

智慧雨水貯集系統作為都市雨洪管理之實地驗證研究

內政部建築研究所協同研究計畫報告

109

年度

智慧雨水貯集系統作為都市雨洪 管理之實地驗證研究

成果報告

內政部建築研究所協同研究計畫報告

中華民國 109 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)

計畫編號：10915B0005

智慧雨水貯集系統作為都市雨洪 管理之實地驗證研究

成果報告

研究主持人：王榮進

協同主持人：廖朝軒

研究員：蔡欣遠、白櫻芳、賴深江、江瑞平

研究助理：黃偉民、劉立群

內政部建築研究所協同研究計畫報告

中華民國 109 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	.....	V
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	.....	3
第三節 小結	.....	14
第二章 文獻蒐集與分析探討	.....	15
第一節 國內雨水貯集系統相關研究	.....	15
第二節 國內雨水逕流抑制對策	.....	18
第三節 國外雨水滯蓄設施之相關文獻	.....	21
第四節 國內雨水貯集系統相關法令與技術規範	...	22
第五節 國內外物聯網通訊系統及相關軟體發展現況	.....	25
第三章 案例蒐集與智慧雨水貯集系統軟、硬體相關設備規劃設計	.....	29
第一節 雨水貯集滯洪設施案例資料蒐集與評估	...	29
第二節 智慧監控與相關軟、硬體設備之規劃設計	.....	35
第三節 智慧雨水貯集系統雨洪管理平台與通訊技術資訊連結與測試	.....	50

第四章 智慧雨洪管理操作模式之案例驗證成果與系統評估	52
.....	
第一節 雨水入流型態設計與其入流量預測準確度分析	53
.....	
第二節 決策操作時距對系統影響性分析	56
第三節 模擬不同降雨強度之入流量之操作成果探討	60
.....	
第五章 結論與建議	63
第一節 結論	63
第二節 建議	64
參考書目	65
附錄一 審查會議	67
附錄二 第一次工作會議	89
附錄三 專家諮詢會議	93

表 次

表 1-1 感測設備之水位計型式差異性比較表.....	8
表 1-2 感測設備之流量計型式差異性比較表.....	9
表 1-3 感測設備之雨量計型式差異性比較表.....	9
表 1-4 網路通訊技術相關資訊彙整表.....	10
表 2-1、國內雨水貯集系統之相關法令與技術規範.....	22
表 2-2、不同廠商物聯網服務平台彙整表.....	27
表 2-3、不同電信商物聯網服務平台彙整表.....	27
表 3-1 新北市○○國中雨水貯集滯洪設施之監測成果彙整 表.....	32
表 3-2 預測入流體積獲取方式.....	37
表 3-3 不同型式之水位計比較表.....	47
表 3-4 不同型式之流量計比較表.....	47
表 4-2 物理試驗模型入流量預測準確度分析表.....	56
表 4-3 物理試驗模型決策操作時距對系統影響性分析表	57
表 4-4 物理試驗模型模擬不同降雨強度之入流量之操作 分析表.....	61

圖次

圖 1-1 智慧雨水貯集系統雨洪管理系統規劃示意圖.....	5
圖 1-2 智慧雨水貯集系統雨洪管理之案場軟、硬體設備操控 流程示意圖	6
圖 1-3 智慧雨水貯集系統雨洪管理操作模式之排洪決策流 程圖.....	7
圖 1-4 研究流程圖	12
圖 1-5 研究進度甘地圖	13
圖 3-1 新北市○○國中現場設施位置分布圖.....	30
圖 3-2 新北市○○國中雨水貯集滯洪設施剖面圖.....	30
圖 3-3 新北市○○國中雨水貯集滯洪設施之排水閘門說明	31
圖 3-4 新北市○○國中雨水貯集滯洪設施之排洪機制流程 圖.....	31
圖 3-5 台北市○○新建工程工程配置圖.....	34
圖 3-6 台北市○○新建工程雨水貯集滯洪設施之機械式排 洪示意圖	34
圖 3-7 慧雨水貯集系統雨洪管理之物理試驗模型示意圖 .	36
圖 3-8 慧雨水貯集系統雨洪管理之物理試驗圖.....	36
圖 3-9 智慧雨水貯集系統雨洪管理模式之理念.....	39
圖 3-10 智慧雨水貯集系統 Matlab 決策模式操作流程	40
圖 3-11 灰色理論預測示意圖	42

圖 3-12 軟、硬體通訊技術資訊連結與測試示意圖.....	51
圖 4-1 智慧雨水貯集系統雨洪操作之物理試驗模型決策操作 流程示意	52
圖 4-2 物理試驗模型雨水入流型態設計之初步測試成果 .	53
圖 4-3 物理試驗模型入流量預測與實測紀錄曲線圖.....	54
圖 4-4 物理試驗模型決策操作時距 30s 之貯水槽內水位與抽 排量變化圖	58
圖 4-5 物理試驗模型決策操作時距 60s 之貯水槽內水位與抽 排量變化圖	58
圖 4-6 物理試驗模型決策操作時距 90s 之貯水槽內水位與抽 排量變化圖	59
圖 4-7 不同模擬降雨強度之出流量與出流量歷線圖.....	60
圖 4-8 模擬一般降雨強度之貯水槽內水位與泵浦操作之抽 排量變化圖	61
圖 4-9 模擬強降雨強度之貯水槽內水位與泵浦操作之抽排 量變化圖	61

摘要

關鍵詞：雨水貯集、雨洪管理、智慧決策操作

一、研究緣起

近年由於氣候變遷而造成短延時強降雨增加，並伴隨急劇發展的都市化和街道化，使得建築物和道路的不透水區域面積的不斷擴大，造成都市雨水排放流量增加而使得淹水事件頻繁，面對未來這種氣候變遷之不定性與都市化的發展，國內外相關政府部門與眾多研究皆針對都市雨洪之問題提出相關對策與解決方法。

自民國 102 年國內營建署頒訂「建築技術規則建築設計施工編第四條之三」規定都市計畫地區新建、增建或改建之建築物應設置雨水貯集滯洪設施；各地方政府依循中央制度分別頒訂相關規則，其內容除規定建築基地最小保水量外，更針對最大排放量訂定規定標準，因此直至目前已有大量建築物針對雨水貯集設施進行設置。然以往雨水貯集系統在規劃滯洪排水係透過儲水槽內起抽水水位與停機水位進行機械式抽排，無法依據不同降雨事件型態進行針對性操作，使系統無法獲得更好的逕流抑制功效，且易使泵浦長時間運作而造成損壞；另外，多數雨水貯集系統在建置後，未對其數據資料進行蒐集與反饋，將系統運作成果進行檢討，且系統在規劃設計階段並未訂定後續維護管理計畫，使得許多系統在建置後無法得知設施設備運作情形，如發生損壞將使系統失去功能。由於國內尚未有相關規定及方法來有效解決上述之問題，故本計畫為提升雨水貯集系統在雨洪管理上的成效與系統永續運作，擬透過智慧監控設備的實際裝設與互聯網路通訊技術的連結而進行相關研究與分析檢討。

本研究案執行期程為十個半月，爰引本所協同研究計畫需求說明，研究計畫之研究旨在完成初步智慧雨水貯集系統雨洪管理平台與通訊技術資訊連結與測試，以及智慧雨洪管理操作模式之驗證檢討。雨水貯集系統智慧監控設備的裝設將優先考慮公有用地，故本研究初期擬與營建署、台北市或新北市政府等進行洽商，選擇合適的案例作為本案實際裝設之案例；然在後續研究的討論，為確保感

測與控制相關設備裝設後能夠如期運作，故本年度將先透過物理試驗模型設置，進行智慧雨洪管理之實地驗證。透過物理試驗模型進行規劃設計與智慧監控軟、硬體設備裝設，並研析監測數據與相關資料連結智慧雨洪管理操作模式與控制端訊息輸出之程式撰寫與相關內容，以及通訊技術的平台連結，進而透過初步的監測與操作之數據分析成果進行智慧雨洪管理操作模式驗證檢討與參數修正，並研提未來發展之建議，做為未來既有滯洪設施裝設與落實智慧雨洪管理系統之參考。

二、研究方法及過程

研究內容初步之 7 項研究內容，研究案之工作項目如下：

1. 案例資料蒐集與評估，選擇合適的驗證案例並針對既有雨水貯集滯洪設施進行檢討分析。
2. 智慧監控與相關軟、硬體設備之規劃設計。
3. 軟體設備之操控程式撰寫與相關內容。
4. 硬體設備選擇並連結智慧雨水貯集系統雨洪管理操作模式。
5. 智慧雨水貯集系統雨洪管理平台與通訊技術資訊連結與測試。
6. 透過初步的監測數據接收與雨洪操作之成果進行智慧雨洪管理操作模式驗證檢討與參數修正。
7. 驗證案例成果與系統評估以及未來發展之建議。

三、重要發現

本研究針對國內雨水貯集滯洪設施之案例進行蒐集與評估，發現目前滯洪設施多透過中央氣象局的豪雨、颱風警戒或設定起抽水位之機械式排洪的方式作為滯洪操作機制，然其需透過人為操作且受設施維管情況而影響設施營運，且在降雨前設施內之雨水貯集量亦將影響設施功效，此抽排機制易造成泵浦長時間抽排之能源損耗，排洪時恰為降雨事件洪峰流量發生期間，將造成排水系統與下游集水區之負擔，另外此系統如未裝設監測設備，將無法確切了解實際抽排情況與其系統是否發生故障。

本年度計畫透過案例實地裝設監測設備，驗證智慧雨洪管理模式之可行性，

故考量實務裝設與模式調校之便，本年度將先透過物理試驗模型做程式驗證，如程式測試無問題，未來可針對既有設施進行案場的實際測試與驗證。藉物理試驗模型架設並進行軟、硬體相關設備規劃設計，完成智慧雨洪管理決策模式與實際控制、監測設備之操作，並針對不同的決策操作間距作逕流體積削減率及節能效益之評估，完成模式驗證檢討與參數修正。設計案例成果顯示，智慧雨洪管理系統於降雨後有效減少逕流體積，並減少泵浦的操作時間，達到本計劃智慧雨水貯集系統雨洪管理之預期成效，將可作為未來落實建築物智慧雨洪管理之參考。

四、主要建議事項

建議一

智慧雨水貯集系統建構與示範點測試：短中期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部營建署、各地方政府

本年度已完成智慧雨水貯集系統雨洪管理之物理試驗模型測試，系統能夠及時掌控入流情況並確實可實施智慧排水操作，提升系統蓄洪能力及逕流體積削減之目的，獲得良好的雨洪管理成效；後續建議落實建築物既有雨水滯蓄設施實施智慧化雨洪管理與系統建置之研究，使建築物雨水貯集滯洪設施實施智慧雨洪管理操作，提高社區(建築)自主防災能力，提前針對豪大雨進行減災操作，減少都市淹水損失。

建議二

建立社區或區域尺度之智慧物聯網雨水貯集系統：長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部營建署、各地方政府

長期建議應強化其應用及加值效益，透過無線感測技術、雲端運算、大數據分析及降雨預警通報機制進行整合，建立社區智慧雨洪管理物聯網，提升洪災預防與應變的機能，使社區雨洪管理朝向智慧化；進而將社區智慧雨洪管理物聯網層級，逐步提升至區域層級，再往上擴充到縣市政府層級的智慧雨洪管理，提供主管機關研擬相關政策之參考及實務界設計之依據。

Abstract

Keywords: rainwater harvesting, rainwater/stormwater management. smart decision and operation

1. Purpose of the research

In recent years, due to climate change, the number of heavy rainfall has increased dramatically. Also with the rapid development of urbanization, the impervious area due to buildings and roads construction has been continuously expanded which leads to increase urban stormwater discharge and frequent flooding. In face of the uncertainty of future climate change and urbanization development, many studies at domestic and abroad have tried to find the solutions and related policies to solve the urban stormwater problems.

With the issue of Article 4-3 in the Architectural Design and Construction section of Building Technical Regulations in 2013, which requires rainwater harvesting systems should be installed in newly, expanded and renovated buildings in urban areas. All local governments have set up their local requirements for rainwater detention volume required and minimum allowable discharge according to the standard released by the central government. Therefore, a large number of rainwater storage facilities have been constructed in recent years in various counties. Traditionally, rainwater detention storage facilities are operated based on mechanical mechanism with initial and terminated water levels in the detention storage facilities. They can't be operated based on real time rainfall distribution. Therefore, effectiveness of stormwater mitigation can't be obtained and time duration of pumping period can't be reduced. Also, no information about current status of those system installed is known after the rainwater detention storage facilities having constructed. To promote the effectiveness and ensure the continuing operation of those systems, further research is needed. The

purpose of this research is to solve those problems by installing smart monitoring system in rainwater detention facilities using smart IOT (Internet of Things) technology.

This research project lasts for ten months period. Based on the requirements of research, this research project primary investigates and sets up the smart rainwater management platform, information communication and connection technology and system testing. To ensure the function of the system and testing procedures, a physical model in laboratory will be set up. In setting up this physical model, planning and design, hardware and software required have been assessed and evaluated. With this physical model, the system performance and major parameters had been tested. The results obtained in this research will provide as an important reference for field application in the future.

2. Methodology and procedures

Seven items are required in the research and are listed and explained as followings:

- Collect and analyze the existed cases using IoT communication systems application in both domestic and foreign countries and theirs related software used in rainwater detention facilities operation.
- Planning and designing relative software and hardware required for smart IOT monitoring and operation system.
- Compose and develop the operation software required.
- Select the hardware required and connect to smart rainwater operation in smart rainwater management system.
- Connect smart rainwater management platform with information communication technology and integrated system testing.
- With monitoring data and results of rainwater operation system to verify the smart rainwater management and operation model and modification of key parameters.
- Smart rainwater management system testing, evaluation, and propose the future application and requirements.

3. Major findings

This research had collected and analyzed the existed projects for rainwater /stormwater harvesting and management in domestic. Those projects showed that the operation mechanism (initial and terminated water level) of rainwater/stormwater management were mostly base on the rainfall forecast by the Central Whether Bureau. The operation of those systems mostly relied on human resources. Operation policies for those systems have reduced the effectiveness of those systems and increased the time period of pumping which will increase the energy consumption. The time of pumping will overlap with the peak time of rainfall. This will increase the volume of flood flow at the downstream. Also, no information about the system during pumping period and malfunction of the system were known.

This research had set up a physical model with monitoring system including hardware and software to verify the feasibility of smart rainwater management system. Once the function of the system is good, this system will be applied to the field with rainwater storage facility in the future. In the testing, different time interval of the operation had been selected to examine flood volume reduction, energy consumption reduction and the major parameters. The results showed that the smart rainwater management system can effectively reduce the flood volume and the time period needed for pumping during the rainfall period. The anticipated goal of the smart rainwater management system can be reached. This system can be applied to smart rainwater management in the future.

4. Major recommendation items

Through this research, following recommendations are made for immediate to short-term and long-term period:

Recommendation 1

Establishment of building-scale smart rainwater management system and carry on field

test: immediate to short-term

Organizer: Architecture and Building Research Institute, MOI

Co-organizer: Construction and Planning Agency, MOI.

Local governments

This research has successfully developed the smart rainwater management model using physical model. This model can forecast inflow for rainwater discharge operation and promote rainwater storage capacity and reduce the volume of surface runoff. In the following, further research is needed to apply this system in the field for the buildings with rainwater storage detention system. Also field test is required to improve the accuracy of smart rainwater management system in flood mitigation. This system can increase the self-defense capacity in the rainwater/stormwater management in the immediate to short-term. This model can also be applied and used in the scale of community, district a/o urban to reduce the flooding damage in the urban areas.

Recommendation 2

Establishment of community-scale a/o regional-scale smart rainwater management system: short- to long-term

Organizer: Architecture and Building Research Institute, MOI

Co-organizer: Construction and Planning Agency, MOI.

Local governments

For short- to long-term, the communication technology, cloud-based data operation, big data analysis and rainfall forecasting technology should be integrated to establish a smart rainwater management system to increase the capacity of flood mitigation and increase the benefits of this system. In the beginning, this system can be applied in a building scale, then community scale and district scale and finally to the urban scale. Finally, this system will become part of flood mitigation system in the urban areas. It will also provide as a reference for local governments in initiating flood mitigation policy and regulations.

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

壹、研究緣起

台灣在每年 11 月至次年的 3 月期間之枯水期，水庫常常面臨缺水之情況，須實施階段限水才得以減緩水庫缺水危機；然而在每年 4 月至 10 月間之豐水期，則是澇災頻繁，都市地區最常仰賴水庫排洪及抽水站解決，但此非解決根本之法。建築物設置雨水貯集系統不但可提供建築物非飲用水之使用，還可降低都市降雨逕流體積與洪峰流量，能紓緩都市洪澇問題。

自民國 102 年國內營建署頒訂「建築技術規則建築設計施工編 第四條之三」規定都市計畫地區新建、增建或改建之建築物需設置雨水貯集滯洪設施，係因應這方面的發展而訂定。部分縣市政府也因應這項發展，除增加雨水貯集滯洪容量標準外，亦頒訂相關設計參考手冊並通過地方自治條例，以有效推動建築物雨水貯集滯洪設施，減少都市豪大降雨造成的淹水損失。另外，隨著網路發展及科技進步，運用物聯網及運端運算連結水資源相關技術，跨域與跨業合作，導入智慧管理工具來應變氣候變遷的影響，已為世界各國水資源政策的新思維。國內目前已開始逐步有相關產業，針對雨水貯集系統結合物聯網及雲端運算技術水質、水量及設施維護之監測管理，但尚未有一套作為雨洪管理之決策操作之管理平台與案例。繼本所於 108 年度「智慧雨水貯集系統在建築物雨洪管理及操作模擬研究」針對雨水貯集系統智慧化所需之相關設備進行型式分析與探討，完成雨水貯集系統之智慧物聯網操作管理模擬模式建立，並初步連結實際降雨進行模擬及操作機制修正，故本年度將此雨水貯集系統之智慧物聯網操作管理模擬模式連結感測設備進行實地操作，透過國內既有建築物之雨水貯集滯洪設施進行模式驗證，並探討其防洪的實際成效，研究成果可作為後續系統操作、通訊技術結合、監測與維護等之相關研究參考，並可提供主管機關研擬相關政策之參考及實務界設計之依據。

貳、研究背景

近年來由於氣候變遷而造成集中豪雨的增加，並伴隨急劇發展的都市化和街道化，使得建築物和道路的不透水區域面積的不斷擴大，而造成都市雨水排放量增加進而使得淹水事件頻繁，面對未來這種氣候變遷之不定性與都市化的發展，國內外眾多研究針對都市雨洪之問題提出解決辦法與相關對策。

以往雨洪管理只靠著末端設置滯洪池來緩衝，並未將雨水貯集系統列入考慮範圍；傳統處理都市雨洪的方法是以末端控管雨水(End-of-the-Pipe Control)，但是此方法較耗費土地及管理維護之資金浪費，集水區內的雨水也較不易掌控，還有大型滯洪池底部淤積的種種問題。現今提倡的雨洪管理的方法，則是以源頭控管雨水(Source Control)來取代傳統的方法，雨洪管理不僅僅在集水區的最末端，而是由一個小鎮、或一個社區、亦或是一棟建築物來實行，這樣不但減少土地與資金的浪費，維護方面比較容易，收集的雨水也利於管理，更能達到雨洪管理的理想目標。建築物實施雨水貯集是源頭控管的方法之一，雨水貯集系統可將降雨在屋頂上的雨水及建築物立面的雨水收集貯存，有效地控制落在建築物上的雨水，減少都市內的雨水逕流，而達到減緩都市洪患壓力及排水負荷之目的。

國內建築技術規則建築設計施工編第四條之三規定都市計畫地區新建、增建或改建之建築物需設置雨水貯集系統，係因應這方面的發展而訂定。部分縣市政府也因應這項發展，除增加雨水貯集滯洪容量標準外，亦頒訂相關設計參考手冊並通過地方自治條例，以有效推動建築物設置雨水貯集系統，減少都市豪大降雨造成的淹水損失。然國內建築師在設計的時候常把雨水供水與防洪二功能分開設計，有許多實務界希望能將這兩種功能合併設計以達較佳效益；本所於 108 年度計畫「智慧雨水貯集系統在建築物雨洪管理及操作模擬研究」完成雨水貯集系統之智慧物聯網操作管理模擬模式之建立，透過雨水貯集系統智慧化所需之相關設備進行型式分析與探討，並初步連結實際降雨進行模擬及操作機制修正，故本年度為提高現有建築物雨水貯集滯洪設施在都市雨洪控制的成效，強化其應用及加值效益，進行雨水貯集系統之智慧物聯網操作管理模擬模式連結感測設備之實地操作，望提高社區(建築)自主防災能力，能於提前針對豪大雨進行減災操作，

減少都市淹水損失。近年來，透過開放性網路共同協作平台及時運作與及時訊息傳輸網路的建置等智慧防災技術已成為國際趨勢。故善用無線感測技術、雲端運算、大數據分析及降雨預警通報機制，建立社區智慧雨洪管理物聯網，提升洪災預防與應變的機能，使社區雨洪管理朝向智慧化。未來可以將社區智慧雨洪管理物聯網層級，逐步提升至區域層級，再往上擴充到縣市政府層級的智慧雨洪管理。

有鑑於前述都市雨洪管理的發展趨勢，建築物雨水貯集系統係為未來都市水資源控制與管理的一個重要項目，如何增進雨水貯集系統對於都市防洪及管理層面之效益，針對系統精進的創新設計及巨量相關資訊連結實屬必然，故藉本次科技計畫「建築與城鄉安全防災韌性科技發展計畫(二)」作「智慧雨水貯集系統作為都市雨洪管理之實地驗證研究」，藉由本案智慧雨水貯集系統裝設與決策操作成果，預期可為雨水貯集系統智慧化管理及未來都市雨洪管理研究參考之重要範疇。

第二節 研究方法與步驟

爰引內政部建築研究所協同研究計畫需求說明研究內容，將研究案之工作項目如下：

研究內容初步之 7 項研究內容，研究案之工作項目如下：

1. 案例資料蒐集與評估，選擇合適的驗證案例並針對既有雨水貯集滯洪設施進行檢討分析。
2. 智慧監控與相關軟、硬體設備之規劃設計。
3. 軟體設備之操控程式撰寫與相關內容。
4. 硬體設備選擇並連結智慧雨水貯集系統雨洪管理操作模式。
5. 智慧雨水貯集系統雨洪管理平台與通訊技術資訊連結與測試。
6. 透過初步的監測數據接收與雨洪操作之成果進行智慧雨洪管理操作模式驗證檢討與參數修正。
7. 驗證案例成果與系統評估以及未來發展之建議。

以下則依據工作項目分述採用之研究方法：

壹、案例資料蒐集與評估，選擇合適的驗證案例並針對既有雨水貯集滯洪設施進行檢討分析

本計畫擬蒐集國內外有關雨水貯集滯洪設施之研究報告與相關文獻，以及國內既有雨水貯集滯洪設施之案場資料與檢討分析，進而選擇合適的驗證案例進行後續研究，其研究方法概述如下：

1. 文獻收集—透過國內外期刊與研究發表之文獻、相關推廣政策、法規及案例進行蒐集彙整，並研究分析其系統架構設計方法與排洪操作策略，作為後續驗證案例系統裝設規劃與滯洪操作決策之參考。
2. 案例遴選—驗證案例以公有建築為原則，擬與內政部營建署、台北市或新北市等相關政府單位進行洽商，取得既有建築物雨水貯集滯洪設施之相關案場資料並進行現場調查與檢討分析，遴選資料取得較完整且利於未來設備裝設與系統操作之案例。
3. 專家技術諮詢及調查—主要針對國內建築物雨水貯集滯洪設施案例之運作情形、遭遇困難、滯洪排水操作情況、監測及智慧通訊技術整合相關技術之建議事項等進行專家諮詢與調查並邀請專家參與座談會。

貳、智慧監控與相關軟、硬體設備之規劃設計

綜整國內外有關雨水貯集滯洪設施之研究報告、國內既有雨水貯集滯洪設施之案場資料與智慧雨洪管理所需相關資訊，將針對驗證案例進行智慧監控與相關軟、硬體設備之規劃設計，其研究方法概述如下：

1. 系統規劃—智慧雨水貯集系統雨洪管理於物聯網在概念上可分為三層架構，由底層至上層分別為感測層、網路層與應用服務層。感測層係利用有線傳輸或感測區域網路的天線與無線存取點傳遞至現場控制器或電腦設備，透過水位、流量警報系統，及遠端或現場的控制，有效的立即進行抽、排水之控制；網路層主要透過通訊技術將感測資訊傳遞至後端主機或應用設備上，也可用於獲取其他相關數據資訊；應用服務層係結合各種資料分析技術及各系統之間的重新整合，

將數據化的資料以圖形、表格、投影的方式呈現給相關部門之管理人員及民眾，可將所有數據整合後，依使用者需求作適當的修正設計，呈現出有效的資訊成果，以達到監控管理的目的，其系統規劃示意如圖 1-1 所示。



圖 1-1 智慧雨水貯集系統兩洪管理系統規劃示意圖
(資料來源：本研究蒐集彙整)

2. 防溢淹緊急措施—為預防智慧雨水貯集系統滯洪設施之相關設備於颱風期間發生排洪不及、設備故障或停電的情形，造成系統失效而發生雨水溢淹之狀況，故本研究擬於系統架構規劃設計時，將針對系統防溢淹之相關緊急措施進行探討，如：備用抽水機啟動機制、入流口防溢淹設計、設置緊急發電機、設備故障警示等，可作為未來智慧雨水貯集系統滯洪設施規劃之參考。

3. 軟、硬體設備—針對案場感測設備之監測數據資料傳輸至控制設備，以及閘道器數據的發送，需透過軟體撰寫進行數據格式轉換與資料輸出，其流程如圖 1-2 所示意，其它詳細的軟、硬體設備相關工作內容如參、肆說明。

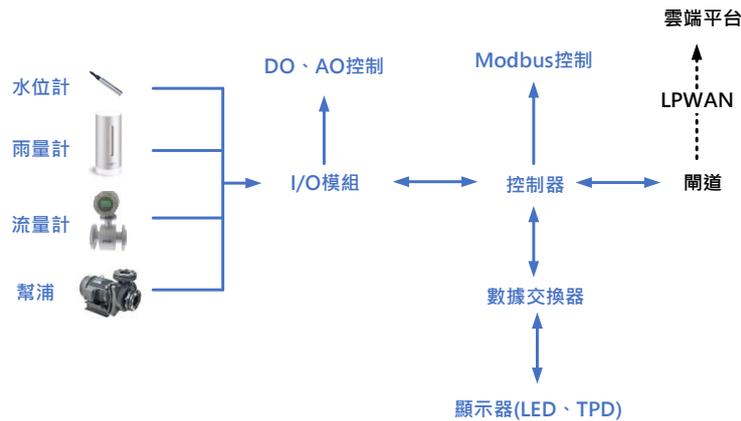


圖 1-2 智慧雨水貯集系統雨洪管理之案場軟、硬體設備操控流程示意圖
(資料來源：本研究蒐集彙整)

4. 通訊技術與後端配置—由於本案雨洪管理係透過雨水貯集系統滯洪設施之即時監測數據傳輸至後端處理，並經模式軟體同步運算後，再將資訊回傳而進行智慧化操控，故在系統規劃上須考量案場雨水貯集滯洪設施之監測數據傳輸至後端處理的速度與穩定性。本研究擬初步探討通訊技術的選擇(如：物聯網路、Wifi、乙太網路等)與其後端資料處理的配置方法(如：電腦主機資料庫、雲端運算資料庫等)，並進行優、缺點評估與適用性分析。

參、軟體設備之操控程式撰寫與相關內容

本案智慧雨水貯集系統之雨洪管理需透過監測設備即時數據傳輸，透過 API 程式撰寫而獲取資訊與其格式轉換，並連結智慧雨水貯集系統雨洪管理操作模式進行運算，進而輸出資訊進行系統回控及後端資料整理，其研究方法概述如下：

1. API 操控程式撰寫—為連結智慧雨水貯集系統之雨洪管理所有資訊傳輸的主要媒介，由監測設備的即時數據接收與格式轉換，輸入控制器運算並由閘道器進行資訊傳送，連結智慧雨水貯集系統雨洪管理操作模式進行運算及後端資料庫儲存，進而經模式運算成果回傳排洪泵浦開關訊息至 I/O 板並執行操作；在使用端方面，透過模式與資料庫數據資訊，擬撰寫程式以圖形、表格、投影等的方式呈現於應用設備上，如手機 APP。由於此程式撰寫涉及資訊工程學相關的專業領域較多，本案為利於計畫的進行與減少錯誤的發生，擬將尋求專業的程式設計人員協助，以順利完成 API 操控程式之建置。

2. 決策模式撰寫—參考本所 108 年「智慧雨水貯集系統在建築物雨洪管理及操作模擬研究」之計畫成果，將透過 MATLAB 軟體進行智慧雨水貯集系統雨洪管理操作模式之建置，透過灰色理論將降雨量、入流量或水位的變化來預測下一時刻之入流量，進而決策是否進行系統排洪並啟閉泵浦開關，使雨水滯洪設施可在每場降雨前進行針對性降雨的滯洪空間預留操作，達到智慧雨洪管理之目的，其模式之決策流程如圖 1-3 所示意。

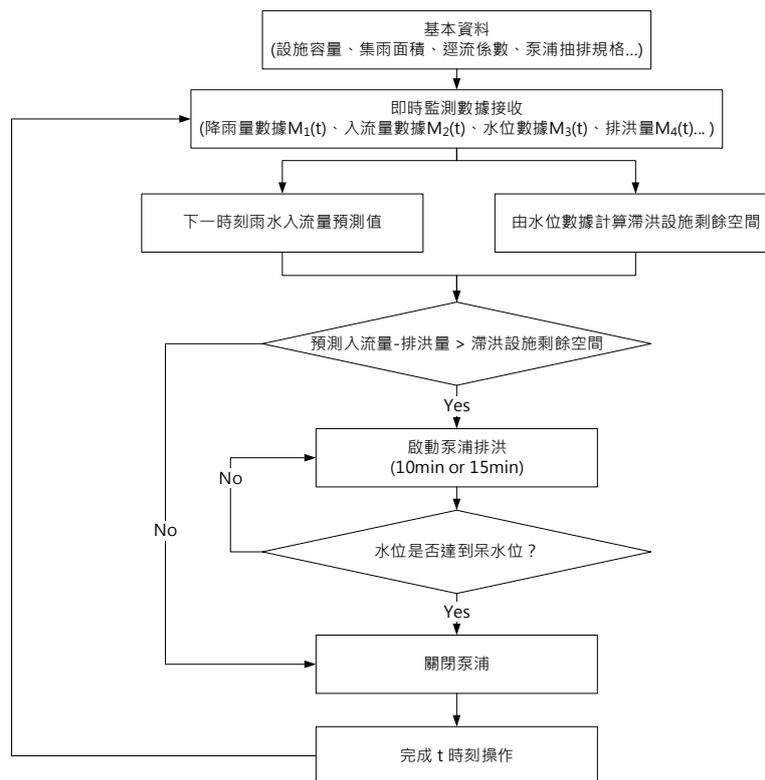


圖 1-3 智慧雨水貯集系統雨洪管理操作模式之排洪決策流程圖
(資料來源：本研究蒐集彙整)

本研究將依據系統硬體裝設方式而進行排洪決策之程式撰寫與測試，其預測方法與排洪決策考慮的內容如下：

(1) (雨量計+)水位計

透過現場裝設雨量計或以中央氣象局 Open Data 之 API 程式碼資訊連結等方式獲得即時降雨量數據，並透過智慧雨水貯集系統雨洪管理操作模式來預測下一時刻之降雨量，並換算為滯洪設施之雨水入流量，進而由水位計即時監測數據換算槽體剩餘空間與預測降雨量之關係，繼而進行系統

排洪決策並回傳泵浦控制開關之訊息。

(2) 入流流量計+水位計

透過滯洪設施之雨水入流管路裝設流量計而獲得即時雨水入流量數據，並透過智慧雨水貯集系統雨洪管理操作模式來預測下一時刻之雨水入流量，進而由水位計即時監測數據換算槽體剩餘空間與預測雨水入流量之關係，繼而進行系統排洪決策並回傳泵浦控制開關之訊息。

(3) 水位計+出流流量計

透過滯洪設施之水位計而獲得即時水位之數據，並透過智慧雨水貯集系統雨洪管理操作模式換算雨水入流量並預測下一時刻之入流量值，進而由水位計即時監測數據換算槽體剩餘空間與預測雨水入流量之關係，繼而進行系統排洪決策並回傳泵浦控制開關之訊息。

肆、硬體設備選擇並連結智慧雨水貯集系統雨洪管理操作模式

硬體設備包括的主要項目為感測元件、通訊元件、控制器、幫浦等，需考慮案例實際情況而進行裝設，並需選擇支援的通訊格式、搭配的通訊技術、通訊元件與其後續應用性等，進而裝設配置與其連結數據及智慧雨水貯集系統雨洪管理操作模式進行測試。本研究感測元件擬需的設備項目包括水位計、流量計、雨量計、泵浦等，相關內容說明如下：

1. 水位計—主要用來感測雨水貯集系統的即時水位。因雨水貯集系統的水位計裝設於儲水槽內，故比較不會有太大的水位波動之情況發生，且不易有外物干擾(如環境溫度、蒸氣、槽內揮發物等)，以及雨水儲水槽內的水位深度通常不會有耐壓的問題，在設備的選擇上可考慮適當的量測範圍、量測精度、成本及接收器的信號類型進行搭配，本研究將水位計各型式的差異性簡易彙整如下表 1-1 所示。

表 1-1 感測設備之水位計型式差異性比較表

	壓力式	超音波	雷達式	浮球式	電磁式
精度	高	中	高	中	中
穩定度	中	差	中	高	中
成本	低	低	高	低	中

維護費	中	高	高	低	低
-----	---	---	---	---	---

(資料來源：本研究蒐集彙整)

2. 流量計—主要針對雨水入流量及雨水出流量(包含溢流量與排洪量)進行數據監測。雨水貯集系統的管路流體為雨水，比較不具溫度、壓力、黏度及異物堵塞的問題，在設備的選擇上可考慮適當的管路口徑、量測範圍、量測精度、成本及接收器的信號類型進行搭配，另外需注意是否需預留足夠的管路長度量測，本研究將流量計各型式的差異性簡易彙整如下表 1-2 所示。

表 1-2 感測設備之流量計型式差異性比較表

	電磁閥型	超音波型	科氏力型	渦流型	葉輪型
價格	高	高	高	低	低
壽命	中	低	長	長	長
抗震能力	差	中	差	差	好
精度	高	低	高	高	高

(資料來源：本研究蒐集彙整)

3. 雨量計—雨量計的裝設盡量選擇廣闊且較無干擾因素的場域，在雨水貯集系統的配置，如建築物附近無此設置條件，在建築物屋頂進行設置是一個好的選擇。一般在雨水貯集系統搭配雨量計是為了進行儲水槽體水量數據的校對，以利維護管理，更可作為未來應用層面的用途；設備的選擇上可考慮適當的解析度、準確度、成本及接收器的信號類型進行搭配，本研究將雨量計各型式的差異性簡易彙整如下表 1-3 所示。

表 1-3 感測設備之雨量計型式差異性比較表

項目型式	成本	解析度	準確度	適應環境能力	受其他因素影響程度
傾斗式	低	中	中	中	低
衡重式	低	高	中	低	高
虹吸式	低	低	中	中	高
光學式	中	中	中	高	中
撞擊式	高	高	高	中	中
微波雷達	高	低	低	中	低
聲波	高	高	高	中	高

(資料來源：本研究蒐集彙整)

4. 泵浦—以既有滯洪設施的原有泵浦為主，做為系統智慧操作的排出口，並

探討其選擇或設計時需考量銜接管路口徑；陸上型泵浦須注意泵浦性能中的出水量、送水揚程及吸入揚程之規格；而沉水型泵浦亦需注意出水量、最高抽水揚程及最低抽水水位之規格，其抽水效率會因設置搭配的方式而有所差異。

伍、智慧雨水貯集系統雨洪管理平台與通訊技術資訊連結與測試

本計畫擬透過雲端網域或主機電腦建立智慧雨水貯集系統雨洪管理平台，將感測元件、控制設備、泵浦、決策模式、API 程式、監測數據亦或外部相關數據等進行資訊連結及系統性整合，並考慮案場情況、資訊傳輸穩定性與其設置經費，考慮透過乙太有線網路或 LPWAN(Low-Power Wide-Area Network，低功率廣域網路)通訊技術來連結案場數據資訊及智慧雨水貯集系統雨洪管理平台，並進行初步連結與測試，使系統能迅速的將監測資料與其決策成果進行資訊傳遞與操作，進而完成雨水貯集系統的滯洪排水操作，達到建築物自動化雨洪管理效果。其國內外常見的 LPWAN 網路通訊技術包括 NB-IoT、LoRa、Sigfox...等，其相關資訊可初步彙整如表 1-4 所示。

表 1-4 網路通訊技術相關資訊彙整表

技術協定	主要推動	成立時間	目前佈建國家	基站連接數目	使用頻段	傳輸距離	傳輸速度	技術範疇	發展情況
SIGFOX	Singfox	2009	17	100萬個	ISB Band Sub-1GHz	市區:10KM 郊區:50KM	100bps	終端設備至前端應用	已發展
LoRaWAN	IBM/Cisco	2015	12	25萬個	ISB Band Sub-1GHz	市區:3~5KM 郊區:15KM	300bps~50kbps	通訊協定	已發展
NB-IoT	3GPP	2016	NA	10萬個	GSM or LTE Band	20KM	~50kbps	通訊協定	發展中

(資料來源：本研究蒐集彙整)

陸、透過初步的監測數據接收與雨洪操作之成果進行智慧雨洪管理操作模式驗證檢討與參數修正

初步透過實際監測數據與雨洪決策操作之成果，針對監測期間之降雨事件進行分類，並對其系統進行成效分析與智慧雨洪管理操作模式驗證檢討與參數修正，其內容說明如下：

1. 系統成效分析—針對雨洪決策操作成果，探討雨水貯集系統之滯洪成效，擬包括洪峰削減率及逕流體積削減率，並討論泵浦的操作時間與系統的蓄水率。

2. 模式驗證與參數修正—藉實際監測數據與智慧雨洪管理決策操作之成果，比較模擬值而進行模式驗證，並透過前述系統成效分析之內容進行模式檢討與其參數修正。

柒、驗證案例成果與系統評估以及未來發展之建議

透過本計畫完成智慧雨水貯集系統雨洪管理之驗證案例與平台，並完成系統成效評估與檢討，預期可獲得比原滯洪設施更好的雨洪控管能力、節能與蓄水率，故最後擬綜整計畫內容並針對後續可進一步研究的內容進行探討，如區域性雨洪控管、多目標管理、使用端手機 App 軟體...等，作為未來發展之建議。

依據工作項目與內容，本計畫之研究步驟如下圖 1-4 所示。

執行計畫流程

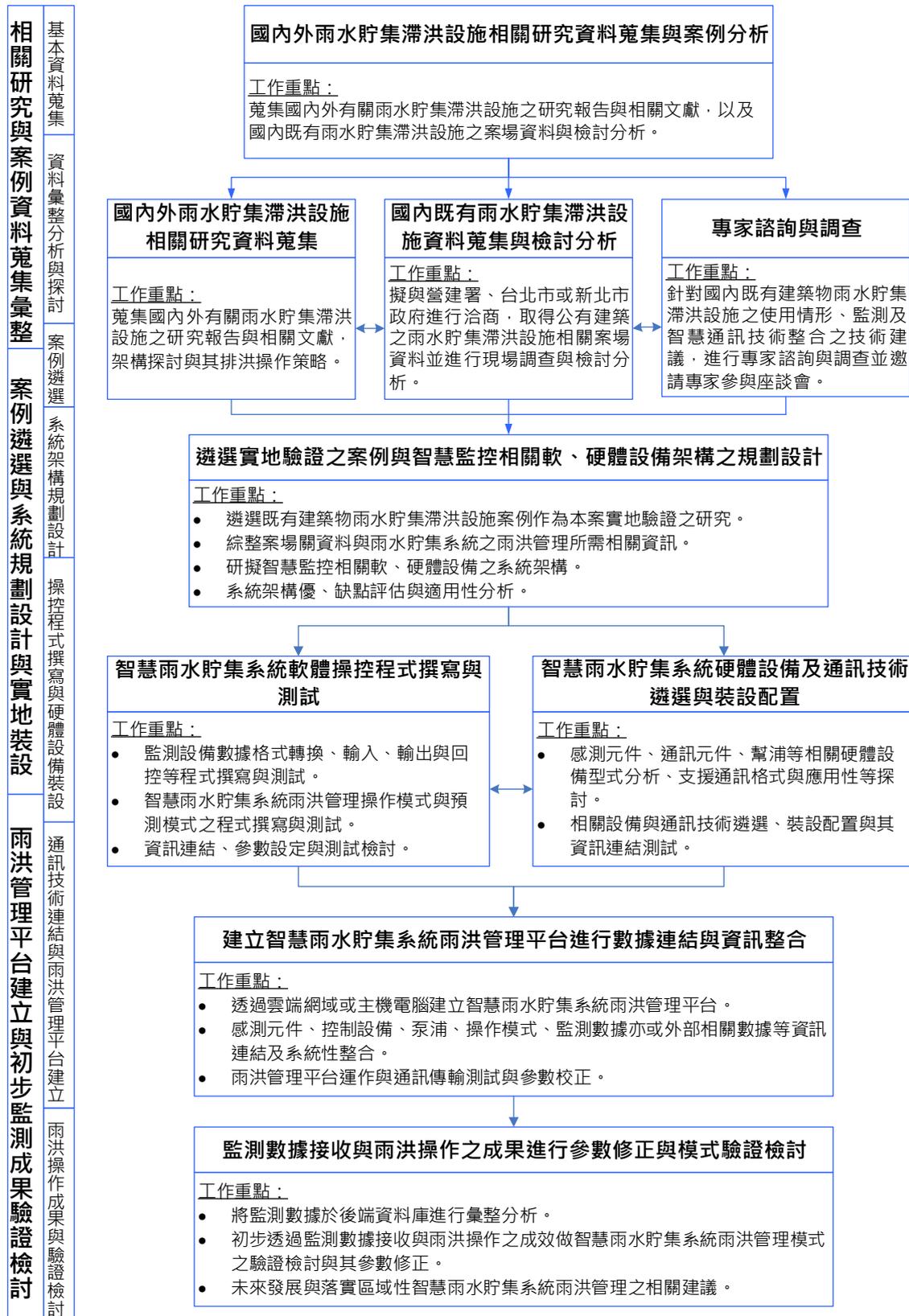


圖 1-4 研究流程圖

(資料來源：本計畫成果)

本年度研究進度甘地圖如圖 1-5 所示。

工作項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	備註
	109年3月	109年4月	109年5月	109年6月	109年7月	109年8月	109年9月	109年10月	109年11月	109年12月	
案例資料蒐集與評估											
選擇合適的驗證案例並針對既有雨水貯集滯洪設施進行檢討分析											
智慧監控與相關軟、硬體設備之規劃設計											
軟體設備之操控程式撰寫與相關內容											
期中報告撰寫 (6/30 前繳交)											
硬體設備選擇並連結智慧雨水貯集系統雨洪管理操作模式											
智慧雨水貯集系統雨洪管理平台與通訊技術資訊連結與測試											
透過初步的監測數據接收與雨洪操作之成果進行智慧雨洪管理操作模式驗證檢討與參數修正											
驗證案例成果與系統評估以及未來發展之建議											
召開座談會											
期末報告撰寫 (10/15 前繳交)											
資料蒐集分析報告修訂及定稿 (12/10 前繳交)											
預定進度 (累積數)	5%	18%	28%	40%	53%	65%	73%	85%	95%	100%	

圖 1-5 研究進度甘地圖

(資料來源：本計畫成果)

第三節 小結

依據本計畫之目的及研究內容，本計畫完成案例資料蒐集與評估、智慧監控與相關軟、硬體設備之規劃設計，以及軟體設備之操控程式撰寫與相關內容，並完成硬體設備選擇並連結智慧雨水貯集系統雨洪管理操作模式，進而完成智慧雨水貯集系統雨洪管理平台與通訊技術資訊連結與測試，透過初步的監測數據接收與雨洪操作之成果進行智慧雨洪管理操作模式驗證檢討與參數修正，並驗證案例成果與系統評估以及未來發展之建議。本計畫工作執行成果概略如下：

- 蒐集分析國內案例資料蒐集與評估；
- 驗證案例選擇並針對既有雨水貯集滯洪設施進行檢討分析；
- 智慧監控與相關軟、硬體設備之規劃設計；
- 軟體設備之操控程式撰寫與相關內容；
- 硬體設備選擇並連結智慧雨水貯集系統雨洪管理操作模式；
- 物理模型測試與校正；
- 驗證案例成果與系統評估以及未來發展之建議

其它詳細執行成果與報告撰寫將分列於後面諸章節說明。

第二章 文獻蒐集與分析探討

本章主要針對本計畫之研究背景、目的及內容，本研究蒐集國內外研究現況及相關研究文獻進行回顧，彙整並進一步就下列五個面向：「國內雨水貯集系統相關研究」、「國內雨水貯集系統相關法令與技術規範」、「都市雨水逕流抑制對策」、「國內外降雨預報及防災預警方式之相關文獻」及「國內外物聯網通訊系統及相關軟體發展現況」，茲分述如下：

第一節 國內雨水貯集系統相關研究

為更有效推動各機關、學校、民間及工業區設置雨水貯集系統，以充分有效利用水資源，政府及相關研究單位對有其設計或應用技術進行了相關之研究。其中包含內政部建築研究所 2018 年「創新建築物雨水貯集滯洪之智慧物聯網操作管理系統規劃」，透過現有已完成之建築物雨水貯集滯洪設施案例收集與分析，探討目前建築物雨水貯集滯洪設施在設計及操作上存在的問題，並進行改造設計，透過長期降雨模擬分析，提出雨水貯集滯洪系統容量設計整合供水及滯洪功能的創新設計，進而初擬智慧物聯網系統而研提智慧雨洪管理系統應用流程，可做為未來建築物雨水貯集滯洪設施的新型設計的參考；2019 年「智慧雨水貯集系統在建築物雨洪管理及操作模擬研究」針對雨水貯集系統智慧化所需之相關設備進行型式分析與探討，完成雨水貯集系統之智慧物聯網操作管理模擬模式建立，並初步連結實際降雨進行模擬及操作機制修正；內政部建築研究所 2013 年「屋頂綠化結合雨水設計與建構維護管理之研究」，該研究主要建立屋頂綠化澆灌需水量及入流量推估方法，並依照推估之成果建立國內屋頂綠化結合雨水貯集之容量計算模式及相關推估步驟；內政部建築研究所 2011 年「生態社區的雨水利用系統規劃技術研究」中，針對內政部建築研究所及其他單位相關報告、專家學者推薦之 12 個社區中選取 4 個社區進行現勘，並提出本土生態社區雨水相關問題。苗栗縣政府（SBIR）2014 年「綠屋頂整合雨水利用系統創新應用」，該研究報告於國立臺灣海洋大學河海工程學系二館屋頂建置一套的「屋頂綠化整合雨水貯集系統物理性試驗平台」實驗分析屋頂綠化結合雨水貯集系統於澆灌之可行性分析；

經濟部技術處 1997 年委託工業研究院能源與資源研究所進行「雨水貯留供水系統最適化利用技術報告」，該研究建立了雨水貯蓄供水系統可行性評估及最適化技術作業準則；江育銓 2015 年「區域雨水利用潛勢、容量設計及雨洪管理策略」，該論文針對雨水利用潛勢計算方式及容量設計提出一套算法，並對新北市透水城市提出雨洪管理策略；經濟部工業局 2011 年編撰「產業節水與水再生技術手冊」，該手冊針對老舊工業區之主要產業進行節水及水再生技術手冊彙編，手冊中主要針對於用水回收再利用及廢水回收再利用介紹較多，雨水貯留利用系統觀念較少；經濟部水資源局於 2000 年出版了「雨水貯留及中水道二元供水系統」應用手冊，手冊中對於屋頂雨水貯集供水系統及中水道二元供水系統利用觀念與設計步驟流程進行介紹；另外台灣雨水利用協會於 2002 年出版了「雨水利用參考指南」，手冊中對於屋頂雨水貯集供水系統概念及設計注意要點進行介紹；除此之外，經濟部水利署於 2004~2005 年對於澎湖、小琉球、金門與馬祖等離島地區進行離島地區雨水貯蓄利用規劃，並針對各離島之水文及地文等特性出版了「雨水利用規劃手冊」作為當地政府及民眾設置雨水利用設施參考；此外經濟部水利署於 2006 年委託財團法人工業技術研究院進行之「節水環境建構與推廣計畫」中對台灣地區各縣市之建築物、公園、綠地等土地使用分區進行雨水潛勢初步估算；經濟部水利署 2012 年委託社團法人中華民國低碳環境學會執行「雨水貯留系統評估工具建置計畫」中所建置的雨水評估工具，主要建置雨量站資料進以輸入雨量再進行模擬，而用水資料則是以分為室內與戶外用水，分別為馬桶沖洗用水以及澆灌用水；經濟部水利署水利規劃試驗所 2014 年「離島區域家戶二元供水系統推動計畫規劃-澎湖地區」中於澎湖地區之適宜地區推動二元供水系統，以提高水資源運用效率；對於國內雨水貯留應用之推廣大有助益。以下則針對其中重要報告成果進行說明：

1. 雨水貯留集中水道二元供水系統

經濟部水資源局於(2000)出版「雨水貯留及中水道二元供水系統應用手冊」，供建造雨水貯留供水系統部分包括概論、設計原則、雨水貯留供水系統維護與管理及設置實例介紹。應用手冊之設計原則係以屋頂集水為主，設施包括集水區域、導管系統、初期雨水簡易處理系統、簡易過濾設備及貯水設施，手冊中並提供各

縣市不同降雨效率係數之供水可靠度計算公式，以供參考。

2. 雨水利用參考指南

雨水利用參考指南（2002）係由台灣雨水利用協會所編撰，內容包含水資源利用危機，雨水貯集利用歷史發展、型式、規劃與設計原則及注意要點、雨水貯留供水系統維護與管理及設置實例介紹，可提供雨水貯集利用設置規劃之參考用。參考指南之設計原則係以屋頂集水為主，設施包括集水區域、導管系統、初期雨水簡易處理系統、簡易過濾設備及貯水設施，手冊中並提供雨水利用相關單位資訊，以供查詢參考用。

3. 屋頂綠化結合雨水設計與建構維護管理之研究

國立臺灣海洋大學（2014）建立屋頂綠化澆灌需水量及入流量推估方法，並依照推估之成果建立國內屋頂綠化結合雨水貯集之容量計算模式及相關推估步驟。模式計算成果可繪出自來水替代率與設計儲蓄容量曲線，為選擇其提高每單位儲蓄容量可產生最高效率之設計儲蓄容量量效率為選擇設計儲蓄容量量之依據，並利用微分導數原理求效率設計點，導數探討函數的變化情形，依此尋找出最佳效率之設計儲蓄容量。

4. 生態社區的雨水利用系統規劃技術研究

內政部建築研究（2011）所已提出 10 種社區雨水利用規劃技術，如屋頂雨水貯集系統適用於都市鄰里單元社區、集合住宅社區與鄉村社區等既成社區及新社區；雨水收集結合入滲系統適用於都市鄰里單元社區、集合住宅社區與鄉村社區等既成社區及新社區；雨水收集結合污水回收適用於既成社區、新社區，社區中有大型或公有建築物、學校及政府單位等；公路逕流收集系統適用於坡地社區；地形雨水截留適用於坡地社區；區域雨水應用適用於高需水量用水之社區，並具地形集水之潛勢；開闊地雨水收集適用於多數社區需增加雨水收集量；田間雨水貯留工程適用於鄉村社區與農村聚落；入滲廊道適用於濱海社區與霧氣收集系統適用於鄉村及開闊區域社區。

5. 區域雨水利用潛勢、容量設計及雨洪管理策略

目前國內外對雨水潛勢並無明確定義及共通性語言，故江育銓（2015）考慮建築物特性、水文、經濟及生態等因子將雨水潛勢定義為下列三類分別為：理論潛勢、可利用潛勢及環境可承受潛勢。作者並以全國為研究範圍，估算全國雨水潛勢；設置建築物雨水貯集系統最重要的組成在於貯蓄容量的設計，而貯蓄容量設計最主要影響因子為雨量資料，但並非每個區域內皆有具代表性雨量站資料，故造成貯蓄容量設計上相當大的困擾。本研究以台灣北部為研究範圍，建立區域雨水貯集系統貯蓄容量設計方法，考慮建築物需水量、有效集雨面積及降雨量等因子建立無因次貯蓄容量設計曲線；作者並針對新北市透水城市提出雨水利用之策略。

6.綠屋頂整合雨水利用系統創新應用

該研究計畫（2014）於國立臺灣海洋大學河海工程學系二館屋頂建置一套的「屋頂綠化整合雨水貯集系統物理性試驗平台」，以假儉草為例，以陶石改良介質層與蓄排水層，增加土壤通透氣與保水能力，並達到調整水質酸鹼度之功用。進而結合雨水貯集系統，收集雨水及澆灌溢流水，透過 UF 濾膜及碟片過濾器進行水質處理，並針對四個檢測點進行 10 項水質參數之檢測及監測收集水量。研究結果顯示，透過改良之介質層與蓄排水層達到良好的成效，過濾系統污染物處理皆可達到良好的水質標準，而且發現雨水利用系統能有效減少綠屋頂之需水量，減輕都市用水的壓力。

7.離島區域家戶二元供水系統推動計畫規劃-澎湖地區

該計畫（2014）主要在探討澎湖地區推動二元供水系統之可行性，以提高水資源運用效率，將水質要求較低的生活次級用水（如沖廁、澆灌）改由成本較低廉的再生水或雨水貯集加以替代，避免發生處理成本昂貴的海淡水作為生活次級用水的資源浪費情況，同時配合低碳島示範計畫，逐步達到水資源循環利用及低碳建設等水資源目標。

第二節 國內雨水逕流抑制對策

建築基地開發後不透水區域擴大，往往是導致洪峰、逕流量增加而對區域排水系統或鄰近環境造成衝擊；因此對於建築基地新開發、改建或增建等，應要求

控制開發後的過多逕流，故應以「零增量」觀點進行規劃，即以消減開發之「洪峰流量增量」、「逕流體積增量」為減洪目標。相對的既有之社區或建築基地，若改建、修建及增建行為而增加原基地之地表逕流量，應另以消減「增加之逕流量」為減洪目標，使之不超過既有之排水系統能力為規劃目標（資料來源：社區及建築基地減洪防洪成效評估模式及審議機制研究，內政部建築研究所，2013）。

目前國內建築基地開發所需之「雨水貯集量及允許排放流量」標準，主要依據內政部營建署「建築技術規則建築設計施工編，2012」之規定，其對策量建議「除建築基地面積三百平方公尺以下及未增加建築面積之增建或改建部分者外，應依規定，設置雨水貯集滯洪設施，其雨水貯集設計容量不得低於：(1)新建建築物且建築基地內無其他合法建築物者，以申請建築基地面積乘以 $0.045 \text{ m}^3/\text{m}^2$ ；(2)建築基地內已有合法建築物者，以新建、增建或改建部分之建築面積除以法定建蔽率後，再乘以 $0.045 \text{ m}^3/\text{m}^2$ 」。

內政部營建署「水環境低衝擊開發設施操作手冊編製與案例評估計畫，2015」成果中說明，都市防洪中，LID（低衝擊開發技術）設施係屬都市暴雨管理中之微處理設施，屬源頭控制之小尺度暴雨管理，故無法僅由 LID 設施負擔目標迴歸年降雨條件下削減暴雨逕流之責任，或取代原有排洪系統之功能；而其相關減洪措施之定位則可以是依據「某特定目標年下（如都市雨水下水道之設計基準 5 年重現期距）之部分負擔量」作為其減洪目標；其中技術設施之設計對策量應為回復開發前水文狀況，並進一步定義為：(1)已開發或破壞區域-以恢復短草或草原之土地利用型態為開發前狀況，及(2)未開發或仍保有良好植栽綠地區域-則以保持原有逕流特性為目標。

臺北市「雨水下水道逕流量標準及流出抑制設置設施原則，2012」，其最小滯留量及允許放流量計算訂定方式，係參考以日本「東京都雨水滯留・浸透設施技術指針」規範設計方法，以設計雨型及允許放流量為基礎建立規範。允許放流量應依水體承受系統而定，目前依 108 年 2 月 19 日公告之「出流管制計畫書與規劃書審核監督及免辦認定辦法」，針對中央管區排水辦理土地開發利用或變更使用計畫，至增加中央管區域排水（以下簡稱排水）之逕流量者，應回歸其治理計畫標準，故允許放流量原則採既有下水道設施（抽水站）排放能力為依據。其

中允許放流量設計主要基於二個觀點出發，一是土地開發時，開發人有義務將土地係數回歸到開發前狀態，其二是基於提高都市計畫區保全水準觀念，在下水道已完成情況下，藉由雨水貯集方式，提高區域保全水準；而既有下水道設施（抽水站）排放能力則成為雨水貯集規劃排放之放流限制。然都市計畫雨水下水道範圍內之開發，則應考量下水道系統承受能力，目前臺北市下水道及抽水站系統均以 5 年重現期降雨建立，故下水道（抽水站）最大容量當可視為設計之允許排放量。

新北市政府「新北市都市計畫規定設置雨水貯留及涵養水分再利用相關設施申請作業規範」中規定，基地開發最小貯留量以建築申請基地面積乘以係數 $0.05 \text{ m}^3/\text{m}^2$ 計算貯留體積；允許放流量則是以建築申請基地面積乘以係數 $0.000019 \text{ cms}/\text{m}^2$ 計算。設計放流量範圍介於 0.85 倍允許放流量及允許放流量之間。此外，在新制（草案）上將參考新北市人口密集及較都市化之行政區，並以 5 年暴雨頻率分析結果（80mm/hr），以 1 小時零出流為主要目標值，作為新北市開發基地設置透水、保水及雨水貯留（再利用）等相關設施之依據；且基地開發最小貯留量以建築申請基地面積將可能提升至乘以係數 $0.08 \text{ m}^3/\text{m}^2$ 計算貯留體積。

而「林口台地排水檢討改善及滯洪池設置規劃報告書」成果指出，由於國內都市雨水下水道以 5 年頻率保護標準，故建議台灣北、中、南及東區域將以都市計畫區保護標準可由 5 年提升至 10 年、25 年或 50 年進行分析，然目前仍是以 5 年頻率保護標準為主。

內政部建築研究所「都市計畫通盤檢討減洪調適策略規劃手冊，2017」結合近年經濟部水利署、國家災害防救科技中心積極繪製之淹水潛勢圖資，及各縣市政府相關規劃圖資數位化之成果，整合水利評估模擬技術及空間規劃可行策略，引導從業人員透過資料調查與蒐集、圖資套疊及預測分析，在空間規劃內容中利用土地使用管理、開放空間系統設計等方法，進行減洪調適工作，可有效支援專業人員防洪減災規劃設計實務需求，也能強化都市計畫通盤檢討相關法規之落實執行，藉由結合政府及民眾力量，循序漸進共同建構永續生活城市，提升民眾居住安全及生活品質。

第三節 國外雨水滯蓄設施之相關文獻

2005 年 Mascarenhas, F.C.B. et al. 研究中考慮不同地表類型之透水率，並利用 OSD(On-site Stormwater Detention System)系統分別比較容量 1 噸及 2 噸之雨水滯蓄設施建置前後之逕流量，成果中指出建立雨水滯蓄設施的重要性，並提出增加容量的優點。

2010 年 Burns, M.J. et al. 利用不同地貌型態、設計需水量、雨水滯蓄設施等不同參數之小型集水面積，透過 MUSIC(Model for Urban Stormwater Improvement Conceptualization)模擬澳洲墨爾本地區乾季與雨季的逕流變化，成果顯示雨水滯蓄設施的設置可有效削減雨水洪峰流量，建議未來應設置分散型的雨水滯蓄設施減少洪水風險。

2015 年 National Water Agency 規定工業、商業、機關和住宅發展之基地面積大於或等於 0.2 公頃，必須進行滯滯洪峰設施之管制，其允許排放量以逕流係數 0.55，與 10 年重現期暴雨及降雨延時 4 小時估算，並且該基地使用機關須提出雨水滯蓄設施相關的操作標準作業流程。

2015 年 Holly Piza 指出透過雲端計算技術之基礎，建立雨水滯蓄設施自動化的控制系統，並連結降雨量預測模式，可有效提升原有雨水滯蓄設施滯洪及供水效益。

2017 年 Blinco, L.J. et al. 提出替代水源(雨水)的整體分析及優化的供水、配水系統框架，內容包括政府或民眾的運行策略及標的分析，提供用戶開發或優化原有的系統。

2018 年 Di Matteo, M. et al. 說明為了增加雨水滯蓄設施的調適能力，應避免一味增加容量提升滯洪效益；其研究中結合 SWMM 與多目標遺傳算法開發一套模擬優化模型，該模型藉由兩個雨水滯蓄設施孔口開關的操作，建立新的重力排放機制，在 100 年重現期，降雨延時 24 小時的暴雨中，獲得良好的模擬結果，大幅提升原有雨水滯蓄設施的滯洪效益。

2018 年 Han, M.Y. and Nguyen, D.C. 建立一套雨水貯集系統的設計手冊，從設計降雨型態分析、降雨模式選定、逕流演算、雨水滯蓄設施型式等進行一系列

的探討，並以六種不同的雨水滯蓄設施型式為例，利用不同的需水量、容量大小、面積等參數，探討雨水滯蓄設施滯洪及供水效益，並提出未來雨洪管理的願景及應用可行性。

第四節 國內雨水貯集系統相關法令與技術規範

國內有關雨水貯集系統之相關法令與技術規範依中央、台北市、新北市、桃園市、台中市、台南市及高雄市等六個直轄市政府之施作執行重點摘要內容分別彙整如下表 2-1 所示：

表 2-1、國內雨水貯集系統之相關法令與技術規範

法令與技術規範		內容
中央法規	營建署 建築技術規則建築設計施工編 108.11 修正	4-3 條 第一項設置之雨水貯集滯洪設施，其雨水貯集設計容量不得低於下列規定： 一、新建建築物且建築基地內無其他合法建築物者，以申請建築基地面積乘以 0.045（立方公尺／平方公尺）。 二、建築基地內已有合法建築物者，以新建、增建或改建部分之建築面積除以法定建蔽率後，再乘以 0.045（立方公尺／平方公尺）。
	營建署 建築基地保水設計技術規範 108.12	2.1 為改善土壤生態環境、調節環境氣候、降低區域洪峰、減少洪水發生率，提供建築基地涵養雨水及貯留滲透雨水的設計標準。 2.2 本規範以代表建築基地涵養水分及貯留滲透雨水能力的基地保水指標 λ 為評估指標。 2.3 提供基地保水用詞定義、適用範圍、評估基準保水項目設計相關規定及送審資料。
	營建署 建築物雨水貯留利用設計技術規範 108.12	建築物雨水貯留利用設施之雨水貯留利用率 R_c ，應大於建築技術規則建築設計施工編第三百十六條所訂之雨水貯留利用率基準值 R_{cc} ，同時其雨水儲水槽設計容積 V_s 必須大於最小雨水儲水槽容積 V_{sm} 。
	水利署 建築物設置透水保水或滯洪設施適用範圍及容量標準 108.03	第 1 條 本標準依水利法第八十三條之十三規定訂定之。 第 4 條 都市計畫地區建築物新建、改建基地面積超過三百平方公尺，應設置透水、保水或滯洪設施。 第 6 條 建築物設置透水、保水或滯洪設施之容量標準，應符合之最小滯洪量標準為建築基地面積乘以零點零四五（立方公尺／平方公尺）
水利署	排水管理辦法 109.06	管理機關對轄區內各區域排水，應於每年一月底前會同有關機關詳實普遍檢查，其檢查項目如下： 一、區域排水建造物損壞情形及應予加強或改善之措施。 二、區域排水設施附屬建造物及沿排水閘門、各圳渠閘門等之開閉效能靈活程度及各該管單位人員聯繫協調情形。 三、妨害區域排水防護或危害區域排水安全之使用行為。 前項第一款或第二款之檢查，如發現損壞、故障致影響其功能者，應於汛期前修補完成。但無法於汛期前完成者，應為必要之應變措施；其有第三款行為時，應即依法處理。
地 臺	臺北市下水道管	第一章第六條 雨水下水道及其附屬設施，應維持既有功

方法規	北市	理自治條例 101.02	<p>能.....市政府得隨時派員檢視雨水下水道及其附屬設施....。</p> <p>第一章第九條 基地開發時，基地使用人應依排入雨水下水道逕流量標準，排放雨水逕流。</p> <p>前項標準由市政府定之。</p> <p>基地使用人對依第一項規定而設置之相關流出抑制設施應負維護責任。</p> <p>第五章第二十二條 有下列情形之一者，處新臺幣五萬元以上十萬元以下罰鍰：</p> <p>二 未維持雨水下水道及其附屬設施既有功能之行為人、使用人、占有人、土地所有人或管理人。</p> <p>第五章第二十三條 有下列情形之一者，處新臺幣一萬元以上五萬元以下罰鍰：</p> <p>一 違反第五條第二項規定，規避、妨礙或拒絕市政府改善維護行為。</p> <p>二 未依第八條第二項規定，限期改善完畢之雨水下水道及其附屬設施之所有人。</p> <p>四 未依第九條第三項規定，維護相關流出抑制設施之基地使用人。</p> <p>五 未依第十條規定，維護坡面逕流導引設施之土地經營人、使用人或所有人。</p>
		臺北市基地開發 排入雨水下水道 逕流標準 102.10	<p>第四條 基地開發有下列各款情形之一者，其基地使用人應依本自治條例第九條規定設置雨水流出抑制設施：</p> <p>(1)建築物新建行為</p> <p>(2)建築物改建行為</p> <p>(3)增加建築物第一層樓地板面積行為</p> <p>(4)其他經水利處認定之開發行為</p> <p>第六條 基地開發增加之雨水逕流量，透過雨水流出抑制設施，應符合最小保水量及最大排放量。前項所指最小保水量以基地面積每平方公尺應貯留 0.078 立方公尺之雨水體積為計算基準；最大排放量以基地面積每平方公尺每秒鐘允許排放 0.0000173 立方公尺之雨水體積為計算基準。</p>
		臺北市公共設施 用地開發保水作 業要點 95.07	<p>五、前點公共設施用地之建築行為須送審建造執照或雜項執照者，由本府主管建築機關併入申請執照機制辦理；其餘案件由各公共設施用地開發主辦機關審查。</p> <p>依前項送審時，需檢具下列文件：</p> <p>(一)公共設施用地開發保水評估總表。</p> <p>(二)明確標示鋪面工法之用地配置平面圖。</p> <p>(三)評估說明書、圖（內容包括評估過程相關面積、公式計算表）。</p>
		臺北市公共設施 用地開發保水設 計技術規範 95.07	<p>一、公共設施用地開發保水指標係指公共設施用地開發後之土地保水量與開發前自然土地之保水量之相對比值。</p> <p>二、評估基準：</p> <p>公共設施用地開發之保水指標計算值應依下式計算，其保水指標計算值 λ 必須大於基準值 λ_c</p>
		臺北市市有新建 建築物設置雨水 回收再利用實施 要點 94.10	<p>四、本要點所稱雨水貯留利用率，指在建築基地內所設置雨水貯留設施之雨水利用量與建築物總用水量之比例。</p> <p>五、市有新建建築物設置雨水貯留再利用系統，其設計之雨水貯留利用率，應參照建築技術規則建築設計施工編錄建築專章之相關規定；其管理維護計畫，應參照建築物雨水貯留設計技術規範。</p> <p>六、市有新建建築物檢送雨水貯留再利用系統之送審資料，應符合建築技術規則建築設計施工編錄建築專章、建築物雨水貯</p>

		留設計技術規範及建築技術規則建築設備編等相關規定。
	臺北市綠建築自治條例 109.07	<p>第三條</p> <p>(1)適用建築技術規則建築基地保水規定者，其建築基地保水設計指標應大於 0.55 與基地內應保留法定空地比率之乘積。</p> <p>(2) 總樓地板面積達五千平方公尺以上者，應設置雨水貯留利用系統或生活雜排水回收再利用系統。但建築物之使用用途為衛生醫療類者，不在此限。</p>
	新北市透水保水自治條例 105.12	<p>第四條 本市各基地之間發，除有下列情形之一者外，應設置透水保水設施：</p> <p>適用水土保持法開發之基地範圍。</p> <p>興建基層面積小於三百三十平方公尺之農舍。</p> <p>全年平均地下水位距離地表小於一公尺。</p> <p>公共設施用地中之河道、港埠、上下水道、車行道路。</p> <p>第八條 透水保水義務人對依都市計畫規定設置之透水保水相關雨水貯留設施，應負下列維護責任：</p> <p>(1) 、達一定規模以上之貯留設施，每年於五月一日前至少一次委託專業技術團體維修、檢查，並維持正常運作，其有損壞或阻塞，應立即修繕及清淤。</p> <p>(2) 於中央氣象局發布北部區域列入海上颱風警報警戒範圍由或豪雨警報以上等級後，應自行檢查清淤，以維持功能</p>
	新北市透水保水技術規則 106.11	<p>第二條本規則用詞定義如下：</p> <p>二、 基地最小透水保水量：指以申請基地面積(平方公尺)乘以零點零八(立方公尺/平方公尺)計算之滯洪、貯集及入滲總量體。</p> <p>十三、 雨水貯留再利用設施：指利用建築物屋頂或其他設施，將雨水收集貯留後再利用之設施。</p>
桃園市	桃園市建築管理自治條例 105.12	<p>第二十四條</p> <p>本市都市計畫整體開發、都市更新、鄰近山坡地及低窪淹水潛勢地區，其申請建築基地或新建建築物之規模達本府公告標準者，應依建築技術規則規定設置雨水貯留利用系統及雨水貯集滯洪設施。</p>
	桃園市雨水下水道管理自治條例 106.01	<p>第九條 基地開發時將產生之排水直接排入雨水下水道者，基地使用人應檢具排水計畫向水務局申請，經核定其排水量後，應依核定之排水量排放。</p> <p>基地使用人對依前項規定而設置之相關流出抑制設施應負維護責任。</p> <p>第一項之排水量應依雨水下水道逕流量標準核算；其標準另定之。</p>
臺中市	臺中市雨水下水道管理自治條例 102.10	<p>第七條 建築基地開發時將產生之排放水直接排入公共雨水下水道者，應填具申請書檢附相關文件，向水利局申請，經同意並核定其排放水量後，依核定之排放水量排放。</p>
臺南市	臺南市設置雨水回收系統之最小雨水貯留量評估標準 101.05	<p>1. 最小雨水貯留量(m³) = 基地面積(m²) × 0.119(m)，其他法令另有規定者從其規定。</p> <p>2. 檢核數值：雨水回收儲水槽容量 > 最小雨水貯留量。</p> <p>3. 須提出雨水回收之再利用計畫。</p> <p>4. 雨水回收儲水槽平時須為空槽，不得以自來水滿補注，以備隨時儲存暴雨。</p>
	臺南市低碳城市自治條例第十八條規定應設置防	<p>第三條 新建建築物且建築基地內無其他合法建築物者。依前點設置之雨水貯集滯洪設施，其雨水貯及設計容量不得低於下列規定：</p> <p>(1)建築基地面積 300 平方公尺以上未達 1000 平方公尺者，以建</p>

	洪或雨水貯留設施之建築行為規模 102.06	築基地面積乘以 0.01(平方公尺/平方公尺) (2)建築基地面積 1000 平方公尺以上未達 2000 平方公尺者，以建築基地面積乘以 0.02(平方公尺/平方公尺) (3) 建築基地面積 2000 平方公尺以上未達 3000 平方公尺者，以建築基地面積乘以 0.03(平方公尺/平方公尺) (4)建築基地面積 3000 平方公尺以上未達 4000 平方公尺者，以建築基地面積乘以 0.04(平方公尺/平方公尺) (5)建築基地面積達 4000 平方公尺者，以建築基地面積乘以 0.045(平方公尺/平方公尺)
高雄市	高雄市綠建築自治條例 107.03	第四條 總樓地板面積八千平方公尺以上者，應設置雨水貯集設施。 第十四條 貯集容積應達新建、增建或改建之建築面積（平方公尺）乘以零點一三二（公尺）。但地下室開挖面積大於建築面積者，貯集容積應達地下室開挖面積（平方公尺）乘以零點一三二（公尺）。

(資料來源：本團隊蒐集彙整)

第五節 國內外物聯網通訊系統及相關軟體發展現況

1998 年美國麻省理工學院 Auto-ID 中心主任 Kevin Ashton 首次提出物聯網 (Internet of Things, 簡稱 IoT) 一詞，即將全球化的網路基礎建設透過資料擷取以及通訊能力，連結實體物件與虛擬數據，進行各類控制、偵測、識別及服務。2005 年 11 月 17 日，世界資訊峰會上，國際電信聯盟發布了《ITU 網際網路報告 2005：IoT》，其中指出「IoT」時代的來臨。

物聯網的發展過程可簡易地分為三個階段，第一階段為終端連結，即機器對機器(Machine-to-Machine, M2M)，RFID 被廣泛應用於物流、零售和製藥領域的連接裝置，然而缺少資料儲存與資料交換的能力；第二階段為服務平台，主要為雲端運算、產品即服務、裝置與網路安全、大數據分析、聚焦於整合軟體功能和應用程序等的半智能化，然而資料智慧分析與增值應用架構仍尚未健全；在第三階段為智慧應用服務，運用人工智慧(AI)來改變智慧裝置，在沒有人為干預的情況下，能直接對環境的變化做出反應，透過應用軟體的整合、機器學習及 AI，以提供完整的將進入全智能應用的認知運算(Cognitive computing)及預測運算(Predictive computing)。

目前物聯網技術運用在公共安全、環境監控、能源管理、交通運輸、工業生產、物流零售、醫療照顧或家庭活動等，各應用領域都與物聯網有緊密的關係，而維繫整個物聯網應用體系能夠順利運作，其核心就是系統軟體。軟體或系統程

式在物聯網應用中，涵蓋範圍從核心晶片的設計、裝置產品的韌體到系統應用的程式。物聯網的系統軟體可分為三個層次，分別是核心（晶片）層、裝置產品層及系統應用層。其中核心（晶片）的系統軟體包括產品設計平台、韌體、驅動程式等；裝置產品層則包括嵌入式系統、作業系統、韌體、特定領域應用程式等範疇；至於系統應用層方面，則是以各式領域別應用系統或產品操控系統為主。(資策會 MIC 研究團隊，2016)

2012 年內政部消防署推動期程為五年的大規模災害防救災雲端計畫，預計於 2016 年完成，其架構主要分為三大項，分別為「防救災雲端資料平台」、「防救災應變服務平台」及「防救災訊息服務平台」(內政部消防署，2012)；並於同年完成「防救災資訊系統暨消防資訊整合更新再造計畫委外規劃」；2013 年 NEC(Nippon Electric Company)協助消防署進行「防救災雲端計畫」中之防救災應變暨資料服務平台建置，並透過該計畫之雲端資料中心提供服務(SaaS)，該系統可與其計畫之訊息平台系統介接，當災害發生時，可將重大資訊透過電視、廣播、網路、行動端末、數位電子看板等媒介，迅速公開發布相關消息；2014 年完成防救災雲端資訊系統(Emergency Management Information Cloud, EMIC)，以「災情通報行動化，防災地圖網路化」為目標，將村或里的防災疏散圖網路化，民眾可以查詢、修改、列印，其中網路通報功能也結合民眾手中的行動裝置；2015 年陸續完成 EMIC 之「災情報報」、「疏散收容」，以及「災區親友現況查詢」系統功能，可利用網頁或 APP 即時通報災情，迅速查詢全臺各地的受災狀況、道路通阻、土石流與淹水的潛勢警戒，亦能藉由 GPS 的定位資訊掌握最近的疏散收容場所、聯絡人資訊與可收容人數等，提供緊急避難資訊，進而降低災害損失，並確保災害應變與決策之流暢(內政部消防署，2015)。

目前物聯網相關技術的發展，在科技公司或傳統產業都開始建立物聯網服務平台，提供端點到端點之間的物聯網解決方案；根據物聯網的研究機構調查，目前市面上各種物聯網服務平台已經超過 400 個，其中有超過 200 家是新創公司，有 25 家是大型跨國企業。為滿足各種新興產業需求與服務，各大廠商相繼推出物聯網、區塊鏈等平台服務，並提供開放原始碼搶攻新興應用市場，如：Amazon (AWS IoT)、Google (GCP)、IBM (Watson Analytics)、Microsoft (Microsoft Azure IoT) ... 等，本計畫將各廠商之物聯網服務平台依廠商、平台名稱及內容說明彙

整如下表 2-2 所示；而國內外電信商亦結合智慧物聯網來提升管理效益及創造產業新契機，將國內外各電信商之物聯網服務平台依廠商、平台名稱及內容說明彙整如下表 2-3 所示。

表 2-2、不同廠商物聯網服務平台彙整表

廠商	平台名稱	內容說明
Amazon	AWS IoT	能將裝置連接至 AWS 服務和其他裝置、保護資料和互動安全、處理裝置資料、監控、並採取行動的服務開發工具
Google	GCP	產品包括 Compute Engine、Cloud Storage、Cloud AutoML...等，其中根據不同產品性質又再加以分類為運算、儲存空間與資料庫、Cloud AI、大數據、資料轉移等。
Microsoft	Microsoft Azure IoT	包含了 Azure IoT Hub、Azure IoT Edge、Azure IoT Central、Azure IoT Suite...等，從安全性、效率、兼容性、以及擴展性為基礎，提供客戶快速且能靈活運用的完整解決方案。
IBM	Watson Analytics	提供各種大數據應用，如檢索、分析、清理數據，建立直覺化的數據圖像與在其平台上對數據進行討論與資料效換的應用服務工具。
Cisco	Cisco IoT System	六大主軸技術包括網路連結、霧運算(Fog Computing)、資料分析、安全(含網路及實體安全)、管理與自動化，以及應用支援平台(Application Enablement Platform)。
PTC	ThingWorx	提供公司所需的功能、彈性及擴充能力，藉以推動工業創新，包括在制定流程並提供強大網站、行動和擴增實境體驗的同時，尋找資料、設定資料背景及合成資料的能力。
SAP	HANA Cloud Platform	提供一個獨有的內存計算資料庫及業務應用服務，來快速創建，擴展，整合新興的，移動優先的應用來滿足客戶的需求。

(資料來源：本團隊蒐集彙整)

表 2-3、不同電信商物聯網服務平台彙整表

電信商	平台名稱	內容說明
國內	中華電信	IoT 智慧聯網平台
	台灣大哥大	物聯網 sim 管理平台
	遠傳	全球聯網管理平台
		提供 IoT PaaS、智慧城市、智慧交通、智慧能源等服務。
		與 Jasper 合作物聯網 SIM 卡管理平台，提供以 sim 通訊管理之服務。
		提供車聯網、智慧建築、智慧路燈等應用服務。

智慧雨水貯集系統作為都市雨洪管理之實地驗證研究

	亞太	IoT by Gt 智慧生活	提供「智慧城市應用」及「追蹤服務」，延伸應用至車聯網、智慧工廠、智慧農業、智慧家庭等。
國 外	Verizon	ThingSpace	提供平台工具加速服務發展，主要應用於智慧城市、智慧交通等。
	Vodafone	Global Data Service Platform	提供安全、快速設備聯網機制，主要應用於車聯網、智慧建築等。
	中國移動	OneNet	提供設備、跨平台互聯機制及服務開發工具，主要應用於車聯網、環境監測等領域。

(資料來源：本團隊蒐集彙整)

第三章 案例蒐集與智慧雨水貯集系統軟、硬體相關設備 規劃設計

本章節首先針對國內雨水貯集滯洪設施之相關案例進行資料蒐集與檢討分析，並選擇合適的案例進行智慧雨水貯集系統雨洪管理操作模式之驗證；進而針對驗證案例進行智慧監控與相關軟、硬體設備之規劃設計，包含軟體設備之操控程式撰寫與相關內容，以及硬體設備選擇與裝設，並連結智慧雨水貯集系統雨洪管理操作模式，詳細研究內容分述如后。

第一節 雨水貯集滯洪設施案例資料蒐集與評估

本節蒐集彙整既有建築基地雨水貯集滯洪設施相關之案例，其遴選以雨量豐沛地區、儲水槽容量較大、設施合適且單純及相關資料取得較完整等原則進行挑選；進而針對其集雨範圍、排洪機制、監測設備裝設與監測成果等案場資料進行智慧監測設備與雨洪管理操作模式驗證之適用性評估。本計劃報告中以新北市○○國中與台北市○○新建工程為例，內容說明如后。

1. 新北市○○國中

新北市○○國中基地面積範圍約 29,300m²，設置容量約 1,279 m³ 的地下雨水貯集滯洪設施，藉集水溝、集水井等集雨設施收集地表逕流，以及透水鋪面、雨水花園等透、保水設施的雨水入流，現場設施位置分布如圖 3-1 所示。

本案例已裝設雨量計及水位計等監測設備，其監測設備皆為每 5 分鐘一筆的資料蒐集頻率。水位計設置於基地南側，選擇平坦、空曠場所，觀測降雨資料紀錄保存在保管箱中；因基地之設計為將降雨產生的逕流皆導至基地西南方地下滯洪設施，除了滿水位後會產生溢流之外，並無其他出口，故於滯洪設施內設置一水位計，紀錄降雨期間滯洪設施之水位變化，其水位計放置位置如滯洪設施剖面圖 3-2 所示。



圖 3-1 新北市○○國中現場設施位置分布圖
(資料來源：本計畫蒐集彙整)

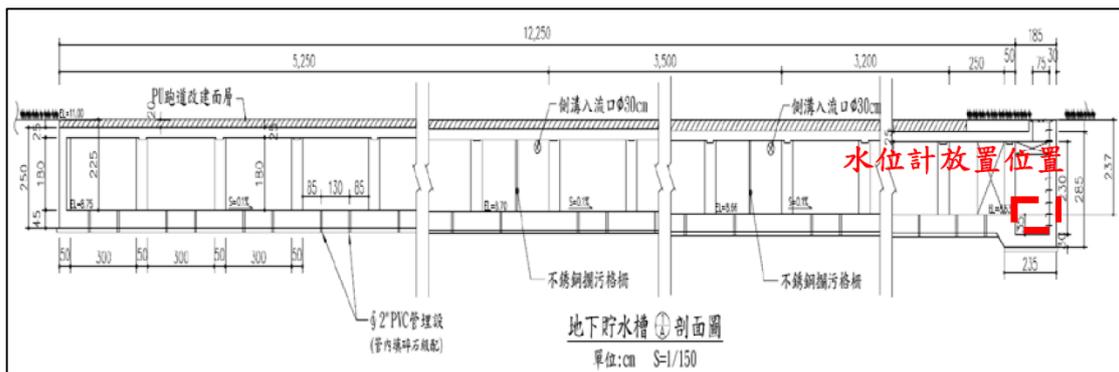


圖 3-2 新北市○○國中雨水貯集滯洪設施剖面圖
(資料來源：本計畫蒐集彙整)

新北市○○國中雨水貯集滯洪設施之排洪機制係在颱風或豪大雨來臨前藉於中央氣象局發佈豪雨以上之警戒或發佈陸上颱風警報且新北市為警戒區範圍，即以自動式開啟閘門來執行放水作業，如圖 3-3 所示，使儲水槽內的水排空作為滯洪空間；另為避免雨水存放過久導致蚊蟲孳生，於平時至少每兩週將貯水排空一次，於冬季(12 月到 2 月)則至少每四周將貯水排空一次，整體的排洪機制如圖 3-4 所示。

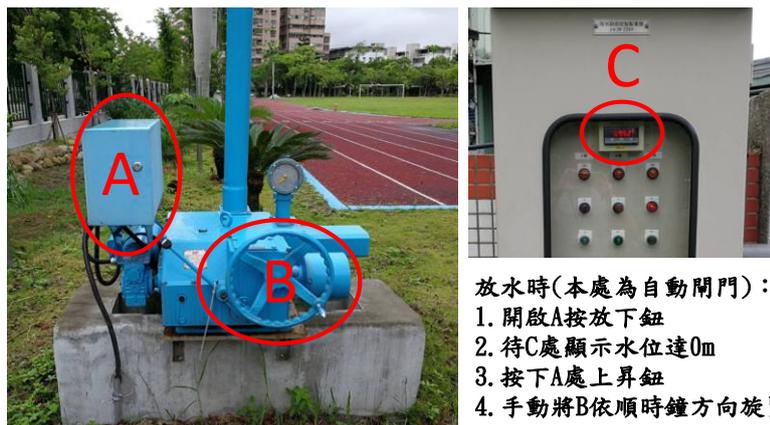


圖 3-3 新北市○○國中雨水貯集滯洪設施之排水閘門說明
(資料來源：本計畫蒐集彙整)

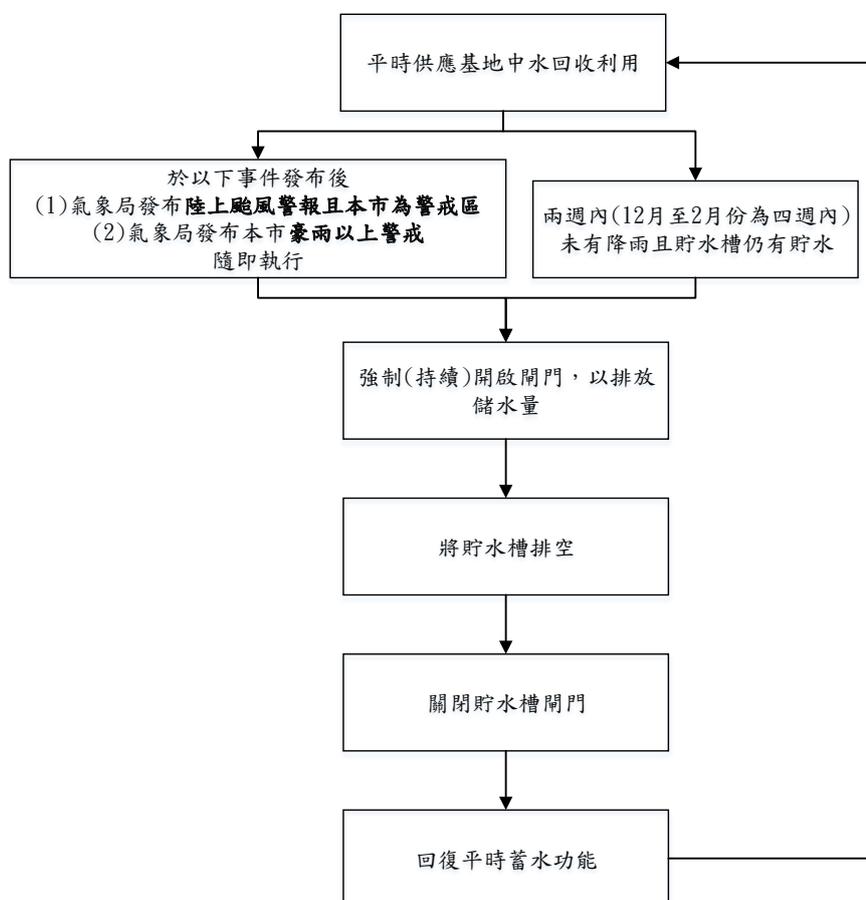


圖 3-4 新北市○○國中雨水貯集滯洪設施之排洪機制流程圖
(資料來源：本計畫蒐集彙整)

透過 105 年 10 月 7 至 106 年 11 月 6 日共一年一個月的監測成果來進行排洪成效探討，其中共呈現 40 場降雨事件，包含監測期間的豪雨及颱風事件 (尼莎颱風)，如表 3-1 所示，其成果顯示在 40 場降雨事件，共計 7 場降雨事件發生溢流的情況。

表 3-1 新北市○○國中雨水貯集滯洪設施之監測成果彙整表

項次	日期	累積雨量 (mm)	總雨量 (m ³)	貯集量 (m ³)	降雨前貯 集量(m ³)	溢流前累 積雨量 (mm)	溢流前降 雨延時 (hr)	備註
1	105/11/21	8	234.4	93.8	632.2	--	--	
2	105/11/22	45	1318.5	234.8	839.2	17.5	6.3	有溢流發生
3	106/02/22	17	498.1	169.0	259.9	--	--	
4	106/02/24	97	2842.1	597.9	476.1	47.5	32.5	有溢流發生
5	106/03/06	25	732.5	232.0	842.0	20.5	4.9	有溢流發生
6	106/03/25	25.5	747.2	241.3	193.3	--	--	
7	106/03/31	31.5	923.0	491.2	98.8	--	--	
8	106/04/11	8	234.4	62.3	534.9	--	--	
9	106/04/12	17.5	512.8	239.1	615.0	--	--	
10	106/04/21	33.5	981.6	222.0	852.0	20	3.0	有溢流發生
11	106/04/27	15	439.5	267.1	449.6	--	--	
12	106/05/15	74	2168.2	673.8	400.2	64	2.2	有溢流發生
13	106/05/24	15	439.5	157.5	176.1	--	--	
14	106/06/02	124	3633.2	--	88.1	--	--	閘門未關
15	106/06/03	138.5	4058.1	--	104.5	--	--	閘門未關
16	106/06/11	15	439.5	67.3	79.5	--	--	
17	106/06/12	27	791.1	391.7	138.9	--	--	
18	106/06/13	34.5	1010.9	528.4	519.1	--	--	
19	106/06/15	28	820.4	645.1	183.3	--	--	
20	106/06/17	54	1582.2	459.7	614.3	25	9.8	有溢流發生
21	106/06/29	13	380.9	116.0	162.5	--	--	
22	106/06/30	7	205.1	64.4	293.6	--	--	
23	106/07/01	30	879.0	393.8	340.1	--	--	
24	106/07/07	11	322.3	87.4	777.6	--	--	

25	106/07/09	22	644.6	219.1	841.5	--	--	
26	106/07/10	13.5	395.6	212.7	211.9	--	--	
27	106/07/12	39	1142.7	542.0	467.5	--	--	
28	106/07/29	30.5	893.7	298.3	13.6	--	--	尼莎颱風
29	106/08/02	7.5	219.8	40.8	470.4	--	--	
30	106/08/03	25	732.5	358.0	511.2	--	--	
31	106/08/17	14	410.2	79.5	140.3	--	--	
32	106/08/27	57.5	1684.8	696.0	243.4	--	--	
33	106/09/01	13.5	395.6	121.7	314.3	--	--	
34	106/09/03	12.5	366.3	174.7	516.2	--	--	
35	106/09/08	22	644.6	128.9	805.5	--	--	
36	106/09/13	12.5	366.3	136.8	137.5	--	--	
37	106/10/12-1	41	1201.3	474.0	489.0	--	--	
38	106/10/12-2	76.5	2241.5	115.3	958.7	16.5	0.9	有溢流發生
39	106/10/14	38	1113.4	502.6	219.1	--	--	
40	106/10/15	22	644.6	186.9	649.4	--	--	

(資料來源：本計畫蒐集彙整)

2. 台北市○○新建工程

台北市○○新建工程位於中山區，其基地面積為 2339.01 m²，於基地建築物東北方設置容量約 196.96 m³ 的地下雨水貯集滯洪設施，藉集水溝、集水井等集雨設施收集基地之地表逕流，其現場工程配置圖如圖 3-5 所示。

台北市○○新建工程雨水貯集滯洪設施設有三台泵浦進行被動操作，其中一台為備用泵浦，其系統排洪機制為常見的雨水貯集滯洪設施的排洪方法，即係透過起抽水水位及停機水位來進行機械式操作，分別為自池底向上 0.8m 及 0.5m，揚程為 4m，如圖 3-6 所示意；系統另設有電動閘，滿水位時自動關閉電動閘，使雨水無法流入滯留池，可避免在地下產生溢流淹水。

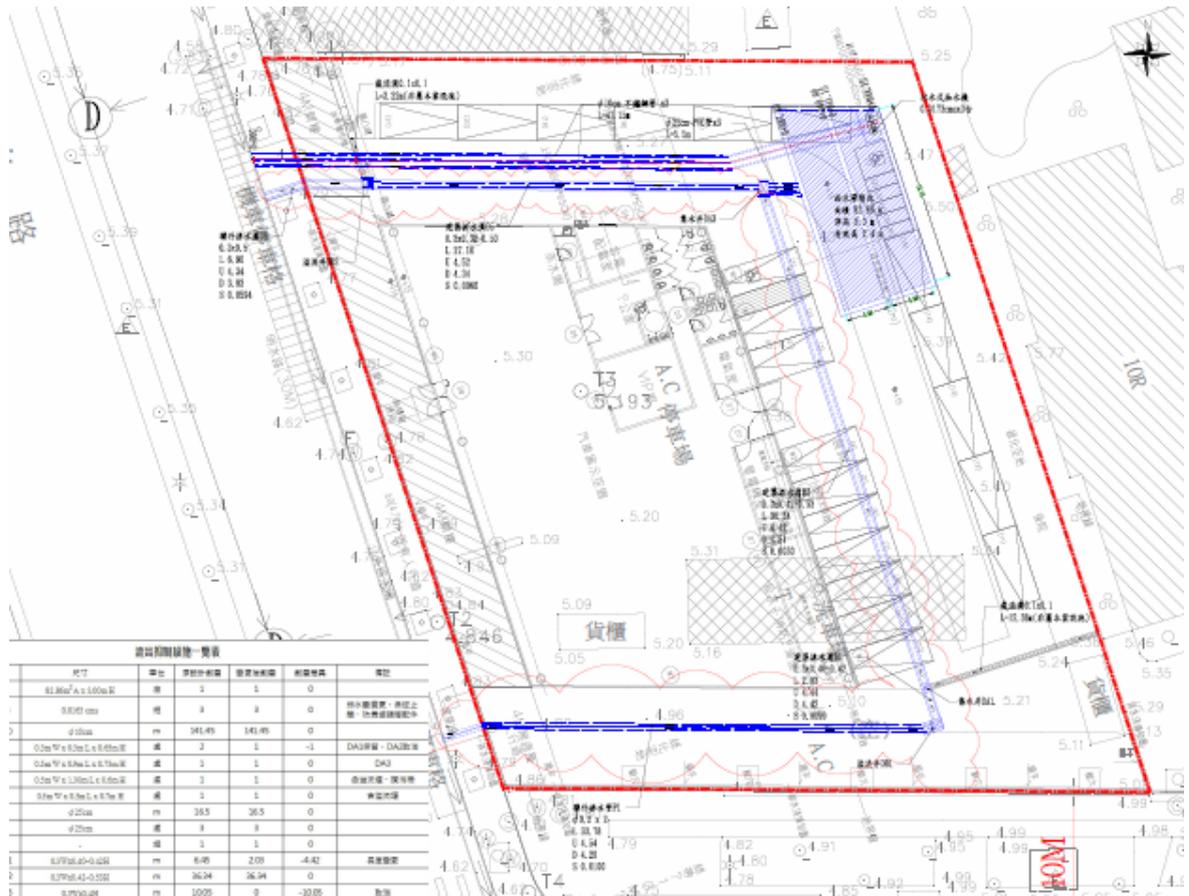


圖 3-5 台北市○○新建工程工程配置圖
(資料來源：本計畫蒐集彙整)

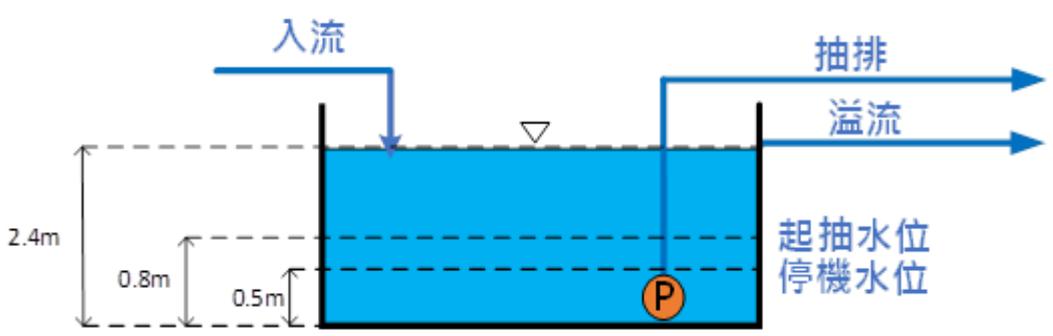


圖 3-6 台北市○○新建工程雨水貯集滯洪設施之機械式排洪示意圖
(資料來源：本計畫成果)

3. 小結

新北市○○國中的雨水貯集滯洪設施，雖藉中央氣象局的豪雨或颱風警戒進行排洪，但由表 3-1 監測成果彙整表顯示，有 7 場降雨事件發生溢流的情況，主要原因係降雨前滯洪設施內的雨水貯集量較多，因此在接收到豪雨或颱風警戒時

才進行排洪而造成排水不及的情況；而台北市○○新建工程係透過傳統滯洪設施機械式排洪，為確保槽體內有足夠的滯洪空間，故其起抽水水位設在槽體高度約 1/3 處，然此滯洪機制容易造成泵浦長時間抽排之能源損耗，且若排洪時恰為降雨事件洪峰流量發生期間，將造成排水系統與下游集水區之負擔，另外此系統未裝設監測設備，將無法確切了解實際抽排情況與其系統是否發生故障。

綜合上述之問題，應透過智慧監控與雨洪管理決策模式的整合，可使系統排洪機制進行優化而依據預測降雨進行預先排洪，可對不同降雨型態作針對性操作，達到更好的滯洪功效。

第二節 智慧監控與相關軟、硬體設備之規劃設計

經雨水貯集滯洪設施案例資料蒐集與評估成果，由於本年度計畫目的係為了透過案例實地裝設監測設備，來驗證本研究的智慧雨洪管理模式之可行性，若直接在實際的滯洪設施上裝設，將需取得其設施之使用權，且再經多次協商與案例遴選，並需考量測試時間與路程等不便；本計劃經多次討論後，將先透過物理試驗模型的架設進行做智慧雨洪管理模式之驗證，並針對相關軟、硬體設備進行規劃設計如本年度模式測試結果符合預期成效，未來將可針對實際案場之既有設施進行實際測試與驗證。

1. 物理試驗模型之規劃內容說明

為確保未來於實地驗證案例裝設後能順利運作，故本年度計畫研擬一套物理試驗模型，透過裝設 200 L 的貯集桶做為雨水貯集利用系統的儲水設施，搭配 50 L 的入流控制桶，以及其它流量計、水位計及泵浦等設備，並連結傳輸線路、Arduinod 開發版及主機電腦進行測試，其智慧雨水貯集系統雨洪管理之物理試驗模型示意如圖 3-6 所示，裝設成果如圖 3-7 所示。

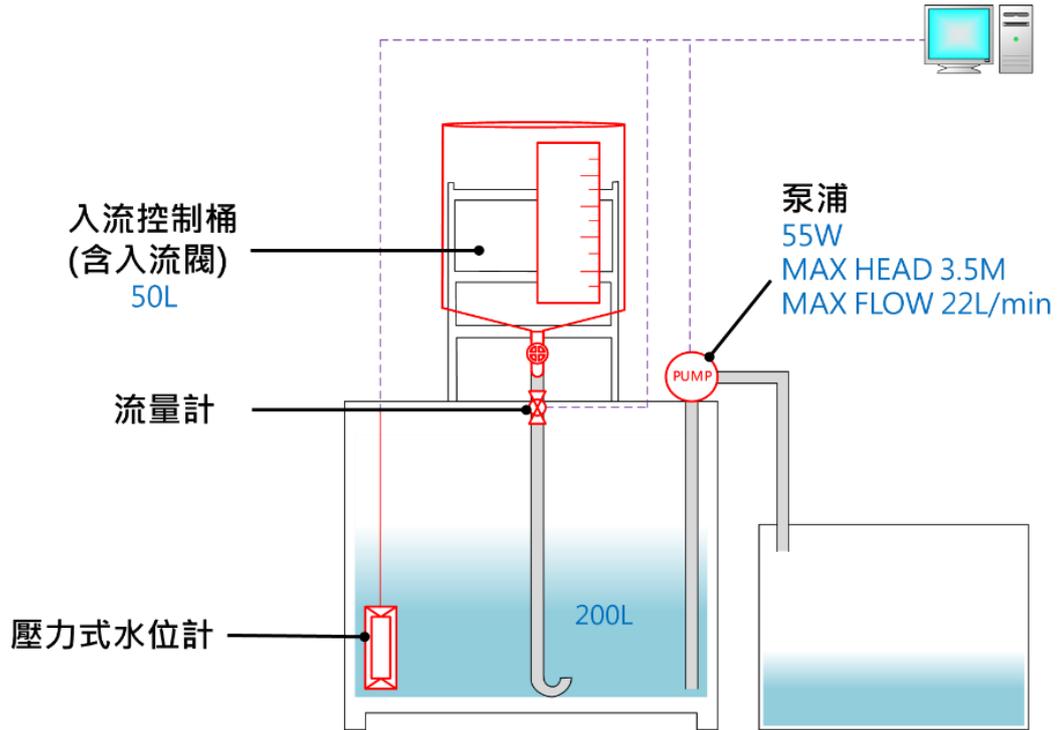


圖 3-7 慧雨水貯集系統雨洪管理之物理試驗模型示意圖
(資料來源：本計畫蒐集彙整)



圖 3-8 慧雨水貯集系統雨洪管理之物理試驗圖
(資料來源：本計畫蒐集彙整)

在入流量預測為前提的智慧操作機制下，如何取得作為預測所用的雨量或流量資料對本智慧操作有重要影響，針對不同的場址需求或限制，可選用雨量計、流量計、水位計等監測設備作為及時的資料輸入，在不同的設備選擇下，獲得的資料形式也會不同，操作模式的運算也需稍作修改，本計畫擬定了三種獲得預測

入流體積所需資料的方法，如表 3-2 所示。

表 3-2 預測入流體積獲取方式

	雨量計	流量計	水位計	預測入流體積獲取方式
方案 1	✓			$V_{forecast} = c \times I_{forecast} \times A \times T$
方案 2		✓		$V_{forecast} = Q_{forecast} \times T$
方案 3		✓	✓	$V_{forecast} = A_s \times [h(t) - h(t - 1)] + Q_{out}$

(資料來源：本計畫成果)

透過在不同的感測設備選用下，可以用作預測的資料可分為三種：

方案 1：雨量計資料

在此設備方案下，所獲得的資料為雨量計讀數，將未來各時間點之雨量轉換為累積雨量進行預測，再將預測過後的雨量應用合理化公式轉換為未來入流體積進行操作模決策

$$V_{forecast} = c \times I_{forecast} \times A \times t \quad (3.1)$$

式中：

$V_{forecast}$ ：未來入流體積(m^3)；

c ：逕流係數；

$I_{forecast}$ ：預測累積雨量(mm)；

A ：基地面積(m^2)；

T ：操作時距。

方案 2：入流流量計資料

此方案為在雨水貯集桶槽之入流口處裝設流量計，以流量資料作為預測數據，相較於方案 1 省略了合理化公式的轉換步驟，些微提升程式的計算效率，但若有複數桶槽續進行操作，其設備上之成本會相對較高。

$$V_{forecast} = Q_{forecast} \times t \quad (3.2)$$

式中：

$V_{forecast}$ ：未來入流體積(m^3)；

$Q_{forecast}$ ：未來入流量(m^3/min)；

T：操作時距。

方案 3：桶槽水位計資料

此方案以兩個時刻桶槽內裝設之水位計之讀取資料相減之數值乘上桶槽的底面積作為預測之數據，即直接以入流體積之變化作為預測數據，此方案之限制條件為在雨水貯集設施內水位為滿桶的狀態下，無法得知其水位差，需另於出流管設置流量計獲取流量資訊才可進行預測，且在設備成本上也相對較高。

$$V_{forecast} = A_s \times [h(t) - h(t - 1)] + Q_{out} \quad (3.3)$$

式中：

$V_{forecast}$ ：未來入流體積(m^3)；

A_s ：雨水貯集設施底面積(m^2)；

$h(t)$ ：當前時刻之水位(m)；

$h(t-1)$ ：前一時刻之水位(m)；

Q_{out} ：出流體積(m^3)。

2. 軟體設備之操控程式撰寫與相關內容

本計畫所建立之操控程式係透過 Matlab 進行軟體撰寫，目的是希望對比機械式操作方法能有更好的蓄水及滯洪效益，達成預排放的理想，故軟體的操控理念係是將雨水貯集系統桶槽內的水位控制在可以容納下一段時間內的入流量，當系統預測下一時刻之雨量所帶來的入流量大於當前雨水桶內的剩餘空間時，就會即時進行排水操作，並於下一時刻判斷空間足夠容納接下來的入流量時，即停止排放，如圖 3-9 示意。

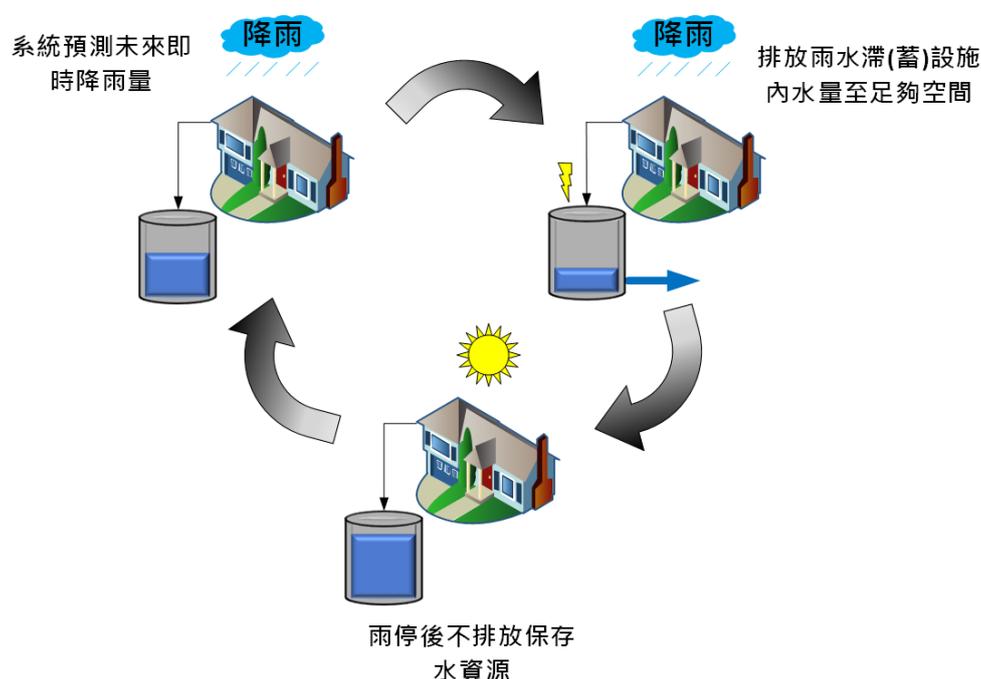


圖 3-9 智慧雨水貯集系統雨洪管理模式之理念
(資料來源：本計畫研究成果)

(1) 預測機制與流程

藉案例模擬在降雨事件前透過降雨預報或預警資訊連結，透過開啟滯洪孔及泵浦抽排的方式而預留滯洪空間，並分析其雨水排放之操作機制(如：排放時機、排放量等)，使雨水貯水槽抽排機制可於每場降雨前進行針對性降雨的滯洪空間預留操作，預計可獲得更佳的滯洪功效。整體決策流程如圖 3-10 所示：

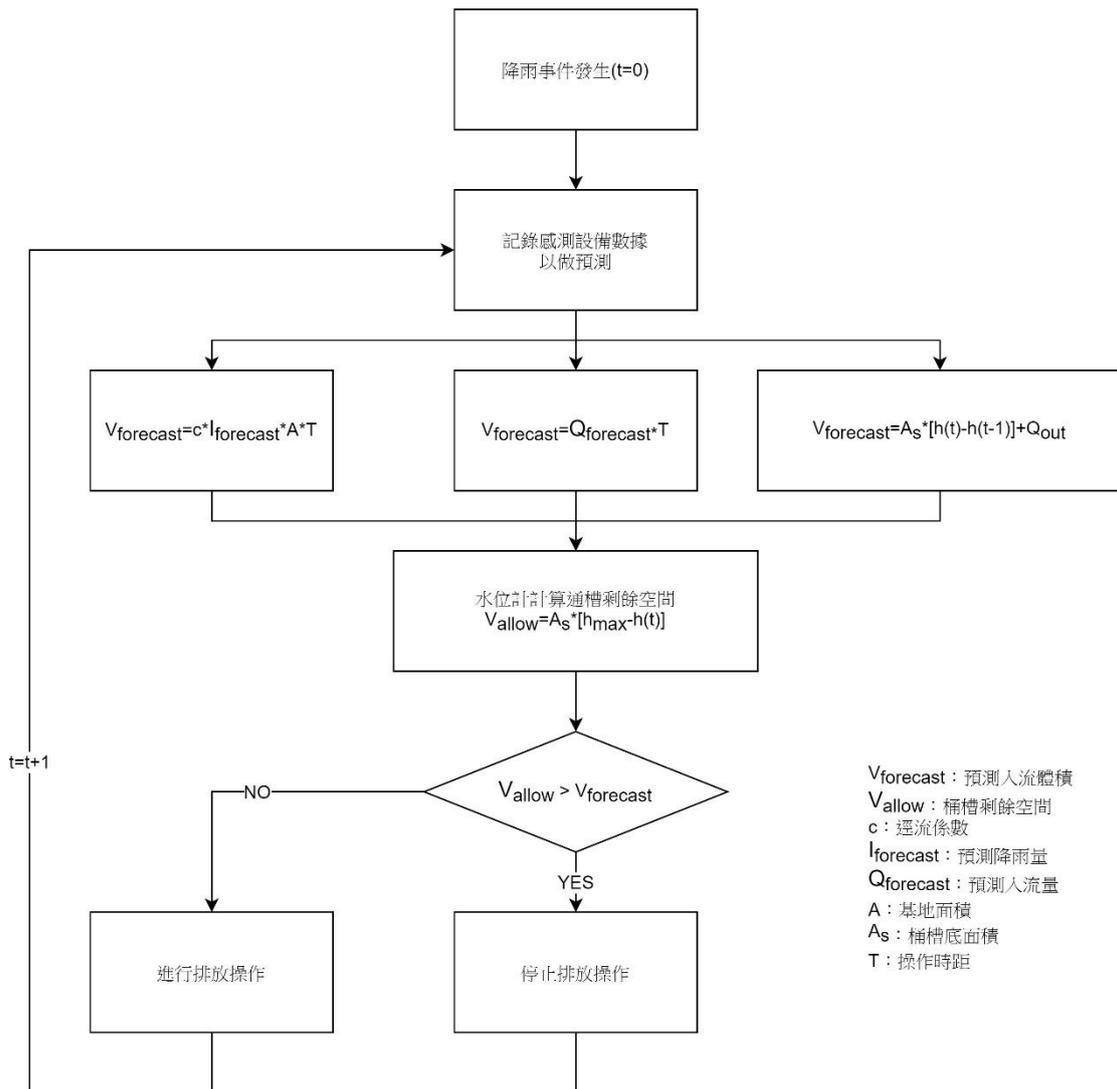


圖 3-10 智慧雨水貯集系統 Matlab 決策模式操作流程
(資料來源：本計畫成果)

(2) 預測方法

本計畫係透過灰色理論進行預測，其理論是由中國鄧聚龍教授於 1982 年在北荷蘭出版公司學術期刊上發表的一篇論文「The Control Problems of Grey Systems」所提出，當時適逢中國糧食預測的課題，鄧開始研究概率統計及時間序列等預測方法，但發現概率統計只追求大樣本，時間序列則注重數據的擬合，故希望結合兩者的優缺點，利用數據不多的情況找出一定的規律，於是藉由數據的微分處理，發現累加生成曲線近似指數成長曲線，且指數增長符合微分方程解的型式，後續透過一系列的考證後，發現此微分模式適合用於預測建模，因而建立了灰色系統理論。

一般而言，黑色系統代表系統內的訊息完全不了解，白色系統則代表系統內的訊息完全明確，而灰色介於黑、白之間，主要針對模型內的不確定性資訊、不完整性的狀況下，進行一系列的分析，目前廣泛的應用於社會、農業、工業、水文等眾多科學領域。

灰色理論的研究領域可歸納為六個部分，分別為：

I. 灰生成(Grey Generating)

透過累加生成、累減生成、均值化生成、差值生成等方法降低原始數據的隨機性質，將原始數據中微小特徵或規律表現出來，而數據透過不同層次轉換後，原本低層次無法發現的特徵，高層次可能可以發現隱藏的規律。

II. 灰關聯分析(Grey Relational Analysis)

探討系統內影響因子的相互關係，找出影響系統表現的重要因子，進而引導系統迅速有效的發展。

III. 灰建模(Grey Model Construction)

透過灰生成後之數據建立的不同灰色模型，如 $GM(1, 1)$ 、 $GM(1, N)$ 、 $GM(0, N)$ 等，典型的灰色模型可分為零增長型、邊句型、預測型。

IV. 灰預測(Grey Prediction)

以 $GM(1, 1)$ 模型為基礎對數據未來發展進行預測。

V. 灰決策(Grey Decision)

不同事件由於許多對策而有不同效果，將對策與 $GM(1, 1)$ 結合，挑選效果最佳者來解決事件，稱為灰決策，分為灰色局勢決策、灰色線性規劃以及灰色整體規劃。

VI. 灰控制(Grey Control)

透過系統行為的數據，建立預測系統的行為的灰色模型，再將預測值回傳給系統的機制，此乃結合上述幾種方式建立而成。

本計畫主要運用為灰預測(Grey Prediction)領域，灰預測是從灰色系統的建模、關聯度、殘差檢驗的思維，所發展出關於預測的觀念及方法，即是將序列轉換為微分方程，建立動態模型。

在一般數值統計預測模型中，如類神經網絡預測、模糊預測.....等，輸入層存在著許多的因子，每個因子間總是存在著直接或間接的關係，因子數目多寡及因子的設定可能都會影響預測成效，且過多的因子將使預測效率相對較低，故灰色理論主張使用 GM(1, 1)模型作為預測，其中第一個 1 表示一階微分，第二個 1 表示一個變量或因子，基於 GM(1, 1)模型建立的預測稱為灰色預測，概念如圖 3-11 示意。

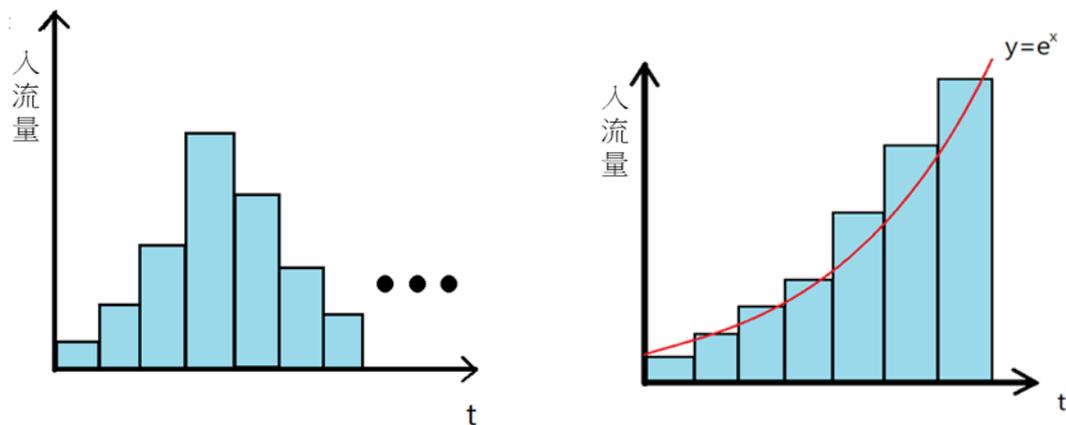


圖 3-11 灰色理論預測示意圖

(資料來源：本計畫成果)

灰色理論預測按照其數列特徵可分為下列五種：

I. 數列預測

以等時距方式呈現之數列型態，利用 GM(1, 1)對系統行為發展變化進行的預測。

II. 災變預測

以系統行為特徵值中的奇異點發生時的時間點進行的一種預測，在實務上主要探討如乾旱、洪水等發生年分或數據異常的情況，其原始數據列仍然是所有日期，並非災變日期，並將特徵值中大於某定值的日期挑選出來再進行後續計算。

III. 季節災變預測

一年之中某季節特定發生的災害或某種異常數據的情況進行的預測，在實務上主要探討如梅雨、農業災害等發生年分或數據異常的情況，與災變預測主要不同的地方在於數據列，季節災變預測的原始數據列是災變日期的數據列。

IV. 拓樸預測

將大於某定值的數列連成曲線，依災變預測方式將所有定值對應到未來時刻，再將未來時刻發生之定值按時間順序續連成某種預測波形曲線，簡單來說就是從現有波形預測未來發展變化的波形。

V. 系統預測

指多個因子組成之系統發展變化預測，結合 GM(1, 1)模型和 GM(1, N)對各個因子進行預測，求出相互關係。

(3) 模型建構

灰色預測模型乃將數據累加生成後，建立灰微分方程式，求出其灰色參數及預測方程式，建立步驟如下：

I. 建立累加生成數列(Accumulate Generating Operation, AGO)

$x^{(0)}(k)$ 為原始序列之第 k 筆資料，在雨量預測時可設定為集水區中雨量站之雨量觀測值，表示如下：

$$x^{(0)}(k) = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), x^{(0)}(3) \dots \dots x^{(0)}(k)) \quad (3.4)$$

一次累加生成數列 $x^{(1)}(t)$ 為：

$$x^{(1)}(t) = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), x^{(1)}(t) \dots \dots x^{(1)}(t)) \quad (3.5)$$

$$x^{(1)}(t) = \sum_{k=1}^t x^{(0)}(k) \quad (3.6)$$

II. 建立灰微分方程

灰色預測模型縮寫為 GM(1,1)，其第一個 1 表示一階微分，第二個 1 表示一個變量，故 GM(1,1) 代表一階微分一個變量之灰模型。GM(1,1) 之微分方程式可表示為：

$$\frac{dx^{(1)}(t)}{dt} + ax^{(1)}(t) = b \quad (3.7)$$

上式中，a、b 為灰色參數，而 $x^{(1)}(t)$ 為 $x^{(0)}(t)$ 之一次累加生成數列(1-AGO)，而 $x^{(0)}(t)$ 即為入流量。

III. 轉換成灰差分方程式

為利用電腦進行運算求解(3.7)式之一階灰微分方程式，故將其化成灰差分方程式，並將灰色導數與灰色參數白化，單位時距取 $\Delta t = 1$ ，如下式：

$$\left. \frac{dx^{(1)}(t)}{dt} \right|_{t=k} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{x^{(1)}(k) - x^{(1)}(k - \Delta t)}{\Delta t} = x^{(1)}(k) - x^{(1)}(k - 1) = x^{(0)}(k) \quad (3.8)$$

累積數列 $z^{(1)}(k)$ 之平均值可表示為

$$x^{(1)}(t)|_{t=k} = z^{(1)}(t) = 0.5 \times (x^{(1)}(k) + x^{(1)}(k - 1)) \quad \forall k = 2, 3, \dots, n \quad (3.9)$$

故可將(3.7)式透過(3.8)式與(3.9)式轉換成(3.10)式

$$x^{(0)}(k) + a \cdot z^{(1)}(k) = b \quad (3.10)$$

由上式可知，(3.7)式灰微分方程式與(3.10)式灰差分方程式之對應關係如下：

$$\begin{cases} \frac{dx^{(1)}(t)}{dt} \Rightarrow x^{(0)}(t) \\ x^{(1)}(t) \Rightarrow z^{(1)}(t) \end{cases} \quad (3.11)$$

IV. 求解數據矩陣及灰色參數

進一步將各時距之差分式集合為矩陣型式：

$$D = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ x^{(0)}(4) \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ x^{(0)}(n) \end{bmatrix}, E = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ -z^{(1)}(4) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix}, \text{grey_C} = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \quad (3.12)$$

式中 D、E 為數據矩陣，grey_C 為灰色參數列。

可將(3.12)以矩陣型態表示成：

$$D = E \cdot \text{grey_C} \quad (3.13)$$

以最小二乘法求解(3.13)式之灰色參數列，可得下式：

$$\text{grey_C} = (E^T E)^{-1} E^T D \quad (3.14)$$

灰色參數 a、b 即可求得，其中，參數 a 為發展係數，可以反映數據發展趨勢，參數 b 為灰作用量，可以反映數據的變化關係。

V. 建立預測方程式

參數 a、b 求出後，帶入(3.7)式，求得其通解，可表示為

$$x^{(1)}(k+1) = \left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a}\right) e^{-ak} + \frac{b}{a} \quad (3.15)$$

(3.15)式為下一時距累積雨量估計值，利用 $x^{(1)}$ 做後項差分還原成 $x^{(0)}$ ，即得預測數列如下

$$x^{(0)}(k+1) = x^{(1)}(k+1) - x^{(1)}(k) \quad (3.16)$$

灰色理論預測按數據的取捨方式而有所不同，常用的 GM(1,1)數據模型可分為兩種型式，分別為新息模型及等維新息模型，說明如后：

I. 新息模型(new-info model)

新息模型的數據取捨方式為每增加一個新的數據，便將其加入原始數列中，以加入數據後之全數列建模，所得到之模型稱為新息模型。然隨著時間的推移，不斷的加入新的數據， $x^{(0)}(t)$ 的資料量也越來越多，使儲存容量會無止盡的增大，所對應的計算工作量也會無止盡的增加，故為解決此類型問題，通常會應用等維新息模型。

II. 等維新息模型(equal-dimension and new-info model)

等維新息模型也可稱作為滾動式建模，係在維度維持相同的情況下建立出的一種模型型態。模式建立先設定一時間維度後，以同時增加新的數據並去掉最舊的數據而建立模型，每增加一個數據，就剔除最舊的數據，其數列建立可由(3.17)與(3.18)的原本數列公式與新的數列公式示意：

原本數列：

$$x^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), x^{(0)}(3) \dots \dots, x^{(0)}(k)) \quad (3.17)$$

作等維新息處理得到之新的數列：

$$x^{(0)} = (x^{(0)}(2), x^{(0)}(3) \dots \dots, x^{(0)}(k), x^{(0)}(k+1)) \quad (3.18)$$

3. 硬體設備選擇

本案物理試驗模型因係透過入流控制桶來模擬實際降雨入流情況，故不需裝設雨量計，而為能更確切了解桶槽內的變化情形，故將透過前表 3-2 所提之方案，選擇方案 3 來進行本驗證案例的監測設備來進行裝設，其水位計、流量計、泵浦及控制板之選擇如后說明。

(1) 水位計

透過國內外相關廠商型錄或廠商提供的相關資訊進行蒐集彙整，可將水位計分為壓力式、超音波、雷達式、浮球式及電磁式等 5 種型式，其比較彙整如表 3-

3 所示，為確保水位資訊之精準度，而精度較高的設備為壓力式與雷達式，接者因考量本案物理性試驗之成本，故初步選擇壓力式水位計進行設置。

表 3-3 不同型式之水位計比較表

	壓力式	超音波	雷達式	浮球式	電磁式
精度	高	中	高	中	中
穩定度	中	差	中	高	中
成本	低	低	高	低	中
維護費	中	高	高	低	低

(資料來源：本計畫蒐集彙整)

(2) 流量計

透過國內外相關廠商型錄或廠商提供的相關資訊進行蒐集彙整，可將流量計分為電磁閥型、超音波型、科氏力型及渦流型等 4 種型式其比較彙整如表 3-4 所示，流量計亦以精準度作為優先考量，進而考量本案物理性試驗之成本與抗震能力，故初步選擇葉輪型的流量計進行設置。

表 3-4 不同型式之流量計比較表

	電磁閥型	超音波型	科氏力型	渦流型	葉輪型
價格	高	高	高	低	低
壽命	中	低	長	長	長
抗震能力	差	中	差	差	好
精度	高	低	高	高	高

(資料來源：本計畫蒐集彙整)

(3) 泵浦

透過國內外相關廠商型錄或廠商提供的相關資訊進行蒐集彙整，可將泵浦主要分為陸上式及沉水式 2 種型式，差異在於是否置於水中進行雨水輸送，可依使用需求進行搭配。在選擇或設計時需考量銜接的管路口徑，陸上型泵浦須注意泵浦性能中的出水量、送水揚程及吸入揚程之規格；而沉水型泵浦亦需注意出水

量、最高抽水揚程及最低抽水水位之規格，其抽水效率會因設置搭配的方式而有所差異。

泵浦的選擇上，為了能更符合實際案例的配置規格，考慮透過貯集桶尺寸作為建築法規中規定的最小設計容量，而回推計算基地面積。由於本試驗選擇 200L 作為貯集桶，以建築技術規則建築施工編規定雨水貯集最小設計容量為 $0.045(\text{m}^3/\text{m}^2)$ 乘上基地面積，故可回推得本物理試驗之基地面積約為 0.22 m^2 。進而透過建築基地最大排水量之規定，以台北市為例，最大排放量為基地面積乘上 $0.0000173(\text{cms}/\text{m}^2)$ ，故獲得本試驗最大排放量應為 $4.6 \text{ L}/\text{min}$ 。

另參考台北市雨水流出抑制設施設計參考手冊中所需馬達馬力的計算方法，如下所示：

$$SHp = 0.222 \times \frac{Q_{\text{pump}} \times hL}{N_p} \quad (3.19)$$

其中，

SHp：軸馬力(HP)；

Q_{pump}：泵浦抽水量(m^3/min)；

hL：總揚程(m)；

N_p：抽水機效率(%)；

$$RHp = SHp \times \frac{1}{n_i} \times e \quad (3.20)$$

其中，

SHp：軸馬力(HP)；

RHp：所需馬力(HP)；

n_i：驅動效率(%)；

e：安全係數。

經計算成果顯示，本物理試驗可選用馬力約為 $0.002448(\text{hp}) \sim 0.004869(\text{hp})$ 的泵浦，即 2W~4W 規格的泵浦使用。

(4) 控制板

本計畫將透過 Arduinod 開發版作為 I/O 模組、控制器及數據交換器等硬體設備整合的一個操控平台而進行測試，其開發版一個開放原始碼的單晶片微控制器，它使用了 Atmel AVR 單晶片，採用了開放原始碼的軟硬體平台，建構於簡易輸出/輸入介面板，並且具有使用類似 Java、C 語言的 Processing / Wiring 開發環境。(資料來源：參考台灣智能感測科技有限公司網頁資訊) 藉 Arduinod 開發版作為智慧雨水貯集系統雨洪管理的軟、硬體連結的平台，其優點包括下列說明：

- 免費下載，可依需求修改；
- Arduino 可使用 ICSP 線上燒入器，將 Bootloader 燒入新的 IC 晶片；
- 可依 Arduino 官方網站，取得硬體的設計檔，加以調整電路板及元件，以符合自己實際設計的需求；
- 可簡單地與感測器，各式各樣的電子元件連接，如紅外線、超音波、熱敏電阻、光敏電阻、伺服馬達...等；
- 支援多樣的互動程式，如 Adobe Flash, Max/MSP, VVVV, Pure Data, C, Processing...等；
- 使用低價格的微處理控制器 (Atmel AVR) (ATMEGA 8,168,328 等)；
- USB 介面，不需外接電源。另外有提供直流 (DC) 電源輸入。

第三節 智慧雨水貯集系統雨洪管理平台與通訊技術資訊 連結與測試

本計劃考量透過雲端網路或現場主機電腦的方式架設智慧雨水貯集系統雨洪管理平台，若透過雲端網路架設平台，可利於未來區域性整合管理，但需針對平台設計與先期討論的 LPWAN (Low-Power Wide-Area Network, 低功率廣域網路) 之數據傳輸穩定性進行測試，將會增加本年度物理試驗模型之智慧雨洪管理模式驗證的不確定因素；若以現場主機電腦連結乙太網路或序列匯流排的通訊技術連結方式，雖於未來區域設計上需再針對此數據連結方式進行修正探討，但可在今年度物理試驗模型驗證保證數據傳輸的穩定性，而致力於設備連結、系統設定與決策操作模式的調校上。

本物理試驗智慧雨水貯集系統雨洪管理平台的架設在軟體(Matlab 決策操作程式)與硬體(Arduino 開發板及監測設備)設備，係透過軟體開啟序列埠(serial port)並連結數據傳輸線，進而建立軟、硬體間的數據通訊，使軟體每次的決策指令通過每個位元資料傳輸，且可連續進行之通訊方式，其相關設定內容與步驟之簡易說明如下所述：

I. 設定串口位置及名稱：

本物理試驗中 Arduino 開發板之位置為 COM3，其序列埠規格為 Universal Serial Bus (通用序列匯流排，即 USB)。

II. 設定調製速率(鮑率 Baud Rate)：

調製速率(Baud Rate)指的是有效數據訊號調制載波的速率，即單位時間內載波調制狀態變化的次數。它是對符號傳輸速率的一種度量，串口兩端之鮑率須設定相同才能使訊息傳遞順利，本試驗設定值如下：

- 電腦串口：115200(Baud)
- 水位計：4800(Baud)
- 流量計：4800(Baud)

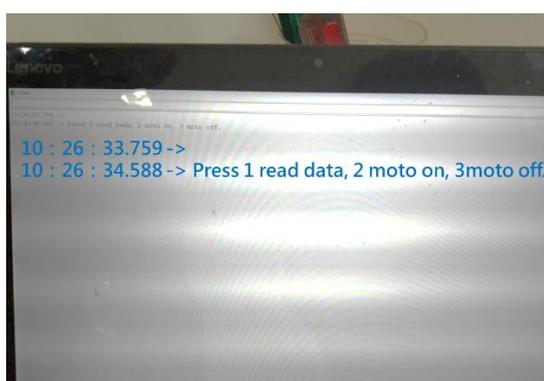
III. 設定延遲時間：

Matlab 決策操作程式與 Arduino 控制板之串口通訊速度與 Arduino 控制板與感測設備及泵浦的串口通訊速度不同，Matlab 發出控制指令至 Arduino 後，須設定適當延遲時間等待 Arduino 控制板獲取感測設備資料再進行讀取。

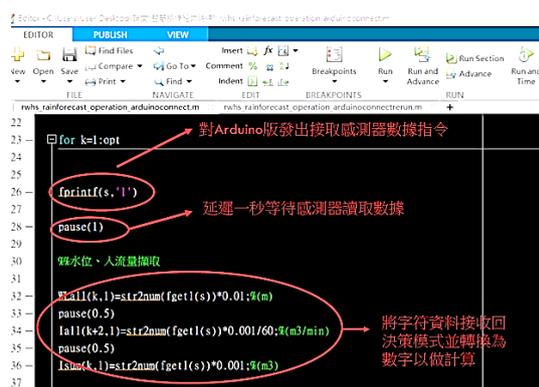
初步先測試 Arduino 控制板與監測設備的數據傳輸情況，以 Arduino 控制板內部軟件進行水位計、流量計數據讀取與控制泵浦開關測試，以確保 Arduino 控制板在各監測設備之數據傳輸，如圖 3-12 (a) 示意，其相關控制指令如下：

- 1：read data - 回傳水位計、流量計讀數；
- 2：moto on - 開啟泵浦；
- 3：moto off - 關閉泵浦。

進而，測試 Matlab 決策操作程式與前述 Arduino 控制板與監測設備之數據傳輸狀況，透過 Matlab 決策操作程式下達指令，確認軟、硬體設備數據傳輸的穩定性，並針對前述串口設定、調製速率與延遲設定進行調校，以確保後續智慧雨水貯集系統之雨洪管理操作模式驗證的數據讀取與儲存之順利，如圖 3-12 (b) 示意。



(a) Arduino 控制板內部軟件測試



(b) Matlab 決策操作程式測試

圖 3-12 軟、硬體通訊技術資訊連結與測試示意圖

(資料來源：本計畫成果)

第四章 智慧雨洪管理操作模式之案例驗證成果與系統評估

智慧雨水貯集系統雨洪操作之物理試驗模型整體決策操作運作流程，係由 Matlab 決策程式發出讀取資料指令至 Arduino 控制板，進而 Arduino 控制板擷取監測資料再回傳至 Matlab 決策程式進行接收儲存，並透過模式決策成果發出泵浦操作指令回 Arduino 控制板，即可進行控制泵浦的開啟或關閉操控，其決策操作流程图如圖 4-1 所示意。

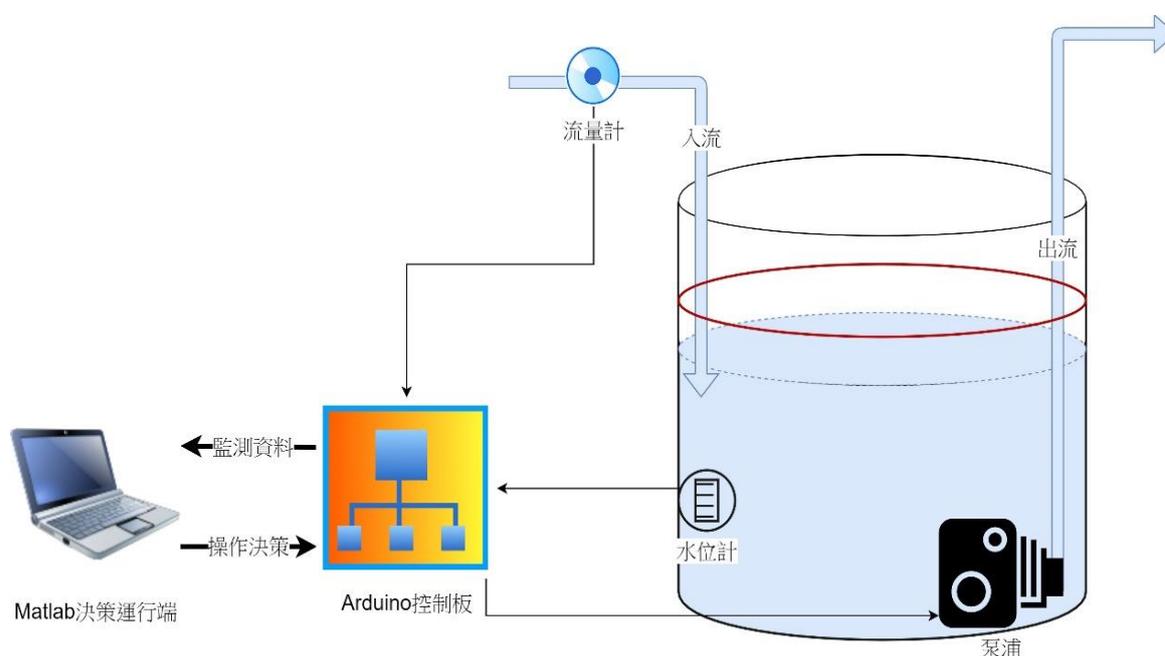


圖 4-1 智慧雨水貯集系統雨洪操作之物理試驗模型決策操作流程示意

(資料來源：本計畫成果)

本節將針對智慧雨水貯集系統雨洪管理操作模式透過物理試驗模型進行案例驗證，透過模擬降雨型態而設計雨水入流型態，並初步探討決策操作模式之預測入流量的準確性，進而考量不同的決策操作時距對智慧雨洪管理的影響性進行分析，最後透過模擬一般降雨與強降雨的雨水入流型態設計，分別對其智慧雨洪管理成果進行分析探討，說明如后。

第一節 雨水入流型態設計與其入流量預測準確度分析

本試驗系統入流將模擬降雨型態，透過入流控制桶以定量補水的方式改變其水頭差，而造成入流量的改變，入流控制桶在放流的過程中，由低水位狀態自由洩降放流，並逐步改變至高水位狀態，進而而在高水位狀態下以自由洩降至低水位狀態，透過此方法模擬降雨事件具洪峰流量的情況，其雨水入流型態設計之初步測試成果如圖 4-2 所示。

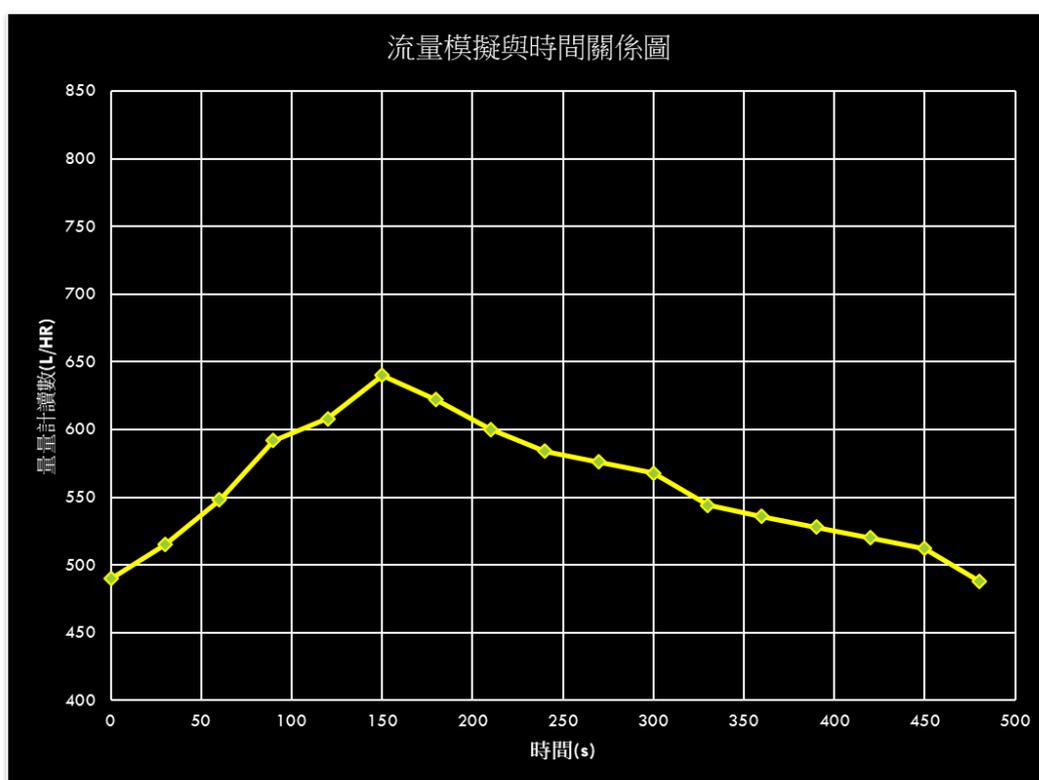


圖 4-2 物理試驗模型雨水入流型態設計之初步測試成果
(資料來源：本計畫成果)

考量數據接收的穩定性與運作效果，系統將初步測試監測數據接收與決策程式中的預測成效進行評估，將前述之模擬降雨事件，以降雨延時 1500 秒，決策操作時距為 30 秒進行入流量預測之測試，其預測入流量與實際入流量紀錄結果如圖 4-3 所示。

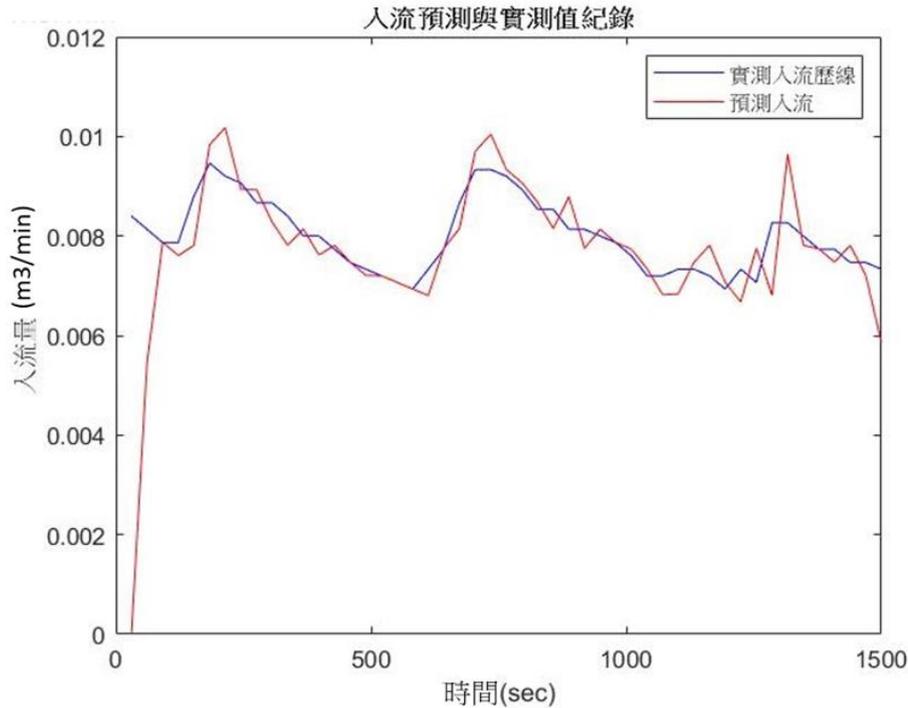


圖 4-3 物理試驗模型入流量預測與實測紀錄曲線圖
(資料來源：本計畫成果)

針對本系統預測模式之預測值與實際值的效能評估，本計畫採用統計中常見的三項指標來評估雨量預測模式之準確性，說明如后：

一、總雨量誤差百分比(Percentage Error of Cumulative Rainfall, ECR)

評估預測模式在總降雨延時內預測總雨量之效能，評估指標值越接近 0 表示模式預測越準確。

$$ECR(\%) = \left| \frac{\sum_{t=1}^n \hat{R}_t - \sum_{t=1}^n R_t}{\sum_{t=1}^n R_t} \right| \times 100(\%) \quad (4.1)$$

其中，

\hat{R}_t ：t 時刻預測之降雨量

R_t ：t 時刻實測之降雨量

二、效率係數(Coefficient of Efficiency, CE)

假設實際平均值為預測目標來評估預測模式在預測下一時距降雨量之效能，評估指標值越接近 1 表示模式預測效能越好。

$$CE = 1 - \frac{\sum_{t=1}^n (RA_t - \hat{RA}_t)^2}{\sum_{t=1}^n (RA_t - \bar{R})^2} \quad (4.2)$$

其中，

\hat{RA}_t ：t 時刻預測之累積雨量

RA_t ：t 時刻實測之累積雨量

\bar{R} ：實測降雨量之平均值

三、相對均方根誤差(Relative Root Mean Square Error, RMSE)

評估預測模式於預測下一時距降雨量之效能，評估指標值越接近 0 表示模式預測表現越準確。

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n [(RA_t - \hat{RA}_t)/RA_t]^2}{n}} \quad (4.3)$$

其中，

\hat{RA}_t ：t 時刻預測之累積雨量

RA_t ：t 時刻實測之累積雨量

本計劃將前述評估指標採相同權重區分為優良、高、中、低四個等級，作為預測準確性的探討之依據，如表 4-1 所示。

表 4-1 預測準確性評估指標優劣區間分級

等級 指標	優良	高	中	低
ECR	$0 \leq ECR \leq 0.25$	$0.25 < ECR \leq 0.5$	$0.5 < ECR \leq 0.75$	$0.75 < ECR \leq 1.0$
CE	$1.0 \geq CE > 0.75$	$0.75 \geq CE > 0.25$	$0.25 \geq CE > 0$	$CE < 0$
RMSE	$0 < RMSE \leq 0.25$	$0.25 < RMSE \leq 0.75$	$0.75 < RMSE \leq 1.0$	$RMSE > 1.0$

物理試驗模型之模擬降雨入流量準確度分析成果，皆呈現優良成效，即決策程式與監測設備連結後，系統將可符合預期決策之操作，其入流量預測準確度分析如表 4-2 所示。

表 4-2 物理試驗模型入流量預測準確度分析表

評估指標項目	評估值	評估值所屬區間
總流量誤差百分比(ECR)	0.0213	優良
效率係數(CE)	0.9979	優良
相對均方根誤差(RMSE)	0.2092	優良

(資料來源：本計畫成果)

第二節 決策操作時距對系統影響性分析

本節將設定不同操作時距在相同降雨延時且同模擬降雨入流型態設計的系統運行成效進行分析，以降雨延時為 900 秒，操作時距分別為 30 秒、60 秒、90 秒，然由於本試驗之入流量設計無法重現相同模擬降雨型態，故本試驗將模擬相似的降雨事件之入流量進行 5 場測試並取平均值做計算。

成果顯示在 30 秒的操作時距下，可減少平均泵浦運行時間而達到較高的平均蓄洪率及總逕流體積削減率，60 秒操作時距的成效次之；即操作時距越長，將降低智慧雨水貯集系統之雨洪管理成效，故未來實際滯洪設施的應用上，應考量以短時距操作為原則，並為針對短延時強降雨(1 小時雨量達 40 毫米以上、3 小時累積雨量達 100 毫米以上、或 3 小時累積雨量達 200 毫米以上)能更具較佳的操作成效，建議需小於小時單位作為操作時距(如 10 分鐘)，使系統實現預排放之功效。

物理試驗決策操作成果之貯水槽內水位與泵浦操作之抽排量變化分別如圖 4-4~圖 4-6 所示，針對平均總出流量、平均泵浦運行時間、抽排量與其運行時間佔比、平均蓄洪率及平均總逕流體積削減率等模擬成果，彙整如下表 4-3 所示。

表 4-3 物理試驗模型決策操作時距對系統影響性分析表

操作時距 (s)	平均 總入流量 (m ³)	平均 總出流量 (m ³)	平均 泵浦運行時 間(s)	抽排量 (m ³ /min)	平均泵浦 運行時間 占比(%)	平均蓄洪率 (%)	平均總逕流 體積削減率 (%)
30	0.140	0.0749	312	0.0144	34.6	97.9	46.82
60	0.144	0.0806	336	0.0144	37.3	92.3	44.38
90	0.147	0.0864	360	0.0144	40.0	90.4	41.34

(資料來源：本計畫成果)

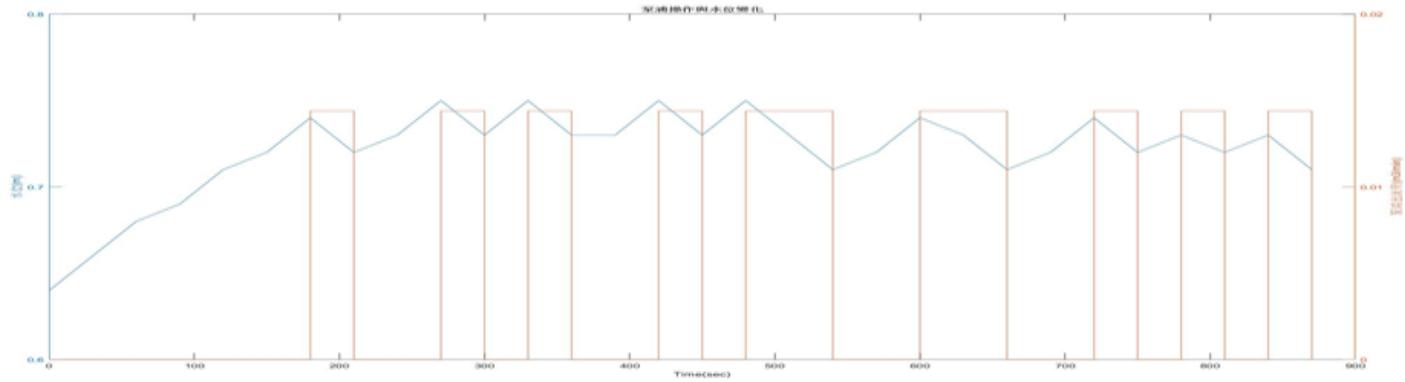


圖 4-4 物理試驗模型決策操作時距 30s 之貯水槽內水位與抽排量變化圖
(資料來源：本計畫成果)

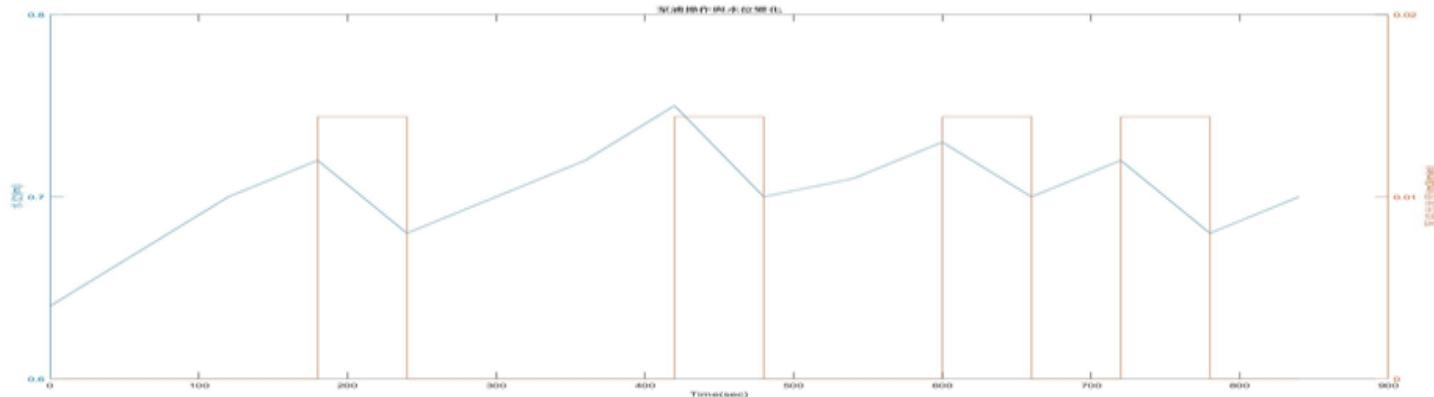


圖 4-5 物理試驗模型決策操作時距 60s 之貯水槽內水位與抽排量變化圖
(資料來源：本計畫成果)

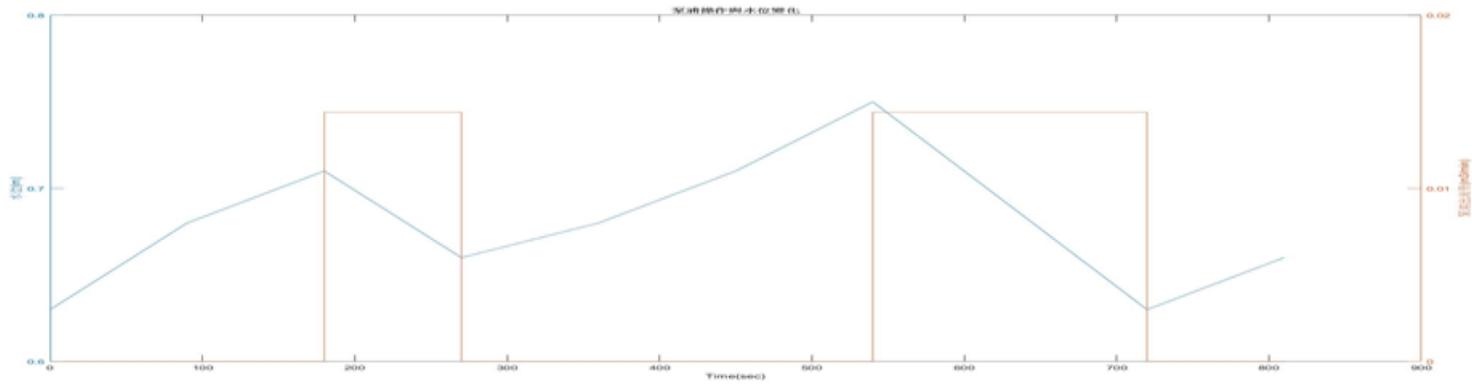
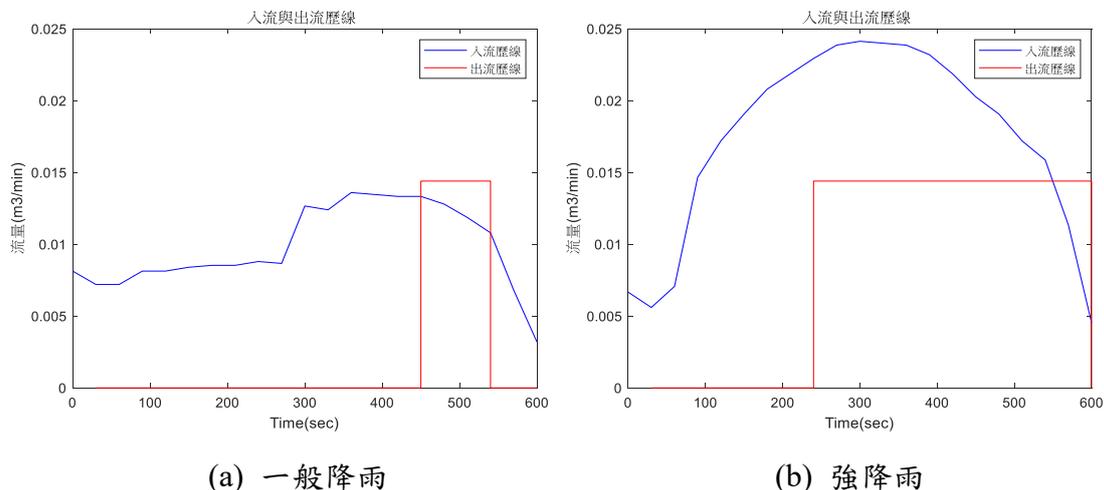


圖 4-6 物理試驗模型決策操作時距 90s 之貯水槽內水位與抽排量變化圖
(資料來源：本計畫成果)

第三節 模擬不同降雨強度之入流量之操作成果探討

本節透過相同的降雨延時 600 秒及相同的操作時距 30 秒，模擬單位出流量大於入流量之一般降雨事件，以及單位入流量大於出流量之強降雨事件的雨水入流型態設計的系統運行成效進行分析，其模擬一般降雨及強降雨的雨水入流型態設計之出流量與出流量歷線，如圖 4-7(a)(b)所示，貯水槽內水位與泵浦操作之抽排量變化分別如圖 4-8、圖 4-9 所示；其總出流量、泵浦運行時間、抽排量與其運行時間佔比、蓄洪率及總逕流體積削減率等模擬成果，彙整如表 4-4 所示。

決策操作成果顯示，一般降雨強度的模擬降雨事件在槽體水位約 58cm 時，泵浦開始運行，運行 90 秒後，判斷試驗槽體足以容納後續入流量，即關閉泵浦，整體歷程未發生槽體溢流，且獲得總逕流體積削減率 79 % 之成效；而強降雨強度的模擬降雨事件則提早於槽體水位約 52cm 時，預測槽體在後續雨水入流之預留空間不足，泵浦開始運行，總運行時間為 360 秒，整體歷程未發生槽體溢流，且獲得總逕流體積削減率 53 % 之成效，在兩種不同強度的模擬降雨事件下皆可獲得逕流體積削減之效益，其成果可供後續實際滯洪設施案例決策與效益驗證之參考。



(a) 一般降雨

(b) 強降雨

圖 4-7 不同模擬降雨強度之出流量與出流量歷線圖

(資料來源：本計畫成果)

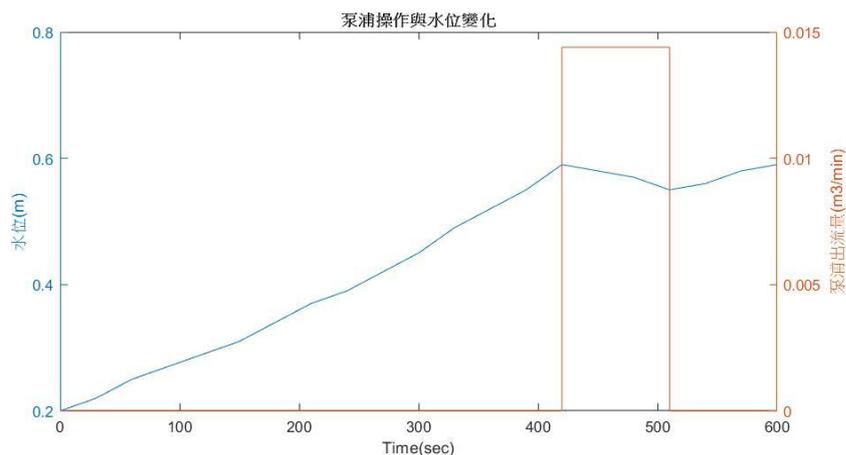


圖 4-8 模擬一般降雨強度之貯水槽內水位與泵浦操作之抽排量變化圖
(資料來源：本計畫成果)

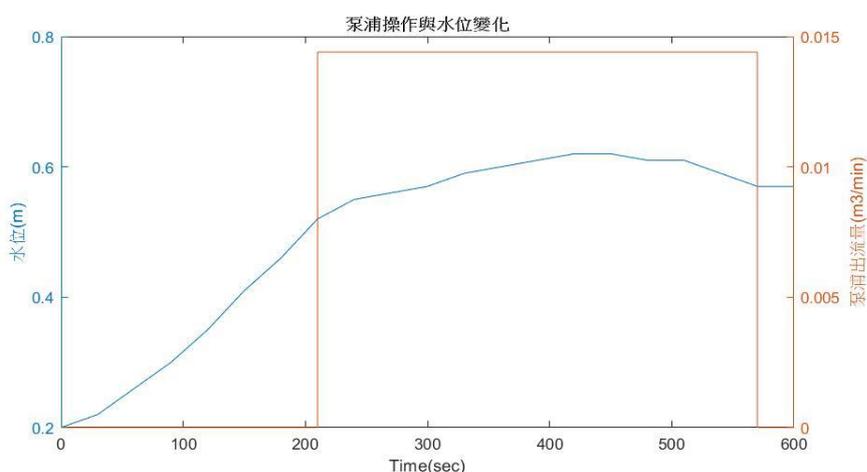


圖 4-9 模擬強降雨強度之貯水槽內水位與泵浦操作之抽排量變化圖
(資料來源：本計畫成果)

表 4-4 物理試驗模型模擬不同降雨強度之入流量之操作分析表

項目	總入流量 (m^3)	總出流量 (m^3)	泵浦運行時間(s)	抽排量 (m^3/min)	泵浦運行時間占比(%)	蓄洪率(%)	總逕流體積削減率(%)
一般降雨	0.103	0.0216	90	0.0144	15	98	79
強降雨	0.183	0.0864	360	0.0144	60	95	53

(資料來源：本計畫成果)

第五章 結論與建議

本計畫針對智慧雨水貯集系統作為都市雨洪管理之實地驗證研究之相關課題進行探討及內容編撰，其完成工作項目說明如后。

第一節 結論

壹、完成案例蒐集與智慧雨水貯集系統軟、硬體相關設備規劃設計

本研究針對國內雨水貯集滯洪設施之案例進行蒐集與評估，發現目前滯洪設施多透過中央氣象局的豪雨、颱風警戒或設定起抽水水位之機械式排洪的方式作為滯洪操作機制，其將受降雨前設施內之雨水貯集量影響其功效，且容易造成泵浦長時間抽排之能源損耗，若排洪時恰為降雨事件洪峰流量發生期間，將造成排水系統與下游集水區之負擔，另外此系統如未裝設監測設備，將無法確切了解實際抽排情況與其系統是否發生故障。

本年度計畫目的係為了透過案例實地裝設監測設備，來驗證本研究的智慧雨洪管理模式之可行性，故透過物理試驗模型的架設並完成軟、硬體相關設備規劃設計，進而針對系統完成模式驗證，如本年度模式測試結果符合預期成效，未來將可針對實際案場之既有設施進行實際測試與驗證。

貳、智慧雨水貯集系統雨洪管理平台與通訊技術資訊連結與測試

物理試驗模型之軟體(Matlab 程式)與硬體(Arduino 開發板)設備透過序列埠(Serial port)進行串接，使軟體每次的決策指令通過每個位元資料傳輸，完成智慧雨水貯集系統之物理試驗模型的軟、硬體設備裝設與連結，並透過 Matlab 決策程式發出讀取資料指令 Arduino 控制板，進而 Arduino 控制板擷取感測資料並由 Matlab 決策程式接收，透過模式決策成果發出泵浦操作指令回 Arduino 控制板，即可進行控制泵浦的開啟或關閉之操控。

參、智慧雨水貯集系統之驗證案例成果與系統評估

本計畫透過物理試驗模型完成智慧雨洪管理決策模式與實際控制、監測設備之操作，並針對不同的決策操作間距作逕流體積削減率及節能效益之評估，完成模式驗證檢討與參數修正。設計案例成果顯示，智慧雨洪管理系統於降雨後有效減少逕流體積，並減少泵浦的操作時間，達到本計畫智慧雨水貯集系統雨洪管理之預期成效，將可作為未來落實建築物智慧雨洪管理之參考。

第二節 建議

建議一

智慧雨水貯集系統建構與示範點測試：短中期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部營建署

本年度已完成智慧雨水貯集系統雨洪管理之物理試驗模型測試，系統能夠及時掌控入流情況並確實可實施智慧排水操作，提升系統蓄洪能力及逕流體積削減之目的，獲得良好的雨洪管理成效；後續建議落實建築物既有雨水滯蓄設施實施智慧化雨洪管理與系統建置之研究，使建築物雨水貯集滯洪設施實施智慧雨洪管理操作，提高社區(建築)自主防災能力，提前針對豪大雨進行減災操作，減少都市淹水損失。

建議二

建立社區或區域尺度之智慧物聯網雨水貯集系統：長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部營建署

長期建議應強化其應用及加值效益，透過無線感測技術、雲端運算、大數據分析及降雨預警通報機制進行整合，建立社區智慧雨洪管理物聯網，提升洪災預防與應變的機能，使社區雨洪管理朝向智慧化；進而將社區智慧雨洪管理物聯網層級，逐步提升至區域層級，再往上擴充到縣市政府層級的智慧雨洪管理，提供主管機關研擬相關政策之參考及實務界設計之依據。

參考書目

中文部分：

- 廖朝軒、蔡耀隆，從健全都市水環境談雨水滯蓄措施之應用，水資源管理季刊第4卷第二期，p08~17，2002。
- 王茂興，城市暴雨之雨水經營策略研究，台灣水利第51卷第三期，p77~83，2003。
- 蔡耀隆，雨水滯蓄措施在城區減洪之水文機制及容量研究，水科學進展第17卷第四期，p538-542，2006。
- 內政部營建署，建築物雨水貯留利用設計技術規範，2012。
- 內政部建築研究所，建築基地雨水貯集及滯洪設施設置原則，2012。
- 內政部建築研究所，利用公園及學校設置滯洪設施及貯留雨水再利用之研究，2009。
- 內政部建築研究所，創新建築物雨水貯集滯洪之智慧物聯網操作管理系統規劃，2018。
- 內政部建築研究所，智慧雨水貯集系統在建築物雨洪管理及操作模擬研究，2019。
- 蔡欣遠，應用雨水貯集系統作為雨洪削減之研究，河海工程學系，國立台灣海洋大學河海工程學系碩士論文，2012。
- 黃正傑，雲端運算應用與實務，全華圖書股份有限公司，2013。
- 江育銓，區域雨水利用潛勢、容量設計及雨洪管理策略，國立臺灣海洋大學博士論文，2015。
- 國立台灣海洋大學，海大雨水公園智慧雨水貯留系統建置，2018。
- 經濟部水資源局，雨水貯留及中水道二元供水系統應用手冊，2000。
- 經濟部水利署，雨水貯留系統評估工具建置計畫，2012。
- 經濟部水利署，108 雨水貯留系統設施輔導推動計畫，2019。

英文部分：

- Fewkes, A., Modelling the performance of rainwater collection systems: towards a generalised approach , Urban Water, 1, 323-333, 1999.
- Fewkes, A., The technology, design and utility of rainwater catchment systems, Water Demand Management, IWA Publishing, London, 27-61, 2006.
- Liaw C.H., Tsai H.Y., Chiang Y. C., Assessment of Water Quality and Reuse Feasibility of Runoff from Green Roof. International Low Impact Development Conference, Beijing, China, 2016.
- Liaw C.H., Tsai H.Y., Chiang Y. C., Feasibility Study of Water Supply and Stormwater Mitigation Using Rainwater Harvesting System. International Low Impact Development Conference, Beijing, China, 2016.
- Liaw C.H., Tsai H.Y., Tsai C.F., Chiang Y. C., Feasibility Analysis of Rainwater Harvesting Systems for Stormwater Management. 2018 International Sponge City Conference, Xian, China, 2018.
- Tsai C.F., Tsai Y.L., Huang W.M., Bai Y.F., Application of BIM in Rainwater Storage and Infiltration Facilities Deployment. 2018 International Sponge City Conference, Xian, China, 2018.

附錄一 審查會議

內政部建築研究所 109 年度
「智慧雨水貯集系統作為都市雨洪管理之實地
驗證研究」協同研究計畫案

期初審查會議
審查意見及廠商回應一覽表

項次	審查委員意見	廠商回應
1	有關硬體購置是否需要 2 套，因為有兩個研究區域？	目前本案擬實地驗證之案例仍在資料蒐集與遴選階段，報告中藉其中兩個研究區域說明擬分析的內容與工作項目；本案在有限經費下，將選擇一案並設置一套系統為原則。
2	有關軟體的部分，團隊自行撰寫後，要放在哪裡，以達支援決策之用。	委員所提及的系統決策即為本研究團隊將自行撰寫的 MATLAB 決策模式，需透過資訊工程師的協助撰寫 API 控制程式進行系統連結；目前考慮該軟體可放置於現場主機電腦或雲端網路平台中進行決策操作。
3	實地驗證必須要有一些指標，對於指標(方程式)需要說明？	對於實地驗證之評估指標，後續會於報告中進行補充。
4	預測 1 小時之降雨量是否足夠？有必要配合其他外界預測資訊，更掌握研判未來降雨型態？	本案針對降雨量預測係為 10 分鐘一筆的時距，而其它預測方法、外部資訊的連結及降雨型態等的比較分析，已於 108 年本所研究案中完成初步探討。

5	<p>服務建議書第 15 頁，圖 6 排洪決策流程圖，係以泵浦啟閉為例，未來是否將第 13 頁備用抽水機啟動、入流口溢淹時間、緊急發電機等項納入？</p>	<p>圖中為初步擬定的排洪決策流程，後續將因應選定案例的緊急應變措施之內容而進行調整，使決策系統更為完備。</p>
6	<p>較大量體之雨水貯集系統，在滯洪上效果較大，遴選作為驗證案例之系統，除了公部門之外，是否亦考慮系統類型（泵浦排洪式、被動式排洪）、系統大小等，經驗證後是否可推至其他量體較小系統之參考？又減少泵浦啟閉以節電，是否為本期或是未來之目標？</p>	<p>選擇滯洪設施體積較大者，為遴選原則之一，希望可獲得較大的效益呈現；因受限於經費，故系統類型主要僅依本案所遴選的一案進行探討，繼而擬針對其滯洪成效蓄水率及泵浦運作時間等做效益評估，並初擬未來發展之建議。</p>
7	<p>智慧雨水貯集系統規劃設計工作驗證案例，依本計畫預算預計數目，請補充。</p>	<p>本案在有限經費下，將選擇一案做規劃設計，並設置一套系統為原則。</p>
8	<p>程式撰寫為本計畫關鍵工作（API），在專業程式設計人員部分，列入團隊考量或儘速安排。</p>	<p>目前正積極與針對軟體撰寫與專業程式設計人員溝通，將遵照委員意見儘速安排。</p>
9	<p>決策流程方面，請補充說明：時段（t）、時距（t），依流程模擬颱風事件，可能須執行排洪次數。</p>	<p>後續在完成各方決策因素考量後，研擬出更完整的排洪決策流程。</p>
10	<p>決策引入預測雨量、流量，如預測與實際量測值差異過大時，處理做法補充說明。</p>	<p>本案在實地驗證之初步監測成果，擬將考量監測數據誤差、通訊延遲、泵浦抽排效率及既有排洪設施等因素而進行模式修正。</p>
11	<p>雨水貯集就是一種逕流分擔的概念，不但可以滯洪還可以節</p>	<p>感謝委員肯定與支持。</p>

	水，二種效益，本計畫完成後值得大力推動。	
12	若涉及「供水」就必須注意其水質，因此初期雨水的處理機制，因服務建議書始終沒有提到，建議納入在報告內。	本計畫的目的地係探討滯洪效益，如未來考量多目標設計的供水議題，才會考慮初期雨水水質之問題。
13	決策模式撰寫採用 MATLAB 軟體撰寫，它是一種交談式科技計算語言，主要用於矩陣式的數值運算，未來勢必會將完成的軟件燒成「晶片」置入到操作設備中，在未燒成晶片之前一定要做好資安測試，如「弱點掃描」等工作。還有「驅動程式」所謂的「韌體」也一樣要注意其「安全性」測試，另外建議書 MATLAB 應該是 MATLAB 的誤寫，請修正。	報告中用字錯誤的部分，將依照委員意見進行修正；本計畫待實地案例的測試與驗證後，未來可考慮委員所提，軟體以晶片方式整合而進行區域性推廣與設置，而驅動程式與其安全性等的細部設計，更需諮詢各方專家及工程師之意見而進行建置。
14	有關槽體的部分： (1)當槽體空間為「0」時，此時雨量如何計算？ (2)槽體容量空間不足時，雨水仍在繼續流入，請說明槽體切換的機制。 (3)槽體應注意與建物的整體性，是否應考慮「手動」操作的機制，請說明。	槽體部分說明如下： (1)本案針對降雨量預測係透過雨量計數據進行計算，與儲水槽剩餘的空間無直接關係。若透過水位計進行入流量預測，當槽體空間為「0」時，可透過出流的量體判斷入流量，仍影響預測的計算。 (2)本計畫針對實際案例的裝設，仍會保留原有設計的緊急排水功能，擬將於後續緊急防溢淹措施設置中進行討論與內容補充。 (3)回答如(2)所述。

15	防溢淹緊急措施，停電或網路不順暢時，系統仍應繼續運作，是否應考慮「手動」操作的機制，請說明。	本計畫針對實際案例的裝設，仍會保留原有設計的緊急排水功能，擬將於後續緊急防溢淹措施設置中進行討論與內容補充。
16	建議是否可以先行利用海大 2018 校園雨水公園已建置的「智慧雨水貯留系統」配合建研所 2019 年「智慧雨洪管理及操作模式」將相關的裝置納入，實地驗證後，再依建議書所述場地做實地驗證。	感謝委員建議，將會納入實地案例遴選之考量。
17	本案未來應用對象範圍為何，依據其應用範圍的擴展對都市減洪有何種具體影響的預估。	目前本案考慮應用的對象包括公有建築物、社區、社會住宅等，未來若進行區域性智慧雨洪管理的落實，可再針對其監測成果進行實際效益探討。
18	本系統是否有績效評估和落實方法的考量？	本案初步擬透過滯洪成效、蓄水率及泵浦運行時間等指標，做為績效評估之依據；後期將研擬未來發展之建議，作為其他建築物案例落實智慧雨洪管理方法之參考。
19	目前本所支援社會住宅 BIM 方面的發展應用。本案除學校外，是否適用於前述目標的應用及其可預期的績效為何？	BIM 的應用為未來建築與工程上重要項目之一，待本案執行完成，未來將可考量委員之意見而著手智慧雨水貯集系統 BIM 發展之相關可行性評估、資料蒐集與建模的相關事宜。

內政部建築研究所 109 年度
「智慧雨水貯集系統作為都市雨洪管理之實地
驗證研究」協同研究計畫案

期中審查會議
審查意見及廠商回應一覽表

項次	審查委員意見	廠商回應
1	本計畫為建物之雨水貯集系統，宜請先評估我國目前應用「雨水貯集」佔用之比率為何，倘具有一定的經濟貨社會價值，則可說明智慧化之雨水貯集系統之推動策略。	感謝委員建議，中央及地方政府皆已訂定相關法規及規範，目前已逐步落實雨水貯集之滯洪相關設施，後續將針對未來發展與推動策略進行討論。
2	本計劃案例遴選(即實地驗證案例)之抽樣案例，建議具有代表性或多樣性，以增加研究的豐富性及可用性。	感謝委員建議，本年度為確保設備與決策程式能預期運作，將初步透過物理試驗模型進行實地驗證，如符合預期成果，未來將依委員意見選擇實際案例進行實地驗證。
3	為期兩年之研究，成果已逐漸聚焦。	感謝委員的支持與肯定。
4	實際案例物理模型驗證為貫穿本研究之核心價值所在，期待其成果之展示與呈現。	感謝委員的支持與肯定。
5	圖 1-5 研究進度甘特圖，請將第一個月、第 2 個月……調整為具體日期如(109 年 3 月、109 年 4 月……)	感謝委員建議，將遵照辦理。
6	計畫於國內雨水貯集系統之相關法令與技術規範搜集地十分	感謝委員建議，本案針對相關法法令、規範及相關制度進行

	完整，期待期末能於未來發展之建議中，見到因應或(突破)法令、規範及制度限制之具體建議。	蒐集彙整，後續將依委員意見納入未來發展與推動策略進行討論
7	歸納不同土地使用規劃之減洪調適策略績效評估成果，提供都市規劃及審議應用。	感謝委員建議，未來在實際案例驗證時，可針對不同土地使用情況進行滯洪成效的分析比較，當系統落實達到一定的案例數量，將可作為都市規劃及審議應用之參考。
8	分析最小降雨以探討不同土地使用規劃減洪成效。	感謝委員建議，未來在實際案例驗證時，可針對不同土地使用情況進行滯洪成效的分析比較，當系統落實達到一定的案例數量，將可作為都市規劃及審議應用之參考。
9	分析地表逕流洪水波，規劃流動阻力布置，降低地表逕流造成之洪災風險。	感謝委員建議，未來在實際案例驗證時，可針對不同土地使用情況進行滯洪成效的分析比較，當系統落實達到一定的案例數量，將可作為都市規劃及審議應用之參考。
10	因應氣候變遷極端降雨對都市規劃土地之浸淹衝擊，分析具有減災效能的土地使用規劃，降低淹水風險，建構耐洪之韌性都市目標，建立永續發展都市。	感謝委員建議。
11	有關圖 1-3 之流程，建議斟酌可排出時間，以避免造成下游洪峰，若不適合排出，則前端之機制，增加「若滯洪空間已	感謝委員建議，圖 1-3 僅為智慧排洪的簡易流程圖說明，未來在實際案例的應用上，確實需因應不同設計條件針對前端

	滿，自動封閉入流口」之作用。	系統進行設計或增加防溢淹之決策相關內容。
12	雨量計部分，若為小集水區則適合介接氣象局資料，若測站稍遠，則應依權重分配雨量。	感謝委員意見。
13	流量計費用不低，出流流量或入流流量是否可由水位高低變化，直接換算？目前我們所使用的淹水感知器，價格在 2-5 萬間，即簡易之水位計，可使用於此處。(P32 改以上升或下降速率)	感謝委員意見，將做為後續研究之參考。
14	平台使用者，若只是管委會等，其需走雲端嗎？惟若要配合下游之情形，則平台的使用者，可能要上延至縣市政府，此一部分請考量。	感謝委員意見，本年度初步透過現場電腦架設平台而進行操作，未來在區域性雨洪管理應透過雲端平台設置較方便管理單位控管。
15	考慮經費及防洪效益，故建議規模不要只限於法規上之最大排放量，而應鼓勵盡量擴大貯洪空間。	感謝委員意見。
16	表 2-1 國內雨水貯集系統相關法令與技術規範，請再檢視，其中排水管理辦法第 13 條已刪除，建議可增加水利法第 83-13 條新建或改建建築物應設透水、保水或滯洪設施，其適用範圍及容量標準，應參考建築法規，由中央主管機關會同中央主管建築機關定之。108 年 3 月 15 日經濟部與內政部會銜訂定發布「建築物設置透	感謝委員建議，將遵照辦理，已補充至報告第 22 頁表 2-1 中。

	<p>水保水或滯洪設施適用範圍及容量標準」。以及經濟部水利署水利規劃試驗所 108 年築物設置透水、保水及滯洪設施規劃設計參考手冊(草案)。</p>	
17	<p>灰色理論主要是針對有限信息作系統分析，期能在不完整信息的條件下，對系統進行預測、分析與決策，且在預測中預測趨勢延遲之缺點，故請補充本研究採用灰色預測之理由。</p>	<p>系統預測模式的相關研究於前年度計劃中已充分探討，隨技術上的精進，未來仍可針對預測部分再進行修正。</p>
18	<p>另目前中央氣象局透過雷達降雨觀測定時提供未來每小時降雨序集預報資料，是否還須使用灰色預測?請檢討補充。</p>	<p>由於建築基地屬較小的集水區，其集流時間較短，故以小時為單位進行預測，會造成滯洪排水宣洩不及的情況，且透過中央氣象局資訊連結，存在資料接收稽延之問題。</p>
19	<p>p22 表 2-1 雨水貯集系統中央及地方相關規定請更新至最新版本。</p> <p>(1)排水管理辦法 (109.06.23) 第 13 條已刪除，另於「出流管制計畫書與規劃書審核監督及免辦認定辦法」(108.02.19)明確規定。</p> <p>(2)台北市綠建築自治條例(109.07.06)。</p> <p>(3)「新北市政府辦理公共設施用地開發透水保水實施要點」、「新北市政府辦理公共設施用地開發透水保水設計評估基準」、「新北市都市計畫規</p>	<p>感謝委員建議，將遵照辦理。</p>

	<p>定設置雨水貯留及涵養水分再利用相關設施申請作業規範」已於 106.11.24 廢止。</p> <p>(4) 高雄市綠建築自治條例 (107.03.01)。</p>	
20	<p>p44，回推之基地面積 0.22 m² 是否為 4.44 m²之筆誤？公式 SHp 配合修正。</p>	<p>感謝委員意見，將針對此內容進行檢討，如有誤將進行修正。</p>
21	<p>本篇研究符合預期成果需求，期中階段完成雨水貯集系統等文獻回顧、智慧監測與相關軟體規劃設計與測試進行討論。依據目前研究內容，提供關於相關問題進行思考。</p>	<p>感謝委員肯定。</p>
22	<p>建議補充該研究與 108 年度研究之關聯說明。</p>	<p>感謝委員建議，本年度將 108 年的決策模擬模式，應用在實地裝設的智慧監測與控制設備，並進行資訊連結與測試，後續將於簡報中針對此內容進行補充。</p>
23	<p>建議補充案例資料蒐集至選擇合適驗證案例推動之難處與公部門實施之行政程序。</p>	<p>感謝委員建議，後續將在未來發展之建議進行討論與補充。</p>
24	<p>建議針對軟硬體設備、傳輸速度、回傳資訊等規格各類方案與需求的經費預估。</p>	<p>感謝委員建議，本年度主要先針對決策模式進行驗證與調校，未來可針對委員之建議進行探討。</p>
25	<p>第二章文獻回顧第一節至第五節回顧國內外雨水貯集系統相關研究或相關計畫與運用，建議補充與本案關聯。</p>	<p>感謝委員建議，本計劃蒐集之相關文獻內容，將可作為本案智慧控制應用在現行法規、決策技術與推廣相關的層面之依據。</p>

26	<p>建議針對誤植處進行修正</p> <p>(1)第三章第三節物理模型規「畫」，建議修改為「劃」。</p> <p>(2)圖 1-1 圖示不清。</p> <p>(3)圖 3-1 為研究進度甘地圖請再次確認。</p>	<p>感謝委員建議，將遵照辦理。</p>
27	<p>本案報告書進度尚在理論說明與資料搜集階段，建議後續實地案例場址遴選應具有代表性、合理性及應用性，以利未來參考運用。同時應說明選該場址的理由。</p>	<p>感謝委員建議，未來在後續實地案例場址遴選將參考委員所提之意見，使示範案例更具代表性。</p>
28	<p>本案智慧雨水貯集系統管理操作模式約為多久運作一次，另外，氣象局 OPEN DATA 雨量資料與即時資料約有 10 分鐘延遲，這會影響滯洪設施剩餘空間的正確性。</p>	<p>本年度物理模型試驗中針對操作間距有相關研究成果，目前系統之運作方式採用儀器測量並即時回傳運算，較無延遲問題，對滯洪設施剩餘空間的計算誤差較小。</p>
29	<p>p.7 提及所開發的操作模式會預測降雨量準確度如何？</p>	<p>針對預測準確度於去年度計劃中已進行討論，並於今年度案例驗證初期亦針對其進行評估，如報告 p.51 所示，呈現優良之成效。</p>
30	<p>p.8 (3)水位計+出流量的敘述似乎與(2)相似，建議補充其敘述內容。</p>	<p>兩者差異在於流量計的裝設位置，影響數據上滯洪空間雨水量的換算。</p>
31	<p>由於流量計、雨量計等設備需花費較多費用，故私人建案較不建議設置。</p>	<p>本研究中已蒐集市面上之相關設備作探討，流量計確實屬較為昂貴之設備，而雨量計依照其型式不同有較為便宜的選擇，可針對私人建案之預算做合適的規劃。</p>

32	<p>本案研究結果應非所有建築都可用，需要多少量體才適用而顯示出效益，建議可說明，以利推廣及說服建商設置。</p>	<p>感謝委員建議，現階段依照現有法規，已有相關規範要求建築基地內須有相關設施，系統之成本效益分析可於未來進行探討。</p>
33	<p>證明智慧化操作有達到節能效果，例如在操作流程下紀錄抽水次數與時間。</p>	<p>感謝委員建議，將納入作為系統運行成效之評估內容</p>
34	<p>大部分抽水機都放在建築筏基的抽水井，因此抽水機性能要注意，避免抽水的起停頻繁導致抽水機壞掉。</p>	<p>感謝委員建議，本計劃前期經專家學者諮詢建議，泵浦的選擇可採用變頻馬達，不受頻繁起閉影響，且在能源的使用上更為省電。</p>
35	<p>雨量預測使用灰色理論，在劇烈降雨中可能會有延遲的問題因此預測上有沒有問題，請補上使用灰色理論的原因。</p>	<p>系統預測模式的相關研究於前年度計劃中已充分探討，隨技術上的精進，未來仍可針對預測部分再進行修正。</p>
36	<p>於第 24 頁，請補充「新北市透水保水技術規則」，其內容針對各相關透水保水設施均量體標準。</p>	<p>感謝委員建議，將遵照辦理。</p>
37	<p>建議未來實地操作後可以計算新舊社區導入智慧化操作後之收集量以及效能的差別(可參考日本防災經濟學)，才能增加政策說服力。</p>	<p>感謝委員建議，未來實地操作將遵照委員意見進行效益比較，並蒐集國外相關研究作參考。</p>
38	<p>待系統開發完成可申請專利，以創造防災產業。</p>	<p>感謝委員肯定，目前智慧雨水洪管理操控之技術已逐步成熟，但仍為測試階段，未來若能落實更多的樣本數據，使系統修正得更加完備，將遵照委員建議來討論專利申請之事宜。</p>

39	本所有軟體交付規範，請去了解本所伺服器是否能使用。	本計劃決策軟體為現場電腦控制，故現階段市面上標準電腦之作業系統 win10 即可運行，無伺服器使用上的問題。
40	請清楚交代到底要解決什麼事情，是否不管收集後雨水該如何利用？	為因應逕流分擔雨出流管制政策，本案之目標係增進雨水滯洪設施之滯洪成效，不考慮將其作為供水之用途。

內政部建築研究所 109 年度
「智慧雨水貯集系統作為都市雨洪管理之實地
驗證研究」協同研究計畫案

期末審查會議
審查意見及廠商回應一覽表

項次	審查委員意見	廠商回應
1	本研究智慧化貯水系統，從供水「系統面」來看，文獻中多為二元供水的方式，亦即作為主要供水系統中之備援系統，宜與建築設計結合考量。	感謝委員建議，本案之智慧操作雨水貯集系統著重於建築基地內達到滯洪之效益，暫不針對供水層面上的效益進行討論。
2	從監控面分析，本研究涉及降雨預測及排水決策，建議考量納入物聯網(IOT)的方法協助決策，並能以手機作為決策工具，增加實用性。	感謝委員建議，藉互聯網路作為系統通訊方法將增加未來應用與操作上的實用性，然因目前物理性試驗模型以數據傳輸穩定為原則，故將先以現場數據線傳輸而進行決策操作。
3	研究結果與計畫目標相符，工作項目皆已完成。	感謝委員支持與肯定。
4	後續期望能見到實際系統建置之研究。	感謝委員支持與肯定，後續可藉由本年度智慧操作成果，將系統進行實際案例建置，預計將於明年度進行。
5	雨洪管理可否考量下游監控。	感謝委員建議，智慧雨水貯集系統是針對單一建築基地進行施作，並依設置數量達到區域性的整合，針對達成下游監控之目標將於後續發展中探討。
6	p.10 表 1-4 內提及 NB-IOT 目	感謝委員建議，由於 NB-IoT 係

	<p>前佈建國家數目為 0，惟目前科技部推動的民生公共物聯網之通訊多擇定為 NB-IOT，所以其定義為何？</p>	<p>由 3GPP 所支持，IoT 的電信通訊網路，除具備多連接、低功耗、低成本以及廣覆蓋等優勢，並使用授權頻段，對於網路傳輸品質、數據安全皆具較高的保障，再加上建置成本較低，故備受各國電信商所支持，成為 LPWAN 的主流技術之一。</p>
7	<p>p.30 所擬之國中貯集滯洪設施，既有圖 3-3 之放水自動閘門，其除溢流外，是否有考慮協助其改善含未來降雨而調整閘門操作的機制而真正截留洪峰？</p>	<p>感謝委員建議，本計劃針對該案進行操作機制與成效分析探討，未來如選擇此場址作為驗證案例，將可協助其進行改善，並落實智慧決策操作而提高滯洪效益。</p>
8	<p>第四章內各圖之編號建議補足，同樣表之編號及說明請補足。</p>	<p>感謝委員的建議，將遵照辦理。</p>
9	<p>P.53 之說明：來試驗之入流量設計無法重現相同規模擬降雨型態；由於實驗由流量外及上方水桶內水位控制入流量，建議後續之操作中，盡量改善此一部分，否則圖 4-4~4-6 之結果不易比較，也不容易反映灰色理論的應用，在那一個操作間距下，有最好的計算結果。</p>	<p>感謝委員建議，針對灰色理論的預測準確性已經多場不同規模擬降雨入流型態而進行分析，皆達優良預測成效；而在操作間距與滯洪效益之影響分析，雖入流量設計無法重現相同規模擬降雨型態，但透過 5 場次的模擬相同降雨型態之均值計算，其成果應具比較之代表性。</p>
10	<p>同樣 4-2 節內建議依比較結果，作出評估，以利後續推動，並說明如何反饋至降雨的部分。</p>	<p>感謝委員建議，在 4-2 節不同決策操作時距及 4-3 節模擬不同降雨強度之入流量對系統影響性分析後，將針對未來實際案例裝設之操作時距與參數設定進行探討與相關建議。</p>

11	<p>雨水貯集滯洪設施，兼具平時貯留雨水利用，汛期滯洪減澇雙重功能。惟實際狀況，設施貯留雨水量多寡，會直接影響滯洪能力的高低。故本計畫就現況問題，進行案場智慧雨洪管理設施之建置，及完成試驗模型之測試驗證，成果良好，符合預期。</p>	<p>感謝委員的支持與肯定。</p>
12	<p>針對依法令規定建置完成「透水保水」或滯洪設施，惟業主無法就降雨型態作針對性操作，而影響滯洪功能發揮部分，建設應參考本計畫初步完成之智慧雨洪管理模式，陸續訂定管理系統，供未來建置滯洪設施之參考應用。</p>	<p>感謝委員肯定與建議。</p>
13	<p>另智慧雨洪管理平台是不可或缺之一環，可遠端監控滯洪池使用狀況，資料庫建立分析，及汛期滯洪決策決定調配，建議未來應建立於各級政府主管部門層級，以利統籌整合及監督管理之效。</p>	<p>感謝委員建議，短期目標將針對單一建築進行系統測試，未來可再針對區域規畫進行探討。</p>
14	<p>本研究只作物理試驗模型測試與驗證，尚未做實際案例之測試與驗證，殊屬可惜。</p>	<p>感謝委員建議，實際案例之測試將於明年度進行。</p>
15	<p>建議進一步作實際案例之測試與驗證，並嘗試串連二個以上案例作智慧化監控系統之測試。</p>	<p>感謝委員建議，將於後續探討相關研究方法與可行性。</p>
16	<p>目前在公有建物或公共設施建</p>	<p>感謝委員建議，依照「臺北市市</p>

	<p>築基地之雨水貯集系統之維護管理使用，因有公部門人力及經費挹注，可能較無問題，但屬於私有建築基地之雨水貯集系統，在建商完工點交予社區管委會，之後的維護管理/損壞修理費用是否照計畫開啟使用，人為干擾因素，日常檢查監測的主責機關為何？是否有機會由主管機關接手做智慧化監控系統之可行性？機械設備有使用年限，五年、十年二十年後設備損壞的修復費用，是否可要求建商負責？等等課題有待進步研究。</p>	<p>有新建建築物設置雨水回收再利用實施要點」、「新北市透水保水自治條例」等相關規範均有針對雨水貯集設施有相關維護管理要求，達一定規模以上之貯留設施，每年於五月一日前至少一次委託專業技術團體維修、檢查，並維持正常運作，其有損壞或阻塞，應立即修繕及清淤，在智慧監測系統下可了解相關單位是否有針對維護管理進行落實。</p>
17	<p>根據桃園市政府刻正委託加強類似跨建築/跨社區雨水貯集系統的智慧監控系統，或可同步參考其研究成果。</p>	<p>感謝委員建議，後續將連繫桃園市附相關單位進行智慧監控與操作等相關事項討論。</p>
18	<p>本案成果前瞻，其貢獻將傳統雨水貯集系統結合 IOT 技術，將單一時間點的水文、水利靜態資料轉變為長時間的動態資訊，提供審議或者是預防性維修有更及時的判斷資訊，值得後續持續研究。以下幾點建議提供未來研究方向參考：</p> <p>(1) 目前智慧雨水貯集系統比喻為一種在建築基地上關於水文、水利的大數據蒐集資料庫，未來提供數據的品質(設備)、人才的培育(教育)、法規(標準)</p>	<p>感謝委員建議。</p> <p>(1) 未來實際案例施作將針對現有不足進行改進。</p> <p>(2) 針對未來區域規畫層面避免導致同時放水的問題，尚須結合都市計畫等相關研究進行探討，以作為後續智慧系統之發展依據。</p>

	<p>等，均需要有長期的規劃與研究資料累積，方能有效推動。</p> <p>(2) 未來若將各建築基地的系統並聯像交通號誌紅綠燈，進行智慧抽排協調，但若某一數據系統失靈，會不會影響到整體系統大亂，造成抽排混亂，需設立預防機制進行配套。</p>	
19	<p>智慧雨水貯集系統是海綿城市的一環對於極端氣候短時距降雨效益較大，但對於長時距降雨效益就不大，未來宣導應用可著重於節水、利用，及短時距降雨滯洪的效益上。</p>	<p>感謝委員的建議。</p>
20	<p>未來貯水效益為「積少成多」，將有賴政策多推廣及宣導。</p>	<p>感謝委員建議。</p>
21	<p>目前國內裝設雨水貯集桶的普及率及數量仍有待加強，除了應該要思考其原因為何加以調整外，在其生產使用在利用的過程中，亦應探討是否可達原設定要求。本計畫智慧雨水貯集系統雨洪管理平台，相當具有研究價值，未來在都會雨洪管理實務面也需加以建置操作。</p>	<p>感謝委員建議與肯定。</p>
22	<p>在網路層上當大規模天災形成，如颱風或超大豪雨，可能造成大規模停電而使網路傳輸中斷，這樣的系統失靈要如何補救？防溢淹措施應具體說明清楚。</p>	<p>感謝委員建議，智慧操作系統之設置是基於舊有操作系統上額外裝設之智慧化功能，當系統遭遇不可抗力因素之相關重大災變導致無法運作時尚可以人工方式進行操作。</p>

23	本案針對模型有完整的運作成效，是否有針對過去歷史降雨事件進行模擬，並探討現有機制與智慧化下的差異？	過去歷史降雨事件之研究已於去年度完成，今年度主要針對實際資訊設備連結之智慧操作成效探討。
24	未來推廣智慧化雨水貯集系統，針對系統故障或是其他突發狀況(感測器損壞導致溢淹、空抽等情形)是否有相關保護機制？	對於硬體設備損壞所導致的系統運行障礙未來會與相關廠商討論並制定解決方案或轉換備用系統等相關功能。
25	對於智慧管理測試實驗研究結果給予肯定，對於未來在社區、大樓或建物之雨水貯集系統管理上有良好管控，並可結合至該地區雨水系統整合，作為地方決策依據參考。	感謝委員的肯定與建議。
26	系統在接收資料時是否有對於錯誤資料(極端值)有自動除錯的功能？	針對自動化系統對於錯誤資料地處理方式稱為數據清洗，相關的研究及方法會在後續進行研究並於系統內做更新。
27	本案所研發之系統已趨於完備，使否有考慮後續實際裝設之預期經費成本？	本研究中已蒐集市面上之相關設備作探討，依照設計型式不同可針對預算做合適的規劃。
28	計畫研究成果可以有效預測洪水量及控制，並提出有效驗證案例，期望能提出更多相關案例以利後續推廣在實際裝設上。	感謝委員建議。
29	現階段已針對單一區域之雨洪管理研究完備，系統後續進行區域整合發展時需要具備遠端調控的能力，避免同步放水導致無法達成減洪的效果。	感謝委員建議，針對未來區域規畫層面避免導致同時放水的問題，尚須結合都市計畫等相關研究進行探討，以作為後續智慧系統之發展依據。

30	現行法規已有規定需建置滯洪池，但維護管理階段尚無誘因吸引民間自主。	依照「臺北市市有新建建築物設置雨水回收再利用實施要點」、「新北市透水保水自治條例」等相關規範均有針對雨水貯集設施有相關維護管理要求，在智慧監測系統下可了解相關單位是否有針對維護管理進行落實。
31	後續短期目標即是針對單一建築作實際裝設，中長期目標則是作區域規劃。	感謝委員建議，預計明年度即針對單一實際案例進行裝設及監測，區域規劃則將於後續進行探討。
32	本案之研究成果豐碩，本所合約內之軟體交付規範須特別注意時程上之問題。	感謝委員建議，本研究團隊將依照規範履約。

附錄二 第一次工作會議

第一次工作會議

「智慧雨水貯集系統作為都市雨洪管理之實地驗證研究」
工作會議紀錄

開會時間：109年7月1日(星期三)上午10點整

開會地點：內政部建築研究所簡報室

主持人：蔡組長綽芳

聯絡人及電話：蔡研究員欣遠

02-24622192 # 6160、6120；0910-516-390

出席者：蔡組長綽芳、廖教授朝軒

列席者：白副研究員櫻芳、蔡研究員欣遠

發言人	內容
蔡綽芳 組長	<ol style="list-style-type: none"> 1. 智慧雨水貯集系統於雲端進行區域性整合系統是否可行？ 2. 未來是否有營運管理辦法，避免執行團隊卸任後，導致設備器材荒廢的問題。 3. 新建建築數量不多，如何增廣設置智慧雨水貯集系統的數量。
廖朝軒 教授	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本計畫先以階段性執行，先執行單一建築確保系統穩定再規劃區域性發展。 2. 中央營建署有訂定建築物設置滯洪設施法規，地方政府也有通過相關法規並不定期指派水利技師赴現場查核滯洪系統運作情形，另外能有效配合水利署進推動的逕流分攤出流管制政策。 3. 將考慮先透過增建、改建之建案優先進行推動。

內政部建築研究所 109 年度

「智慧雨水貯集系統作為都市雨洪管理之實地驗證研究」

第一次工作會議簽到簿

時間：109 年 7 月 1 日 (星期三)	
地點：內政部建築研究所簡報室	
主席： 穆朝軒	紀錄：魏禕良
出席人員	簽到處
內政部建築研究所	蔡得芳
	白櫻芳
國立臺灣海洋大學	穆朝軒
	蔡欣遠
	魏禕良

附錄三 專家諮詢會議

「智慧雨水貯集系統作為都市雨洪管理之實地驗證研究」

第 1 次 專家諮詢會議 開會通知單

地址：基隆市中正區北寧路 2 號
聯絡人：蔡欣遠
聯絡電話：02-24622192 # 6160、6120
0910-516-390
電子信箱：r.one1023@gmail.com

受文者：內政部建築研究所

發文日期：中華民國 109 年 9 月 23 日
發文字號：
速別：普通件
密等及解密條件或保密期限：普通
附件：議程

開會事由：召開「智慧雨水貯集系統作為都市雨洪管理之實地驗證研究」第一次專家學者諮詢會議

開會時間：109 年 9 月 28 日(星期一) 下午 2 時 30 分

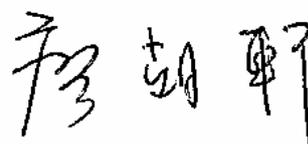
開會地點：內政部建築研究所討論室(一) (新北市新店區北新路三段 200 號 13 樓(捷運新店線大坪林站))

主持人：蔡組長綽芳、廖教授朝軒

聯絡人及電話：蔡研究員欣遠，02-24622192 # 6160、6120；0910-516-390

出席者：內政部建築研究所、王副執行長婉芝、李教授天浩、林執行長志宏、邱專門委員志強、陳建築師俊芳、羅資深協理瑞祥

列席者：蔡研究員欣遠、黃研究助理偉民



「智慧雨水貯集系統作為都市雨洪管理之實地驗證研究」

第 1 次 專家諮詢會議 議程

會議人員：

主持人：蔡組長綽芳、廖教授朝軒

出席者：內政部建築研究所、王副執行長婉芝、李教授天浩、林
執行長志宏、邱專門委員志強、陳建築師俊芳、羅資深
協理瑞祥（按姓氏筆畫排序）

列席者：蔡研究助理欣遠、黃研究助理偉民

議程：

- 一、簡報 10 分鐘
- 二、綜合討論 50 分鐘
- 三、結論 10 分鐘
- 四、散會

討論議題：

1. 智慧雨水貯集系統物理試驗模型設計架構與連結之相關建議。
2. 物理試驗模型智慧操作之初步成果討論。
3. 物理試驗模型修正方向(如入流量設計、設備更改等)之相關意見。

內政部建築研究所 109 年度
「智慧雨水貯集系統在建築物雨洪管理及操作模擬研
究」

第一次專家諮詢會議

委員意見及研究單位回應一覽表

項次	委員意見	研究單位回應
一	<p>王副執行長婉芝：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 智慧雨水貯集系統物理試驗模型符合計畫需求，為智慧及海綿城市發展推動之整合。 2. 因應極端氣候強降雨，建築基地內雨水貯留可達到逕流分擔出流管制，本次物理試驗模型規模較小，未來可配合精準氣象資料建構全尺度之試驗逐步推動。 3. 有關本次物理試驗從設備建置、透過控制器傳遞即時動態資料蒐集，上傳至平台記錄等，應用程式介面 API 達成互動效果，本計畫執行已有初步成果，可規劃擴大應用範圍，配合雨水貯集槽設計建構執行策略，擴大其成效。 4. 在綠建築標章案件中，很多案場因應法規要求必須設置雨水 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員支持與肯定。 2. 感謝委員建議，目前物理試驗係透過入流控制統的水頭差控制來模擬降雨型態之入流設計，未來若考量各尺度的極端氣候強降雨情況，可依委員之建議，逐步建構完整的氣象資料進行智慧雨水貯集系統之推動。 3. 感謝委員建議，本計劃物理試驗主要目的係確保智慧設備裝設後，能與決策程式連結且進行智慧排洪操控，若測試成果符合預期目標，未來可針對實際建築基地案例或區域尺度的案例進行裝設，並依案例所需適度修正決策內容與建構資料庫，期望能擴大滯洪效益，其成果可供防災中心或政策推動上

	<p>貯集槽，但很多未能發揮其功能，是否能提供整合導入之方式。</p>	<p>之參考。</p> <p>4. 營建署已訂定建築物設置滯洪設施法規，且地方政府通過相關法規並不定期指派水利技師赴現場查核滯洪系統運作情形，若未按規定者將予以開罰；近年地方政府更透過補助方式來鼓勵加裝監測設備，如高雄市政府智慧雲補助計畫，不僅可確保設施維持其功能，未來可藉數位治理平台達到區域性控管之目的。</p>
<p>二</p>	<p>李教授天浩：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 社區住宅可三項共同考慮 A. 雨水儲用 B. 貯集滯洪 C. 太陽能綠電(社區儲用) 2. 系統可分階段發展，phase I. 根據 CWB 預報明天的區域雨量，排除滯洪體積的儲留雨水，作業資訊回傳給雲端，以利未來發展 Big data 最佳化用水不滿意(可滯洪)，用電少；phase II. 雲端推送 data, 接收雷達觀測降雨 Nowcast + Big Data 更新作業，.....；phase III, 介接都市淹水預報系統，按照分配任務設定個別社區操作參數，分散運作 PLC or 社區 server 電腦 (CCD) data 回傳建研所 => 大數據 (optimization) => 分散式不用集中(雲端) 3. 儲水設施宜大不宜小。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員建議，雨水貯集系統如何共同考慮此三項功能，未來將納入整合型規劃設計之考量。 2. 感謝委員意見，未來若廣泛落實智慧雨水貯集系統，確實應如委員所提之建議，結合政府及中央的即時降雨數據或預警系統來進行區域性管控；但由於建築基地雨水貯集系統的集雨範圍不同於集水區，其集雨面積小、集流時間短，故為能有效率的因應短延時強降雨，系統需較短的決策操作時間，故若透過中央氣象局 QPESUMS-QPN 之降雨預測或 Open Data 氣象資料連結，尚需解決資料傳輸之積延的問題。 3. 感謝委員建議，較大的儲水設施可獲得更好的滯洪效益，相對需增加建置與維護成本；在既有滯

		<p>洪設施，可透過本計劃智慧雨洪管理的方式，預先排洪而保留設施容量，提高設施空間的運用性。</p>
<p>三</p>	<p>邱專門委員志強：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. $0.045m^3/m^2$ 參數，在不同區域的設定，平地、山區、鄉村區、都內、都外。 2. 雨量、流量、水位監測、泵浦。 3. 30s vs 60s 其敏感度與現況的應用。 4. 現在豪大雨暴雨延時短強盛大，其入流量到系統的變化、精度、敏感度。 5. 出流量排放的位置以及運用、如氣候預估雨量區域以及分不同水位的警示。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員建議，委員針對集水區防洪的想法考慮的很詳盡，未來應朝此方向調整設計之規定與防洪策略。 2. 智慧雨水貯集系統在決策操作上需透過監測設備連結入流量、水位、出流量及泵浦控制等相關資訊，而設備的配置可以系統現場情況而調整，如本計劃物理試驗未設置雨量計，直接透過流量計監測系統入流量，進行決策操作。 3. 因物理試驗模式規模較小，系統初步測試決策時距 30s 與 60s，在預測流量之評估皆為優良的結果，而 30s 的決策時距較小，其敏感度較高；若應用在現況的設施，考慮短延時強降雨發生多為 1hr~3hr，故建議應以 1hr 以下做為決策時距(如 10min)。 4. 如 3. 說明，透過較小的決策時距能提高預測精度與其敏感度，獲得較佳的滯洪效益。 5. 感謝委員建議，本系統水位預警是依照未來的預測降雨量與儲水槽空間而判斷，可滿足在不同氣候條件的地域情況。

四	<p>陳建築師俊芳：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 過於頻繁啟閉抽水馬達，是否會減少馬達壽命？是否導致電費高很多？ 2. 滯洪池即將滿水位時，是何時開始抽排？及其抽排量？ 3. 雲端資料庫之讀取之允許負荷量？雲端資料庫之涵蓋範圍？是否搭配豪雨或大雨涵蓋區？豪大雨時限制抽排可能更重要。 4. 若滯洪池與雨水回收池合併設置時，滯洪池單獨設置時，其操作方式是否不同？若分別設置，則建議雨水先收集雨水回收池，再溢流至雨水滯洪池。 5. 建議考慮到一定規模以上之雨水滯洪池始適用。 6. 豪大雨前之抽排應確實運作，故雲端應能掌握各滯洪池之水位，另建議考量本義務之法源為何？ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 透過智慧雨水貯集系統的決策操控確實會增加泵浦啟閉頻繁的情況，但整體抽排時間相較於傳統機械式抽排少很多，且改裝置變頻泵浦，即可解決頻繁啟閉所造成的用電損耗，故系統實質上是達到節能的功效。 2. 抽排時機與決策間距有關，決策間距越短，能更精確的預判下一時刻的入流量，即時判斷儲水槽空間是否足夠，而進行抽排；其抽排量將依滯洪設施泵浦之設計規格所決定，抽排時間即係至下一決策點再判斷繼續開啟或關閉。 3. 感謝委員意見，未來逐步完成智慧雨水貯集系統區域性設置，其涵蓋範圍可考慮透過社區自主性控制、政府層級或中央應變控制等，且需考量集水區上、下游於豪雨時間排水的情況而調整決策內容。 4. 感謝委員意見，本計畫以滯洪為主要目標，若未來考量系統多目標設計，確實應如同委員之建議，將兩系統分開設置。 5. 感謝委員建議，未來在實際案例選擇時將遵照辦理。 6. 目前僅有相關法規訂定維護與罰則，較不具強制性；未來在相關政策尚未推動前，仍需靠民眾
---	--	--

<p>五</p>	<p>羅資深協理瑞祥：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 下次做雲端數據展示時建議用中華電信大平台，使用者介面有現成的可節省開發時間(如曲線圖)，且用手機就可以連控。 2. 正式實施時，需考慮電信號受干擾(雷雨) <ol style="list-style-type: none"> a. 需接地至外殼。 b. 信號線家披覆 c. 電力控制(Relay)最好要隔離。 d. 如用大型電機(pump)型的SSR，避免噪音。 3. 硬體控制最好要有 hand shake & close loop, 可偵測硬體故障。 4. 水位計有水波精準度限制，水箱越大、越深，越準。 5. 所有線材使用鎖附或焊接。 6. 用 DC 變頻馬達抽水，水位會更穩。 	<p>的防災意識，落實自主性控管</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員建議，將做為未來雲端平台建立與介面規劃之參考。 2. 未來在實際案例裝設時，將多方諮詢資訊相關的專家學者，感謝委員提醒與建議。 3. 感謝委員的提醒與建議，未來將透過委員所提之建議來偵測硬體設備故障，並建立警示系統，可確保系統的運作。 4. 感謝委員建議，本案已針對物理性試驗模型水位計數據之準確度進行初步測試，誤差值在合理範圍；若未來在實際滯洪設施裝設具水箱大且深之條件，更提高其準確性。 5. 感謝委員建議。 6. 感謝委員建議，本案試驗即係選擇 DC 變頻馬達抽水，除使水位穩定，更能因應智慧決策的頻繁抽排操作。
<p>六</p>	<p>蔡組長綽芳：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 後續安裝於實際案例時是採用單一基地還是區域性規劃？是否有明確的區域設計架構？ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 未來實際案例裝設考慮先以單一基地進行測試，如案例數允許且相似，將納入另一基地作為對照組，用以比較智慧與傳統滯洪設施長期監測成果之差異。

「智慧雨水貯集系統作為都市雨洪管理之實地驗證研究」

第 2 次 專家諮詢會議 開會通知單

地址：基隆市中正區北寧路 2 號
聯絡人：蔡欣遠
聯絡電話：02-24622192 # 6160、6120
0910-516-390
電子信箱：r.one1023@gmail.com

受文者：內政部建築研究所

發文日期：中華民國 109 年 10 月 6 日
發文字號：
速別：普通件
密等及解密條件或保密期限：普通
附件：議程

開會事由：召開「智慧雨水貯集系統作為都市雨洪管理之實地驗證研究」第二次專家學者諮詢會議

開會時間：109 年 10 月 12 日(星期一) 下午 2 時 30 分

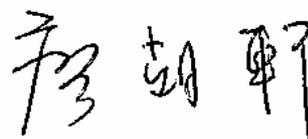
開會地點：內政部建築研究所討論室(一) (新北市新店區北新路三段 200 號 13 樓(捷運新店線大坪林站))

主持人：蔡組長綽芳、廖教授朝軒

聯絡人及電話：蔡研究員欣遠，02-24622192 # 6160、6120；0910-516-390

出席者：內政部建築研究所、王副執行長婉芝、邱專門委員志強、廖組長晉賢、廖副教授桂賢、陳建築師俊芳、樂副組長中丕

列席者：蔡研究員欣遠、黃研究助理偉民



「智慧雨水貯集系統作為都市雨洪管理之實地驗證研究」

第 2 次 專家諮詢會議 議程

會議人員：

主持人：蔡組長綽芳、廖教授朝軒

出席者：內政部建築研究所、王副執行長婉芝、邱專門委員志強
、廖組長晉賢、廖副教授桂賢、陳建築師俊芳、樂副組
長中丕（按姓氏筆畫排序）

列席者：蔡研究助理欣遠、黃研究助理偉民

議程：

- 一、簡報 10 分鐘
- 二、綜合討論 50 分鐘
- 三、結論 10 分鐘
- 四、散會

討論議題：

1. 智慧雨水貯集系統物理試驗模型應用在既有設施之可行性。
2. 智慧雨水貯集系統的應用推廣與未來發展之建議。

內政部建築研究所 109 年度
「智慧雨水貯集系統在建築物雨洪管理及操作模擬研
究」

第二次專家諮詢會議

委員意見及研究單位回應一覽表

項次	委員意見	研究單位回應
一	<p>邱專門委員志強：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 降雨量、入流量偵測的決策變數及期數(短、中、長)的適用性。 2. 設施設備的使用、維護及利用(自強國中、小)的確實問題(入流、出流設施設備的維修、檢查) 3. 主機(雲端、現場)管理平台，轉換的功能、問題? 4. 水位計以 cm 為單位，其精確度，30s、60s 間距的差異? 5. 應用推廣在既有設施的誘因及法規以利可行。 6. 10s、20s、30s、60s、90s 中，10s、20s、30s 入流歷線類似，其操作效益之最佳化? 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員意見，本計劃決策與操作程式可考量的決策變數包含現場參數、降雨量、入流量、水位、出流量等，可因應不同案場裝設情況進行修改；並適用於各類決策期數(短、中、長)，在物理試驗模型因屬小型試驗，故考量以 10s~90s 做為決策時距，入流沿時為 900s~3000s。 2. 多數實際裝設滯洪設施之案例，皆缺乏後續維修及檢查，更未對設施實際操作情況進行評估，故希望透過智慧監測或控制設備解決此問題。 3. 本計劃目前以現場電腦管理平台進行操控，若決策與控制程式達到預期成果，未來若轉換雲端網路管理平台，需進行雲端平台的網域租借與平台設計，並將程式擴充為區域性決策與操控，獲

		<p>得區域性的雨洪管理效益。</p> <p>4. 本計劃物理試驗選擇壓力式水位計，具監測數據較不受水體波動而造成誤差之優點，其精度係以 cm 為單位，可減少水位臨界值誤差所造成泵浦持續開啟及關閉的問題；決策時距 30s、60s 的差異說明於 6.點說明。</p> <p>5. 感謝委員意見，雨水貯集系統裝設智慧設備需增加一筆設置成本，將降低應用推廣上大眾裝設的意願，希望未來可加強政策層面上的推行，如：高雄市政府工務局一百零九年度高雄厝智慧雲補助計畫，以補助的誘因或法規的方式，不僅可落實系統管理，並確保設施的永續運作。</p> <p>6. 感謝委員意見，為分析系統在不同決策間距下的滯洪效益，故在入流歷線盡量調整為相同的型式；其成果顯示，決策間距越短，平均逕流體積削減率的效果越好，更減少泵浦平均的運行時間。</p>
<p>二</p>	<p>廖組長晉賢：</p> <p>1. 智慧雨水貯集系統物理模型應用在既有設施可行性。</p> <p>(1)如果廣義將這個問題拆解，先討論物理學是一門以實驗為基礎的自然科學,透過高度量化的精密科學進行解析。因此要先確認目前雨水貯集系統中，那些設施(集水、輸水、淨水、</p>	<p>1. (1)感謝委員意見，由於目前建築基地係屬雨、污分流的設計，故設置雨水貯集系統應不會有對接上的問題，且因系統將雨水貯集而進行滯洪的過程，更降低非點源污染的風險。</p> <p>(2)智慧雨水貯集滯洪設施首要係增進系統的滯洪效益，透過系</p>

<p>貯水或動力)在雨水貯集上，是能夠將資料進行定量化且能與目前建築系統雨水或污水下水道系統規格對接，這是一個標準問題。</p> <p>(2) 第二是要討論目前前提的智慧雨水貯集系統是想用在哪種水環境情境，暴雨災害應變情境、生態水環境改善情境、再生水運用情境，這是一個方案問題，資源投入或者是對像需求不同。</p> <p>(3) 第三上述標準與方案確認，才能決定在法令、審議機制、技術、經費、市場等該如何運用。</p> <p>2. 智慧雨水貯集系統推廣與未來發展建議</p> <p>(1) 過去我們常聽到工業 4.0 是它透過資訊技術與工業技術融合。生產 4.0 是智慧化數位化與生活融合。如果將智慧雨水貯集系統要看成 4.0，代表它嘗試將資訊技術與水利技術融合：嘗試透過智慧化資訊生活融合。它一定有一個明確要解決的問題，例如登革熱、下水道清淤、災害預警、工廠再生水的使用狀況記錄或減少建築物某項設施的維修成本等。</p> <p>3. 雨水貯留供水系統案例參考</p> <p>(1) 東京天空樹大型的雨水貯留槽 7000 噸，為墨田區 23 萬人每人每天 30 公升用水。</p>	<p>統的智慧排洪機制來應變如：短延時、強降雨的降雨事件，並增進雨水的源頭控制，獲得更好的水資源控管的目的。</p> <p>(3)感謝委員提供寶貴意見。</p> <p>2. (1)感謝委員建議，本計劃智慧雨水貯集系統即係希望透過資訊的結合，達到提升滯洪效益、節能及維護管理成本等；目前僅針對單一設施進行分析研究，未來如推廣至區域性的落實，預期更能量化其效益。</p> <p>3. 感謝委員提供寶貴建議，後續將彙整委員提供的資訊，作為智慧雨水貯集系統作為雨洪管理的未來發展建議之參考</p>
--	--

	<p>(2) 可口可樂幫無自來水山區部落雨水貯集系統，新北市烏來區福山部落等，藉由與公司社會企業責任合作，提供雨水貯留系統誘因。</p> <p>(3) 哈佛永續基礎設施規劃資源系統，zofnass program，與政策面利用規劃支援系統建立，檢視每投入一塊錢或一個設施對整體環境效益的展現。波士頓東北部切爾西 URBAN WATER SYSTEM 案例可參考。</p>	
<p>三</p>	<p>廖副教授桂賢：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 此系統有利於出流管制之推動落實。 2. 廖老師的點子很不錯”雨水貯集轉移”，自己的雨水必須自己負責，即便是小面積的基地，小房子也應法規規定採用智慧雨水貯集系統。 3. 可以未來最多新建/改建/增建之建築類型討論智慧雨水貯集系統應用落實之效益。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員支持與肯定。 2. 感謝委員支持與肯定。 3. 目前已初步完成雨水貯集系統的決策與控制程式，故未來將先透過既有雨水貯集滯洪設施的裝設進行測試，做為未來新建/改建/增建之建築類型應用上的參考。
<p>四</p>	<p>陳建築師俊芳：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 建議一定規模以上 102 年 1 月 17 日後之公有建築優先適用。 2. 若雨水滯洪池之水源為屋頂、露台，則可與雨水回收池並設；若水源為地面，則應與雨水回收池分開設置較妥適(水源較髒)。且雨水先流至雨水回收池，在溢流至雨水滯洪池為宜。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員建議，未來在既有雨水貯集滯洪設施實地案場裝設之驗證，將優先以委員建議之內容辦理。 2. 感謝委員意見，由於本計畫係以滯洪為目標，若未來考量系統作為滯洪與供水之功能並用，確實應如同委員之建議，將兩系統分

	<p>3. 地面水源建議優先設置於低窪之地面。</p>	<p>開設置，或採貯集利用系統先、滯洪設施後的串聯設計方式，可防止水體受地表收集的雨水所污染。</p> <p>3. 感謝委員建議，未來將採納委員之建議，作為實際案場裝設之選擇參考。</p>
<p>五</p>	<p>樂副組長中丕：</p> <p>本案利用智慧資訊系統以確保雨水貯集滯洪設施發揮功能，研究內容以模型架構之方向完整，以下建議建請參考：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 一般住宅貯集滯洪設施，如果其容積不大，藉由下雨過程中的延遲溢流、或於大雨過後或下次大雨前等一定時間要求排除，是否可發揮其功能？如仍有設置此系統之必要時，建議加強論述。 2. 惟對於大區域的利用，建議可考量供中央或地方政府就轄區內整體水資源的調度運用，例如公園、學校其貯存水量較大，除滯洪功能外亦可調配在利用的可能性(如做為農業灌溉、洗馬路...等)，並以本案究建築基地案例研究，做為未來大區域發展考量。 3. 系統設計架構之差異分析，除功能外建議增加設置的營運成本之分析。 4. 另法規整理部分，建議增加經 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本計劃智慧雨水貯集系統運用在滯洪設施之理念，不論滯洪設施容積大小，如在降雨前或洪峰流量發生前進行預排放，保留儲水槽內的空間作為滯洪功能，將會提高其滯洪能力；相比原滯洪設施透過起抽水位及呆水位的判斷進行抽停，常常導致在豪大雨或洪峰流量期間大量排水，造成雨水排水系統及下游集水區的負擔，故未來雨水貯集滯洪設施裝設智慧監控設備來提高防洪能力實屬必要。 2. 感謝委員建議，本計劃目前就以物理模型裝設監控設備與決策程式連接進行測試與修正，如測試符合預期成果，未來將初步藉由實際建築基地之案場設施進行裝設與長期監控，後續可考量依中央或地方政府所需進程式調整，將嘗試以區域性的水資源的調度運用作測試，希望能增進都市防洪之能力。 3. 感謝委員建議，未來可考量不同基地類型進行架構設計，待設置案例數較多時，將可針對其營運

	<p>濟部依據水利法所訂定之[建築物設置透水保水或滯洪設施適用範圍及容量標準]，以資完整。</p>	<p>成本進行分析，作為後續推動之參考。 4. 感謝委員建議，將遵照辦理。</p>
<p>六</p>	<p>蔡組長綽芳： 1. 本案所發展之專業技術建議可申請專利，在後續推動發展上可有相關運用。</p>	<p>1. 感謝委員肯定，目前智慧雨水洪管理操控之技術已逐步成熟，但仍為測試階段，未來若能落實更多的樣本數據，使系統修正得更加完備，將遵照委員建議來討論專利申請之事宜。</p>

智慧雨水貯集系統作為都市雨洪管理之實地驗證研究

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：王榮進、廖朝軒、蔡欣遠、白櫻芳、賴深江、
江瑞平、黃偉民、劉立群

出版年月：109年12月

版次：第1版

ISBN：978-986-5450-35-9（平裝）