

既有建築物雨水滯蓄設施智慧管理系統與平台建置之研究

內政部建築研究所協同研究計畫報告

110

年度

既有建築物雨水滯蓄設施智慧管理系統與平台建置之研究

內政部建築研究所協同研究計畫報告

中華民國 110 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：11015B0001

既有建築物雨水滯蓄設施智慧管理系統與平台建置之研究

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、王鵬智

研究助理：黃偉民、劉立群

研究期程：中華民國 110 年 3 月至 110 年 12 月

內政部建築研究所協同研究計畫報告

中華民國 110 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	VII
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	13
第二章 文獻蒐集與分析探討	15
第一節 國內雨水滯蓄設施相關法令與技術規範	15
第二節 國內雨水逕流抑制對策	17
第三節 國外雨水滯蓄設施之相關文獻	19
第四節 國內外物聯網通訊系統及相關軟體發展現況	21
第三章 既有建築物雨水滯蓄設施智慧管理系統規劃設計	27
第一節 建築物既有雨水滯蓄設施之相關案例進行資料彙整與現況分析	28
第二節 智慧監控、通訊傳輸與相關軟、硬體設備之規劃設計	36
第四章 既有建築物雨水滯蓄設施智慧管理系統之實際操作	

成果與系統評估.....	55
第一節 實地案場智慧蓄排操控測試與成果探討	55
第二節 系統評估與未來發展之建議	60
第五章 結論與建議	65
第一節 結論.....	65
第二節 建議.....	67
參考書目	69
附錄一 審查會議	71
附錄二 工作會議	91

表 次

表 1-1 網路通訊技術相關資訊彙整表.....	9
表 2-1 國內雨水滯蓄設施之相關法令與技術規範.....	15
表 2-2 不同廠商物聯網服務平台彙整表.....	24
表 2-3 不同電信商物聯網服務平台彙整表.....	25
表 3-1 桃園市內已完工或即將完工的排水計畫或出流管制 設施彙整表.....	31
表 3-2 既有建築物雨水滯蓄設施案例彙整比較表.....	35
表 3-3 台北市信義區某公宅興建案 E 標滯蓄設施彙整比較 表.....	39

圖 次

圖 1- 1 既有建築物雨水滯蓄設施智慧雨洪管理系統架構規劃示意圖.....	5
圖 1-2 既有建築物雨水滯蓄設施智慧雨洪管理之軟、硬體設備操控流程示意圖.....	7
圖 1- 3 既有建築物雨水滯蓄設施智慧雨洪管理操作模式之排洪決策流程圖.....	8
圖 1- 4 研究流程圖	11
圖 1- 5 研究進度甘地圖	12
圖 2- 1 中華電信通訊技術與物聯網路應用參考圖.....	22
圖 2- 2 雨水貯留系統成果展示管理資訊平台.....	23
圖 3- 1 建築物雨水滯蓄設施原抽排機制(a)與智慧決策抽排(b)示意圖	28
圖 3- 2 台北市信義區某社會住宅地理位置圖.....	29
圖 3- 3 台北市信義區某社會住宅建築物分區與排水暨滯蓄設施容量設計圖.....	30
圖 3- 4 台北市公共住宅智慧化之安全防災系統項目.....	30
圖 3- 5 桃園市桃園區某廠房興建工程之雨水滯蓄設施配置圖	33
圖 3- 6 高雄市大樹區某公家機關建築筏基平面圖.....	34
圖 3- 7 高雄市大樹區某公家機關兩排水系統昇位圖.....	34
圖 3- 8 台北市信義區某公宅興建安 E 標滯蓄設施與排水系統平面設計圖.....	37
圖 3- 9 台北市信義區某公宅興建安 E 標滯蓄設施集水範圍分區圖.....	38
圖 3-10 台北市信義區某公宅興建安 E 標滯蓄設施 C 池平面	

與剖面圖.....	41
圖 3-11 台北市信義區某公宅興建安 E 標滯蓄設施 C 池泵浦 出口筏箱剖視圖.....	42
圖 3-12 台北市信義區某公宅興建安 E 標滯蓄設施 C 池泵浦 出口筏箱現場照片.....	42
圖 3-13 台北市信義區某公宅興建安 E 標滯蓄設施 C 池之原 運作機制流程圖.....	43
圖 3-14 分離型電磁式(帶法蘭)流量計之設備與架設示意圖	45
圖 3-15 沉水式壓力水位計之設備與架設示意圖.....	45
圖 3-16 MIC-7700 無風扇工業電腦示意圖	47
圖 3-17 流量計及水位計之數據接收控制器示意圖.....	48
圖 3-18 ADAM-4150-B I/O 傳換器	49
圖 3-19 智慧管理系統控制箱(雨水檢測箱)示意圖	49
圖 3-20 雨水滯蓄設施智慧管理系統之決策操控流程圖 .	50
圖 3-21 灰色理論預測模型示意圖	54
圖 4-1 雨水滯蓄設施智慧管理系統架構示意圖.....	56
圖 4-2 雨水滯蓄設施智慧管理系統建置現場佈設平面圖 .	57
圖 4-3 雨水滯蓄設施智慧管理系統之 Matlab 程式參數設定	57
圖 4-4 雨水滯蓄設施智慧管理系統之 Matlab 程式主要指令 視窗.....	58
圖 4-5 實地案場智慧蓄排操控測試期間之逐日降雨量分布 圖	60
圖 4-5 智慧管理系統平台整合與區域性併聯設計之示意圖	61

摘要

關鍵詞：雨水貯集、滯蓄設施、雨洪管理、智慧控制

一、研究緣起

近年氣候變遷造成極端降雨事件增加，使得都市淹水事件頻繁，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年頒訂「建築技術規則」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；經濟部水利署於107年中完成水利法修正新增「逕流分擔與出流管制」專章，並於108年初訂頒相關子法來因應，原本應由排水管道承擔的逕流量，將藉由集水區內滯蓄設施與土地共同分擔，希望能減少極端降雨事件所帶來之災害，迄今已有大量建築物完成雨水滯蓄設施的設置。

然以往雨水滯蓄設施在規劃滯洪排水係透過滯蓄設施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，多數雨水滯蓄設施在建置後，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滯蓄設施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案例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。藉本案雨水滯蓄設施實施智慧化雨洪管理與系統建置之成果，預期可提供作為發展智慧化管理及未來都市雨洪管理之重要基礎。

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既有建築物完成智慧監控設備的實際裝設與互聯網路通訊技術的連

結，而進行系統平台測試與研究分析檢討。建築物既有雨水滯蓄設施落實智慧雨洪管理之相關設備裝設，將優先以公有建築為對象，並尋求地方政府合作，以遴選合適案例作為實地案場裝設示範點，進而透過既有雨水滯蓄設施進行初步規劃設計與軟、硬體設備裝設，撰寫智慧雨水滯蓄設施管理操作模式與控制端訊息輸出程式，透過數據接收與操控測試進行檢討校正，並針對監測數據與操作成果，進行效益分析與探討。完成雨水滯蓄設施智慧管理系統與平台建置，以增加後續社區推廣或與物業管理服務結合應用之利基，未來將可作為整合地方政府的管理平台並配合都市雨洪管理進行大範圍地區之蓄排之智慧調控之參考。

二、研究方法及過程

研究內容初步之 9 項研究內容，研究案之工作項目如下：

1. 針對建築物既有雨水滯蓄設施之相關案例進行資料彙整與現況分析，並遴選合適案例作為實地案場裝設示範點；
2. 智慧監控、通訊傳輸與相關軟、硬體設備之規劃設計；
3. 軟、硬體設備連結與操控程式撰寫之相關工作內容；
4. 通訊傳輸連結與智慧雨水滯蓄設施智慧管理系統平台建置；
5. 實地案場系統初步數據接收與操控測試，並進行檢討校正；
6. 實地案場監測與遠端調控操作，並透過監測數據與蓄排操作之成果進行成效分析與探討；
7. 針對社區裝設本系統在經濟、減洪、旱季供水等效益進行分析，以增加後續社區推廣或與物業管理服務結合應用之利基；
8. 本系統應具備未來與地方政府管理平台連結，並配合都市雨洪管理智慧調控之功能；
9. 系統評估與未來發展之建議。

三、重要發現

本計畫在雨水滯蓄設施智慧管理系統平台建置階段，原先預計直接沿用前年度已完成的 Arduino 開發板作為監測設備與系統平台間數據傳輸與操控的媒介，但由於前年度在物理試驗模型測試時，Arduino 開發板在過度運作時期，易發生系統亂碼與數據擷取錯誤的情況，需重置才能使系統恢復正常；本年度經多次專家討論與諮詢，專業領域人員認為應係 Arduino 開發版本穩定度不佳的問題，因而建議本次現地裝設應考量使用工業級的系統主機與控制設備。另外，在監測設備與系統主機間的通訊傳輸上，若以 MODBUS TCP 傳輸模式，僅能傳輸瞬時量體的數據(如：瞬時流量)，無法直接提供本決策系統所需每 10 分鐘內的累積數據，僅能於系統平台內在撰寫程式進行積分或累加；然選擇 MODBUS RTU 傳輸模式，目前眾多設備廠商已具備各項監測設備的數據接收控制器，將可透過其轉換通訊格式直接提供本決策系統所需之數據，且可減少以 MODBUS TCP 傳輸模式所需數據連結所需增加的相關設備。

四、主要建議事項

建議一

雨水滯蓄設施長期智慧監控管理的可行性分析：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

本年度已完成既有建築物雨水滯蓄設施智慧管理系統之建置與實際降雨事件智慧蓄排操控之成果分析與探討，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；惟本年度計畫受建案工期與疫情影響，使整體系統建置時程向後延期，故未能針對系統在長期實施智慧監控管理的可行性與其成效進行分析探討，未來建議應針對系統長期運作效益、系統評估與更新、以及運維成本等內容進行研析，將可做為雨水貯集系統智慧化管理之發展及未來都市雨洪管理提供重要的參考依據。

建議二

建立社區或區域尺度之雨水貯集系統的智慧化管理：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。

Abstract

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

1. Purpose of the research

Due to climate change, the number of heavy rainfall has increased dramatically, causing increasing urban stormwater discharge and frequent flooding in recent years. 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. In the Article 4-3 of Architecture Design and Construction section of Building Technical Regulations in 2013, it requires that 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 and minimum allowable discharge according to the standard released by the central government. Water Resources Agency, Ministry of Economic Affairs, has added "Runoff Allocation and Outflow Control" chapter to the Water Law in 2017, consequently the relevant sub-laws in 2018. Therefore, stormwater can be mitigated by means of detention facilities and surface areas in the catchment area. The risk of extreme rainfall events can be reduced. To present, a large number of rainwater storage facilities have been constructed in recent years in different counties in Taiwan.

Traditionally, rainwater detention storage facilities are operated based on mechanical mechanism with initial and terminated water levels in the detention storage facilities. Based on this operation rule, 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 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 period takes ten months. The contents of the research include implementing the actual installation of intelligent monitoring equipment, the connection of IOT technology in the building, conducting system platform testing and analyzing and reviewing the results. For the installation of related equipment for implementing smart stormwater management in detention facilities, public-owned buildings will be the first priority as a demonstration site. And it will find the opportunity to cooperate with local governments. Once demonstration site has selected, preliminary planning, design, software and hardware equipment in detention facilities will be conducted. Also, the software of operation and output of smart rainwater management will be developed. The system installed will be evaluated and reviewed through collected data. Once the system functions well, the benefits of the can be analyzed based on those monitoring data and operation results. This system will provide as the platform for local government and for future urban stormwater management.

2. Methodology and procedures

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

- Collect and analyze buildings with detention facilities, and select suitable cases as demonstration sites.
- Planning and designing relative software and hardware required for smart IOT monitoring and operation system.
- Related contents of software and hardware connection and control programing.
- Establishment of communication transmission link and intelligent stormwater management system platform.
- Preliminary data collection, manipulation test, review and correction.
- Detention facility monitoring and remote control operations, and conduct

effectiveness analysis and discussion through monitoring data.

- Analyze the benefits of the system installed in the community in terms of economy, flood reduction, and water supply in dry seasons, to increase the subsequent community promotion or combined application with property management services.
- The system should have the function of linking with the local government management platform in the future and cooperating with the intelligent regulation of urban stormwater management.
- Smart stormwater management system evaluation, and recommendations for future developments.

3. Major findings

During the construction stage of the intelligent management system platform for detention facilities, the project originally expected to directly use the Arduino development board completed in the previous year as the medium for data transmission and control between the monitoring equipment and the system platform. During the period of excessive operation of the Arduino development board, the system is prone to garbled codes and data acquisition errors, and it is necessary to reset the system to restore the system to normal. Therefore, it is suggested that the installation of this case should consider the use of industrial-grade system host and control equipment.

In addition, in the communication transmission between the monitoring equipment and the system host, if the MODBUS TCP transmission mode is used, only instantaneous data (such as: instantaneous flow) can be transmitted, and the accumulated data every 10 minutes required by this decision-making system cannot be directly provided. Unless another program is written in the system platform for integration or accumulation to increase the complexity of the operation; however, if the MODBUS RTU transmission mode is selected, many equipment manufacturers already have data receiving controllers for various monitoring equipment, which can directly

convert communication through them. The format directly provides the data required by this decision-making system, and can also reduce the equipment required to be installed.

4. Major recommendation items

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

Recommendation 1

Feasibility analysis of long-term intelligent monitoring and management of detention facilities: immediate to short-term

Organizer: Architecture and Building Research Institute, MOI

Co-organizer: Construction and Planning Agency, MOI.

Local governments

This year, the case construction of the intelligent management system for detention facilities, and the analysis and discussion of the results of intelligent storage and drainage control of actual rainfall events have been completed. The system can timely control the inflow situation and implement intelligent drainage operations to improve the system's flood storage capacity and reduce the volume of runoff. However, the schedule of this year was delayed due to the construction period of the selected site and the epidemic disease. In the future, it is recommended to study and analyze the long-term operation benefits of the system, system evaluation and update, and operation and maintenance costs, which can be used as an important reference for the development of intelligent management of rainwater storage systems and future urban stormwater management.

Recommendation 2

Establishment of community-scale a/o regional-scale smart rainwater management

system: middle to long-term

Organizer: Architecture and Building Research Institute, MOI

Co-organizer: Construction and Planning Agency, MOI.

Local governments

For middle- 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

近年由於氣候變遷而造成短延時且強降雨之極端事件增加，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，造成都市地表雨水逕流量增加，使得既有集排水系統宣洩不及而造成淹水事件頻繁；面對未來這種氣候變遷造成降雨事件的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管控面臨的問題提出相關對策與解決方法。

自民國 102 年國內內政部營建署頒訂「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，係因應前述都市雨洪管控之問題而訂定；部分縣市政府也因應這項發展，除增加雨水滯蓄設施容量標準外，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滯蓄設施，減少都市豪大降雨造成的淹水損失。經濟部水利署亦於 107 年中完成水利法修正新增「逕流分擔與出流管制」專章，並於 108 年初訂頒相關子法來因應，原本應由排水管道承擔的逕流量，將藉由集水區內滯蓄設施與土地共同分擔，希望能減少極端降雨事件所帶來之災害。然由於雨水滯蓄設施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，因而發生雨水進入滯蓄設施的同時泵浦啟動抽排，使得此時滯蓄設施為無逕流抑制之功能，且降雨期間使泵浦持續長時間運作而易造成損壞；另外，多數雨水滯蓄設施在建置後，無法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因無法得知設施設備運作情形，而損壞或廢棄使系統失去功能。因此本計畫將以增進雨水滯蓄設施之系統功能與永續管理為目的，考量既有建築物雨水滯蓄設施之案例進行智慧決策操作與管理，望能解決前述所面臨的問題。

貳、研究背景

現階段國內雖持續推動建築物雨水滯蓄設施的建置，但多數建築案例僅依據法規規定之設計容量設置，而未設置抽排水系統或僅以簡易起抽與停機水位的機械式泵浦抽排系統，直觀認為可獲得預期的雨洪控管效益；而實際降雨事件時期，因未有妥適地將設施內的雨水進行抽排，使得設施緩衝空間不足，常常造成雨水入流與泵浦抽排同步運行的情況，故而失去雨水滯蓄設施調節雨水之功能。近年各縣市政府雖已陸續推動雨水滯蓄設施智慧化監控，但目前主要係以裝設監測設備進行數據資料之平台整合、或透過設施容量擴充並配合水位計與止水閥智慧控制等方式作為減洪防災之策略，目前國內仍對滯蓄設施降雨時期的防洪操作機制方法與其研究相較缺乏，本計畫為提高既有建築物雨水滯蓄設施在都市雨洪控制的成效，強化其應用及加值效益，能夠即時掌控降雨情況與系統現地資訊，並透過智慧化決策操作來提高社區(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。

隨著網路發展及科技進步，運用物聯網及雲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極端降雨事件之影響，已為世界各國水資源政策的新思維。國內目前已逐步崛起相關產業，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，但尚未有一套作為都市雨水滯蓄設施管理系統與平台來進行智慧決策與操作。本所於 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」初步藉物理性試驗模型架設，並進行軟、硬體相關設備規劃設計與裝置，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，完成智慧雨洪管理之模式驗證檢討與參數修正。其實地驗證案例之成果顯示，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，故本年度將藉此智慧雨洪管理決策模式進行既有建築物雨水滯蓄設施之案例操作，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。

有鑑於前述都市雨洪管理面臨的問題與其發展的趨勢，建築物雨水滯蓄設施係為未來都市水資源控制與管理的一個重要項目，如何增進雨水滯蓄設施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「既有建築物雨水滯蓄設施智慧管理系統與平台建置之研究」，透過本案既有建築物雨水滯蓄設施智慧管理系統與平台建置之成果，預期可為雨水滯蓄設施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 9 項研究內容，研究案之工作項目如下：

1. 針對建築物既有雨水滯蓄設施之相關案例進行資料彙整與現況分析，並遴選合適案例作為實地案場裝設示範點；
2. 智慧監控、通訊傳輸與相關軟、硬體設備之規劃設計；
3. 軟、硬體設備連結與操控程式撰寫之相關工作內容；
4. 通訊傳輸連結與智慧雨水滯蓄設施智慧管理系統平台建置；。
5. 實地案場系統初步數據接收與操控測試，並進行檢討校正；
6. 實地案場監測與遠端調控操作，並透過監測數據與蓄排操作之成果進行成效分析與探討；
7. 針對社區裝設本系統在經濟、減洪、旱季供水等效益進行分析，以增加後續社區推廣或與物業管理服務結合應用之利基；
8. 本系統應具備未來與地方政府管理平台連結，並配合都市雨洪管理智慧調控之功能；
9. 系統評估與未來發展之建議。

以下則依據工作項目分述採用之研究方法：

壹、針對建築物既有雨水滯蓄設施之相關案例進行資料彙整與現況分析，並遴選合適案例作為實地案場裝設示範點。

本計畫擬蒐集國內外有關雨水滯蓄設施之研究報告與相關文獻，以及國內既有雨水滯蓄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滯蓄設施之相關案場資料並進行現場調查與探討分析，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滯蓄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、通訊傳輸與相關軟、硬體設備之規劃設計

綜整國內外有關雨水滯蓄設施之研究報告、國內既有雨滯蓄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. 系統架構規劃—雨水滯蓄設施智慧雨洪管理系統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，其系統規劃示意如圖 1-1 所示。
 - (1) 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。

- (2) 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。
- (3) 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。

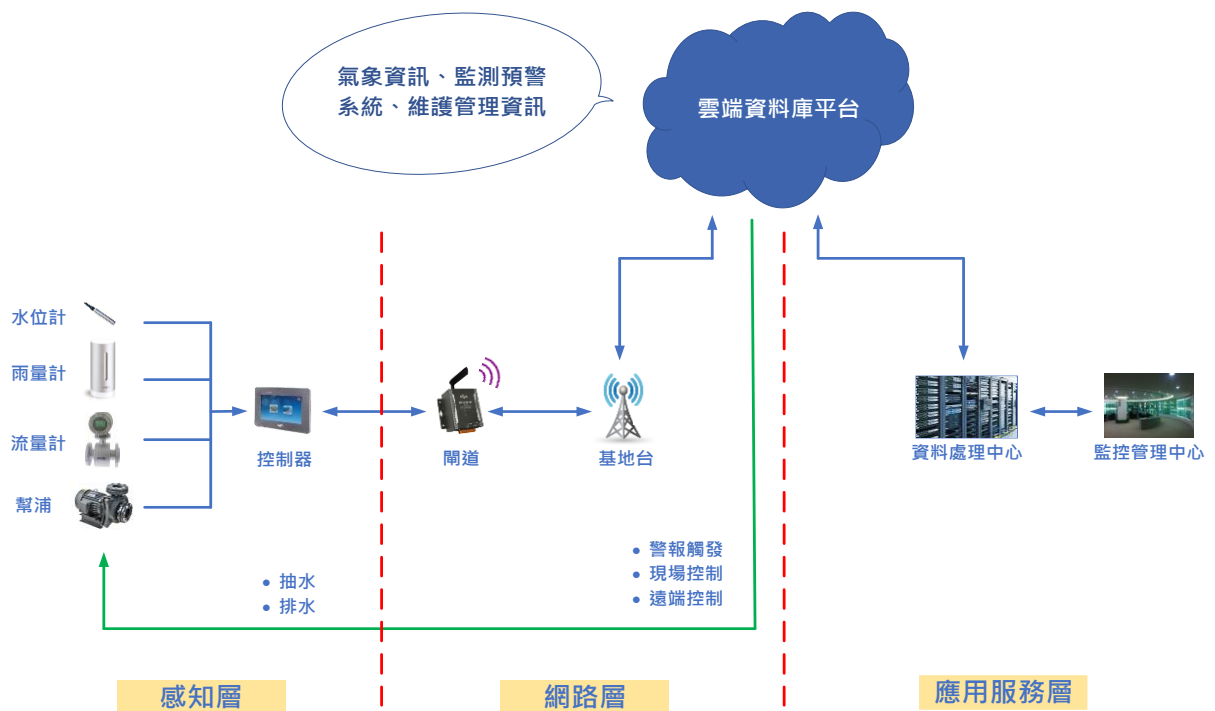


圖 1-1 既有建築物雨水滯蓄設施智慧雨洪管理系統架構規劃示意圖
(資料來源：本研究蒐集彙整)

- 防溢淹緊急措施—為預防既有建築物雨水滯蓄設施在智慧雨洪管理系統裝設後，於颱風期間相關設備發生排洪不及、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，故本計畫擬於實際案例之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配置，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，可作為未來雨水滯蓄設施智慧雨洪管理系統規劃之參考。
- 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。其中硬體

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雨水滯蓄設施之智慧雨洪管理操作模式進行測試。本研究感測與控制元件擬需的設備項目包括水位計、流量計、雨量計、控制器、泵浦等，相關內容說明如下：

- (1) 水位計—主要用來感測雨水滯蓄設施的即時水位。因雨水滯蓄設施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。
- (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。雨水滯蓄設施的管路流體為雨水，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。
- (3) 雨量計—雨量計裝設盡量選擇廣闊且較無干擾因素的場域，在滯蓄設施的配置，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。一般在雨水滯蓄設施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。
- (4) 控制器—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，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。
- (5) 泵浦—以既有滯蓄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。

參、軟、硬體設備連結與操控程式撰寫之相關工作內容

本案雨水滯蓄設施之智慧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，流程如圖 5 所示意，其研究方法概述如下：

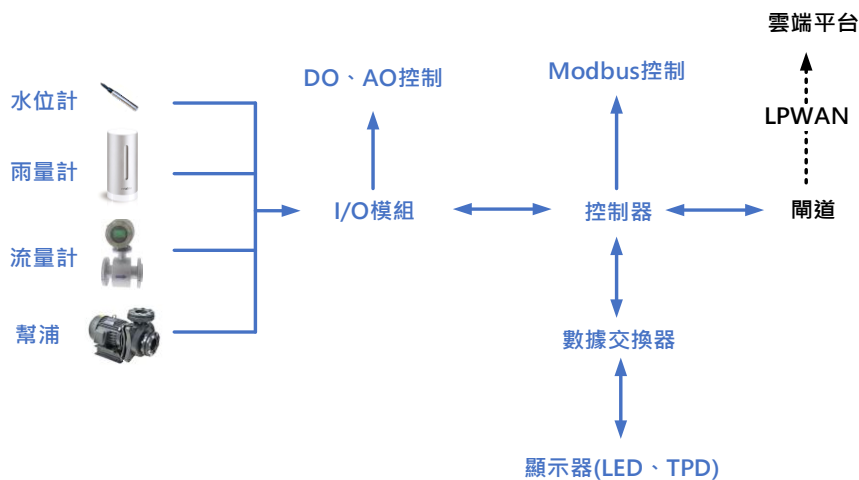


圖 1-2 既有建築物雨水滯蓄設施智慧雨洪管理之軟、硬體設備操控流程示意圖
(資料來源：本研究蒐集彙整)

1. 操控程式連結—為連結雨水滯蓄設施之智慧雨洪管理系統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，連結雨水滯蓄設施智慧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，以圖形、表格、投影等的方式呈現於應用設備上。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 109 年「智慧雨水貯集系統作為都市雨洪管理之實地驗證研究」之計畫成果，擬將透過 MATLAB 軟體進行智慧雨水滯蓄設施雨

洪管理系統的決策模式建置，藉由灰色理論將降雨量、入流量或水位的變化來預測下一時刻之入流量，進而透過模式決策分析成果，判斷系統是否進行排洪程序，進而啟閉泵浦開關，使雨水滯蓄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。

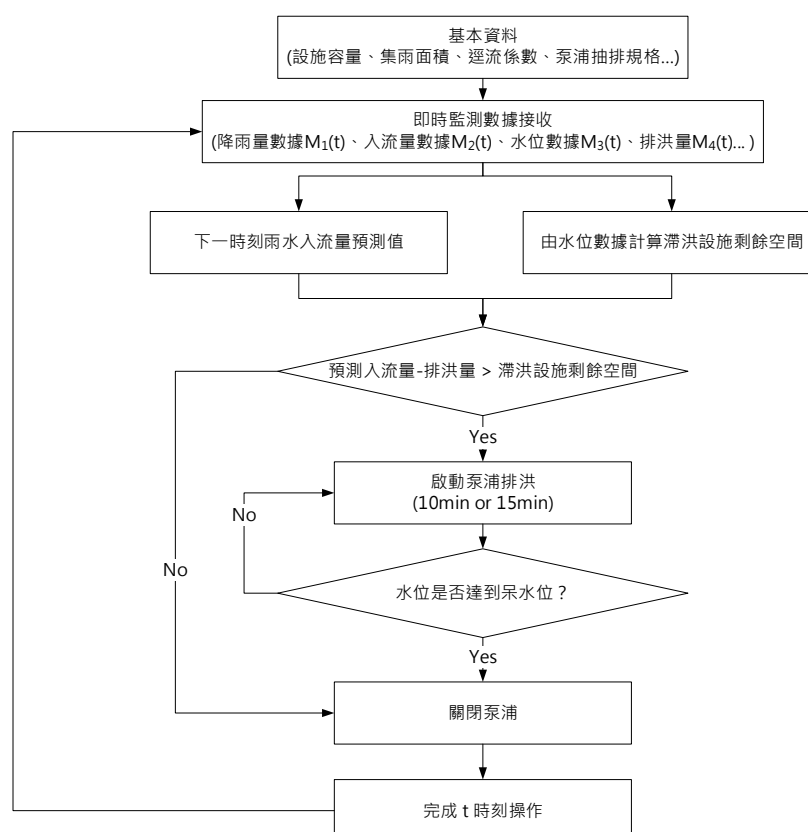


圖 1-3 既有建築物雨水滯蓄設施智慧雨洪管理操作模式之排洪決策流程圖
(資料來源：本研究蒐集彙整)

肆、通訊傳輸連結與智慧雨水滯蓄設施智慧管理系統平台建置

由於本案雨洪管理係透過雨水滯蓄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進行智慧化操控，故在系統規劃上須考量既有建築物雨水滯蓄設施之監測數據傳輸至後端處理的速度與穩定性，故本計畫擬初步探討通訊技術(如：LPWAN、Wifi、乙太網路等)與其後端資料處理的配置方法(如：電腦主機系統平台、雲端運算系統平台等) 等相關內容並考慮案場情況、資訊傳輸穩定性與其設置經費進行遴選配置。

通訊傳輸連結若考量 LPWAN(Low-Power Wide-Area Network, 低功率廣域網路)的通訊技術來連結案場數據資訊及智慧雨水滯蓄設施智慧管理系統平台，需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，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，進而完成雨水滯蓄設施的滯洪排水操作，達到建築物自動化雨洪管理效果。初步彙整國內外常見的 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 1-1 所示。

表 1-1 網路通訊技術相關資訊彙整表

技術名稱	主要推動	成立時間	目前佈建國家	使用頻段	傳輸距離	傳輸速度	技術範疇	發展情況
SIGFOX	Singfox	2009	72	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	超過100	ISB Band Sub-1GHz	市區:3~5KM 郊區:15KM	300bps~50kbps	通訊協定	已發展
NB-IoT	3GPP	2016	69	GSM or LTE Band	20KM	~50kbps	通訊協定	已發展

(資料來源：本研究蒐集彙整)

SIGFOX 與 LoRaWAN 皆具有低功耗的特點，可延長電池壽命；SIGFOX 更為三者中傳輸距離最長，可提供現有 SIGFOX 基地台與雲端平台為全球性網路服務；LoRaWAN 提供開放式技術，相對自由度較高，其資料傳輸速率較彈性，可與多個電信營運商合作。而 NB-IoT 與前述兩項技術最大的不同，在於它是由 3GPP 組織所制定之技術，使用需授權的 GSM 和 LTE 頻段，故需透過電信業者或第三方代理商取得授權技術和頻段，但因使用授權的頻譜，故通訊干擾較小，可維持穩定的連線品質，可直接使用既有電信基地台和相關設備，並且無傳輸上的限制。三者皆具有各技術上的通訊特性，後續如需運用 LPWAN 的通訊技術，可依現場案例情況與考量三者的優、缺點進行遴選，選擇本案合適的通訊技術。

伍、實地案場系統初步數據接收與操控測試，並進行檢討校正

完成既有建築物雨水滯蓄設施之智慧雨洪管理系統設置後，擬初步透過實際降雨事件或歷時一至二個月進行數據監測成果接收與系統操控測試，並針對軟、硬體設備選擇的合適性、通訊傳輸與系統平台的穩定度、以及決策操作系統的執行情況等相關內容進行探討，進而完成錯誤修正與參數調校，以確保智慧雨洪管理系統可長期運作，並可做為後續系統維護管理之參考。

陸、實地案場監測與遠端調控操作，並透過監測數據與蓄排操作之成果進行成效分析與探討

透過既有建築物雨水滯蓄設施智慧雨洪管理系統之監測數據與蓄排操作成果，本計畫將探討雨水滯蓄設施在智慧雨洪管理操作下的滯洪成效，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其蓄水成效，進而擬初評系統相關效益（如：本計畫初步擬定的工作項目第 7 項，針對社區裝設本系統的效益分析，以增加後續社區推廣或與物業管理服務結合應用之利基），將做為未來發展建議之參考。

柒、系統評估與未來發展之建議

本計畫完成既有建築物雨水滯蓄設施智慧管理系統與平台建置，並完成系統成效評估與檢討，預期可獲得比原至滯蓄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精進之內容進行探討，如智慧管理系統區域性設置調控策略、多目標管理、使用者介面與應用，以及本計畫初步擬定的工作項目第 8 項：未來與地方政府管理平台連結，並配合都市雨洪管理智慧調控之功能…等，將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

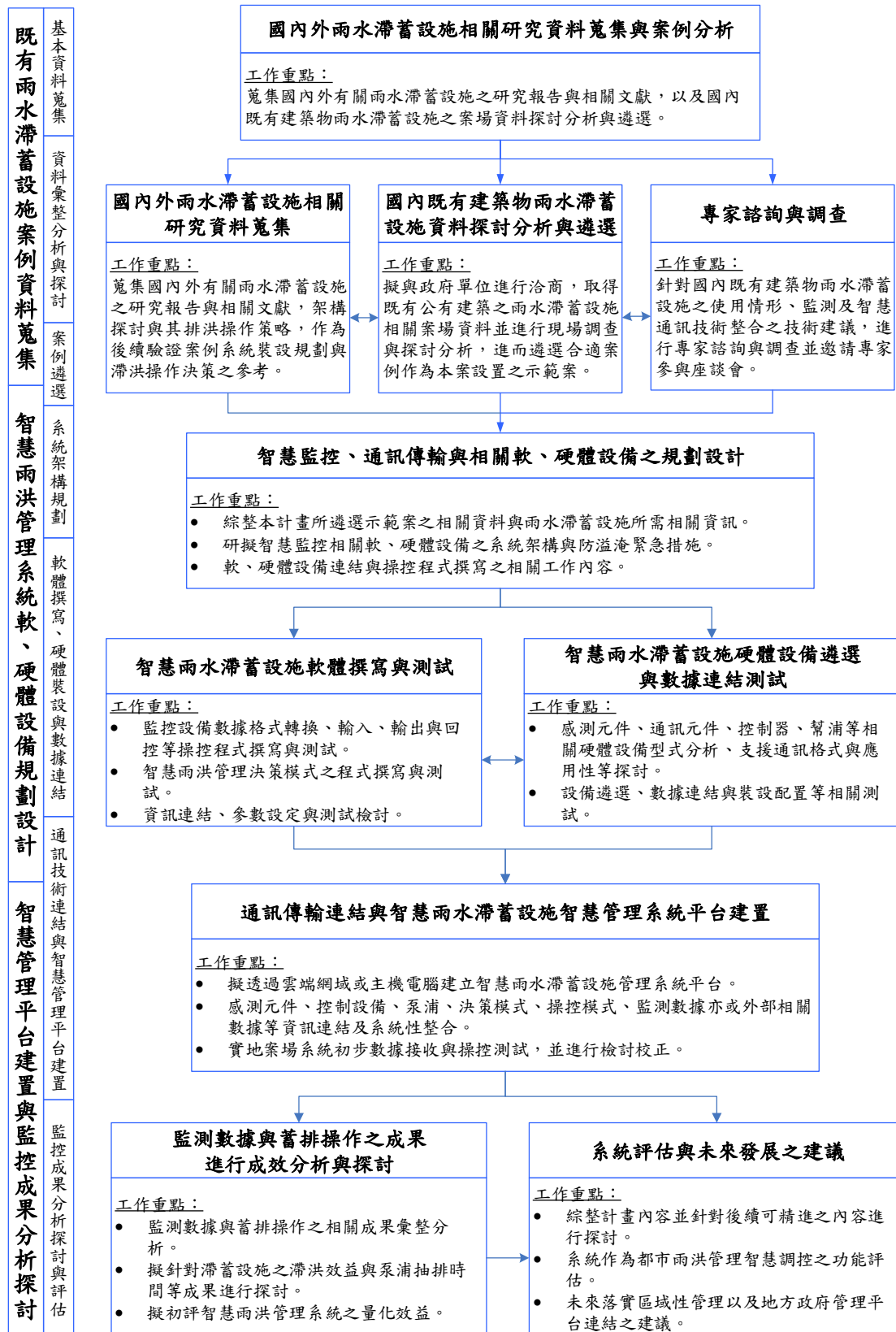


圖 1-4 研究流程圖

(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。

月 工作項目	第 1 個月	第 2 個月	第 3 個月	第 4 個月	第 5 個月	第 6 個月	第 7 個月	第 8 個月	第 9 個月	第 10 個月	備 註
針對建築物既有雨水滯蓄設施之相關案例進行資料彙整與現況分析											
遴選合適案例作為實地案場裝設示範點											
智慧監控、通訊傳輸與相關軟、硬體設備之規劃設計											
軟、硬體設備連結與操控程式撰寫之相關工作內容											
期中報告撰寫 (6/30 前繳交)											
通訊傳輸連結與智慧雨水滯蓄設施智慧管理系統平台建置											
實地案場系統初步數據接收與操控測試，並進行檢討校正											
實地案場監測與遠端調控操作，並透過監測數據與蓄排操作之成果進行成效分析與探討											
系統評估與未來發展之建議											
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)	3 %	11%	25%	36%	44%	56%	67%	80%	92%	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，本計畫完成建築物既有雨水滯蓄設施之相關案例資料彙整與現況分析、智慧監控、通訊傳輸與相關軟、硬體設備之規劃設計，以及軟、硬體設備連結與操控程式撰寫之相關工作內容，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。然因應本年度5月至7月的全國第三級疫情警戒以及需配合本計畫預計實地案場裝設之建案的期程，故針對通訊傳輸連結與智慧雨水滯蓄設施智慧管理系統平台建置，以及實地案場系統的數據接收與操控測試，延至11月份完成本案系統的建置；因前置作業的延期，故直接影響後續實地案場監測與遠端調控操作與成效分析與探討，以及系統評估與未來發展之建議等工作事項，然本計畫團隊仍於12月份如期完成應執行的工作內容並交付計畫成果。目前本計畫工作執行成果概略如下：

- 完成建築物既有雨水滯蓄設施之相關案例資料彙整
- 完成建築物既有雨水滯蓄設施現場調查與現況分析；
- 完成裝設示範點之案例遴選；
- 完成智慧監控、通訊傳輸與相關軟、硬體設備規劃；
- 完成軟、硬體設備連結與操控程式撰寫之相關工作內容；
- 完成通訊傳輸連結與智慧雨水滯蓄設施智慧管理系統平台建置；
- 完成初步實地案場監控操作與成效分析；
- 完成系統評估與研擬未來發展之建議等工作事項。

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四個面向：「國內雨水滯蓄設施相關法令與技術規範」、「國內雨水逕流抑制對策」、「國外雨水滯蓄設施之相關研究」、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 國內雨水滯蓄設施相關法令與技術規範

國內有關雨水滯蓄設施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 國內雨水滯蓄設施之相關法令與技術規範

法令與技術規範			內容
中央	1	建築技術規則建築設計施工編 108.01 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：申請建築基地面積乘 0.045(m ³ /m ²)； 二、新建、增建或改建：建築面積除以法定建蔽率後，再乘 0.045(m ³ /m ²)。
	2	水利法 110.05 修正	第七章之一 逕流分擔與出流管制 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。
	3	排水管理辦法 105.04	第十三條 土地利用計畫，應以滯洪、蓄洪、雨水貯留、曾加入甚或其他減洪設施等削減其排水出口洪峰流量，使不得超出開發前十年重現期距洪峰流量，且不得大於其排水出口下有排水系統現況通洪能力。
	4	建築物設置透水保水或滯洪設施適用範圍及容量標準 108.03.15	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）。
直轄市	1	臺北市下水道管理自治條例 101.02	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。 前項標準由市政府定之。 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。
	2	臺北市基地開發排入雨水下水道	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： (1)建築物新建行為

	逕流標準 102.10	(2)建築物改建行為 (3)增加建築物第一層樓地板面積行為 (4)其他經水利處認定之開發行為 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。
3	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 100.03	雨水貯留及涵養水分再利用相關設施之設置標準依下列各款規定辦理： (1) 最小貯留量以建築申請基地面積乘以係數零點零八計算貯留體積(105.12)。 (2) 允許放流量以建築申請基地面積乘以係數 0.000019 計算之。設計放流量範圍應介於 0.85 倍允許放流量及允許放流量之間。
4	臺北市基地開發排入雨水下水道逕流量標準 102. 10	參照臺北市下水道管理自治條例第一章第六條與第五章第二十二、二十三條罰則。 第一章第 六 條 雨水下水道及其附屬設施，應維持既有功能……。市政府得隨時派員檢視雨水下水道及其附屬設施…。 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： 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。 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： 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。 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。 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。 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。
5	桃園市建築管理自治條例 105.12	第二十四條 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。
6	桃園市雨水下水道管理自治條例 106.01	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。 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。 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。
7	臺中市雨水下水道管理自治條例 102.10	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。
8	臺南市設置雨水回收系統之最小	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。

	雨水貯留量評估標準 101.05	2. 檢核數值：雨水回收儲水槽容量 > 最小雨水貯留量。 3. 須提出雨水回收之再利用計畫。 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。
9	臺南市低碳城市自治條例第十八條規定應設置防洪或雨水貯留設施之建築行為規模 102.06	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： (1)建築基地面積 300 平方公尺以上未達 1000 平方公尺者，以建築基地面積乘以 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)
10	高雄市綠建築自治條例 101.06	第四條 總樓地板面積一萬平方公尺以上者，應設置雨水貯集設施。 第十四條 貯集容積應達建築物開挖面積二十年重現期四小時短延時之降雨量。
11	高雄市建築管理自治條例 110.02.01	第 72-2 條 都市計畫地區新建或增建之公有建築物，應設置雨水貯集治洪設施，其設置規定如下： 一、應於建築物地下筏基式基礎坑或擇基地適當位置設置。 二、貯集容積應達建築物地下室開挖面積(平方公尺)或建築面積(平方公尺)取最大值後，乘以零點一三二(公尺)。

(資料來源：本團隊蒐集彙整)

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）。

2018 年經濟部水利署為因應氣候變遷及確保既有防洪設施功效，增訂水利法第七章之一「逕流分擔與出流管制」，其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。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，2021 修正」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洪設施減少洪水風險。

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，必須進行遲滯洪峰設施之管制，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加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)

國內中華電信公司自 106 年起已陸續導入 LTE-WLAN Aggregation (LWA)、NarrowBand IoT(NB-IoT)、Long Term Evolution for Machines (LTE-M) 等新技術, 提供包括室內高速上網、大涵蓋物聯網等服務, 亦配合國際相關標準制訂進度、設備商產品支援度及業務發展狀況, 逐步導入 5G New Radio (NR) 相關技

術及新型態服務。(國家通訊傳播委員會, 2018) 現今行動物聯網無線技術除了有 4G LTE 外, 3GPP 組織依據不同裝置的需求, 發展出低功耗、低成本、廣域覆蓋及大量終端設備連結等特性的窄頻物聯網通訊協定, 現有的 4G 基地台升級軟體版本即可支援 NB-IoT/LTE-M, 藉此達到全台信號覆蓋(中華電信公司, 2019)。針對中華電信各通信技術對應不同的封包傳輸量與頻寬, 可依照需求而發展不同的物聯網應用技術, 如圖 2-1 說明。

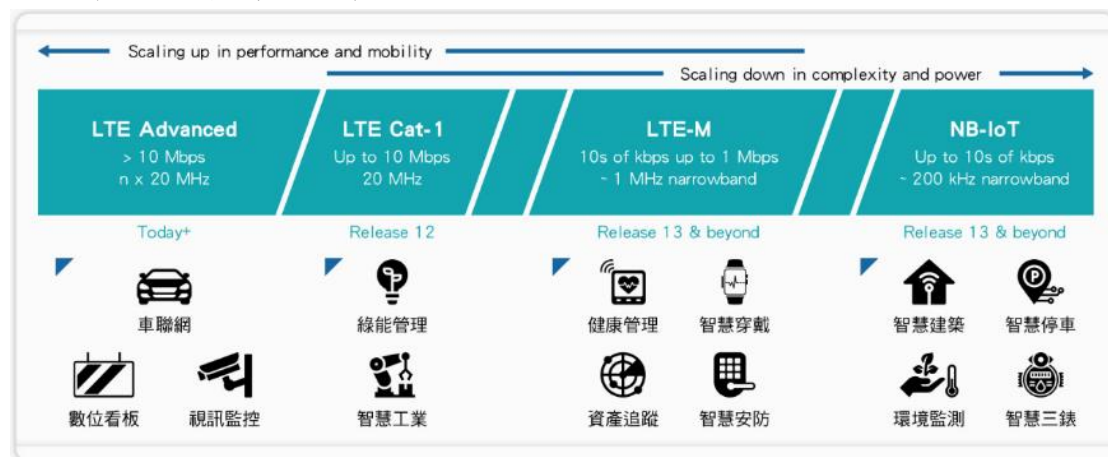


圖 2-1 中華電信通訊技術與物聯網路應用參考圖

(資料來源：中華電信公司, 2019)

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)。

經濟部水利署的 106 年暨 107 年雨水貯留系統設施輔導推動計畫，完成建置「雨水貯留系統設施成果展示管理資訊平台」，採用開放式軟體 APACHE 與 PHP 搭配 MySQL 之方式進行環境架設，另就應用程式部分則使用 Adobe Dreamweaver CS5 進行開發，使其可同時適用於各使用環境；整體資訊作業平台架構項目包含「最新公告」、「計畫概述」、「案件執行流程管理系統」、「歷年計畫效益統計」、「雨水貯留系統監測」、「節水教育教案」、「案例分享」、「相關連結」、「聯絡我們」、「Q&A 問答」等多項功能；透過平台運用，使用者可在任何時間於系統中查詢相關資訊，並進一步達成雙向良性互動與溝通，進而提升了整體計畫執行效率，其平台功能如圖 2-1 示意。



圖 2-2 雨水貯留系統成果展示管理資訊平台

(資料來源：經濟部水利署，2018)

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

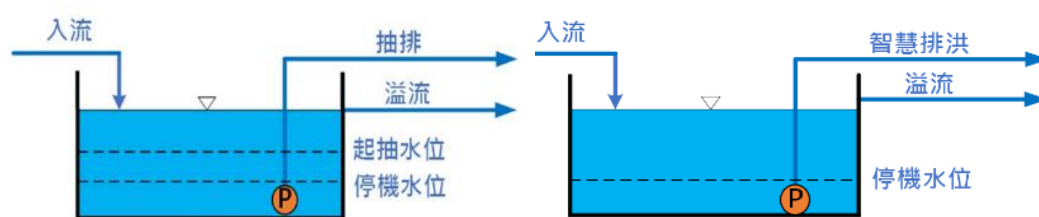
(資料來源：本團隊蒐集彙整)

第三章 既有建築物雨水滯蓄設施智慧管理系統規劃設計

建築物設置雨水滯蓄設施多數係於設施內設置浮球式液位開關，並設定起抽水水位與泵浦運作所需之停機水位，藉簡易機械式的判斷來進行滯洪抽排，如圖 3-1(a)示意，使系統無法依據不同降雨事件型態進行針對性操作，無法獲得更好的逕流抑制功效，且長時間運作易使泵浦造成損壞；另外，多數滯蓄設施未設置監測相關設備，故無法即時了解系統運作情況與增加後續維護管理困難，亦無法對系統的數據資料進行蒐集、檢討與反饋，因此國內各地方政府開始積極針對既有雨水滯蓄設施進行監測設備，甚或控制設備的裝設，望能藉數據整合與檢討而提升雨水滯蓄設施的設置效益。

本計畫係透過既有雨水滯蓄設施同時裝設監測與控制設備而進行智慧抽排，其理念係藉由短時距的降雨量預測或入流量預測以及即時水位等參數來進行決策操控，不同於原機制以兩個判斷點(起抽水水位、停機水位)開啟或關閉，而是由決策控制設備決定泵浦的啟閉，故在原系統的改造上將移除起抽水水位的設定，但保留停機水位作為系統失效的泵浦緊急關閉的機制，如圖 3-1(b)示意。藉既有建築物雨水滯蓄設施智慧管理系統規劃設計，望能提升原滯蓄設施的功能效益，獲得提升滯洪能力、永續利用、節能減碳及 IT(Internet Technology)運維等四大目標，如后說明：

- 提升滯洪能力—藉降雨量預測或入流量預測，提前進行泵浦抽排來預留設施內滯洪空間，達到滯洪能力提升。
- 永續利用—減少水資源無目的放流，提升滯洪能力的同時更兼具提高設施的蓄水率，可供未來多元供水利用。
- 節能減碳—針對性啟動泵浦，減少泵浦的運作時程，達到節能效果；前項水資源永續利用亦達減碳效益。
- IT 運維—透過監控設備裝設，可供未來設施設備、數據分析、營運、安全、維護、服務等即時監控管理與技術性整合。



(a) 原滯蓄設施抽排機制

(b) 滯蓄設施智慧決策抽排

圖 3-1 建築物雨水滯蓄設施原抽排機制(a)與智慧決策抽排(b)示意圖

為落實前述既有建築物雨水滯蓄設施智慧決策管理，本章節先針對國內建築物既有雨水滯蓄設施之相關案例進行資料彙整與現況分析，並遴選合適的施做案例，進而研擬智慧監控設備與通訊傳輸技術架構並進行軟、硬體設備規劃設計，完成軟、硬體設備連結、操控程式撰寫與平台建置，以進行後續實際監測數據接收與蓄排洪操控之效益分析。

第一節 建築物既有雨水滯蓄設施之相關案例進行資料彙整與現況分析

本計畫針對國內既有雨水滯蓄設施之案例蒐集以公有建築物為原則，本研究團隊與內政部營建署、台北市、新北市、桃園市、高雄市等政府單位進行洽商，並以合作意願高且有設備提供、案例規模適中、資料取得較完整、路程距離較近、易於設備裝設、以及便於系統操作與維護等作為遴選依據，以下將列舉台北市信義區某社會住宅興建案、桃園市桃園區某廠房興建工程及高雄市大樹區某公家機關建築等三個案例進行說明。

1. 台北市信義區某社會住宅興建案

台北市信義區某社會住宅自 105 年起規劃，107 年開發興建，整體規劃導入新的概念和作法，將基地納入區公所、圖書館、門診中心等社福設施並結合捷運系統，其社會住宅位置如圖 3-2 所示。總基地面積約為 $64,832\text{m}^2$ ，分成 A 標、B 標、C 標、D 標、E 標，共 5 標興建，實際建築面積約為 $17,432\text{m}^2$ ，預計可提供共 2800 戶社會住宅。

該社會住宅基地內規劃多處蓄水框架，總容量達 $6,981.04\text{m}^3$ ，但由於社會住

宅目前仍在興建中，其中 D 標及 E 標將於近期完工，D 標滯蓄設施容量為 265.77 m^3 ，E 標滯蓄設施共分為 A、B、C 三個滯洪池，容量分別為 589.55 m^3 、172.61 m^3 、162.62 m^3 ，共 925 m^3 ，如圖 3-3 示意，作為雨水滯蓄設施智慧管理系統示範案例其容量皆屬適中；且自 106 年起台北市政府另執行公共住宅智慧化，規劃共 13 處公共住宅做為示範場域，本案亦為實驗對象之一，且已具備公共住宅社區雲端系統整合平台，更利於後續資訊整合；依據臺北市公共住宅智慧社區建置規範手冊之安全防災的設計原則說明，「規劃設計原則是建立在消防法規之上，能透過智慧化系統事前防範或防止建築物產生火災及水災等災害」、「安全防災應具備之基本要件包括：防火系統、防震系統、防水系統、防盜系統、監視系統、門禁系統、停車管理、有害氣體防制、緊急求救系統等」，如圖 3-4 所示，其中防水系統設計概要中說明，防水系統「除現場可發出警報聲響外，並能與監控設備連動，啟動電動防水閘門或抽排水裝置」，其針對針對抽排水裝置之項目，及符合本計畫的雨水滯蓄設施智慧管理系統之目的。

本團隊與台北市政府都發局及相關廠商接洽，依照目前建案工期進度與可行性考量，如遴選本台北市信義區某社會住宅興建案，選擇 E 標建築物滯蓄設施 A 池、B 池、C 池之其中一池作為示範案例較為合適。

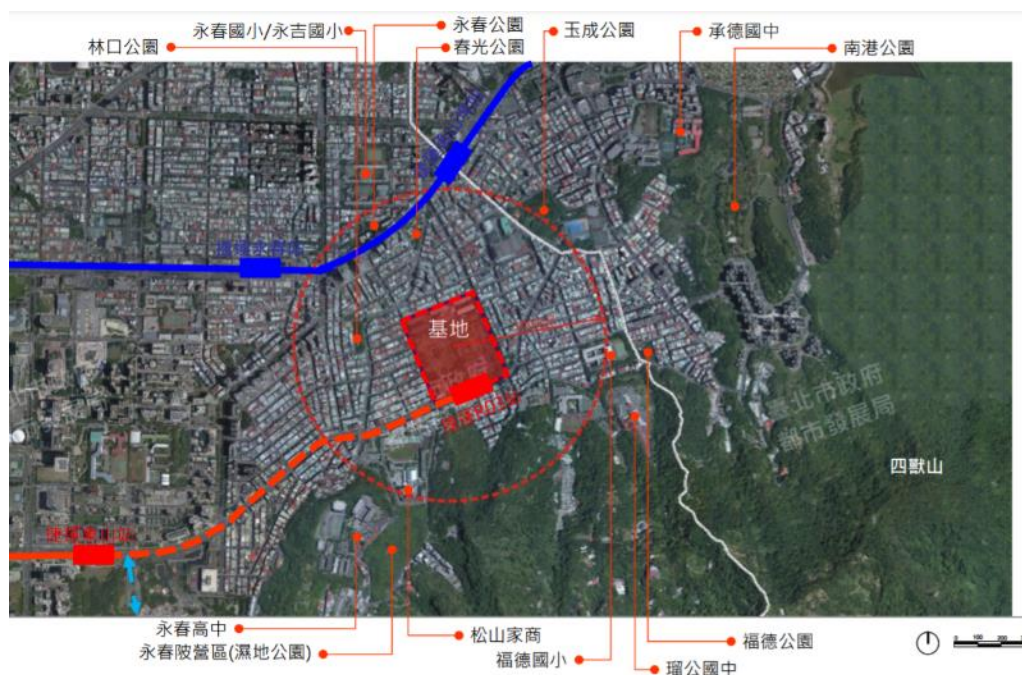


圖 3-2 台北市信義區某社會住宅地理位置圖

(資料來源：台北市政府都市發展局，2019)

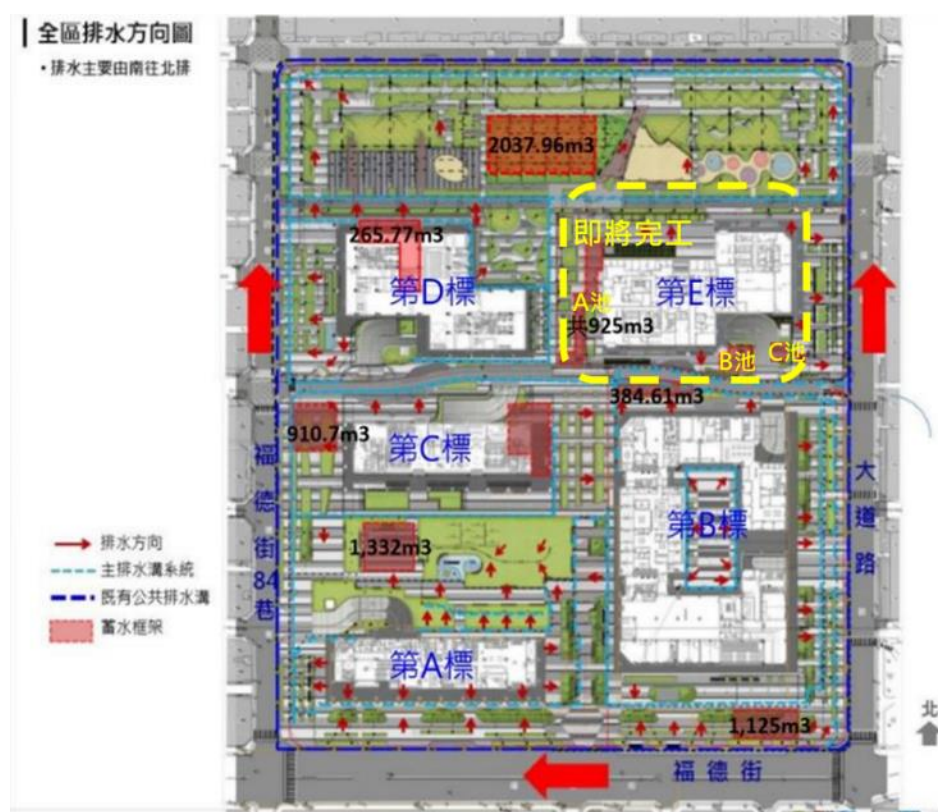


圖 3-3 台北市信義區某社會住宅建築物分區與排水暨滯蓄設施容量設計圖
(資料來源：台北市政府都市發展局，2021)



圖 3-4 台北市公共住宅智慧化之安全防災系統項目
(資料來源：台北市政府都市發展局，2017)

2. 桃園市桃園區某廠房興建工程

桃園市政府水務局為查核已完工的出流管制相關設施之使用、管理及維護情況，並掌握各開發基地之出流管制設施能妥適發揮應有功能，確認實際出流量是否確實依計畫運作，避免增加開發基地鄰近地區淹水風險及下游銜接水路負擔，目前正辦理出流管制設施須同步完成監測設備，並針對已完工之出流管制相關設施輔導裝設監控設備。針對桃園市內已完工或即將完工的排水計畫或出流管制設施彙整如表 3-1 所示。

表 3-1 桃園市內已完工或即將完工的排水計畫或出流管制設施彙整表

工程名稱	滯洪池型式	入流方式	放流設施	排水方式	義務人	完工
桃園市機場捷運○○區段徵收公共工程	地上乾式	在槽式	孔口	重力排	內政部土地重劃工程處	是
桃園市捷運○○區段徵收工程	地上濕式	離槽式	手動匣門	重力排	桃園市政府新建工程處	是
桃園市觀音區○○第一區市地重劃工程	地上濕式	在槽式	孔口	重力排	桃園市政府新建工程處	
	地上乾式	離槽式	電動匣門	重力排		
桃園市觀音區○○第三區市地重劃工程	地上乾式	離槽式	電動匣門	重力排	桃園市政府新建工程處	
桃園市觀音區○○第六區市地重劃工程	地上乾式	離槽式	電動匣門	重力排	桃園市政府新建工程處	
桃園市觀音區觀塘段○○土地廠商新建工程	地上濕式	在槽式	孔口	重力排	○○有限公司	是
桃園市桃園區○○廠房新建工程	地下乾式	在槽式	抽水機	機械排	○○實業股份有限公司	是

桃園市觀音區觀 玉段○○廠房新 建工程	地下乾式	在槽式	抽水機	機械排	○○股份有 限公司	是
桃園市龍潭區○ ○開發計畫	地下乾式	在槽式	孔口	重力排	桃園市政府 體育局	
	地上乾式	在槽式	孔口	重力排		

(資料來源：本研究蒐集彙整)

為求設備裝設之簡易性及便於系統操作並具較少外在因素影響，本計畫案例將遴選滯洪池型式為地下乾式且雨水入流為在槽式，並具備泵浦機械式抽排者為佳，故初步遴選桃園區某廠房新建工程與觀音區某廠房興建工程，以下將以桃園區某廠房興建工程為例進行說明：

桃園區某廠房興建工程位於桃園市都市計畫區內的龜山工業區，西臨桃鶯路，北臨大誠路，屬東門溪流域範圍。該廠房興建工程規劃集水區面積約為 11,300 m²，為有效調節逕流量並配合建築配置空間，故於基地東北側之建築物筏基設置滯洪池，滯洪量體採開發後 10 年一次頻率之降雨強度計算開發後之最大逕流量，出流量則採開發前 10 年洪峰流量為管制標準，其雨水滯蓄設施設計容量為 841 m³，筏基深度為 1m，計畫設置有效深度為 0.8m，且因基地地勢平坦，故雨水滯蓄設施採泵浦機械式抽排設計，其配置示意如圖 3-5 所示。

本案作為雨水滯蓄設施智慧管理系統示範案例其容量應屬適中，且設施構造較單純，較少外在因素干擾，更已具備部分監控設備，可節省本案裝設之經費支出，但其為私人機構之建築物，故如欲作為本案示範裝設點，仍需待後續接洽。

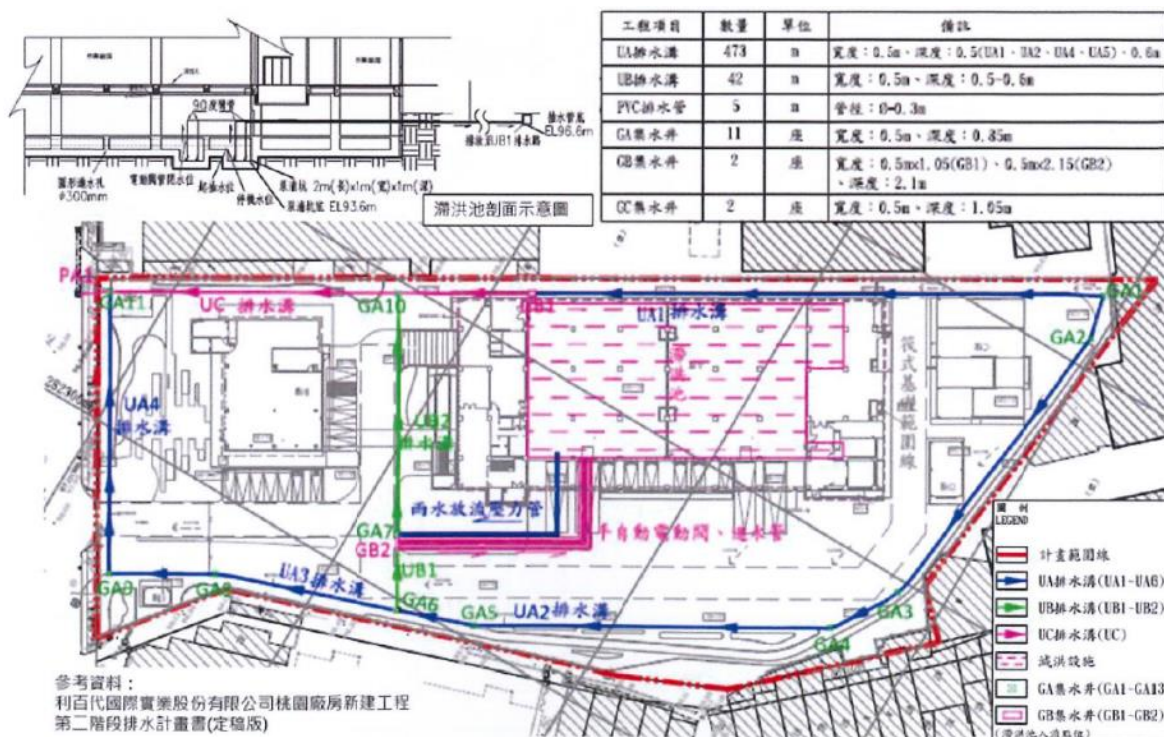


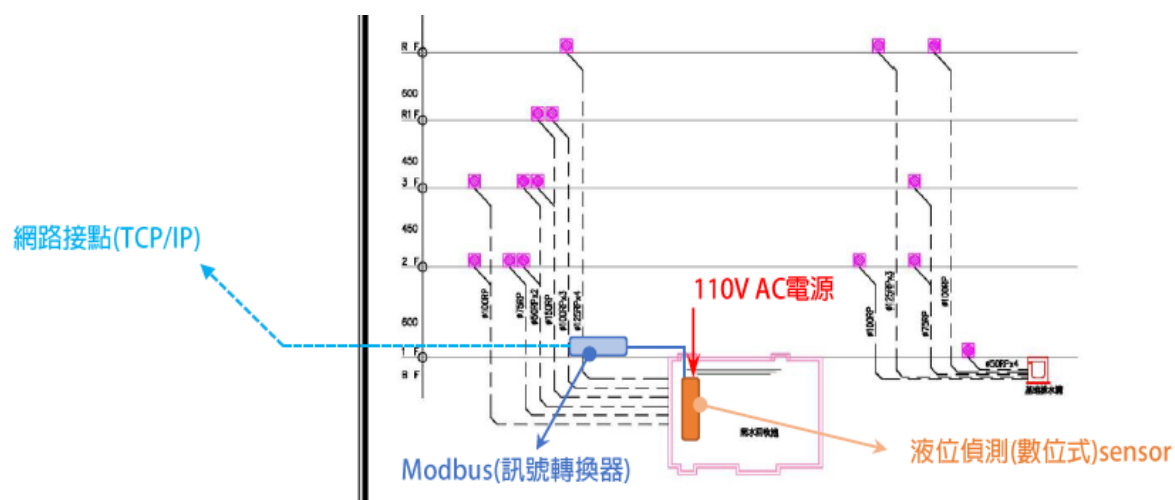
圖 3-5 桃園市桃園區某廠房興建工程之雨水滯蓄設施配置圖
(資料來源：桃園市政府水務局，2021)

3. 高雄市大樹區某公家機關建築

高雄市目前已有四百餘棟建築物已設置雨水滯蓄設施，高雄市工務局為進一步了解雨水滯蓄設施發揮之功效，確保建築物之雨水滯蓄設施保有正常功能，並因應各區雨量差異，分別於 109 年與 110 年執行「高雄厝智慧雲補助計畫」，補助既有雨水滯蓄設施裝設監測系統，並將監測數據納入高雄市政府工務局的數位治理平台。

本計畫針對已補助雨水滯蓄設施裝設監測系統之案例進行資料蒐集，以大樹區某公家機關建築為例，該雨水滯蓄設施位於建築筏基，容量為 339.36m³，作為雨水滯蓄設施智慧管理系統示範案例其容量應屬適中，且已具備部分監控與通訊設備，可節省本案裝設之經費支出，亦具備雲端數位治理平台，更利於後續資訊整合，惟其案例的車程距離較遠使設備裝設上較不便與且造成討論上的困難，其建築筏基之雨水滯蓄設施位置如圖 3-6 所示，雨水排水系統與監測設備設置之示意如圖 3-7 所示。

(資料來源：高雄市政府工務局，2021)



(資料來源：高雄市政府工務局，2021)

4. 案例遴選

綜整前述三案相關資料與現況分析，考量案例歸屬、規模、車程距離、是否已具相關監控設備、資料完整性、合作意願及裝設與操作維護複雜度等作為遴選依據，彙整如表 3-2 所示。

表 3-2 既有建築物雨水滯蓄設施案例彙整比較表

案例名稱	台北市信義區某公宅興建安	桃園市桃園區某廠房新建工程	高雄市大樹區某公家機關建築
案例歸屬	公有建築	私人單位	公有建築
案例規模	適中	適中	適中
車程距離	近	近	遠
部分設備提供	✓	×	✓
資料完整性	✓	△	✓
合作意願	✓	△	✓
裝設與操作維護	✓	✓	✓
完工	否	是	是

(資料來源：本研究成果)

台北市信義區某公宅興建安鄰近本團隊工作室，為公有建築，其滯蓄設施規模適中且正同步施作 ICT 智慧城市平台，故已具部分監控設備，且其合作意願高並願意提供相關技術性協助與相關資料，由於設施結構單純，故裝設與操作維護上屬容易；桃園市桃園區某廠房新建工程則為私人單位，雖具合作意願，但仍需持續洽商裝設後的責任歸屬問題，且資料提供相較於他案不齊全而增加可行性分析之難度；高雄市大樹區某公家機關建築為公有建築，相關優勢條件與台北市信義區某公宅興建安相似，但其位於高雄市，故車程距離與設備移動上為主要的考量因素。

依表 3-2 與前述說明，台北市信義區某公宅興建安相較於他案較符合本計畫所需，雖其仍於興建中，但預計將在 10 月底完成滯洪設施之建置；且因其正處興建中，本團隊可透過工程設計圖與建安方直接進行本案系統需求之討論，更便於監控設備的裝設、預留管路與通訊連結等工作；因此，本計畫將考量台北市信義區某公宅興建安作為既有建築物雨水滯蓄設施智慧管理系統示範案例設置之優先選擇。

第二節 智慧監控、通訊傳輸與相關軟、硬體設備之規劃設計

本節將依遴選的台北市信義區某公宅興建安之案例進行雨水滯蓄設施智慧管理系統之規劃設計，首先針對其雨水滯蓄設施之設計構造與運作機制進行分析探討，進而研擬監控與通訊傳輸等硬體設備架構，以及智慧決策與操控軟體撰寫，並完成雨水滯蓄設施智慧管理系統建置等工作項目等，分述如后。

1. 既有建築物雨水滯蓄設施設計構造與運作機制

台北市信義區某公宅興建安 E 標建築物滯蓄設施分為 A 池、B 池、C 池，其容量分別為 589.55 m³、172.61 m³、162.62 m³，三者容量皆屬適中，且施工廠商皆可配合相關線路與控制設備的裝設，本計畫將擇一進行智慧決策管理的系統建置。考量參考圖 3-8 的滯蓄設施與排水系統平面設計圖，A 池具兩處進水點(IP01&02 及 IP03，共三管路)相較 B 池一處進水點(IP04&05，共兩管路)在進水量監測準確性將受較多其他影響因素，且 A 池面積較廣具狹長形狀，易容易影響水位計監測數據對於設施剩餘空間的評估，比較 C 池進水點(IP06，共一管路)，又相對 B 池單純；另外，三者的集水區域泛及建築物屋頂與地表逕流，對應圖 3-9 滯蓄設施集水範圍分區顯示，A 池集水範圍包括 A1、A2、A3、A4、A5、A6、A7 等區塊，B 池包括 B1、B2、B3、B4、B5，而 C 池則為 C1、C2，三者皆由相應的排水溝匯集並入流至各別的滯蓄設施內，而 C 池相較於其他兩者集水範圍較小且排水溝為單一流向匯流，故其於進水量的估算上，較少其他外在不可控的影響因素而提高準確度。

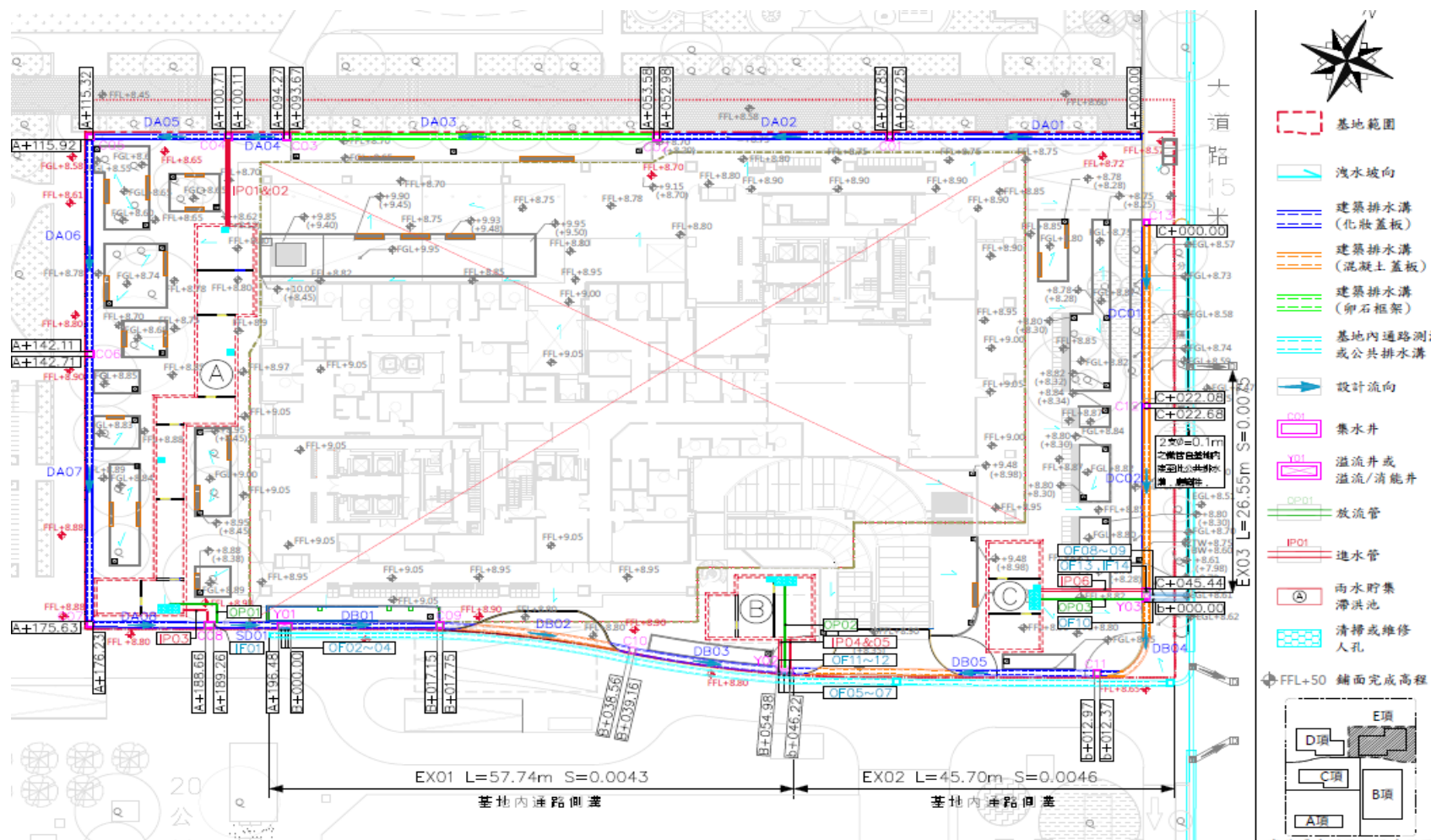


圖 3-8 台北市信義區某公宅興建案 E 標滯蓄設施與排水系統平面設計圖

(資料來源：台北市政府都市發展局，2017)

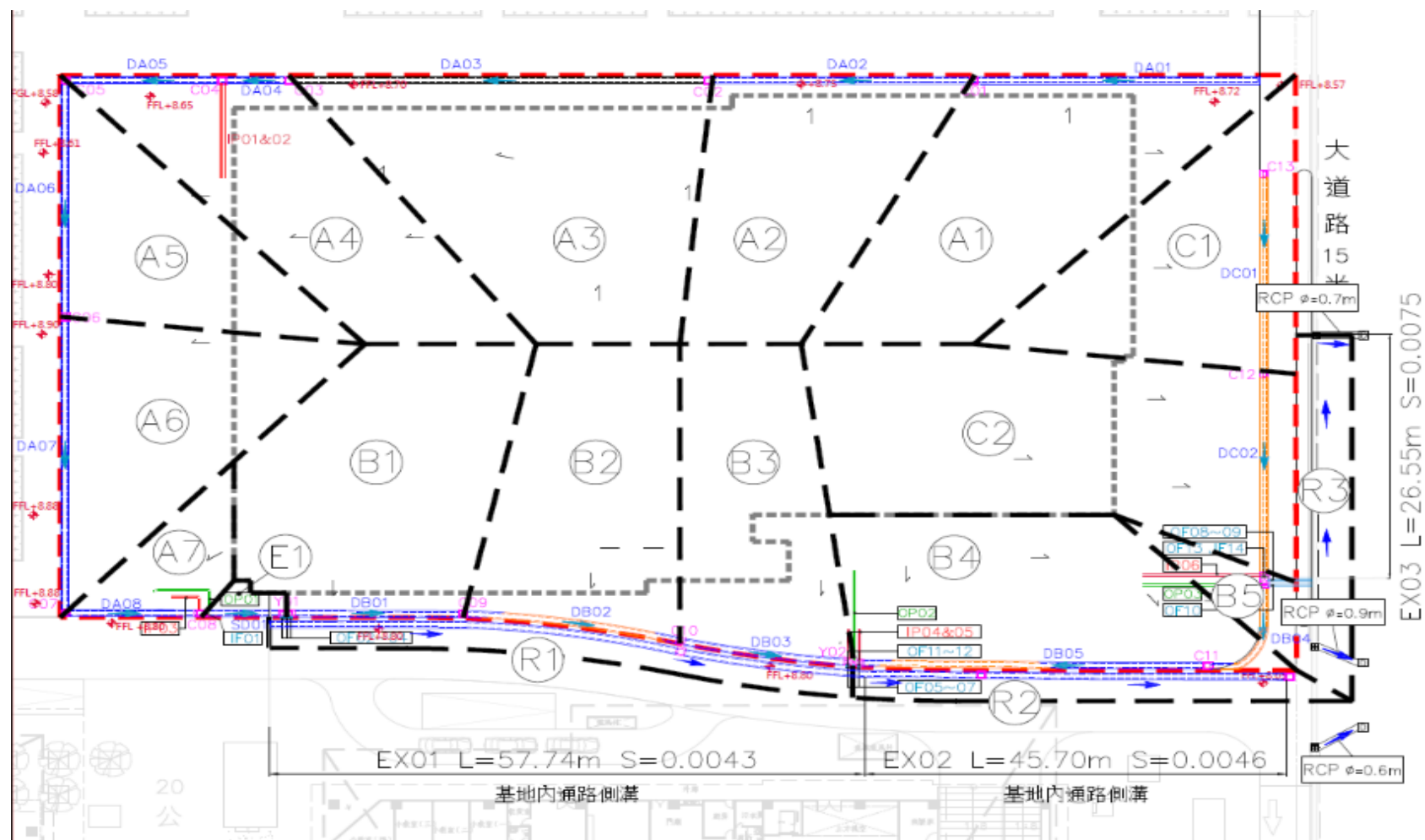


圖 3-9 台北市信義區某公宅興建案 E 標滯蓄設施集水範圍分區圖

(資料來源：台北市政府都市發展局，2017)

表 3-3 台北市信義區某公宅興建安 E 標滯蓄設施彙整比較表

滯洪池		A 池	B 池	C 池
容量(m ³)		589.55	172.61	162.62
控制中心(機房) 距離		較近	較近	較遠
集水範圍		大(A1~A7)	大(B1~B5)	小(C1~C2)
匯流井與排水溝		CO04 集水井- 東側排水溝 (DA01~DB04) Y01 溢流井- 西側排水溝 (DA05~DB08)	Y02 溢流井- 西側排水溝 (DB01~DB03) 東側排水溝 (DB04~DB05)	Y03 溢流井- 北側排水溝 (DC01~DC02)
滯洪池 入流	進水管	IP01&02 及 IP03	IP04 ~IP05	IP06
	進水量(cms)	0.1582	0.1038	0.0605
	蓄滿所需時間(s)	中 4917.01	短 2635.30	長 7325.41
滯洪池 出流	放流管	OP01	OP02	OP03
	抽水量(cms)	0.0383	0.0383	0.0383
	滿水位排空時間(min)	257.01	75.14	70.72
進出水量比		4.13 : 1	2.71 : 1	1.57 : 1

(資料來源：本研究成果)

由於本計畫目的係在既有建築物滯蓄設施進行智慧決策管理的示範操作，故將選擇較少外在影響因素以及較能凸顯智慧決策管理之效益的滯蓄設施為原則，台北市信義區某公宅興建安 E 標建築物滯蓄設施 A、B、C 池的設計結構與相關參數彙整如上表 3-3 所示。除前述集水範圍、匯流井與排水溝等相關外在影響因素之比較外，考量各滯蓄設施在不同容量與進水管路配置的情況，其設施蓄滿時間所需時間，A 池需 4917.01 秒(約 82 分鐘)、B 池需 2635.30 秒(約 44 分鐘)、C 池需 7325.41(約 122 分鐘)，由於本案預計智慧決策操作時距為 10~15 分鐘，且需

前三時距的降雨量或進水量數據進行下一時刻的預測，即至少需 30~45 分鐘的時間較能符合預排水的操作效益，故滯蓄設施選擇相對較長的蓄滿時間為佳，C 池為較合適的選項；滯蓄設施的進出水量比也是考量因素之一，由於放流量皆依排水計畫書中的最大放流量之規範進行設置，故通常進水量皆會大於放流量，然兩者相差較少，較能減少滯蓄設施排洪不及之情況，本案例 A 池進出水量比為 4.13:1、B 池為 2.71:1、C 池為 1.57:1，故 C 池相較之下亦為較合適的選項。

綜整前述分析，台北市信義區某公宅興建安 E 標滯蓄設施 C 池相較於其他滯洪池較符合本計畫所需，雖其距離建築物控制中心較遠，將增加建商為本案管路佈設與控制箱設置等相關作業，但經本團隊多次與其協商及數據通訊的穩定性的諮商，C 池為可行的選項，故後續將以此建安之滯蓄設施 C 池作為本案既有建築物智慧決策管理系統設置示範操作之案例。

台北市信義區滯蓄設施 C 池位於該公宅興建安之 E 標建築物的開放空間底下，其為方形的澆置混凝土構造，長約 13.8 m，寬約 6.2m，高約 2.9 m，由 Y03 溢流井匯流雨水，並由 IP06 鑄鐵進水管(8")路進入 C 池滯蓄設施中，設施內配置川源牌抽水機(CT-63.7-150A)並銜接 OP03 不鏽鋼放流管(6")進行抽排洪，其滯蓄設施 C 池之平面與剖面圖如圖 3-10 所示。滯蓄設施 C 池為預防發生設施滿水溢淹的情況，於進水處設置電動閥開關；設施上方設有維修人孔，並於旁側設計泵浦出口筏箱，其工程剖視圖與現場照片如圖 3-11 及圖 3-12 所示，為利於後續智慧操控的監測設備裝修與維護之便利性，將考量於此進行水位計及流量計之設置。

台北市信義區某公宅興建安 E 標滯蓄設施 C 池原排洪機制的設計，係於設施內部設置浮球式液位計開關，並設定四個水位控制點：

- 距池底 0.0 m 處：泵浦停機水位(已具泵浦運作最低水位之下凹設計)；
- 距池底 0.4 m 處：泵浦起抽水水位；
- 距池底 1.8 m 處：進水電動閥開啟水位；
- 距池底 2.6 m 處：進水電動閥關閉水位。

滯蓄設施 C 池的原排洪機制的判斷流程由雨水進入 C 池後，水位持續上升至 0.4 m 起抽水水位時，即開啟泵浦進行抽水排洪(兩個泵浦交替運轉)；當水位降至 0 m 停機水位時，即關閉泵浦。若泵浦在持續抽排同時，水位仍持續上升，水位上升至 2.6 m 進水電動閥關閉水位時，將會關閉電動閥並停止進水管的雨水流入設施中；待水位下降至 1.8 m 進水電動閥開啟水位時，則將開啟電動閥並開始繼續使進水管的雨水流入設施，其運作機制之流程如圖 3-13 所示。

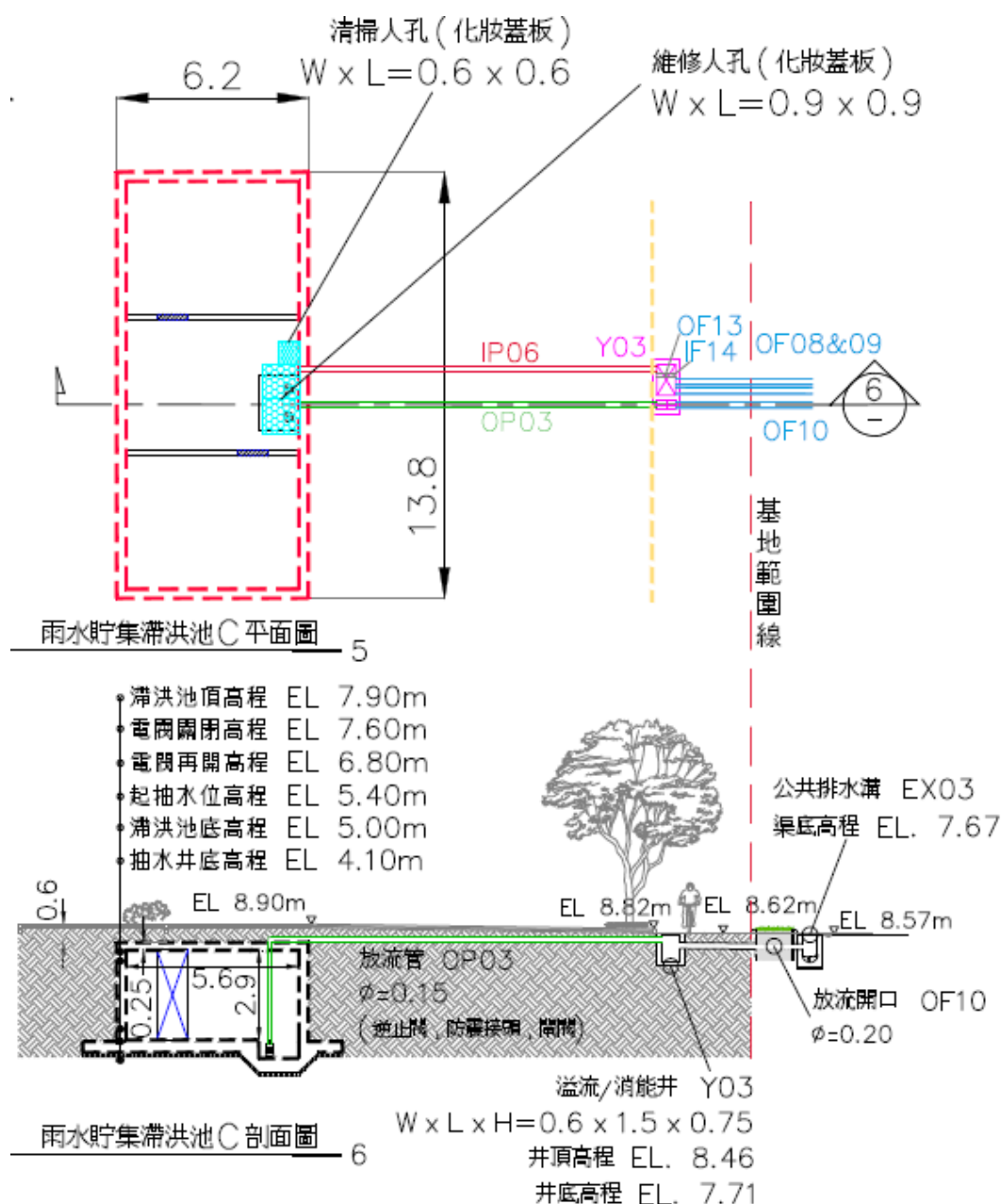


圖 3-10 台北市信義區某公宅興建案 E 標滯蓄設施 C 池平面與剖面圖
 (資料來源：台北市政府都市發展局，2017)

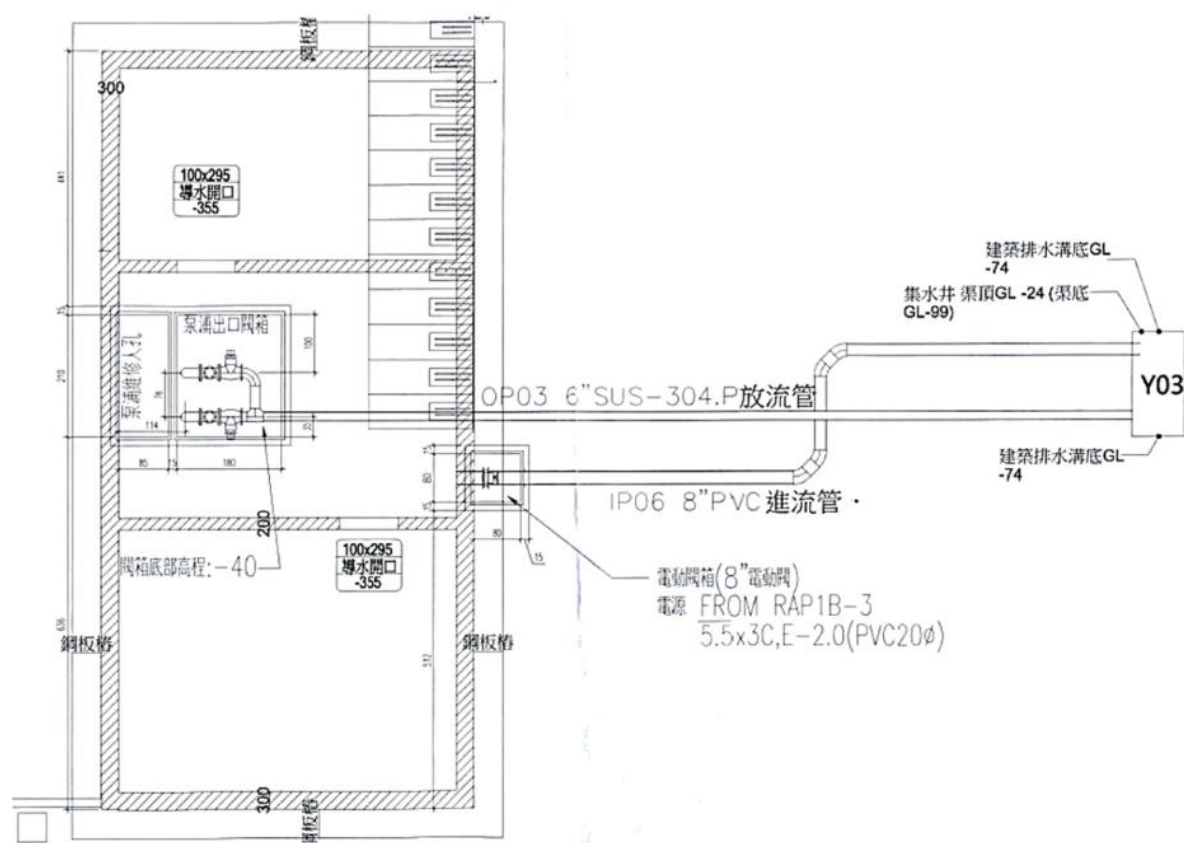


圖 3- 11 台北市信義區某公宅興建案 E 標滯蓄設施 C 池泵浦出口筏箱剖視圖
(資料來源：台北市政府都市發展局，2017)

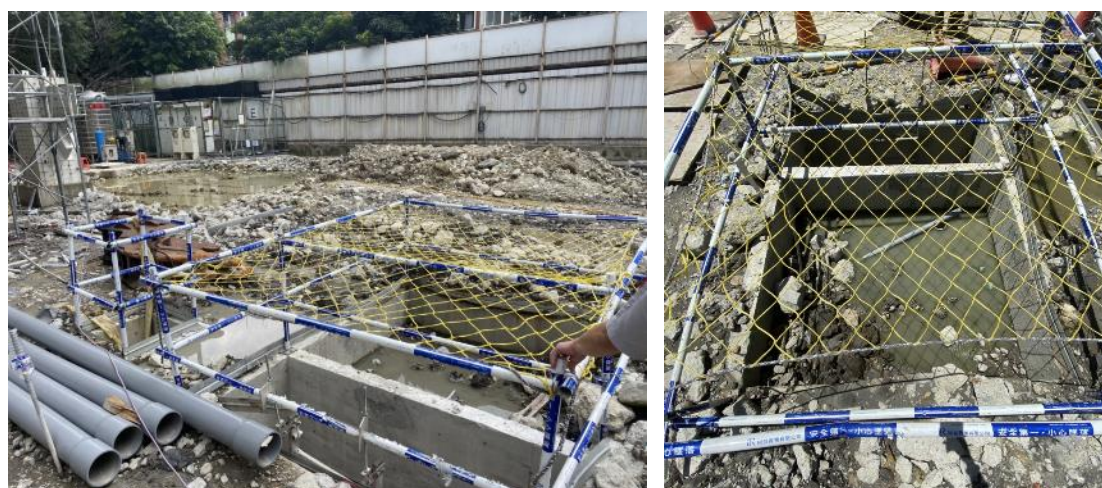


圖 3- 12 台北市信義區某公宅興建案 E 標滯蓄設施 C 池泵浦出口筏箱現場照片
(資料來源：本研究結果)

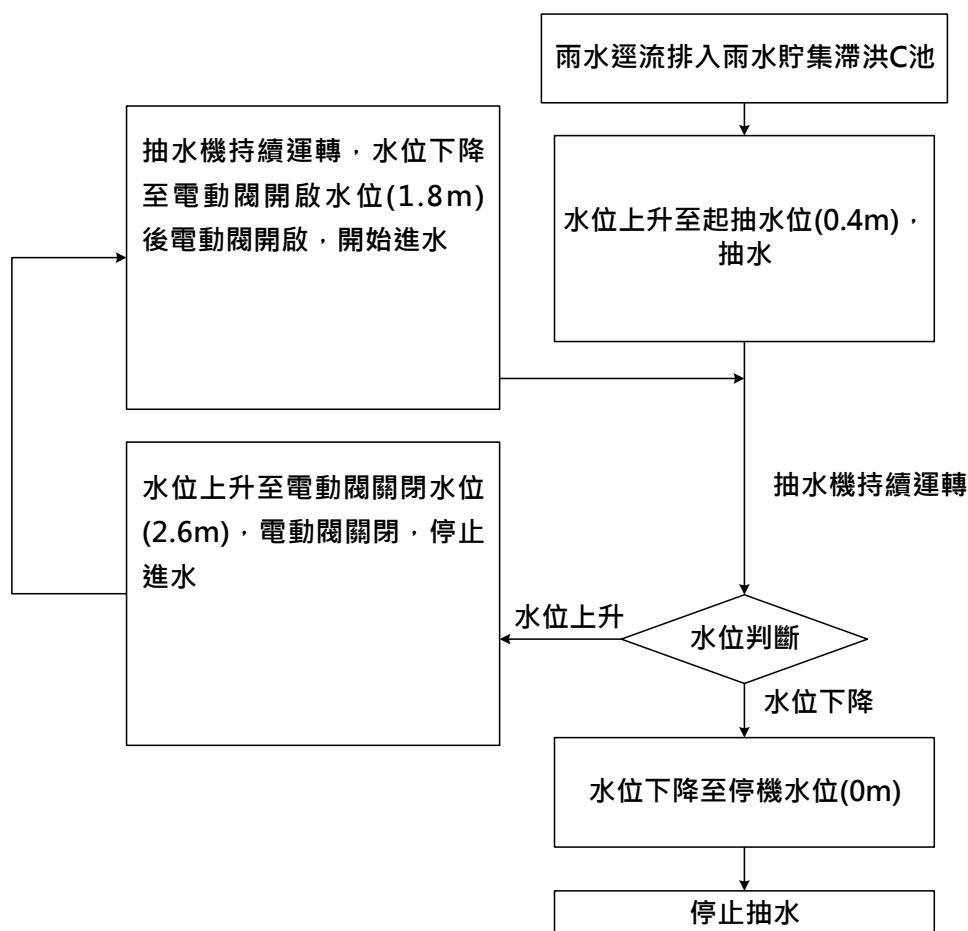


圖 3- 13 台北市信義區某公宅興建案 E 標滯蓄設施 C 池之原運作機制流程圖
(資料來源：本研究繪製)

2. 雨水滯蓄設施智慧管理系統硬體設備之設計架構

雨水滯蓄設施智慧管理系統硬體設備之設計架構，主要考量遴選案例的現地條件與經費成本而進行系統配置，除現地已具備的硬體設備(如：泵浦、電動閥、管路等)，雨水滯蓄設施智慧管理系統所需的其他硬體設備的內容可分為監測設備、決策平台主機、以及通訊傳輸與控制設備等三個部分，分別說明如后：

(1) 監測設備

依雨水滯蓄設施智慧管理系統之決策模式所需監控數據為降雨量或入流量、水位、放流量，故應搭配因應的雨量計或入流流量計、放流流量計及水位計等監測設備；其中，水位計為即時獲得設施內部剩餘滯洪空間不可或缺的一項設備，而其他雨量計、入流流量計、放流流量計，可考量以下配置方式：

- I. 雨量計+水位計—透過現場雨量計裝設以進行即時降雨量監測，由智慧管理系統平台接收數據並預測下一時刻之降雨量，進而考量集水面積與體積逕流係數，將預測的降雨量換算為滯蓄設施的預測入流量；搭配水位計裝設以監測即時水位數據並換算成設施內剩餘空間的滯洪空間，判斷其與預測入流量之關係，繼而進行系統排洪決策並回傳泵浦控制開關之訊息。
- II. 入流流量計+水位計—透過雨水滯蓄設施的入流管路上裝設流量計以獲得即時雨水入流量數據，進而由智慧管理系統平台接收數據並預測下一時刻之入流量；搭配水位計裝設以監測即時水位數據並換算成設施內剩餘空間的滯洪空間，判斷其與預測入流量之關係，繼而進行系統排洪決策並回傳泵浦控制開關之訊息。
- III. 放流流量計+水位計—透過雨水滯蓄設施的放流管路上裝設流量計以獲得即時雨水放流量數據，同時須搭配水位計裝設以獲得即時水位的變化，將即時水位變化與即時雨水放流量換算為滯蓄設施即時入流量數據，進而由智慧管理系統平台接收數據並預測下一時刻之入流量；透過水位計監測的即時水位數據並換算成設施內剩餘空間的滯洪空間，判斷其與預測入流量之關係，繼而進行系統排洪決策並回傳泵浦控制開關之訊息。

考量本案現地雨水滯蓄設施的集水範圍含括建築物與地表逕流，其匯流排水溝與集水井亦容易受到他處溢淹而影響雨水滯蓄設施的入流量，故如以雨量計裝設再換算入流量數據的設置方式，較易造成系統決策上的誤差，因此本計畫將優先考量直接透過管路裝設流量計來直接獲取入流量數據；然本案滯蓄設施在入流管路處已裝設電動閥開關且電動閥箱內的空間已不足以再配置流量計，如前圖 3-11 所示，並且入流管路直徑為 8 吋，如於前期降雨量較小而無法以滿管入流，將亦容易造成監測數據的誤差；因而考量在放流管路裝設流量計，其泵浦維修人孔或出口閥箱中具有足夠的設置空間，且不僅放流管路直徑為 6 吋，相較入流管路裝設容易，更降低設備經費，並且由於其係透過泵浦抽排放流，故通常都是滿管出流，流量數據監測更可降低誤差。

因此，本案將選擇前述方案Ⅲ「放流流量計+水位計」來進行監測設備的配置，然由於兩支放流管路在三通之後的空間及距離有限，考量流量計所需的穩流距離(設備前 5D 與設備後 3D)，故經多次討論後，將於三通之前的兩支放流管的垂直段上設置兩組管外夾超音波式流量計，其設備與架設示意如圖 3-14 示意，以確保系統監測數據的準確性；水位計則選用沉水式壓力水位計，其設備與架設示意如圖 3-15 所示。

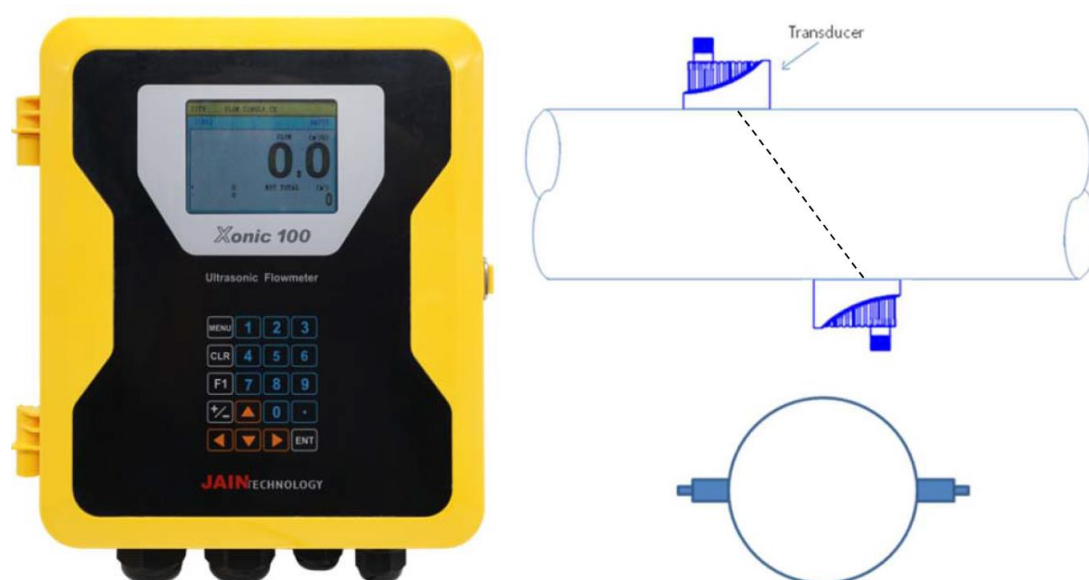


圖 3-14 分離型電磁式(帶法蘭)流量計之設備與架設示意圖

(資料來源：景瀚科技有限公司)

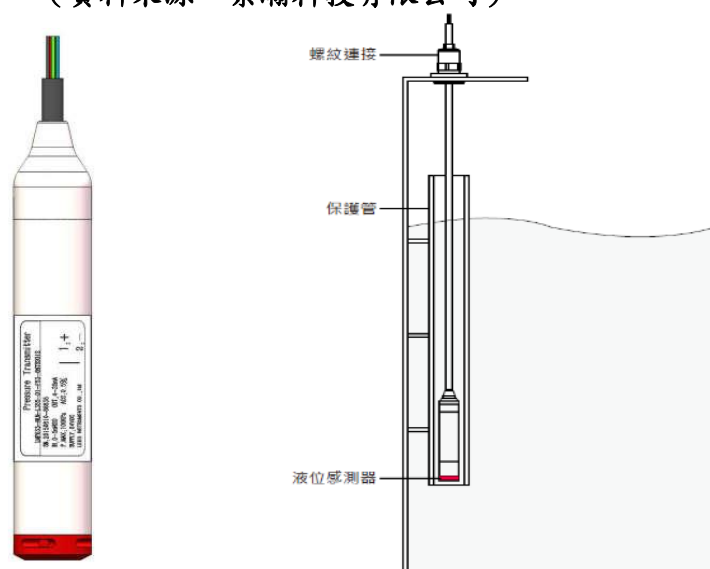


圖 3-15 沉水式壓力水位計之設備與架設示意圖

(資料來源：景瀚科技有限公司)

(2) 決策平台主機

雨水滯蓄設施智慧管理系統的決策平台主機初步將考量以現場主機架設或雲端網路操控兩種方式，其佈設內容與優缺點說明如后：

- (1) 現場主機架設—於本案 E 標建築物的中央控制中心架設決策平台主機，由監測設備接收即時數據並經訊號源轉換後，透過通訊傳輸連結至主機電腦系統平台，進而完成系統決策與回控操作，以及後端資訊的彙整與分析；其優點為數據傳輸較即時且穩定，更節省伺服器與閘道器等設備的裝設、雲端的網域租賃與平台研發設計等費用；然此建置方式，對於未來區域性建置與管理上相對不便。
- (2) 雲端網路操控—係透過雲端網路的後端主機進行設置，由監測設備接收即時數據並經訊號源轉換後，藉控制器將藉由閘道器發送資訊至雲端網路平台，因其屬低封包傳輸量，故可選擇低功率廣域網路(LPWAN, Low Power Wide Area Network)的物聯網通訊技術，進而完成雲端平台的系統決策後，亦透過該網路傳輸而進行回控操作；相較於現場主機電腦系統平台，其仍需數據傳輸延遲與穩定性測試，且須另支出設備、雲端網域租賃與平台研發設計等費用，但雲端網路智慧管理系統更利於未來推廣與達到區域性雨洪管控之目的。

考量雨水滯蓄設施智慧管理系統在實際建案上能確實運作且獲得規劃上的成效，應盡可能降低影響系統的配置方式，故數據傳輸的即時性與穩定性乃為最優先考量的項目，且本案同時建置 ICT 智慧建築整合平台，其內部已具備其中央控制中心之機房，故本計畫可將決策平台主機架設於此，未來更可與其 ICT 平台進行資訊分享與展示，亦便於物業管理人員觀測。

由於本年度計畫係將雨水滯蓄設施智慧管理系統建置於實際的雨水滯蓄設施上，需即時針對實際之不定性降雨進行監控操作，與前年度計畫的物理性試驗以人工設計模擬多場降雨事件之系統入流有所不同；考量本年度需進行長期不間斷的監控，經多次專家諮詢與討論，本案將決策平台的現場主機將選用工業級運

算電腦(IPC)，如圖 3-16 示意，以減少系統出錯並提升處理速率與穩定性。



圖 3-16 MIC-7700 無風扇工業電腦示意圖

(資料來源：研華股份有限公司)

(3) 通訊傳輸與控制設備

本案雨水滯蓄設施智慧管理系統在監控設備與決策平台主機間的通訊傳輸，考量 MODBUS 通訊協定可藉乙太網路或串列介面進行連結，依其傳輸操作模式可分為以下三種：

- MODBUS TCP—基於用戶端/伺服器型號的乙太網路 TCP/IP 通信；
- MODBUS RTU—通過 RS-232 或 RS-485 進行的非同步串列傳輸；
- MODBUS ASCII—除資料格式外，與 RTU 合約類似；相對前者少用。

MODBUS TCP 與 MODBUS RTU 為目前業界在自動化控制與設備通訊間較常利用的傳輸操作模式，MODBUS TCP 常運用在操控主機(Slave)與終端或雲端電腦(Master)的通訊傳輸，而 MODBUS RTU 則常運用在多項現場設備(Slave)與操控主機(Master)的連結，故本計畫在監控設備與決策平台間選擇 MODBUS RTU 通訊格式為較合適；且因 MODBUS RTU 數據格式簡單，多數廠商已針對監測設備開發數據收集控制器，可節省本案後續系統平台在數據接收後，需進行的積分或累加等的計算作業，且透過 MODBUS RTU 更降低本案通訊傳輸與控制設備串接上的複雜性。

MODBUS RTU 可透過 RS-232 或 RS-485 建立串列主/從通信，由於本案監測設備與系統平台主機相距 20 m 以上，因 RS-232 的導線長度僅限於 15m，RS-485 的導線長度則限於 1200m，且相較兩者，RS-485 的數據傳輸上穩定性更高，故前小節所述的流量計、水位計及雨量計等監測設備，將先搭配相應的數據接收控制器進行監測數據蒐集並轉為 RS-485 通訊格式，如圖 3-17 所示，再進行菊花鏈拓撲(daisy chain)串接各條 RS-485 輸出線，進而連結至建築物中央控制中心的系統平台主機。



(a) 流量計傳訊器 (b) 盤面型水位控制指示器

圖 3-17 流量計及水位計之數據接收控制器示意圖

(資料來源：景瀚&路斯科技有限公司)

由於原滯蓄設施已裝設液位控制開關連結繼電器與電磁接觸器以控制泵浦的啟閉，為將本計畫決策平台所發出的泵浦啟閉指令能經通訊傳輸轉為 DO 訊號，進而與既有的液位控制器進行連結，故須於控制端設置 I/O 轉換器，如圖 3-18 示意。I/O 轉換器與前述各監測設備的數據接收控制器，係裝設於雨水滯蓄設施與決策系統主機之間，而現場雨水滯蓄設施之旁側已具有原系統控制箱，考量本案系統與原系統的獨立性，將於原控制箱旁在另裝設一組 600x500x300 mm 的智慧管理系統控制箱(雨水檢測箱)，如圖 3-19 所示，放置前述相關設備以利系統運作。



圖 3-18 ADAM-4150-B I/O 傳換器

(資料來源：研華股份有限公司)

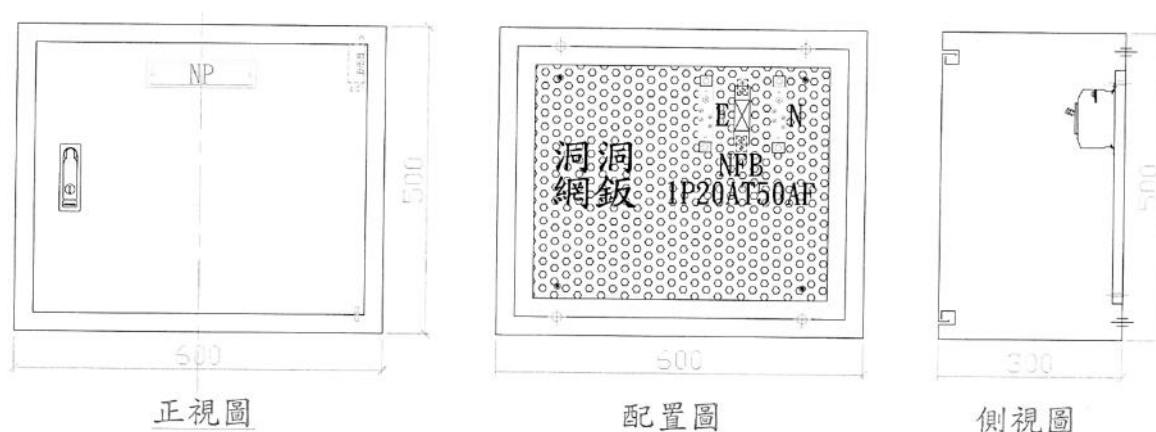


圖 3-19 智慧管理系統控制箱(雨水檢測箱)示意圖

(資料來源：大陸工程公司)

3. 智慧決策與操控軟體撰寫

本計畫在決策系統平台主機的開發上，主要透過 Matlab 應用軟體進行決策與操控軟體撰寫，其目的係是將雨水滯蓄設施內的雨水可獲得更妥適的調控。本系統將在每 10 分鐘進行一次數據擷取與決策操控，透過即時入流量 Q_{in} 的數據資訊，透過灰色理論預測模型獲得下一時刻的預測入流量 Q_{cin} ，並接收即時水位數據 $L(t)$ ，進行水位判斷與調控泵浦啟閉，使雨水滯蓄設施內的空間可容納下一段時刻的雨水預測入流量；如系統判斷預測下一時刻的預測入流量的大於當前滯

蓄設施內的剩餘空間時，便將開啟泵浦進行即時抽排水操作；如判斷滯蓄設施內的剩餘空間能足夠容納下一時刻的預測入流量時，即關閉泵浦停止排放，進而達到提高雨水滯蓄設施之蓄水率及滯洪效益，其系統決策操控流程如圖 3-20 所示。

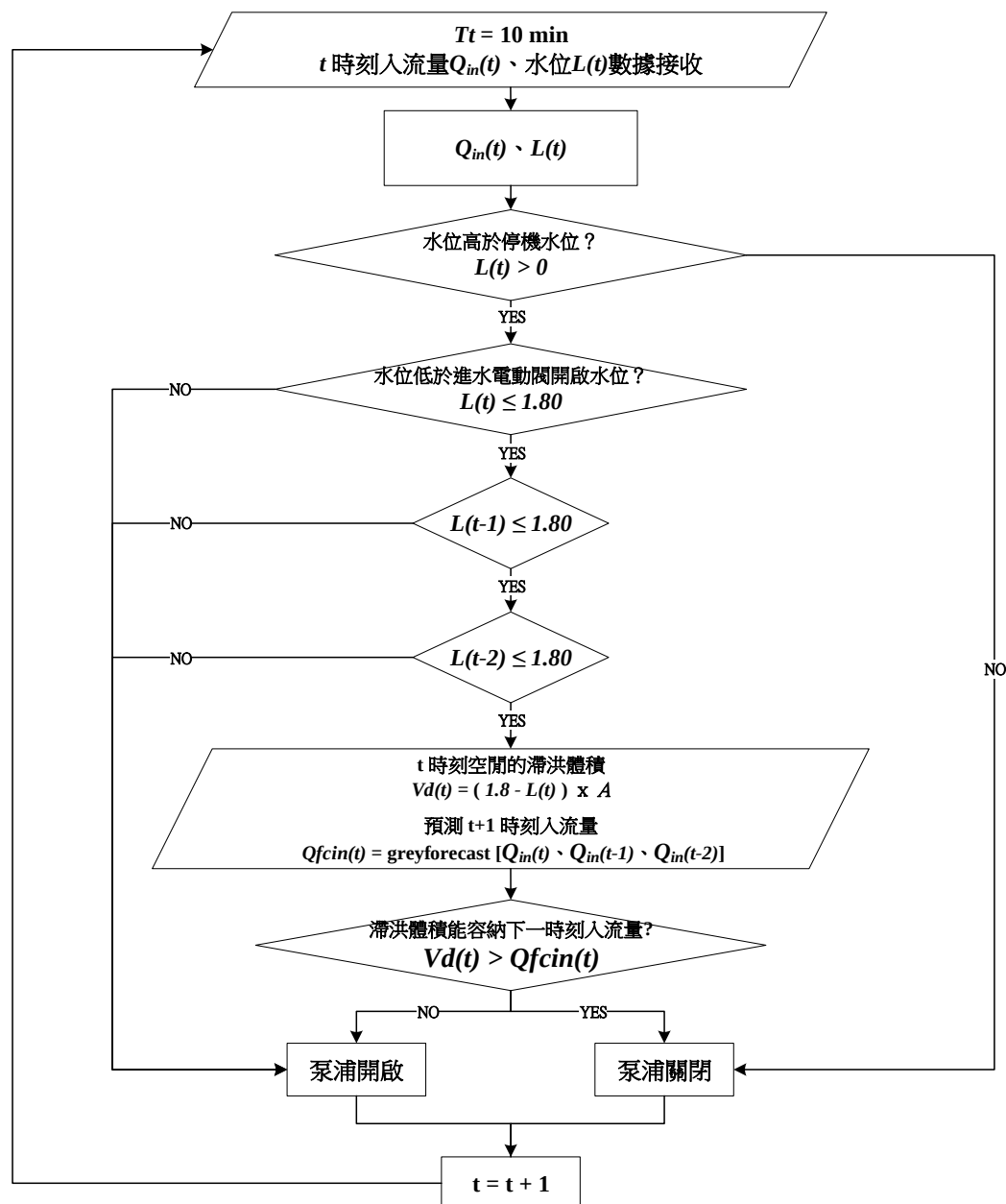


圖 3-20 雨水滯蓄設施智慧管理系統之決策操控流程圖

（資料來源：本研究成果）

由於本案在監測設備係於放流管上設置流量計及設施內部設置水位計，故即時入流量的計算，需考量兩時刻的水位數據變化並乘上滯蓄設施的底面積，再加上時刻內的放流量，如下式計算：

$$Q_{in}(t) = A_s \times [L(t) - L(t-1)] + Q_{out}(t) \quad (3-1)$$

式中，

$Q_{in}(t)$ ：t 時刻入流量(m^3)；

A_s ：雨水滯蓄設施底面積(m^2)；

$L(t)$ ：t 時刻之水位(m)；

$L(t-1)$ ：t-1 時刻之水位(m)；

$Q_{out}(t)$ ：t 時刻放流量(m^3)。

本系統在下一時刻的預測入流量 Q_{fin} 係透過前三筆入流量監測數據藉灰色理論預測模型求得，如圖 3-21 示意，其理論主要係將數據累加生成後，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：

(1) 建立累加生成數列(Accumulate Generating Operation)，簡稱 AGO。

$x^{(0)}(k)$ 為原始序列之第 k 筆資料，在入流量預測時可將其視為雨水滯蓄設施的監測數據，表示如下：

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

一次累加生成數列 $x^{(1)}(t)$ 為

$$x^{(1)}(t) = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), x^{(1)}(t) \dots \dots x^{(1)}(t)) \quad (3-3)$$

$$x^{(1)}(t) = \sum_{k=1}^t x^{(0)}(k) \quad (3-4)$$

(2) 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：

$$\frac{dx^{(1)}(t)}{dt} + ax^{(1)}(t) = b \quad (3-5)$$

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，而 $x^{(0)}(t)$ 即為 t 時刻入流量。

(3) 轉換成灰差分方程式

為利用電腦進行運算求解(3-5)式之一階灰微分方程式，故將其化成灰差分方程式如下：

先將灰色導數與灰色參數白化，單位時距取 $\Delta t = 1$ ，則

$$\frac{dx^{(1)}(t)}{dt} \Big|_{t=k} = \lim_{\Delta t \rightarrow 1} \frac{x^{(1)}(k) - x^{(1)}(k - \Delta t)}{\Delta t} = x^{(1)}(k) - x^{(1)}(k - 1) = x^{(0)}(k) \quad (3-6)$$

累積數列 $z^{(1)}(k)$ 之平均值可表示為

$$x^{(1)}(t) \Big|_{t=k} = z^{(1)}(t) = 0.5 \times (x^{(1)}(k) + x^{(1)}(k - 1)) \quad \forall k = 2, 3, \dots, n \quad (3-7)$$

故可將(3-5)式透過(3-6)、(3-7)式轉換成

$$x^{(0)}(k) + a \cdot z^{(1)}(k) = b \quad (3-8)$$

由上式可知，(3-5)式與(3-8)式之對應關係如下：

$$\begin{cases} \frac{dx^{(1)}(t)}{dt} \Rightarrow x^{(0)}(t) \\ x^{(1)}(t) \Rightarrow z^{(1)}(t) \end{cases} \quad (3-9)$$

(4) 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，如下

$$D = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ x^{(0)}(4) \\ \vdots \\ x^{(0)}(n) \end{bmatrix}, E = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ -z^{(1)}(4) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix}, \text{grey_C} = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \quad (3-10)$$

式中， D 、 E 為數據矩陣， grey_C 為灰色參數列。

將(3-8)式以矩陣型態表示成

$$D = E \cdot \text{grey_C} \quad (3-11)$$

以最小二乘法求解(3-11)式之灰色參數列

$$\text{grey_C} = (E^T E)^{-1} E^T D \quad (3-12)$$

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。

(5) 建立預測方程式

參數 a、b 求出後，帶入(3-5)式，求得其通解，可表示為

$$x^{(1)}(k+1) = \left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a}\right)e^{-ak} + \frac{b}{a} \quad (3-13)$$

(3-13)式為下一時入流量的預測值，利用 $x^{(1)}$ 做後項差分還原成 $x^{(0)}$ ，即得預測數列如下

$$x^{(0)}(k+1) = x^{(1)}(k+1) - x^{(1)}(k) \quad (3-14)$$

考量實際降雨的不定性，舊數據的重要性隨時間的推移而削減，新數據的實質意義較為明顯；因本計畫係透過 3 個時距數據來預估第 4 個時距的數據，在改造原始數列方法中，常用方法為 4 時距移動平均法，此方式可視為等維新息模型的應用之一，其方法如下：

令 $x^{(0)}(t)$ 為原始序列($t=1,2,3,\dots,n$)，移動平均處理後序列為：

$$x^{(0)}(t) = \frac{x^{(0)}(t-1)+2 \cdot x^{(0)}(t)+x^{(0)}(t+1)}{4} \quad (3-15)$$

當位於端點時為：

$$x^{(0)}(1) = \frac{3 \cdot x^{(0)}(1)+x^{(0)}(2)}{4} \quad (3-16)$$

$$x^{(0)}(n) = \frac{x^{(0)}(n-1)+3 \cdot x^{(0)}(n)}{4} \quad (3-17)$$

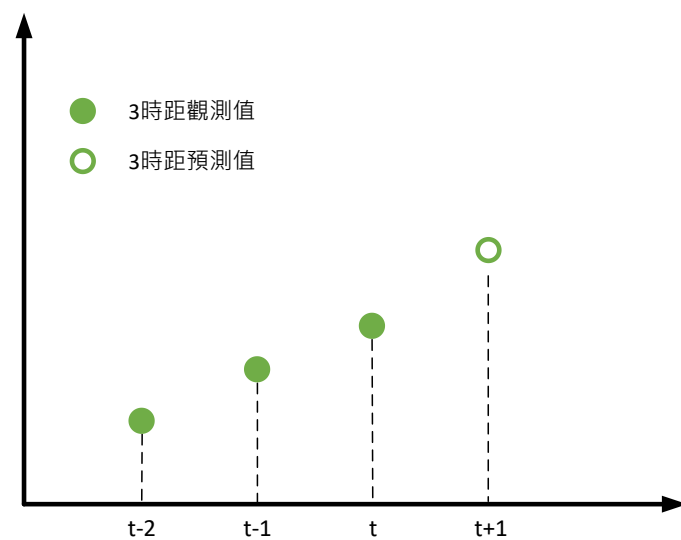


圖 3-21 灰色理論預測模型示意圖

(資料來源：本計畫成果)

第四章 既有建築物雨水滯蓄設施智慧管理系統之實際操作

成果與系統評估

本節將針對既有建築物雨水滯蓄設施智慧管理系統之實際操作成果與系統評估，繼前述完成既有建築物雨水滯蓄設施智慧管理系統之建置後，將進行實地案場系統初步數據接收與操控測試，確保系統可有效的運作，進而開始實行雨水滯蓄設施智慧決策管理的實際降雨事件之蓄排操控，並進行成果分析與探討，進而評估整體運行成效，研擬未來發展之建議，說明如后。

第一節 實地案場智慧蓄排操控測試與成果探討

本計畫完成既有建築物雨水滯蓄設施智慧管理系統之建置，依軟、硬體設備裝設位置，可將整體系統架構分為監測現場、控制箱、社區控制中心與雲端平台四個部分，如圖 4-1 示意，其設置內容說明如后。

- 監測現場—雨水滯蓄設施內包括 ICT 智慧建築監測水位所設置的水位計，原滯洪操作既有的 FS 液位控制器、入流管的電磁閥及泵浦等相關設備；本計畫增設的部分為壓力式水位計及放流管流量計等。
- 控制箱—分為既有控制箱與本計畫增設的控制箱。既有控制箱內部包括 ICT 智慧建築設置的控制器，以及原計有操作機制的繼電器(Relay)與電磁接觸器(Magnetic Contactor)；本計畫增設的控制箱內包含各監測設備的數據接收控制器與 I/O 轉換器，其中 I/O 轉換器將透過兩控制箱鑿孔以通過線路連結原計有操作機制的繼電器，以進行泵浦操控。
- 社區控制中心—主要為 ICT 智慧建築的機房，本計畫增設的工業電腦(IPC)將建置於此，並可透過 Ethernet 連結 ICT 的中控主機進行資料整合。
- 雲端平台—為該建案 A、B、C、D、E 各標建築物 ICT 相關監測數據的整合平台，未來亦可透過此平台進行本計畫資訊展示。

監測現場增設的流量計及水位計等設備與控制箱間的現場線路連結的方式，係於滯蓄設施之施作期間透過傳輸線的管路預埋，其流量計為預埋兩條 6 分管，水位計分別預埋一條 6 分管；而本案控制箱與 IPC 間的連結係透過線槽與管道間佈設 RS-485 電纜，整體雨水滯蓄設施智慧管理系統的現場佈設情況，如圖 4-2 所示。

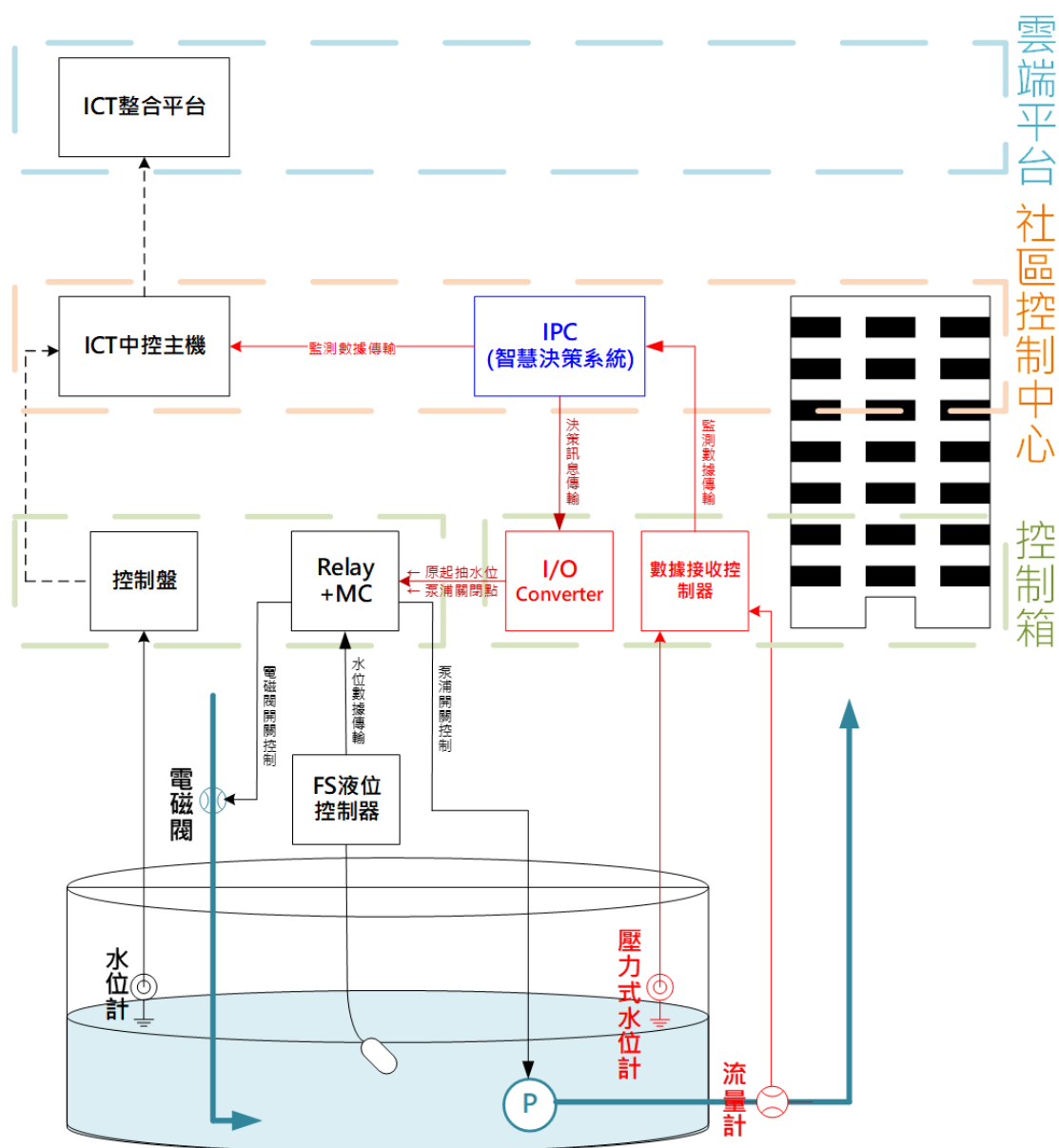


圖 4-1 雨水滯蓄設施智慧管理系統架構示意圖

(資料來源：本計畫成果)

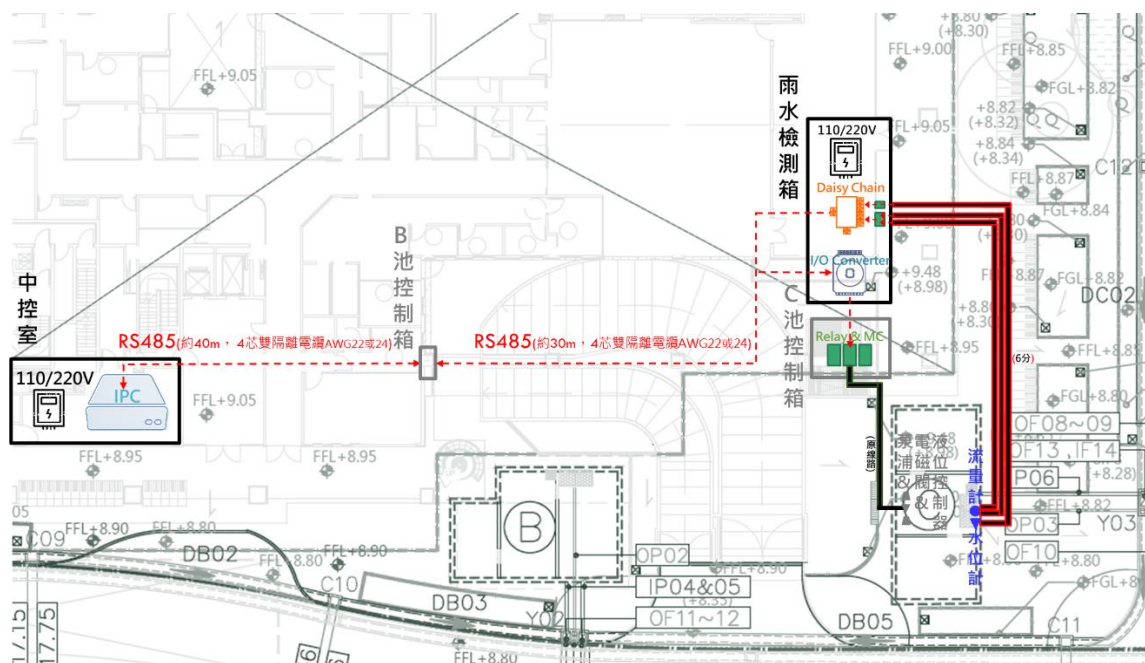


圖 4-2 雨水滯蓄設施智慧管理系統建置現場佈設平面圖

(資料來源：本計畫成果)

針對現場雨水滯蓄設施智慧管理系統之蓄排操控測試，透過 Matlab 程式完成案例基本資料、串口資訊、決策操控之頻率與測試次數之設定，並考量數據傳輸延遲時間而進行調校，如圖 4-3 所示意；在執行時於主要指令視窗將呈現串口設定資訊，並於運行時將顯示當前系統運作之數值及次數，而各項監控成果將於 Workspace 中顯示，如圖 4-4 示意。

```

1  clc
2  close all
3  clear all
4
5  %%設置串口COM3，與串口速度設定(須跟連接設備相同)
6  s=serial('COM3','BaudRate',115200)
7  %延遲一秒，後續實驗需部分階段需有適當延遲以利其他串口資料運作，(以防儀器串口速度跟不上電腦的串口速度)
8  pause(1)
9  %打開串口通訊
10 fopen(s)
11 pause(1)
12 %%
13 %%參數設定
14 timeinterval=30;%操作時間間隔(秒)
15 opt=21;%操作次數
16 pumpflow=0.0144;%泵浦抽排量(m3/min)
17
18 %%
19 pt=timeinterval-4;%下一次操作等待時間，-4為系統資料傳輸時間
20
21 lal=[0;0];
22
23
24 for k=1:opt
25

```

圖 4-3 雨水滯蓄設施智慧管理系統之 Matlab 程式參數設定

(資料來源：本計畫成果)

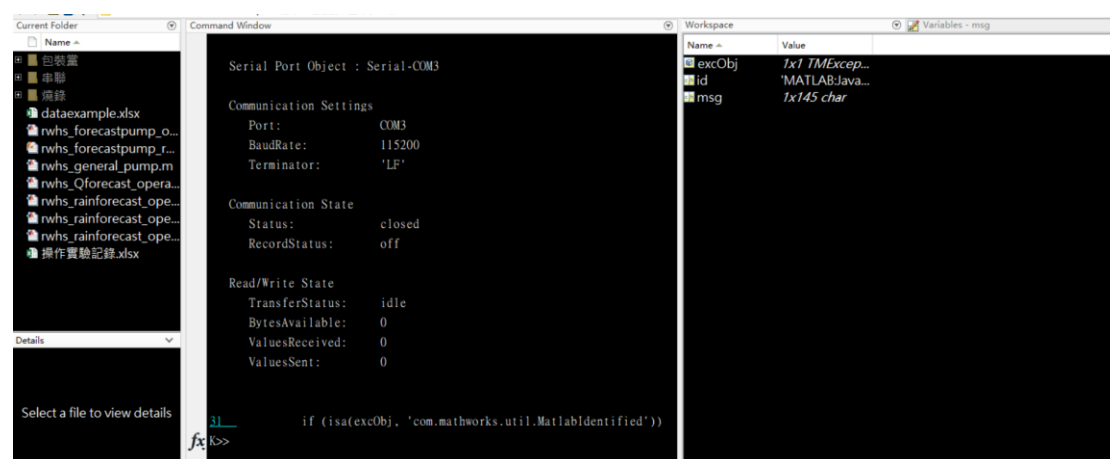


圖 4-4 雨水滯蓄設施智慧管理系統之 Matlab 程式主要指令視窗

(資料來源：本計畫成果)

針對雨水滯蓄設施智慧管理系統的成果效益評估，本研究採用四項指標來探討雨水滯蓄設施在智慧操作下之效益，說明如下：

(1) 洪峰削減率(Flood reduction rate)

評估雨水滯蓄設施在降雨延時內之洪峰流量削減效能，評估指標越大表示削減效益越好。

$$\text{Flood reduction rate} = \frac{Q_m - Out_m}{Q_m} \times 100\% \quad (4-1)$$

Q_m : 設置前最大出流量

Out_m : 設置後最大出流量

(2) 總逕流體積削減率(Volume reduction rate)

評估雨水滯蓄設施在降雨延時內之總逕流量削減效能，評估指標越大表示總逕流體積削減量越多，效益越好。

$$\text{Volume reduction rate} = \frac{V_Q - V_{Out}}{V_Q} \times 100\% \quad (4-2)$$

V_Q : 設置前總出流量

V_{Out} : 設置後總出流量

(3) 蓄水率(Storage rate)

評估雨水滯蓄設施在降雨延時後之收集雨水效能，評估指標越大表示滯蓄設施後續作為多目標利用之效益越好。

$$\text{Storage rate} = \frac{s(t_{end})}{s_{max}} \quad (4-3)$$

$s(t_{end})$:降雨滯蓄設施內水量

s_{max} :滯蓄設施容量

(4) 泵浦操作時間(pump/orifice operation time)

評估雨水滯蓄設施在降雨延時內的泵浦操作時間，評估指標越短表示操作時間較少，效益越好。

$$\text{pump operation time} = \sum_{t=1}^{t_d} \text{pump}(t) > 0 \quad (4-4)$$

$\text{pump}(t)$:泵浦出流量

由於本年度受全國第三級疫情警戒之影響，以及本案需配合實地案場裝設之建案的期程，因而監控設備的通訊傳輸連結直至 12 月 14 日才完成初步建置，但中控室的智慧雨水滯蓄設施智慧管理系統平台與現場控制箱因應建案期程而尚未完工，故初步測試階段未能以原定工業級電腦主機作為系統平台，僅能以現場簡易電腦做數據接收與資料轉換而進行初步監控，本年度針對既有建築物雨水滯蓄設施智慧管理系統之實地案場的智慧蓄排操控測試之期程為 2021 年 12 月 14 日至 2022 年 1 月 16 日，共計 34 日。

然本案在前述的實地監控期間未有較具規模的降雨事件發生，如圖 4-5 所示。依中央氣象局雨量分級之大雨定義為 24 小時累積雨量達 80 毫米以上，或時雨量達 40 毫米以上之降雨現象，然期間內最大降雨事件在 2021 年 12 月 21 日，日累積降雨量為 13mm，其中最大時雨量為 3mm/hr，皆為時間平均分布的小降雨事件且不具連續性；依現場滯蓄設施監測的數據顯示為零放流量紀錄，並透過數值模擬原系統(未裝設智慧監控系統)的成果顯示亦為零放流量，故本年度在監控期間的降雨事件應不具智慧監控系統與原系統比較上的意義，未來若能待建案完工並完成本計畫裝設的工業電腦主機平台的建置，進行長期實際降雨的智慧監控管

理，更能突顯智慧蓄排操控之效益。

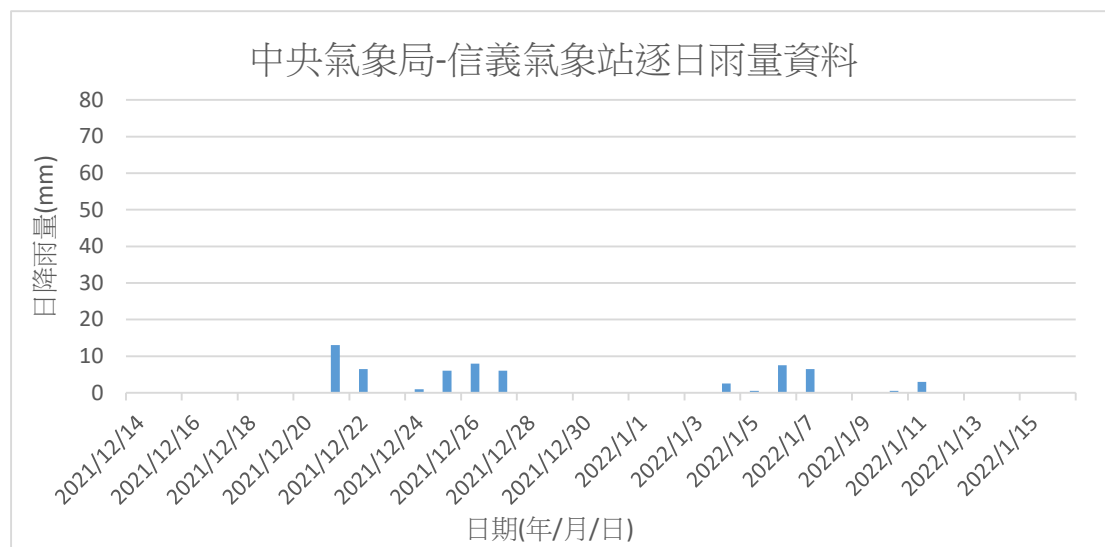


圖 4-5 實地案場智慧蓄排操控測試期間之逐日降雨量分布圖

(資料來源：本計畫成果)

第二節 系統評估與未來發展之建議

本計畫完成建築物既有雨水滯蓄設施之相關案例資料彙整，並針對既有雨水滯蓄設施現場調查與現況分析，進而完成智慧監控、通訊傳輸與相關軟、硬體設備規劃與裝設，以及一初步完成通訊傳輸連結與智慧雨水滯蓄設施智慧管理系統平台建置與實地案場監控操作與成效分析，並廣納報告審查會議眾專家學者對於雨水滯蓄設施智慧管理系統之建議，本節將針對未來發展分為智慧管理系統長期監控之可行性分析、平台整合與區域性併聯設計、非工程手段的發展策略等三個建議事項進行說明。

一、智慧管理系統長期監控之可行性分析

本年度已完成既有建築物雨水滯蓄設施智慧管理系統之建置與實際降雨事件智慧蓄排操控之成果分析與探討，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；惟本年度計畫受建案工期與疫情影響，使整體系統建置時程向後延期，故未能針對系統在長期實施智慧監控管理的可行性與其成效進行分析探討，未來建議

應針對系統長期運作效益、系統評估與更新、以及運維成本等內容進行研析，將可做為雨水貯集系統智慧化管理之發展及未來都市雨洪管理提供重要的參考依據。

二、平台整合與區域性併聯設計

本計畫目前僅係以單一建築物滯蓄設施之現地電腦主機而進行的決策操控，未來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平台整合，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，透過案例數增加而強化智慧雨洪管理的量能，並針對智慧管理系統進行的傳輸與穩定性、數值預測與 AI 決策、大數據資料庫等的系統優化工作，進而再將系統平台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，如圖 4-6 示意。

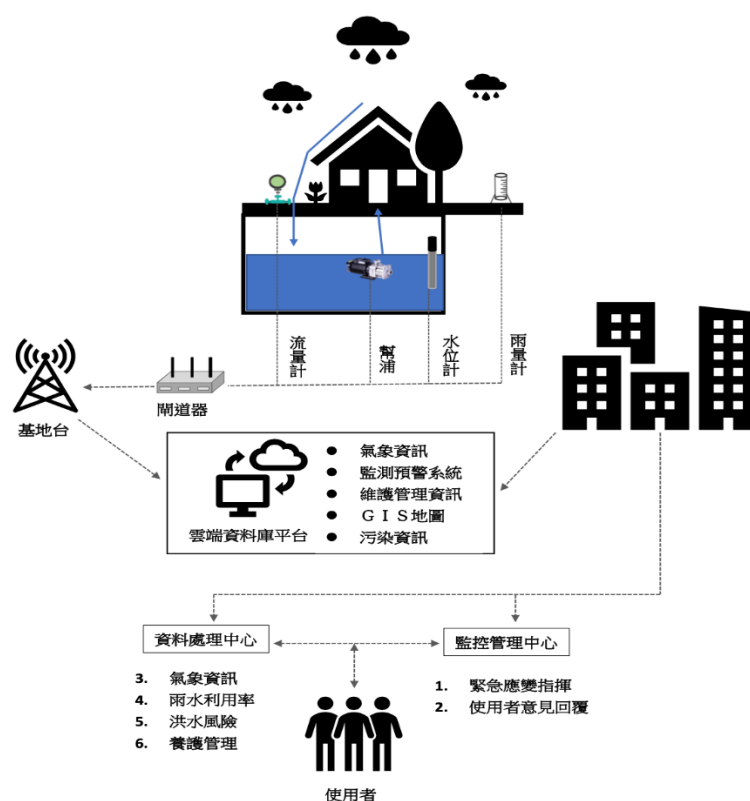


圖 4-6 智慧管理系統平台整合與區域性併聯設計之示意圖

(資料來源：本計畫成果)

三、 非工程手段的發展策略

本計畫建築雨水滯蓄設施係應用工程手段來達到雨洪管理的目的，若依據目前雨洪管理的工程手段，依不同應用規模可分為雨水貯集與利用、雨水排除、淹水防治及都市防洪等四個層面。雨水貯集與利用工程運用在建築或社區尺度的規模，一般包含基地保水、低衝擊開發、雨水貯集利用系統、非點源污染等應用策略，其係以 0.5 年至 5 年的重現期距降雨而進行設計；雨水排除工程運用在建築或社區尺度、以及區域尺度的規模，包括雨水下水道、抽水站等，其係以 2 年至 10 年的重現期距降雨而進行設計；淹水防治工程運用在建築或社區尺度、以及區域尺度的規模，包括如本案的滯蓄設施、洪水渠道、排水設施等，其係以 5 年至 50 年的重現期距降雨而進行設計；都市防洪工程運用在區域尺度及集水區尺度的規模，包括河道、水庫、分洪設施等，其係以 50 年至 100 年的重現期距降雨而進行設計。

然針對前述雨洪管理的各項工程手段之設計基準，皆已明訂相關法令與規範等非工程手段作為推助發展的基底，但其內容主要僅針對設計準則的部分做規範，而在目前設施的系統提升、智慧化管控與監測維護等推行上，尚未具有非工程手段的助力，使得未來在本計畫智慧管理系統推行上恐造成阻力，故建議應在建築物建置雨水滯蓄設施之工程手段時，應輔以非工程手段而建立開發商、營造單位、物業管理單位，甚或民眾的認知，可包括如下：

1. 政府政策導入：政府機關近年來陸續推動各種認證、標章，如綠建築、防震、耐火、智慧建築等，其成效及受重視程度之有所差別，其主因概在是否具有強制性，若於法規、技術規則，甚或行政命令有所規範，則當有立竿見影之效；針對滯蓄設施的智慧化操控應在法規或標章上，研擬相關獎勵措施進而提高建築物雨水滯蓄設施的智慧監控系統的裝設誘因，並擬定裝設智慧監控系統之建築基地規模建議，以利未來推行上的參佐。
2. 開發商、營造單位導入：建設公司於推出個案時，目前均極注重建材、休閒設施、FTTH、飯店式管理、英式大管家等，其精神固值得嘉許，唯若能於個案規畫時，即將智慧化監控管理觀念導入，並提供長期管理與修繕基金，則更值

得肯定與鼓勵。

3. 物業管理業者導入：建築物完成公設點交，管理權移轉後，物業管理業者即擔任最重要的使用管理工作，負責任的物管業者除提供基本的服務功能外，應針物業管理人員進行定期培訓，使其具有長期管理與修繕計畫的能力，以創造建物之永恆價值。
4. 雲端資訊平台與展示：實現雨水貯集滯蓄設施數位化、資訊視覺化、監測即時化、操控自動化，使平台內區分為多層次管理架構，在系統內部可使相關管理部門有效率的溝通與執行，而對外展示的部分，則可發布公共資訊，使民眾參與與監督，使各種領域相關人員都能透過此平台架構有效操作與管理。

第五章 結論與建議

本計畫針對既有建築物雨水滯蓄設施智慧管理系統與平台建置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、完成既有建築物雨水滯蓄設施之相關案例資料彙整與現況分析，並遴選合適案例作為實地案場裝設示範點

本計畫完成有建築物雨水滯蓄設施之相關案例資料彙整與現況分析，因台北市信義區某公宅興建安鄰近本團隊工作室，為公有建築，其滯蓄設施規模適中且正同步施作 ICT 智慧城市平台，故已具部分監控設備，且其合作意願高並願意提供相關技術性協助與相關資料等相關優勢條件，故將遴選台北市信義區某公宅興建安作為既有建築物雨水滯蓄設施智慧管理系統示範案例。

由於示範案例的雨水滯蓄設施分為 A、B、C 池，本計畫比較各池集水範圍、匯流井與排水溝等相關外在影響因素，並考量各滯蓄設施在不同容量與進水管路配置的情況以及進出水量比；綜整結果顯示，C 池相較於其他滯洪池較符合本計畫所需，故將以 C 池作為本案既有建築物智慧決策管理系統設置示範操作之現場設施。

貳、完成智慧監控軟、硬體設備與通訊傳輸規劃設計與系統建置作業

本計畫完成雨水滯蓄設施之設計構造與原運作機制進行分析探討，進行監控與通訊傳輸等硬體設備架構規劃設計，以及智慧決策與操控軟體撰寫，進而完成既有建築物雨水滯蓄設施智慧管理系統之建置，依軟、硬體設備裝設位置，可將整體系統架構分為監測現場、控制箱、社區控制中心與雲端平台四個部分：

- 監測現場—本計畫增設的部分為壓力式水位計、放流管流量計與開放空間高處所設置雨量計等。

- 控制箱—本計畫增設的控制箱內包含各監測設備的數據接收控制器與 I/O 轉換器，其中 I/O 轉換器將透過兩控制箱鑿孔以通過線路連結原計有操作機制的繼電器，以進行泵浦操控。
- 社區控制中心—本計畫於社區控制中心增設的工業電腦(IPC)，並可透過 Ethernet 連結 ICT 的中控主機進行資料整合。
- 雲端平台—為該建案 A、B、C、D、E 各標建築物 ICT 相關監測數據的整合平台，未來亦可透過此平台進行本計畫資訊展示。

參、完成智慧管理系統初步實地案場監控操作與成效分析

針對現場雨水滯蓄設施智慧管理系統之蓄排操控測試，透過 Matlab 程式完成案例基本資料、串口資訊、決策操控之頻率與測試次數之設定，並考量數據傳輸延遲時間而進行調校，如圖 4-3 所示意；在執行時於主要指令視窗將呈現串口設定資訊，並於運行時顯示當前系統運作之數值及次數，各項監控成果將於 Workspace 中顯示。

本年度針對既有建築物雨水滯蓄設施智慧管理系統之實地案場的智慧蓄排操控測試之期程為 2021 年 12 月 14 日至 2022 年 1 月 16 日，共計 34 日。然本案在前述的實地監控期間未有較具規模的降雨事件發生，期間內最大降雨事件在 2021 年 12 月 21 日，日累積降雨量為 13mm，其中最大時雨量為 3mm/hr，皆為時間平均分布的小降雨事件且不具連續性；依現場滯蓄設施監測的數據顯示為零放流量紀錄，並透過數值模擬原系統(未裝設智慧監控系統)的成果顯示亦為零放流量，故本年度在監控期間的降雨事件應不具智慧監控系統與原系統比較上的意義，未來若能待建案完工並完成本計畫裝設的工業電腦主機平台的建置，進行長期實際降雨的智慧監控管理，更能突顯智慧蓄排操控之效益。

第二節 建議

建議一

雨水滯蓄設施長期智慧監控管理的可行性分析：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

本年度已完成既有建築物雨水滯蓄設施智慧管理系統之建置與實際降雨事件智慧蓄排操控之成果分析與探討，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；惟本年度計畫受建案工期與疫情影響，使整體系統建置時程向後延期，故未能針對系統在長期實施智慧監控管理的可行性與其成效進行分析探討，未來建議應針對系統長期運作效益、系統評估與更新、以及運維成本等內容進行研析，將可做為雨水貯集系統智慧化管理之發展及未來都市雨洪管理提供重要的參考依據。

建議二

建立社區或區域尺度之雨水貯集系統的智慧化管理：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：

- 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。
- 內政部建築研究所，智慧雨水貯集系統作為都市雨洪管理之實地驗證研究，2020。
- 桃園市政府水務局，桃園市雨水流出抑制設施設計參考手冊，2019。
- 張沅辰，建築基地雨水滯(蓄)設施智慧操作架構分析，河海工程學系，國立台灣海洋大學河海工程學系碩士論文，2019。
- 黃正傑，雲端運算應用與實務，全華圖書股份有限公司，2013。
- 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。
- 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。
- 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。
- 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。
- 經濟部水利署，108 雨水貯留系統設施輔導推動計畫，2019。
- 經濟部水利署，雨水貯留系統評估工具建置計畫，2012。

英文部分：

- Bilodeau, K., Pelletier, G., Duchesne, S. (2019), Real-time control of stormwater detention basins as an adaptation measure in mid-size cities, *Urban Water Journal*, 15(9):858-867.
- Di Matteo, M., Liang, R., Maier, H.R., Thyer, M.A. (2018), Controlling rainwater storage as a system: an opportunity to reduce urban flood peaks for rare, long duration storms, *Environmental Modelling and Software*, 111:34-41.
- Ursino, N. (2016), Risk analysis of combined rainwater detention and pumping systems, *Urban Water Journal*, 14(5):509-514.

附錄一 審查會議

內政部建築研究所 110 年度
「既有建築物雨水滯蓄設施智慧管理系統與平
台建置之研究」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	本研究計畫在目前都市排水課題十分重要，尤其在極端氣候變遷下，又在乾旱嚴重缺水的今日，更顯得水資源利用上之開源節流，更顯得意義重大。本研究團隊協同主持人為雨水滯蓄之專家，又有三位博士生輔助研究，必可以勝任此研究計畫，達成預定目標。	感謝委員的肯定與支持。
2	實驗室小尺度之物理模型做到現場大尺度(large scale)是一件很具挑戰性的工作。在儀器與軟體之費用上，可能花費更高，以目前之研究經費可能不敷使用。如果只要做學術上之探研，不會有問題。如要在現場上使用，如流量計這一項，可能面臨問題，請問如何解決？	儀器與軟體所需的設置經費確實是本案執行將面臨的困難。本研究團隊將嘗試向建研所、各機關或相關廠商爭取儀器與軟體之補助，若無法獲得相關補助或經費支持亦可在案例遴選上盡量避免較複雜的系統設計，並排除設備裝設不易與規模較大之案例，並嘗試與相關廠商以租借設備，使計畫得以順利進行。
3	Proposal 第九項「研究預期對相關施政之助益」要盡量具體數量化，如 TSSCI 論文、專利、	本研究成果擬將透過報告、期刊發表或專利等型式量化研究產出，可供政府決策之文獻參

	報告及可供政府決策之文獻等。	考。
4	Proposal 在文獻上要更精準，在文中有提到的都要出現，沒有引用的，則刪除之。	感謝委員建議，將遵照辦理。
5	針對社區裝設本系統，因此出流口流量設計範圍應受各地方政府相關規定限制，如允許放流量以及基地開發最小貯留量的考慮等，是否亦應納入。	本年度計畫係透過既有建築物滯蓄設施進行裝設，故當初規劃設計階段已納入政府的限制規定之考量，包括設施容量與泵浦規格、數量等。
6	為考慮未來的推行，建議本系統應從實用性（結合當地自然環境因子）、簡便性（操作簡單、易安裝、不複雜）以及安全性（資安問題無所不在，不能因為某個軟體造成資安上的遺憾）去考量。	感謝委員建議，將遵照辦理。
7	智慧監控只提到入流口防溢淹的設計，而出流口的設計亦同，建議應該有雙保險的機制，藉以防止因某個元件的失靈或不受控。	感謝委員建議，將遵照辦理。
8	事實上市場上其它的 LPWAN 技術規格如 LoRa 和 Sigfox 則轉型做為區域型專網和高度客製化的場域，從行動物聯網網路的部署趨勢來看，有越來越多的電信營運商選擇同時布建 NB-IoT 及 LTE-M。在服務建議書的表1網路通訊技術相關資訊彙整表呈現三種技術規格，其目的為何，請說明。	系統規劃上須考量既有建築物雨水滯蓄設施之監測數據傳輸至後端處理的速度與穩定性，故本計畫擬初步探討通訊技術如：LPWAN、Wifi、乙太網路等，其中 LPWAN 初步針對近年國內外較常見的佈建技術進行彙整，又以 LoRa、Sigfox 和 NB-IoT 三者推動時間較長及佈建國家數較多，故初步將相關資

		訊進行彙整比較，以作為後續參考；而委員所提同樣是電信業者提供的 LTE-M，其亦為目前物聯網路的主流通訊技術，但因本系統數據傳輸的單元流量不大，故僅考慮較便宜的 NB-IoT 與其他技術協定做比較。
9	研究人員學經歷主持人部分，協同主持人近五年內參與之研究計畫第1與第2項起訖年月有誤，請修正為 109.03 ~ 109.12；參與的研究員與2位研究助理，其聘僱期間應修正為 110年12月31日止，而非109年12月31日止。	後續將針對內文誤繕之處進行修正。
10	早期綠建築發展的保水設施是從水資源的角度展開的，後來納入滯洪概念，別讓相關設施的設計與操作產生目的性的衝突。	本年度計畫主要針對既有滯蓄設施的滯洪效能之單一目標進行討論，暫不針對其他目標效益進行探討。
11	採行機械式抽排在長延時降雨情況下，其抽與排的時機確實會產生操作上的困擾。因此，宜先對設施目的確認及尺寸加以區別，再確立操作時機，而後再建立操作程式。	本計畫滯蓄設施之智慧管理如前述第10點回應，係以滯洪為目的，而本計畫研擬之操作程式將可依照不同案場背景資料進行調整。
12	今年工作重點在實務上操作，期待完成後可以依據計畫成果提出務實的區別化的建議。	目前國內中央與政府部門已針對雨水貯集系統(包括雨水利用系統、雨水滯蓄設施等)的不同設置目的訂定不同的法規，故實務規劃設計與操作上仍依此作為系統主要區別依據。

13	目前桃園、高雄也有類似構想，並開始執行實施，建請評估比較其差異，並預測未來主流的發展模式為何。	感謝委員建議，將遵照辦理。
14	建請就未來推動使用模式，如與物業、社區及地方政府結合方式及其經濟效益做初步分析。	將在本案完成實際案例智慧雨洪管理長期操作與效益分析後，將針對委員所提之意見進行後續探討與其發展建議。
15	未來可否將本系統與綠建築標章、都市更新等項相結合。	由於目前國內建築雨水滯蓄設施主要推展方向仍為佈設感測設備而監控排洪，尚未針對決策模式進行智慧排洪，待未來本研究完成實際案例操作且發表相關成果報告，將考量委員所提之意見，與綠建築標章、都市更新等項目進行磋商整合。
16	依近期資安規定，軟硬體、所有廠商及參與人員不得與中國大陸有關。	感謝委員建議，將遵照辦理。

內政部建築研究所 110 年度
「既有建築物雨水滯蓄設施智慧管理系統與平
台建置之研究」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	本項計畫是延續型研究計畫，在上一期計畫曾經建議廖教授可以洽詢桃園市政府了解一下該府都市發展局刻正推動建置中的智慧監控排洪系統予想作法，該府的作法打算是獎勵建築開發基地擴大增設建築物筏基的蓄洪容量來分攤道路逕流分攤，加裝筏基水位計、與連通管與止水閥，並需連接到市政府建置的 IOT 智慧監控排洪系統統一控管，或可提供本研究適度之參考價值。經過廖教授期中簡報說明，大致了解桃園市的智慧監控排洪設施系統尚在制度建構與推廣宣導階段，尚無具體案例可供納入本研究進行現場調查與分析。	感謝委員意見，桃園市政府 IOT 智慧監控排洪系統主要係以建築容積獎勵擴大建築筏基的儲水空間，並搭配筏基與都市排水的水位監控來分攤道路逕流雨水，來獲得都市區域性的治洪減災效益；而本案主要係不改變原有滯蓄設施的情況下，增設監控設施將傳統機械式抽排改為智慧排洪操作，以提高滯蓄設施的功能效益。
2	本研究後續可能選擇台北市明倫社宅與廣慈社宅建築基地進行現場調查與分析，似屬可行，不過，有關智慧監測設施(水位計及智慧傳訊設備)之裝設經費，預計將透過計畫經費調用與其他相關單位或計畫之協助，應可滿足本案所需；目	感謝委員意見，就智慧監測設施(水位計及智慧傳訊設備)之裝設經費，預計將透過計畫經費調用與其他相關單位或計畫之協助，應可滿足本案所需；目

	費是否已有著落，宜儘速洽商確定，以免延誤後續研究推展進程。	前已針對本案所需之監控設施進行採購與測試程序，後續將持續配合該建案行程進行現地裝設。
3	本計畫為執行逕流分擔與出流管制政策之重要配合策略之一，具有推動之價值，且本報告符合期中報告之要求。	感謝委員的支持與肯定。
4	建議能更具體說明本計畫建置系統與既有系統的重要差異，以利於潛在使用者評估與應用。	感謝委員意見，後續將於報告中加強本案系統之優勢說明，如提升滯洪能力、節能、永續利用與 IT 運維等相關面向。
5	建議補充說明不同建物系統間及與地方政府管理體系統間，能否透過相關平台建構，進行跨建物間與跨部門的串聯與整體監測工作推動。	感謝委員意見，跨部門的資訊整合為未來重要的推動工作，目前本案嘗試與該建案的 ICT 智慧城市的通訊部門進行協商，望能與其平台進行資訊整合，提升系統監控管理效益與民眾的認知。
6	建築物的雨水滯蓄設施規定已行之有年，但是滯蓄設施是否見效在於良好的管理制度，否則空有設施不見得可以達成所要目的。因此本案重要性可見一斑。	感謝委員的支持與肯定。
7	滯蓄設施若依本計畫，可達成智慧化管理，是依照監測資料、預測模式由程式自動產生回饋動作？還是某種程度上還是需要，人工監測、介入執行，請說明？	感謝委員意見，本案監測資料、預測模式係由程式自動產生的回饋動作，不需人工介入；系統仍保留原設施的緊急應變措施，以防止本案系統錯誤或失效的形況。

8	未來管理系統建構於雲端嗎，由哪個單位管理？系統監測是其操作嗎？建置費用、日常使用費用與管理維護費用大約多少？由管理單位支應嗎？管理單位日後若需現場維修，要透過怎樣的機制辦理？建議要有計畫。目前只是實驗性質，可透過計畫經費處理一些事情，長期使用就必須考慮是制度性的運作。尤其是如果要運用到民間建築物，制度化、法制化就更重要。	感謝委員意見，目前嘗試與該建案 ICT 智慧城市平台進行技術整合，將透過建築內部的中央控制室進行維護管理，如需現場機房維修，亦透過此管道進行；而本案系統的監控設備為自動操作，系統監測與後端數據分析仍為本研究團隊執行。後續實需針對長期監控管理的制度化、法制化等進行研擬與建議，以利未來推廣與運作。
9	桃園的 SMART WATER 若以容積獎勵方式作為對價方式，須小心容積獎勵的好處由建商取得，但是日後的運作管理維護卻是住戶承受，不公平的現象。	感謝委員意見，桃園市政府 SMART WATER 所規劃的內容，涉及建築內部所有權人與政府後續運作與維護管理等問題，故仍需針對相關權責進行釐清與商討。
10	雨量預測納入管理機制當然是好，但個人認為最重要的是管理系統建置運作順暢，雨量預測也可列為第二階段目標。	感謝委員建議，依雨量預測仍會受到集雨範圍的逕流體積損失所影響，故目前考量直接以滯蓄設施的進水量作為預測管理的依據。
11	滯蓄設施的排放機制，涉及區域性的管理機制，不是單純試驗個體三者之間的問題而已，如何操作建議說明。	感謝委員建議，本案滯蓄設施的原規劃上已符合最小滯洪量與允許放流量等設置原則而設計管路與泵浦，本計畫係透過智慧排洪的方式增進設施滯洪能力，故不影響區域性管理機制。

12	期待透過本研究，可找出經濟實用的可行方法，引領相關產業發展投入，以落實海綿城市目標，減少極端氣候淹水災情。	感謝委員的支持與肯定。
13	頁8 「下一時刻雨水入流量預測值」，此一部分，是否仍依灰色理論，採10分鐘一筆的輸入，有沒有考慮氣象局 QPSUM 內一小時的預報值？可依其座標，找出對應的網格降雨。	感謝委員建議，由於本案為延續型研究計畫，QPESUMS-QPN 以其先期計畫中充分討論；其雖於區域性實務應用上較廣，但需另以程式撰寫獲取資訊及網格邊界之問題，且其預測時距最短為1小時，如需短時距(10分鐘)數據資料需另外處理，並且存在稽延問題，故本案將先以灰色理論作為預測方法，待未來系統逐漸成熟後，仍可針對此進行系統精進。
14	頁9 網路通訊相關資料彙整表，可再增加各種技術特點、目前使用案例或優缺點，惟若要配合雲端物聯網，則可能需選擇 NB-IOT 方式。	感謝委員建議，後續將針對此內容進行補充。本案後續網路通訊將考量現地條件與歸納各位專家建議而進行選擇，目前為了數據傳輸之穩定性，仍考慮以 Ethernet 有線傳輸的方式進行設置。
15	頁12 本計畫預定進度圖，其中實地案場設置與監控，是否需要配合較大降雨事件操作測試？6月份時，部分的強降雨不知有沒有實地測試？若無，宜配合汛期颱風季節期間進行；另若計畫執行期間均未有較大降雨事件，如何因應？	感謝委員建議，未來實需彙整較大的降雨事件進行實地監控的數據分析，較能彰顯系統效益；由於本年度受疫情影響致使現地的系統裝設期程延後，故若計畫執行期間均未有較大降雨事件，考量延長系統監控期程，以滿足計畫報告所需內容。

16	頁32 「高雄厝智慧雲補助計畫」是否已有過往操作實例？ 另外日本的安心100計畫，也廣為補助地方政府於辦公大樓周圍推動大型的滯蓄設施，相關的經驗，亦建設搜集比較。	感謝委員建議，「高雄厝智慧雲補助計畫」目前係將滯蓄設施進行系統監測，並未具操控，已有許多案例完成監測設備裝設。日本安心100計畫內容包括雨水儲留、下水道及河川整治、抽水站整備等工程措施，與國內的逕流分攤理念相似，由於本案係以提高既有滯蓄設施的功能效益為目的，故此處章節將考量合適的裝設案例進行說明。
17	本計畫預計結合軟硬體發展已對於分散式設施進行操作，有其發展需求。	感謝委員的支持與肯定。
18	本計畫應適當釐清設施操作之目標，以進一步決定策略。報告書中提及經濟、減洪、旱季供水等，立意良好而目標遠大，但如何達成有進一步思考之必要。	感謝委員意見，本案目標主要係達到滯蓄設施的滯洪功能效益提升，後續將依委員建議於報告中明確說明，未來才針對相關效益做進一步思考。
19	如為減洪，何時開始操作方為適當決策，如為供水又如何為之，另外在有限氣象資訊下，如何進行，都應適當釐清，以免落入為操作而操作之窠臼。	感謝委員意見，本案目標主要係達到滯蓄設施的滯洪功能效益提升，後續將依委員建議於報告中明確說明，未來才針對相關效益做進一步思考。
20	報告書中有提及灰色理論但運用並不明確。	感謝委員意見，後續將針對報告書內容進行補充說明。
21	目前主要以 Arduino 平台結合序列傳輸開發，但未能明確說明 IOT 中無線傳輸之必要性，另外 Arduino 平台雖是基於	感謝委員意見，Arduino 平台結合序列傳輸開發為前一個年度物理性試驗的配置方式，本年度運用在現地裝設將依現況進

	AVR 核心，但較接近於教學性質，未來如何工業化應再思考。	行系統工業化的精進。
22	目前開發上建議再多整合，確立目標。	感謝委員意見，將遵照辦理。
23	P. 5圖1-1建議可調整圖片解析度以利判讀。	感謝委員意見，將遵照辦理。
24	請說明 P. 8排洪決策流程圖及 P. 37預測入流量計算方式以即時監測雨量計、流量計、水位計預測下一時刻雨水入流量，而非以氣象局預測資料進行推算，受目前短延時強降雨發生頻率增加，模式是否容易有誤判情形？	感謝委員意見，由於中央氣象局預測資料仍以1小時為單位，若考量短延時強降雨的高發生頻率，應縮短預測與系統決策時距，故本案將透過系統模式中的灰色理論進行預測，並為提高系統進水量的精準度，故係直接以進水量作為預測依據，而非降雨量。
25	請說明 P. 8排洪決策流程圖中啟動泵浦排洪後水位需達呆水位才可關閉之步驟，此種操作方式是否還是會發生雨水進入滯蓄設施同時泵浦啟動抽排，使滯蓄設施無逕流抑制之功能，造成泵浦長時間運作造成損壞？此步驟建議可修正為水位達預測下一時刻可滯洪之水位即可停止。	感謝委員意見，本流程的呆水位為泵浦運作最低能承受的水位，係作為泵浦保護機制的判斷；委員所提「水位達預測下一時刻可滯洪之水位即可停止」，已在之前「預測入流量-排洪量>滯洪設施剩餘空間」的判斷式中確定。
26	P. 39公式編號請修正為(3-3)。	感謝委員意見，將遵照辦理。
27	建築技術規則有訂定 $0.045\text{m}^3/\text{m}^2$ ，其是否可以加強管制配合本計畫，是否有良好的建議方案如何來處置，不要變成閒置設施。	感謝委員建議，本案滯蓄設施的原規劃上已符合最小滯洪量與允許放流量等設置原則而設計管路與泵浦，本計畫係透過智慧排洪的方式增進設施滯洪

		能力，故不影響區域性管理機制。
28	台北市目前已有建築物排水計畫之審查，並有相關之設計規範建議，可以針對該規範進行改進。	感謝委員建議，後續系統建置後並完成監控數據分析與探討，未來可依其成效，針對規範研提相關建議。
29	如何控制入流量的入流時間？	感謝委員意見，本案入流量係透過每10分鐘水位變化加上期間的放流量換算得到。
30	抽水機抽蓄時間點？	感謝委員意見，本系統主要有泵浦兩個抽蓄時間點，一個為「系統預判下一時刻的入流量大於滯蓄設施所剩餘的空間」時，另一個為達到警戒水位將立即開啟泵浦抽排。
31	桃園市 SMART WATER 結合都市計畫以獎勵容積方式鼓勵私有建築物地下筏基加大容量作為公共雨水滯留設施，智慧化管理頗具代表性。	感謝委員意見，桃園市政府 SMART WATER 所規劃的內容，涉及建築內部所有權人與政府後續運作與維護管理等問題，故仍需針對相關權責進行釐清與商討。
32	雨水滯蓄設施智慧化案例以出流管制設施作為觀測案例，是否適合作為建築物雨水滯蓄設施代表案例，請主辦單位考量。	感謝委員意見，未來待系統建置後並完成監控數據分析與探討，再行討論其代表案例之合適性。
33	在大數據時代下，除利用雨量計與中央氣象局資料進行雨水入流量外，亦可結合類神經網路等 AI 預測技術針對每次預估量與實際結果之差異進行回饋修正，進而收斂誤差結果提升效益表現，同時也要保有一	感謝委員建議，本案將先以灰色理論作為預測方法，待未來系統逐漸成熟後，仍可針對此進行系統精進。

	定的安全係數，避免極端暴雨所帶來的災害。	
34	感謝老師多方聯繫，已經找到台北市社宅及高雄市智慧宅實力可供實證，如能成功對於推廣及擴大影響都會很有幫助，只是我們可能要能夠展現採用績效，這樣他們合作的意願會更高。	感謝委員的支持與肯定。
35	本計畫設有管理平台，建議先構想設置處所及管理者，以維護本系統的持續經營，並能發揮群體減洪績效。	感謝委員意見，跨部門的資訊整合為未來重要的推動工作，目前本案嘗試與該建案的 ICT 智慧城市的通訊部門進行協商，望能與其平台進行資訊整合，提升系統監控管理效益與民眾的認知。
36	後續還有軟體交付的事項、資安問題需要討論。	感謝委員意見，後續將全力配合所內相關行政事務。

內政部建築研究所 110 年度 「既有建築物雨水滯蓄設施智慧管理系統與平 台建置之研究」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	本案因應氣候變遷滯旱與極端氣候下提出解決策略，為重要技術研究，預期有初步案例成效，值得肯定。	感謝委員的肯定與支持。
2	本研究案採取「社會住宅」作為主要實驗的標的，屬於可行的策略，惟「社會住宅」如何與周邊社區進行系統化的整合有其必要性，重點應更著重於管理系統及平台建置的發展。	感謝委員意見，本年度目前就該棟建築物的滯蓄設施進行設置，並初步研擬與此社會住宅的 ICT 智慧平台進行資訊連結，將配合未來建案期程進行深入的發展與整合作業。
3	為利本研究後續推行，建議建立推動機制建議，尤其本研究第二章蒐集分析探討之表 2-1 之法令規範，是否建議於法令上增列誘因，促使增加推動之可行性。	感謝委員建議，目前各地方政府已陸續推動滯蓄設施的的監測計畫，未來可更著墨於法令上的誘因增列與智慧操控層面之可行性研究。
4	本計畫內容可符合期末報告之要求。	感謝委員的肯定與支持。
5	p. 28 關於雨水滯蓄設施軟、硬體設備連結、操控之平台設置內涵說明，建議可再強化。	感謝委員意見，由於軟、硬體設備連結的設置涵蓋內容較多，可參考 p36~p.54 第二節的智慧監控、通訊傳輸與相關軟、硬體設備規劃設計之相關內容。

6	本計畫現有之分析是以個別建物之系統為主，而如何建立社區及區域尺度之雨水貯集系統之智慧化管理，甚至如何與地方政府之平台連結，建議可再強化說明。	感謝委員建議，未來如何建立社區及區域尺度之雨水貯集系統之智慧化管理，甚至如何與地方政府之平台連結將在第四章第二節系統評估與未來發展之建議中強化說明。
7	散落於各建築基地的滯蓄設施，確實要有適當的管理機制才有可能達到預期成果，本案的重要性無庸置疑。	感謝委員的肯定與支持。
8	台北市和新北市有最大放流量的規定，實務上是否會有超過的情形，或是若最大被限制後是否會產生其他基地內淹水的情形？p.18 設計允許排放量之兩個觀點就是開發人有義務回歸到開發前狀態，而此開發前在都市化程度很高台北市、新北市，目前許多案件都是都更案，在此案，開發前基地幾乎都蓋滿且幾乎完全逕流，改建後一定是比開發前要好；亦或是開發前指的是純草地狀態，若是如此是否過於嚴苛？	感謝委員意見，限制最大放流量乃係確保在區域排水設計基準內之各重現期距暴雨(2年、5年、10年)開發後均必須小於開發前，使開發後不影響開發前既有的排水管渠的設計基準及下游的通洪能力；實務上設計皆依排水計畫書進行滯蓄設施的泵浦規格設計，故應不會有超過最大放流量的情況發生，僅降雨事件超過前述重現期距時，才會造成基地內溢淹的情況。
9	第三章所謂的既有建築物，是否指已依照建築技術規則規定設置滯洪設施之既有建築物？	感謝委員意見，本計畫既有建築物即指已依照建築技術規則規定設置滯洪設施之既有建築物。
10	p.32 桃園工廠案例請說明基地面積？為何會有集水區面積11,300m ² 。建築基地並不負擔基地以外之雨水。	感謝委員建議，該案依照桃園市政府水務局所提供的資料，其集水區面積11,300m ² ，且依平面圖所匡列的內容，不包含

		基地以外的雨水。
11	目前所挑選的案例為台北市信義區工宅案例，其基地規模 $64,832\text{m}^2$ ，以建築基地而言屬於超大規模。請問若要設置滯蓄設施智慧管理系統以多大基地規模以上，較能夠有實質效益。(考量建置成本與日後管理維護費用)	感謝委員建議，台北市信義區工宅案例，其整體基地規模為 $64,832\text{m}^2$ ，然本計畫遴選該案的E棟建築物，其次集水區的範圍為C1~C2(詳如p.38的圖3-9所示)，其面積為 $1,445\text{m}^2$ ；目前已初步考量依案例規模而產生的入流量與滯蓄設施的放流量之比例與其排空時間等，未來可針對不同基地規模做進一步的分析與建議。
12	目前架構對於操作目標仍不明確，無法嚴謹率定，相對造成效果無法確實評估，另外加上都會區降雨預報誤差過大，整體設施是否能實務上達成預期目標，建議再予釐清。	感謝委員建議，本案建置智慧的管理系統藉前年度的數值模擬與物理試驗模型之成果顯示，可合理預測入流量及達到滯洪效益的提升等，本年度即將該系統進行實際案例的建置，研析其實際效益與可行性。
13	p.58中4-3節似乎未有文字說明。	感謝委員建議，後須將依照委員意見進行討論與補充。
14	本案工作量繁重，能有目前成果實屬難得，然目前結果觀之，操作目標仍未明確，另外系統仍多改善空間，距離落實與達到工業化仍有相當落差，建議對於計畫目標再合理思考。	感謝委員建議，後須將依照委員意見進行討論，並針對計畫成果應展現的內容進行補充。
15	請問如果採用實際降雨進行操作，智慧管理系統與目前的操作方法之排洪量有多大差異。	感謝委員建議，透過前年度的系統模擬操作成果顯示，本系統排洪量的總體積削減率可高於原系統4~5倍之成效。

16	建議未來可以用模糊理論、ANFIS 等模式進行人工智慧操作。	感謝委員建議，目前本系統運用灰色理論進行入流量的預測，未來待系統可穩定運作後，可再針對委員意見進行系統提升。
17	可應用的地方可否更明確化？	感謝委員建議，本案系統應可針對目前建築物已建置的滯蓄設施進行裝設。
18	滯洪池是出流管制所要求所設置或是計畫需另行設置？	感謝委員意見，本案所應用設置的滯洪池即原法令規定下的排水計畫書所設計的設施。
19	對於外部箱涵之排水路的影響。	感謝委員意見，本案並未改變原排水計畫的最小滯洪體積與最大放流量，僅針對放流機制進行優化操控，故應可減緩外部排水路承載雨洪壓力。
20	本案應用至出流管制應可降低滯洪量。	感謝委員的支持與肯定。
21	本計畫目前實地案場尚未完成儀器及設備之安裝，尚無法檢視驗證實際監測數據與蓄洪排洪成效如何。	感謝委員意見，後續將加速計畫執行，預計能於11月份完成系統裝設、測試與校正併進行實際降雨操控與分析評估，並於12月如期完成計畫所有工作內容。
22	單一社區或建築物裝設雨水滯蓄設施智慧管理設備或系統之效益，其實相當有限，能否跨社區做為系統併聯監控與平台運作操控，才能有更好效益。	感謝委員意見，本案例滯蓄設施本身已具智慧建築 ICT 的監測管理與相關緊急應變措施，未來將整合本計畫所裝設的系統進行數據分享，能提供更完整的滯蓄設施相關資訊。
23	p. 49 第三章中提出智慧決策與操控軟體中，係透過灰色理	感謝委員意見，由於前年度在決策系統建置時已針對預測方

	論預測下一時刻的入流量作為智慧管理系統決策的依據。於後續實地案場系統施設後，應針對預測流量結果進行驗證，以確認該預測方法之合理性；建議於後續報告中提出說明。	法進行研究比較、專家討論與模擬分析驗證，故初步以灰色預測理論作為本系統的預測方法，未來可待系統可穩定運作後，可再針對委員意見進行系統提升。
24	後續針對雨水滯蓄設施智慧管理系統之建置與維護管理，可否提出所需經費之評估？（補助？社區負擔？）	感謝委員意見，將在第四章第二節系統評估與未來發展之建議中補充說明。
25	針對雲端平台的後續可能規劃，將以每一社區為獨立單元自行管理，或是由縣市政府統一進行管理？	感謝委員意見，未來操控端的雲端平台整合是很重要的工作項目。由於本計畫以智慧管理系統實地操作之可行性評估與提升原滯蓄設施之滯洪功效為目的，為求通訊傳輸訊號之穩定性並諮詢資通相關領域之專家，本年度將控制端先以現場裝設的方式進行操控。
26	「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。立意良善，惟多數建築物取得使用執照後，都已封填，違規使用，喪失雨水貯集滯洪功能，應予正視。	感謝委員意見，由於許多建築物取得使用執照後的違規使用或未維護管理而喪失雨水貯集滯洪功能等問題，故未來滯洪池透過智慧監測及控制為目前中央與地方政府極力推行的計畫。
27	p. 60 建議二：建立社區或區域尺度之雨水貯集系統的智慧化管理：長期面向，應就建照申請案總量管制，全區落實運作成果檢討、後續維護管理機	感謝委員建議，將在第四章第二節系統評估與未來發展之建議中納入委員意見進行補充說明。

	制，而非僅單點管控，實際成效有限。	
28	感謝老師對本案系統實地裝設上的努力，望能藉本案成果在未來發展至社區或區域尺度上。	感謝委員的支持與肯定。
29	本案智慧管理系統應考量後續如何與 ICT 整合平台進行結合。	感謝委員意見，未來將整合本計畫所裝設的系統進行數據分享，能提供更完整的滯蓄設施相關資訊。
30	考量將如何與現行法令結合，如：台北市都市更新條例，提出容積獎勵或其他機制以增加裝設誘因，有利未來推廣。	感謝委員意見，目前各地方政府已陸續推動滯蓄設施的的監測計畫，未來可更著墨於法令上的誘因增列與智慧操控層面之可行性研究。

附錄二 工作會議

第一次工作會議

「既有建築物雨水滯蓄設施智慧管理系統與平台建置之研究」 工作會議紀錄

開會時間：110 年 4 月 7 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、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：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、吳研究助理冠霆

發言人	內容
蔡綽芳 組長	1. 後續將協助本案與營建署新市鎮建設組、國民住宅組及下水道工程處，以及本所工程組進行洽商。 2. 應以能爭取到設備補助款項之單位的案例為主，俾利計畫執行。 3. 須與合作單位簽訂契約，避免造成後續產權或技術轉移等相關爭議。
廖朝軒 教授	1. 目前已針對內政部營建署、台北市、新北市、桃園市、高雄市等政府單位完成初步洽商，擬透過中央與地方進行合作，並考慮以公有建築之增建、改建之建案，且主管機關能補助設備經費作為優先選擇之依據。 2. 已取得高雄市政府的高雄厝智慧生活科技應用與推廣計畫之案例的平面圖與昇位圖，然滯洪設施之現場狀況(如：筏基連結情況、設施運作情況)及智慧監測設施裝設情況(如：水位計、通訊設備等)仍需於後續進行現場勘查與評估。

	3. 後續將持續與各單位進行洽商，望能於本案期中報告前完成系統裝設，且能於雨季期間進行現地操作。
--	--

內政部建築研究所 110 年度

「既有建築物雨水滯蓄設施智慧管理系統與平台建置之研究」

第一次工作會議簽到簿

時間：110 年 4 月 7 日 (星期三)	
地點：內政部建築研究所簡報室	
主席： 穆朝軒 紀錄：	
出席人員	簽到處
內政部建築研究所	蔡偉芳
	白櫻芳
國立臺灣海洋大學	穆朝軒
	蔡欣遠
	吳冠廷

