

建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控系統整體規劃與成效探討

內政部建築研究所協同研究計畫報告

111  
年度

# 建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控系統整體規劃與成效探討

成果報告

內政部建築研究所協同研究計畫報告

中華民國 111 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：11115B0006

# 建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控系統整體規劃與成效探討

成果報告

研究主持人： 樂中丕

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 111 年 3 月至 111 年 12 月

## 內政部建築研究所協同研究計畫報告

中華民國 111 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)



## 目次

目次	.....	I
表次	.....	III
圖次	.....	V
摘要	.....	IX
ABSTRACT	.....	XV
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	.....	12
第二章 建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控系統程式開發 與案例現況分析	.....	13
第一節 建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控管理系統 之程式開發	.....	13
第二節 智慧監控系統實地裝設案例之基本資料說明 .....	.....	20
第三節 智慧監控系統現況分析與實地案例設置	...	27
第三章 建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控系統整體規劃 與建議	.....	43
第一節 智慧監控系統整體規劃架構	.....	43
第二節 智慧監控系統與 ICT 智慧建築資訊平台通 訊系統建置與技術整合	.....	44

<b>第三節 ICT 智慧建築平台資訊整合之模式建立與智慧監控系統對於社區整合調控之功能效益之研析</b> .....	48
<b>第四章 建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控系統運行之系統效能評析</b> .....	51
<b>第一節 雨水貯集滯洪設施智慧排洪與傳統機械式排洪之差異性比較</b> .....	51
<b>第二節 實際降雨事件監控數據蒐集與逕流抑制成效</b> .....	52
<b>第三節 未來社區或區域性尺度雨水貯集滯洪設施智慧監控系統規劃與推廣應用之建議</b> .....	58
<b>第五章 結論與建議</b> .....	63
<b>第一節 結論</b> .....	63
<b>第二節 建議</b> .....	66
<b>參考書目</b> .....	69
<b>附錄一 審查會議記錄</b> .....	71
<b>附錄二 工作會議記錄</b> .....	95
<b>附錄三 專家諮詢會議記錄</b> .....	99

## 表 次

表 2-1 建築物雨水貯集滯洪設施案例彙整比較表.....	21
表 2-2 台北市信義區某公宅興建案 E 標滯洪設施 C 池基本 資料彙整表 .....	25
表 2-3 不同感測器型式之流量計彙整比較.....	33
表 2-4 不同感測器型式之水位計彙整比較.....	35
表 4-1 台北市信義區某公宅興建案 E 標排水計畫書之降雨 強度參考公式表 .....	57
表 4-2 台北市信義區某公宅興建案 E 標排水計畫書之逕流 係數參考表 .....	57
表 4-3 滯洪設施實際降雨模擬傳統機械式排洪與智慧排洪 成效分析表 .....	58



## 圖次

圖 1-1	雨水貯集滯洪設施智慧監控系統之感測設備.....	4
圖 1-2	雨水貯集滯洪設施智慧監控系統之控制與數據傳輸 設備連結位置圖 .....	4
圖 1-3	雨水貯集滯洪設施智慧監控系統之決策主機.....	5
圖 1-4	ICT 智慧建築整合管理平台內容架構.....	6
圖 1-5	建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控系統規劃架構示 意圖.....	7
圖 1-6	雨水貯集滯洪設施傳統機械式排洪機制流程圖 .....	8
圖 1-7	雨水貯集滯洪設施智慧監控系統排洪機制流程圖 ...	8
圖 1-8	研究流程圖 .....	10
圖 1-9	研究進度甘特圖 .....	11
圖 2-1	建築物雨水貯集滯洪設施原排水機制(a)與智慧排水 機制(b)示意圖 .....	13
圖 2-2	建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控系統之研究目標 .....	14
圖 2-3	建築物雨水貯集滯洪設施之智慧監控管理系統決策 流程圖.....	15
圖 2-4	建築物雨水貯集滯洪設施內部水平衡示意圖.....	16
圖 2-5	灰色理論預測模型示意圖 .....	17
圖 2-6	台北市信義區某社會住宅地理位置圖.....	22
圖 2-7	台北市信義區某社會住宅之 ICT 智慧建築平台監測	

項目示意圖 .....	23
圖 2- 8 台北市信義區某公宅興建安 E 標雨水貯集滯洪設施 與排水系統平面設計圖 .....	24
圖 2- 9 台北市信義區某公宅興建安 E 標滯洪設施 C 池平面 與剖面圖 .....	26
圖 2- 10 台北市信義區某公宅興建安 E 標滯洪設施 C 池筏箱 110 年現場照片 .....	26
圖 2- 11 台北市信義區某公宅興建安 E 標滯洪設施 C 池之浮 球式水位計示意圖 .....	27
圖 2- 12 台北市信義區某公宅興建安 E 標滯洪設施 C 池現 況.....	29
圖 2- 13 監測設備裝設作業之安全圍柵設置.....	29
圖 2- 14 監測設備裝設作業之抽排風設備與氣體探測器 .	29
圖 2- 15 台北市信義區某公宅興建安 E 標滯洪設施 C 池之 控制箱現況 .....	30
圖 2- 16 台北市信義區某公宅興建安 E 標之中央控制中心 現況.....	31
圖 2- 17 台北市信義區某公宅興建安 E 標滯洪設施 C 池之 智慧監控系統硬體設備之設置位置關係圖 .....	32
圖 2- 18 夾管式超音波流量計(固定型)流量計主機與管外夾 監測設備架設規劃圖 .....	34
圖 2- 19 夾管式超音波流量計(固定型)流量計之管外夾監測 設備現場架設成果圖 .....	34
圖 2- 20 沉水式壓力水位計之設備與架設規劃圖.....	35
圖 2- 21 既有浮球式水位計(a)與沉水式壓力水位計監測端現	

場架設成果示意圖 .....	36
圖 2- 22 MIC-7700 無風扇工業電腦設備圖 .....	37
圖 2- 23 MIC-7700 無風扇工業電腦設備架設與系統設定現場圖.....	37
圖 2- 24 通訊傳輸電纜線與銜接情況.....	38
圖 2- 25 盤面型水位控制指示器與菊花鏈拓撲(daisy chain)串接示意圖 .....	39
圖 2- 26 ADAM-4150-B I/O 轉換器設備圖 .....	39
圖 2- 27 台北市信義區某公宅興建安 E 標滯洪設施 C 池之智慧監控系統控制箱示意圖 .....	40
圖 2- 28 台北市信義區某公宅興建安 E 標滯洪設施 C 池之智慧監控系統控制箱內無熔絲開關示意圖 .....	40
圖 2- 29 台北市信義區某公宅興建安 E 標滯洪設施 C 池之智慧監控系統控制箱現場裝設成果與設備調校...	41
圖 3- 1 建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控系統整體規劃架構.....	44
圖 3-2 台北市信義區某公宅興建安 E 標滯洪設施 C 池之通訊線路佈設平面示意圖 .....	45
圖 3-3 台北市信義區某公宅興建安 E 標滯洪設施 C 池之本系統控制箱①與 B 池控制箱②線路佈設圖 .....	45
圖 3-4 台北市信義區某公宅興建安 E 標滯洪設施 C 池之天花板線槽③線路佈設圖 .....	46
圖 3-5 台北市信義區某公宅興建安 E 標滯洪設施 C 池之中央控制中心④線路佈設圖 .....	46

圖 3-6	台北市信義區某公宅興建安 E 標滯洪設施 C 池之中央控制中心 EMT 金屬管配置圖 .....	47
圖 3-7	台北市信義區某公宅興建安 E 標滯洪設施 C 池之中央控制中心機架 .....	47
圖 3-8	智慧監控系統電腦主機開發與 ICT 智慧建築資訊平台技術整合示意圖 .....	49
圖 3-9	智慧監控系統整合 ICT 智慧建築資訊平台之數據展示示意圖 .....	50
圖 4-1	智慧排洪與傳統機械式排洪的決策流程比較圖 .....	52
圖 4-2	台北市信義區某公宅興建安 E 標滯洪設施 C 池之智慧監控系統之決策流程與程式編撰內容 .....	53
圖 4-3	信義氣象站(C0AC70)與本示範案例位置關係圖 .....	55
圖 4-4	信義氣象站(C0AC70) 2022.10.14 22:00~2022.10.18 17:00 降雨事件之時降雨量分佈組體圖 .....	56
圖 4-5	台北市信義區某公宅興建安 E 標集水區分析圖 .....	56
圖 4-6	滯洪設施實際降雨模擬傳統機械式排洪與智慧排洪之水位變化 .....	58

## 摘要

關鍵詞：雨水貯集滯洪設施、智慧監控、雨洪管理

### 一、研究緣起

近年氣候變遷造成極端降雨事件增加，且因其降雨型態使得建築基地與傳統基礎設施因負荷不及而造成雨水積淹的情況頻繁發生，國內外相關部門與眾多研究針對如何減少都市洪患與提高建築物防災韌性等議題提出相關調適對策與解決方案。內政部營建署自民國 102 年頒訂「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；經濟部水利署於民國 107 年中完成水利法修正新增「逕流分擔與出流管制」專章，並於民國 108 年初訂頒相關子法來因應，將藉集水區內雨水貯集滯洪設施與土地來共同分擔雨水逕流量，希望能減少極端降雨事件所帶來之災害，直至目前已有大量建築物完成雨水貯集滯洪設施的設置。

然而就目前建築物雨水貯集滯洪設施的調適排水操作係依據貯水槽內起抽水水位與停機水位進行機械式抽排，無法因應不同降雨型態而進行針對性操作，使系統無法獲得較好的降雨逕流抑制功效，且泵浦長時間運作易造成能源浪費及損壞；另外，多數雨水貯集滯洪設施在建置後，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，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。針對前述問題，內政部建築研究所已於 110 年度執行的研究計畫「建築物既有雨水貯集滯洪設施實施智慧化雨洪管理與系統建置之研究」完成智慧監控系統建置案例之遴選，針對建築物既有雨水貯集滯洪設施進行軟、硬體設備單元評選及系統運作初步測試，尚未針對系統進行實際監控及整體的規劃探討；為增進未來建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控系統的技術整合、系統穩定及區域性落實與推廣之可行性，將藉本年度計畫案整體規劃與成效探討之研究成果，提供未來建築物發展智慧化管理及提升都市水患韌性之重要基

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完成建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控系統的整體規劃與成效探討，將延續 110 年度計畫持續針對既有雨水貯集滯洪設施進行實際降雨事件的智慧監控，並與 ICT（Information and Communication Technology）智慧建築整合管理平台或物業管理跨平台系統進行資訊整體規劃與系統評析，進行降雨事件逕流抑制成效探討，並比較智慧排洪與傳統機械式排洪之差異，進而考量社區整合調控之功能效益，研提未來社區或區域性尺度系統建置與地方政府平台技術銜接之建議，同時廣邀相關社宅單位研議未來推廣應用相關策略(如納入都市設計審議、智慧建築標章等)；藉本計畫成果，預期可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參考依據。

## 二、研究方法及過程

研究內容初步之 5 項研究內容，研究案之工作項目如下：

1. 建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控系統之現況分析與檢討修改。
2. 智慧監控數據彙整並與 ICT 智慧建築平台進行資訊整體規劃與系統評析。
3. 實際降雨事件逕流抑制成效探討，並比較智慧排洪與傳統機械式排洪之差異。
4. 研析智慧監控系統對於社區整合調控之功能效益。
5. 研提未來社區或區域性尺度系統建置與地方政府平台技術銜接，以及未來推廣應用之建議。

## 三、重要發現

### 一、建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控系統之現況分析與檢討修改

本計畫完成台北市信義區某公宅興建案之示範案例的雨水貯集滯洪設施智慧監控系統的運作現況分析，並配合案例興建進度完成系統建置作業，以及該案 ICT 智慧建築管理平台架設等現況進行分析與檢討，並針對智慧監控系統

進行妥適的修改與調校，以及修繕與維護等工作，其內容分述如后：

1. 智慧監控系統現況分析與檢討修改—檢視案例現場智慧監控系統包括感測設備、控制與數據傳輸設備、系統主機等運作情況，以及調整通訊系統線路並完成建置作業與修繕維護等工作。
2. 案例興建進度、設施與基地場域現況—由於該建案今年初仍受缺工缺料之影響，致使今年 5 月中才完成該建案滯洪設施與中央控制中心的相關設備裝設，並於 6 月初完成驗收與點交。本計畫智慧監控系統的建置作業配合建案期程，持續追中興建進度與溝通協調，並針對現場排水情況、滯洪設施與基地場域是否變動、有無發生溢淹情況等完成資料蒐集與分析，進而進行智慧監控系統調整。
3. ICT 智慧建築整合管理平台建置進度—如前述 6 月初完成中央控制中心相關設備設置與驗收後，ICT 智慧建築團隊持續在現場進行資訊平台與相關主機設備設定與調校；本研究團隊積極與 ICT 智慧建築團隊及物業管理單位針對本案工業電腦主機放置位置、網路連接、線路走向與後續資訊整合連結方式等相關議題進行討論。

## 二、智慧監控數據彙整並與 ICT 智慧建築平台進行資訊整體規劃與系統評析

智慧監控系統整體規劃架構由下而上分為感測端、傳輸與控制端、管理與決策端及應用端四個部分，本年度完成感測端、傳輸與控制端、管理與決策端進行通訊連結，並在案例 ICT 智慧建築資訊管理平台建置完成後，進行後續應用端架構的部分整體規劃；考量 ICT 智慧建築資訊管理平台需求與數據格式與連結方式，檢視智慧監控系統的管理與決策端，研擬功能擴充、後續應用或展示項目、以及資訊共享等內容。

本計畫工業電腦主機考量系統長期運作之穩定性，以 Linux Ubuntu 20.04 為作業系統，並以 Python 程式語言軟體進行系統建置，整體智慧監控管理系統平台 API 的組成主要分為 RS-485 通訊模組(Communication Module)、控制模組

(Control Module)、決策模組(Decision Module)、資料數模組(Data Module)、分析與出圖模組(Analysis Module)、及資料傳輸模組(Transport Module)等 6 個模組，其中本系統主機平台係透過資料傳輸模組(Transport Module)與 ICT 智慧建築資訊整合平台進行資訊連結與技術整合，並藉 Ethernet 乙太網路進行連結，由 ICT 智慧建築資訊整合平台進行數據接收與系統評析等測試工作。

### 三、既有雨水貯集滯洪設施之智慧監控測試，以及實際降雨事件逕流抑制成效及智慧排洪與傳統機械式排洪差異性初步探討

本案例滯洪設施未改造前為傳統式機械抽排，其係透過浮球式液位計並針對起抽水位的判定而進行滯洪設施排水；本案智慧監控系統裝設後，係透過壓力式水位計判斷即時水位而估算設施內可滯洪的盈餘空間，並考量入流量預測結果而進行智慧決策的排洪操作。

由於本案滯洪設施原系統已改造為智慧監控系統，為比較智慧排洪與傳統機械式排洪逕流抑制成效之差異，將藉由實際降雨事件之遴選，針對現有監控數據與原系統模式模擬結果進行設施內水位變化、逕流體積削減與泵浦運作情況之比較分析；成果顯示，本案智慧監控系統建置後，透過智慧排洪相比傳統機械式排洪約可提升 25%逕流體積削減率之防洪成效及減少泵浦運作時程達到節能減碳之效益。

### 四、ICT 智慧建築平台資訊整合之模式建立與智慧監控系統對於社區整合調控之功能效益之研析

本計畫案例中央控制中心管理項目包括機電與能源管理、資訊網路系統、室內環境品質系統、停車管制系統、監視系統…等，其皆整合於 ICT 智慧建築資訊平台中，並交由物業管理單位進行管理；而滯洪設施僅為給排水項目中的其中一項設施管理，原平台提供其管理項目主要為警戒水位警示，分為正常水位與警戒水位兩種，物業管理人員必要時需依其警示資訊，赴現場進行手動啟閉電動閘或泵浦之電磁開關等維護管理作業。

透過智慧監控系統整合模式建置並與 ICT 智慧建築資訊平台進行調控，本

系同仍保留原手動操作機制以應變緊急狀況，而中央控制中心將提供滯洪設施即時水位與抽排水情況等相關資訊，可立即判斷設備是否發生故障而即時聯繫相關單位進行修繕，進而提高物業管理單位執行效率。

## 五、未來社區或區域性尺度雨水貯集滯洪設施智慧監控系統規劃與推廣應用之建議

本計畫目前僅針對單一建築物之滯洪設施進行智慧監控，屬於系統運行測試階段，未來若考量社區或區域性尺度之雨水貯集滯洪設施落實智慧監控，應針對系統其相關規劃內容與推廣應用之建議，以下分為監控與通訊設備建置、系統平台開發與整合、及維護管理計畫等三個面向：

1. 監控與通訊設備建置－硬體設備規劃與建置前，應考量各案例得的現場條件，可透過該案的排水計畫書針對滯洪設施與排水相關設計內容進行蒐集分析，進而聯繫物管人員或負責人進行現場踏勘並確認設備裝設之可行性。如為新建建築物的滯洪設施，應於施工期間預留通訊設備之管路或線槽；如為舊有建築物的滯洪設施或現場通訊線路佈設不易者，則可選擇無線通訊的方式與結合物聯網技術進行通訊連結。
2. 系統平台開發與整合－未來社區或區域性尺度滯洪設施智慧監控，需在目前智慧監控系統的基礎上強化其應用及加值效益，將平台擴展為雲端資訊整合平台系統，進而研擬聯合操控策略並對於監控數據進行雲端運算與大數據分析，藉案例數增加而強化智慧雨洪管理的量能，且應持續針對數據傳輸效能與穩定性以及系統防洪效益之檢討、優化預測模型、系統決策程式之自適性 AI 調整、擴充大數據資料庫與系統功能等相關作業。
3. 維護管理計畫－建築物雨水貯集滯洪設施應研擬完善的維護管理計畫，目前部分地方政府已訂定相關法令與規範，但未導入智慧監控管理相關內容，未來應針對滯洪設施之智慧化監控與維護修繕上建立一套營運制度。

#### 四、主要建議事項

##### 建議一

建築物雨水貯集滯洪設施導入智慧監控管理在法令制度結合之研究：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部營建署、經濟部水利署、地方政府

目前多數新建、增建或改建之建築物已完成雨水貯集滯洪設施之設置，但僅部分縣市地方政府具有雨水貯集滯洪設施維護管理、派員檢視與罰鍰等相關條例之訂定，且多數設施的營運及維管措施未能與建築物所有權人或物業管理單位進行連結，使得許多建築物雨水貯集滯洪設施在建置後，無法獲得妥善的管理、操作、維護與修繕而造成設施功能效益不如預期或損壞。建議應將建築物雨水貯集滯洪設施的維護管理相關事項納入法令制度，透過案例現況調查而研析建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控管理與現行法令制度結合之方向，同時與建築師或水利技師或相關產業、協會共同合作，進而培訓專業人員與規劃維護管理相關制度，可為建築物雨水貯集滯洪設施永續管理與未來政策發展提供重要參考依據。

##### 建議二

建築物雨水貯集滯洪設施長期智慧監控成效分析之研究：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

本年度已完成建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控系統之建置與進行智慧排水操作的初步分析探討，並初步與ICT智慧建築平台完成資訊連結與數據分享，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，故未能針對系統長期實施智慧監控針對各種不同降雨型態進行分析及長期運作的系統穩定性分析，以及系統管理與修繕維護等事宜進行研究，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，做為未來建築物雨水貯集滯洪設施系統智慧化管理之參考。

## ABSTRACT

Keywords: storm water detention facilities, smart monitoring and operation, storm water management

### 1. Purpose of the research

Due to climate change, the number of heavy rainfall has increased dramatically, causing increasing urban storm water discharge and frequent flooding in recent years. In face 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 storm water problems. In the Article 4-3 of Architecture Design and Construction section of Building Technical Regulations in 2013, it requires that storm water harvesting systems should be installed in newly, expanded and renovated buildings in urban areas. All local governments have set up their local requirements for storm water 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 and finalized the relevant sub-laws in 2018. Therefore, storm water can be mitigated by means of detention facilities and surface areas in the catchment area. The risk of extreme rainfall events can be reduced. At present, a large number of storm water detention facilities have been constructed in recent years in different counties in Taiwan.

Traditionally, storm water detention facilities in buildings are operated based on mechanical operation depending on the initial and final water levels in the detention facilities. With this operation rule, effectiveness of storm water mitigation can't be improved and time duration of pumping period can't be reduced. Also, the operation conditions for existing systems are all unknown. Therefore, very few operation data can

be collected and feed back to modify the existing systems. To improve the current circumstances, the research project titled "Research on the Implementation of Smart Monitoring and Operation for Existing Detention Facilities in Buildings" was carried out by the Architecture and Building Research Institute, Ministry of the Interior in 2021. The project had completed the demonstration site selection. For the selected site, hardware and software selection and indoor testing of unit of hardware and system have been examined. But overall system planning including hardware and software, system layout and monitor at the selected site are not completed. In order to enhance the system integration, system stability and feasibility of regional implementation and promotion of the smart monitoring and operation system for storm water detention facilities in buildings in the future, the purpose of the project in this year is to develop a holistic approach for system planning and assess the effectiveness of the system. The results obtained by this research will provide as a corner stone to develop a smart storm water management in buildings and improve flood resilience in urban areas.

This research takes ten and half months. The contents of the research include planning the smart monitoring and operation system and effectiveness evaluation for the selected detention facility in the building. Based on the results of the 2021 project, the feasibility of smart monitoring and operation of field rainfall events and integration of management of ICT (Information and Communication Technology) platform for smart building will be examined. Furthermore, the storm water management benefits of community or regional scale system will also be evaluated. Recommendations for constructing smart monitoring systems for future communities and regional scale and connections with local government platform technology will be proposed. Also, future application and implementation strategies (bring into urban design review or green building certification, etc.) for installation of smart monitoring system will be discussed by widely invited communities. With the results of this project, the smart management system developed by this project will provide as the important reference and platform for local governments and for future urban storm water management.

## **2. Methodology and procedures**

Five research items are included and are listed as followings:

- Analysis, review and revise the current development of the smart monitoring operation system for storm water detention facilities in buildings.
- Research and planning of information integration of monitoring data and system evaluation with the ICT smart building platform.
- Assess the effectiveness of runoff mitigation for rainfall events and compare the differences between smart operation and traditional operation.
- Assess the storm water mitigation benefits of the smart monitoring and operation system for community-based.
- Assess and propose the system installation, connection platform for local governments and future implication and application for communities a/o regional scales.

## **3. Major findings**

- (1) Analysis, review and modification of the existing smart monitoring and operation systems for the storm water detention facilities in buildings

This project has analyzed the existing operation rules of monitoring system of the storm water detention facility in the case of public housing construction project in Guangci located in Taipei City. In accordance with the construction progress of the case, the smart storm water monitoring system has been established; the existing ICT smart building management platform for the selected case has been analyzed and reviewed; and the appropriate revisions, adjustments, repair and maintenance for the smart monitoring and operation system have been made. The detailed contents of the results are explained as followings:

- Analysis, review and modification of the existing smart monitoring and operation systems – review the operation of the on-site smart monitoring and operation system of the selected case including sensing equipment, control and data

transmission equipment, system host, the communication system lines and operations, repair and maintenance.

- The public housing construction progress, facilities and status—shortage of workers and construction materials at the beginning of this year has deeply affected the progress of the construction project. The installation of the storm water detention facilities and the central control center for the construction project had completed in middle of May this year. The acceptance and point delivery had finished in early June. The construction of the smart monitoring system of this project is coordinated with the construction schedule. This project has continuous tracking the construction progress and communicating and coordinating with the people in charge. Modifications of the smart storm water monitoring system are based on the factors of on-site drainage conditions, storm water detention facilities and construction site variations, etc.
  - The construction progress of the ICT smart building integration management platform— After the acceptance and point delivery had completed in early June, the ICT smart building working team has continued to set up and adjust the information platform and related host equipment on site. This project research team has actively discussed with the ICT smart building team and the property management unit on the issues related to the placement of the industrial computer host, network connection, line direction and follow-up information integration and connection methods at the site.
- (2) Integrate monitoring data and conduct information planning and system evaluation with the ICT smart building platform

The major components of the smart monitoring system are generally divided into four parts which include sensing, transmission and control, management and decision-making, and application. In this year, the communication link between the sensing, transmission and control, management and decision-making, and after the

construction of the case ICT smart building information management platform have been completed. Future research and development in the areas of function expansion, subsequent application or display projects and information sharing should be considered the factors of the requirements of the ICT smart building information management platform, data format and connection method and review the management and decision-making side of the smart monitoring system.

For considering the stability of the long-term operation of the system, the industrial computer has adopted; the Linux Ubuntu 20.04 has been used as the operating system; and the system has been built with Python programming language software. The major components of the API of the smart monitoring and management system platform is mainly divided into six modules: RS-485 Communication Module, Control Module, Decision Module, Data Module, Analysis Module and Transport Module. The host platform of smart monitoring and operation system is connected with the ICT smart building information integration platform through the Transport Module for information connection and technology integration which is connected by Ethernet and the ICT smart building. The information integration platform conducts testing task such as data reception and system evaluation and analysis.

- (3) Examine the existing storm water detention facilities and compare the effectiveness of storm water mitigation for rainfall events between smart monitoring operation and traditional operation systems

The traditional storm water detention facility of the selected case was pumped and drained system. It operated bases on the float-type liquid level gauge and water level. For smart monitoring operation system, it operated based on the real-time water level and the surplus space for detention facility which were calculated based on the inflow forecast to carry out smart decision-making operation.

The existing operation system of the detention facility for the selected case has been transformed into the smart monitoring and operation system. For comparison the

difference between the smart and the traditional systems in storm water mitigation, the measured rainfall data were used. The parameters of water level changes, runoff volume reduction and time period of pump operation were used. The results show that the storm water volume reduction rate was about 25% higher for smart system compared to that of traditional one. Time period of pumping for smart system was much less than that of traditional one which also had the benefits of energy saving and carbon emission reduction.

- (4) Establishment the information integration model of the ICT smart building platform and assessment the functional benefits of the smart monitoring and operation system for community-based

The management contents of the central control center of the selected case include electro-mechanics and energy management, information network system, indoor environmental quality system, parking control system, monitoring system, etc. Those systems are integrated into the ICT smart building information platform and will be transferred to the property management unit. The storm water detention facility is part of the water supply and drainage system. The platform provides the function of that system with warning signal when water level reaches the warning water level. Water level can be divided into normal water level and warning water level. The people in charge need to follow the warning signal and manually open and close or maintain the electric valve a/o the electromagnetic switch of the pump.

When the smart monitoring and operation system successfully integrated with the ICT smart building information platform, the function of the original manual operation mechanism will be reserved to respond the emergency condition. Therefore, the central control center will provide information including real-time water levels and pumping and drainage conditions of the detention facility. With these information, people in charge can soon determine whether the system is malfunction or not and asks for repairmen if needed. This will improve the efficiency of the property

management unit.

- (5) Recommendations for the planning, promotion and application of smart monitoring and operation system for the storm water detention facility at the community- or regional-scale in the future

At present, the monitoring and operation system for storm water detention facility developed by this project is for a single building. For the community or regional scale, three aspects should be considered: monitoring and communication equipment installation, system platform development and integration, and maintenance management planning. They will be discussed as followings:

- Monitoring and communication equipment installation – Before the planning and installation of hardware, the site conditions of the case should be considered. With the drainage plan at the construction site, the design content of detention facilities and drainage can be collected and analyzed. Then, the feasibility of equipment installation can be confirmed with the personnel in charge in the property management unit. For the detention facility of a new building, pipelines or trunking for communication equipment should be reserved during the construction period. For those existing buildings, a wireless communication method and combination of Internet Of Things (IOT) technology for communication link should be used because on-site communication line is difficulty to install.
- System platform development and integration – For the smart monitoring and operation system of storm water detention facility used in community or regional scale, the application and value-added benefits should be considered. It is recommended that existing platform should be expanded as cloud information integration platform system and then developed a joint manipulate strategies and carried out cloud computing and big data analysis for monitoring data. With great amount of data, the ability of the smart storm water management system can be

improved. Also the continuous reviewing and optimizing the forecasting models and systems for data transmission performance and stability, system flood control benefits, adaptive AI adjustment of decision-making programs, expansion of big data database, system functions and other related operations are needed.

- Maintenance and management plan – Development a comprehensive maintenance and management plan for storm water detention facilities is needed. At present, some local governments have formulated relevant laws and regulations but have not introduced the relevant content of smart monitoring and operation management concepts. In the future, a business operation model for smart monitoring and operation and management of storm water detention facilities should be developed.

#### **4. Major recommendation items**

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

##### **Recommendation 1**

Feasibility analysis of combination of smart monitoring and management for storm water detention facilities at buildings with legal system: immediate

Organizer: Architecture and Building Research Institute, MOI

Co-organizer: Construction and Planning Agency, MOI.; Water Resources Agency, MOE; Local governments.

For those newly constructed, renovated and expanded buildings, storm water detention facilities are required. But only limited local governments have issued a decree for maintenance, sending staff to inspect and penalty and fine for storm water detention facilities. Also management and operation of storm water detention facilities has not linked to owners of buildings or property management units. Therefore, the

proper management, operation and repairman of storm water detention facilities are generally ignored after storm water detention facilities are constructed. Hence, the expected benefits of storm water detention facilities cannot be achieved. For those reasons, it is recommended that smart monitoring and management system for storm water detention facilities at buildings should be include into legal system. With more field investigations, the key directions for amending the law will be obtained. In the meantime, more professional personals should be cultivated with those architect, hydraulic and other associated associations. This will provide as a corn stone for sustainable storm water management in the urban areas.

### **Recommendation 2**

Economics and Benefits analysis of smart monitoring and operation system for storm water detention facility at buildings: short- to middle- term

Organizer: Architecture and Building Research Institute, MOI

Co-organizer: Construction and Planning Agency, MOI

In the project, installation of the smart monitoring and operation system for storm water for detention facility and primary analysis for the smart control using rainfall data have completed. The system has also primary linked and shared data with the ICT smart building platform. The system can timely control the inflow condition, carry on smart drainage operations, improve the system's flood storage capacity, reduce the volume of runoff and achieve satisfied storm water management results. Due to COV-19 epidemic, construction for buildings and the smart operating system installation schedule were delayed. Therefore, implementation of short- to middle-term smart monitoring and analysis for the system for various rainfall events, system stability analysis of operation, as well as system management and repairman cannot be studied properly. In the short- to middle-run, the study and analyze the operation benefits of the system, system evaluation, operation and maintenance costs, etc. also need to be studied. They can provide as an important reference for implementing the smart management of storm water detention facility systems in buildings.



## 第一章 緒論

### 第一節 研究緣起與背景

#### 壹、研究緣起

面對氣候變遷造成短延時且強降雨之極端降雨事件增加，且因急劇都市化和街道化的發展，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超過保護基準之極端降雨事件，以傳統防洪工程手段已不足以因應，國內外相關部門與眾多研究針對如何減少都市洪患與提高建築物防災韌性等議題提出相關調適對策與解決方案。

目前國內持續推動建築物雨水貯集滯洪設施之建置，但多數建案設計依據法規所需進行容量配置，並僅以簡易起抽與停機水位的機械式泵浦進行調蓄，直觀認為可阻絕建築物發生積淹的情況；然在實際降雨時，多數建案未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。近年各縣市政府陸續推動雨水貯集滯洪設施的智慧化監控，但目前主要係將設施裝設監測設備，並進行數據資料與平台的整合，仍未對雨水貯集滯洪設施在降雨時期進行智慧預判的決策操作與其系統平台的資訊整合規劃。

本所 110 年度研究計畫「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」已完成智慧監控系統建置案例之遴選，針對建築物既有雨水貯集滯洪設施進行軟、硬體設備單元評選及系統運作初步測試；本年度擬延續前述計畫持續針對既有雨水貯集滯洪設施進行智慧監控系統建置與實際降雨事件智慧監控，針對系統的技術整合與其穩定性進一步探討，並考量未來落實區域性設置與智慧監控系統推廣研擬相關策略，可作為雨水貯集滯洪設施智慧化的系統操作、通訊技術結合、監測與維護等政策制定與實務設計之參考。

## 貳、研究背景

民國 101 年行政院經建會核定之「國家氣候變遷調適政策綱領」，提到氣候變遷使臺灣水資源領域所面臨的挑戰包括極端強降雨事件發生頻率增加而造成複合型災害風險提高，故內政部營建署於民國 102 年頒訂「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，係因應前述減少都市洪患之問題而訂定；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。經濟部水利署亦於民國 107 年中為因應氣候變遷及確保既有防洪設施功效，完成水利法修正新增「逕流分擔與出流管制」專章，並於民國 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，將藉由集水區內雨水貯集滯洪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。

然由於雨水貯集滯洪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，使得此時雨水貯集滯洪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，多數雨水貯集滯洪設施在建置後，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。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。

有鑑於前述針對如何降低都市洪患與提高建築物防災韌性以及國內外發展趨勢，建築物雨水貯集滯洪設施係為未來都市雨洪控制與管理的一個重要項目，增進雨水貯集滯洪設施對於都市防洪及管理層面之效益，與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(一)」作「建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控系統整體規劃與成效探

討」，透過本案智慧監控系統整體規劃與成效探討之成果，預期可為雨水貯集滯洪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 5 項研究內容，研究案之工作項目如下：

1. 建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控系統之現況分析與檢討修改。
2. 智慧監控數據彙整並與 ICT 智慧建築平台進行資訊整體規劃與系統評析。
3. 實際降雨事件逕流抑制成效探討，並比較智慧排洪與傳統機械式排洪之差異。
4. 研析智慧監控系統對於社區整合調控之功能效益。
5. 研提未來社區或區域性尺度系統建置與地方政府平台技術銜接，以及未來推廣應用之建議。

以下則依據工作項目分述採用之研究方法：

### 壹、建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控系統之現況分析與檢討修改

針對本計畫所遴選的建築物案例之雨水貯集滯洪設施智慧監控系統的運作現況進行分析，並持續追蹤案例的興建進度，以及該案 ICT 智慧建築管理平台架設等現況進行分析與檢討，並針對智慧監控系統進行妥適的修改與調校，以及修繕與維護等工作，其內容概述如下：

1. 智慧監控系統現況分析與檢討修改—檢視案例現場智慧監控系統包括感測設備、控制與數據傳輸設備、決策主機等運作情況，並針對現場情況與系統穩定性進行初步調校與修繕維護等工作，其各項設備內容如后說明。

#### (1) 感測設備

該建案原已於雨水貯集滯洪設施裝設 FS 液位控制器、入流管的電磁閥及泵浦等設備，而本案智慧監控系統另針對水位與放流量進行監測，分別增設沉水式壓力水位計與夾管式超音波流量計，如圖 1-1 所示，將檢視現況監測值數據的準確性並進行校正、維護與修繕等工作。



(a) 沉水式壓力水位計



(b) 夾管式超音波流量計

圖 1-1 雨水貯集滯洪設施智慧監控系統之感測設備

(資料來源：本研究蒐集彙整)

## (2) 控制與數據傳輸設備

為區分該建案原系統與本計畫案的智慧監控系統，於既有控制箱側另增設雨水檢測箱，其中包含各感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既有控制箱中的繼電器，以進行泵浦操控；數據傳輸設備係作為連結感測設備與雨水檢測箱，以及雨水檢測箱與中央監控室之間的數據訊號傳輸的電纜，其連結示意如圖 1-2 所示。

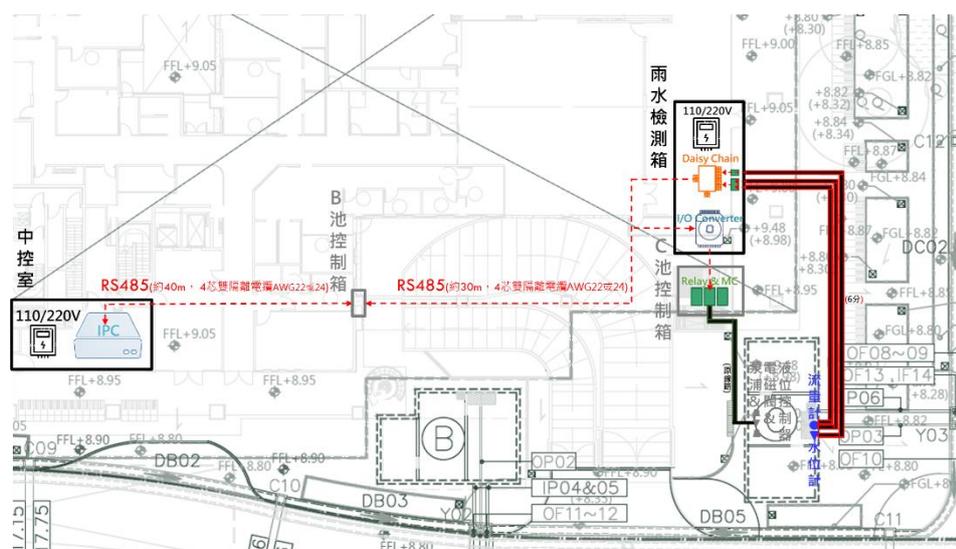


圖 1-2 雨水貯集滯洪設施智慧監控系統之控制與數據傳輸設備連結位置圖

(資料來源：本研究蒐集彙整)

### (3) 決策主機

智慧監控系統的決策主機設置於該建案的中央監控室內，其即為後續 ICT 智慧建築管理平台機房的設置地點；本決策主機為求系統穩定性選用工業級運算電腦(IPC)，如圖 1-3 所示，本計畫將持續檢視決策主機系統運作的情況，並針對後續系統擴充與整合等工作進行規劃。



圖 1-3 兩水貯集滯洪設施智慧監控系統之決策主機  
(資料來源：本研究蒐集彙整)

2. 案例興建進度、設施與基地場域現況—擬將持續追蹤本計畫所遴選案例之興建進度，分析現場排水情況、滯洪設施與基地場域是否變動、有無發生溢淹情況等，並進行智慧監控系統調整。
3. ICT 智慧建築整合管理平台架設情況—考量該建案後續 ICT 智慧建築管理平台的數據監控項目與通訊連結的情況，本計畫將與承包廠商進行多次諮商與討論，彙整相關資料並謀求技術性整合的方向。

## 貳、智慧監控數據彙整並與 ICT 智慧建築平台進行資訊整體規劃與系統評析

針對該建案原規劃的 ICT 智慧建築工作項目，可分為「監控系統」與「ICT 設備系統」兩個部分，而雨水貯集滯洪設施為「監控系統」中給排水項目其中之一；在各機電訊號接收後，將傳輸至各棟的中央監控室，由物業管理單位進行數據或畫面監控，其數據訊號將同步傳輸至 ICT 智慧建築整合管理平台與園區物業管理跨平台系統中，如圖 1-4 所示。

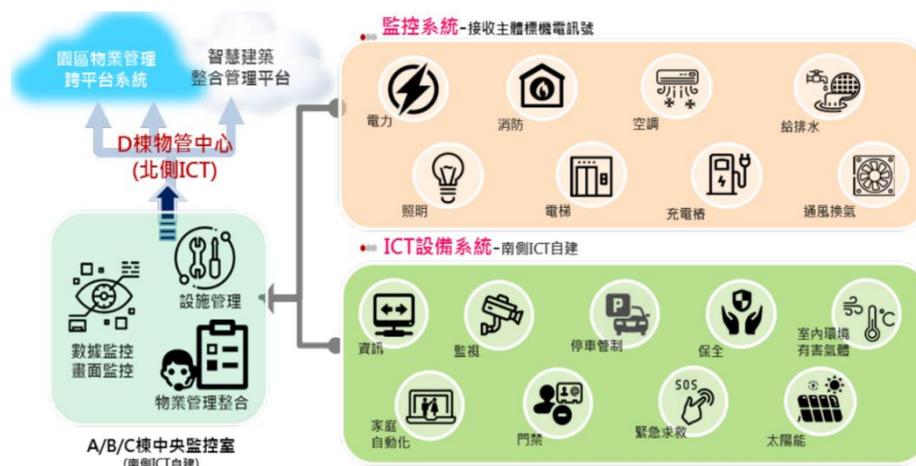


圖 1-4 ICT 智慧建築整合管理平台內容架構  
(資料來源：本研究蒐集彙整)

本年度將針對建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控系統進行整體架構規劃，初步將智慧監控系統架構由下而上分為感測端、傳輸與控制端、管理與決策端及網路與應用端四個部分，如圖 1-5 所示，簡易說明如下：

1. 感測端—係利用有線傳輸或感測區域網路的天線與無線存取感測設備，並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控制，能有效的立即進行泵浦抽、排水之操作。
2. 傳輸與控制端—主要透過通訊技術將感測資訊傳遞至控制設備、後端主機或應用設備上，亦可用於獲取其他相關數據資訊，其傳輸過程包括感測端數據接收格式的轉換、串接以及現場控制的相關設備。
3. 管理與決策端—智慧監控系統的決策與資料數據管理核心，可為現場電腦主機或直接、間接為雲端網路平台型式，發出感測數據的讀取指令、決策運算、以及指令信息，並結合各種數據資料分析技術及進行各系統之間的重新整合。
4. 網路與應用端—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。

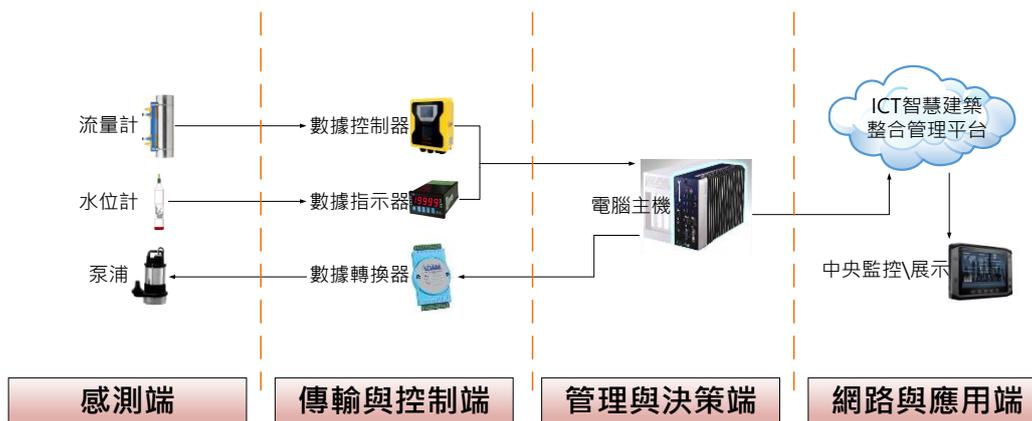


圖 1-5 建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控系統規劃架構示意圖  
(資料來源：本研究團隊繪製)

### 參、實際降雨事件逕流抑制成效探討，並比較智慧排洪與傳統機械式排洪之差異

本計畫所遴選案例的原雨水貯集滯洪設施係以傳統機械式的排洪方式，其運作流程即在水位上升至 0.4 m 起抽水水位時，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，其運作機制如圖 1-6 所示。本計畫的智慧監控系統改變原起抽水位的設定，改由智慧決策系統判斷抽水機制，將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。智慧監控系統仍保留原停機水位與電動閥開啟的控制機制，作為防止設施發生溢流與系統誤判的保險措施，其運作機制如圖 1-7 所示。

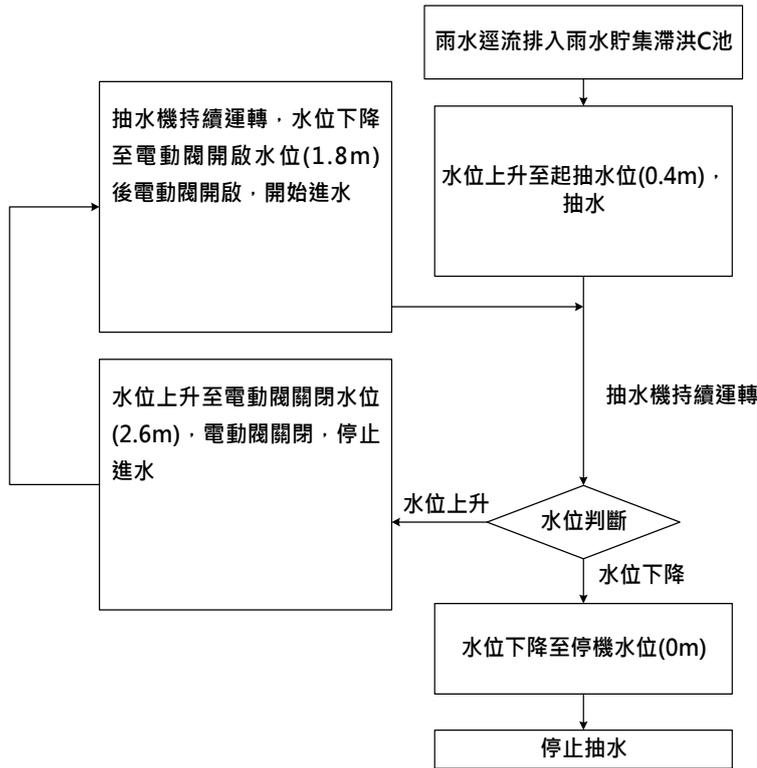


圖 1-6 雨水貯集滯洪設施傳統機械式排洪機制流程圖  
(資料來源：本研究蒐集彙整)

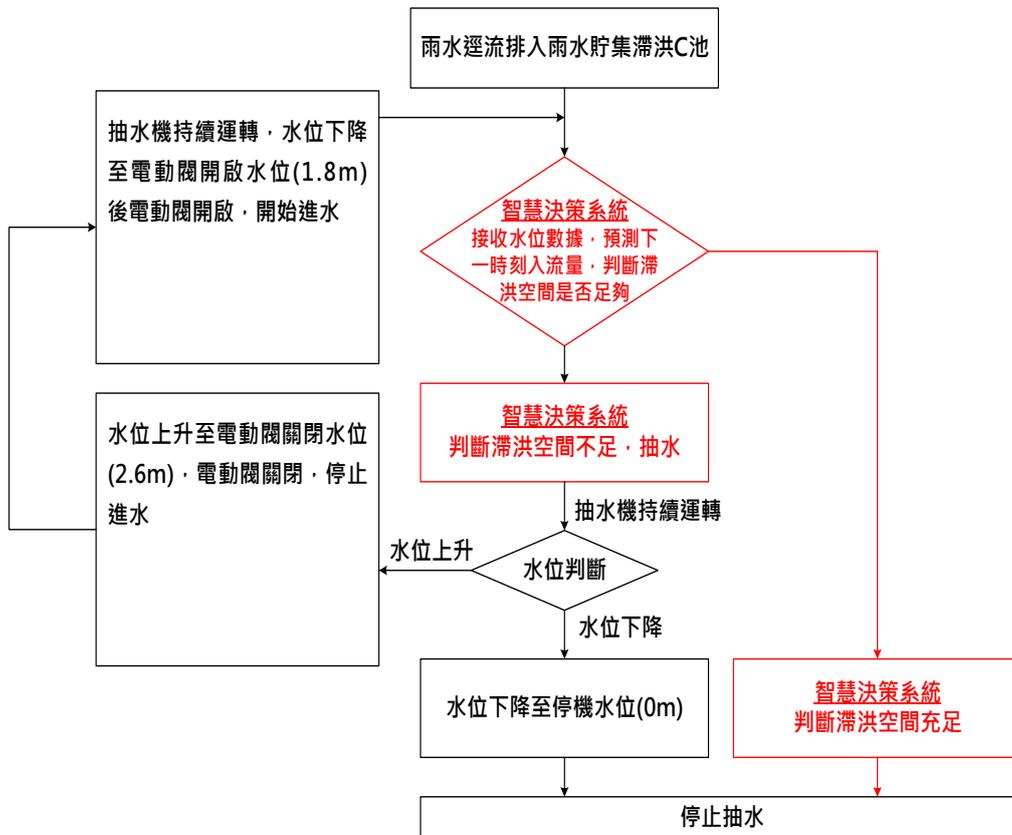


圖 1-7 雨水貯集滯洪設施智慧監控系統排洪機制流程圖  
(資料來源：本研究蒐集彙整)

#### **肆、研析智慧監控系統對於社區整合調控之功能效益**

藉本計畫雨水貯集滯洪設施智慧監控系統整合 ICT 智慧建築管理平台後，將針對雨水貯集滯洪設施的實際降雨事件智慧監控對於社區物業管理上的優點或需要精進的部分，以及其系統的功能效益進行研析探討，進而擬針對未來雨水貯集滯洪設施智慧監控系統對於社區性設置與整合調控進行初步的可行性分析。

#### **伍、研提未來社區或區域性尺度系統建置與地方政府平台技術銜接，以及未來推廣應用之建議**

透過本計畫成果，預期可獲得比原傳統機械式排洪更好的雨洪控管能力，擬將針對社區或區域性尺度雨水貯集滯洪設施之智慧監控系統進行建置規劃，研提社區或區域性尺度系統整合平台之技術銜接項目所需的技術協助與政策助力等，並藉專家學者座談會針對本計畫智慧監控系統對於未來推廣應用上研擬相關建議，以增加後續社區或區域性尺度推廣或與物業管理服務結合應用之利基。

依據工作項目與內容，本計畫之研究步驟如下圖 1-8 所示。

執行計畫流程



圖 1-8 研究流程圖

(資料來源：本計畫成果)

本年度研究進度甘特圖如圖 1-9 所示。

月	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
建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控系統之現況分析與檢討修改											
建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控系統整體規劃與系統評析											
智慧監控系統與 ICT 智慧建築資訊平台數據連結與技術整合											
期中報告撰寫 (6/30 前繳交)											
實際降雨事件監控數據彙整與逕流抑制成效探討											
智慧排洪與傳統機械式排洪之差異比較											
研析智慧監控系統對於社區整合調控之功能效益											
研提未來社區或區域性尺度系統建置與地方政府平台技術銜接，以及未來推廣應用之建議											
召開座談會											
期末報告撰寫 (10/14 前繳交)											
資料蒐集分析報告修訂及定稿 (12/9 前繳交)											
預定進度 (累積數)	6 %	11%	22%	31%	39%	47%	61%	78%	92%	100%	

圖 1-9 研究進度甘特圖

(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，本計畫完成建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控系統之現況分析與檢討修改，並針對智慧監控系統進行規劃與系統評析，以及與 ICT 團隊進行智慧監控系統與 ICT 智慧建築資訊平台數據連結與技術整合之討論，完成初步完成智慧排洪與傳統機械式排洪之差異比較與未來社區或區域性尺度系統建置與地方政府平台技術銜接，以及未來推廣應用建議之研提。本計畫工作執行成果概略如下：

- 完成建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控系統之現況分析與檢討修改；
- 完成智慧監控系統設備維護、通訊線路設置與修繕等工作；
- 完成智慧監控主機測試與程式調校及系統調控之研析；
- 完成智慧監控系統規劃與系統評析；
- 完成智慧監控系統與 ICT 智慧建築資訊平台數據連結測試；
- 初步完成實際降雨事件監控數據彙整與逕流抑制成效探討；
- 初步完成智慧排洪與傳統機械式排洪之差異比較；
- 完成研提未來社區或區域性尺度系統建置與地方政府平台技術銜接，以及未來推廣應用之建議。

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 建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控系統程式開發 與案例現況分析

本章節首先針對建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控管理之研究目標與系統開發內容，以及本計畫選擇的實地裝設案例之基本資料進行相關說明，進而針對智慧監控系統實地案例之現況進行分析，茲分述如后。

### 第一節 建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控管理系統之程式開發

由於以往建築物設置雨水貯集滯洪設施之排水機制，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，以簡易機械式的判斷來進行滯洪抽排，如圖 2-1(a)示意。致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，多數滯洪設施未設置監測相關設備，故無法即時了解系統運作情況且增加後續維護管理上的困難，亦無法對系統的數據資料進行蒐集、檢討與反饋。

因此，希望透過通訊技術與智慧管理工具導入雨水貯集滯洪設施，藉智慧監控管理系統的開發進而改造原排水機制，使其能先透過短時距的降雨量預測或入流量預測與即時水位等參數，判斷設施內部盈餘的滯洪空間而進行智慧排水操控，係考量實際降雨型態與滯洪空間作為排水依據；不同於原排水機制係以泵浦需求而設計，以泵浦單次運行時程與運行所需最低水位而設定兩個水位判斷點(起抽水水位、停機水位)進行開啟或關閉，而是透過智慧監控管理系統之程式決策運算後進行泵浦的啟閉，如圖 2-1(b)示意。

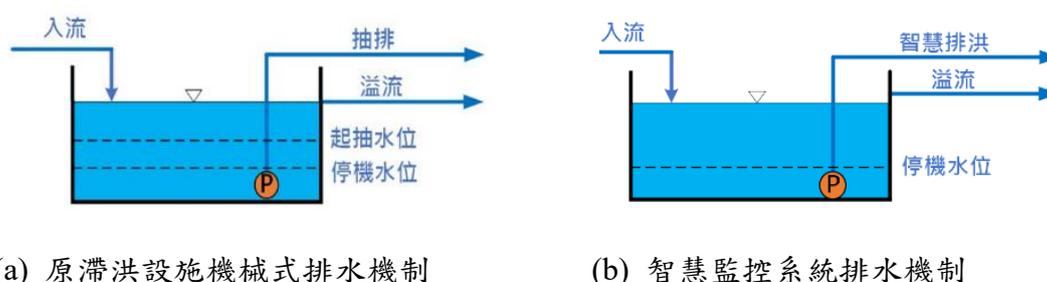


圖 2-1 建築物雨水貯集滯洪設施原排水機制(a)與智慧排水機制(b)示意圖  
(資料來源：本研究團隊繪製)

## 一、智慧監控管理系統之研究目標

透過既有建築物雨水貯集滯洪設施設置智慧監控系統，望能提升原滯洪設施之功能效益，獲得提升滯洪能力、永續利用、節能減碳及 ICT (Information and Communications Technology) 運維等四大目標，如圖 2-2 示意。

- 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。
- ICT 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。



圖 2-2 建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控系統之研究目標

(資料來源：本研究團隊繪製)

## 二、智慧監控管理系統之程式開發

本計畫智慧監控管理系統之決策程式開發係透過 Matlab R2022a 應用軟體進

行撰寫，本系統開發將透過即時降雨量數據  $I(t)$  與即時水位數據  $L(t)$  的接收進行滯洪設施的主要決策參數，將在每 10 ~ 15 分鐘進行一次數據擷取並進行系統運算與決策；接收即時降雨量數據  $I(t)$  後，將透過灰色理論預測模型運算而獲得下一時刻的預測降雨量  $I_f(t)$ ，並轉換為預測入流量  $Q_{fin}(t)$ ，進而與即時水位數據  $L(t)$  進行決策與泵浦啟閉調控，使雨水貯集滯洪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洪設施內的剩餘空間時，便將開啟泵浦進行排水操作；如判斷滯洪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，進而達到雨水貯集滯洪設施智慧監控之目的，其決策流程如圖 2-3 所示。

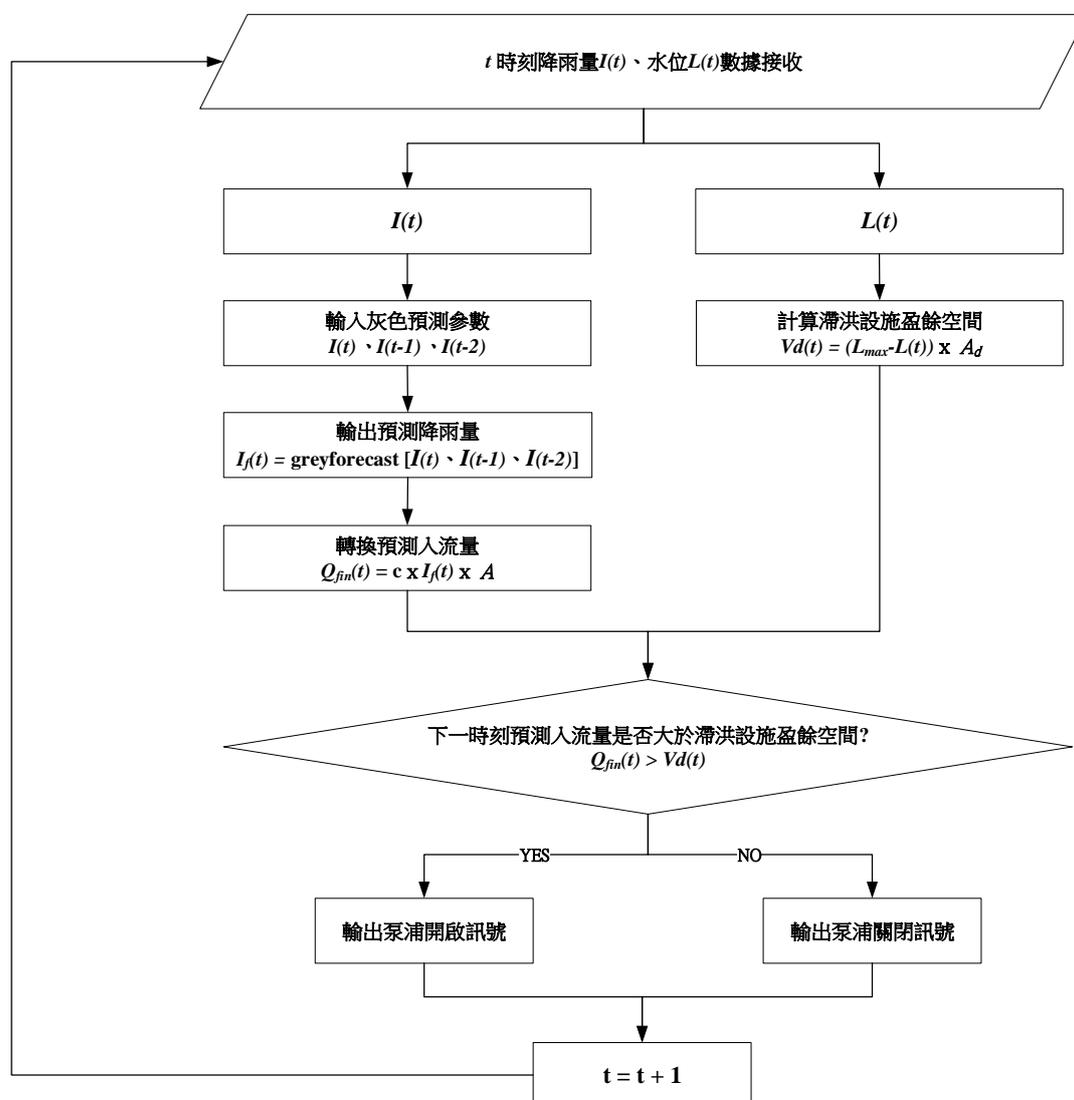


圖 2-3 建築物雨水貯集滯洪設施之智慧監控管理系統決策流程圖

(資料來源：本研究團隊繪製)

本程式針對雨水貯集滯洪設施內的水量連續變化情形，將忽略雨水貯集滯洪設施設施的蒸發損失，如圖 2-4 示意，其連續方程式可表示為：

$$s(t) = s(t - 1) + Q_{in}(t) - Q_{out}(t) \quad (2-1)$$

其中，

$s(t)$ ：t 時刻雨水貯集滯洪設施之水量，可透過 t 時刻水位  $L(t)$  乘上設施底面積  $A_d$  求得( $m^3$ )；

$s(t - 1)$ ：前一時刻雨水貯集滯洪設施之水量( $m^3$ )；

$Q_{in}(t)$ ：t 時刻入流量( $m^3$ )；

$Q_{out}(t)$ ：t 時刻出流量( $m^3$ )。

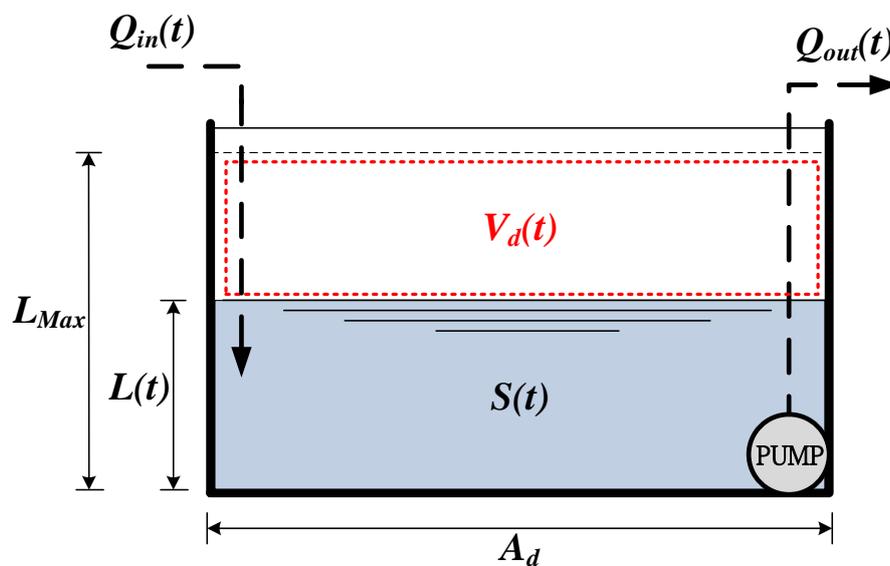


圖 2-4 建築物雨水貯集滯洪設施內部水平衡示意圖  
(資料來源：本研究團隊繪製)

在 t 時刻雨水貯集滯洪設施內盈餘的滯洪空間  $V_d(t)$  可表示為：

$$V_d(t) = [L_{Max} - L(t)] \times A_d \quad (2-2)$$

其中，

$V_d(t)$ ：t 時刻雨水貯集滯洪設施內盈餘的滯洪空間( $m^3$ )；

$L_{Max}$ ：雨水貯集滯洪設施容許的最高水位(m)；

$L(t)$ ： $t$  時刻雨水貯集滯洪設施的即時水位(m)；

$A_d$ ：雨水貯集滯洪設施底面積( $m^2$ )。

針對降雨量預測模型係運用灰色預測理論，預測降雨量  $I_f(t)$  係透過即時降雨量數據  $I(t)$  與前兩筆數據  $I(t-1)$ 、 $I(t-2)$ ，共三時距的觀測值，輸入灰色理論預測模型而求得預測值，如圖 2-5 示意。

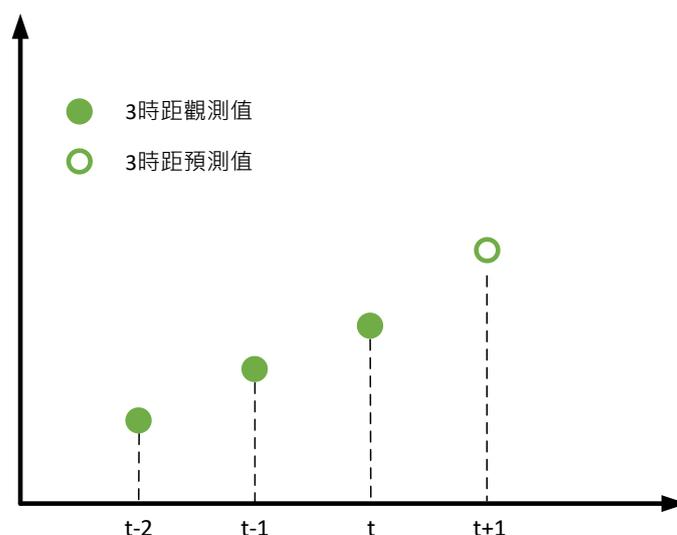


圖 2-5 灰色理論預測模型示意圖

(資料來源：本研究蒐集彙整)

灰色理論主要係將各筆觀測數據累加生成數列後，建立灰微分方程式，進而推算其灰色參數及預測方程式，即可運算求得下一時刻的預測降雨量，其灰色預測理論模型建立步驟如下：

(1) 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，在降雨量預測時可將其視為雨水貯集滯洪設施的降雨量監測數據，表示如下：

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

一次累加生成數列  $x^{(1)}(t)$  為

$$x^{(1)}(t) = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), x^{(1)}(t) \dots \dots x^{(1)}(t)) \quad (2-4)$$

$$x^{(1)}(t) = \sum_{k=1}^t x^{(0)}(k) \quad (2-5)$$

其中，

$x^{(0)}(t)$ ：t 時刻降雨量；

$x^{(1)}(t)$ ： $x^{(0)}(t)$  一次累加生成的數列。

## (2) 建立灰微分方程式

灰色預測理論模型縮寫為 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：

$$\frac{dx^{(1)}(t)}{dt} + ax^{(1)}(t) = b \quad (2-6)$$

其中，

a、b 為灰色參數。

## (3) 灰差分方程式轉換

透過本開發程式將運前述(2-6)一階灰微分方程式進行推算求解為灰差分方程式，如下式說明：

先將灰色導數與灰色參數白化，單位時距取  $\Delta t = 1$ ，則

$$\left. \frac{dx^{(1)}(t)}{dt} \right|_{t=k} = \lim_{\Delta t \rightarrow 1} \frac{x^{(1)}(k) - x^{(1)}(k - \Delta t)}{\Delta t} = x^{(1)}(k) - x^{(1)}(k - 1) = x^{(0)}(k) \quad (2-7)$$

累積數列  $z^{(1)}(k)$  之平均值可表示為

$$x^{(1)}(t)|_{t=k} = z^{(1)}(t) = 0.5 \times (x^{(1)}(k) + x^{(1)}(k - 1)) \quad \forall k = 2, 3, \dots, n \quad (2-8)$$

故可將(2-6)式透過(2-7)、(2-8)式轉換成

$$x^{(0)}(k) + a \cdot z^{(1)}(k) = b \quad (2-9)$$

由上式可知，(2-6)式與(2-9)式之對應關係如下：

$$\begin{cases} \frac{dx^{(1)}(t)}{dt} \Rightarrow x^{(0)}(t) \\ x^{(1)}(t) \Rightarrow z^{(1)}(t) \end{cases} \quad (2-10)$$

#### (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

$$D = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ x^{(0)}(4) \\ \vdots \\ x^{(0)}(n) \end{bmatrix}, E = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ -z^{(1)}(4) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix}, \text{grey\_C} = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \quad (2-11)$$

式中，D、E 為數據矩陣，grey\_C 為灰色參數列。

將(2-11)式以矩陣型態表示成

$$D = E \cdot \text{grey\_C} \quad (2-12)$$

以最小二乘法求解(2-12)式之灰色參數列

$$\text{grey\_C} = (E^T E)^{-1} E^T D \quad (2-13)$$

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

#### (5) 建立預測方程式

參數 a、b 求出後，帶回前述(2-6)式，求得其通解，可表示為

$$x^{(1)}(k+1) = \left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a}\right) e^{-ak} + \frac{b}{a} \quad (2-14)$$

(2-14)式即為累積降雨量的預測值，利用 $x^{(1)}$ 做後項差分還原成 $x^{(0)}$ ，即得預

測值如下

$$x^{(0)}(k+1) = x^{(1)}(k+1) - x^{(1)}(k) \quad (2-15)$$

藉灰色預測理論求得 $x^{(0)}(k+1)$ ，即為程式中下一時刻的預測降雨量 $I_f(t)$ ，進而將其透過下式轉換為下一時刻的預測入流量 $Q_{fin}(t)$ ：

$$Q_{fin}(t) = c \times I_f(t) \times A \quad (2-16)$$

其中，

$Q_{fin}(t)$ ：t 時刻預測下一時刻之入流量( $m^3$ )；

$c$ ：逕流係數；

$I_f(t)$ ：t 時刻預測下一時刻之降雨量(mm)；

$A$ ：集雨面積( $m^2$ )。

最後將(2-2)式與(2-16)式透過以下判斷式進行泵浦啟閉之決策：

$$Q_{fin}(t) > V_d(t) \quad , \quad \text{輸出泵浦開啟訊號} \quad (2-17)$$

$$Q_{fin}(t) \leq V_d(t) \quad , \quad \text{輸出泵浦關閉訊號} \quad (2-18)$$

## 第二節 智慧監控系統實地裝設案例之基本資料說明

繼 110 年度內政部建築研究所「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」計畫之案例遴選以公有建築為主，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。考量三個案例進行比較分析，分別為台北市政府都發局《台北市公共住宅智慧化》的台北市信義區某社會住宅興建安、桃園市政府水務局《水利防災出流管制計畫》的桃園市桃園區某廠房興建工程、以及高雄市政府工務局《高雄厝智慧雲補助計畫》的高雄市大樹區某公家機關建築，其比較成

果彙整如表 2-1 所示。最終遴選台北市信義區某公宅興建案作為本計畫示範案場，因其為公有建築又鄰近本團隊工作室，且滯洪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，更因其合作意願高並願意提供相關技術性協助與相關資料，其滯洪設施、控制箱、中央控制室等規劃明確且相關設施結構單純，故裝設、操作與維護上較為容易。

表 2-1 建築物雨水貯集滯洪設施案例彙整比較表

案例名稱	台北市信義區某公宅興建案	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
主管機關	台北市政府都發局	桃園市政府水務局	高雄市政府工務局
計畫名稱	社會住宅興辦計畫&台北市公共住宅智慧化	水利防災出流管制計畫	高雄厝智慧雲補助計畫
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：本研究蒐集彙整)

綜整前述討論，智慧監控系統的實地裝設之示範案例為台北市信義區某公宅興建案，其自 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 2-6 所示。同時自 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，且具備公共住宅社區雲端系統整合平台，而針對該案 ICT 智慧建築平台已將雨水貯集滯洪設施列為給排水的監測項目之一，更利於後續資訊整合，如圖 2-7 示意。

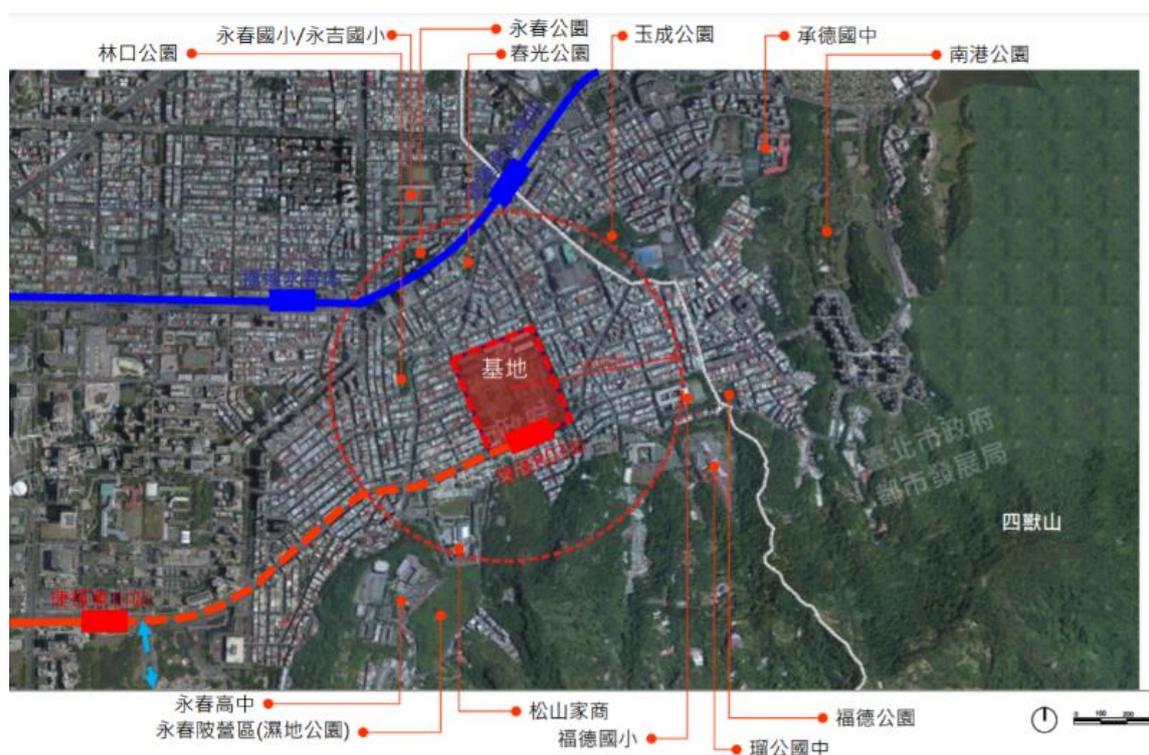


圖 2-6 台北市信義區某社會住宅地理位置圖  
(資料來源：台北市政府都市發展局，2019)

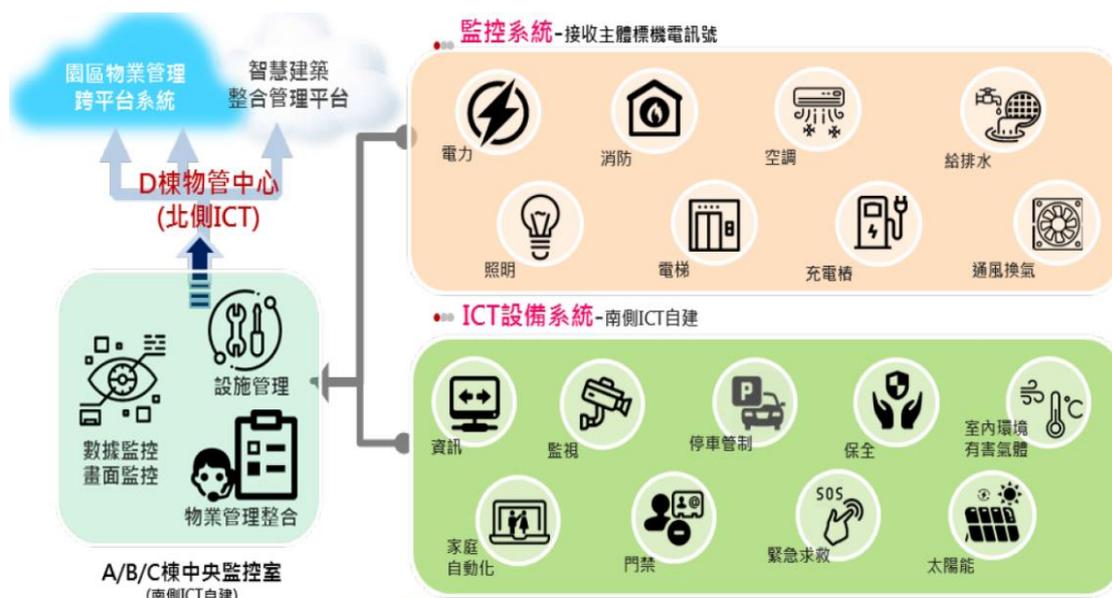


圖 2-7 台北市信義區某社會住宅之 ICT 智慧建築平台監測項目示意圖

(資料來源：台北市政府都市發展局，2020)

台北市信義區某公宅興建案分成 A 標、B 標、C 標、D 標、E 標，共 5 標，而本案選擇近期內可完工的 E 標建案，其包含 A、B、C 三池滯洪設施，考量三者集水範圍、匯流井與排水溝等相關外在影響因素，以及各滯洪設施在不同容量與進水管路配置的情況及設施蓄滿與排空時間；由於滯洪 C 池之集水範圍較小、雨水排水溝單向匯流且為單一進水管路等因素，能減少逕流體積評估上的誤差，並因滯洪 C 池蓄滿所需時間較長且進出水量比值較小，更能凸顯智慧監控系統之成效，故本案遴選該建築物的 C 池滯洪設施作為本案智慧監控系統實地示範裝設，其雨水貯集滯洪設施與排水系統平面設計如圖 2-8 所示。

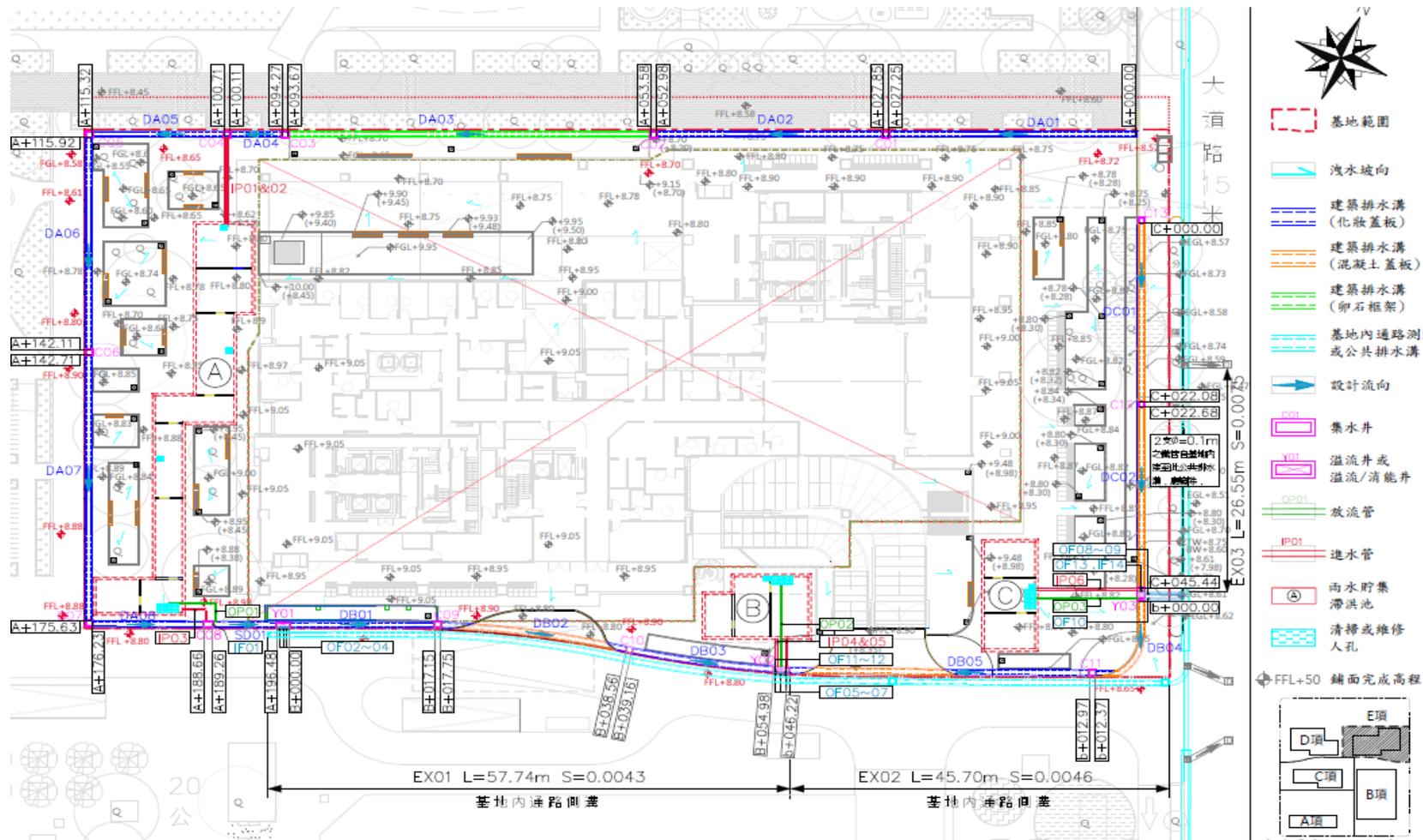


圖 2-8 台北市信義區某公宅興建案 E 標雨水貯集滯洪設施與排水系統平面設計圖

(資料來源：台北市政府都市發展局，2017)

本計畫遴選的雨水貯集滯洪設施 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，參照圖 2-8 所示，係由 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，其他有關雨水貯集滯洪設施 C 池之資料，可參考表 2-2，其滯洪設施 C 池之平面與剖面圖如圖 2-9 所示。為預防發生設施滿水溢淹的情況，滯洪設施於進水處設置電動閥開關，其上方設有維修人孔，並於旁側設計泵浦出口筏箱，110 年現場照片如圖 2-10 所示。

表 2-2 台北市信義區某公宅興建安 E 標滯洪設施 C 池基本資料彙整表

滯洪設施 C 池面積		73.92 m <sup>2</sup>
滯洪設施 C 池貯集水深		2.2 m
滯洪設施 C 池容量		162.62 m <sup>3</sup>
控制中心(機房) 距離		約 110 m
集雨面積(編號)		1445.17 m <sup>2</sup> (C1~C2)
匯流井與排水溝		Y03 溢流井 北側排水溝(DC01~DC02)
滯洪池入流	進水管編號	IP06
	進水量	0.0605 cms
	蓄滿所需時間	7325.41 sec
滯洪池出流	放流管編號	OP03
	抽水量	0.0383 cms
	滿水位排空時間	70.72 sec
進出水量比		1.57 : 1

(資料來源：本研究蒐集彙整)

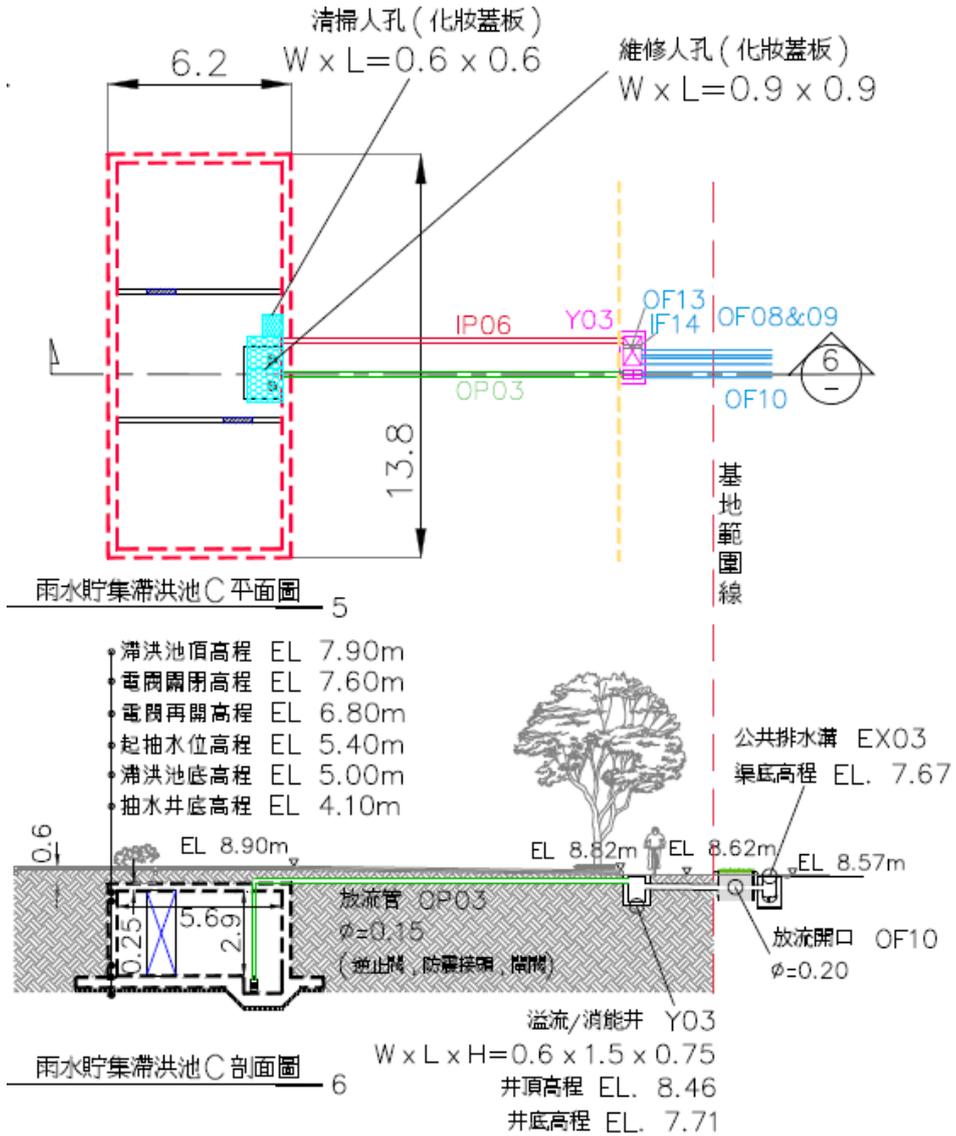


圖 2-9 台北市信義區某公宅興建案 E 標滯洪設施 C 池平面與剖面圖

(資料來源：台北市政府都市發展局，2017)



圖 2-10 台北市信義區某公宅興建案 E 標滯洪設施 C 池筏箱 110 年現場照片

(資料來源：本研究蒐集彙整)

雨水貯集滯洪設施 C 池的原排洪機制的設計，係於設施內部設置浮球式水位計開關，其採用微動開關作為接點，以浮球為中心隨水位上升、下降之角度變化，當水平面與上揚或下擺超過一定角度時，內部鋼珠將隨角度上下作動而輸出 ON 或 OFF 接點訊號，達到泵浦及電動閥啟閉的作用，如圖 2-11 示意，其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。

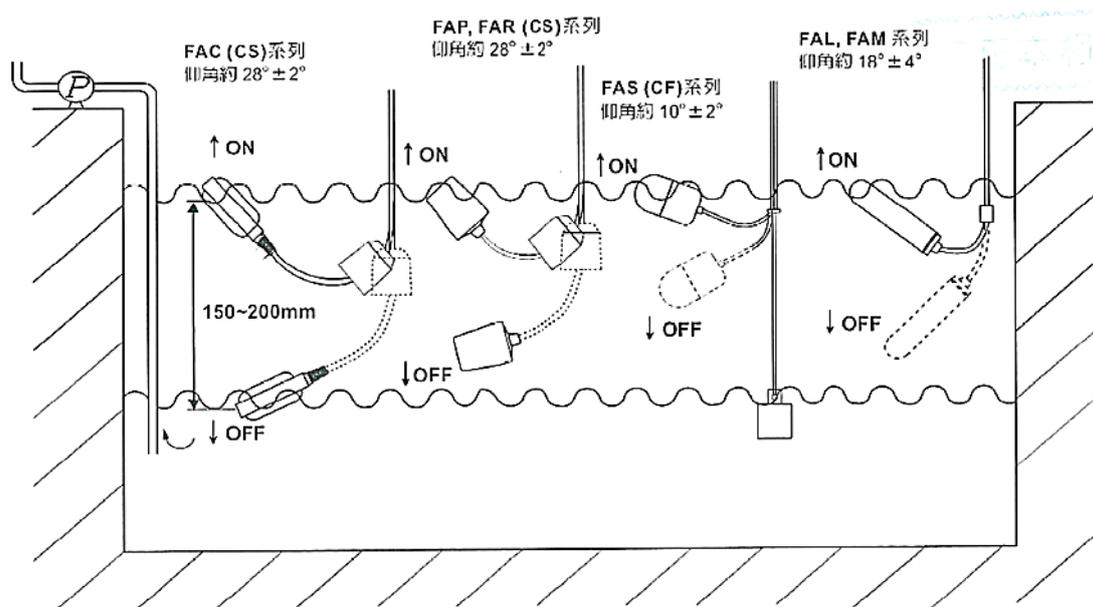


圖 2-11 台北市信義區某公宅興建案 E 標滯洪設施 C 池之浮球式水位計示意圖  
(資料來源：本研究蒐集彙整)

### 第三節 智慧監控系統現況分析與實地案例設置

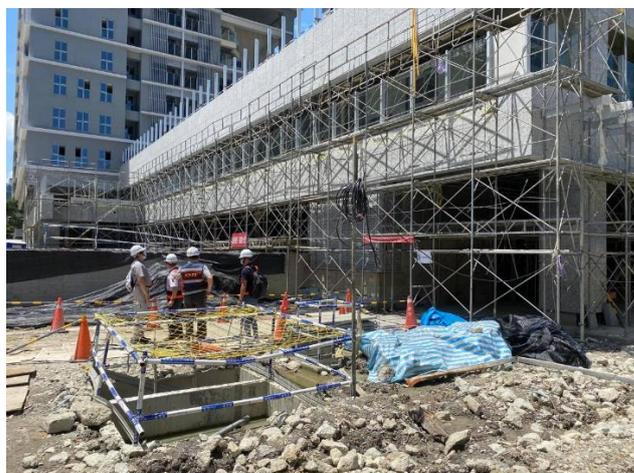
本章第一、二節針對智慧監控系統開發與實地案例基本資料說明後，本節將針對案例現況進行分析並針對現場設備裝設之情況進行說明，進而針對監控設備型式與裝設成果相關內容進行說明，作為後續建築物雨水滯洪設施智慧監控系統整體規劃之參考。

## 一、智慧監控系統實地案例現況分析與設備裝設

本案例智慧監控系統實地裝設案例選擇在台北市信義區某公宅興建案 E 標的滯洪設施 C 池，然去年度受嚴重特殊傳染性肺炎疫情與土木建築缺工、缺料之影響，導致原訂去年 10 月完工之工期延宕，至今 6 月初尚完成部分驗收與點交作業，故去年度僅針對前述硬體設備的測試作業並未完成整體系統的安裝與資訊鏈結，今年度將陸續針對本案智慧監控系統相關硬體設備與通訊線路進行建置，進而完成與 ICT 智慧建築平台的資訊技術整合以及實際降雨事件智慧監控成效探討，以下將針對本案例的滯洪設施 C 池、智慧監控系統控制箱與中央控制中心進行現況分析，說明如后。

(1) 滯洪設施 C 池—已完成設施槽體、泵浦、進流與放流管路之建置，以及滯洪池上方的化妝蓋板與其他附屬設施，如：觀測井、進流管電動筏箱、泵浦出口筏箱、集水井與相應排水溝等。

- 本研究團隊已完成多次現場勘查，並已完成監測設備(水位計、流量計)之安裝；惟數據線路佈設施時，滯洪設施 C 池連結本案控制箱之間的預留線路，因施工期間工班更換而導致本系統預留線路被其他線路占線，使得滯洪設施已無多餘的線路可用，經本研究團隊與案例負責人多次協商研擬解決方案，最後案例負責人聯繫現場施工人員另為本團隊鑽鑿管路並協助接線，使本案仍可完成數據通訊的傳輸，其滯洪設施 C 池去年與今年的現況如圖 2-12 示意。
- 由於目前建案 E 標滯洪設施 C 池現場已解除工地圍欄且開放路人行走，故現場監測設備裝設在開啟化妝蓋板後，四周將放置三角錐、施工圍柵並指定專責人員指揮，以為維護周邊安全，如圖 2-13 所示；進入滯洪設施安裝前，遵循施工規範於現場設置抽排風設備及工作人員攜帶氣體探測器，以防內部換氣不足或空污而造成危險，如圖 2-14 所示。



(a) 110 年



(b) 現況

圖 2-12 台北市信義區某公宅興建安 E 標滯洪設施 C 池現況  
(資料來源：本研究團隊拍攝)



圖 2-13 監測設備裝設作業之安全圍柵設置  
(資料來源：本研究團隊拍攝)



圖 2-14 監測設備裝設作業之抽排風設備與氣體探測器  
(資料來源：本研究團隊拍攝)

- (2) 智慧監控系統控制箱—本計畫監測設備的控制器或主機以及 I/O 轉換器皆於控制箱中進行設置，此控制箱係去年特別與建案負責人要求訂製，並由該案的統包進行製作與裝設；因該統包商受缺工缺料的影響，致使今年 5 月中才完成該建案 E 標建築的控制箱裝設(含本案控制箱)，並於 6 月初完成驗收與點交。本案智慧監控系統控制箱設計內容如預期相同，內部安裝洞洞網便於本案設備裝設，且預留管路與水線連通至中央控制中心，以及箱體鑿孔以便本案系統透過線路與左側原控制箱的繼電器進行連結，其滯洪設施 C 池之控制箱去年與今年的現況如圖 2-15 示意。

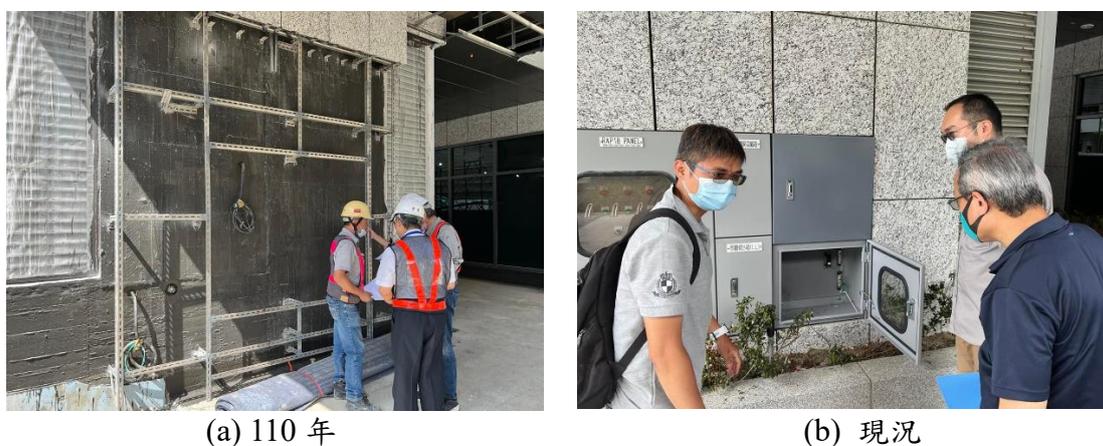


圖 2-15 台北市信義區某公宅興建案 E 標滯洪設施 C 池之控制箱現況  
(資料來源：本研究團隊拍攝)

- (3) 中央控制中心—目前台北市信義區某公宅興建案 E 標案的中央控制中心相關設備皆以設置完畢，而 ICT 智慧建築資訊平台與相關主機設備，仍由 ICT 智慧建築團隊持續在現場設定與調校；本研究團隊於滯洪設施通訊線路建置期間，於此積極與 ICT 智慧建築團隊及物業管理單位針對本案工業電腦主機放置位置、網路連接、線路走向與後續資訊整合連結方式等相關議題進行討論，其台北市信義區某公宅興建案 E 標之中央控制中心去年與今年的現況如圖 2-16 示意。



圖 2-16 台北市信義區某公宅興建安 E 標之中央控制中心現況  
(資料來源：本研究團隊拍攝)

## 二、監控設備架設成果

本案例滯洪設施為落實智慧監控管理，所需監測的決策參數除現地已具備的硬體設備(如：泵浦、電動閘、管路等)，尚需設置雨量計、水位計及流量計等監測設備；然在去年經多次的實地現場評估而決定排除裝設雨量計的方案，故監測設備將僅針對水位計與流量計進行裝設。

由於原定透過雨量計監測即時降雨量數據並考量集雨面積與逕流係數，進而評估滯洪設施之入流量。然本計畫最終僅裝設水位計與放流管流量計，故入流量需透過滯洪設施內水位計監測的即時水位變化，扣除放流管流量計的即時雨水放流量數據求得，並由智慧管理系統平台接收數據，進而透過前兩筆入流量數據(共 3 筆)以灰色預測理論預測下一時刻之入流量，如本章第一節圖 2-5 示意，同時將水位計監測的即時水位數據轉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。

其他智慧監控系統所需的硬體設備包括決策平台主機及通訊傳輸與控制設備，針對台北市信義區某公宅興建安 E 標滯洪設施 C 池智慧監控系統實地案例設置之硬體設備位置關係示意，如圖 2-17 所示。

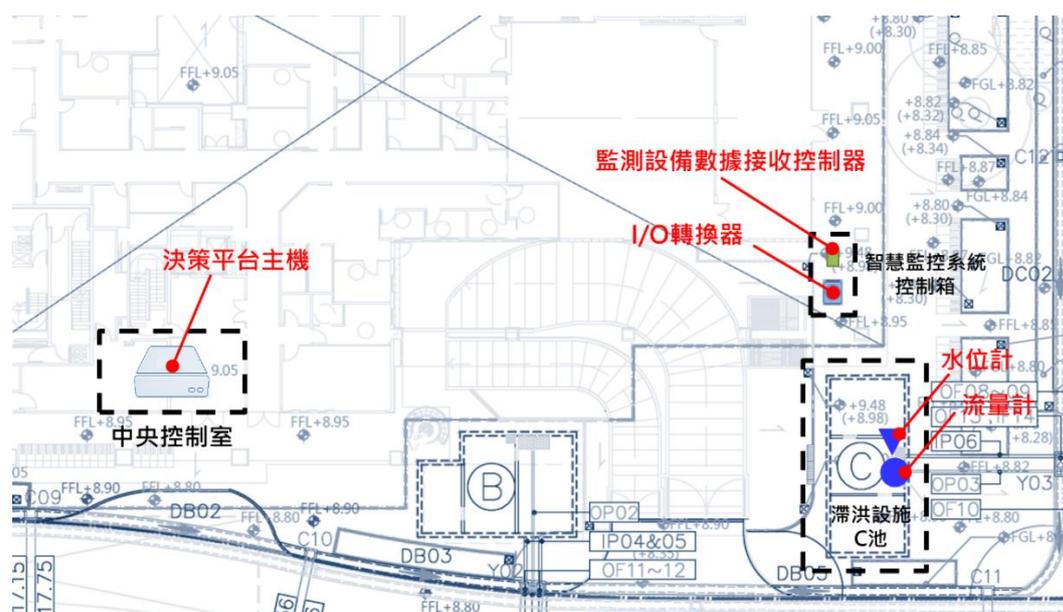


圖 2-17 台北市信義區某公宅興建案 E 標滯洪設施 C 池之智慧監控系統硬體設備之設置位置關係圖

(資料來源：本研究團隊繪製)

針對各項硬體設備選擇與設置說明，將分為監測設備、決策平台主機、通訊傳輸與控制設備等三項內容分述如后：

## 1. 監測設備

本案監測設備的安裝項目分別為流量計與水位計，然由於本案在雨水貯集滯洪設施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，且入流管路直徑為 8 英吋，考量若如於前期降雨量較小的情況下易使入流管內無法以滿管入流，將造成監測數據之誤差；因此，規劃在放流管路裝設流量計，其泵浦維修人孔或出口閥箱中較具有其他設置空間，不僅放流管路直徑較小(6 英吋)且相較入流管路容易裝設，更降低設備經費，並且由於其透過泵浦抽排放流，故水流通常都是滿管的狀態，可降低流量監測上的誤差。

### (1) 流量計

流量計遴選上首先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，由於預定裝設的管徑尺寸與其流速較大，且滯洪設施的水質可能夾帶雜質或污泥，故流量計將直接針對電磁型、超聲波與雷達流量計三者進行比較，彙整如表 2-3 所示。

表 2-3 不同感測器型式之流量計彙整比較

項目	電磁流量計	脈衝超聲波	超聲波時差法	超聲波都普勒	雷達流量計
感測器種類	電磁流量計	脈衝超聲波， 1MHz	超聲波時間差 法，1MHz	連續都普勒， 1MHz	雷達都普勒， 24G Hz
掃描層數	切割磁力線	16層，直接測 量過流斷面流 速	與測量通道有 關，最多 32 通 道	用數學模型擬 合過流斷面流 速	表面點流速， 用數學模型擬 合過流斷面流 速
測量範圍	0.1 至 10m/s	-1 至+6m/s	-20 至+20m/s	0.1 至 6m/s	0.15 至 10m/s
精度	±0.5%	± 1~3%	2 組 4 個感測 器，在前後平 直段足夠時， 流量測量誤差 <5%	受液位和前後 平直段影響， 通常為測量值 的±15%以上， 甚至更高	流速度測精準 約± 0.5 %， 而流量誤差較 大
耐壓程度	6 bar	4 bar	6 bar	1 bar	需水面上安裝
是否需要 定期校正	需要定期校正	不需要校正	不需要校正	需要定期校正	需要定期校正
適用水質	乾淨或略微污 染的水	污水、含雜質 和氣泡的水	乾淨或略微污 染的水	污水、含雜質 和氣泡的水	不受水質的影 響
設備成本	中	最貴	貴	中	貴

(資料來源：本計畫蒐集彙整)

經上表分析比較後，考量測量精度、設置方便性以及成本花費，本案放流管流量計原選擇帶法蘭的電磁流量計，但經現地勘查與諮詢後，考量筏箱內的兩支放流管路在三通後的空間及距離有限，無法滿足流量計所需的穩流距離(設備前 5D 與設備後 3D)，故僅能於三通之前的兩支放流管的垂直段上進行設置，故考量後續維護與設置的方便性，改以兩組管外夾超音波式流量計(超聲波時差法)進

行設置，其流量計主機與管外夾監測設備架設規劃如圖 2-18 示意，管外夾監測設備實際架設成果如圖 2-19 所示。



圖 2-18 夾管式超音波流量計(固定型)流量計主機與管外夾監測設備架設規劃圖  
(資料來源：景瀚科技有限公司)



圖 2-19 夾管式超音波流量計(固定型)流量計之管外夾監測設備現場架設成果圖  
(資料來源：本計畫成果)

## (2) 水位計

水位計遴選上針對不同感測器的型式分為壓力式、超音波式、雷達式、浮球式及電磁式等，將簡易考量量測精度、穩定性、設備成本與維護成本進行彙整比較，如下表 2-4 所示。

表 2-4 不同感測器型式之水位計彙整比較

項目	浮球式	壓力式	超音波式	雷達式	電磁式
精度	中	高	中	高	中
穩定度	高	中	差	中	中
維護成本	低	中	高	高	低
設備成本	低	低	低	高	中

(資料來源：本計畫蒐集彙整)

由於本案水位計係直接裝設於滯洪設施內部，其水面比較不會有太大的波動及不易有外物干擾(如環境溫度、蒸氣、槽內揮發物等)，且滯洪設施內的水位深度通常為不會有耐壓的問題，為求量測精準、維護與設置成本上的考量，本計畫選擇沉水式壓力水位計進行設置，其設備與架設規劃如圖 2-20 所示。本計畫沉水式壓力水位計監測端裝設於現場既有浮球式水位計旁側，屬滯洪設施水位較平穩且不受雨水入水與泵浦出流所影響的地方，其浮球式水位計現場情況如圖 2-21(a)所示，沉水式壓力水位計監測端裝設利用現場既有鋼架進行固定，並順鋼架進行數據線路佈設，現場架設成果如圖 2-21(b)示意。

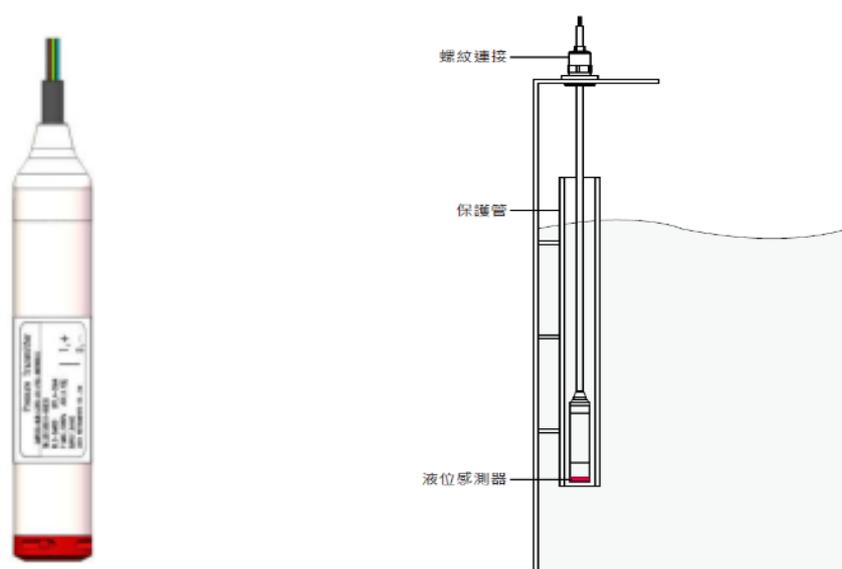


圖 2-20 沉水式壓力水位計之設備與架設規劃圖

(資料來源：景瀚科技有限公司)

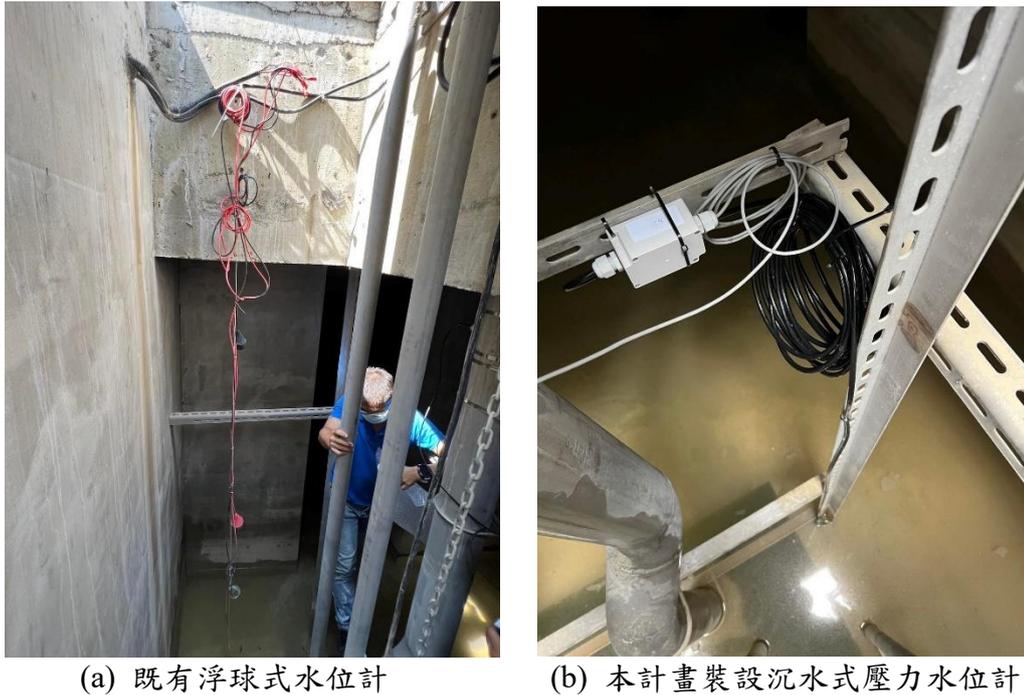


圖 2-21 既有浮球式水位計(a)與沉水式壓力水位計監測端現場架設成果示意圖  
(資料來源：本計畫成果)

## 2. 決策平台主機(Industrial PC, IPC)

本案智慧監控系統的開發程式建置於決策平台主機上，其決策平台主機設置於本案 E 標建築物的中央控制中心內，數據傳輸將由監測設備接收即時數據並經訊號源轉換後，回傳至主機電腦系統平台，進而進行系統決策與回控操作，以及主機後端資訊的彙整與分析，後續將可與其 ICT 智慧建築資訊管理平台進行資訊分享與展示，便於物業管理人員進行觀測。

考量智慧監控系統設置於實地案例需進行不間斷的監控，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電腦(IPC)，以減少系統出錯並提升處理速率與穩定性，並配合通訊協定配置 RS485 工業級串口端子台，以接收監測數據與回傳泵浦控制指令，如圖 2-22 示意。由於目前針對工業電腦主機、監測與控制設備仍持續調整與修改，故暫置於中央控制室的匯流排電箱之下，以便於現場移動與通訊線路調整，其設備現場架設及系統設定與調整之情況與如圖 2-23 所示。



(a) MIC-7700 無風扇工業電腦主機

(b) RS485 工業級串口端子台

圖 2-22 MIC-7700 無風扇工業電腦設備圖

(資料來源：研華股份有限公司)



圖 2-23 MIC-7700 無風扇工業電腦設備架設與系統設定現場圖

(資料來源：本計畫成果)

### 3. 通訊傳輸與控制設備

本案雨水貯集滯洪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，考量多數廠商已針對監測設備開發數據收集控制器，其係藉由 MODBUS

RTU 的通訊協定進行非同步串列傳輸，故本計畫將選擇 MODBUS RTU 通訊協定，不僅節省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，更降低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，但兩者皆有通訊距離限制，RS-232 的導線長度僅限於 15m，RS-485 的導線長度則限於 1200m；由於本案監測設備與系統平台主機相距至少大於 100 m，且相較兩者 RS-485 的數據傳輸上穩定性更高，故本計畫選擇以 RS-485 作為系統通訊格式。通訊線路則選擇  $0.75\text{mm}^2$  的四芯雙隔離 PVC 電纜線，如圖 2-24(a)所示，可減少 RS-485 數據傳輸受其他通信源干擾；目前電纜線取其中三芯，並以一般設定數據線路正、負極的方式，設定紅線(+)、綠線(-)而傳輸通訊數據，而黑線作為備用，其電箱的接線端子，如圖 2-24(b)所示。

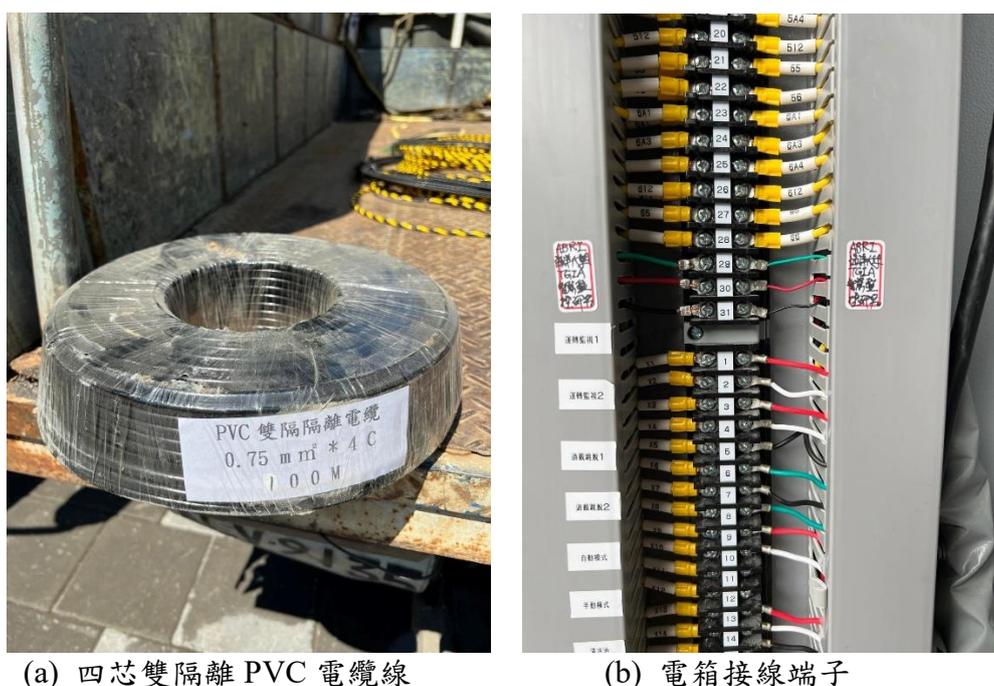


圖 2-24 通訊傳輸電纜線與銜接情況

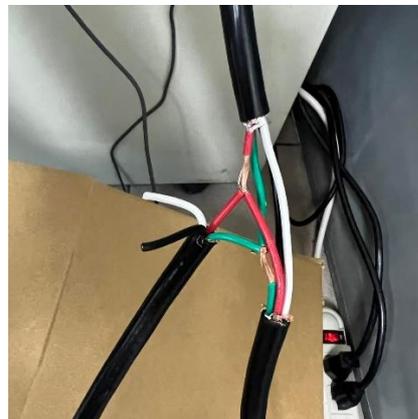
(資料來源：本計畫成果)

針對流量計與水位計的控制設備，夾管式超音波流量計的主機如前述圖 2-13 所示，其主機本身即可設定將 4-20 mA 訊號轉換為 RS-485 通訊格式；然沉水式壓力水位計則需另搭配數據接收控制設備，其設備可將即時水位資訊顯示於盤面上，並將監測數據轉為 RS-485 通訊格式，其設備如圖 2-25(a)所示；進而需將流

量計與水位計的數據傳輸線依照正(+)、負(-)極透過菊花鏈拓撲(daisy chain)進行串接，使兩者可藉同一線路與工業電腦主機進行數據資料之通訊傳輸，如圖 2-25(b)所示意。



(a) 盤面型水位控制指示器



(b) 菊花鏈拓撲(daisy chain)

圖 2-25 盤面型水位控制指示器與菊花鏈拓撲(daisy chain)串接示意圖

(資料來源：景瀚科技有限公司&本計畫成果)

本案滯洪設施原已配置入流電動閥與液位控制之電磁開關(Magnetic Switch, M.S.)以控制電動閥與泵浦之啟閉；本計畫為將工業電腦主機所發出的泵浦啟閉指令能轉為 DO 訊號，進而傳輸至既有 M.S.而進行泵浦控制，故須於控制端設置 I/O 轉換器，本案選擇的規格為 ADAM-4150-B，如圖 2-26 示意。

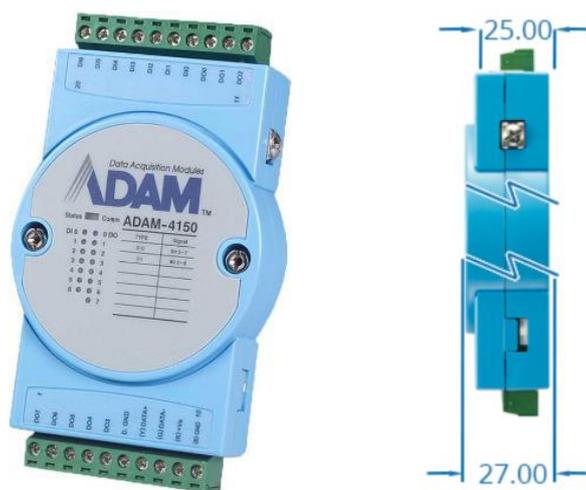


圖 2-26 ADAM-4150-B I/O 轉換器設備圖

(資料來源：研華股份有限公司)

前述監測設備控制器與 I/O 轉換器皆安裝於現場滯洪設施 C 池之旁側，由於

由於本案例原已具有滯洪設施控制箱設置，但本計畫考量本案系統與原系統之獨立性，進而與現場營造單位與物業管理單位協商，決定於原控制箱另設計一組 600x500x300 mm 的智慧監控系統之控制箱，其設計如圖 2-27 所示，並為本計畫預留一組無熔絲開關供應 220V 電源，如圖 2-28 示意；現場裝設成果與設備調校如圖 2-29 所示。

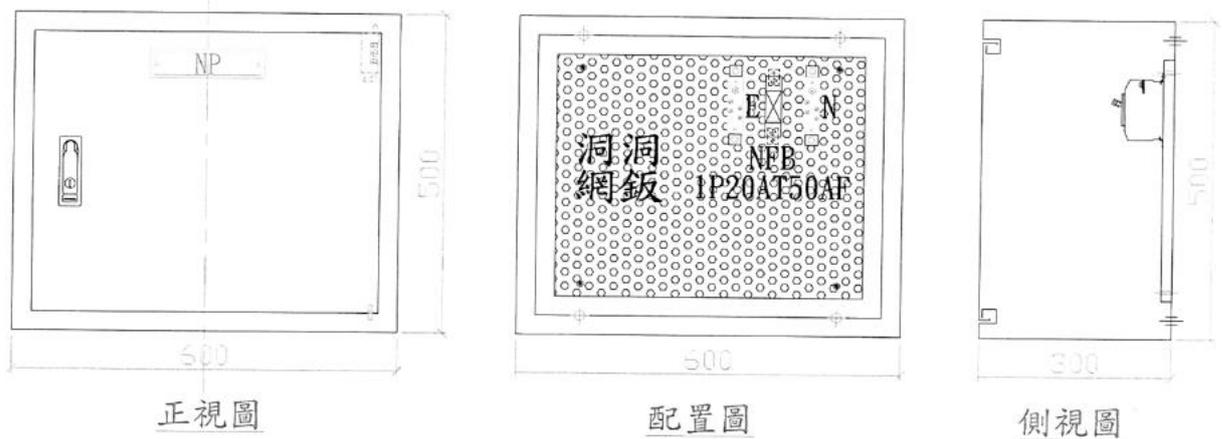


圖 2-27 台北市信義區某公宅興建案 E 標滯洪設施 C 池之智慧監控系統控制箱示意圖

(資料來源：大陸工程公司)

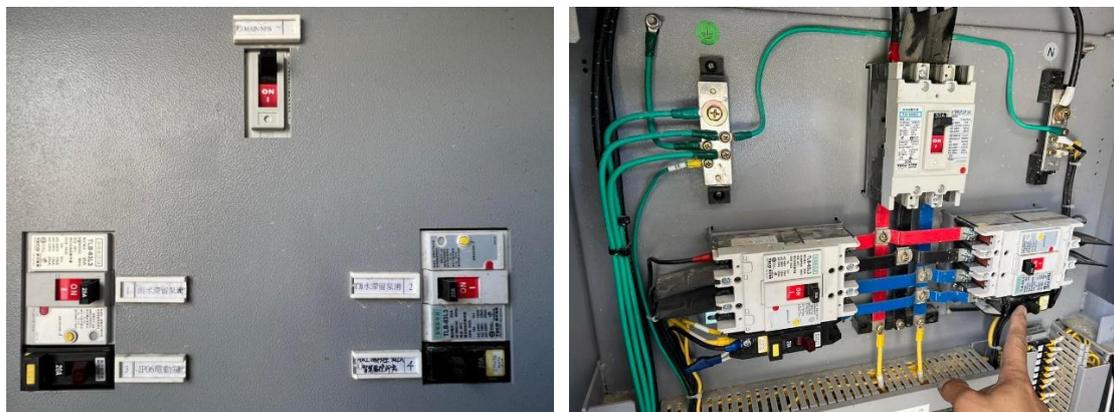


圖 2-28 台北市信義區某公宅興建案 E 標滯洪設施 C 池之智慧監控系統控制箱內無熔絲開關示意圖

(資料來源：本計畫成果)



圖 2-29 台北市信義區某公宅興建案 E 標滯洪設施 C 池之智慧監控系統控制箱現場裝設成果與設備調校  
(資料來源：本計畫成果)



## 第三章 建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控系統整體規劃 與建議

本章節將針對建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控系統進行整體規劃架構說明，並針對整體系統架構進行通訊線路連結，進而針對智慧監控系統內部通訊模組與 ICT 智慧建築資訊平台通訊系統進行技術整合與建置，茲分述如后。

### 第一節 智慧監控系統整體規劃架構

本年度將針對建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控系統進行整體架構規劃，將智慧監控系統架構由下而上分為感測端、傳輸與控制端、管理與決策端及應用端四個部分，如圖 3-1 所示，相關說明如后：

1. 感測端—係利用有線傳輸或感測區域網路的天線與無線存取感測設備，並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控制，能有效的立即進行泵浦抽、排水之操作。
2. 傳輸與控制端—主要透過通訊技術將感測資訊傳遞至控制設備、後端主機或應用設備上，亦可用於獲取其他相關數據資訊，其傳輸過程包括感測端數據接收格式的轉換、串接以及現場控制的相關設備。
3. 管理與決策端—智慧監控系統的決策與資料數據管理核心，可為現場電腦主機或直接、間接為雲端網路平台型式，發出感測數據的讀取指令、決策運算、以及指令信息，並結合各種數據資料分析技術及進行各系統之間的技术層面上的整合。
4. 應用端—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。

前年度計畫已針對智慧監控系統的硬體設備進行前述感測端、傳輸與控制端、管理與決策端等三個部份的初步裝設與獨立測試，本年度將針對感測端、傳輸與控制端、管理與決策端進行通訊連結，並在案例 ICT 智慧建築資訊管理平台建置

完成後，進行後續應用端架構的部分整體規劃，需針對 ICT 智慧建築資訊管理平台需求與數據格式與連結方式進行考量，檢視智慧監控系統的管理與決策端之決策程式，並研擬功能擴充、後續應用或展示項目、以及資訊共享 API 等內容，進行智慧監控系統與 ICT 智慧建築平台之資訊技術整合，並由 ICT 工程開發團隊協助數據資料讀取與時距設定，以及通訊穩定性等測試工作。

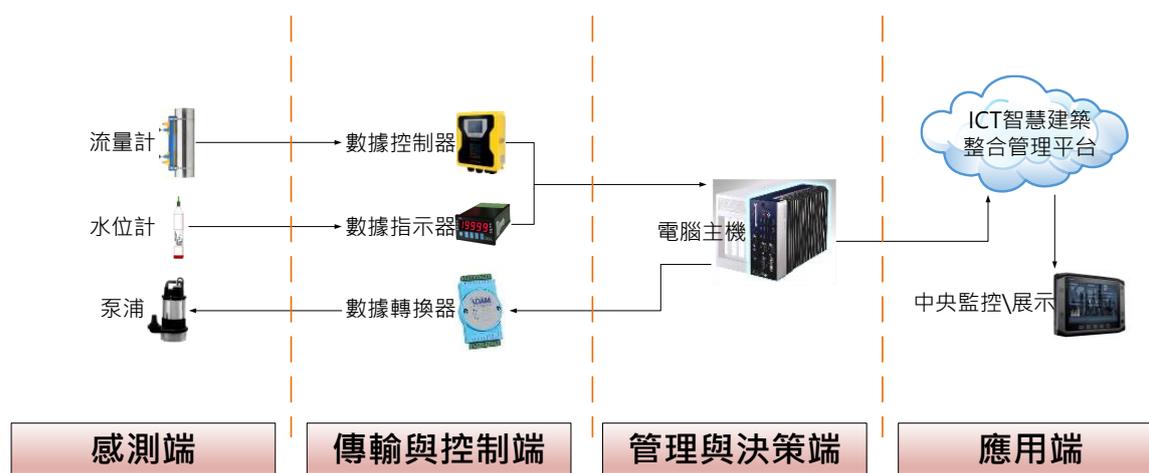


圖 3-1 建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控系統整體規劃架構

(資料來源：本研究團隊繪製)

## 第二節 智慧監控系統與 ICT 智慧建築資訊平台通訊系統建置與技術整合

本節將先針對前述感測端、傳輸與控制端、管理與決策端等三個部份之通訊系統進行建置，由於感測端至傳輸與控制端之間的通訊線路於前章節已進行說明，將會於後續與監測設備安裝之同時完成建置。而傳輸與控制端(控制箱)至管理與決策端(中央控制中心)之間的通訊線路採 AWG-18 的 4 芯雙隔離電纜線，前半段需經過預埋管路至 B 池控制箱的中繼點，長度約 70 m，後半段再由此向上走天花板線槽至管理與決策端(中央控制中心)，長度約 40 m，本案智慧監控系統通訊線路佈設平面示意如圖 3-2 所示，圖中①~④相應位置如圖 3-3~圖 3-5 所示。當通訊線路進入中央控制中心連結系統主機之前，此段天花板未有安裝線槽，故需另套上金屬可撓導線管；當進入室內空間則以 EMT (Electrical Metallic Tubing) 金屬管連結至地板下，如圖 3-6 所示，進而佈線至機架與系統主機連結，如圖 3-7 所示。

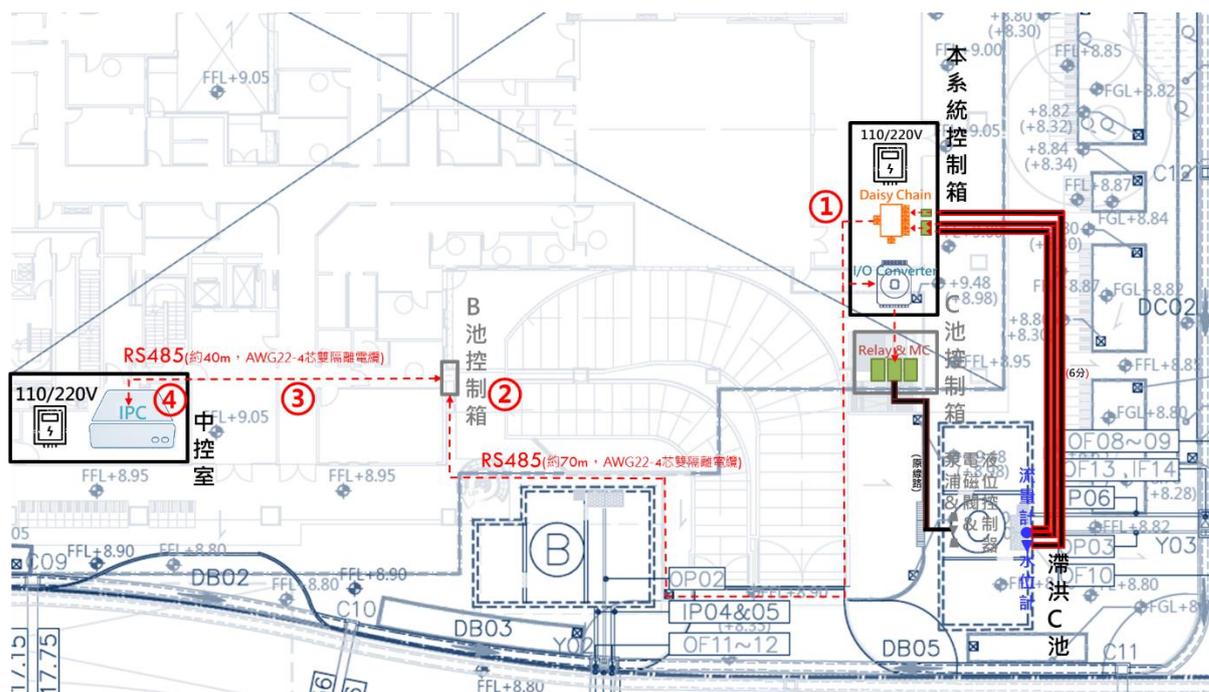


圖 3-2 台北市信義區某公宅興建案 E 標滯洪設施 C 池之通訊線路佈設平面示意圖

(資料來源：本研究團隊繪製)



①



②

圖 3-3 台北市信義區某公宅興建案 E 標滯洪設施 C 池之本系統控制箱①與 B 池控制箱②線路佈設圖

(資料來源：本研究團隊拍攝)

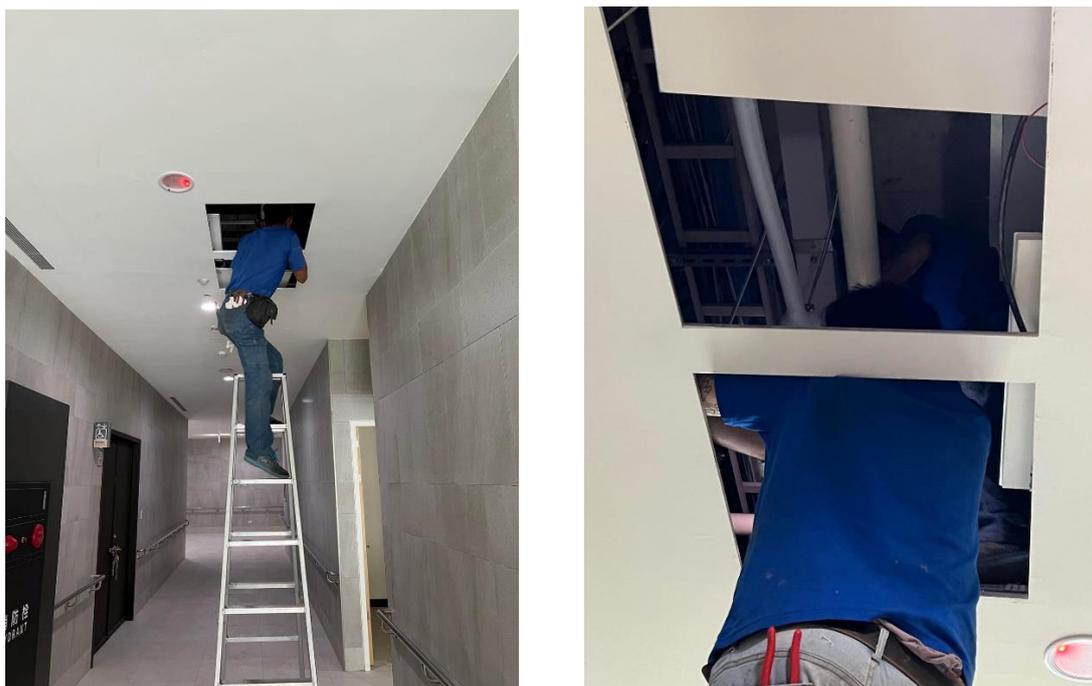


圖 3-4 台北市信義區某公宅興建案 E 標滯洪設施 C 池之天花板線槽③線路佈設圖

(資料來源：本研究團隊拍攝)



圖 3-5 台北市信義區某公宅興建案 E 標滯洪設施 C 池之中央控制中心④線路佈設圖

(資料來源：本研究團隊拍攝)



圖 3-6 台北市信義區某公宅興建案 E 標滯洪設施 C 池之中央控制中心 EMT 金屬管配置圖

(資料來源：本研究團隊拍攝)



圖 3-7 台北市信義區某公宅興建案 E 標滯洪設施 C 池之中央控制中心機架  
(資料來源：本研究團隊拍攝)

前述完成智慧監控系統感測端、傳輸與控制端、管理與決策端的通訊系統建置後，針對應用端主要係與管理與決策端進行通訊系統建置，即本案例的 ICT 智慧建築資訊整合平台與本系統主機平台進行資訊連結與技術整合，故需透過本系統主機平台進行資料傳輸模組(Transport Module)研擬，並藉 Ethernet 乙太網路線或以 HTTP 通訊協定的方式由 ICT 智慧建築資訊整合平台進行數據接收與展示。

### 第三節 ICT 智慧建築平台資訊整合之模式建立與智慧監控系統對於社區整合調控之功能效益之研析

本計畫進行智慧監控系統選擇台北市信義區某公宅興建案，該建築物中央控制中心管理項目包括機電與能源管理、資訊網路系統、室內環境品質系統、停車管制系統、監視系統...等，其皆整合於 ICT 智慧建築資訊平台中，並交由物業管理單位進行管理；而滯洪設施僅為給排水項目中的其中一項設施管理，故其提供的管理項目主要為警戒水位警示，物業管理人員即需依其警示資訊而進行設施檢查；藉本計畫智慧監控系統與 ICT 智慧建築資訊平台資訊整合後，將可觀測即時水位與抽排水情況以及判斷設備是否故障。後續將諮詢物業管理人員諮詢或以座談會型式討論智慧監控系統裝置後的功能效益與建議精進之項目。另外，擬將透過智慧監控系統初步監控成果，研析未來若進行整體社區滯洪調控之效益，作為後續系統平台數據整合與技術發展之參考。

本計畫工業電腦主機考量系統長期運作之穩定性，以 Linux Ubuntu 20.04 為作業系統，其開發內容除第二章第一節提及的智慧監控管理系統的決策程式，在整體系統平台的通訊連結，考量目前業界在 Web 應用程式及軟體開發廣泛使用 Python 程式語言進行設計以及不同程式語言與系統平台的通用性，故本計畫透過 Python 程式語言軟體進行通訊系統建置，以 Spyder IDE 介面進行編寫 API (Application Programming Interface)，主要開發內容係將水位計與流量計的監測設備之數據訊號與系統主機的決策程式藉由定義和協定建置彼此的通訊機制，並輔助後端資料庫的彙整與擴充，進而與 ICT 智慧建築資訊整合平台進行通訊系統技術整合。整體智慧監控管理系統平台 API 的組成主要分為 6 個模組(Module)，如圖 3-8 示意，其模組功能與通訊傳輸之內容如后說明：

- Communication Module—為 RS485 通訊介面模組，將監測設備之數據訊號轉換為系統決策所需之資料格式。
- Control Module—作為智慧監控系統之控制中樞，進行 datalog 以及傳輸數據資料與控制指令的作業。
- Decision Module—為智慧監控系統的決策模組，接收即時水位與入流量數

據，並讀取前兩時刻的入流量而進行下一時刻的流量預測，進而進行泵浦啟閉決策，並回傳泵浦控制指令。

- Data Module—透過 Python 內建之 sqlite3.0 進行建置，作為監控數據的資料庫，彙整即時水位、入流量及預測入流量等數據資訊，及相關控制參數。
- Analysis Module—讀取 Data Module 數據資訊進行系統成效分析，以及依 ICT 智慧建築資訊整合平台需求而出圖。
- Transport Module—作為本系統主機平台與 ICT 智慧建築資訊整合平台資訊連結的模組，傳輸共享資料或圖資，供 ICT 智慧建築資訊整合平台展示，如圖 3-9 示意。

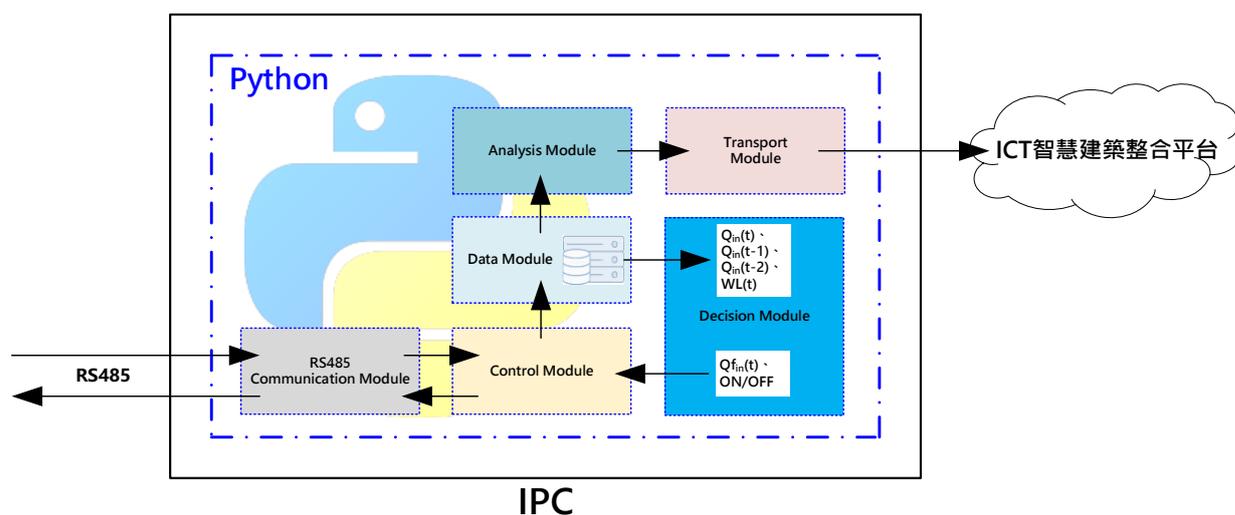


圖 3-8 智慧監控系統電腦主機開發與 ICT 智慧建築資訊平台技術整合示意圖  
(資料來源：本研究團隊繪製)



圖 3-9 智慧監控系統整合 ICT 智慧建築資訊平台之數據展示示意圖  
(資料來源：本研究團隊蒐集彙整)

## 第四章 建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控系統運行之系統

### 效能評析

本章節首先比較本案智慧監控排洪與原系統傳統機械式排洪機制之差異性，並針對實際降雨事件監控數據蒐集成果進行逕流抑制效果分析，進而研議未來社區或區域性尺度雨水貯集滯洪設施智慧監控系統規劃與推廣應用之相關建議，其內容說明如后。

#### 第一節 雨水貯集滯洪設施智慧排洪與傳統機械式排洪之差異性比較

本案原排洪機制係傳統機械式操作，當雨水進入 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)；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；當抽排水系統發生故障時，物業管理人員將透過控制電箱之手動開關進行泵浦啟閉作業。

本計畫的智慧排洪係改變原起抽水位的設定，改由智慧決策系統判斷抽水機制，將預測下一時刻的預測入流量的大於當前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。智慧監控系統仍保留原停機水位與電動閥啟閉的控制機制，作為防止設施發生溢流與系統誤判的保險措施，且因透過並聯方式與原繼電開關進行控制，故物業管理人員仍能透過手動開關進行緊急啟閉泵浦之作業，既有其智慧排洪與傳統機械式排洪的決策流程比較如圖 4-1 所示。

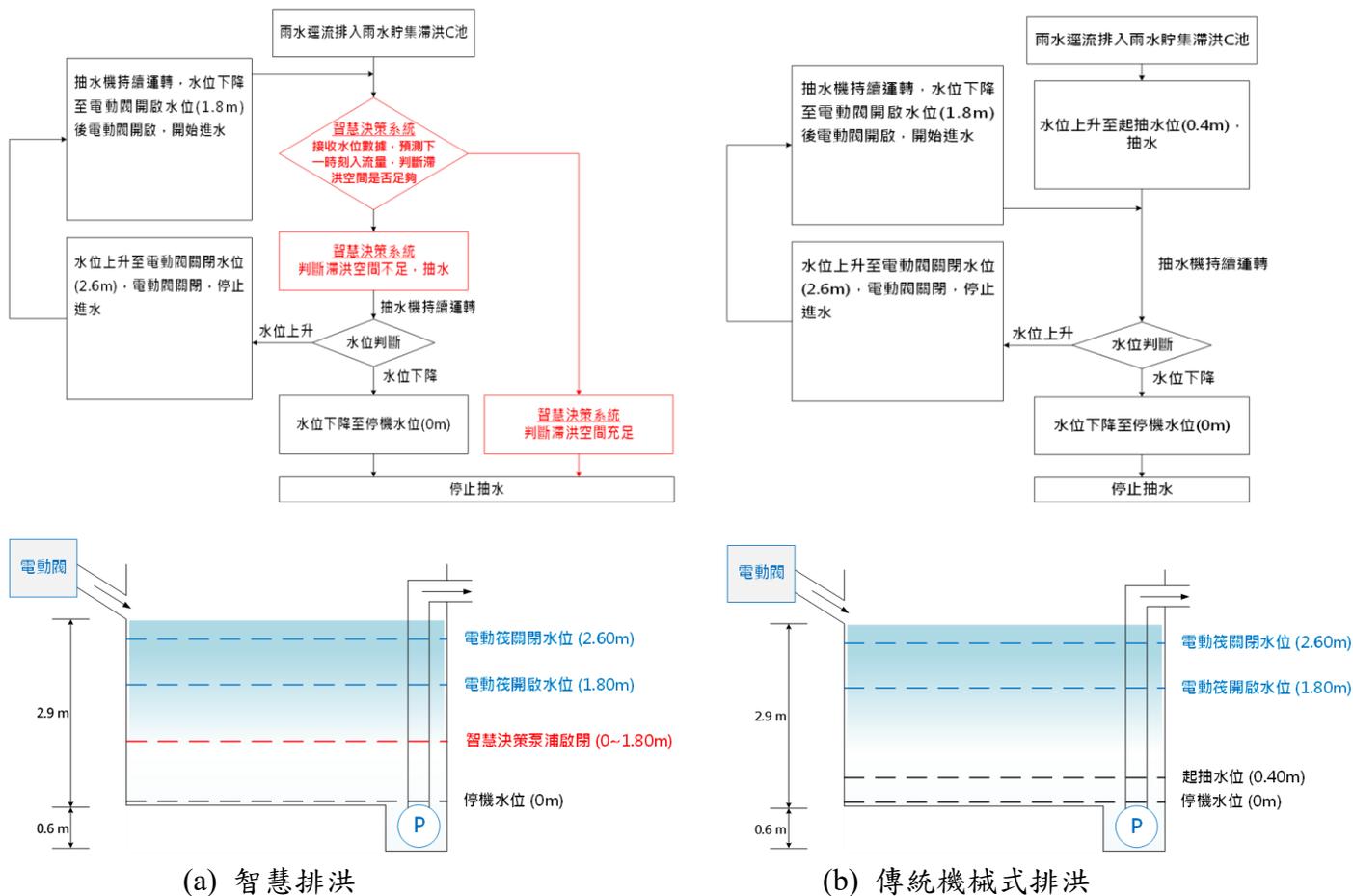
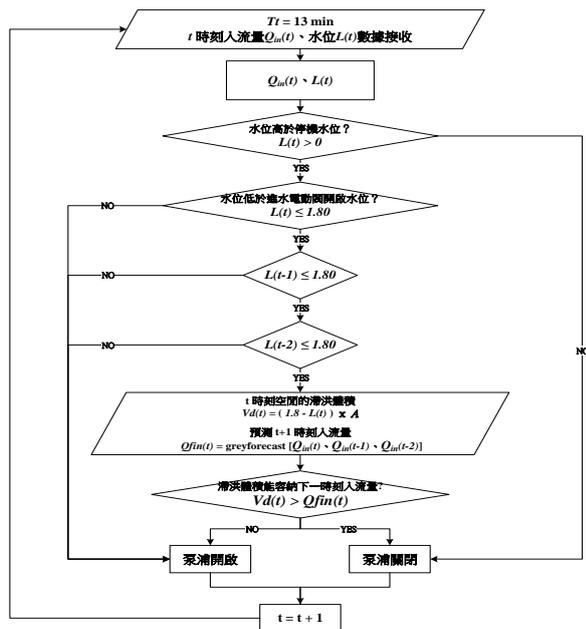


圖 4-1 智慧排洪與傳統機械式排洪的決策流程比較圖

(資料來源：本研究團隊繪製)

## 第二節 實際降雨事件監控數據蒐集與逕流抑制成效

本計畫智慧監控系統以每 13 分鐘進行一次監測數據擷取並進行系統決策操控，透過即時入流量  $Q_{in}$  的數據資訊，藉灰色理論模型預測得到下一時刻的預測入流量  $Q_{fin}$ ，同時接收即時水位數據  $L(t)$ ，進行水位判斷使設施內的空間可容納下一段時刻的雨水預測入流量，而進行泵浦啟閉之調控，其系統決策操控流程如圖 4-2 所示。



(a) 系統決策流程

```

#% MAIN LOOP
RtHS.scrnout_00()
functionIO=1; kk=0; tt=-RtHS.dt
while functionIO=1:
    # 更新時間
    kk += 1
    tt += RtHS.dt

    # 檔案讀入與建立灰階輸入資料
    WL = MLmeter.read_WL() # 讀取目前水位
    WL = RtHS.chk_WL_range(WL) # 確認水位區間
    OF = RtHS.evaluate_OF() # 計算單位時間出流量
    WLS,INs = RtHS.get_WLS_INs(WL,OF) # 水位系列與入流系列(各三項)

    # 確認水位於工作區間內
    EIO = RtHS.get_pumpEIO(WLS)

    if EIO == 0:
        Inp = RtHS.grey_prediction(INs) # 入流量預測值(灰階)

    # 泵浦開關操作
    Vol = RtHS.get_Vol_diff() # 水位工作區間殘餘容積
    IO = RtHS.determine_pumpIO(EIO, Vol, INp)
    PMP.sent_pumpIO(IO)

    # 輸出
    RtHS.scrnout_01(kk,tt)
    ctime=datim.now()
    itime=ctime.strftime("%Y-%m-%d %H:%M:%S")
    DB.set_RtHS_database(dbdir, kk, itime, ctime, WL, OF, Vol, EIO, IO, INs[2], INp)

    # 等待下一輪資料
    time.sleep(RtHS.pt)
    
```

(b) 決策程式編撰內容

圖 4-2 台北市信義區某公宅興建案 E 標滯洪設施 C 池之智慧監控系統之決策流程與程式編撰內容

(資料來源：本研究成果)

針對雨水貯集滯洪設施智慧監控管理系統的效益評估，本研究考量透過五項指標來探討雨水貯集滯洪設施在智慧操作下之效益，說明如下：

1. 洪峰延遲時間(Flood peak delay time)

評估雨水貯集滯洪設施在降雨延時內之洪峰延遲效能，評估指標越大表示延遲時間越長。

$$Flood\ peak\ delay\ time = t_{out_m} - t_{Q_m} \tag{4-1}$$

其中，

$t_{Q_m}$ :設置前出流時間點；

$t_{out_m}$ :設置後出流時間點。

2. 洪峰削減率(Flood reduction rate)

評估雨水貯集滯洪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。

$$Flood\ reduction\ rate = \frac{Q_m - Out_m}{Q_m} \times 100\% \quad (4-2)$$

其中，

$Q_m$ :設置前最大出流量；

$Out_m$ :設置後最大出流量。

### 3. 總逕流體積削減率(Volume reduction rate)

評估雨水貯集滯洪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。

$$Volume\ reduction\ rate = \frac{V_Q - V_{Out}}{V_Q} \times 100\% \quad (4-3)$$

其中，

$V_Q$ :設置前總出流量；

$V_{Out}$ :設置後總出流量。

### 4. 蓄水率(Storage rate)

評估雨水貯集滯洪設施在降雨延時後之收集雨水效能，評估指標越大表示儲水槽後續供水效益越好。

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

其中，

$s(t_{end})$ :降雨儲水槽內水量；

$s_{max}$ :儲水槽容量。

### 5. 泵浦操作時間(pump/orifice operation time)

評估雨水貯集滯洪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。

$$pump/orifice\ operation\ time = \sum_{t=1}^{t_d} pump(t)/orifice(t) > 0 \quad (4-5)$$

其中，

$pump(t)$ : 泵浦出流量；

$orifice(t)$ : 孔口出流量。

由於本案例滯洪設施之原機械式排洪系統已改造為智慧監控系統，為比較智慧排洪與傳統機械式排洪逕流抑制成效之差異，將藉實際降雨事件進行模式模擬分析，以本年度 10 月份降雨事件(10.14 22:00~10.18 17:00)為例，針對現有智慧監控數據與原系統模式模擬結果進行設施內水位變化、逕流體積削減與泵浦運作情況等比較分析；由於本計畫規劃階段配合案例現況而未設置雨量計，故選擇鄰近案例的信義氣象站(C0AC70)的 10min 降雨數據資料進行模擬分析，如圖 4-3 所示，該場降雨事件累積降雨為 440 mm、總降雨延時為 4,470 min (約 3.1 天)，於 10 月 16 日 14:00(降雨時間第 2510 分鐘)最大時雨量約達 49.5mm/hr，其降雨量分布如圖 4-4 所示。



圖 4-3 信義氣象站(C0AC70)與本示範案例位置關係圖

(資料來源：本研究團隊繪製)

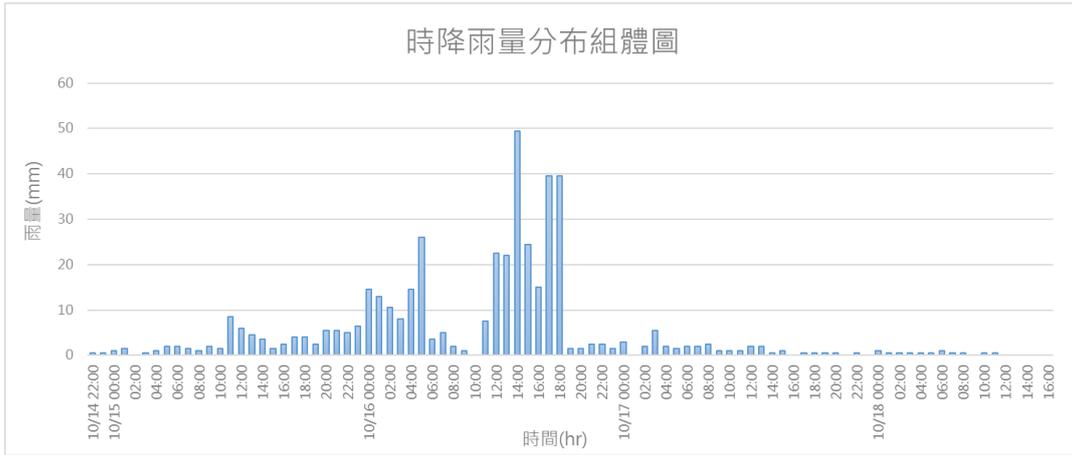


圖 4-4 信義氣象站(C0AC70) 2022.10.14 22:00~2022.10.18 17:00 降雨事件之時降雨量分佈組體圖

(資料來源：本研究團隊繪製)

參考本示範案新建工程排水計畫書中的集水分區，本案智慧監控系統設置 C 池的滯洪設施集水分區為 C1 及 C2，其集水面積分別為 528.75 m<sup>2</sup> 及 916.42 m<sup>2</sup>，如圖 4-5 所示，並以計畫中逕流量體計算所採用 5 分鐘為集流時間，如降雨強度參考公式表 4-1 所示，以及考慮基地實際使用型態設有多處花園與大面積透水磚的鋪設，採混合住宅區的 0.79 作為逕流係數 C 值，如表 4-2 所示。

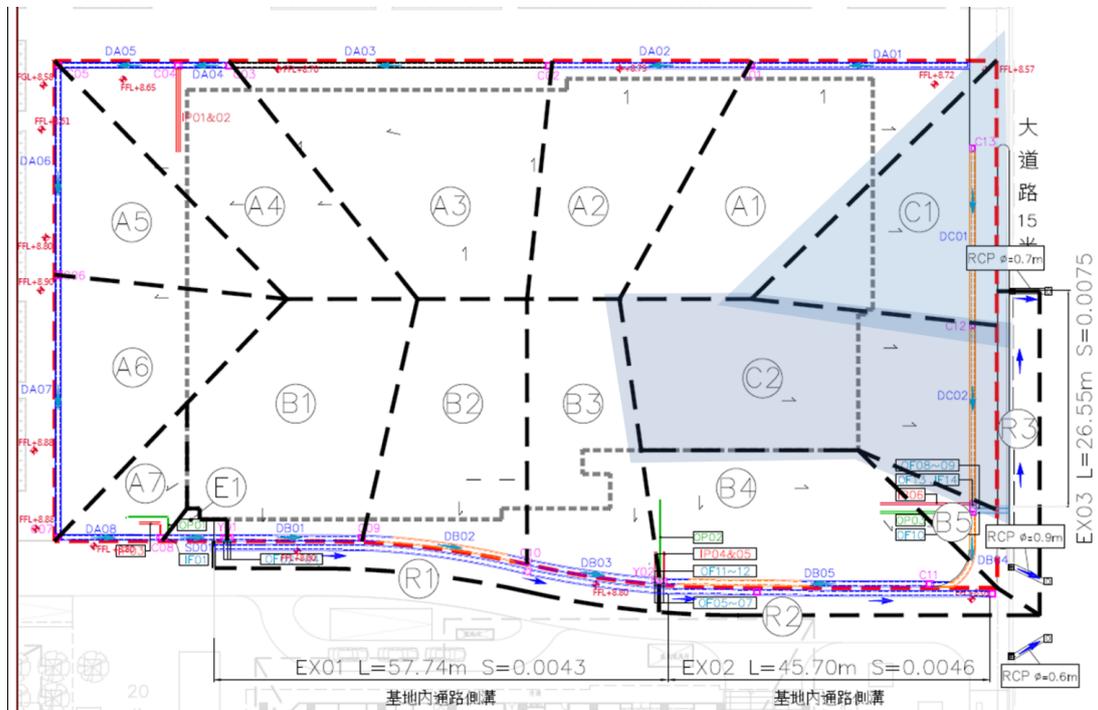


圖 4-5 台北市信義區某公宅興建案 E 標集水區分析圖

(資料來源：本研究團隊蒐集彙整)

表 4-1 台北市信義區某公宅興建安 E 標排水計畫書之降雨強度參考公式表

降雨情形	降雨強度公式	重現期 (年)	集流時間 (min)	降雨強度 I(mm/hr)
暴雨	$8606/(t+49.14)$	5	5	158.96
颱風雨	$4867/(t+48.3)$	5	5	110.08

(資料來源：本研究團隊蒐集彙整)

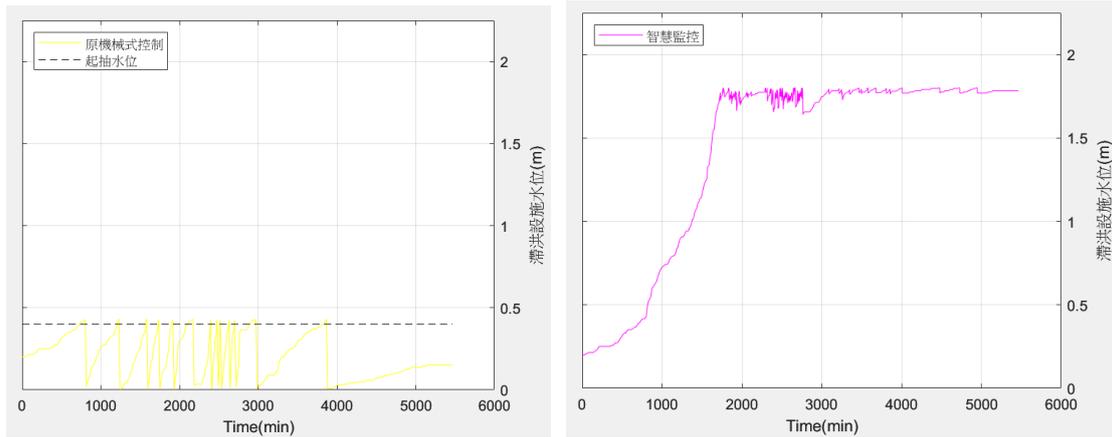
表 4-2 台北市信義區某公宅興建安 E 標排水計畫書之逕流係數參考表

使用分區	逕流係數	
	範圍值	中值
商業區	0.70~0.93	0.83
車行地下道	0.70~0.93	0.83
<b>混合住宅區</b>	<b>0.66~0.89</b>	<b>0.79</b>
工業區	0.56~0.78	0.67
機關學校	0.50~0.72	0.61
公園、綠地	0.46~0.67	0.56
機場	0.42~0.62	0.52
農業區	0.30~0.50	0.38
山區	0.55~0.75	0.6

(資料來源：本研究團隊蒐集彙整)

雨水貯集滯洪設施傳統機械式排洪與智慧排洪在實際降雨模式模擬結果，比較之設施內水位變化，可發現傳統機械式排洪達 0.4m 的起抽水水位時，即經泵浦抽排至槽底，而智慧監控系統則呈現高水位並考量降雨情況進行適當的泵浦抽排，且於尖峰降雨時期增加泵浦抽排時程以保證下一時刻的雨水滯洪空間，兩者排洪成果皆達到雨水滯洪與逕流抑制之目的，如圖 4-6 所示。

針對傳統機械式排洪與智慧排洪的操作成果之統計資料顯示，如表 4-3 所示，由於本案係由同一規格的泵浦進行滯洪設施排洪，故排洪量相差不大，不具有洪峰時間與洪峰削減率比較上的意義；而在一場降雨事件下，智慧排洪能在滯洪設施滿足防洪功能的情況下，貯蓄較多雨水，並能調節尖峰降雨時期的雨量，其與傳統機械式排洪相比，能提升約 25% 的總逕流體積削減量。另外，參照總泵浦操作時間統計，亦減少約 25% 的抽排時間，使滯洪設施更達到節能減碳之效益。



(a) 傳統機械式排洪

(b) 智慧排洪

圖 4-6 滯洪設施實際降雨模擬傳統機械式排洪與智慧排洪之水位變化  
(資料來源：本研究結果)

表 4-3 滯洪設施實際降雨模擬傳統機械式排洪與智慧排洪成效分析表

系統	洪峰時間 (min)	洪峰削減率 (%)	總逕流體積削減 率(%)	泵浦操作時間 (min)
原機械式控制 系統	802	-	0%	209
智慧監控系統	1,730	-	25%	149

(資料來源：本研究結果)

### 第三節 未來社區或區域性尺度雨水貯集滯洪設施智慧監控系統規劃與推廣應用之建議

由於本計畫目前僅針對單一建築物之滯洪設施進行智慧監控，屬於系統運行測試階段，未來若考量社區或區域性尺度之雨水貯集滯洪設施落實智慧監控，應針對系統其相關規劃內容與推廣應用之建議，以下分為監控與通訊設備建置、系統平台開發與整合、及維護管理計畫等三個面向進行說明：

#### 一、監控與通訊設備建置

智慧監控系統的硬體設備規劃與建置前，應考量各案例得的現場條件，可透過該案的排水計畫書針對滯洪設施與排水相關設計內容進行蒐集分析，如：集水

區分析圖、滯洪設施規格與管路佈設情況及水理計算內容(如滯洪設施蓄滿時間)、進水管與放流管規格與水理參數、集水井、溢流井、排水渠道等設計規格(含斷面圖)、泵浦規格與設計參數等，進而聯繫物管人員或負責人進行現場踏勘並確認設備裝設之可行性。

透過現場條件蒐集與分析後，應確認監控設備需求與通訊方式，設備主要分為監測設備(雨量計、水位計、流量計等)、控制設備及系統主機，並依現場條件決定通訊方式。智慧監控系統裝設現場如為新建建築物的滯洪設施，可於施工期間預留通訊之管路或線槽，需注意線路距離是否超過通訊協定限制；裝設現場如為舊有建築物的滯洪設施或現場通訊線路佈設不易者，應可選擇無線通訊的方式(如 Wifi、NB-IoT、LTE-M 等)，以獨立智能感測器組裝結合物聯網(IoT)技術，並設置閘道器發送數據訊息至系統平台(現場主機平台、雲端網路平台)，多數專家仍建議如場地許可(如機房、中央控制中心等)應於現場裝設系統主機，再傳輸至雲端平台進行社區或區域性尺度之資訊整合，使智慧監控系統運行上較為穩定亦便於現場管理。

## 二、系統平台開發與整合

針對未來社區或區域性尺度雨水貯集滯洪設施智慧監控，需在目前智慧監控管理系統的基礎上強化其應用及加值效益，將現有的智慧監控系統和各社區物業管理平台整合擴展為雲端資訊整合平台系統，研擬社區或區域性尺度滯洪設施的聯合操控策略，並對於監控數據進行雲端運算與大數據分析，藉由滯洪設施智慧監控的案例數增加而強化智慧雨洪管理的量能，且應持續針對智慧監控系統進行數據傳輸效能與穩定性以及系統防洪效益之檢討、優化預測模型或整合中央氣象局降雨量預測資訊平台、系統決策程式之自適性 AI 調整、擴充大數據資料庫(如結合 GIS 資料庫)與系統功能等相關作業。

智慧監控系統平台的管理應區分多層次管理架構，可大致分為對內呈現與管控以及對外展示之不同介面，對內使相關管理部門有效率的溝通與執行，對外則可發布公共資訊，實現雨水貯集滯洪設施數位化、資訊視覺化、監測即時化、操

控自動化，讓社區民眾共同參與與監督，使各種領域相關人員都能透過此系統平台進行有效操作與管理。

社區或區域尺度雨洪防洪應變技術蒐集和整合，及時啟動有效的緊急措施預備處理方案，支援多區塊的洪水併發處理，透過網路層的多方通信能力、與其他領域互相融合的架構，為使用者雨洪管理的有效緊急措施預備處理方案提供重要支撐。

### 三、維護管理計畫

針對社區或區域性尺度雨水貯集滯洪設施智慧監控系統應研擬完善的維護管理計畫，雖部分地方政府已訂定相關法令與規範，但在實際建築物滯洪設施的系統提升、智慧化監控與維護修繕上仍缺乏整體營運模式之建立，以下將簡分為三點建議內容：

- (1) 法令與政策導入—針對現行有關建築物雨水貯集滯洪設施之法令與政策進行檢討與增修訂，並推動相關認證標章，如綠建築、智慧建築防災等，使建築物雨水貯集滯洪設施維護管理上較具有約束性；且針對滯洪設施的智慧監控應在法規或標章上，研議相關獎勵措施而提高建築物雨水貯集滯洪設施的智慧監控系統之裝設誘因，以利未來維護管理與推行上的參佐。
- (2) 營運模式建立—應從開發單位導入長期修繕觀念，建立長期維護管理計畫及修繕基金，而設施完工後則應確立整體營運制度。維護管理上仍由建築物所有權人、管委會或務業管理單位等統籌，而針對設施定期檢查與豪雨警戒的檢視工作應配套專業人員(如技師、協會等)，且維護修繕的相關產業鏈應進行技術檢核或研擬證照，進而培訓專業技術人員對建築物維護管理單位進行教育訓練，以確實提升建築物滯洪設施永續營運與維護管理品質。
- (3) 管理技術與層級提升—透過智慧監控系統的功能擴充，使監控相關設備回傳數據資訊，建立滯洪設施與相關設備的維護管理排程，並藉電腦及手機端即時掌握維護與修繕相關訊息，使維護管理人員能更精確且有效的管理區域內部滯洪設施與相關設備，將設備修繕成本與災害風險程度最小化。在區域尺

度滯洪設施智慧監控達一定規模時，可將系統平台往上擴充到縣市政府的特定單位之層級共同進行智慧雨洪控管與維護，使建築物滯洪設施更具都市與洪管理與社會價值。



## 第五章 結論與建議

本計畫針對建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控系統整體規劃與成效探討之相關課題進行探討及內容編撰，其研究項目之結論與相關建議事項分別說明如后。

### 第一節 結論

#### 一、完成建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控系統之現況分析與檢討修改

本計畫完成台北市信義區某公宅興建安之示範案例的雨水貯集滯洪設施智慧監控系統的運作現況分析，並配合案例興建進度完成系統建置作業，以及該案 ICT 智慧建築管理平台架設等現況進行分析與檢討，並針對智慧監控系統進行妥適的修改與調校，以及修繕與維護等工作，其內容分述如后：

1. 智慧監控系統現況分析與檢討修改—檢視案例現場智慧監控系統包括感測設備、控制與數據傳輸設備、系統主機等運作情況，以及調整通訊系統線路並完成建置作業與修繕維護等工作。
2. 案例興建進度、設施與基地場域現況—由於該建安今年初仍受缺工缺料之影響，致使今年 5 月中才完成該建安滯洪設施與中央控制中心的相關設備裝設，並於 6 月初完成驗收與點交。本計畫智慧監控系統的建置作業配合建安期程，持續追中興建進度與溝通協調，並針對現場排水情況、滯洪設施與基地場域是否變動、有無發生溢淹情況等完成資料蒐集與分析，進而進行智慧監控系統調整。
3. ICT 智慧建築整合管理平台建置進度—如前述 6 月初完成中央控制中心相關設備設置與驗收後，ICT 智慧建築團隊持續在現場進行資訊平台與相關主機設備設定與調校；本研究團隊積極與 ICT 智慧建築團隊及物業管理單位針對本案工業電腦主機放置位置、網路連接、線路走向與後續資訊整合連結方式等相關議題進行討論。

## 二、完成智慧監控數據彙整並與 ICT 智慧建築平台進行資訊整體規劃與系統評析

智慧監控系統整體規劃架構由下而上分為感測端、傳輸與控制端、管理與決策端及應用端四個部分，本年度完成感測端、傳輸與控制端、管理與決策端進行通訊連結，並在案例 ICT 智慧建築資訊管理平台建置完成後，進行後續應用端架構的部分整體規劃；考量 ICT 智慧建築資訊管理平台需求與數據格式與連結方式，檢視智慧監控系統的管理與決策端，研擬功能擴充、後續應用或展示項目、以及資訊共享等內容。

本計畫工業電腦主機考量系統長期運作之穩定性，以 Linux Ubuntu 20.04 為作業系統，並以 Python 程式語言軟體進行系統建置，整體智慧監控管理系統平台 API 的組成主要分為 RS-485 通訊模組(Communication Module)、控制模組(Control Module)、決策模組(Decision Module)、資料數模組(Data Module)、分析與出圖模組(Analysis Module)、及資料傳輸模組(Transport Module)等 6 個模組，其中本系統主機平台係透過資料傳輸模組(Transport Module)與 ICT 智慧建築資訊整合平台進行資訊連結與技術整合，並藉 Ethernet 乙太網路進行連結，由 ICT 智慧建築資訊整合平台進行數據接收與系統評析等測試工作。

## 三、完成既有雨水貯集滯洪設施之智慧監控測試，以及實際降雨事件逕流抑制成效及智慧排洪與傳統機械式排洪差異性初步探討

本案例滯洪設施未改造前為傳統式機械抽排，其係透過浮球式液位計並針對起抽水位的判定而進行滯洪設施排水；本案智慧監控系統裝設後，係透過壓力式水位計判斷即時水位而估算設施內可滯洪的盈餘空間，並考量入流量預測結果而進行智慧決策的排洪操作。

由於本案滯洪設施原系統已改造為智慧監控系統，為比較智慧排洪與傳統機械式排洪逕流抑制成效之差異，將藉由實際降雨事件之遴選，針對現有監控數據與原系統模式模擬結果進行設施內水位變化、逕流體積削減與泵浦運作情況之比較分析；成果顯示，本案智慧監控系統建置後，透過智慧排洪相比傳統機械式排洪約可提升 25%逕流體積削減率之防洪成效及減少泵浦運作時程達到節能減碳

之效益。

#### **四、完成 ICT 智慧建築平台資訊整合之模式建立與智慧監控系統對於社區整合調控之功能效益之研析**

本計畫案例中央控制中心管理項目包括機電與能源管理、資訊網路系統、室內環境品質系統、停車管制系統、監視系統…等，其皆整合於 ICT 智慧建築資訊平台中，並交由物業管理單位進行管理；而滯洪設施僅為給排水項目中的其中一項設施管理，原平台提供其管理項目主要為警戒水位警示，分為正常水位與警戒水位兩種，物業管理人員必要時需依其警示資訊，赴現場進行手動啟閉電動閘或泵浦之電磁開關等維護管理作業。

透過智慧監控系統整合模式建置並與 ICT 智慧建築資訊平台進行調控，本系同仍保留原手動操作機制以應變緊急狀況，而中央控制中心將提供滯洪設施即時水位與抽排水情況等相關資訊，可立即判斷設備是否發生故障而即時聯繫相關單位進行修繕，進而提高物業管理單位執行效率。

#### **五、完成未來社區或區域性尺度雨水貯集滯洪設施智慧監控系統規劃與推廣應用之建議**

本計畫目前僅針對單一建築物之滯洪設施進行智慧監控，屬於系統運行測試階段，未來若考量社區或區域性尺度之雨水貯集滯洪設施落實智慧監控，應針對系統其相關規劃內容與推廣應用之建議，以下分為監控與通訊設備建置、系統平台開發與整合、及維護管理計畫等三個面向：

1. 監控與通訊設備建置—硬體設備規劃與建置前，應考量各案例得的現場條件，可透過該案的排水計畫書針對滯洪設施與排水相關設計內容進行蒐集分析，進而聯繫物管人員或負責人進行現場踏勘並確認設備裝設之可行性。如為新建建築物的滯洪設施，應於施工期間預留通訊設備之管路或線槽；如為舊有建築物的滯洪設施或現場通訊線路佈設不易者，則可選擇無線通訊的方式與結合物聯網技術進行通訊連結。
2. 系統平台開發與整合—未來社區或區域性尺度滯洪設施智慧監控，需在目前

智慧監控系統的基礎上強化其應用及加值效益，將平台擴展為雲端資訊整合平台系統，進而研擬聯合操控策略並對於監控數據進行雲端運算與大數據分析，藉案例數增加而強化智慧雨洪管理的量能，且應持續針對數據傳輸效能與穩定性以及系統防洪效益之檢討、優化預測模型、系統決策程式之自適性 AI 調整、擴充大數據資料庫與系統功能等相關作業。

3. 維護管理計畫—建築物雨水貯集滯洪設施應研擬完善的維護管理計畫，目前部分地方政府已訂定相關法令與規範，但未導入智慧監控管理相關內容，未來應針對滯洪設施之智慧化監控與維護修繕上建立一套營運制度。

## 第二節 建議

### 建議一

建築物雨水貯集滯洪設施導入智慧監控管理在法令制度結合之研究：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部營建署、經濟部水利署、地方政府

目前多數新建、增建或改建之建築物已完成雨水貯集滯洪設施之設置，但僅部分縣市地方政府具有雨水貯集滯洪設施維護管理、派員檢視與罰鍰等相關條例之訂定，且多數設施的營運及維管措施未能與建築物所有權人或物業管理單位進行連結，使得許多建築物雨水貯集滯洪設施在建置後，無法獲得妥善的管理、操作、維護與修繕而造成設施功能效益不如預期或損壞。建議應將建築物雨水貯集滯洪設施的維護管理相關事項納入法令制度，透過案例現況調查而研析建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控管理與現行法令制度結合之方向，同時與建築師或水利技師或相關產業、協會共同合作，進而培訓專業人員與規劃維護管理相關制度，可為建築物雨水貯集滯洪設施永續管理與未來政策發展提供重要參考依據。

### 建議二

建築物雨水貯集滯洪設施長期智慧監控成效分析之研究：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

本年度已完成建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控系統之建置與進行智慧排水操作的初步分析探討，並初步與ICT智慧建築平台完成資訊連結與數據分享，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，故未能針對系統長期實施智慧監控針對各種不同降雨型態進行分析及長期運作的系統穩定性分析，以及系統管理與修繕維護等事宜進行研究，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，做為未來建築物雨水貯集滯洪設施系統智慧化管理之參考。



## 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，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，2021。
- 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。
- 張沅辰，建築基地雨水滯(蓄)設施智慧操作架構分析，國立臺灣海洋大學碩士論文，2019。
- 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。
- 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，110-111 年雨水貯集利用系統減災技術與設施輔導推動計畫(1/2)，2021。

英文部分：

- Bilodeau, K., Pelletier, G., Duchesne, S., Real-time control of stormwater detention basins as an adaptation measure in mid-size cities, *Urban Water Journal*, 15(9):858-867, 2019.
- Di Matteo, M., Liang, R., Maier, H.R., Thyer, M.A., 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, 2018.
- Han, M.Y. and Nguyen, D.C., *Hydrological Design of Multipurpose Micro-catchment Rainwater Management*, 2018.
- 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.
- Ursino, N., Risk analysis of combined rainwater detention and pumping systems, *Urban Water Journal*, 14(5):509-514, 2016.

## 附錄一 審查會議記錄



## 內政部建築研究所 111 年度

## 「建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控系統整體

## 規劃與成效探討」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	建議書提及在 ICT 平台整合的資訊轉換上需要經費可能不足，此對本計畫成果預期有何影響？	感謝委員意見，若計畫執行期間發生預算經費不足支應程式設計或資訊轉換工作時，將嘗試向本所、各機關或廠商爭取補助經費與協助，並避免較複雜的系統鏈結方式，進而尋求專家學者或 ICT 工程師協助撰寫軟體程式與平台鏈結，應不影響本計畫成果。
2	以實際降雨事件進行系統運作測試，若執行期間並未降雨或降雨不如預期，是否有替代作法？	感謝委員意見，本計畫擬將進行滯洪效益、資訊傳輸與系統運作穩定性等整體評估，若期間降雨量不如預期，擬透過系統敏感度調整而模擬回推其滯洪成效或其他方式(如模擬強降雨事件之入流量)等，作為本案替代方案。
3	智慧排洪與傳統機械式排洪之差異性比較，其具體作法與成果為何？	由於實際案場已進行智慧監控系統的裝設，故與傳統式操作的比較上，擬藉降雨量與監測

		數據以模擬法模擬傳統式操作滯洪池情況，並比較傳統與智慧監控下滯洪設施的成效差異。
4	本系統由硬體設備與軟體程式組合而成，請團隊務必做到：一者零故障與系統穩定；再者因有網路就有資安的疑慮；三者因數據的蒐集對本計畫的重要性，備援機制一定要建立；以上謹請團隊留意。	感謝委員建議，將遵照辦理。
5	建議本計畫遴選案例可從新建案與舊建案各一著手本計畫，前者可以建立範本，今後的建案可比照辦理；後者就如同本計畫的研究採用方法進行。	感謝委員意見，目前舊建案既有建築物滯洪設施通常因經費與權責問題，使至裝設意願不高，亦以開發中新建案作為系統規畫評估之主因；未來如落實設置誘因、獎勵措施與政策等，方利針對舊建案智慧監控系統規劃上的推行與發展。
6	計畫裡提及 3 個數字「4」、「26」及「18」，請補充說明其意義。	本建案原滯洪設施係為傳統機械式排洪，其即在水位上升至 0.4 m 起抽水水位時，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，水位仍持續上升至 2.6 m 時，將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 將開

		啟電動閥並開始繼續使進水管的雨水流入設施。
7	實際降雨事件逕流成效探討一節，是否可以透過 AI 控制系統，建立逕流與抽水排洪最佳化模式，藉以達到排洪時的最佳時機。	感謝委員意見，先期計畫已初步透過歷年降雨數據之數值模擬與物理性試驗完成排洪時機探討，未來本計畫將考量實際案例監控成果進行檢討與調校。
8	何種規模的建物需要加入智慧監控系統？	感謝委員意見，由於建築物將依循法規規定而設置相應規模的滯洪設施，故一般在建築物經費許可的情況皆可加入智慧監控系統；未來仍需制定相關設置誘因、獎勵措施等制度與規模建議，俾利推廣應用。
9	系統建置費用由誰負擔？	感謝委員意見，智慧監控系統提升建築防洪效益，更利未來物業管理單位之維護管理，在未來相關制度建立後，所有權人應可與營建單位協調其建置經費。
10	社區未來不願參與本計畫，其功能與效益如何評估？	感謝委員意見，本研究團隊已與該案建商、ICT 智慧建築工程團隊以及台北市都發局進行多次協商討論，針對系統資訊鏈結與整合規劃等工作內容達到許多共識，應可如期完成計畫之工作內容。

11	每幢建築物的雨水貯集量如何計算？	感謝委員意見，本案滯洪設施裝設夾管式超音波流量計可估算雨水貯集量。
12	水利單位已有出流管制計畫，此二系統如何搭配？	感謝委員意見，本案滯洪設施針對出流管制相應法規之內容，已於排水計畫書中說明，後續裝設智慧監控系統將不影響管制規定，預計更提升出流抑制成效。
13	雨量觀測如不準，如何修正？能否用氣象局或水利署就近地區，直接採用而不需預測？	由於中央氣象局的降雨預測系統(如 Qpesum-QPN)屬於區域尺度的預測，如運用在建築物尺度，需進行網格解析；且其預測時距較長，較難以作為本系統針對短時距強降雨的應用，並需解決資訊傳輸的稽延問題。本案透過灰色理論進行降雨預測，已於先期研究案中針對預測準確性進行驗證與調校，未來可再針對系統的預測方法進行 AI 優化。
14	是否可以建議以公共建築物為主，包括新建及舊有建築物。在私有建築物，則以大規模之建案為主（大於某固定之雨水貯集量）。	感謝委員建議，將於後續推廣應用之建議中進行討論。
15	如果軟硬體之費用，沒有辦法募集得到，則如何執行本計	感謝委員意見，將避免較複雜的系統鏈結方式，進而尋求專

	畫？	家學者或 ICT 智慧建築工程團隊協助撰寫軟體程式與平台鏈結，應不影響本計畫成果。
16	建議舊有建築物用傳統系統，而大型建築則有智慧2.0系統。	感謝委員建議，將於後續推廣應用之建議中進行討論。
17	建議此智慧雨水系統納入新建智慧建築之總體規劃而成一體。	感謝委員建議，納入整體規劃將有利智慧監控系統未來發展，但仍需考量相應法規、政策與獎勵制度的制訂，方能提升設置意願。
18	請說明智慧排洪與傳統機械式排洪之差異。	傳統滯洪設施係透過起抽水位與停機水位做機械式排洪，智慧排洪則將考量降雨量變動，並進行預測判斷而決定泵浦啟閉，相比傳統式能增進滯洪設施的防洪能力，且減少泵浦運作時間達到節能之效益，更利於維護管理。
19	ICT 智慧平台是否獨立或整合至建築物監控系統？	感謝委員意見，ICT 智慧建築平台分為監控系統與 ICT 設備系統，而雨水貯集滯洪設施為「監控系統」中給排水項目之一；本案智慧監控系統擬將與 ICT 智慧建築平台進行數據鏈結與資訊技術之整合。
20	本系統有無規模效益評估。	感謝委員意見，本系統目前係針對單一滯洪設施進行效益評

		估，後續將考量未來社區或區域性尺度之系統建置進行相關研提。
--	--	-------------------------------

## 內政部建築研究所 111 年度

## 「建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控系統整體

## 規劃與成效探討」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	本案已選擇台北市信義區社會住宅一處基地作為實驗場域，進行實務的測試，已有很大的進展。對於本研究所提 ICT 究為單一基地之智慧監控系統，或未來能夠整合社區，甚至區域的智慧監控模式，建議可作為未來討論重點。	感謝委員的支持與肯定，本案智慧監控系統以單一建築物之雨水貯集滯洪設施進行操控，去年已完成案例遴選、初步規劃與設備採購等工作項目，今年將進行通訊連結、運作測試與 ICT 智慧建築管理平台進行整合規劃，待本系統測試成果與可行性評析後，未來可針對社區整合或區域性智慧監控之方向進行研議。
2	本研究計畫書第 11 頁下方圖 1-9 研究進度甘地圖，請改為甘特圖。	感謝委員意見，將遵照辦理。
3	本計畫主要目的乃透過流域治理觀點，探討都市計畫減洪調適規劃對於地區逕流分攤與減洪之成效，具有跨域合作與政策應用之重要價值。	感謝委員的支持與肯定。未來仍需透過建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控管理與現行法令制度結合之可行性與方向進行研究並研擬發展對策方能落實。

4	<p>貯集滯洪設施的管理若在設有建築物的平台上運作，則其必須與上位的水利單位連線，擷取必要訊息，才能有最佳模式判斷運行。但這些資訊取得是否在一建築管理平台都可獲得許可？</p>	<p>感謝委員意見，本年度目前就以單一建築物的滯洪設施進行智慧監控，裝設所需監測設備獲取數據資訊，尚未與水利單位進行平台連結，未來如系統運作穩定可依委員建議進行資訊整合與討論。</p>
5	<p>其實單一建築物的管理平台要做最佳化模式，可能有限制，因為在整個大的區域或流域範圍內，單一建築物的管理平台只能管自己是排或不排，但幾棟建築物之間若都認定有排放的需求時，如何排序才不會突現洪峰，或是決定幾家排幾家不排，恐有困難。</p>	<p>感謝委員意見，本案智慧監控系統以單一建築物之雨水貯集滯洪設施進行操控，待本系統測試成果與可行性評析後，未來可考量社區尺度進行聯合操作，進而提升智慧監控層級至都市尺度。</p>
6	<p>建議除了個別建築物的管理平台外，應有更高層次集合區域的管理平台可能成效更佳。</p>	<p>感謝委員意見，本年度目前就以單一建築物的滯洪設施進行智慧監控，未來如系統運作穩定可依委員建議進行區域性資訊平台整合之研究。</p>
7	<p>監控系統、抽排運作都需用電，必將掛在建築物公共用電上，但實際做的是公益性質的事情，似乎應由公部門分擔較合理，建議要有一套機制。</p>	<p>感謝委員意見，本案智慧監控系統電力係由原控制箱與中央控制中心提供，即建築物的公共用電，其電能分擔應由建築物雨水滯洪設施相關管理法規進行配套。</p>
8	<p>此案為滯洪空間智慧操作，目</p>	<p>感謝委員意見，本案智慧監控</p>

	前僅針對一棟建築物滯洪池進行說明，未來智慧監控是各別進行還是區域調控？	系統以單一建築物之雨水貯集滯洪設施進行操控，待本系統測試成果與可行性評析後，未來可針對社區整合或區域性智慧監控之方向進行研議。
9	對於不同區域與建築基地的調控機制，若能將軟硬體進行整合操作可獲得更高效益。	感謝委員意見，為提高區域性滯洪成效，未來應針對社區整合或區域性智慧監控之方向進行研議。
10	滯洪池的抽排水皆為直接放流，其是否能善加利用？若再再利用，應以智慧思維做抽排時機之管控，此將成為一重要議題。建議以後可以將此加入計畫範圍內。	感謝委員意見，由於貯集滯洪與貯集利用兩者對應不同法源與規範、以及不同的系統構造與水質要求，但兩者共同管控應可提高兩系統之功能效益，未來可針對此進行深入探討研究。
11	建議制定檢視表作為未來智慧監控系統設置上的初步評估依據。	感謝委員建議，後續將針對委員所提意見進行研議。
12	本案看起來係針對個案進行研究，能否提高層級進行聯合操作？	感謝委員意見，本年度目前就以單一建築物的滯洪設施進行智慧監控操作，未來如系統運作穩定可依委員建議提高層級進行聯合操作之規畫研究。
13	設置位置的選定，是否考量案例的淹水狀況與潛勢？建設完成後，有何方式可以驗證其成	感謝委員建議，本案開發智慧監控系統首次於實地案場測試，主要為示範性質，確認系

	效？後續操作維護的權責如何分工？	統能穩定運作與達到滯洪成效，並具隨時監控與便於維護管理之功能。
14	本案有關「研析智慧監控系統對於社區整合調控之功能效益」部分，建議將智慧監控系統的建置成本及後續維護管理成本納入研析。	感謝委員建議，後續將針對委員所提意見進行研議。
15	研究團隊是否有評估不設置雨量計對於計畫整體的影響。	感謝委員意見，設置雨量計可直接接收即時降雨量數據而估算滯洪池入流量，在集流期間即可立即進行決策操作，將提高系統預排放的功能；而採流量計配合水位計設置，則為水入流後才進行操作，滯洪上雖不如前者敏銳，但數據掌控較為精準，長期操作下應影響甚微。
16	建議研究團隊將預測入流量機制於報告中說明。	感謝委員意見，已於第二章第三節 p.31 智慧監控系統實地案例設置中補充說明。
17	P.13，圖2-1(a)傳統滯洪設施抽水方式在起抽水位與停抽水位之間有一緩衝深度，其優點是讓抽水機不要抽、停頻率過高，若抽、停頓頻率過高，抽水機易壞，圖2-1(b)智慧監控設施抽水方式則無此保護措施，建議考慮緩衝深度。	感謝委員意見，由於建築物雨水貯集滯洪設施在排水計畫書中，會避免泵浦啟動頻率過高而設計起停時距，本案設計為13分鐘，故本計畫在智慧監控系統的操作間距同樣設置13分鐘，使泵浦可在原保護機制下進行操作。

<p>18</p>	<p>P.25，圖2-11，浮球式液位計因有上下傾角，故其高度無法太大，且因構造關係，其高度亦無法太小。建議報告中增加其他種類之液位計(例如探針式、電子式等)，並分析說明各種液位計其優缺點、適用範圍等，俾未來智慧監控系統抽水方式可以加以選用。</p>	<p>感謝委員意見，浮球式液位計為原滯洪設施以機械式控制泵浦與入流電動閥所設置，不具數據監測之作用；本案智慧監控系統則設置沉水式壓力水位計，以精準判斷即時水位數據。其水位計的比較，已依委員建議於第二章第三節 p.31之表2-4補充說明。</p>
<p>19</p>	<p>為增進滯洪池降低洪峰之功能，抽水機佈設的方式請補充說明(例如基地面積較小，抽水量小，抽水機之設置可採用簡單之交替運轉，基地面積較大，抽水量大，抽水機較多台，則採多段式抽水)。</p>	<p>感謝委員意見，本示範案例滯洪設施之泵浦係依原排水計畫書所規劃的方式設置，為兩個泵浦交替運轉；本計畫智慧監控系統僅改變其泵浦的啟閉指令，未更動交替運轉的機制。</p>
<p>20</p>	<p>現行法令建築技術規則所提到的建築雨水貯集滯洪設施此字眼，與雨水貯留利用設施這兩套是否為相同?以及建築物雨水貯留利用設計技術規範等，容易造成混淆，也會有管轄權問題(究竟是水利機關、還是建管單位或是私有人在管理等等)，若為公私部門共同管理，公部門要介入要到何種程度?請釐清說明。</p>	<p>「雨水貯集滯洪設施」與「雨水貯留利用設施」兩者的設置目的不同，前者為防洪減災，後者作為替代非接觸用水之供水利用，故其對應不同法源與規範、以及不同的系統構造與水質要求等；未來納入採委員建議針對建築物雨水滯洪設施之物業管理單位及公私部門等權責管理進行相關法令與規範進行檢討。</p>
<p>21</p>	<p>建議現有的傳統做法說明清楚，哪些地方為模糊地帶，是</p>	<p>感謝委員建議，建築物滯洪設施的滯洪排水通常會設置手動</p>

	<p>否可以藉由人為控制去作出調整修正，是否有發生問題過，在專業上我們是否同意這樣做法？若要改善要如何介入比較適當？</p>	<p>開關，由該建築物管人員進行操作，若排水設備損壞，則將聯繫相關廠商進行檢修，實際營運上通常不會有專業人員介入，故未來建議應針對滯洪設施如何永續運作管理進行法規、管理單位、專業人員協助等相關規劃研擬。</p>
22	<p>現行制度維護方式是應該怎麼維護？由何單位進行維護較適當？請制定個比較完善的規劃。</p>	<p>感謝委員建議，現行制度在建築物滯洪設施完工並驗收後，點交予建築物的物業管理單位進行管理維護，但目前尚未有針對滯洪設施進行完善的教育訓練及檢修單位之相關配套，故未來可針對其研議相關管理對策。</p>
23	<p>建議將滯洪設施之放流水進行利用，此為寶貴資源之一，若只是單純抽排水觀念較為狹隘。</p>	<p>感謝委員意見，由於貯集滯洪與貯集利用兩者對應不同法源與規範、以及不同的系統構造與水質要求，但兩者共同管控應可提高兩系統之功能效益，未來可針對此進行深入探討研究。</p>
24	<p>本案智慧監控系統目前係與廣慈社會住宅的 ICT 智慧建築平台整合，建議研究成果未來可推廣應用。</p>	<p>感謝委員的支持與肯定。</p>
25	<p>建議蒐集高雄市智慧雲補助計畫、桃園市出流管制設施智慧</p>	<p>感謝委員建議，針對委員所提兩計畫案已於前年度既有建築</p>

	<p>監測資料，提供本案後續研究規劃參考。</p>	<p>物雨水滯蓄設施智慧管理系統與平台建置之研究計畫完成蒐集比較，其相關內容已補充至報告書 p.20-21 中說明。</p>
<p>26</p>	<p>期待未來系統建置成果，持續努力。</p>	<p>感謝委員的支持與肯定。</p>



## 內政部建築研究所 111 年度

### 「建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控系統整體

### 規劃與成效探討」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	<p>本計畫之「重要發現」(頁 X)後段敘及「…如未來規劃非新建建築物實施智慧監控，在通訊線路的佈設上恐更難以完成，故未來落實建築物雨水貯集系統智慧監控，應直接考量在各設備間設置閘道器並選擇無線通訊的監測設備…」，此部分似屬未來建議事項，建議本節重要發現，宜敘明研究成果之發現。</p>	<p>感謝委員建議，後續將依委員所提之重要發現進行內容調整並詳敘本案研究成果。</p>
2	<p>對於「肆、完成未來社區或區域性尺度雨水貯集滯洪設施智慧監控系統規劃與推廣應用之建議」(頁 60-61)部分，所提出之「法令與政策導入」、「營運模式建立」、「管理技術與成本提升」等，均為非常重要的推動重點，亦為本計畫重要工作項目，建議應將此「法令與政策導入」、「營運模式建立」、「管</p>	<p>感謝委員建議，本年度完成智慧監控系統建置與初步測試，針對後續營運、管理與法令等相關內容為一重要課題，目前僅依本案在整體規劃與建置過程中而針對推廣應用進行大綱研議，未來透過系統實際營運與管理後，更能針對推廣應用相關細則進行研擬。</p>

	理技術與成本提升」三項，更詳盡說明，如：「法令與政策導入」應增(修)訂何種規範或獎勵相關法令？導入之政策為何？等詳予明述。	
3	本計畫符合期末報告要求，建議同意通過。	感謝委員的支持與肯定。
4	第 28 頁，建議可補充說明選擇信義區建案 E 滯洪設施 C 之原因。	感謝委員建議，已將遴選條件與原因之相關內容補充於第 23 頁中說明。
5	第 49-52 頁，關於智慧監控系統推廣應用與規劃組織與體制，能有更多之建議及討論。	感謝委員建議，本年度完成智慧監控系統建置與初步測試，針對後續營運、管理與法令等相關內容為一重要課題，目前僅依本案在整體規劃與建置過程中而針對推廣應用進行大綱研議，未來透過系統實際營運與管理後，更能針對推廣應用相關細則進行研擬。
6	本計畫報告內容豐富，符合期末報告審查需求。	感謝委員的支持與肯定。
7	雨水貯集滯洪設施智慧監控系統應該是一個大區域的問題，以本案的狀況將監控主機擺放於個案中央監控室，應該是階段性的措施。理想的狀態應該是訊號上傳雲端，由水利署或各縣市政府的管理單位，綜合	感謝委員意見，本案係首次將智慧決策應用於實際滯洪設施上，屬於初步測試階段，未來如成果理想，可再擴大管理層級進行相關研究。

	<p>全區域的資訊與治理情形做最 適切的反應。所以日後個案的 監控主機應該要有資訊上傳， 由各高一階層主控中心，管控 功能。甚至可以不設主機，一 切由雲端的管理機構操控。</p>	
<p>8</p>	<p>雨水貯集滯洪設施我個人認為 不該由個案管理中心監控，不 能用個案的決策來做區域防 洪。個案管理中心可以針對日 常的排水、抽排功能做監控管 理。但一定要有防洪時由中央 管理單位介入掌控的功能，否 則不易奏效。P.8 的圖 1-7 流程 只判斷到個案自身情形，但更 高一層可能有數十個甚至數百 個個案的區域情形，要綜合判 斷才行。</p>	<p>感謝委員意見，由於水利署目 前相關計畫亦針對滯洪設施進 行監測設備之裝設，未來如本 案智慧監控系統成果理想，可 考量已裝設監控設備之案例， 針對多案滯洪設施進行決策操 作之相關研究。</p>
<p>9</p>	<p>本次案場由於不是建築物設計 之初就決定導入，沒列入原先 弱電監控系統設計中，所以會 有一些布線配合上的困難，日 後若能在設計初期即已介入應 無疑會更方便。採用無線傳輸 不是不行，但是考量許多監控 元件都在筏基構造隱蔽處，訊 號穿透能力是否得以順利穿越 尚有疑慮，還要擔心其電源是 否需要更換，有線的可靠度還 是較高，建議還是以有線為主。</p>	<p>感謝委員建議由於本示範案例 為後來協商才同意進行裝設， 然考量通訊傳輸的穩定性，本 案仍選擇以通訊電纜的方式進 行佈設，故通訊佈線上確實面 臨極大困難，同時感謝現場專 案經理、工地主任與物管單位 等相關人士的幫忙，使本案能 順利完成。</p>

10	<p>要研究權利義務關係。雨水貯集滯洪設施適用個案的設施作為公共事務的操作(防洪、滯洪)，就算是使用建築物的閒置空間，也應該要釐清權利義務關係，日常與緊急時後的管理維護費用要如何分攤，操作的電力費用、資通訊費用如何計算，也應該要有一定的釐清，建議相關單位要進一步研究。</p>	<p>感謝委員意見，此議題在推廣應用上相當重要，未來應針對滯洪設施與相關設備之權利義務關係進行相關研究與法令之研議。</p>
11	<p>廣慈案算是規模很大的公宅，所以有能力建置中央監控室、配置管理人力，若建築物規模不足以支撐中央監控時有無可能自動操作，做最低度的維管？</p>	<p>感謝委員建議，未來應針對建築物滯洪設施暨智慧監控系統的管理維護進行法令制度之研議。</p>
12	<p>建議可以針對機械式跟智慧式，滯洪設施大概希望可以往上提升，老師有很多的文字說明，是否可以明列出一個綜合比較的評估表，這樣可以更清楚了解為什麼要做這件事情。綜合比較評估表裡，包括價值面、成本面，以後要去遵照、要做法律政策的制定，就很容易、清晰明瞭。</p>	<p>感謝委員建議，後續將考量委員意見進行討論與內容補充。</p>
13	<p>有關智慧決策系統，規劃流程表裡有一個預測該時段流量的部份，這可能比較沒交代，有</p>	<p>感謝委員建議，後續將考量委員意見進行討論與內容補充。</p>

	時間差的部份，該時段流量的預測，是誰來下指令？接收什麼資訊？多久時間會來到？有關智慧決策系統的運用，用適當的文字說明，報告會更完整。	
14	主要針對出流管制所設置的滯洪池做優化的操作機制，但是本計畫缺少設置前後的比較，無法驗證。	感謝委員建議，本案以實際降雨數據計算逕流體積進行滯洪設施操作機制優化前後之模擬分析，並比較其差異性。
15	建議在針對外部雨水下水道系統的狀況，做優化的處理，效果會更好。	感謝委員意見，本案係首次將智慧決策應用於實際滯洪設施上，屬於初步測試階段，未來如成果理想，可增加案例數或考量集水區上下游等相關決策之研究。
16	建議智慧監控系統可搭配現在推動的樓管智慧監控系統，這樣就不會變成是兩套系統。	感謝委員意見，本案已具樓管智慧監控系統，即報告所提之 ICT 智慧建築資訊管理平台，其平台其中一部分具滯洪設施的警戒水位的監測，未來本系統將與其進行資訊整合，以利後續物業管理人員進行管理維護。
17	智慧監控系統的落實，未來是不是也能朝向獎勵的系統，如綠建築/智慧建築以獎勵的方式，鼓勵民間/公部門去執行，增加推動的速度。	感謝委員建議，將參採委員所提之意見作為後續推廣應用之建議。
18	本案目的之一為獲得更好的逕	感謝委員建議，後續將考量委

	<p>流體積抑制功效，建築物雨水貯集滯洪設施似較屬於逕流暫存措施，故相關論述建議考量修正。</p>	<p>員意見進行討論與內容修正。</p>
19	<p>本研究建議仍儘量補充比較清楚與明確之成效，或說明可進一步擴大之成效，作為未來推廣之誘因；例如經智慧決策系統接收水位數據，預測下一時刻入流量可能降低或停止，在滯洪空間許可之情況下，即停機，並可將滯蓄之雨水最大化供後續澆灌等水資源運用。</p>	<p>感謝委員建議，後續將考量委員意見進行討論與內容補充。</p>
20	<p>如有實際降雨事件之逕流抑制成效探討，及智慧排洪與傳統機械式排洪之差異比較成果，建議補充說明。</p>	<p>本案例滯洪設施未改造前為傳統式機械抽排，其係透過浮球式液位計並針對起抽水位的判定而進行滯洪設施排水；本案智慧監控系統裝設後，係透過壓力式水位計判斷即時水位而估算設施內可滯洪的盈餘空間，並考量入流量預測結果而進行智慧決策的排洪操作。智慧排洪相比傳統機械式排洪約可提升25%逕流體積削減率之防洪成效及減少泵浦運作時程達到節能減碳之效益。</p>
21	<p>本案如有辦理專家諮詢會議，建議報告書附錄三補充相關意見及處理回應。</p>	<p>感謝委員建議，將遵照辦理。</p>
22	<p>本案前於期中審查會議提出：</p>	<p>感謝委員建議，後續將考量委</p>

	有關「研析智慧監控系統對於社區整合調控之功能效益」部分，建議將智慧監控系統的建置成本及後續維護管理成本納入研析。依報告書第76頁回應說明，將針對上述意見進行研議，惟目前報告書尚未納入相關研析內容，請再予補充納入。	員意見進行討論與內容補充。
23	本計畫為研究雨水貯留滯洪設施討論，惟考量各雨水貯留設施放流口可能不同，有涉及區域排水、河川、雨水下水道及山坡地等等，建議未來可討論建置於不同位址或擴大研究範圍，做為未來政府落實參考依據。	感謝委員意見，本案係首次將智慧決策應用於實際滯洪設施上，屬於初步測試階段，未來如成果理想，可討論不同案例設置與擴大研究範圍等進行相關研究。
24	台北市政府結合中央氣象局降雨預報進行抽水站最佳化的操作，但預測的精準度仍保持遲疑，而若以即時雨量資料進行流量轉換，其亦造成時間消耗的問題；如何結合即時資料進行即時預報與最佳化的操作，並克服前述問題？	感謝委員意見，透過中央氣象局預報傳輸上仍有時間稽延的問題，且因網格精度問題需另進行解析，故本案係透過灰色預測理論進行雨量/流量預測的方式進行決策操作。
25	避免部分建案在滯洪設施建置完成後，即關閉進出水及系統電源，使滯洪設施僅作為依法設置而淪為擺設的構造，故監控系統的設置與執行實為重要。	感謝委員的支持與肯定。
26	建築物「雨水貯集」及「雨水貯	「雨水貯集」及「雨水貯集滯

	集滯洪」應是兩種不同概念智慧監控系統與區域排洪設施之連動應是淹水潛勢區急需研究之課題。	洪」兩者的設置目的不同，前者作為替代非接觸用水之供水利用，後者為防洪減災，故其對應不同法源與規範、以及不同的系統構造與水質要求等。
27	未做豪雨200mm/hr 以上等級降雨量之排洪情境模擬及因應對策。	感謝委員建議，後續將考量委員意見進行討論與內容補充。
28	以區域防洪治理之觀念應由法令規定一定規模之基地開發或建築物新建工程。例如1公頃以上基地(10000m <sup>2</sup> ，即3000坪)應設置雨水貯集滯洪設施智慧監控系統與排洪操控機制並與區域控制中心連動。前期應以淹水潛勢區公有基地優先做示範以了解建置成本與實質效益。	感謝委員意見，本案係首次將智慧決策應用於實際滯洪設施上，屬於初步測試階段，未來如成果理想，可討論不同案例設置與擴大研究範圍等進行相關研究。
29	國內建築管理實施綠建築已行之多年，每宗建築基地之法定空地面積、綠化面積、基地保水、綠建材等數據都在公部門之資料庫中，尚缺乏研究單位加以統計、整合，建立大數據加以運用。	感謝委員建議，隨著網路發展及科技進步，運用物聯網及雲端運算連結相關技術進行跨域與跨業合作並導入智慧管理工具等為未來趨勢，本團隊亦持續努力。
30	未來建議可加強建築基地內的雨水貯集滯洪管理與運作現況的了解，將來推廣從公部門開始著手係一個很好的策略。	感謝委員建議，本年度完成智慧監控系統建置與初步測試，針對營運、管理與法令等相關內容之研議為未來一項重要的課題。

## 附錄二 工作會議記錄



第一次工作會議

「建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控系統整體規劃與成效探討」  
工作會議紀錄

開會時間：111年6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：王組長綽順治、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：王組長綽順治、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
王順治 組長	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 建築物雨水貯集滯洪設施主要目的為防災，加入智慧監控系統能為原系統帶來的助益？考量智慧監控系統的定位與層級(如建築物、區域或國土防災)，應加強其相關內容呈現與描述方式。</li> <li>2. 目前滯洪設施防洪的操作機制所依循的法規為何？智慧監控系統裝設後，可能衍生之課題及解決方案？建議於後續進行討論。</li> <li>3. 如何將智慧監控系統納入法令與政策、建構制度(如：建築技術規範中針對滯洪設施增訂維護管理之相關內容)？可於專家諮詢會議討論。</li> <li>4. 建議將智慧監控系統未來能透過公、協會的產業化進行運維管理(如：派員檢視、專人諮詢、教育訓練等)。</li> </ol>

<p>廖朝軒 教授</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 案場工程已陸續完工且進行查核階段，現地專管經理建議此時進行本案系統設備裝設為最佳時機，故本團隊擬趕在期中完成系統設置與初步測試。</li><li>2. 後續將持續與建管單位、營建廠商、物業管理單位、以及 ICT 智慧建築團隊工程師接洽與討論，以完成智慧監控系統的整體規劃與系統評析。</li><li>3. 擬於 9 月份召開專家諮詢會議，針對初步智慧監控成果及智慧監控系統整合、技術層面、與運作成效等相關事項進行討論。</li></ol>
-------------------	--

### 附錄三 專家諮詢會議記錄



內政部建築研究所 111 年度  
「建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控系統整體規劃與  
成效探討」

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><b>李專案經理昱璉：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 針對 ADAM I/O 轉換器通訊連結，建議可參考說明手冊中提供的 API 進行編撰或透過網頁提供的連結軟體做測試。</li> <li>2. 後續智慧監控系統與本 ICT 智慧建築資訊平台可藉 API 方式或由本平台端連結數據線直接進行讀取，方可完成資訊共享與展示。</li> <li>3. 未來畫面呈現的內容為何？可在展示介面編修這方面提供協助，而使用端展示介面需求應依物業管理人員進行調整，故仍需本團隊及物業管理人員進行後續商討。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 感謝委員建議，後續將依委員提供的方法進行編撰與測試。</li> <li>2. 感謝委員建議，後續將依委員提供之建議完成資訊共享與展示等相關工作。</li> <li>3. 感謝委員建議，後續本團隊將彙整監控數據並與委員及物業管理人員進行使用端展示介面內容之商討。</li> </ol>
二	<p><b>邱專門委員志強：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ICT 系統目前測試的成效及未來接受度問題</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 感謝委員建議，本智慧監控系統仍持續嘗試與 ICT 智慧建築資</li> </ol>

	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. ICT 系統安置的時間成本費用及位置條件是否會造成民眾困擾而無法接受</li> <li>3. 如何落實管理維護機制?其操作修繕是否可以一般性工法執行，以增加接受度</li> <li>4. 其簡報有提及預判雨量準確而啟動該系統，請教如何針對瞬間豪大雨確認預判準確標準?若啟動期間如遇停電時，其因應措施為何?</li> </ol>	<p>訊平台連結。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. 感謝委員建議，本智慧監控系統建置於既有滯洪設施控制箱與中央控制中心，對民眾影響甚微。</li> <li>3. 本系統與滯洪設施之維護管理機制，未來建議需研議相應的法令制度。</li> <li>4. 本系統為 10 分鐘接收數據並進行預測，故針對瞬間降雨的變動較能即時掌握；如遇突發事件將依原滯洪設施緊急應變計畫辦理。</li> </ol>
<p>三</p>	<p><b>范教授佳銘：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 建置此一智慧決策系統具有前瞻性與重要性，需要各單位互相協助與幫忙，目前計畫團隊幾乎完成了此一智慧決策系統建設與測試，因此給予高度肯定與鼓勵。此一計畫成果兼具學術研究價值與產業應用價值，未來在減緩可能淹水災情與節能減碳兩方面會產生重大成效。</li> <li>2. 由於極端降雨或是颱風事件發生時，非常可能發生停電情境，本系統未來研究可以針對停電事件或是網路線路失效等情境，進行緊急備援系統評估與設定。</li> <li>3. 目前計畫針對信義區廣慈公宅單一滯洪池進行建設智慧決策</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 感謝委員的支持與肯定。</li> <li>2. 感謝委員建議，由於本系統僅針對抽排水時機進行改變，未改變其他運作機制，如進水閘門關閉、現場人員手動開關等相關機制，故如遇突發事件將依原滯洪設施緊急應變計畫辦理。</li> <li>3. 感謝委員意見，本案係首次將智慧決策應用於實際滯洪設施上，屬於初步測試階段，未來如成果理想，可討論不同案例設置與擴大研究範圍等進行相關研究。</li> <li>4. 感謝委員意見，考量永續水資源，透過本系統妥適排洪操作，同時增加設施蓄水量，其雨水作為再利用為未來可研議的方向，但仍需針對不同法源與水質需求等作探討。</li> </ol>

	<p>系統，未來可以考慮擴大範圍進行多滯洪池聯合運用，以達到更加的滯洪效果。</p> <p>4. 降雨事件發生過後，滯洪池內可能蓄滿雨水，應考量滯洪池內雨水再利用，以達到節水與節電功效。</p>	
<p>四</p>	<p><b>夏專案經理偉根：</b></p> <p>1. E 標案已陸續完工，主要剩鋪面與景觀等相關工程，滯洪設施的部分目前為保固階段，控制盤近期亦因應降雨事件進行整修，本司與統包廠商將全力配合該計畫後續調整的相關工作。</p> <p>2. 針對 ICT 智慧建築資訊平台建置屬獨立發包，後續如何與其進行通訊連結，應需再與 ICT 團隊進行協商。</p> <p>3. 滯洪設施智慧監控成果，不僅提高滯洪效果，更達節能減碳之效益，且儲蓄更多雨水，未來如能將其有效利用更達到水資源永續的效果。</p>	<p>1. 感謝委員的支持與協助。</p> <p>2. 感謝委員建議，後續本團隊將持續與 ICT 團隊及物業管理人員等進行協商。</p> <p>3. 感謝委員的支持與肯定。</p>
<p>五</p>	<p><b>張總工凱堯：</b></p> <p>1. 針對建築物雨水貯集滯洪設施導入智慧監控，有效提升設施出流量調節及節能減碳功能，推動方面值得肯定。</p> <p>2. 滯洪設施智慧監控考量降雨量</p>	<p>1. 感謝委員的支持與肯定。</p> <p>2. 感謝委員建議，將做為未來系統發展研議之方向。</p> <p>3. 感謝委員建議，將做為未來系統發展研議之方向。</p>

	<p>及入流量與盈餘空間決策抽排水能將調節功能最大化，惟其智慧操作規則相對複雜，設計及審查需要其它專業輔助，未來可針對區域研訂統一簡單的規則，方便推行及設計施作。</p> <p>3. 相關監控設備、資料傳輸及抽水機操作規則未來應標準化，方利於設計者設計導入，另設備的維護操作及校驗手冊亦應統一規範，可利於後續維管。</p> <p>4. 目前地方政府針對流出抑制要求多透過自治條例加以規範要求，並有相關技術手冊可參考，並在法規上要求相關設施完成後，管理人要維持設施的既有功能，主管機關得隨時派員檢視，如未能維持設施功能亦有相關罰責。未來監控設備的推動，短期可透過技術規範及計畫審查優先針對公共建築要求導導入，並於例行檢視瞭解及要求其正常操作，累積相關案例經驗，長期可針對現行法規與政策檢討，透過修法、認證及獎勵，要求建築案件應全面導入。</p>	<p>4. 感謝委員建議，本年度完成智慧監控系統建置與初步測試，針對營運、管理與法令等相關內容之研議為未來一項重要的課題。</p>
<p>六</p>	<p><b>蕭副主任清原：</b></p> <p>1. 建議能在主體標施作前提出需求管線不涉由主體標工程進行施作,利於後續設備組立。</p>	<p>1. 感謝委員建議，新建建築以實體電纜進行通訊連結較能保證傳輸上的穩定性，然既有建築則需</p>

	<p>2. 設備及器具尺寸及箱體尺寸需求能即時提出以利主體標整體規劃檢討。</p>	<p>考量現地情形或改以無線通訊的連結方式。</p> <p>2. 感謝委員建議，將參採委員所提之意見作為後續推廣應用之建議。</p>
--	---	--





**建築物雨水貯集滯洪設施智慧監控系統整體規劃與成效探討**

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：**樂中丕、廖朝軒、蔡欣遠、白櫻芳、賴深江、王鵬智、黃偉民、劉立群**

出版年月：111 年 12 月

版次：第 1 版

ISBN：978-626-7138-55-7（平裝）