

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：研擬「雨水貯集利用」設計技  
術規範與法制化工作

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國 94 年 12 月

PG9403-0069  
094301070000G1021

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：研擬「雨水貯集利用」設計技  
術規範與法制化工作

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：李孟杰、何昆錡、丁家偉

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國 94 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 Design  
Guideline and Regularization of  
Rainwater Harvesting

BY

CHENG LI CHENG  
CHAO HSIEN LIAW  
MING CHENG LIAO  
MENG CHIEH LEE  
KUEN CHI HE  
CHIA WEI TING

Dec 30, 2005



目次

表次	.....
圖次	.....
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	..... 5
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 既有建築雨水排水系統現況調查	..... 39
第一節 既有建築物導入雨水貯集利用觀念	..... 39
第二節 既有建築雨水排水系統調查	..... 41

<b>第四章</b>	<b>雨排水系統再利用設計方法</b> . . . . .	<b>53</b>
<b>第一節</b>	<b>既有雨排水系統設計方法</b> . . . . .	<b>53</b>
<b>第二節</b>	<b>雨排水系統構成</b> . . . . .	<b>60</b>
<b>第三節</b>	<b>既有建築導入雨水貯集利用模式與應用</b> . . . . .	<b>65</b>
<b>第四節</b>	<b>既有建築筏基雨水貯集利用模擬探討</b> . . . . .	<b>65</b>
<b>第五節</b>	<b>虹吸式雨排水系統介紹與應用</b> . . . . .	<b>84</b>
<b>第五章</b>	<b>雨水貯集再利用電腦化試算系統</b> . . . . .	<b>91</b>
<b>第一節</b>	<b>雨水貯集利用試算系統之原理與精確計算法</b> . . . . .	<b>91</b>
<b>第二節</b>	<b>雨水貯集利用試算系統之法制化簡易試算</b> . . . . .	<b>98</b>
<b>第六章</b>	<b>結論與建議</b> . . . . .	<b>115</b>
<b>第一節</b>	<b>結論</b> . . . . .	<b>115</b>
<b>第二節</b>	<b>建議</b> . . . . .	<b>117</b>
<b>附錄一</b>	<b>審查會議紀錄集處理情形</b> . . . . .	<b>119</b>
<b>附錄二</b>	<b>國際會議發表成果</b> . . . . .	<b>127</b>
<b>參考書目</b>	. . . . .	<b>139</b>

## 表次

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	34
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 3-2.1	建築物雨排水系統細部構造調查表範例	45
表 4-1.1	建築雨水受雨面積對應之立管管徑	58
表 4-1.2	建築雨水受水面積對之橫管管徑	59

表 4-3.1	雨水貯集利用模式適用性評估	72
表 4-3.2	雨水貯集利用模式適用性	73
表 4-4.1	研究對象建築物概要表	76
表 4-5.1	損失水頭係數表	88
表 5-2.1	高雨量區與相對測站表	100
表 5-2.2	中雨量區與相對測站表	101
表 5-2.3	低雨量區與相對測站表	102
表 5-2.4	台灣各測站測站 10 年之年降雨統計表	103
表 5-2.5	建築類別用水量推估計算基準	106



## 圖次

圖 1-3.1	雨水利用與貯集平衡之概念	7
圖 1-3.2	雨水利用模擬計算流程圖	8
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	既有建築物導入雨水利用的定位	41
圖 3-2.1	既有建築雨排水系統調查架構	42
圖 3-2.2	雨排水系統型式分類	42
圖 3-2.3	屋頂雨排水收集方式分類	43

圖 3-2.4	排水立管方式分類	43
圖 3-2.5	排水導流方式分類	43
圖 3-2.6	屋頂集水方式分類	46
圖 3-2.7	落水頭形式分類	46
圖 3-2.8	雨水立管直徑	47
圖 3-2.9	屋頂鋪面分類	47
圖 3-2.10	設計問題案例	48
圖 3-2.11	屋頂構材問題案例	49
圖 3-2.12	落水頭問題案例	50
圖 3-2.13	檢查問題案例	51
圖 3-2.14	保養維護問題案例	52
圖 4-1.1	雨排水系統圖	53
圖 4-1.2	建築物計算集雨量受水區域範圍	54
圖 4-1.3	雨排水立管配置方式	56
圖 4-1.4	雨排水橫管配置方式	57
圖 4-2.1	建築雨排水系統昇位圖	60

圖 4-2.2	雨排水系構成分類方法 . . . . .	61
圖 4-2.3	平屋頂構造可利用截水溝使雨水集中 . . . . .	64
圖 4-2.4	斜屋頂構造以溝槽收集雨水 . . . . .	64
圖 4-3.1	現行之自來水與雨排水系統架構 . . . . .	66
圖 4-3.2	既有建築導入雨水貯集利用架構 A . . . . .	67
圖 4-3.3	既有建築導入雨水貯集利用架構 B . . . . .	67
圖 4-3.4	既有建築導入雨水貯集利用架構 C . . . . .	68
圖 4-3.5	雨水貯集利用模式 A . . . . .	69
圖 4-3.6	雨水貯集利用模式 B . . . . .	70
圖 4-3.7	雨水貯集利用模式 C . . . . .	70
圖 4-3.8	雨水貯集利用模式 D . . . . .	71
圖 4-3.9	雨水貯集利用模式 E . . . . .	71
圖 4-3.10	既有建築物導入雨水貯集利用案例 . . . . .	74
圖 4-4.1	住宅建築筏基雨水利用效能圖 . . . . .	77
圖 4-4.2	辦公室建築筏基雨水利用效能圖 . . . . .	77
圖 4-4.3	納莉颱風住宅建築筏基雨水運作圖 . . . . .	78

圖 4-4.4	納莉颱風辦公室建築筏基雨水運作圖	79
圖 4-4.5	瑞伯颱風住宅建築筏基運作圖	80
圖 4-4.6	瑞伯颱風辦公室建築筏基雨水運作圖	80
圖 4-4.7	象神颱風住宅建築筏基雨水運作圖	81
圖 4-4.8	象神颱風辦公室建築筏基雨水運作圖	81
圖 4-4.9	台灣地區住宅建築筏基雨水效能圖	82
圖 4-4.10	台灣地區辦公室建築筏基雨水效能圖	83
圖 4-5.1	虹吸式雨排水系統	84
圖 4-5.2	虹吸式落水頭構成及性能示意圖	85
圖 4-5.3	傳統落水頭及虹吸落水頭管內現象比較	85
圖 4-5.4	系統虹吸現象產生過程	86
圖 4-5.5	虹吸式雨排水系統模擬	87
圖 4-5.6	配管間距示意圖	89
圖 5-1.1	雨水貯集利用電腦化試算系統	93
圖 5-1.2	雨水利用與貯留平衡之概念	94
圖 5-1.3	雨水利用模擬計算流程	94

圖 5-1.4	雨水利用設計模擬計算設計條件輸入情形	96
圖 5-1.5	建築物雨水利用模擬計算結果情形	97
圖 5-1.6	最適雨水槽容量設計表單	98
圖 5-2.1	氣候（雨量）分區圖	99
圖 5-2.2	簡易試算系統資料填入表單範例	112
圖 5-2.3	簡易試算系統計算結果呈現表單	113

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：研擬「雨水貯集利用」設計技術規範與法制化工作

## 摘 要

關鍵詞：雨水貯集利用、降雨類型分區、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；本研究延續前兩年度計畫的「雨水貯集利用」調查實驗研究與工法性能實驗解析，第三(本)年度主題為研擬「雨水貯集利用」設計技術規範與法制化工作。

### 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)既有建築物雨排水系統現況調查與分析

本研究針對既有建築物雨排水系統進行普查，調查重點著重於後續導入

雨水貯集利用系統可行性，並藉由各類影響因子與設計手法的探討，整理出適用於各種情況之雨水利用設計方法。

#### (四)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)雨水貯集利用法制化降雨類型分區

本研究就各區域不同之降雨量與降雨型態，探討影響雨水貯集系統設計之因素，將台灣 300 多處測站簡化分為 15 個雨量分區，並從長期的角度來探討其雨水貯集利用效能，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)既有建築雨水排水系統調查

延續上年度既有建築雨排水系統的調查，本研究持續針對台北市既有建築物雨排水系統細部，進行構件現況調查與常見問題分類；其結果導向乃是後續導入雨水貯集系統的可行性，與現行屋頂雨水排水系統設計及管理維護相關問題，後續可列入雨水排水系統設計考量。

#### (三)雨排水系統再利用設計方法

本研究將既有的雨排水系統分為兩個部分：其一，雨排水的設計方法論，針對目前台灣地區雨排水設計現況，工程師依據的理論基礎及實務應用方式，加以檢討；其二，在上述的理論基礎架構下，設計者施作後所呈現出的設備及構成現況；最後並探討新式虹吸式雨排水系統與傳統重力式排水系統的差異性與優缺點。

#### (四)雨水貯集再利用電腦試算系統初步完成



本計畫以發展之理論方法為基礎，針對雨水利用系統的原理及法制化的計算公式，建立雨水貯集利用電腦程式，以讓使用者或設計者能計算出理想的設計值；目前軟體已完成初步架構，主要分為精確計算與簡易試算兩系統，俟後續運作，再行修正與除錯。

#### (五)研擬雨水貯集利用設計技術與維護管理規範

本研究依據建立之雨水貯集利用容量計算方法及實驗結果，針對設計流程、施工方法、施工程序、施工管理與完工後之維護管理，研擬雨水貯集利用技術規範，將雨水貯集利用予以標準化，以利後續推動。

#### (六)成果發表

本研究彙整相關研究成果，已於國際會議 CIB-W062-2005(Water Supply and Drainage for Buildings)發表，論文作者與題目為：

Liao, M.C., Cheng, C.L., Ding, J.W., "Sustainable approach of existed building rainwater system from drainage to harvesting in Taiwan", CIB-W62 International Symposium, Brussels, Belgium, 2005.09.

發表本案相關之研究成果，除吸收目前各國對於雨水貯集利用之觀念與技術，以使本研究之內容趨於完善，並由國際學者審視本研究之可行性、適用性、周密性與嚴謹度。

### 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，並初步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。

建築基地保水貯集技術設計規範與法制化之研究

子計畫二：研擬「雨水貯集利用」設計技術規範與法制化工作

#### 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.

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：研擬「雨水貯集利用」設計技術規範與法制化工作

## 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」設計技術規範與法制化工作著手，其內容包括：

- 雨水貯集利用模擬研究
- 研擬雨水貯集利用施工與維護管理規範
- 既有建築雨排水系統再利用可行性
- 區域型雨水貯集利用模式
- 修改建築技術規則並進行下階段雨水貯集利用法制化
- 雨水貯集利用電腦輔助設計套裝軟體初步建立

本研究延續前兩年度該計畫的「雨水貯集利用」工法性能實驗解析與理論模擬解析，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，本研究第三年乃針對「雨水貯集利用」設計技術規範與法制化工作為主體，其內容分別如下：

### 1. 雨水貯集利用模擬研究

本年度除持續進行雨水貯集利用案例觀測驗證分析外，並同時收集歸納集雨設施及相關特性資料，藉以繼續擴充「台灣地區降雨氣候分區參考圖」以提供規劃設計之依據。

### 2. 研擬雨水貯集利用施工與維護管理規範

保水貯集設施是最有價值的都市防洪工法之一，因它不僅能降低暴雨地表逕流尖峰量，且能以「循環利用」降低珍貴的都市自來水浪費，故貯集利用性能之維持為一重要的課題，而貯集利用性能的維持則有賴於正確的施工方法、施工程序、施工管理與完工後之維護管理；因此若空有技術設計規範而無施工與維護管理規範，則雨水貯集利用難以長期的發揮其功效，故本計畫擬進一步研擬雨水貯集利用施工與維護管理規範，將雨水貯集利用之設計、施工及維護管理程序予以標準化。

### 3.既有建築兩排水系統現況調查與再利用可行性分析

為增加研究之理論實證基礎，本計畫將針對現行建築兩排水系統進行調查，內容包含雨水排水系統管路配置、落水頭大小數量、管徑、實際收集能力與承載力，除檢討其在實際降雨狀況下之排水性能外，並分析連結雨水貯集利用設備之可行性與經濟考量；藉此除可探討實際雨水收集能力與計算公式之差異外，並可發展出以既有建築兩排水系統為基礎，導入雨水貯集利用之操作模式，以及檢討其未來法制化後實際執行可行性與衝突與否。

### 4.修改建築技術規則進行雨水貯集利用第三階段法制化

針對提出之建築技術規則（增）修條文，進行縱向及橫向之意見彙整，縱向則徵詢各相關業管單位及執行單位之看法，瞭解是否符合政府現行推動之相關政策及技術面之落實度；橫向則彙整各界專家學者之意見，對不適用部分持續修訂，使之更形完善。

### 5.區域型雨水貯集利用模式

目前雨水貯集利用僅限於單棟建築模式，先天條件限制產生許多問題，造成雨水貯集利用無法達到最佳效益；例如對一般連棟式建築而言，其集水面積之於使用人數相對較大，但是其可用於貯集之空間則較小；相反對於中高層建築，其集水面積之於使用人數相對較小，但是其具備筏式基礎，若可以加以利用為雨水貯存空間，其將提供龐大的供水量；而且目前僅探討單棟建築雨水貯集利用模式，雨水貯集利用並無法與都市整體治水政策相結合。

既有建築區域型雨水貯集利用模式乃是指以整體區域治水的概念，以既有建築為對象，結合連棟式建築之集雨平面與中高層建築之筏式基礎貯水空間，取其雙方優點，使雨水貯集利用機制效能最大化。

本研究將針對區域型雨水貯集利用進行調查、模擬與評估，藉由實地案例方式，分析得出其最佳運作模式；依據各不同之雨量分區，提出適地性的操作基準；並將融入都市整體治水之觀念，使雨水貯集機制能夠提供除了替代水源外，並加入生態與都市防災之機能。



## 6. 雨水貯集利用電腦輔助設計套裝軟體初步建立

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程式；目前本研究已累積台灣地區龐大之雨量資料庫，擬於本年度下半年先行初步建立雨水貯集利用電腦輔助設計程式，第四年度再進行試用與修正，以使該程式系統能夠趨於完善。

### 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

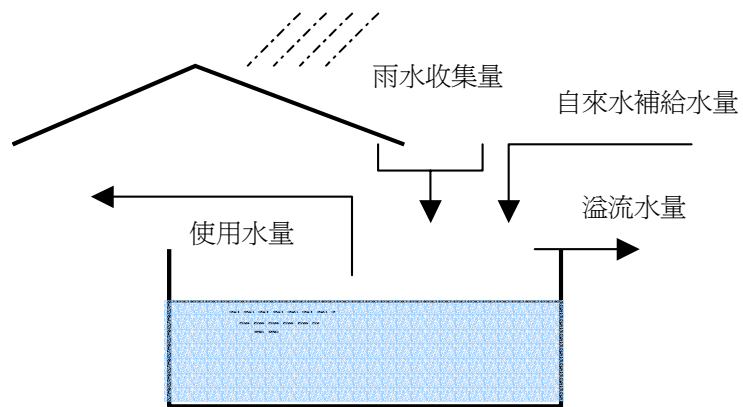
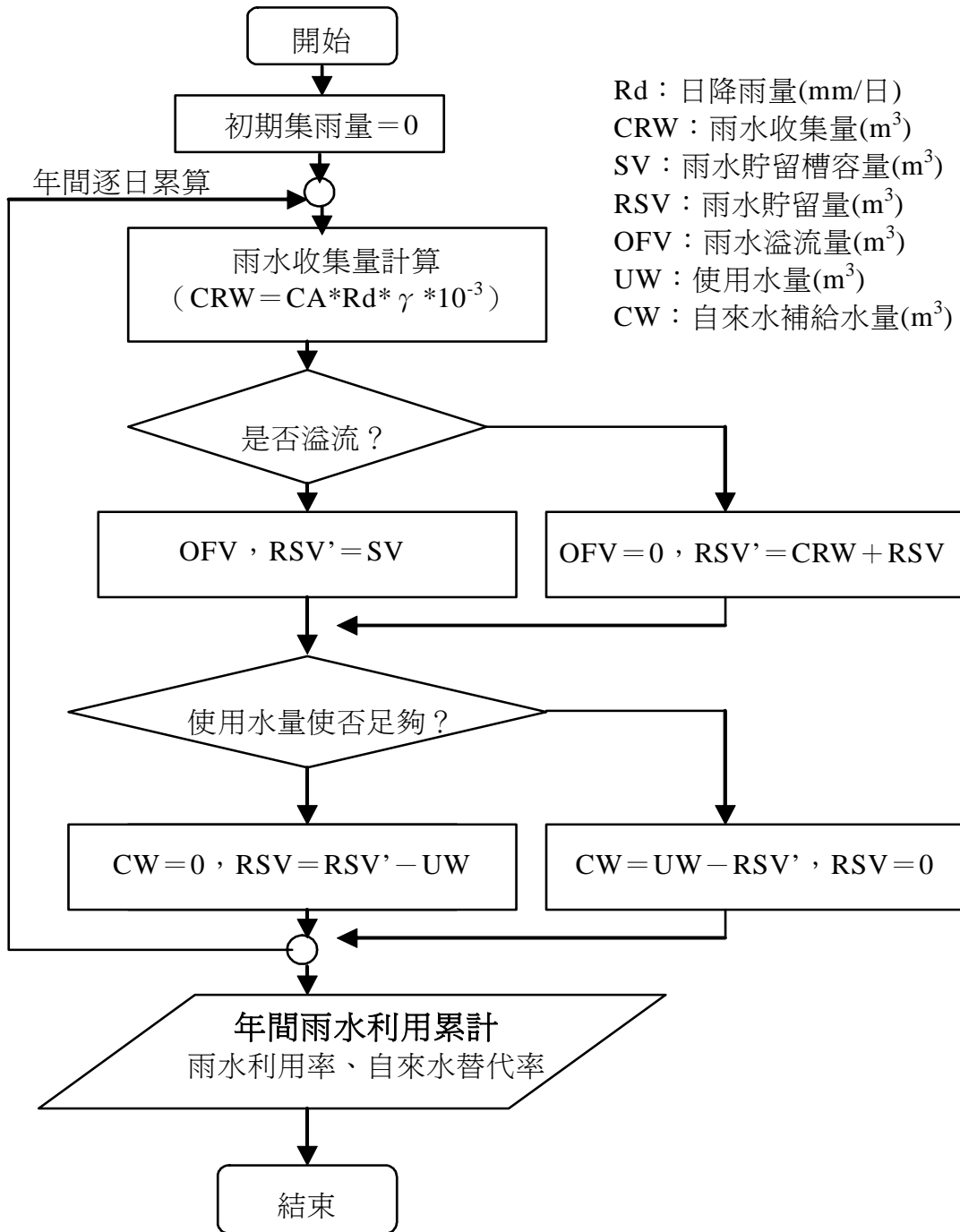


圖 1-3.2 雨水利用模擬計算流程圖



(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.既有建築物雨排水系統現況調查與分析

目前建築物導入雨水貯集利用系統，大多是建築物興建時即有採用，初期投入成本耗費也較高，對於佔大多數的既有建築物而言，若能就現有之建築物屋頂雨排水系統就地改善，再經由簡單過濾設備與貯集槽，利用最少成本投入，導入雨水貯集利用機制，取代部分日常雜用水。

有鑑於此，本年度研究計畫擬針對既有建築物雨排水系統進行普查，採用網格法的方式，使取樣點均布於空間，以求取樣之公平性與合理性，調查重點著重於後續導入雨水貯集利用系統之可行性；既有建築物導入雨水貯集利用之先決條件取決於屋頂雨排水系統收集方式、排水立管方式、排水管路設計、最終雨水導至何處、與貯水槽設置空間有否等因子。

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。

### 4.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：研擬「雨水貯集利用」設計技術規範與法制化工作



## 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

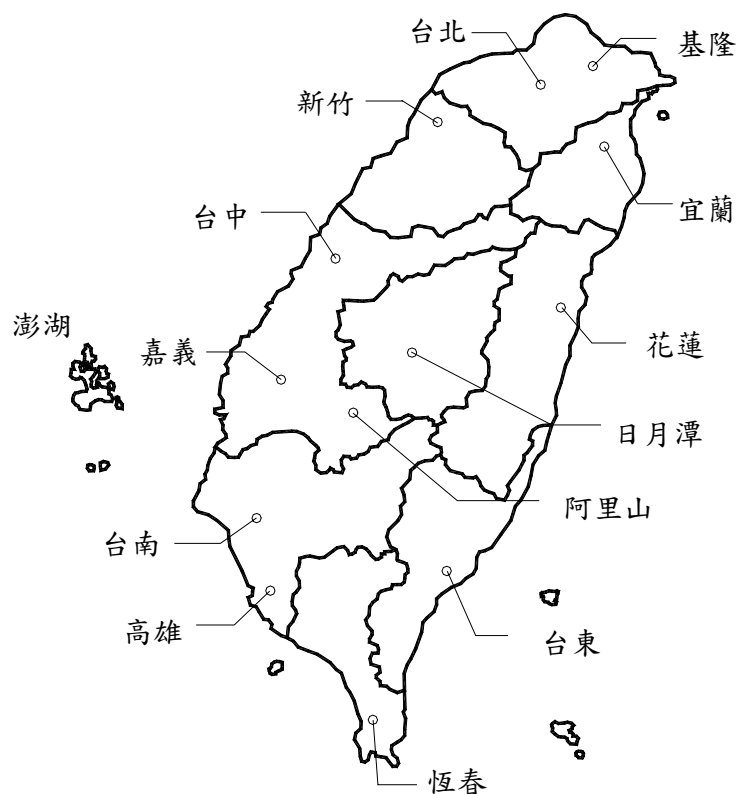
雨水貯集利用系統之設計，在決定設施規模及雨水貯集槽時，應考量水量的供需平衡，因此對於基地所在地區的降雨量掌握十分重要。不同的地區有不同的降雨特性，降雨量的多寡將影響雨水貯集槽容量及相關設施的設計；另外在需求部份有用水量及溢流量，在使用水量部份會因建築物類型不同而有不同的用水型態與用水量。

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

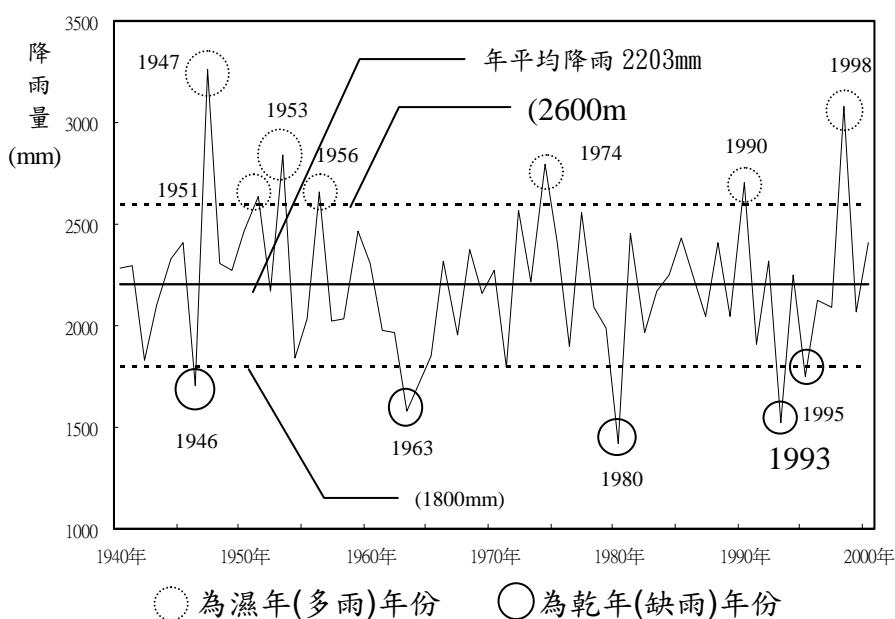


## 第二章 雨水貯集利用法制化降雨類型分區探討

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)



子計畫二：研擬「雨水貯集利用」設計技術規範與法制化工作

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	1747.2
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	2102.0

## 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：

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

$$S_{t+1} = \text{Min} (S_{t-1} + Q_t, S_{\text{max}}) - Y_t \quad (2)$$

而 YBS Model 的取水操作規則可表示為：

$$Y_t = \text{Min} (D_t, S_{t-1}) \quad (3)$$

$$S_{t+1} = \text{Min} (S_{t-1} + Q_t - Y_t, S_{\text{max}}) \quad (4)$$

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：

$$\frac{(K-1)(SUM(i) - MI)}{(MA - MI)} + 1 \quad (5)$$

式中，  $SUM(i) = \sum_{j=1}^m x_{ij}$

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

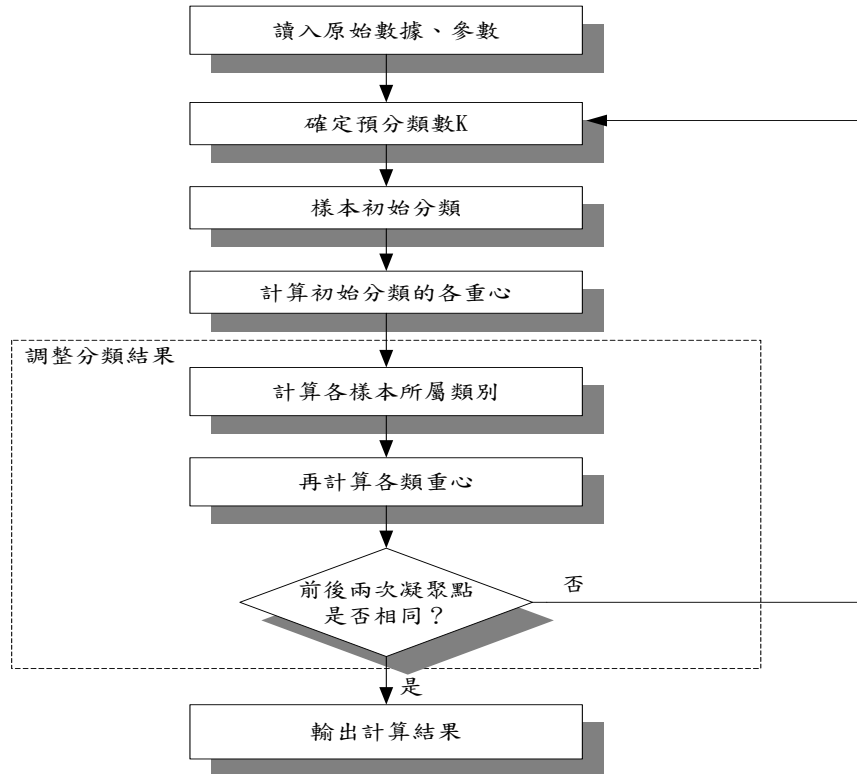
$$MI = \min_{1 \leq i \leq n} SUM(i)$$

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。



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。

$$d_{ij} = \left[ \sum_{k=1}^m (x_{ik} - x_{jk})^2 \right]^{1/2} \quad (i, j = 1, 2, \dots, n) \quad (6)$$

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

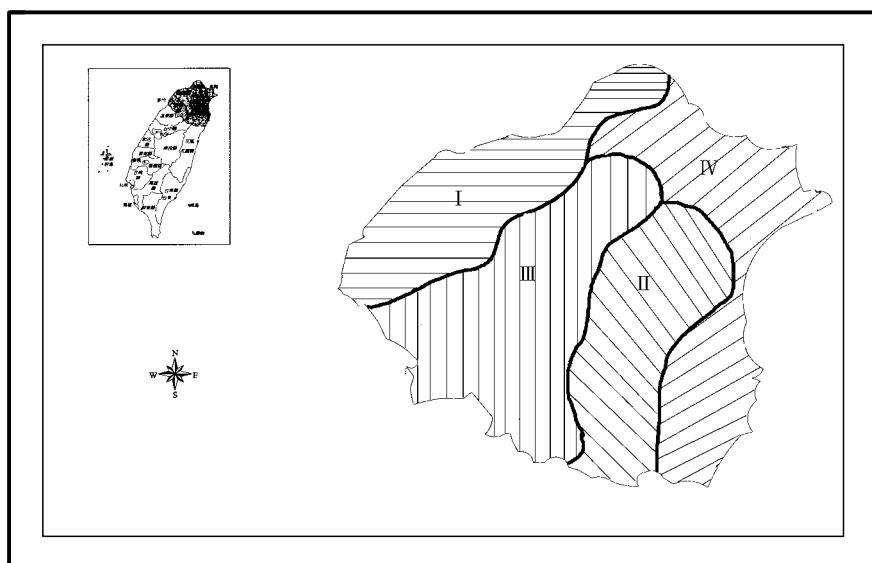
## 第二章 雨水貯集利用法制化降雨類型分區探討

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**

<b>北部 區</b>	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
<b>北部 區</b>	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
<b>北部 區</b>	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
<b>北部 區</b>	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

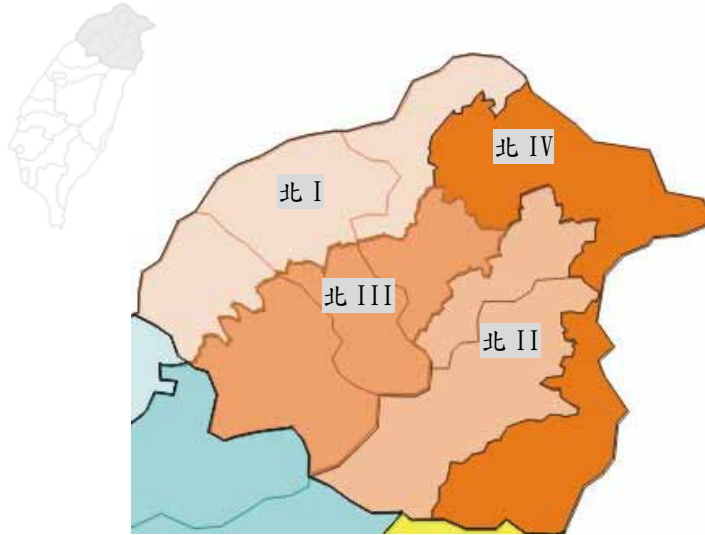
北部 IV 區包括台北市、基隆市、台北縣東北部及宜蘭縣東半部，年平均降雨量為 3564.6mm，日平均雨量為 9.76mm，降雨概率為 0.53，容量設計建議貯水天數為 5.67。

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

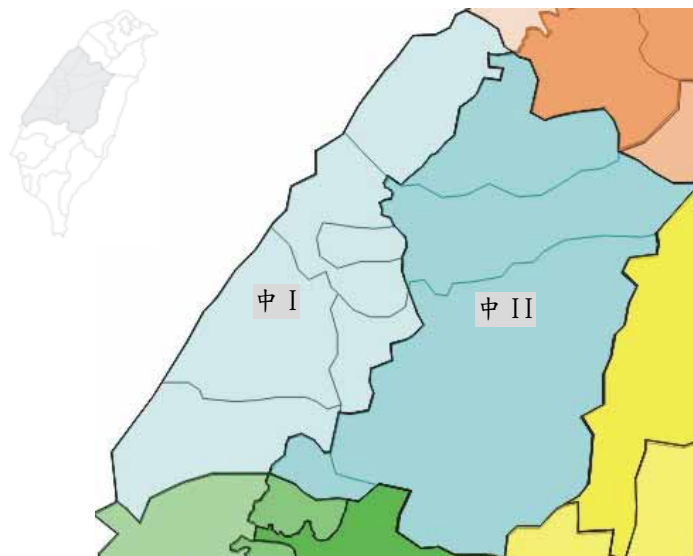


表 2-3.2 中部分區範圍表

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

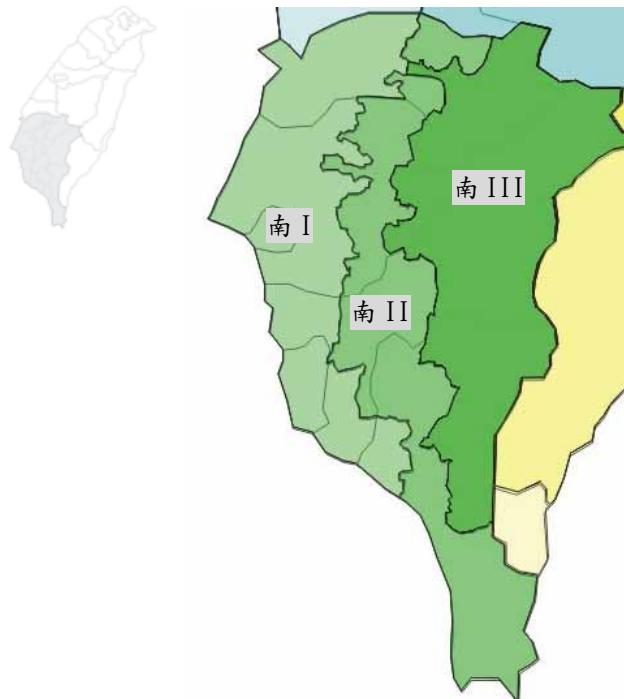


表 2-3.3 南部分區範圍表

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。

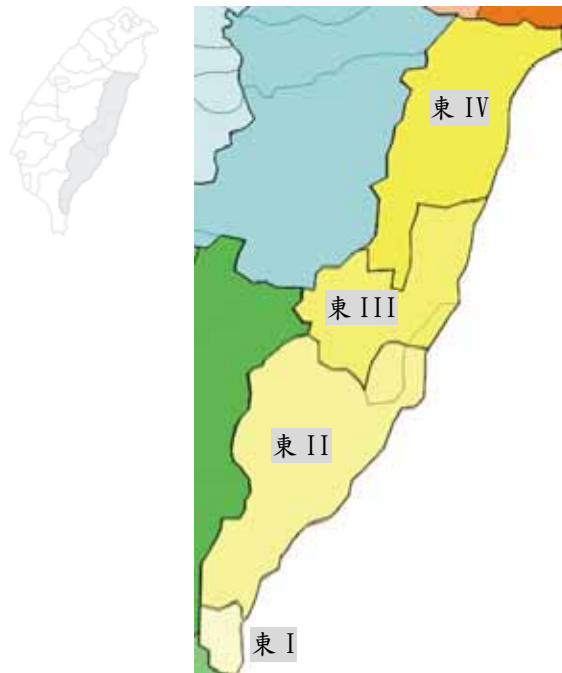
##### D. 東部 IV 區

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

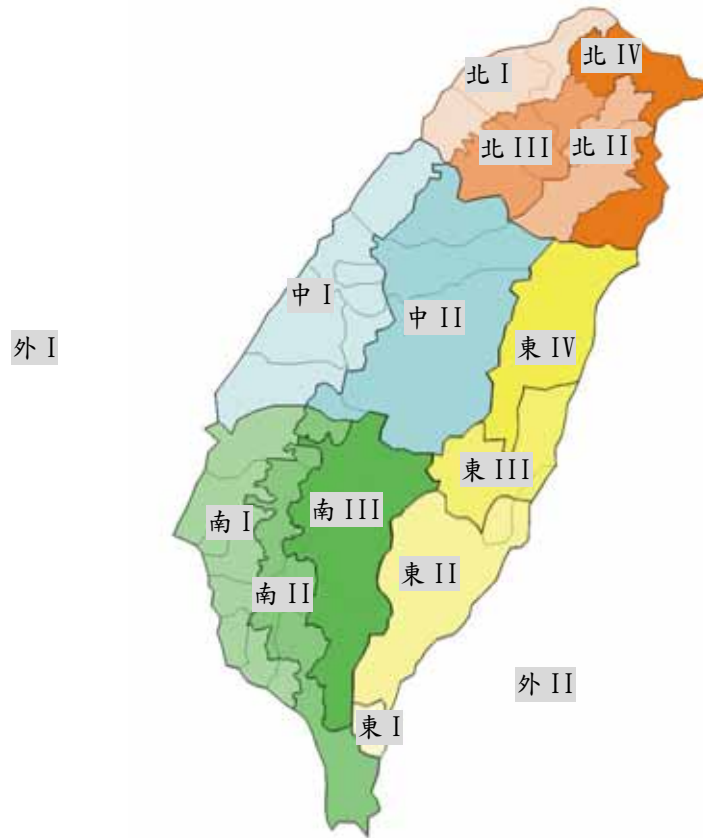


表 2-3.6 法制化降雨分區容量設計對照表

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 既有建築雨水排水系統調查

在二十世紀末，世界各國開始反省地球環境日益惡化的問題，陸續對於未來發展發表宣言，如 1987 年的蒙特婁公約、1992 年的里約宣言與 1997 年的京都議定書等；各國皆努力找尋永續環境發展的因應對策，以新的醒思與觀念邁向下一個世紀。

針對此趨勢，在建築相關領域亦積極與永續發展議題接軌，提出許多新的建築理念，賦予建築新的定義與生命，如永續建築、生態建築、綠建築與健康建築等觀念，並付諸實行；然而以目前已實施之綠建築標章制度來看，其推動大都以新建為主，對於佔整體大多數之既有建築物而言，若是能夠導入綠建築的觀念，將有更大的執行成效；在下面章節裏，將針對綠建築中水資源指標的雨水利用部份，探討如何利用既有建築之雨排水系統，導入雨水貯集利用機制，其過程中必須檢視考慮的項目與導入的方式等。

#### 第一節 既有建築物導入雨水貯集利用觀念

根據前二年度針對於國內雨水利用現況調查，目前建築物導入雨水貯集利用系統，大多是建築物興建時即有採用，或是後續新設獨立雨水利用系統，其受限較大，初期投入成本耗費也較高；對於佔大多數的既有建築物而言，若能就現有之建築物屋頂雨排水系統就地改善，再經由簡單過濾設備與貯集槽，利用最少成本投入，導入雨水貯集利用機制，取代日常雜用水，將可大幅地提升採用意願，收到最大效益。

目前雨水貯集利用著重於新建建築部分，而對於佔 98% 以上的既有建築(指一年以上建築)則較無探討，若是能就現有的屋頂雨排水系統加以修改，以最小之投資成本，導入雨水貯集利用機制，符合經濟效益的原則。

就既有建築雨排水系統導入雨水貯集利用的原因有：

(1)既有建築佔所有建築物比例的 98%以上，若能有效執行，其所獲得的整體成效較大，並賦予其新的機能。

(2)既有建築物目前已有屋頂雨排水系統管路，若加以修改利用，可減低設置成本，並達到一定的效能。

(3)藉由導入雨水貯集利用系統，順便清理目前堵塞嚴重的雨排水管道與落水孔；根據本研究對於屋頂雨排水細部構件的調查，由於長久未打掃清理，導致大量泥沙樹葉流入雨排水系統，目前大多數的屋頂落水孔與排水管皆有堵塞的問題，部分堵塞問題嚴重的案例則必須另行設置排水管路；若導入雨水利用系統，可一併清理雨排水管路，而後續為維持正常運作，也必須定期清理其過濾與沉澱設施，之後堵塞問題將會較少產生。

然而在既有建築物導入雨水貯集利用機制也有其限制所在，並非所有建築物都能使用後續導入的方式，既有建築導入雨水貯集利用的關鍵因素包含：

(1)原有雨排水系統管路—收集平面、落水頭、立管設計、排水導向等。

(2)是否有設置空間。

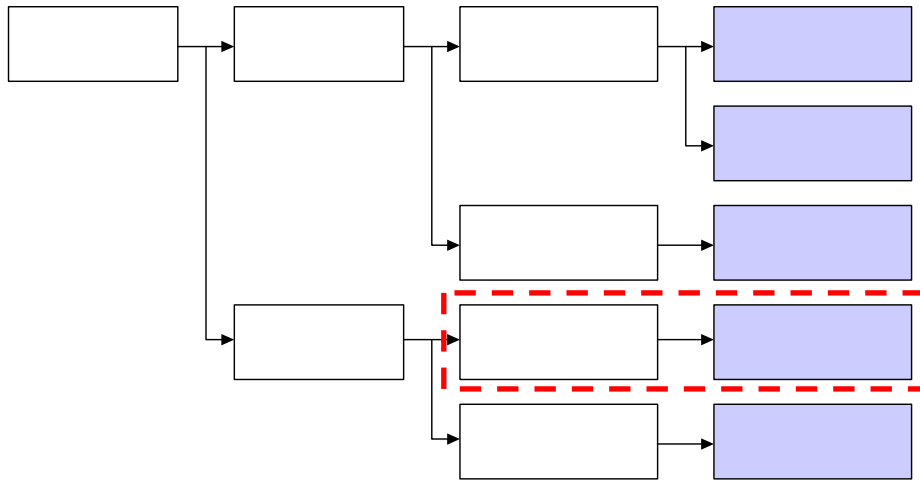
(3)原有結構系統是否能負荷雨水貯集槽重量。

(4)可取代用水管路配設與可行性。

(5)長期使用效益、可取代用水量或自來水替代比率。

(6)設置成本。

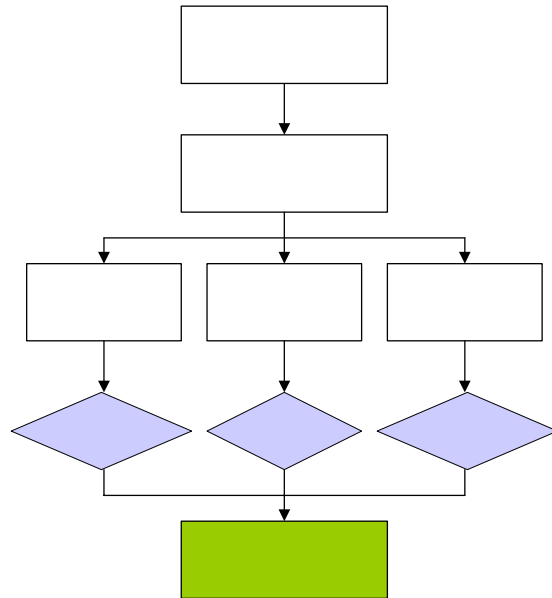
圖 3-1.1 既有建築物導入雨水利用的定位



## 第二節 既有建築雨排水系統調查

若欲探討以既有建築雨排水系統，導入雨水貯集利用機制，首先必須對目前既有建築雨排水系統做一通盤性的了解；本研究計畫針對既有建築物雨排水系統進行調查，調查重點著重於後續導入雨水貯集利用系統之可行性。一般而言，既有建築物導入雨水貯集利用之先決條件取決於屋頂雨排水系統收集方式、排水立管方式、排水管路設計、最終雨水導至何處、貯水槽設置空間有否與設施接管等因子；有鑑於既有建築物雨排水系統現況問題之釐清，本研究計畫將調查將分為兩個部分，其一為雨排水系統型式部分，另一為雨排水系統細部構造與使用調查。

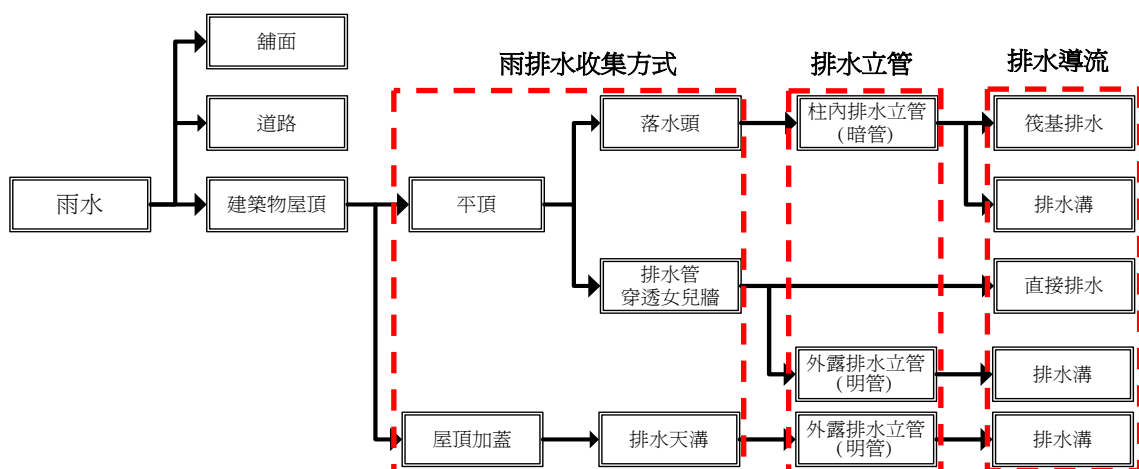
圖 3-2.1 既有建築雨排水系統調查架構



### 1.既有建築物雨排水系統型式調查

既有建築物雨排水系統型式乃是指其運作機制，依據現行之雨排水系統，可分為雨排水收集方式、排水立管與排水導向三個部分來討論(圖 3-2.2)，本研究將依據此分類方式進行調查。

圖 3-2.2 雨排水系統型式分類



根據本研究上一年度之調查，將其調查結果依據兩排水系統型式分類整理，其各種型式所佔比例如下圖 3-2.3、圖 3-2.4、圖 3-2.5。

圖 3-2.3 屋頂雨排水收集方式分類

屋頂雨排水收集方式	案例個數	所佔比例
平屋頂(落水頭)	29	29.90%
平屋頂(排水管穿透女兒牆)	29	29.90%
屋頂加蓋	39	40.21%
有效樣本總數	97	

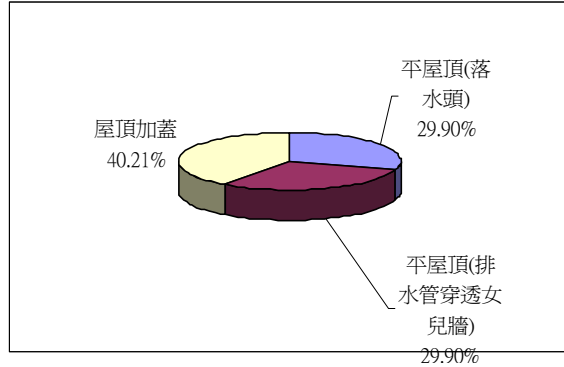


圖 3-2.4 排水立管方式分類

排水立管	案例個數	所佔比例
明管	61	62.89%
暗管	32	32.99%
直接排水	4	4.12%
有效樣本總數	97	

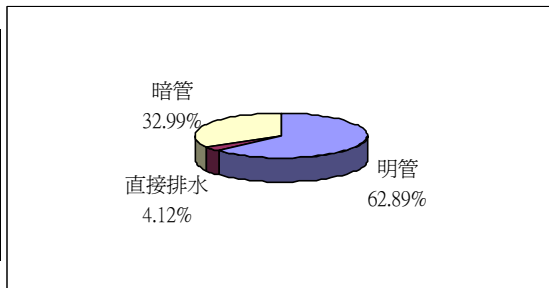
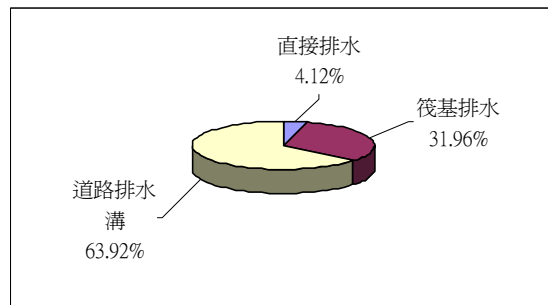


圖 3-2.5 排水導流方式分類

排水導流	案例個數	所佔比例
道路排水溝	62	63.92%
筏基排水	31	31.96%
直接排水	4	4.12%
有效樣本總數	97	



## 2. 雨排水系統細部與使用調查

為實際了解既有建築物雨排水系統細部構造與使用現況，以利後續導入雨水貯集利用機制，本研究將針對雨排水系統進行實地調查，來發現問題的癥結，並針對其使用情形進行評估。

### (1) 調查地區

由於考慮人力調配，與調查性質無空間分布問題，本研究計畫將調查樣本集中於台北市北投區。

### (2) 調查內容

針對既有建築物之雨排水系統細部構造、施工方法與維護現況進行調查，樣本案例為已使用壹年以上之既有建築物，調查內容包含：

- A. 建物基本資料：建物規模、地址、建築使用組別與屋頂面積。
- B. 屋頂基本資料：平屋頂、排水方式與方向探討。
- C. 排水孔設備：排水口型式、數量、地面覆蓋物探討。
- D. 檢查診斷：檢查是否容易。
- E. 保養修繕：保養維護是否有困難。

依據上述之調查項目，本計畫針對台北市北投區既有建築物雨排水系統構造細部與現況進行樣本調查與踏勘，目前已完成樣本共計 26 個，完成之調查資料依下列表格記錄(表 3-2.1)。



表 3-2.1 建築物雨排水系統細部構造調查表範例

台北市建築物雨排水系統細部構造調查表				
基本資料	編號	001	構造型式	五樓雙拼 RC 建築物
	建築物型式	<input checked="" type="checkbox"/> 集合住宅 <input type="checkbox"/> 透天厝 <input type="checkbox"/> 辦公室	屋頂面積	80 m <sup>2</sup>
	地址	台北市北投區中央北路一段 182 巷 2 號		
屋頂雨排水系統構造	排水坡度型式	<input checked="" type="checkbox"/> 單邊斜 <input type="checkbox"/> 前後雙邊斜 <input type="checkbox"/> 左右雙邊斜 <input type="checkbox"/> 屋凸樓層為中心四邊斜		
	截水溝	<input type="checkbox"/> 單邊設 <input type="checkbox"/> 前後雙邊設 <input type="checkbox"/> 左右雙邊設 <input type="checkbox"/> 前後左右四邊設 <input type="checkbox"/> 全區皆分佈大小溝		
	屋頂排水口型式	<input type="checkbox"/> 高帽(18cm 高) 落水頭 <input type="checkbox"/> 高帽(8cm 高) 落水頭 <input checked="" type="checkbox"/> 高帽(3cm 高) 落水頭 <input type="checkbox"/> 平面式落水頭		
	屋頂排水口材質	<input type="checkbox"/> 鑄鐵材質 <input checked="" type="checkbox"/> 銅材質 <input type="checkbox"/> 白鐵材質 <input type="checkbox"/> 無高帽排水口只有排水孔		
	排水口數量	<input type="checkbox"/> 2 個排水口 <input checked="" type="checkbox"/> 4 個排水口 <input type="checkbox"/> 6 個排水口 <input type="checkbox"/> 8 個排水口 <input type="checkbox"/> 10 個排水口 <input type="checkbox"/> 個排水口		
	排水管徑	<input type="checkbox"/> 1 英吋 <input checked="" type="checkbox"/> 2 英吋 <input type="checkbox"/> 3 英吋 <input type="checkbox"/> 4 英吋		
	地面覆蓋物	<input checked="" type="checkbox"/> 發泡混凝土 <input type="checkbox"/> PU 防水材 <input type="checkbox"/> EXPOCY 防水材 <input type="checkbox"/> 磁磚 <input type="checkbox"/> 隔熱磚		
現況照片與說明				
	銅質 3cm 高帽落水頭因氧化且使用過久已破損。		銅質 3cm 高帽落水頭因設在泛水壓筵內且無維護清潔，易積塵土與長草。	
				
	銅質 3cm 高帽落水頭因設在泛水壓筵內且無維護清潔，所以積塵土、垃圾。		屋頂表面覆蓋之發泡混凝土層，是屬易龜裂又易風化起粉塵，所以表面易成粗糙面。	

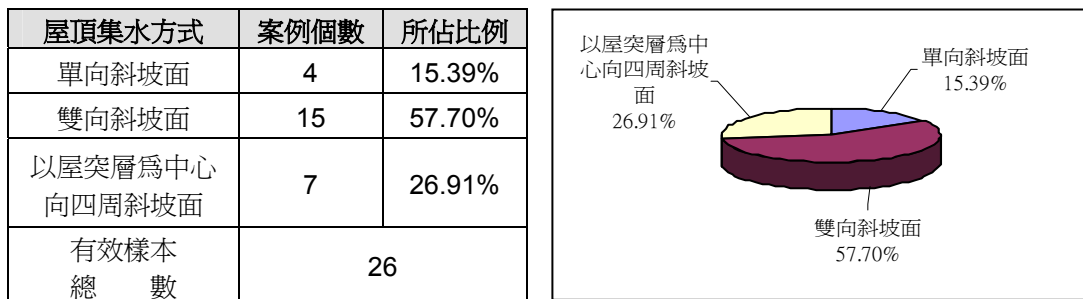
(3)調查結果統計

A.雨排水系統細部構造類型

a.屋頂集水方式

屋頂雨水集水方式以利用平屋頂坡面將雨水導至落水頭，根據案例，以雙向斜坡面所佔比例達 57.7%最高。

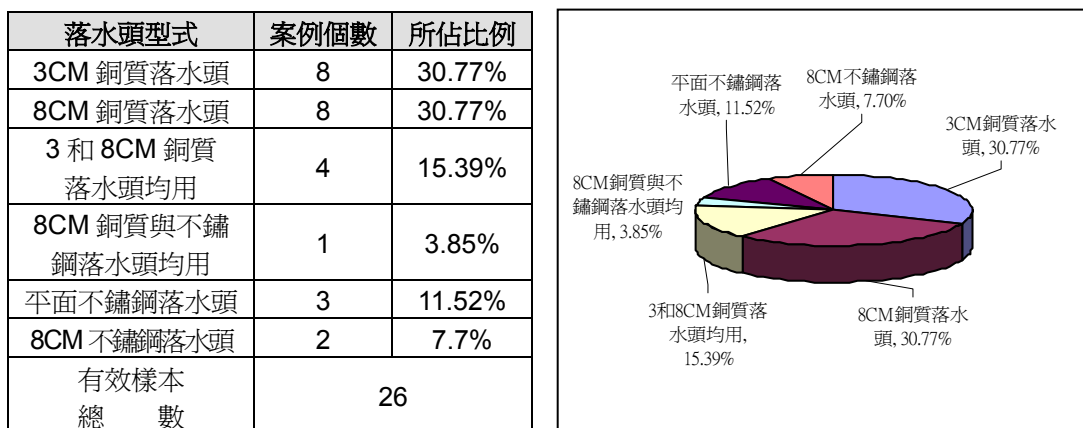
圖 3-2.6 屋頂集水方式分類



b.落水頭形式

排水設備中主要是利用落水頭隔離垃圾與雨水，只使雨水導入雨水管內，以防止垃圾堵塞雨水管，案例以 3cm 與 8cm 銅質落水頭所佔比例達 61.54%最高。

圖 3-2.7 落水頭形式分類

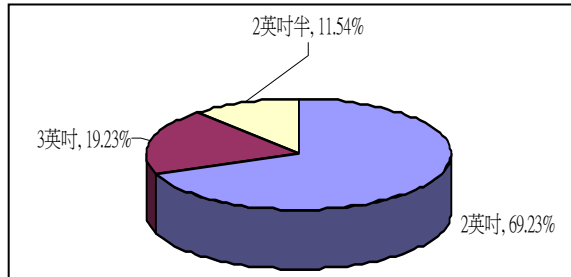


**C. 雨水立管直徑**

排水管直徑也是影響排水效率原因之一，在本研究案例中，以 2 英吋直徑排水管所佔比例達 69.23% 最高，管徑小易於施工，相對的排水效率較差及易堵塞管。

**圖 3-2.8 雨水立管直徑**

管徑	案例個數	所佔比例
2 英吋管	18	69.23%
2 英吋半管	3	11.54%
3 英吋管	5	19.23%
有效樣本 總 數	26	

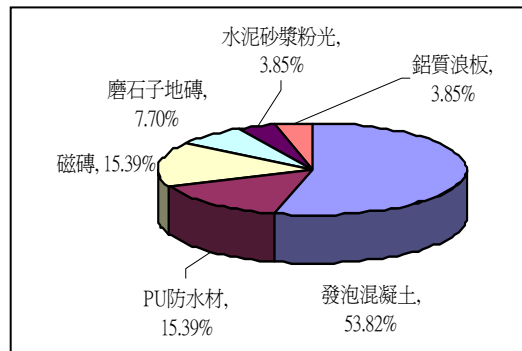


**d. 屋頂鋪面**

在調查案例中，雨水皆流經屋頂鋪面再導入雨水管內，實地調查時發現平屋頂鋪面因風吹雨打日曬後，表面易剝落或起粉塵，日積月累易造成雨水管堵塞。

**圖 3-2.9 屋頂鋪面分類**

屋頂鋪面	案例個數	所佔比例
發泡混凝土	14	53.82%
PU 防水材	4	15.39%
磁磚	4	15.39%
磨石子地磚	2	7.70%
水泥砂漿粉光	1	3.85%
鋁質浪板	1	3.85%
有效樣本 總 數	26	



B.影響雨排水相關因子

a.設計問題

在調查案例中，以屋頂給水管路、空調管路(或其他固定設備)鋪設於地面，而影響雨水排至落水頭之問題為最多，26 個案例就佔 15 個，比例高達 57.69%。

圖 3-2.10 設計問題案例




1. 屋頂因洩水坡度終點不是落水頭，而影響排水。	2. 屋頂地面因施工不當而造成地面高低，影響排水。
	
3. 屋頂因大部分區域洩水坡度終點都指向同一個落水頭，而影響排水。	4. 屋頂給水管路、冷氣空調機與管路(或其他固定設備)設於地面。
	

設計問題	發生問題案例個數	所佔比例
1. 屋頂因洩水坡度終點不是落水頭而影響排水。	4	15.38%
2. 屋頂地面因施工不當而造成地面高低，影響排水。	8	30.77%
3. 屋頂因大部分區域洩水坡度終點都指向同一個落水頭，而影響排水。	5	19.23%
4. 屋頂給水管路、冷氣空調機與管路(或其他固定設備)設於地面。	15	57.69%
有效樣本 總 數	26	

**b.屋頂構材問題**

在調查案例中，以屋頂覆蓋表面層材質易剝落起粉塵而阻礙排水口，而影響排水口排除雨水之問題為最多，26 個案例就佔 17 個，比例高達 65.38%。

**圖 3-2.11 屋頂構材問題案例**

1. 屋頂防水層誤作成表面層。	2. 屋頂覆蓋表面層已龜裂、破損。
	
3. 屋頂覆蓋表面材質易剝落、起粉塵而阻礙排水口。	4. 屋頂覆蓋表面層有多種材質鋪設，使維護更加困難。
	

屋頂構材問題	發生問題案例個數	所佔比例
1. 屋頂防水層誤作成表面層。	4	15.38%
2. 屋頂覆蓋表面層已龜裂、破損。	5	19.23%
3. 屋頂覆蓋表面材質易剝落、起粉塵而阻礙排水口。	17	65.38%
4. 屋頂覆蓋表面層有多種材質鋪設，使維護更加困難。	5	19.23%
有效樣本 總 數	26	

**C.落水頭問題**

在調查案例中，以落水頭材質屬易氧化或使用壽命短，因此易破損，而影響排水口排除雨水之問題為最大，26 個案例就佔 20 個，比例高達 76.92%。

**圖 3-2.12 落水頭問題案例**

1. 落水頭材質屬易氧化或使用壽命短，而破損。	2. 落水頭型式非高帽，易卡塵土或樹葉等垃圾，不利排水。
	
3. 落水頭設在泛水內不利排水。	4. 落水頭位於圓形凹槽內且落水頭頂部高程低於地面易卡塵土或樹葉等垃圾，不利排水。
	

落水頭問題	發生問題案例個數	所佔比例
1. 落水頭材質屬易氧化或使用壽命短，而破損。	20	76.92%
2. 落水頭型式非高帽，易卡塵土或樹葉等垃圾，不利排水。	5	19.23%
3. 落水頭設在泛水內不利排水。	3	11.54%
4. 落水頭位於圓形凹槽內且落水頭頂部高程低於地面易卡塵土或樹葉等垃圾，不利排水。	4	15.38%
有效樣本 總 數	26	

**d. 檢查問題**

在調查案例中，以落水頭座位於花盆或各戶自來水管路旁，而不易於日常檢查查核其問題，在 26 個案例就佔 11 個，比例高達 42.31%。

**圖 3-2.13 檢查問題案例**

1. 落水頭被外物遮蔽(如盆栽)無法檢查。	2. 落水頭設在泛水內不利檢查保養。
	
3. 落水頭座落於其他設備下。	4. 落水頭破損、使埋設於 RC 構造體內雨水管堵塞而無法查核。
	

檢查問題	發生問題案例個數	所佔比例
1. 落水頭被外物遮蔽(如盆栽)無法檢查。	6	23.08%
2. 落水頭設在泛水內不利檢查保養。	3	11.54%
3. 落水頭座落於其他設備下。	11	42.31%
4. 落水頭破損、使埋設於 RC 構造體內雨水管堵塞而無法查核。	1	3.84%
有效樣本 總 數	26	

**e. 保養維護問題**

在調查案例中，就影響日常保養維護以 1.屋頂常有鳥類聚集，使得鳥糞和羽毛堵塞排水口，比例達 26.92%；2.屋頂堆放雜物，使得排水口不易檢查與清潔，比例達 38.46%；3.屋頂植栽花草樹木，使得落葉和藤蔓堵塞排水口，比例達 26.92%。

**圖 3-2.14 保養維護問題案例**

1. 屋頂常有鳥類聚集，使得鳥糞和羽毛堵塞排水口。	2. 屋頂堆放雜物，使得排水口不易檢查與清潔。
	
3. 屋頂植栽花草樹木，使得落葉和藤蔓堵塞排水口。	4. 排水口設置於泛水內，使得日常維護管理困難。
	

保養維護問題	發生問題案例個數	所佔比例
1. 屋頂常有鳥類聚集，使得鳥糞和羽毛堵塞排水口	7	26.92%
2. 屋頂堆放雜物，使得排水口不易檢查與清潔。	10	38.46%
3. 屋頂植栽花草樹木，使得落葉和藤蔓堵塞排水口。	7	26.92%
4. 排水口設置於泛水內，使得日常維護管理困難。	4	15.38%
有效樣本 總 數	26	

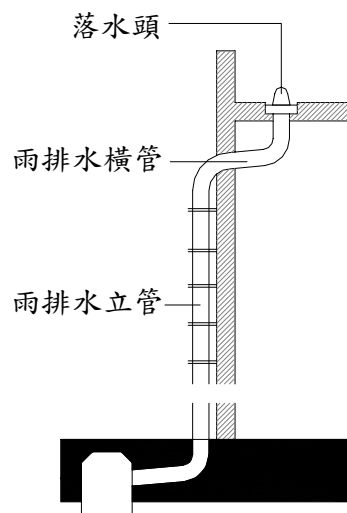


## 第四章 雨排水系統再利用設計方法

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。

本章節將既有的雨排水系統分為兩個部分：其一，雨排水的設計方法論，針對目前台灣地區雨排水設計現況，工程師依據的理論基礎及實務應用方式，加以檢討；其二，在上述的理論基礎架構下，設計者施作後所呈現出的設備及構成現況。

圖 4-1.1 雨排水系統圖



### 第一節 既有雨排水系統設計方法

所謂「雨排水系統」，簡單的說，當降雨時建築物的水平向會承受雨水

蓄積所帶來的額外重量，所以在雨水未造成結構負擔時，需快速的將水排出。因此，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導出建築物外。

在上述的設計原則下，考量影響雨排水系統的因素有兩點：

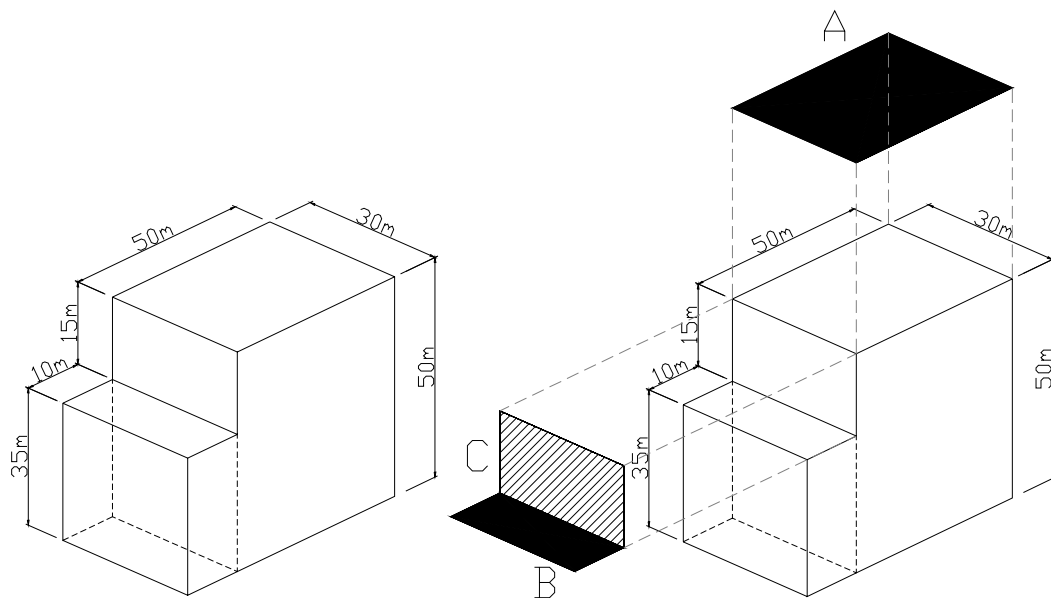
### 1.系統必須排出的水量：

系統所必須排出的水量即等於建築物屋頂所收集的水量，水量的多寡決定於受雨面積及雨量。

#### (1)受雨面積

建築物受面積就是降雨直接到達建築物之接觸面積，如圖 4-1.2 所示，A、B 區域是雨水直接落入建築的面積，但 B 區域必須再加入 C 區域滲落的水量，假設雨水以  $30^\circ$  的角度打向 C 區域，則 B 區域的總累積雨水的面積等於 B 區域加上 50% 的 C 區域。

圖 4-1.2 建築物計算集雨量受水區域範圍



(2)降雨量

降雨量是建築物受雨量大小的決定因素一，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，一般以 100mm/h 作為一小時最大降雨量來計算即可。

以圖 4-1.2 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 100mm/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

當計算出系統的雨排水負荷後，便可根據雨排水負荷來設計系統的輸送能力，系統一般分為雨排水立管、雨排水橫管來考量：

(1)雨排水立管的計算方法

根據日本「建築給排水規範H A S S 2 0 6」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。

$$Q_p = \frac{(117730 \alpha A)^{5/3} (1/D)^{2/3}}{60} \dots\dots\dots (4.1)$$

QP：立管的容許流量（l/s）

α：充水率（%）

A：立管的斷面積（m<sup>2</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）會使排水管內的水流及空氣產生噪音及振動，因此根據試驗的結果得知，若將立管的充水率控制

在 35% 時，會獲得較令人滿意的結果。因此將  $\alpha$  代入 35%，則可得到下面的公式：

$$Q_p = 819200 A^{5/3} (1/D)^{2/3} \dots\dots\dots (4.2)$$

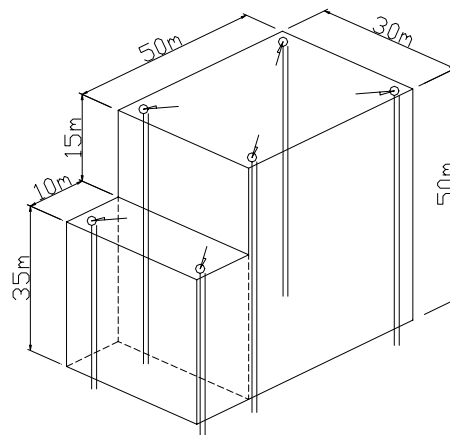
根據公式 4.2，若採用管徑 100mm 作為立管的尺寸，則每支立管可負荷的雨排水流量為 11.8 l/s。以圖 4-1.3 為例：

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 4-1.3 雨排水立管配置方式



### (2) 雨排水橫管的計算方法

在雨排水橫管的計算上，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

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} \cdot S^{1/2} \dots\dots\dots (4.3)$$

V：流速 (m/s)

n：粗糙係數

R：水力半徑 (m<sup>2</sup>)

S：水力坡度 (%)

依據H A S S 2 0 6所做調整，當橫管流速控制在 0.6~1.5m/s、而其充水率達 95% 時，管內除了可得到自淨的效果之外，噪音及振動也能獲得較好的控制，因此將上述的條件代入曼寧公式後，得公式 4.4、4.5 如下：

$$v = 0.3620 D^{2/3} \delta^{1/2} \dots\dots\dots (4.4)$$

$$Q_p = 0.0002789 D^{8/3} \delta^{1/2} \dots\dots\dots (4.5)$$

v：橫管內平均流速 (m/s)

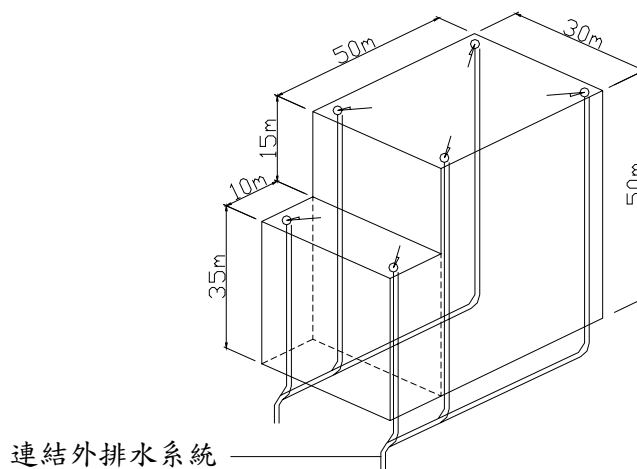
D：橫管的實際內徑 (mm)

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 4-1.4：

圖 4-1.4 雨排水橫管配置方式



以兩支橫管負荷總雨排水量，則橫管管徑決定如下：

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

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。

兩排水系統實際的設計上，為了讓使用者便於操作，因此在公式上作了調整，直接以建築物的受雨面積，配合當地的雨量數據作計算。公式如下：

$$S = \frac{Q(S_1 + S_2)}{100} \dots\dots\dots (4.6)$$

S：最大容許屋頂面積 (m<sup>2</sup>)

Q：降雨量 (mm/h)

S1：水平集水面積 (m<sup>2</sup>)

S2：垂直集水面積 (m<sup>2</sup>)

100：基準雨量 (mm/h)

**表 4-1.1 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>2</sup> )
50	67
65	135
75	197
100	425
125	770
150	1250
200	2700

表 4-1.2 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>2</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

以相同案例試算受雨區域A的系統需求量：受雨面積=1500 m<sup>2</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 4-1.1 及表 4-1.2 後得知，所選定之立管，其對應面積為 425 m<sup>2</sup>、而橫管對應面積為 1270 m<sup>2</sup>。

立管的需求量 =  $1500/425 = 3.52$ ，需設置 4 支。

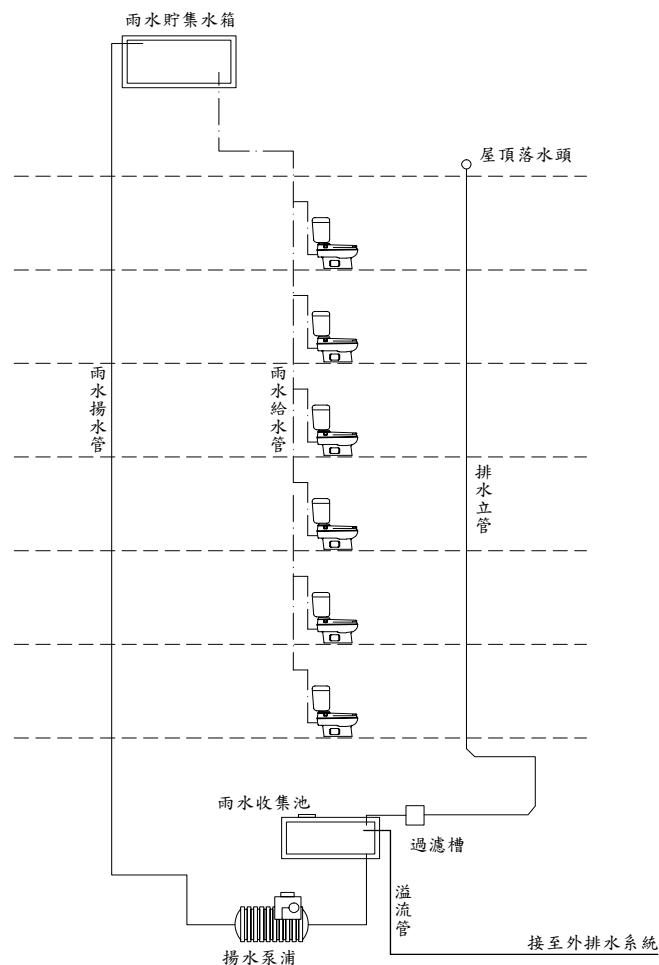
橫管的需求量 =  $1500/1270 = 1.18$ ，需設置 2 支。

因此，利用這個方式可以快速的取得受雨面積所需對應的系統設置數量。

## 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；在設計階段，會以建築主體設計為主，配合空間的規劃來選擇設置的方式及位置；但在經濟收益的考量下，一般排水管的位置會配合其他設備空間的位置作整合，因此往往會以其他技術來解決配管位置的問題；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。雨排水在施作的技術上由於比較單純，因此在技術課題上顯少提出探討，故本研究透過資料的整理，分析台灣地區既有雨排水系統的設計構成。

圖 4-2.1 建築雨排水系統昇位圖



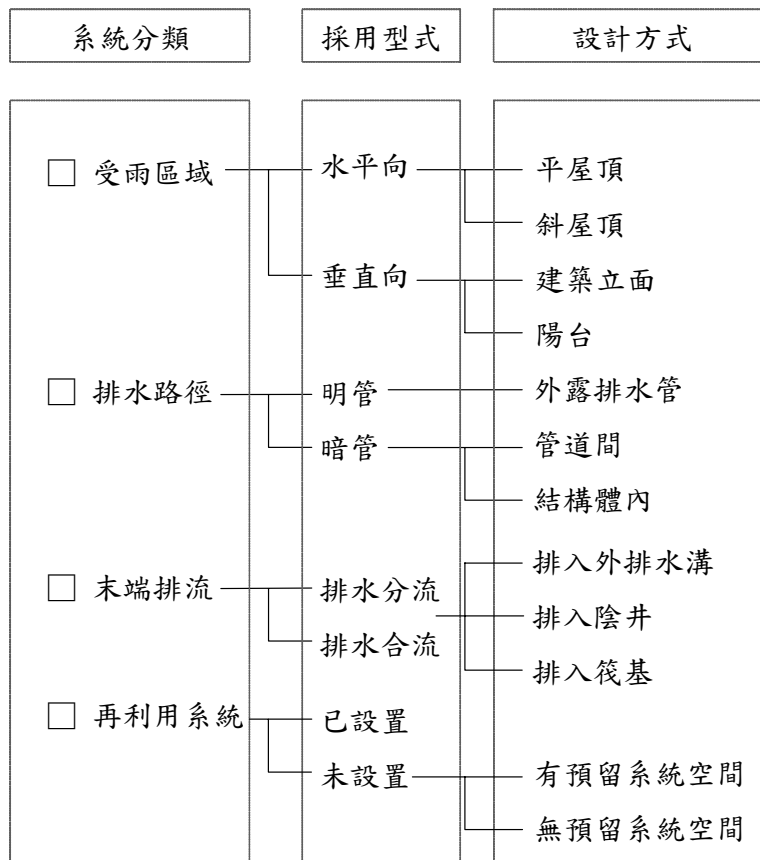


目前在台灣，雨排水系統在建築的設計規劃階段是屬於電機設計的範疇，在經濟收益的考量下，設計師會依建築物的設計作整合的設置，但也有不整合獨立設置的案例，因此在分析雨排水系統的作法，必須依循建築物的設計方式作整理。

### 1. 設計階段

如圖 4-2.2，雨排水系統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。當設定了雨排水系統構成的分類方法後，便可以針對分類後的個別系統項目作檢視。

圖 4-2.2 雨排水系構成分類方法



在這個系統分類的架構下，可以以經驗提出幾點改善問題：

### (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。本章節將針對收集的案例資料並加以分析，並提出幾點建議。

### (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 4-2.3 平屋頂構造可利用截水溝使雨水集中

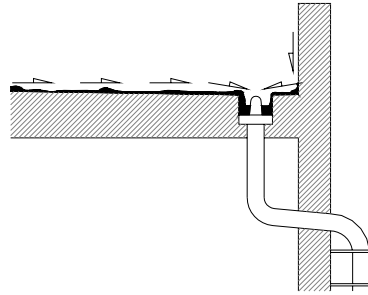
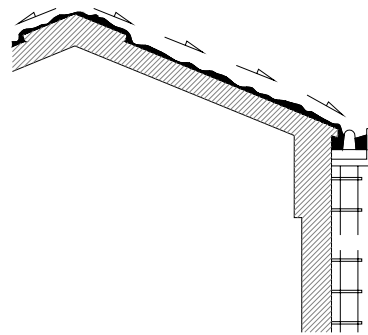


圖 4-2.4 斜屋頂構造以溝槽收集雨水



## (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，以不銹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 既有建築物導入雨水貯集利用模式與應用

藉著既有建築物之雨排水系統型式與細部設計之調查，本研究將嘗試從其中找尋可以導入雨水貯集利用的模式，並以目前已完成之 97 個型式調查案例，評估其落實之可行性，最後將討論目前已實作之一個案例。

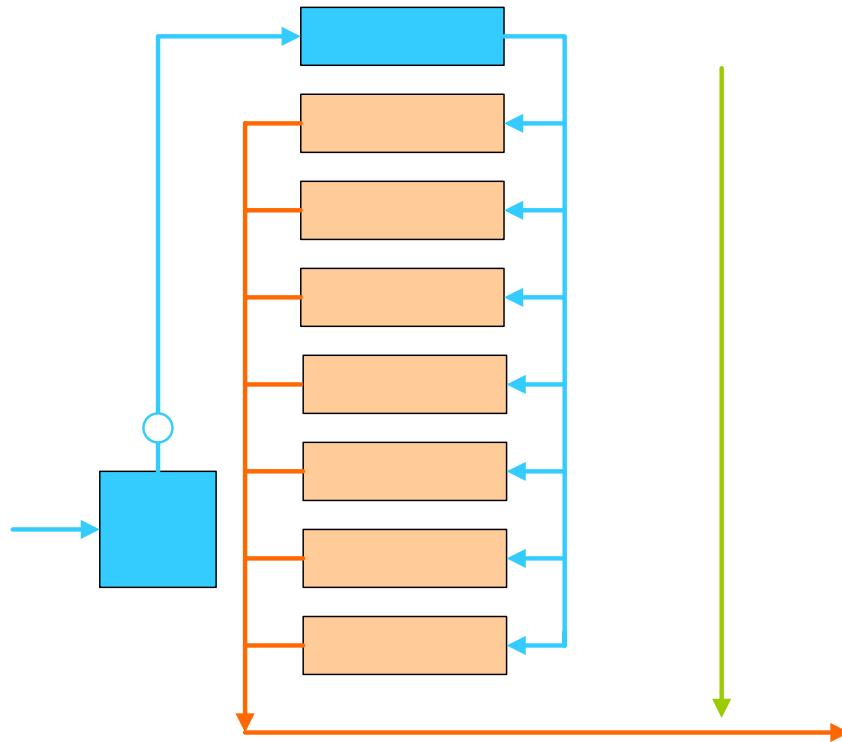
#### 1. 雨水貯集利用之架構

雨水貯集利用與雨排水系統最大的觀念上的差異在於雨排水系統主要是將雨水快速地排離建築物，直接進入下水道系統，而雨水貯集利用則是將雨水收集於建築物內部或週邊區域，若是貯集槽滿載之後，再行溢流入下水道系統；並且必須與雜用水給水系統連結，供給部分日常雜用水，替代自來水需求；而當其貯集槽內雨水用罄，則回復使用自來水。

依據上述，在既有建築中導入雨水貯集利用，除了採用原有之雨排水收集系統外，尚須設置貯集槽，配置給水管路，結合日常雜用水給水系統，還要與自來水給水系統鏈結，使用單向逆止閥的方式，給予貯集槽無雨水可用時，轉換為自來水給水。

下圖 4-3.1 為現行常見之建築物自來水與雨排水系統架構，兩組系統為各自獨立運作系統，自來水系統提供該建築物全部用水，並以重力方式給予水栓壓力；而雨排水系統則為收集屋頂雨水後，快速而直接地排入下水道系統。

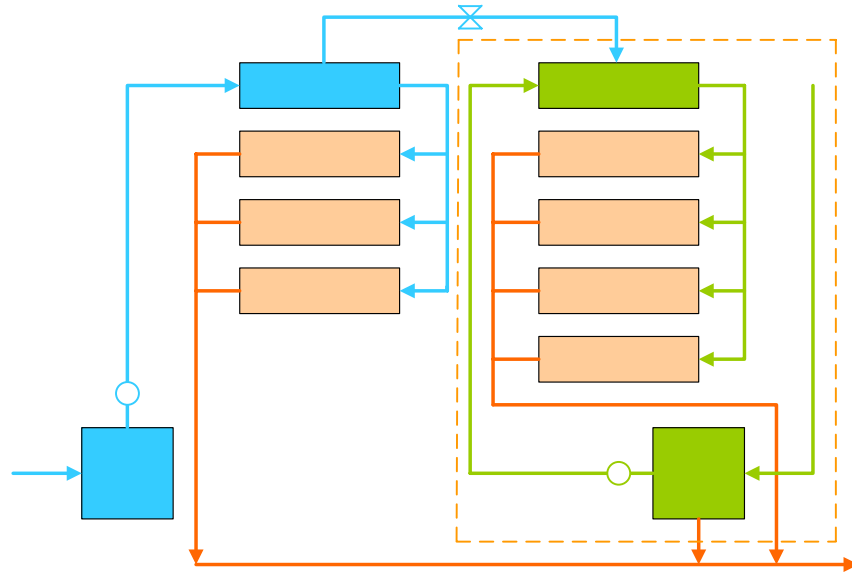
圖 4-3.1 現行之自來水與雨排水系統架構



(1)既有建築導入雨水貯集利用架構 A

下圖 4-3.2 為既有建築導入雨水貯集利用架構 A，其運作方式為雨水收集後流入建築物內部之雨水貯集槽，經由沉澱過濾等處理程序後，以水泵送至位於屋頂或較高設備樓層之雨水給水槽，以重力給水供給日常雜用水，若有不足，則以自來水系統補給水量；其設置時必須考量大型雨水給水槽的載重，建築物結構是否能負荷，以免危險。

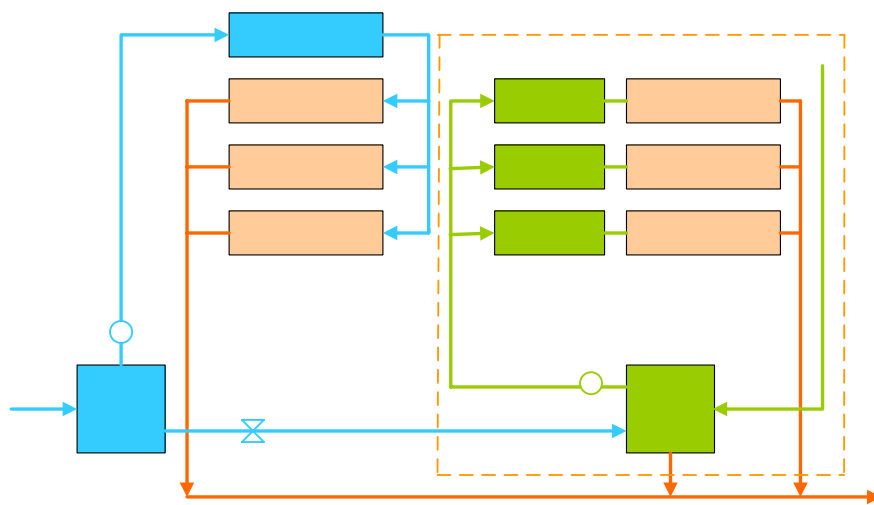
圖 4-3.2 既有建築導入雨水貯集利用架構 A



(2)既有建築導入雨水貯集利用架構 B

下圖 4-3.3 為既有建築導入雨水貯集利用架構 B，其運作方式為雨水收集後流入建築物內部之雨水貯集槽，經由沉澱過濾等處理程序後，以水泵送至各用戶之小型雨水給水槽，以供給日常雜用水，若有不足，則以自來水系統補給水量。

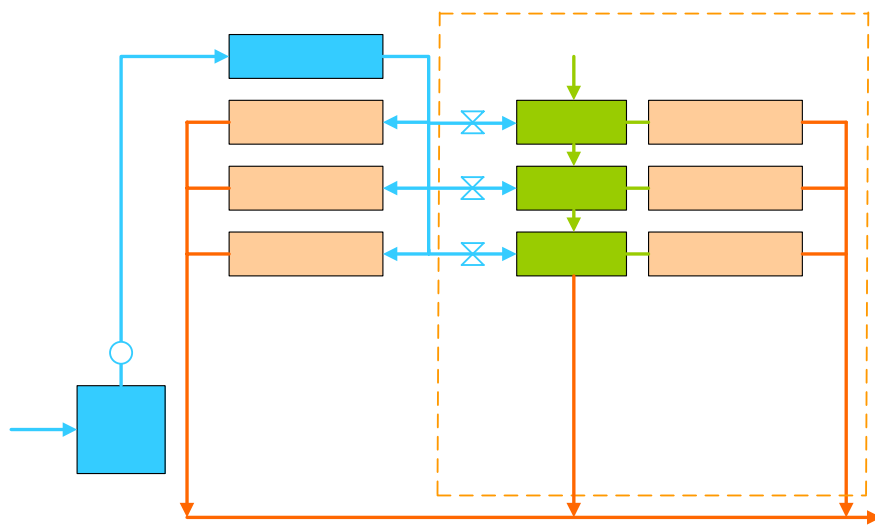
圖 4-3.3 既有建築導入雨水貯集利用架構 B



(3)既有建築導入雨水貯集利用架構 C

下圖 4-3.4 為既有建築導入雨水貯集利用架構 C，其運作方式為雨水收集後直接以重力方式流入各用戶之雨水貯集槽，經由沉澱過濾等處理程序後，以供給日常雜用水，若有不足，則以自來水系統補給水量。

圖 4-3.4 既有建築導入雨水貯集利用架構 C



在既有建築導入雨水貯集利用架構 B 與 C 中，雨水貯集槽設置於各樓層內，須考慮其結構負載與設置空間問題，一般而言，其各戶單元容量以 500 公升為適宜。



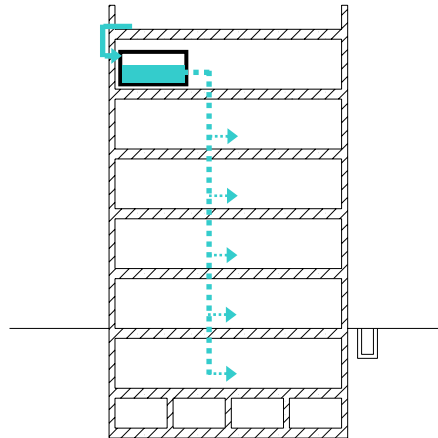
## 2.既有建築物導入雨水貯集利用可行模式

根據上述架構，本研究嘗試提出五種既有建築物可採行的雨水貯集利用模式：

### (1)雨水貯集利用模式 A：

收集屋頂雨水，將其導入屋頂或高設備層內雨水貯集槽，再以重力式給水分送至各用戶之雜用水給水管路。

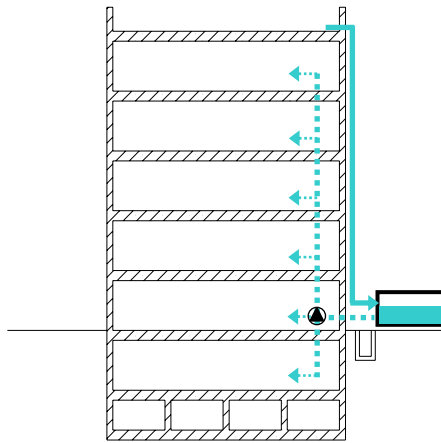
圖 4-3.5 雨水貯集利用模式 A



(2)雨水貯集利用模式 B：

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日常雜用水管路。

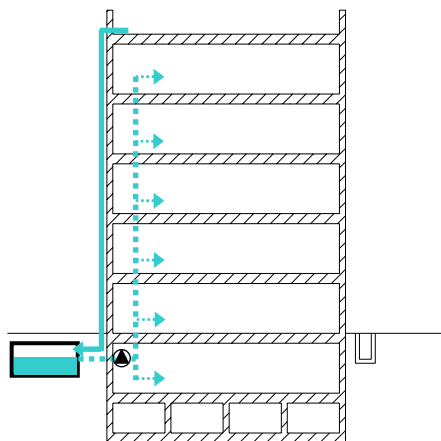
圖 4-3.6 雨水貯集利用模式 B



(3)雨水貯集利用模式 C：

收集屋頂雨水，將其導入地面下之雨水貯集槽，與模式 B 的不同在於其另外可收集部分地面上之雨水；最後經由水泵送至各用戶之日常雜用水管路。

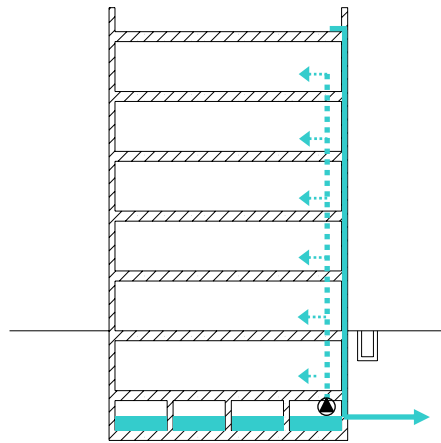
圖 4-3.7 雨水貯集利用模式 C



(4) 雨水貯集利用模式 D：

屋頂雨水經由立管流入筏基，利用建築物筏基空間或是部份地下停車空間貯集雨水，再經由水泵送至各用戶之日常雜用水管路。

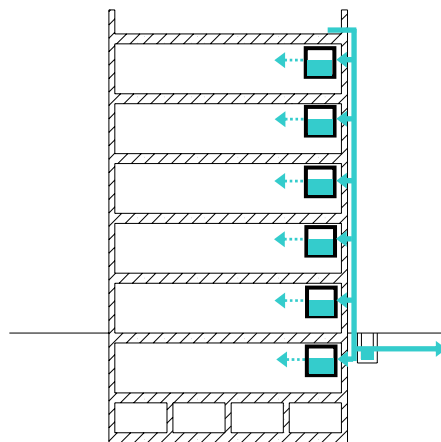
圖 4-3.8 雨水貯集利用模式 D



(5) 雨水貯集利用模式 E：

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，再流入日常雜用水管路。

圖 4-3.9 雨水貯集利用模式 E



各種使用模式並非絕對，應依據既有建築物之實際情形作選擇與適度調整，而也有其限制與優缺點；以前章第二節圖 3-2.2 之雨排水系統分類，其適用性建議如下表 4-3.1。

**表 4-3.1 雨水貯集利用模式適用性評估**

**雨水收集方式**

雨水貯集利用模式	模式 A	模式 B	模式 C	模式 D	模式 E
平屋頂雨水收集(落水頭)					
平屋頂雨水收集(有排水管穿透女兒牆)					
屋頂加蓋雨水收集					

**排水立管型式**

雨水貯集利用模式	模式 A	模式 B	模式 C	模式 D	模式 E
結構體內部之排水立管(暗管)					
外露式排水立管(明管)					
直接排水(無排水立管或僅有部分管路)					

**排水導流**

雨水貯集利用模式	模式 A	模式 B	模式 C	模式 D	模式 E
導入道路排水溝					
直接排水					
經由筏基排水					

**符號意義說明：** 可行      部分可行，或需經修改系統

若以本研究針對台北市既有建築物雨排水系統型式調查的 97 個案例為例，則有下列表 4-3.2 不同符合之比率。

表 4-3.2 雨水貯集利用模式適用性

雨水貯集利用模式	模式 A	模式 B	模式 C	模式 D	模式 E	無法導入
條件符合案例數	0	39	39	33	41	37
條件符合比率	0%	40.20%	40.20%	34.02%	42.27%	38.14%

### 3. 既有建築物導入雨水貯集利用案例





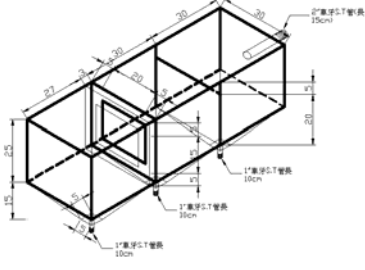
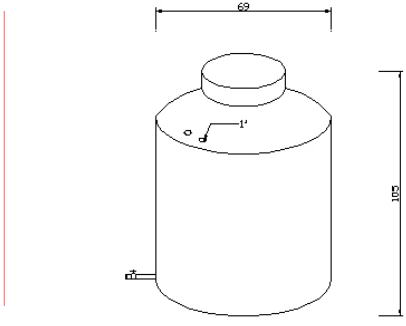
在本研究計畫進行同時，已開始有既有建築物設計導入雨水貯集利用機制，本研究將擇一案例以茲說明。

該案例位於台北市北投區復興崗捷運站週邊，為連棟五層樓公寓型式建築，該戶位於二樓，屋齡為 28 年，建築物面積約為 26 坪，現居住人數為 4 人，業主計畫將以屋頂收集雨水之方式，取代部分沖廁用水。

在考量現有雨排水系統、貯水槽設置空間與結構負荷等限制後，業主決定採用模式 E 的方式，也就是於該樓層後陽台設置小型雨水貯集槽與過濾沉澱系統的方式，並另行增設給水管路，導入廁所內部使用；所設置的雨水貯集槽容量為 500 公升，全部工程經費約為 36,000 元(其中大部分為增設給水管路之費用)。

從長期使用效益來看，若以 20 年降雨資料為基準(1984—2003)，其自來水替代率將達到 11.25%，並可以取代日常雜用水達 46.86%，若是能夠加以推廣，對於連年遭遇缺水的台灣地區將有頗大的助益。

圖 4-3.10 既有建築物導入雨水貯集利用案例

	
<p>1. 實際案例屋頂收集面與落水頭</p>	<p>2. 實際案例雨排水立管與橫管修改</p>
	
<p>3. 實際案例雨水貯集槽與給水管路</p>	<p>4. 實際案例給水管路與給水逆止閥</p>
	
<p>5. 實際案例過濾沉澱系統構造</p>	<p>6. 實際案例雨水貯集槽構造</p>

#### 第四節 既有建築筏基雨水貯集利用模擬探討

貯水空間通常是雨水貯集利用導入都市區域最大問題癥結所在，由於地價高，都市區域建築物利用率極高，無法提供大量空間供雨水貯集之用；目前雨水貯集利用機制僅限於單棟建築模式，由於先天條件限制，產生許多問題，造成雨水貯集利用無法達到最佳效益；例如對一般連棟式建築而言，其集水面積之於使用人數相對較大，但是其可用於貯集之空間則較小；相反對於中高層建築，其集水面積之於使用人數相對較小，但是其具備筏式基礎，若可以加以利用為雨水貯存空間，其將提供龐大的供水量。

綜合上列問題，本研究試圖以既有建築導入筏式基礎雨水貯集利用模式，改善雨水貯集利用機制，提升雨水利用效益，當降雨時，以大量平面收集降於屋頂之雨水，貯存於擁有龐大容量之筏式基礎內，以供日常雜用水使用，能發揮較大之雨水貯集利用效益，並減低都市洪患所帶來的影響。

根據工研院節水服務團的統計，於建築物建設時將雨水貯水槽設置於筏式基礎內，設置成本平均約在每噸水 9.5—24 元之間，降雨越平均的地區設置成本越便宜；若貯水槽為另行開挖設置於地下，則平均設置成本在 52 元／噸左右；而操作成本僅為電力成本，約在每度 2.2 至 3.6 元左右，包含於上述設置成本內。使用筏基貯存雨水之設計，其雨水平均建置成本較使用另行開挖或設置於地面方式之成本平均降低 70% 左右。

本研究將暫選定台北地區兩棟既有建築物做為研究對象，其用途分別為集合住宅與辦公室；首先將針對該建築物筏基之雨水利用效能，作整體性之研究分析，包含雨水利用效能、筏基雨水貯集運作情形等；之後選擇三場具代表性的颱風降水，來探討案例建物筏基雨水貯集與都市洪水減緩效果；最後再將該兩棟研究案例建物，分別假設置於台北、台中、高雄、花蓮等地區（北、中、南、東等四個都會區），加以模擬分析，以了解在相同規模建物筏基與用水情形，不同降雨型態下所造成的不同使用效益。

## 1. 研究案例建築物基本資料

本研究案選定之兩棟既有建築物，其建築之概要，如表 4-4.1 所示；而住宅筏基有效雨水貯留最大容量為 1200M<sup>3</sup>，辦公室筏基有效雨水貯留最大容量為 510M<sup>3</sup>。

**表 4-4.1 研究對象建築物概要表**

既有住宅建築案例			既有辦公室建築案例		
樓層別	面積(m <sup>2</sup> )	用途	樓層別	面積(m <sup>2</sup> )	用途
地下一、二樓	各 893.0	停車場	地下一、二樓	各 495.4	停車場
壹層-拾貳層	各 721.4	集合住宅	壹層-拾層	各 332.6	辦公室
使用人數	328 人	82 戶	使用人數	180 人	

## 2. 筏基雨水利用效能之計算

所謂筏基雨水利用效能，乃指一棟建築物收集之雨水量，能代替該棟建築物沖洗廁所總用水量之百分比值；本研究利用雨水貯集利用電腦模擬運算系統，將台北市 1984 年至 2003 年之逐日降雨量資料，以及研究對象建築物之資料輸入，加以運算分析

經電腦模擬運算後，既有住宅建築案例部份，當筏基雨水貯留容量設定在 200M<sup>3</sup>時(既有住宅建築物案例筏基有效最大雨水貯留容量為 1200M<sup>3</sup>)，其雨水利用效能比率約在 20%，如圖 4-4.1 所示；其意義即是案例住宅建物沖廁水量中 20%，是可以用水來代替，其自來水替代使用量約 1436M<sup>3</sup>；然筏基雨水貯留量在 500M<sup>3</sup>時，則完全沒有雨水溢流量，既使如民國 92 年 9 月 16 日(當日降雨累積量 425.2mm)、17 日(當日降雨累積量 245.7mm)之納莉颱風豪大雨量，案例建物之筏基亦能完全貯留屋頂降水。

另辦公室建築案例部份，當筏基雨水貯留容量設定在 100M<sup>3</sup>時(既有辦公室建物案例筏基有效最大雨水貯留容量為 510 M<sup>3</sup>)，其雨水利用效能比率約在 51%，如圖 4-4.2 所示，其自來水代替使用量約 1773.9M<sup>3</sup>；該筏基雨水槽設計容量若在 320 M<sup>3</sup>時，則完全沒有雨水溢流量。



圖 4-4.1 住宅建築筏基雨水利用效能圖

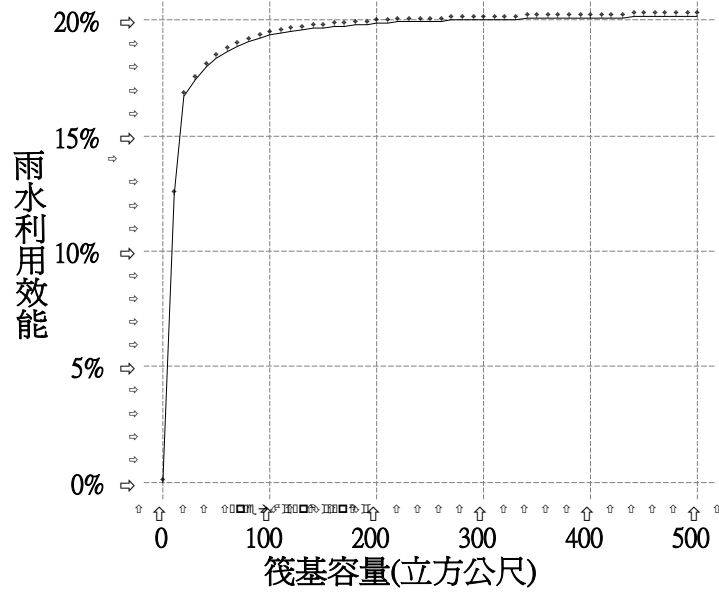
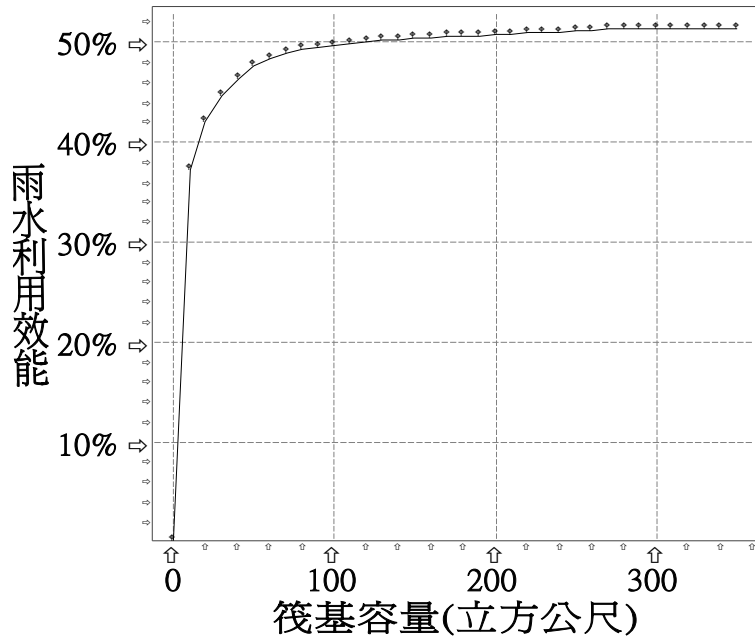


圖 4-4.2 辦公室建築筏基雨水利用效能圖



### 3. 颱風暴雨筏基雨水貯集利用之分析

#### (1) 納莉颱風筏基雨水貯留利用情形

納莉颱風發生於民國 90 年 9 月 16 日至 17 日，當日累積降雨量分別為 425.2mm/日、245.7mm/日，為本研究對象期間內單日累積降雨量之最大值；以既有住宅建築物屋頂面積 721.4 m<sup>2</sup>，兩天所收集之雨量為 484M<sup>3</sup>，而筏基供給該建物一天之替代用水供給量為 19.8M<sup>3</sup>，故可供案例建物 24.5 天使用，筏基所收集雨量可供應至 10 月 26 日，如圖 4-4.3 所示；而既有辦公室建築物所收集之雨量為 222.7M<sup>3</sup>，而筏基供給既有辦公室建築物一天之雨水供給量為 4.9 m<sup>3</sup>，故可供既有辦公室建築物 49.5 天使用，筏基所收集雨量可供應至 12 月 7 日，如圖 4-4.4 所示。

圖 4-4.3 納莉颱風住宅建築筏基雨水運作圖

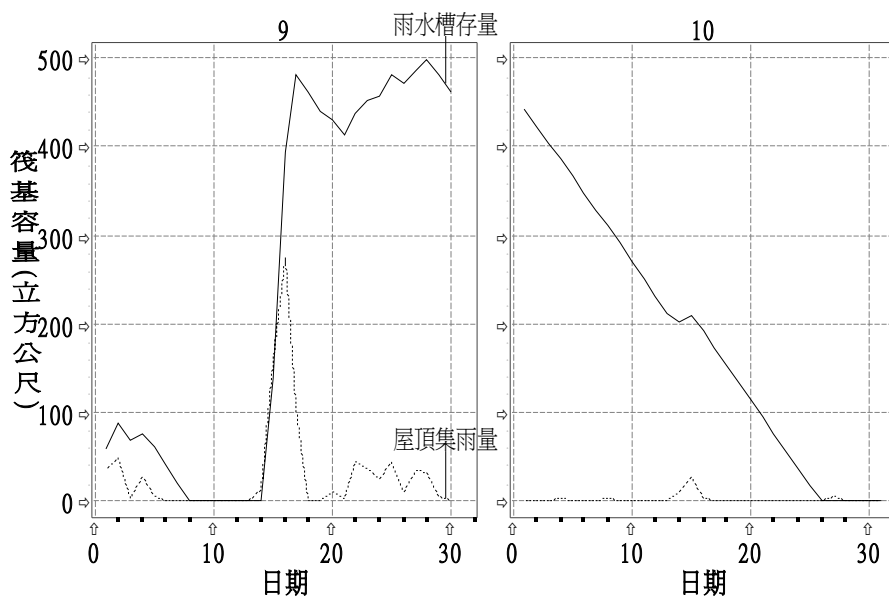
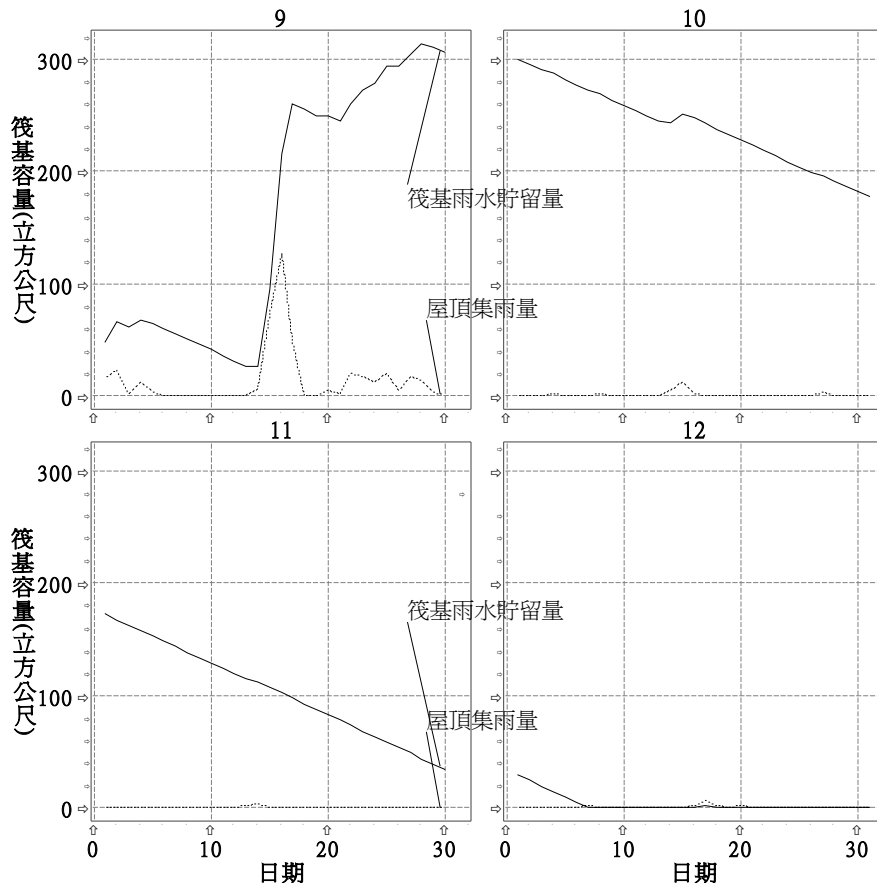


圖 4-4.4 納莉颱風辦公室建築筏基雨水運作圖



(2) 瑞伯颱風筏基雨水貯留利用情形

瑞伯颱風發生於民國 87 年 10 月 15 日至 16 日，當日累積降雨量分別為 226.7mm/日、276.5mm/日；既有住宅建築物所收集之雨量為 362.8M<sup>3</sup>，可供既有住宅建築物 18.3 天使用，筏基所收集雨量可供應至 11 月 11 日，如圖 4-4.5 所示；既有辦公室建築物所收集之雨量為 167M<sup>3</sup>，可供既有辦公室建築物 34.1 天使用，筏基所收集雨量可供應至 12 月 30 日，如圖 4-4.6 所示。

圖 4-4.5 瑞伯颱風住宅建築筏基運作圖

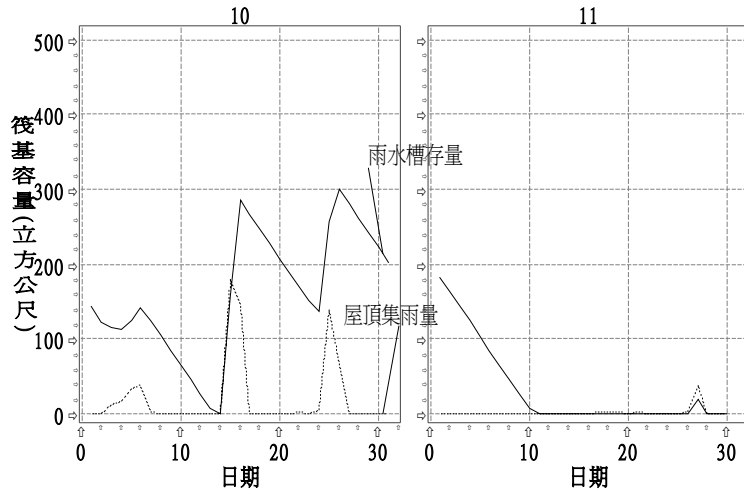
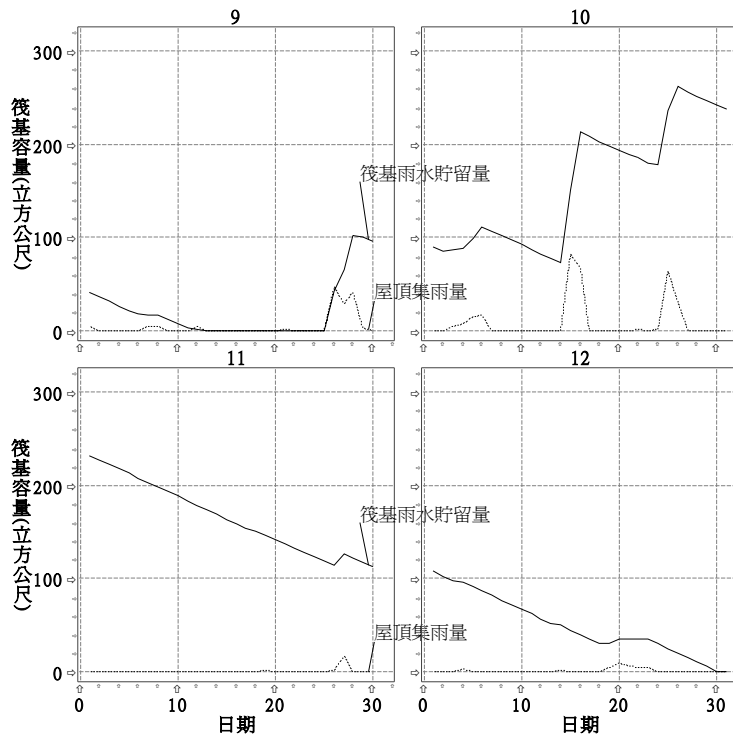


圖 4-4.6 瑞伯颱風辦公室建築筏基雨水運作圖



(3) 象神颱風筏基雨水貯留利用情形

象神颱風發生於民國 89 年 11 月 1 日，當日累積降雨量分別為 222.5mm/日；既有住宅建築物所收集之雨量為 160.4M<sup>3</sup>，可供既有住宅建築物 8.1 天使用，筏基所收集雨量可供應至 11 月 11 日，如圖 4-4.7 所示；既有辦公室建築物所收集之雨量為 73.8M<sup>3</sup>，可供既有辦公室建築物 15 天使用，筏基所收集雨量可供應至 11 月 21 日，如圖 4-4.8 所示。

圖 4-4.7 象神颱風住宅建築筏基雨水運作圖

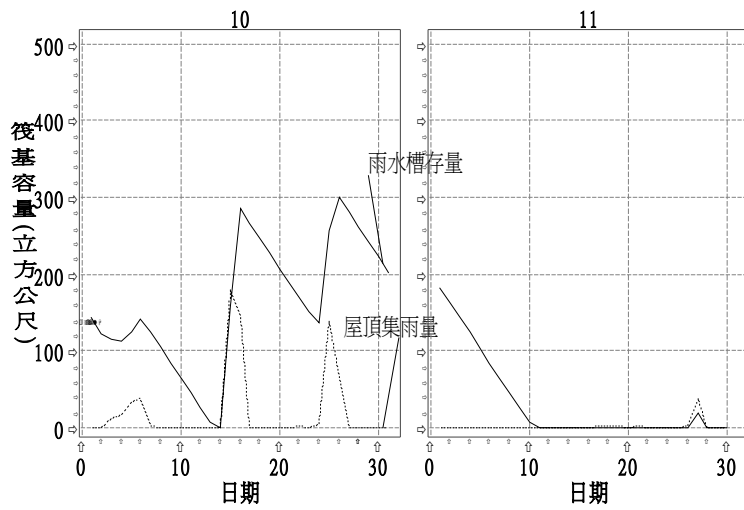
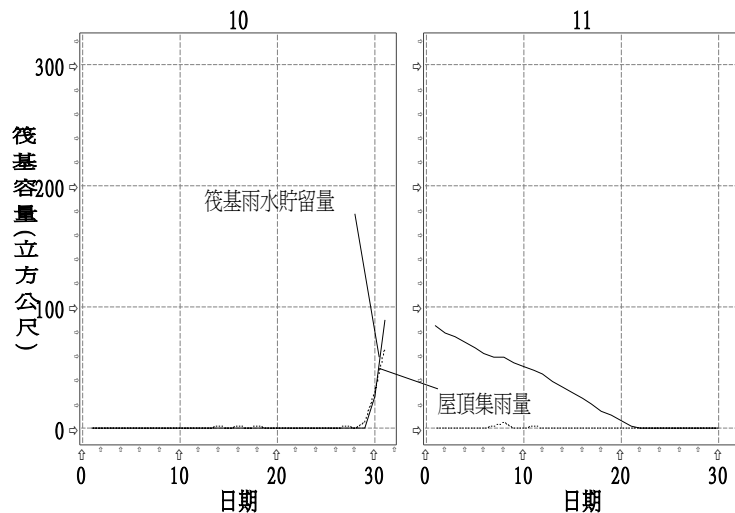


圖 4-4.8 象神颱風辦公室建築筏基雨水運作圖



#### 4.台灣北中南東地區既有建築物筏基雨水利用之分析

本研究將前述二棟台北市既有住宅及辦公室之建築物，以同規模同用途使用之建築物，假設分別設置於台北、台中、高雄、花蓮等地區，再配合各該地區之 20 年逐日降雨量之資料，分別計算台灣北中南東各地區筏基雨水收集貯留利用之效能分析；計算結果：既有住宅建築物筏基雨水利用之效能，分別為台北 20%、花蓮 18%、高雄 15%、台中 13%，如圖 4-4.9 所示；而既有辦公室建築物筏基雨水利用之效能，分別為台北 51%、花蓮 48%、高雄 39%、台中 35%，如圖 4-4.10 所示。

圖 4-4.9 台灣地區住宅建築筏基雨水效能圖

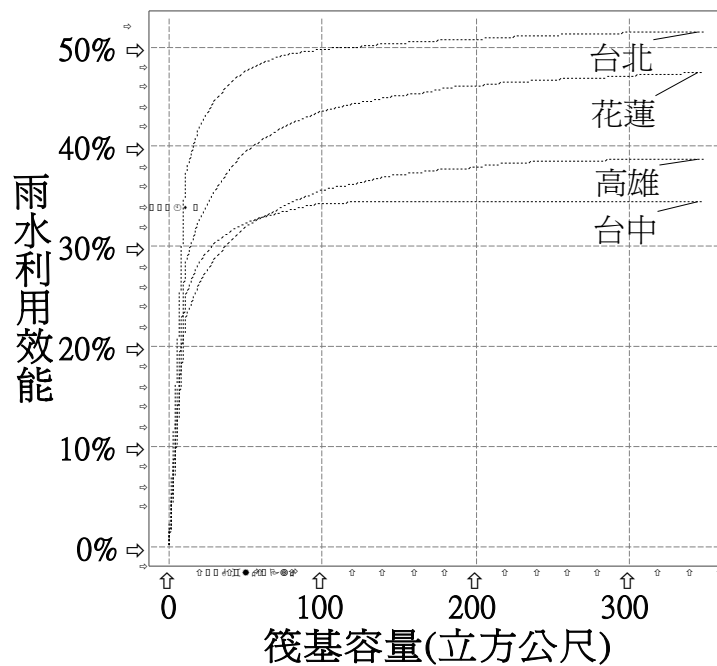
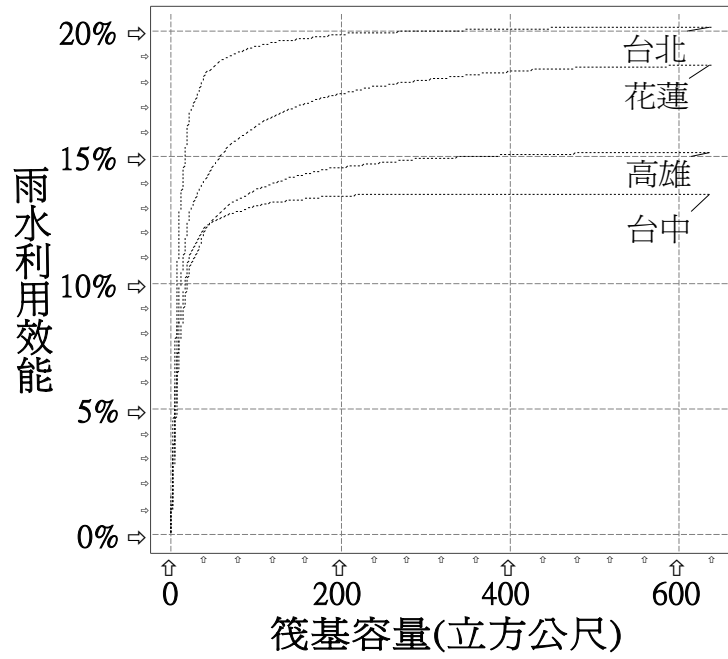


圖 4-4.10 台灣地區辦公室建築筏基雨水效能圖

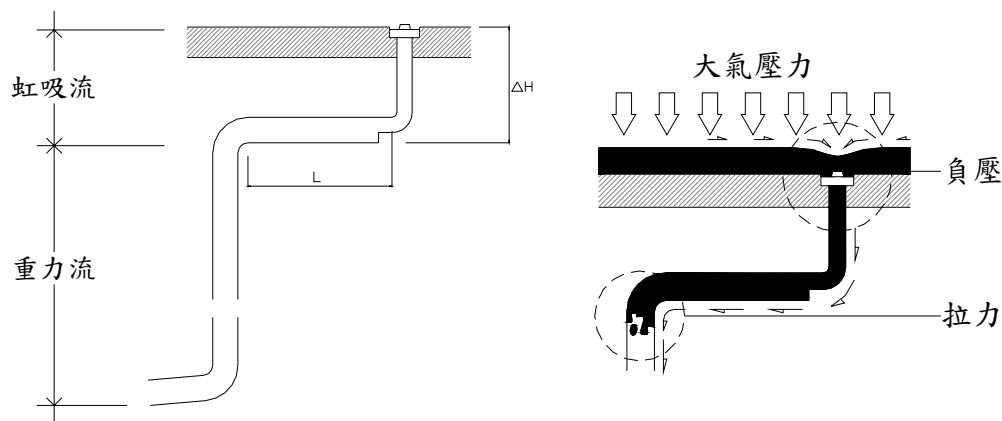


## 第五節 虹吸式雨排水系統介紹與應用

虹吸式排水的設計原理與傳統的排水型式是不同的，應用設計上改變了雨排水系統的前段性能，設計利用排水管滿管後產生的拉力，將受雨區域的雨水快速吸入管內，此時進水口呈現負壓的狀態。

傳統的系統是以雨水的自重，倚靠受雨面積設計的洩水坡度所產生的動能，進入管內。此時雨水以自由堰流的型式進入管內，因此橫管的雨水流速無法準確掌握，此外，其管內狀態呈現水、氣混合流的型式，在排水流量的計算上，必須扣除管內空氣所佔的比例，因此設計的管徑無法完全發揮效益。反觀虹吸雨排水系統，倚靠滿管所產生的虹吸作用作為排水動能，因整流後的管內並無空氣存在，故系統設計的管徑可完全的發揮功能。

圖 4-5.1 虹吸式雨排水系統



### 1. 虹吸式雨排水的形成

虹吸式雨排水系統在技術上的進步是開發了一種具有良好整流功能的落水頭，將雨水均勻呈現漩渦狀，使雨水能夠沿著管壁導入排水管之中，並藉由縮小的管徑使其更容易達到滿管的狀態，再經由滿管的現象，使管內的水依靠設計的高程差所產生的位能轉變為動能，利用動能驅動水流，將水迅速排出建築受雨區域。



圖 4-5.2 虹吸式落水頭構成及性能示意圖

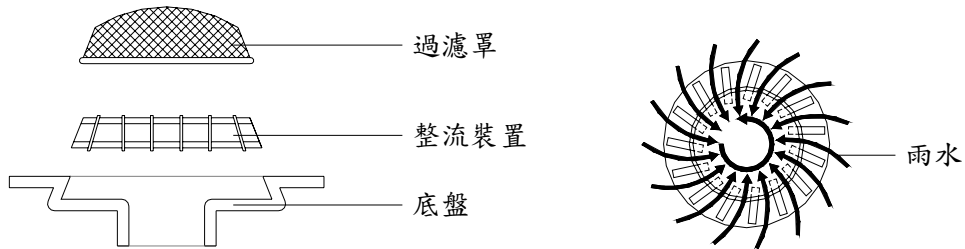


圖 4-5.3 傳統落水頭及虹吸落水頭管內現象比較

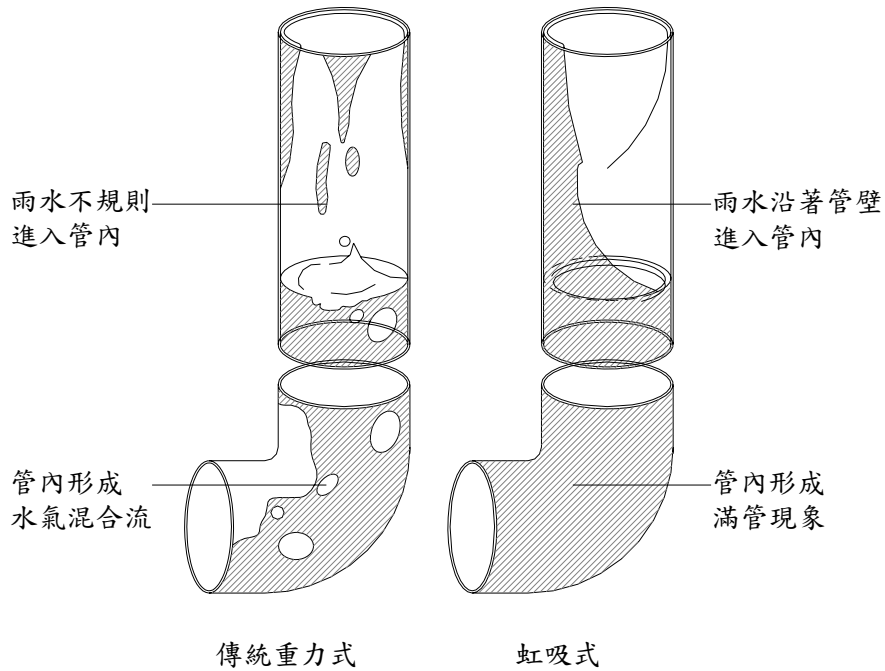
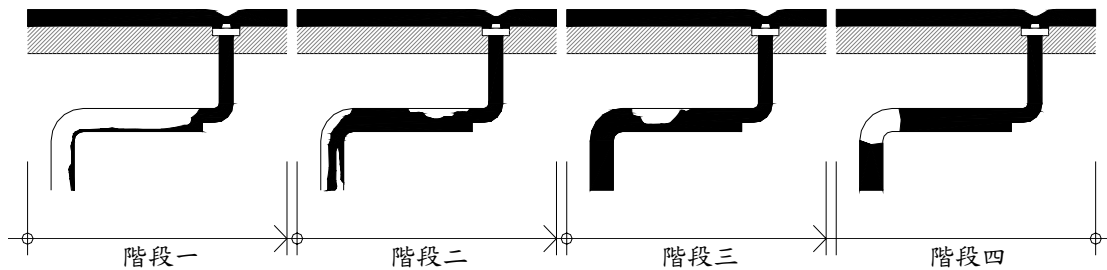


圖 4-5.4 系統虹吸現象產生過程



## 2. 與傳統兩排水系統的差異

虹吸式排水由於其構成的因素原理與傳統的重力式排水系統不同，因此在系統設計的構成觀念上也會有所不同：

### (1) 管徑選擇的優勢

設計上為使排水管內呈現滿管真空的狀態，不同以往管徑加大的選擇，較小管徑的排水管將使滿管的效果持續，提高排水效率。除此之外，管徑的縮減降低了結構的荷重、提高施工的便利性及空間的使用價值。

### (2) 洩水坡度的考量

由於排水是依靠位能所轉換的動能作為運作的動力，因此洩水坡度不再是提高排水流速的關鍵。簡單的說，排水管幾乎不需設置坡度，故大面積的排水也不需要為了加快排水速度而加大管路的洩水坡度。此外，因為虹吸式落水頭的整流功能，即便管內的真空消失轉變為重力式排水時，所需排出的水量也不會對建築主體產生影響了。

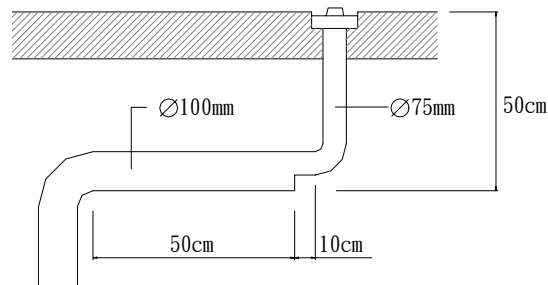
### (3) 管材的特性需求

由於虹吸排水是依靠末端產生負壓來進行排水，整個排水系統呈現一個負壓的狀態，因此排水管的選擇上須考慮能承受負壓的材質較為適當。

### 3. 虹吸式雨排水設計方法

以第一節之案例，利用虹吸式雨排水設計方法再行運算。已知A區域的排水負荷為 41.7 l/s、B區域的排水負荷為 16.7 l/s，假設選用管徑 75mm 及 100mm 尺寸之排水管作為虹吸系統的負壓產生端，其細部尺寸如圖 4-1.2，並利用公式 4.7 推估系統的排水性能。

圖 4-5.5 虹吸式雨排水系統模擬



$$(4.7) \quad V = \sqrt{\frac{2g\Delta H}{\lambda \frac{L}{d} + \sum \zeta + 1}}$$

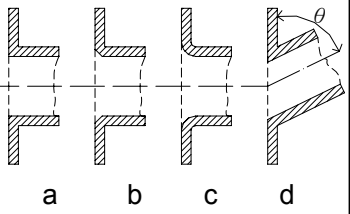
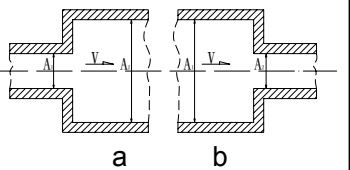
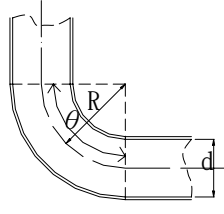
V：管內平均流速 (m/s)      Q：流量 (l/s)

g：9.8 (kg/s.m<sup>2</sup>)              d：管徑 (m)

H：高程差 (m)                L：管長 (m)

ζ：損失水頭係數              λ：管摩擦係數

表 4-5.1 損失水頭係數表

名稱	型式	損失水頭係數																																	
管路之路口		$\zeta =$ a: 0.5 b: 0.25 c: 0.06~0.005 d: $0.5 + 0.3 \cos \theta$																																	
管路面積變化之情況		a: $\zeta (1 - A_1/A_2)^2$ 此時斷面積 $A_1 > A_2$ b: <table border="1" data-bbox="837 817 1284 896"> <thead> <tr> <th><math>A_2/A_1</math></th> <th>0.1</th> <th>0.2</th> <th>0.4</th> <th>0.6</th> <th>0.8</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\zeta</math></td> <td>0.41</td> <td>0.38</td> <td>0.29</td> <td>0.18</td> <td>0.09</td> </tr> </tbody> </table>	$A_2/A_1$	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	$\zeta$	0.41	0.38	0.29	0.18	0.09																					
$A_2/A_1$	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8																														
$\zeta$	0.41	0.38	0.29	0.18	0.09																														
彎管		<table border="1" data-bbox="837 918 1300 1131"> <thead> <tr> <th rowspan="2">壁面</th> <th><math>\theta</math> \ R/d</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>4</th> <th>6</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">光滑</td> <td>22.5°</td> <td>0.045</td> <td>0.045</td> <td>0.045</td> <td>0.045</td> </tr> <tr> <td>45°</td> <td>0.14</td> <td>0.09</td> <td>0.08</td> <td>0.08</td> </tr> <tr> <td>60°</td> <td>0.19</td> <td>0.12</td> <td>0.095</td> <td>0.085</td> </tr> <tr> <td>90°</td> <td>0.21</td> <td>0.135</td> <td>0.10</td> <td>0.085</td> </tr> <tr> <td>粗糙</td> <td>90°</td> <td>0.51</td> <td>0.30</td> <td>0.23</td> <td>0.18</td> </tr> </tbody> </table>	壁面	$\theta$ \ R/d	1	2	4	6	光滑	22.5°	0.045	0.045	0.045	0.045	45°	0.14	0.09	0.08	0.08	60°	0.19	0.12	0.095	0.085	90°	0.21	0.135	0.10	0.085	粗糙	90°	0.51	0.30	0.23	0.18
壁面	$\theta$ \ R/d	1		2	4	6																													
	光滑	22.5°	0.045	0.045	0.045	0.045																													
45°		0.14	0.09	0.08	0.08																														
60°		0.19	0.12	0.095	0.085																														
90°		0.21	0.135	0.10	0.085																														
粗糙	90°	0.51	0.30	0.23	0.18																														

資料來源：日本機械學會「機械工學便覽第六版」

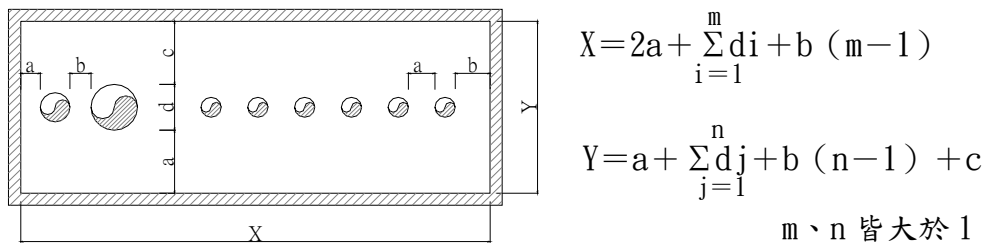
在作流速計算時，管摩擦係數  $\lambda$  值一般以新的鑄鐵管的  $\lambda$  值，作為系統中管材運算的參考。以市面販售的彎管來看，最常使用的彎管其  $R/d$  為=2，由表 4-5.1 得知，90°的彎管其損失水頭係數  $\zeta=0.135$ 。假設雨排水管路的進口  $\zeta=0.5$ ，則經由公式 4.7 的管內雨水到達雨水立管時，其平均流速  $V=2.1$  m/s、管徑為 100mm（充水率 100%）。

將虹吸式系統的效能與傳統重力式系統作一比較，以公式 4.4 計算相同管徑下，重力式系統效能如何，則在管徑 100mm 及洩水坡度為 1/100 的設計下，得知雨水在重力式系統中，其進入雨水立管的平均速度  $V=0.78$  m/s（充水率 95%）。將兩者的流速轉換為流量後，虹吸式雨排水系統流量  $Q=16.5$  l/s，而重力式雨排水系統流量  $Q=6.1$  l/s。因此，就管徑 100mm 的排水效能而言，虹吸式系統的排水效能為重力式系統的 2.7 倍。

以此案例而言，在橫管的設置上，若以重力式排水來設計，因為雨水總流量固定，所以管徑並無縮小，採用管徑 200mm 之橫管。但在管材的數量使用上，初步判斷，相較於傳統重力式的系統，因效能提升兩倍以上，則整體上約可節省消耗約 50% 的管材及施工。

但若以管路所必須使用的空間角度，來比較探討兩套雨排水系統的差異性，參考 H A S S 2 0 6 內所訂定的管道間相關規範，在設立管道間必須考慮其事後維修的可行性，因此必須留設充足合理的管道間，以利維修人員便於維修。

圖 4-5.6 配管間距示意圖



- |              |           |
|--------------|-----------|
| a：管面與壁面之間距   | i：X 方向之管數 |
| b：管面與管面之間距   | j：Y 方向之管數 |
| c：維修口與管面之間距  | X：管道間寬度   |
| d：管（含被覆面）之外徑 | Y：管道間深度   |

以合理的管道間尺寸作計算，每一支立管需要 0.3m×0.2m 的維修空間（以維修工具，如：扳手，可進入活動為原則），則每減少一支立管即可增加 0.06m<sup>2</sup> 的空間作正常使用，當建築規模越大，可節省的管道空間費用也就越低。因此虹吸式雨排水系統在工程的應用上，是較為經濟的。

#### 4. 相關事項建議

虹吸式雨排水系統，在經濟上是一套較具優勢的設計，藉由理論的推導可以獲得設計的數據，但在實際應用上還必須克服相關因素。以下提出幾點建議：

##### (1) 建築屋頂面的型式

以虹吸雨排水系統運作特性而言，為了產生較好的排水效果，建築物屋頂構造型式，以弧頂型式（如：體育館）及斜屋頂型式為最佳的設計。因為上述的構造必須將雨水導入雨水溝槽，大量且集中的雨水流量，有利於雨排水系統中虹吸現象的產生，而順利將雨水導出建築物受雨區域。反觀台灣地區最常見的 R.C 構造平屋頂，往往因為施工不良或是疏於維護，造成洩水坡度破壞，以致於雨水無法順利落入設計的排水位置，形成分散的積水現象，最終在屋面排水不順暢的情形下，使虹吸現象不易產生，而系統排流的性能也就大打折扣了。因此，在平屋頂的設計上，可利用截水溝的功能，使雨水集中排流，如此將使虹吸式雨排水系統可行性增加。

##### (2) 落水頭的位置及性能

由於虹吸式排水管路的排流性能較優，設計屋頂面的數量勢必將會減少，因此在落水頭的設置上則必須能夠平均分配屋頂的受水面積，使雨排水管能平均負荷所設計的排流量，避免造成部分排水管流量負荷過大，使整體排水效能降低。此外，充分瞭解虹吸式落水頭的整流性能，也是掌握整體排水效能重要的因素之一。

##### (3) 雨水立管的後續研究

目前虹吸式排水系統的設計構成，雨排水立管及末端橫管的設計，依然採取重力式排水設計的方式。因此系統前端過於快速的排水流量，是否會造成整體雨排水系統的過份負荷，這是必須加以調整的。此外，因虹吸式落水頭所產生的滿管現象，對於是否會造成雨排水立管的充水率改變，而需改變原有立管及末端橫管的配管數據，這也將是深入研究虹吸式雨排水系統的重要課題。

## 第五章 雨水貯集再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 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與精確計算法

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 2200 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留槽容量分析

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。



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

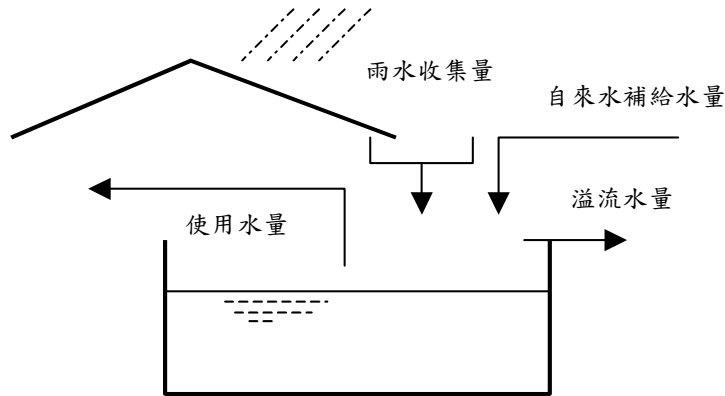
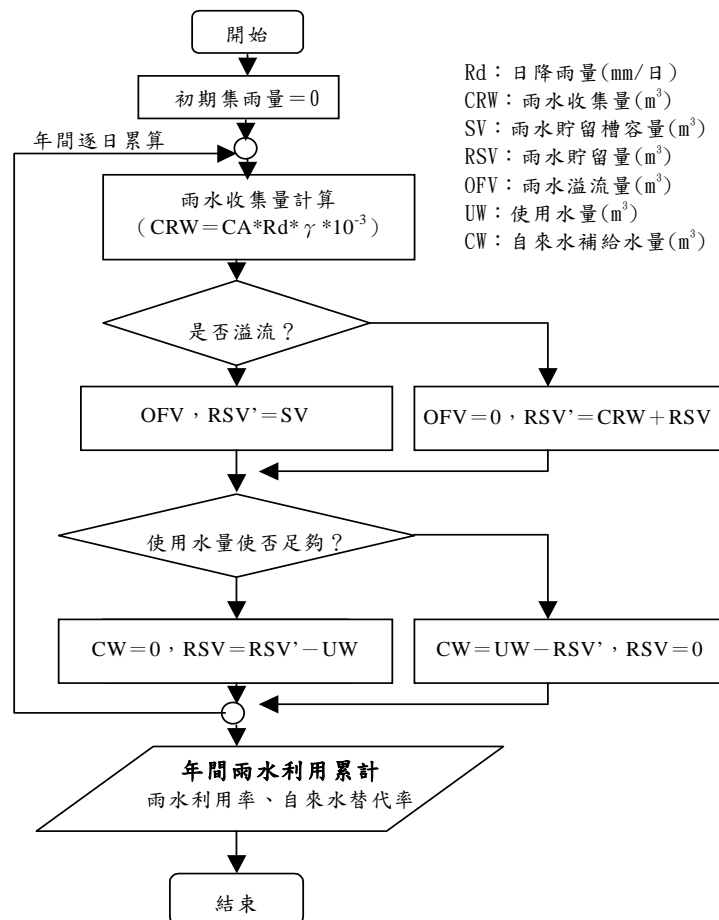


圖 5-1.3 雨水利用模擬計算流程



(1)從逐日降雨量資料  $R_d$  (mm/日) 及集雨面積  $CA(m^2)$ 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  $CRW(m^3)$ 、雨水貯留槽容積  $SV(m^3)$ 及貯留槽貯水量  $RSV(m^3)$ ，求得溢流水量  $OFV$  ( $m^3/日$ )。

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

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

(3)計算當時雨水貯留槽內之貯水量  $RSV'(m^3)$

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

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

(4)由雨水貯留槽貯水量  $RSV'(m^3)$ 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)計算此時雨水貯留槽內之剩餘貯水量  $RSV''(m^3)$ ，

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

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

(6)當日最終雨水貯留槽貯水量  $RSV''(m^3)$ 作為翌日雨水貯留槽貯水量  $RSV(m^3)$ 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  $YRU$  ( $m^3/年$ )、年間雨水收集量  $YRC$  ( $m^3/年$ ) 及年間使用水量  $YTU$  ( $m^3/年$ ) 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：

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

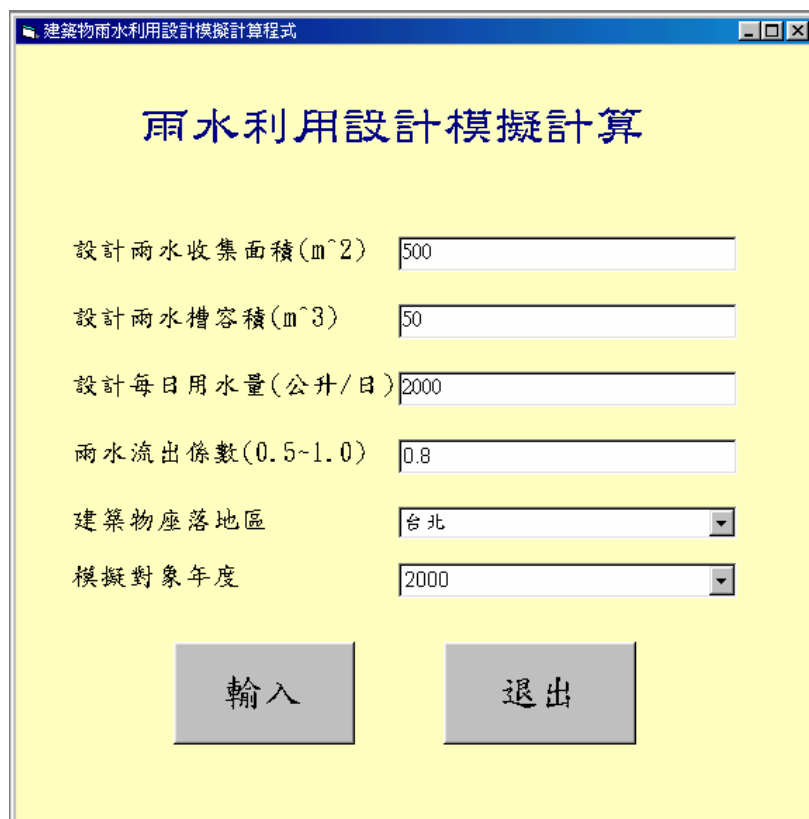
## 2. 建築物雨水利用系統案例操作

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 軟體撰寫電腦計算程式，來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。

假設條件：在台北有兩戶透天別墅，兩戶均有 4 位住戶，每人每日平均用水為 250 公升，屋頂集水面積為 500 平方公尺，貯水槽容量為 50 立方公尺，其雨水利用設計模擬計算如下：

首先，雨水利用設計模擬計算表單中鍵入設計條件，屋頂集水面積為 500 平方公尺，貯水槽容量為 50 立方公尺，設計每日用水量共 2000 公升，地點為台北，模擬對象年度為 2000 年，如圖 5-1.4 所示。

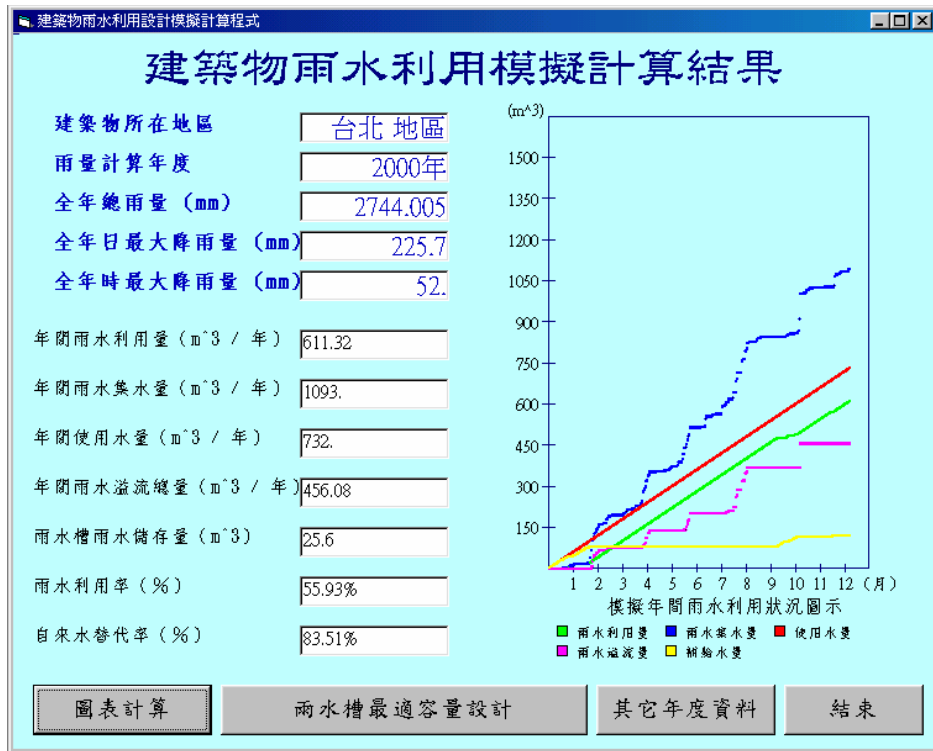
圖 5-1.4 雨水利用設計模擬計算設計條件輸入情形



項目	輸入值
設計雨水收集面積(m <sup>2</sup> )	500
設計雨水槽容積(m <sup>3</sup> )	50
設計每日用水量(公升/日)	2000
雨水流出係數(0.5-1.0)	0.8
建築物座落地區	台北
模擬對象年度	2000

由圖 5-1.5 表單中執行輸入，年總降雨量為 2744mm，年間雨水集水量為 1093 立方公尺、年間使用水量為 732 立方公尺、年間雨水利用量為 611.32 立方公尺、雨水利用率為 55.93%、自來水替代率 83.51%。並顯示模擬年間雨水利用狀況情形。

圖 5-1.5 建築物雨水利用模擬計算結果情形



由圖 5-1.6 表單中執行雨水槽最佳容量設計，建議最佳化雨水槽容量為 87 立方公尺。

圖 5-1.6 最適雨水槽容量設計表單

The screenshot shows a software window titled '建築物雨水利用設計模擬計算程式' (Building Rainwater Utilization Design Simulation Calculation Program). The main title is '最適雨水槽容量設計' (Optimal Rainwater Storage Capacity Design). The interface includes five input fields with the following values: '最適雨水槽容量 (m<sup>3</sup>)' is 87, '總集雨量 (m<sup>3</sup>/年)' is 1093, '雨水利用量 (m<sup>3</sup>/年)' is 652.4, '最大雨水利用率 (%)' is 59.69%, and '自來水替代率 (%)' is 89.37%. Below the input fields are four buttons: '最適容量計算' (Calculate Optimal Capacity), '重新輸入設計' (Re-enter Design), '返回模擬計算表' (Return to Simulation Calculation Table), and '退出' (Exit).

項目	數值
最適雨水槽容量 (m <sup>3</sup> )	87
總集雨量 (m <sup>3</sup> /年)	1093
雨水利用量 (m <sup>3</sup> /年)	652.4
最大雨水利用率 (%)	59.69%
自來水替代率 (%)	89.37%

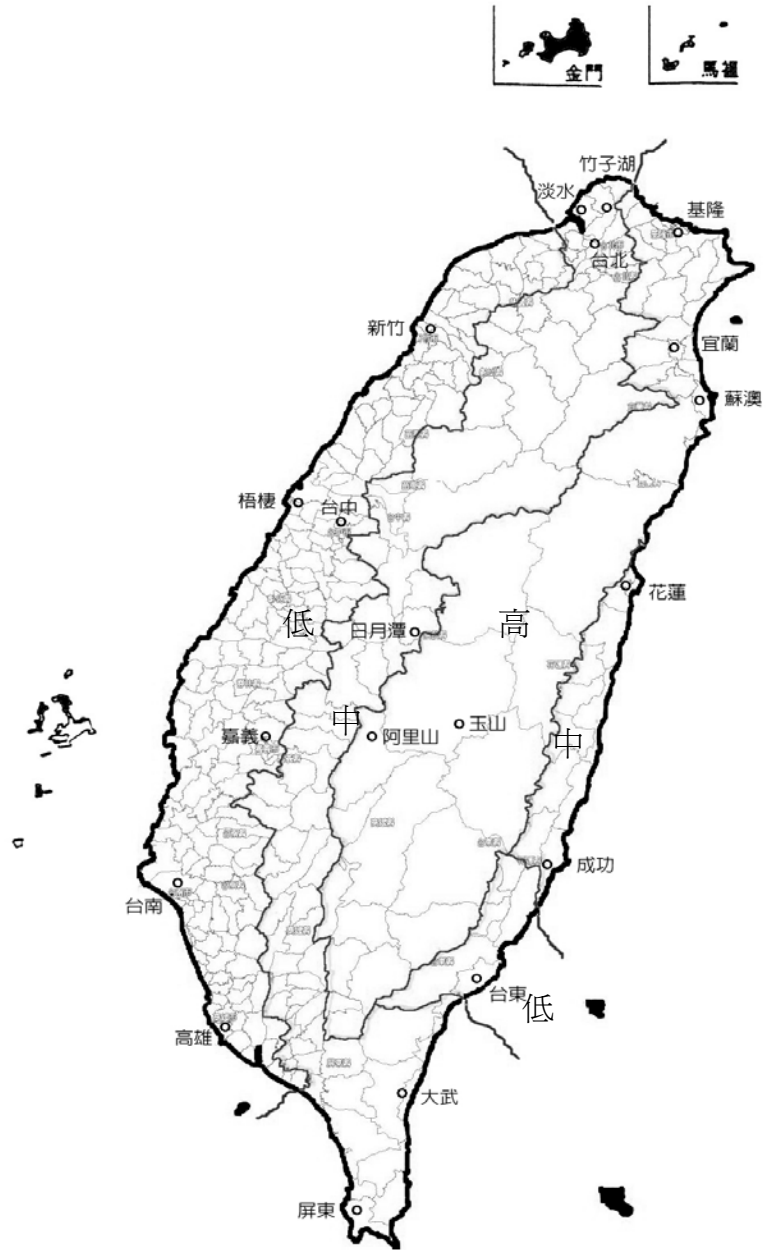
## 第二節 雨水貯集利用試算系統之法制化簡易試算

雨水貯留再利用法制化的原理為依據原理精確算法簡化而來，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。

其中集雨量與所在地的日平均集雨量及集雨面積有關，使用時可以參考氣候（雨量）分區圖（圖 5-2.1）或表 5-2.1、5-2.2、5-2.3 將所在地的相關測站取得後，查表 5-2.4 對應出其雨量分區、日平均雨量、日降雨概率及儲水倍數等資訊。

圖 5-2.1 氣候（雨量）分區圖

雨量分區	代表點（測站）
高(3001mm 以上)	A1 基隆
	A2 宜蘭
	A3 蘇澳
	A4 玉山
	A5 阿里山
	A6 蘭嶼
中 (2001-- 3000mm 以上)	B1 竹子湖
	B2 淡水
	B3 台北
	B4 日月潭
	B5 恆春
	B6 大武
	B7 成功
	B8 花蓮
低(2001mm 以下)	C1 新竹
	C2 梧棲
	C3 台中
	C4 嘉義
	C5 台南
	C6 高雄
	C7 台東
	C8 澎湖



**表 5-2.1 高雨量區（年平均雨量 3001mm 以上）與相對測站表**

地區	行政分區（鄉鎮市）	代表點（測站）	雨量分區
基隆市	仁愛區、信義區、中正區、中山區、安樂區、暖暖區、七堵區	基隆	高
臺北縣	萬里、金山、汐止、石碇、瑞芳、平溪、雙溪、貢寮、坪林		
宜蘭縣	宜蘭、頭城、礁溪、壯圍、員山、羅東、三星、五結、冬山	宜蘭	
宜蘭縣	蘇澳、南澳	蘇澳	
花蓮縣	秀林、萬榮、卓溪		
南投縣	仁愛、信義	玉山	
嘉義縣	阿里山	阿里山	
高雄縣	六龜、桃源、三民、茂林		
屏東縣	三地、霧臺、瑪家、泰武		
台東縣	延平、海端		
台東縣	蘭嶼	蘭嶼	



表 5-2.2 中雨量區（年雨量 2001mm-3001mm 以上）與相對測站表

地區	行政分區（鄉鎮市）	代表點（測站）	雨量分區	
臺北縣	板橋、深坑、新店、烏來、永和、中和、土城、三峽	竹子湖	中	
臺北縣	三重、新莊、泰山、五股、八里、淡水、三芝、石門	淡水		
台北市	中正區、大同區、中山區、松山區、大安區、萬華區、信義區、士林區、北投區、內湖區、南港區、文山區	台北市		
宜蘭縣	大同			
新竹縣	關西、五峰、橫山、尖石			
桃園縣	大溪、復興			
苗栗縣	泰安、卓蘭			
臺中縣	太平、石岡、東勢、和平、新社	日月潭		
南投縣	中寮、國姓、埔里、名間、集集、水里、魚池、竹山、鹿谷			
嘉義縣	番路、梅山、竹崎、中埔、大埔			
雲林縣	古坑			
臺南縣	玉井、楠西、南化、白河、東山			
高雄縣	旗山、美濃、內門、杉林、甲仙	恆春		
屏東縣	屏東、九如、里港、高樹、鹽埔、長治、麟洛、竹田、內埔、潮州、來義、萬巒、崁頂、新埤、南州、枋寮、春日、獅子、車城、牡丹、恆春、滿州、琉球、東沙、南沙			
台東縣	太麻里、金峰、大武、達仁			大武
台東縣	成功、長濱			成功
花蓮縣	豐濱、瑞穗、玉里、富里			
花蓮縣	花蓮、新城、吉安、壽豐、鳳林、光復	花蓮		

表 5-2.3 低雨量區（年平均雨量 2000mm 以下）與相對測站表

地區	行政分區（鄉鎮市）	代表點（測站）	雨量分區
臺北縣	樹林、鶯歌、林口、蘆洲	新竹	低
新竹市	新竹市		
新竹縣	竹北、湖口、新豐、新埔、芎林、寶山、竹東、北埔、峨眉		
桃園縣	中壢、平鎮、龍潭、楊梅、新屋、觀音、桃園、龜山、八德、大園、蘆竹		
苗栗縣	竹南、頭份、三灣、南庄、獅潭、後龍、通霄、苑裡、苗栗、造橋、頭屋、公館、大湖、銅鑼、三義、西湖	梧棲	
臺中市	中區、東區、南區、西區、北區、北屯區、西屯區、南屯區	台中	
臺中縣	大里、霧峰、烏日、豐原、后里、潭子、大雅、神岡、大肚、沙鹿、龍井、梧棲、清水、大甲、外埔、大安		
彰化縣	彰化、芬園、花壇、秀水、鹿港、福興、線西、和美、伸港、員林、社頭、永靖、埔心、溪湖、大村、埔鹽、田中、北斗、田尾、埤頭、溪州、竹塘、二林、大城、芳苑、二水		
南投縣	南投、草屯		
嘉義市	嘉義市	嘉義	
嘉義縣	水上、鹿草、太保、朴子、東石、六腳、新港、民雄、大林、溪口、義竹、布袋		
雲林縣	斗南、大埤、虎尾、土庫、褒忠、東勢、臺西、崙背、麥寮、斗六、林內、莿桐、西螺、二崙、北港、水林、口湖、四湖、元長		
臺南市	中區、東區、南區、西區、北區、安平區、安南區	台南	
臺南縣	永康、歸仁、新化、左鎮、仁德、關廟、龍崎、官田、麻豆、佳里、西港、七股、將軍、學甲、北門、新營、後壁、六甲、下營、柳營、鹽水、善化、大內、山上、新市、安定		
高雄市	新興區、前金區、苓雅區、鹽埕區、鼓山區、旗津區、前鎮區、三民區、楠梓區、小港區、左營區	高雄	
高雄縣	仁武、大社、岡山、路竹、阿蓮、田寮、燕巢、橋頭、梓官、彌陀、永安、湖內、鳳山、大寮、林園、鳥松、大樹、茄萣		
屏東縣	萬丹、林邊、東港、佳冬、新園、枋山		
台東縣	臺東、卑南、鹿野、關山、池上、東河、綠島	台東	
澎湖縣	馬公、西嶼、望安、七美、白沙、湖西	澎湖	
金門縣	金沙、金湖、金寧、金城、烈嶼、烏坵		
連江縣	南竿、北竿、莒光、東引		

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。之後再依據由表 5-2.4 所查得之儲水倍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 5-2.4 台灣各測站測站 10 年之年降雨統計表(1991-2000 年)**

雨量分區	降雨統計項目	代表測站							
高雨量	建築基地參考測站	基隆	宜蘭	蘇澳	玉山	阿里山	蘭嶼		
	日平均雨量(mm/日)	10.16	7.84	12.96	7.57	9.83	8.45		
	日降雨概率(-)	0.534	0.541	0.475	0.355	0.440	0.499		
	儲水倍數 Ns	5.62	5.55	6.32	8.44	6.82	6.02		
中雨量	建築基地參考測站	竹子湖	淡水	台北市	日月潭	恆春	大武	成功	花蓮
	日平均雨量(mm/日)	11.20	5.53	6.59	6.15	5.53	6.27	5.84	5.86
	日降雨概率(-)	0.450	0.339	0.463	0.427	0.296	0.299	0.331	0.400
	儲水倍數 Ns	6.66	8.84	6.48	7.02	10.12	10.02	9.06	7.49
低雨量	建築基地參考測站	新竹	梧棲	台中	嘉義	台南	高雄	台東	澎湖
	日平均雨量(mm/日)	4.37	3.39	4.45	4.68	4.67	5.06	4.95	2.42
	日降雨概率(-)	0.315	0.198	0.312	0.273	0.233	0.251	0.330	0.235
	儲水倍數 Ns	9.53	15.15	9.63	10.97	12.87	11.94	9.10	12.78

資料來源：中央氣象局（單位：mm）

## 1. 雨水再利用計算方法

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  $W_t$ （若為住宅類或其他類可用表 5-2.5 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. 查圖 5.2.1 (氣候(雨量)分區圖) 確認基地所在位置之代表測站。並將其所得測站對應至表 5-2.4, 查得雨量分區、日平均雨量  $R$ 、日降雨概率  $P$  及儲水倍數  $N_s$  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。住宅類建築可依表 5-2.5 計算, 其他建築物類別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 5-2.5 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。

表 5-2.5 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	----	----	$Wt = 250 \text{ 公升/ (人} \cdot \text{日)} \times 4.0 \text{ (人/戶)} \times Nf$ ，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。			

本研究根據上述步驟，利用計算機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. 雨水再利用案例操作計算

依據雨水再利用計算步驟，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

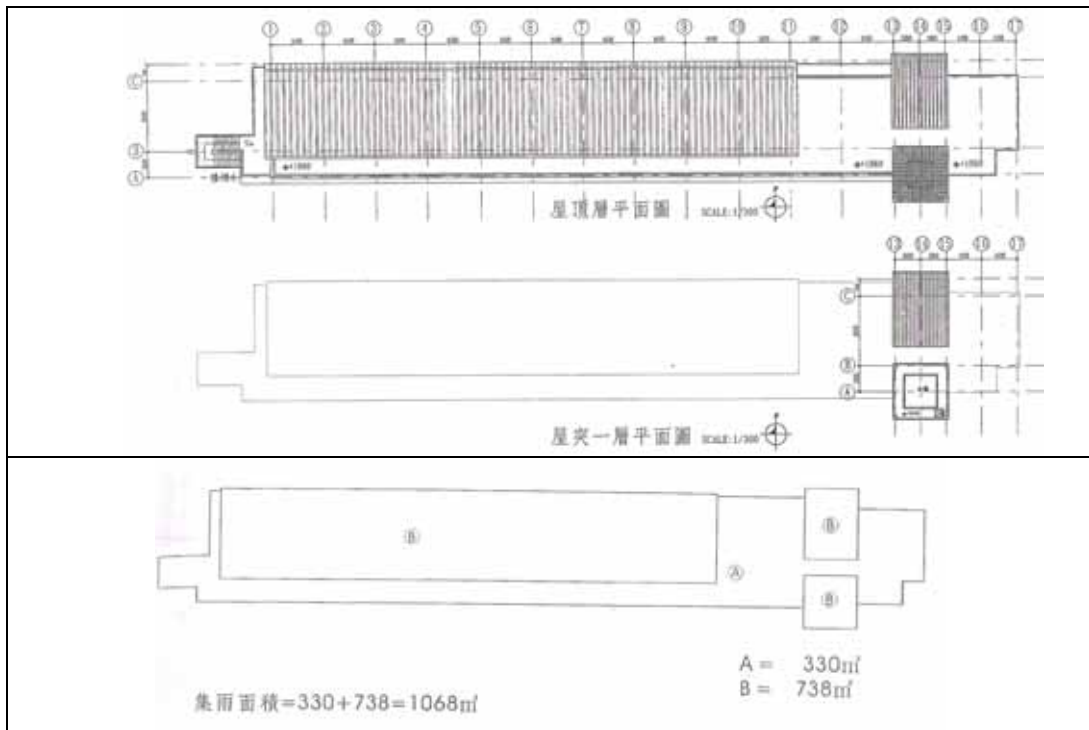
#### a. 基地設計概要說明：

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%。

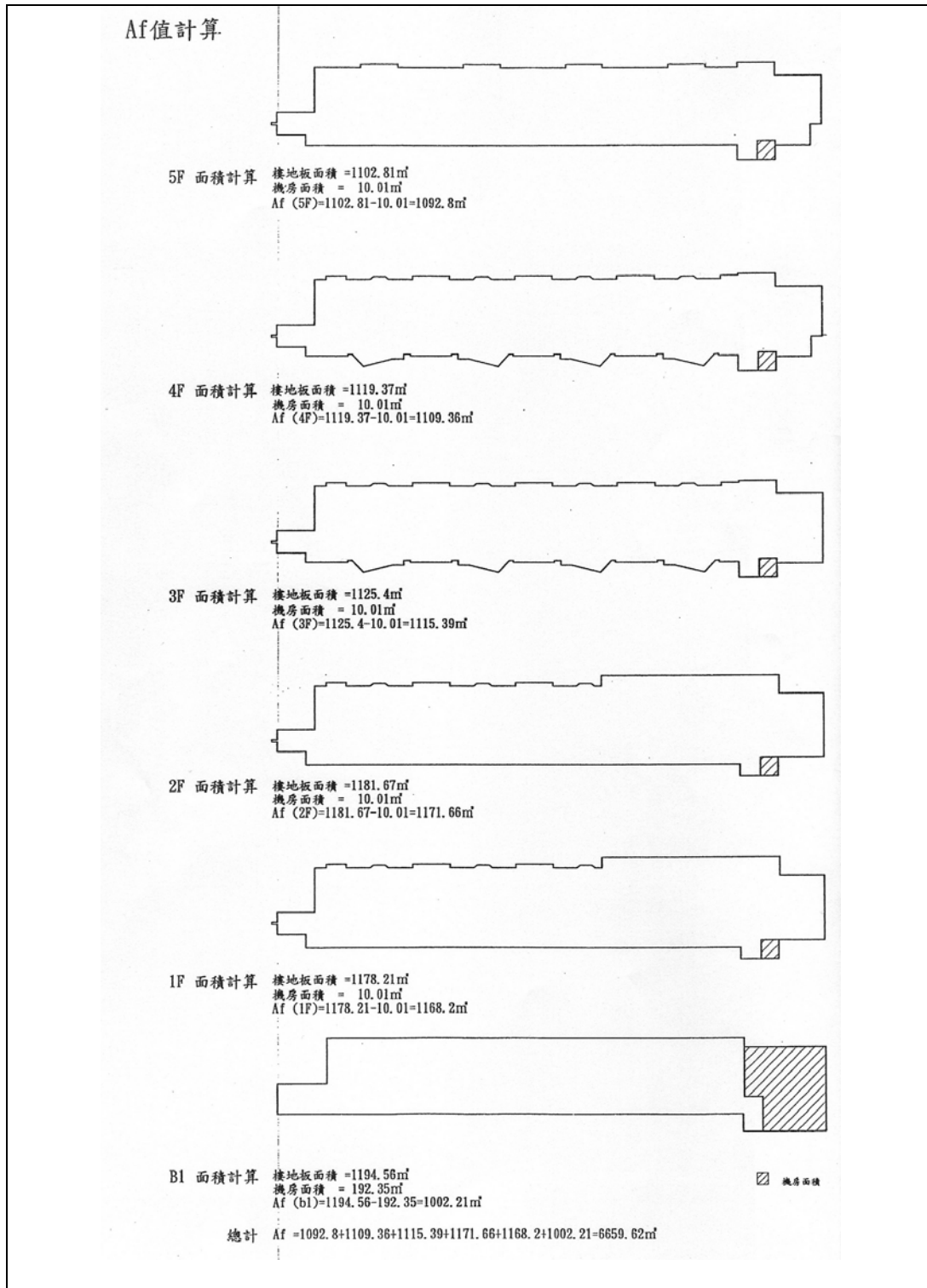
#### b. 各層平面圖：

(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。



(b) 標準層平面圖，計算居室之總樓地板面積 Af：

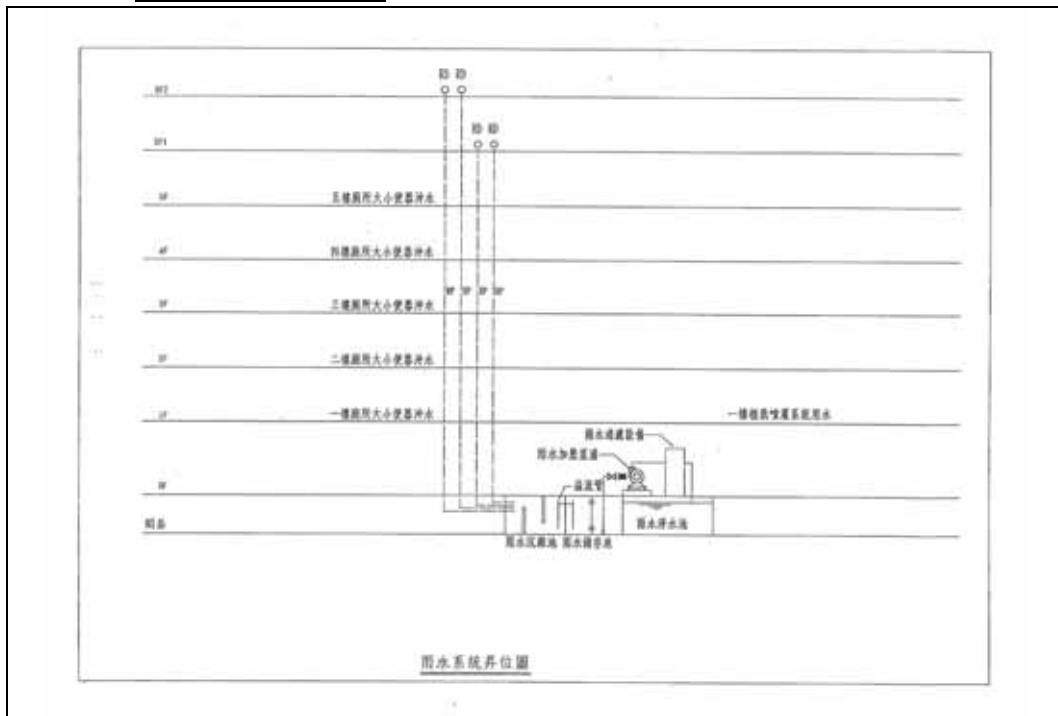




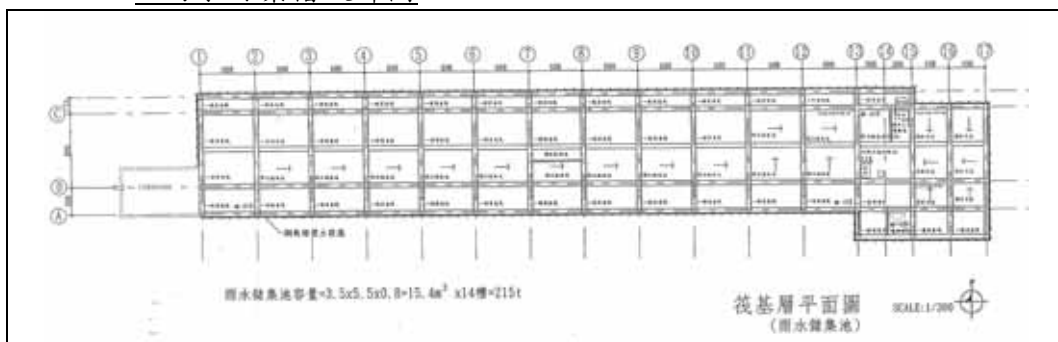
## 第五章 雨水貯集再利用電腦化試算系統

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：



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)

$700 \times 3.785 = 2649.5$  (公升)

$2649.5 / 1000 = 2.65$  (公噸)

一日設計水量：2.65 公噸

另利用雨水貯集系統供給一樓部分沖廁使用，共計：

$15\text{t}$  (全幢總用水量)  $\times 0.5$  (使用量為一半) =  $7.5\text{t}$

預計提供 10 日澆灌及 5 日沖廁，合計

$2.65 \times 10 + 7.5 \times 5 = 64\text{t} < 215\text{t}$  (實設)

STEP 2. 查圖表獲取相關資訊

查表 5-2.2 採用台北市之測站及表 5-2.4 得知日平均降雨量為 6.59 (mm/日)、日降雨概率 0.463、儲水倍數  $N_s$  為 6.48。

STEP 3. 計算雨水利用日設計量  $W_d$

$$W_d = \sum R_i$$

$$W_d = 2650 \text{ 公升/日 (噴灌系統用)} + 7500 \text{ 公升/日 (沖廁用)}$$

$$= 10150 \text{ 公升/日} = 10.15 \text{ 公噸}$$

STEP 4. 推算自來水替代水量  $W_s$

$$\text{日集雨量 } W_r = 6.59 \times 1068 \times 0.463 = 3258.65 \text{ 公升/日}$$

比較  $W_d$  與  $W_r$ ，並取其小值當為  $W_s$

$$\text{則 } W_s = 3258.65 \text{ 公升/日}$$

STEP 5. 確定建築類別總用水量  $W_t$

根據表 5-2.5 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 <sup>2</sup> 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  $W_s = 3258.65$  公升/日

以及 STEP 5 所確定之  $W_t = 66596.2$  公升/日

求得  $R_c = W_s / W_t = 3258.65 / 66596.2 = 0.049 = 4.9\% \geq 4\%$

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 215t，則雨水貯集槽容量

$V_s = 215$  公噸 > 標準值  $N_s \times W_s = 6.48 \times 3258.65 = 211.6$  公噸

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「合格」，而在雨水貯集槽設計量部分亦評定為「合格」。

3. 雨水再利用案例操作

依據上述計算以及判斷，利用所編寫成之電子化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。

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「學校行政及教學樓」，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帶入評估計算。再來是由使用者依據圖 5-2.1 及表 5-2.2 查出位於桃園大溪基地的「對應測站」為台北市，以下拉式選單直接選取 22 個測站中的「台北市」，之後將「集雨面積」按照實際的集雨面積（屋頂平面、立面的 30% 或各項可收集雨水的面積）加總填入集雨面積的表單中。然後將整個建築物內的「居室空間」按照各層平面圖予以計算並填入表單中，其值為 6659.62 m<sup>2</sup>，因其非住宅建築，因此只需填入居室空間即可。最後根據案例的設計，將「替代用水量」及「貯集槽容量」按照實際的替代用水器具數及其所需水量計算其替代設計水量與設計雨水貯集槽容量（可先行評估約五日以上的雨水替代設計水量當為其設計量）值填入替代用水量及雨水貯集槽容量的表單中，如圖 5-2.2 所示。待全部資料都填入後，按下表單左下角的（填妥並送出），將資料予以交付電腦計算。

圖 5-2.2 簡易試算系統資料填入表單範例



當按下（填妥並送出）鍵後出現圖 5-2.3 的畫面，此時即按下（試算並判斷），則可把所有的結果列出。其內共出現三個區域，左上為「基本資



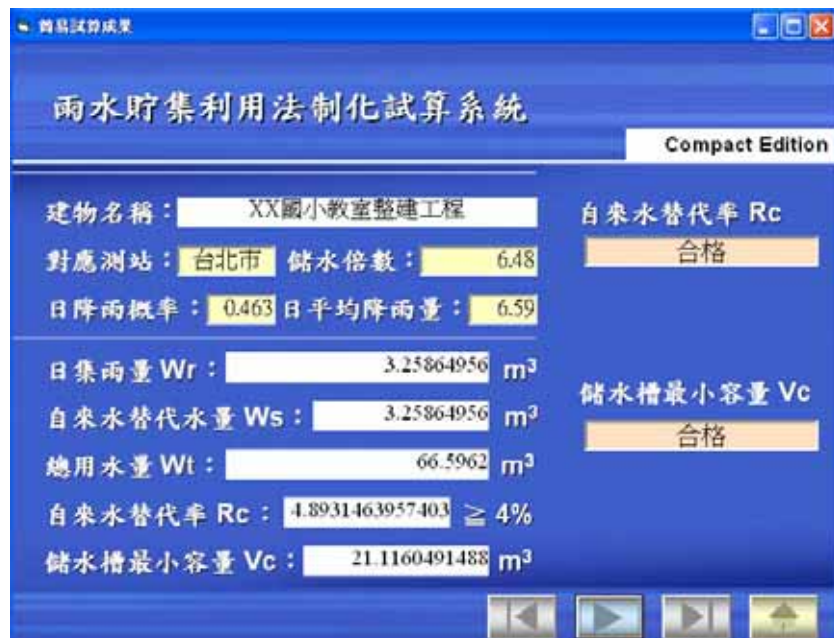
料區」、左下為「試算結果區」，而右邊即為「合格判斷區」。基本資料區內的資料為呼叫程式資料庫內的測站內容所得，用以計算不同位置所能取得的雨水量與最小貯水量。計算結果區內的日集雨量是依據集雨面積計算而得，而自來水替代水量則是判斷集雨量與設計水量後的較小值，總用水量則依據不同建築用途的單位面積用水比例，乘上居室面積後的總用水量而得。最後再計算替代水量與總用水量的比值，作為判斷自來水替代率，若大於 4%則在合格判斷區內呈現「合格」，反之則呈為「不合格」。另外依據儲水倍數與替代水量的乘積，計算出除水槽的最小容量，若設計貯集槽容量大於儲集槽容量，則亦會在合格判斷區內呈現「合格」，反之亦呈為「不合格」。如果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設計貯集量，之後再按下 ，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 5-2.3 簡易試算系統計算結果呈現表單



簡易試算結果

雨水貯集利用法制化試算系統  
Compact Edition

建物名稱：	XX 國小教室整建工程	自來水替代率 Rc	合格
對應測站：	台北市	儲水倍數：	6.48
日降雨概率：	0.463	日平均降雨量：	6.59
日集雨量 $W_r$ ：	3.25864956 $m^3$	儲水槽最小容量 $V_c$	合格
自來水替代水量 $W_s$ ：	3.25864956 $m^3$		
總用水量 $W_t$ ：	66.5962 $m^3$		
自來水替代率 Rc：	4.8931463957403 $\geq 4\%$		
儲水槽最小容量 $V_c$ ：	21.1160491488 $m^3$		

Navigation buttons:    

利用電子化程式計算及判斷的結果如圖 5-2.3 所示，其整個內容之成果，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。

## 第六章 結論與建議

### 第一節 結論

本年度研究主要針對雨水貯集利用進行設計技術規範與法制化工作，工作內容包含雨水貯集利用模擬研究、研擬雨水貯集利用施工與維護管理規範、既有建築雨水排水再利用可行性、區域型雨水貯集利用模式、雨水貯集利用電腦輔助設計套裝軟體初步建立與修改建築技術規則進行下階段雨水貯集利用法制化等，茲將本年度之成果歸納整理如下：

#### 1. 雨水貯集利用法制化降雨類型分區

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；本研究以台灣地區為研究對象，就各區域不同之降雨量與降雨型態，探討了影響雨水貯集系統設計之因素，建立區域性需水量、貯蓄容量與區域平均降雨量之關係與供水率的相關性；並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. 既有建築雨水排水系統調查

目前建築物導入雨水貯集利用系統，大多是建築物興建時即有採用，或

是後續新設獨立雨水利用系統，初期投入成本耗費較高，若能就現有之建築物屋頂雨排水系統就地改善，再經由簡單過濾設備與貯集槽，利用最少成本投入，取代日常雜用水，將可大幅地提升採用意願。

延續去年度既有建築雨排水系統的調查，本研究持續針對台北市既有建築物雨排水系統細部，進行構件現況調查與常見問題分類；其結果導向乃是後續導入雨水貯集系統的可行性，與現行屋頂雨水排水系統設計及管理維護相關問題，後續可列入雨水排水系統設計考量。

### 3. 雨排水系統再利用設計方法

探討建築物雨水再利用，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。

本研究將既有的雨排水系統分為兩個部分：其一，雨排水的設計方法論，針對目前台灣地區雨排水設計現況，工程師依據的理論基礎及實務應用方式，加以檢討；其二，在上述的理論基礎架構下，設計者施作後所呈現出的設備及構成現況；最後並探討新式虹吸式雨排水系統與傳統重力式排水系統的差異性與優缺點。

### 4. 雨水貯集再利用電腦試算系統初步完成

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，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；目前軟體已完成初步架構，主要分為精確計算與簡易試算兩系統，俟後續運作，再行修正與除錯。

## 5. 研擬雨水貯集利用設計技術與維護管理規範

本研究依據建立之雨水貯集利用容量計算參考數據及設計模式，將區域水、地文條件、建築物類型等因素也納入考慮之中，研擬「雨水貯集利用」設計技術規範，將雨水貯集利用設計流程、方式予以標準化；並針對其實際運用正確的施工方法、施工程序、施工管理與完工後之維護管理，本計畫將進一步研擬雨水貯集利用施工與維護管理規範。

## 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，並初步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

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：研擬「雨水貯集利用」設計技術規範與法制化工作

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。

## 附錄一 審查會議紀錄集處理情形

### 一、期初審查會議紀錄及處理情形

時間：94年1月27日（星期四）上午9時30分

地點：內政部建研所會議室

主持人：蕭所長江碧

出席人員：行政院經濟建設委員會林組長之瑛、台北市政府何技士家偉、何明錦副所長、陳弘凸副總工程司、張副總經理荻薇、廖副總經理文水、陳組長瑞玲、徐副研究員虎嘯、歐陽教授嶠暉、林教授憲德、林教授志棟、廖教授朝軒、歐文生先生、蔡耀隆先生、高嘉隆先生、施乃元先生、羅時麒先生、吳政松先生。

評審意見	處理情形
1.鑑於本研究案為延續性之四年計畫，為支持研究成果具體可行，建議增列「成本效益分析」。	感謝指導，將納入後續工作內容。
2.針對區域及建築類別的雨水利用率與自來水替代率評估分析，為何不直接採用第二年所建置的聚類分析法予以分析？請說明。	感謝指導，目前已改正為聚類分析法分區，將於期末提出成果。
3.針對雨水貯集計畫第三年，區域雨水貯集利用工作部份，請參考經濟部水利署目前同樣委託台灣雨水利用協會進行的離島地區雨水利用整體規劃成果，俾能配合推動。	將納入考慮。
4.台灣的降雨量會隨著季節、時間及地點等而有顯著差異，因此雨量的不確定性，將會影響貯水槽的容量大小，此外「雨水貯集」與「雨水利用」兩者的目標並不完全一致，因	將納入考慮。

此如何在規範中妥適的規定，將為本案後續研究的重點。	
5.有關雨水收集方式部份，應將對結構安全影響納入考量（如設置於屋頂將會對建築結構的耐震產生不良影響），此外對於年使用率以及管理與衛生上等之利弊，亦請加以分析檢討。	將納入後續工作內容。
6.至於雨水貯集設計部分，建議應先收集國內現行各系統的設計及使用狀況，以作為本案未來法制化的參考。	將納入後續工作內容，目前已著手進行。
7.基於衛生安全考量，建議雨水貯留應僅以屋頂雨水為收集對象。	遵照辦理，將納入考慮。
8.對於部分已設置有污水收集系統之社區、學校及工廠等地區，不宜再要求設置雨水回收系統，以免增加使用者的投資成本。	將納入考慮。
9.在雨水貯集計畫中提到未來將建置區域性容量，並進行電腦模擬應用，如何模擬？請補充說明。同時建議本案應製作相關建築模型，並將相關設計規範落實於模型中，藉由模型展示達到推廣目的。	遵照辦理，將納入考慮。

二、期中審查會議紀錄及處理情形

時間：94年7月12日（星期二）上午9時30分

地點：內政部建研所會議室

評審意見	處理情形
<p>1.國內對於建築基地保水滲透及貯集相關技術，長期以來均缺乏本土實驗數據及案例調查，以支持理論及公式推導驗證。本計畫是很好的開始與延續，更有利於研訂設計規範等法制化作業及推廣應用。</p>	<p>感謝評審指導。</p>
<p>2.設計規範之計算公式應簡化，資料庫建置應完備，施工準則建議多採圖示標明及量化敘述，俟草案研訂完成後，宜請建築師就現行建築技術規則綠建築專章基地保水條文規定，應納入實施範圍之學校、山坡地建築等各種基地及建築規模之實際案例試算，作為後續修正之依據，並編輯完成電腦計算程式推廣，俾供業界廣泛採行應用。</p>	<p>感謝評審指導，將納入後續工作考慮。</p>
<p>3.本案對於既有建築物導入雨水貯集之實況調查與問題分析相當透徹，但在各種問題未能有效解決前，對於建築基地之保水貯集，宜採鼓勵方式，並提供技術規範供依循，不宜貿然採強制性的法制化方式進行。</p>	<p>感謝評審指導，將會針對該問題持續進行探討，並考慮其推動方式。</p>
<p>4.雨水貯集利用模式不宜採屋頂加蓋儲槽方式，因此舉將易導致地震災害，可能未蒙其利先受其害。</p>	<p>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。</p>

<p>5.有關雨水貯集利用計畫部分，由於中南部豐枯季差異甚大，建議不能採用年雨量作為推估貯留量之依據。同時應考慮降雨初期PH偏低，長期利用恐會造成貯集桶腐蝕之問題。</p>	<p>本研究並非單獨以年雨量為貯留量設置依據，亦考慮降雨型態，經由長期雨量資料計算後，始獲得容量設計數據；至於水質問題，考慮將納入後續工作內容。</p>
<p>6.台北市每月降雨日數在13天以上，連續不降雨日數約為7天，因此最近台北信義特定區數棟三十層開發案，皆透過環評要求收集一星期的雨水澆灌量，並將其貯存於筏基內，而澆灌量係採綠地面積蒸發量予以評估。</p>	<p>感謝評審指導。</p>
<p>7.由於建築基地保水技術眾多，除相關工法、資料之收集建立外，鋪設後之維護管理，以及施工方式，將直接影響未來之效益，因此如何有效延長使用壽命，降低維護及建造成本，請研究單位在未來的設計規範及維護管理手冊中訂定，以利未來推廣應用之參考。</p>	<p>感謝評審指導，將納入後續工作考慮。</p>
<p>8.本案訂定相關保水技術規範確有其必要，但相關之結構及設施安全等也應納入評估，同時請研究單位針對「雨水貯集」及「人工濕地」等尚未法制化部分，儘速進行相關可行性評估分析，以利未來政府相關單位訂定之參考。</p>	<p>感謝評審指導，將納入後續工作內容。</p>

三、期末審查會議紀錄及處理情形

時間：94 年 11 月 16 日（星期三）上午 9 時 30 分

地點：內政部建研所會議室

評審意見	處理情形
<p>1.本案對於台灣地區降雨資料之研析，與既有建築物排水方式之現況調查等，相當詳盡，值得肯定。此外雨水貯集對於水資源利用與防災等，具有相當正面的意義，值得政府進一步推廣應用。</p>	<p>感謝評審指導。</p>
<p>2.近年來台灣地區之降雨分佈與降雨強度等變化激烈，因此本案以年平均降雨量作為降雨分區及容量設計之依據，是否妥適？宜請研究單位進一步考量探討。</p>	<p>本案乃是以台灣地區 385 個雨量站 40 年旬雨量數據為計算基準，對於近年來變動激烈之降雨現象，將納入後續工作考量。</p>
<p>3.既有建築物之貯集槽在設置時應審慎，因這除將影響原結構之載重負荷外，對於結構物的耐震強度也將會產生不利之影響。</p>	<p>感謝評審指導，將納入後續工作考慮。</p>
<p>4.由於逐時雨量可提供較精確的降雨量評估，但這部分在估算時也較為繁複，因此建議可考量以係數修正方式將其納入評估系統。此外針對降雨在空間分佈不均的情況，建議可在區域分佈上進一步予以細分來克服。同時近年台灣地區年降雨變化相當大，因此為精確計算雨水的貯集利用率，建議本案應採歷年年雨量來進行模擬，或許較能符合實際需求。</p>	<p>在區域上進行過度細分，對於後續執行上，可能會造成過於繁複之疑慮，但對於該問題，本研究團隊理應提出合理適當之修正係數，將納入後續工作考慮。</p>

<p>5.本案針對既有建築物的雨排水系統再利用部分，建議應進行相關的成本效益分析，同時建立相關標準設計模式，甚至應針對不同建築類型提供相關規劃、設計及簡單施工準則，方可達到推廣目的。另外也應針對不適用雨水貯集利用地區建立相關評估準則，甚至並不鼓勵這些地區使用雨水，以免造成推廣上的盲點。</p>	<p>感謝評審指導，將納入下年度工作項目。</p>
<p>6.本案針對部分原訂工作內容，如：既有雨水設施的驗證及於國際研討會中發表成果等事項，並未列入報告中，請於成果報告中補充說明。</p>	<p>已補入期末成果報告。</p>
<p>7.由都市防災觀點，替代的緊急消防用水也是非常重要且容易被大家所忽略的，因此未來如何在建築基地或公共場所（如：公園）貯集雨水，平時除可兼作景觀水池外，在緊急災難發生時可作為消防或急難用水，亦即將雨水貯集系統與都市防災體系結合，或許較能擴大雨水利用之功效。</p>	<p>感謝評審指導，將納入後續工作考慮。</p>
<p>8.在基地設置雨水利用系統時，除了容量設計考量外，建議未來應加強水質管理，尤其是初期降雨之設計策略。</p>	<p>感謝評審指導，將納入後續工作考慮。</p>
<p>9.本案目前建立之試算系統是否能與現行的綠建築指標試算系統相結合？同時未來如何進行更新？請補充說明。</p>	<p>本案目前所建立之試算系統，乃是以綠建築指標試算系統為基礎，但是降雨型態分類從取點的方式變成雨量分區，但應無衝突之處。</p>



附錄一 審查會議紀錄集處理情形

<p>10.有關本案針對降雨分區所採用的分區聚類原則為何？請於報告書中補充說明，此外應將本計畫所提出的分區規劃圖與等雨量線相套疊，以供設計者規劃參考。</p>	<p>已補入期末成果報告。</p>
<p>11.本案將全台灣地區分為高中低雨量區，並提出建議貯水天數，原則應已可符合法制化需求。另若考量相關設計軟體之應用時，再進一步細分，或許能有效提供設計所需。</p>	<p>感謝評審指導，將納入後續工作考慮。</p>

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：研擬「雨水貯集利用」設計技術規範與法制化工作

## 附錄二 國際會議發表成果

# **Sustainable approach of existed building rainwater system from drainage to harvesting in Taiwan**

**M.C. Liao, Mr. (1), C.L. Cheng, Dr. (2), J.W. Ding, Mr. (3)**

(1) D9213109@mail.ntust.edu.tw

(2) CCL@mail.ntust.edu.tw

(1)(2)(3) National Taiwan University of Science and Technology, Department of Architecture, 43 Keelung Road Sec.4, Taipei, Taiwan, R.O.C.

### **Abstract**

This research focuses on reuse mechanism of rainwater drainage system in existing building of Taiwan. The current design methodology of roof construction for rainwater plumbing system would be reviewed. We set up a framework of design process in rainwater plumbing system, critical factors including financial and technical issues must be under consideration. Furthermore, in succession to the investigation of existing buildings last year, those cases would be applied to demonstrate the rationality of this framework. The critical aspect was how to integrate present rainwater plumbing system, and transferred to rainwater harvesting system. Finally, this paper would rearrange design methodology of rainwater plumbing system and also perform a case study as the verification.

### **Keywords**

Rainwater use, water conservation, sustainable approach, evaluation system.

## 1. Introduction

Due to the precipitation distributed unequally in time and space, water resource had become embarrassing problems in Taiwan in recent years. Besides droughts and floods, over-developing the hill areas gave rise to cutting down operating efficiency and period of the reservoirs. These water shortages have resulted in an anxious public consciousness to existing water supplies and created an economic barrier to development. Consequently, it is clear that alternative water resources must be investigated to alleviate the water shortage problem in urban areas. Rainwater use as a supplement to the potable water supply in Taiwan has been demonstrated a practical and promising alternative where traditional groundwater or surface water is limited.

Key concepts of rainwater utilization would be dispersing the risk of water shortages. The operating mechanism of rainwater harvesting system could be like mounts of small reservoirs distributed in urban areas. They could diminish the damage in urban floods, and supply parts of substitute daily water when lower precipitation. (Figure 1)

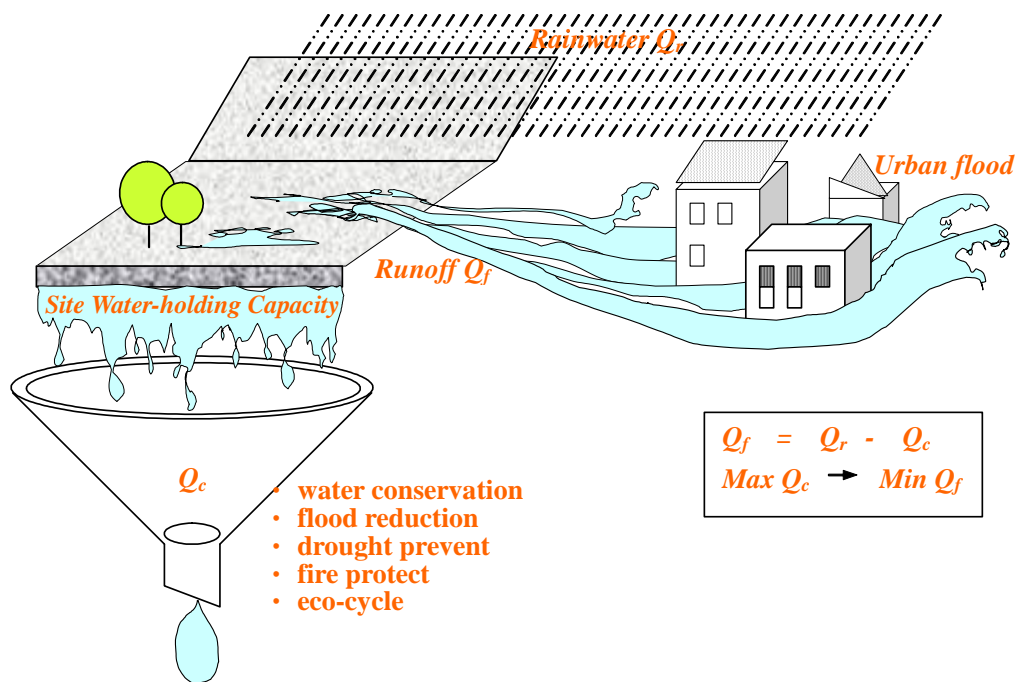


Figure 1 - Rainwater utilization conception chart

## **2 Modes of rooftop rainwater harvesting system**

### **2.1 Description of study object**

A new rainwater use guideline that had been linked to building code offers an easy approach to the evaluation of water conservation and a rainwater use system for architectural planning in Taiwan currently. However, these rainwater use system guideline mostly were conducted for new constructions and rare to mention about the large number of existing buildings. It is noteworthy that setting rainwater harvesting system in existing buildings.

The existing buildings are the majority object of constructions, which occupy more than 98% of the constructions in Taiwan. The total efficiency of rainwater utilization in existing buildings would be much better than in new constructions. There might be rainwater drainage piping system in existing buildings presently. It could be applied to rainwater utilization system partly, and lower the budget for setting. As the circumstance observation of practical problems about maintenance, many roof drainage gutters suffer plugged in our previous investigation. We have to check up the rainwater drainage system and maintain steadily if we want to set rainwater utilization system.

However, there were several limited factors concerned. First one is the original roof drainage systems, which are including collecting area, plumbing piping, collection installations, driving out and etc. Accordingly, we need adequate space for the facilities like storage tank, settling tank, filter tank, and the additional facilities. The other issues that we also need to consider are including delivery piping system, long-term water-saving efficiency and the financial supporting. Furthermore, the existing structure system must to be verified for affording the additional load of rainwater use system.

### **2.2 Modes conception**

Large divergence in main concepts was between roof drainage system and rainwater utilization system. Diving out rainwater dropping on the roof rapidly was the critical function of roof drainage system. On the contrary, rainwater utilization system tended to collect rainwater and transfer to substitute water use, like toilet flushing, washing,

irrigation, and etc. To clarify the rainwater harvesting system, it could classify into four categories, collecting area, plumbing piping, diving out, and utilization. (Figure 2)

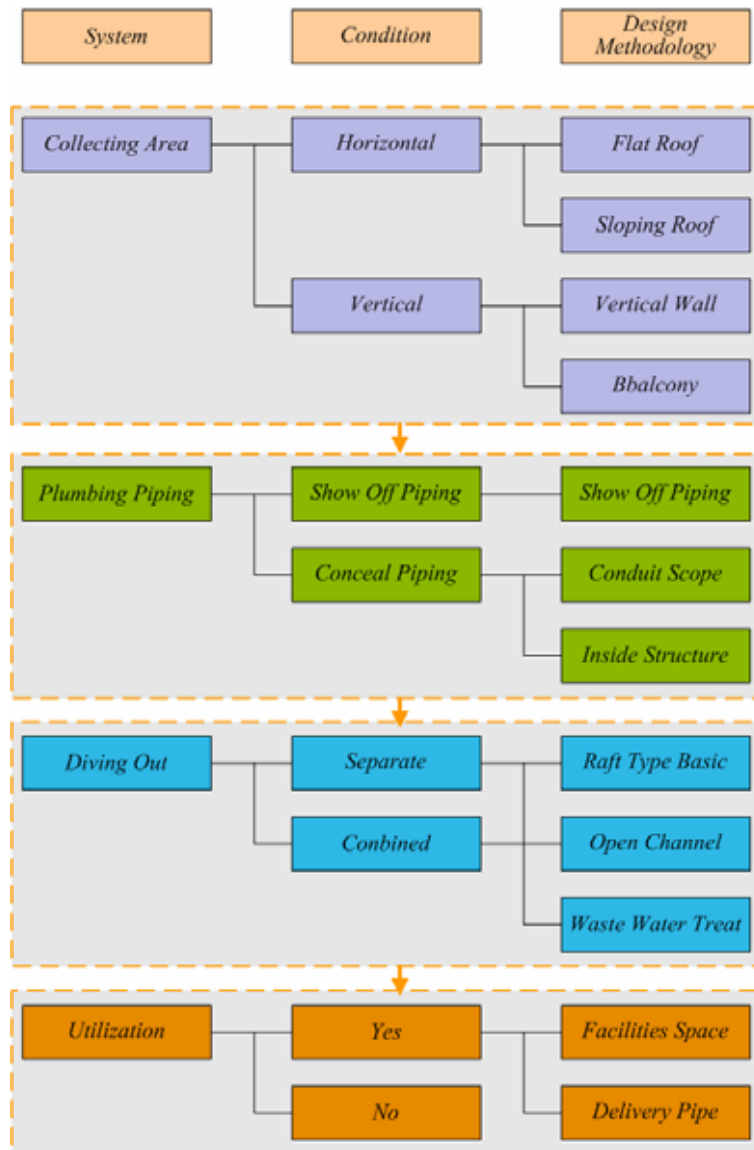


Figure 2 - Rainwater harvesting system classification

Figure 3 shows the typical type of water supply and roof drainage system in buildings. There were two separate systems. Water supply system delivers clean water for all purposes, like kitchen, bathing, drinking, flushing, and etc. Roof drainage system was conducted into common sewer with waste water.

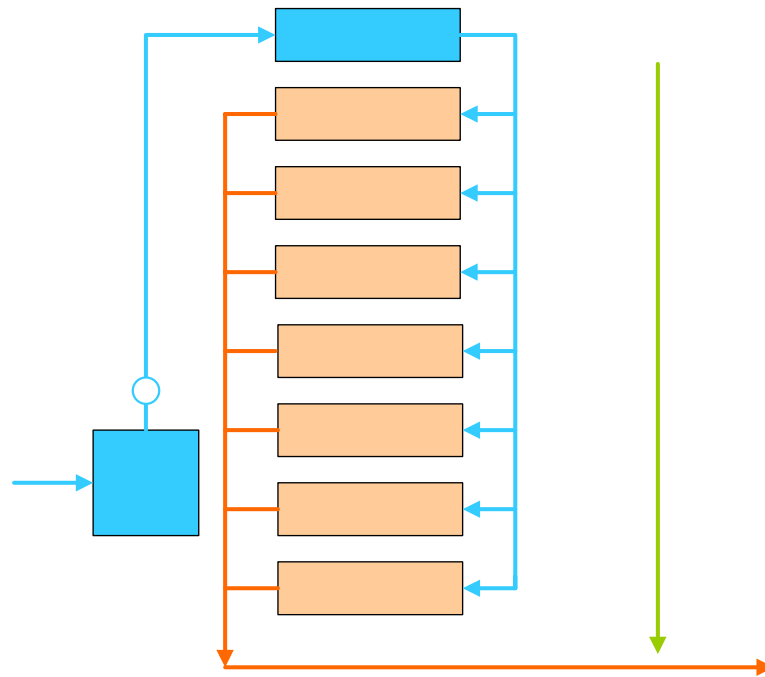


Figure 3 - Typical type of water supply and roof drainage system

Figure 4 shows rainwater utilization system type I. After collecting, settling, and filtering, rainwater was delivered to high level rainwater tank for substitute water use. It would supply clean water if rainwater was used up. It must be noted the security of structure system.

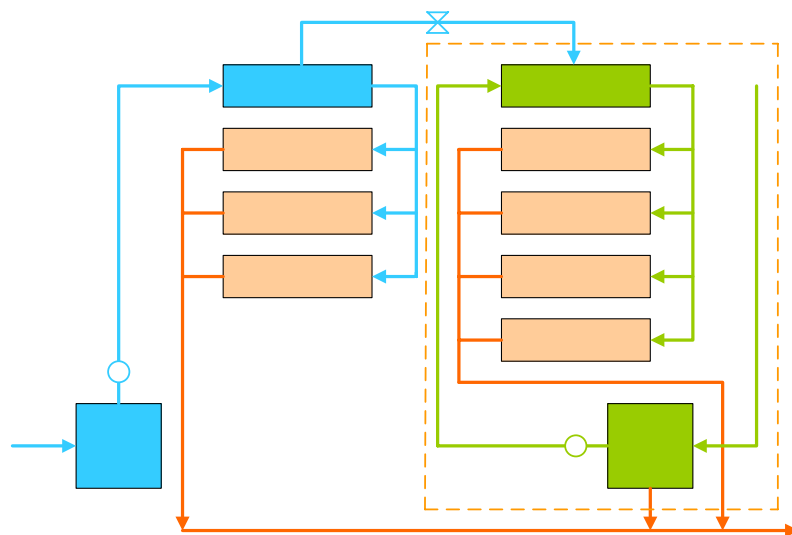


Figure 4 - Rainwater utilization system type I

Figure 5 shows rainwater utilization system type II. After collecting, settling, and

filtering, rainwater was delivered to small feed tanks in every residence unit for substitute water use. Similarly, it would supply clean water if rainwater was used up.

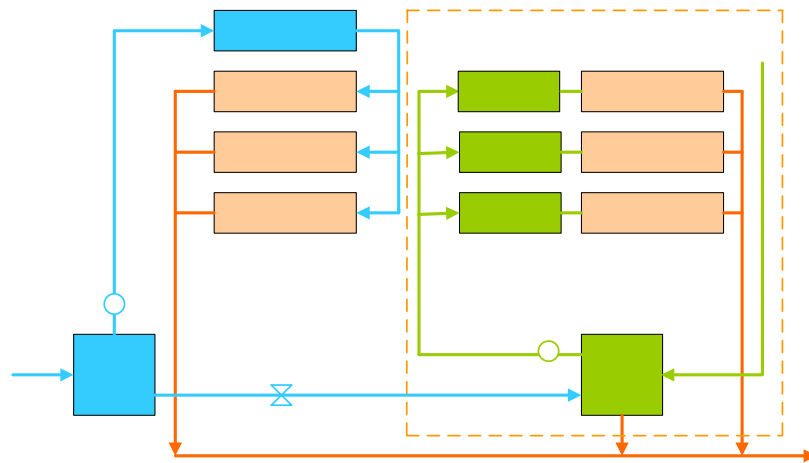


Figure 5 - Rainwater utilization system type II

Figure 6 shows rainwater utilization system type III. Rainwater was delivered immediately to feed tanks in every residence unit, so it wouldn't have to set rainwater storage tank in underground floor. Taking account of the security of structure system, the capacity of feed tank was suggested under 500 L.

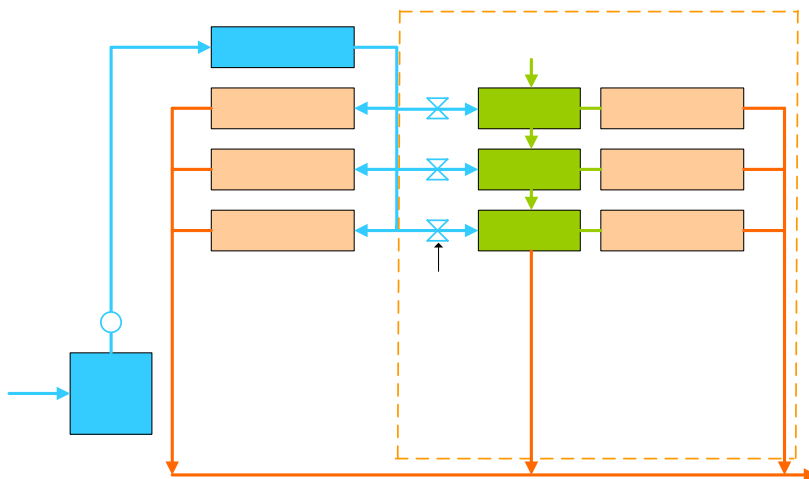


Figure 6 - Rainwater utilization system type III

Basing on the three types, we tried to offer 5 practical modes of rainwater utilization in existing buildings. They could be applied reasonably in accordance with situations and requirements. (Figure 7)



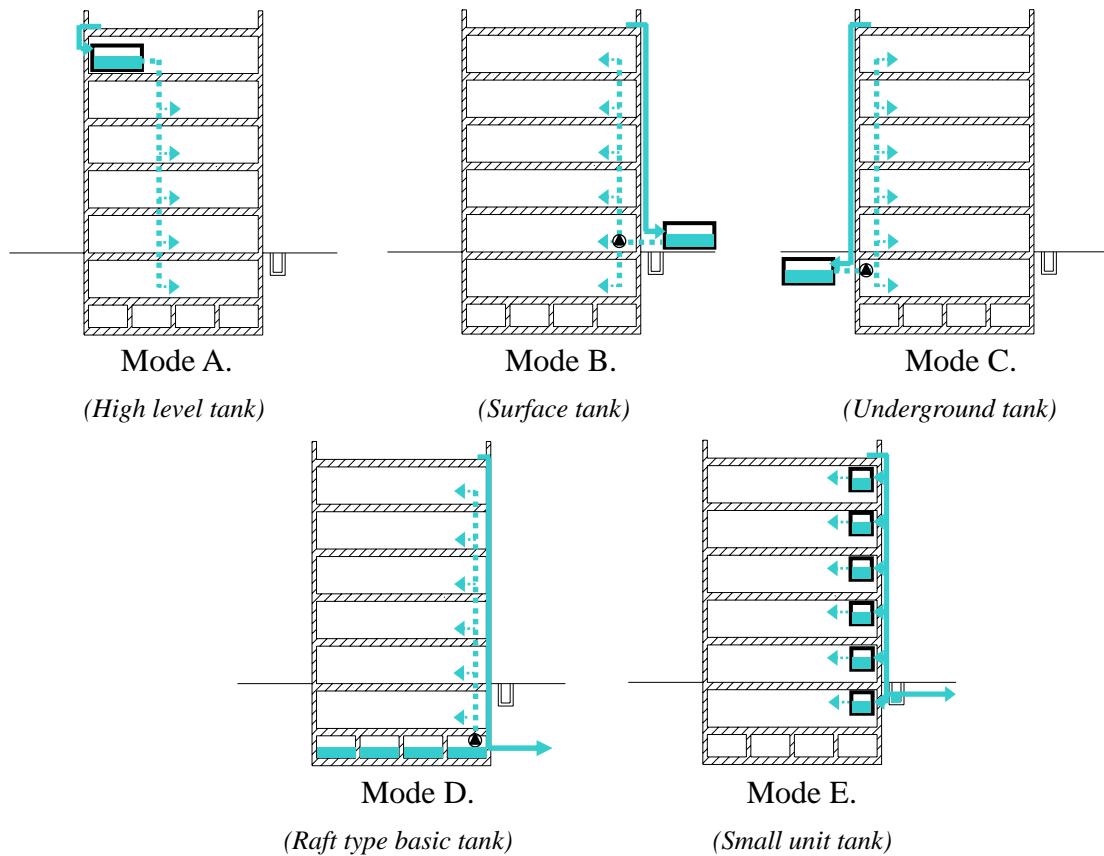


Figure 7 - Rainwater utilization applied modes

### 2.3 Practicability

Due to multifarious situations in realistic application, there were some limitations in each mode. Table 1 shows practicability of rainwater utilization modes in accordance with situations. In our previous study, we had investigated 97 cases on roof drainage system in Taipei. Table 2 shows practical cases in each model on rainwater utilization.

**Table 1 - Practicability assessing on rainwater utilization**

System	Conditions	A	B	C	D	E
Collecting Areas	<i>Flat roof with collection installations</i>				⊙	
	<i>Flat roof with additional drainage piping</i>	⊙	⊙	⊙		⊙
	<i>Additional steel roof frame</i>	⊙	⊙	⊙		⊙
Plumbing piping	<i>Conceal piping</i>				⊙	
	<i>Show off piping</i>	⊙	⊙	⊙		⊙
	<i>Drain directly</i>	△	△	△		△
Driving Out	<i>Open channel</i>	△	△	⊙		△
	<i>Drain directly</i>	△	△	△		△
	<i>Raft type basic</i>				⊙	

= Practical      = Practical partly

**Table 2 - Practical cases on rainwater utilization**

Rainwater utilization models	Mode A	Mode B	Mode C	Mode D	Mode E	Unable
Practical cases	0	39	39	33	41	37
Percentage	0%	40.20%	40.20%	34.02%	42.27%	38.14%

### 3 Case study

For evaluating the efficiency of rainwater utilization, in this study, we investigated an example in Taipei city. There were three buildings involved in this case. (Figure 8) Building A was a 12F building with 600 tons raft type basic water tank. (Mode D) The storage tank would provide WC flushing water for Building A, Building B, and Building C. The simulation time would be 20 years (1984-2003). Related information were in Table 3 and Table 4.

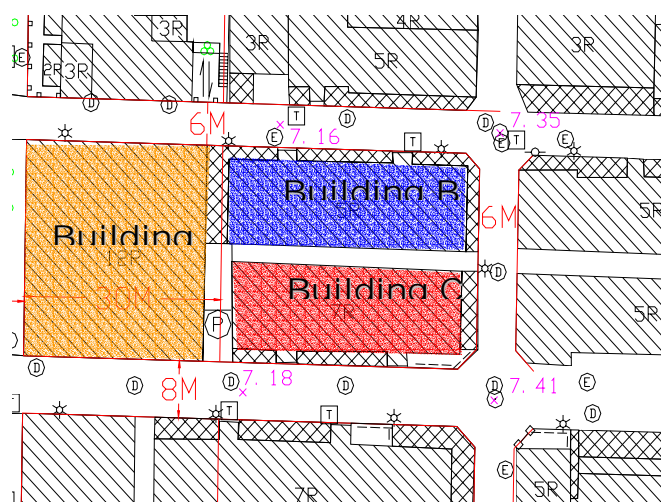


Figure 8 – Sampling case

**Table 3 – Background information of sampling case**

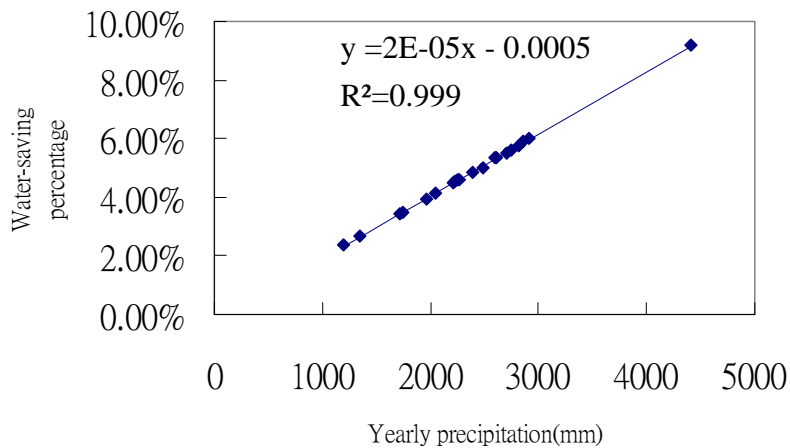
Building	Building floors	Residence numbers	Collection area(m <sup>2</sup> )	WC flushing water consumption per day(m <sup>3</sup> )
Building A	12F, with 600 tons raft type basic water tank	82	721	19.68
Building B	5F	20	337	4.80
Building C	7F	28	322	6.72

**Table 4 - Yearly precipitations of Taipei (1984-2003)**

<b>1984</b>	2711.3	<b>1989</b>	2268.6	<b>1994</b>	2043.7	<b>1999</b>	1958.1
<b>1985</b>	2487.9	<b>1990</b>	2913	<b>1995</b>	1716.7	<b>2000</b>	2744
<b>1986</b>	2605.6	<b>1991</b>	2215.9	<b>1996</b>	2253.1	<b>2001</b>	2862.1
<b>1987</b>	2219.1	<b>1992</b>	2391.9	<b>1997</b>	2595	<b>2002</b>	1346.4
<b>1988</b>	2821.2	<b>1993</b>	1745	<b>1998</b>	4404.7	<b>2003</b>	1192.5

### 3.1 Water-saving percentage and yearly precipitations

Water-saving percentage was the most critical data to respond efficiency of rainwater utilization. In the study, water-saving percentage raised corresponding to the yearly precipitations. The value was between 2.84% - 10.75%, and average value was up to 5.77%. Concretely speaking, we could namely retrench 2743 tons of clean water per year.



**Figure 9 – Water-saving percentage and yearly precipitations**

### 3.2 Rainwater collecting percentage and storage capacity

Figure 10 shows the relation between rainwater collecting percentage and storage capacity. There was an immediate sharp increase when the storage capacity was less than 100 tons. Putting it plainly, the efficiency of rainwater collecting was close to 90%. It could afford to treat most part of rainwater. The storage capacity between 100-600 tons could be considered urban flood controlling, particularly in typhoons or rainstorms.

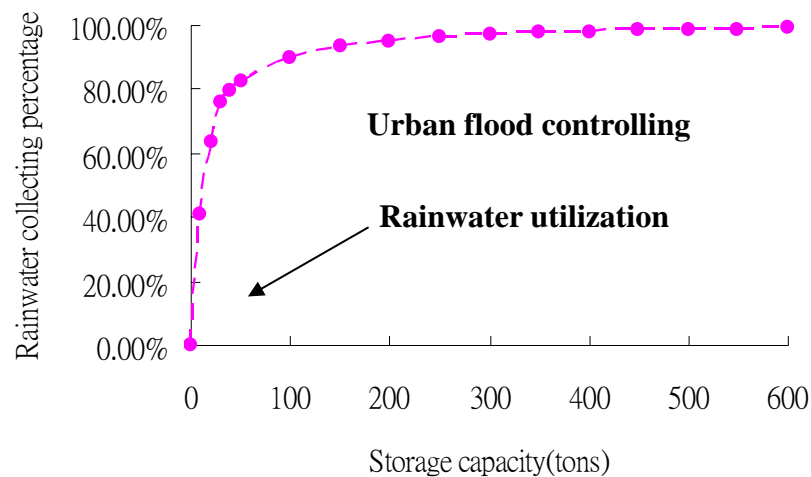


Figure 10 – Rainwater collecting percentage and storage capacity

## 4. Evaluation and verification

### 4.1 Evaluation Tool

Existing rooftop rainwater harvesting system is an acceptable solution for alleviating the water shortage problem in urban areas. However, practical performance need functional tool to make the real progress for the publics. Herein, we developed a practical evaluation tool in the research. We transfer the calculation to be dynamic simulation through commercial software Visual Basic. The partial results and the application are offered in network at present. Figure 11 shows the entrance page for practical evaluation of existing rooftop rainwater harvesting system.



Figure 11 – Entrance page of the evaluation tool

## **4.2 Conditions analyzing and issues identification**

We also found several critical problems on conducting rainwater utilization in existing buildings, and classified into six categories:

### **(1) Maintenance of collecting areas and installations**

Collecting areas and installations were the point of departure on rainwater utilization. Keeping them clean and working well would be contributed to improve the efficiency of rainwater utilization system.

### **(2) Plumbing piping design – show off piping or conceal piping**

Generally speaking, conceal piping always had problems of maintenance, and was difficult to transform into rainwater utilization system. Show off piping work might be the fitting way.

### **(3) Combined or separate drainage system**

Combined drainage system always intermingle waste water with rainwater, and would influence the water quality. Separate drainage system shows more suitable for rainwater utilization system.

### **(4) Driving out**

The outlets of rainwater drainage system would connect with the facilities of rainwater utilization system, and concern the modes choosing.

### **(5) Optimized space for the facilities**

Providing enough space for the facilities of rainwater utilization was a critical issue in our investigation, and the security of structure system would be taken into account.

### **(6) Delivery piping system**

After collecting and treating, how to deliver rainwater to users would be a great problem. Revising the delivery piping system usually occupied a part of budget.

## **5. Conclusions**

In this study, we set up a framework of design process in rainwater utilization system, critical factors including financial and technical issues must be under consideration. The

critical aspect is how to integrate present rainwater drainage system, and transferred to rainwater harvesting system. We concluded 5 practicable modes for existing buildings. There still have much potential development for rainwater utilization system in urban areas, and more researches need to be conducted in the future.

## 7 Acknowledgments

The authors would like to thank the Architecture & Building Research Institute of the Ministry of the Interior of Taiwan (ABRI) for financially supporting this research.

## 8 References

1. Architecture & Building Research Institute (ABRI), 2003, Evaluation manual for Green Building in Taiwan. Ministry of Interior, Taipei, Taiwan, R.O.C.
2. C.L. Cheng ; "Rainwater Use System in Building Design---A Case Study of Calculation and Efficiency Assessment System", in: Proceedings of the CIB-W62 International Symposium, 2000.09. Rio de Janeiro, Brazil.
3. H.T. Lin, C.L. Cheng, et al, Evaluation Manual for Green Building in Taiwan, Architecture & Building Research Institute of the Ministry of the Interior of Taiwan, Taipei, Taiwan, pp3-5, 2000.
4. Cheng, C.L., Lee, M.C., Lin, H.T., Liaw, C.H., " Rainwater Use Guideline Link to Building Code in Taiwan ", CIB-W62 International Symposium, Ankara, Turkey. 2003.09.
5. Liao, M.C., Cheng, C.L., Liaw, C.H., Chan, L.M. " Study on Rooftop Rainwater Harvesting System in Existing Building of Taiwan ", CIB-W62 International Symposium, Paris, France. 2004.09.

## 9 Presentation of Author

Ming-Cheng Liao is a Ph.D student majoring in rainwater harvesting system at National Taiwan University of Science and Technology, Department of Architecture. He is also interested in ecological ponds and urban water.



## 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。

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：研擬「雨水貯集利用」設計技術規範與法制化工作

### 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>