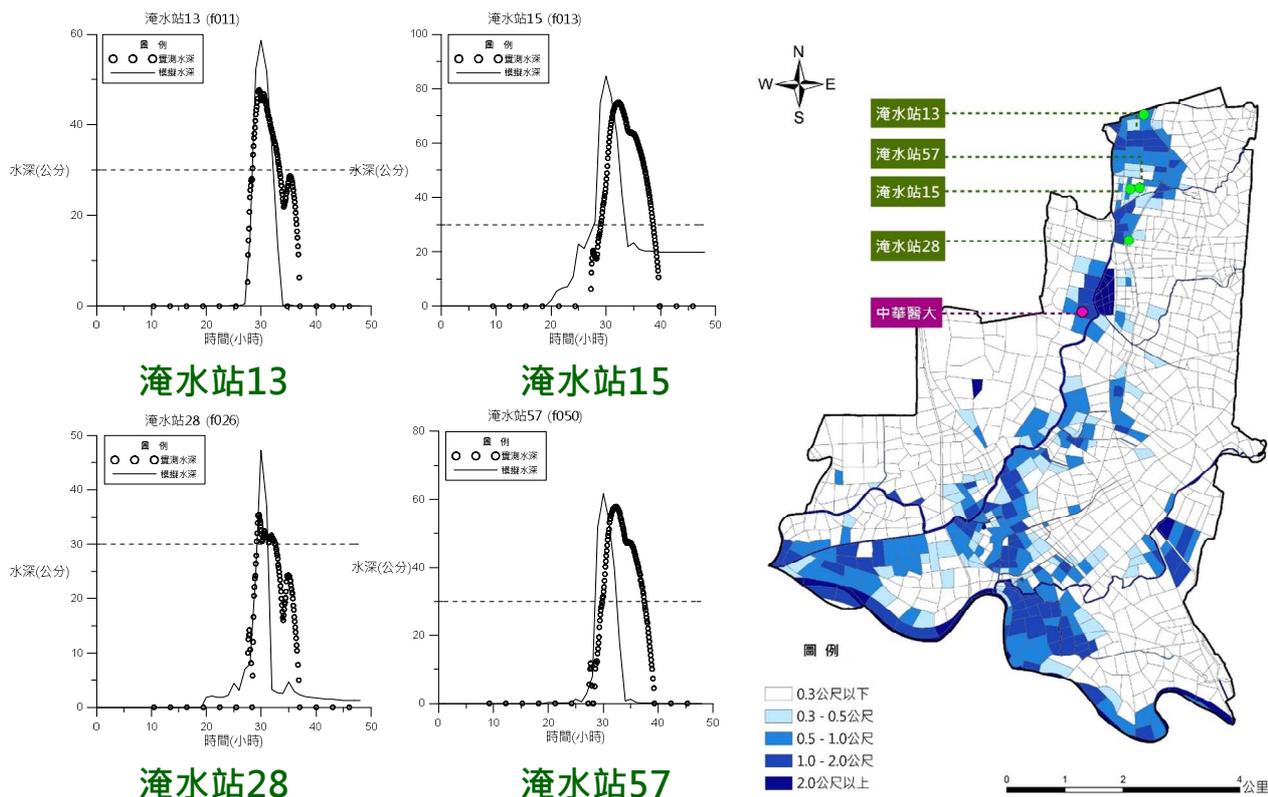


圖 3-15 研究區域於 0813 豪雨期間模式演算之淹水範圍與淹水站之水深比較圖

(資料來源：本研究成果)

貳、降雨事件之逕流分析

本計畫以案例研究區域內之排水保護標準為原則，演算 10 年重現期及 25 年重現期之一日暴雨降雨事件之地表逕流情形。可據此成果進一步，針對案例研究地區都市地表逕流量進行分析進流量、貯蓄量、出流量之關係探討。

貯蓄量之歷程可由案例研究區域之降雨量、流進案例研究區域之進流疊加總量、流出疊加總量(含移動式抽水機)與可流入暫貯留空間(如流進滯洪池、蓄水池、雨水調節池、抽水站前池、地下道等空間)之水量得知，如(11)式所示。再由豪雨期間淹水區貯水量之歷程找出最大貯蓄水量，評估可耐受之貯蓄量與之差值，即可得知需減洪之量體，進一步規劃減災調適之策略以容蓄洪水避免災害。而流出疊加總量中超出出流限制之部分即為所需分擔之逕流量。

$$\frac{dS}{dt} = P + \sum_{i=1}^n I_i - \sum_{k=1}^m O_k - \sum_{j=1}^l Sp_j \quad (11)$$

S ：淹水區積貯水量， $S = Ad$ ， A ：淹水區面積， d ：淹水深度； P ：降雨量； I_i ：流入淹水區之水路($i=1, m$)之進流量(進流歷線 $I_i(t)$)； O_k ：自淹水區流出之水路($k=1, n$)之出流量(出流歷線 $O_k(t)$)； Sp_j ：流入暫貯留空間之水量。

根據經濟部水利署水利規劃試驗所報告，「臺南市淹水潛勢圖第二次更新計畫」內容之降雨頻率分析成果，可得演算範圍雨量站共 11 站之 10 年重現期及 25 年重現期一日暴雨降雨量歷程作為模式演算輸入之雨量條件，由演算結果分析仁德區邊界之地表逕流可知，除部分地形因素外，區外地表逕流透過地面越域進入仁德區，圖 3-16 所示。

演算案例地區 10 年與 25 年重現期之進流疊加總量、流出疊加總量與可流入暫貯留空間分別如圖 3-17 至圖 3-20 所示。由圖 3-17 及圖 3-18 可知 10 年重現期一日暴雨逕流分析之最大可暫貯留空間約在第 14.9 小時，最大可暫貯留量約 2,110 萬立方公尺。由圖 3-19 及圖 3-20 可知 25 年重現期一日暴雨逕流分析之最大可暫貯留空間約在第 14.7 小時，最大可暫貯留量約 2,090 萬立方公尺。

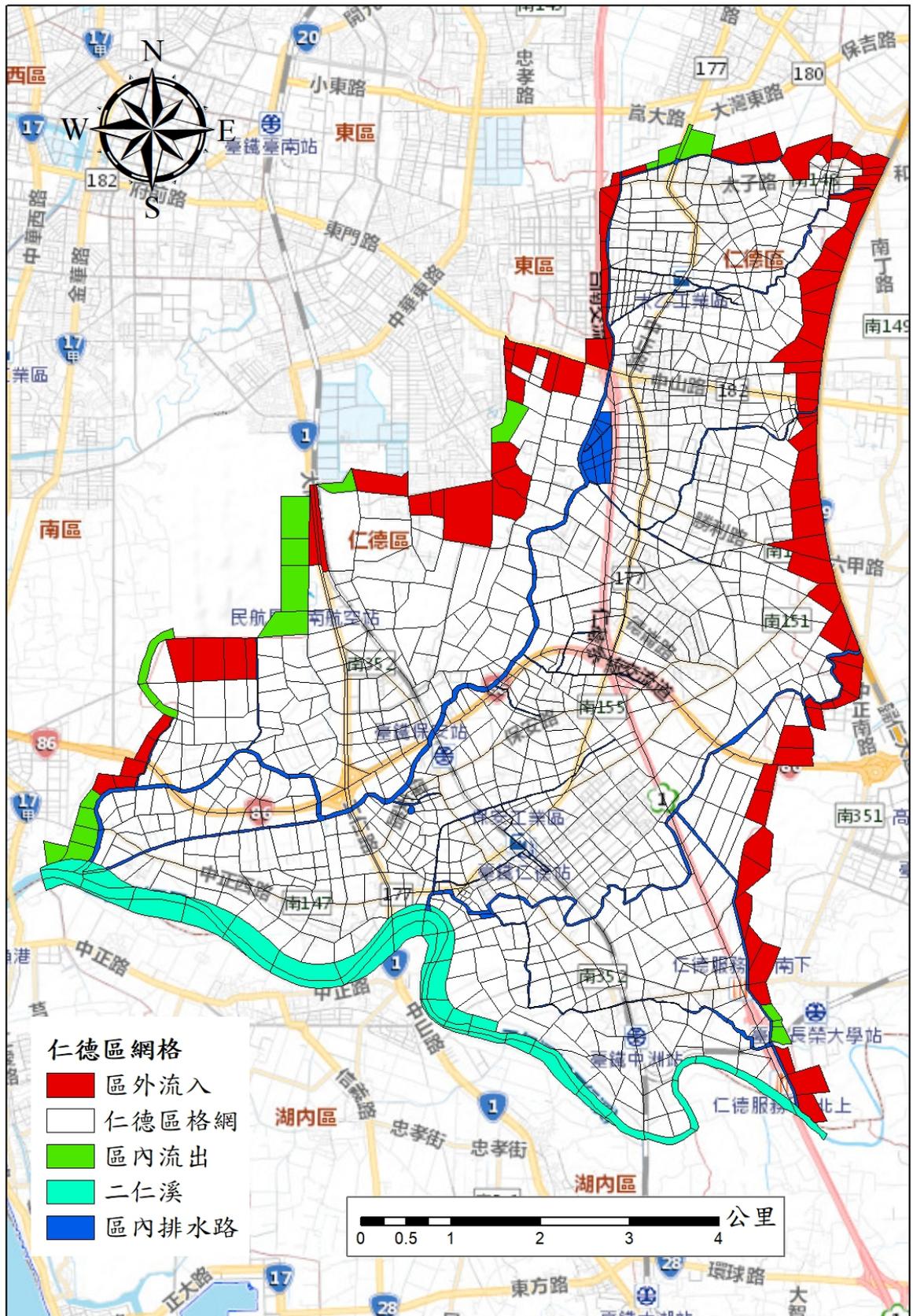


圖 3-16 仁德區與區外水流交換情形

(資料來源：本研究成果)

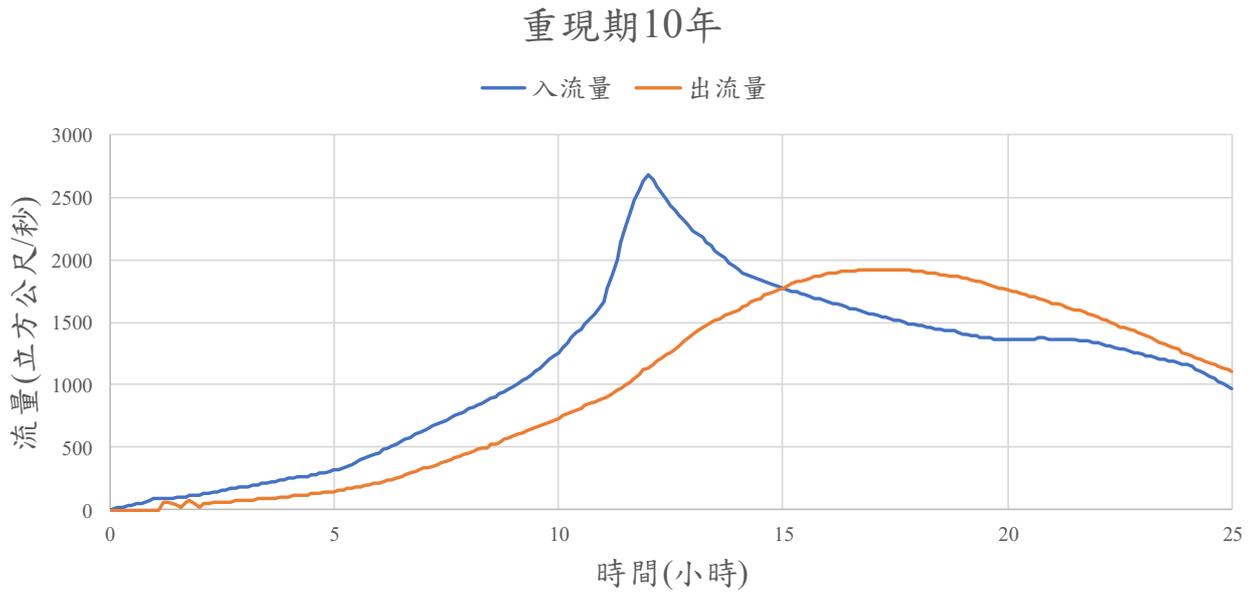


圖 3-17 10 年重現期一日暴雨模式演算之進流總量與出流總量之關係

(資料來源：本研究成果)

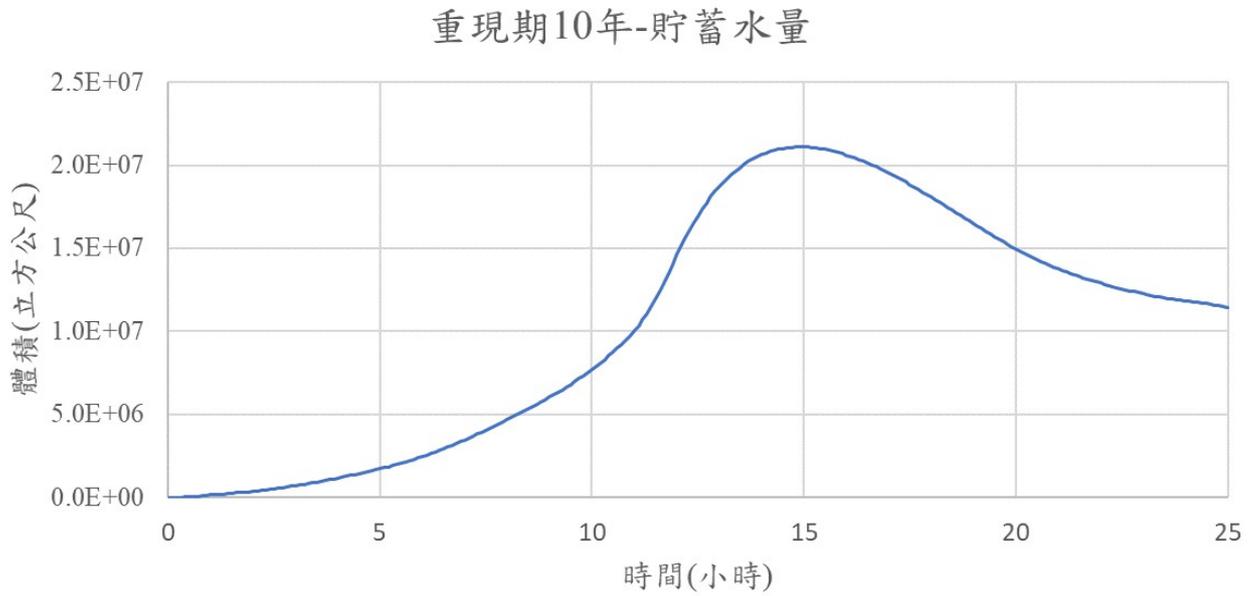


圖 3-18 10 年重現期一日暴雨模式演算之可流入暫貯留空間

(資料來源：本研究成果)

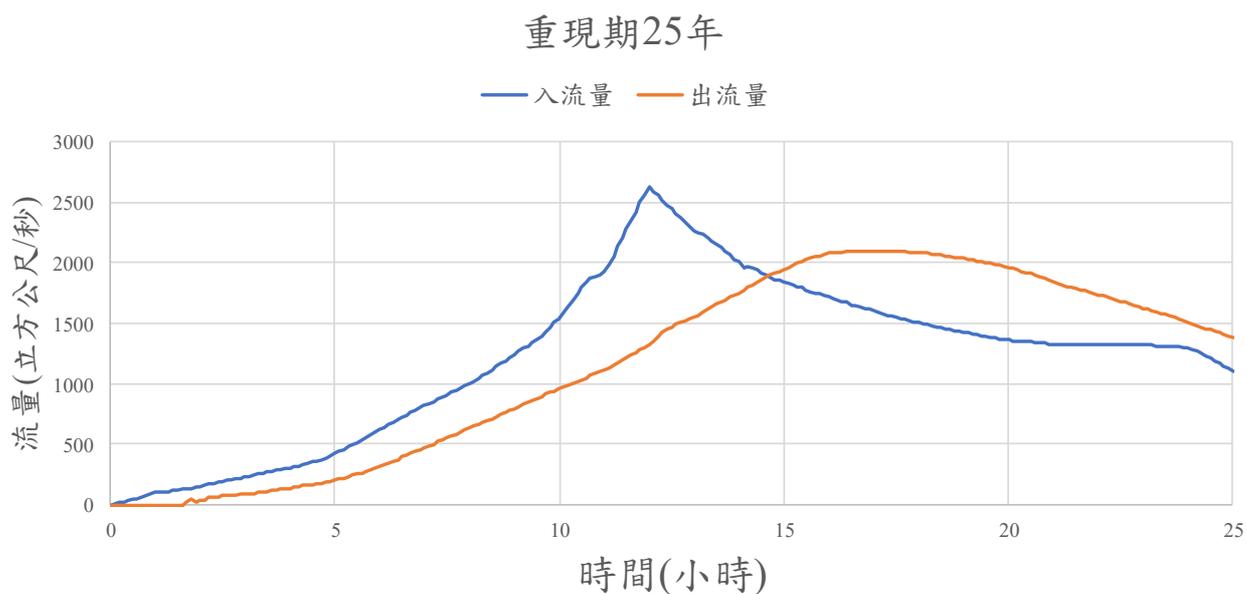


圖 3-19 25 年重現期一日暴雨模式演算之進流總量與出流總量之關係

(資料來源：本研究成果)

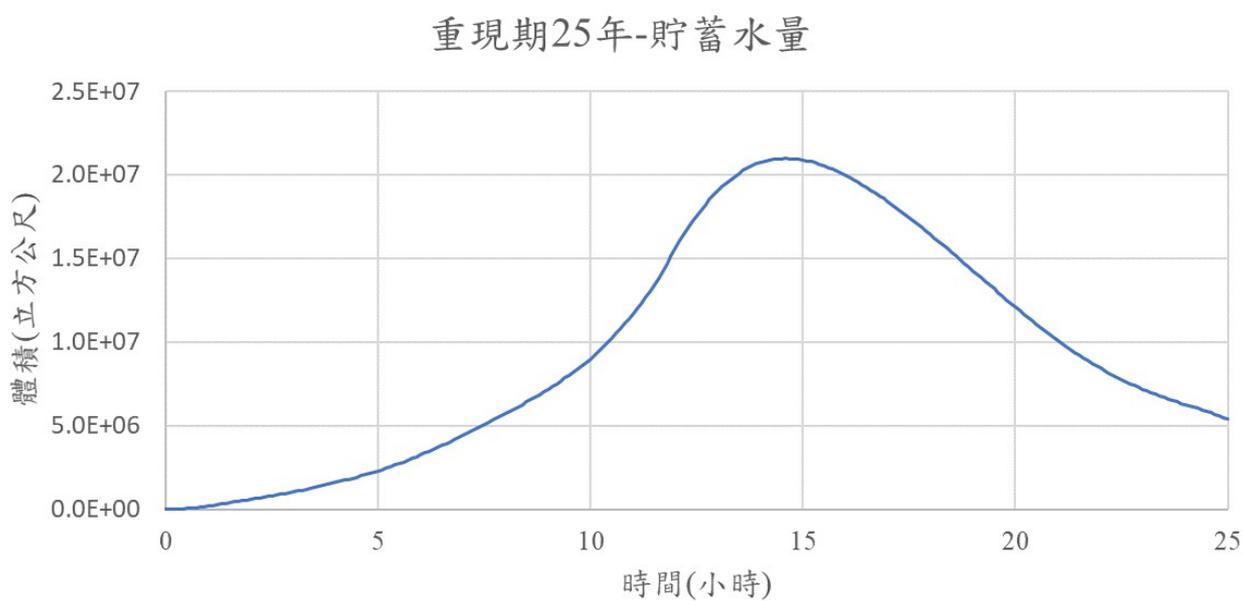


圖 3-20 25 年重現期一日暴雨模式演算之可流入暫貯留空間

(資料來源：本研究成果)

參、現有滯蓄洪設施分析

三爺溪排水是二仁溪下游段的主要支流，集水區範圍含括永康、仁德、文賢、歸仁等都市計畫區及臺南交流道特定區等 5 個都市計畫區，約佔集水區面積 71%，合計面積達 42 平方公里，都市化程度相當高，由於排水路坡降平緩及通水斷面受土地利用限制無法擴寬，下游常因排水宣洩困難導致淹水災害，因此於三爺溪中上游規劃仁德滯洪池，以調節三爺溪排水部分洪水量，減輕低窪地區淹水問題。仁德滯洪池地點位於萬代橋下游左岸，總面積 24 公頃。滯洪池共分為南北兩池，其北池功能為收集塗庫仔排水上游集水區，包含雨水下水道仁德四街 Q 幹線、仁中街 R 幹線、及仁德排水舊河道以北仁德都市計畫區之逕流，於塗庫仔排水路上游設溢流堤將集水區中上游水量排入滯洪池北池，再以抽排方式排放滯洪池之內水至三爺溪。

港尾溝排水下游長期飽受二仁溪壅水，致內水無法排水，故採設置 268 公尺背水堤、10 公頃滯洪池，並搭配抽水機組改善出口段淹水問題。鄰近港尾溝滯洪池之保安抽水站，抽取車路墘排水至港尾溝溪。

鄰近港尾溝滯洪池之保安抽水站，其兩者之位置圖如圖 3-21 所示。以設計暴雨事件 10 年與 25 年重現期演算並分析，假設港尾溝滯洪池與保安抽水站皆不操作，港尾溝滯洪池與保安抽水站分別以均勻流量 0.6cms 與 8cms 進行操作，兩種假設境況在暴雨過程中港尾溝溪兩岸淹水區之水位歷線如圖 3-22 及圖 3-23 所示。比較兩站無操作與有操作之水位歷線可知滯蓄洪設施經操作後，10 年重現期與 25 年重現期之設計暴雨下，左右岸淹水區域約可降低 0.6 公尺至 0.8 公尺，且淹水延時均有縮短。滯蓄洪設施入口以堰流流入與出口以抽水流出均有其降低洪峰、洪峰到達時間後延之效。

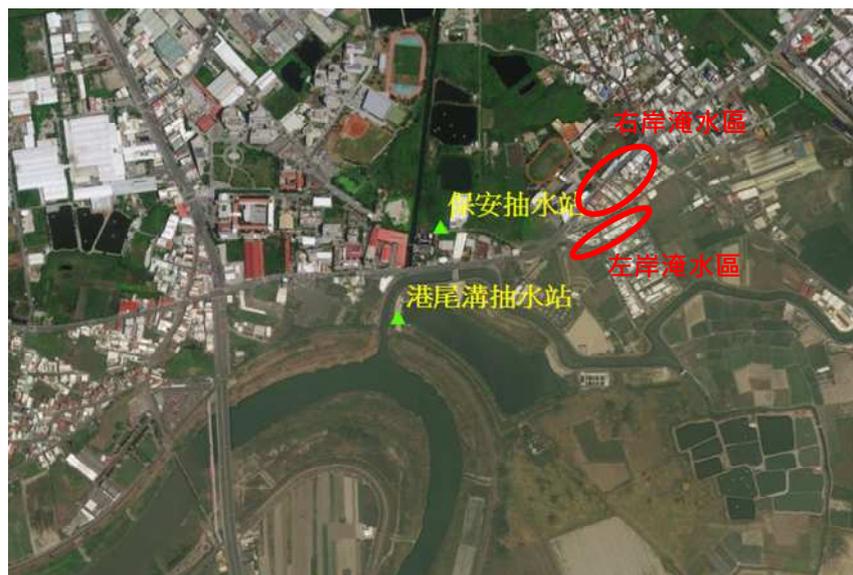
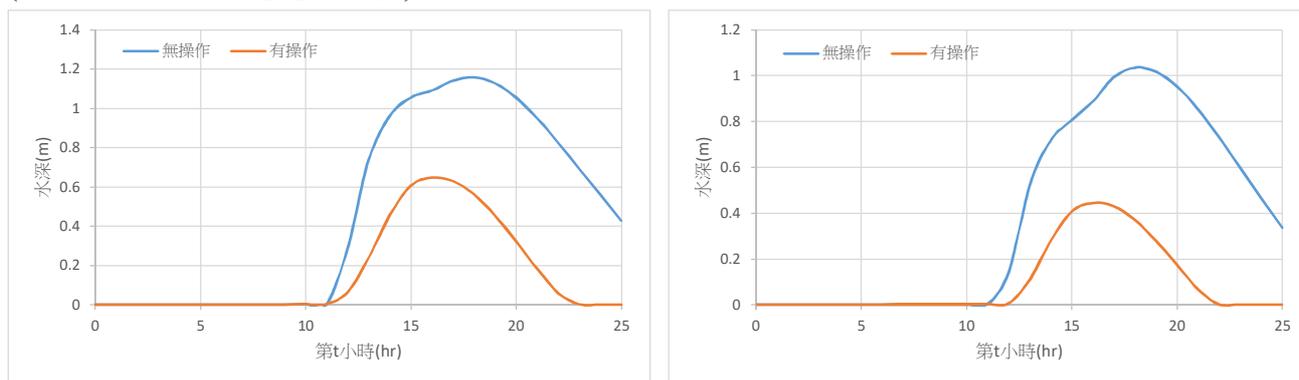


圖 3-21 港尾溝滯洪池與保安抽水站之位置圖

(資料來源：本研究蒐集彙整)

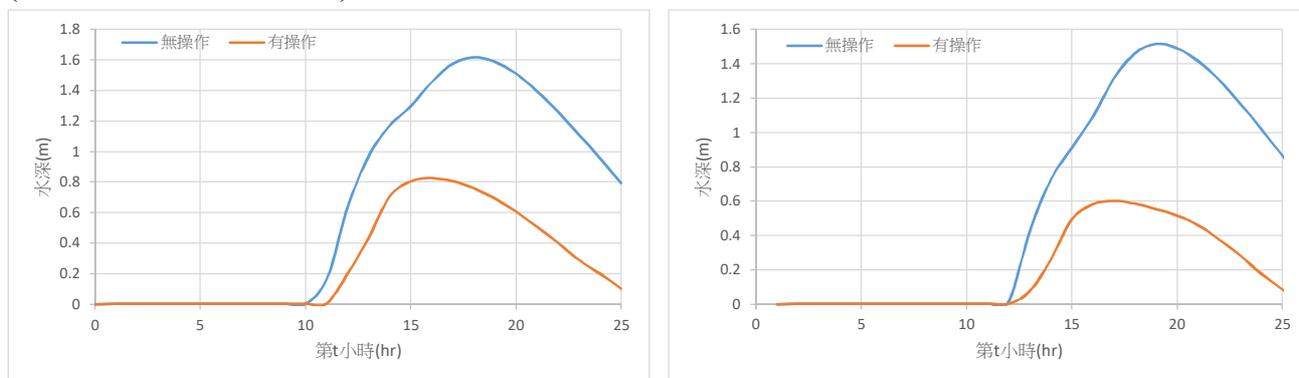


左岸淹水區

右岸淹水區

圖 3-22 10年重現期一日暴雨模式演算港尾溝滯洪池與保安抽水站有無操作之兩岸淹水區水位歷線

(資料來源：本研究成果)



左岸淹水區

右岸淹水區

圖 3-23 25年重現期一日暴雨模式演算港尾溝滯洪池與保安抽水站有無操作之兩岸淹水區水位歷線

應用都市洪水即時預警模式進行滯蓄洪設施整合減災調適技術研究

(資料來源：本研究成果)

第四章 滯蓄洪設施優化

第一節 滯蓄洪設施優化改善效能評估

透過前述降雨事件之逕流分析與現有滯蓄洪設施分析，可了解滯蓄洪設施操作對逕流行為之影響與滯蓄洪設施之減洪效益。為使滯蓄洪設施能進一步優化，本研究以仁德滯洪池為例，應用重現期 10 年設計雨型，探討在仁德滯洪池在現況條件下，增加抽水設施，以不同情境進行滯蓄洪設施優化。

壹、單一豪雨事件滯蓄洪設施優化

一、開門控管

由重現期 10 年設計降雨演算結果可知，仁德滯洪池在第 13 小時達到最高水位，啟動自動水閘門的情境下，在外水位較低時，滯洪池會利用重力方式排水，但若受外水頂托時，則滯洪池水位則會維持在側溢堰高程，如圖 4-所示。

二、抽水機操作

為維持滯洪池蓄洪空間，在前述條件下，配合抽水機(5~10CMS)，可快速降低滯洪池水位，改善滯洪池效能，詳如圖 4-。

貳、連續豪雨事件滯蓄洪優化

近年來因氣候變遷，豪雨事件變生頻率提高，間隔亦縮短，為使滯蓄洪設施得以提高效率，本研究以連續 2 場重現期豪雨進行降雨歷程分佈組合，降雨峰值間距分別為 24 小時及 12 小時，在外水頂托的情境下，兩個情境演算之滯洪池水位歷程如圖 4-所示，其水位尖峰亦間隔 24 小時及 12 小時。

以連續 2 場重現期豪雨事件配合抽水機進行滯蓄設施操作，演算成果如圖 4-及圖 4-所示，間隔 24 小時之降雨事件配合抽水機操作之水位降低成效較間隔 12 小時之降雨事件顯著。由演算成果可知，在豪雨尖峰過後，即進行抽水機操作，可迅速降低滯蓄洪水位，強化滯蓄洪設施功能。

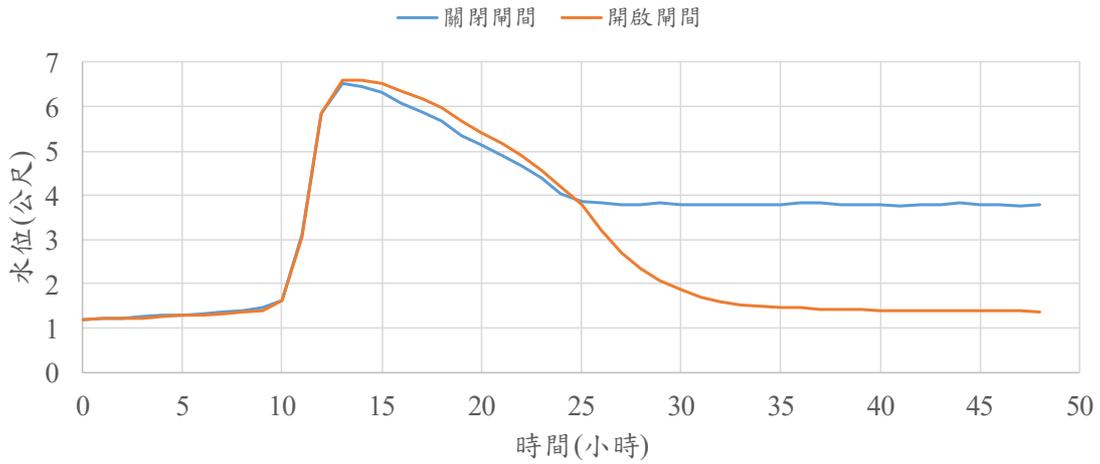


圖 4-1 仁德滯洪池增加閘門控制條件下滯洪池水位變化

(資料來源：本研究成果)

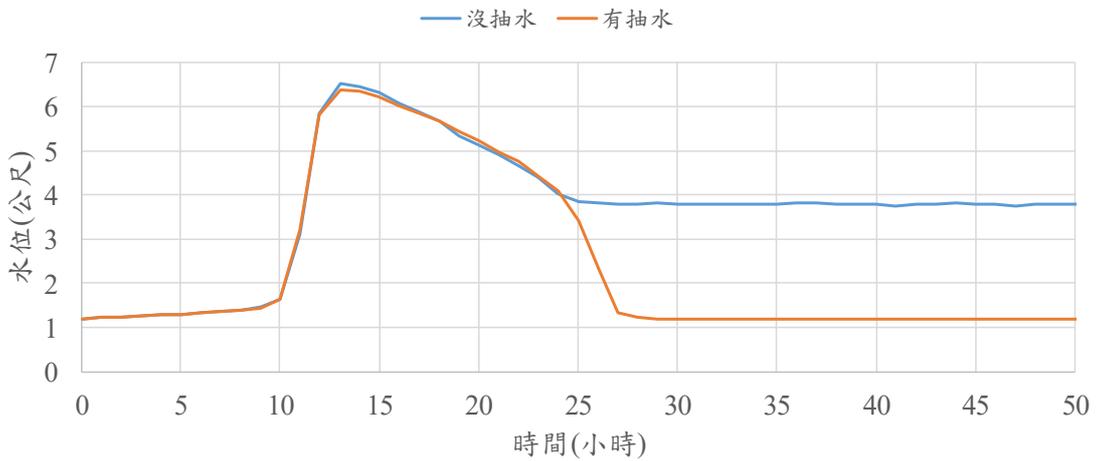


圖 4-2 仁德滯洪池增加抽水機操作條件下滯洪池水位變化

(資料來源：本研究成果)

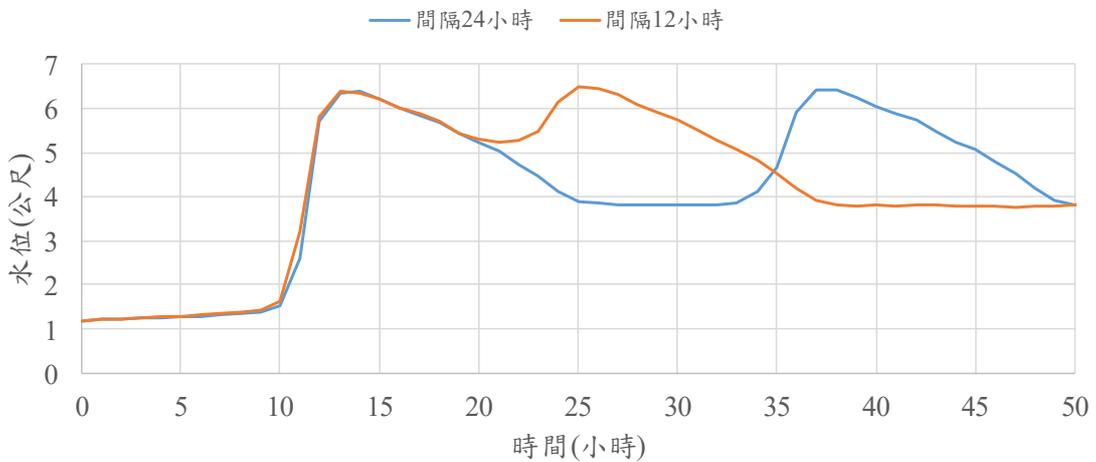


圖 4-3 連續豪雨事件仁德滯洪池水位變化

(資料來源：本研究成果)

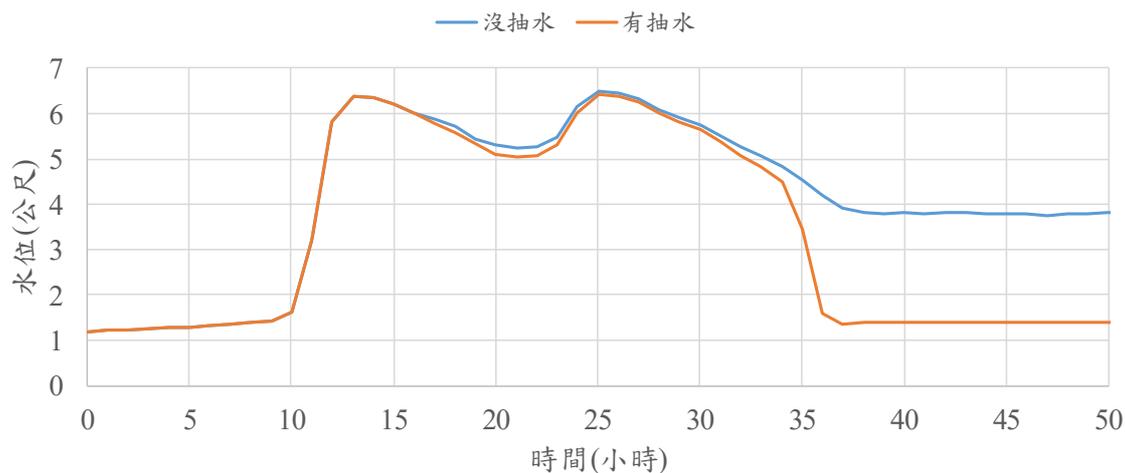


圖 4-4 連續豪雨事件配合抽水機操作仁德滯洪池水位變化(峰值間隔 12 小時)

(資料來源：本研究成果)

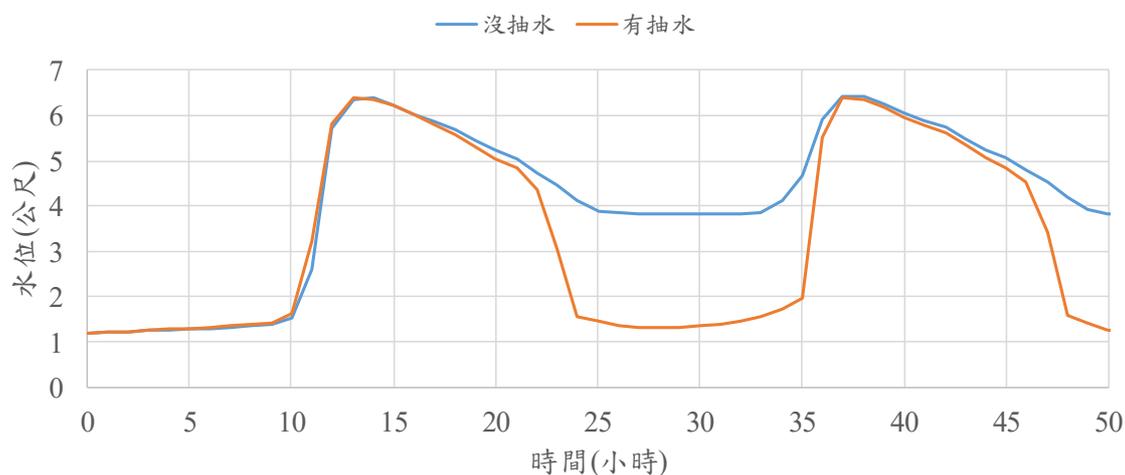


圖 4-5 連續豪雨事件配合抽水機操作仁德滯洪池水位變化(峰值間隔 24 小時)

(資料來源：本研究成果)

第二節 滯蓄洪設施優化操作減洪效益即時演算及減災調適策略建議

在暴雨事件中，可由降雨預報雨量即時資訊演算即時都市洪水，透過利用滯蓄洪設施既有之即時水位監測與回傳資訊分析其現階段蓄排洪操作效能並提供蓄排洪操作之減災調適策略之建議，規劃佈設臨時抽水機位置，提高淹水時抽水效率、縮短退水時間等，以提升滯蓄洪設施效能，加強淹水時之應變能力。本研究以民國 107 年 0823 豪雨事件與重現期 10 年設計豪雨事件進行滯蓄洪設施優化操作演算，分析與探討減洪效果並規劃佈設臨時抽水機位

置。

壹、0823 豪雨事件滯蓄洪設施優化操作演算

本研究蒐集民國 107 年 0823 豪雨事件各抽水站之運轉情況包括運轉時間與抽水總量如表 4-1 所示。演算 0823 豪雨事件案例地區淹水區域之流量歷線如圖 4-4 所示，與圖 3-7 之降雨歷程互相比較可知，流入淹水區域之流量歷線之形狀與降雨歷線較為相近，即直接反應降雨產生地表逕流；而流出淹水區域之流量歷線，因受地表逕流、滯蓄與滯洪池蓄洪之影響，先反應第 1 個較大的峰值後以一平緩多峰歷時 20 小時後才開始退水。於第 1 峰值後發生前開始抽水，抽水開始後滯洪池水位即開始下降，歷程中以豪雨尖峰過後開始退水之有無抽水之水位相差較大，滯洪池於退水開始即進行抽水機操作，可有效迅速降低滯蓄洪水位，強化滯蓄洪設施功能。

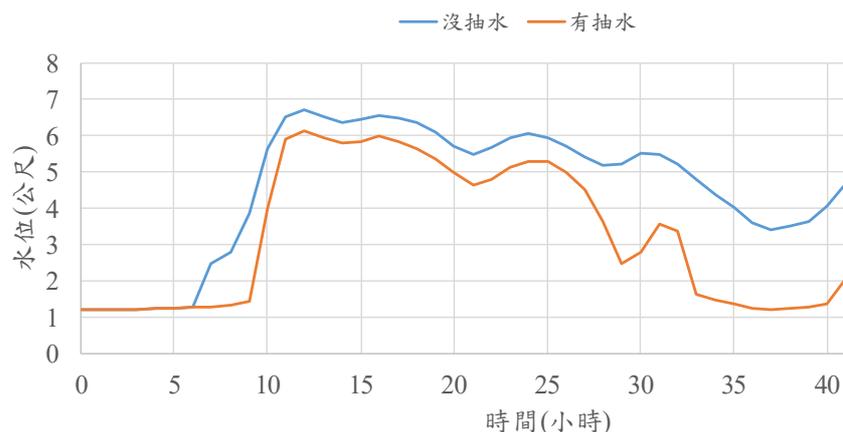


圖 4-6 0823 豪雨配合抽水機操作情境下仁德滯洪池水位變化

(資料來源：本研究成果)

貳、重現期豪雨滯蓄洪設施優化操作演算

為進一步分析滯蓄洪設施優化條件，以前節所述之連續 2 場重現期 10 年豪雨事件(間隔 12 小時)，搭配在不同延時啟動抽水機，演算水深以分析滯蓄洪設施操作減洪效果。

以水深之平均降低值分析減洪效果，分析滯蓄洪設施優化操作之流程如下：

- (1) 由圖 4-4 可知第 1 個洪峰約在第 13 小時，設定抽水機啟動時間為降雨開始後 13 小時，抽水延時為 24 小時(降雨開始後 37 小時)，進行滯蓄洪設施優化演算。再應用相同水文條件，抽水機啟動時間向後延遲 1 小時(啟動時間為降雨開始後 14 小時) 抽水延時

減少 1 小時(抽水延時為 23 小時)，抽水機停止時間為降雨開始後 37 小時，與前述相同，再進行滯蓄洪設施優化演算。重複此演算直至抽水延時為 0。

(2) 以連續 2 場重現期豪雨事件為背景值，計算不同抽水延時滯蓄洪池水位降低之平均值，如圖 4-7 所示。

由圖 4-7 可知，啟動抽水機的時約在洪峰過後 4 小時，可以有較佳的降低滯洪池水位的成效。

為規劃颱風豪雨期間佈設臨時抽水機位置，由連續 2 場重現期 10 年豪雨事件(間隔 12 小時)演算仁德區之積淹地區，研判臨時抽水機佈設位置如圖 4-8 所示，由圖 4-8 可知，三爺溪排水之上游佈設 1 個，仁德滯洪池佈設 1 個，三爺溪排水下游兩岸易淹水地區佈設 4 個，港尾溝溪上游佈設 1 個，二仁溪中下游北岸之大甲里佈設 3 個，共 10 個臨時抽水機建議佈設位置。

表4-1 0823豪雨事件各抽水站之運轉情況

抽水站名	開機數 (台)	開始抽水時間	停止抽水時間	運轉時間 (小時)	抽水量 (萬噸)	抽水站名	開機數 (台)	開始抽水時間	停止抽水時間	運轉時間 (小時)	抽水量 (萬噸)
安定站	2	2018/8/23 12:06	2018/8/25 01:57	48.73	43.86	文賢站	4	2018/8/23 05:09	2018/8/30 12:54	97.31	140.13
坐駕站	2	2018/8/23 10:14	2018/8/26 11:27	40.69	35.16	安中A站	1	2018/8/23 06:27	2018/8/30 13:35	88.72	111.79
三舍站	2	2018/8/23 10:23	2018/8/26 10:24	26.72	23.09	天馬B站	2	2018/8/23 05:30	2018/8/30 10:33	144.86	130.38
豐華站	3	2018/8/23 12:58	2018/8/28 16:49	32.64	11.75	海西C站	4	2018/8/23 05:33	2018/8/30 23:58	309.31	166.43
大洲站	3	2018/8/23 11:45	2018/8/30 16:28	33.35	24.02	海東D站	3	2018/8/23 06:04	2018/8/30 07:13	208.85	172.17
新市簡易站	4	2018/8/23 10:41	2018/8/30 02:57	177.84	76.80	海尾寮E站	4	2018/8/23 04:12	2018/8/30 17:14	200.34	108.18
社內站	3	2018/8/23 11:36	2018/8/28 18:44	39.56	42.72	永康東站	3	2018/8/23 10:48	2018/8/28 21:36	64.53	197.46
保安站	6	2018/8/23 12:46	2018/8/29 00:09	110.97	319.59	永康分洪站	8	2018/8/23 10:26	2018/8/30 15:17	273.62	394.01
港尾溝站	5	2018/8/23 19:56	2018/8/27 14:27	15.80	3.41	田厝站	2	2018/8/23 10:20	2018/8/29 12:58	96.69	156.63
永康站	4	2018/8/23 10:38	2018/8/28 19:34	66.51	191.53	和順寮站	2	2018/8/23 10:47	2018/8/28 22:10	70.58	50.82
三崁店站	3	2018/8/23 14:06	2018/8/28 22:13	33.12	47.69	正義站	2	2018/8/23 10:19	2018/8/29 11:42	75.18	54.13
灣裡站	3	2018/8/23 03:59	2018/8/30 10:13	39.79	94.54	土庫站	6	2018/8/23 10:27	2018/8/28 20:01	115.75	165.49
北安站	4	2018/8/23 05:17	2018/8/29 22:18	54.41	156.71	東北勢站	2	2018/8/23 10:44	2018/8/26 01:33	75.33	90.00
安平站	8	2018/8/23 04:27	2018/8/30 22:13	216.57	190.83	崑山站	3	2018/8/23 10:22	2018/8/29 12:46	118.48	298.58
鯤鯨站	4	2018/8/23 05:51	2018/8/30 17:08	95.36	68.66	二層行	3	2018/8/23 10:05	2018/8/29 15:30	66.18	71.47
喜樹站	5	2018/8/23 04:04	2018/8/30 22:07	224.94	404.89	九份子站	6	2018/8/23 11:16	2018/8/28 12:45	106.09	115.38
鹿耳門站	4	2018/8/23 01:04	2018/8/30 22:20	167.15	180.53						

(資料來源：臺南市政府水利局)

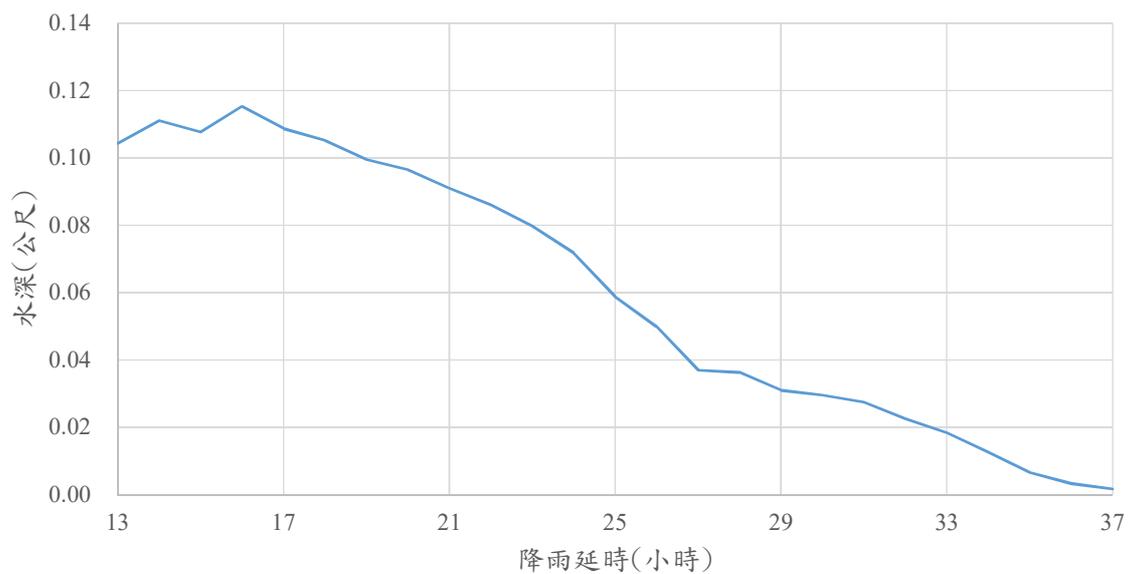


圖 4-7 重現期 10 年豪雨在不同延時啟動抽水機仁德滯洪池水位平均降低值

(資料來源：本研究成果)

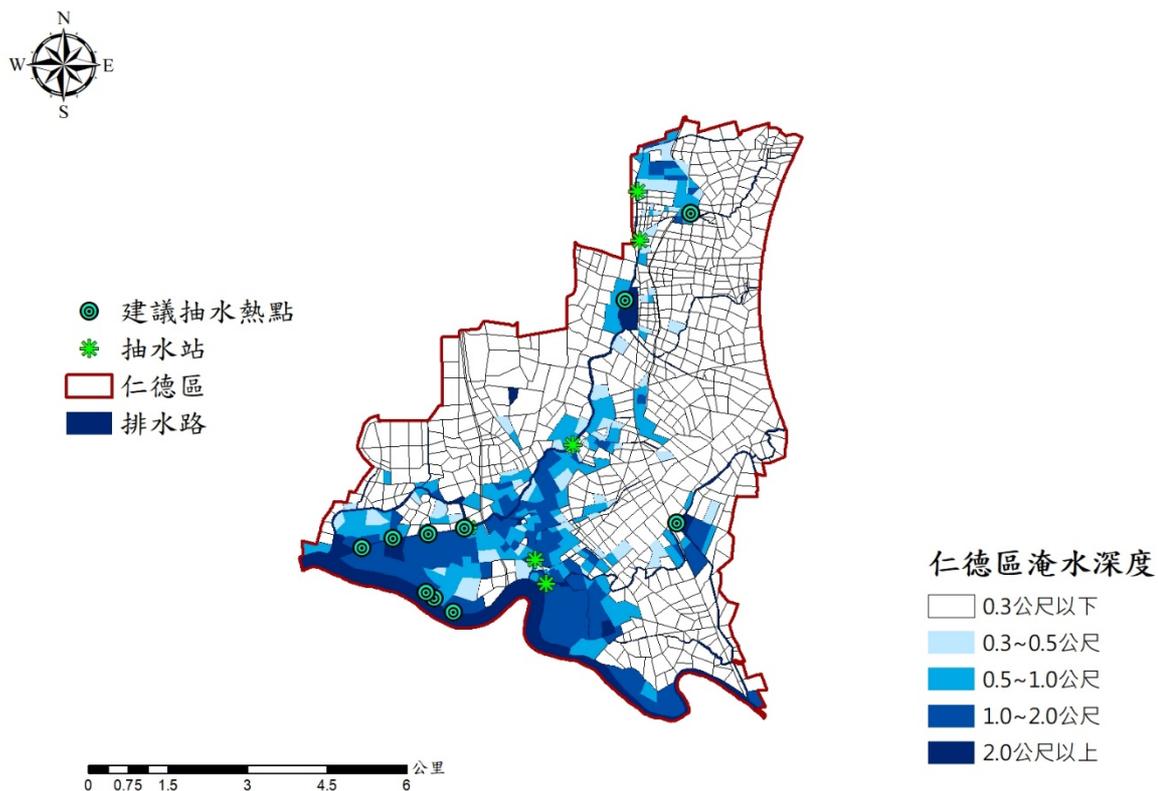


圖 4-8 颱風豪雨期間抽水機建議佈設位置

(資料來源：本研究成果)

第五章 都市減災調適技術評估

在處理未來極端降雨機率增加與都市發展所造成超出原有排水系統設計標準之有害逕流之眾多技術中，透過工程方式如擴建或新增防洪排水設施減洪，在建設土地取得成本高且人口與建築物密集之都市地區益發顯得困難，因此在不擴建與新增防洪排水設施減洪之前提下進行應用既有防洪及抽排水設施進行洪水調節、都市區域規劃時進行出流管制、都市滯蓄洪空間之評估等減災調適技術能處理多少有害逕流之評估，實為當前急需發展之技術。

本研究以極端暴雨事件演算在既有之防洪及抽排水設施標準下，模擬造成案例地區淹水災害之有害逕流體積，再評估利用既有防洪及抽排水設施進行洪水調節後減少之逕流體積。以同一境況進行模擬，以逕流分擔、出流管制之概念，演算評估於都市區域規劃時以低衝擊開發進行出流管制後減少之逕流體積。進一步以演算豪雨期間淹水區積貯水量之歷程找出最大貯蓄水量，評估尚需減洪之量體，找出可能之都市地區之滯蓄洪空間，如公園綠地、公共設施屋頂、學校操場等，藉由都市滯蓄洪空間境況演算評估減洪成效，期以應用上述都市減災調適技術達到提升都市耐洪韌性。

本研究依圖 2-9 之土地使用分區，初步分析整理案例研究地區可供蓄滯洪水之容洪空間，公園綠地 54 處，面積共計 56.75 公頃，如圖 5-1 所示。

經分析仁德常淹水地區後，初擬可以研究區域內面積較大之校園綠地、運動場及停車場，施以整地、增加透水鋪面等工法規劃為滯洪設施，平時具有景觀遊憩功能，遇颱風豪雨時可遲滯洪水空間分佈如圖 5-2 所示。以校園綠地規劃增加約 4 萬立方公尺之滯蓄洪空間，以 2 年重現期一日降雨事件(圖 5-3)模擬評估減洪效果如圖 5-4 所示，由校園水位變化可知，此一規劃於降雨歷程前 4-10 小時可發揮約 10cm-20cm 之減洪作用。進一步探討以圖 5-2 所示之運動場作為滯蓄洪空間後，周邊區域之水位變化如圖 5-5，由圖 5-5 可知，水位歷線洪峰約可延遲 0.5 至 1 小時，可發揮約 5cm 之減洪作用。

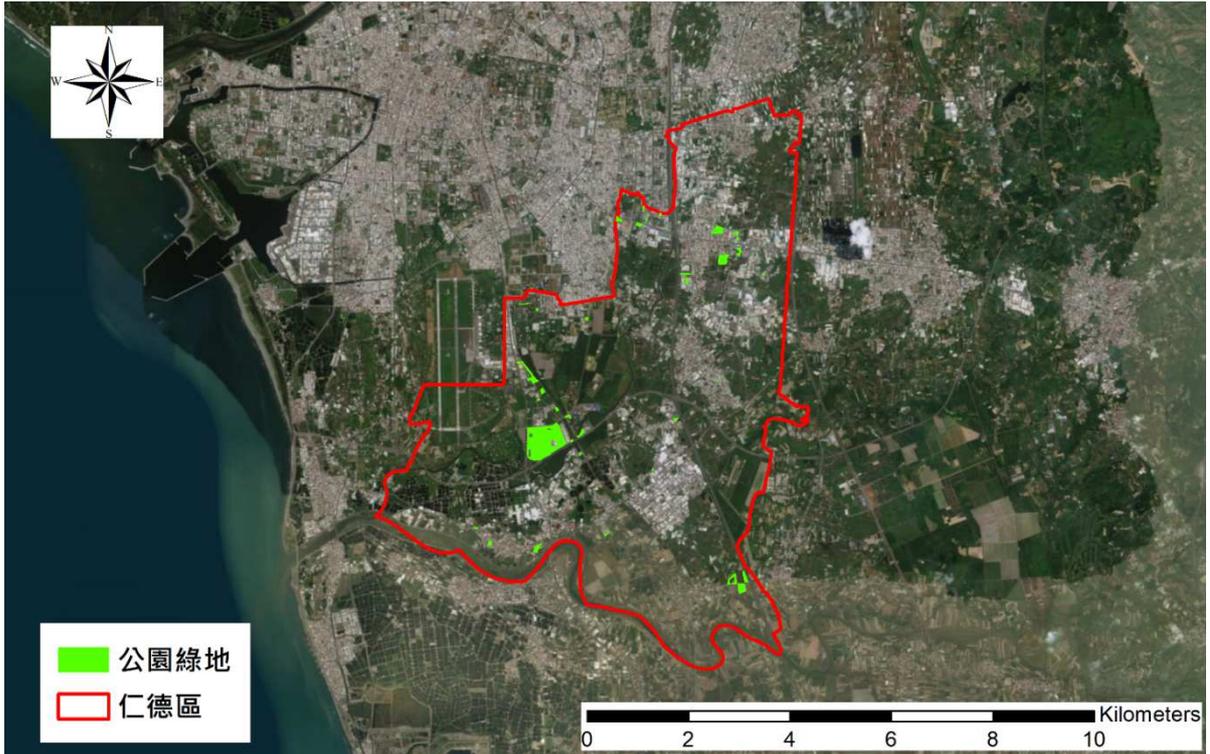


圖 5-1 案例研究地區可供蓄滯洪水之容洪空間分佈

(資料來源：本研究蒐集彙整)

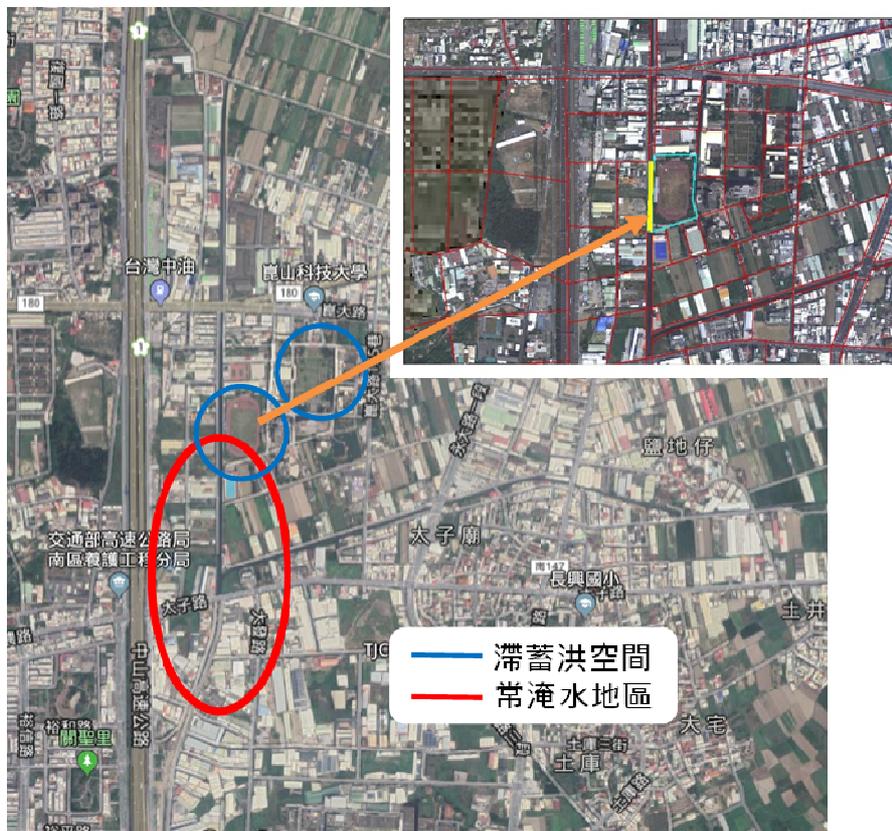


圖 5-2 滯蓄洪空間分佈圖

(資料來源：本研究蒐集彙整)

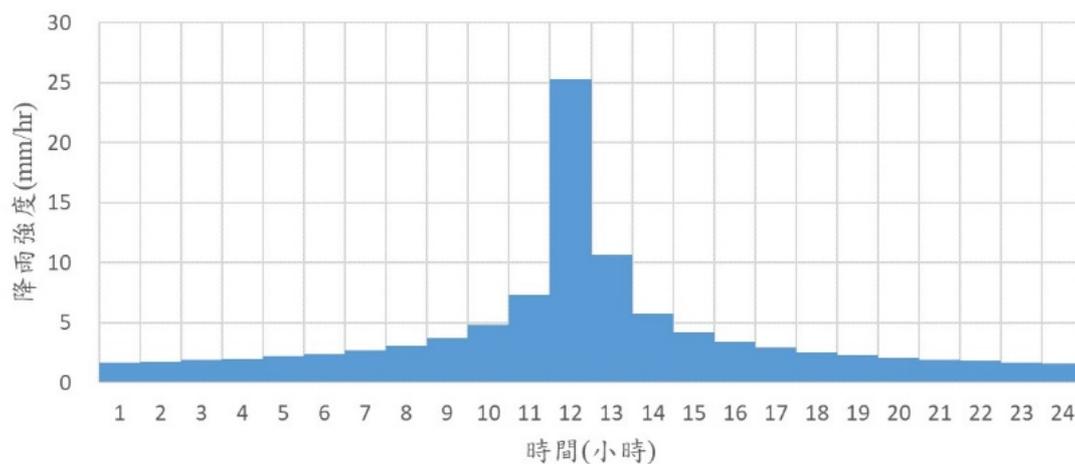


圖 5-3 2 年重現期一日設計降雨事件

(資料來源：本研究蒐集彙整)

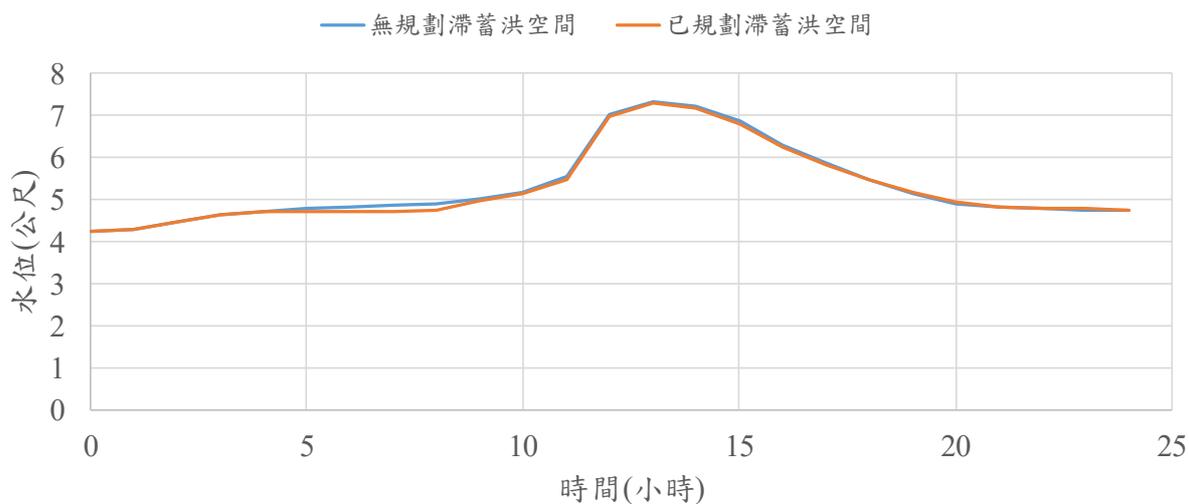


圖 5-4 以崑山科技大學臨近三爺溪排水校地(運動場)建置滯蓄洪空間成效評估

(資料來源：本研究成果)

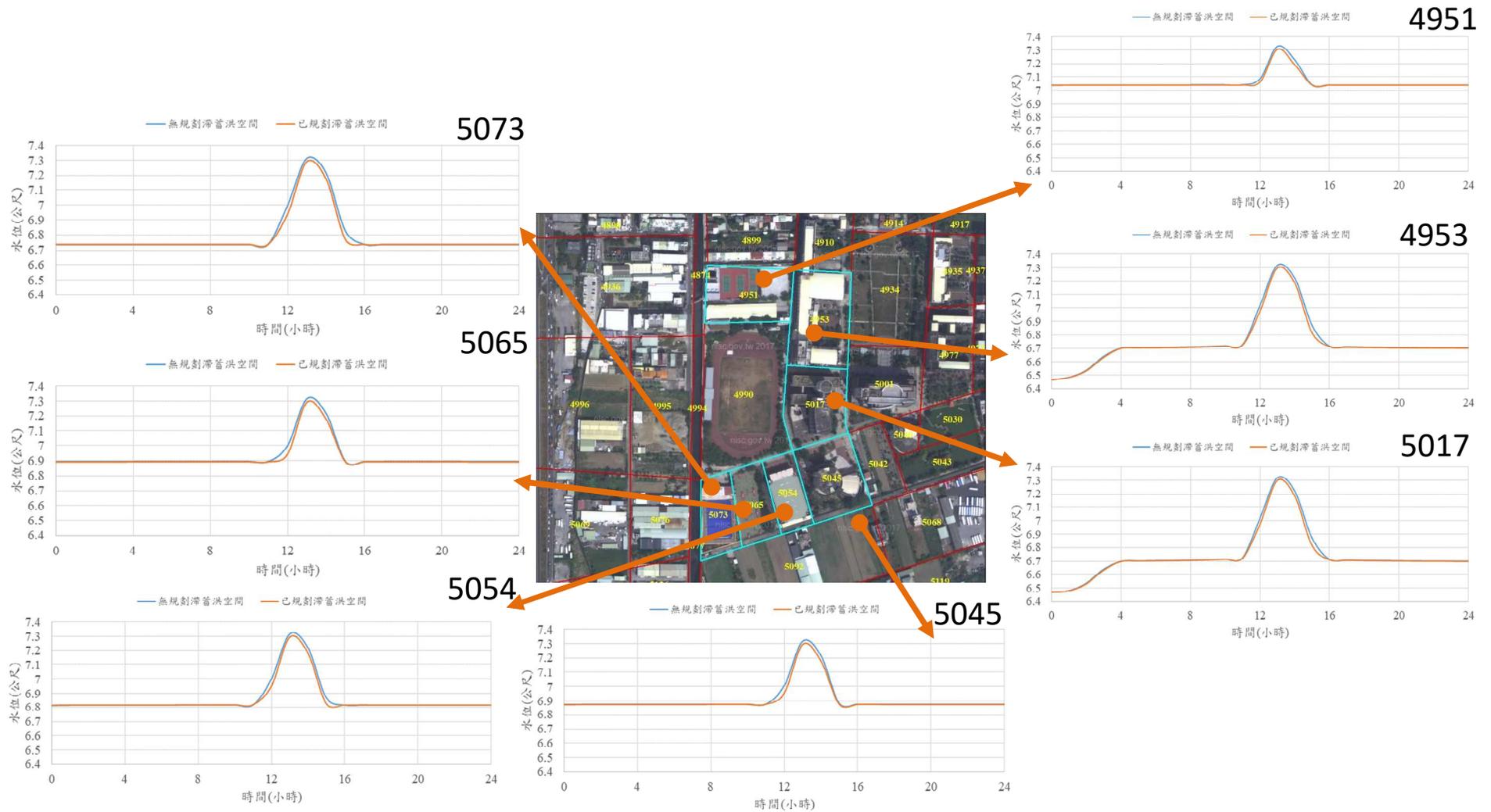


圖 5-5 以崑山科技大學臨近三爺溪排水校地(運動場)建置滯蓄洪空間周邊區域減洪成效評估

(資料來源：本研究成果)

第六章 結論與建議

第一節 結論

本研究已完成演算範圍水文資料，包括雨量、水位、流量及潮位，地文資料包括地形地勢、交通系統、土地利用、水利設施等資料的蒐集。進一步利用上述蒐集之資料完成演算範圍之非結構性格網佈置，並完成地文性淹排水模式建置。應用地文性淹排水模式完成演算 10 年重現期及 25 年重現期之一日暴雨降雨事件之地表逕流情形與分析，另以歷史颱風暴雨事件演算並分析在暴雨過程中單一及多個滯蓄洪設施，於不同蓄排洪啟動時機與操作方式之影響，評估其蓄排洪運作之效能，進一步規劃效能提升之優化蓄排洪操作方式。

本研究經滯蓄洪設施相關文獻分析，民國 106 年尼莎暨海棠颱風、民國 107 年 0823 豪雨事件與民國 108 年 0813 豪雨事件演算成果之模擬與實測之水位與流量，以及 10 年重現期與 25 年重現期之一日設計暴雨演算，可得結論與建議如下。

一、模式建置與演算分析

本研究依演算區域內之地形地貌及土地利用情形，佈置都市非結構性演算格網，格區間選擇適當之水流方程式演算地面水流，以擬似二維流觀念建置地文性淹排水模式，測試演算民國 106 年尼莎暨海棠颱風、民國 107 年 0823 豪雨事件、民國 108 年 0813 豪雨事件等 3 場颱風事件作為檢定與驗證案例，以完成地文性淹排水模式之建置。

模式演算成果之水位歷程與面積平均雨量組體圖比較可知，雨型與水位歷線之分布十分類似，民國 106 年尼莎暨海棠颱風與民國 107 年 0823 豪雨分別均有 1 大 3 小 4 個峰值與 1 大與數個小峰值，民國 108 年 0813 颱風則有 1 大 1 小 2 個峰值，屬多峰型降雨歷程，易形成流量疊加現象，則模式模擬之峰值、發生時間與實測水位相比亦有相同趨勢，顯示模式可合理演算降雨形成之逕流歷程。由模式演算結果與水位測站實測水位資料比較可知，民國 106 年尼莎暨海棠颱風安順橋測站第 60 小時即第 2 峰值之後模擬水位較實測水位低很多，水位趨勢與雨量一致，第 2 峰值與第 3 峰值間降雨有間歇，模式模擬排水較實測快。民國 107 年 0823 豪雨與民國 108 年 0813 颱風 2 場豪雨降雨較無間歇現象，流量峰值較接近單峰形式。

研究區域於民國 108 年 0813 豪雨期間模式演算結果與淹水站 13、15、28 及 57 之實測水深歷程相符，模式演算地面積淹 30 公分之到達時間亦與淹水感測器測得時間相近。

以本研究之都市洪水即時預警模式演算臺南市未來 3 小時之淹水狀況，計算時間只需不到 5 分鐘，如能接收到準確之預測雨量，搭配智慧型水尺及地面淹水感測器資料即時修正演算數據，將有助於即時預警以進行防減災。

演算案例地區 10 年與 25 年重現期設計暴雨事件，透過降雨事件逕流分析，可得出 10 年重現期一日暴雨逕流分析之最大可暫貯留空間約在第 14.9 小時，最大可暫貯留量約 2,110 萬立方公尺。25 年重現期一日暴雨逕流分析之最大可暫貯留空間約在第 14.7 小時，最大可暫貯留量約 2,090 萬立方公尺。進一步進行現有滯蓄洪設施分析，假設港尾溝滯洪池與保安抽水站皆不操作，港尾溝滯洪池與保安抽水站分別以均勻流量 0.6cms 與 8cms 進行操作，兩種假設境況在暴雨過程中港尾溝溪兩岸淹水區之水位歷線。比較兩站無操作與有操作之水位歷線可知滯蓄洪設施經操作後，10 年重現期與 25 年重現期之設計暴雨下，左右岸淹水區域約可降低 0.6 公尺至 0.8 公尺，且淹水延時均有縮短。滯蓄洪設施入口以堰流流入與出口以抽水流出均有其降低洪峰、洪峰到達時間後延之效。

二、滯蓄洪設施優化

以民國 107 年 0823 豪雨事件與重現期 10 年設計豪雨事件進行滯蓄洪設施優化操作演算，分析與探討減洪效果並規劃佈設臨時抽水機位置。

由民國 107 年 0823 豪雨事件演算結果之流量歷線與降雨歷程互相比較可知，流入淹水區域之流量歷線之形狀與降雨歷線較為相近，即直接反應降雨產生地表逕流；而流出淹水區域之流量歷線，因受地表逕流、滯蓄與滯洪池蓄洪之影響，先反應第 1 個較大的峰值後以一平緩多峰歷時 20 小時後才開始退水。於第 1 峰值後發生前開始抽水，抽水開始後滯洪池水位即開始下降，歷程中以豪雨尖峰過後開始退水之有無抽水之水位相差較大，滯洪池於退水開始即進行抽水機操作，可有效迅速降低滯蓄洪水位，強化滯蓄洪設施功能。

為進一步分析滯蓄洪設施優化條件，以連續 2 場重現期 10 年豪雨事件(間隔 12 小時)，搭配在不同延時啟動抽水機，演算水深以分析滯蓄洪設施操作減洪效果。以水深之平均降低值分析減洪效果，結果顯示啟動抽水機的時約在洪峰過後 4 小時，可以有較佳的降低滯洪池水位的成效。另以演算結果之仁德區之積淹地區，研判臨時抽水機佈設位置：三爺溪排水之上游佈設 1 個，仁德滯洪池佈設 1 個，三爺溪排水下游兩岸易淹水地區佈設 4 個，港尾溝溪上游佈設 1 個，二仁溪中下游北岸之大甲里佈設 3 個，共 10 個臨時抽水機建議佈設位置。

三、都市減災調適技術評估

依土地使用分區圖，初步分析整理案例研究地區可供蓄滯洪水之容洪空間，公園綠地 54 處，面積共計 56.75 公頃。經分析仁德常淹水地區後，初擬可以研究區域內面積較大之校園綠地規劃增加約 4 萬立方公尺之滯蓄洪空間，以 2 年重現期一日降雨事件模擬評估減洪效果，由校園水位變化可知，此一規劃於降雨歷程前 4-10 小時可發揮約 10cm-20cm 之減洪作用。進一步探討其周邊區域之水位變化，可發現水位歷線洪峰約可延遲 0.5 至 1 小時，可發揮約 5cm 之減洪作用。

第二節 建議

建議一

滯洪設施之優化操作策略：立即可行建議

主辦機關：直轄市、各縣(市)政府水利機關

協辦機關：經濟部水利署、內政部建築研究所

本年度已完成滯蓄洪設施整合減災調適技術初步研究，建議將優化滯洪設施操作建議應用於實務，在即時掌握颱風期間現地水情資訊下，可以本研究之地文性淹排水模式進行滯洪設施排洪操作評估與建議，減少都市溢淹。

建議二

土地因應氣候變遷減災調適技術研究：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：經濟部水利署、內政部營建署

都市洪水逕流除以排水系統及滯洪設施排除外，土地亦需配合遲滯洪水，透過水理演算分析淹水區域，進一步藉由土地使用之規劃，將位於淹水風險較高區域之土地規劃為承洪或滯洪區，以提升都市耐洪減災能力，降低淹水損失。

附錄一 審查意見回覆

內政部建築研究所 108 年度

「應用都市洪水即時預警模式進行滯蓄洪設施整合減災調適技術研究」委
託研究計畫案

審查意見及研究團隊回應一覽表

項次	審查委員意見	廠商回應
1	服務建議書第15頁所稱小尺度格區、一萬多個網格，其模式減洪的單元為何？如簡報第12頁的15處加3處滯洪池是否為單元？另公園綠地、辦公大樓、學校、透水鋪面等，是否已考量。	3處滯洪池由多個格網組成以描述其地形，各格網均為減洪單元以滯洪模組運算。公園綠地、透水鋪面等在模式中依地形地貌劃分格區後，考慮其透水機制運算，辦公大樓與學校等建物格區模式中屬不透水格區。
2	為加速排洪，是否有考量抽水機的佈設位置。	模式演算中有考量抽水機之佈設位置與抽水量。
3	模式的相關參數是否經過驗證。	模式之相關係數以歷史颱風事件演算驗證。
4	與本案相關的創意或回饋事項為何？	由與本計畫相關之研究蒐集與分析，可知常用之淹水模式對於滯洪池之處理並非模組化，而是選擇一個低窪的地方，藉由其他水利設施的操作來達到相同的功能，本計畫將滯洪設施模組納入模式，以提升演算效率。
5	有關服務建議書第1頁之人事費為91.4萬，惟第24頁人事費為87.9萬，為何有此差異？請說明。又第24頁中巫小姐服務月數為12個月，但第18頁中巫小姐服務月數為11個月，請說明。	謝謝委員指正，第1頁之人費係由第24頁之研究費與出席費加總而成。因工作執行期程由2月開始，研究人員服務月數調整為11個月，另新增專業服務費。
6	都市逕流量體積的模式建置，是否有考量地表特性？例如，混凝土鋪面、建築物或草地等。後續有無可依透保水法規調整之要求或限制？	本計畫之都市洪水即時預警模式考量地表特性，以不同的流量演算公式演算逕流量。模式現階段並無針對透保水法規之要求與限制進行模擬，未來模式持續開發可納入評估。
7	有關服務建議書第11頁，演算格網劃設時，其水流空間受建築物影響甚鉅。本署在計算淹水潛勢時，深受此一部分干擾，如何確實反映流路及淹水體積，宜審慎劃	謝謝委員提醒，模式在劃設格區及處理地文演算條件時，會審慎考量地形地貌對水流之影響。

項次	審查委員意見	廠商回應
	設。	
8	有關滯蓄洪設施部分，目前此區多採自然非人工控制操作方式，故可能於初期降雨時，即已進水。若欲優化操作，則可能會需要增加閘門或抽水站等，並改變操作方式，地方政府是否同意，宜與地方政府溝通。	優化操作之研究目的，在既有之滯蓄洪設施基礎上，以閘門與抽水之啟閉時機調蓄洪水以達減洪目標。案例地區之3處滯蓄洪設施均設有閘門或抽水操作，本計畫執行過程中會與滯洪池所屬機關溝通。
9	若計算過程中，涉及兩型部分，建議採用實際案例之雨型。	謝謝委員建議，本計畫多以實際案例之歷史颱風事件進行演算，以接近真實降雨兩型分布。
10	為配合逕流分擔與出流管制，建議於計算過程中，掌握子集水區及格網內各點於過程中在時間、空間上的出流量。	謝謝委員建議，模式於規劃應用時可呈現子集水區或特定格區於過程中在時間、空間上的逕流量。
11	服務建議書第16頁所提之可能遭遇困難處，若及早溝通，問題應可處理。	本計畫執行過程如遇困難會與相關單位及早溝通，以利解決問題。
12	本案除了滯洪池的操作應用外，建議亦多從都市規劃、土地使用，以及即時預警對老福機構撤離的應用。	謝謝委員建議，本計畫之都市洪水即時預警模式因考量地形地貌等地文條件，可應用於都市規劃、土地利用改變之逕流演算，因其即時演算效率，可提供老福機構撤離的應用。
13	本計畫完成後之推廣應用途徑為何？	本團隊之目標為後續將本計畫之都市洪水即時預警模式朝向介面化或平台化，以利於推廣與應用。
14	建議未來能在報告中把格網之設定參數予以顯示，以利閱讀者參採應用。	謝謝委員建議，本計畫將於後續報告中呈現格區之設定參數。

附錄二 期中審查意見回覆

內政部建築研究所 108 年度委託研究「應用都市洪水即時預警模式進行滯蓄洪

設施整合減災調適技術研究」期中審查會議紀錄

一、時間：108 年 7 月 9 日(星期二)下午 2 點 30 分

二、地點：大坪林聯合開發大樓 15 樓第三會議室(新北市新店區北新路 3 段 200 號)

三、主持人：王副所長安強

記錄：白櫻芳

四、審查意見回應表

項次	審查意見	廠商回應
王總工程司雅禾		
1	報告書第5頁，進度說明內容中： (1) 建議將契約規定日期及與實際提送日期以總表方式呈現，俾利了解目前執行狀況是否符合契約規定。 (2) 降雨事件之逕流分析內容中提及「完成演算10年重現期及25年重現期之1日暴雨降雨事件…」，惟108年2月14日經濟部公告出流管制計畫書與規劃書檢核基準及洪峰流量計算方法內容中，其檢核基準採用2年、5年及10年重現期距，建議可增加演算2年及5年重現期距。 (3) 倒數第二行多一個「。」，並請重新檢視報告書內容後一併修正。	謝謝建議與指正，已修正於內文。
2	第7頁表1-1研究進度表中，建議期限標示方式增加預訂完成日期。	謝謝建議。
3	第15頁交通系統內容中，請將各交通路網標示在圖2-6研究區域內交通路網圖中。	已修正如圖2-6所示。
4	第19頁資料來源「臺南市淹水潛勢圖（第二次更新），經濟部水利署水利規劃試驗所，民國104年」及「圖2-10研究區域內水門分布圖」，是否為最新版，建議採用最新版本。	謝謝建議。
5	第20頁滯洪池內容中，提及「仁德滯洪池（北池）、仁德滯洪池（南池）與港尾溝	謝謝指正，已確認並修正。

項次	審查意見	廠商回應
	滯洪池無專責管理單位」，請再確認。	
6	第21頁抽水站內容中，因有提及移動式抽水機，建議標題修正。	謝謝指正，已修正。
7	第22頁表2-8研究區域內抽水站概況表中，請確認研究區域範圍來列舉該範圍內抽水站，非列出全市。	謝謝指正，已修改為演算範圍內抽水站。
8	第26頁圖2-14文字重複，請修正。	謝謝委員指正，已修正於內文中。
9	第28頁提及溢流堰、閘門及抽水機，建議增列照片。	謝謝建議。
10	第37頁圖3-3細部格區劃分示意圖中，左邊照片是安南區鹿耳門排水範圍，右邊照片是安南區鹽水溪及鹽水溪排水範圍，非本案研究區域-仁德區，請修正。	謝謝指正，已修正於內文中。
11	第38頁本案研究區域為仁德區，為何圖3-4研究區域格網佈置中是以全台南市為範圍？	本研究選定之研究區域為臺南市仁德區，因臺南市位處嘉南平原，地勢平坦，易有越域水流現象發生，仁德行政區範圍及其鄰近區域內有兩條中央管河川，分別為鹽水溪及二仁溪，本研究為考量越域水流之影響，因此模式進行降雨逕流模擬時，將以鹽水溪流域及二仁溪流域為模擬演算區域。
12	第39頁文字中提及「錯誤！找不到參照來源」，請刪除；另請重新檢視報告書，如有此狀況請一併修正。	謝謝指正，已修正於內文中。
13	第42頁圖3-10尼莎颱風期間模式演算之洪水歷程與測站實測資料比較圖中，為何在（1）安順橋測站中在時間70hr左右及（2）華醫大橋測站中在時間70hr左右，其實測水位和模擬水位落差大，請補充說明。	峰與峰之間退水階段隨即稍微漲水，模擬水位較實測水位低，實測水位相較於模擬水位顯示持續有逕流排洪或下游阻水現象發生，本研究模式尚未考慮橋墩阻水現象。
14	報告書第43頁內容中： (1) 圖3-11針對0823豪雨期間模式演算之洪水歷程與測站實測資料比較圖中，為何在安順橋測站中在時間45~55hr間，其實測水位和模擬水位落差快1m，請補充說明。 (2) 降雨事件之逕流分析中，是否將三爺溪排水沿線6座抽水站同時抽水時及部份橋梁瓶頸段造成水位湧高因素納入分析。	模式已將三爺溪排水沿線6座抽水站抽水情況納入演算考慮。
15	第49頁滯蓄洪設施優化改善效能評估，建議應針對全台南市12座滯洪池進行評估。	本研究現階段以仁德區為案例研究區域，演算範圍內之滯洪池會影響周遭水深變化模式演算時亦予與考量，惟仁德區之淹水情況會受仁德滯洪池與港尾溝滯洪池影響，故僅評估仁德區之滯洪池。
李理事長家齊		

項次	審查意見	廠商回應
1	研究成果與進度符合預期。	謝謝肯定。
2	建議增加滯蓄洪設施（如滯洪池、抽水站等）和水門之啟動時機與操作方式之資料蒐集與分析。	已蒐集與分析於第四章。
3	建議期末報告中能試算一具體之歷史颱風或暴雨事件，釐清貴團隊爾後建議之滯蓄洪設施操作方式，能增加多少蓄洪量，減輕多少洪災災情。	已演算民國106年尼莎暨海棠颱風、民國107年0823豪雨事件與民國108年0813豪雨事件。
4	建議期末報告在減災調適策略的建議部分，能參採台南市或中央之既定政策方向，提出與現實脈絡相應之批判或見解，確保研究成果對社會的正向助益。	謝謝建議。
沈博士哲緯		
1	成果豐碩且實用。	謝謝肯定。
2	建議納入臺南路面淹水感知器控制淹水模擬結果。	謝謝建議，已蒐集並演算比較0813豪雨之模擬結果。
3	建議發展Web分析，結合下水道監測、路面淹水及移動式抽水機等物聯網IoT設備，發展物理結合監測及智慧調校模型(AI Tuning Model)的雲端模式，將可達智慧防汛即時支援決策目標，並且釐清內外水易淹原因（內水是頂托或溢淹成因也可納入評估）。	謝謝建議，未來可考慮規劃。
4	豪雨淹水模擬的雨量預報將採何種降雨來源，建請考量。	雨量預報來源為中央氣象局定量降水預報產品。
5	本案與第2案游教授保杉協同研究案可合併考量，將可發揮不同尺度之綜合效果。	謝謝建議。
郭主任純伶		
1	基本水文、地文資料蒐集，是否有考量下水道系統、淹水感測器及建築地形（HydroDEM）之資料蒐集？沒有蒐集原因為何？	已蒐集下水道、淹水感測器之資料。
2	報告書第20頁，滯洪池基本資料蒐集，建議可以參考第28頁補充究係溢洪堰式或閘門抽水站類型。另仁德區3處滯洪池管理單位應為臺南市政府，請修正第20頁說明。	謝謝指正，已修正說明。
3	以非結構性格網佈置，格網大小有沒有最佳化的作法？另雨量如何分配上去？	雨量以格區對應徐昇網雨量空間分布位置決定採用其雨量站之降雨歷程。
4	是否有蒐集尼莎颱風及0823事件滯洪池實際的操作資料？是否已用於模式校驗？	已蒐集演算範圍內0823豪雨事件各抽水站之運轉情況。
5	抽水機佈設如何規劃預佈投入，可再加強。建議應用於未來的颱風豪雨事件。	謝謝建議。

項次	審查意見	廠商回應
陳處長郭正		
1	報告書第30頁，表2-9名稱與內容不符。	謝謝指正，確為誤植，已修正。
2	模式校驗證方式之評估基準為何？請詳細說明，並補充是否有考慮排水系統，另是否比較目前已設淹水感測資料的區域模擬成果及空間上模擬成果。	演算0813豪雨事件並比較淹水感測資料，詳如第三章第壹節之第二小節內容。
3	第39頁，圖表參照沒校正。	謝謝指正，已修正。
4	安順橋及華醫大橋位置，請以地圖標示。	謝謝建議，標示如圖3-10。
5	第44至49頁流入流出圖，請標示單位。	謝謝指正，已標示單位。
6	第48頁左右岸淹水區位置，請標示。	謝謝指正，已標示位置。
7	第43頁，公式(11)有誤。	謝謝建議。
8	退水低估部分原因建議詳加了解，不宜直接歸因於系統淤塞。	謝謝建議。
黃參事文彥		
1	表2-7滯洪池概況表中，二仁溪流域尚有南區舉喜重劃區一個滯洪池，另安南區鹽水溪流域海尾寮排水另有一滯洪池，可考慮加以補充。	謝謝建議，待進一步蒐集資料後方可納入。
2	第30頁，表2-9研究區域內固定式抽水站概況表內容與標題不符，請再檢核。	謝謝指正，確為誤植，已修正。
3	第32頁，基本方程式的建立，在流量率部分，分別以川流、堰流及箱式涵洞作為水流交換型式，但一般都市雨水下水道管涵也很多，是否有作考量？	謝謝建議，本研究演算已考慮雨水下水道。
4	數值方法所採用的有限差分應用程式，建議略作簡介，報告將更趨完整。	謝謝建議。
5	事實上研究區域內的地形及水文條件是十分複雜的，還有魚塭建物等人為構造物的影響，要精確模擬十分困難，因此在報告書第35頁的限制條件應說明清楚，例如網格的建立在高程上的考量與假設，以及結構物及現有設施是否忽略一併考量於高程上應說明清楚，否則數值分析的結果容易引起疑慮。	謝謝建議，已補充說明於第三章第一節伍之段落內文。
6	本研究以整個仁德區為研究範圍，數值分析網格的建立十分不易，甚為佩服，但如此精度亦可能比較不佳，建議如果有後期研究，可考量縮小尺度，例如以較易淹水的二行社區或保安地區為範圍建立數值網格，再輔以適當邊界條件，模擬精度可能可以提升。	謝謝建議。
7	期末研究還須評估減洪量體與蓄洪空間，	仁德區確有蓄洪需求，已對目前滯洪空間

項次	審查意見	廠商回應
	事實上該地區曾做過滯洪空間之規劃，均因用地取得不易而作罷，並請考量。	規畫進行初步了解，現階段先發想並分析評估。
廖組長晉賢		
1	滯蓄洪設施類型在觀念與定義上仍有所差異，建議配合研究思考有無需要進行滯洪池分類的需求。	謝謝建議，本研究於模式主要是針對滯洪池進出進行演算。
2	由於土地開發法規（如非都市土地開發審議作業規範總編第22點）主要降低開發之尖峰流量增加情況，但與水利單位的河道治理削減水道洪峰之考量並非全然相同，需不需在模擬過程分開討論？或者在研究限制補充說明。	謝謝寶貴意見，土地開發之出流管制與河道治理削減洪峰考量不盡相同，本研究之模式可同時納入模擬演算。
3	滯洪設施多數依照重現期距以洪峰流量估算，無法反映不同設計降雨長延時或短延時對於滯洪設施體積變化影響。	本研究針對設計降雨與實際降雨事件均進行模擬演算。
4	都市計畫定期通盤檢討實施辦法第6條應依據都市災害發生歷史、特性及災害潛勢情形，流域型蓄洪及滯洪設施規劃及檢討，調整土地使用分區或使用管制。因此，後續不知有無機會對照土地使用分區進行淹水潛勢強度下土地管制分類。	謝謝建議，土地使用分區亦對淹水有所影響，未來可考慮進行相關分析。
5	<p>報告文書排版與錯字修正。</p> <p>(1) 請確認報告書內的用詞，包含容洪空間與滯蓄洪空間之差異。</p> <p>(2) 第VIII頁，四、後續工作項目第二段「並分析分析在暴雨過程…」多了「分析」二字。</p> <p>(3) 第VIII頁，四、後續工作項目第八段「提出減災調適策略之建議。。」多了個句號。</p> <p>(4) 第3頁，第二段淹水區積貯水量之歷程找出最大積「瀦」水量，請確認用字。</p> <p>(5) 第3頁，再根據上述演算與分析「結」成果，請確認用字。</p> <p>(6) 第5頁，提出減災調適策略之建議「。。」。</p> <p>(7) 第19頁，章節序號標號請再確認，如水門與現有滯蓄洪設施無標號。</p> <p>(8) 第25頁，台灣常見的滯洪池「根據根據」……，用字重複。</p> <p>(9) 第26-27頁，濕地滯洪池、在槽滯洪池、離槽滯洪池等，無標號。</p> <p>(10) 第35頁，「柒、模式適用範圍及限制</p>	謝謝指正，已修正。

項次	審查意見	廠商回應
	條件」該節字體大小與其他章節不一致。 (11) 第39頁，一、雨量分布與邊界條件內容「錯誤找不到參照來源」。	
行政院災害防救辦公室 吳主任武泰		
1	建議可聚焦在都市建築物、建築物基地、道路、公共設施、大型社區，以鏈結到內政部建築研究所之職掌分工，也應思考如何應用。	謝謝建議，未來將持續思考如何應用於都市建築物、建築物基地、道路、公共設施、大型社區。
經濟部水利署 楊副工程司志偉		
1	建議不只是規劃佈設抽水機位置，如果可以，有關預佈時間也可規劃。	謝謝建議，現階段由模式演算成果規劃佈設抽水機位置，未來期可運用模式進行預佈時間之規劃。
2	建議後續將移動式抽水機之抽水能力（口徑）等資料納入規劃，另外抽水機佈設需要一定作業時間（如上車待命、出勤時間），建議納入考量。	謝謝建議。
臺南市政府水利局 蔡正工程司宗旻		
1	報告書第11頁，本局自設雨量站均已全數送台大水工試驗所檢校通過（計畫區域約有12站），且已介接予中央氣象局運用，後續經過該局資料品質審核通過後，任何機關單位或民眾皆可至氣象局官網同步查詢本市雨量資訊（預計7/15日上線）。建議團隊未來也可納入模式運用，以提高精度。	謝謝建議，雨量站為模式模擬重要設定條件，雨量空間分布愈細緻、資料品質愈好，有助於提升模式之演算成果之精度，未來可考慮將臺南市水利局設置雨量站之雨量納入演算。
2	第12頁，表2-2所列臺南市政府主管監測站有40站，惟文字說明為52站，是否為誤植。	謝謝指正，確為誤植，已修正。
3	第19頁，經查目前二仁溪流域共有1,374座水門，鹽水溪流域共有148座水門，建議可更新納入模擬參用，以提高模擬精度。	謝謝建議。
4	第20頁，文中提及本市轄內仁德南、北滯洪池及港尾溝滯洪池無專責機關，應為誤植，請修正。	謝謝指正，已修正。
5	第21頁，經查二仁溪流域系統（含三爺溪）抽水站有11站、鹽水溪流域系統（含運河）有21站、曾文溪流域系統有5站，建議可更新納入模擬參用，以提高模擬精度。	謝謝建議，已納入演算範圍（含鹽水溪及二仁溪流域）共36站供模擬之用。
6	水利署補助本市建置之積淹水感知器監測數據，亦可提供本案納入模擬參用，以提高模擬精度。	謝謝建議，已蒐集研究區域內淹水感知器資料供模式比對。
台灣物聯網產業技術協會 何顧問寶中		
1	案例研究地區（臺南仁德）之水文及地文資訊，多年來政府應已有蒐集統計，本計	本研究針對模式所需之水文及地文資料蒐集並整理。

項次	審查意見	廠商回應
	畫應不需再做一遍。	
2	研究地區之非結構性格網數量及每一格網大小是如何決定的？此會影響到整體機制效果之誤差及精確度，報告書第36頁所提之適當演算格網說明不足，應從目標效果導向來決定網格精緻度。	研究地區之非結構性格網根據地形地貌並考慮演算目的與演算範圍尺度，將研究區域佈置為相對均勻且適當之演算格網，並因此決定大小及數量。
3	報告書第39頁，有兩處找不到參照來源的資料錯誤。	謝謝指正，已於內文修正。
4	臺灣颱風季節即將來臨，建議正好可對案例研究地區進行實際之驗證，以便檢視本計畫之優化機制做法之效用情形，再據以給予機制進行調整改良。	謝謝建議，本研究以2018年0823豪雨演算。
蔡組長綽芳		
1	建議後續宜思考如何應用本模式於公共設施、土地使用與都市規劃之減洪設計規劃與績效評估，以有助於地方層級國土規劃減洪效益。例如日本的鶴見川流域，即綜合應用滯洪設施、公共設施立體化、開放空間規劃等綜合技術達到減洪目的。	謝謝建議，後續持續思考如何應用本模式於公共設施、土地使用與都市規劃之減洪設計規劃與績效評估，以有助於地方層級國土規劃減洪效益。
主席 王副所長安強		
1	有關滯洪池之權管單位，建議予以釐清。	謝謝建議，滯洪池之權管單位釐清後列於表2-7。

附錄三 期末審查意見回覆

內政部建築研究所 108 年度委託研究「應用都市洪水即時預警模式進行滯蓄洪設施整合減災調適技術研究」期末審查會議紀錄

一、時間：08 年 10 月 24 日(星期四)下午 2 點 30 分

二、地點：大坪林聯合開發大樓 13 樓簡報室(新北市新店區北新路 3 段 200 號)

三、主持人：王副所長安強

記錄：白櫻芳

四、審查意見回應表

項次	審查意見	廠商回應
王總工程司雅禾		
1	建議本研究將滯蓄洪設施設置位置、用地取得及後續維管經費狀況納入評估。	謝謝委員建議，本計畫為滯蓄洪設施整合減災調適技術研究，建議相關機關滯蓄洪設施設置位置、用地取得及後續維管經費狀況之評估可另以規劃案辦理。
2	摘要內容中提及<滯蓄洪設施啟動操作之時機影響其運作效能>，建議應針對<操作時機>進行評估分析，並提出建議方案。	謝謝委員建議，本研究後續針對操作時機進行評估分析。
3	P.5提及本研究選定之研究區域為臺南市仁德區，相關問題如下： (1) 仁德區範圍是屬於二仁溪流域水系，和鹽水河流域水系無直接關聯性，且目前各排水路也並無越域問題，如將2大流域水系演算合併評估是否妥適，請再考量。 (2) 目前仁德區在豪大雨期間除部份路段路面積水外雨停即退，僅剩三爺溪排水因尚未全線整治完成，豪大雨時週邊雨水下水道系統無法排入導致大面積淹水，如本年度0813豪雨，主要降雨集中在永康、歸仁、仁德及東區一帶，都是屬於三爺溪排水集水區範圍內，其12小時累積雨量約50年重現期，已超過10年重現期排水設計標準，降雨量也都超過國家災害防救科技中心所定義之「短延時致災降雨」，目前會造成仁德區淹水的主因是三爺溪排水，建	二仁溪與鹽水河流域位於嘉南平原，下游地區高程約在10公尺以下，除堤防與國道1號以外並無明顯較高之流域邊界，因此地表逕流仍有越域之可能性，三爺溪排水集水區亦包含在演算範圍內。

項次	審查意見	廠商回應
	議應針對三爺溪排水流域進行評估分析。	
4	P.12交通系統中遺漏部份主要道路，請重新盤點後加入，如國道八號公路、臺61線、臺17甲、臺17乙、臺39線及市道177、178、180、182。	謝謝委員指正，已修正於P.12交通系統內文中。
5	P.14表2-5仁德區土地利用變化表及P.15圖2-9仁德區土地利用概況圖中僅列出105年度，目前已108年度建議更新資料。	謝謝委員建議，經查內政部國土測繪中心國土利用調查成果顯示，108年度更新資料當中，並無臺南市。
6	P.22圖2-14仁德滯洪池進出口型式流向及現勘照片、圖2-17港尾溝滯洪池進出口型式流向及現勘照片，建議增列拍攝日期。	謝謝委員建議，已增列拍攝日期說明於第二章第一節參、四、(三)仁德滯洪池與港尾溝滯洪池說明之內文中。
7	P.28建議將<水土保持手冊>加入參考。	謝謝委員建議，已將<水土保持手冊>內容加入參考。
8	P.29滯洪池內容中： (1) 建議增列優缺點及設置時機。 (2) 建議針對所列舉的各項案例照片中增列滯洪池面積及容量。	謝謝委員建議，已針對所列舉的各項案例照片中增列滯洪池面積及容量。
9	P.32溢流堰內容中，目前設計不會等到超過下游所容許量體時才溢流，會提早將洪水進行溢流工作，建議修正文字。	謝謝委員建議，已修正文字如溢流堰內文所示。
10	P.33表2-9淹水模擬模式比較表中，建議增列優缺點及本研究所採取的模式。	謝謝委員建議，已補充本研究採取之模式於內文中。
11	P.45各項豪雨事件請增補年份，之後內容有提及請一併補正，另提及<0823最大累積總雨量為安定雨量站之735公厘>，當次豪雨事件臺南市有29個行政區24小時累積雨量超過500公厘的有29區，其中超過700公厘的有7區，超過800公厘的有2區，最大累積總雨量為楠西區雨量站之944公厘，請確認數據。	謝謝委員建議，已增補各項豪雨事件之年份於內文，另經查107年0823豪雨事件雨量資料顯示，氣象局位於楠西區之曾文雨量站，最大累積雨量確實達944公厘，但該站位置不在演算範圍內，因此演算範圍內0823最大累積總雨量為安定雨量站之735公厘。
12	P.47提及最大累積總雨量為仁德雨量站之325.5公厘，請確認其數據。	謝謝委員建議，已重新確認108年0813豪雨事件，模擬範圍內所採用之雨量資料，其中最大累積總雨量為仁德雨量站之325.5公厘。
13	P.51圖3-15研究區域於108年0813豪雨期間模式演算之淹水範圍圖中，建議可以套繪107年0823淹水狀況，俾利做為後續分析評估。	謝謝委員建議。
14	P.56提及…左右岸淹水區(< >)約可降低0.6公尺至0.8公尺…，請修正為<域>。	謝謝委員指正，已修正於P.56。
15	P.65第五章 都市減災調適技術評估內容中： (1) 提及公園綠地54處，面積共計56.75公	謝謝委員建議，演算範圍內公園綠地估算，是根據105年度內政部國土測繪中心國土利用調查成果，按照土地利用分類中之

項次	審查意見	廠商回應
	<p>項，請問如何估算？其參考依據為何？請補充說明。</p> <p>(2) 提及<…仁德區域內面積較大之校園綠地、運動場及停車場，施以整地、增加透水鋪面等工法規劃為滯洪設施…>，建議應先套繪都市計畫圖後並調閱相關土地權屬後再來進行整體性評估，較為實務。</p>	<p>公園綠地廣場統計而得。</p>
16	<p>P.69第六章 結論與建議內容中：</p> <p>(1) 本研究案針對「都市洪水即時預警模式進行滯蓄洪設施整合減災」，惟內容預警模式較少說明，建議能再補充。</p> <p>(2) 提及<針對107年0823豪雨及108年0813豪雨事件進行10年重現期與25年重現期之一日設計暴雨演算>，其中107年0823豪雨是屬於長延時強降雨，而108年0813是短時強降雨，集中在6小時左右，而目前演算模式是採一日設計暴雨是否符合實際，建議再評估。</p> <p>(3) 提及滯蓄洪設施優化，建議採用量化方式呈現。</p>	<p>謝謝委員建議，已補充預警模式之說明。演算歷史颱風場次如107年0823豪雨及108年0813豪雨事件，皆以實際降雨發生之狀況決定演算時間，如模擬尼莎暨海棠颱風自2017年7月29日14：00至8月2日17：00，合計100小時之洪水歷程；模擬0823豪雨自2018年8月23日03：00至8月25日12：00，合計58小時之洪水歷程；模擬0813豪雨自2018年8月12日01：00至8月13日24：00，合計48小時之洪水歷程。滯蓄洪設施之優化以量化方式呈現於第四章內文中。</p>
<p>行政院災害防救辦公室 吳主任武泰</p>		
1	<p>河域、區排等排水路，會因雨量、水文、河寬、深度、潮位等變化而回饋到滯蓄洪設施功能設計，是一種可行方式。</p>	<p>謝謝委員肯定。</p>
2	<p>中南部長延時強降雨較明顯，若未來將大豪雨定義加列3小時累積雨量達200mm以上，是否現行模式可因應，可補列說明。</p>	<p>雨量為模式之輸入條件，模式可因應不同強度與延時進行演算。</p>
3	<p>就研究目的及重要整理發現，境況模擬分析減洪效果，值得肯定。</p>	<p>謝謝委員肯定。</p>
<p>李理事長家齊</p>		
1	<p>研究結論建議緊扣研究成果，增加定量之描述。</p>	<p>謝謝委員建議，已新增描述如P.70內文。</p>
2	<p>P.65，「由校園水位變化可知，此一規劃於降雨歷程前4小時可發揮約40cm之減洪作用」無法於圖5-3判識此成果。</p>	<p>謝謝委員指正，已修正如P.64及P.69內文所示。</p>
3	<p>研究建議(P.70)之撰寫應予以強化。</p>	<p>謝謝委員建議，已新增內容如P.70內文。</p>
4	<p>第四、五章涵蓋了三大項工作項目(第三、四、五項)，為本研究主要亮點，建議應增加份量暨相關研究論述。</p>	<p>謝謝委員建議，已增加相關論述於內文。</p>
5	<p>摘要內容與結論建議過於雷同，建議應調整並評估是否有英文摘要之必要性。</p>	<p>已增加英文摘要於成果報告。</p>
<p>沈博士哲緯</p>		
1	<p>研究豐碩表示肯定。</p>	<p>謝謝委員肯定。</p>

項次	審查意見	廠商回應
2	模式中考量土地利用區分均質網格，在比對路面淹水感知器位置如何反映同網格內不同小街廓淹水深度?(亦即如何選擇及確認 sensor 位置水深與模式可直接比對 mapping)。	可由路面淹水感知器設置處之高程、水深與格區平均高程、水深，進一步推知同網格內不同小街廓淹水深度。
3	模式建立率定採1場颱風2場豪雨，由水位站可知退水段略有低估，市區內與路面淹水感知器比對可知，退水段模擬結果早及低估，在調適策略上也可考量模式之不確定性造成之影響(如調控、滯蓄洪設施優化建議等)。	謝謝委員建議，針對路面淹水感知器已佈設區域，若未來可蒐集足夠多的實測資料，與演算同場次之模擬結果進行比對，或可推知不確定性造成之影響。
4	QPESUMS預報於豪雨估計降雨成效會有低估，以降雨進行模擬及調適會有低估之情況，路面淹水sensor比對修正預警具體回饋修正方式再請補述具體作法供未來精進及延續卓參。	謝謝委員建議，QPESUMS預報資料與觀測資料不符造成演算結果之差異，可藉由多點路面淹水感知器之結果進行空間內插成面修正演算水位。
5	公園綠地滯洪條件除實務性外(用地取得)，如何置入模式達減洪，再請補述。	謝謝委員建議，公園綠地滯洪條件式採取之方法為何再納入模式演算。
楊簡正介良		
1	演算結果與比較(P.48) (a) 0823豪雨洪水歷程有驗證，但淹水的部分沒有驗證。 (b) 0813豪雨淹水的驗證，有針對淹水感測器的所在位置有進行驗證，其餘的地方建議可以用EMIC上的淹水情資進行驗證。	民國107年0823豪雨事件因路面淹水感測器尚未裝設完成，僅與鹽水溪與二仁溪水位測站資料比較。
2	P.50，0823的豪雨期間洪水歷程實測與模擬比較採安順橋測站與華醫大橋，但0813沒有採安順橋而採用新市測站。	民國108年0813豪雨事件因安順橋站無資料，故採同為鹽水溪測站之新市站紀錄進行水位歷程模擬結果比較。
廖組長晉賢		
1	第三章模式建置考量內水與外水合理的進出過程。針對內水目前系統雖然有考慮雨水下水道規劃，但並未針對區域排水系統及都市雨水下水道系統之銜接影響進行說明。例如雨水下水道出口銜接之區域排水或河川，採重力方式可順利排出，然河川或區域排水可能因尚未治理斷面容量不足，導致堤防配合防洪標準提高高度，造成已完成之雨水下水道排水幹線，無法採重力排除，甚至回淹至市區。	謝謝委員意見，增補雨水下水道說明於成果報告中。
2	第四章可補充說明固定抽水機與臨時抽水機設置區位之影響與效能改善情況?原因在於抽水站的有無，會明顯影響淹水的狀況。因此，臨時抽水站的佈設順序與機制	謝謝委員建議，固定抽水機與臨時抽水機設置區位之對淹水區域改善確有影響，未來模式可對臨時抽水站的佈設順序與地點進行進一步研究。

項次	審查意見	廠商回應
	非常關鍵，也可思考做為本報告重要成果。尤其雲林縣口湖鄉曾經因為爭奪抽水機反而造成多處里都淹水情況產生。	
3	第一章主要針對降雨事件逕流分析、現有滯蓄洪設施分析、滯蓄洪設施優化改善與技術評估相當豐富，建議補充整體性研究限制說明。	謝謝委員建議，整體性研究限制說明已補充於第一章內容。
4	第二章第二節建議補充回顧國外滯蓄洪設施回顧的意義及對於本報告書的影響或補充。另外在第二章、貳、滯蓄洪設施淹水模式之選擇原因及比較結果。	回顧國外滯蓄洪設施回顧的意義已補充於第二章第二節。
5	圖5-3 請補充說明比較結果。	比較結果補充說明於第五章。
6	文字與格式誤植部分 P.IX、P70.都市「奈」洪減災 P.65都市滯「續恆」 P.65都市發展「境」況 P.69五、模式可合理演算降雨形成之逕流歷程，請確認同步調整報告書	謝謝委員指正，文字與格式誤植部分修正於報告內文。
內政部營建署 潘正工程司嘉興		
1	報告P.59貳、一、案例分析第二段：「由演算成果可知，在豪雨尖峰過後即進行抽水機操作，可迅速降低滯蓄洪水位，強化…」在實際情境下，操作人員如何判斷豪雨尖峰已過?是否結合數值模式之預測與IoT觀測值作為判斷依據?	若有監測水位或IoT觀測值，可搭配雨量觀測值或預測值判斷抽水操作時機。
2	報告P.59第四章情境(10年重現期)分析中，建議考慮下游潮位以及二仁溪流量，對滯蓄洪優化操作結果之影響。建議納入數值模式所使用之數值地形資料解析度對模擬速度與分析結果之影響，以供後續研究參考。	模式中已考慮下游潮位以及二仁溪流量對滯蓄洪優化操作結果之影響。
3	本報告部分文字有誤植請修正，例如P.70最後一行，「奈」洪減災應為「耐」。	謝謝委員指正，已修正於P.70。
臺南市政府水利局 呂幫工程司貫聞		
1	第64頁圖4-6，約第45小時後之水位有抽水高於沒抽水，惠請說明原因。	本研究另作不同抽水操作之分析並補充如第四章第二節內容。
2	第65頁最後一段提及由校園水位變化可知降雨歷程前4小時可發揮約40cm之減洪作用，未說明圖示，是否為圖5-3所示?如為圖5-3所示，似無40cm之水位變化?	謝謝委員指正，為誤植，應為降雨歷程前4-10小時可發揮約10cm-20cm之減洪作用。
中華民國全國建築師公會 陳建築師俊芳		
1	報告書內文漏值部分圖表(P.17之表2-7、P.65之圖5-3)	謝謝委員指正，已修正如P.17與P.64內文所示。

項次	審查意見	廠商回應
2	P.44之關廟最大累積雨量580.5公厘，於附圖4-1缺各地之總雨量標示。	謝謝指正，已補各測站總雨量如附圖4-1所示。
台灣物聯網產業技術協會 何顧問寶中		
1	本研究完成演算範圍水文資料之蒐集，並完成演算範圍之非結構性格網佈置以及地文性淹排水模式建置，並完成演算10年重現期及25年重現期之一日暴雨降雨事件之地表逕流分析，再納入一個或多個滯蓄洪設施之不同啟動及操作運用方式，來評估及規劃效能提升之優化蓄排洪操作方式。經以107年0823豪雨資料來演算模擬及實測結果，得知模式合理可行，滯蓄洪設施優化改善措施經模擬分析亦可達成減洪之效果。	謝謝委員肯定。
2	建議： (1) 台灣颱風水患多，選擇適當之實際場域來進行實證，並給予調整精進。 (2) P.69-P.70結論與建議之章節編號有誤需重新調整。 (3) 納入智慧物聯網系統來給予監測、分析、預警及評估調節。 (4) 網格範圍大小之規劃設計適當性分析。	(1) 謝謝委員建議，未來可朝實際場域之實證努力。 (2) 謝謝委員指正，已調整結論與建議之編號如P.69-P.70所示。 (3) 謝謝委員建議，模式未來應用面之規劃可考慮納入智慧物聯網系統以監測、分析、預警及評估調節減洪成效。 (4) 謝謝委員建議，未來可針對網格範圍大小規劃適當性分析課題進行研究，以期佳化模式演算效能。

附錄四 專家座談會會議紀錄

內政部建築研究所 108 年度

「應用都市洪水即時預警模式進行滯蓄洪設施整合減災調適技術研究」委
託研究計畫案

第一次專家座談會會議紀錄

一、日期：民國 108 年 9 月 24 日(星期二)下午 2 點 00 分

二、地點：內政部建築研究所第 2 會議室

三、主持人：國立成功大學 羅偉誠特聘教授

記錄：陳麗貞

四、出席單位及人員：如出席人員簽名冊

五、主持人致詞：(略)

六、討論議題：【滯洪設施操作與都市防洪減災策略之探討】

(一) 滯洪設施操作方式之探討

(二) 滯洪設施操作對都市防洪機制之影響探討

(三) 都市防洪減災策略之建議

七、工作討論會議紀錄：

(一) 國家災害防救科技中心坡地洪旱組江申副研究員

1、建議於雨量部分多作考量，都會地區淹水主要為短時強降雨，內水主要與下水道的排水能力有關，下水道的設計基準使用集流時間為半小時、一小時，模擬演算非整場颱風事件，如何挑選短期強降雨內水事件之雨量，以日本為例，使用半小時與三小時降雨比較，長時間如颱風事件對外水較有影響，半小時內的對都會排水雨水下水道系統

影響較顯著。

- 2、滯蓄洪設施效用比較，淹水範圍較淹水深度較有感。
- 3、物聯網是否能放入滯蓄洪設施整合內。
- 4、使用 LID 減緩都會型淹水之效益存疑，在尖峰降雨到達前 LID 已飽和，是否能與物聯網結合，在降雨初期不進行操作，在預測到有淹水風險之前操作以達最大效益。

(二)國立成功大學水利及海洋工程學系陳憲宗副教授

- 1、模式所需之水文資料是否能即時取得。
- 2、滯洪池的操作是以實際操作規範還是情境設定分析。
- 3、滯洪池入流及出流歷線，入流小於出流量是否合理。

(三)臺南市政府水利局葉俊良副總工程司

- 1、水利發展先前以水利署處理外水、營建署縣市政府處理內水，權責單位不同無法整合，近年總合治水觀念發展，外水影響內水，外水溢淹通常較為嚴重屬大範圍淹水。
- 2、早期滯洪池多考慮單峰型降雨，無法因應多峰型降雨，現多搭配抽水機，當外水水位降低，將滯洪池水量排出以因應第二波洪峰，滯洪池如何發揮其功能，避免於洪峰期間排出水量增加災情，值得探討。
- 3、今年 0813 豪雨三爺溪集水區全面降雨集流時間短災情嚴重，鄰近鹽水溪保護標準較三爺溪高，分擔逕流量的可能性。
- 4、水利法修正管制逕流分擔，臺南市政府審查標準比水利法更為嚴格。
- 5、民眾關心淹水深度、淹水範圍及退水時間，是否能根據降雨型態預測淹水範圍，供民眾提早應變，交通路線即時改道及自主防災處理等。

- 6、增加滯洪池的功能性需搭配抽水機，如有相關研究計畫能加以分析，對所屬機關向上級呈報較具說服性。

(四)成大防災中心李鎮鍵博士

- 1、本研究題目為「應用都市洪水即時預警模式進行滯蓄洪設施整合減災調適技術研究」，似乎針對滯蓄洪設施較有研究，預警模式如何加入較少著墨，建議加以補充。
- 2、案例使用尼莎颱風及 0823 豪雨屬多峰型降雨，今年 0813 豪雨為單峰，是很好對比之案例。
- 3、降雨使用雨量站加權，集水區區域面積效應較無法看出，在案例上使用雨量分析需考慮實際狀況。
- 4、港尾溝溪及仁德滯洪池皆有發揮其效用，短時間蓄滿較難有第二次操作，但二仁溪相對於三爺溪到達警戒之時間較長，港尾溝溪滯洪池較有操作之空間。
- 5、降雨事件進行滯洪池操作比較，蓄洪設施的成效較易看出，也是居民較為關心的。

(五)科技部自然科學及永續研究發展司廖宏儒博士

- 1、水利署佈置之智慧水管理感測元件如能將實際資料納入對研究將有所幫助。
- 2、如能進行跨域整合情境較具多種面向，情境考慮愈多當事件發生時有較多資料可參考，對實際防救災較有幫助。

(六)國立成功大學羅偉誠特聘教授

- 1、本研究使用之模式演算臺南市未來 3 小時之淹水狀況只需不到 5 分鐘，如能接收到準確之預測雨量，搭配智慧水尺資料即時修正演算數據，對預警有相當大之幫助。

- 2、透過模式演算能了解工程佈設點如何達最大效用及防洪設施完成後成效如何。
- 3、模式初步嫁接 SWMM 模式，考量實際雨水下水道可吸納空間。
- 4、物聯網對防災產業特別是淹水演算很重要，LID 效益有限，未來可考量歐盟 NBS 思維的納入。
- 5、淹水模擬供民眾提早應變，交通路線即時改道等，本研究團隊另有幫南科進行企業防災，供廠商進行防災路線規劃。
- 6、單峰型降雨型態會於後續補充模擬，進行多場次分析找出最佳化操作方式。

(七)國立成功大學巫孟璇助理教授

- 1、針對仁德滯洪池入流小於出流量的情況，因入流尚需考慮周圍進流量以致。
- 2、滯洪池完成後成效如何，由模擬有無滯洪池的差異，結果顯示造成洪峰延遲及整體水位下降。
- 3、研究滯洪池透過操作是否讓防災效果更顯著。

(八)臺南市政府水利局蔡宗旻正工程司(書面意見)

- 1、P.8，極端氣候下的降雨，區域特性甚為明顯，故在水文資料蒐集方面，本局於研究區域內設置有多座雨量站，且都經過台大水工試驗所驗證，相關雨量資料已於今年 7/16 日介接予氣象局公開於官網，供民眾查詢使用，倘本案有需要，可向氣象局或本局申請。
- 2、P.12，尼莎颱風對本市影響其實不大，真正對台南市造成災情的是接續其後的海棠颱風事件，建議修改。
- 3、P.13，圖中尼莎(海棠)颱風及 0823 豪雨事件之退水段水位模擬值均較實際水位為低，可能原因為何?未來如何提高精度?

- 4、滯洪池的操作可降低洪峰，達到減洪效果，惟以近幾年仁德滯洪池操作來看，倘各波降雨延時間距太短，三爺溪主河道水位未退前，滯洪池蓄水量似乎僅能滿足第一次尖峰降雨(自然溢流)，不及進行第二次操作，相較於臨二仁溪畔的港尾溝滯洪池來的不易操作。本案開發之模式或許可判斷抽排時機，以提高滯洪池使用效率，惟面對長延時降雨或短延時降雨而洪峰間距過短情形下，恐仍無法達到減洪目的。

- 5、以三爺溪流域地理及水文環境來看，除目前正辦理之治理工程及後續萬代橋改建工程外，「分洪」措施或許是該流域未來都市防洪減災的最好策略。目前本市正辦理市南10分洪工程，上述各工程完工後約可將三爺溪保護標準由250~300mm提升至330~360mm(24小時累積雨量)。

內政部建築研究所 108 年度委託研究計畫
 「應用都市洪水即時預警模式進行滯蓄洪設施整合減災調適技術研究」
 第一次專家諮詢會議簽到表

時間:108年9月24日(四)下午2時
 地點:大坪林聯合開發大樓 15 樓第 2 會議室
 (新北市新店屈北新路 3 段 200 號 15 樓)

計畫主持人：成功大學 羅教授偉誠 羅偉誠

專家學者/單位代表	簽到處
臺南市政府水利局 葉俊良 副總工程司	葉俊良
臺南市政府水利局綜合企劃科 蔡宗旻 正工程司	
國立臺灣海洋大學河海工程學系 廖朝軒 教授	
國立成功大學水利及海洋工程學系 陳憲宗 副教授	陳憲宗
國立成功大學防災研究中心 李鎮鍵 博士	李鎮鍵
國家災害防救科技中心坡地洪旱組 江申 副研究員	江申
科技部自然科學及永續研究發展司 廖宏儒 博士	廖宏儒
成功大學	王益政 黃智聰
內政部建築研究所	白櫻芳

內政部建築研究所 108 年度

「應用都市洪水即時預警模式進行滯蓄洪設施整合減災調適技術研究」委 託研究計畫案

第二次專家座談會會議紀錄

一、日期：民國 108 年 11 月 21 日(星期四)下午 1 點 30 分

二、地點：內政部建築研究所第 1 會議室

三、主持人：內政部建築研究所安全防災組蔡綽芳組長

記錄：陳麗貞

四、出席單位及人員：如出席人員簽名冊

五、主持人致詞：(略)

六、討論議題：【都市容洪空間規劃之探討】

(一) 都市容洪空間定義之探討

(二) 都市容洪空間規劃需求

(三) 都市容洪空間規畫之可行性與建議

七、工作討論會議紀錄：

(一) 臺北市立大學城市發展學系吳杰穎副教授

1、模式模擬範圍可能涵蓋多個都市計畫區，範圍多大才是相對模式而言是有意義的，以都市規劃者角度更想了解，公共設施用地所扮演的角色之敏感程度，敏感程度高者能更快決定災害韌性規劃。

(二) 國家災害防救科技中心坡地洪旱災害防治組陳偉柏副研究員

- 1、因土地取得不易，模式是否能評估既有設施如大安森林公園降挖滯洪池之效益。
- 2、模式是否能演算地下儲水設施或都市外圍排水道之排洪效益。

(三)財團法人國土規劃及不動產資訊中心廖晉賢組長

- 1、都市滯洪空間與容洪空間之差異性。
- 2、以較精細之模擬、非結構的，反應在不同土地使用係數下得出一個體積的結果，扣除可能存在的容洪空間，是否就是可以達到之效益。
- 3、減緩體積、減緩洪峰、增加入滲，如能在空間上指出其有效區域，空間策略上將會很明確，落實在土地使用管制也將更明確。
- 4、滯蓄洪設施在土地取得上，法規面是較為開放，但後續跨部門整合才是問題所在。

(四)英商奧雅納工程顧問有限公司羅志堅總經理

- 1、使用公共空間以微滯洪的概念可能是未來發展方向之一。
- 2、以 AI 系統進行土地利用分析，結合都市空間指認可用之區位。

(五)興創知能股份有限公司沈哲緯博士

- 1、以電力設施當作容洪空間，如造成電力中斷等風險，損害需跳脫都市計畫以外，一併思考可能造成之衝擊。
- 2、後續計畫可針對跟法令介接，未來滯蓄洪操作的建議加以討論。

(六)中興工程顧問股份有限公司鍾文祥經理

- 1、以都市計畫、國土規劃角度，城市需要多少容洪空間，才能滿足城市的韌性需要。
- 2、先有整體面的需求量後，在局部用空間分配，達到容洪空間之目標值，往韌性城市方案邁進。

(七)內政部建築研究所安全防災組蔡綽芳組長

- 1、土地使用規劃是否有效果，哪個程序用什麼工具確認。
- 2、是否能加以說明如何使用 AI 系統進行土地利用分析。

(八)國立成功大學水利及海洋工程學系羅偉誠特聘教授

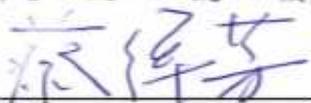
- 1、模式可針對減災防洪規劃方案做其敏感度分析。
- 2、跨領域對談的重要性，希望能持續有其對話平台。

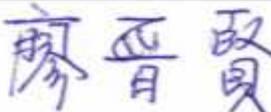
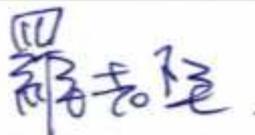
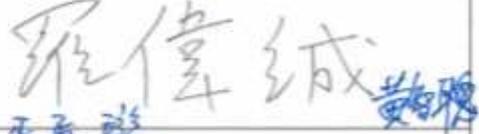


第二次專家座談會照片

內政部建築研究所 108 年度委託研究計劃
 「應用都市洪水即時預警模式進行滯蓄洪設施整合減災調適技術研究」
 第二次專家諮詢會議簽到表

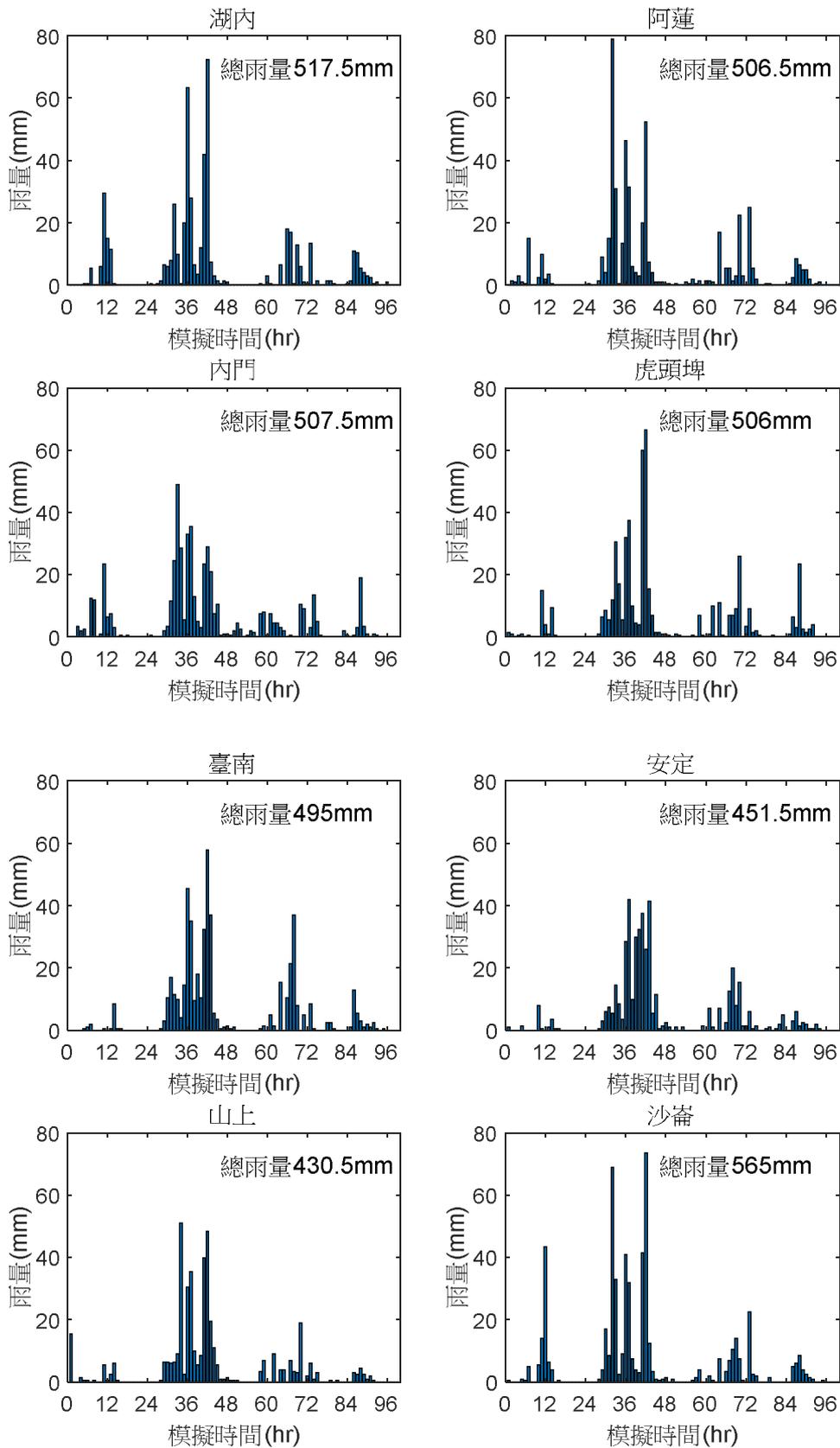
時間：108 年 11 月 21 日(四)下午 1 時 30 分
 地點：大坪林聯合開發大樓 13 樓討論室(一)
 (新北市新店區北新路 3 段 200 號 13 樓)

計畫主持人：蔡組長綽芳 

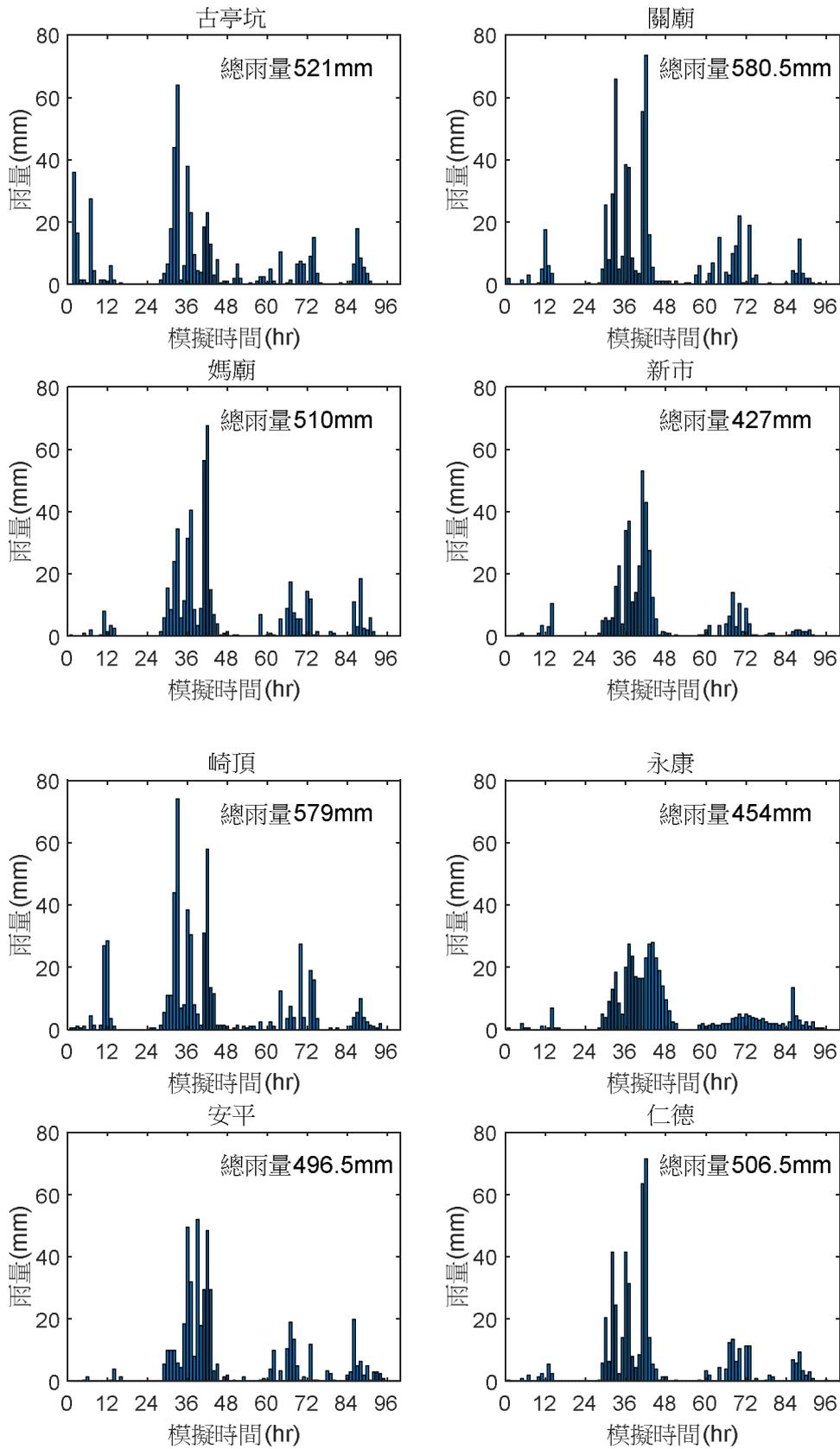
專家學者/單位代表	簽到處
臺北市立大學城市發展學系 吳杰穎 副教授	
財團法人國土規劃及不動產資訊中心 廖晉賢 組長	
英商奧雅納工程顧問有限公司 羅志堅 總經理	
中興工程顧問股份有限公司 鍾文祥 經理	
興創知能股份有限公司 沈哲緯 博士	
國家災害防救科技中心坡地洪旱組	
成功大學	
內政部建築研究所	

附錄五 颱風暴雨事件模擬演算案例之雨量歷程

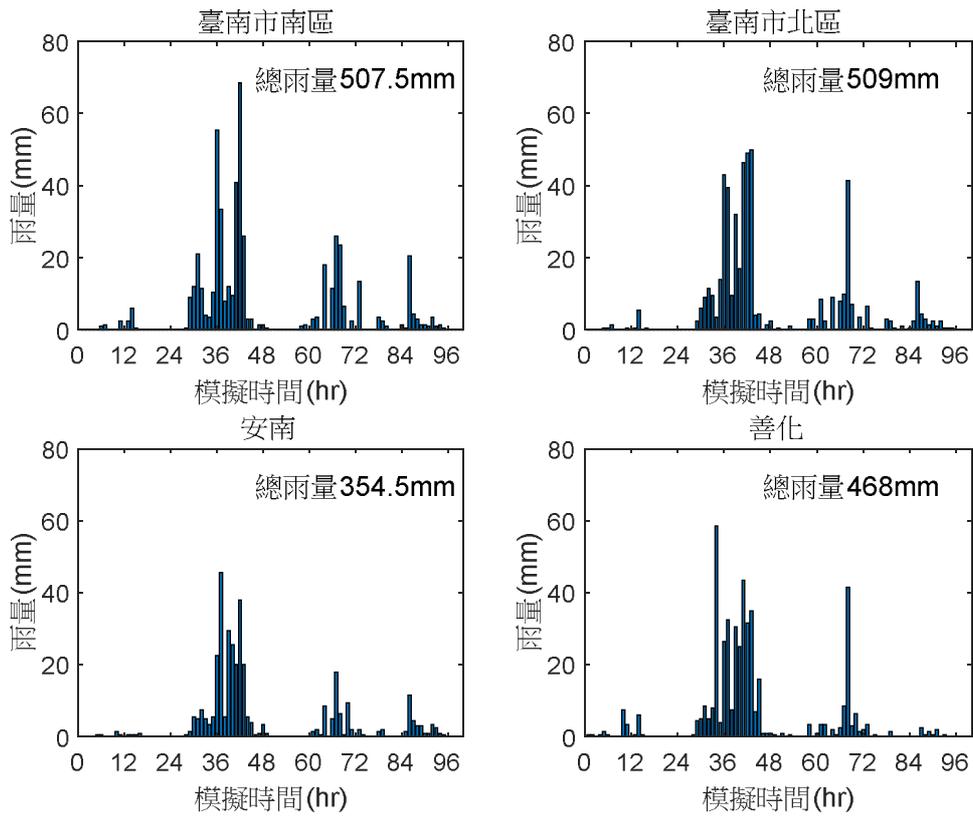
民國 106 年尼莎暨海棠颱風淹水現象模擬自民國 106 年 7 月 29 日 14:00 至 8 月 2 日 17:00，共 100 小時。附圖 5-1 為民國 106 年尼莎暨海棠颱風期間演算範圍內雨量站個別之降雨過程，最大累積總雨量為關廟雨量站之 580.5 公厘；民國 107 年 0823 豪雨淹水現象模擬自民國 107 年 8 月 23 日 03:00 至 8 月 25 日 12:00，共 58 小時。附圖 5-2 為民國 107 年 0823 豪雨期間演算範圍內雨量站個別之降雨過程，最大累積總雨量為安定雨量站之 735 公厘；民國 108 年 0813 豪雨淹水現象模擬自民國 108 年 8 月 12 日 01:00 至 8 月 13 日 24:00，共 48 小時。附圖 5-3 為民國 108 年 0813 豪雨期間演算範圍內雨量站個別之降雨過程，最大累積總雨量為仁德雨量站之 325.5 公厘。



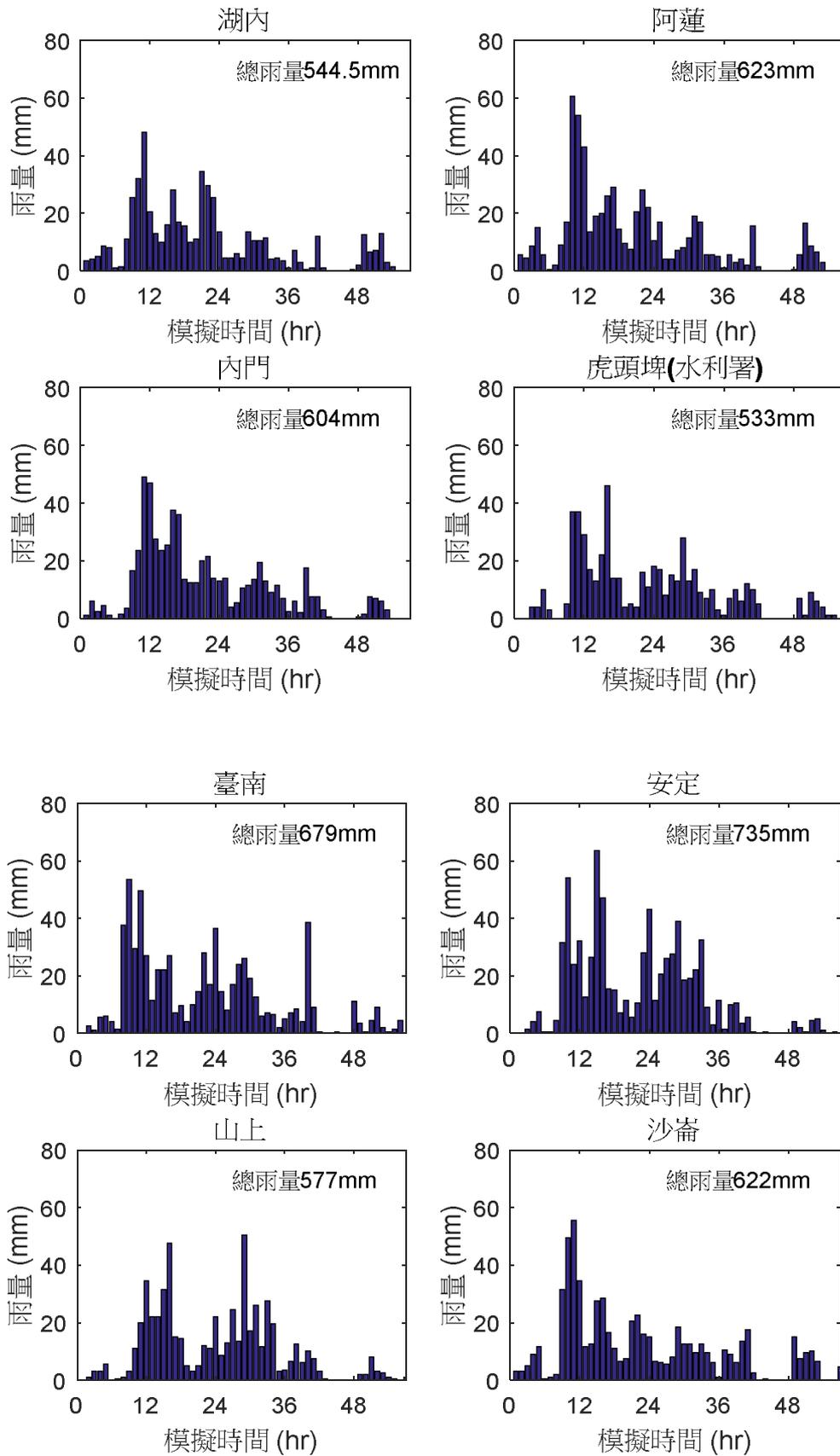
附圖 5-1 尼莎暨海棠颱風期間演算範圍內各雨量站之降雨歷程組體圖



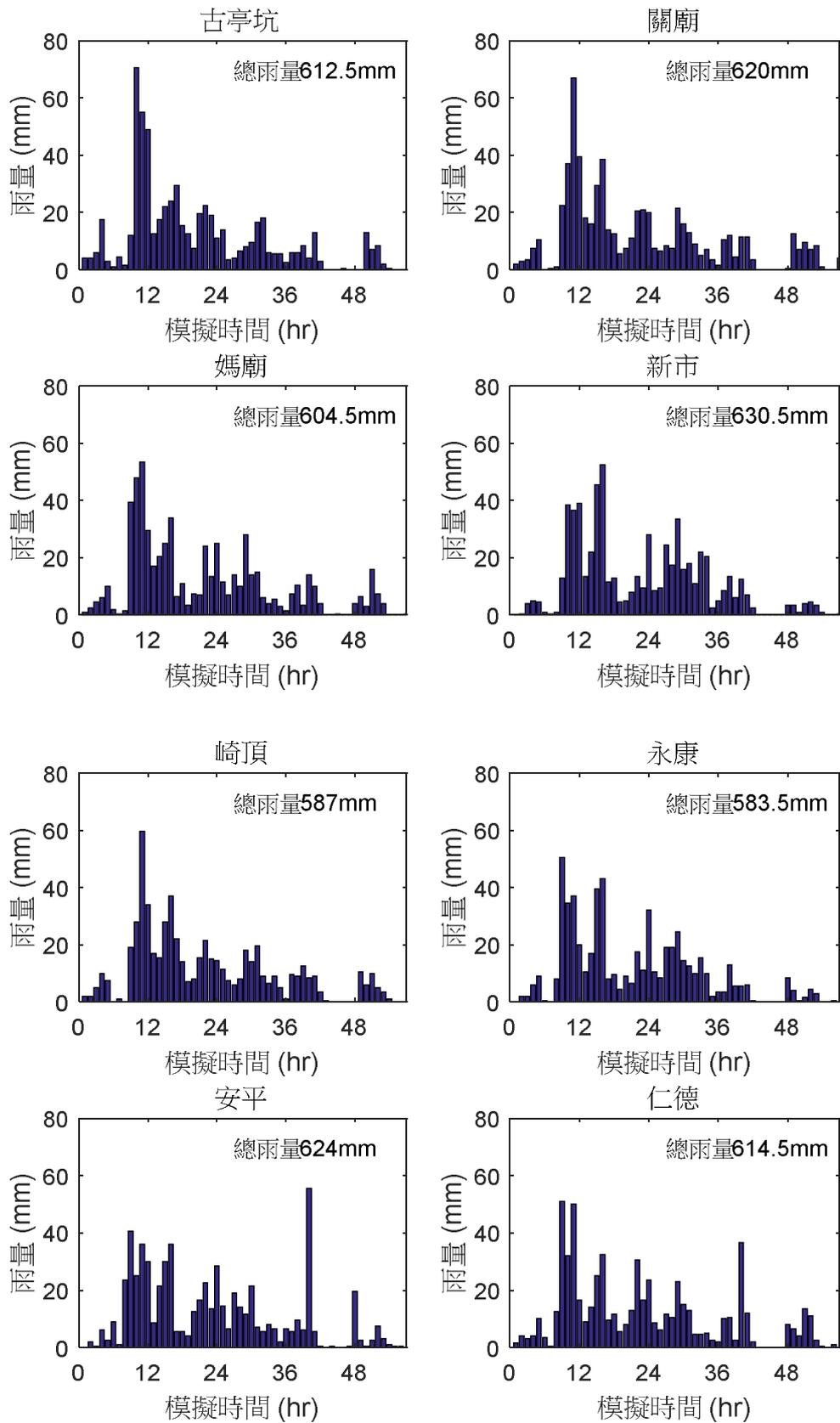
附圖 5-1 尼莎暨海棠颱風期間演算範圍內各雨量站之降雨歷程組體圖



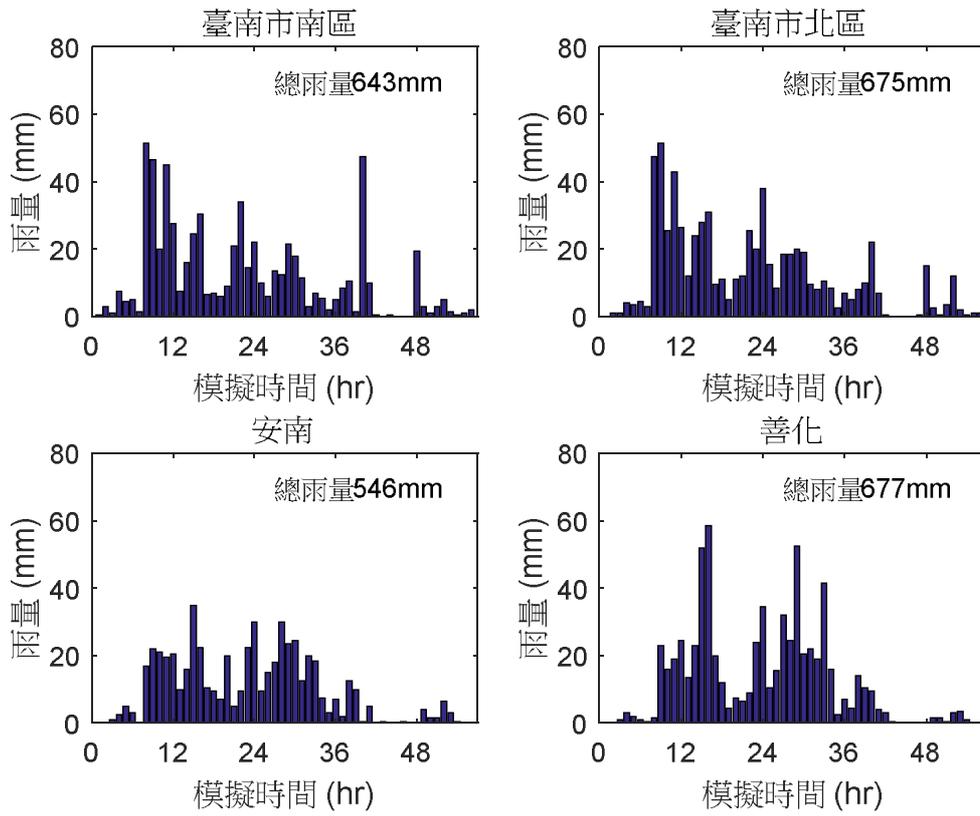
附圖 5-1 尼莎暨海棠颱風期間演算範圍內各雨量站之降雨歷程組體圖
(資料來源：本研究蒐集彙整)



附圖 5-2 0823 豪雨期間演算範圍內各雨量站之降雨歷程組體圖

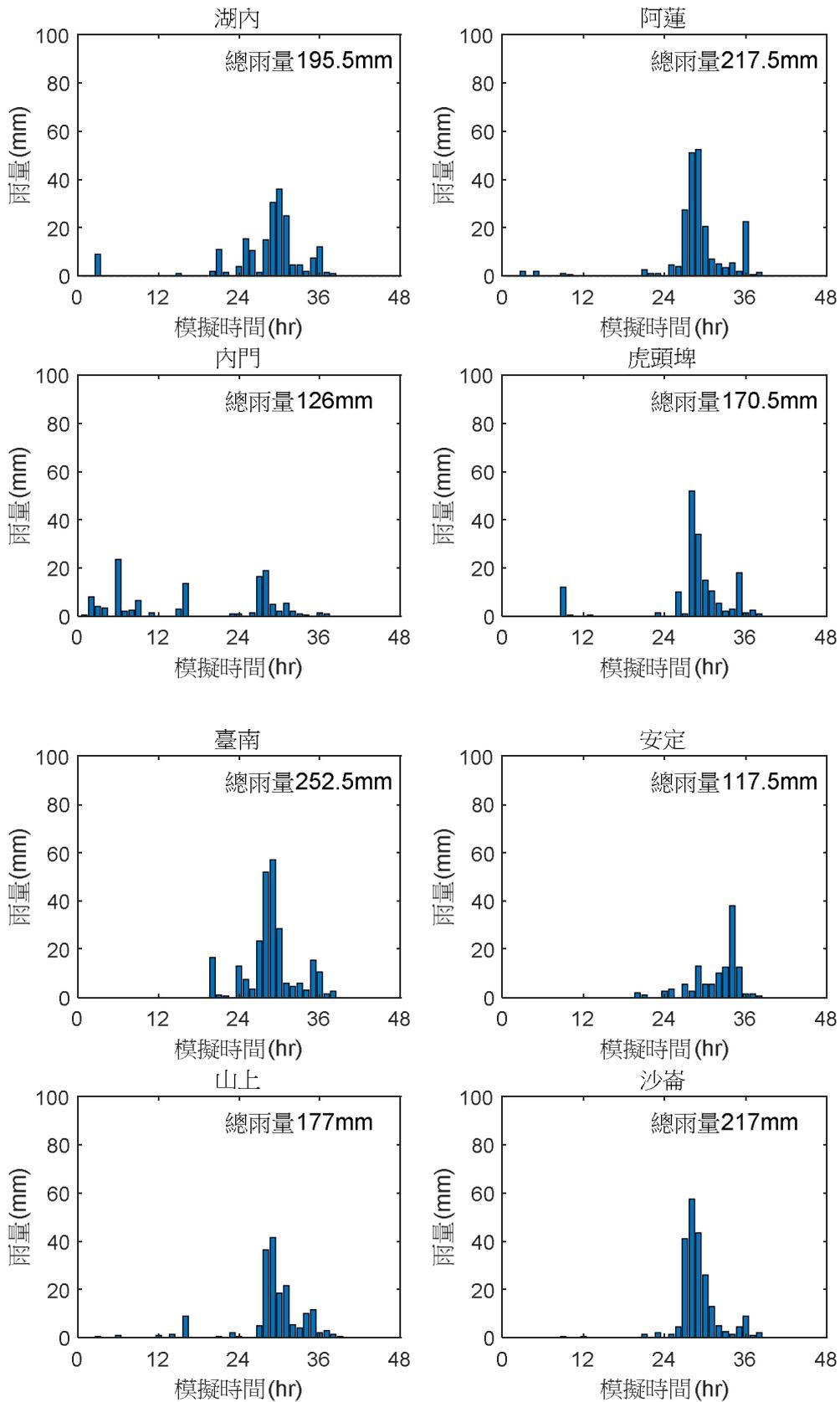


附圖 5-2 0823 豪雨期間演算範圍內各雨量站之降雨歷程組體圖

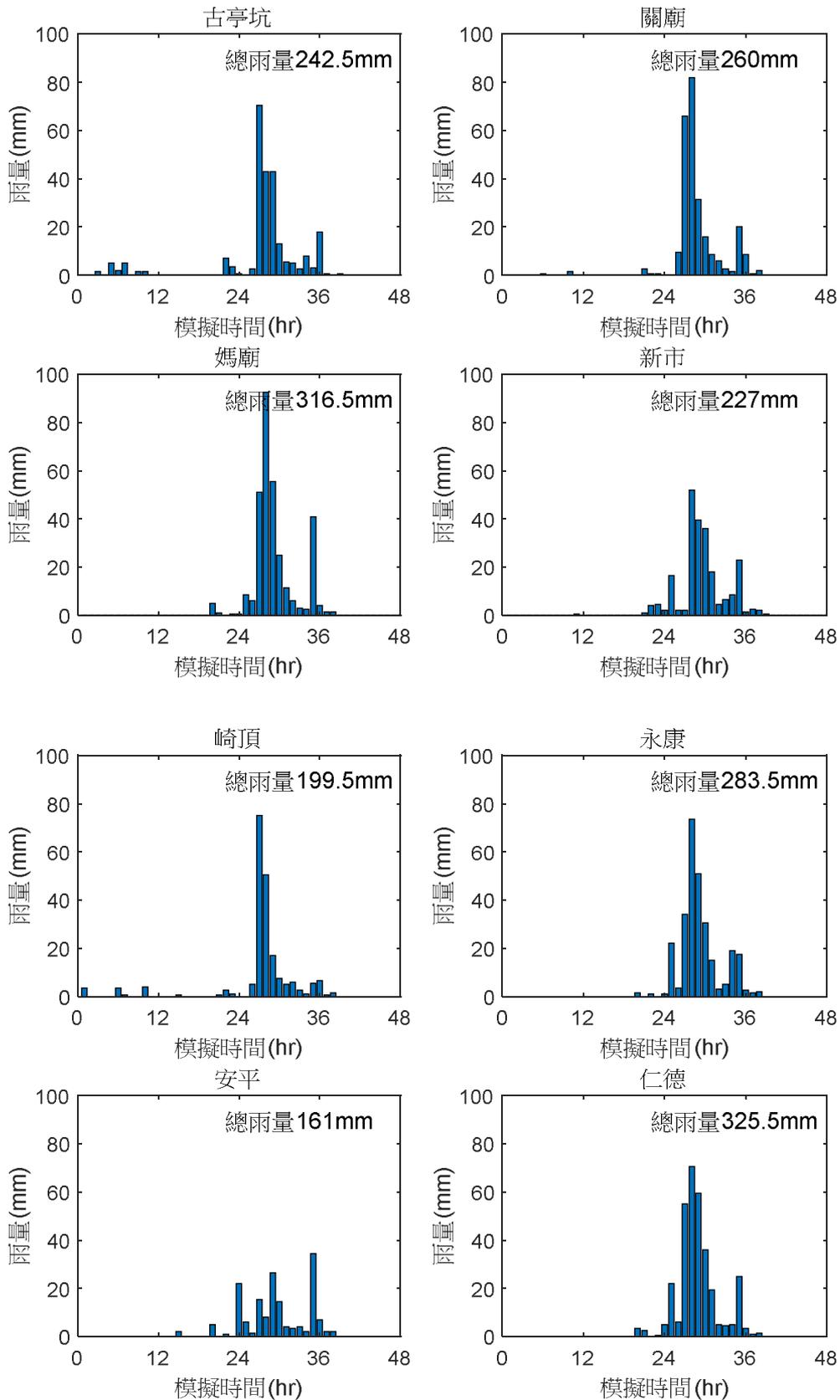


附圖 5-2 0823 豪雨期間演算範圍內各雨量站之降雨歷程組體圖

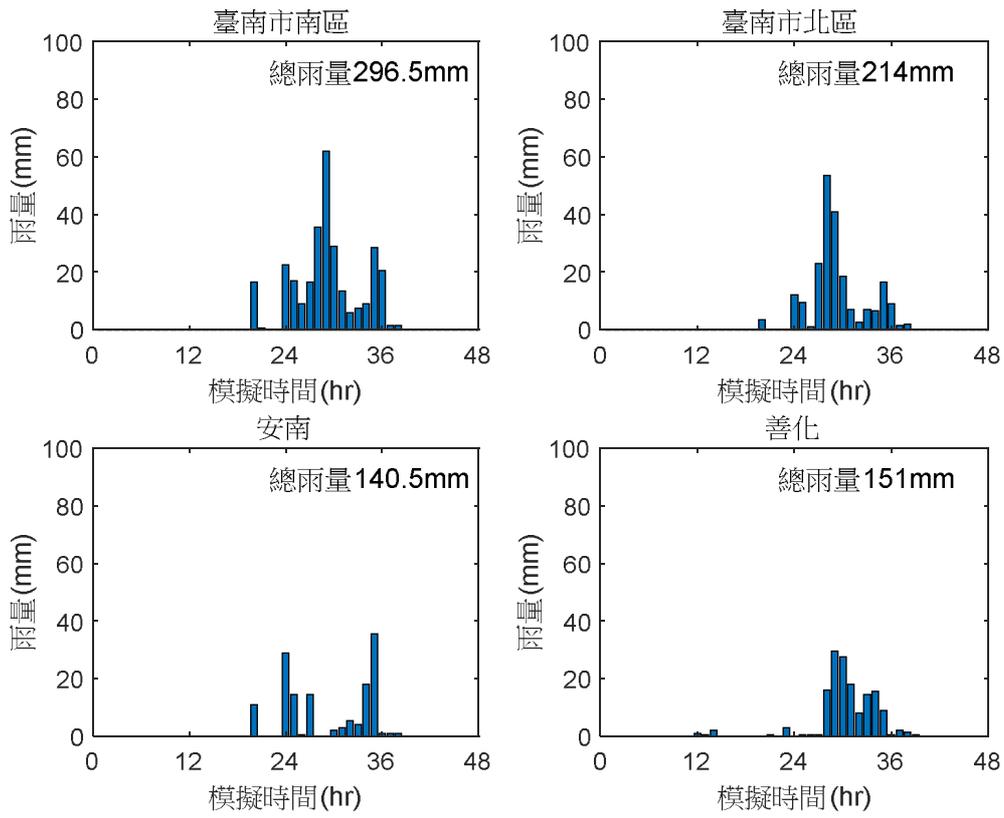
(資料來源：本研究蒐集彙整)



附圖 5-3 0813 豪雨期間演算範圍內各雨量站之降雨歷程組體圖



附圖 5-3 0813 豪雨期間演算範圍內各雨量站之降雨歷程組體圖



附圖 5-3 0813 豪雨期間演算範圍內各雨量站之降雨歷程組體圖

(資料來源：本研究蒐集彙整)

參考資料

1. Akan, A. Osman and Houghtalen, Robert J. ,2003, Urban Hydrology Hydraulics and Stormwater Quality Engineering Applications and Computer Modeling, Wiley, p.218.
2. Ben Urbonas and Peter Stahre, 1989, Stormwater: Best Management Practices and Detention for Water Quality, Drainage, and Cso Management.
3. Ioannis M. Kourtis 1, Vassilios A. Tsihrintzis, Evangelos Baltas, 2016, Simulation of Low Impact Development (LID) Practices and Comparison with Conventional Drainage Solutions, The 3rd EWaS International Conference on “Insights on the Water-Energy-Food Nexus”, Vol.2.
4. Larry W. Mays, and Yeou-Koung Tung., 1992, Hydrosystems Engineering and Management.
5. Mays, Larry W. ,1999, Hydraulic Design Handbook, McGraw-Hill.
6. Philip B. Bedient, Wayne C. Huber., 1992, Hydrology and floodplain analysis.
7. Storm Water Management Model User’s Manual Version 5.1, United States Environmental Protection Agency. (<http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi?Dockey=P100N3J6.TXT>)
8. Ven Te Chow, David R. Maidment, and Larry W. Mays. 1988. Applied Hydrology.
9. Vieux, B.E., Bedient, P.B., 2004. Assessing urban hydrologic prediction accuracy through event reconstruction. Journal of Hydrology, 299(3-4): pp. 217-236.
10. WL| Delft Hydraulics, 2001, SOBEK Software User’s Manual. Delft.
11. Yiran Bai, Na Zhao, Ruoyu Zhang, Xiaofan Zeng, 2019, Storm Water Management of Low Impact Development in Urban Areas Based on SWMM, Water, Vol.11, Issue 1.
12. Yuan-Heng Wang, Yung-Chia Hsu, Gene Jiing-Yun You, Ching-Lien Yen, Chi-Ming Wang, 2018, Flood Inundation Assessment Considering Hydrologic Conditions and Functionalities of Hydraulic Facilities, Water, Vol.10, Issue 12.
13. 內政部建築研究所，2018，極端降雨引致都市洪水即時預警模式與減災調適技術整合應用研究。
14. 行政院農業委員會水土保持局，2017，水土保持手冊。淹水模擬模式比較表
15. 巫孟璇，2013，地文性淹水即時預報模式之發展與應用，水利及海洋工程研究所博士論文，成功大學。
16. 梁可正，2017，「台南仁德多功能滯洪池使用後評估」，都市計劃研究所碩士論文，成功大學。
17. 經濟部水利署水利規劃試驗所，2012，滯洪池之功能檢討與管理評估成果總報告。
18. 經濟部水利署水利規劃試驗所，2015，「臺南市淹水潛勢圖(第二次更新)」。

19. 經濟部水利署第六河川局，2009，「二仁溪治理規劃檢討（縱貫鐵路橋至德和橋、含支流牛稠埔溪）」。
20. 陳志明，賴桂文，鄭文明，2015，應用 SWMM5 模式於滯洪池設計及滯洪功能評估之案例介紹，水利會訊，第 18 期，第 185-204 頁。
21. 臺南市民政局網頁，<https://bca.tainan.gov.tw/News.aspx?n=1134&sms=9845>。
22. 下水道工程設施標準，中華民國內政部營建署全球資訊網，<https://www.cpami.gov.tw/最新消息/法規公告/31-公共工程篇/10397-下水道工程設施標準.html>。
23. 水土保持技術規範，行政院農業委員會水土保持局全球資訊網，https://www.swcb.gov.tw/Laws/laws_more?id=72279a8c50f3445e8d564a8d4577342e。
24. 內政部營建署流域綜合治理計畫網站，<http://iufm.cpami.gov.tw/report/341>。
25. 中部科學工業園區管理局，<https://www.ctsp.gov.tw/chinese/00-Home/home.aspx?v=1>。
26. 高雄市水利局柴山滯洪公園網頁，<http://wrb.kcg.gov.tw/cspool/>。
27. 臺南市政府施政成果網，<http://iufm.cpami.gov.tw/report/341>。
28. 臺南市新市區公所，<http://www.sinshih.gov.tw/index.php>。

應用都市洪水即時預警模式進行滯蓄洪設施整合減
災調適技術研究

出版機關：內政部建築研究所

電話：(02) 89127890

地址：新北市新店區北新路3段200號13樓

網址：<http://www.abri.gov.tw>

編者：羅偉誠、蔡長泰、巫孟璇、翁俊鴻、陳麗貞、
黃智聰、譚禧年

出版年月：108年12月

版次：第1版

ISBN：978-986-5448-64-6（平裝）