

建築基地保水貯集技術設計規範與  
法制化之研究  
子計畫二：建立「雨水貯集利用」電腦輔  
助設計套裝軟體

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國 95 年 12 月



PG9502-0274

**建築基地保水貯集技術設計規範與  
法制化之研究**  
子計畫二：建立「雨水貯集利用」電腦輔助設計套裝軟體

受委託者：台灣雨水利用協會

研究主持人：鄭教授政利

協同主持人：廖教授朝軒

研 究 員：廖明誠

研究助理：何昆錡、丁家偉

**內政部建築研究所委託研究報告**

中華民國 95 年 12 月



ARCHITECTURE & BUILDING RESEARCH INSTITUTE  
MINISTRY OF INTERIOR  
RESEARCH PROJECT REPORT

Study on the Design Guideline and  
Regularization of Rainwater Retention and  
Harvesting Techniques at Construction  
Sites

Sub-project II: Study on the auxiliary  
Software of Rainwater Harvesting

BY  
CHENG LI CHENG  
CHAO HSIEN LIAW  
MING CHENG LIAO  
KUEN CHI HE  
CHIA WEI TING  
DEC 20, 2006



## 目次

表次	III
圖次	V
摘要	XI
第一章 緒論	1
第一節 緣起及目的	1
第二節 工作項目與內容	3
第三節 研究方法	7
第二章 雨水貯集利用法制化降雨類型分區探討	13
第一節 台灣地區降雨資料整理	13
第二節 降雨類型分區方法	18
第三節 降雨類型分區與容量設計	26
第三章 雨排水系統再利用設計	39
第一節 既有雨排水系統設計方法	39
第二節 雨排水系統構成	46
第三節 建築雨水再利用系統設計方法	51
第四節 國內雨水貯集系統應用實例	57
第四章 既有建築筏式基礎雨水利用效益評估	75

第一節	建築筏式基礎構造	75
第二節	既有建築筏式基礎總量推估	79
第三節	既有建築筏式基礎貯集量推估	89
第四節	既有建築筏式基礎雨水利用效益評估	102
第五章	雨水貯集利用電腦化試算系統	117
第一節	雨水貯集利用試算系統之原理	117
第二節	雨水貯集利用之規範檢核試算	122
第三節	雨水貯集利用之精確試算系統	134
第四節	雨水貯集利用之設計	139
第六章	結論與建議	143
第一節	結論	143
第二節	建議	144
附錄一	審查會議紀錄集處理情形	147
附錄二	雨水貯集利用使用手冊	153
附錄三	雨水利用法制化研擬與增修	189
參考書目		227

## 表次

表 1-2.1	本計畫綜合資料表	5
表 1-2.2	本計畫成果重點說明表	6
表 2-1.1	台灣地區十四個測站年降雨量	16
表 2-1.2	十四個測站年降雨量年平均値	17
表 2-2.1	不同屋頂型式之降雨收集效率係數之變化	19
表 2-2.2	K 均値法聚類分群結果	23
表 2-2.3	降雨型態聚類檢定分析表	24
表 2-2.4	北部分區代碼表	25
表 2-3.1	北部分區範圍表	28
表 2-3.2	中部分區範圍表	31
表 2-3.3	南部分區範圍表	33
表 2-3.4	東部分區範圍表	36
表 2-3.5	外島分區範圍表	37
表 2-3.6	法制化降雨分區容量設計對照表	38
表 3-1.1	建築雨水受雨面積對應之立管管徑	44
表 3-1.2	建築雨水受水面積對之橫管管徑	45
表 3-3.1	雨水處理對應程序建議表	53

表 3-3.2	雨水再利用系統給水模式	56
表 4-1.1	各類建築五分鐘集中率與電梯數量建議值	77
表 4-1.2	污水處理設施各項數據參考表	78
表 4-2.1	台北市建築使用執照有效件數統計	82
表 4-2.2	零層建築物使用執照	84
表 4-2.3	抽樣樣本數比例分配表	85
表 4-2.4	台北市各類既有建築筏式基礎推估面積	88
表 4-3.1	辦公建築專用大樓昇降設備設置建議值	91
表 4-3.2	各類型建築污水設施計算相關數據	93
表 4-3.3	建築防火避難有關居室收容人員密度表	95
表 4-3.4	台北市既有建築筏式基礎貯水量推估數據	99
表 4-4.1	台北市既有建築集雨面積統計表	105
表 4-4.2	台北測站降雨量資料彙整	108
表 4-4.3	各類既有建築筏式基礎貯水效益評估數據	111
表 4-4.4	台北市各類既有建築筏式基礎貯水效益表	112
表 5-2.1	建築類別用水量推估計算基準	124

## 圖次

圖 1-3.1	雨水利用與貯集平衡之概念	9
圖 1-3.2	雨水利用模擬計算流程圖	9
圖 2-1.1	十四個氣象測站位置分布	14
圖 2-1.2	台灣年總降水量(1941 年-2000 年)	15
圖 2-2.1	動態聚類法計算流程圖	21
圖 2-2.2	台灣北部地區四區域示意圖	25
圖 2-3.1	台灣北部地區四區域分布圖	29
圖 2-3.2	台灣中部地區四區域分布圖	30
圖 2-3.3	台灣南部地區四區域分布圖	33
圖 2-3.4	台灣東部地區四區域分布圖	36
圖 2-3.5	台灣地區法制化降雨類型分區圖	38
圖 3-1.1	建築物計算集雨量受水區域範圍	40
圖 3-1.2	雨排水立管配置方式	42
圖 3-1.3	雨排水橫管配置方式	43
圖 3-2.1	建築雨排水系統	46
圖 3-2.2	雨排水系構成分類方法	47
圖 3-2.3	屋頂構造收集雨水方式	50

圖 3-3.1	雨水再利用系統昇位圖	51
圖 3-3.2	簡單清除垃圾之雨水貯留設施	53
圖 3-3.3	簡易沈砂槽案例	54
圖 3-3.4	沈澱加碎石過濾處理構造概要案例	55
圖 3-4.1	雨水貯集案例	58
圖 3-4.2	慈濟技術學院雨水收集位置圖	59
圖 3-4.3	慈濟技術學院雨水收集流程示意圖	60
圖 3-4.4	慈濟技術學院雨水收集系統示意圖	61
圖 3-4.5	軍功國小雨水收集位置示意圖	63
圖 3-4.6	軍功國小雨水收集流程示意圖	64
圖 3-4.7	軍功國小雨水收集系統示意圖	65
圖 3-4.8	世堡紡織公司雨水收集位置示意圖	67
圖 3-4.9	世堡紡織公司雨水收集流程示意圖	68
圖 3-4.10	世堡紡織公司雨水收集系統示意圖	69
圖 3-4.11	台北市立動物園雨水收集位置示意圖	71
圖 3-4.12	台北市立動物園雨水收集流程示意圖	72
圖 3-4.13	台北市立動物園雨水利用之現況照片	73
圖 4-2.1	既有建築基礎構造型式	79

圖 4-2.2	建築筏式基礎中各類型用途使用	80
圖 4-2.3	常見地盤土質結構狀態示意	82
圖 4-2.4	台北市建築物使用執照各樓層件數統計	83
圖 4-2.5	台北市既有建築筏式基礎設置率	86
圖 4-2.6	建築基礎結構合理性示意	87
圖 4-3.1	筏式基礎構造	90
圖 4-3.2	繫梁圍塑體積與柱體積關係說明	90
圖 4-3.3	污水設施計算類型方式	93
圖 4-3.4	機械停車設置於建築筏式基礎空間	97
圖 4-3.5	台北市既有建築筏式基礎推估模式流程	98
圖 4-3.6	各類建築筏式基礎空間量與推估量比較	100
圖 4-4.1	都市既有建築集雨面積說明	104
圖 4-4.2	台北市各類建築集雨面積分佈情形	106
圖 4-4.3	台北測站降雨量各項數據比較	109
圖 4-4.4	台北市各類既有建築筏式基礎替代用水率	113
圖 4-4.5	台北市各類建築筏式基礎貯水率	114
圖 4-4.6	筏式基礎系統效益說明	115
圖 5-1.1	雨水貯集利用電腦化試算系統	119

圖 5-1.2	雨水利用與貯留平衡之概念	120
圖 5-1.3	雨水利用模擬計算流程	120
圖 5-2.1	雨水貯集利用規範檢核試算之架構	123
圖 5-2.2	規範檢核試算步驟一	131
圖 5-2.3	規範檢核試算步驟二	132
圖 5-2.4	規範檢核試算步驟三	132
圖 5-2.5	規範檢核試算結果	133
圖 5-2.6	建築物雨水貯集利用評估總表	133
圖 5-3.1	雨水貯集利用精確試算系統之架構	135
圖 5-3.2	精確試算系統步驟一	136
圖 5-3.3	精確試算系統步驟二	136
圖 5-3.4	精確試算系統步驟三	137
圖 5-3.5	降雨類型分區雨量統計(北部 II 區)	137
圖 5-3.6	精確系統試算結果	138
圖 5-4.1	雨水貯集利用設計之架構	139
圖 5-4.2	雨水利用設計說明	140
圖 5-4.3	雨水利用系統維護管理	140
圖 5-4.4	國內參考案例	141

圖 5-4.5 國外參考案例 · · · · · 141

建築基地保水貯集技術設計規範與法制化之研究

子計畫二：建立「雨水貯集利用」電腦輔助設計套裝軟體

## 摘 要

關鍵詞：雨水貯集利用、電腦模組化設計套裝軟體、雨排水系統再利用

### 一、研究緣起

台灣地區逐步朝向高都市化的社會發展，在都市化影響下可能造成更大的水環境危機，有鑑於此，內政部提出「綠建築評估指標體系」，並於其中規劃「建築基地保水貯集技術」來提升保水能力，其中並包含「雨水貯集利用」；「建築基地保水貯集技術」因不同技術而有相異之規劃設計程序，應該根據當地情況與現場試驗研究來訂定設計及施工標準，並應修改建築技術規則及法制化工作，以為政府落實永續城鄉建設之依據；本研究延續前三年度計畫的「雨水貯集利用」調查實驗研究、工法性能實驗解析與設計技術規範法制化，第四年度主題為建立「雨水貯集利用」電腦輔助設計套裝軟體工作。

### 二、研究方法與過程

依據研究目的與內容，本年度研究方法與內容概述如下：

#### (一)降雨資料的彙整與設計參數建立

降雨型態對於雨水貯集利用之影響最大，本研究對於雨水貯集利用之設計參數及性能做深入的探討，以雨量類型分區方式分類，建立適用於台灣地區之雨水貯集設計參數。

#### (二)建築物雨水利用設計量化評估與模擬分析理論

雨水利用量的計算與累計主要取決於雨水貯集槽四項要因的平衡關係，此四項要因為流入部分的雨水集雨量、自來水補給水量，以及流出部分的使用水量以及溢流量，為降低計算過程的複雜度，本研究擬以逐日降雨量為計算評估基礎，整理量化模擬評估模式。

#### (三)法制化方法之探討

針對雨水貯集利用法制化之探討，本研究除收集彙整國內外文獻與法規外，並針對基地保水貯集設計手法對於現行相關法規之適用性，檢討其是否有衝突點，廣泛徵詢各業管單位及專家學者之意見，初步提出適於雨水貯集利用推廣應用之建築技術規則（增）修條文，彙整各界之意見，對不適用之部分持續修訂，使之更形完善。

### 三、重要發現

#### （一）區域雨水貯集系統容量最佳化設計

針對雨水貯集利用容量設計與效率，本研究利用動態聚類法，依降雨型態的不同，已將台灣 300 多處測站簡化分為數個子區域，分別為北部 4 區、中部 2 區、南部 3 區、東部 4 區與外島 2 區等，共計 15 個分區，與現行 22 個代表性測站相較，其數據可信度較高。

本研究並持續針對此 15 個細部分區，從長期的角度來探討其雨水貯集利用效能，並統整氣象資料，建立具代表性的降雨類型與特性，計算求得各分區內平均降雨量、降雨概率與建議貯水天數，將提供後續區域雨水貯集系統容量最佳化設計之參考。

#### （二）電腦模組化設計套裝軟體

本計畫之研究成果必須轉化成建築師或設計師能夠應用與參考之準則與推動依據，方能獲致實質應用之意義，故本計畫以發展之理論方法為基礎，建立雨水貯集利用電腦程式，針對雨水利用系統的原理及法制化後的計算公式，透過電子化的過程，藉由微軟公司的 Visual Basic .NET，寫成物件導向式的電子化試算系統，以讓使用者或設計者，不用再透過繁瑣的計算步驟，也能計算出理想的設計值，甚至是協助判斷所設計出來的建築物是否滿足法制化的要求，達到簡化的目的。

#### （三）雨水貯集利用相關周邊設計探討

本研究藉由雨排水系統設計方法與基本原理，分析其構成要素，探討若導入雨水貯集利用，其周邊相關設計之系統整合，使其能夠達到最佳化，並藉由調查國內現行案例的方式，分析其系統設計與實際運作效率。

#### (四)既有建築筏式基礎導入雨水利用系統

本研究試圖於雨水再利用系統的相關理論架構下，探討雨水貯集的空間上，嘗試利用建築筏式基礎的底部空間作為貯集的工具。本研究建立一套推估模式，作為探討既有建築筏式基礎空間中，實際可作為雨水貯集利用的合理容量。

根據推估模式所計算的結果，未使用的筏式基礎容量為 9875725.3m<sup>3</sup>，占全台北市既有建築筏式基礎總量的 77.8%，代表在既有建築筏式基礎的空間，大部分沒有被妥善利用，還有相當大的開發效益，等待加以運用。

在本研究中，出現可利用的筏式基礎空間龐大，但建築集雨面積卻不足的現象。在評估建築不分類的情形下，筏式基礎月平均貯水量為 17,913,493.90m<sup>3</sup>，僅為總貯水量的 15.1%，顯示出筏式基礎效能尚有提升的空間。

#### 四、主要建議事項

針對上述階段性計畫成果，本研究提出建議如下：

立即可行之建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：行政院公共工程委員會、內政部營建署

本研究迄今已彙整各年度計畫成果，建立台灣地區降雨類型分區與建議貯水天數，並完成雨水貯集利用電腦程式，建議本案後續應朝向建立「輔助設計軟體」方向進行研究，方可落實研究成果，並有利於建築師於實務設計上之應用。

長期性建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：行政院公共工程委員會、內政部營建署

目前雨水貯集利用系統，多採用於新建之建築物，如何將雨水貯集利用推廣至佔大多數之既有建築，使其整體效能大為提升，建議主管機關後續可考慮針對此建議進行研究，以擴大「建築基地保水貯集技術」之施行效果。

## ABSTRACT

**Keywords: Rainwater utilization, water conservation index, green building , precipitation**

Water shortage had become one of the most serious issues, which was concerned by many countries of the world. It is estimated that more than two billions people have not enough clean water to drink or use in this century. Even though, Taiwan is the most rich rainy place which located in monsoon area of the earth, the characteristic is hot, rainy and high humidity, water shortage also shake this island within these years. Just like many other countries all over the world, we have to face the situation which to build a new and huge dam is impossible or very difficult for Taiwan environment at present. Then, to develop many little dam system into buildings or urban is an acceptable idea for government and experts. That means we could formally lead the rainwater use system into building design and housing plan. Green Building evaluation is a new system in which water conservation is prioritized as one of its seven categories for saving water resources through building equipment design in Taiwan. The Green Building program proposes a water conservation index with quantitative methodology and case study. This evaluation index involves standardized scientific quantification and can be used in the pre-design stage to obtain the expected result. The measure of evaluation index is also based on the essential research on Taiwan and is a practical and applicable approach. In this research, we concern about the situation of architect and designer with less engineering background and try to offer a design concept and easy utility to fit to building design. We will also arrange the database of precipitation in Taiwan.

## 第一章 緒 論

### 第一節 緣起及目的

台灣地狹人稠，而且工商產業發展迅速，已有將近 80% 的人口居住於都市地區，並逐步朝向高都市化的社會發展，這不僅意味著都會紀元的來臨，更代表過多人口之集中消費，將造成局部資源的耗竭，且在都市化影響下可能造成更大範圍的水環境危機。

由於市區街道擴大化、生活水準提高、人口密度高度化及土地利用密集化，各因素相互影響的結果造成都市區域整體的水土保持機能降低，供水系統負荷增加；地區排水管網的設置加速了地表逕流的集中，導致集流時間的減少及流速的增加，除了導致區域性淹水災害發生的頻率增加外，亦減少了地下含水層的補注及加速下游河道沖刷，污染物隨著逕流直接排入下游，對於都市水環境為害甚劇。

台灣近年來在都市化及工業化期間，大多數都市計畫、建築專家甚至一般民眾，對逕流的處理觀念皆忽視基地保水功能，且採取盡早將雨水由建築物排出的方式處理，由於這樣的逕流處理觀念，使得現有都市區域缺乏保水機能，因而發生都市型水患、都市熱島效應、水資源不足及水污染問題。有鑑於此，內政部提出「綠建築評估指標體系」，並於其中規劃「建築基地保水貯集技術」來提升基地之保水能力。所謂「建築基地保水貯集技術」主要包括：「生態池」及「雨水貯集利用」二項技術。然而目前我國的綠建築政策對於此二項技術尚處於理論假設計算層次，既無實驗根據亦無設計標準，尤其尚無適於台灣水／地文條件之標準，且都市計畫及建築等專家亦無法源賦予規劃設置之義務，影響了發展速度和工程質量。「建築基地保水貯集技術」因不同技術而有相異之規劃設計程序，應該根據當地情況與現場試驗研究來訂定設計及施工標準，並應修改建築技術規則及法制化工作，以為政府落實永續城鄉建設之依據。

一般而言，在非飲用與不接觸人體的前提下，雨水算是相當潔淨的用水取得來源，根據統計，一般住宅建築用水中，有 32% 的水屬於再生水可取代部分，這些水多用於廁所衛生設備、清掃、園藝等用途，佔日常用水中相當大的比例，若是能夠將回收之雨水利用於這些用途，取代原來的自來水，除了可以減少部分日常水費支出外，也可減輕台灣地區連年來的缺水問題。

近年來台灣地區面臨水資源時間與空間上分布不均的窘境，除了接連幾次颱風所造成的水患以及雨季雨量過少所造成的乾旱外，山坡地過度開發，水土保持不當所引起的水庫淤積，造成水庫壽命與貯水量的降低，一再再地影響水資源的供需；尤其是近年常發生颱風過後，水庫過度淤積，堵塞進水口，反而造成下大雨，卻無水可用的情況。

面對上述問題，雨水貯集利用是可以採行的解決方法之一，其採用的觀念乃是分散式管理策略，以降低風險為原則，雨水貯集槽就如同分散式的小水庫；當暴雨來臨時，雨水貯集槽分散都市下水道負荷，降低都市洪水；而旱季時，則分擔水庫的出水量，減低乾旱所造成的影響；並可因應暴雨後，水質混濁或進水口堵塞，水庫出水能力降低，提供部分替代用水。

根據工研院能資所的統計，建造一座水庫所生產的水，每度的成本至少是 20—30 元，而目前水價每度是約 7.5 元，未來勢必邁入高水價時代；雨水貯集再利用的成本每度只要 2—6 元不等，若是加以推廣，取代部分可替代用水，就能減少蓋水庫所付出的昂貴工程與社會成本。

台灣地區年平均雨量達 2500 公釐，約為全球降雨量平均值的 2.6 倍，可說是相當豐沛；但受限於地形與河川因素，每年有 5 成左右的降雨直接流到大海，導致缺水危機，若是能善用雨水貯集利用機制，將可解決水資源問題所造成的影響。

## 第二節 工作項目與內容

本研究針對「建築基地保水貯集技術」二項技術中的「雨水貯集利用」電腦輔助設計套裝軟體著手，其內容包括：

- 更新修訂技術手冊與規範
- 建立電腦模組化設計套裝軟體
- 編纂使用者參考手冊
- 雨水貯集利用相關週邊設計探討
- 既有建築筏式基礎導入雨水再利用系統貯集水量評估模式

本研究延續前三年度該計畫的「雨水貯集利用」工法性能實驗解析、理論模擬解析與設計技術規範法制化工作，將所得到的初步結果及幾次審查會議中的評審意見加以整理歸納，訂定出本年度研究的方向；依據研究目的，本研究第四年乃針對「雨水貯集利用」電腦輔助設計套裝軟體為主體，其內容分別如下：

### 1.更新修訂技術手冊與規範

本年度除持續進行雨水貯集利用模型觀測驗證分析外，並整理歸納相關數據及分析結果，更新或修訂技術手冊與規範。

### 2.建立電腦模組化設計套裝軟體

計畫之研究成果必須轉化成建築師或設計師能夠應用與參考之準則與推動依據，方能獲致實質應用之意義；故本計畫擬以發展之理論方法為基礎，建立雨水貯集利用電腦模組化設計套裝軟體，電腦輔助設計套裝軟體可節省規劃設計時之人力、物力及時間，極具推廣及應用價值。

### 3.編纂使用者參考手冊

為使電腦輔助設計套裝軟體能易於被推廣應用，套裝軟體開發同時並編纂使用者參考手冊，使規劃設計者易於使用。

#### **4. 雨水貯集利用相關週邊設計探討**

雨水貯集利用在導入建築物的過程中，牽涉的層面相當廣泛，如何統整雨水貯集系統的運作，使其在不影響建物的機能下提供服務，如雨水槽與結構系統的負荷、雨水收集之後如何輸送至替代用水出水端、管路設計等相關問題，本研究將試圖藉由案例探討的方式，針對設計上與使用上之相關問題進行討論，以使後續雨水貯集利用系統能夠達到最佳化。

#### **5. 既有建築筏式基礎導入雨水再利用系統貯集水量評估模式**

在目前建築的基礎結構設計上，筏式基礎在建築的運用上相當普及，特別是高層的建築，因筏式基礎的高承重構造特性，所以設置的比例也相對的提高。而筏式基礎既存的構造也運用在其他用途上，例如：機械停車空間、消防水箱的設置等，在深入雨水貯集空間時，筏式基礎的容量是可以切入的議題。

下表 1-2.1 與表 1-2.2 為本計畫綜合資料表與成果重點說明表，詳述本研究此四年度之執行情形。

表 1-2.1 本計畫綜合資料表

總計畫名稱	「建築基地保水貯集技術」設計規範與法制化之研究	
子計畫名稱	92 年度：子計畫二：「雨水貯集利用」調查實驗研究 93 年度：子計畫二：「雨水貯集利用」理論模擬分析 94 年度：子計畫二：研擬「雨水貯集利用」設計技術規範與法制化工作 95 年度：子計畫二：建立「雨水貯集利用」電腦輔助設計套裝軟體	
執行單位	台灣雨水利用協會	
主持人	姓名：鄭政利	職稱：教授兼系主任
協同主持人	姓名：廖朝軒	職稱：教授
執行期間	自 92 年 1 月 1 日 起至 95 年 12 月 31 日止	
研究性質	( )基礎研究 (✓)應用研究 (✓)技術研究 ( )商品化	
研究經費	345 萬 5000 元整	
關鍵字	雨水貯集利用	
	綠建築	
	基地保水	
摘要		
<p>「建築基地保水貯集技術」主要包括：「生態池」及「雨水貯集利用」二項技術。然而目前我國的綠建築政策對於此二項技術尚處於理論假設計算層次，既無實驗根據，亦無設計標準，尤其尚無適於台灣水/地文條件之標準。「建築基地保水貯集技術」因不同技術而有相異之規劃設計程序，應該根據當地實際情況來訂定設計及施工標準，並應修改建築技術規則及法制化工作，以為政府落實永續城鄉建設之依據。本整合型研究計畫即是基於前述理念，進行「建築基地保水貯集技術」設計規範與法制化之研究，本子計畫為其中之「雨水貯集利用」。</p> <p>本計畫透過降雨資料彙整、雨水利用量化評估、模擬分析理論與法制化等操作手法，已成功發展本土化之「雨水貯集利用」容量計算及規劃方法，並據以研擬適於台灣應用之「雨水貯集利用設計技術手冊」；同時並進一步以建立之理論方法為基礎，研發「雨水貯集利用電腦化試算系統」，以落實研究成果於實際應用及推廣之價值。</p>		
聯絡人	姓名：鄭政利 職稱：教授兼系主任	
	通信地址：台北市基隆路四段 43 號	
	電話：(公)02-27376510 (宅)02-2239-6450 傳真：02-27376721	

**表 1-2.2 本計畫成果重點說明表**

<p>計畫緣起</p>	<p>台灣地區逐步朝向高都市化的社會發展，在都市化影響下可能造成更大的水環境危機，有鑑於此，內政部提出「綠建築評估指標體系」，並於其中規劃「建築基地保水貯集技術」來提升保水能力，其中並包含「雨水貯集利用」；「建築基地保水貯集技術」因不同技術而有相異之規劃設計程序，應該根據當地情況與現場試驗研究來訂定設計及施工標準，並應修改建築技術規則及法制化工作，以為政府落實永續城鄉建設之依據；本研究為四年度延續型計畫，分別為「雨水貯集利用」調查實驗研究、「雨水貯集利用」工法性能實驗解析、「雨水貯集利用」設計技術規範法制化與「雨水貯集利用」電腦輔助設計套裝軟體。</p>
<p>計畫內容</p>	<p>第一年：「雨水貯集利用」調查實驗研究                      1.國外雨水貯集利用設計現況調查分析及實驗研究                      2.分析、歸納雨水貯集利用相關設計工法及參數                      3.進行雨水貯集利用第一階段法制化研究                      第二年：「雨水貯集利用」理論模擬分析                      4.觀測區域降雨型態，並進行雨水貯集利用性能分析                      5.探討雨水貯集利用之設置影響因素及選址原則                      6.發展適於台灣之雨水貯集利用設置容量計算方法                      7.既有建築雨排水系統現況調查與再利用可行性分析                      8.雨水貯集利用第二階段法制化研究                      第三年：研擬「雨水貯集利用」設計技術規範與法制化工作                      9.雨水貯集利用模擬研究                      11.研擬雨水貯集利用施工與維護管理規範                      12.修改建築技術規則進行雨水貯集利用第三階段法制化                      第四年：建立雨水貯集利用電腦輔助設計套裝軟體                      13.更新修訂技術手冊與規範                      14.建立電腦模組化設計套裝軟體                      15.編纂使用者參考手冊</p>
<p>成果與效益</p>	<p>本計畫之執行已獲多項之成果，相關成果、經驗，均可落實於執行面之應用，且可作為後續研究之參考、依據，具體成果如下：                      1.台灣地區雨量氣候分區與降雨資料整理                      2.區域性容量設置與電腦模擬模型應用探討                      3.雨水貯集利用之性能評估                      4.既有建築物導入雨水貯集利用之可行性評估                      5.雨排水系統再利用設計方法                      6.雨水貯集利用法制化降雨類型分區                      7.區域型雨水貯集利用模式                      8.研擬雨水貯集利用設計技術與維護管理規範                      9.完成雨水貯集利用電腦試算系統                      10.雨水貯集利用相關周邊設計探討                      11.雨水利用法制化研擬與增修                      12.研究成果發表於國際研討會</p>

### 第三節 研究方法

除非是在空氣污染嚴重地區，雨水一直是相當乾淨的水源，在許多農村地區直接收集貯集雨水便可以使用。所謂雨水貯集利用系統，係將雨水以天然地形或人工方法予以截取貯存，然後經過簡單淨化處理後再利用為生活雜用水的作法。雨水不但可用在農業灌溉或工業及民生用水之替代性補充水源，也可用為消防用水之貯水水源，對減低都市洪峰負荷也有相當助益。台灣地區年平均降雨量將近二千五百公釐，約為全球降雨平均值的二倍半，雨量可算豐沛，但是受制於地形條件，且未有足夠之蓄水設施攔蓄水源，以致每年有五成以上之降雨，未能及時控制利用就直接流入海中，甚為可惜。建築雨水貯集供水系統是由集水系統、水處理系統、儲水系統及給水系統所組成，首先利用建築基地或屋頂收集雨水，經過管線系統截流至處理系統，處理完後再流至儲水裝置中，最後再經由另一套管線送至用戶中供用水器具使用。雨水收集可以利用建築物的屋頂的落水孔將雨水導入設於地下的儲水槽，也可以興建蓄水池方式直接儲存雨水，經過簡易的處理後，可以做為建築物或住宅的沖洗、空調或澆灌等雜用水之用。

依據本研究之目的及工作內容，本計畫可能使用之方法及理論簡介如后：

#### 1. 台灣地區降雨資料的彙整與設計參數建立

為對於雨水貯集利用之設計參數及性能做更深入的探討，本計畫針對雨水貯集利用之各個可能設計參數，進行數據比對與驗證分析，藉以建立適於台灣水／地文條件之設計參數，並進行雨水貯集利用之貯集性能分析。本計畫擬參照第一年度所完成的「台灣地區降雨氣候分區參考圖」方式，依據各降雨類型進行分區，將台灣細分成數個降雨分區，並針對各分區內降雨類型與雨量，提供適切的雨水利用設計方法與參數。

## 2. 建築物雨水利用設計量化評估與模擬分析理論

建築物整體雨水利用系統大體上包括集雨、處理、貯集及給水等設施，建築物在導入雨水利用設施的規劃階段，設計者首先必須針對集雨量及利用量進行評估與決定，而支配集雨量及利用量的要因主要則為集雨面積及貯水槽容量決定。雨水收集量的評估原本為簡單之計算方程式，即降雨量（深度）乘上集雨面積即可求得，但是降雨量並非均一地分布在每天與每一地點。特別是台灣地區雖然年平均降雨豐沛（年平均降雨量約 2500 公釐），然而季節及地區性的雨量集中且差異甚大，因此計算的關鍵在於氣象資料降雨量的預測與評估。作為評估用氣象降雨資料一般可分為年降雨量、月降雨量、日降雨量以及時降雨量，以年降雨量與月降雨量作為雨水利用導入初期潛力評估，有其參考價值，但是誤差太大，一般無法做為設計上集雨面積或雨水貯集容積之決策依據。日降雨量係以逐日降雨記錄為依據，在既往相關文獻及實際案例經驗上，大抵上係以日降雨量作為雨水利用量化之評估基準。逐時降雨量理論上可以提供更精確之評估依據，但是由於計算參數的增加，計算評估的時間及計算過程的複雜度將大為提高，以評估方法而言效益並不高。因此，本研究擬以逐日降雨量為計算評估基礎，整理量化模擬評估模式。雨水利用量的計算與累計主要取決於雨水貯集槽四項要因的平衡關係，此四項要因包括流入部分的雨水集雨量、自來水補給水量，以及流出部分的使用水量以及溢流量，上述平衡關係概念如圖 1-3.1 所示。利用逐日降雨量評估年間雨水利用量之計算程序，首先必須決定雨水利用之基地所在地區（如台北地區）及模擬檢討對象年度，其次則是決定集雨面積範圍、使用水量等前提條件。評估雨水利用之模擬計算程序以流程圖表示則如圖 1-3.2 所示。

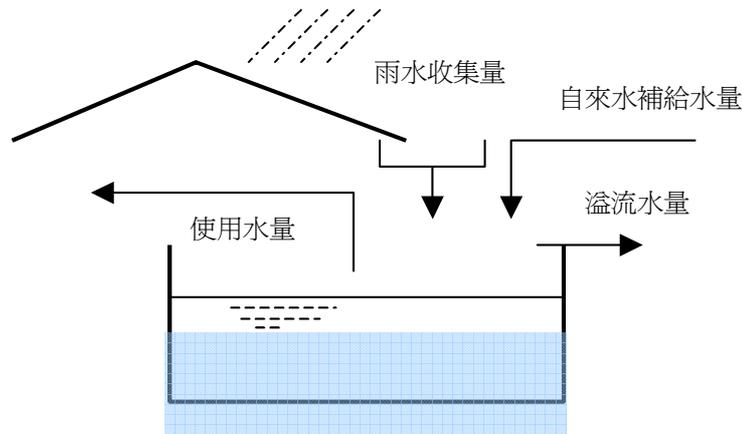


圖 1-3.1 雨水利用與貯集平衡之概念

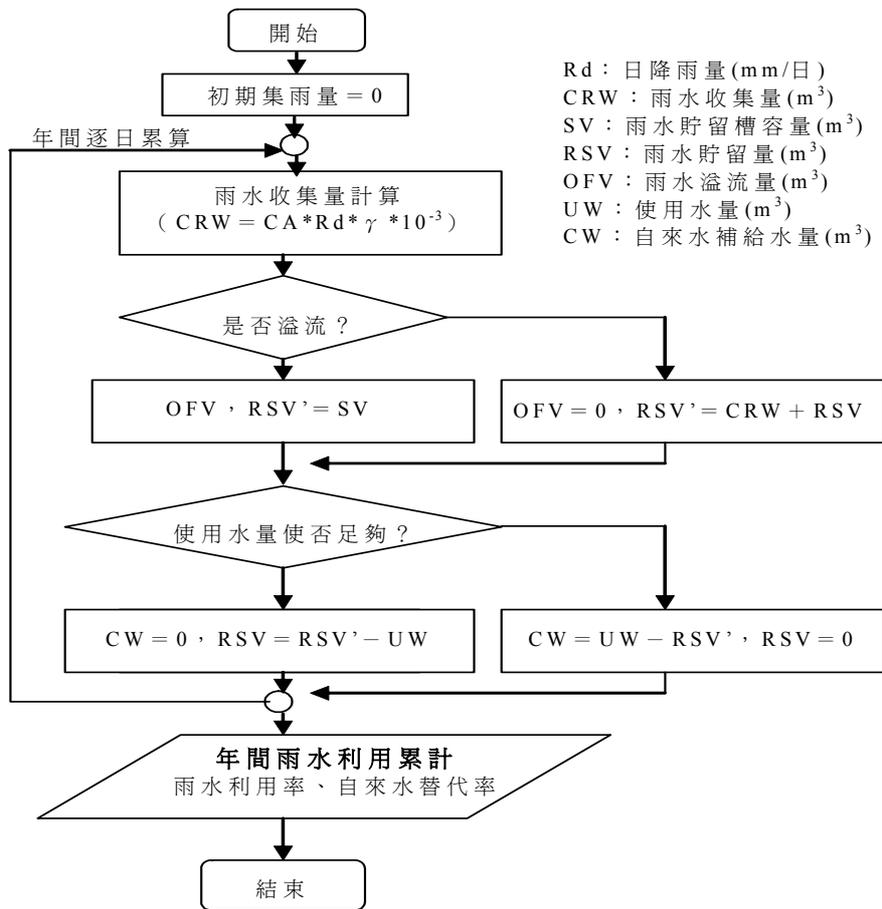


圖 1-3.2 雨水利用模擬計算流程圖

(1) 逐日降雨量資料  $R_d$  (mm/日) 及集雨面積  $CA(m^2)$  計算雨水收集量  $CRW(m^3)$ 。

$$CRW(m^3) = CA(m^2) \times R_d \text{ (mm/日)} \times \text{流出係數 } \gamma \times 10^{-3}$$

(流出係數  $\gamma$  隨著集雨場所特性而有不同，屋頂集水通常採用 0.85~0.95)

(2) 由雨水收集量  $CRW(m^3)$ 、雨水貯集槽容積  $SV(m^3)$  及貯集槽貯水量  $RSV(m^3)$ ，求得溢流量  $OFV(m^3/\text{日})$ 。

$$CRW + RSV > SV \text{ 時，} OFV = CRW + RSV - SV$$

$$CRW + RSV < SV \text{ 時，} OFV = 0$$

(3) 計算當時雨水貯集槽內之貯水量  $RSV'(m^3)$

$$CRW + RSV > SV \text{ 時，} RSV' = SV$$

$$CRW + RSV < SV \text{ 時，} RSV' = CRW + RSV$$

(4) 由雨水貯集槽貯水量  $RSV'(m^3)$  與使用水量  $UW$  計算自來水補給水量  $CW(m^3)$

$$RSV' - UW < 0 \text{ 時，} CW = - (RSV' - UW)$$

$$RSV' - UW > 0 \text{ 時，} CW = 0$$

(5) 計算此時雨水貯集槽內之剩餘貯水量  $RSV''(m^3)$ ，

$$RSV' - UW < 0 \text{ 時，} RSV'' = 0$$

$$RSV' - UW > 0 \text{ 時，} RSV'' = RSV' - UW$$

(6) 當日最終雨水貯集槽貯水量  $RSV''(m^3)$  作為翌日雨水貯集槽貯水量  $RSV(m^3)$  初值，年間利用則重複上述計算程序，累計各計算參數之變動值。

(7) 根據上述之逐日累算結果，年間雨水利用量  $YRU(m^3/\text{年})$ 、年間雨水收集量  $YRC(m^3/\text{年})$  及年間使用水量  $YTU(m^3/\text{年})$  計算如下：

$$YRU = \sum (UW - CW), YRC = \sum CRW, YTU = \sum UW$$

### 3. 法制化方法之探討

針對雨水貯集利用法制化之探討，本計畫初步擬定以下列方式進行探討：

- (1) 收集彙整國內外文獻，分析建築基地開發造成水循環的改變與健全都市水循環的需求下，雨水貯集利用等保水設施所扮演的角色，並配合國內外之案例進行分析探討。
- (2) 收集整理分析國內外有關雨水貯集入滲設施技術及雨水貯集入滲相關法規。
- (3) 雨水貯集利用推動法制化前，必須了解相關之影響因素，尤其最具關鍵的國土規劃體系、建築技術規則、水土保持技術規範等水利法相關法規以及其他相關法規。
- (4) 探討基地保水貯集設計手法對於現行相關法規之適用性，並檢討其是否有衝突點。
- (5) 針對現行規則中，不適用或衝突之規則條文，廣泛徵詢各業管單位及專家學者之意見，初步提出適於雨水貯集利用推廣應用之建築技術規則（增）修條文。
- (6) 針對提出之建築技術規則（增）修條文，徵詢各相關業管單位，瞭解是否符合政府現行推動之相關政策。
- (7) 徵詢各相關產業執行單位之看法，以瞭解技術面之落實度。
- (8) 彙整各界之意見，對不適用之部分持續修訂，使之更形完善。

本研究初步擬參考上述之相關理論，建立台灣地區降雨頻度分布參考圖；發展適於台灣之雨水貯集利用容量計算方法；同時探討雨水貯集利用之特性、設計施工及維護管理要點，並修改建築技術規則建立雨水貯集利用法制化程序，進而研擬雨水貯集利用技術設計手冊與規範，以及雨水貯集利用施工與維護管理規範。

建築基地保水貯集技術設計規範與法制化之研究

子計畫二：建立「雨水貯集利用」電腦輔助設計套裝軟體

## 第二章 雨水貯集利用法制化降雨類型分區探討

內政部建築研究所致力於綠建築的九大指標中，雨水貯集利用類屬於水資源指標。為有效推動建築物設置此系統以充分有效利用水資源，除了加強雨水貯集系統之教育宣導與推廣工作外，尚須建立相關法制化的架構，以利推廣雨水貯集系統。

目前國內對於屋頂雨水貯集供水系統容量設計有關的研究主要集中在點的分析上，因此在無雨量站設立之地方較不便設計，且對於未來進行法制化無強而有力之著眼點。故本章首先探討雨水貯集系統之影響因素，然後分析、歸納其容量設計方法，最後發展區域系統容量設計方法作為法制化分區之依據。

### 第一節 台灣地區降雨資料整理

雨水貯集利用系統之設計，在決定設施規模及雨水貯集槽時，應考量水量的供需平衡，因此對於基地所在地區的降雨量掌握十分重要。不同的地區有不同的降雨特性，降雨量的多寡將影響雨水貯集槽容量及相關設施的設計；另外在需求部份有用水量及溢流量，在使用水量部份會因建築物類型不同而有不同的用水型態與用水量。

雨水貯集利用系統的評估與操作，首先需掌握該建築基地所在地區之降雨資料；目前中央氣象局共有 300 多處降雨測站，本研究於第一年之工作為選定幾個具代表性的測站，並取得可靠之基礎累積量測資料，完成建立第一階段法制化工作目標所需之雨水利用評估計算依據，以及設計規範；這些測站主要位於人口密集的都會區及中央山脈所設之測站，包含台北、基隆、花蓮、宜蘭、澎湖、新竹、台中、嘉義、台南、高雄、日月潭、阿里山、恆春與台東等十四個測站，大致分布涵蓋全台灣各地區。並以最近 100 年間(1900 年~2000 年)之氣象資料為分析對象，以逐月及逐時雨量紀錄作為全國各地在

導入雨水利用設計時之評估參考資料。本研究所取得之 1900-1984 年降雨資料為中央氣象局之逐月降雨量資料，1985-2000 年降雨資料為中央氣象局之逐時地面氣象資料，該十四個氣象測站依降雨量行政分區分為以下五個區域，如圖 2-1.1 所示。

- (1) 北部地區：包括宜蘭、基隆、台北、新竹等四個測站
- (2) 中部地區：包括台中、日月潭、阿里山等三個測站
- (3) 南部地區：包括嘉義、台南、高雄、恆春等四個測站
- (4) 東部地區：包括台東、花蓮等二個測站
- (5) 附屬島嶼：澎湖測站

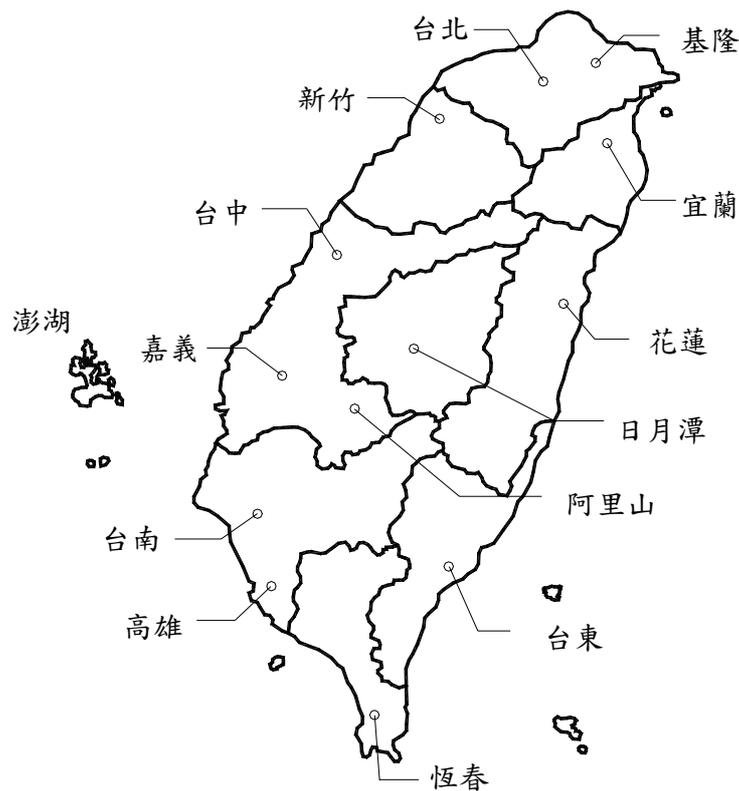


圖 2-1.1 十四個氣象測站位置分布

## 第二章 雨水貯集利用法制化降雨類型分區探討

台灣地理位置處於西太平洋，分屬於亞熱帶、熱帶氣候，另地形複雜，山地面積約佔全島總面積的 2/3，中央山脈縱貫南北，此種獨特地形產生局部環流（文獻 A-1）。雖然台灣擁有豐沛的降雨量，年平均降雨量高達 2200 公釐以上，但由於受限先天地形與氣候環境的影響，大約 78% 之年雨量集中於四至十月，且八成以上的降雨都直接湍流入海。

依據中央氣象局自 1941-2000 年所累積的降雨統計資料，將這 14 處測站之降雨量資料，整理成台灣地區年降雨量統計資料，如圖 2-1.2 及表 2-1.1 所示。由圖中可看出，該 60 年間的總降雨量平均為 2203mm，年總降雨量以 1947 年達到 3258mm 為最大，1980 年的 1420mm 為最少，其他年總降雨量約在 1800-2500mm 之間。依據劉衍淮先生（文獻 A-2）採取之年雨量分類法，將偏差大於 400mm 者作為「濕年」與「乾年」之標準，將台灣地區的年平均雨量 2200mm 來看，意即年降雨量超過 2600mm 為濕年（多雨）、年降雨量不足 1800mm 則為乾年（少雨），台灣在 1940-2000 年內總共 7 個濕年：1947、1951、1953、1956、1974、1990 及 1998 年；乾年則有 5 個：1946、1963、1980、1993 及 1995 年。

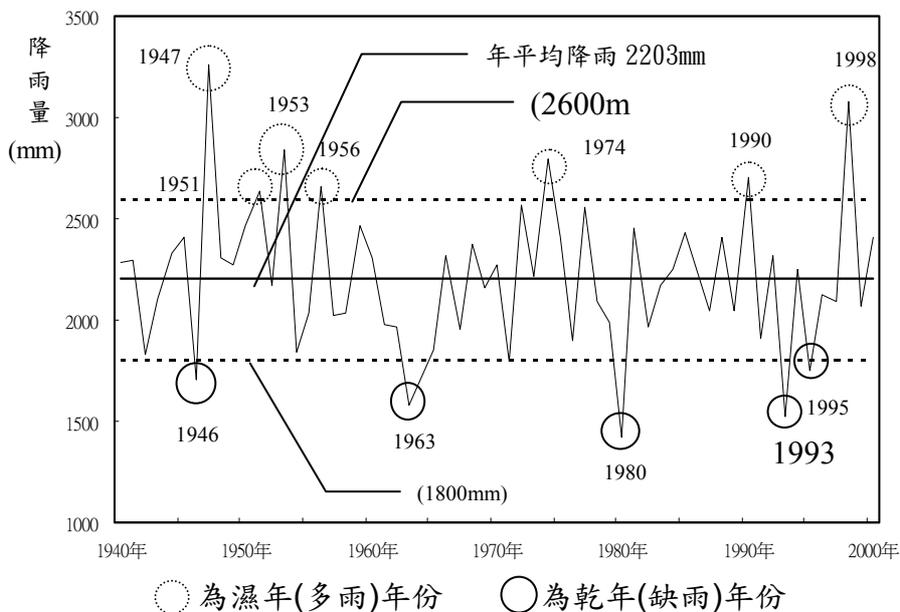


圖 2-1.2 台灣年總降水量(1941 年-2000 年)

表 2-1.1 台灣地區十四個測站年降雨量(1941-2000 年)

	台北	基隆	花蓮	宜蘭	澎湖	台南	高雄	嘉義	台中	阿里山	新竹	恆春	日月潭	台東
1941年	*	3203.4	1890.1	2376.6	1290.2	2018.9	1544.5	*	2094.6	4898.5	2375.2	2027.4	*	1539.1
1942年	1596.1	1918.5	1473.9	1877.5	916.6	1208.5	1125.5	*	1899.7	3811.7	1519.0	2278.9	2612.2	1475.2
1943年	1378.3	2736.1	2349.3	2734.9	945.7	1438.3	2096.6	*	1824.8	3087.1	1354.4	3493.8	2298.3	1653.0
1944年	*	3294.8	1933.5	*	932.2	1600.6	1360.1	*	2484.4	4608.0	2126.0	2538.6	3061.1	1663.3
1945年	1604.6	*	2404.3	2339.4	1202.1	2925.0	*	*	1984.9	4807.8	1761.0	2446.5	*	2562.9
1946年	1642.7	*	1741.8	2527.1	863.7	1400.7	1272.0	*	1097.5	3608.6	943.0	1711.7	1926.8	1708.9
1947年	2964.2	5512.5	3081.3	4498.9	1507.1	2273.9	2284.7	*	2532.6	5851.7	2677.7	2753.1	3144.0	3273.2
1948年	1775.0	3598.0	*	2262.7	872.5	*	1525.7	*	*	4637.8	1505.6	2234.1	2127.9	2526.8
1949年	1860.0	3608.1	2738.6	2790.3	841.9	*	2044.8	*	*	3541.9	1653.6	2551.4	1632.1	1685.8
1950年	2126.5	3530.7	2203.7	2879.1	1360.3	2307.4	1814.5	*	2217.0	5083.4	1646.5	2458.0	2824.9	1582.6
1951年	1869.0	4857.4	2525.5	4053.1	1183.2	1969.7	1955.9	*	1810.9	5005.0	1674.4	2585.8	2388.0	2420.7
1952年	1623.9	3560.7	2063.0	2499.2	1005.3	1922.2	2205.5	*	1696.4	3235.5	1557.6	2737.3	2131.1	1958.2
1953年	2433.7	5172.9	2369.0	3645.0	1465.8	2243.8	1768.1	*	2144.2	4787.7	2183.8	3194.9	3329.6	2207.8
1954年	1627.5	3834.1	2215.9	3422.9	755.2	1201.2	1790.6	*	851.0	2396.8	751.7	1934.8	1648.3	1474.2
1955年	1727.2	2568.4	1403.2	1758.5	1174.5	2547.9	1901.5	*	2062.6	3936.1	1393.9	2155.1	2394.8	1351.7
1956年	2584.1	4930.0	2355.1	3734.8	1363.3	2266.4	1864.8	*	1768.3	4691.0	1589.5	2665.0	2561.0	2190.7
1957年	2195.1	3923.0	2032.7	2577.9	710.4	1529.1	1610.3	*	1687.8	3015.0	1560.5	1881.6	1677.4	1873.4
1958年	1977.5	3563.6	2334.9	2258.0	941.3	1395.9	1575.4	*	1187.9	3706.7	1208.0	2500.1	1959.2	1790.9
1959年	2199.2	3513.8	1978.2	2245.2	1141.7	1935.4	1938.1	*	2590.9	4940.4	2251.8	2433.8	3085.1	1845.6
1960年	2344.4	3397.5	2007.3	2882.9	902.1	1743.6	1750.2	*	1764.9	4492.1	2261.5	2000.0	2971.8	1447.7
1961年	1925.0	3005.3	2222.0	2297.7	1050.2	953.8	1649.8	*	1185.7	3147.7	1310.4	2871.0	1944.4	2201.0
1962年	2062.8	3419.5	2329.2	2261.2	785.8	946.7	1437.7	*	1405.7	4026.5	1578.7	1590.6	2382.9	1383.1
1963年	1708.0	1944.3	1509.1	1703.0	660.2	1051.3	805.1	*	1557.9	4475.1	1202.7	754.1	2179.6	1042.8
1964年	1370.7	3678.4	2406.3	2675.9	329.7	875.0	863.8	*	1128.8	2821.6	1129.6	1593.3	1495.8	1974.3
1965年	1569.6	3352.4	2311.7	2588.0	733.9	1265.7	1138.5	*	1566.9	3769.1	1197.9	1208.4	2135.6	1226.3
1966年	2326.9	3851.4	1456.6	3026.8	1099.3	1583.8	1405.6	*	1655.2	5713.6	2027.9	1664.4	2630.5	1750.0
1967年	1643.7	3584.2	2803.4	2810.7	812.8	1290.7	1492.4	*	1283.5	3014.6	1161.8	1793.6	1975.7	1684.7
1968年	2020.8	3234.7	2467.3	2448.0	1354.2	2090.5	2044.2	*	1741.0	3787.1	1858.6	2739.9	2303.0	2772.7
1969年	2550.1	3459.1	2376.4	3061.4	1289.8	1404.6	1141.8	1413.5	1617.5	3746.2	2372.0	1861.7	2032.8	1917.1
1970年	2436.3	4854.6	2093.2	3475.1	853.7	1373.6	1512.0	1423.0	1694.9	2925.0	2315.2	2580.0	2429.7	1860.9
1971年	1462.9	3172.0	2398.8	3481.9	698.0	1045.9	885.7	1451.5	1050.4	3067.4	1270.4	1594.1	1485.7	2093.0
1972年	2422.5	2839.3	2072.5	2559.6	1458.4	2506.5	2108.3	2554.3	2338.1	5881.2	2023.2	2124.9	3278.3	1765.6
1973年	1794.6	3465.0	2199.2	2602.5	1439.4	1556.6	1928.9	1884.2	1488.6	3782.6	1633.3	2504.6	2217.3	2600.9
1974年	2366.9	4825.8	3116.1	3982.1	1196.8	1560.5	2681.0	1717.0	1606.9	4519.8	2275.8	3440.4	2714.1	3155.8
1975年	2409.9	3436.7	2100.5	2226.2	1456.9	2380.0	2199.5	2357.9	1688.7	4720.0	2334.9	2070.6	2767.0	1551.1
1976年	1620.3	2643.1	1321.5	2201.6	609.3	1457.5	1126.4	1464.8	2064.8	4728.6	1694.9	1137.5	2547.2	1978.4
1977年	2486.7	3663.6	1940.5	2322.1	1078.5	3112.0	2793.9	2714.7	2073.7	5167.4	1850.8	2073.5	2645.8	1887.0
1978年	2018.8	3691.1	2044.1	2671.2	657.5	1251.4	1145.6	1662.9	1357.7	4754.6	1894.3	1925.3	2432.8	1796.1
1979年	2333.6	3193.1	1266.0	2139.1	648.6	1471.6	1481.2	1823.8	1561.3	4117.9	1772.6	2080.0	2565.2	1336.1
1980年	2160.6	3514.9	1723.7	2153.3	531.3	530.7	572.8	878.8	1017.5	2239.6	1280.3	888.7	1576.2	817.5
1981年	2289.9	3798.5	2228.9	2780.5	1232.8	1872.0	2276.9	2118.0	2234.5	4117.4	2428.3	2329.3	2989.1	1628.4
1982年	2046.9	3240.7	1648.7	2284.9	1118.7	1861.5	1695.2	1436.2	1525.4	3502.8	1808.6	1663.8	2178.3	1438.4
1983年	2251.5	3464.3	1556.4	2729.1	1046.7	1939.6	2230.5	1743.6	1743.0	4071.2	2344.7	1772.1	2500.0	998.4
1984年	2711.3	4836.2	2245.9	3238.1	761.9	1373.3	1628.5	1379.1	1547.8	3229.7	1961.8	2194.0	2198.4	2181.4
1985年	2487.9	4322.8	2495.8	3233.1	1050.3	1391.6	1995.6	1625.8	2074.4	4133.4	1976.0	2418.4	2808.1	2015.1
1986年	2605.6	4586.9	2396.4	2878.6	982.1	1588.8	1622.1	1427.3	1528.6	3476.4	2226.7	1706.5	2506.5	1733.8
1987年	2219.1	4260.1	2327.6	2393.7	777.0	1347.7	1554.4	1282.9	1393.6	3588.3	1488.0	2164.0	2432.4	1480.5
1988年	2821.2	4555.9	2997.3	4278.6	670.6	2099.3	1935.6	1723.9	1212.3	3649.1	1421.7	2114.6	2004.1	2184.8
1989年	2268.6	3598.4	2229.9	2749.8	879.7	1230.7	1382.6	1336.4	1639.1	3654.7	1613.0	1959.7	2348.0	1759.1
1990年	2913.0	4452.3	3003.1	2936.2	1372.4	1578.7	1834.3	2127.9	2042.7	5019.3	2222.9	2126.7	2973.0	3202.1
1991年	2215.9	3303.0	1795.1	2546.0	582.8	1694.3	1810.3	1187.4	979.1	3094.0	1207.2	2449.6	1542.5	2277.9
1992年	2391.9	3668.0	2520.9	2731.2	1021.7	2324.7	1973.7	2039.6	1791.3	4627.9	1784.5	1696.6	2435.4	1373.8
1993年	1745.0	3053.6	989.0	1937.5	726.0	1211.3	1083.5	1347.8	1110.6	2641.8	1353.2	994.2	1852.0	1281.1
1994年	2043.7	3458.5	1997.5	2969.1	601.6	2106.5	2470.0	2197.6	2027.6	4037.7	1836.5	1651.4	*	1870.3
1995年	1716.7	2881.9	2181.9	2279.3	913.0	977.6	1134.1	1028.9	1376.0	2673.1	1211.1	2099.0	2239.9	1742.9
1996年	2248.1	3927.5	2707.5	2966.8	867.1	1025.8	1107.4	1566.2	1615.7	4647.0	1604.6	1380.7	2439.9	1707.9
1997年	2580.6	3206.1	1503.7	1836.3	682.9	1985.6	2118.4	2297.9	1965.6	3606.6	1959.5	1866.0	2423.7	1191.8
1998年	4404.7	5438.1	3557.5	4945.3	1256.4	1846.8	2433.9	2446.7	2177.3	4364.2	2088.3	2650.3	3065.3	2418.9
1999年	1958.1	2746.7	1677.0	2193.5	1054.6	2135.2	2763.6	1603.6	1389.4	3074.9	1157.1	3072.1	*	2107.2
2000年	2744.0	5404.4	2459.5	4209.8	1144.0	1754.3	1569.0	1350.5	1796.7	3099.8	1760.6	2326.6	1954.6	2102.2

## 第二章 雨水貯集利用法制化降雨類型分區探討

隨著全球氣候的變遷，台灣地區長期降雨量之趨勢亦有所變動，根據吳明進(1994)分析(文獻 A-3)：台灣降水呈東部、北部增加，西南部減少的細微結構差異。而根據程萬里(1995)分析(文獻 A-4)：台灣降水趨勢東北部有顯著增加，而西南部有顯著的減少，兩者皆發生在主要降水期，即東北部在冬季，西南部在夏季。另根據賴威志(1999)分析(文獻 A-5)：未來台灣地區降水較多地區和降水較少地區的降水量差距會增大，降雨量一向較多的山區降水將逐年減少。

將 14 個測站之降雨量統計，得表 2-1.2 之結果。初步發現台北、基隆、花蓮、宜蘭、新竹、台東測站呈上升趨勢，其中基隆上升最為顯著；台中、嘉義、台南、高雄、日月潭、阿里山、恆春、澎湖測站呈下降趨勢，其中以阿里山下降趨勢最為顯著，可知近 60 年來台灣東部、北部降雨量都有增加之現象，中、西南部呈降雨量減少的現象，此結果與程萬里等(文獻 A-4)「台灣地區氣候環境變化趨勢」研究結果相差不大。

**表 2-1.2 十四個測站年降雨量 5、10、30、50、100 年平均值**

	台北	基隆	花蓮	宜蘭	澎湖	台南	高雄
近 100 年平均值	2123.7	*	*	*	996.8	1736.2	*
近 50 年平均值	2198.7	3727.1	2159.3	2797.6	962.6	1636.2	1707.9
近 30 年平均值	2324.7	3755.0	2156.8	2815.2	950.6	1673.9	1784.8
近 10 年平均值	2404.9	3708.8	2139.0	2861.5	885.0	1706.2	1846.4
近 5 年平均值	2787.1	4144.6	2381.0	3230.3	1001.0	1749.5	1998.5
	嘉義	台中	阿里山	新竹	恆春	日月潭	台東
近 100 年平均值	*	1701.3	*	*	2168.4	*	1830.1
近 50 年平均值	*	1636.4	3898.4	1721.4	2064.4	2349.5	1841.0
近 30 年平均值	1725.9	1647.3	3909.6	1782.8	2015.8	2397.2	1855.9
近 10 年平均值	1706.6	1622.9	3586.7	1596.3	2018.7	2244.2	1807.4
近 5 年平均值	1853.0	1788.9	3758.5	1714.0	2259.1	2470.9	1905.6

\*表示無記錄資料

## 第二節 降雨類型分區方法

系統供水量的大小關係到屋頂雨水貯集系統的成敗，所以在設計屋頂雨水貯集系統時，必須充分了解影響系統供水變化的因素。根據 Liaw (2004) 的研究，會影響雨水貯集供水系統之主要因素包括：取水模式、取水間距、需水型態、降雨型態、降雨收集效率係數及降雨資料記錄年限等。

影響因素中，取水模式、降雨收集效率係數及降雨型態對系統容量設計較敏感，故需進一步討論。需水型態雖有因季節的不同而改變，但變動幅度並不大，對系統的影響較不明顯，而以日平均需水量計算即可 (Liaw, 1997)；取水間距與降雨資料記錄年限的長短會影響系統供水率的準確度，取水間距愈短運算較為複雜但較符合實際用水情形，降雨資料記錄年限愈長系統愈趨於穩定，至少應為 50 年以上較為妥當 (Liaw, 2004)，然因各地區雨量站記錄年限不一，本計畫擬以超過 40 年連續降雨紀錄雨量站進行分析。

### 1. 取水模式分析

在取水模式中，由供水率的觀點來看，是以「體積」來作考量，不同的取水模式會對系統提供不一樣的供水率，模擬系統實際運轉時的取水狀況，有兩種取水模式，其一是先取水後溢流模式 (YBS Model, Yield before spill model)，另一種模式為先溢流後取水模式 (YAS Model, Yield after spill model)。

所謂 YAS Model 的取水操作規則可表示為：

$$Y_t = \text{Min} (D_t, S_{t-1}) \dots \dots \dots (2.1)$$

$$S_{t+1} = \text{Min} (S_{t-1} + Q_t, S_{\text{max}}) - Y_t \dots \dots \dots (2.2)$$

而 YBS Model 的取水操作規則可表示為：

$$Y_t = \text{Min} (D_t, S_{t-1}) \dots \dots \dots (2.3)$$

$$S_{t+1} = \text{Min} (S_{t-1} + Q_t - Y_t, S_{\text{max}}) \dots \dots \dots (2.4)$$

式中： $S_{t+1}$ 、 $S_{t-1}$ ：分別為 t+1 時刻與 t-1 時刻的儲蓄量； $Y_t$ ：t 時刻的供水量； $Q_t$ ：t 時刻的入流量； $D_t$ ：t 時刻的需水量； $S_{\text{max}}$ ：貯水槽最大容量。

兩種不同取水模式會對系統供水造成不同結果，YAS Model 模擬的供水率較小，因為 YAS Model 是先確定是否溢流再取水，所以在前一時刻入流量加蓄水量大於系統貯蓄容量狀況下，其下一時刻的蓄水量會比 YBS Model 的小，因此本研究選用 YBS Model 作為系統取水操作模式以提供較好的供水率。

### 2. 降雨收集效率係數的影響

降雨收集效率係數會受到坡度、地理位置、季節、降雨強度、集水面積與形狀等因子的影響，同時研究中也發現降雨收集效率係數對系統容量設計極其敏感，廖朝軒（1997）曾針對 5 種不同型式屋頂進行現場實驗分析降雨收集效率係數對屋頂形狀與降雨量之改變情形，此系統設置在國立台灣海洋大學理工學院內，試驗系統包括 4 個主要子系統：屋頂雨水收集、雨水水質採樣、雨水貯存及雨量觀測系統。

研究之屋頂型式採用人字型、水泥平頂型、人字模型、圓弧模型及鋸齒模型 5 種型式進行實測雨量分析，經過一年的試驗結果如表 2-2.1 所示，而由各實測分析結果，C 值介於 0.81~0.84 間，故本計畫擬以水泥平頂型式  $C = 0.81$  進行後續分析。

表 2-2.1 不同屋頂型式之降雨收集效率係數之變化

型式	人字型	水泥平頂	人字模型	鋸齒模型	圓弧模型
分析資料個數 $N$	84	90	93	79	87
平均值 $\bar{C}$	0.82	0.81	0.84	0.83	0.81
變異數 $\sigma_c^2$	0.076	0.068	0.064	0.095	0.066

### 3. 降雨型態分類的探討

本研究所採用之降雨類型分類方法為動態聚類法；在階層分析法中，群集形成後即不再拆散，而動態聚類法在分群過程中，則將原有之群集予以拆散組成新的集群，並重新計算距離。而因初始分類不一定合理，按最近距離原則進行修改不合理的分類，直到分類合理為止，形成一個最終的分類結果，常用的方法有 K 均值法。動態聚類流程圖如圖 2-2.1，其分類步驟如下（葉惠中 1991；羅積玉，1994）：

1. 選擇預定的分類數，對樣本進行初始分類。若初始分類數為 K，則將每個樣本分別歸入第 k 類（ $1 \leq k \leq K$ ），得到初始分類。其方法如下：

如欲將全部樣本分為 K 類，對每一樣本  $x_i$  計算：

$$\frac{(K-1)(SUM(i) - MI)}{(MA - MI)} + 1 \dots\dots\dots (2.5)$$

式中，  $SUM(i) = \sum_{j=1}^m x_{ij}$

$$MA = \max_{1 \leq i \leq n} SUM(i)$$

$$MI = \min_{1 \leq i \leq n} SUM(i)$$

其中  $x_{ij}$  表示第 i 個樣本的第 j 個指標

假設與這個數接近的整數為 k，則將樣本  $x_i$  歸入第 k 類（ $1 \leq k \leq K$ ），這樣得到初始分類。

第二章 雨水貯集利用法制化降雨類型分區探討

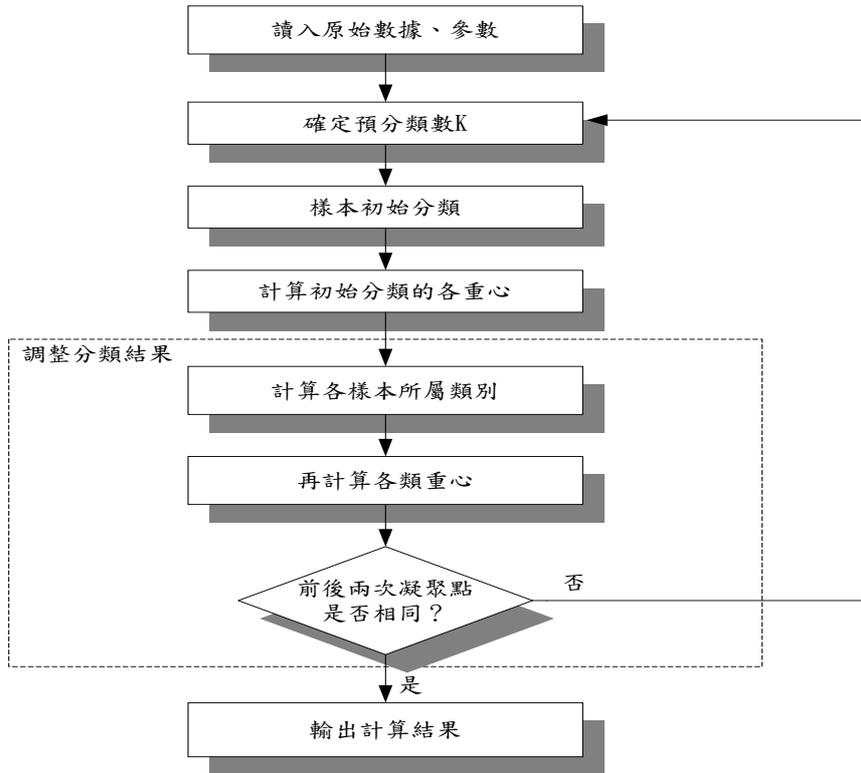


圖 2-2.1 動態聚類法計算流程圖

2. 計算每一類的重心（平均數），使該重心作為新的凝聚點，然後計算各樣本至各群集重心距離（通常採用歐氏距離），然後將樣本指定至距離最近的群集中，再重新計算可獲得新樣本與失去新樣本之群集新重心，以代替原來的凝聚點。

$$d_{ij} = \left[ \sum_{k=1}^m (x_{ik} - x_{jk})^2 \right]^{1/2} \quad (i, j=1, 2, \dots, n) \dots\dots\dots (2.6)$$

3. 重複步驟二的過程，直到各樣本皆不必重新指定到其他群集為止。

動態聚類每一次的迭代，都會使相對應的分類函數縮小，直到前後兩次的重心完全相同時，計算過程收斂，此時分類函數趨於定值。按此修改法的最終分類結果受到初始分類的影響，是動態聚類法的一個缺點，所以分類完成後應進行聚類檢定，以判斷初始分類是否合理。

聚類檢定是為了測試各組間有無差異性。要檢定兩群組間有無差異性所使用的方法是 t 檢定 (t-Test)，對於三組或三組以上平均值的檢定，則必須使用變異數分析 (Analysis of Variance ; ANOVA)。變異係數分析是一種用以檢定幾組獨立群體相似與否的一種統計分析方法，主要是利用各群資料的變異狀況來檢驗各群的差異，總變異可分為群內變異和群間變異。聚類分析之結果適當與否，有下列兩原則加以檢定：

- (一) 群內之變方應為最小 (即均一性)。
- (二) 群間之變方應為最大 (即異質性)。

將組間均方值除以組內均方值，即得到 F 值。本研究以  $\alpha = 0.05$ ，F 的臨界值可由查 F 分配表得知，若所得的 F 值大於臨界  $F^*$  值，則代表  $P(F_{(K-1, N-K)}) < \alpha$ ，表示分組結果是可以接受的，若所得的 F 值，小於臨界  $F^*$  值，則代表各組之間並無差異，必須重新分組。

本研究利用 SPSS 統計套裝軟體，採用動態聚類分析中的 K 均值法進行分群，而分析中之變數若採用月或年之平均降雨量來作分析，所產生之結果無法明顯看出實際降雨分佈情形；採用日降雨量雖與實際用水情形較為相近，但會因資料太過龐大，增加計算的負擔，所以將以各雨量站 40 年之平均旬雨量作聚類分群分析之變數。

以台灣北部地區為例，本計畫採用現存雨量站中記錄年數完整且連續達 40 年以上之站，共選取 58 站，分別為台北市 3 站，台北縣 12 站，基隆市 1 站，桃園縣 16 站，新竹市 1 站，新竹縣 12 站及宜蘭縣 13 站；經不斷決定計算不同初始分類數，最後將 58 個雨量站分作 7 類，表 2-2.2 統計出第一、二、三、四、五、六、七群體分別有 1、16、9、1、2、17、12 站。表 2-2.3 為台灣北部地區降雨型態聚類檢定結果，當  $\alpha = 0.05$  時， $F^*_{0.05(6,51)}$  之值為 2.295，得到所有的 F 均大於  $F^*$ ，顯著性機率值均小於 0.05，表示聚類分析結果是可以被接受的。

表 2-2.2 K 均值法聚類分群結果

Cluster Membership					
Case Number	Cluster	Distance	Case Number	Cluster	Distance
1	2	104.103	39	6	130.297
2	6	52.696	40	6	54.332
3	6	68.012	41	6	36.301
4	6	75.301	42	6	48.964
5	5	85.113	43	6	47.629
6	6	121.395	44	5	85.113
7	6	72.435	45	6	134.517
8	6	64.048	46	7	89.469
9	3	95.759	47	7	68.497
10	3	81.130	48	7	62.635
11	6	57.742	49	3	60.481
12	7	118.947	50	3	54.237
13	7	69.850	51	3	96.990
14	7	67.726	52	3	29.090
15	2	97.699	53	7	35.614
16	2	36.554	54	7	85.207
17	2	26.909	55	7	97.929
18	2	32.561	56	7	79.297
19	2	48.022	57	7	60.481
20	2	32.561	58	7	54.237
21	2	20.852			
22	2	168.720			
23	2	17.926			
24	2	44.837			
25	2	29.979			
26	2	39.109			
27	2	47.245			
28	6	72.393			
29	6	91.105			
30	3	81.130			
31	3	113.298			
32	3	121.353			
33	1	0.000			
34	4	0.000			
35	6	43.641			
36	6	52.900			
37	2	79.528			
38	2	79.064			

表 2-2.3 降雨型態聚類檢定分析表

ANOVA						
	Cluster		Error		F	Sig.
	Mean Square	df	Mean Square	df		
VAR00001	4375.006	6	84.7350	51	51.632	9E-17
VAR00002	2438.458	6	83.1982	51	29.309	8E-13
VAR00003	5321.658	6	96.9117	51	54.912	3.2E-17
VAR00004	3184.053	6	66.1370	51	48.143	2.9E-16
VAR00005	3007.632	6	56.7984	51	52.953	5.9E-17
VAR00006	1974.630	6	47.7747	51	41.332	3.5E-15
VAR00007	1542.306	6	57.8546	51	26.658	3.4E-12
VAR00008	1664.038	6	70.3320	51	23.660	2E-11
VAR00009	1459.737	6	119.6619	51	12.199	1.3E-07
VAR00010	879.092	6	157.4187	51	5.584	0.00031
VAR00011	580.474	6	84.3270	51	6.884	5.3E-05
VAR00012	493.454	6	91.4345	51	5.397	0.00041
VAR00013	305.841	6	40.3854	51	7.573	2.2E-05
VAR00014	884.263	6	170.6751	51	5.181	0.00056
VAR00015	1327.489	6	202.1607	51	6.567	8.1E-05
VAR00016	1353.584	6	434.6422	51	3.114	0.01398
VAR00017	902.379	6	337.9997	51	2.670	0.02922
VAR00018	1247.328	6	209.8455	51	5.944	0.00019
VAR00019	1045.824	6	185.8415	51	5.628	0.00029
VAR00020	1378.746	6	220.2484	51	6.260	0.00012
VAR00021	4861.615	6	389.4814	51	12.482	1E-07
VAR00022	3878.744	6	326.1002	51	11.894	1.8E-07
VAR00023	5024.093	6	323.4825	51	15.531	6.5E-09
VAR00024	7345.452	6	266.2010	51	27.594	2E-12
VAR00025	7962.744	6	448.2825	51	17.763	1.1E-09
VAR00026	30230.028	6	381.2323	51	79.296	5.9E-20
VAR00027	38702.395	6	253.2579	51	152.818	4.8E-25
VAR00028	47814.774	6	312.8595	51	152.831	4.8E-25
VAR00029	36438.819	6	210.0038	51	173.515	4.8E-26
VAR00030	35299.708	6	280.3599	51	125.909	1.6E-23
VAR00031	18939.373	6	245.5721	51	77.123	9.5E-20
VAR00032	26097.012	6	237.8551	51	109.718	1.9E-22
VAR00033	18472.600	6	205.3296	51	89.966	6.4E-21
VAR00034	6048.714	6	103.9128	51	58.210	1.2E-17
VAR00035	8657.589	6	88.0162	51	98.364	1.3E-21
VAR00036	8500.049	6	111.8434	51	76.000	1.2E-19

第一、第四及第五群體，分別只有 1 站或 2 站，這種站數過少的群集在應用上並無太大效果，且會增加實際使用上的困難，因此在考慮地形及相關位址後，將第一群體的第 33 站納入第七群體；第四群體的第 34 站劃入第七群體；第五群體的第 5 站歸入第六群體，而第 44 站則納入第七群體。最後

則將台灣北部地區劃分為四小區域，如表 2-2.4 所示，其相關位置如圖 2-2.2 所示。

表 2-2.4 北部分區代碼表

北部 I 區	台北縣	新莊市、金山鄉、石門鄉、三芝鄉、淡水鎮、八里鄉、五股鄉、林口鄉、泰山鄉、樹林鎮、鶯歌鎮
	桃園縣	桃園市、中壢市、龜山鄉、蘆竹鄉、八德鄉、大園鄉、平鎮鄉、觀音鄉、新屋鄉、楊梅鎮
	新竹縣	竹北市、新豐鄉、湖口鄉、新埔鄉
	新竹市	新竹市全部
北部 II 區	台北縣	石碇鄉、坪林鄉、烏來鄉
	宜蘭縣	礁溪鄉、員山鄉、三星鄉、大同鄉
北部 III 區	台北縣	板橋市、永和市、中和市、土城市、新店市、三峽鎮
	桃園縣	大溪鎮、龍潭鄉、復興鄉
	新竹縣	關西鄉、芎林鎮、橫山鄉、竹東鎮、寶山鄉、峨眉鄉、北埔鄉、尖石鄉、五峰鄉
北部 IV 區	台北縣	三重市、汐止鎮、萬里鄉、平溪鄉、瑞芳鎮、貢寮鄉、雙溪鄉、深坑鄉、蘆洲鄉
	台北市	台北市全部
	基隆市	基隆市全部
	宜蘭縣	宜蘭市、頭城鄉、壯圍鄉、五結鄉、羅東鎮、東山鄉、蘇澳鎮、南澳鄉

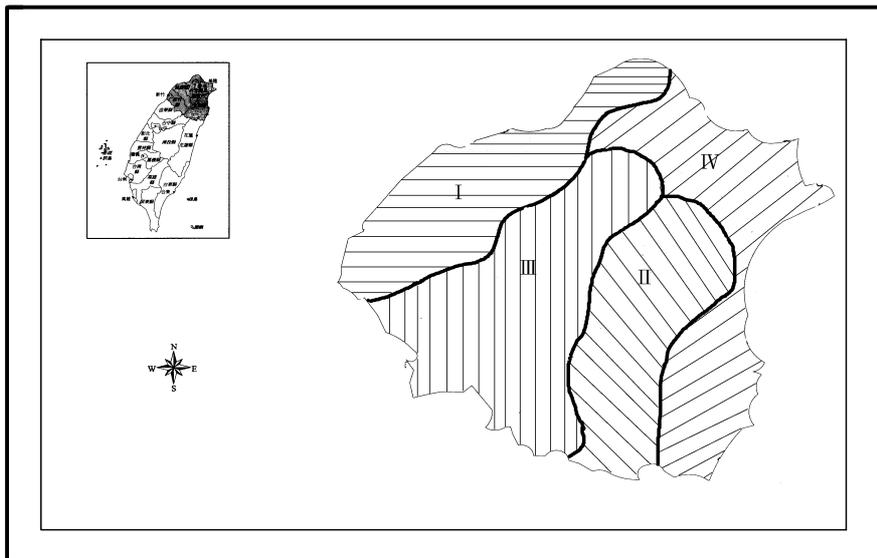


圖 2-2.2 台灣北部地區四區域示意圖

### 第三節 降雨類型分區與容量設計

降雨型態分佈均勻與否會嚴重影響系統的供水率，降雨分佈愈不均勻系統供水率愈低，所需的系統規模也愈大（蔡耀隆，1996），因此不同區域性降雨型態對屋頂雨水貯集系統的容量設計影響甚大。

以往雨水貯集系統設計多以點為對象，若以其結果類比為區域性的系統性能則未免以偏概全，但若針對每一雨量站進行計算又計算量過大，而在無雨量站的地方則不便計算，且忽略區域降雨型態對系統性能的影響。故本計畫擬將台灣北、中、南、東、外島區劃分為若干具有相同型態之降雨區域，以供後續針對區域雨水貯集系統容量設計之參考。

#### 1. 北部區域分區

##### (1) 區域介紹

台灣北部地區行政區域包括基隆市、台北市、台北縣、桃園縣、新竹市、新竹縣及宜蘭縣等七個縣市，計有 1 個院轄市、2 個省轄市、14 個縣轄市、14 鎮、39 鄉，總計 70 個市鄉鎮，土地面積合計 7,347.23 平方公里，佔台灣總面積之 20.4%。

台灣北部屬於亞熱帶海洋性氣候，夏季較長，盛行西南季風，冬季則盛行東北季風，東部為中央山脈所阻隔，形成天然屏障，對宜蘭之降雨分佈有甚大影響，氣流因受高山所阻隔，致使山區迎風面有較大之雨量分佈，而西部靠海平坦地區，則雨量較小。本區全年各月降雨量以 9、10 月份較高，其餘月份頗為平均，全區年平均降雨量約在 2,800 公釐。然因地形關係使台灣北部地區降雨型態變化大，對區域性屋頂雨水貯集系統容量設計影響甚巨，故不能將全區視為一區計算，而進一步需將其分類為降雨型態均勻之子區域。

##### (2) 降雨類型分區與容量設計

本計畫利用聚類分析方法，將北部區域的降雨型態予以分類，進而對降雨較均勻之次區域進行系統容量計算工作，因此以歷年之平均旬雨量來分析

## 第二章 雨水貯集利用法制化降雨類型分區探討

其降雨統計特性，作為設計區域性雨水供水系統時之依據。

本計畫以水利署所統計雨量站為主，台灣北部地區雨量觀測資料，最早始於 1896 年，至 2003 年間共設有 385 站。本計畫採用現存雨量站中記錄年數完整且連續達 40 年以上之站，共選取 58 站，共計台北市 3 站，台北縣 12 站，基隆市 1 站，桃園縣 16 站，新竹市 1 站，新竹縣 12 站及宜蘭縣 13 站。最後則將台灣北部地區劃分為四小區域，如表 2-2.1 所示，其相關位置如圖 2-2.1 所示。

### A. 北部 I 區

北部 I 區包含台北縣西半部、桃園縣西半部、新竹縣西半部及新竹市，年平均降雨量為 1815.0mm，日平均雨量為 4.97mm，降雨概率為 0.34，容量設計建議貯水天數為 8.72。

### B. 北部 II 區

北部 II 區為台北縣南部及宜蘭縣東半部，年平均降雨量為 3584.5mm，日平均雨量為 9.81mm，降雨概率為 0.50，容量設計建議貯水天數為 6.02。

### C. 北部 III 區

北部 III 區為台北縣西南部、桃園縣及新竹縣東半部，年平均降雨量為 2302.9mm，日平均雨量為 6.31mm，降雨概率為 0.37，容量設計建議貯水天數為 8.12。

### D. 北部 IV 區

北部 IV 區包括台北市、基隆市、台北縣東北部及宜蘭縣東半部，年平均降雨量為 3564.6mm，日平均雨量為 9.76mm，降雨概率為 0.53，容量設計建議貯水天數為 5.67。

表 2-3.1 北部分區範圍表

分區範圍			日平均雨量	降雨概率	建議貯水天數
I	台北縣	新莊市 242、金山鄉 208、石門鄉 253、三芝鄉 252、淡水鎮 251、八里鄉 249、五股鄉 248、林口鄉 244、泰山鄉 243、樹林鎮 238、鶯歌鎮 239	4.97mm	0.34	8.72
	桃園縣	桃園市 330、中壢市 320、龜山鄉 333、蘆竹鄉 338、八德鄉 334、大園鄉 337、平鎮鄉 324、觀音鄉 328、新屋鄉 327、楊梅鎮 326			
	新竹縣	竹北市 302、新豐鄉 304、湖口鄉 303、新埔鄉 305			
	新竹市	新竹市全部 300			
II	台北縣	石碇鄉 223、坪林鄉 232、烏來鄉 233	9.81mm	0.50	6.02
	宜蘭縣	礁溪鄉 262、員山鄉 264、三星鄉 266、大同鄉 267			
III	台北縣	板橋市 220、永和市 234、中和市 235、土城市 236、新店市 231、三峽鎮 237	6.31mm	0.37	8.12
	桃園縣	大溪鎮 335、龍潭鄉 325、復興鄉 336			
	新竹縣	關西鄉 306、芎林鎮 307、橫山鄉 312、竹東鎮 310、寶山鄉 308、峨眉鄉 315、北埔鄉 314、尖石鄉 313、五峰鄉 311			
IV	台北縣	三重市 241、汐止鎮 221、萬里鄉 207、平溪鄉 226、瑞芳鎮 224、貢寮鄉 228、雙溪鄉 227、深坑鄉 222、蘆洲鄉 247	9.76mm	0.53	5.67
	台北市	中正區 100、大同區 103、中山區 104、松山區 105、大安區 106、萬華區 108、信義區 110、士林區 111、北投區 112、內湖區 114、南港區 115、文山區 116			
	基隆市	仁愛區 200、信義區 201、中正區 202、中山區 203、安樂區 204、暖暖區 205、七堵區 206			
	宜蘭縣	宜蘭市 260、頭城鄉 261、壯圍鄉 263、五結鄉 268、羅東鎮 265、冬山鄉 269、蘇澳鎮 270、南澳鄉 272			

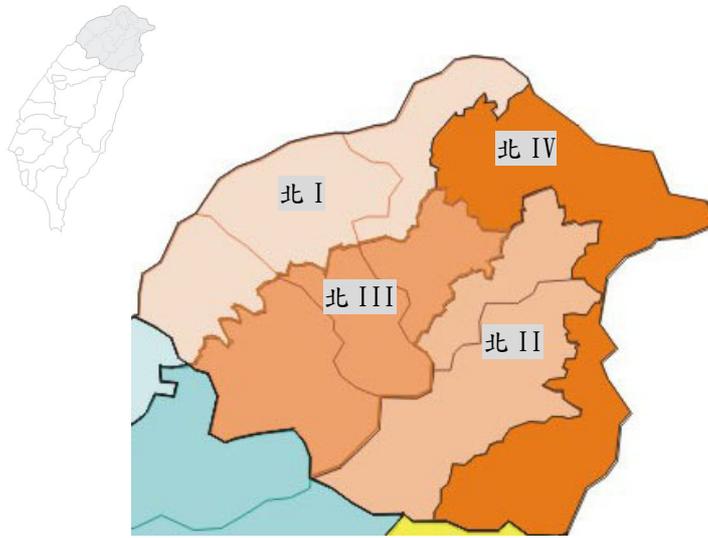


圖 2-3.1 台灣北部地區四區域分布圖

## 2. 中部區域分區

### (1) 區域介紹

台灣中部地區行政區域包括台中市、苗栗縣、台中縣、彰化縣、雲林縣及南投縣等六個縣市，土地面積合計約 10,507 平方公里，佔台灣總面積之 29.2%。本區全年各月降雨量以 9、10 月份較高，其餘月份頗為平均，年平均降雨量約 1,820 公釐。

### (2) 降雨類型分區與容量設計

本計畫利用聚類分析方法，將中部區域的降雨型態予以分類，進而對降雨較均勻之次區域進行系統容量計算工作，因此以歷年之平均旬雨量來分析其降雨統計特性，作為設計區域性雨水供水系統時之依據。

本計畫以水利署所統計雨量站為主，本計畫採用中部地區現存雨量站中記錄年數完整且連續達 40 年以上之站，共選取 58 站，共計苗栗縣 7 站，台中縣 14 站，南投縣 12 站，彰化縣 10 站及雲林縣 15 站。

將所選取的 58 個雨量站降雨資料，以各站之平均旬雨量作聚類分群分析之變數，經不斷決定計算不同初始分類數，並經聚類檢定，最後將 58 個

雨量站分作二類，第一、二群體分別有 42 及 16 站，各區範圍劃分如表 2-2.2 所示，其相關位置如圖 2-2.2 所示。

#### A. 中部 I 區

中部 I 區為台中市、彰化縣全部，雲林縣大部分以及苗栗縣、台中縣、及南投縣的西半部，年平均降雨量為 1406.2mm，日平均雨量為 3.85mm，降雨概率為 0.26，容量設計建議貯水天數為 11.69。

#### A. 中部 II 區

中部 II 區為苗栗縣、台中縣、雲林縣及南投縣的東半部，年平均降雨量為 2279.5mm，日平均雨量為 6.24mm，降雨概率為 0.37，容量設計建議貯水天數為 8.02。

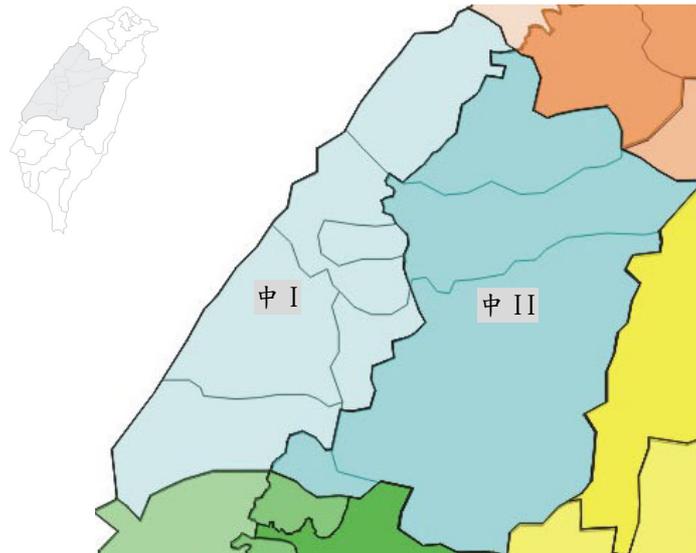


圖 2-3.2 台灣中部地區二區域分布圖

表 2-3.2 中部分區範圍表

分區範圍		日平均雨量	降雨概率	建議貯水天數
I	苗栗縣	3.85mm	0.26	11.69
	南投縣			
	台中縣			
	彰化縣、市			
雲林縣	彰化 500、芬園 502、花壇 503、秀水 504、鹿港 505、福興 506、線西 507、和美 508、伸港 509、員林 510、社頭 511、永靖 512、埔心 513、溪湖 514、大村 515、埔鹽 516、田中 520、北斗 521、田尾 522、埤頭 523、溪州 524、竹塘 525、二林 526、大城 527、芳苑 528、二水 530			
雲林縣	麥寮鄉 638、臺西鄉 636、四湖鄉 654、口湖鄉 653、崙背鄉 637、東勢鄉 635、水林鄉 652、北港鄉 651、元長鄉 655、褒忠鄉 634、二崙鄉 649、虎尾鄉 632、西螺鄉 648、大埤鄉 631、斗南鎮 630、荊桐鄉 647、土庫鎮 633、斗六市 640、林內鄉 643			
II	苗栗縣	6.24mm	0.37	8.02
	南投縣			
	台中縣			
	雲林縣			
苗栗縣	南庄鄉 353、獅潭鄉 354、大湖鄉 364、卓蘭鎮 369			
南投縣	國姓鄉 544、中寮鄉 541、集集鎮 552、鹿谷鄉 558、竹山鎮 557、埔里鎮 545、魚池鄉 555、水里鄉 553、仁愛鄉 546、信義鄉 556			
台中縣	和平鄉 424、新社鄉 426、東勢鎮 423			
雲林縣	古坑鄉 646			

### 3. 南部區域分區

#### (1) 區域介紹

台灣南部地區行政區域包括高雄市、台南市、嘉義市、嘉義縣、台南縣、高雄縣、屏東縣等七個縣市，土地面積合計約 10,002 平方公里，佔台灣總面積之 27.8%。本區全年各月降雨量以 9、10 月份較高，其餘月份頗為平均，年平均降雨量約 2,162 公釐。

#### (2) 降雨類型分區與容量設計

本計畫利用聚類分析方法，將南部區域的降雨型態予以分類，進而對降雨較均勻之次區域進行系統容量計算工作，因此以歷年之平均旬雨量來分析其降雨統計特性，作為設計區域性雨水供水系統時之依據。

本計畫以水利署所統計雨量站為主，本計畫採用南部地區現存雨量站中記錄年數完整且連續達 40 年以上之站，共選取 75 站，共計嘉義縣 15 站，台南縣 23 站，高雄縣 21 站及屏東縣 16 站。

將所選取的 75 個雨量站降雨資料，以各站之平均旬雨量作聚類分群分析之變數，經不斷決定計算不同初始分類數，並經聚類檢定，最後將 75 個雨量站分作三類，第一、二及三群體分別有 45、21 及 9 站，各區範圍劃分如表 2-2.3，其相關位置如圖 2-2.3 所示。

#### A. 南部 I 區

南部 I 區為嘉義市、台南市、高雄市全部，以及嘉義縣、台南縣、高雄縣、屏東縣的西半部，年平均降雨量為 1673.8mm，日平均雨量為 4.58mm，降雨概率為 0.25，容量設計建議貯水天數為 11.94。

#### B. 南部 II 區

南部 II 區為嘉義縣、台南縣、高雄縣與屏東縣的部分區域，年平均降雨量為 2328.7mm，日平均雨量為 6.38mm，降雨概率為 0.29，容量設計建議貯水天數為 10.44。

C. 南部 III 區

南部 III 區為嘉義縣、台南縣、高雄縣與屏東縣的山區部分，年平均降雨量為 2964.2mm，日平均雨量為 8.12mm，降雨概率為 0.37，容量設計建議貯水天數為 8.19。

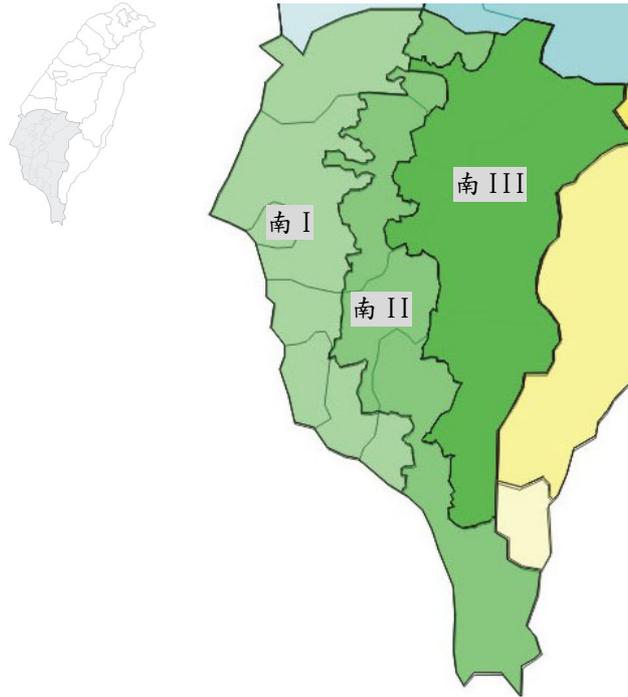


圖 2-3.3 台灣南部地區三區域分布圖

表 2-3.3 南部分區範圍表

分區範圍		日平均雨量	降雨概率	建議貯水天數	
I	高雄縣	4.58mm	0.25	11.94	
	高雄縣				大社鄉 815、大寮鄉 831、仁武鄉 814、永安鄉 828、岡山鎮 820、林園鄉 832、阿蓮鄉 822、茄萣鄉 852、梓官鄉 826、鳥松鄉 833、湖內鄉 829、路竹鄉 821、鳳山市 830、橋頭鄉 825、彌陀鄉 827
	高雄市				全部 800—813
	嘉義縣				太保市 612、朴子市 613、布袋鎮 625、大林鎮 622、民雄鄉 621、溪口鄉 623、新港鄉 616、六腳鄉 615、東石鄉 614、義竹鄉 624、鹿草鄉 611、水上鄉 608
	嘉義市				全部 600
	台南縣				新營市 730、鹽水鎮 737、柳營鄉 736、後壁鄉 731、麻豆鎮 721、下營鄉 735、官田鄉 720、佳里鎮 722、學甲鎮 726、西港鄉 723、七股鄉 724、新化鎮 712、將軍鄉 725、善化鎮 741、新市鄉 744、北門鄉 727、安定鄉 745、仁德鄉 717、歸仁鄉 711、關廟鄉 718、永康市 710
台南市	全部 700、701、702、704、708、709				
屏東縣	萬丹鄉 913、新園鄉 932、崁頂鄉 924、東港鎮 928				
II	高雄縣	6.38mm	0.29	10.44	
	高雄縣				田寮鄉 823、燕巢鄉 824、大樹鄉 840、旗山鎮 842、內門鄉 845、美濃鎮 843、杉林鄉 846
	嘉義縣				中埔鄉 606、竹崎鄉 604、梅山鄉 603
	台南縣				白河鎮 732、東山鄉 733、大內鄉 742、六甲鄉 734、玉井鄉 714、山上鄉 743、左鎮鄉 713、龍崎鄉 719
屏東縣	屏東市 900、長治鄉 908、九如鄉 904、里港鄉 905、鹽埔鄉 907、麟洛鄉 909、內埔鄉 912、萬丹鄉 913、竹田鄉 911、新園鄉 932、崁頂鄉 924、潮州鎮 920、南州鄉 926、新埤鄉 925、東港鎮 928、林邊鄉 927、佳冬鄉 931、琉球鄉 929、枋寮鄉 940、枋山鄉 941、車城鄉 944、恆春鎮 946、滿州鄉 947、獅子鄉 943、牡丹鄉 945				
III	高雄縣	8.12mm	0.37	8.19	
	高雄縣				三民鄉 849、桃源鄉 848、茂林鄉 851、甲仙鄉 847、六龜鄉 844
	台南縣				楠西鄉 715、南化鄉 716
	嘉義縣				番路鄉 602、大埔鄉 607、阿里山鄉 605
屏東縣	三地門鄉 901、高樹鄉 906、霧台鄉 902、瑪家鄉 903、萬巒鄉 923、泰武鄉 921、來義鄉 922、春日鄉 942				

#### 4. 東部區域分區

##### (1) 區域介紹

台灣東部地區行政區域包括花蓮縣、台東縣等兩縣，土地面積合計約 8,144 平方公里，佔台灣總面積之 22.62%。本區全年各月降雨量以 9、10 月份較高，其餘月份頗為平均，年平均降雨量約 2,122 公釐。

##### (2) 降雨類型分區與容量設計

本計畫以水利署所統計雨量站為主，本計畫採用東部地區現存雨量站中記錄年數完整且連續達 40 年以上之站，共選取 21 站，共計台東縣 10 站及花蓮縣 11 站。

將所選取的 21 個雨量站降雨資料，以各站之平均旬雨量作聚類分群分析之變數，經不斷決定計算不同初始分類數，並經聚類檢定，最後將 19 個雨量站分作四類，第一、二、三及四群體分別有 2、9、4 及 6 站，各區範圍劃分如表 2-2.4 所示，其相關位置如圖 2-2.4 所示。

##### A. 東部 I 區

東部 I 區為台東縣大武鄉與達仁鄉，年平均降雨量為 2237.8mm，日平均雨量為 6.13mm，降雨概率為 0.43，容量設計建議貯水天數為 7.04。

##### B. 東部 II 區

東部 II 區為台東縣大部分區域與花蓮縣富里鄉，年平均降雨量為 2070.9mm，日平均雨量為 5.67mm，降雨概率為 0.38，容量設計建議貯水天數為 7.83。

##### C. 東部 III 區

東部 III 區為花蓮縣南半部與台東縣長濱鄉，年平均降雨量為 2723.2mm，日平均雨量為 7.46mm，降雨概率為 0.45，容量設計建議貯水天數為 6.68。

##### D. 東部 IV 區

東部 IV 區為花蓮縣北半部，年平均降雨量為 2202.4mm，日平均雨量為 6.03mm，降雨概率為 0.42，容量設計建議貯水天數為 7.20。

表 2-3.4 東部分區範圍表

分區範圍			日平均雨量	降雨概率	建議貯水天數
I	台東縣	大武鄉 965、達仁鄉 966	6.13mm	0.43	7.04
II	台東縣	台東市 950、太麻里 963、金峰鄉 964、卑南鄉 954、延平鄉 953、鹿野鄉 955、東河鄉 959、關山鎮 956、成功鎮 961、池上鄉 958、海瑞鄉 957	5.67mm	0.38	7.83
	花蓮縣	富里鄉 983			
III	台東縣	長濱鄉 962	7.46mm	0.45	6.68
	花蓮縣	玉里鎮 981、卓溪鄉 982、瑞穗鄉 978、豐濱鄉 977、光復鄉 976			
IV	花蓮縣	花蓮市 970、新城鄉 971、吉安鄉 973、秀林鄉 972、壽豐鄉 974、鳳林鎮 975、萬榮鄉 979	6.03mm	0.42	7.20

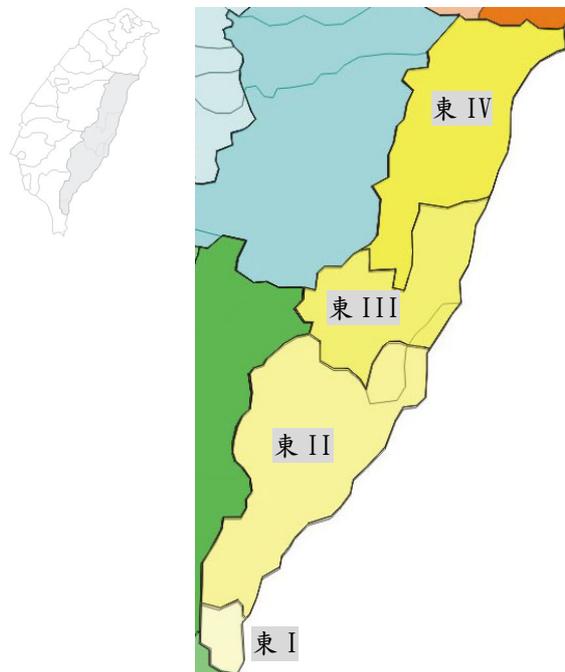


圖 2-3.4 台灣東部地區四區域分布圖

## 5. 外島區域分區

### (1) 降雨類型分區與容量設計

外島區域包含澎湖、金門、馬祖與台東縣蘭嶼、綠島等區域，由於散布於台灣本島週邊，而非集中於一範圍內，故降雨型態與雨量相差頗大。本計畫依據中央氣象局的雨量統計資料，記錄年數完整且連續達 40 年以上之站，將外島區域分為兩區，各區範圍劃分如表 2-2.5 所示。

#### A. 外島 I 區

東部 I 區包含澎湖群島、金門與馬祖列島等，年平均降雨量為 927.7mm，日平均雨量為 2.54mm，降雨概率為 0.23，容量設計建議貯水天數為 12.91。

#### B. 外島 II 區

東部 II 區包含台東縣蘭嶼、綠島等區域，年平均降雨量為 3104.5mm，日平均雨量為 8.50mm，降雨概率為 0.60，容量設計建議貯水天數為 4.98。

表 2-3.5 外島分區範圍表

分區範圍			日平均雨量	降雨概率	建議貯水天數
I	澎湖縣	馬公市 880、西嶼鄉 881、望安鄉 882、 七美鄉 883、白沙鄉 884、湖西鄉 885	2.54mm	0.23	12.91
	金門縣	金沙鎮 890、金湖鎮 891、金寧鄉 892、 金城鎮 893、列嶼鄉 894、烏坵鄉 896			
	連江縣	南竿 209、北竿 210、莒光 211、東引 212			
II	台東縣	蘭嶼鄉 952、綠島鄉 951	8.50mm	0.60	4.98

不同區域性降雨型態對屋頂雨水貯集系統的容量設計影響甚大，如何有效規劃雨水貯集利用系統，與雨量雨型分類有莫大的關係；但由於台灣地區地形與地理分布區位影響，雨量分布極不平均，本研究以區域雨量與降雨型態為分類原則，利用聚類分析方法，將台灣北、中、南、東、外島區劃分為 15 個具有相同型態之降雨區域，並計算求得各分區內平均降雨量、日降雨概率與建議貯水天數，將提供後續區域雨水貯集系統容量最佳化設計之參考。

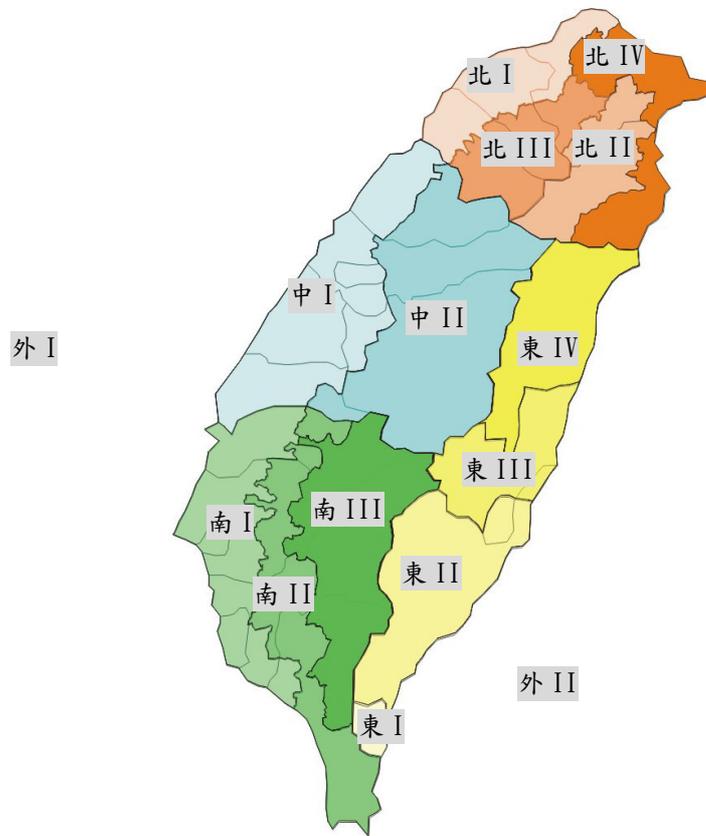


圖 2-3.5 台灣地區法制化降雨類型分區圖

表 2-3.6 法制化降雨分區容量設計對照表

區域	分區	年平均雨量(mm)	日平均雨量(mm)	降雨概率	建議貯水天數
北部	I	1815.0	4.97	0.34	8.72
	II	3584.5	9.81	0.50	6.02
	III	2302.9	6.31	0.37	8.12
	IV	3564.6	9.76	0.53	5.67
中部	I	1406.2	3.85	0.26	11.69
	II	2279.5	6.24	0.37	8.02
南部	I	1673.8	4.58	0.25	11.94
	II	2328.7	6.38	0.29	10.44
	III	2964.2	8.12	0.37	8.19
東部	I	2237.8	6.13	0.43	7.04
	II	2070.9	5.67	0.38	7.83
	III	2723.2	7.46	0.45	6.68
	IV	2202.4	6.03	0.42	7.20
外島	I	927.7	2.54	0.23	12.91
	II	3104.5	8.50	0.60	4.98

## 第三章 雨排水系統再利用設計

水資源的重要性對於台灣地區而言是無庸置疑的，由於台灣的地形起伏較大，因此水資源往往無法在島內長時間停留，加上台灣人口密度高，每人所分配到的水資源相對減少，每人平均分配雨量僅為世界標準的六分之一，成為聯合國組織認定的缺水國家之一。由於雨水的水質較為容易控制，因此建築物經由收集之雨水資源，替代沖廁、花木澆灌等不接觸人體的用水，對於用水即是一種開源節流的作法。

探討「建築物雨水再利用」的議題，首先必須瞭解建築雨排水系統的構成。掌握雨排水系統構成的設計方法是切入雨水再利用議題的必要途徑，因此本研究擬藉由現況建築物雨排水系統調查，分析其構成要素及原理，透過整理與歸納導出適當的雨水利用系統設計方法。

### 第一節 既有雨排水系統設計方法

降雨時建築物外部的水平向面域會承受雨水蓄積所帶來的額外重量，因此在雨水未造成結構負擔時，必須快速的將水排出。故建築物雨排水系統設置的目的，主要是建構一套系統將雨水快速導出建築物外，因此系統在設計上，需考量建築受雨量與系統的排出（輸送）能力兩項因素。

#### 1. 建築受雨量的計算

建築雨排水系統的排水能力設計，關係到建築物屋頂所蓄積的水量，而水量的多寡則決定於建築受雨面積及降雨量。

##### (1) 建築受雨面積

建築受雨面積就是降雨直接到達建築物之接觸面積，如圖 3-1.1 所示，A、B 區是雨水直接落入建築的水平向面積，而 B 區由於與垂直向之 C 區連

接，所以在計算上，必須再加入 C 區滲落的水量。假設雨水以  $30^\circ$  的角度落入 C 區，則 B 區的受雨面積，等於 B 區面積加上 50% 的 C 區面積。

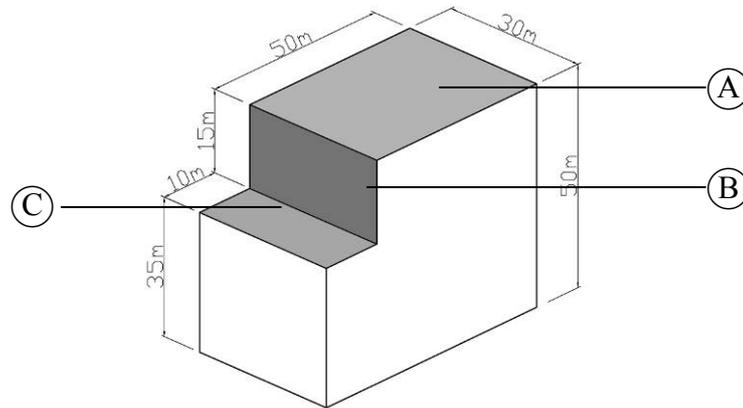


圖 3-1.1 建築物計算集雨量受水區域範圍

## (2) 降雨量

降雨量大小是直接影響建築物受雨量多寡的因素。在設計上以一小時最大降雨量作為設計基準。如無雨量記錄時，則以  $100\text{mm/h}$  作為一小時最大降雨量來計算。

以圖 3-1.2 為例：

$$\text{受雨面積 } A = 30 \times 50 = 1500 \text{ m}^2$$

$$\text{受雨面積 } B = 30 \times 10 + 30 \times 20 \times 0.5 = 600 \text{ m}^2$$

以  $100\text{mm/h}$  的降雨作計算，則

$$\text{受雨面積 } A \text{ 的水管總負荷} = (1500 \times 100) \div 3600 = 41.7 \text{ l/s}$$

$$\text{受雨面積 } B \text{ 的水管總負荷} = (600 \times 100) \div 3600 = 16.7 \text{ l/s}$$

## 2. 系統的排出（輸送）能力

當計算出系統水管的兩排水負荷後，便可根據兩排水負荷來設計系統的輸送能力，設計決策以兩排水立管及兩排水橫管分別考量：

(1) 雨排水立管的計算方法

根據日本「建築給排水規範 HASS206」之計算基準，立管的排水流量設計採 William・Eton 的公式作為計算方法。

$$Q_p = \frac{(117730 \alpha A)^{5/3} (1/D)^{2/3}}{60} \dots\dots\dots (3.1)$$

QP：立管的容許流量 (l/s)

α：充水率 (%)

A：立管的斷面積 (m<sup>3</sup>)

D：立管的實際內徑 (mm)

由於立管過高的充水率(水的斷面積/管的斷面積)會因排水管內的水流及空氣產生過大的噪音及振動，在藉由試驗的結果得知，若將立管的充水率控制在 35% 時，則在噪音及振動上獲得較令人滿意的控制。故 α 以 35% 代之，簡化得公式 (3.2)。

$$Q_p = 819200 A^{5/3} (1/D)^{2/3} \dots\dots\dots (3.2)$$

依據公式 3.2，若採用管徑 100mm 作為立管的尺寸，則每支立管可負荷的雨排水流量為 11.8 l/s。以圖 3-1.2 為例：

受雨面積 A 雨排水管數量 = 41.7/11.8 = 3.5 擬作 4 支立管

受雨面積 B 雨排水管數量 = 16.7/11.8 = 1.4 擬作 2 支立管

得知配管尺寸及數量後，則可作以下的配置。

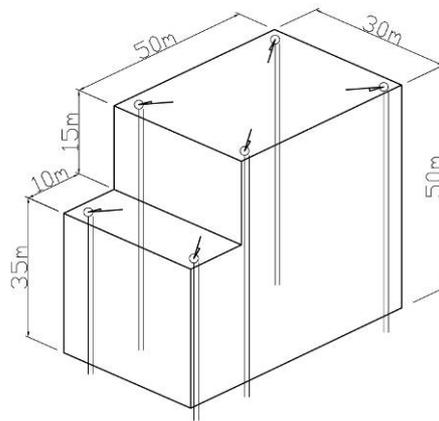


圖 3-1.2 兩排水立管配置方式

### (2) 兩排水橫管的計算方法

在兩排水橫管的計算上，一般採用一八九一年愛爾蘭的水利土木工程師—曼寧所創造的「曼寧公式」作為基礎。

曼寧公式

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots (3.3)$$

V：流速 (m/s)

n：粗糙係數

R：水力半徑 (m<sup>3</sup>)

S：水力坡度 (%)

依據 HASS206 對於排水管內現象所做的研究，其成果顯示當橫管流速控制在 0.6~1.5m/s、而其充水率達 95% 時，噪音及振動除了能得到控制外，管內也可得到自淨的效果，因此將上述的條件代入曼寧公式後，得公式 (3.4)、(3.5) 如下：

$$v = 0.3620D^{2/3} \delta^{1/2} \dots\dots\dots(3.4)$$

$$Qp = 0.0002789D^{6/3} \delta^{1/2} \dots\dots\dots(3.5)$$

v：橫管內平均流速 (m/s)

D：橫管的實際內徑 (mm)

δ：洩水坡度 (%)

QP：橫管的容許流量 (l/s)

假設案例雨排水橫管設計方式如圖 3-1.3：

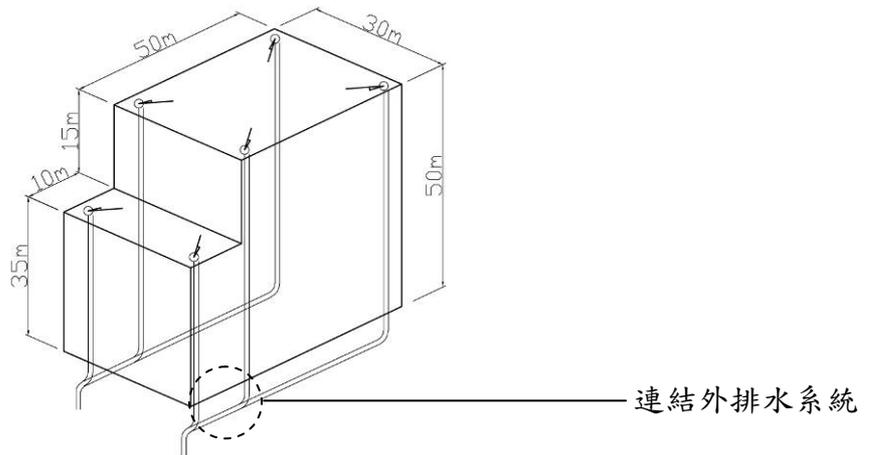


圖 3-1.3 兩排水橫管配置方式

以兩支橫管負荷總雨排水量，則橫管管徑決定如下：

$$(41.7 + 16.7) / 2 = 0.0002789 D^{8/3} \times 0.011 / 2 \text{ (洩水坡度為 } 1/100)$$

則  $D = 180.915\dots$ ，擬採用管徑為 200mm 之橫管。

此時  $v = 1.24\text{m/s}$ ，符合 0.6~1.5m/s 的流速限制。

故雨水橫管可用 200mm 兩支。

兩排水系統在計算規劃上，為了讓使用者便於操作，因此配合查表將公

式予以簡化，僅需要考量建築物的受雨面積，並配合當地的雨量數據作計算。

公式如下：

$$S = \frac{Q(S_1 + S_2)}{100} \dots\dots\dots (3.6)$$

S：最大容許屋頂面積 (m<sup>2</sup>)

Q：降雨量 (mm/h)

S<sub>1</sub>：水平集水面積 (m<sup>2</sup>)

S<sub>2</sub>：垂直集水面積 (m<sup>2</sup>)

100：基準雨量 (mm/h)

**表 3-1.1 建築雨水受雨面積對應之立管管徑**

管徑 (mm)	最大容許屋頂面積 (m <sup>3</sup> )
50	67
65	135
75	197
100	425
125	770
150	1250
200	2700

**表 3-1.2 建築雨水受水面積對之橫管管徑**

管徑 (mm)	容許最大屋頂面積 (m <sup>3</sup> )								
	配管坡度								
	1/25	1/50	1/75	1/100	1/125	1/150	1/200	1/300	1/140
65	127	90	73	—	—	—	—	—	—
75	186	131	107	—	—	—	—	—	—
100	400	283	231	200	179	—	—	—	—
125	—	512	418	362	324	296	—	—	—
150	—	833	680	589	527	481	732	—	—
200	—	—	1470	1270	1130	1040	897	732	—
250	—	—	—	2300	2060	1880	1630	1330	1150
300	—	—	—	3740	3350	3050	2650	2160	1870
350	—	—	—	—	5050	4610	3990	3260	2820
400	—	—	—	—	—	6580	5700	4650	4030

試算相同案例，受雨區域 A 的系統需求量：受雨面積 = 1500 m<sup>3</sup>，若立管選擇管徑 100mm 之排水管、橫管採用管徑 200mm 洩水坡度 1/100，降雨強度以 100mm/h 作為地區的雨量數據。經查表 3-1.1 及表 3-1.2 後得知，所選定之立管，其對應面積為 425 m<sup>3</sup>、而橫管對應面積為 1270m<sup>3</sup>。

立管的需求量 =  $1500/425 = 3.52$ ，需設置 4 支。

橫管的需求量 =  $1500/1270 = 1.18$ ，需設置 2 支。

利用公式及表格可以快速的取得，建築雨排水系統設計的各项決策數據。

## 第二節 雨排水系統構成

雨排水系統的構成一般會分為設計及施工兩個階段；關於設計階段，目前台灣地區，雨排水系統在建築的設計規劃階段是屬於電機設計的業務範疇，而系統會配合建築物的空間的規劃來選擇設置的方式及位置；因此往往在經濟收益的考量下，出現埋入結構體，這類型不利於更換維修的設計，進而衍生出後續的問題。而在施工階段，主要在於材料選擇應用方面的問題，以及施作的品管問題。

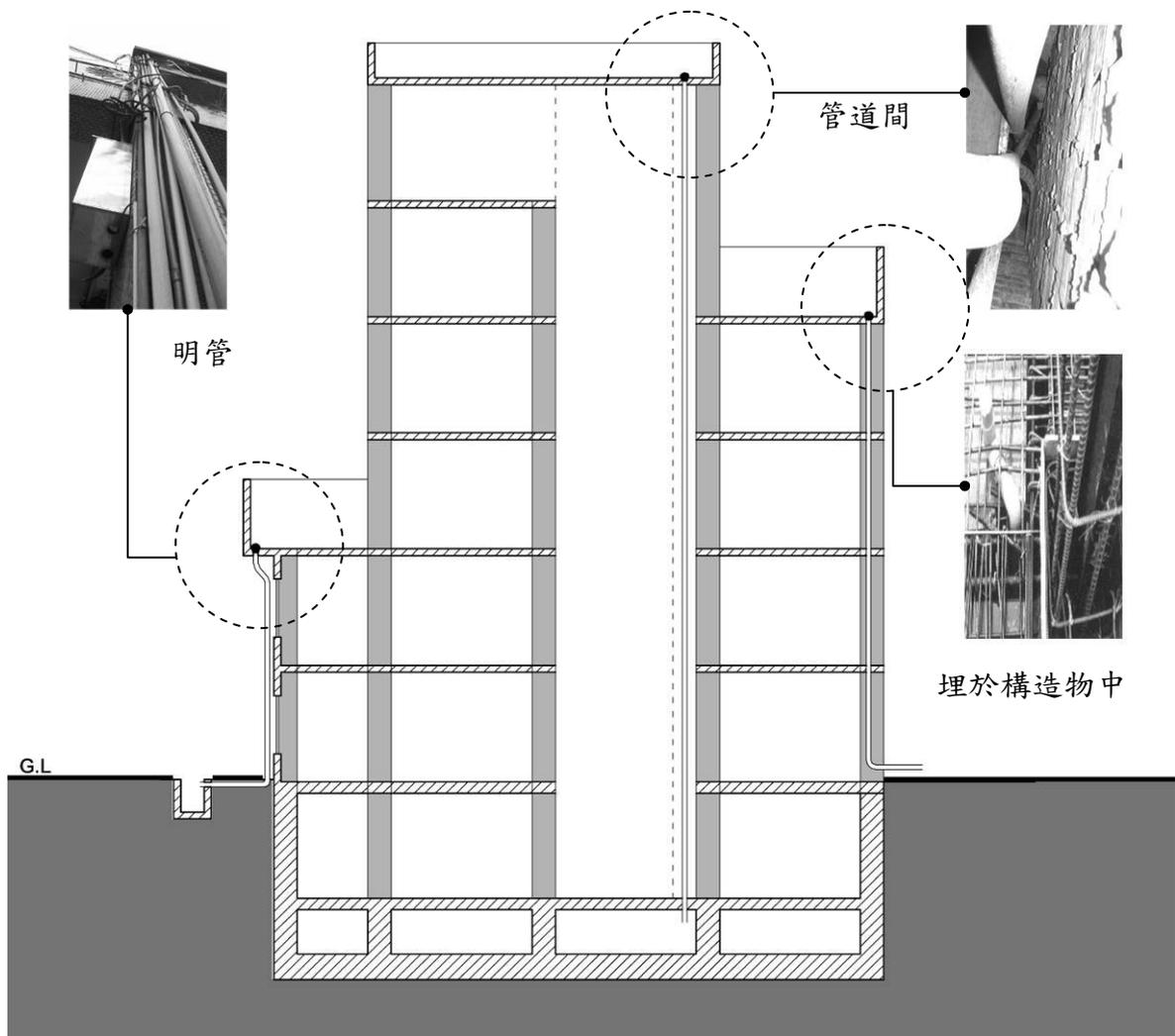


圖 3-2.1 建築雨排水系統

1. 設計階段

目前台灣地區雨排水系統的設計構成分為下列四個範圍：受雨區域、排水路徑、末端排流及再利用系統規劃。而在利用系統的規劃設置，始於近年大眾對水資源利用的觀念增加，所以會在設計雨排水系統時，同時建構雨水再利用系統。

將雨排水系統構成分類後，上述四個構成項目依採用型式及設計方法逐一歸類，如圖 3-2.2 所示。利用各個分類項目，可對雨排水系統做個別的系統檢視及問題的發現，目的在於改善及提高目前的雨排水系統的性能。

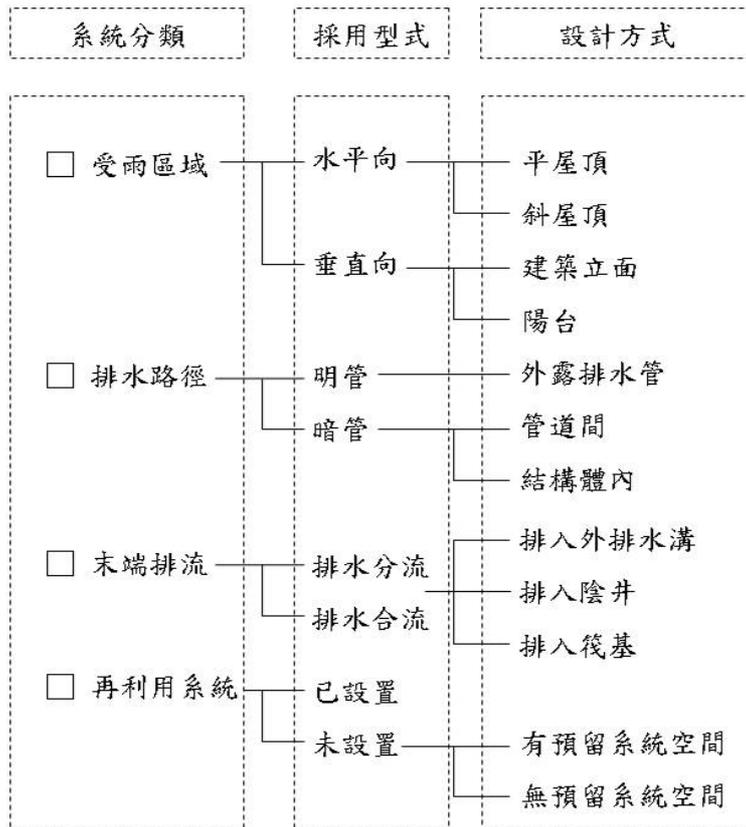


圖 3-2.2 雨排水系構成分類方法

在此分類的架構下，提出下列的問題改善：

### (1) 受雨區域的清潔維護問題

無論是水平向或是垂直向的受雨區域，即便位置、大小或高程不同，但兩者皆是雨排水系統構成的起點，因此受雨區域的順利運作與否，會影響雨排水的效能。所以保持區域上的清潔、落水頭的維護，便成為提升雨排水系統效能的首要。

### (2) 明管與暗管的設計選擇

在決定明管或暗管構造方式時，理論上並不會影響系統的效能，因為效能的影響因子在於管徑及材料所表現的排水負荷。但材料會有老化、損壞的問題產生，因此維修及更換的影響因子即成為該決定採用何種設計方式的主要考量因素。明管的配置方式對於維修更換上，並無太大的困難度，但在建築外觀的設計考慮下，較不為設計者所採納。而暗管的施作有埋於構造內及置於管道間兩種型式，埋於建築結構體內的作法，雖然減少可以建築物樓地板面積的額外負擔，但除了會有影響結構安全的疑慮之外，並會衍生排水管路完全無法維修更換的問題。因此，當建築結構體內的雨排水系統不堪使用時，一般民眾只得採取明管的方式，再設置一套雨排水系統，造成無謂的浪費。另一種暗管型式則是規劃管道間，既可解決建築外觀的問題，且當雨排水系統管路老舊後，方便於維修及更換。但管道間的設置容量，須將維修所需的基本活動空間一併考量，否則會造成維修困難或依然無法維修更換的問題。

### (3) 排水管分流或合流的差異

雨排水系統在實際的施作上，排水的末段往往會受限於建築基地的特性，最後產生分流及合流兩種作法。排水分流是雨排水系統與雜排水系統分別設置，其系統有個別的管路將水導入設立的排放點，而合流則是兩者混合配置。不同的設計結果，對於日後雨水再利用的可行性，會造成影響。而降於建築物的雨水在分流的系統中將比合流的系統更容易被回收再利用。

#### (4) 雨排水末端出口的影響

建築物雨排水的出口課題，實際是關係建築基地內的排水量如何順利導出基地外的問題。倘若考慮未來導入雨水再利用的議題時，則末端出口的作法會影響建築導入再利用模式的應用及設計方式。簡言之，雨排水的末端即是再利用導入的起點，因此在瞭解雨排水系統末端如何設計、導入何處的同時，設計者便可以掌握雨水可從何處再導回建築物中利用。

#### (5) 再利用系統考量與否

由於近年來缺水的現象在台灣是時有所聞，所以「雨水回收再利用」的議題早已受到大眾的注意及關切。不過在經濟利潤的考量下，投資者往往忽略這些寶貴的資源，但在長期的考量之下，將雨水回收再利用早已是國家進步的趨勢，因此在政府及學者的推動下，有許多新的建案已投入水資源利用的行列，將「雨水再利用系統」導入建築物中使用。或許在建築物使用的初期並無考量雨水再利用系統的構建，但決策者應在設計階段，以雨水再利用的觀念為前提，設計時即預留再利用系統的管道空間及相關配套，如此才能增加建築物未來發展利用的可行性。

## 2. 施工階段

雨排水系統在這個階段，有許多問題會對於系統效能產生影響，如：管材有無依照環境特性作選擇、管材之間的接合品質、與建築物的固定的相關問題等等，這些均是影響雨排水系統未來運作效能是否良好的相關因素。以下針對雨排水系統實際施作狀況提出改善建議。

#### (1) 屋頂面的施作

根據調查的結果，台灣北部地區建築屋頂的構造型式，以平屋頂設計的模式居多，約占總樣本數的 50%，而屋頂加蓋（斜屋頂）的樣本數約為 40%。因此，假如探討北部地區建築物屋頂型式的原始設計，不難發現平屋頂的設計占絕大多數，所以屋頂面施工的品質，影響著雨排水系統運作的效益。其中，洩水坡度的規劃需配合落水頭的位置，依據調查，屋面設置截水溝或由最高點向四周傾斜排水的效果最佳。(圖 3-2.3)

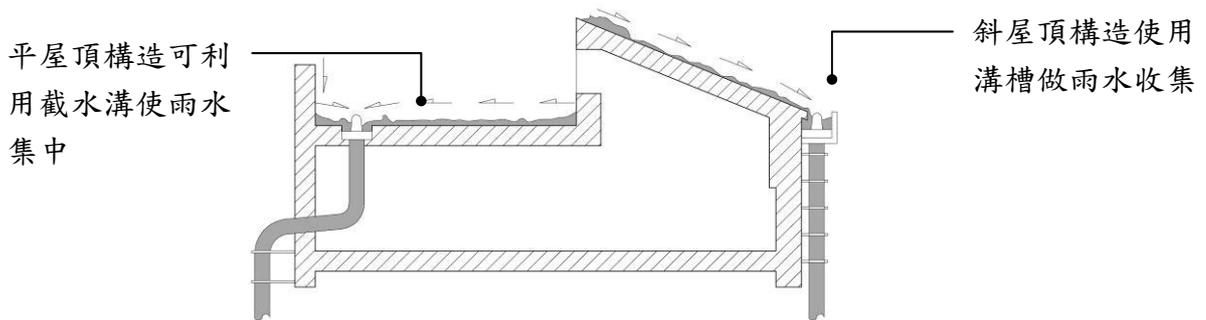


圖 3-2.3 屋頂構造收集雨水方式

### (2) 屋頂面的表面材料

屋頂的表面材料設計在設計階段，和雨排水系統的設計是分開的。但往往影響排水效能最大的，便是屋頂面材質的耐久性不良，所造成的排水阻礙。故在此將表面材料的問題作一探討。根據調查，一般平屋頂的表面材料以發泡混凝土施作占多數，但發泡混凝土的耐久性差，損壞剝落的結果，使屋面喪失了原始洩水坡度的效用。除此之外，若缺乏定期清潔的工作，脫落的發泡混凝土便會造成落水頭的堵塞，影響排水。

### (3) 落水頭的材質

落水頭的主要的功能，是防止異物落入水管內造成堵塞，因此耐久性是相當重要項目。根據案例中的分析，高帽落水頭比平面落水頭能發揮出較好的效能，但銅質的高帽落水頭耐久性較差，反而容易造成排水口的堵塞。而調查中，以不鏽鋼材質的落水頭效果最好。而在設置的位置上，也需從較容易清潔維護的角度作設置的考量。

### 第三節 建築雨水再利用系統設計方法

雨水再利用系統在功能上，依運作順序分為下列四個項目：雨水回收、過濾處理、雨水貯槽及輸送設備。而在雨水回收的部分，其系統是依附在既有的雨排水系統上，因此在設備增加的部分，著重在過濾、貯集及輸送的構造設計上。由於雨水再利用系統在建築物的構造考量上，並非絕對必要的設備系統，所以設備的位置、尺寸及形式，原則上會依循建築物的設計做調整，故必須對雨水再利用系統作細部的探討，方能提高系統設置於建築內的可能性。

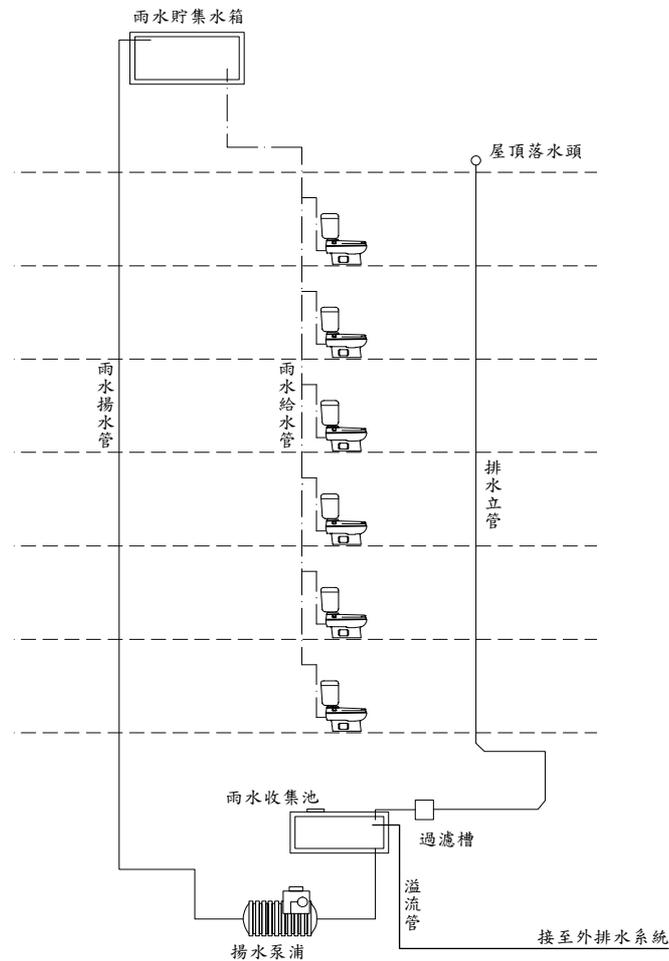


圖 3-3.1 雨水再利用系統昇位圖

## 1. 過濾處理設備

除了在高度空氣污染地區或都市交通繁忙地區，可能在降雨過程中夾帶污染物質而降下，或在高度工業化地區，酸雨情況也可能發生之外，一般而言，自然降雨之雨水水質乃是相當乾淨之水源。建築物雨水利用系統，透過簡單的收集過濾貯留，便可以應用在許多方面之用水需要上。例如，不少案例利用建築物之筏式基礎設置雨水貯留設施，經簡易過濾及自然的移動沈澱，便可以得到相當良好的水質。另外，私人住家利用屋頂收集雨水，經簡易過濾貯留用於灑水、澆灌、清洗等案例，在台灣早期社會便存在許多慣例與作法，特別是在農村或自來水未充分普及供應的地方。

經收集處理過後之雨水，其用途大致上可包括廁所馬桶衛生器具之沖洗、冷卻水塔的補給用水、水景、植栽澆灌、洗車、灑水、清洗戶外地板、消防用水、清掃浴室及室內地板等，必要時也可以作為災難時之緊急飲用水。各個用途之用水對於水質各有不同之要求，大抵以不與人體接觸之用水對於水質要求較低，其次是與人體可能接觸之用水，而以飲用水對水質之要求最高。國內對於飲用水之水質，有「自來水法」、「飲用水管理條例」及各地方施行細則等之相關法規管制，而其他用途之水質則無明確之強制管理法規。雨水的收集地點、方式也將明顯影響初期收集到之雨水水質，以及必須採取的雨水處理程序。收集雨水的場所大致上包括建築物屋頂或頂樓樓板、公園綠地、停車場、廣場道路鋪面、人工地盤或經透水處理之人工地盤等。雨水收集場所、雨水利用用途及相對應之處理程序，整理如表 3-3.1。

表 3-3.1 雨水處理對應程序建議表

集水場所 \ 利用用途	廁所馬桶衛生器具之沖洗	冷卻水塔的補給用水	水景、栽植澆灌	洗車、灑水、清洗戶外地板、消防用水	清掃浴室及室內地板	經常與身體接觸用途或緊急時飲用水
屋頂或頂樓樓版	簡單清除垃圾即可使用	自然沈澱及簡易處理流程後使用			沈澱加碎石過濾處理後使用	經處理程序後加氯消毒
廣場、道路、人工鋪面						
公園綠地	自然沈澱及簡易處理流程後使用			沈澱加碎石過濾處理後使用	自然沈澱及簡易處理流程後使用	
停車場						

(1) 簡單清除垃圾即可使用之情況

基本上在沒有污染源地區，如鄉下、市郊或低密度都市地區，所收集到之雨水之水質情況，一般而言不會有太大之使用問題。如果在雨水收集區域附近有樹木或綠化植栽，或是有人可能經過或到達的情況，可以簡單於集雨管流入貯留槽之部位，設置格柵、濾網或網籠，如圖 3-3.2 所示，阻止樹葉、紙屑、垃圾等流入，適度清除即可獲得相當良好水質之雨水。

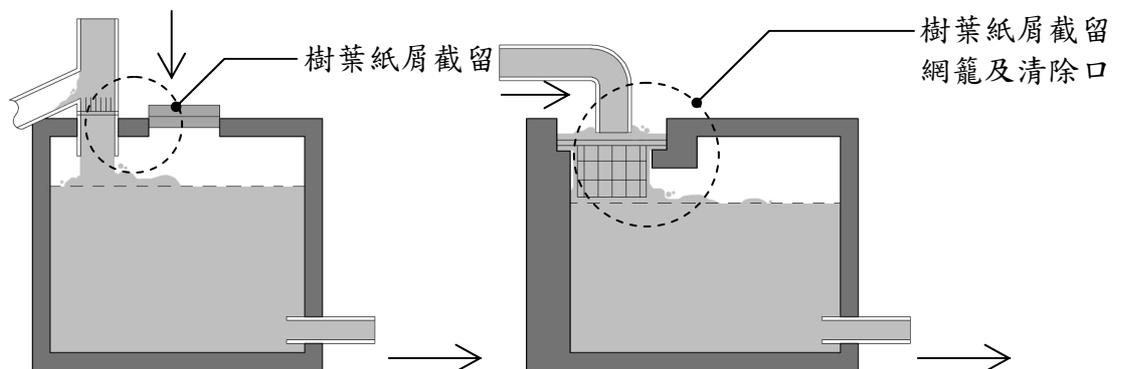


圖 3-3.2 簡單清除垃圾之雨水貯留設施

### (2)自然沈澱及簡易沈砂處理流程後使用

集雨地點可能容易夾帶泥沙或流入雜物之情況，如停車場、公共廣場等，利用簡易截留、沈砂過濾及沈澱，即可導入利用之情況。經收集處理後之雨水，一般即可應用於廁所馬桶衛生器具之沖洗、冷卻水塔的補給用水、水景、植栽澆灌、洗車、灑水、清洗戶外地板、消防用水等用途之用水。此處理程序基本上操作簡單且工程成本低，雨水利用範圍也廣泛，為相當經濟之雨水利用處理方式，採用之案例也最多，簡易沈砂槽之構造，可設計如圖 3-3.3 所示案例。

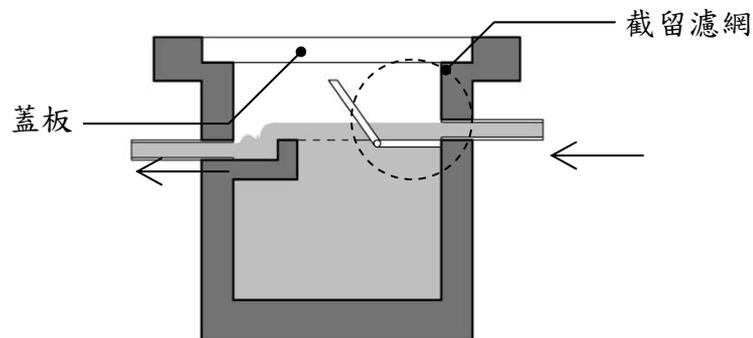


圖 3-3.3 簡易沈砂槽案例

### (3)沈澱加碎石過濾處理後使用

當集雨面積規模增大，雨水用途對象水質要求提高，並且必須避免細沙或雜物混入給水馬達造成損壞，可以利用較大規模之沈砂過濾設施，以碎石級配或較細濾網，去除雨水中之混入雜物、細沙等物質。其構造概要如圖 3-3.4 所示。

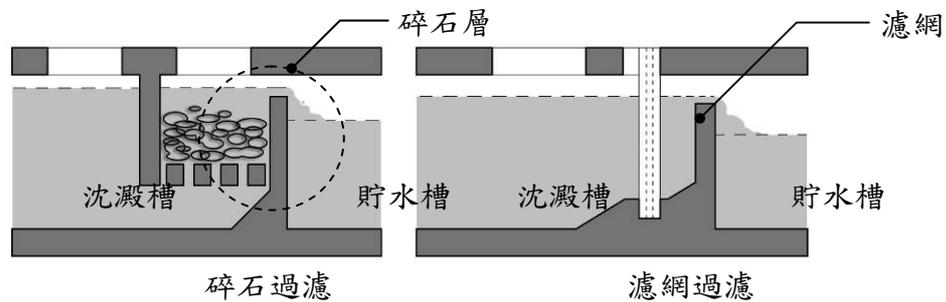


圖 3-3.4 沈澱加碎石過濾處理構造概要案例

#### (4) 自然沈澱加過濾機處理

碎石及濾網之處理不容易去除雨水中之浮游固體物質 (Suspended Solid)，利用重力式或壓力式過濾機之細沙或活性碳濾材，可以去除相當程度之浮游物質，提高雨水利用水質之安全衛生性能。

#### (5) 經沈澱過濾處理程序後加氣消毒

收集雨水作為經常與身體接觸用途或可能兼作為緊急災難時之飲用水的情況，必須在安全衛生性能上有較周全之考慮，一般在經沈澱過濾處理程序後設置加氣消毒裝置，以殺死細菌或可能滋生之微生物，作為雨水利用之最終處理程序。但是，加氣濃度必須符合相關安全規定，避免過量或不足。

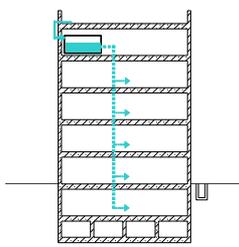
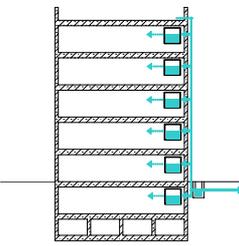
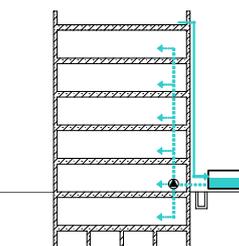
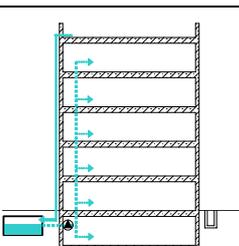
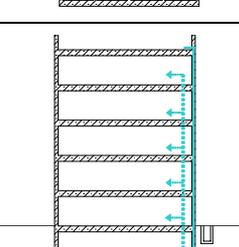
## 2. 雨水給水計畫

雨水再利用系統針對所有的建築物並非只有一種解答，針對貯水槽及過濾設備的地點、雨排水管的位置及雨水配水管與貯水槽的關連性等問題，都需要事先決定與規劃。因此在系統初期的計畫上，就必須做整體的考量。建築雨水在給水計畫，著重在雨水貯集槽的位置與替代用水條件之關連性，不同的設置方式會反應出不同的給水計畫。計畫上則以自來水給水方式做為參考，大致上分為重力給水及機械給水兩大類。

表 3-3.2 所示，依照給水方式提出五種雨水再利用系統的設計模式。各種模式在運用上會因建築的限制而有所差異，因此實際操作及選擇上必須做

適度的調整。

表 3-3.2 雨水再利用系統給水模式

方式	概要	模式	系統說明
重力給水	當貯集槽位置設置於使用端的上方時，在給水上可以利用重力式給水減少能量上的損耗。且系統設備的運作上亦不會受到停電或機械設備異常的影響。	A	 <p>收集屋頂雨水，將其導入設備層內雨水貯集槽，再以重力式給水送至各用戶之可替代用水管路。</p>
		B	 <p>屋頂雨水經由收集後，經由簡單過濾與沉澱後，直接以重力方式流入各樓層之小型雨水貯集槽，再流入可替代用水管路。</p>
機械給水	貯集槽的設置若位於使用端的下方時，則需採用機械式給水。使用揚水泵浦經由揚水管將雨水輸送至使用端，設計上須考量揚水泵浦的設置位置及後續的維護管理，設備選擇上則須計算輸送能力及能量消耗等相關問題。	C	 <p>收集屋頂雨水，將其導入地面上之雨水貯集槽，再以水泵送至各用戶之可替代用水管路。</p>
		D	 <p>收集屋頂雨水，將其導入地面下之雨水貯集槽，與模式 C 的不同在於其另外可收集地面上之雨水；最後經由水泵送至各用戶之可替代用水管路。</p>
		E	 <p>屋頂雨水經由暗管流入筏基，利用建築物筏基空間貯集雨水，再經由水泵送至各用戶之可替代用水管路。</p>

#### 第四節 國內雨水貯集系統應用實例

雨水貯集利用在導入建築物之過程中，牽涉到許多層面，包含結構體之承載重量與輸送管線之埋設等，若能在建築規劃設計階段進行整體考量規劃，預設相關管線與設施，將可大幅提升雨水利用之效率，而近年來，雨水貯集再利用之觀念，在各相關單位與公私部門之大力宣導下，已順利推廣至全國各級機關團體，無論是新建廳舍將雨水貯集系統納入考量，或是既有建築增設雨水回收再利用系統等，均已大幅提升雨水資源之回收率與再利用率，將能有效減緩水資源日漸匱乏之趨勢。

另一方面，國內實際將雨水貯集再利用系統導入新建建築或既有建築之應用，與歐美等先進國家相比，相對較少且經驗略顯不足，採用之系統設備，部分亦參考其他國家而設置，使用上可能產生部分課題。此外，整體回收再利用系統與建築物之整合方面，亦可能於部分結點產生相關問題，因此有必要針對設置雨水貯集再利用之案例，進行現況調查，以理解並掌握現況課題，並釐清可能產生之問題點及發生位置與頻率。

因此本研究經由篩選，選定目前雨水利用系統運作良好且具代表性之案例，分別為花蓮慈濟技術學院、台中市功國小、桃園世堡紡織及台北市立動物園，進行現況調查，並訪問相關負責承辦人員，以理解目前使用狀況及運作收集情形，而由於上述四件案例分別分布於台灣之北部、中部及東部，調查資料未來亦可加以延伸運用，作為相關數據資料之比對。



慈濟技術學院



軍功國小



世堡紡織



台北市立動物園

圖 3-4.1 雨水貯集案例

### 1. 花蓮慈濟技術學院

本研究後續將分別探討各案例之現況，首先介紹位於花蓮之慈濟技術學院基本資料、雨水收集面積、收集方式與整體流程等，分述如後：

#### (1) 案例基本資料

花蓮慈濟技術學院成立於民國 78 年，歷經十餘年之穩健踏實經營，辦學績效卓著，民國 88 年改制為「慈濟技術學院」並附設專科部。目前大學部設有日間部二年制護理系及四年制物理治療系、放射技術系、幼兒保育系、

醫務管理系、會計資訊系、資訊工程系等。

該校十餘年來不但得到社會各界肯定並獲得教育部頒發辦學績優、行政考核績優、師資考核績優及承辦教育部技職教育專案績效卓著貢獻獎暨督學視導優等，此外，對於地球環境與資源之有效利用，亦投注許多心力，特別是雨水回收再利用方面；而在行政中心與教學大樓及使用人數眾多之宿舍方面，亦設置雨水貯集系統，相關內容將於後續內容中說明。

#### (2) 收集面積與儲水位置

本案例之校區內，多屬平屋頂建築，加上花蓮地區每年平均降雨量約在 2,300mm 以上，因此非常適合利用平屋頂進行雨水回收再利用；另一方面，由於該校於校舍規劃設計階段，即已將相關雨水貯集系統納入整體考量，因此既有雨水儲水槽體，除設置於建築物外地底層，亦設置於建築物內地底層，並擁有極大之儲水容量，相關示意圖如下圖 3-4.2 所示：

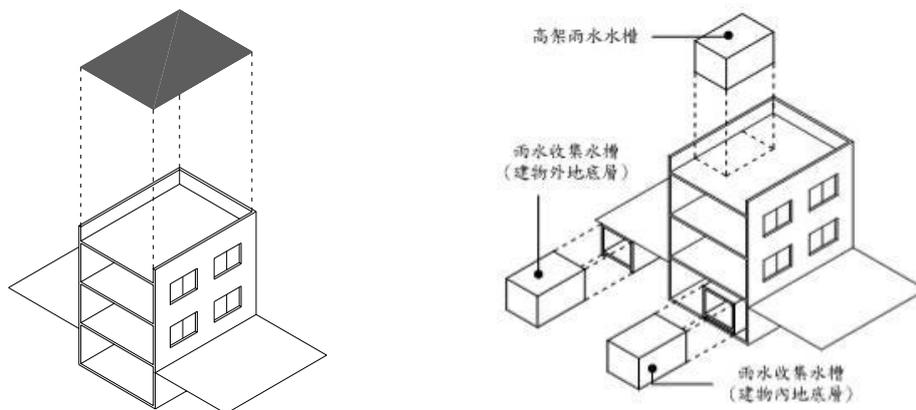


圖 3-4.2 慈濟技術學院雨水收集位置及儲水槽位置示意圖

#### (3) 案例雨水收集方式說明

本案例之主要即與面積於建築物之平屋頂，並將雨水及中回收後，集中存放於建築物內與建築物外之地底儲水槽，並藉由沉水式馬達，將雨水抽至高架水槽，再引流至各樓層出水端，供非人體直接接觸之用，相關收集流程與圖示如下圖 3-4.3 所示：

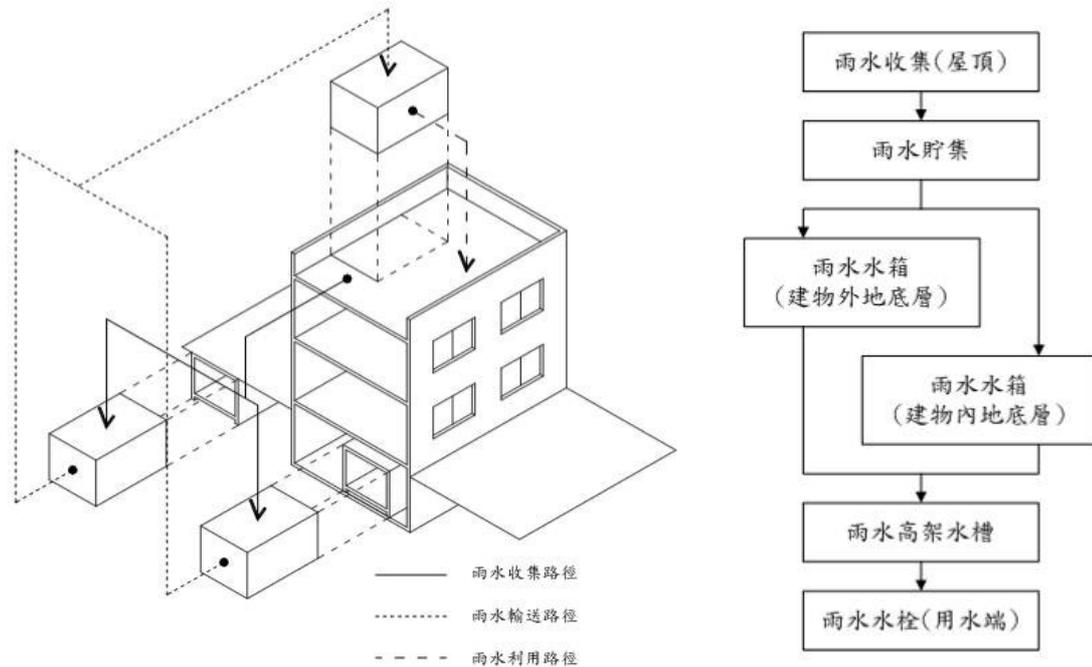


圖 3-4.3 慈濟技術學院雨水收集流程示意圖

#### (4) 案例現況課題說明

本研究實地調查該校案例，並進行相關承辦人員之訪談後，歸納出既有雨水貯集系統之現況課題，將作為後續設計回饋之參考，分述如下：

- A. 抽水設備之浮球與呼水裝置若達年限，易有間歇損壞之情形。
- B. 雨水儲水槽之水質目前尚稱正常，但未來水質之穩定度，將是一大挑戰。

#### (5) 案例雨水收集系統組成說明

經由前述針對調查案例與受訪對象之收集位置、雨水儲水槽設置位置，以及整體收集程序進行說明之後，本研究將進一步探討該案例整體系統之組成單元，包含集水面積、集水邊溝、屋頂落水頭、雨水回收槽、收集管線以及雨水高架水槽等，相關內容如下圖所示：



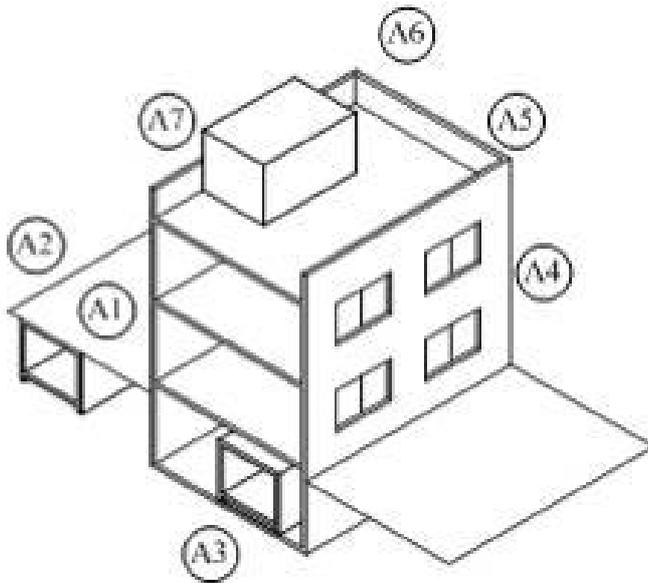
A1 建物外儲水槽



A2 建物外儲水槽



A3 建物內儲水槽



A4 雨水回收管線



A5 雨水收集面積



A6 雨水收集邊溝



A7 屋頂落水頭

圖 3-4.4 慈濟技術學院雨水收集系統示意圖

(6) 雨水回收效益分析

花蓮慈濟技術學院校舍之雨水收集面積約為 1,200 m<sup>2</sup>，分別設置建物內地下式及建物外地下式雨水收集槽；雨水貯集供水系統主要用水目標為替代花木噴灌及學校宿舍衛廁沖水使用，本系統由於收集面積大，位置近山區、

降雨量每年平均在 2,300mm 以上，年自來水目標替代量約在 5,000 噸以上。

## 2. 台中軍功國小

本研究接續介紹位於台中大坑之軍功國小基本資料、雨水收集面積、收集方式與整體流程等，分述如後：

### (1) 案例基本資料

該校舊校區因地處斷層帶，921 地震全毀，原址不適合重建，因此選擇現址遷校重建，並分為三期工程陸續完工，除了容納原有師生之外，也接納當地台中市 10 期重劃區未來發展所增之學生。該校第二期學生活動中心，於 92 年 12 月 5 日落成啟用，除提供全校師生體能運動的場所外，亦同時提供社區活動使用，進而強化校園在社區的意義。第三期校舍工程，與第一期校舍連接，提供全校師生優質的上課場所。

該校對於地球環境與資源之有效利用，亦投注許多心力，特別是雨水回收再利用方面；而在行政中心與教學大樓等使用人數眾多之建築方面，亦設置雨水貯集系統及雨水撲滿等設施，相關內容將於後續內容中說明。

### (2) 收集面積與儲水位置

該校為將「水資源有效利用」的觀念，融入教學系統與應用於校內生活，乃於校園內，設置埋入式雨撲滿(6 噸) 1 座及地面式雨撲滿(250 公升) 6 座，除了供給校園澆灌與清潔用水，並藉由老師的講解及學生的體驗，將「水資源有效在利用」之觀念，徹底融入教學系統與應用於校內生活，以落實水資源永續利用的理念。

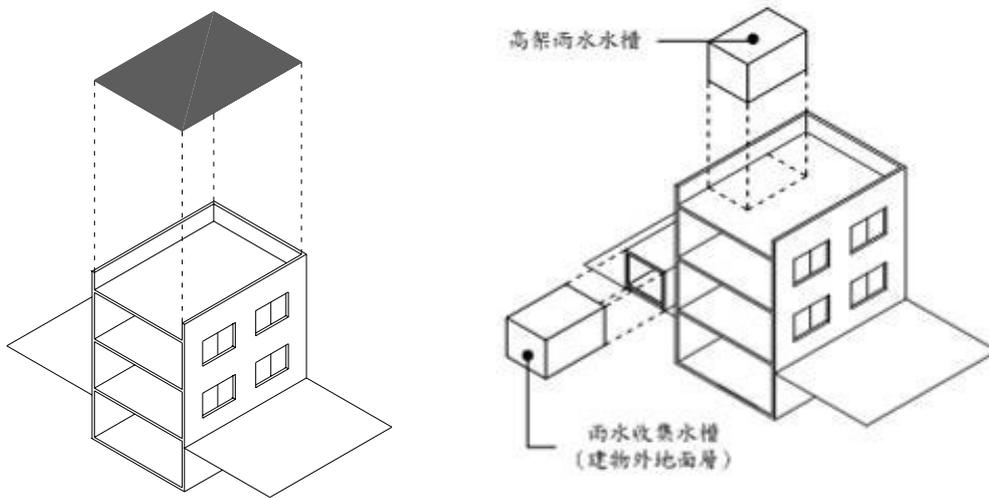


圖 3-4.5 軍功國小雨水收集位置及儲水槽位置示意圖

(3) 案例雨水收集方式說明

本案例之主要即與面積於建築物之平屋頂，並將雨水及中回收後，集中存放於建築物外之地面儲水槽，並藉由沉水式馬達，將雨水抽至高架水槽，再引流至各樓層出水端，供非人體直接接觸之用，相關收集流程與圖示如下圖所示：

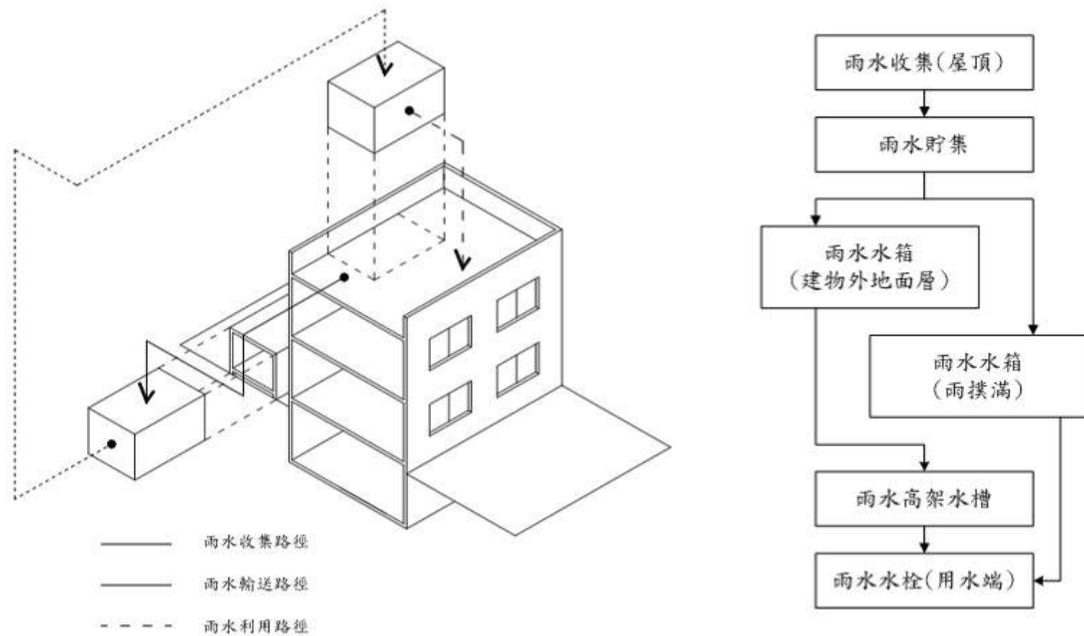


圖 3-4.6 軍功國小雨水收集流程示意圖

#### (4) 案例現況課題說明

本研究實地調查該校案例，並進行相關承辦人員之訪談後，歸納出既有雨水貯集系統之現況課題，將作為後續設計回饋之參考，分述如下：

- A. 六座雨撲滿，已有一座失效，與埋設於結構體中之雨水收集管阻塞有關。
- B. 雨水儲水槽之水質目前尚稱正常，但未來水質之穩定度，將是一大挑戰。

#### (5) 案例雨水收集系統組成說明

經由前述針對調查案例與受訪對象之收集位置、雨水儲水槽設置位置，以及整體收集程序進行說明之後，本研究將進一步探討該案例整體系統之組成單元，包含集水面積、集水邊溝、屋頂落水頭、雨水回收槽、收集管線以及雨水高架水槽等，相關內容如下圖 3-4.7 所示。



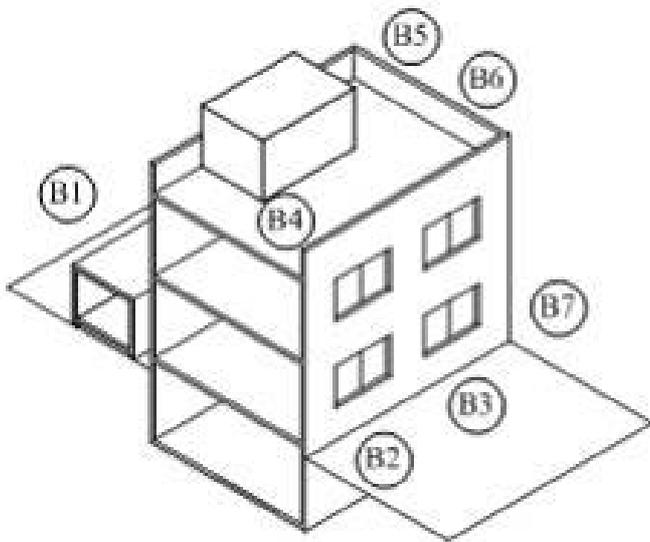
B1 建物外儲水槽



B2 雨水水撲滿



B3 雨水水撲滿



B4 雨水水撲滿



B5 雨水收集面積



B6 雨水收集邊溝



B7 屋頂落水頭

圖 3-4.7 軍功國小雨水收集系統示意圖

(6) 雨水回收效益分析

該校設置地面式雨撲滿(6噸)3座及地面式雨撲滿(250公升)6座，並於

屋頂設置雨水高架水槽(6 噸) 6 座供給校園澆灌與清潔用水及學校宿舍衛廁沖水使用，本系統由於收集面積大，位置近山區、降雨量每年平均在 2,300mm 以上，年自來水目標替代量約在 2,000 噸以上。

### 3. 世堡紡織公司

#### (1) 案例基本資料

世堡紡織公司成立於 1976 年 4 月，歷經二十餘年之穩健踏實經營，績效卓著，並勵行減廢且多次接受參與工業減廢示範及輔導計畫，對於工業減廢及資源有效利用方面均有優異之表現，而該公司主要之產品，以紡織布製造及出口為主，如成衣、汽車內裝、音響、多媒體及電腦等周邊部品所需用布等，近年來已將需大量耗水之染品部門移轉，藉以減少水資源之消耗。

#### (2) 收集面積與儲水位置

本案例之廠房園區內，多屬平屋頂建築，加上桃園地區每年平均降雨量約在 1,850mm 以上，因此非常適合利用平屋頂進行雨水回收再利用；另一方面，由於該公司於規劃設計雨水收集系統階段，亦將相關消防儲水設施納入整體考量，因此既有雨水儲水系統，除設置於建築物外地底層，亦設置於建築物外地面層，藉以增加儲水容量，相關示意圖如下圖 3-4.8 所示：

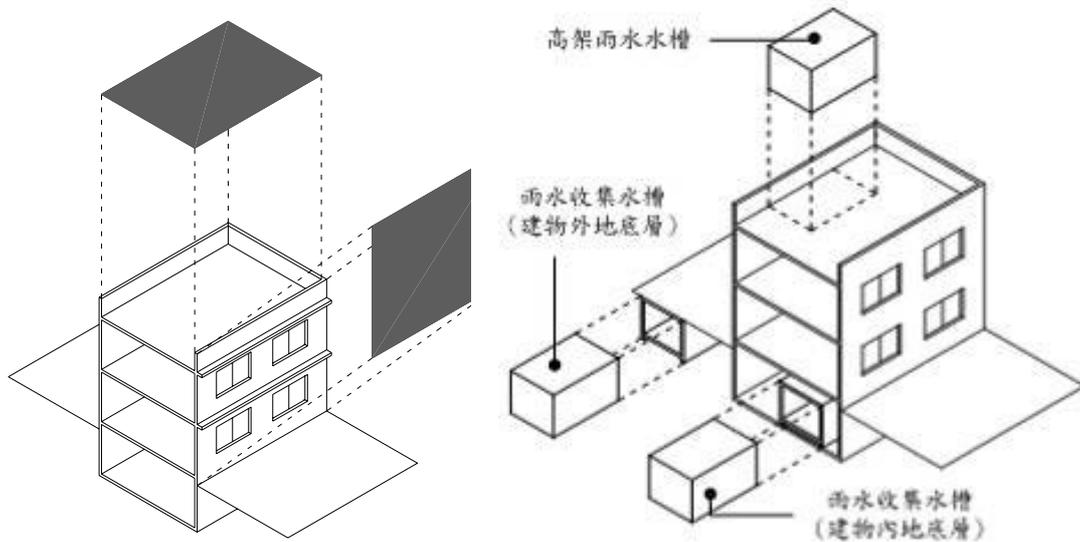


圖 3-4.8 世堡紡織公司雨水收集位置及儲水槽位置示意圖

(3) 案例雨水收集方式說明

本案例之主要即與面積於建築物之平屋頂，並將雨水及中回收後，集中存放於建築物外與之地底與地面儲水槽，並藉由沉水式馬達，將雨水抽至高架水槽，再引流至各樓層出水端，供非人體直接接觸之用，相關流程與圖示如下圖 3-4.9 所示：

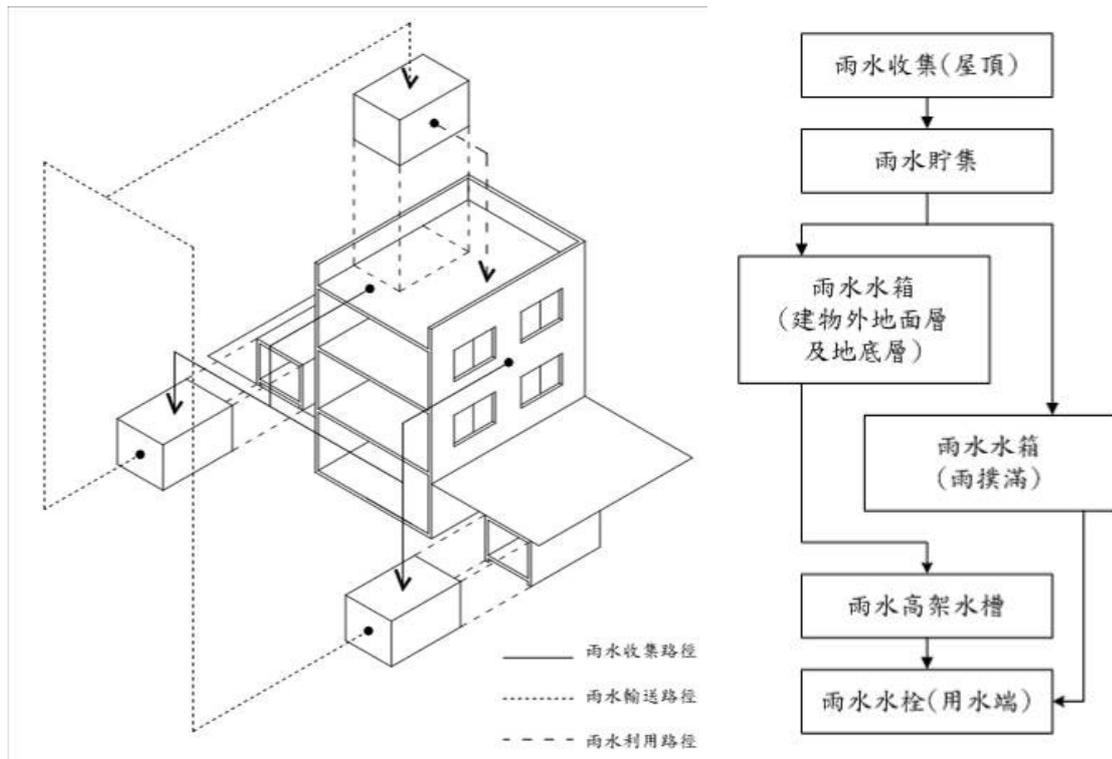


圖 3-4.9 世堡紡織公司雨水收集流程示意圖

#### (4) 案例現況課題說明

本研究實地調查該校案例，並進行相關承辦人員之訪談後，歸納出既有雨水貯集系統之現況課題，將作為後續設計回饋之參考，分述如下：

- A.既有立面收集設施之管徑太小，易阻塞而影響立面雨水收集效益。
- B.雨水儲水槽之水質目前尚稱正常，但未來水質之穩定度，將是一大挑戰。

#### (5) 案例雨水收集系統組成說明

經由前述針對調查案例與受訪對象之收集位置、雨水儲水槽設置位置，以及整體收集程序進行說明之後，本研究將進一步探討該案例整體系統之組成單元，包含集水面積、集水邊溝、屋頂落水頭、雨水回收槽、收集管線以及雨水高架水槽等，相關內容如下圖 3-4.10 所示：



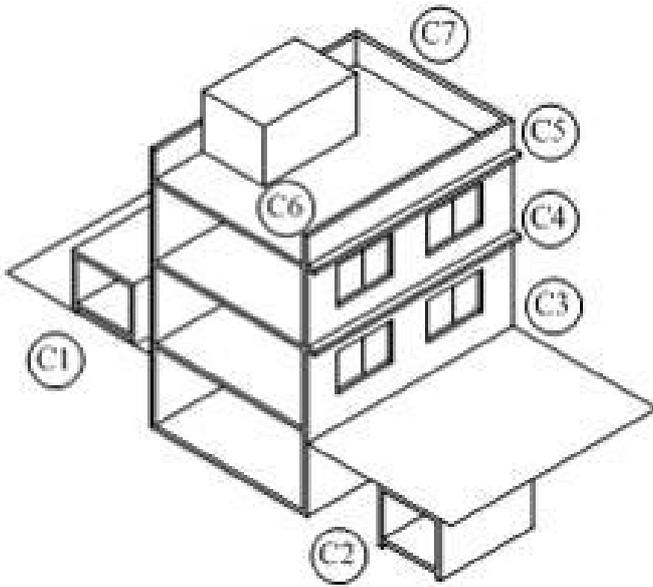
C1 建物外儲水槽



C2 建物外儲水槽



C3 建物外雨撲滿



C4 雨水回收管線



C5 露台雨水收集



C6 立面雨水收集邊溝



C7 平屋頂雨水收集

圖 3-4.10 世堡紡織公司雨水收集系統示意圖

(6) 雨水回收效益分析

該公司之集水面積約為  $600\text{m}^2$ ，貯槽容量約為 63 噸，年雨中水用量約為 350 噸，可提供廠內之冷卻水塔、沖廁、景觀、澆灌、消防、屋頂灑水及

環境清潔等用水。世堡紡織基於環保減廢的理念，將廠區屋頂天溝之雨水匯集於一樓雨水槽(63噸)貯存，再以抽水機抽至屋頂中繼水槽(5噸)，分供各樓層冷卻水塔、沖廁、景觀、澆灌、消防、屋頂灑水及環境清潔等用水，年雨水用量約 350 噸。

#### 4. 台北市立動物園

本研究接續介紹台北市立動物園之相關基本資料、雨水收集面積、收集方式與整體流程等，分述如後：

##### (1) 案例基本資料

台北市立動物園位於台北市文山區，為台灣地區最大之動物園，民國 75 年遷至木柵新址，佔地約 165 公頃，每年遊客數量超過 400 萬人，提供台北市國民小學學生免費入園參觀，且為全國中小學校之重點校外教學地點，一般民眾亦將動物園列為家庭親子旅遊地點之一，所服務之對象並不侷限於台北市民，在教育及宣導功能上極為重要。

動物園於規劃之初園區供水水源採全園使用自來水，包括遊客用水、廁所用水、噴水池、動物池補充水、動物排泄物沖洗、植栽澆灌用水等，每年自來水費須耗資將近 1,000 萬元。

##### (2) 收集面積與儲水位置

本案例園區內，多屬平屋頂建築，加上園區範圍廣闊，且位於多雨的山區，年降雨量達 2,700 公釐，因此非常適合利用平屋頂與裸露地面進行雨水回收再利用，主要可分為行政中心與教育大樓之屋頂部分，以及園區內之涼亭、廁所等，近年更完成溫帶動物區雨水貯蓄利用工程，該大型水槽，即是可將貯存容量增至 250 噸之雨水貯槽與處理設施。相關示意圖如下圖 3-4.11 所示：

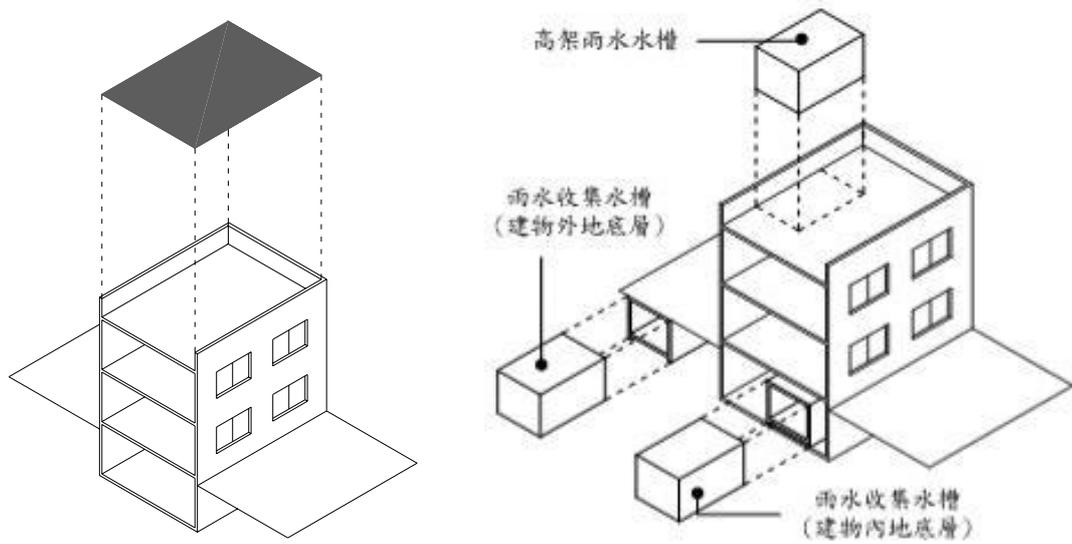
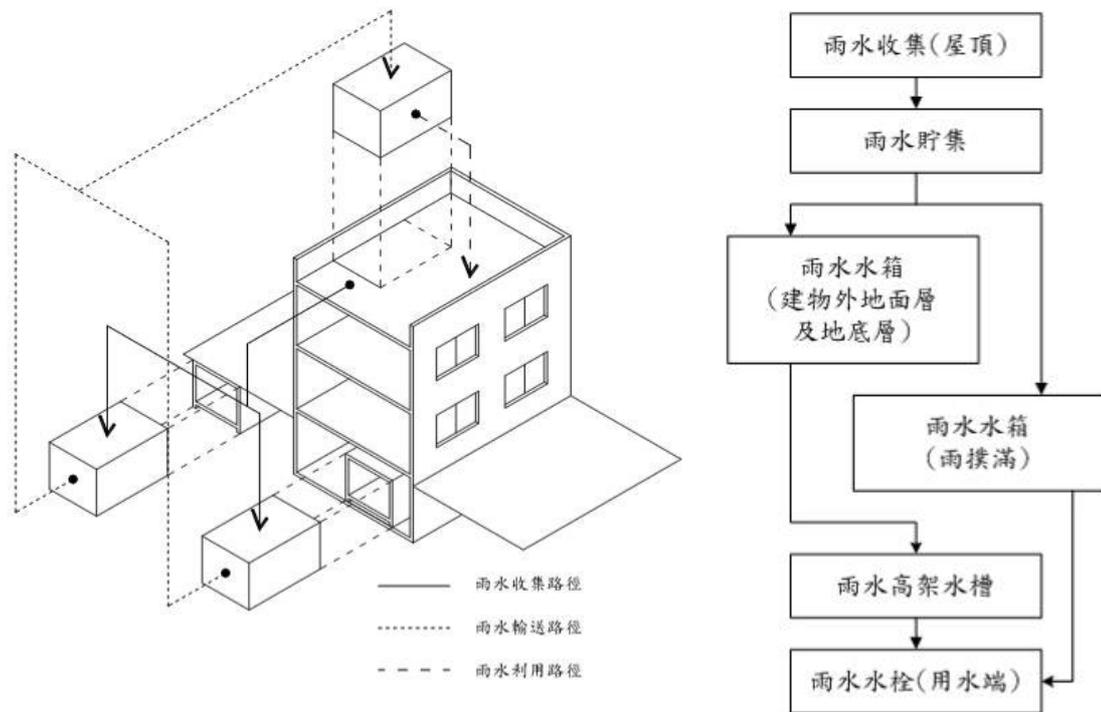


圖 3-4.11 台北市立動物園雨水收集位置及儲水槽位置示意圖

(3) 案例雨水收集方式說明

本案例之主要集雨面積位於建築物之平屋頂、涼亭、公廁以及部分裸露地面，並將回收之雨水，集中存放於建築物之地底、地面儲水槽，並藉由重力方式，將雨水引流至出水端，供非人體直接接觸之用，如植栽澆灌、動物所需水池水分補助、展示教學等，相關流程與圖示如下圖 3-4.12 所示：



#### (4) 案例現況課題說明

本研究實地調查該校案例，並進行相關承辦人員之訪談後，歸納出既有雨水貯集系統之現況課題，將作為後續設計回饋之參考，分述如下：

- A.既有收集設施位處自然環境，落葉落塵易阻塞而影響雨水收集效益。
- B.雨水儲水槽之水質目前正常，但未來水質之穩定度，將是一大挑戰。

#### (5) 案例雨水收集系統組成說明

經由前述針對調查案例與受訪對象之收集位置、雨水儲水槽設置位置，以及整體收集程序進行說明之後，本研究將進一步探討該案例整體系統之組成單元，包含集水面積、集水設施、收集展示教學設備、雨水回收槽、收集設備以及雨水處理設備等，相關內容如下圖 3-4.13 所示：

第三章 雨排水系統再利用設計



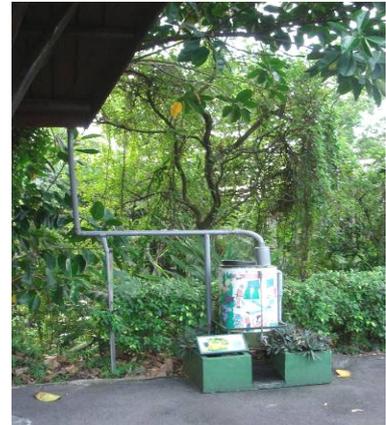
園區男女廁所屋頂貯留系統



雨撲滿回收裝置



園區涼亭與斜屋頂貯留系統



雨撲滿回收裝置與回收管線



園區內大型雨水



雨水展示教學設施

圖 3-4.13 台北市立動物園雨水利用之現況照片

#### (6) 雨水回收效益分析

本案例整體園區所貯存之雨水可用於區內四間廁所用之水、動物池補充水以及花木之澆灌用水，區內之廁所內部已增設淺綠色之雨水管線，所有之廁所用之水（洗手除外）已全部由雨水替代，替代率高達 95%，且整體節水成效已達 10% 以上，未來希望整體節水效益可達 30%；執行至今不但節水成果顯著，更引起日本雨水利用相關單位之重視，已將動物園水資源有效利用之措施列入日本公元 2000 年之雨曆內容，為目前國內最善用雨水資源之公共場所廁所。

## 第四章 既有建築筏式基礎雨水利用效益評估

筏式基礎是建築構成的主體構造，基礎是建築結構上所必須的，因此在雨水再利用系統的角色上，扮演著「已存在」而並非「增設」的意義，在意義上是有別於其他設計模式的。此外，因筏式基礎可運用的空間較大，故可以發揮的貯水效能亦相對提高，所以對雨水利用來說，筏式基礎空間將深具發展潛力。

### 第一節 建築筏式基礎構造

筏式基礎係用大型基礎版或結合地樑及地下室牆體，將建築物所有柱或牆之各種載重傳佈於基礎底面之地層。以基礎版承載建築物所有柱載重之筏式基礎，應核算由於偏心載重所造成之不均勻壓力分佈。筏式基礎應考慮其可撓性，其結構設計應視其與地層相對勁度之大小，採用剛性基礎或柔性基礎方法分析設計之。其解說如下：

- (1)當土壤支承力較小而必須承受很大之建築物重量時，則宜採用筏式基礎，一般而言，其使用時機如下：
- (2)柱基腳之底面積超過建築物總面積之 1/2。
- (3)基礎可能發生過大之差異沈陷。
- (4)土壤支承力不佳，使用其他淺基礎無法安全支承。
- (5)須抵抗向上之靜水壓力。
- (6)沿鄰近基地或建築物而建造。
- (7)地層含孔洞或性質複雜之高壓縮性土壤者。
- (8)欲防止或減低土層內部因基礎載重產生之應力集中現象。
- (9)筏式基礎具減少建築物差異沉陷，挖除土重對建築物載重有補償作用等優點。
- (10)筏式基礎之結構設計，依其與地層相對勁度之大小，可採用剛性或

柔性基礎分析方法設計之。

依據美國混凝土學會 ACI436 委員會建議以參數  $\beta$  來區分，若柱與柱中心距小於  $1.75/\beta$  時，可採用剛性基礎分析方法設計，反之，若大於  $1.75/\beta$  時，則應採用柔性基礎分析方法設計之。公式如下：

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{B_l K_v}{4E_F l_F}} \dots\dots\dots (4.1)$$

$\beta$ ：基礎版之特徵參數( $m^{-1}$ )

$Fa$ ：筏式基礎分析有效帶寬(m)

$fc$ ：筏式基礎土壤之鉛直向地盤反力係數( $tf/m^3$ )

$E_F$ ：筏式基礎構造物之楊氏係數( $tf/m^2$ )

$\rho_{mb}$ ：筏式基礎所採用有效帶寬之斷面慣性矩( $m^4$ )

筏式基礎主要功能在於平衡建築物重量與土壤間的沈陷。而在實際的運用上，底部空間可做為其他用途。由於筏式基礎設置對於建築物使用者而言，並不會造成活動使用上的影響，故部分建築設備，會設置於筏式基礎的閒置空間。目前法規對於建築污水處理設施、消防蓄水池、昇降設備及機械停車空間，允許利用筏式基礎空間作設置，因此針對上述各項目的整理，有助於得知建築筏式基礎導入雨水再利用系統的可能性與可行性。

### 1.昇降設備設置基準

關於昇降設備在建築技術規則內，主要決定機箱速度所對應的各項尺寸數據，如：機坑之深度、機箱頂部安全距離等，內容並無針對設置數量與昇降機尺寸有所描述。而在探討昇降設備與筏式基礎時，關係到可貯集的雨水量之因素，其中相互影響的便是建築中昇降設備機坑所佔筏式基礎的空間。

規劃建築物中昇降設備設置時，主要會考量到設備的速度、數量以及尺

## 第四章 既有建築筏式基礎雨水利用效益評估

寸。而在必須符合法規的狀況下，設計者會依照建築物不同的類型，採取適當的設計數據。因此昇降設備五分鐘集中率的建議，便成了設備速度及數量的參考依據。建築昇降設備設置基準如表 4-1.1 所示。

**表 4-1.1 各類建築五分鐘集中率與電梯數量建議值**

建築類別	辦公建築						集合住宅	旅館	醫院	百貨公司	
	出租大樓		專用大樓		政府機關						
尖峰交通需求	• 上班前後產生上昇的尖峰交通量 • 建築物容納人員數的計算 有效面積7~12m <sup>2</sup> /人 一般取8m <sup>2</sup> /人						傍晚下班及主婦、兒童出入。通勤通學者回來	傍晚旅客登記、用餐及宴會廳使用	探病結束後訪客離開的交通量	假日的人潮顧客數以每小時0.7~1m <sup>2</sup> /人計算	
計畫目標值	尖峰時間	上班時 (上昇)	午餐時 (2方向)	上班時 (上昇)	午餐時 (2方向)	上班時 (上昇)	午餐時 (2方向)	2方向	2方向	2方向	2方向
	平均出發間隔容許值	35秒以下 (目標值25秒)	40秒以下 (目標值30秒)	35秒以下 (目標值25秒)	40秒以下 (目標值30秒)	35秒以下 (目標值25秒)	40秒以下 (目標值30秒)	80秒以下	40秒以下	50秒以下	
	傳送能力	12~15%	18%	20~25%	25%	14~18%	20%	3~5%	10~20%		
	五分鐘集中率	12~15%	18%	20~25%	25%	14~18%	20%	3~5%	10~20%	每床5分鐘0.2位訪客	
	台數計算	建築容納人數/ 200~400 (人/台)		建築容納人數/ 150~250 (人/台)		建築容納人數/ 200~300 (人/台)		50~80 (戶/台)	高級 100 (室/台) 中級 150~200 (室/台)	50~150 (床/台)	顧客80%使用電扶梯，10%使用電梯

## 2. 建築物污水處理設施設計技術規範

### (1) 計算準則

建築物污水處理設施得依建築物用途及樓地板面積參考「建築物污水處理設施使用人數、污水量及水質參考表」計算使用人數、污水量及生化需氧量；如為特定用途致採用不同之計算基準者，應另作說明。

### (2) 合併使用用途

同一棟建築物內若作為兩種以上不同用途時，應個別依用途類別計算使

用人數並推估污水量及生化需氧量。如為各建築物所附設之餐廳廚房亦應併入計算其依使用人數所推估之污水量及生化需氧量。

表 4-1.2 污水處理設施各項數據參考表

類別	組別	建築物用途說明	建築物舉例	使用人數計算方式	單位污水量 污水量 (公升/人.日)	及BOD濃度 生化需氧量 (BOD)mg/L	備註	
A類	公共集會類	A-1	供集會、表演、社交，且具觀眾席及舞台之場所。	戲(劇)院、電影院、集會堂、演藝場、歌廳	1.設固定席位者，人數以席位之3/4另乘上開放使用時間(T)計算 2.未設固定席位者以觀眾席每0.7平方公尺一人另乘上開放使用時間(T)計算	100	200	T=0.4~0.6
		A-2	供旅客等候運輸工具之場所。	車站、航空站、候船室	$N = \frac{20C + 120U}{8} * T$	100	200	T=0.2~0.4 N：使用人數 C：大便器具數 U：小便器具數 T：1日中使用時數
B類	商業類	B-1	供娛樂消費，處封閉或半封閉場所。	夜總會、舞廳、酒家、理容院、KTV、MTV、公共浴室、三溫暖、遊藝場、茶室	按營業部分面積每3平方公尺一人另乘上開放使用時間(T)計算	250	200	T=0.5~0.8
		B-2	供商品批發、展售或商業交易，且使用人替換頻率高之場所。	百貨公司、商場、市場、量販店	按營業部分面積每5平方公尺一人另乘上開放使用時間(T)計算	150	150	T=0.5~0.8
		B-3	供不特定人士餐飲，且直接使用燃具之場所。	酒吧、餐廳、咖啡店(廳)、飲茶	營業部分面積每3平方公尺一人，或以固定席位之3/4加上工作人員二者取其大者另乘上開放使用時間(T)計算	100	400	T=0.4~0.6
		B-4	供不特定人休息住宿之場所。	旅館、觀光飯店等之客房部	按居室面積每10平方公尺一人計算	300	150	附設餐廳部分另依B-3之規定計算
C類	工業、倉儲類	C-1	供儲存、包裝、製造、修理物品之場所。	加油(氣)站、車庫、變電所、飛機庫、汽車修理場、電視攝影場、一般工廠、攝影場、工作場、倉庫等	按作業人數之1/4計算	150	100	
D類	休閒、文教類	D-1	保齡球館、溜冰場、室內游泳池、室內球類運動場、室內機械遊樂場、體育館	$N = \frac{20C + 120U}{8} * T$	150	200	T=0.2~0.4	
		D-2	供運動、休閒、參觀、閱覽、教學之場所。	會議廳、展示廳、博物館、美術館、圖書館	1.設固定席位者，人數以席位數之1/2另乘上開放使用時間(T)計算 2.未設固定席位者以開放活動區每0.7平方公尺一人另乘上開放使用時間(T)計算	100	200	T=0.4~0.6
		D-3	小學教室	同時收容人數之1/4計算	150	200		

## 第二節 既有建築筏式基礎總量推估

建築筏式基礎在目前實際的用途上，除了作為土壤與建築物載重的平衡媒介之外，在實際運用的狀況也將空間挪作其他用途，因此在推估既有建築筏式基礎所具有真正可貯水的容量時，除了必須知道所操作的建築筏基的總量數據，同時也要知道其他用途所占的容量。如此，將已使用的容量從總量中扣除後，才是可提供貯集雨水的實際空間。研究過程中主要分為下列兩個部分：

### 一、既有建築中設置筏式基礎的範圍與所占比率

由於筏式基礎並非建築基礎設計中唯一採用的構造方式，所以在推估筏式基礎的貯留量時，必須事先界定所計算的建築物內是否有設置筏式基礎一事，如圖 4-2.1 所示，既有建築的基礎構造型式及採用方式繁多，因此必須歸納整理出一個可以判斷基礎構造的模式，方能藉由模式加以統計既有建築筏式基礎的範圍與所占之比率。

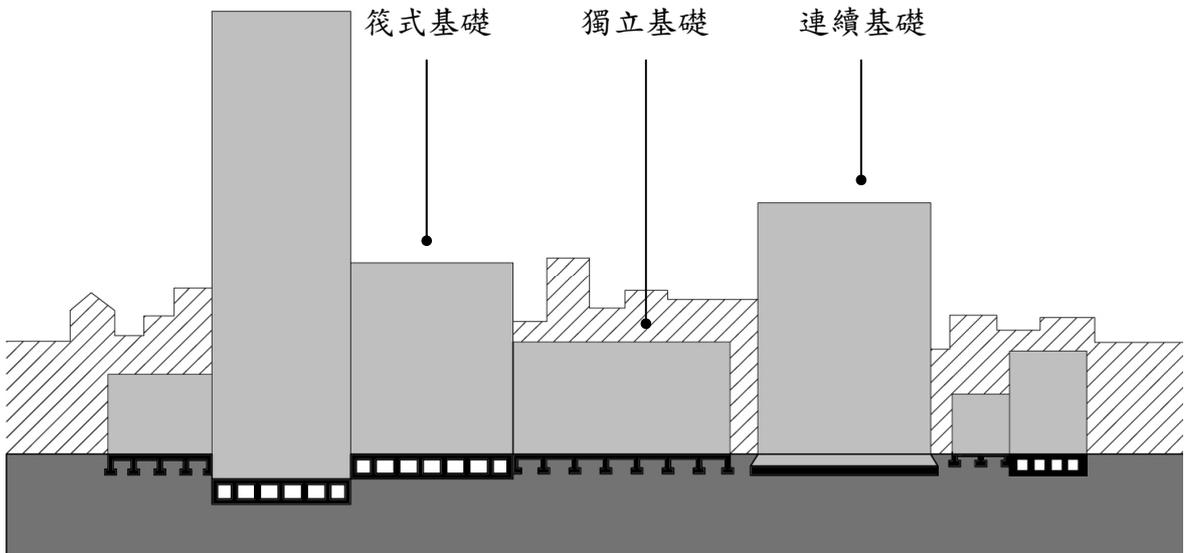


圖 4-2.1 既有建築基礎構造型式

## 二、筏式基礎現況用途探討

由於筏式基礎的空間會使用在其他用途，所以必須深入探討目前筏式基礎的現況，瞭解在法令規範下，筏式基礎空間已被挪作其他用途的項目及種類，並使用統計方法及規範下的計算方式加以推估探討。

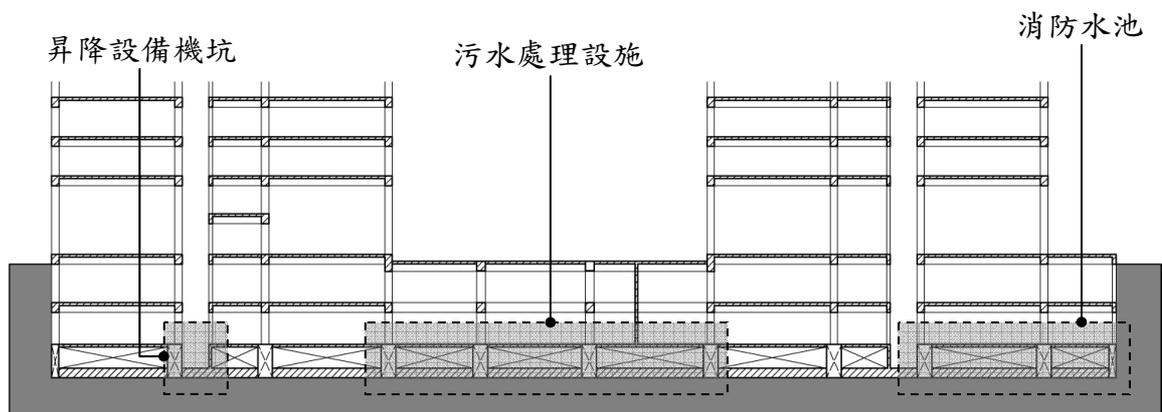


圖 4-2.2 建築筏式基礎中各類型用途使用

### 1. 抽樣範圍與樣本數

研究設定範圍將以台北市既有建築物作探討。藉由理論基礎與資料分析，界定本研究探討的範圍。並使用台北市建築使用執照，用以推估台北市既有建築之各項數據。

#### (1) 筏式基礎採用的決策因素

建築物在進行基礎構造設計階段時，會考量許多因素，如：地質狀況、經濟價值等影響因素，而基礎的型式亦有獨立、連續及筏式基礎等構造方式。而在分析筏式基礎的決策因素時，依據文獻內容及結構技師表示，會影響筏式基礎設置的決策因素，大致上可歸納為下列三項：

##### A. 地質的影響

在建築基礎規劃時，必須經由地質鑽探報告書來取得建築物構築的地盤資訊。由於不同的地質會使建築產生不同的沈陷量導致主體結構破壞，因此

在建造初期的地盤調查中，倘若發現建築座落於兩種以上不同的地質構造時，則會選擇底部整體設置的筏式基礎，用來抵抗建築所產生的不均勻沈陷。

##### B. 土地的開發

建築土地開發的決策也會影響到基礎構造的採用。以大型的土地開發案而言，首先大規模的開挖，容易遭遇不同地質的問題，所以需要克服問題對於建築物的衝擊，而筏式基礎的結構方式，正好適合於大規模構築的建築基礎。而且大規模的開發案經常會利用部分筏式基礎底部空間作為其他用途，例如：機械停車設施、污水處理設備等，因此在經濟效益的考量下，筏式基礎的採用亦反映出構造成本對應的實用價值。

##### C. 建築的高度

建築物的高度反映出建築的所設的樓層數，而樓層數的多寡，則直接關係到建築物載重狀況。由於建築物樓層數越多，在結構的靜載重以及構造物的活載重的總和上，兩者是相對的，樓層數越多載重則越重。因此可以承受高載重的筏式基礎，採用於建築底部構造的比例勢必提高。故建築物高度的影響，會取決於建築是否需要設置筏式基礎的決策上。

針對上述三項影響筏式基礎的因子條件加以探討，其中地質對基礎的影響與土地開發所牽涉的共同因子，即是土壤地質的問題。但由於關係土壤地質的條件居多，且彼此呈現不規則的現象，因此會造成後續研究進行的困難度，故暫時不列入本研究的探討範圍。而建築高度的條件下，所反映的是建築載重所對應的基礎構造。而建築高度在意義上亦可以建築物樓層數作直接定義，因此在後續的統計作業上，除了可以有系統的作規則性分類，並且在數據運算上較為單純。所以既有建築筏式基礎的推估，將以建築物樓層數作為分類準則。

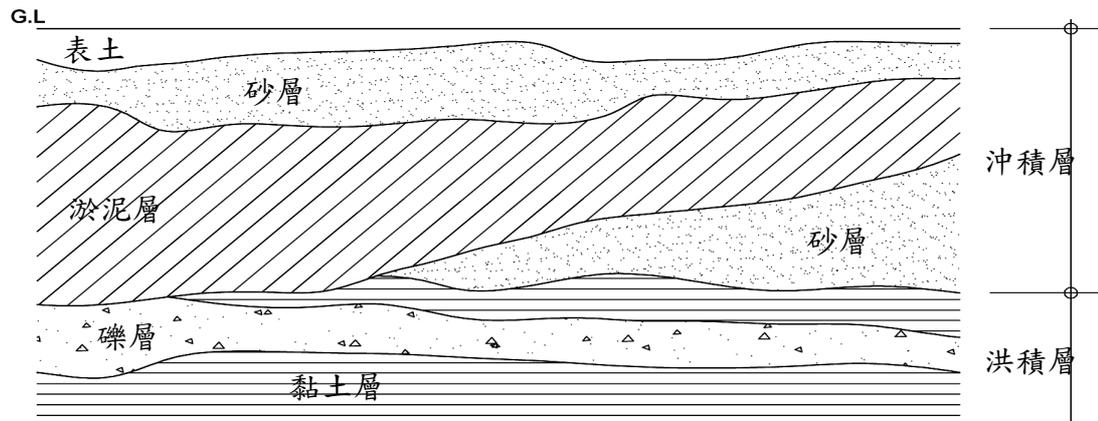


圖 4-2.3 常見地盤土質結構狀態示意

(2)抽樣樣本數決定

研究設定以建築樓層數作為既有建築的分類依據後，整理經由台北市政府取得之「建築使用執照」，內容依年份、用途、樓層數及筏基面積等相關資訊作分類。資料數量由 1981 年至 2004 年止，共取得 18565 筆資料，倘若以市政府所核發之執照為準，期間共建造 18565 棟的建築物。表 4-2.1 為對於台北市建築使用執照有效件數的相關數量統計，最後列入研究範圍的執照件數為 17958 件。

表 4-2.1 台北市建築使用執照有效件數統計

資料年份(年)	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	
核發件數(件)	2020	1488	1702	1743	1391	1172	917	794	792	696	593	451	小計
無效件數(件)	5	5	0	5	85	16	71	88	19	53	13	29	
有效件數(件)	2015	1483	1702	1738	1306	1156	846	706	773	643	580	422	13370
資料年份(年)	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	
核發件數(件)	442	562	565	457	396	385	423	350	330	337	282	277	小計
無效件數(件)	55	21	11	19	21	39	12	3	3	11	11	12	
有效件數(件)	387	541	554	438	375	346	411	347	327	326	271	265	4588
合計													17958

#### 第四章 既有建築筏式基礎雨水利用效益評估

將台北市既有建築的使用執照數量依樓層分類後，各樓層所占的件數如圖 4-2.4 所示。其中，大部分的執照數量分佈在十四層樓以下之建築，尤其以五層樓之建築物所占件數最多，為 7225 件。但實際上，並非所有的建築均會採用筏式基礎，所以如何推估出各樓層建築中，筏式基礎設置所占有的比例，便成為重要的課題。而本研究將以實際抽樣的方法，找出各樓層中筏式基礎的比例關係。

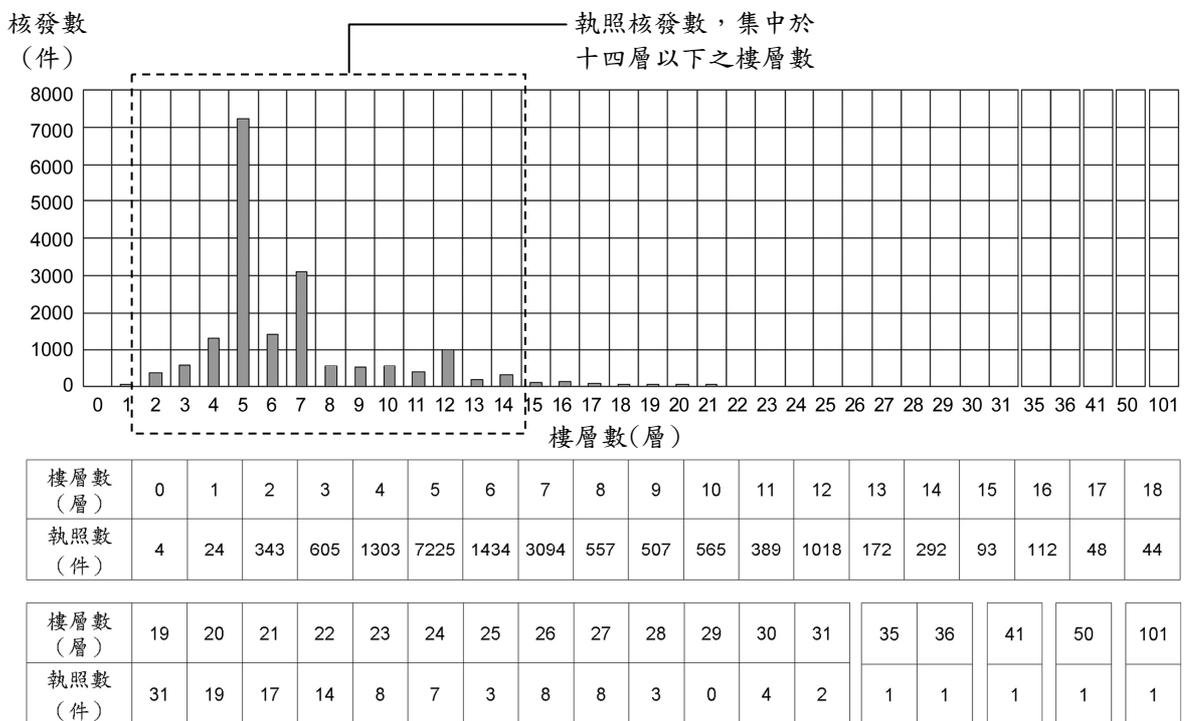


圖 4-2.4 台北市建築物使用執照各樓層件數統計-1981~2003 年

在著手抽樣調查前，首先必須確定要抽樣的樓層數範圍。由於母體過於龐大，因此若不限定抽樣範圍，則可能造成沒有效率的工作情形。但如果設定範圍過小，又可能出現樣本數無法代表母體的狀況。所以必須詳細瞭解所設定之樣本數，對於母體所代表的意義，並設定適當之抽樣範圍，以提高樣本的信賴度。下列樓層數為樣本數範圍設定之考量因素。

### 一、8層以上建築

目前在台灣地區 8 層樓以上之建築物由於構造載重頗大，因此經由與結構技師的訪談中得知，大部分結構技師在計算設計時，經驗上均會採用筏式基礎，因此可以確定在決定抽樣範圍時，8 層樓之建築物為判定有無設置筏式基礎的分界點。

### 二、5-7 層樓建築

在取得的使用執照中，所有樓層的執照總數為 17958 件，而僅僅 5~7 層樓之建築物的樣本數，即高達 11753 件，占總件數的 65 %。且 5~7 層的建築物其樓層載重與構造基礎關係正好處於不確定的灰色地帶。且由於樣本數十分龐大，意味著為數不少的建築物，必須釐清是否有設置筏式基礎。而這部分的推估值會直接影響到最後加總的貯水容量，所以這個範圍的樣本數具有一定的代表性，因此這個範圍的樣本統計成為研究的主要部分。

### 三、4 層以下建築

4 層以下低樓層建築物，雖然因為地上構造載重較輕，所以結構上較不常採取荷重高的筏式基礎。但經由使用執照中得知，低樓層的建物在大面積開發上，往往占有較高的比例。例如：大賣場、工廠廠房等。因此反映在大面積開發的基礎構造，為了因應不同地質的土壤特性，在設置筏式基礎的機率上也可能相對的提高。此外，在使用執照的樓層分類中，出現「零層」的資料。經由調查的結果，零層的使用執照是針對單純地下室的建築物（例如：地下停車場），這類型建物所申請的使用執照。因為零層與地上層的建築執照是分別申請，所以可以將其視為單一建築物。零層建物使用執照參照如表 4-2.2。

**表 4-2.2 零層建築物使用執照**

年份	號碼	地下室面積	法定空地面積	基地面積	建築面積	總樓地板面積	高度	棟數	地上層	地下層	戶數	用途	用途碼
79	539	183.57	0	2480.35	0	367.14	0	0	0	2	0	集合住宅	1
80	84	231.57	0	8864.1	0	463.14	0	1	0	2	1	集合住宅	1
80	94	188.65	0	438.82	0	188.65	0	0	0	1	0	住宅	1
81	407	3321.78	0	12869.75	6862.57	4314.6	0	1	0	2	1	集合住宅	1

#### 第四章 既有建築筏式基礎雨水利用效益評估

由於使用執照數量大部分集中於十四層以下之建築物，且為了滿足上述的三項考量因素，因此將研究抽樣的範圍設定在零層至十四層之建築範圍中，共計 17532 件。並依照比例原則作樣本數量分配後，其結果如表 4-2.3 之整理。

表 4-2.3 抽樣樣本數比例分配表

樓層數 (層)	執照件數 (件)	執照占總量百分比(%)	樣本數 (件)
0	4	0.02	1
1	24	0.13	1
2	343	1.91	2
3	605	3.37	4
4	1303	7.26	8
5	7225	40.23	41
6	1434	7.99	8
7	3094	17.23	18
8	557	3.10	4
9	507	2.82	3
10	565	3.15	4
11	389	2.17	3
12	1018	5.67	6
13	172	0.96	1
14	292	1.63	2
<b>小計</b>	<b>17532</b>	<b>97.63</b>	<b>106</b>

註：樣本數決定原則上以小數點後數值無條件進位方式，確保每筆數值所代表的樣本可能性。

經由表 4-2.3 得知，零至十四層之建築物數量已占使用執照總數的 97.63%，故抽樣選定的範圍之於母體具有相當的代表性。而各樓層在依照比例的分配下，得抽樣總數為 106 件。但這 106 件的樣本，還必須分配於各類型的建築分類之中，因同樣樓層數卻可能有不同的使用分類，所以需要將取得的樣本數，再依各分類的比例作重新分配，如此才能得到最終的樣本數。

本研究使用 Microsoft Office Excel 軟體功能進行隨機抽樣。以先前決定之各類型、各樓層之樣本數量，選定最後進行抽樣分析之使用執照資料。在決定樣本後，本研究使用台北市政府之電子資料庫，逐一查閱樣本之建築圖面，除了紀錄樣本是否有設置筏式礎之外，並可確認在樣本中，筏式基礎被用於污水處理設施、消防用水池及機械停車的實際狀況，與相關設置之比率數據。

## 2.既有建築筏式基礎推估

### (1)筏式基礎設置率推估

經本研究整理後得知，低樓層之建築設置筏式基礎的比例較低，而六層樓及七層樓之建築設置率各為 80% 及 73%。而在八層樓以上之建築物，筏式基礎設置率均達到 100%，詳如圖 4-2.5 所示。

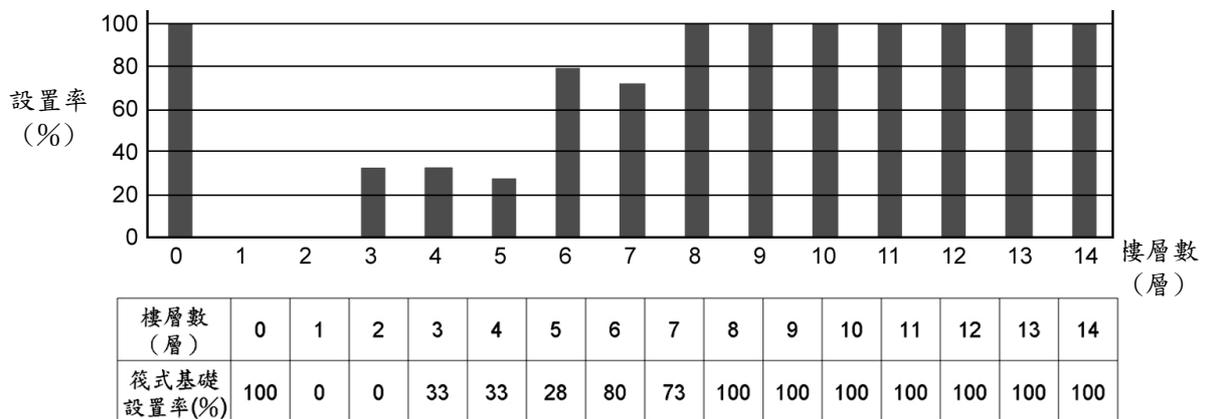


圖 4-2.5 台北市零至十四層既有建築筏式基礎設置率

八層樓以上之建築物，較多的樓層數相對於結構行為，會呈現靜、活載重亦較大的情形。根據抽樣結果，八至十四層之建築物筏式基礎的設置率為 100%，因此可以推論，只要高於十四層樓以上之建築物，會因為建築載重關係而選擇採用筏式基礎。而零層的抽樣結果上，亦得到 100% 的筏式基礎設置率。由於先前提到零層建築物，基本上，是有特定用途（如：停車場）或是大規模的開發案例，因此使用筏式基礎的比例相對提高。而三、四層樓的設置率均為 33%，顯示筏式基礎較少運用在低樓層的建築物，推論是獨立基礎在營造成本上較低，因此低樓層建築不須刻意採用筏式基礎。這個現象同時也反映在五層樓之建築物上，五層樓建物的設置率僅 28%。由於五層樓建築物在既有建築中占有最多的數量（7225 件），假設五層樓的建築物內均設有雨水再利用系統，則因為龐大的建築數量，所以可以獲得最大的效益。因

此雖然五層樓建築設置率只有 28%，但由於都市中既存數量較高，故對整體的筏式基礎容量推估亦占有相當的重要性。利用上述整理之數據，將成為後續研究之重要參數。

(2)既有建築筏式基礎總量推估

經由實際抽樣結果得知，各層樓既有建築之筏式基礎設置率後，則可以進一步推估計算出筏式基礎的總量。首先從建築使用執照內容中，取得每筆資料的「地下室設置面積」，而執照中所記錄的面積為「最大的投影面積」，因此可由建築構造的合理性判斷，筏式基礎的設置面積與地下室面積為近似值，如圖 4-2.6 所示。故本研究選擇以地下室面積，作為推估筏式基礎面積之基準。

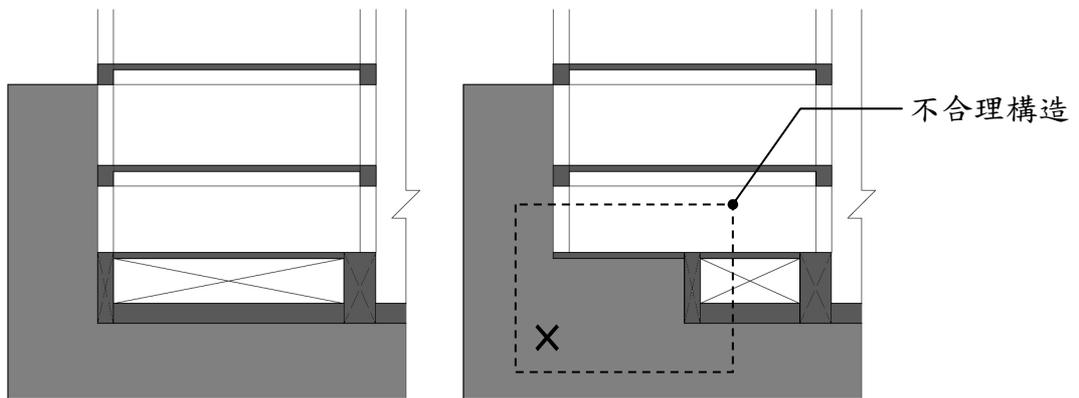


圖 4-2.6 建築基礎結構合理性示意

表 4-2.4 為各類既有建築地下室面積統計數據，以及相對應之筏式基礎設置率。作為雨水再利用的貯集空間之用，假設筏式基礎的深度為 1.5m，則趨近於 1269 萬噸的空間，在概念上是不需要另外增設的，閒置的空間早已存在於台北的都市土地下，只需要重新開發整理，即可以作為貯水功能之用。因此，既有建築內筏式基礎空間，對於雨水再利用課題是有助於推動及發展。

表 4-2.4 台北市各類既有建築筏式基礎推估面積

商 業 類			
樓層數(層)	設置率(%)	地下室設置面積(m <sup>2</sup> )	筏式基礎推估面積(m <sup>2</sup> )
3	33	55111.99	18186.96
4	33	1200678.35	396223.86
5	28	230442.01	64523.76
6	80	172422.25	137937.80
7	73	292483.63	213513.05
8 以上	100	2411608.99	2411608.99
小計		4362747.22	3241994.42
住 宅 類			
樓層數(層)	設置率(%)	地下室設置面積(m <sup>2</sup> )	筏式基礎推估面積(m <sup>2</sup> )
0	100	3925.57	3925.57
3	33	124367.13	41041.15
4	33	212194.52	70024.19
5	28	1737321.54	486450.03
6	80	408075.71	326460.56
7	73	1319443.35	963193.64
8 以上	100	1985224.11	1985224.11
小計		5790551.93	3876319.26
工 廠 類			
樓層數(層)	設置率(%)	地下室設置面積(m <sup>2</sup> )	筏式基礎推估面積(m <sup>2</sup> )
3	33	2540.66	838.42
4	33	32522.41	10732.40
5	28	96250.90	26950.25
6	80	68902.93	55122.34
7	73	63713.09	46510.56
8 以上	100	334446.81	334446.81
小計		598376.80	474600.78
學 校 類			
樓層數(層)	設置率(%)	地下室設置面積(m <sup>2</sup> )	筏式基礎推估面積(m <sup>2</sup> )
3	33	21366.04	7050.79
4	33	213252.89	70373.45
5	28	197721.02	55361.88
6	80	55483.39	44386.71
7	73	33692.85	24595.78
8 以上	100	124111.33	124111.33
小計		645627.52	325879.95
其 他 類			
樓層數(層)	設置率(%)	地下室設置面積(m <sup>2</sup> )	筏式基礎推估面積(m <sup>2</sup> )
3	33	84787.24	27979.79
4	33	88293.97	29137.01
5	28	86560.18	24236.85
6	80	50911.89	40729.51
7	73	81309.85	59356.19
8 以上	100	363102.04	363102.04
小計		754965.17	544541.39
總計		12152268.64	8463335.80

### 第三節 既有建築筏式基礎貯集量推估

本研究目的在於建立一套推估模式，用以推估既有建築筏式基礎閒置空間之容量，並評估筏式基礎容量導入雨水再利用系統的使用效益。

根據文獻回顧的整理指出，建築筏式基礎的使用行為上，會將空間挪為其他用途使用，這些附屬的使用行為，將會影響實際可用於貯水的空間推估。所以在建立的推估模式中，必須將附屬使用行為空間之容量予以扣除。最後獲得的數據，才能作為評估之用。

#### 1. 建築筏式基礎附屬使用行為探討

雖然建築設計的方法相同，但在構造的細部尺寸及設備型式數量上，通常僅需要符合法規規範及營建合理性即可，而往往這些限制是有範圍的，故在本研究的設定上，會以「符合規範之合理性設計」作為部分數據決定之原則。

因此基於上述之原則，本研究模式所推估之「台北市既有建築筏式基礎總量」，其數據意義是為「合理值」而非「實際值」。故研究後續之導入雨水再利用效益評估，亦為「合理的利用效益」，特在此作說明。以下為本研究歸納出五項筏式基礎附屬之使用行為，並加以探討。

##### (1) 建築構造

建築主體構造部分雖然不能歸類為「其他用途」的部分，但是實際上在計算容量時，構造體積卻會占去部分容量。分析時主要考量「基礎版」、「繫梁」及「柱」對容積的影響。當知道筏式基礎的投影面積時，倘若得知筏式基礎深度的數據時，則可以直接換算為容積。

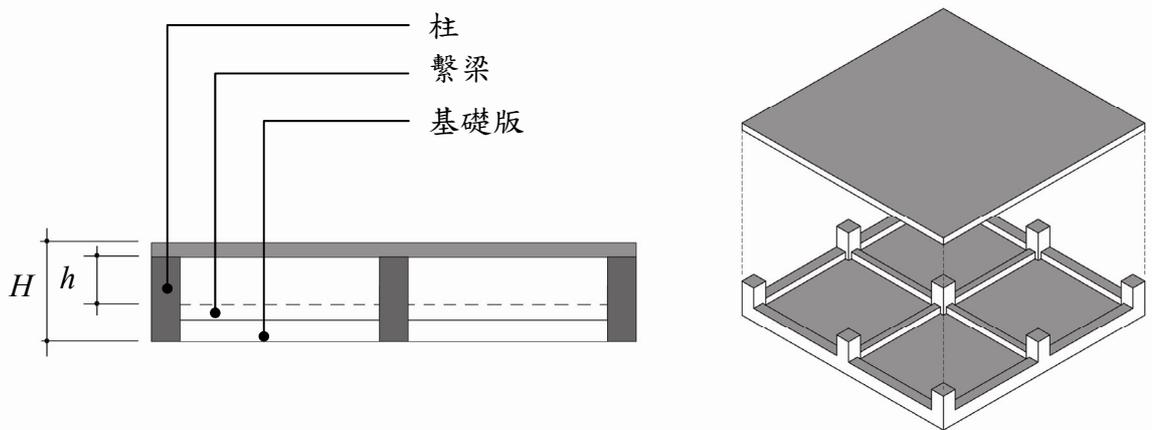


圖 4-3.1 筏式基礎構造

如圖 4-3.1 所示， $H$  之數值為筏式基礎的設計深度，但在必須扣除「柱」與「繫梁」所占之空間時，則選用  $h$  數值作為貯水深度（水位線）較為合理。關於體積折減方面，由於繫梁所圍塑的空間體積，原則上會大於柱本身的體積，所以將筏式基礎貯水深度定為  $h$ ，則可以忽略柱體積所產生的影響。經由抽樣時，建築圖面的顯示結果，台北市既有建築的筏式基礎有效深度，其平均在 2.0m~1.0m 之間，故若採用平均值 1.5m 作為整體筏式基礎貯水深度的基準值，則會提高推估數據的準確性。

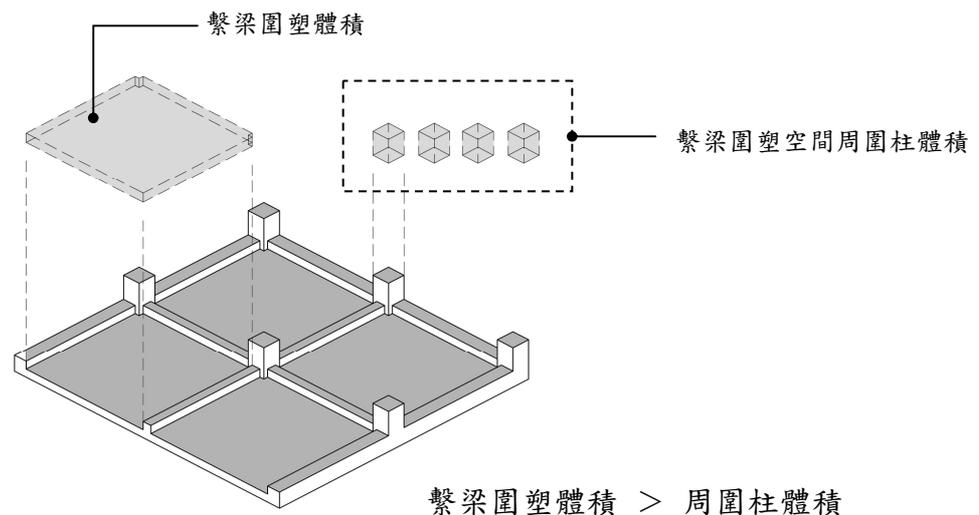


圖 4-3.2 繫梁圍塑體積與柱體積關係說明

(2) 昇降設備

由於昇降設備的機坑會放置於筏式基礎的底部空間。因此只需要求得合理之昇降設備台數、設備空間之投影面積，再由筏式基礎面積中扣除即可。計算上研究使用文獻中「電梯數量建議值」作為基準。

根據「各類建築五分鐘集中率」的分析，各類建築中，以辦公建築類對於昇降設備的需求最高，其中並以「專用大樓」的建議的輸送能力設計最佳，因此本研究以辦公大樓類「專用大樓」的相關數據，作為所有建築昇降設備計算的依據，其目的在確保最大的昇降設備數量，反映在筏式基礎的總量推估上，將可掌握信賴度高的餘裕空間數據。

表 4-3.1 辦公建築專用大樓昇降設備設置建議值

建築類別		辦公建築
		專用大樓
尖峰交通需求		建築物容納人員數的計算 有效面積 7~12 (m <sup>2</sup> /人) 一般取 (8m <sup>2</sup> /人)
計畫 目標 值	傳送能力	25%
	五分鐘集中率	25%
	台數計算	建築容納人數/150~250 (人/台)

如表 4-3.1 所示，假設以建築樓地板為計算變數，則在尖峰交通需求量建議值，則可取 0.125 人/m<sup>2</sup> (建議值 8m<sup>2</sup>/人的倒數)。由於使用執照內容以建築物相關面積紀錄為主，因此以面積作為計算變數，會較為適當。昇降設備推估公式如下：

$$A_E = \text{ceiling}(E_Q, 1) \cdot A_R \dots\dots\dots (4.2)$$

$$E_Q = \frac{0.125a}{150} \dots\dots\dots (4.3)$$

$A_E$ ：筏式基礎內昇降設備機坑面積 ( $m^2$ )

$a$ ：建築總樓地板面積 ( $m^2$ )

$E_Q$ ：昇降設備數量 (台)

$A_R$ ：昇降設備機組面積 ( $m^2$ )

150：建築容納人數 (人/台)

### (3) 污水設施

根據抽樣時的紀錄，污水設施於筏式基礎中，其設置率占有相當高的百分比（污水設施於樣本中之設置比為 122：128），因此該如何由筏式基礎中扣除污水設施所占有之空間，將會成為影響推估值信賴度的重要條件。根據文獻回顧所整理之「建築物污水處理設施設計技術規範」，內容中說明不同類型之建築物，雖然規範數據不同，但觀念上均採用單位樓地板面積所占使用人數的方式，再以計算之使用人數與內容所建議之單位污水量相乘，如此便可以得知評估建築，其污水設施的設計容量為多少。

對於規範所條列之「使用人數計算方式」，大致上可以分為以下三種類型：

- 一、選擇性數據：即兩者以上之計算方式，本研究採用數值較大之項目。
- 二、實際使用人數方式：適用於「初期建築設計階段」情形或「已固定使用人數之建築」作推估計算用，但並不適用在本研究所設定之推估情形，因本研究母體為未知之情形，故必須利用其他文獻數據，作為這類建築人數計算之參考。
- 三、可直接使用之數據：較為單純的建議值，可直接作為計算參考。

## 第四章 既有建築筏式基礎雨水利用效益評估

選擇性數據，採用限制數據較大之項目

類別	組別	建築物用途說明	建築物舉例	使用人數計算方式	單位污水量 污水量 (公升/人.日)	備註	
A類	公共集會類	A-1	供集會、表演、社交，且具觀眾席及舞台之場所。	戲(劇)院、電影院、集會堂、演藝場、歌廳	1. 設固定席位者，人數以席位之3/4另乘上開放使用時間(T)計算 2. 未設固定席位者以觀眾席每0.7平方公尺一人另乘上開放使用時間(T)計算	100	T=0.4~0.6
		A-2	供旅客等候運輸工具之場所。	車站、航空站、候船室	$N = \frac{20C + 120U}{8} * T$	100	T=0.2~0.4 N：使用人數 C：大便器具數 U：小便器具數 T：1日中使用時數
B類	商業類	B-1	供娛樂消費，處封閉或半封閉場所。	夜總會、舞廳、酒家、理容院、KTV、MTV、公共浴室、三溫暖、遊藝場、茶室	按營業部分面積每3平方公尺一人另乘上開放使用時間(T)計算	250	T=0.5-0.8

以實際使用人數計算，較不具規則

可直接換算之數據

**圖 4-3.3 污水設施計算類型方式**

依據上述整理原則，對於各類建築「使用人數計算」方式，可比照昇降設備需求量的模式，改採用單位面積之於使用人數的計算數值。依本研究各類建築整理，如下表 4-3.2 所示：

表 4-3.2 各類型建築污水設施計算相關數據

商 業 類				
組別	污水量 (m <sup>3</sup> /人.日)	使用人數密度 (人/m <sup>2</sup> )	污水係數 $f$ (m/日)	$f$ 平均值 (m/日)
B-1	0.25	0.3	0.075	0.0321
B-2	0.15	0.2	0.03	
B-3	0.1	0.2	0.02	
B-4	0.3	0.1	0.03	
G-1	0.1	0.1	0.01	
G-2	0.1	0.1	0.01	
G-3	0.25	0.2	0.05	
住 宿 類				
H-1	0.25	0.2	0.05	0.0375
H-2	0.25	0.1	0.025	
工 廠 類				
C-1	0.15	0.025*	0.004	0.0040
學 校 類				
D-3	0.15	0.2*	0.03	0.0375
D-4	0.15	0.3*	0.045	
其 他 類				
A-1	0.1	0.9	0.09	0.1015
A-2	0.1	2*	0.2	
D-1	0.15	1*	0.15	
D-2	0.1	0.9	0.09	
D-5	0.15	1*	0.15	
E	0.1	0.8	0.08	
F-1	0.35	0.3	0.1	
F-2	0.2	0.2	0.04	
F-3	0.15	0.5*	0.075	
F-4	0.2	0.2	0.04	

註1：表列「使用人數密度」標有\*者，為前述內容中第二類型之數據。在實際使用人數未知情形下，本研究參閱「建築物防火避難安全性能驗證技術手冊」中，有關居室收容人員密度，作為數據參考。

註2：污水係數  $f = \text{污水量 (m}^3\text{/人.日)} \times \text{使用人數密度 (人/m}^2\text{)}$

在既有建築筏式基礎貯水容量的推估方法上，必須確保最後所計算的數據是接近、且不大於「實際值」的情形。所以對於表中\*之數據，本研究使用「建築物防火避難」的相關研究數據，作為推算的參考值。有鑑於「建築

#### 第四章 既有建築筏式基礎雨水利用效益評估

「防火避難」對於居室的人員密度推算，具有一定的可信度（基於使用者的安全考量），因此，以建築防火避難的研究數據，用來作為推估污水量的意義上，是符合推估貯水量「接近且不大於實際值」的概念。針對使用人數密度數據，補充如下表 4-3.3。

**表 4-3.3 建築防火避難有關居室收容人員密度表（部分）**

類別	組別	收容人員密度
A	A-2 運輸場所	1.大廳、候機（車）室及月台： 有座椅部分：1.45（人/m <sup>2</sup> ） 無座椅部分：2.00（人/m <sup>2</sup> ） 2.行政辦公區：0.3（人/m <sup>2</sup> ） 3.其他附屬設施：依實際用途比照其他類組
C	C-1 特殊廠庫	1.汽車庫：0.04（人/m <sup>2</sup> ） 2.修理廠： 工作區：0.10（人/m <sup>2</sup> ） 儲藏區：0.04（人/m <sup>2</sup> ） 3.電影攝影場、電視播放室： 有現場觀眾：1.45（人/m <sup>2</sup> ） 無現場觀眾：0.75（人/m <sup>2</sup> ）
D	D-1 健身休閒	1.體育館：同 A-1 組 2.室內游泳池： 游泳池/更衣室：0.3（人/m <sup>2</sup> ） 休息區：0.75（人/m <sup>2</sup> ） 3.保齡球館：除球道部分外：0.75（人/m <sup>2</sup> ） 4.溜冰場： 溜冰區：0.25（人/m <sup>2</sup> ） 休息區：0.75（人/m <sup>2</sup> ） 5.遊藝場 1.00（人/m <sup>2</sup> ）
	D-3 國小校舍	小學教室：0.50（人/m <sup>2</sup> ） 集會場所：同 A-1 組 電腦室/研究室：0.40（人/m <sup>2</sup> ） 實驗室：依實際狀況 餐廳：0.75（人/m <sup>2</sup> ） 行政辦公室：0.30（人/m <sup>2</sup> ）
	D-4 校舍	大學教室：0.80（人/m <sup>2</sup> ） 中學教室：0.70（人/m <sup>2</sup> ） 集會場所：同 A-1 組 電腦室/研究室：0.40（人/m <sup>2</sup> ） 實驗室：依實際狀況 餐廳：0.75（人/m <sup>2</sup> ） 行政辦公室：0.30（人/m <sup>2</sup> ）
	D-5 補教托育	1.0（人/m <sup>2</sup> ）
F	F-3 兒童福利	0.50（人/m <sup>2</sup> ）

當取得各分類建築的污水係數  $f$  後，則只需要將污水係數  $f$  依照建築分類乘上建築的總樓地板面積，及可以得到該棟建築的污水設施設計量。

台北市既有建築物，污水設施容量推估公式如 (4.4) 所示：

$$Q_F = a \cdot f \dots\dots\dots (4.4)$$

$Q_F$ ：污水總量 ( $m^3/日$ )

$a$ ：建築總樓地板面積 ( $m^2$ )

$f$ ：污水係數 ( $m^2/日$ )

#### (4)消防水池

由於消防用水池的規劃上，可設置於筏式基礎之內，且在抽樣過程中，本研究統計台北市既有建築樣本數時，亦發現消防用水池，設置於筏式基礎內的案件數不在少數。因此原則上，必須將消防水池的體積容量推估後予以扣除，但考量在消防水池用水來源，也可以使用建築收集之雨水，故若以用水來源作為模式判斷基準時，則不需要將消防水池刻意排除於筏式基礎雨水貯水容量之外。因此本研究不將消防水池之容量，列入筏式基礎總量推估的扣除數據中。

#### (5)機械停車

關於機械停車的探討，由於機械停車空間的設置範圍大小，是決定於開發者的主觀決策意見，故機械停車的設置面積，無法藉由法規規範或理論基礎來檢視母體。而且本研究經抽樣調查時，同時檢視了 128 件樣本中，設置機械停車的案件數僅只占了 2 件，因此在本研究的範圍，機械停車的推估數據傾向採用實際值作計算數據。若無數據，則不列入計算。

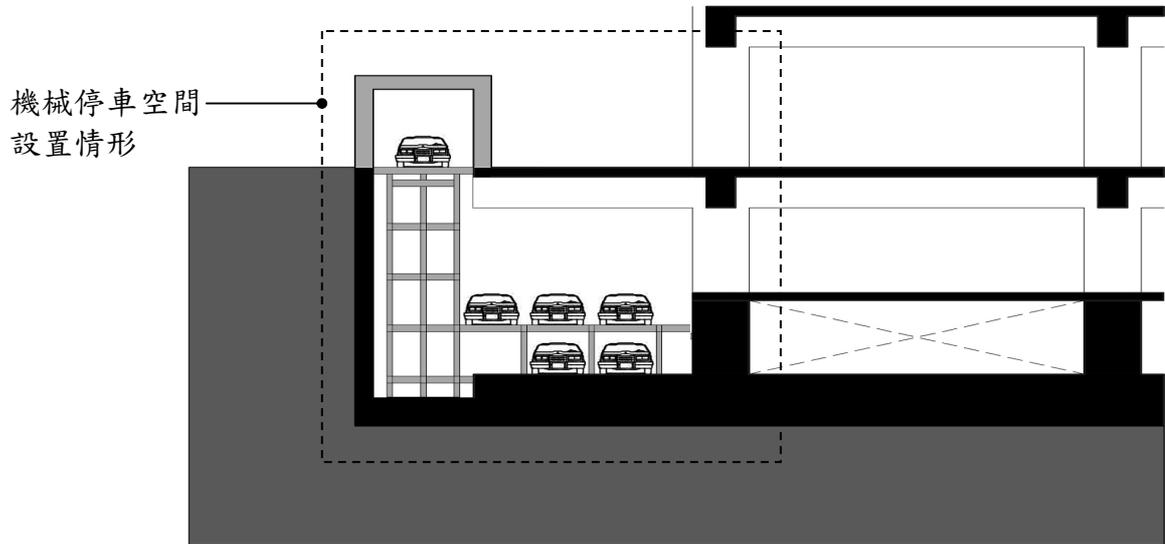


圖 4-3.4 機械停車設置於建築筏式基礎空間

## 2.既有建築筏式基礎推估模式

藉由既往所建立的數據推估方式，便可以建立一套簡易的推估模式，用以計算台北市既有建築中，實際可以提供貯集雨水用途之筏式基礎空間。因此，經由建築使用執照內容數據資料，則可以概估出台北市 1981~2004 年之既有建築內，合理的使用空間量，圖 4-4.5 為筏式基礎空間量計算模式說明。

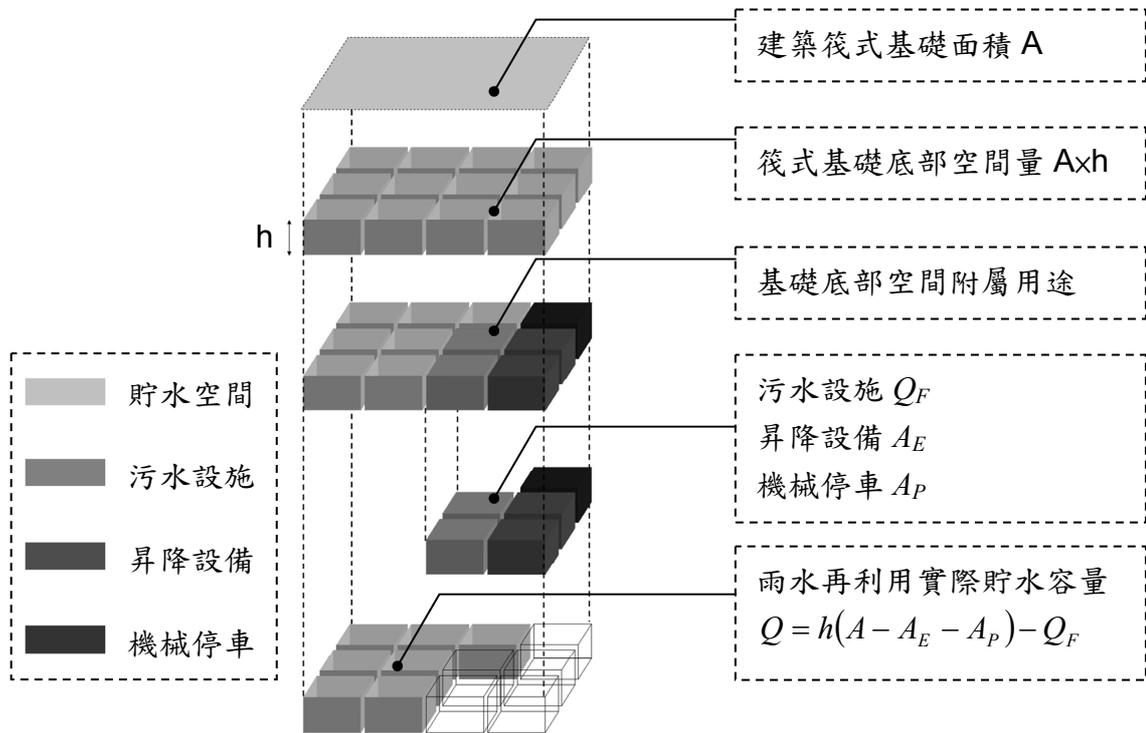


圖 4-3.5 台北市既有建築筏式基礎推估模式流程

在各項附屬設施的影響下，可以將本研究推估的模式，建立如公式 (4.5)：

$$Q = h(A - A_E - A_P) - Q_F \dots\dots\dots (4.5)$$

Q：筏式基礎貯水量 (m<sup>3</sup>)

A：筏式基礎面積 (m<sup>2</sup>)

A<sub>E</sub>：昇降設備面積 (m<sup>2</sup>)

A<sub>P</sub>：機械停車面積 (m<sup>2</sup>)

Q<sub>F</sub>：污水量 (m<sup>3</sup>)

h：筏式基礎深度 (m)

藉由模式的使用，可以進一步導入都市筏式基礎總量的推估。由於本研

究將台北市建築作計算的分類，因此公式推導如 (4.6) 所示：

$$Q = h[A - ceiling(E_Q, 1) \cdot A_R - A_P] - \sum Q_F \dots\dots\dots (4.6)$$

關於 (4.6) 公式中，各部分細節數據定義上，筏式基礎深度以 1.5m 作為標準、昇降設備的機械管道尺寸採用 2.5m×2.5m 的合理數據，而機械停車空間則因為占有比例過小，在此不列入計算考量。因此可以將公式 (4.6) 簡化為公式 (4.7)：

$$Q = 1.5A - 9.375ceiling(E_Q, 1) - \sum Q_F \dots\dots\dots (4.7)$$

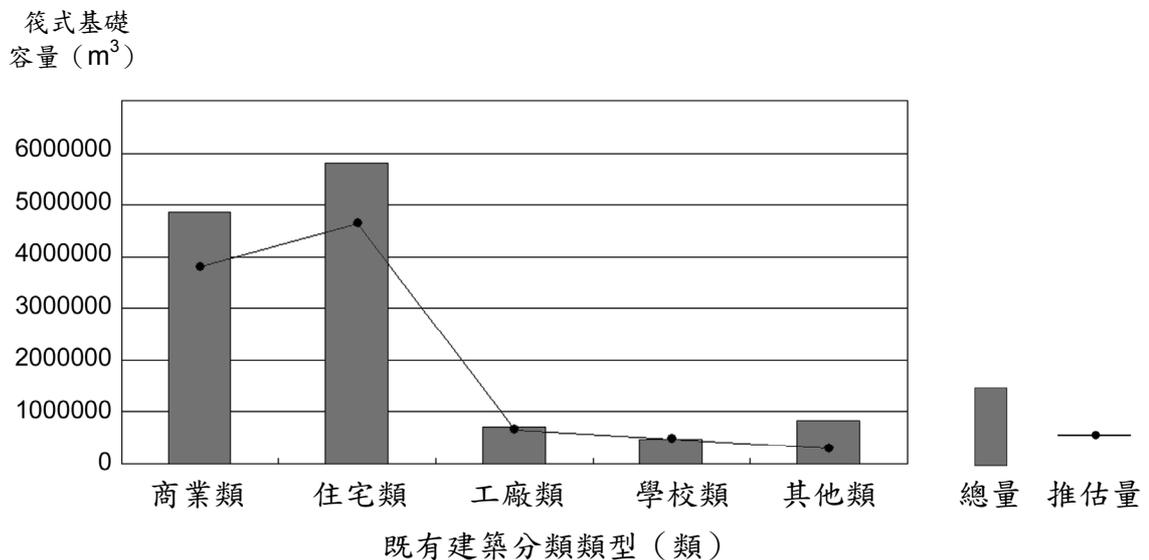
**表 4-3.4 台北市既有建築筏式基礎貯水量推估數據**

建築類型	筏式基礎面積 $A (m^2)$	建築物總樓地板面積 $a (m^2)$	昇降設備設置數量 $E_Q$ (台)	污水係數 $f$ (m/日)	污水總量 $Q_F (m^3)$	筏式基礎貯水量 $Q (m^3)$
商業類	3241994.42	26407644.39	22007	0.0321	847685.38	3808990.62
住宅類	3876319.26	26177574.53	21815	0.0375	981659.04	4628304.22
工廠類	474600.78	3554653.98	2963	0.0040	14218.62	669904.43
學校類	325879.95	325879.95	272	0.0375	12220.50	474049.43
其他類	544541.39	4778337.53	3982	0.1015	485001.26	294479.58
<b>合計</b>	<b>8463335.80</b>	<b>61244090.40</b>	<b>51039</b>		<b>2340784.80</b>	<b>9875728.27</b>

由表 4-3.4 所示，根據推估模式所計算的結果得知，台北市既有建築筏式基礎底部空間中，可作為雨水貯集之用的容量為 9875725.27m<sup>3</sup>。實際挪作其他用途的體積為 2819275.42m<sup>3</sup>，占台北市整體筏式基礎總量的 22.2%，代表在既有建築筏式基礎的空間使用上，並沒有被妥善利用。因此，針對既有建築筏式基礎的底部空間而言，還有相當大的開發效益，等待加以運用。

### 3. 小結

本研究試圖於雨水再利用系統的相關理論架構下，探討系統導入都市既有建築後，對於雨水資源利用的效益是否產生幫助。而在雨水貯集的空間上，嘗試利用建築筏式基礎的底部空間作為貯集的工具。但由於筏式基礎在實際運用上，會有附屬的設施置於其中，故本研究建立一套推估模式，作為探討既有建築筏式基礎空間中，實際可作為雨水貯集利用的容量，其合理量為何。



各項數據 \ 建築類型	商業類	住宅類	工廠類	學校類	其他類
基礎總量 (m <sup>3</sup> )	4862991.63	5814478.89	711901.17	488819.93	816812.09
總量百分比 (%)	38.3	45.8	5.6	3.9	6.4
基礎推估量 (m <sup>3</sup> )	3808990.62	4628304.22	669904.43	474049.43	294479.58
推估百分比 (%)	38.6	46.9	6.8	4.8	3.0
執照案件數 (件)	3796	12051	481	529	675
案件比例 (%)	21.65	68.74	2.74	3.02	3.85

圖 4-3.6 各類建築筏式基礎空間總量與推估量比較

根據推估模式所計算的結果，未使用的筏式基礎容量為 9875725.3m<sup>3</sup>，

#### 第四章 既有建築筏式基礎雨水利用效益評估

占全台北市既有建築筏式基礎總量的 77.8%。其中以住宅類建築所占的比例最高，占整體的 46.9%，商業類次之，為 38.6%。根據圖 4-3.6，各類型建築執照數比例表所示，住宅類建築件數比例占母體的 68.74%，因此龐大的建築件數反映出高比例的筏式基礎空間，而對於商業類建築，執照件數比例為 21.65%，數量為住宅類的 1/3，而筏式基礎空間卻達到總量的 38.6% ( $3808990.62\text{m}^3$ )，反映商業類建築雖然件數不多，但由於單獨案件的開發面積比住宅類個案面積來得大，因此對於有效筏式基礎空間開發效益而言，商業類建築會優於住宅類建築。

#### 第四節 既有建築筏式基礎雨水利用效益評估

根據本研究對於台北市既有建築筏式基礎容量的推估，其可利用貯水之容量為 9,875,725.27 m<sup>3</sup>，約略等同於 1/30 的翡翠水庫蓄水量，意謂其可容納貯水的空間量十分龐大。但是，對於整個雨水再利用系統使用效益而言，亦含括其他影響之因素，例如建築所在地區的降雨量多寡，或是建築集雨面積的大小，均可能是影響雨水再利用效益的關鍵。

在探討雨水利用效益時，主要可以分為「自來水替代率」及「雨水收集率」兩個項目作分析評估。而在影響自來水替代率的因素方面，使用者的用水量及可替代量，其數值的大小是主要的評估項目。以住宅類建築而言，每人合理的用水量為每日 250 公升的用水，其中可替代的用水量，不得高於整體用水的 32%，其用途限制上，則以不接觸人體為原則，因此替代用水多數使用於沖廁及花木澆灌之用。由此得知，在雨水利用效益探討上，「自來水替代率」的相關概念主要建立在下列項目：

一、使用者的合理用水量探討：當使用者的用水量合理的降低時，相對於雨水替代率便會提高。由於雨水收集量，會因為雨量的因素或是貯水槽容量設定的關係而趨於定值，因此倘若能減少自來水的整體用量，則雨水利用效益勢必提高。

二、替代水用途範圍的提升：由於替代水的水質畢竟無法等同於自來水，因此在替代水用途計畫上，設定在以不接觸人體之使用為原則。因此若可以提升替代水之品質，則在替代用途上，便能夠更廣泛的運用。對於雨水利用系統的效益評估上，亦是另一個層面的提升。

當探討「雨水收集率」的效益評估時，則關係著系統「收集」與「貯集」的效能影響，即是「總量」的影響。收集雨量的多寡是憑藉建築集雨面積的大小，而貯集之水量則是決定於貯水槽的設計容量。假設集雨面積可收集的雨量大於貯水槽的容量時，則會產生過多的溢流，水資源無法有效截留運用。反觀貯水槽容量若遠大於可收集的水量時，其對應的空間效益亦降低。因此

本章節將延續筏式基礎總量的結論，繼續針對建築雨水利用系統各項影響因素，在使用效益上，作「量」的探討與評估。

### 1. 台北市既有建築集雨面積計算

依據文獻回顧彙整資料所示，在計算建築物集雨面積的方法上，包括建築的水平向面域及垂直向面域兩個部分的考量。由於降雨會因為風壓而產生角度落於建築垂直之牆面，所以在建築集雨面積的計算上，除了水平向的面積之外，亦必須加上 50% 的垂直向面積。

但在探討都市建築集雨面積時，由於建築種類繁多，無論在設計或配置上，並無特定的設計原則，故無法有系統的將既有建築垂直向面域，其集雨面積作合理的統計估算。在不考量納入建築垂直面積部分計算，其他原因如下：

一、建築配置產生之不規則面積：台北市是一個建築高密度開發的城市，因此在建築的配置計畫上，基本上會受限制於鄰棟建築的座落位置，或是法規辦法（建蔽率、容積管制）的規定，而產生不規則的垂直向面積，或是建築需共同使用牆面等實際情形。不僅在統計作業上，無法有效分類計算，且可能在面積數量統計時，因為共同牆面界定不易，而導致重複計算的情形發生。

二、立面降雨直接導入都市排水系統：在雨水再利用的觀念還未普及時，建築物在設計雨排水系統時，「快速的排出建築物外」往往是系統設計的概念。因此排水的末端，則不一定會設置陰井截留，而是直接將系統末端接至都市排水系統。其中以建築立面排水設計占多數，也因為建築立面在設計規劃時，大致上不會對雨水作「收集」的刻意處理，因此雨水也無法有效的依靠建築立面作收集。

因此本研究設定之計算範圍，以台北市既有建築水平向集雨面積，作為後續各項效益評估的計算依據。

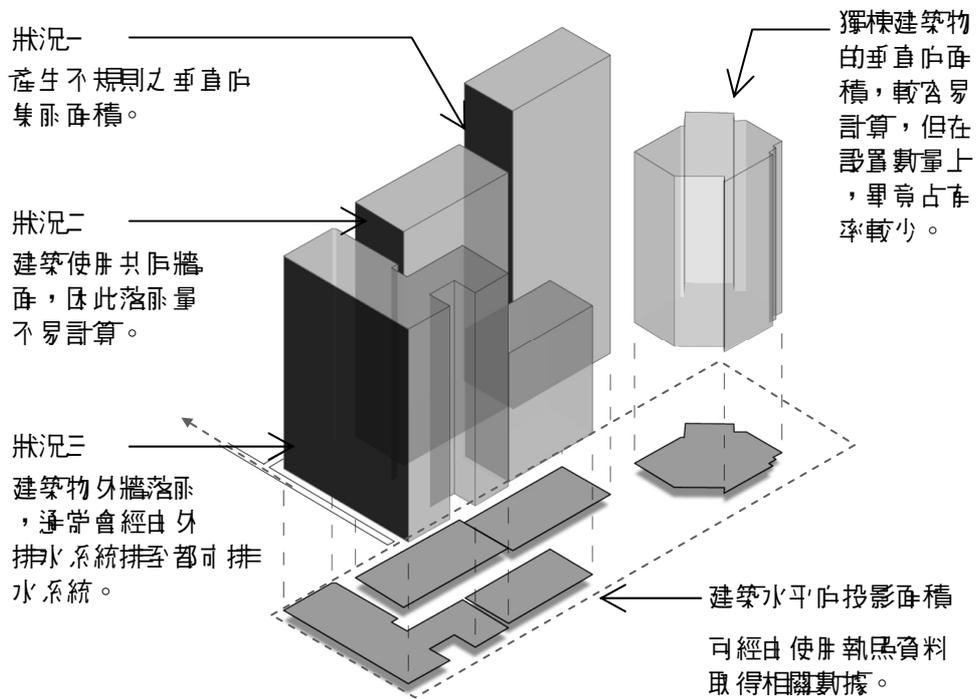


圖 4-4.1 都市既有建築集雨面積說明

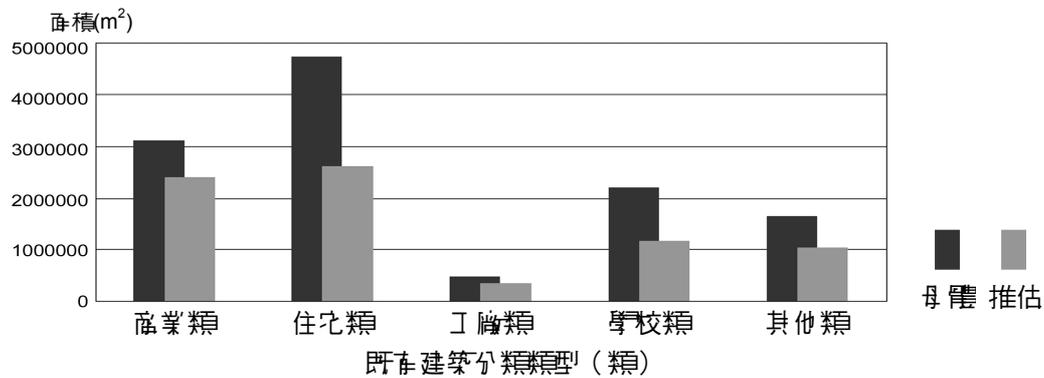
藉由建築使用執照資料的彙整，可取得台北市既有建築集雨面積之統計結果，各項數據如表 4-4.1 所示。

表 4-4.1 台北市既有建築集雨面積統計表

商 業 類			
樓層數(層)	設置率(%)	建築面積(m <sup>2</sup> )	平均集雨面積(m <sup>2</sup> )
3	33	187453.48	61859.65
4	33	314373.05	103743.11
5	28	339616.87	95092.72
6	80	282615.18	226092.14
7	73	275257.65	200938.08
8以上	100	1717303.91	1717303.91
小計		3116620.14	2405029.62
住 宅 類			
樓層數(層)	設置率(%)	建築面積(m <sup>2</sup> )	平均集雨面積(m <sup>2</sup> )
0	100	6862.57	6862.57
3	33	142227.13	46934.95
4	33	426167.65	140635.32
5	28	2022982.96	566435.23
6	80	250500.26	200400.21
7	73	857469.24	625952.55
8以上	100	1029234.71	1029234.71
小計		4735444.53	2616455.54
二 樓 類			
樓層數(層)	設置率(%)	建築面積(m <sup>2</sup> )	平均集雨面積(m <sup>2</sup> )
3	33	10279.44	3392.22
4	33	47644.09	15722.55
5	28	99582.82	27883.19
6	80	65936.32	52749.06
7	73	47984.32	35028.56
8以上	100	207415.83	207415.83
小計		478842.82	342191.40
學 校 類			
樓層數(層)	設置率(%)	建築面積(m <sup>2</sup> )	平均集雨面積(m <sup>2</sup> )
3	33	81866.50	27015.94
4	33	760674.74	251022.67
5	28	609778.20	170737.90
6	80	112244.65	89795.72
7	73	121142.72	88434.18
8以上	100	517313.76	517313.76
小計		2203020.57	1144320.17
其 他 類			
樓層數(層)	設置率(%)	建築面積(m <sup>2</sup> )	平均集雨面積(m <sup>2</sup> )
3	33	257222.21	84883.33
4	33	362403.89	119593.28
5	28	188969.49	52911.46
6	80	174711.89	139769.51
7	73	98844.82	72156.72
8以上	100	565879.70	565879.70
小計		1648031.99	1035193.99
總計		12181960.05	7543190.72

以各類型建築之投影面積，依照各樓層筏式基礎的設置率作比例分配後，則取得台北市既有建築的水平向集雨面積的統計資料。如圖 4-4.2 所示，住宅類建築的建築投影面積為 473 萬平方公尺，但最後推估的面積僅為原始數量的 1/2，相較於其他類型建築的推估量，住宅類建築無效面積的數量高達 2,118,988.98 m<sup>2</sup>。其影響的因素，關鍵在於住宅類建築中，五層樓的建築面積數量為 2,022,982.96m<sup>2</sup>，占住宅類面積總和的 42.7%，顯示出台北市大部份的住宅面積均分佈於五層樓的建築之中，但是根據筏式基礎抽樣調查的結果表示，在這個範圍的筏式基礎設置率僅有 28%，因此在推估集雨面積的過程中，住宅類建築面積則會在此步驟產生大幅度的折減，原因在於有設置筏式基礎之建築物，其集雨面積在本研究中才具有探討的意義。

因此藉由推估數據可以得知，由於住宅類五層樓建築的建築面積數量甚大，亦即相同的雨量之下，其面積總量相較於其他樓層面積而言，可以獲得優勢的集雨效益。所以本研究對於雨水再利用系統導入既有建築的效益評估，針對於台北市五層樓住宅類建築的開發效益成果，其反映在雨水收集的項目上，因為具有龐大的建築面積，所以效益上呈現出優勢的特性。



建築類型	商業類	住宅類	工廠類	學校類	其他類
建築面積 (m <sup>2</sup> )	3116620.14	4735444.53	478842.82	2203020.57	1648031.99
集雨面積 (m <sup>2</sup> )	2405029.62	2616455.54	342191.40	1144320.17	1035193.99
百分比 (%)	31.9	34.7	4.5	15.2	13.7

圖 4-4.2 台北市各類建築集雨面積分佈情形

### 2. 台北測站降雨量資料彙整

在評估雨水利用系統效益時，不僅是單獨探討系統優劣而已，雨量條件情形亦是必須考量的因素之一。根據初步降雨量資料的判讀得知，台北市各月份的降雨量分佈呈現不平均的現象。觀察降雨量於全年的分佈上，發現主要降雨月份集中於五月至九月期間，即通稱的梅雨、颱風季節。而相較於其他月份的降雨量，遠低於五至九月份平均降雨量。因此在這樣起伏的降雨條件下，筏式基礎的貯水量亦會相對受到波動及影響，故不能僅僅評估單一時期的降雨條件。

在彙整 1984~2003 年的台北逐日降雨量資料數據後，將資料以月份及年份作整理分類，如表 4-4.2 所示。其中，經由 20 年的降雨數據統計，可以取得各月份的平均降雨量。根據統計台北地區五月至九月份的降雨量總和為 1461.7mm，而其他月份的雨量總和為 913.3mm，其數據明顯呈現台北地區夏季與冬季之降雨量分佈不均勻之情形。

表 4-4.2 台北測站降雨量資料彙整

年份	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	全年總量 (mm)
年份	全年總量 (mm)												(mm)
1984	68.6	79.0	237.7	281.5	365.6	478.1	182.7	472.8	274.0	97.5	130.0	43.8	2711.3
1985	61.0	507.2	139.2	153.2	152.6	146.2	338.9	295.9	385.6	128.1	57.0	123.0	2487.9
1986	67.7	165.0	332.6	109.2	469.8	459.5	153.4	363.4	232.0	19.2	167.1	66.7	2605.6
1987	53.0	49.3	250.8	81.8	294.0	140.0	341.2	113.7	410.1	341.0	76.9	67.3	2219.1
1988	103.2	95.3	230.1	363.0	283.2	291.9	152.3	373.7	530.3	294.3	76.9	27.0	2821.2
1989	47.5	41.3	107.9	219.3	297.4	29.1	416.1	311.5	528.9	97.5	55.9	116.2	2268.6
1990	186.9	202.7	85.5	497.5	131.5	403.5	352.6	383.0	554.2	38.4	69.6	7.6	2913.0
1991	108.4	81.0	127.4	111.2	89.1	757.7	133.9	137.4	455.8	87.7	51.3	75.0	2215.9
1992	91.3	385.8	178.1	219.0	209.8	298.5	125.7	299.5	358.7	85.2	65.9	74.4	2491.9
1993	116.0	33.2	188.0	189.7	160.6	366.4	219.1	230.2	74.7	48.0	73.6	45.5	1745.0
1994	72.0	234.0	135.7	66.0	210.0	206.7	198.9	441.7	180.0	216.4	8.2	74.1	2043.7
1995	98.8	232.9	161.3	143.9	173.1	167.6	288.1	201.9	146.0	22.3	55.9	24.9	1716.7
1996	19.3	110.7	144.7	234.0	334.2	159.2	321.6	468.8	311.4	69.9	61.6	17.0	2252.4
1997	62.7	194.0	104.7	63.6	247.8	657.1	289.7	543.9	265.0	37.2	35.1	94.9	2595.7
1998	138.7	424.5	208.3	400.0	553.3	314.9	273.0	394.9	485.2	997.7	87.1	127.1	4404.7
1999	57.7	16.1	157.0	49.8	280.3	530.6	231.7	330.4	37.3	123.5	41.9	101.8	1958.1
2000	37.9	326.9	124.1	360.1	84.3	354.3	194.3	582.7	46.8	166.1	289.1	177.4	2744
2001	204.2	27.8	170.4	192.3	111.8	105.9	266.3	233.2	1411.4	86.9	15.7	36.2	2862.1
2002	94.9	28.6	130.7	29.6	92.8	159.2	311.2	88.0	196.0	80.3	39.2	95.9	1346.4
2003	73.9	19.2	86.7	160.5	60.6	201.1	83.0	192.2	185.7	70.3	57.6	1.7	1192.5
全年平均 雨量 (mm)	88.2	162.7	165.0	196.2	230.1	311.4	243.7	323.0	353.5	155.4	75.9	69.9	

#### 第四章 既有建築筏式基礎雨水利用效益評估

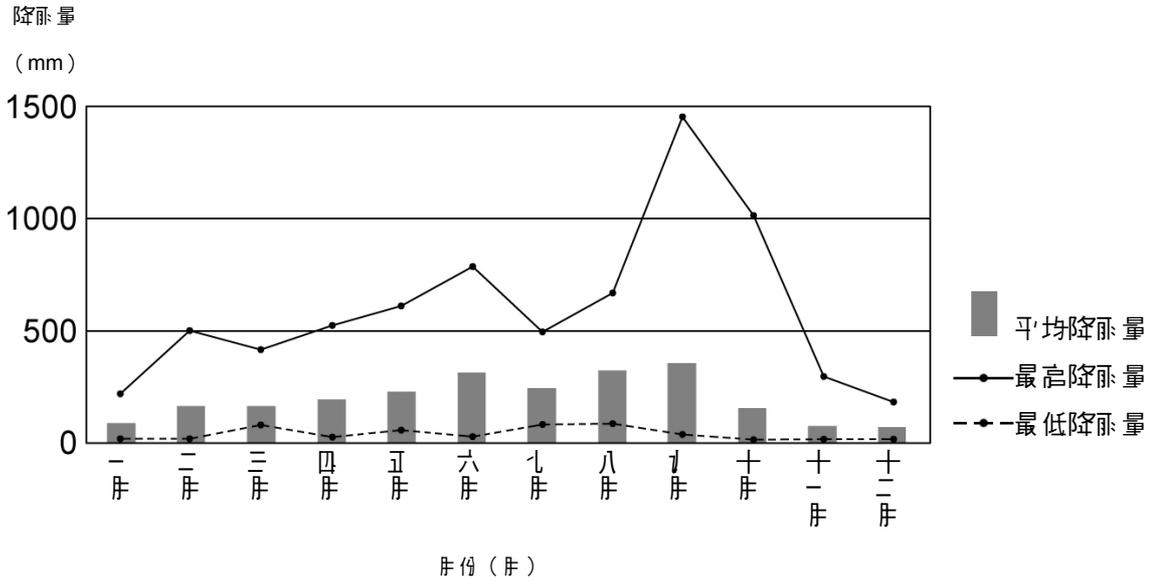


圖 4-4.3 台北測站降雨量各項數據比較

如圖 4-4.3 所示，台北地區不僅僅在季節上產生降雨不均勻的情形，且單一月份之降雨量亦呈現大幅度的變化。以九月份數據為例，其最高與最低的降雨量差異，竟高達 1374.1mm，顯示出乾旱與豐雨的狀況均有可能出現於台北地區。

因應台北地區的降雨量不平均的特性，所以本研究在分析評估課題時，必須合理的提出，所採用之雨量數據對於評估結果的意義。分析如下：

一、由於研究主要目的在評估既有建築筏式基礎的貯水效益，因此原則上需要提出各月份的平均效益，作為系統效率高低的比較基礎。方能客觀得知其系統於各月份的優劣性。

二、貯水的目的，是將收集的雨水替代用於日常生活之中。所以在概念上，

收集的越多，可運用的彈性當然相對越好，且大於容量負荷的雨量，僅會造成「溢流」的產生。因此研究對於「當月的最高降雨量」，不作探討其對筏式基礎所產生的效益。

三、過小的降雨量對於筏式基礎的貯集，相當有可能因為水量不足夠使用，造成偏低的使用效率。因此「當月最低降雨量」便是必須討論的部分。

經由上述說明，研究上採用「月平均降雨量」及「當月最低降雨量」分別作為評估台北市既有建築筏式基礎總量的評估標準。

### 3. 雨水利用系統效益評估

探討雨水利用系統使用效益時，首先必須瞭解系統在收集雨水方面的效能。本研究依據日本給排水技術規範 HASS206 內容之建築受雨量的計算方式，並配合表 4-4.3 所示之相關數據，求得台北市各類既有建築雨水利用系統之效益。

#### (1) 系統效能評估

在雨水利用系統效能評估上，針對既有建築筏式基礎效益探討下列項目：

一、筏式基礎貯水量：在當月份的降雨量情形下，筏式基礎可以獲得的貯水量。主要比較各月份「平均值」與「最低值」的差異性。

二、筏式基礎替代用水率：完全使用筏式基礎所貯集的水量，作為供給「替代用水」之用途的百分比。文獻中住宅類建築計算方式，每人合理用水量 250 公升/人.日，並以不得高於 32%（80 公升）之替代用水量作為基準。對於其他類型建物則無明確比例數據。但考量研究範圍設定在探討都市尺度之總量效益評估，因此本研究在各類建築類型評估中，每人每日的替代用水數量估算，均採用上述標準作為計算依據。

三、筏式基礎貯水率：當月份貯集之雨量與筏式基礎總量之比值。藉由貯水率數值的分析，作為探討筏式基礎實際提供運用的情形，避免產生「空置率過高」的現象。對於筏式基礎開發的評估決策，具有相當重要的參考依據。

#### 第四章 既有建築筏式基礎雨水利用效益評估

台北市各類既有建築筏式基礎相關評估，如表 4-4.3 所示。

**表 4-4.3 各類既有建築筏式基礎貯水效益評估數據**

	使用人數 密度 (人/m <sup>2</sup> )	總樓地板 面積 (m <sup>2</sup> )	建築使用 人數 (人)	替代用 水量 (m <sup>3</sup> )	建築集水 面積 (m <sup>2</sup> )	筏式基礎 總量 (m <sup>3</sup> )
商業類	0.17	26407644.39	4489300	10774319	2405029.62	3808990.62
住宅類	0.15	26177574.53	3926636	9423927	2616455.54	4628304.22
工廠類	0.025	3554653.98	88866	213279	342191.40	669904.43
學校類	0.25	325879.95	81470	195528	1144320.17	474049.43
其他類	0.78	4778337.53	3727103	8945048	1035193.99	294479.27

註 1：使用人數密度 (人/m<sup>2</sup>) 計算方式，請參閱表 3-13 「各類型建築污水設施計算相關數據」，此處採用各類數據之平均值。

註 2：替代用水量 (m<sup>3</sup>) = 建築使用人數 (人) × 0.08 (m<sup>3</sup>) × 30 (日)

表 4-4.4 台北市各類既有建築筏式基礎貯水效益表

月份(月)		一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	
月平均降雨量(mm)		88.2	162.7	165.0	196.2	230.1	311.4	243.7	323.0	353.5	155.4	75.9	69.9	
商業類	筏式基礎貯水量(1000m <sup>3</sup> )	212.1	391.4	397.0	472.0	553.3	749.8	586.1	776.7	850.1	373.7	182.3	168.1	年平均
	筏式基礎替代貯水率(%)	2.0	3.6	3.7	4.4	5.1	7.0	5.4	7.2	7.9	3.5	1.7	1.6	4.4
	筏式基礎貯水率(%)	5.6	10.3	10.4	12.4	14.5	19.7	15.4	20.4	22.3	9.8	4.8	4.4	12.5
住宅類	筏式基礎貯水量(1000m <sup>3</sup> )	230.7	425.8	431.8	513.5	602.0	814.7	637.6	845.0	924.8	406.5	198.3	182.8	年平均
	筏式基礎替代貯水率(%)	2.4	4.5	4.6	5.4	6.4	8.6	6.8	9.0	9.8	4.3	2.1	1.9	5.5
	筏式基礎貯水率(%)	5.0	9.2	9.3	11.1	13.0	17.6	13.8	18.3	20.0	8.8	4.3	4.0	11.2
工廠類	筏式基礎貯水量(1000m <sup>3</sup> )	30.2	55.7	56.5	67.2	78.7	106.5	83.4	110.5	120.9	53.2	25.9	23.9	年平均
	筏式基礎替代貯水率(%)	14.1	26.1	26.5	31.5	36.9	50.0	39.1	51.8	56.7	24.9	12.2	11.2	31.8
	筏式基礎貯水率(%)	4.5	8.3	8.4	10.0	11.8	15.9	12.4	16.5	18.1	7.9	3.9	3.6	10.1
學校類	筏式基礎貯水量(1000m <sup>3</sup> )	100.9	186.2	188.9	224.6	263.3	356.3	278.9	369.5	404.5	177.8	86.7	80.0	年平均
	筏式基礎替代貯水率(%)	51.6	95.2	96.6	114.9	134.7	182.2	142.6	189.0	206.9	90.9	44.3	40.9	115.8
	筏式基礎貯水率(%)	21.3	39.3	39.8	47.4	55.5	75.2	58.8	78.0	85.3	37.5	18.3	16.9	47.8
其他類	筏式基礎貯水量(1000m <sup>3</sup> )	665.2	1227.5	1245.0	1480.4	1735.6	2348.7	1838.2	2435.9	2666.2	1172.0	5716	527.1	年平均
	筏式基礎替代貯水率(%)	7.4	13.7	13.9	16.6	19.4	26.3	20.5	27.2	29.8	13.1	6.4	5.9	16.7
	筏式基礎貯水率(%)	225.9	416.8	422.8	502.7	589.4	797.6	624.2	827.2	905.4	398.0	194.1	179.0	506.9

月份(月)		一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	
月最低降雨量(mm)		19.3	16.1	85.5	29.6	60.6	29.1	83.0	88.0	37.3	19.2	8.2	1.7	
商業類	筏式基礎貯水量(1000m <sup>3</sup> )	46.4	38.7	205.6	71.1	145.7	69.9	199.6	211.6	89.7	46.1	19.7	4.1	年平均
	筏式基礎替代貯水率(%)	0.4	0.4	1.9	0.7	1.4	0.6	1.9	2.0	0.8	0.4	0.2	0.0	0.9
	筏式基礎貯水率(%)	1.2	1.0	5.4	1.9	3.8	1.8	5.2	5.6	2.4	1.2	0.5	0.1	2.5
住宅類	筏式基礎貯水量(1000m <sup>3</sup> )	50.4	42.1	223.7	77.4	158.5	76.1	217.1	230.2	97.5	50.2	21.4	4.4	年平均
	筏式基礎替代貯水率(%)	0.5	0.4	2.4	0.8	1.7	0.8	2.3	2.4	1.0	0.5	0.2	0.0	1.1
	筏式基礎貯水率(%)	1.1	0.9	4.8	1.7	3.4	1.6	4.7	5.0	2.1	1.1	0.5	0.1	2.2
工廠類	筏式基礎貯水量(1000m <sup>3</sup> )	6.6	5.5	29.2	10.1	20.7	9.9	28.4	30.1	12.7	6.5	2.8	0.6	年平均
	筏式基礎替代貯水率(%)	3.1	2.6	13.7	4.7	9.7	4.7	13.3	14.1	6.0	3.1	1.3	0.3	6.4
	筏式基礎貯水率(%)	1.0	0.8	4.4	1.5	3.1	1.5	4.2	4.5	1.9	1.0	0.4	0.1	2.0
學校類	筏式基礎貯水量(1000m <sup>3</sup> )	22.1	18.4	97.8	33.8	69.3	33.2	94.9	100.7	42.6	21.9	9.4	1.9	年平均
	筏式基礎替代貯水率(%)	11.3	9.4	50.0	17.3	35.5	17.0	48.6	51.5	21.8	11.2	4.8	1.0	23.3
	筏式基礎貯水率(%)	4.7	3.9	20.6	7.1	14.6	7.0	20.0	21.2	9.0	4.6	2.0	0.4	9.6
其他類	筏式基礎貯水量(1000m <sup>3</sup> )	145.5	121.4	644.9	223.2	457.1	219.5	626.1	663.8	281.3	144.8	61.8	12.8	年平均
	筏式基礎替代貯水率(%)	1.6	1.4	7.2	2.5	5.1	2.5	7.0	7.4	3.1	1.6	0.7	0.1	3.4
	筏式基礎貯水率(%)	49.4	41.2	219.0	75.8	155.2	74.5	212.6	225.4	95.5	49.2	21.0	4.4	101.9

註1：1.筏式基礎貯水量(m<sup>3</sup>)=降雨量(m)×建築基地面積(m<sup>2</sup>)  
 2.筏式基礎替代貯水率(%)=筏式基礎貯水量(m<sup>3</sup>)÷替代貯水量(m<sup>3</sup>)  
 3.筏式基礎貯水率(%)=筏式基礎貯水量(m<sup>3</sup>)÷筏式基礎總量(m<sup>3</sup>)  
 註2：相應數據，請參閱表4-3

(2) 效益分析

依據表 4-4.4 中數據所示，台北市有設置筏式基礎的既有建築，其集雨面積可收集的雨水量，若必須滿足各類建築中，其使用人數之每人每日 32% 的替代用水量（即每月需供給每人 2.4m<sup>3</sup> 的雨水量），則僅僅只有學校類建築在以「月平均降雨量」作為評估基準時，可達到完全供給的情形。而在評估筏式基礎的容量效益方面，台北市各類型建築以年平均貯水率而言，均無法達到筏式基礎 100% 的貯水率，最高貯水率為其他類建築的 69.9%，其次為學校類建築的 47.8%，意謂此兩類型建築的筏式基礎「空置」的現象比較不嚴重。反觀其餘三類型建築的年平均貯水率，均無法達到 15% 的效益，表示筏式基礎內「空置」現象的發生機率頗高。

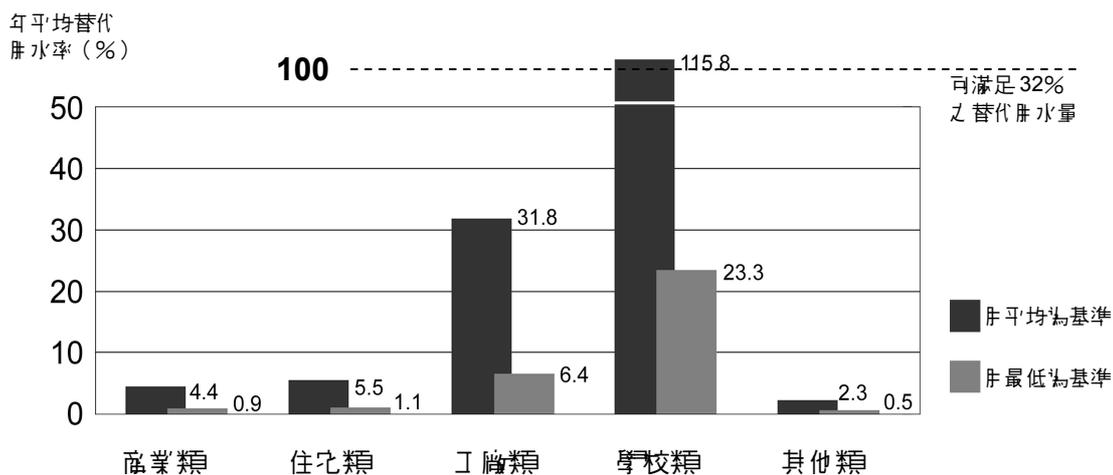


圖 4-4.4 台北市各類既有建築筏式基礎替代用水率

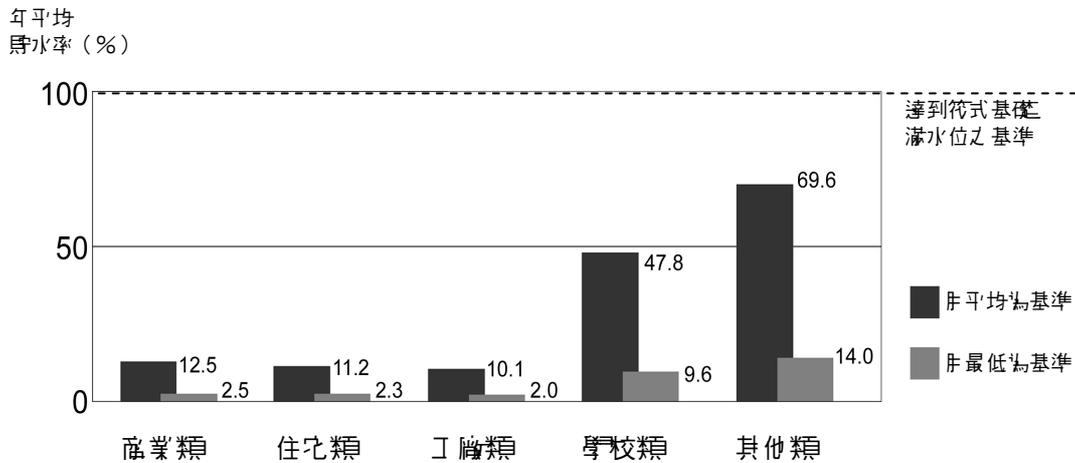


圖 4-4.5 台北市各類建築筏式基礎貯水率

綜合上述部分，對於台北市既有建築的集雨面積與對應之筏式基礎空間，其導入雨水利用系統之效益評估，提出下列分析探討：

#### 一、建築使用型態影響系統效益

本研究的評估模式是架構在建築總樓地板面積所對應的各項數據，尤其以建築使用人數之數據最為重要。台北市的人口數為 260 萬人，但如表 4-4.3 所示，台北市既有建築的總樓地板面積，統計之下，可容納高達 1231 萬人，因為是樓板面積所反映的數據，所以不僅表示居住人口數，實際上，使用替代用水的情形亦包含在台北市內工作、旅遊、洽公等不同狀況。這便是為何本研究的建築使用人數，不採用統計人口數，而必須以建築內所能容納之人數作為依據。

所以不同的建築使用型態，其代表的單位面積使用人數亦不相同。以「其他類」建築為例，因使用型態多是車站、航空站等大量人潮的建築，所以研究推估其建築使用密度為 0.78 人/m<sup>2</sup>，數值高於其餘四類建築型態。故高使用密度反映出大量的筏式基礎附屬設施空間，相對筏式基礎可貯水的空間則減少。因為貯水容量小，所以貯水率為其他四類型建築最高者。雖然筏式基礎的貯水率高，但平均分配給多數使用者時，每人可獲得的水量相對的減少。

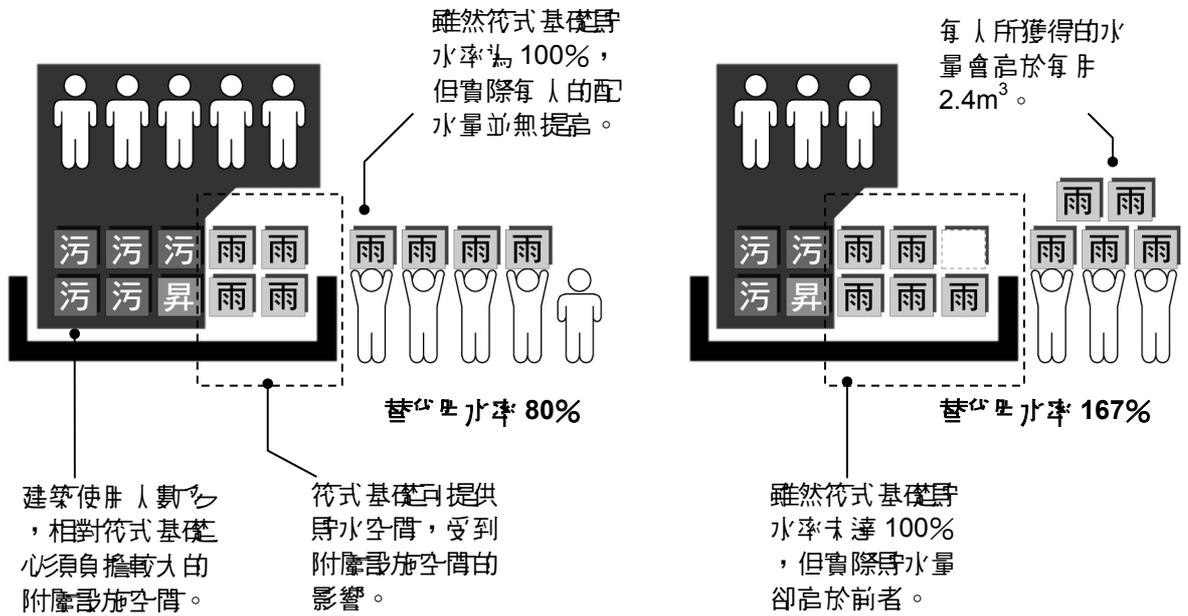


圖 4-4.6 筏式基礎系統效益說明

## 二、建築筏式基礎貯水率過低

以台北市各類既有建築所占的比例而言，商業類及住宅類建築所占的案件數量最多，但兩者的筏式基礎貯水率，在各月平均降雨條件下，均未超過 20%；而在當月最低的降雨條件下，亦沒有大於 5%。對於筏式基礎利用效益而言，過低的貯水效能導致系統運作的優勢。簡單的說，由於進水量的不足，所以對於筏式基礎的開發，商業類及住宅類建築僅僅需要運用 20% 以下的空間，即可滿足進水量。倘若使用者有意願開發更多的空間作為貯水之用，亦收不到預期效果，如圖 4-4.4 所示，再多也只可以獲得滿足 5.5% 以下使用者的替代效益，實為可惜。

## 三、建築集雨面積的不足

會導致筏式基礎進水量過少，其最大因素即是建築集雨面積的不足。回顧雨排水系統設計方法中，建築的受雨區域（屋頂、陽台等），是直接影響雨量進入建築多寡的首要部分，故在於其材質、施工品質或是管理維護問題，

均關係著雨水收集的效率。但若暫時不探討上述的細部範疇，當建築面對相同的降雨量時，建築投影面積的大小即決定了可收集的雨量多寡。以分析數據而言，台北市既有建築明顯呈現筏式基礎的貯水容量，大於建築集雨面積可收集之雨水量的情形。

以各類型既有建築筏式基礎貯水率而言，其他類建築的貯水率達到 69.6% 的效益。其中學校類建築的平均貯水率雖僅有 47.8%，但由於使用人數較少，即便貯水率效能的增加，對於提升替代用水率方面並無意義。而其餘三類型的建築筏式基礎在平均降雨的條件下，平均的貯水率均不到兩成。尤其是商業類及住宅類建築，兩者的執照數量為 15847 件，占全台北市既有建築總數的 90.4%，龐大的筏式基礎底部空間，卻也反映出因集雨面積的相對不足，使得筏式基礎空間未能有效的運用，即便兩者的集雨面積總和已經占整體面積的 66.6%。由於雨水的收集受到建築面積不變的影響，使得貯水量無法增加，導致雨水利用系統的效能提升受到限制。因此為了提高筏式基礎導入雨水利用系統的使用效益，如何藉由現況使用的都市設施，合理的提供其水平向面積作為共同收集雨水之用，並透過既有的排水系統適切的導入建築筏式基礎中，則是本研究作為提升台北市既有建築筏式基礎貯水效益的重要課題。

## 第五章 雨水貯集利用電腦化試算系統

雨水利用系統包括集水面積、導管、過濾處理、貯留及給水等設施，建築物在導入雨水利用設施的規劃階段，設計者首先必須針對集雨量及利用量進行評估與決定，而支配集雨量及利用量的要因主要則為集雨面積及貯水槽容量決定。貯留系統容量的決定佔極重要的位置，因為在建築物雨水利用系統中，集水面積通常是建築物的一部份如屋頂、壁面等，所以貯留系統通常是雨水利用系統中必須特別留設的部份，而容量的大小不僅影響整個系統的效益，也會影響到整體建築物的設計問題。

本章針對雨水利用系統的原理及法制化後的計算公式，透過電子化的過程，藉由微軟公司的 Visual Basic .Net 寫成物件導向式的電子化試算系統，以讓使用者或設計者，不用再透過繁瑣的計算步驟，也能計算出理想的設計值，甚至是協助判斷所設計出來的建築物是否滿足法制化的要求，達到簡化的目的。

### 第一節 雨水貯集利用試算系統之原理

一般應用於廣域的雨水利用系統或農業灌溉之設施，雨水貯留容量推估的方法可分為臨界期距法(Critical period technique)、機率矩陣法(Gould's probability matrix method)與合成流量法(Procedures based on data generation)等。所謂臨界期距法是利用歷史流量記錄或雨量記錄及需水量，來模擬貯蓄系統內容量連續變化的情形；而機率矩陣法是利用矩陣的傳遞性，建立不同時刻之入流量與貯蓄容量的機率關係；合成流量法基本原理乃是利用歷史資料的相關統計參數，使用序率模式生成一組具有相同統計參數的資料。上述推估容量的方法適用容量較大之水庫或農塘，雨水利用系統在導入建築設計時，基本上必須考慮的要素，包括雨水收集量、雨水溢流量、雨水利用率及自來水替代率等之間的關係。針對雨水利用系統導入建築設

計，一般考慮之要點，概要整理如下：

### (1) 雨水利用系統量化評估

建築物在導入雨水利用設施的規劃階段，設計者首先必須針對集雨量及利用量進行評估與決定，而支配集雨量及利用量的要因主要則為集雨面積及貯水槽容量決定。雨水收集量的評估原本為簡單之計算方程式，即降雨量（深度）乘上集雨面積即可求得，但是降雨量並非均一地分佈在每天與每一地點。特別是台灣地區雖然年平均降雨豐沛（年平均降雨量約 2500 公釐），然而季節及地區性的雨量集中且差異甚大，因此計算的關鍵在於氣象資料降雨量的預測與評估。

### (2) 雨水利用系統雨水貯水槽容量分析

評估雨水貯留槽容量時，應以當地降雨特性、應用標的規模、雨水收集方式、雨水利用率、自來水替代率等各方面因素加以考量。雨水利用系統因受降雨時間限制，且降雨分佈非人為所控制，故不能百分之百收集利用且穩定供水，所以在設計雨水貯留槽時，集水面積通常為建築物的一部份，視為固定值，而降雨量資料輸入為已知（氣象局降雨資料），來考慮雨水貯留槽容量與自來水替代率間之關係。本研究之模擬計算是以流入部分的雨水集雨量、自來水補給水量，以及流出部分的使用水量以及溢流量達成平衡，以自來水替代率及雨水利用率能發揮最大效益為雨水貯留槽最適容量設計。

依據上述條件，本研究開發台灣地區雨水貯集利用電腦化試算系統（圖 5-1.1），主要架構區分為三個部份—規範檢核試算、精確試算系統與雨水利用設計；為了讓使用者能夠更深入了解雨水利用效能計算的原理與背景，使本軟體收教育推廣之效，除了依據雨水設計流程區分為三階段輸入架構外，另外加入雨水利用名詞解釋、建築類別推估用水量計算基準與台灣地區降雨類型分區等資料，若是使用上有疑問或是想進一步了解，可以即時查閱資料。

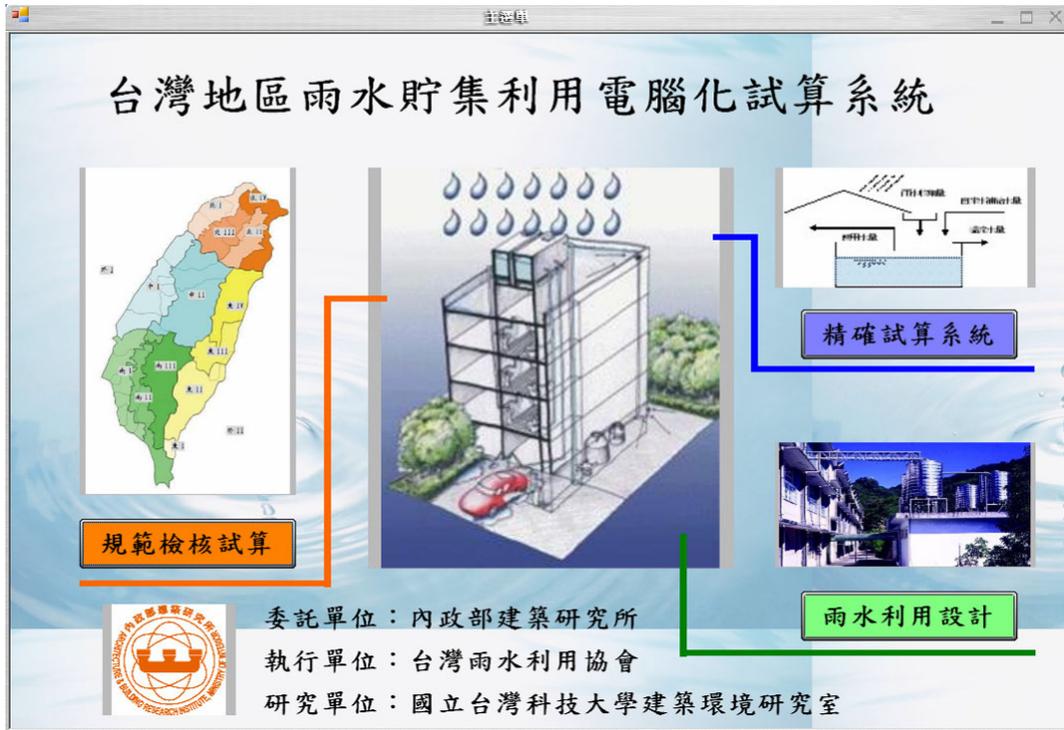


圖 5-1.1 雨水貯集利用電腦化試算系統

### 1. 雨水利用系統模擬計算分析

雨水利用量的計算與累計主要取決於雨水貯留槽四項要因的平衡關係，此四項要因包括流入部分的雨水集雨量、自來水補給水量，以及流出部分的使用水量以及溢流水量，上述平衡關係概念如圖 5-1.2 所示。利用逐日降雨量評估年間雨水利用量之計算程序，首先必須決定雨水利用之基地所在地區及模擬檢討對象年度，其次則是決定集雨面積範圍、使用水量等前提條件。評估雨水利用之模擬計算程序以流程圖表示則如圖 5-1.3 所示。計算之程序茲說明如下：

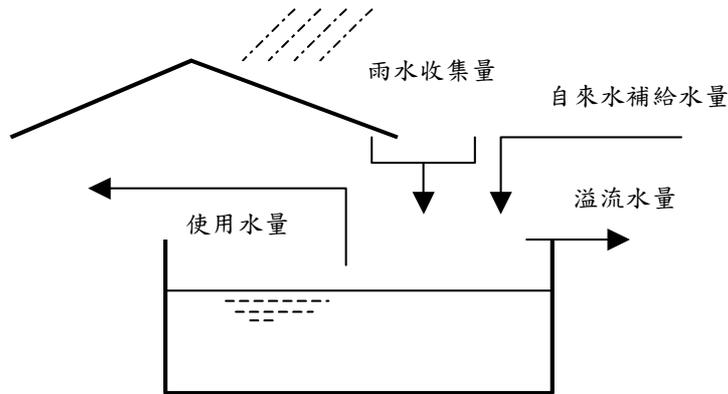


圖 5-1.2 雨水利用與貯留平衡之概念

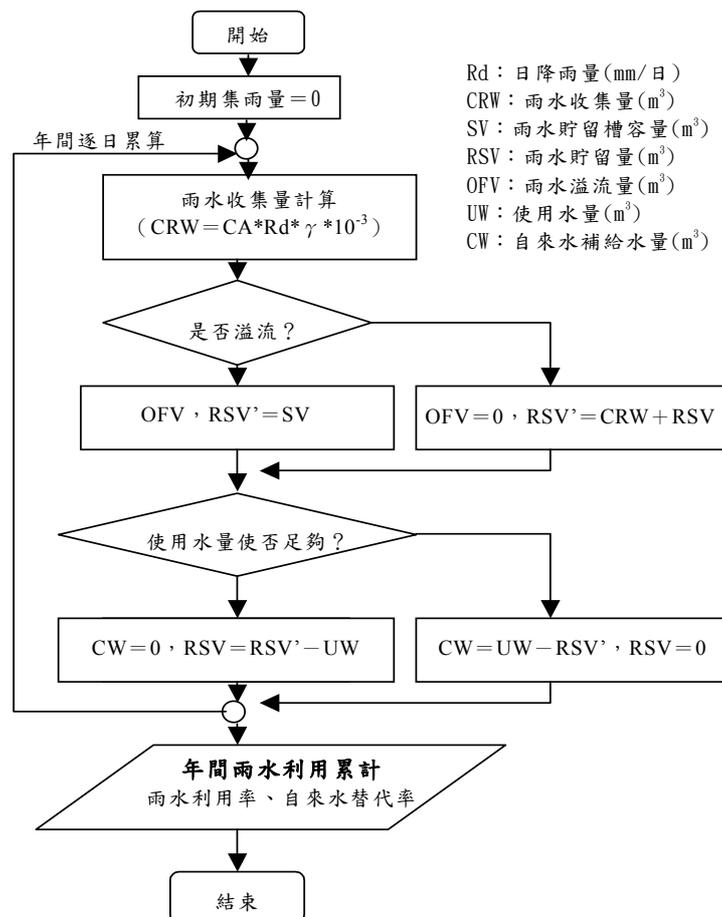


圖 5-1.3 雨水利用模擬計算流程

(1)從逐日降雨量資料  $R_d$  (mm/日) 及集雨面積  $CA$ (m<sup>2</sup>)計算雨水收集量  $CRW$ (m<sup>3</sup>)，

$$CRW(m^3) = CA(m^2) \times R_d (mm/日) \times \text{流出係數} \gamma \times 10^{-3}$$

(流出係數  $\gamma$  隨著集雨場所特性而有不同，屋頂集水通常採用 0.85~0.95。)

(2)由雨水收集量  $CRW$ (m<sup>3</sup>)、雨水貯留槽容積  $SV$ (m<sup>3</sup>)及貯留槽貯水量  $RSV$ (m<sup>3</sup>)，求得溢流水量  $OFV$  (m<sup>3</sup>/日)。

$$CRW + RSV > SV \text{ 時, } OFV = CRW + RSV - SV$$

$$CRW + RSV < SV \text{ 時, } OFV = 0$$

(3)計算當時雨水貯留槽內之貯水量  $RSV'$ (m<sup>3</sup>)

$$CRW + RSV > SV \text{ 時, } RSV' = SV$$

$$CRW + RSV < SV \text{ 時, } RSV' = CRW + RSV$$

(4)由雨水貯留槽貯水量  $RSV'$ (m<sup>3</sup>)與使用水量  $UW$  計算自來水補給水量  $CW$ (m<sup>3</sup>)

$$RSV' - UW < 0 \text{ 時, } CW = - (RSV' - UW)$$

$$RSV' - UW > 0 \text{ 時, } CW = 0$$

(5)計算此時雨水貯留槽內之剩餘貯水量  $RSV''$ (m<sup>3</sup>)，

$$RSV' - UW < 0 \text{ 時, } RSV'' = 0$$

$$RSV' - UW > 0 \text{ 時, } RSV'' = RSV' - UW$$

(6)當日最終雨水貯留槽貯水量  $RSV''$ (m<sup>3</sup>)作為翌日雨水貯留槽貯水量  $RSV$  (m<sup>3</sup>)初值，年間利用則重複上述計算程序，累計各計算參數之變動值。

(7)根據上述之逐日累算結果，年間雨水利用量  $YRU$  (m<sup>3</sup>/年)、年間雨水收集量  $YRC$  (m<sup>3</sup>/年) 及年間使用水量  $YTU$  (m<sup>3</sup>/年) 計算如下：

$$YRU = \sum (UW - CW), YRC = \sum CRW, YTU = \sum UW$$

(8)雨水利用率  $PRU$  (%)，自來水替代率  $PCW$  (%) 計算如下：

$$PRU (\%) = YRU \div YRC \times 100, PCW (\%) = YRU \div YTC \times 100$$

## 第二節 雨水貯集利用之規範檢核試算

雨水貯集利用規範檢核試算之計算，主要掌握住幾個原則，分別是建築物的集雨量、替代用水設計量以計算自來水替代率，另外是雨水貯集槽容量，確保雨水能夠有效的保留在基地或建物內以供使用。

下圖 5-2.1 為雨水貯集利用規範檢核試算之基本運算架構與流程，第一階段首先針對建築物名稱、用途、區位等條件進行輸入與定義，以決定該建築物所在之降雨類型分區與使用類型；第二階段為該建築物之使用水量統計，區分為住宅類(以使用人數或戶數為計算基準)與非住宅類(以有效樓地板面積為計算基準)，以決定該建築物之總用水量；第三階段則是雨水利用設計，包含集雨面積、雨水利用設計量與貯水槽容量等關鍵性條件設定輸入；最終獲取簡易系統之試算結果，包含該建築物所在之降雨類型分區、年平均雨量、日平均雨量、日降雨概率、建議貯水天數等區位背景條件，總用水量、日集雨量、自來水替代量等雨水利用設計資料，與自來水替代率、貯水槽容量等評估是否達到法制化規定之要求。依據法制化之規定，自來水替代率與貯水槽容量兩者必須同時高於規定值，方能通過。

## 第五章 雨水貯集利用電腦化試算系統



**圖 5-2.1 雨水貯集利用規範檢核試算之架構**

本軟體使用下拉式使用者介面，由建築物所在地之縣市與鄉鎮市決定降雨類型分區，使用時可以參考前表 2-3.1(北部地區)、2-3.2(中部地區)、2-3.3(南部地區)、2-3.4(東部地區)及 2-3.5(外島地區)，對應出其降雨類型分區之日平均雨量、日降雨概率及儲水天數等資訊。

替代用水量則以建築物雨水貯留利用設施之有效雨水利用量為主，此為設計者依據實際狀況（建築物雨水貯留利用設施可用雨水來替代之廁所、清潔、洗車、園藝澆灌等再生水用途項目用水量），將用水器具數與用水量資訊分析得出。之後再將該值與建築物總用水量（依據不同建築用途，查表 5-2.1 換算得知）相比，取得自來水替代率，其依法制化之標準為 4%。

最後是判斷雨水貯集槽容量，設計者首先依據建築物基地條件設計雨水貯集槽，其容量可依設計用水量初估。之後再依據由前表 2-3.1~2-3.5 所查得之儲水天數與雨水所能替代水量的乘積，計算出所需最小貯集槽容量，並

將其與設計儲水槽容量相比，只要設計容量大於最小貯集槽容量則表示應有足夠的雨水量得以供應使用。

**表 5-2.1 建築類別用水量推估計算基準**

建築類別	規模類型	單位面積用水量 <sup>(註2)</sup> Wf (公升/m <sup>2</sup> ·日)	全棟建築總用水量 Wt (公升/日)
辦公類 <sup>(註1)</sup>	一般專用	7	$Wt = Wf^{(註2)} \times Af$ 其中： Af為停車場、機械室、倉庫及梯廳、 電梯、樓梯等服務空間除外之居室總 樓地板面積 (m <sup>2</sup> )。
	複合使用	9	
百貨商場類	有美食街設施	20	
	無美食街設施	10	
旅館類	都市商務旅館	15	
	一般複合型旅館	20	
	中大型休閒旅館	25	
醫院類	地方診所、療養院	15	
	綜合醫院	21	
	教學大型醫院	24	
學校建築	行政及教學大樓	10	
	其他	比照其他類	
宿舍類	----	10	
住宅類	----	----	$Wt = 250 \text{ 公升/ (人·日) } \times 4.0 \text{ (人/戶)} \times Nf$ , 其中·Nf:住宅總戶數(戶), 亦即統一以每戶四人計算用水量。
其他類	----	----	根據建築實際用水量需求計算之。

註 1.辦公類建築物中有咖啡廳、廚房或容許範圍之其他使用時則屬複合使用類型。  
 註2.單位面積用水量 Wf 主要參考日本空氣調和、衛生工學便覽第12版(1995.03), 以及  
 工研院節水服務團之部分調查資料(2002.02)補充修正而成。

## 1. 雨水貯集利用計算方法與流程

各類建築因設置條件或所處基地位置不同，所需考量的因素亦有差異，根據雨水貯留再利用法制化的評估概念，以及方便使用者的操作與計算，將其整理成階段步驟，作為參考依據。以下即為步驟介紹，並逐一說明其計算細節：

**STEP 1. 建築物基本資料、各層平面圖、各向立面圖、雨水系統昇位圖、雨水貯集槽設計圖（平面位置圖或剖面圖）；**在計算自來水替代率評估項目之前，下列各項資料必須準備齊全，方能使計算值精確反應建築物雨水貯集利用之設計量與自來水替代率。

**a. 建築物基本資料：**需包含有建築物名稱、基地面積、法定建蔽率、法定空地面積、基地所在地等資料。

**b. 各層平面圖：**

1. 屋頂平面圖或具備集雨功能的平面圖等，以計算建築物集雨面積  $A_r$ 。

2. 標準層平面圖，以計算居室之總樓地板面積  $A_f$ ，進而進入 STEP 5 確定全棟建築物之總用水量  $W_t$ （可參考表 5-2.1 提供之算法計算）。

**c. 各向立面圖：**若需使用外牆集雨者，需準備各向立面圖，便於計算其百分之三十的集雨面積，但其必須設有集雨管路系統及過濾處理設備。

**d. 雨水系統昇位圖：**確實將雨水貯集槽設計進入建築物當中，並將其管線及其供水系統標出，以便查核收集量及供給量。

**e. 雨水貯集槽設計圖：**至少需含雨水貯集槽的設計平面配置圖及其過濾設備、容量計算等資訊，以檢核設計是否得當。

**f. 省水設施評估概要：**簡要說明設置雨水貯集系統之目的與使用場所。

**g. 彌補措施規劃概要說明：**說明彌補措施使用場所及計算評估，並

比對雨水貯集槽的設計量是否滿足設計用水量。

- STEP 2. 查表 2-3.1(北部地區)、2-3.2(中部地區)、2-3.3(南部地區)、2-3.4(東部地區)及 2-3.5(外島地區)，確認基地所在位置之降雨類型分區，並查得日平均雨量  $R$ 、日降雨概率  $P$  及儲水天數  $N_s$  等資訊。
- STEP 3. 計算雨水利用設計量  $W_d$ ，此值為可用雨水替代之再生水用途項目之用水量總和。需依據該建築物所能使用於與人體無接觸的合理用途設計，並配套供水管路系統方可。
- STEP 4. 推算自來水替代水量  $W_s$ 。首先先計算日集雨量  $W_r$ ，其為日平均雨量  $R$ 、建築物集雨面積  $A_r$ 、日降雨概率  $P$  的乘積，之後再與 STEP 3. 所計算出的  $W_d$  相比較。若  $W_r \leq W_d$  時則  $W_s = W_r$ ，若  $W_r > W_d$  時則  $W_s = W_d$ 。
- STEP 5. 確定建築類別總用水量  $W_t$ 。根據表 5-2.1 之建築類型及規模類型，查出單位面積用水量  $W_f$  以及扣除表內所列空間之居室總樓地板面積  $A_f$  或住宅類型的總戶數  $N_f$ ，最後將  $W_f$  與  $A_f$  相乘或依住宅類建築算法計算其總用水量  $W_t$ 。
- STEP 6. 計算自來水替代率  $R_c$ ，其值為將 STEP 4 所計算出來的  $W_s$  除以 STEP 5 所計算出來的  $W_t$ ，所得之商數即為  $R_c$ 。判斷  $R_c$  值是否大於雨水貯留利用率基準值  $R_{cc}$ （根據建築技術規則建築設計施工篇第三百十二條規定）。
- STEP 7. 評估雨水貯集槽是否足夠。首先計算雨水貯集槽標準值，即  $N_s \times W_s$ ，其所得之值與 STEP 1 中的  $e$  項之設計容量比較，若設計值大於標準值，則為設計合格；若否，則調整設計容量，直至大於雨水貯集槽標準值。

本研究根據上述步驟，利用程式編寫成方便使用者操作的軟體。部分既有資料亦轉換成下拉式選單，方便直接選用連結資料庫，減少因誤填而造成的計算或判斷錯誤。另外，許多參數亦由設計者依據所需評估之案例，自行計算以作為輸入數據，以加快程式運作，如集雨面積及居室面積或戶數等。

待資料全部輸入後，程式將自行判斷設計量與法制化標準，並顯示是否合於標準。此程式以簡化法制化計算之步驟，並且還能減少計算錯誤發生之機率，可供操作使用方便且準確評估。

## 2. 雨水貯集利用案例操作計算

依據雨水貯集利用計算步驟，本研究擬針對一位於桃園大溪之學校整建案例加以試算，判斷其是否符合法制化之標準，以下即採步驟計算方式，逐一計算：

### STEP 1. 收集建築物相關資料及圖面

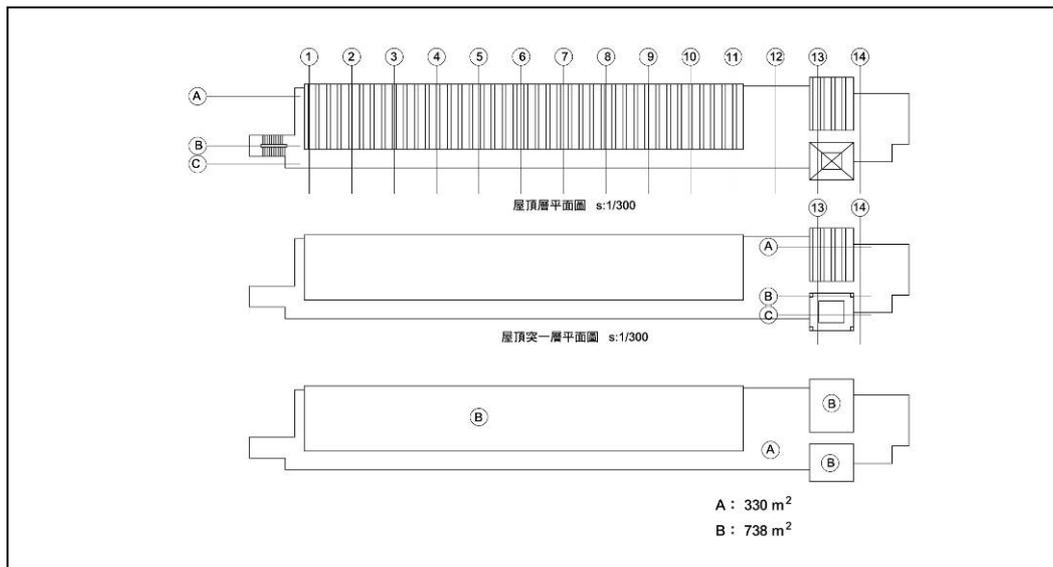
#### a. 基地設計概要說明：

基地位於桃園縣大溪鎮某整建學校建築，合計建築總樓地板面積 7500 平方公尺，開發基地面積 4125 平方公尺，法定建蔽率 50%。

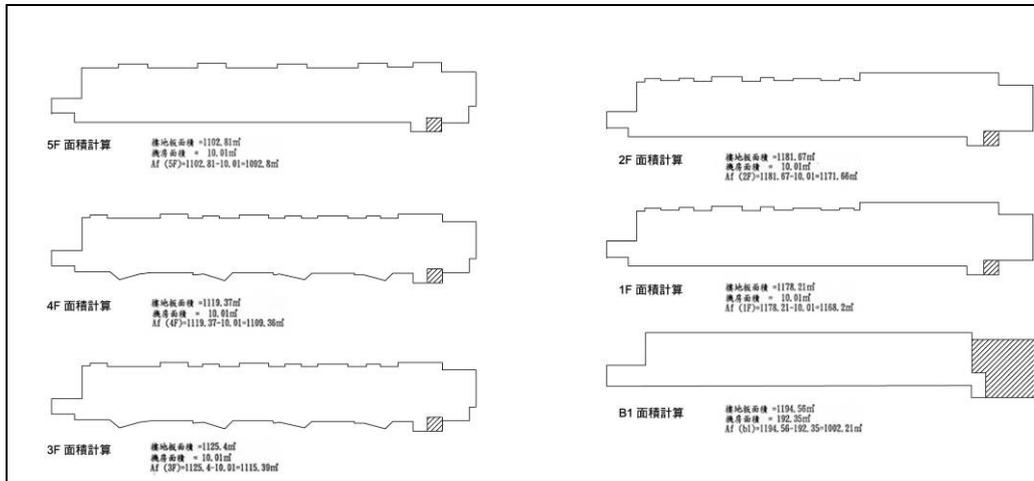
#### b. 各層平面圖：

##### (a) 屋頂平面圖，計算集雨面積 $A_r$ ：

本案僅設定屋頂為集雨區，所以只需評估屋頂平面圖，屋頂集雨區之面積經估算為 1068 平方公尺。

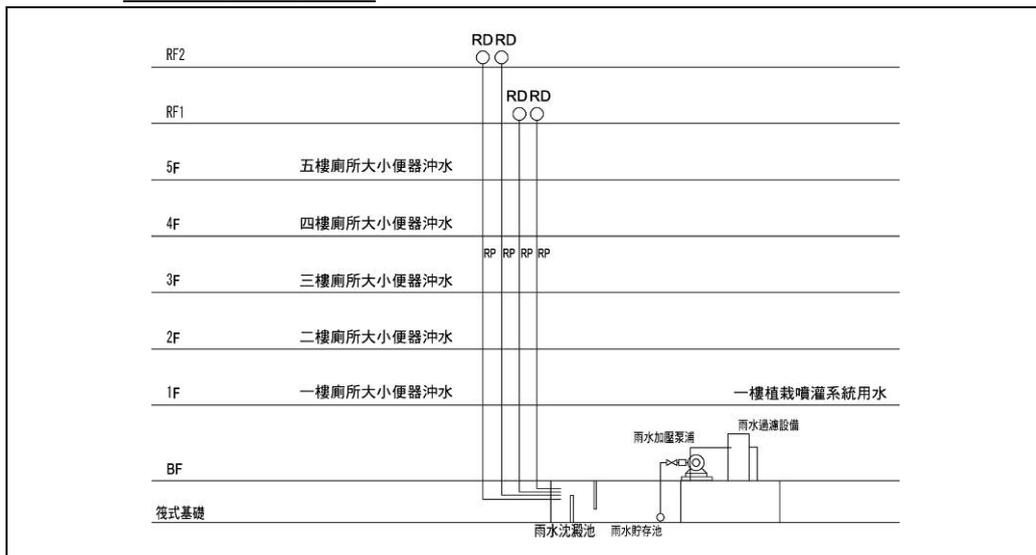


(b) 標準層平面圖，計算居室之總樓地板面積 Af：

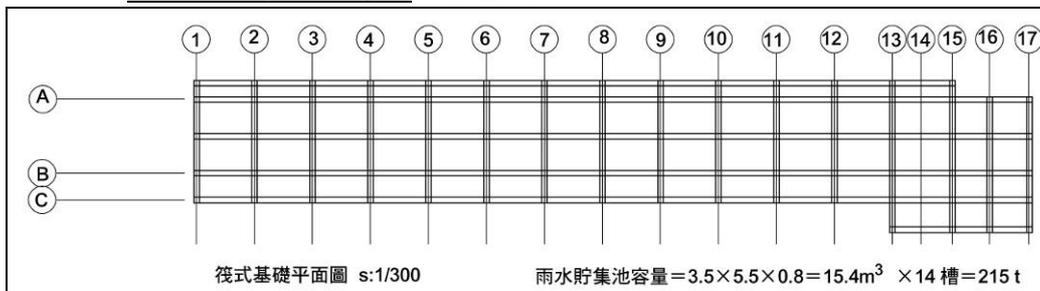


c.各向立面圖：因本案不需利用立面做為雨水收集面積，所以不需準備立面圖。

d.雨水系統昇位圖：



e.雨水貯集槽設計圖：容量為 215 噸。



f.省水設施評估概要：

本案合計建築總樓地板面積並未超過 30000 m<sup>2</sup>，但基於對水資源之重視，而設置雨水貯留利用率 4% 以上之雨水貯留利用設施，以符合本規範之要求。另將雨水貯留運用至自動噴灌系統中，以節約用水。

g.雨水設計替代水量概要說明：

噴灌系統每天噴灑時間為 20 分鐘，每分鐘噴灑所需水量為 35PGM  
一日所需灑水量  $35 \times 20 = 700\text{GPM}$  (加侖)

$$700 \times 3.785 = 2649.5 \text{ (公升)}$$

$$2649.5 / 1000 = 2.65 \text{ (噸)}$$

一日設計噴灌水量：2.65 噸

另利用雨水貯集系統供給沖廁使用，共計：

$$66.60 \text{ 噸 (全幢總用水量)} \times 0.5 \text{ (總用水量之一半)} = 33.30 \text{ 噸}$$

一日設計沖廁水量：33.30 噸

STEP 2. 查表獲取相關資訊

由於本案位於北部區域，經查表 2-3.1 得知降雨類型分區為北部 III 區，日平均降雨量為 6.31 (mm/日)、日降雨概率 0.37、儲水天數  $N_s$  為 8.12。

STEP 3. 計算雨水利用日設計量  $W_d$

$$W_d = \sum R_i$$

$$W_d = 2.65 \text{ 噸 (噴灌系統用)} + 33.30 \text{ 噸 (沖廁用)}$$

$$= 35.95 \text{ 噸}$$

STEP 4. 推算自來水替代水量  $W_s$

$$\text{日集雨量 } W_r = 6.31 \times 1068 \times 0.37 = 2493.45 \text{ 公升/日} = 2.49 \text{ 噸}$$

比較  $W_d$  與  $W_r$ ，並取其小值當為  $W_s$

$$\text{則 } W_s = 2.49 \text{ 噸}$$

STEP 5. 確定建築類別總用水量  $W_t$

根據表 5-2.1 之建築類型及規模類型，查出單位面積用水量  $W_f$  及居室之總樓地板面積  $A_f$ 。

評估項目	建築類型	規模類型	單位面積用水量 $W_f$ (公升/( $m^2$ 日))	$A_f$ 或 $N_f$	全幢建築總用水量 $W_t$ (公升/日)
	學校建築	教學大樓	10	6659.62	66596.2

#### STEP 6. 計算自來水替代率 $R_c$

根據 STEP 4 所推算之  $W_s = 2.49$  噸

以及 STEP 5 所確定之  $W_t = 66596.2$  公升/日 = 66.60 噸

求得  $R_c = W_s / W_t = 2.49 / 66.60 = 3.7\% \leq 4\%$  (法制化基準)

#### STEP 7. 評估雨水貯集槽設計量是否足夠

比較雨水貯集槽容量

依據 STEP 1 中 e 項的設計容量為 215 噸，則雨水貯集槽容量

$V_s = 215$  噸 > 標準值  $N_s \times W_s = 8.12 \times 2.49$  噸 = 20.22 噸

所以雨水貯集槽容量滿足設計使用水量

故本案在自來水替代率部分評定為「不合格」，而在雨水貯集槽設計量部分評定為「合格」。

### 3. 雨水貯集利用規範檢核試算軟體案例操作

依據上述計算以及判斷，利用本研究編寫之計算評估程式加以試算，並由程式自行判斷其設計結果是否合於法制化之標準。以下即為程式操作步驟、輸入數值以及顯示結果。

規範檢核試算步驟一(圖 5-2.2)為定義建築物區位資料，首先輸入「建築物名稱」，作為輸入資料時之參照依據，避免輸入不同案例之資料；然後選擇「建築物用途」，依據所評估案例的建築用途，利用下拉式選單直接選取「學校」，其將會呼叫程式中的資料庫，將所需的樓地板面積換算成所需要的用水量，代入評估計算；再來是由使用者依據建築物所在區域，以下拉式選單直

接選取縣／市：「桃園縣」，市／鎮／鄉：「大溪鎮」，本系統比對資料庫，自動選取所屬的降雨類型分區，以為計算資料基準。



圖 5-2.2 規範檢核試算步驟一

規範檢核試算步驟二(圖 5-2.3)為使用水量統計，輸入方式分為三種，使用者擇一輸入即可；第一種為住宅類建築，以居住戶數為計算單位；第二種也是住宅類建築，但以居住人數為計算單位；第三種為非住宅類建築，輸入有效樓地板面積  $A_f$ ，即為扣除停車場、機械室、倉庫及梯廳、電梯、樓梯等服務空間之居室總樓地板面積，根據使用者輸入面積資料與步驟一之「建築物用途」，本系統將會自動比對資料庫，計算出正確的使用水量；需要注意的是，步驟一之建築物用途與步驟二之輸入用水資料欄位必須符合，例如步驟一之建築物用途選擇「住宅」後，在步驟二中，僅能採用第一種或第二種輸入方式，不能採用第三種輸入有效樓地板面積  $A_f$  的方式。本案屬於學校類建築，步驟一中建築物用途以下拉式選單選取「學校」，在步驟二中，採手動輸入有效樓地板面積欄位「6659.62」(m<sup>2</sup>)。

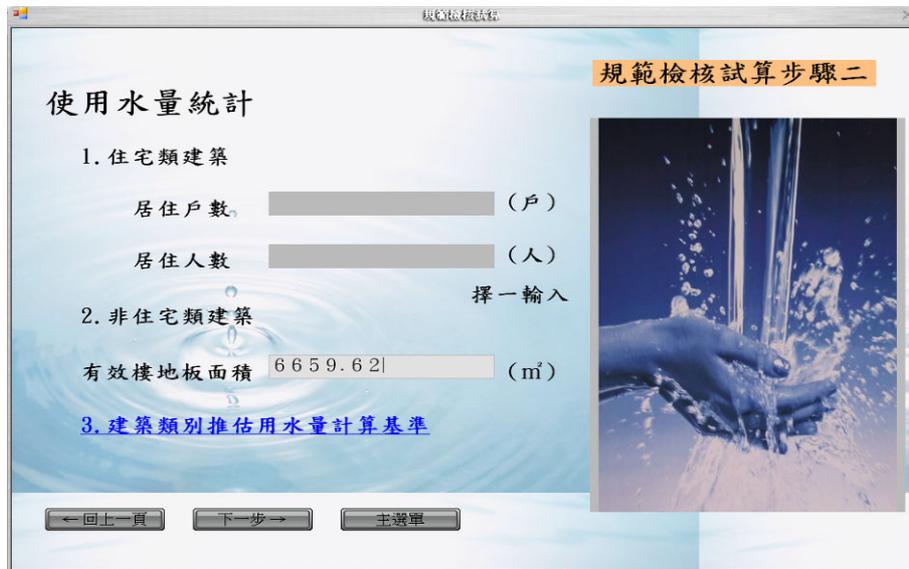


圖 5-2.3 規範檢核試算步驟二

規範檢核試算步驟三(圖 5-2.4)為雨水利用設計設定，分別為輸入集雨面積、雨水利用設計量與貯水槽容量等數值，依據本案例之資料，輸入集雨面積：「1068.00」(m<sup>2</sup>)、雨水利用設計量：「35.95」(噸)與貯水槽容量「215.00」(噸)，進入計算。



圖 5-2.4 規範檢核試算步驟三

當填妥並送出後，出現圖 5-2.5 的畫面，將所有的結果列出。其內共出現三個區域，左上為「基本資料區」、左下為「試算結果區」，而右下為「合格判斷區」。基本資料區內的資料為呼叫程式資料庫內的降雨類型分區內容所得，用以計算不同位置所能取得的雨水量與建議最小貯水天數。計算結果區內總用水量是依據使用者輸入建築類型與相關資料求得；日集雨量則是依據集雨面積與降雨類型分區計算求得；自來水替代量則是判斷日集雨量與雨水設計量後的較小值。最後再計算自來水替代量與總用水量的比值，作為判斷自來水替代率，若大於 4% 則在合格判斷區內呈現「合格」，反之則呈現「不合格」。另外依據儲水天數與自來水替代量的乘積，計算出貯水槽的最小容量，若設計貯集槽容量大於法規貯集槽容量，則亦會在合格判斷區內呈現「合格」，反之亦呈現「不合格」。

如果判斷的結果有一呈現「不合格」，建議使用設計者按下「返回上頁」，重新調整集雨面積或貯水槽容量，之後再重新進行試算並判斷。結果所得如皆為「合格」，即意指可符合法制化內容之需求，若要設計得更好，則可修正部分設計量以提高自來水替代率。

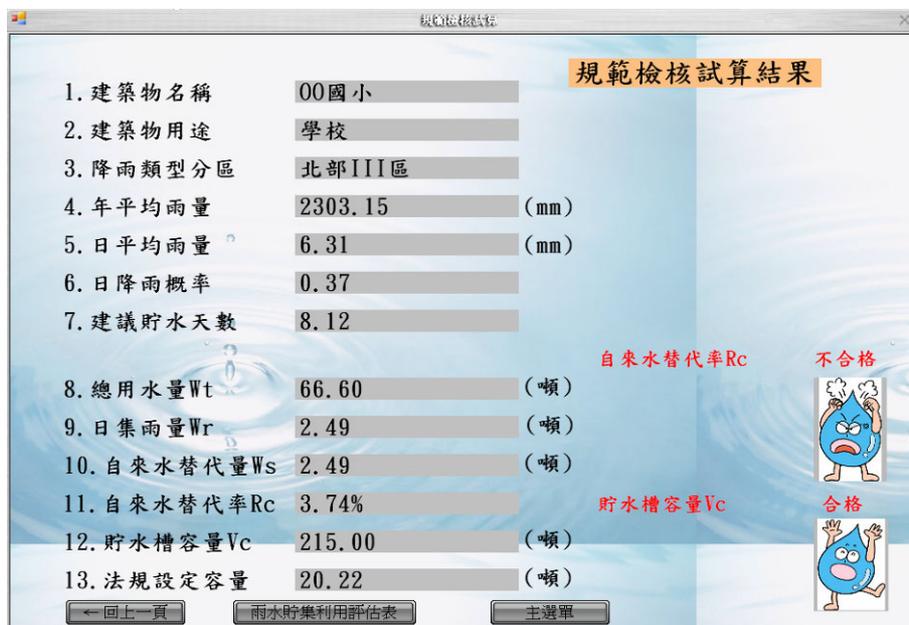


圖 5-2.5 規範檢核試算結果

為了操作者使用上之便利，本軟體亦提供表單讓使用者輸入基本資料，之後可合併列印成建築物雨水貯集利用評估總表(下圖 5-2.6)，後續若欲申請綠建築標章，可為水資源評估指標之參考附件。

建築物雨水貯集利用評估總表			
一、建築物基本資料			
建築物名稱	00國小	基地地號	
起造人		設計人	
基本資料	基地面積 (m <sup>2</sup> )		
	法定建蔽率 (%)		
	法定空地面積 (m <sup>2</sup> )		
二、基地降雨量評估項目			
基地所在地	桃園縣 大溪鎮	降雨類型分區	北部III區
日降雨概率 P	0.37	日平均雨量 R(mm)	6.31
集雨面積 A <sub>r</sub> (m <sup>2</sup> )	1068	貯水天數 N <sub>s</sub>	8.12
三、自來水替代率評估項目			
A、自來水替代水量 W <sub>s</sub>			
日集雨量 W <sub>r</sub> = R × A <sub>r</sub> × P = <input type="text" value="2.49"/>			
雨水利用設計量 W <sub>d</sub> = ΣR <sub>i</sub> = <input type="text" value="35.95"/> → W <sub>s</sub> = <input type="text" value="2.49"/>			
B、建築類別總用水量 W <sub>t</sub>			
建築用途類別		全棟建築總用水量 W <sub>t</sub> (噸/日)	
學校		66.60	
C、自來水替代率 R <sub>c</sub> = W <sub>s</sub> ÷ W <sub>t</sub> = <input type="text" value="3.74%"/>			
D、雨水貯集槽 V <sub>c</sub> = <input type="text" value="215.00"/> 標準值：N <sub>s</sub> × W <sub>s</sub> = <input type="text" value="20.22"/>			
四、雨水貯留指標及格標準檢討			
(1) 自來水替代率 R <sub>c</sub> 是否合格 = <u>不合格</u>		合格 <input type="checkbox"/>	
(2) 雨水貯集槽容量是否合格 = <u>合格</u>		不合格 <input checked="" type="checkbox"/>	
簽證人	姓名：		開業證書字號：
	事務所名稱：		
	事務所住址：		

圖 5-2.6 建築物雨水貯集利用評估總表

利用電腦化試算系統計算及判斷的結果，其與按照步驟操作計算的結果完全符合，因此可利用此程式取代手算之繁雜步驟。唯部分關於設計面積、替代水量及雨水槽設計容量，因各案例之設計量皆不相同，所以在使用該程式前，需將部分設計量予以計算量化後，再予以輸入計算及判斷。

### 第三節 雨水貯集利用之精確試算系統

針對不同類型的建築物，在設計階段導入雨水利用系統時，必須配合當地降雨條件、使用水量與設置型態等因素，在繁複的計算過程中，本研究利用 Visual Basic .Net 軟體撰寫電腦計算程式，提供簡易的操作界面給設計規劃者應用，對於雨水貯留供水系統之推廣更有實質上的助益。

下圖 5-3.1 為雨水貯集利用精確試算系統之基本運算架構與流程，第一階段首先針對建築物區位資料與使用水量統計等條件進行輸入與定義，以決定該建築物所在之降雨類型分區與總用水量；第二階段為該建築物之雨水利用設計，包含集雨面積、雨水利用設計量與貯水槽容量等關鍵性條件設定輸入；在第三階段中，首先獲得該建築物所在之降雨類型分區，可以下拉式選單直接選擇欲模擬年度(1984-2003 年)，或是參考本程式所提供該降雨分區年度雨量資料，再進行模擬年度選擇；最終獲取精確系統之試算結果，包含模擬年度之全年總雨量與最大日雨量等背景條件，年間總用水量、雨水集水量、雨水利用量、雨水溢流量、補給水量等雨水利用系統運作資料與運作歷線分析，以及全年雨水利用率、自來水替代率等雨水利用效能評估係數。

與規範檢核試算相比較，精確試算系統提供較為完整而精確的年度雨水利用效能評估，使用者有較大之選擇空間，例如要運算某建築物之雨水利用系統於雨量較少年度之運作效率，或是欲求得雨水利用系統之最高運作效率，皆可於本試算系統內完成。

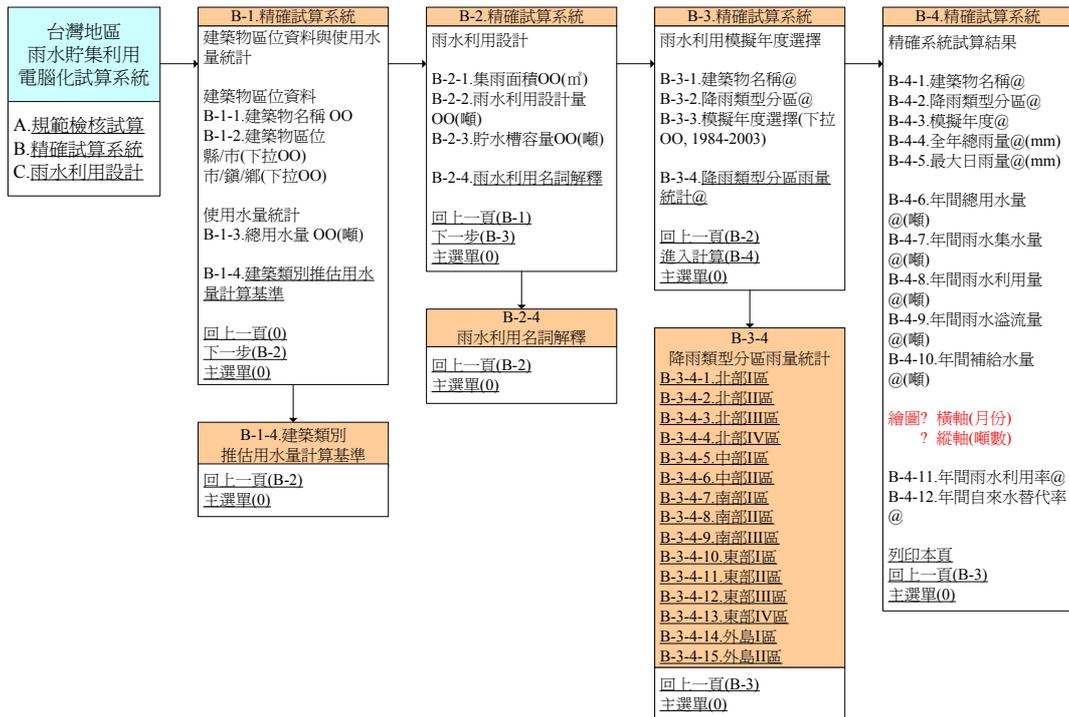


圖 5-3.1 雨水貯集利用精確試算系統之架構

下面將藉由一個案例的操作，來說明精確試算系統的操作。

假設條件：某 OO 住宅位於台北縣石碇鄉，計有 5 戶共 20 名住戶，總用水量為 5.00 噸，屋頂集水面積為 500.00 m<sup>2</sup>，雨水利用設計量為 2.00 噸，貯水槽容量為 10.00 噸。

精確試算系統步驟一(圖 5-3.2)中，首先輸入「建築物名稱」，作為輸入資料時之參照依據，避免輸入不同案例之資料；然後建築物所在區域，以下拉式選單直接選取縣/市：「台北縣」，市/鎮/鄉：「石碇鄉」，本系統比對資料庫，自動選取所屬的降雨類型分區，以為計算資料基準；最後在總用水量欄位輸入「5.00」(噸)。



精確試算系統步驟三(圖 5-3.4)為設定模擬年度，可以直接以下拉式表單選取，或是進入降雨類型分區雨量統計(圖 5-3.5)，參考各年度雨量(1984-2003)，本案例選擇「1995」年為模擬年度，然後進入計算。

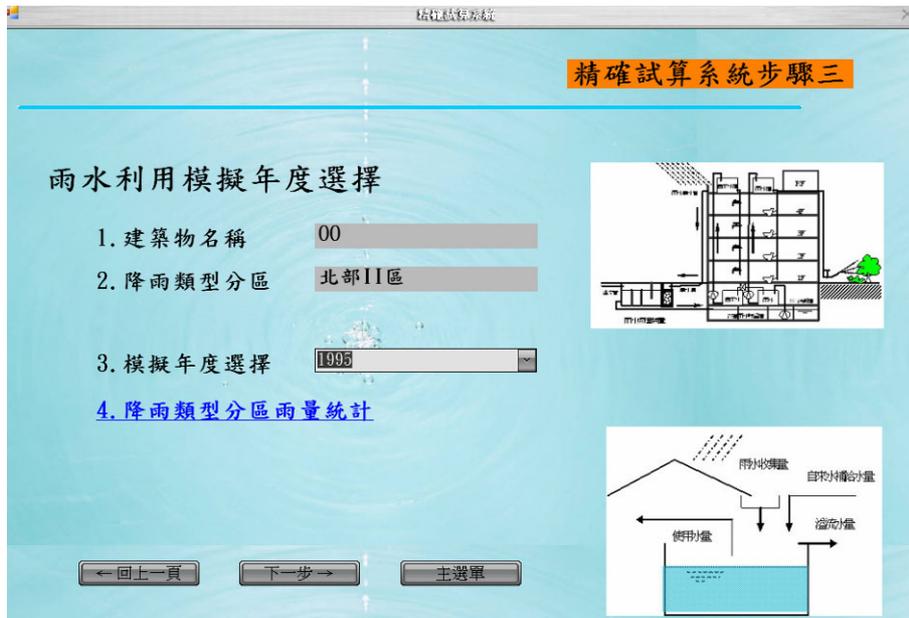


圖 5-3.4 精確試算系統步驟三

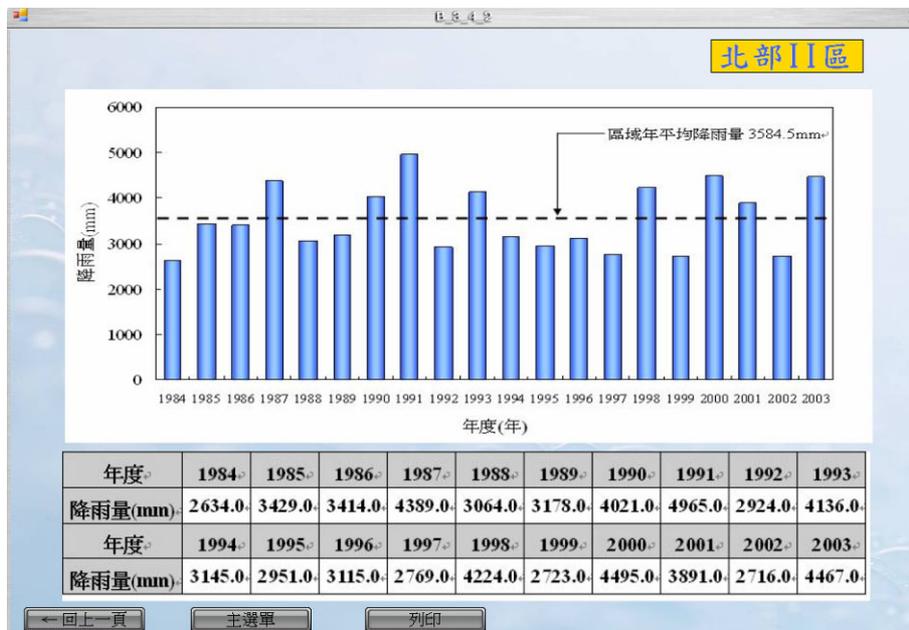


圖 5-3.5 降雨類型分區雨量統計(北部II區)

當填妥並送出後，出現圖 5-3.6 的畫面，將所有的結果列出，其內共出現四個區域；左上為「模擬年度雨量資料」，包含模擬年度之全年總雨量與最大日雨量；左中為「雨水利用系統運作資料區」，包含模擬年度之年間總用水量、雨水集水量、雨水利用量、雨水溢流量、補給水量等；左下為「雨水利用效能評估」，包含全年雨水利用率、自來水替代率等；而右為「雨水利用系統運作歷線分析圖」，使用者可以從中獲得模擬年度雨水利用系統運作效率變化資訊，若有運作效率較低之情形，從而檢討系統設計，如增加集雨面積或是增大貯水槽容量等方式改進。



圖 5-3.6 精確系統試算結果

與規範檢核試算相比較，精確試算系統提供較為微觀尺度的雨水利用效能評估，從其結果中可以得知模擬年份甚至月份的雨水利用效能變化，以及完整的模擬數據；而規範檢核試算則提供使用者簡單明瞭的雨水利用設計參考依據，以「自來水替代量」與「貯集槽容量」是否合格為基礎，判定是否符合法制化規定；使用者可以自行選擇適於本身條件設定之試算系統。

### 第四節 雨水貯集利用之設計

本章節為雨水設計利用之介紹與案例說明，下圖 5-4.1 為雨水貯集利用設計之基本架構與流程，主要分為四個部份，分別為雨水利用設計說明、雨水利用系統維護管理、國內參考案例與國外參考案例。藉由圖形、圖片化介面與實際案例介紹，讓使用者對於雨水利用設計能夠有具體的概念，而非流於形式空談；並且針對雨水利用設計所會遭遇之問題，與後續維護管理所須注意事項進行整理，讓使用者有所依循之設計程序與應映對策。

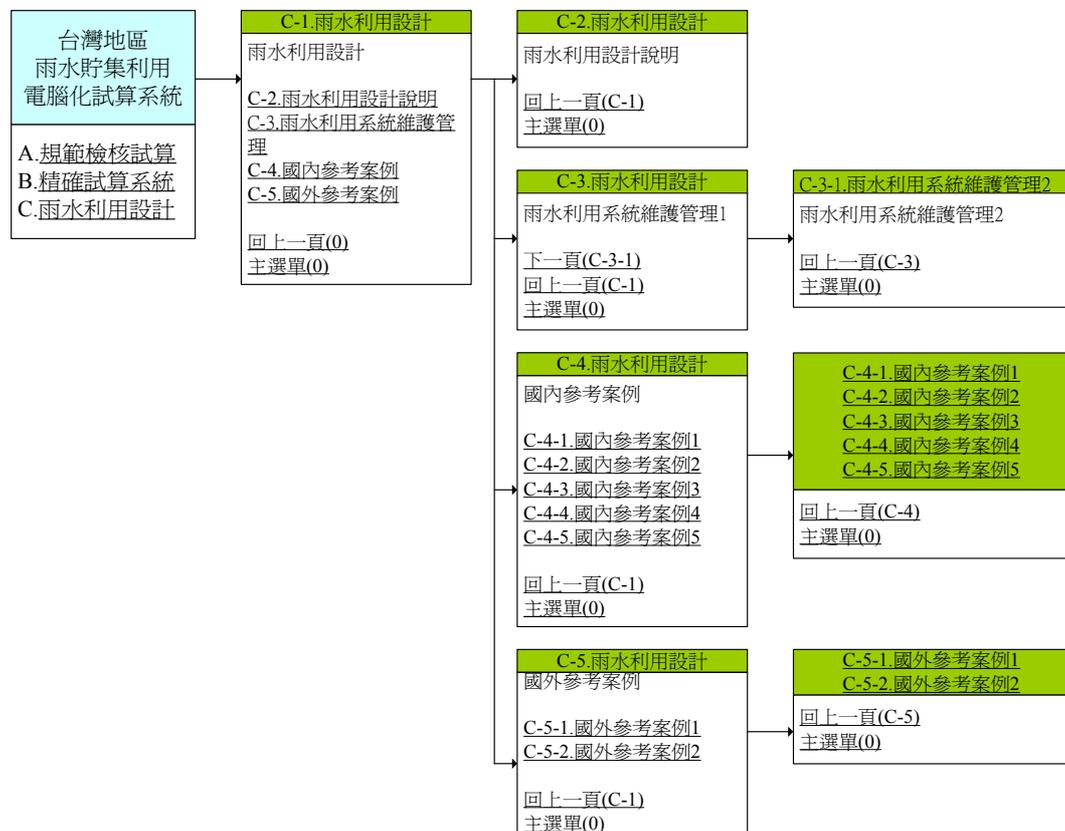


圖 5-4.1 雨水貯集利用設計之架構

下圖 5-4.2 為雨水利用設計說明頁面，首先說明雨水貯集利用系統之構成須包含 1.集水區域、2.集雨配管系統、3.初期雨水簡易處理系統、4.簡易過濾設施與 5.貯水設施等五項要素，方能收雨水利用之效；再者針對雨水利用設計流程進行規劃建議，從最初的建築物用途別使用水量計算、雨水利用用途、水量設定，到最後的施工及維護管理計畫，使規劃者有所依循之設計流程。

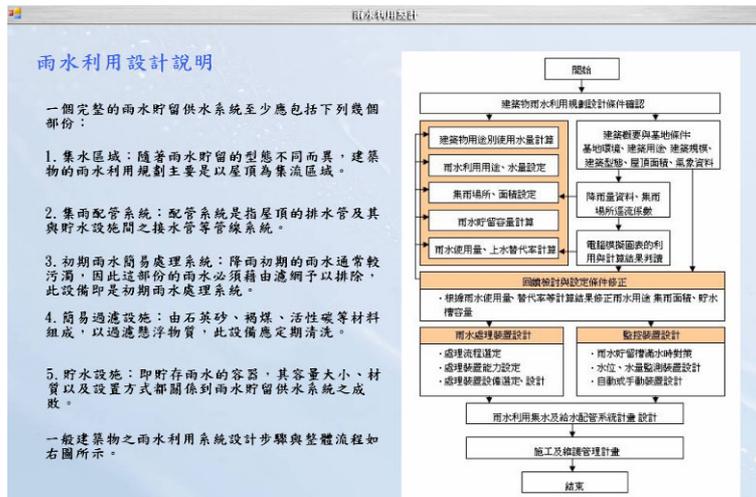


圖 5-4.2 雨水利用設計說明

下圖 5-4.3 為雨水利用系統維護管理頁面，主要針對雨水利用系統運作，維護管理上所會遇到的問題進行說明。



圖 5-4.3 雨水利用系統維護管理

下圖5-4.4與5-4.5為本研究針對國內外目前所實際操作之雨水貯集利用案例進行探討，藉由案例介紹的手法，以淺顯易懂的文字說明與照片，讓使用者可以快速了解雨水貯集利用如何融入日常生活中。



圖 5-4.4 國內參考案例

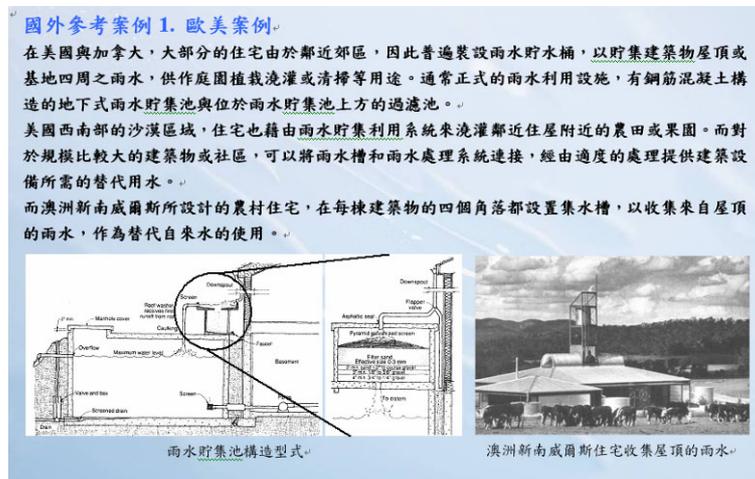


圖 5-4.5 國外參考案例

## 第六章 結論與建議

### 第一節 結論

本年度研究主要為「雨水貯集利用」電腦輔助設計套裝軟體，工作內容包含更新修訂技術手冊與規範、建立電腦模組化設計套裝軟體、編纂使用者參考手冊、雨水貯集利用相關週邊設計探討與既有建築筏式基礎導入雨水利用系統研究等，茲將本年度之成果歸納整理如下：

#### 1.更新修訂技術手冊與規範

針對雨水貯集利用容量設計與效率，本研究利用動態聚類法，依降雨型態的不同，已將台灣 300 多處測站簡化分為數個子區域，分別為北部 4 區、中部 2 區、南部 3 區、東部 4 區與外島 2 區等，共計 15 個分區，與現行 22 個代表性測站相較，其數據可信度較高。

本研究並持續針對此 15 個細部分區，從長期的角度來探討其雨水貯集利用效能，並統整氣象資料，建立具代表性的降雨類型與特性，計算求得各分區內平均降雨量、降雨概率與建議貯水天數，將提供後續區域雨水貯集系統容量最佳化設計之參考。

#### 2.電腦模組化設計套裝軟體與使用者參考手冊

本計畫之研究成果必須轉化成建築師或設計師能夠應用與參考之準則與推動依據，方能獲致實質應用之意義，故本計畫以發展之理論方法為基礎，建立雨水貯集利用電腦程式，針對雨水利用系統的原理及法制化後的計算公式，透過電子化的過程，藉由微軟公司的 Visual Basic .Net，寫成物件導向式的電子化試算系統，以讓使用者或設計者，不用再透過繁瑣的計算步驟，也能計算出理想的設計值，甚至是協助判斷所設計出來的建築物是否滿足法

制化的要求，達到簡化的目的。

### 3. 雨水貯集利用相關周邊設計探討

本研究藉由雨排水系統設計方法與基本原理，分析其構成要素，探討若導入雨水貯集利用，其周邊相關設計之整合，使其能夠達到最佳化；本研究亦藉由調查國內現行案例的方式，從實際運作之案例中，分析其系統設計與實際運作效率。

### 4. 既有建築筏式基礎導入雨水利用系統

本研究試圖於雨水再利用系統的相關理論架構下，探討雨水貯集的空間上，嘗試利用建築筏式基礎的底部空間作為貯集的工具。本研究建立一套推估模式，作為探討既有建築筏式基礎空間中，實際可作為雨水貯集利用的合理容量。

根據推估模式所計算的結果，未使用的筏式基礎容量為 9875725.3m<sup>3</sup>，占全台北市既有建築筏式基礎總量的 77.8%，代表在既有建築筏式基礎的空間，大部分沒有被妥善利用，還有相當大的開發效益，等待加以運用。

再者，在本研究中，出現可利用的筏式基礎空間龐大，但建築集雨面積卻不足的現象。在評估建築不分類的情形下，筏式基礎年平均貯水量為 17,913,493.90m<sup>3</sup>，僅為總貯水量的 15.1%，顯示出筏式基礎效能尚有提升的空間。

## 第二節 建議

針對上述階段性計畫成果，本研究提出建議如下：

### 建議一

輔助設計軟體開發與推廣：立即可行之建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：行政院公共工程委員會、內政部營建署

本研究迄今已彙整各年度計畫成果，建立台灣地區降雨類型分區與建議貯水天數，並完成雨水貯集利用電腦程式，建議本案後續應朝向建立「輔助設計軟體」方向進行研究，方可落實研究成果，並有利於建築師於實務設計上之應用。

### 建議二

中長期建議：整合既有建築物兩排水系統，導入雨水貯集利用

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：行政院公共工程委員會、內政部營建署

目前雨水貯集利用系統，多採用於新建之建築物，如何將雨水貯集利用推廣至佔大多數之既有建築，使其整體效能大為提升，建議主管機關後續可考慮針對此建議進行研究，以擴大「建築基地保水貯集技術」之施行效果。

建築基地保水貯集技術設計規範與法制化之研究

子計畫二：建立「雨水貯集利用」電腦輔助設計套裝軟體

## 附錄一 審查會議紀錄與處理情形

### 一、期初審查會議紀錄與處理情形

時間：95年1月5日（星期四）下午2時30分正

地點：內政部建築研究所會議室(台北縣新店市北新路三段200號13F)

主持人：丁所長育群

出席人員：鄭教授光炎、廖副總經理文水、台北市政府何技士家偉、台北縣政府陳志隆先生、林教授憲德、林教授志棟、廖教授朝軒、鄭教授政利、蔡耀隆先生、何明錦副所長、陳組長瑞鈴、陳組長建忠、徐副研究員虎嘯。

評審意見	處理情形
1.在雨水貯集利用計畫部分，台北市政府去（94）年度已完成相關法令研訂，相關資料可提供研究單位參考。	感謝評審指導，將把該資料納入本研究參考。
2.在雨水貯集利用計畫部分，未來若規劃使用筏式基礎進行蓄水時，以現階段相關法令，恐會有維護管理不易及建築結構安全的疑慮，因此是否恰當？請研究單位審慎研議。	感謝評審指導，此問題將列入後續工作內容，以使本研究趨於週全。
3.在雨水貯集利用計畫部分，未來若規劃利用既有筏式基礎進行貯水，其適用對象、規模及相關維護管理等，均應研議後納入規範中訂定。	感謝評審指導，此問題將列入後續工作內容，以使本研究趨於週全。
4.雨水貯集設備除可有效提供雨水利用外，並對水資源節約有正面意義，但這樣的一個貯水槽體若放在建築的筏式基礎時，是否會造成建築本體的危害？同時在夏季登革熱猖獗肆虐時，恐會提供病媒蚊一個傳染溫床，這些均應納入未來研究計畫中研議。	感謝評審指導。

<p>5.雨水貯集利用輔助設計軟體,對建築師而言將有相當大的幫助,為提供最新的資訊,建議在開發軟體設計時,應增加設計雨量更新資訊,並配合本研究提出之雨量資料修正方法,同時可在模組中加入系統設計經濟可行性自評功能,以提供設計者規劃參考,進而達到最正確且即時的動態設計輔助效益。</p>	<p>感謝評審指導,將納入後續工作考慮。</p>
<p>6.在雨水貯集利用計畫部分,其研提以建築筏基來進行儲水,這對都市的軟性防洪的確有所助益,但建築相關的管理該如何處理?亦請研究單位納入後續研究中研議。</p>	<p>感謝評審指導,將納入後續工作考慮。</p>

二、期中審查會議紀錄與處理情形

時間：95年6月30日（星期五）上午9時30分正

地點：內政部建築研究所會議室(台北縣新店市北新路三段200號13F)

主持人：李主任秘書玉生

出席人員：經建會林組長之瑛、歐陽教授嶠暉、鄭教授光炎、林教授憲德、廖教授朝軒、鄭教授政利、陳組長瑞鈴、陳組長建忠、徐副研究員虎嘯、劉冠廷先生、葉銘欽先生、簡婉芸小姐、呂罡銘先生、邱瓊玉小姐。

評審意見	處理情形
1.在雨水貯集利用子計畫部分，因長期水價不合理，及建築外殼管線滲漏、阻塞等問題，因此造成施行上之困難。因此本案應針對其成本效益、結構安全及污染衛生等議題，進行可行性分析說明，方能有效推廣。	感謝評審指導，此問題將列入未來工作內容，以使本研究趨於週全。
2.在雨水貯集利用子計畫部分，未來若規劃利用既有筏式基礎進行貯水，應進一步考量筏基注水後，其載重是否會造成基礎沈陷的問題，以免影響結構安全。	感謝評審指導，本研究暫時未將該問題納入考慮，僅考慮「容量」的多寡，將納入後續考量。
3.在雨水貯集利用子計畫部分，若以筏基進行貯存，在設計上應以使用量作為設置標的，且後續水體的消毒及沈泥處理等問題亦應納入考量。此外除利用筏基儲水外，亦可考慮於建築物之中層設計儲存槽，以提高能源效率。	感謝評審指導，此問題將列入未來工作內容，以使本研究趨於週全。
4.在雨水貯集利用子計畫部分，在未納入相關經濟設置容量分析前，建議應以「雨水槽容量設計試算或評估」來取代「最適雨水容量	感謝評審指導，將列入本研究執行考量。

<p>設計」，較符合現況。</p>	
<p>5.法制化試算系統，其目的在輔助原公告規範必須以手算之功能，因此未來操作手冊，應考量建築師的需求撰寫。此外系統應兼具「容量分析」與「法制試算」兩者間的連結，以提供設計參考。</p>	<p>感謝評審指導，本研究亦朝該方向進行軟體開發工作。</p>
<p>6.在雨水貯集利用子計畫部分，第四章中對於既有筏式基礎推估其總容量用於收集雨水潛力評估，具實用性。但是在筏式基礎建污水處理設施除考慮容量外，尚應考慮深度(各槽皆有有效水深之要求，目前很多無法滿足，造成處理效果不佳)。更嚴重的是通風空氣傳輸不足，以及在狹小且高度不足的空間下，操作維護困難。因此在筏式基礎建污水處理設施不值得鼓勵。污水雨水畢竟差異性很大。</p>	<p>感謝評審指導，本研究暫時未將執行細節納入考慮，僅探討「容量」與「雨水利用效能」，俟後續再行研究執行實質面所遇到的問題。</p>

三、期末審查會議紀錄與處理情形

時間：95年11月13日（星期一）上午9時30分正

地點：內政部建築研究所會議室(台北縣新店市北新路三段200號13F)

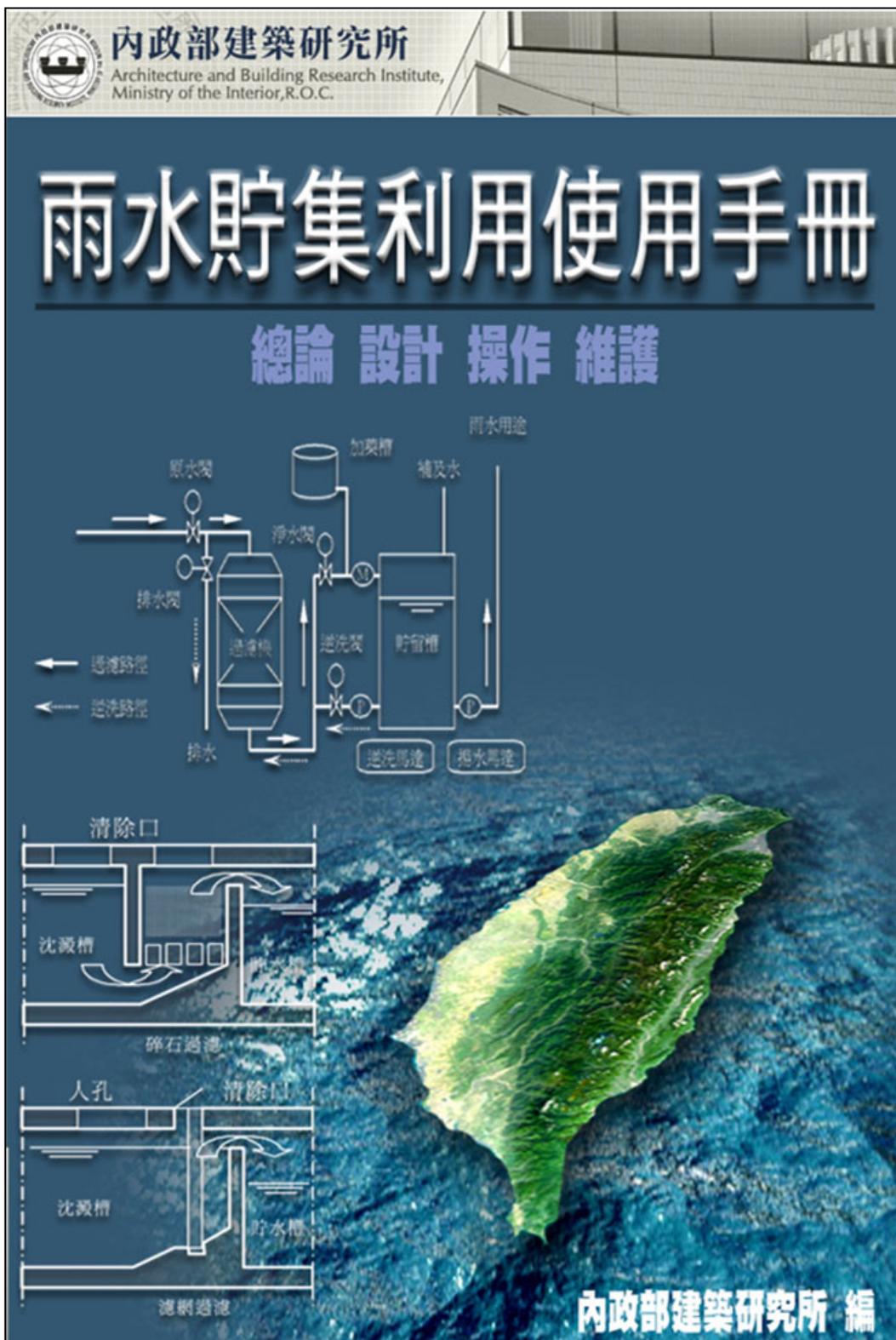
主持人：何所長明錦

出席人員：經建會林組長之瑛、陳組長仁仲、鄭教授光炎、蕭教授江碧、謝組長政道、台北縣政府陳志隆先生、林教授憲德、林教授志棟、廖教授朝軒、鄭教授政利、陳組長瑞鈴、徐副研究員虎嘯。

評審意見	處理情形
<p>1.由於長期水價不合理，因此在雨水貯集利用的推動上並不容易，但是在乾旱時期又凸顯本案之重要性，因此，本案現階段宜強調其質化效益，朝推動節水、水資源再生及相關教育觀念方式執行。未來如落實於建築時，其建築結構安全、管線及設備系統的維護、環境衛生及水源污染防制等課題均需審慎評估。</p>	<p>感謝評審指導，此問題將列入未來工作內容，以使本研究趨於週全。</p>
<p>2.目前每個子計畫的軟體呈現方式均不一致，但這是一個整體計畫，且軟體是要供產業界運用，因此為使大眾的觀感一致，是否需在版面的呈現及操作邏輯等進行整合，請研究單位考量。</p>	<p>感謝評審指導，此問題將於本研究期末結案整合完成。</p>
<p>3.雨水貯集利用技術手冊規範、電腦模組化設計套裝軟體等，雖已加強專家意見的諮詢，但未來真正使用者為建築師，其看法意見，甚至使用的心得回饋，現階段計畫中較為不足，建議予以加強。</p>	<p>感謝評審指導，此問題將列入未來工作內容，以使本研究趨於週全。</p>

<p>4.雨水貯集利用在雨量豐富但嚴重缺水之臺灣格外重要，建議本案相關研究成果應儘速優先納入建築技術規則執行。</p>	<p>感謝評審指導，本研究成果亦朝該方向進行中。</p>
<p>5.未來規劃使用筏式基礎進行雨水貯集，以現行法令，恐會有適用對象、維護管理及建築結構安全的疑慮，請研究單位審慎研議。</p>	<p>感謝評審指導，本研究暫時未將執行細節納入考慮，僅探討「容量」與「雨水利用效能」，俟後續再行研究執行實質面所遇到的問題。</p>
<p>6.利用既有筏式基礎評估其收集雨水之潛力，具相當實用性。但在筏式基礎進行雨水收集設計時，除容量大小的考量外，亦應將水池的深度及後續的操作維護管理納入考量。</p>	<p>感謝評審指導，本研究暫時未將執行細節納入考慮，僅探討「容量」與「雨水利用效能」，俟後續再行研究執行實質面所遇到的問題。</p>
<p>7.利用筏式基礎進行雨水貯留設計的立意甚佳，但在技術面恐會衍生如何與現有污水系統並存，及雨水的導入及抽取利用等問題，請研究單位審慎研議考量。</p>	<p>感謝評審指導，本研究暫時未將執行細節納入考慮，僅探討「容量」與「雨水利用效能」，俟後續再行研究執行實質面所遇到的問題。</p>
<p>8.本案相關工法技術研究成果，應考量申請專利，另軟體之開發、技術規範及使用手冊等成果，則請以公告上網或辦理業界座談方式，廣徵意見並據以彙整修訂，以利後續推廣及法規訂定之參考。</p>	<p>感謝評審指導，此問題將列入未來工作內容，以使本研究之成果執行趨於週全。</p>

附錄二 雨水貯集利用使用手冊



## 前言

台灣地區年平均雨量達2500公釐，約為全球降雨量平均值的2.6倍，可說是相當豐沛，但受限於地形與河川因素，每年有五成左右的降雨直接流到大海，並無法有效利用；且由於工商產業發展迅速，人口急速膨脹，導致需水量大增，引發缺水危機。所謂雨水貯集利用系統，係將雨水以天然地形或人工方法予以截取貯存，然後經過簡單淨化處理後，再利用為生活雜用水的作法。一般而言，在非飲用與不接觸人體的前提下，雨水算是相當潔淨的用水取得來源，根據統計，一般住宅建築用水中，有32%的水屬於再生水可取代部分，這些水多用於廁所衛生設備、清掃、園藝等用途，佔日常用水中相當大的比例，若是能夠將回收之雨水利用於這些用途，取代原來的自來水，除了可以減少部分日常水費支出外，也可減輕台灣地區連年來的缺水問題。

雨水不但可用在農業灌溉或工業及民生用水之替代性補充水源，也可用為消防用水之貯水水源，對減低都市洪峰負荷也有相當助益。但如何適切地設計雨水貯集利用，並使之融入日常生活，將會是本手冊之敘述重點。

# 目錄

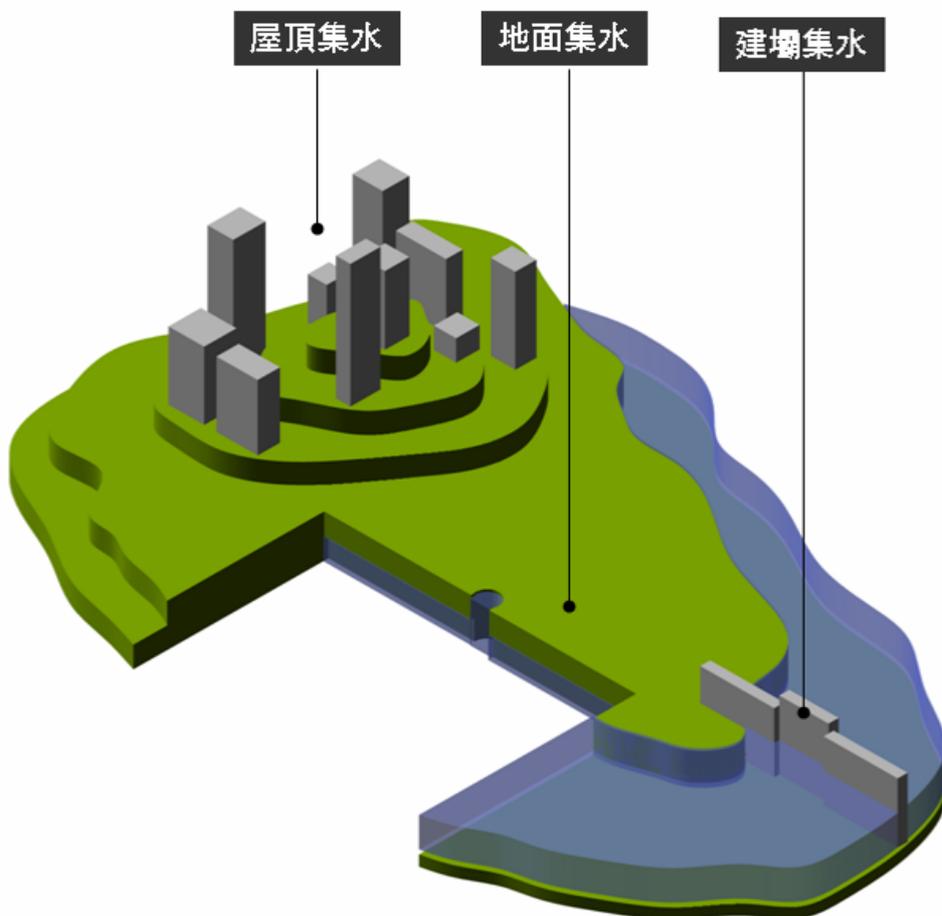
<b>前言</b>	<b>01</b>
<b>目錄</b>	<b>02</b>
<b>總論</b>	<b>03</b>
一、雨水貯集利用系統的定義	04
二、雨水貯集系統利用設施	05
三、雨水貯集系統規劃	06
國內參考案例(1)	07
國內參考案例(2)	08
國外參考案例(1)	09
國外參考案例(2)	10
<b>設計</b>	<b>11</b>
一、集水區域	12
二、導管系統	13
三、初期雨水排除系統	13
四、過濾處理設備	14
五、貯水設備	16
<b>操作</b>	<b>17</b>
一、建築物雨水貯留利用設計審查相關資料及文件	18
二、建築物雨水貯留利用設計計算	19
<b>維護</b>	<b>27</b>
一、規劃設計部分，建議下列原則進行考量	28
二、雨水貯集利用設施維護，建議之進行原則	28
<b>附錄</b>	<b>30</b>



## 一、雨水貯集利用系統的定義

雨水貯集供水系統是將水文循環中的雨水以天然地形或人工方法予以截取貯存，主要是以屋頂、地面集流為主（如圖1所示）。

用在農業上灌溉或做為工業及民生用水之替代性補充水源、防火貯水與減低城市降雨洪峰負荷量等多目標用途的系統。



U4

## 二、雨水貯集系統設施

一般雨水貯集系統通常至少包含五項設施，分別為：

- 集水區域
- 導管系統
- 初期雨水簡易處理系統
- 簡易過濾設施與貯水設施

## 三、雨水貯集系統規劃

為了讓整個雨水貯集系統能夠順利運行，在規劃設計階段，必須先做妥善的分析，這些分析不但是規劃時就需考量，更是爾後使用維護上的重點與推行使用之誘因。

### 1. 雨水利用系統用水標的：

建築物雨水利用系統在規劃與設計之初，應先明確瞭解系統設置的意義與雨水利用之用途，通常以不接觸人體為原則，盡量用於沖洗廁所及澆花為優先考量。另外，如冷卻水塔的補充水、消防用水等均可利用雨水作為替代用水。

### 2. 雨水貯集槽容量設計：

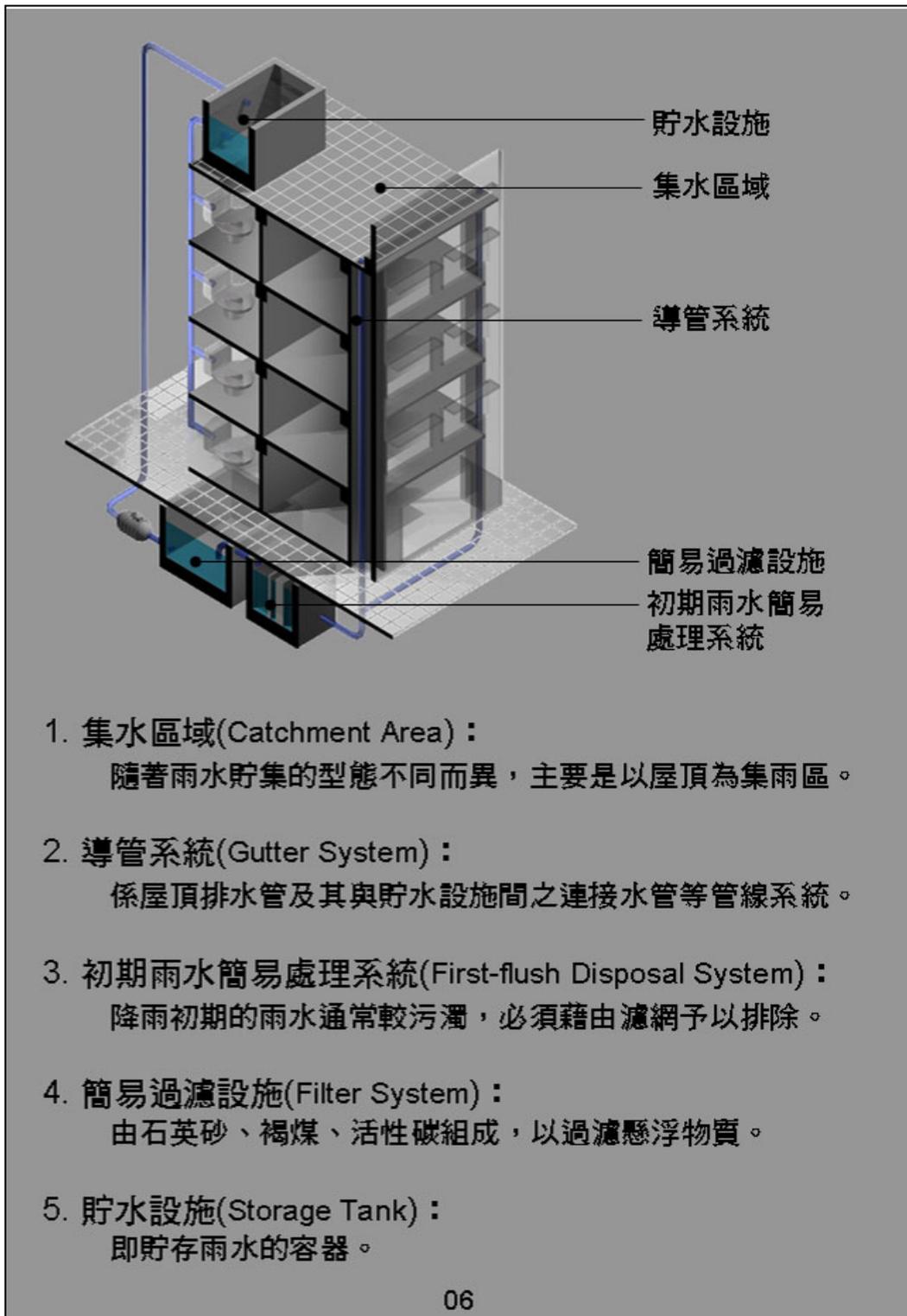
依據各地區的降雨量為基礎資料，以簡易公式換算建築物在導入雨水貯集利用系統時，所需設置雨水貯集槽容量的大小。

### 3. 設備種類與選用：

雨水利用系統主要包括集水設施、貯集設施、雨水處理設施及給水配管設施等，這些設施項目在選用時，應考慮相關措施及其相關設備。

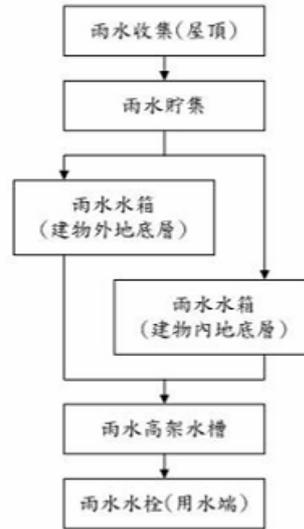
### 4. 設置成本分析：

依據設置容量、降雨條件、使用水量等因素，配合納入建造成本、維護以及其他開銷進行設置成本分析。

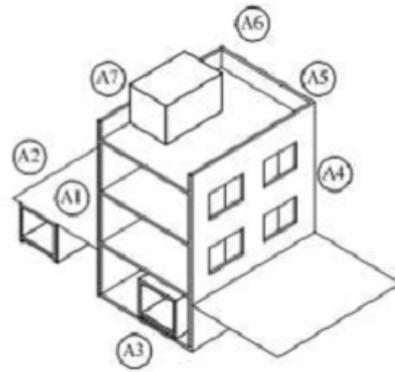


### 國內參考案例 (1)

花蓮慈濟技術學院校舍之雨水收集面積約為1,200 m<sup>2</sup>，分別設置建物內地下式及建物外地下式雨水收集槽；雨水貯集供水系統主要用水目標為替代花木噴灌及學校宿舍衛廁沖水使用，本系統由於收集面積大，位置近山區、降雨量每年平均在2,300 Mm 以上，年自來水目標替代量約在5,000噸以上。



A1 建物外儲水槽      A2 建物外儲水槽      A3 建物內儲水槽



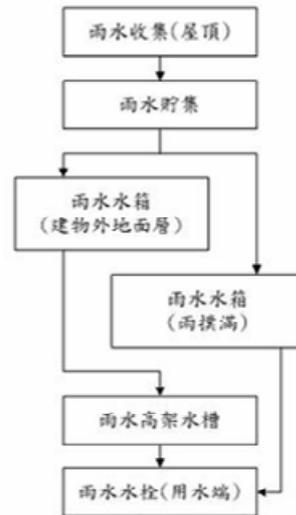
A4 雨水回收管線



A5 雨水收集面積      A6 雨水收集邊溝      A7 屋頂落水頭

## 國內參考案例 (2)

該校設置地面式雨撲滿(6噸) 3座，及地面式雨撲滿(250公升) 6座，並於屋頂設置雨水高架水槽(6噸) 6座，供給校園澆灌與清潔用水及學校宿舍衛廁沖水使用，本系統由於收集面積大，位置近山區、降雨量年平均在2,300 mm以上，年自來水目標替代量約在2,000噸以上。



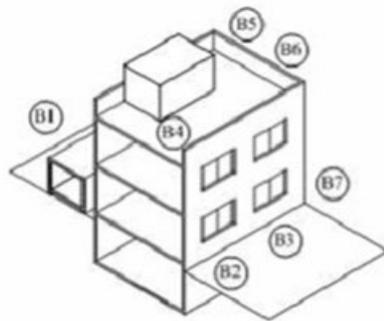
B1 建物外架水槽



B2 雨水水撲滿



B3 雨水水撲滿



B4 雨水水撲滿



B5 雨水收集面積



B6 雨水收集邊溝



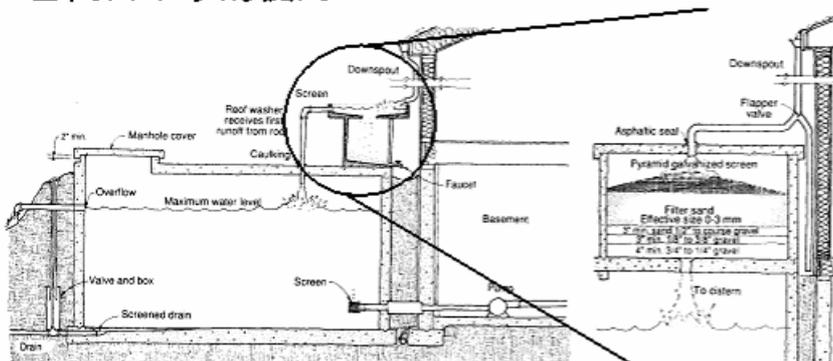
B7 屋頂落水頭

## 國外參考案例 (1)

在美國與加拿大，大部分的住宅由於鄰近郊區，因此普遍裝設雨水貯水桶，以貯集建築物屋頂或基地四周之雨水，供作庭園植栽澆灌或清掃等用途。通常正式的雨水利用設施，有鋼筋混凝土構造的地下式雨水貯集池與位於雨水貯集池上方的過濾池。

美國西南部的沙漠區域，住宅也藉由雨水貯集利用系統來澆灌鄰近住屋附近的農田或果園。而對於規模比較大的建築物或社區，可以將雨水槽和雨水處理系統連接，經由適度的處理提供建築設備所需的替代用水。

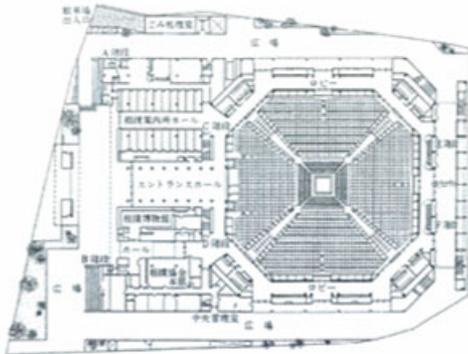
而澳洲新南威爾斯所設計的農村住宅，在每棟建築物的四個角落都設置集水槽，以收集來自屋頂的雨水，作為替代自來水的使用。



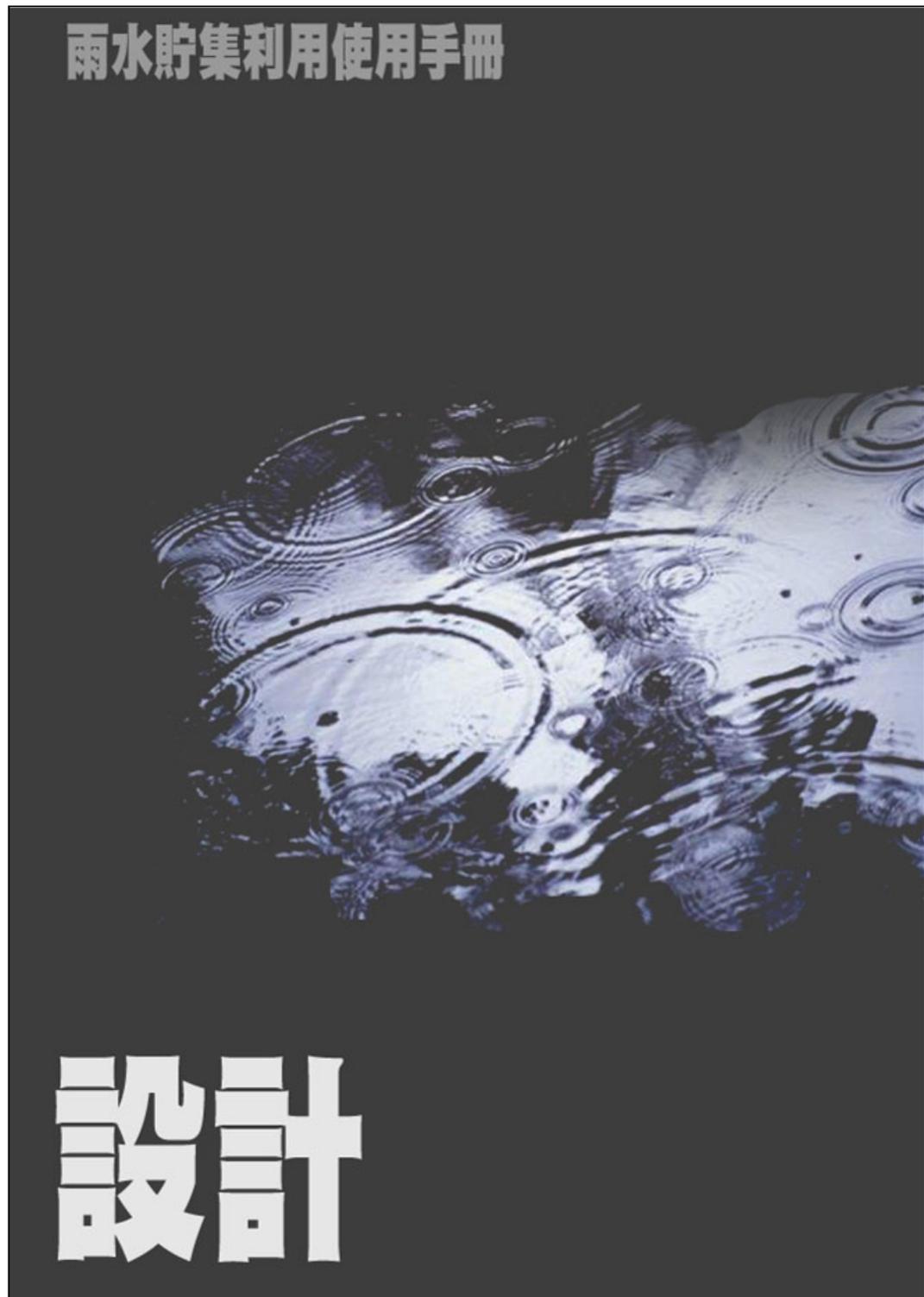
## 國外參考案例 (2)

日本雨水貯集利用普遍的原因，通常可歸咎於昂貴的水價，不過在推動水資源有效利用的觀念上，也嘗試了許多不同的方法來推動，如東京巨蛋，為著名之室內棒球場，屋頂集水面積為 $15,700\text{m}^3$ ，雨水貯槽為3,000噸，雨水使用約佔總用水量之43%；兩國國技廳，為日本著名相撲比賽地點，屋頂集水面積為 $8,360\text{m}^3$ ，雨水貯槽為1,000噸，雨水使用約佔總用水量之33%。

另外，日本國內也存在著許多地方性的傳統風土雨水貯集利用設施，尤其在東京都墨田區的兩項具有風土特色之雨水利用設施，「路地尊 (ROJISON)」以及「天水尊」，「天水尊」與我國目前推行的「雨撲滿」有著異曲同工之妙。



建築基地保水貯集技術設計規範與法制化之研究  
子計畫二：建立「雨水貯集利用」電腦輔助設計套裝軟體

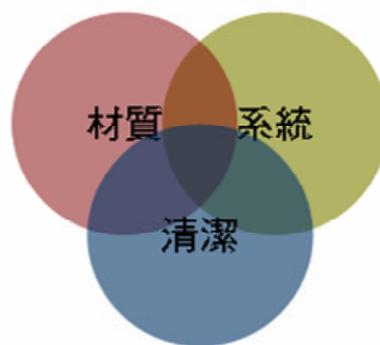


在本章節中，分別針對雨水貯集系統各項設施進行探討。

## 一、集水區域

集水區域隨著雨水貯留的型態不同而異，不同的地點所收集到的雨水，對應不同的用水水質需求，設計者必須決定相對應之處理流程及相關處理設施。其設計時應考慮下列事項：

1. 表面材料選擇  
覆蓋表面層材質，若是易剝落起粉塵而阻礙集水口，會影響收集效率與增加後續處理的困難度。
2. 是否有其它管路干擾  
表面管路系統若阻礙雨水流向，易造成收集效率降低。
3. 落水頭材質與耐候性  
落水頭材質若屬易氧化或使用壽命短，而影響排水口排除雨水之問題為最大。
4. 表面清潔  
如堆放雜物，使得排水口不易檢查與清潔，或是植栽花草樹木，使得落葉和藤蔓堵塞排水口等問題。



## 二、導管系統

導管系統的功能，主要在於搬送屋頂或雨水集水區域之雨水到雨水處理設施或利用地點，設計注意要點如下：

1. 雨水集水管路不得與建築物之排水管或通氣管併用，必須獨立設置配管。
2. 不同樓層之集雨區域，應設置各自獨立之與排水路徑，避免混用造成溢流或低層區域之排水不良情況。
3. 雨水集水橫走管之端部或轉接彎頭部位，應設置適當之清除口以利清潔維修之進行。
4. 雨水橫走管或立管以陰與接續之情況，必須確保陰井設施容易維護之清潔衛生狀態，避免地表之土砂或垃圾流入。

## 三、初期雨水排除系統

降雨初期的雨水會將大量沈積集水區的沈積物帶入儲水槽，所以配合系統設計初期雨水截留設施是必須的規劃。截留雨水量係指降雨初期 1 mm 之水量，以減緩儲水槽的淤積。初期降雨截留量依下式計算之：

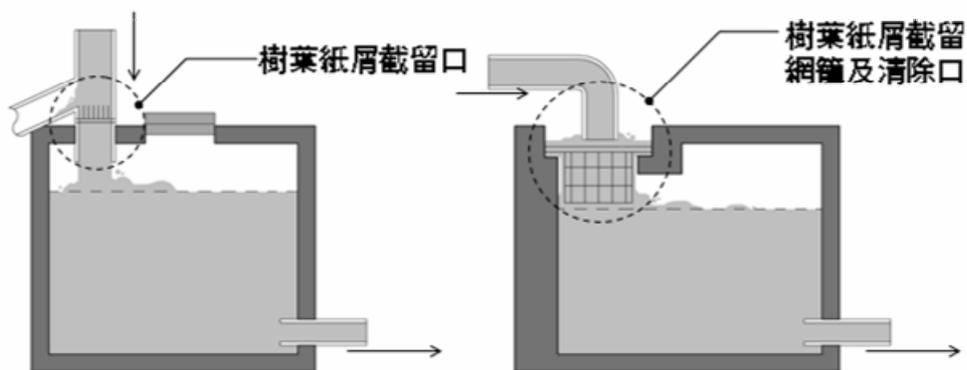
$$\text{初期雨水截留量(噸)} = \text{收集面積(平方公尺)} \times 0.001$$

#### 四、過濾處理設施

設計者在設計時可依雨水用途的水質需求及建築特性條件，決定合適等級之雨水處理流程，以及配置適當之處理裝置。各用途之用水對於水質各有不同之要求，大抵以不與人體接觸之用水為主。茲將雨水利用用途及相對應之處理程序，簡要說明如下：

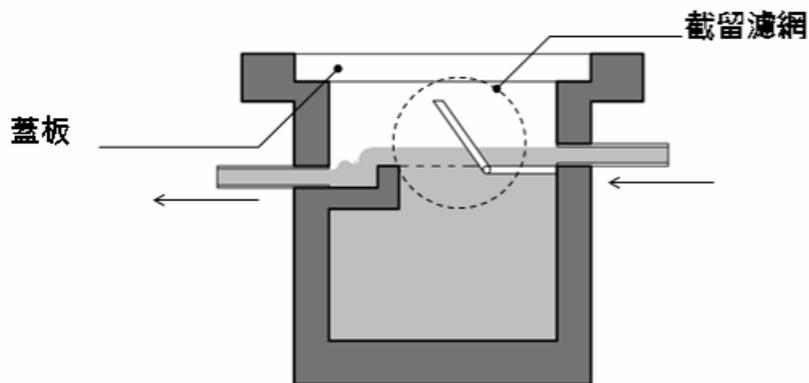
##### 1. 簡單清除垃圾即可使用之情況

基本上在沒有污染源地區，如鄉下、市郊或低密度都市地區，所收集到之雨水之水質情況，一般而言不會有太大之使用問題。可以簡單於集雨管流入貯集槽之部位，設置格柵、濾網或網籠，如下圖所示，以阻止樹葉、紙屑、垃圾等流入，並適度清除即可獲得相當良好水質之雨水。



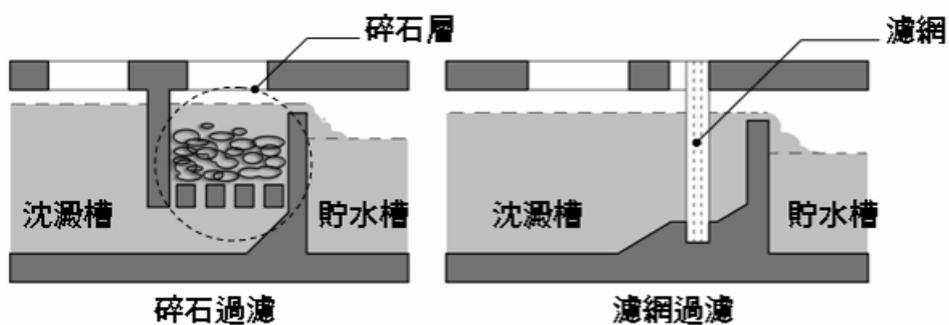
## 2. 自然沉澱及簡易沉砂處理流程後使用

利用簡易截留、沉砂過濾及沉澱，即可導入利用之情況。經收集處理後之雨水，一般即可應用於廁所馬桶衛生器具之沖洗、冷卻水塔的補給用水、水景、植栽澆灌、洗車、灑水、清洗戶外地板、消防用水等用途之用水，為相當經濟之雨水利用處理方式，可設計如圖11所示。



## 3. 沉澱加碎石過濾處理

當集雨面積增大，雨水用途對象水質要求提高，並且必須避免細沙或雜物混入馬達造成損壞，可以利用較大規模之沉砂過濾設施，以碎石級配或較細濾網，去除雨水中之混入雜物、細沙等物質。其構造圖例如圖12所示。



4. 自然沉澱加過濾處理

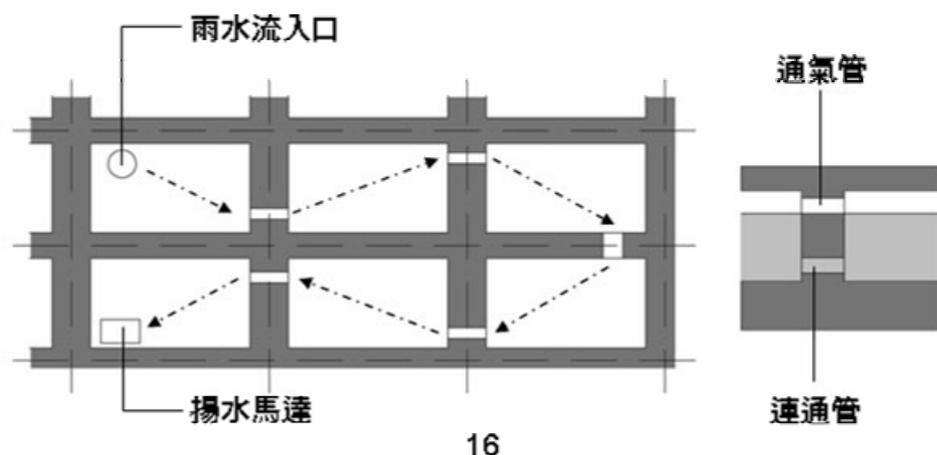
碎石及濾網之處理不容易去除雨水中之浮游固體物質，利用重力式或壓力式過濾機之細沙或活性碳濾材，可以去除相當程度之浮游物質，提高雨水利用水質之安全衛生性能。

5. 經沉澱過濾處理程序後加氯消毒

收集雨水作為經常與身體接觸用途或可能兼作為緊急災難時之飲用水的情況，在安全衛生性能上有較周全之考慮，一般在經沉澱過濾處理程序後設置加氯消毒裝置，以殺死細菌或可能滋生之微生物，作為雨水利用之最終處理程序。

**五、貯水設施**

貯集槽在槽體材質構造上，可採用鋼筋混凝土、鋼板或塑膠材等材質，只要能防止外部進入之垃圾、污排水、直接日射等即可，並確保維修檢查之方便性及可行性。圖 13 為參考設置例。為了清掃可及性及方便性，各個水槽必須留設人孔或清除孔，同時考慮沉泥容易清除之集泥坑及洩水坡度。使用揚水馬達之情況，必須避免抽到或擾動槽底之沉泥，沉水式馬達應墊高使用。



16

## 雨水貯集利用使用手冊

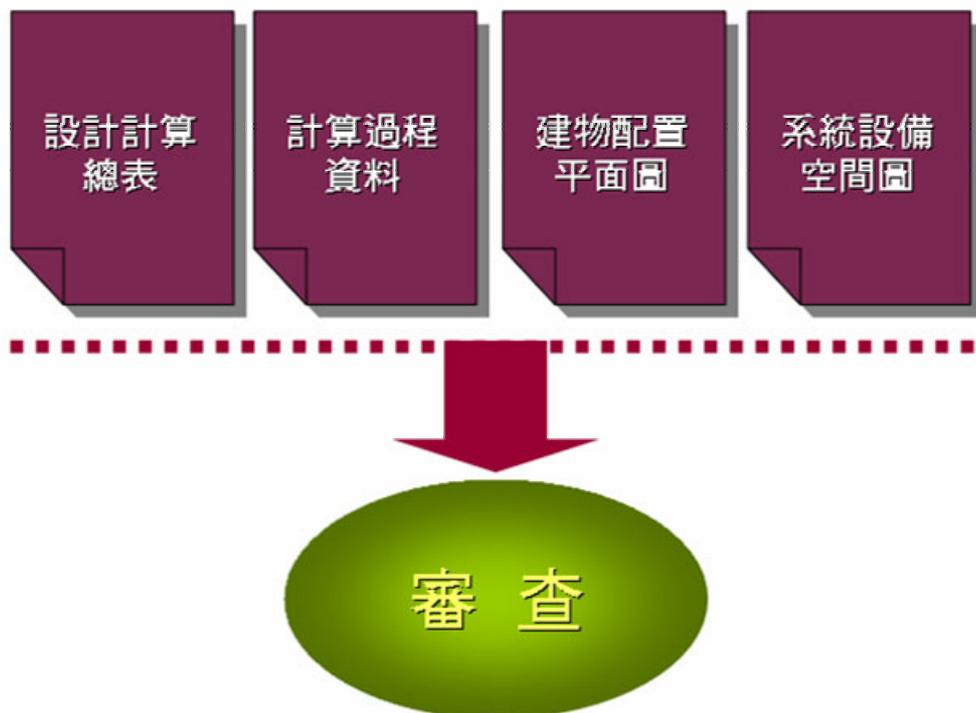


# 操作

## 一、建築物雨水貯留利用設計審查相關資料及文件

建築物雨水貯留利用設計之送審資料應包括下列文件：

1. 「建築物雨水貯留利用設計計算總表」。
2. 建築物雨水貯留利用率計算過程相關面積、數量、公式計算過程資料
3. 建築物配置平面圖（清楚標明儲水槽位置與集雨面積）
4. 建築物雨水貯留利用水路設計系統圖及設備空間配置圖



## 二、建築物雨水貯留利用設計計算

### (1) 計算步驟：

**STEP 1** 建築物基本資料、各層平面圖、各向立面圖、雨水系統昇位圖、雨水貯集槽設計圖（平面位置圖或剖面圖）在計算自來水替代率評估項目之前，下列各項資料必須準備齊全，方能使計算值精確反應建築物雨水貯集利用之設計量與自來水替代率。

#### A 建築物基本資料：

需包含有建築物名稱、基地面積、法定建蔽率、法定空地面積、基地所在地等資料。

#### B 各層平面圖：

- a. 屋頂平面圖或具備集雨功能的平面圖等，以計算建築物集雨面積  $A_r$ 。
- b. 標準層平面圖，以計算居室之總樓地板面積  $A_f$ ，進而進入STEP 5 確定全棟建築物之總用水量  $W_{It}$ 。

#### C 各向立面圖：

若需使用外牆集雨者，需準備各向立面圖，便於計算其百分之三十的集雨面積，但必須設有集雨管路系統及過濾處理設備。

#### D 雨水系統昇位圖：

確實將雨水貯集槽設計進入建築物當中，並將其管線及其供水系統標出，以便查核收集量及供給量。

#### E 雨水貯集槽設計圖：

至少需含雨水貯集槽的設計平面配置圖及其過濾設備、容量計算等資訊，以檢核設計是否得當。

#### F 省水設施評估概要：

簡要說明設置雨水貯集系統之目的與使用場所。

#### G 彌補措施規劃概要說明：

說明彌補措施使用場所及計算評估，並比對雨水貯集槽的設計量是否滿足設計用水量。

**STEP 2** 查雨水貯集利用規範所載之降雨類型分區圖 確認基地 所在位置之分區，並查得雨量分區、日平均雨量  $R$ 、日降雨概率  $P$  及儲水天數  $N_s$  等資訊。

**STEP 3** 計算雨水利用設計量  $W_d$ ，此值為可用雨水替代之再生水用途項目之用水量總和。需依據該建築物所能使用於與人體無接觸的合理用途設計並配套供水管路系統方可。

**STEP 4** 推算自來水替代水量  $W_s$ 。首先先計算日集雨量  $W_r$ ，其為日平均雨量  $R$ 、建築物集雨面積  $A_r$ 、日降雨概率  $P$  的乘積，之後再與STEP 3所計算出的  $W_d$  相比較。  
若  $W_r \leq W_d$  時則  $W_s = W_r$ ，  
若  $W_r > W_d$  時則  $W_s = W_d$ 。

**STEP 5** 確定建築類別總用水量  $W_t$ 。根據建築類型及規模類型，查出單位面積用水量  $W_f$  以及扣除表內所列空間之居室總樓地板面積  $A_f$  或住宅的總戶數  $N_f$ ，最後將  $W_f$  與  $A_f$  相乘或依住宅類建築算法計算其總用水量  $W_t$ 。

**STEP 6** 計算自來水替代率  $R_c$ ，其值為將STEP 4 所計算出來的  $W_s$  除以STEP 5 所計算出來的  $W_t$ ，所得之商數即為  $R_c$ 。  
判斷  $R_c$  值是否大於雨水貯留利用率基準值  $R_{cc}$ （根據建築技術規則建築設計施工篇第三百十二條規定）

**STEP 7** 評估雨水貯集槽是否足夠。首先計算雨水貯集槽標準值  $N_s \times W_s$ ，其所得之值與STEP 1 中的  $e$  項之設計容量比較，若設計值大於標準值，則為設計合格；若否，則調整設計容量，至大於雨水貯集槽標準值。

## (2) 計算實例：

### 學校建築案例

#### **STEP 1** 收集建築物相關資料及圖面

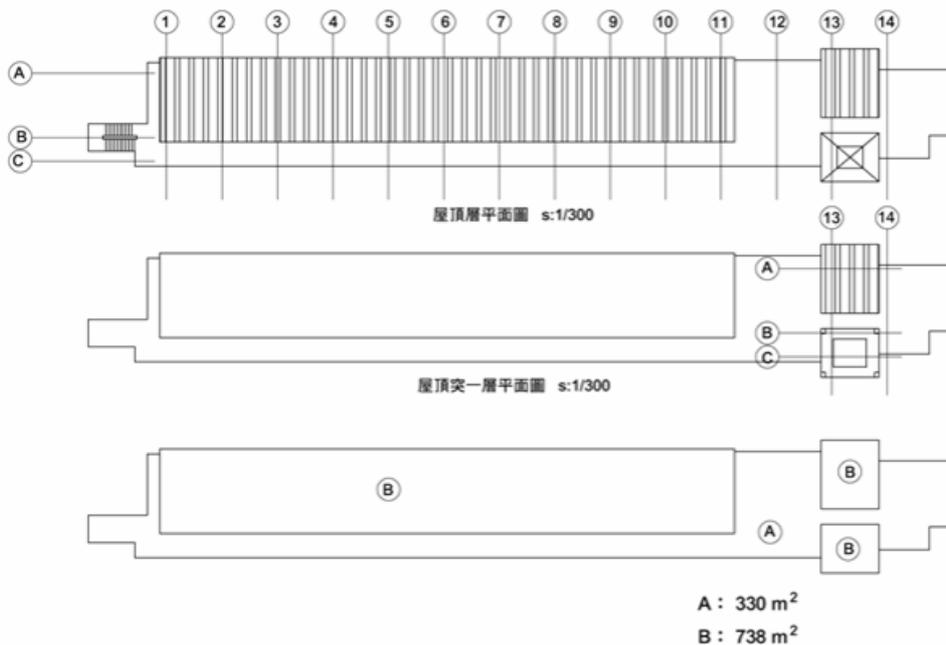
##### **A** 基地設計概要說明：

基地位於桃園縣中壢市某整建學校建築，合計建築總樓地板面積 7500 平方公尺，開發基地面積 4125 平方公尺，法定建蔽率 50%。

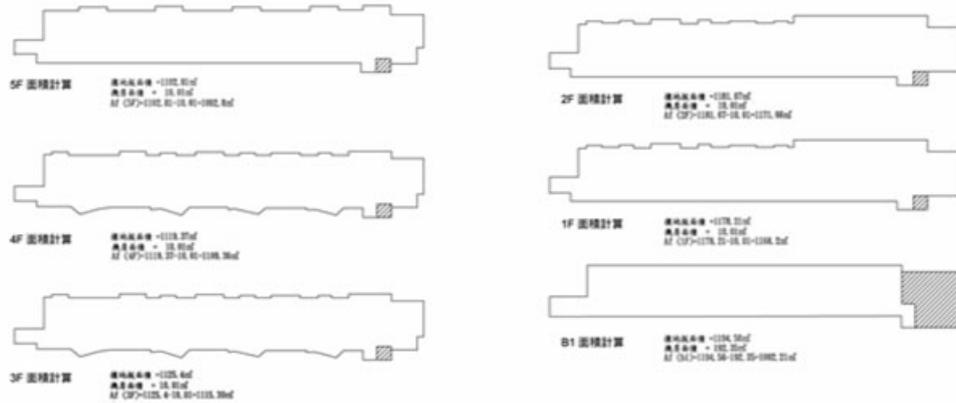
##### **B** 各層平面圖：

a. 屋頂平面圖，計算集雨面積  $A_r$ ：

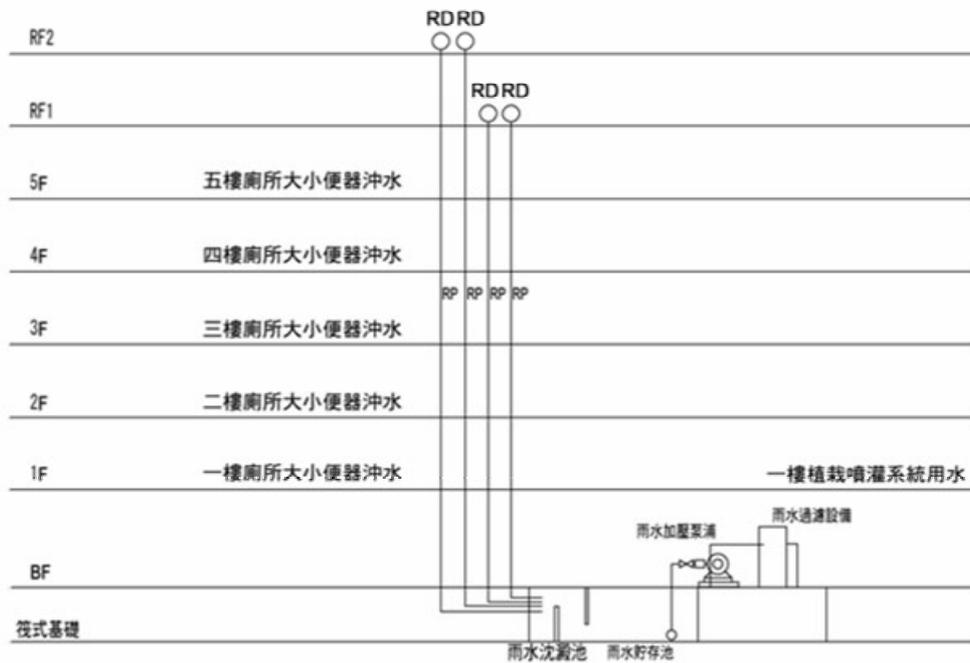
本案僅設定屋頂為集雨區，所以只需評估屋頂平面圖，屋頂集雨區之面積經估算為 1068 平方公尺。



**b.標準層平面圖：**  
計算居室之總樓地板面積Af：

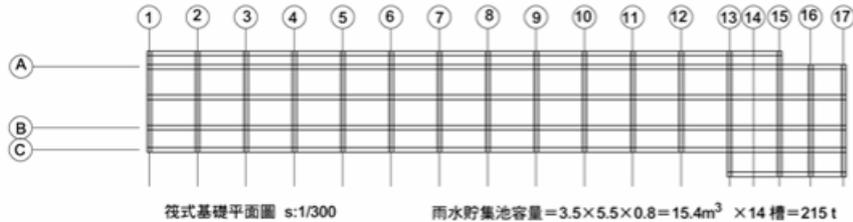


**C 各向立面圖：**  
本案不需利用立面做為收集面積，所以不需準備立面圖



### E 雨水貯集槽設計圖：

容量為215噸。



### F 省水設施評估概要：

本案合計建築總樓地板面積並未超過30000m<sup>2</sup>，但基於對水資源之重視，而設置雨水貯留利用率4%以上之雨水貯留利用設施，以符合本規範之要求。另將雨水貯留運用至自動噴灑系統中，以節約用水。

### G 雨水設計替代水量概要說明：

噴灑系統每天噴灑時間為20分鐘，每分鐘噴灑所需水量為35PGM

一日所需灑水量  $35 \times 20 = 700\text{GPM}$  (加侖)

$$700 \times 3.785 = 2649.5 \text{ (公升)}$$
$$2649.5 / 1000 = 2.65 \text{ (噸)}$$

一日設計水量：2.65公噸

另利用雨水貯集系統供給沖廁使用，共計：

$$66.0 \text{ 噸 (全幢總用水量)} \times 0.5 \text{ (總用水量之一半)} = 33.30 \text{ 噸}$$

一日設計沖測水量：33.30噸

**STEP 2** 查圖表獲取相關資訊  
查規範得知日平均降雨量為 6.31 (mm/日)、日降雨概率0.37、儲水天數Ns為8.12。

**STEP 3** 計算雨水利用日設計量Wd  
 $Wd = \sum Ri$   
 $Wd = 2.65 \text{ 噸 (噴灌系統用)} + 33.3 \text{ 噸 (沖廁用)}$   
 $= 35.95 \text{ 公噸}$

**STEP 4** 推算自來水替代水量Ws  
日集雨量  
 $Wr = 6.31 \times 1068 \times 0.37 = 2493.45 \text{ 公升/日}$   
 比較Wd與Wr，並取其小值當為Ws  
 則Ws = 2493.45 公升/日 = 2.49噸

**STEP 5** 確定建築類別總用水量Wt  
根據表2 之建築類型及規模類型，查出單位面積用水量Wf及居室之總樓地板面積Af：

評估項目	建築類型	規模類型	單位面積用水量Wf (公升/(m <sup>2</sup> 日))	Af或Nf	全幢建築總用水量Wt (公升/日)
	學校建築	教學大樓	10	6659.62	66596.2

**STEP 6** 計算自來水替代率Rc  
 根據STEP 4 所推算之Ws = 2.49噸  
 以及STEP 5 所確定之Wt = 66596.2 公升/日  
 $= 66.60 \text{ 噸}$   
 求得Rc = Ws / Wt = 2.49 / 66.60  
 $= 3.7\% \leq 4\%$  (法制化基準)

**STEP 7** 評估雨水貯集槽設計量是否足夠  
比較雨水貯集槽容量。依據STEP 1中e項的設計  
設計容量為215噸，則雨水貯集槽容量

$$V_s = 215 \text{公噸} > \text{標準值 } N_s \times W_s = 8.12 \times 2.49 \text{噸} \\ = 20.22 \text{噸}$$

所以雨水貯集槽容量滿足設計使用水量

故本案在自來水替代率部分評定為「不合格」，而在  
雨水貯集槽設計量部分評定為「合格」。

說明：本案基地位於雨量較多之桃園縣，雖然其開發  
面積未達法定強制設置規模，但基於對水資源  
的重視，設置了雨水貯集設施。運用筏基作為  
雨水貯集槽及其設備空間，有效使用建築物內  
之間置空間。另因為雨水收集面積足夠，在集  
雨規劃上設施效益評估計算相對比較有利，容  
易通過合格門檻基準，也十分適合雨水利用系  
統之導入設計。





建築物雨水貯集系統多設置在人口較多的地區，對其安全性、維護管理等需充分考慮。

### **一、規劃設計部分，建議依據下列原則進行考量**

- 1.頂樓防滲漏處理需加強。
- 2.集水區應定期清理，避免雜物阻塞排水或管線造成系統損壞。
- 3.貯水槽須覆蓋以防止灰塵、蟲等雜物進入且覆蓋需牢固，溢流管、入流管、放流管應視需要設計適當的掩蔽（如逆止閥）防止雜物進入。
- 4.若使用地面開挖貯存方式時，需規劃預防周圍之砂土流入造成淤積之設施。

### **二、雨水貯集利用設施維護，建議之進行原則**

- 1.雨水貯集供水系統使用者，必須每週對集水區域、導管系統、貯水槽等系統進行檢查。
- 2.屋頂集水區域會沉積灰塵、有機物與動物糞便等雜物，這些物質對雨水流動造成阻礙，同時也會在貯水槽的底部淤積污染水質，所以導管系統、濾網與貯水槽必須經常清理以防止供水系統故障或供水品質降低。
- 3.降雨初期的雨水會將沉積集水區的沉積物帶入貯水槽，所以降雨初期之雨水處理是必須的（應配合系統設計初期雨水截流設施），有助於減緩貯水槽的淤積。

4. 雨水貯集供水系統之水質問題，由於陽光的照射會使得所貯存之水溫升高促進水中微生物的生長，所以貯水槽必須置於陰涼的地方且需有密合的覆蓋以防止樹葉、動物排泄物或泥沙的進入。
5. 貯水槽定期清理是必須的，一般而言在良好的初期雨水處理系統和經常性的維護下，貯水槽每五年清洗一次即可，此外，當貯水槽底淤積物超過 2cm 時即需立即清理。
6. 貯水槽的清洗，除設計自動清洗設施外，人工清洗提供下列四個步驟參考：
  - (1) 將貯水槽之貯水排出，至水位近 30cm 時擾動剩餘之水儘量使沉積物隨水排出。
  - (2) 剩下無法排出之水以幫浦抽出。
  - (3) 用濃度 3ml/L 之消毒劑或漂白水擦拭貯水槽內壁以防止藻類或微生物滋生。
  - (4) 等待 3 小時後以乾淨的水沖洗內壁並將沖洗後之污水排出貯水槽。
7. 如情況許可，最好每年再用紫外線消毒燈予以消毒以確切的抑制細菌的生長。另外得視當地的水質狀況予以定期或不定期的投藥（次氯酸鈉稀釋液或氯錠）進行消毒滅菌；為了防止二次污染，提水工具必須妥當保管，最好設置抽水馬達或手壓水幫浦等裝置進行排水。

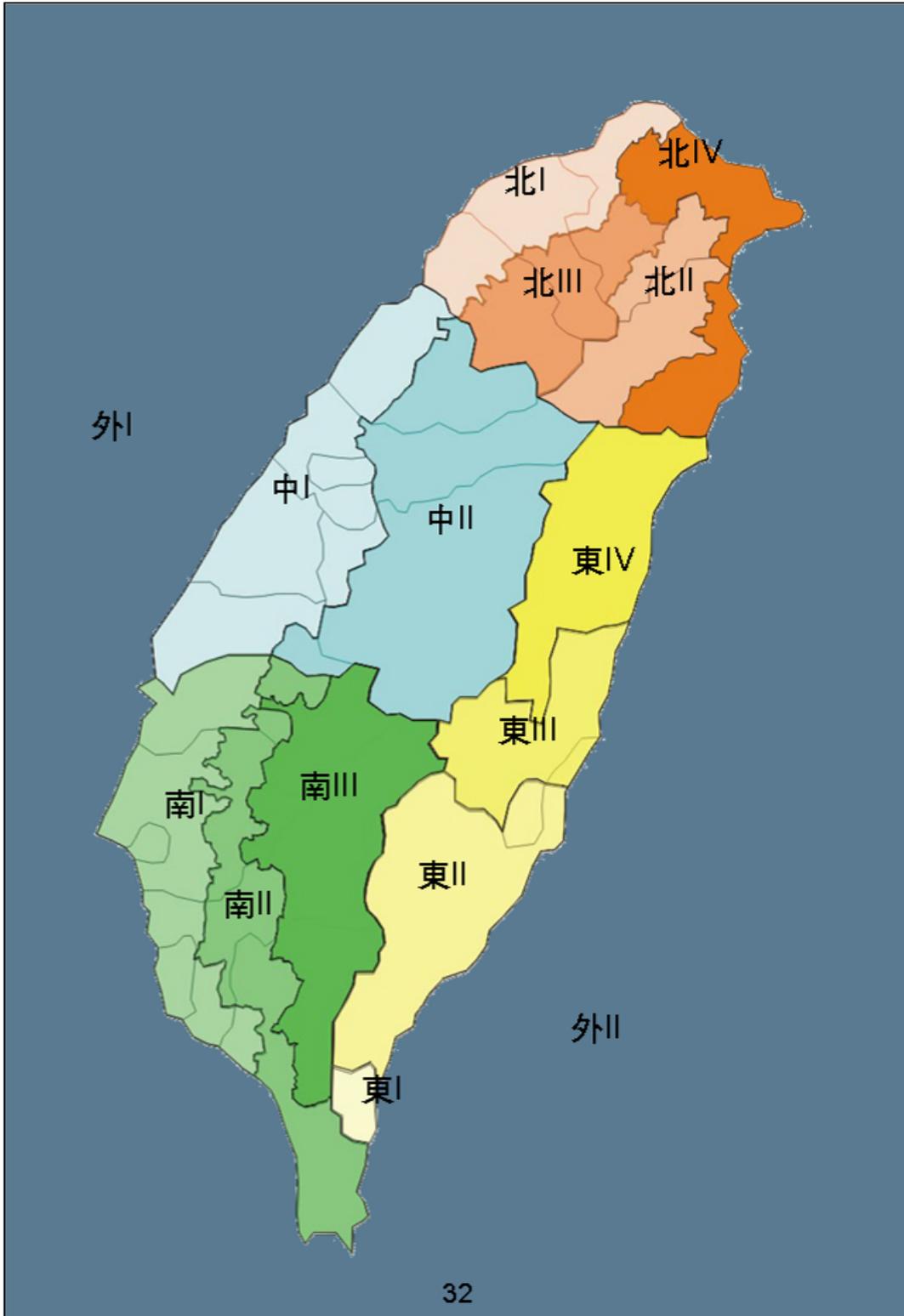


## 附錄

### 台灣地區降雨類型分類

降雨型態分佈均勻與否會嚴重影響系統的供水率，降雨分佈愈不均勻，系統供水率愈低，所需的系統規模也愈大，因此不同區域性降雨型態對屋頂雨水貯集系統的容量設計影響甚大。針對雨水貯集利用容量設計與效率，本研究利用動態聚類法，依降雨型態的不同，已將台灣300多處測站簡化分為數個子區域，分別為北部四區、中部二區、南部三區、東部四區與外島二區等，共計十五個分區。

區域	分區	年平均雨量 (mm)	日平均雨量 (mm)	降雨概率	建議 貯水天數
北部	I	1815.0	4.97	0.34	8.72
	II	3584.5	9.81	0.50	6.02
	III	2302.9	6.31	0.37	8.12
	IV	3564.6	9.76	0.53	5.67
中部	I	1406.2	3.85	0.26	11.69
	II	2279.5	6.24	0.37	8.02
南部	I	1673.8	4.58	0.25	11.94
	II	2328.7	6.38	0.29	10.44
	III	2964.2	8.12	0.37	8.19
東部	I	2237.8	6.13	0.43	7.04
	II	2070.9	5.67	0.38	7.83
	III	2723.2	7.46	0.45	6.68
	IV	2202.4	6.03	0.42	7.20
外島	I	927.7	2.54	0.23	12.91
	II	3104.5	8.50	0.60	4.98



建築基地保水貯集技術設計規範與法制化之研究  
子計畫二：建立「雨水貯集利用」電腦輔助設計套裝軟體

分區範圍			日平均雨量	降雨機率	連續貯水天數
北部I區	台北縣	新莊市242、金山鄉208、石門鄉253、三芝鄉252、淡水鎮251、八里鄉249、五股鄉248、林口鄉244、泰山鄉243、樹林鎮238、鶯歌鎮239	4.97	0.34	8.72
	桃園縣	桃園市330、中壢市320、龜山鄉333、蘆竹鄉338、八德鄉334、大園鄉337、平鎮鄉324、觀音鄉328、新屋鄉327、楊梅鎮326			
	新竹縣	竹北市302、新豐鄉304、湖口鄉303、新埔鄉305			
	新竹市	全部			
北部II區	台北縣	石碇鄉223、坪林鄉232、烏來鄉233	9.81	0.5	6.02
	宜蘭縣	礁溪鄉262、員山鄉264、三星鄉266、大同鄉267			
北部III區	台北縣	板橋市220、永和市234、中和市235、土城市236、新店市231、三峽鎮237	6.31	0.37	8.12
	桃園縣	大溪鎮335、龍潭鄉325、復興鄉336			
	新竹縣	關西鄉306、芎林鎮307、橫山鄉312、竹東鎮310、寶山鄉308、峨眉鄉315、北埔鄉314、尖石鄉313、五峰鄉311			
北部IV區	台北縣	三重市241、汐止鎮221、萬里鄉207、平溪鄉226、瑞芳鎮224、貢寮鄉228、雙溪鄉227、深坑鄉222、蘆洲鄉247	9.76	0.53	5.67
	台北市	全部			
	基隆市	全部			
	宜蘭縣	宜蘭市260、頭城鄉261、壯圍鄉263、五結鄉268、羅東鎮265、冬山鄉269、蘇澳鎮270、南澳鄉272			
分區範圍			日平均雨量	降雨機率	連續貯水天數
中部I區	苗栗縣	竹南鎮350、苗栗鎮356、通霄鎮357、苑裡鎮358、西湖鄉368、南縣鄉366、三疊鄉367、公館鄉363、頭屋鄉362、造橋鄉361、頭份鎮351、三灣鄉352	3.85	0.26	11.69
	南投縣	草屯鎮542、南投市540、名間鄉551			
	台中市	全部			
	台中縣	大安鄉439、龍井鄉434、大肚鄉432、烏日鄉414、外埔鄉438、神岡鄉429、大雅鄉428、潭子鄉427、后里鄉421、豐原市420、石岡鄉422、大里市412、大甲鎮437、太平鄉411、沙鹿鎮433、清水鎮436、梧棲鎮435			
	彰化縣	彰化市500、芬園鄉502、花壇鄉503、秀水鄉504、鹿港鎮505、福興鄉506、線西鄉507、和美鎮508、伸港鄉509、員林鎮510、社壇鄉511、永靖鄉512、埔心鄉513、溪湖鎮514、大村鄉515、埔鹽鄉516、田中鎮520、北斗鎮521、田尾鄉522、埤頭鄉523、溪州鄉524、竹塘鄉525、二林鎮526、大城鄉527、芳苑鄉528、二水鄉530			
	雲林縣	麥寮鄉638、臺西鄉636、四湖鄉654、口湖鄉653、崙背鄉637、東勢鄉635、水林鄉652、北港鄉651、元長鄉655、褒忠鄉634、二崙鄉649、虎尾鄉632、西螺鄉648、大埤鄉631、斗南鎮630、莿桐鄉647、土庫鎮633、斗六市640、林內鄉643			
中部II區	苗栗縣	南庄鄉353、獅潭鄉354、大湖鄉364、卓蘭鎮369	6.24	0.37	8.02
	南投縣	國世鄉544、中寮鄉541、嘉義鎮552、鹿谷鄉558、竹山鎮557、埔里鎮545、魚池鄉555、水里鄉553、仁愛鄉546、信義鄉556			
	台中縣	和平鄉424、新社鄉426、東勢鎮423			
	雲林縣	古坑鄉646			

分區範圍			日平均雨量	降雨機率	連續貯水天數
南部I區	高雄縣	大社鄉815、大寮鄉831、仁武鄉814、永安鄉828、岡山鎮820、林園鄉832、阿蓮鄉822、茄萣鄉852、梓官鄉826、鳥松鄉833、湖內鄉829、路竹鄉821、鳳山市830、橋頭鄉825、強陀鄉827	4.58	0.25	11.94
	高雄市	全部			
	高雄縣	大寮鄉812、卦子市813、布農鄉825、大林鎮822、茂寮鄉821、溪口鄉823、新港鄉816、六腳鄉815、東石鄉814、麟竹鄉824、鹿草鄉811、水上鄉808			
	高雄縣	全部			
	台南縣	新營市730、鹽水鎮737、柳營鄉736、海寮鄉731、麻豆鎮721、下營鄉735、官田鄉720、佳里鎮722、麻甲鎮726、西港鄉723、七股鄉724、新化鎮712、將軍鄉725、善化鎮741、新市鄉744、北門鄉727、安定鄉745、仁德鄉717、歸仁鄉711、學甲鄉718、永康市710			
	台南市	全部			
南部II區	屏東縣	麟鳳鄉913、新園鄉932、崑頂鄉924、東港鎮928	6.38	0.29	10.44
	高雄縣	田寮鄉823、燕巢鄉824、大樹鄉840、旗山鎮842、內門鄉845、美濃鎮843、杉林鄉846			
	高雄縣	中埔鄉806、竹崎鄉804、梅山鄉803			
	台南縣	白河鎮732、東山鄉733、大內鄉742、六甲鄉734、玉井鄉714、山上鄉743、左鎮鄉713、龍崎鄉719			
	屏東縣	屏東市900、長治鄉908、九如鄉904、里港鄉905、麟蹄鄉907、麟洛鄉909、內埔鄉912、麟鳳鄉913、竹田鄉911、新園鄉932、崑頂鄉924、潮州鎮920、兩水鄉926、新埤鄉925、東港鎮928、林邊鄉927、佳冬鄉931、琉球鄉929、枋寮鄉940、枋山鄉941、車城鄉944、恒春鎮946、溪州鄉947、獅子鄉943、牡丹鄉945			
南部III區	高雄縣	三民鄉849、林邊鄉848、茂林鄉851、甲仙鄉847、六龜鄉844	8.12	0.37	8.19
	台南縣	楠西鄉715、南化鄉716			
	高雄縣	帶治鄉802、大埔鄉807、阿里山鄉805			
	屏東縣	三地門901、高樹鄉906、霧台鄉902、瑪寮鄉903、萬巒鄉923、泰武鄉921、東港鄉922、春日鄉942			
分區範圍			日平均雨量	降雨機率	連續貯水天數
東部I區	台東縣	大武鄉965、達仁鄉966	6.13	0.43	7.04
東部II區	台東縣	台東市950、太麻里963、金峰鄉964、卑南鄉954、延平鄉953、鹿野鄉955、東河鄉959、關山鎮956、成功鎮961、池上鄉958、海濱鄉957	5.67	0.38	7.83
	花蓮縣	富里鄉983			
東部III區	台東縣	長濱鄉962	7.46	0.45	6.68
	花蓮縣	玉里鎮981、卓溪鄉982、瑞穗鄉978、豐濱鄉977、光復鄉976			
東部IV區	花蓮縣	花蓮市970、新城鄉971、吉安鄉973、秀林鄉972、壽豐鄉974、鳳林鎮975、萬安鄉979	6.03	0.42	7.2
外島I區	澎湖縣	馬公市880、西嶺鄉881、望安鄉882、七美鄉883、白沙鄉884、湖西鄉885	2.54	0.23	12.91
	金門縣	金沙鎮890、金湖鎮891、金寧鄉892、金城鎮893、列島鄉894、尚垵鄉896			
	連江縣	南竿209、北竿210、莒光211、東引212			
外島II區	台東縣	蘭嶼鄉952、綠島鄉951	8.5	0.6	4.98

建築基地保水貯集技術設計規範與法制化之研究

子計畫二：建立「雨水貯集利用」電腦輔助設計套裝軟體

## 建築物雨水貯留利用設計技術規範

### 1. 依據

本規範依據建築技術規則設計施工篇第三百十二條規定訂定。

### 2. 目的

2.1 為促進水資源有效利用，在不妨礙居住環境之安全、健康與舒適條件下，提供建築物雨水回收再利用之設計標準。

2.2 提供建築物全年雨水貯留利用評估指標之統一計算方法與評估基準。

### 3. 用語定義

本規範之用語定義如下：

#### (1) 自來水貯留利用率 $R_c$ (-)

建築物雨水貯留利用設施之有效雨水利用量與建築物總用水量之比值。

#### (2) 自來水替代水量 $W_s$ (公升/日)

建築物雨水貯留利用設施所能提供之有效雨水利用量。

#### (3) 雨水儲水槽設計容積 $V_s$ ( $m^3$ )

建築物雨水貯留利用設施之雨水儲水槽淨容積空間，不包括水質處理過程之設備空間。

#### (4) 儲水天數 $N_s$

為了有效掌握建築物雨水貯留利用設施之雨水利用效率，因應降雨頻率變化所設的雨水儲水槽容量設計參數。此參數是依過去實際雨水貯留設計經驗，以 3.0 除以當地年平均日降雨概率而得（查表 3），在降雨頻率較小的地區較大，反之則較小。

#### (5) 日平均集雨量 $W_r$ (公升/日)

建築物雨水貯留利用設施設計平均單日集雨量。

#### (6) 集雨面積 $A_r$ ( $m^2$ )

建築物雨水貯留利用設施所能收集雨水之降雨面積，一般為屋頂或遮雨棚之投影面積，也可納入基地地面集雨面積（透水鋪面有效面積採百分之八十、裸露地或綠地有效面積採百分之三十）及所有外牆面積之百分之三十，但必須設有集雨管路系統及過濾處理設備設計之範圍。

#### (7) 雨水利用設計量 $W_d$ (公升/日)

建築物雨水貯留利用設施可用雨水來替代之廁所、清潔、洗車、園藝澆灌等再生水用途項目用水量。

### 4. 適用範圍

總樓地板面積達三萬平方公尺以上之新建建築物，但不適用於工業、倉儲類(C類)、衛生醫療類(F-1類)、危險物品類(I類)等用途類別建築物。

### 5. 降雨類型分區

本規範所有指標相關參數均依據建築物所在之降雨類型分區相關氣象資料計算，其降雨類型分區依圖 1 及表 1.1、1.2、1.3、1.4、1.5 所示區域決定之。

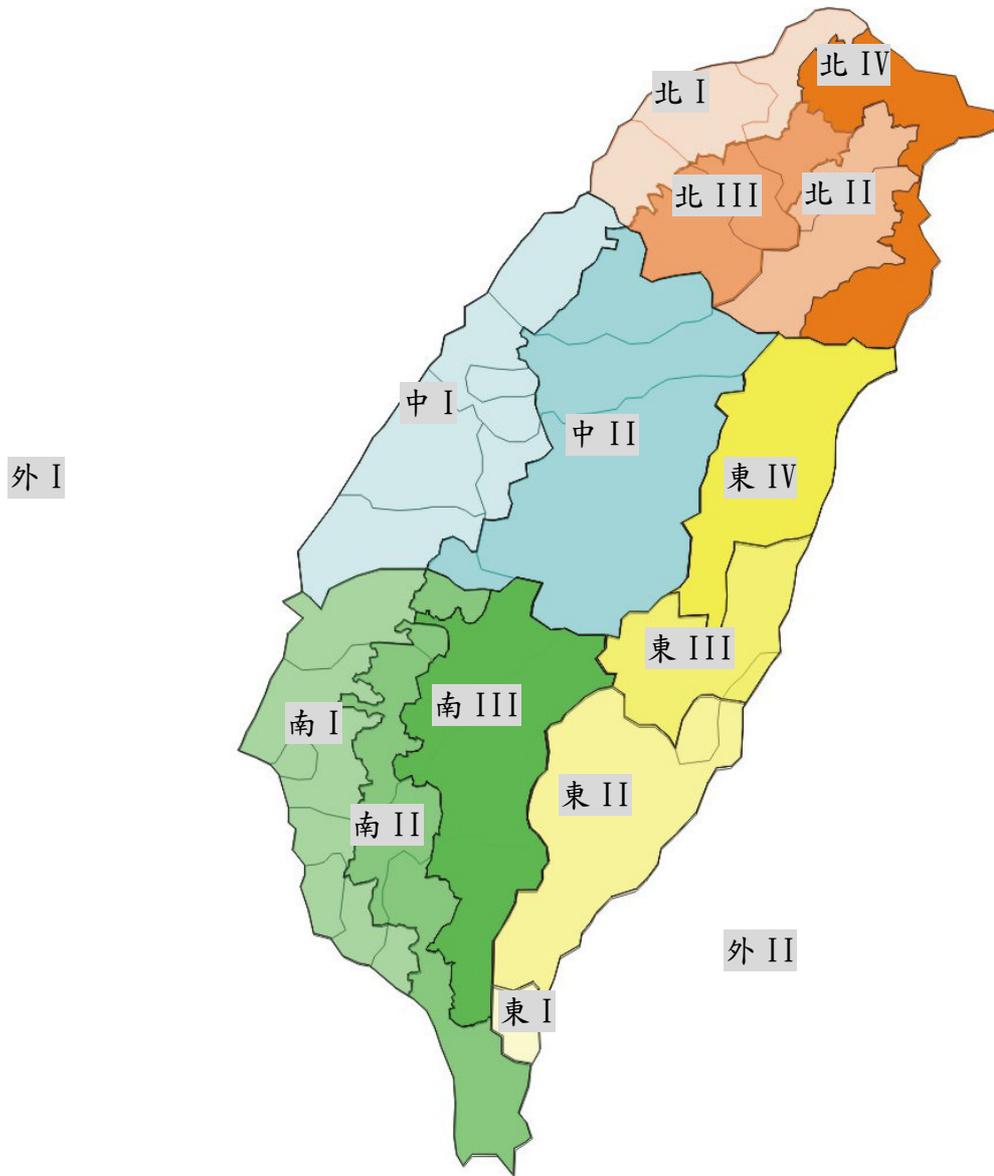


圖 1 台灣地區降雨類型分區圖

表 1.1 北部分區範圍表

分區範圍		日平均雨量	降雨概率	建議貯水天數
I	台北縣	4.97mm	0.34	8.72
	桃園縣			
	新竹縣			
	新竹市			
II	台北縣	9.81mm	0.50	6.02
	宜蘭縣			
III	台北縣	6.31mm	0.37	8.12
	桃園縣			
	新竹縣			
IV	台北縣	9.76mm	0.53	5.67
	台北市			
	基隆市			
	宜蘭縣			

表 1.2 中部分區範圍表

分區範圍		日平均雨量	降雨概率	建議貯水天數
I	苗栗縣	3.85mm	0.26	11.69
	南投縣			
	台中市			
	台中縣			
	彰化縣			
雲林縣	雲林縣			
II	苗栗縣	6.24mm	0.37	8.02
	南投縣			
	台中縣			
	雲林縣			

表 1.3 南部分區範圍表

分區範圍		日平均雨量	降雨概率	建議貯水天數	
I	高雄縣	4.58mm	0.25	11.94	
	高雄縣				大社鄉、大寮鄉、仁武鄉、永安鄉、岡山鎮、林園鄉、阿蓮鄉、茄萣鄉、梓官鄉、鳥松鄉、湖內鄉、路竹鄉、鳳山市、橋頭鄉、彌陀鄉
	高雄市				全部
	嘉義縣				太保市、朴子市、布袋鎮、大林鎮、民雄鄉、溪口鄉、新港鄉、六腳鄉、東石鄉、義竹鄉、鹿草鄉、水上鄉
	嘉義市				全部
	台南縣				新營市、鹽水鎮、柳營鄉、後壁鄉、麻豆鎮、下營鄉、官田鄉、佳里鎮、學甲鎮、西港鄉、七股鄉、新化鎮、將軍鄉、善化鎮、新市鄉、北門鄉、安定鄉、仁德鄉、歸仁鄉、關廟鄉、永康市
台南市	全部				
屏東縣	萬丹鄉、新園鄉、崁頂鄉、東港鎮	6.38mm	0.29	10.44	
高雄縣	田寮鄉、燕巢鄉、大樹鄉、旗山鎮、內門鄉、美濃鎮、杉林鄉				
	嘉義縣				中埔鄉、竹崎鄉、梅山鄉
台南縣	白河鎮、東山鄉、大內鄉、六甲鄉、玉井鄉、山上鄉、左鎮鄉、龍崎鄉				
II	屏東縣	屏東市、長治鄉、九如鄉、里港鄉、鹽埔鄉、麟洛鄉、內埔鄉、萬丹鄉、竹田鄉、新園鄉、崁頂鄉、潮州鎮、南州鄉、新埤鄉、東港鎮、林邊鄉、佳冬鄉、琉球鄉、枋寮鄉、枋山鄉、車城鄉、恆春鎮、滿州鄉、獅子鄉、牡丹鄉			
	高雄縣	三民鄉、桃源鄉、茂林鄉、甲仙鄉、六龜鄉	8.12mm	0.37	8.19
III	台南縣	楠西鄉、南化鄉			
	嘉義縣	番路鄉、大埔鄉、阿里山鄉			
屏東縣	高樹鄉、霧台鄉、瑪家鄉、萬巒鄉、泰武鄉、來義鄉、春日鄉、三地門鄉				

表 1.4 東部分區範圍表

分區範圍			日平均雨量	降雨概率	建議貯水天數
I	台東縣	大武鄉、達仁鄉	6.13mm	0.43	7.04
II	台東縣	台東市、太麻里、金峰鄉、卑南鄉、延平鄉、鹿野鄉、東河鄉、關山鎮、成功鎮、池上鄉、海瑞鄉	5.67mm	0.38	7.83
	花蓮縣	富里鄉			
III	台東縣	長濱鄉	7.46mm	0.45	6.68
	花蓮縣	玉里鎮、卓溪鄉、瑞穗鄉、豐濱鄉、光復鄉			
IV	花蓮縣	花蓮市、新城鄉、吉安鄉、秀林鄉、壽豐鄉、鳳林鎮、萬榮鄉	6.03mm	0.42	7.20

表 1.5 外島分區範圍表

分區範圍			日平均雨量	降雨概率	建議貯水天數
I	澎湖縣	馬公市、西嶼鄉、望安鄉、七美鄉、白沙鄉、湖西鄉	2.54mm	0.23	12.91
	金門縣	金沙鎮、金湖鎮、金寧鄉、金城鎮、列嶼鄉、烏坵鄉			
	連江縣	南竿、北竿、莒光、東引			
II	台東縣	蘭嶼鄉、綠島鄉	8.50mm	0.60	4.98

## 6. 評估指標

本規範以雨水貯留利用率  $R_c$  以及雨水儲水槽設計容積  $V_s$  為評估指標。

## 7. 評估基準

建築物雨水貯留利用設施之雨水貯留利用率  $R_c$ ，應大於建築技術規則建築設計施工編第三百十二條所訂之雨水貯留利用率基準值  $R_{cc}$ ，同時其雨水儲水槽設計容積  $V_s$  必須大於最小雨水儲水槽容積  $V_{sm}$ ，即必須同時滿足依(1)、(2)式之規定。

$$R_c > R_{cc} \dots\dots\dots(1)$$

$$V_s \geq V_{sm} \dots\dots\dots(2)$$

## 8. 指標計算法

雨水貯留利用率  $R_c$  與最小雨水儲水槽容積  $V_{sm}$  之計算依下列計算式為：

$$R_c = W_s \div W_t \dots\dots\dots(3)$$

$$V_{sm} = N_s \times W_s \dots\dots\dots(4)$$

其中，自來水替代水量  $W_s$  以下列日集雨量  $W_r$  及雨水利用設計量  $W_d$  之較小者為標準即可，亦即：

$$W_r = R \times A_r \times P \dots\dots\dots(5)$$

$$W_d = \sum R_i \dots\dots\dots(6)$$

當  $W_r \leq W_d$  時，  $W_s = W_r$

當  $W_r > W_d$  時，  $W_s = W_d$

上述(1)~(6)式之參數意義與規定如下：

- Rc**：雨水貯留利用率，無單位 (-)。
- Rcc**：雨水貯留利用率基準值 0.04，根據建築技術規則建築設計施工編第三百十二條規定。
- Vs**：雨水儲水槽設計容積( $m^3$ )。
- Vsm**：最小雨水儲水槽容積  $Vsm(m^3)$ 。
- Ws**：推估自來水替代水量 (公升/日)。
- Ns**：儲水天數，無單位，查表 3。
- Wt**：建築物總用水量 (公升/日)，依表 2 之標準計算，不在表列之建築物類型，根據建築實際設計的用水量需求計算之。
- Wr**：基地內雨水利用系統設計平均單日集雨量 (公升/日)。
- R**：基地所在地區日平均降雨量( $mm/日$ )，可以查表 3 各降雨類型分區平均降雨量統計。
- P**：日降雨概率，無單位，查表 3。
- Ar**：集雨面積( $m^2$ )，一般設計以屋頂面積計算，也可以將基地地面集雨面積納入，但是必須有集雨管路系統及過濾處理設備設計。
- Wd**：雨水利用設計量 (公升/日)。
- Ri**：可用雨水來替代之再生水用途項目用水量，由設計單位依據該建築物利用於廁所、清潔、洗車、園藝澆灌之再生水用途項目計算水量來認定，住宅類建築依據表 4 計算，其他類建築必須依據該建築物所能使用於與人體無接觸的廁所、清潔、洗車、園藝澆灌等再生水量用途合理設定，同時應有該用途之配套供水管路系統設計才能被認可。

表 2 建築類別用水量推估計算基準

建築類別	規模類型	單位面積用水量 <sup>(註2)</sup> Wf (公升/m <sup>2</sup> ·日)	全棟建築總用水量 Wt(公升/日)
辦公類 <sup>(註1)</sup>	一般專用	7	$Wt = Wf^{(註2)} \times Af$ 其中： Af為停車場、機械室、倉庫及梯廳、電梯、樓梯等服務空間除外之居室總樓地板面積 (m <sup>2</sup> )。
	複合使用	9	
百貨商場類	有美食街設施	20	
	無美食街設施	10	
旅館類	都市商務旅館	15	
	一般複合型旅館	20	
	中大型休閒旅館	25	
醫院類	地方診所、療養院	15	
	綜合醫院	21	
	教學大型醫院	24	
學校建築	行政及教學大樓	10	
	其他	比照其他類	
宿舍類	----	10	
住宅類	----	----	$Wt = 250 \text{ 公升/ (人·日)} \times 4.0 \text{ (人/戶)} \times Nf$ ，其中，Nf：住宅總戶數 (戶)，亦即統一以每戶四人計算用水量。
其他類	----	----	根據建築實際用水量需求計算

註 1.辦公類建築物中有咖啡廳、廚房或容許範圍之其他使用時則屬複合使用類型。  
 註 2.單位面積用水量 Wf 主要參考日本空氣調和、衛生工學便覽第 12 版 (1995.03)，以及工研院節水服務團之部分調查資料 (2002.02) 補充修正而成。

表 3 降雨類型分區容量設計對照表

區域	分區	年平均雨量(mm)	日平均雨量(mm)	降雨概率	建議貯水天數
北部	I	1815.0	4.97	0.34	8.72
	II	3584.5	9.81	0.50	6.02
	III	2302.9	6.31	0.37	8.12
	IV	3564.6	9.76	0.53	5.67
中部	I	1406.2	3.85	0.26	11.69
	II	2279.5	6.24	0.37	8.02
南部	I	1673.8	4.58	0.25	11.94
	II	2328.7	6.38	0.29	10.44
	III	2964.2	8.12	0.37	8.19
東部	I	2237.8	6.13	0.43	7.04
	II	2070.9	5.67	0.38	7.83
	III	2723.2	7.46	0.45	6.68
	IV	2202.4	6.03	0.42	7.20
外島	I	927.7	2.54	0.23	12.91
	II	3104.5	8.50	0.60	4.98

### 9. 計算雨水貯留利用率之相關規定

9.1 建築物總用水量  $W_t$  必須依表 2 之標準計算，亦即依據單位樓地板面積用水量  $W_f$  與居室總樓地板面積  $A_f$ （停車場、機械室、倉庫等空間面積除外）來計算，不在表列之建築物類型（如體育館、博物館等），則根據建築實際設計的用水量需求計算之。唯住宅類建築之用水量與樓地板面積關係不大，因此以每戶 4 人、每人每日用水量 250 公升與住宅總戶數為基準來計算。

9.2 自來水替代水量  $W_s$  以日集雨量  $W_r$  及雨水利用設計量  $W_d$  之較小者為標準之理由，在於集雨量大於雨水利用設計量時，多餘的雨水資源也將流失而無法增加省水之效益；反之，集雨量不足時，將無法達成預期之雨水供應目標，因此取其小者作為評估之標準。

9.3 雨水利用系統之雨水儲水槽設計容量  $V_s$ ，影響收集雨水量之利用效率，在此係以自來水替代水量  $W_s$  乘以儲水天數  $N_s$  來作為最小雨水儲水槽設計容積  $V_{sm}$ 。 $N_s$  的意義在於降雨頻率小的地區，必須預留較大容量的雨水儲

水槽以備較長的降雨間隔，反之，降雨頻率較大的地區則只需預留較小容量的雨水儲水槽即能達到有效之雨水利用。

9.4 由於雨水只能用來作為非飲用的雜用水，計算值必須依據實際在利用之用途替代水量計算，因此雨水貯留利用率  $R_c$  值不能大於該建築物之雜用水比例，例如表 4 所示，住宅建築之  $R_c$  值不能高於再生水可取代部分（日用水量之 32%）。唯導入高度水質處理技術，使再生水能符合更廣泛之利用者，經專業證明及審查確認可行者，不在此限。

9.5 本來更精確之日集雨量  $W_r$  計算，應該根據整體雨水系統設計及當地降雨頻率條件之動態分析而定，本指標僅以當地日降雨量（mm/日）及日降雨概率來簡化評估。此評估對於日降雨概率小的地區可反應出集雨量與雨水貯留利用率  $R_c$  相對不佳的結果，此評估也凸顯雨水利用在北台灣較有利，而在台灣西南部較為不利之實情。

**表 4 住宅建築每人每日各種用途使用水量推估值（公升/人·日）**

用途 水量	再生水不可取代部分 68%				再生水可取代部分 32%			合計
	洗澡	洗滌	洗手洗臉	廚房	廁所	清掃	其他	
日平均	50	60	20	40	60	10	10	250

9.6 滯洪池併設雨水儲水功能，且滿足雨水貯留利用率  $R_c$  之設計用水儲水量，得免設雨水儲集池。

## 10. 雨水貯留利用設施規劃設計與施工要點

### 10.1 規劃原則與設計程序

一個完整的屋頂雨水貯留供水系統至少應包括下列幾個部份。

- (1) 集水區域：隨著雨水貯留的型態不同而異，建築物的雨水利用規劃主要是以屋頂為集流區域。
- (2) 集雨配管系統：配管系統是指屋頂的排水管及其與貯水設施間之接水管

等管線系統。

- (3) 初期雨水簡易處理系統：降雨初期的雨水通常較污濁，因此這部份的雨水必須藉由濾網予以排除，此設備即是初期雨水處理系統。
- (4) 簡易過濾設施：由石英砂、褐煤、活性炭等材料組成，以過濾懸浮物質，此設備應定期清洗。
- (5) 貯水設施：即貯存雨水的容器，其容量大小、材質以及設置方式都關係到雨水貯留供水系統之成敗。

在雨水貯留供水系統中，貯水設施容量與集水區域面積大小關係密切，通常貯水設施與集水區域均為建築物的一部份，必須與整體建築設計整合規劃，集雨設施入流量的多寡直接關係到貯水設施的設置容量，一般建築物之雨水利用系統設計步驟與整體流程，以及相關工作項目之參考如圖 2 所示。

建築物導入雨水利用系統之規劃，基本上可分為四個階段依序來進行。第一階段必須進行之工作是建築物基地所在位置環境以及設計條件之確認，建築基地環境與設計條件包括基地環境水環境現況（含都市上下水公共設施系統）、當地氣象資料、建築用途、建築規模、建築型態、屋頂面積等等。第二階段則是進行雨水利用效益的評估，包括自來水替代率、雨水利用率等之檢討與回饋修正，以作為設施容量及空間規劃之決策依據，並決定處理程序之等級及相關設施設置計畫，同時也包括監控裝置及設施之規劃。第三階段則是配管配線之安排與計畫，必須兼顧整合原有給排水系統設備之性能及基本需求。最後階段則是實際施工及營運維修管理計畫之執行。

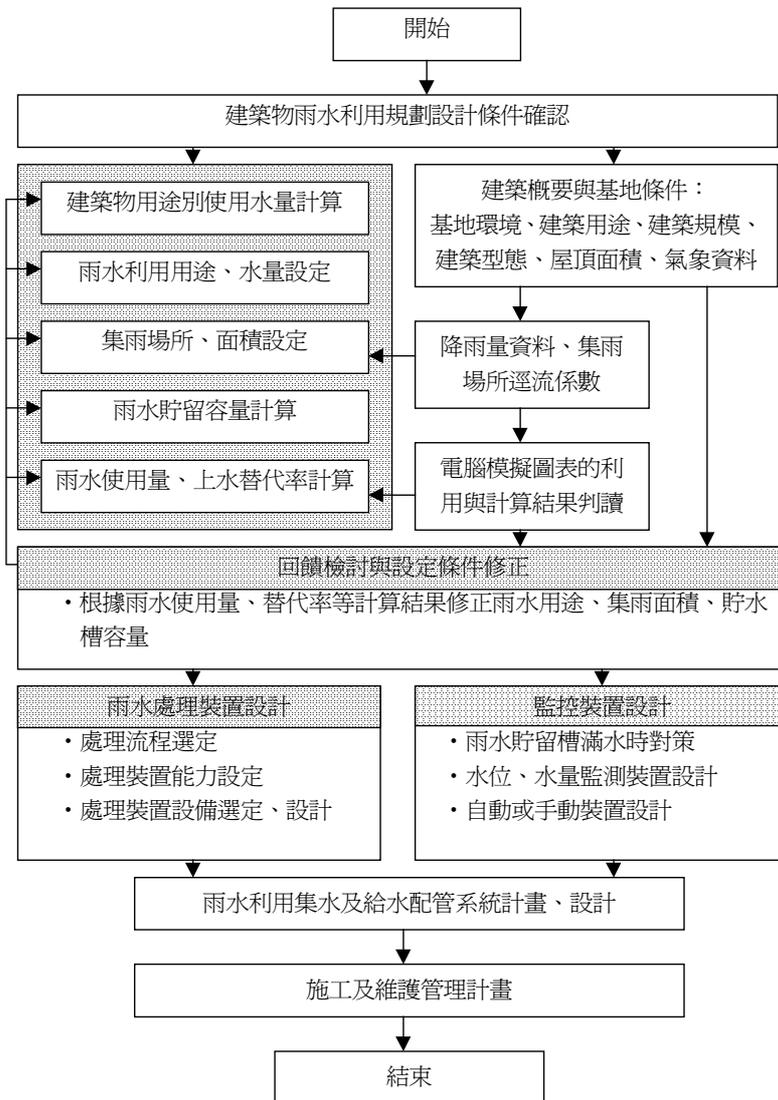


圖 2 建築物雨水利用系統規劃設計步驟與整體流程

建築物整體雨水利用系統設計上需留意之要點如下：

- (1) 屋頂雨水貯留供水系統需注意屋頂的防滲漏處理。
- (2) 屋頂雨水貯留供水系統之屋頂集水區應定期清理，以免雜物阻塞管線造成系統損壞。
- (3) 為了避免水壓過大及易於使用，設計時應注意貯水槽不可太高且其高度

需低於集水區域。

(4) 貯水筒須覆蓋以防止灰塵、蟲等雜物進入且覆蓋需牢固，溢流管、放流管應有適當的掩蔽防止雜物進入。

雨水利用設備之處理流程，依處理程度大致上整理如表 5 所示，建築設計的採用決策，必須依據建築物用途特性及建築規模條件等，加以綜合考慮決定之。根據雨水處理流程，主要的處理裝置包括快濾裝置、沈砂槽、沈澱槽、慢濾裝置、消毒裝置等，設計者可依雨水用途的水質需求及建築特性條件決定合適等級之雨水處理流程，以及配置適當之處理裝置。處理的目的主要係針對非溶解性之懸浮物質或有機物質的去除，去除物質包括落葉、紙屑、垃圾、粗細砂粒等，處理設施包括過濾篩網、沈砂槽等。

表 5 雨水利用之處理流程等級分類

處理等級	雨水處理流程
A	集水 → 快濾裝置 → 沈砂槽 → 沈澱槽 → 慢濾裝置 → 消毒裝置 → 貯留利用
B	集水 → 快濾裝置 → 沈砂槽 → 沈澱槽 → 消毒裝置 → 貯留利用
C	集水 → 快濾裝置 → 沈砂槽 → 消毒裝置 → 貯留利用
D	集水 → 快濾裝置 → 貯留利用

### 10.2 雨水利用設施構造基準

根據上一小節所述之雨水處理流程，雨水利用設施主要的處理裝置包括快濾裝置、沈砂槽、沈澱槽、過濾裝置、消毒裝置等，設計者可依雨水用途的水質需求及建築特性條件決定合適等級之雨水處理流程，以及配置適當之處理裝置。各個設施裝置之構造基準概要說明如下：

#### (1) 快濾裝置

快濾裝置之目的主要在於截留濾除雨水中之落葉、樹枝、紙屑、垃圾等較大體積之漂浮夾雜物質，以維持後續之處理利用程序之順利進行，並減少後續處理裝置之堆積物。本裝置為初步之過濾設施，設置於集雨設施之集水口附近，一般以金屬網、不銹鋼格柵或塑膠製粗濾網等材料，達到簡單快速過濾之目的即可。為了方便清掃維護，也可以參考陰井之構造，並於陰井中裝置截留網籠，如圖 3 所示。構造上參考基準如下：

- A.快濾裝置之處理能力應以滿足每小時最大降雨量之通過容量。
- B.裝置之格柵有效間距應維持約 2.0~5.0 mm 之孔隙。

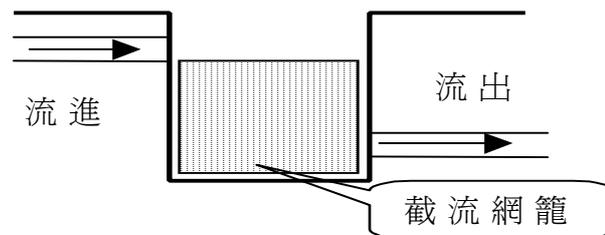


圖 3 於陰井中裝置截留網籠之快濾裝置例

初期收集之雨水可能含有各式各樣及各種形狀特性之垃圾、堆積物等，快濾裝置之格柵間隙太大則容易讓許多雜物通過，造成後續處理之負擔與堆積物增加，但格柵間隙太小則容易阻塞且影響收集雨水之順暢，因此格柵之有效間隙以大約 2.0~5.0 mm 為適當。截留之堆積物清理一般以人工定期管理清掃，也可以考慮自動排除之裝置。集雨量較少且雨水收集裝置污染較輕微的情況，可以考慮使用如圖 3 所示之截留網籠，網籠的材質可以為金屬網或衝孔金屬板等，並需要定期以人工管理清除之。

## (2) 沈砂槽

為使雨水中所含之泥沙或粗浮游物質自然沈澱去除所設置之裝置，沈砂槽一般設置於沈澱槽或貯留槽之前的裝置，與沈澱槽原理相同，唯雨水在此

滯留時間較短，約數分鐘時間，類似陰井之效果。另外，也有沈砂槽與沈澱槽併用之設施，唯沈砂槽的沈澱物會比較多，管理上必須注意經常清理以保持其功能。利用停車場、馬路或其他開放空間作為集雨場所之案例，由於有出入之人群及容易帶入較大之砂粒或污染物，若不予以清除將容易造成後續處理之阻塞，也會影響系統中之閘門或馬達之操作。

沈砂槽的構造主要是考慮水中粒子的沈降現象與水流的平衡關係，根據流體原理整理其關係公式如下：

$$\frac{v}{V} = \frac{H}{L} \dots\dots\dots (1)$$

$$V = \frac{Q}{W \times H} \dots\dots\dots (2)$$

$$T = \frac{W \times L \times H}{Q} \dots\dots\dots (3)$$

上述之  $v$ ：水中粒子的沈降速度 (m/秒)

$V$ ：槽內的平均水流速度 (m/秒)

$H$ ：有效水深 (m)

$L$ ：槽之有效長度 (m)

$W$ ：槽之有效寬度 (m)

$Q$ ：流入雨水量 (m<sup>3</sup>/秒)

$T$ ：沈澱時間 (秒)

依上列公式 (1) (2) 整理得：

$$v = \frac{Q}{L \times W} \dots\dots\dots (4)$$

根據公式 (4) 所示，沈砂槽除去水中粒子沈降速度即為單位面積、時間雨水處理容量，理論上與沈砂槽水深無關。水中粒子的沈降速度如表 6 所示。

**表 6 水中漂流粒子的沈降速度**

粒徑 (mm)	沈降速度(mm/sec)		粒徑 (mm)	沈降速度(mm/sec)		粒徑 (mm)	沈降速度(mm/sec)	
	比重			比重			比重	
	2.65	1.20		2.65	1.20		2.65	1.20
1.00	100.0	12.0	0.09	5.60	0.75	0.008	0.044	0.0054
0.90	92.0	10.5	0.08	4.80	0.58	0.007	0.034	0.0041
0.80	83.0	9.5	0.07	3.70	0.45	0.006	0.025	0.003
0.70	72.0	8.4	0.06	2.50	0.35	0.005	0.017	0.0021
0.60	63.0	7.7	0.05	1.70	0.25	0.004	0.011	0.0013
0.50	53.0	6.2	0.04	1.10	0.15	0.003	0.0062	0.00075
0.40	42.0	4.9	0.03	0.62	0.08	0.002	0.0028	0.00035
0.30	32.0	3.8	0.02	0.28	0.035	0.0015	0.00155	0.00020
0.20	21.0	2.2	0.015	0.155	0.020	0.001	0.00069	0.000084
0.15	15.0	1.5	0.010	0.069	0.0084	0.0001	0.00007	0.0000085
0.10	7.4	0.8	0.009	0.056	0.0068			

註：1.比重 2.65 為土砂粒子，比重 1.20 為有機物。

2.本表資料係參考日本給排水設備基準 (HASS 206) 之建議規定。

沈砂槽的有效容量必須根據雨水的滯留時間來決定，亦即依欲去除之水中粒子之粒徑與特性及接近之沈降速度來做決定，一般雨水滯留時間約採 20~90 秒左右，根據過去污水下水道及自來水給水系統相關之實驗、案例等之沈砂效率經驗，大約在 60 秒左右為理想之情況。有關槽內的流速問題，水流速度越小則可以沈澱的粒子越小。若水流速度太大或急速變動，不僅影響沈砂效率，也會使已經沈降的粒子再次揚起。使沈砂再次揚起的瞬間流速稱之為境界流速。關於境界流速的計算公式如下所示：

$$V_r = \sqrt{\frac{8\beta}{f} \times g(s-1) \times D} \dots\dots\dots (5)$$

上述之  $V_r$ ：境界流速 (m/秒)

$f$ ：摩擦係數 ( $\approx 0.03$ )

$\beta$ ：常數 ( $\approx 0.06$ )

$g$ ：重力加速度 ( $= 9.8 \text{m/sec}^2$ )

$s$ ：粒子的比重 (土砂粒子為 2.65)

$D$ ：粒子的直徑 (m)

一般沈砂槽除去之土砂粒子直徑約 0.4mm，以比重 2.65 代入計算，則境界流速為 0.32 m/sec，根據境界流速、處理容量與滯留時間所推算之沈砂槽長度，便可以決定沈砂槽之寬度。而沈砂槽的寬度除了上述之推算外，必須同時考慮維修管理作業的操作空間，因此必須確保最小 0.8 公尺的寬度。延續上述之計算對應 0.4mm 土砂粒子之沈降速度為 42mm/sec (表 6)，沈砂槽處理容量以槽水面積計則為 3629m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.day。

關於沈砂槽的深度設計，如上所述理論上與沈砂效率並無直接關係，一般案例經驗大多採 1 公尺之深度。根據上述關係公式，沈砂槽的尺寸推估可依下列關係公式推算之。

$$L = V \times T \dots\dots\dots (1)$$

$$W = \frac{Q}{V \times T \times v} \dots\dots\dots (2)$$

$$H = T \times v \dots\dots\dots (3)$$

沈砂量的估計，一般情況集雨量約 1000m<sup>3</sup> 的案例，約有 0.001~0.05m<sup>3</sup> 之土砂被截留，因此沈砂截留容量必須考慮暫時儲留之空間，空間之大小必須同時考慮沈砂量、除砂方法及清除頻度等因素。一般案例經驗以水深的 10~30% 為參考尺寸，且最少應考慮有 30 公分左右之儲留深度。為了除砂作業的順利操作，槽底應考慮 1/100~2/200 左右之坡度，並於末端設置清除口。

根據上述之檢討，沈砂槽在構造上參考基準如下：

A. 沈砂槽之有效容量，計畫上以每小時最大降雨集水量的 60 分之 1 左右為適當之參考數值。

B. 沈砂槽之尺寸以槽內流水速度 0.30m/sec 為基準，推估槽內之寬度及長度

而決定之。

C.以沈砂槽單位水表面積之處理能力推計，約  $3600\text{m}^3/\text{m}^2.\text{day}$  為適當參考依據

D.有效深度方面依流入管之深度適度決定之，底部應留設 30 公分左右之儲留沈砂空間，並設置清除口。

E.雨水流入管之設置必須避免產生偏向擾流現象之情況。

### (3)沈澱槽及貯留槽

沈澱槽係為使雨水中之細沙或浮游有機物質自然沈澱而去除之裝置，與沈砂槽原理相同，唯雨水在此停留沈澱時間較長，通常為數小時時間，讓更細之浮游粒子自然沈澱，以符合雨水用途之需求水質。在建築物雨水利用系統中，沈澱槽與貯留槽功能及構造均相近，可以考慮併設之裝置。根據水中泥砂粒徑區別名稱如下表 7 所示，沈澱槽處理之砂泥特性大約在細砂及部分之沈泥，雨水滯留時間約 2~3 小時為適當之參考。

表 7 沈澱槽處理之砂泥特性粒徑區別

粒徑分類	礫石			砂		沈泥	黏土	膠態物質
	粗礫	中礫	細礫	粗砂	細砂			
粒子直徑 (mm)	75 ~20	20 ~5.0	5.0 ~2.0	2.0 ~0.42	0.042 ~0.074	0.074 ~0.005	0.005 以下	0.001 以下

註：1. 本表資料係參考日本給排水設備基準 (HASS 206) 之建議規定。

雨水處理之沈澱槽有不少案例是設置於建築物地下室或利用筏式基礎空間，形狀以長方形或正方形為佳。寬度比例太大之沈澱槽容易產生漩渦流或偏向流，造成沈澱效果的降低。根據案例經驗值，沈澱槽之長寬比約 3:1~5:1 為較理想之比例。以漂流土砂粒徑 0.07mm 之沈降速度 3.7mm/sec 計，理論上理想之沈澱槽單位面積處理能力約為  $320\text{m}^3/\text{m}^2.\text{day}$ ，但是容量太大之沈澱槽於建築物中不容易配置，一般經驗以  $25\sim50\text{m}^3/\text{m}^2.\text{day}$  之處理容量為適

當之參考數值。沈澱槽的深度與處理能力理論上並無直接之關係，但是深度太淺容易因水流的不穩定造成沈澱物的擾亂浮起，沈澱槽雨水滯留時間與處理能力、水深之關係如表 8 所示。另一方面，設置於建築物地下空間或筏式基礎之沈澱槽，空間往往受到限制而必須遷就現況條件，一般如果能有 1~4 公尺之深度應該就不會有太大的問題。沈澱槽流入口附近，配合設置碎石級配先行過濾，亦有整流之效果。

表 8 沈澱槽雨水滯留時間與處理能力、水深之關係

	單位面積處理能力 ( $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{day}$ )	槽有效深度 (m)		
		2	3	4
沈澱時間 (小時)	25	1.9	2.9	3.8
	30	1.6	2.4	3.2
	40	1.2	1.8	2.4
	50	1.0	1.4	1.9

註 1.本表資料係參考日本給排水設備基準 (HASS 206) 之建議規定

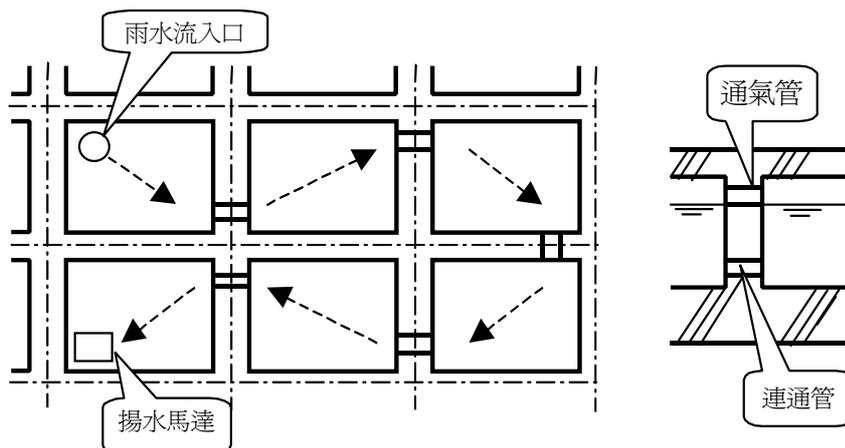


圖 4 做為雨水沈澱槽或貯留槽之案例

沈澱槽或貯留槽在槽體材質構造上，鋼筋混凝土、鋼板或塑膠材等均可，只要能防止外部進入之垃圾、污排水、直接日射等即可，並確保維修檢查之方便性及可行性。設置於建築物地下筏基空間之設施，必須避免處理過程之水流產生短路或死水區域之規劃，圖 4 為參考設置例。為了清掃可及性及方便性，各個水槽必須留設人孔或清除孔，同時考慮沈泥容易清除之集泥坑及洩水坡度。使用揚水馬達之情況，必須避免抽到或擾動槽底之沈泥，沈水式馬達應墊高使用。根據上述之檢討，沈澱槽及貯留槽在構造上參考基準如下：

- A. 沈澱槽有效容量以雨水滯留時間 2~3 小時計，約每小時最大降雨集水量的 2~3 倍容量。
- B. 沈澱槽內水流平均流速應在 0.30m/sec 以下，以長方形水槽為佳，長寬比 3:1~5:1 左右。
- C. 沈澱槽單位面積處理能力約 25~50 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.day 左右。
- D. 槽深約 1~4 公尺，各槽應設清除孔且槽底需設置集泥坑，同時應設置 1/10~1/100 之洩水坡度以利清除沈泥。
- E. 流入口附近應設置阻流版或打孔整流板，以防止漩渦流或偏向流現象。
- F. 貯留槽的有效容量以雨水利用率，同時考量建築物之構造、敷地等限制條件決定之。

#### (4) 過濾裝置

過濾裝置是以砂、活性碳等濾材，將雨水中更微細之浮游物質去除，一般設置於沈澱槽之後，目的在於進一步提升雨水利用水質，可視為雨水利用最終淨化設施。過濾裝置之構造大要如圖 5 所示。

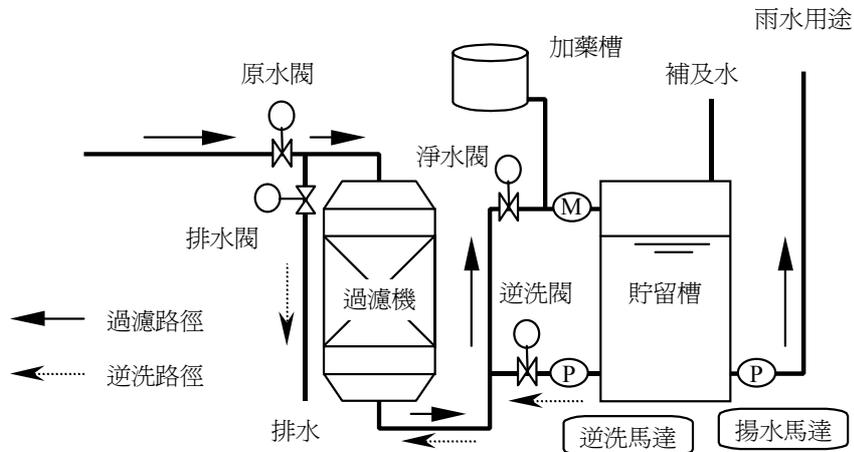


圖 5 過濾裝置概要圖

過濾裝置為雨水處理系統中，為加強雨水利用之水質要求之最終處理裝置，處理成本較高且程序較繁雜。因此，並不需要將沈澱槽之所有水量經此過濾裝置處理後利用，只要針對必要之用水量來處理即可。雨水過濾裝置往往受限於建築物空間的限制，配置上必須事先考量調整。過濾槽之處理方式有採開放重力式之過濾槽，也有採用密閉加壓馬達之壓力過濾槽方式，兩者各有其優缺點，密閉壓力式雖然成本較高，但在污染防止及處理能力上較佳，設計者得依建築條件慎選之。

根據上述之檢討，過濾裝置在構造上參考基準如下：

- A. 過濾槽之處理能力及容量，依該雨水用途之需求量設置即可。
- B. 原則上以採用密閉壓力式過濾槽較佳。
- C. 過濾時間約需要 5 天左右。

#### (5) 消毒裝置

雨水利用之用途一般做為沖洗廁所馬桶、冷卻塔補給水、洗地、澆灌綠地植栽等，原則上不得用於飲用相關之用水，但民眾誤飲、誤用的情況仍然有可能發生。為避免貯留之雨水繁殖細菌造成污染，一般在貯留槽之前設置加氯裝置，或加入防止水中有機藻類繁殖之藥品，使雨水在貯留利用前之期

間維持基本必要之衛生安全狀態。特別是雨水利用在與人體有接觸可能之地方，必須考慮避免發生安全衛生之問題。因此，在雨水處理的最終階段設置加藥消毒裝置，將雨水中之細菌類微生物殺死，以確保用水之安全衛生。用水中加氯消毒，同時也可以抑制水中藻類等微生物繁殖發生。經處理過之雨水一般有相當乾淨之水質，也較少存在會與氯產生反應之有機物或胺氮類之無機物。加氯量可以不必太重，以參考一般自來水之水質餘氯基準來設置，只要維持出水口之檢出殘留餘氯之自由餘氯值在 0.1mg/l 以上，或結合餘氯濃度在 0.4mg/l 以上即可。根據案例之經驗，加氯量約 2~4mg/l 左右應可滿足一般需求。但是，雨水利用於景觀植栽之澆灌或水景水池補助用水之情況，加氯量太高會導致植物生長不佳或魚類死亡等情況，必須特別注意。

加氯裝置之位置一般可以在貯留槽、處理水輸送管路或處理水槽等部位，只要能使氯劑能充分混合到雨水中即可。在水槽中加氯的情況，應於流入口部位設置馬達加藥注入裝置，水槽中並要避免水流短路或死水區域，最好能併設迂流導板以充分混合藥劑。在處理水輸送管路中加氯情況，應該選定注入後能迅速混合之地點，同時避免加氯位置在給水支管前設置之情況。

### 10.3 收集雨水、貯留、處理技術要點

除了在高度空氣污染地區或都市交通繁忙地區，可能在降雨過程中夾帶污染物質而降下，或在高度工業化地區，酸雨情況也可能發生之外，一般而言，自然降雨之雨水水質乃是相當乾淨之水源。建築物雨水利用系統，透過簡單的收集過濾貯留，便可以應用在許多方面之用水需要上。例如，不少案例利用建築物之筏式基礎設置雨水貯留設施，經簡易過濾及自然的移動沈澱，便可以得到相當良好的水質。另外，私人住家利用屋頂收集雨水，經簡易過濾貯留用於灑水、澆灌、清洗等案例，在台灣早期社會便存在許多慣例與作法，特別是在農村或自來水未充分普及供應的地方。本小節將針對雨水利用系統的收集、貯留及相關處理技術要點說明。

#### (1) 雨水處理程度與用途

經收集處理過後之雨水，根據案例之經驗及合理之檢討，其用途大致上

可包括廁所馬桶衛生器具之沖洗、冷卻水塔的補給用水、水景、植栽澆灌、洗車、灑水、清洗戶外地板、消防用水、清掃浴室及室內地板等，必要時也可以作為災難時之緊急飲用水。各個用途之用水對於水質各有不同之要求，大抵以不與人體接觸之用水對於水質要求較低，其次是與人體可能接觸之用水，而以飲用水對水質之要求最高。國內對於飲用水之水質，有「自來水法」、「飲用水管理條例」及各地方施行細則等之相關法規管制，而其他用途之水質則無明確之強制管理法規。

表 9 雨水處理對應程序建議表

利用用途 集水場所	廁所馬桶 衛生器具 之沖洗	冷卻水塔 的補給用 水	水景、植栽 澆灌	洗車、灑水、 清洗戶外地 板、消防用水	清掃浴室及 室內地板	經常與身體接 觸用途或緊急 時飲用水
屋頂或頂樓樓 板	簡單清除 垃圾即可 使用	自然沈澱及簡易處理流程後使用			沈澱加碎石 過濾處理後 使用	經處理程序後 加氯消毒
公園綠地						
停車場	自然沈澱及簡易 處理流程後使用			沈澱加碎石過 濾處理後使用	自然沈澱加 過濾機處理	
廣場、道路、 人工鋪面						
經透水處理之 人工地盤	簡單清除 垃圾即可 使用	自然沈澱及簡易處理流程後使用			沈澱加碎石 過濾處理後 使用	

另一方面，雨水的收集地點、方式也將明顯影響初期收集到之雨水水質，以及必須採取的雨水處理程序。一般而言，收集雨水的場所大致上包括建築物屋頂或頂樓樓板、公園綠地、停車場、廣場道路鋪面、人工地盤或經透水處理之人工地盤等。不同的地點所收集到的雨水，對應不同的用水水質需求，設計者必須決定相對應之處理流程及相關處理設施。茲將雨水收集場所、雨

水利用用途及相對應之處理程序，整理如表 9。

### (2) 簡單清除垃圾即可使用之情況

基本上在沒有污染源地區，如鄉下、市郊或低密度都市地區，所收集到之雨水之水質情況，一般而言不會有太大之使用問題。如果在雨水收集區域附近有樹木或綠化植栽，或是有人可能經過或到達的情況，可以簡單於集雨管流入貯留槽之部位，設置格柵、濾網或網籠，如圖 6 所示，以阻止樹葉、紙屑、垃圾等流入，並適度清除即可獲得相當良好水質之雨水。

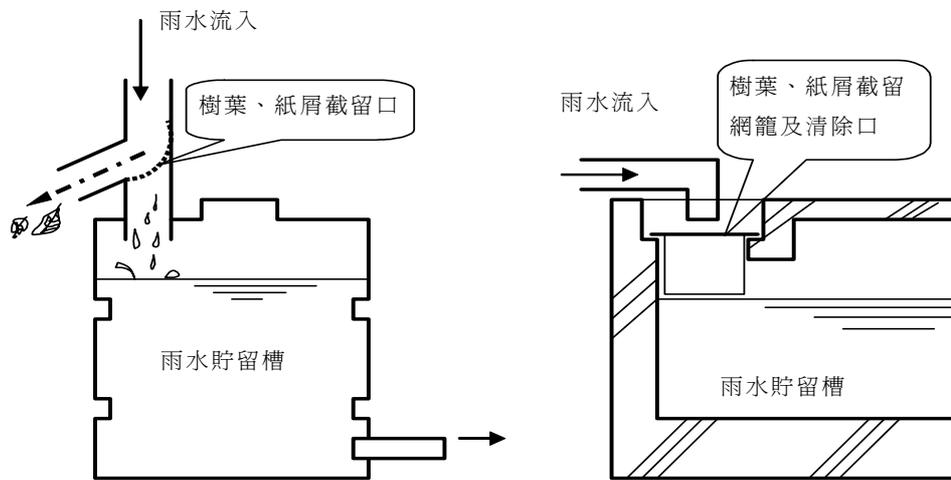


圖 6 簡單清除垃圾之雨水貯留設施例

### (3) 自然沈澱及簡易沈砂處理流程後使用

集雨地點可能容易夾帶泥沙或流入雜物之情況，如停車場、公共廣場等，利用簡易截留、沈砂過濾及沈澱，即可導入利用之情況。經收集處理後之雨水，一般即可應用於廁所馬桶衛生器具之沖洗、冷卻水塔的補給用水、水景、植栽澆灌、洗車、灑水、清洗戶外地板、消防用水等用途之用水。此處理程序基本上操作簡單且工程成本低，雨水利用範圍也廣泛，為相當經濟之雨水利用處理方式，採用之案例也最多，簡易沈砂槽之構造，可設計如圖 7 所示案例。

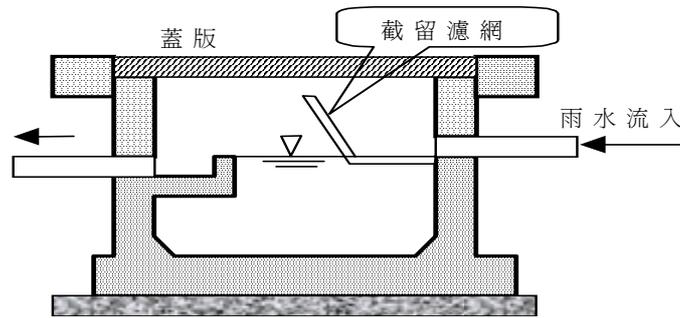


圖 7 簡易沈砂槽案例

(4) 沈澱加碎石過濾處理後使用

當集雨面積規模增大，雨水用途對象水質要求提高，並且必須避免細沙或雜物混入給水馬達造成損壞，可以利用較大規模之沈砂過濾設施，以碎石級配或較細濾網，去除雨水中之混入雜物、細沙等物質。其構造概要圖例如圖 8 所示。

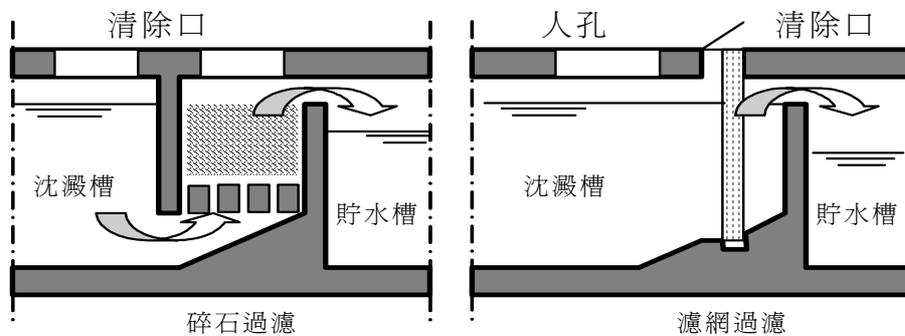


圖 8 沈澱加碎石過濾處理構造概要例

(5) 自然沈澱加過濾機處理

碎石及濾網之處理不容易去除雨水中之浮游固體物質 (Suspended Solid)，利用重力式或壓力式過濾機之細沙或活性碳濾材，可以去除相當程度

之浮游物質，提高雨水利用水質之安全衛生性能。

#### (6)經沈澱過濾處理程序後加氯消毒

收集雨水作為經常與身體接觸用途或可能兼作為緊急災難時之飲用水的情況，必須在安全衛生性能上有較周全之考慮，一般在經沈澱過濾處理程序後設置加氯消毒裝置，以殺死細菌或可能滋生之微生物，作為雨水利用之最終處理程序。但是，加氯濃度必須符合相關安全規定，避免過量或不足。

#### 10.4 雨水貯留槽滿水時之控制

建築物導入雨水利用系統，必須非常注意避免暴雨期間，集雨量超過雨水貯留槽容量時，造成滿水溢流的災害，特別是設置於建築物地下空間之利用設施，更要絕對地避免滿水溢流災害的發生。因此，雨水貯留槽滿水時之安全對策，必須根據建築規模、建築特性、雨水貯留槽設置位置、雨水集雨量與貯留槽容量等因素，謹慎地評估考量。滿水對策的基本概念，首先是在貯留槽已經滿水時，必須能停止雨水繼續流入，並且使溢流之雨水能迅速排出屋外。

當雨水貯留槽滿水時，停止雨水繼續流入之控制有許多方式，設計者必須根據建築物之現況條件，進行評估與判斷決定。一般對策大多採用自動監控閘門控制方式，並配合手動切換控制輔助，以備機械故障時之補救。在自動監控閘門系統中，主要之設備為水位感知器、自動或手動控制閘門、球閘開關控制器、排水馬達等。自動監控閘門控制方式之系統概要，圖 9 所示為自動控制閘門裝置，由水位感知器監測水位之變化，滿水時便自動關閉閘門開關，使雨水直接排入屋外下水道系統，機械故障時可以人為方式改採手動切換。同時，雨水貯留槽設置溢流孔接至排水陰井，利用抽水馬達直接排到戶外下水道，如此即可避免溢流之災害。

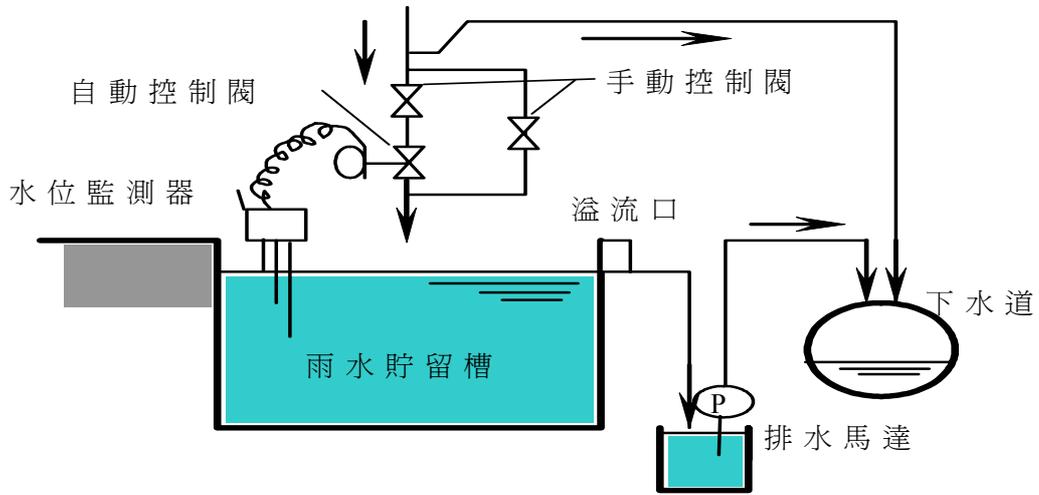


圖 9 雨水貯留滿水自動控制閥門裝置

自動監控閥門控制方式之系統概要，圖 10 所示同樣為自動控制閥門裝置，唯利用浮球控制代替水位感知器來監測水位之變化，滿水時便自動關閉閥門開關，使雨水直接排入屋外下水道系統，機械故障時也可以人為方式改採手動切換，其他裝置與自動控制閥門裝置相同。

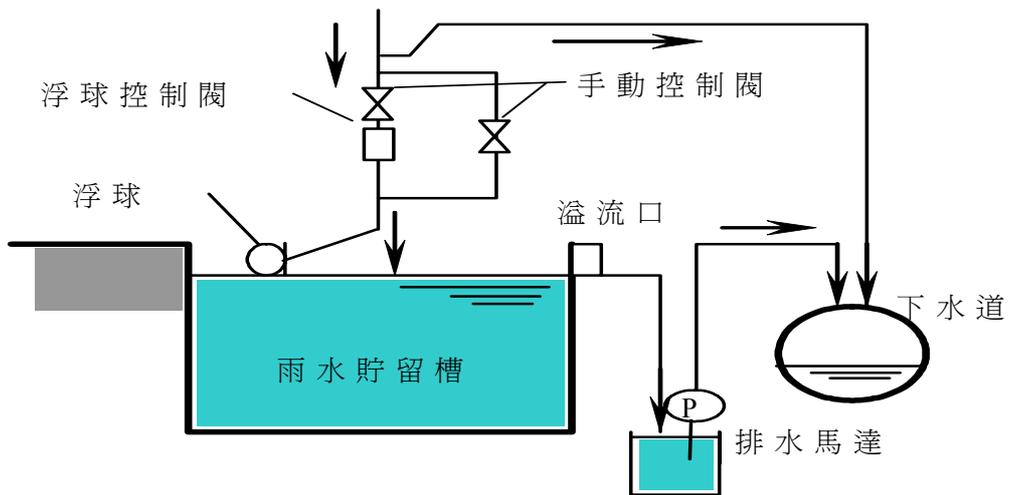


圖 10 雨水貯留滿水浮球控制閥門裝置

雨水貯留槽規模較大，並設置於地下空間或筏式基礎之建築物，在雨水貯留滿水對策上，可以考慮於地面層設置容量較小之中繼調節貯留槽。當暴雨滿水時，雨水便不再流入地下室，並直接由地面中繼調節貯留槽溢流排除。其裝置系統概要如圖 11 所示。

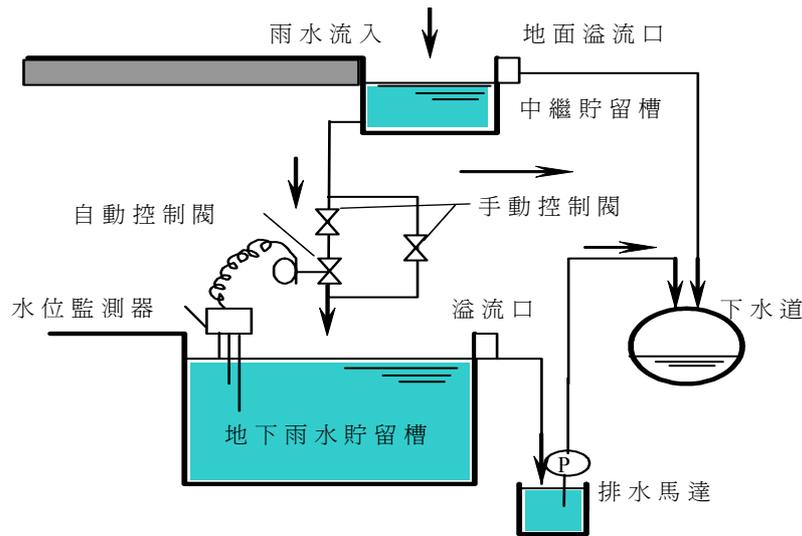


圖 11 地下雨水貯留滿水自動控制閥門裝置

上述自動控制系統為雨水滿水對策較周全之考量作法，簡易之雨水利用系統亦可利用自然溢流之設計，使溢流之雨水自然排入雨水陰井，利用重力排入下水道，也是經濟可行之作法。唯雨水貯留槽設置於下水道水位以下之位置時，由於無法以自然重力排除溢流雨水，或清洗水槽時貯留之雨水，此情況則必須特別考慮機械排水裝置。至少必須設置水位觀測或感知裝置，以及自動排水馬達，並輔以手動切換控制裝置，使滿水時可以強制將雨水排出至下水道系統。另外，排水馬達最好能有備用機組，以及暴雨停電時有緊急電源切換裝置，使滿水災害的發生機率降至最低。

#### 10.5 雨水集水管的設計

雨水集水管的功能，主要在於搬送屋頂或雨水集水區域之雨水到雨水處理設施或利用地點。關於雨水的排水管路系統及排水特性，在降雨期間集雨

範圍內連續流出之雨水，在管路中形成連續排水的特性，配管系統對於降雨連續排水之輸送能力評估，主要決定於集雨區域所在地點之每小時最大降雨量之排除。配管內之排水量也隨著管徑及排水洩水坡度而有所不同。雨水集水管的設計，主要內容在於配管管徑的決定，以及配管系統的設計。

雨水集水管管徑的決定，首先必須計算屋頂面積或集雨區域面積，集雨面積是以屋頂水平投影面積來計算。如果屋頂有屋凸或閣樓等建物之外牆面情況，或集雨面積包括外牆範圍者，則加算該建物之 1/2 外牆面積作為集雨面積計算。雨水集水管之立管及橫管管徑計算，可以參考日本給排水設備基準 (HASS 206) 之建議規定，並依各地區實際每小時最大降雨量推估換算，國內相關資料也大多參考於此。表 10 與表 11 乃是以每小時最大降雨量 100 (mm/小時) 為基準所做成之表格化關係，包括垂直排水立管以及橫走管路所對應之屋頂集雨面積。

**表 10 雨水排水立管管徑與集雨面積之參考關係**

雨水排水立管管徑(mm)	容許最大屋頂面積(m <sup>2</sup> )
50	67
65	135
75	197
100	425
125	770
150	1250
200	2700

註：1.屋頂面積以水平投影面積計算。

- 2.容許最大屋頂面積是以每小時最大降雨量 100 mm 為基準推算，實際設計時必須依各地每小時最大降雨量為分母，修正容許最大屋頂面積值
- 3.正方形或長方形排水立管的情況，以立管的內徑短邊為準，且斷面積不得小於對應之基準管徑。
- 4.本表資料係參考日本給排水設備基準 (HASS 206) 之建議規定。

**表 11 雨水排水橫走管管徑、洩水坡度與集雨面積參考關係表格**

管徑 (mm)	容許最大屋頂面積(m <sup>2</sup> )								
	配管洩水坡度								
	1/25	1/50	1/75	1/100	1/125	1/150	1/200	1/300	1/400
65	127	90	73						
75	186	131	107						
100	400	283	231	200	179				
125		512	418	362	324	296			
150		833	680	589	527	481	417		
200			1,470	1,270	1,130	1,040	897	732	
250				2,300	2,060	1,880	1,630	1,330	1,150
300				3,740	3,350	3,050	2,650	2,160	1,870
350					5,050	4,610	3,990	3,260	2,820
400						6,580	5,700	4,650	4,30

註：1.屋頂面積以水平投影面積計算。

2.容許最大屋頂面積是以每小時最大降雨量 100 mm 為基準推算，實際設計時必須依各地每小時最大降雨量為分母，修正容許最大屋頂面積值

3.雨水排水橫走管內排水流速不得小於 0.6m/sec，亦不得大於 1.5m/sec

4.本表資料係參考日本給排水設備基準 (HASS 206) 之建議規定。

實際導入雨水利用系統設計時，該設施所在地點之每小時降雨量與上述每小時最大降雨量 100 (mm/小時) 之基準不同時，則以基準值 100mm 除以該地區實際每小時最大降雨量所得之係數，修正 (乘上) 表格中各管徑所對應之容許集雨面積，即可取得相同之參考基準關係表格。例如台北市每小時最大降雨量為 107.0mm (林憲德，1994，現代人類居住環境)，則修正係數為 0.935 (100/107)，台北地區之適用關係表格如表 12 所示。

**表 12 修正台北地區適用雨水排水管徑與集雨面積參考關係表格**

雨水排水立管管徑 (mm)	容許最大屋頂投影面積(m <sup>2</sup> )	
	集雨立管(m <sup>2</sup> )	集雨橫走管(m <sup>2</sup> )
50	62.6	
65	126.2	
75	184.1	100.0 (1/75)
100	397.2	167.3 (1/125)
125	719.6	276.6 (1/150)
150	1168.2	389.7 (1/200)
200	2523.4	838.3 (1/200)
250		1523.4 (1/200)
300		2476.6 (1/200)

雨水配管系統之注意要點如下：

- A. 雨水集水管路不得與建築物之排水管或通氣管併用，必須獨立設置配管。
- B. 不同樓層之集雨區域，應設置各自獨立之與排水路徑，避免混用造成溢流或低層區域之排水不良情況。
- C. 雨水集水橫走管之端部或轉接彎頭部位，應設置適當之清除口以利清潔維修之進行。
- D. 雨水橫走管或立管以陰井接續之情況，必須確保陰井設施容易維護之清潔衛生狀態，並避免地表之土砂或垃圾流入。

#### **11. 雨水貯留利用設施之安全維護管理注意要點**

建築物雨水貯留利用設施多設置在人口較多的地區，對其安全性、維護管理等需充分考慮，其安全設計與維護管理之原則如下所示。

- 11.1 針對頂樓防滲漏處理，應審慎檢討。
- 11.2 輸水管線之坡度及管徑設計，須符合建築技術規則建築設備篇第二章給水排水設備及衛生設備之相關規定。
- 11.3 大型建築物高低樓層收集管路壓差大的二根直立管路，必須分開配管。雨水立管與橫管不可以九十度直接接續，宜以四十五度角進行緩衝配管，並

留置清潔口以便洩壓清理管內沈積物。

11.4 雨水供水管路與自來水管路應分開設置，雨水供水管於露明處應採用綠色或漆塗綠色作為區別，且每隔 5M 標記「雨水」字樣及雨水流向箭頭，以防止錯接誤用。

11.5 雨水供水槽頂部應設置溢流口，其水位不得高於槽內自來水補水設施之進水位置，以防止雨水溢流時回流至自來水塔。

11.6 降雨初期的雨水會將大量沈積集水區的沈積物帶入儲水槽，所以配合系統設計初期雨水截留設施是必須的規劃。截留雨水量係指降雨初期 1mm 之水量，以減緩儲水槽的淤積。初期降雨截留量依下式計算之：

$$\text{初期雨水截留量(噸)} = \text{收集面積(平方公尺)} \times 0.001$$

11.7 所有儲水槽之設計均須覆蓋以防止灰塵、昆蟲等雜物進入，溢流管、入流管、放流管應視需要設計掩蔽（如逆止閥）以防止雜物進入。

11.8 若使用地面開挖貯存方式時，儲水槽必須具備預防砂土流入槽內之設計，並加強防止人畜掉入之安全設計。

11.9 儲水槽滿水溢流及排水設計應以自然重力排水為優先設計考量，必要時得配合加裝機械動力排水及人工安全閥件等設備。

11.10 雨水貯留供水系統使用者，必須每月對集水區域、導管系統、儲水槽等系統進行檢查。

11.11 安全維護管理建議依下表 13 所述時程/項目進行設施檢查工作：

**表 13 建築物雨水貯留設施檢查及維護注意事項表**

設施別	建議檢查時距	檢查/維護重點
集水設施	1 個月或降雨間距超過 10 日之單場降雨後	污/雜物清理排除
輸水設施	1 個月	污/雜物清理排除、滲漏檢點
處理設施	3 個月或降雨間距超過 10 日之單場降雨後	污/雜物清理排除、設備功能檢點
儲水設施	6 個月	污/雜物清理排除、滲漏檢點
安全設施	1 個月	設施功能檢點

註：1.集水設施包括建築物收集面相關設備，如落水頭/截流渠等  
 2.輸水設施包括排水管路/給水管路以及連接儲水槽與處理設施間連通管路等  
 3.處理設施包括雨水前處理、初期雨水排除、沉澱或過濾設施以及消毒設施等  
 4.儲水設施指雨水儲水槽、緩衝槽以及配水槽等  
 5.安全設施指如維護人孔蓋之安全開關、圍籬或防止漏電等設施

11.12 儲水槽定期清洗是必須的，一般而言在良好的初期雨水處理系統和經常性的維護下，儲水槽每 5 年清洗一次即可，此外，當儲水槽底淤積物超過 2cm 時即需立即清理。

11.13 儲水槽的清洗，除設計自動清洗設施外，人工清洗提供下列四個步驟參考：

- A.將儲水槽儲水排出，至水位近 30cm 時擾動剩餘之水儘量使沈積物隨水排出
- B.剩下無法排出之水以幫浦抽出。
- C.用濃度 3ml/L 之消毒劑或漂白水擦拭儲水槽內壁以防止藻類或微生物滋生
- D.等待 3 小時後以乾淨的水沖洗內壁並將沖洗後之污水排出儲水槽。

11.14 如情況許可，最好每年再用紫外線消毒燈予以消毒以確切的抑制細菌的生長。另外得視當地的水質狀況予以定期或不定期的投藥（次氯酸鈉稀釋液或氯錠）進行消毒滅菌；為了防止二次污染，提水工具必須妥當保管，最好設置抽水馬達或手壓水幫浦等裝置進行排水。

## 12. 建築物雨水貯留利用設計審查相關資料及文件

建築物雨水貯留利用設計之送審資料應包括下列文件：

- A.附表一所示之「建築物雨水貯留利用設計計算總表」。
- B.建築物雨水貯留利用率計算過程相關面積、數量、公式計算過程資料
- C.建築物配置平面圖（必須清楚標明儲水槽位置與集雨面積）。
- D.建築物雨水貯留利用水路設計系統圖及設備空間配置圖。

附件：建築物雨水貯集利用評估總表

建築物雨水貯集利用評估總表						
<b>一、建築物基本資料</b>						
建築物名稱		基地地號				
起造人		設計人				
基本資料	基地面積					
	法定建蔽率					
	法定空地面積					
<b>二、基地降雨量評估項目</b>						
基地所在地		降雨類型分區				
日降雨概率 P		日平均雨量 R				
集雨面積 Ar		貯水天數 Ns				
<b>三、自來水替代率評估項目</b>						
<b>A、自來水替代水量 Ws</b>						
日集雨量 $W_r = R \times A_r \times P =$		<input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/>	$\Rightarrow W_s =$ <input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/> (Ws 以 $W_r$ 或 $W_d$ 兩者中較小者代入)			
雨水利用設計量 $W_d = \sum R_i =$		<input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/>				
<b>B、建築類別總用水量 Wt</b>						
評估項目	建築類型	規模類型	單位面積用水量 $W_f$ (公升/ (m <sup>2</sup> .日))	Af 或 Nf	全棟建築總用水量 $W_t$ (公升/日)	
<b>C、自來水替代率 <math>R_c = W_s \div W_t =</math></b>				<input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/>		
<b>D、雨水貯集槽 <math>V_s =</math></b>				<input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/>	標準值： $N_s \times W_s =$	<input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/>
<b>四、雨水貯留指標及格標準檢討</b>						
(1) 自來水替代率 $R_c$ 是否合格 = _____				合格	<input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	
(2) 雨水貯集槽容量是否合格 = _____				不合格	<input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	
簽證人	姓名：(簽章)			開業證書字號：		
	事務所名稱：					
	事務所住址：					

建築基地保水貯集技術設計規範與法制化之研究

子計畫二：建立「雨水貯集利用」電腦輔助設計套裝軟體

## 參考書目

### 中文部分

- A-01.陳泰然，「台灣梅雨季之豪雨研究」，大氣科學，1994。
- A-02.劉衍淮，「台灣五地之溫度分析與降水量統計」，氣象學報，1984。
- A-03.吳明進、莊秉潔、劉啟清、陳世煥，「由台灣近百年氣候變遷探討土地利用之規劃」，第七屆環境規劃與管理研討會論文集，1994。
- A-04.程萬里、蕭令宜、陳奕祥，「台灣地區氣候環境之變化趨勢」，東海學報，1995。
- A-05.賴威志，「近四十年台灣地區降水變化分析研究」，私立東海大學環境科學研究所碩士論文，1999。
- A-06.陳仁宗、李士畦、陳仁仲，「雨水貯集供水系統簡介」，節省用水季刊，第五期，1997。
- A-07.廖朝軒、朱壽銓、蔡耀隆、陳琬瑜，「屋頂雨水貯集供水系統之最佳化設計」，第三屆水再生及再利用研討會，1997。
- A-08.台北市自來水事業處編印，用水設備設計、施工檢驗作業規範，2002。
- A-09.日本建築學會，建築設計資料集成，1983。
- A-10.李士畦，「三芝國小雨水貯集供水系統」，節省用水季刊第十期，1997。
- A-11.黃國泰，「住宅雨水利用的研究」，國立成功大學建築研究所碩士論文，1996。
- A-12.張思源，「建築物能源動態解析用氣象資料之研究—台灣地區平均氣象年之製作」，國立成功大學建築研究所碩士論文，1987。
- A-13.蔡耀隆，「屋頂雨水貯集供水系統最佳系統容量設計研究」，國立台灣海洋大學河海工程學系碩士論文，1996。
- A-14.莊金城，「雨水貯集供水系統容量設計與模擬」，國立台灣海洋大學河海工程學系碩士論文，1995。

- A-15.胡仲英、洪秀雄，「台灣地區降水頻率日變化之研究」，氣象學報第 35 卷，第 2 期，1989。
- A-16.戚啟勳，「台北近百年來氣候變遷之初步探討」，氣象學報第 32 卷，第 4 期，1986。
- A-17.李瑞靄，「台北雨的研究」，氣象學報第 20 卷，第 1 期，1974。
- A-18.戚啟勳，「台灣之雨量分布」，氣象學報第 15 卷，第 3 期，1969。
- A-19.萬寶康，「台灣分區雨量之頻率分布及其變率(一)」，氣象學報第 21 卷，第 1 期，1975。
- A-20.萬寶康，「台灣分區雨量之頻率分布及其變率(續)」，氣象學報第 21 卷，第 2 期，1975。
- A-21.陳國彥，「台灣地區年降水量的長期變動」，台灣師範大學地理學研究報告第六期，1980。
- A-22.楊玉隆，生物統計入門，匯華圖書出版有限公司，1997。
- A-23.廖朝軒，屋頂雨水貯集供水系統試驗研究，行政院國科會專題研究計畫成果報告，1997。
- A-24.廖朝軒、朱壽銓、黃吉正等，「屋頂雨水貯集供水系統區域可行性規劃評估」，第五屆水再生及再利用研討會論文集，國立台灣大學環境工程研究所，台北市，92-101，2000。
- A-25.施順隱，「RC 構造平屋頂雨水排水設備之現況調查研究」，私立中國文化大學建築及都市計畫研究所碩士論文，2005。
- A-26.羅積玉，多元統計分析方法與應用，科技圖書股份有限公司，1994。

## 外文部分

- B-01.日本建設大臣官房官廳營繕部，排水再利用、雨水利用設計基準、同解說，社團法人營繕學會、財團法人全國建設研修，1991。
- B-02.黑田 晃等，雨水利用ハンドブック，雨水貯集浸透技術學會，1998。

- B-03.Stein, Benjamin and John's Reynolds, Mechanical And Electrical Equipment for Buildings, 9th Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, 2000。
- B-04.日本空氣調和・衛生工學會，空氣調和・衛生工學便覽，第12版，1995。
- B-05.Bradley, R.S., H.F. Diaz, G.N. Kiladis, and J.K. Eischeid, ENSO Signal in Continental Temperature and Precipitation Records, Nature, Vol. 327, pp.497~501, 1987.
- B-06.Ellsaesser, H.W., M. C. Maccracken, J.J. Walyon, and S.L. Grotch, Global Climatic Trends as Revealed by the Recorded Data, Reviews of Geophysics, Vol. 4, pp.773~777, 1986.
- B-07.Liaw, C.H. and Y.L. Tsai, Optimum Storage Volume of Rooftop Rainwater Harvesting Systems for Domestic Use, Journal of American Water Resources Association (printing), 2004.
- B-08.Liaw, C. H., S.H. Chu, Y.L. Tsai, and W.Y. Chen, Development of Urban Rainwater Cistern Systems Technology, Engineering Science & Technology Bulletin, NSC 26:75-78, 1997.
- B-09.上原健二、森田 大、渡嘉敷 健，壁面降雨の定量化について，日本建築學會大會學術講演梗概集，1996.9。
- B-10.森田 大、渡嘉敷 健，雨水利用における降雨ハターンに関する考察，日本建築學會大會學術講演梗概集，1996.9。
- B-11.稻嶺盛聰、森田 大、渡嘉敷 健，多雨年の降雨ハターンと雨水利用への影響，日本建築學會大會學術講演梗概集，1999。
- B-12.日本建築學會編，カーテンウォールのオープンジョイント，pp.16、17，1987。

### 網站資料

#### C-01.Rainwater Harvesting

URL:[http://www.dbg.org/center-del/rainwater\\_harvesting.html](http://www.dbg.org/center-del/rainwater_harvesting.html)

#### C-02.日本雨水利用協會

URL:<http://www.rain-water.org>

建築基地保水貯集技術設計規範與法制化之研究

子計畫一：建立「雨水貯集利用」電腦輔助設計套裝軟體

內政部建築研究所委託研究報告

95年度

