

# 屋頂綠化建構技術之研究

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國 98 年 12 月

PG9802-0103

# 屋頂綠化建構技術之研究

受委託者：台灣雨水利用協會

研究主持人：廖教授朝軒

協同主持人：蔡助理教授耀隆

研究助理：張淑花、涂依雯

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國 98 年 12 月

## 目次

表次.....	III
圖次.....	VII
摘要.....	XIII
第一章 緒論 .....	1
第一節 計畫緣起與目的 .....	1
第二節 計畫工作項目與內容 .....	2
第二章 屋頂綠化相關文獻回顧.....	7
第一節 屋頂綠化定義比較分析 .....	7
第二節 國內外推動情形 .....	14
第三節 屋頂綠化法規整理 .....	23
第四節 屋頂綠化產品.....	26
第五節 屋頂形式與綠化類型 .....	58
第三章 國內既有屋頂綠化個案調查評估 .....	73
第一節 現地調查實施計畫之擬定 .....	73
第二節 GPS 定位及紅外線測溫顯像測量 .....	79
第三節 問題分析與評估 .....	86
第四章 屋頂綠化結構與載重分析 .....	89
第一節 建築與屋頂綠化結構法規 .....	89

第二節	建築結構類型與承載能力 .....	97
第三節	屋頂綠化工程構件分析 .....	104
第四節	簡易結構分析方法 .....	110
第五章	模組化試驗模型設計及試驗步驟規劃 .....	117
第二節	試驗項目與試體組成規劃 .....	120
第三節	試驗步驟 .....	125
第四節	成果分析 .....	126
第六章	屋頂綠化建構工法及維護管理要點 .....	147
第一節	國外工法類型 .....	147
第二節	國內工法類型 .....	154
第三節	維護管理要點 .....	156
第七章	結論與後續工作 .....	163
第一節	結論 .....	163
第二節	建議 .....	164
第三節	後續工作 .....	165
附錄一	屋頂綠化相關詞彙定義 .....	167
附錄二	屋頂綠化現勘資料 .....	171
附錄三	審查會議紀錄處理情形 .....	207
參考書目	.....	217

## 表次

表 2-1	德國屋頂綠化之定義.....	7
表 2-2	日本屋頂綠化之定義.....	7
表 2-3	上海市屋頂綠化之定義.....	8
表 2-4	上海市建議性指標.....	8
表 2-5	北京市屋頂綠化之定義.....	8
表 2-6	北京市建議性指標.....	9
表 2-7	歐洲屋頂綠化之定義.....	9
表 2-8	國內屋頂綠化定義(1).....	9
表 2-9	國內屋頂綠化定義(2).....	10
表 2-10	國內屋頂綠化定義(3).....	10
表 2-11	國內屋頂綠化定義(4).....	10
表 2-12	種植薄層型屋頂綠化特徵.....	11
表 2-13	種植薄層型屋頂綠化底層結構與材料.....	12
表 2-14	國外屋頂綠化發展推動簡要表.....	14
表 2-15	國外屋頂綠化獎勵辦法與法規.....	23
表 2-16	國內建築綠美化獎勵辦法與法規.....	24
表 2-17	綠化材料說明總表.....	28
表 2-18	頁岩材料分析.....	29

表 2-19 硅藻土材料分析 .....	29
表 2-20 岩棉材料分析 .....	30
表 2-21 珍珠岩材料分析 .....	30
表 2-22 浮石材料分析 .....	31
表 2-23 椰糠材料分析 .....	31
表 2-24 蛭石材料分析 .....	32
表 2-25 熔岩材料分析 .....	32
表 2-26 木屑材料分析 .....	33
表 2-27 陶粒材料分析 .....	33
表 2-28 植物生長座分析 .....	34
表 2-29 GR 排保水板產品分析 .....	35
表 2-30 排水片 TECHDRAIN-800N .....	36
表 2-31 排水片產品分析 .....	37
表 2-32 蓄水式排水板產品分析 .....	38
表 2-33 薄層蓄排水板產品分析 .....	39
表 2-34 植栽基盤產品分析 .....	40
表 2-35 FD 排水板產品分析 .....	41
表 2-36 適用草坪蓄排水墊產品分析 .....	42
表 2-37 模塊式綠化板產品分析 .....	43

表 2-38 附鋪耐濕 A-800 產品分析 .....	44
表 2-39 TPO 防水捲材分析 .....	45
表 2-40 水泥基滲透結晶型防水材料分析 .....	46
表 2-41 環保型奈米彩色聚氨酯防水材料分析 .....	47
表 2-42 淺色屋面防水材料分析 .....	48
表 2-43 三元乙丙屋面防水材料分析 .....	49
表 2-44 屋面防水防潮材料分析 .....	50
表 2-45 環保型 PE 保護板產品分析 .....	51
表 2-46 環保型 PE 隔熱板產品分析 .....	52
表 2-47 E-PVC 植物根阻捲材分析 .....	53
表 2-48 QC-PRRM 根阻捲材分析 .....	54
表 2-49 耐根穿刺防水捲材分析 .....	55
表 2-50 噴塗聚脲彈性體材料分析 .....	56
表 2-51 Biobarrier 化學防根布材料分析 .....	57
表 3-1 已施作屋頂綠化機關單位 .....	73
表 3-2 屋頂綠化調查表 .....	75
表 3-3 屋頂綠化之自然環境條件調查表 .....	77
表 3-4 屋頂綠化之建築物、結構物調查表 .....	78
表 3-5 已現勘地點 .....	81

表 3-6	屋頂綠化案例評估總表.....	83
表 3-7	屋頂形式與使用型態統計.....	85
表 3-8	綠化材質與綠化植物統計.....	85
表 3-9	管理程級、管理方法與澆水方式統計.....	85
表 3-10	屋頂綠化問題表.....	86
表 4-1	國外屋頂綠化相關法規.....	90
表 4-2	國內屋頂綠化相關法規.....	96
表 4-3	樓地板用途類別.....	101
表 4-4	斜屋頂活載重.....	102
表 4-5	屋頂綠化承載範圍.....	104
表 4-6	載重確認表.....	109
表 4-7	簡易評估表.....	115
表 5-1	未施作綠化試驗編號及變數.....	124
表 5-2	介質厚度 10cm 假儉草綠化試驗編號及變數.....	124
表 5-3	介質厚度 20cm 假儉草綠化試驗編號及變數.....	124
表 5-4	介質厚度 20cm 虎尾蘭綠化試驗編號及變數.....	124
表 5-5	氣象量測資料估算蒸發散量.....	146

## 圖次

圖 1-1	研究進度及預期完成之作項目 .....	4
圖 1-2	研究流程示意圖 .....	6
圖 2-1	信義區公所屋頂綠化(a、b) .....	18
圖 2-2	台北市吳興國小屋頂綠化(a、b).....	19
圖 2-3	劍潭里活動中心屋頂綠化(a、b).....	19
圖 2-4	台北市松山工農屋頂綠化(a、b).....	20
圖 2-5	護國禪寺屋頂綠化(a、b).....	20
圖 2-6	基督教台北真理屋頂綠化(a、b).....	21
圖 2-7	信義國中(a、b).....	21
圖 2-8	臺北市立北投圖書館(a、b) .....	22
圖 2-9	內湖污水處理廠(a、b).....	22
圖 2-10	薄層型綠屋頂的底層結構.....	27
圖 3-1	現地調查定位工具.....	80
圖 3-2	現地調查測溫工具.....	81
圖 4-1	屋頂綠化施工流程.....	111
圖 5-1	人工降雨模擬系統.....	117
圖 5-2	人工降雨模擬器-噴頭 .....	118
圖 5-3	人工降雨模擬器-水壓表及壓力閥 .....	118

圖 5-4	試驗單元系統 .....	119
圖 5-5	試驗單元排水孔洞.....	119
圖 5-6	觀測系統 .....	120
圖 5-7	排保水層 .....	121
圖 5-8	過濾層 .....	122
圖 5-9	介質層 .....	122
圖 5-10	植栽層-假儉草 .....	123
圖 5-11	植栽層-虎尾蘭 .....	123
圖 5-12	不同介質厚度對保水量變化之影響( $S=0^\circ$ , $I=29.76\text{mm/hr}$ )	127
圖 5-13	不同介質厚度對保水量變化之影響( $S=0^\circ$ , $I=50.88\text{mm/hr}$ )	127
圖 5-14	不同介質厚度對保水量變化之影響( $S=0^\circ$ , $I=78.85\text{mm/hr}$ )	128
圖 5-15	不同介質厚度對保水量變化之影響( $S=10^\circ$ , $I=29.76\text{mm/hr}$ )	128
圖 5-16	不同介質厚度對保水量變化之影響( $S=0^\circ$ , $I=50.88\text{mm/hr}$ )	129
圖 5-17	不同介質厚度對保水量變化之影響( $S=10^\circ$ , $I=78.85\text{mm/hr}$ )	129
圖 5-18	不同介質厚度對保水量變化之影響( $S=20^\circ$ , $I=29.76\text{mm/hr}$ )	130
圖 5-19	不同介質厚度對保水量變化之影響( $S=20^\circ$ , $I=50.88\text{mm/hr}$ )	130
圖 5-20	不同介質厚度對保水量變化之影響( $S=20^\circ$ , $I=78.85\text{mm/hr}$ )	131
圖 5-21	不同介質厚度對保水量變化之影響( $S=30^\circ$ , $I=29.76\text{mm/hr}$ )	131
圖 5-22	不同介質厚度對保水量變化之影響( $S=30^\circ$ , $I=50.88\text{mm/hr}$ )	132

- 圖 5-23 不同介質厚度對保水量變化之影響( $S=30^\circ$  ,  $I=78.85\text{mm/hr}$ )132
- 圖 5-24 植栽種類對保水量之影響( $S=0^\circ$  ,  $I=29.76\text{mm/hr}$  ,  $M=20\text{cm}$ )133
- 圖 5-25 植栽種類對保水量之影響( $S=0^\circ$  ,  $I=50.88\text{mm/hr}$  ,  $M=20\text{cm}$ )133
- 圖 5-26 植栽種類對保水量之影響( $S=0^\circ$  ,  $I=78.85\text{mm/hr}$  ,  $M=20\text{cm}$ )134
- 圖 5-27 不同介質厚度對逕流量變化之影響( $S=0^\circ$  ,  $I=29.76\text{mm/hr}$ )135
- 圖 5-28 不同介質厚度對逕流量變化之影響( $S=0^\circ$  ,  $I=50.88\text{mm/hr}$ )136
- 圖 5-29 不同介質厚度對逕流量變化之影響( $S=0^\circ$  ,  $I=78.85\text{mm/hr}$ )136
- 圖 5-30 不同介質厚度對逕流量變化之影響( $S=10^\circ$  ,  $I=29.76\text{mm/hr}$ )137
- 圖 5-31 不同介質厚度對逕流量變化之影響( $S=0^\circ$  ,  $I=50.88\text{mm/hr}$ )137
- 圖 5-32 不同介質厚度對逕流量變化之影響( $S=10^\circ$  ,  $I=78.85\text{mm/hr}$ )138
- 圖 5-33 不同介質厚度對逕流量變化之影響( $S=20^\circ$  ,  $I=29.76\text{mm/hr}$ )138
- 圖 5-34 不同介質厚度對逕流量變化之影響( $S=20^\circ$  ,  $I=50.88\text{mm/hr}$ )139
- 圖 5-35 不同介質厚度對逕流量變化之影響( $S=20^\circ$  ,  $I=78.85\text{mm/hr}$ )139
- 圖 5-36 不同介質厚度對逕流量變化之影響( $S=30^\circ$  ,  $I=29.76\text{mm/hr}$ )140
- 圖 5-37 不同介質厚度對逕流量變化之影響( $S=30^\circ$  ,  $I=50.88\text{mm/hr}$ )140
- 圖 5-38 不同介質厚度對逕流量變化之影響( $S=30^\circ$  ,  $I=78.85\text{mm/hr}$ )141
- 圖 5-39 植栽種類對逕流量之影響( $S=0^\circ$  ,  $I=29.76\text{mm/hr}$  ,  $M=20\text{cm}$ )141
- 圖 5-40 植栽種類對逕流量之影響( $S=0^\circ$  ,  $I=50.88\text{mm/hr}$  ,  $M=20\text{cm}$ )142
- 圖 5-41 植栽種類對逕流量之影響( $S=0^\circ$  ,  $I=78.85\text{mm/hr}$  ,  $M=20\text{cm}$ )142

圖 6-1	經濟型屋頂 .....	147
圖 6-2	花園型屋頂 .....	148
圖 6-3	傾斜型屋頂 .....	148
圖 6-4	貯留型屋頂 .....	148
圖 6-5	庭園屋頂 .....	149
圖 6-6	排水型倒置屋頂 .....	149
圖 6-7	隔熱型屋頂 .....	149
圖 6-8	低逕流係數庭園型屋頂.....	150
圖 6-9	模塊式屋頂 .....	150
圖 6-10	空中花園型屋頂 .....	150
圖 6-11	草坪型屋頂 .....	151
圖 6-12	金字塔型屋頂 .....	151
圖 6-13	化學防根布制根工法.....	151
圖 6-14	塑膠模耐根工法(整體式).....	152
圖 6-15	雙層板隔根工法 .....	152
圖 6-16	塑膠模耐根工法 .....	152
圖 6-17	自然土壤施工法 .....	153
圖 6-18	改良土壤施工法 .....	153
圖 6-19	人工輕量土壤施工法.....	153

圖 6-20 薄層人工輕量土壤施工法.....	153
圖 6-21 雙重耐根工法 .....	154
圖 6-22 排水邊溝隔根工法 .....	154
圖 6-23 環工一號圖示 .....	155
圖 6-24 環工二號圖示 .....	155
圖 6-25 環工三號系統施工剖面.....	155
圖 6-26 錫瑠基金會工法 .....	156



# 摘要

關鍵詞：薄層綠化、排保水板、輕質材料

## 一、研究緣起

近年來台灣都市化嚴重、資源過度開發利用，使得豐富的自然環境轉變為水泥叢林，人類無限制的消耗能源衍生的結果則是產生大量的二氧化碳，氣體中之二氧化碳濃度遽增，全球暖化效應嚴重。現今國內建築物密集，不透水鋪面大量取代原有綠色空間，大多數都市計劃對雨水的處理觀念皆以不透水鋪面遮雨及快速將雨水排出建築其他之方式處理，即集中末端處理的排水觀念，這樣處理逕流的觀念使得都市屋頂缺乏保水機能，因此應重新考量建築屋頂與水循環之關係。

## 二、研究方法及過程

### (一) 調查國內外現有建築屋頂工法案例與收集國內外產品

收集相關報告、期刊、網站及拜訪主要建築師、景觀設計師等，並收集國內已完工或正在執行之案例。收集整理分析所收集實例，並依照所設定之目標選取國內 10~20 個優良案例，進行現地查訪工作。設計現地調查表格設計調查表格與標準作業流程使未來勘查能統一作業程序。

### (二) 建築物屋頂型式與屋頂綠化類型資料進行分類

建築物依不同年代建造而有新舊建築之分，其屋頂承受之載重不同。建築物可分為一般住宅與商業大樓之斜屋頂與平屋頂等。屋頂綠化的類型按使用要求的不同而有所差異，不同之屋頂綠化，在規劃設計上亦有不同。

### **(三) 建立模組化屋頂綠化建構試驗模型**

設立屋頂綠化之實驗模組：包括可調坡度之試驗組（不同土壤厚度、植生）、對照組及人工降雨設施等。評估綠化屋頂在暴雨下的水文表現及觀測不同降雨強度下出流歷線之變化。利用前述建構試驗設施，實際量測屋頂綠化之蒸發散量並可利用此試驗數值建立簡易屋頂綠化蒸發量數學推估公式，以推估屋頂綠化植生所需之水量。

### **(四) 建立全國屋頂綠化之植物資料導引**

由現地查訪實地收集資料了解目前之植栽使用性質及優缺點，透過國內屋頂綠化相關組織、政府單位、各類書籍、期刊及網頁對相關資料進行收集，對各屋頂綠化植物及圖說進行收集整理並提出本土及外來種之屋頂綠化適合之植物資料導引。

### **(五) 建立屋頂綠化工法在都市暴雨控制效益與保水能力評估技術**

近年來傳統集中處理逕流並迅速排出的治水觀念倍受考驗，因此若能利用屋頂面積進行綠化保水，將有助於提升都市區域整體的保水成效。第二年度將持續進行試驗並利用模型試驗結果修正前一年度提出之屋頂花園降雨逕流及保水評估方法，以建立屋頂綠化工法在都市暴雨控制效益與保水能力評估技術。

### **(六) 建立屋頂綠化工法結合屋頂雨水貯集再利用系統的系統組合**

屋頂植生所需的水源，可結合屋頂雨水貯集系統進行澆灌。然而不同植物及不同型式之屋頂花園所需的用水量不同，以及各地區的降雨量與降雨之型態，均會影響綠化屋頂保水性能的差異及決定雨水貯留桶之容量設計，此外分別模擬及探討國內屋頂綠化設施與雨水貯留設施組合，建立屋頂雨水系統容量設計方法。

### **(七) 建立符合台灣亞熱帶地區特色之本土化屋頂綠化建構工法技術**

依上述國內外相關資料與產品相關內容、產品應用案例收集、

考慮我國建築之種類特性及水文降雨蒸發條件，擬出符合台灣亞熱帶地區特色之本土化屋頂綠化建構工法與技術參考圖說。

目前進度已收集國內相關產品、工法、現勘及屋頂綠化相關問題，產品先針對國內外相關產品進行收集，以收集輕量介質、排水層、防水層及防根層為主。現勘主要選擇專家建議 11 個個案進行現場勘查，俾利了解國內屋頂綠化現況。屋頂綠化相關問題進行分析。並設計簡易結構評估表與試驗，相關進度如下研究進度及預期完成之作項目圖所示。

### 三、重要發現

#### (一) 屋頂綠化相關定義

屋頂綠化國內外相關定義不盡相同，故名詞定義經本計畫整理後，可分為：(1)庭園型屋頂綠化、(2)盆栽組合型屋頂綠化、(3)薄層型屋頂綠化。本研究為強調此計畫以種植植物之薄層綠化與盆栽屋頂綠化為主，故在此薄層綠化統稱「種植型薄層屋頂綠化」、盆栽屋頂綠化統稱「盆栽組合型屋頂綠化」。各國屋頂綠化相關定義如附錄一所示。

#### (二) 屋頂綠化施工方法彙整

國內屋頂綠化施工工法有限，故整理國內施工工法如下：(1)環工一號工法、(2)環工二號工法、(3)環工三號、(4)錫瑠基金會工法。四工法中，錫瑠基金會工法與國外工法最為相似，故本計畫以錫瑠基金會工法做探討。

#### (三) 屋頂綠化相關產品分類

屋頂綠化產品分類可分為防水層、防根層、緩衝層、排水層、介質層、過濾層、固根層與種植層等。植物將於第二年專章討論；過濾層多數以不織布為主。本計畫相關種植型薄層屋頂綠化產品分類為(1)生長介質、(2)排水層、(3)防根層、(4)防水層產品近行分

類。

#### (四) 屋頂綠化相關獎勵辦法及法規

國外屋頂綠化獎勵辦法與法健全，國內並無針對屋頂綠化建立獎勵辦法與法規，國內僅台北市與高雄市兩地區有相關建築物綠美化獎勵辦法，故應建立相關獎勵辦法提高屋頂綠化面積。

#### (五) 屋頂綠化相關問題

本計畫依現堪時所遭遇問題進行分析，國內大致分為(1)介質、(2)植物、(3)澆灌、(4)氣候、(5)排水層、(6)能源(7)維護管理等問題。分析結果中得知，台灣屋頂綠化的問題可能偏重於植物種植等相關議題，目前已現勘完 11 個點。

#### (六) 屋頂綠化結構與載重分析

初擬簡易結構分析方法避免對其施工，或早加以補強處理再予以施工，不啻為減少問題工程之方法。此外，初擬簡易評估表，各項目依重要性配分之總和為 100 分，依據評估內容及權重分配予以計分，若小於或等於 20 分，表示該建築物不需進行補強，可請廠商至現場做進一步作業；若大於 20 分，則建議對結構做進一步評估，並進行構件維護及結構補強，降低潛在危險之後再行施工。

#### (七) 模組化試驗模型設計及試驗步驟規劃

施作屋頂綠化可使保水量提高 17%，施作假儉草保水量高於施作虎尾蘭，平均提高 17% 保水量，施作虎尾蘭之產生洪峰流量時間提前。此外，施作屋頂綠化使洪峰流量降低，但較厚介質具較高減量效果，平均可延遲約 20 分鐘。傾斜角度增加使得保水量降低，平均降低 32%。施作屋頂綠化可使出流時間延緩，平均延緩 10~25 分鐘。利用蒸發散量及氣象量測資料計算時，明顯偏低於 Blaney-Criddle 估算法，其原因可能為有無考慮植栽。

#### (八) 屋頂綠化建構工法型式及維護管理要點

國外屋頂綠化工法可分為整體型與單元型兩型。整體型屋頂綠

化分析英國、德國分為、中國大陸分為與加拿大。單元型屋頂分析美國、德國分為、中國大陸分為與日本。維護管理要點以屋頂綠化養護與管理方法之養護、時間、範圍與年限分別討論。

#### 四、主要建議意見

針對上述計畫成果，本計畫提出建議如下：

##### 建議一

###### 立即可行之建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：各縣市政府都發局

- (一)國內屋頂綠化試驗點有限，亦可增加薄層屋頂綠化試驗點，俾利量化屋頂綠化效益。
- (二)國內屋頂綠化結構檢測除本研究設計簡易評估表外，尚須結合結構技師組成專業團隊，提供相關屋頂綠化之服務。

##### 建議二

###### 中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：各縣市政府都發局

- (一)舉辦相關屋頂綠化之教育訓練，俾於屋頂綠化專業知識提升，有效推廣屋頂綠化。
- (二)需成立相關屋頂綠化專業團隊，提供專業知識、結合相關產業，俾利推廣。
- (三)結合建築技術規範中之「綠建築專章」，提出相關屋頂綠化法規及相關獎勵辦法，促進屋頂綠化之推動。

## ABSTRACT

**Key words:** Greenroof, green building, urban stormwater management, rainwater harvesting, urban heat island effects.

Greenroof has the benefits of reducing urban heat island effects, increasing water retention capacity, increasing urban beauty, etc. Therefore, greenroof is becoming more common in many parts of Europe and North American countries because of the high land cost and density of population in urban areas. The purpose of this study is to meet the Green Building Implementation in Eco-City Program which is proposed by the Executive Yuan. The main purpose of this program is to introduce the green building technologies into Eco-city to reduce the heat island effects in urban areas. Also, with the experiences from US, Japan and European countries, we can build up the construction technologies for greenroof.

Eco-city requires the specific percentage of green land to maintain the eco-environmental quality. But in our country, the area of green land is limited in most cities. In the green building evaluation system (EEWH), it recommends a lot of methods such as: greenroof, balcony greenery, etc. to increase the green space but most of them are for recreation purposes. Those methods require a lot of resources and energy inputs. They can not create environmental benefits and physical functions. The Architect Research Institute has developed the Illustrated Handbook for Taiwan Green Building Ecology Indicator Group in the years of 2007 and 2008, respectively. In this handbook, the suitable plants for greenroof have been proposed in design. But beyond the plantation problems, more improper designs in the greenroof have been found such as: water supply system design, drainage system design, root penetration, effects of loadings to building structure, etc. These improper designs will threat the safety of building structure and water leaking problems. Therefore, the main themes of this research will focus on those issues and propose relative illustrated diagrams for construction methods. Furthermore, utilization of rainwater in the greenroof design for water supply in irrigation is needed for increasing the benefit of greenroof.

Based on the definition and construction method of greenroof, greenroof can be divided into three different categories: garden type, bonsai assemble type, and thin layer type. Three different construction methods have been found in domestic: environment #1; environment #2; environment #3; and Si-Lui foundation method. In this project, eleven field sites have been visited and problems encountered currently include products, planation, energy utilization, etc. These findings have been compared with those found in Japan. Also in the field investigation, loading problem of rooftop for old buildings becomes the key issue in greenroof design. Therefore, a simplified evaluation chart of loading problem for old buildings has been developed. For those buildings with score less than 20, further assessment is unnecessary but for others, further evaluation is highly recommended. Also in this study, a physical model for testing the water retention, rainfall-runoff variation, and evaporation has been set up. In the experiment, three different rainfall intensities, three different slopes, three different thickness of soil, and two different planations have been tested. Evapotranspiration for greenroof has been tested by both outdoor and theoretical estimation.

# 第一章 緒論

## 第一節 計畫緣起與目的

### 壹、研究源起

邇來台灣都市化嚴重、資源過度開發利用，使得豐富的自然環境轉變為水泥叢林，人類無限制的消耗能源衍生的結果則是產生大量的二氧化碳，氣體中之二氧化碳濃度遽增，全球暖化效應嚴重，已至地表氣候溫度升高導致地球環境高溫化，衍生出海平面上升、南北極冰融現象，全世界氣候異常及生態環境破壞。除了濃度極高的二氧化碳外，都市中過度密集的建築物與縱橫交錯不透水鋪面形成巨大的熱體，屋頂景觀儼然成為人造沙漠，因此環境面臨嚴重惡化問題，若在加上空氣污染的影響，都市上空塵罩使得太陽輻射熱與人工釋出熱量都不易消散，進而產生都市「熱島效應」。

現今國內建築物密集，不透水鋪面大量取代原有綠色空間，大多數都市計劃對雨水的處理觀念皆以不透水鋪面遮雨及快速將雨水排出建築其他之方式處理，即集中末端處理的排水觀念，這樣處理逕流的觀念使得都市屋頂缺乏保水機能，因此應重新考量建築屋頂與水循環之關係。

在德國與北歐，已將近代都市建設朝向提升生態為基礎之思考方向，試圖重返以生命原理及優美環境來重建「環境共生型都市」。而日本自八十年代後開始，不受限於都市成長管理政策，而以都市構造之根本改造為目標，由各部會及團體對「建設環境共生型都市」展開具體措施其包括下列三目標，第一、建設低負荷型都市、第二、建設共生型都市及第三、建設循環型都市，建設適合二十一世紀新都市目標。由於屋頂綠化為達成上述三項目標的方法之一，故屋頂綠化儼然成為永續都市的重要角色。屋頂綠化的目的不僅帶來視覺上的美化，在環境上更能淨化二氧化碳、二氧化氮、粉塵等溫室效應氣體及重金屬，亦有減緩調整濕度及調整熱島效應等現象改善調

節微氣候之功效；在經濟上，屋頂綠化亦能調節氣候因而降低冷暖氣的費用。故屋頂綠化皆具提升景觀視覺上、環境效益上、社會價值上或是都市整體之形象。

## 第二節 計畫工作項目與內容

本研究案執行期間共分為二年、第一年（98 年度）主要完成國內屋頂綠化現況調查及問題分析，並收集國內外相關優良案例及輕量化產品，進行工法技術優劣剖析；第二年（99 年度）則結合屋頂雨水貯集再利用系統，研發適於國內本土氣候特性並兼具輕量化之屋頂綠化模組化產品，俾利應用推廣。依據「屋頂綠化建構技術之研究」需求之研究內容及預期成果，本工作團隊將各分年度主要研究主題及研究項目初擬如下：

第一年度：完成國內屋頂綠化現況調查及問題分析，並收集國外相關優良案例及輕量化產品，進行工法技術優劣剖析。

### 一、 調查國內外現有建築屋頂工法案例，依不同類型分析優劣

屋頂綠化工法在國外已行之有年，而台灣在推動上仍有難度，故本計畫擬收集國外相關屋頂綠化工法，並依照不同類型評估分析，選取國內 10~20 個案例，對現存問題及其優劣等資料進行彙整歸納。

### 二、 收集國內外產品相關內容及應用案例

國內相關屋頂綠化產品種類有限，故初步收集國內外產品，亦瞭解國內外產品種類及規格等差距；另外，初步收集相關應用案例，提升對產品及工法認知。

### 三、 收集建築物屋頂型式與屋頂綠化類型資料

國內屋頂型式種類繁多，故收集國內相關屋頂類型，進行資料整合；另外，屋頂綠化類型依使用狀況、目的與氣候等條件等，

有所差異，故進行相關資料收集分析。

**四、 分析附加載重對建築構造物之影響**

屋頂綠化附加載重及屋頂綠化對建築結構之影響為常見問題之一，故將對相關法規及相關載重等進行相關分析；此外，研擬簡易數學模式或數學模型，模擬計算屋頂綠化之承載量。

**五、 建立模組化屋頂綠化建構試驗模型**

初步設立屋頂綠化相關模組，並針對屋頂綠化系統保水成效、評估暴雨在屋頂下水文表現、建構相關植物蒸發散量估算模式與屋頂度溫度變化效果探討。

**六、 輕質材料收集與分析比較**

屋頂綠化造價高低要項就是輕量化，輕質材料亦可降低屋頂綠化之載重，依不同材質比較分析。

**七、 初步提出屋頂綠化建構工法型式及屋頂綠化之維護管理要點**

依前述研究結果，依建築類型提出不同類型之屋頂綠化技術，並分別繪製相關設計圖。

第一年工作預定進度與實際進度甘地圖如下。

工作項目	月次	第	第	第	第	第	第	第	第	第	第	第
		一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一
		月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月
第一年度												
調查工法並評估 工法優劣勢	預定											
	實際											
初步收集國內外 產品相關內容及	預定											
	實際											
收集建築物屋頂 型式與綠化類型	預定											
	實際											
分析附加載重對 建物之影響	預定											
	實際											
建立模組化試驗 模型	預定											
	實際											
輕質材料收集與 分析比較	預定											
	實際											
初步提出屋頂綠 化建構工法型式	預定											
	實際											
預定進度(累積數%)		3.1	6.2	12.5	18.8	31.3	46.9	62.5	78.1	87.5	96.9	100

圖 1-1 研究進度及預期完成之作項目

(資料來源:本研究整理)

第二年度：結合屋頂雨水貯集再利用系統，研發適於國內本土氣候特性並兼具輕量化之屋頂綠化模組化產品，俾利應用推廣。

一、 持續收集國內外產品相關內容及產品應用案例

本年度持續收集國內外相關屋頂綠化設施之設備產業概況及產品資料外，另對其應用及概況及遭遇問題等資料進行歸納。

**二、 依據第一年計畫之成果，界定各產品之類別及設置、應用條件，並建立相關產品構造圖說**

配合第一年提出配置原則與方法，並依據計畫彙整之屋頂相關產品，初步界定產品類別。

**三、 建立全國屋頂綠化之植物資料導引**

植物生長之情況影響屋頂成敗，而外來種植物未必適應國內氣候並防止根系對屋頂之破壞，故收集國內現有植物資料庫，進行自生性植物觀察。

**四、 建立屋頂綠化工法在都市暴雨控制效益與保水能力評估技術**

本年度將持續進行模型試驗，並利用模型試驗結果修正前一年度之屋頂綠化降雨逕流及保水評估辦法，已建立屋頂綠化工法在都市暴雨控制效益與保水能力評估技術。

**五、 建立屋頂綠化工法結合屋頂雨水貯集再利用系統的系統組合**

將針對國內現況，利用前述試驗及模式建構成果，分別模擬及探討國內屋頂綠化設施與雨水貯留設施組合，建立屋頂雨水系統容量設計方法。

**六、 建立符合台灣亞熱帶地區特色本土化屋頂綠化建構工法技術**

依國內上述之相關資料產品相關內容、產品應用、案例收集，考慮我國建築種類特性及水文降雨蒸發條件，擬出符合台灣亞熱帶地區特色之本土化屋頂綠化建構工法與技術。

基於上述工作項目與內容，本計畫之研究內容步驟與流程如圖 1-2 所示。

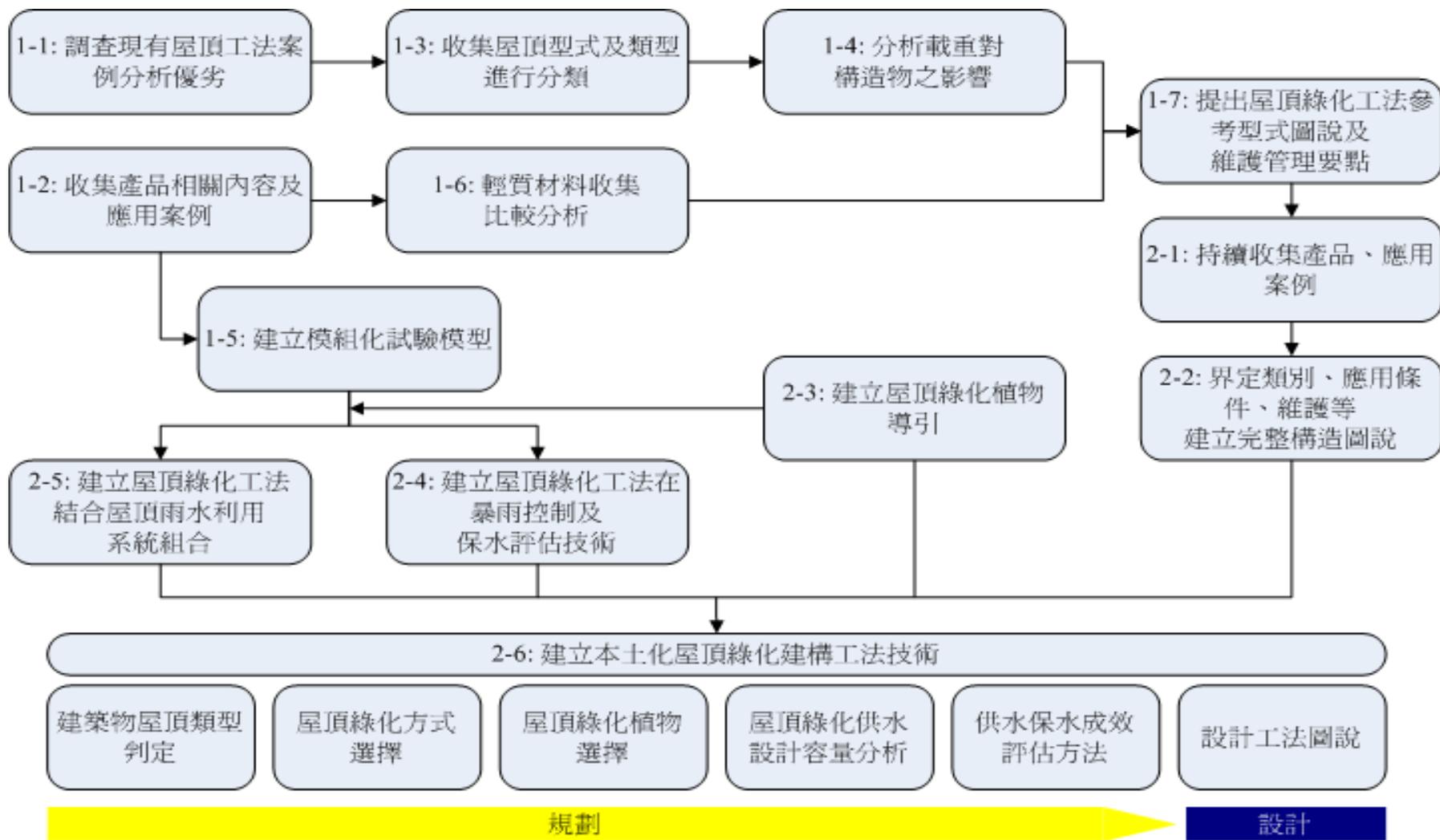


圖 1-2 研究流程示意圖

(資料來源:本研究整理)

## 第二章 屋頂綠化相關文獻回顧

「屋頂綠化」是在傳統的屋頂結構上，鋪設額外的生長介質來種植植物，創造出綠空間(石婉瑜，2004)；其就是在屋頂上進行綠化。

屋頂綠化對都市環境優點：防止都市型洪水、調整微氣候、淨化水質、淨化空氣、減緩都市熱島效應與建立生態都市等的影響，對於建築物也具有：節能效果、隔熱效果與建物壽命延長的效果(船瀨俊介，2003)。

### 第一節 屋頂綠化定義比較分析

各國制定屋頂綠化用語及定義迥異，故本節將針對不同國家之屋頂綠化用語與定義進行比較分析，如后所示。

#### 壹、國外屋頂綠化定義

##### 一、德國

表 2-1 德國屋頂綠化之定義

屋頂綠化分類	定義
精緻綠化	精綠化所有植物均可選擇，綠化可與人工造景、園路、座椅、涼亭、水池、橋和假山等園林小品做結合，進行環境綠美化。
簡單精綠化	簡單綠化於精緻綠化與粗放綠化之間之綠化形式，種植植物包括開花植物、草本植物、矮喬木與灌木等。
粗放綠化	粗綠化皆可用於平屋頂與斜屋頂上，種植植物以景天科、苔蘚與草本植物為主，適用於開敞型與密集型屋頂綠化。

(資料來源:本研究整理)

##### 二、日本

表 2-2 日本屋頂綠化之定義

屋頂綠化分類	定義
平面綠化	利用草坪、佛甲草、藤蔓性植物與各種雜草等草本類植物，其綠化方向與高度不會擴散之綠化方式。
立體綠化	綠化是平面配置草本類在加上灌木、喬木等木本類的綠化方法
生活小區綠化	綠化以立體綠化為主在加上小河、水池與透水性環境等水邊環境，及考慮到可吸引多樣性生物之綠化方法

(資料來源:本研究整理)

### 三、 中國大陸

#### (一) 上海市

表 2-3 上海市屋頂綠化之定義

屋頂綠化分類	定義
花園式綠化	根據建築物屋面載重，選擇小型喬木、灌木、地被植物等材料進行屋頂綠化方式。常設置園路、座椅、涼亭、水池、橋和假山等園林小品工人們休憩、遊覽。
組合式綠化	根據建築屋面承載，在屋頂承重處進行綠地配置並利用容器苗擺放的屋頂綠化方式。
草坪式綠化	根據建築屋面荷重利用地被植物或爬藤植物，進行屋面覆蓋或利用棚架綠化。

(資料來源:王仙民, 2007)

表 2-4 上海市建議性指標

花園式屋頂綠化 & 組合式屋頂綠化	綠化種植面積佔屋頂總面積	$\geq 60\%$
	鋪裝園路面積佔屋頂總面積	$\leq 12\%$
	園林小品面積佔屋頂總面積	$\leq 3\%$
草坪式屋頂綠化	綠化種植面積佔屋頂總面積	$\geq 80\%$

(資料來源: 王仙民, 2007)

#### (二) 北京市

表 2-5 北京市屋頂綠化之定義

屋頂綠化分類	定義
花園式綠化	根據屋頂具體條件，選擇小型喬木、低矮灌木和草坪、地被植物進行屋頂綠化植物配置，設置園路、座椅和園林小品等，提供一定的遊覽和休憩活動空間的複雜綠化。
簡單式綠化	利用低矮灌木和草坪、地被植物進行屋頂綠化，不設置園林小品等設施，一般不允許非維修人員活動的簡單綠化。

(資料來源: 王仙民, 2007)

表 2-6 北京市建議性指標

花園式屋頂綠化	綠化屋頂面積佔屋頂總面積	$\geq 60\%$
	綠化種植面積佔屋頂總面積	$\geq 85\%$
	鋪裝園路面積佔屋頂總面積	$\leq 12\%$
	園林小品面積佔屋頂總面積	$\leq 3\%$
簡單式綠化	綠化屋頂面積佔屋頂總面積	$\geq 80\%$
	綠化種植面積佔屋頂總面積	$\geq 90\%$

(資料來源: 王仙民, 2007)

#### 四、 歐洲

表 2-7 歐洲屋頂綠化之定義

屋頂綠化分類	定義
粗放型	基質最大深度為 150 mm，通常種植景天科，可安裝在斜屋頂上(傾斜的角度最高為 45°)
精緻型	基質厚度可以超過 150 mm，可種植禾本植物、多年生草本植物、灌木通常安裝在傾斜小於 10° 的屋頂，且為可供人使用的屋頂花園。

(資料來源:本研究整理)

#### 貳、國內屋頂綠化定義

屋頂綠化相關定亦有限，故以下針對國內屋頂綠化相關定義如下表所示。

表 2-8 國內屋頂綠化定義(1)

游以德，1990	
名稱	粗放型綠化屋頂(又稱生態屋頂)
定義	在屋頂上鋪設淺薄的生長介質或代用介質層，並種植強韌、低矮、具自生性的地被植物，以適應乾旱、強風、強光、積水等不利環境的屋頂綠化工法。

(資料來源:本研究整理)

表 2-9 國內屋頂綠化定義(2)

石婉瑜，2004		
名稱與定義	屋頂綠化：在傳統的屋頂結構上，鋪設額外的生長介質來種植植物，創造出綠空間，簡而言之；就是在屋頂上進行綠化。	
分類	精緻綠化	簡易綠化
定義	需要較大土壤厚度的「屋頂花園」(roof gardens)，其上可以種植喬木、灌木以及設置其他景觀設施。	在整個屋頂上鋪設淺薄的生長介質，並種植低矮的地被植物，如青苔、多肉植物、草本植物、各種當地的草種等。

(資料來源:本研究整理)

表 2-10 國內屋頂綠化定義(3)

錫瑠基金會			
名稱與定義	綠屋頂：廣義為將建築物的屋頂由人工的方式整建植栽的基礎後，進行綠化的工作。狹義為在功能上強調節能、省工的「薄層式屋頂」。		
分類	庭園型	盆栽型	薄層型
定義	庭園為出發，使用各種植物豐富觀並配置花架等設施形成完整園景。	使用各種盆器種植植物，依容器造型尺寸設計排列，行成之景致。	屋頂上種植綠化淺薄的人工混和介質，並種植強韌、低矮、具自生性的地被植物，以適應燥熱、乾旱、強風、強光、積水等。

(資料來源:本研究整理)

表 2-11 國內屋頂綠化定義(4)

蘇榮宗，2009	
名稱	綠屋頂
定義	建築物屋頂，被部分或全部的以植栽與土壤覆蓋，或以生長媒介物與植栽覆蓋在屋頂防水層上，形成一種綠化的屋頂。

(資料來源:本研究整理)

國內屋頂綠化尚無統一名詞，在台灣屋頂綠化依規劃設計內容與施工方法、使用材料及維護管理需求可分為下列三種：庭園型、盆栽組合型及種植薄層型屋頂綠化。由於薄層型屋頂綠化定義廣泛，如塗相關隔熱產品或人工草皮等，故本研究為強調此薄層型屋頂綠化以種植植栽為主，故以「種植型薄層屋頂綠化」稱之。

- 一、**庭園型屋頂綠化定義**：根據屋頂具體條件，選擇小型喬木、低矮灌木、草坪與地被植物進行屋頂綠化配置，設置園路、座椅和園林小品等，提供一定的遊覽和休憩活動空間的複雜變化。
- 二、**盆栽組合型綠化定義**：根據建築物屋頂載重，在屋頂重承重進行綠地配置並利用容器苗擺放的屋頂綠化方式。
- 三、**種植薄層型屋頂綠化**：所謂的種植薄層型綠屋頂綠化是種植植物為主，如低矮灌木、草坪與地被植物進行屋頂綠化，不設置園林小品等設施，一般不允許非維修人員活動的簡單綠化。

綜合以上所述，本研究選擇種植型薄層屋頂綠化做為研究對象的原因在於國外推動效果佳，且國內邇來也開始推廣及實驗薄層型綠屋頂的實際效益。以下針對種植薄層型屋頂綠化特徵介紹。

### (一) 種植薄層型屋頂綠化特徵

根據國內研究指出，種植薄層型屋頂綠化具有以下幾種特徵：

表 2-12 種植薄層型屋頂綠化特徵

特徵	內容
本質上	薄層型屋頂綠化乃是人類模仿自然界現象的一種自然工法，其設置的精神便是希望在完工後，能夠與自然環境達到平衡，並且自我維持。
功能上	提升環境效益是設置薄層型綠屋頂的主要目的，因此常常進行大面積的鋪設，藉由數量來提升總體的成效。

外觀上	多呈現野生、低矮外觀的莽原氣候型、地中海氣候型甚或高山氣候型的多年生灌木及草木的景觀，相似與自然的野草地。
應用上	簡易綠化屋頂不僅可以運用在平屋頂上，也可以鋪設在斜率 30 度以內的斜屋頂，在某些案例中，藉由鐵絲網來固定生長介質，可進一步提升屋頂斜率至 45 度。

(資料來源:石婉瑜, 2004)

## (二)種植薄層型屋頂綠化底層結構與材料

種植薄層型屋頂綠化的底層構造依屋頂本身的結構、型態以及欲達成之效果的不同而略有差異。主要結構由下到上大致包括隔熱層、防水層、保護層(防根層)、排水層、過濾層、生長介質層與植物幾個部分。其中防水層、生長介質層與植物層是一定存在的結構，而隔熱層、保護層(防根層)、排水層與過濾層則須視個別情況設置。例如介質層具有良好排水性能時，便不會另外設置排水層(財團法人台北市錫瑠環境綠化基金會, 2007; 石婉瑜, 2004; 台北市錫瑠環境綠化基金會)。

表 2-13 種植薄層型屋頂綠化底層結構與材料

底層結構	材料
隔熱層	隔熱層通常直接鋪設於屋頂之上，可以緩和溫度變化，減少建築結構受到物理傷害。表面具有波浪紋的聚苯乙烯板、泡沫玻璃等因為不會蓄積水分，降低根部穿透的危險，因此被認為是適合的隔熱材料。
防水層	防水層位於最底層，是一層薄薄的薄膜，直接鋪設於屋頂上，用以防止水份滲透至屋頂而破壞結構。防水層材質包括改良瀝青、合成橡膠、聚乙烯、以及經強化的 PVC 等。
防根層	防根層位於防水層之上，主要用以防止植物根系穿透防水層，降低屋頂漏水的危險。一般用來當作防根層的材料有合成橡膠(EPDM)、PVC 以及厚 5mm 的瀝青層等。
排水層	由於保水為薄層型綠屋頂的主要效益之一，因此排水層的設置並非必要。排水層位於過濾層或生長介質層底下，當

	植物、土壤與結構中的水分達到飽和，多餘的水分便藉由排水層緩緩釋出。排水層的材料選擇很多，自然的陶片、多孔片岩、礫石；回收的橡膠顆粒、建築廢棄物；以及人工製成的編織墊、泡沫材料板及同時具有排水與防根作用的排水板等皆可以作為排水層應用。
<b>過濾層</b>	過濾層置於排水層與生長介質層之間，主要用來固定土壤，避免介質、植物碎屑等物質直接流到排水層，造成排水管堵塞等問題。過濾層的材質通常為防水的聚合物纖維、玻璃纖維等所組成的不織布。
<b>生長介質層</b>	介質對綠屋頂的長期成功是關鍵，太薄會導致植物根部在盛夏時燒傷，因此理想的生長介質層必須能夠提供植物根部生長的適合環境，同時又能夠阻止雜草的蔓延等特性。目前的薄層型綠屋頂常用的介質有泥炭土、椰纖塊、珍珠石、粗河沙、輕石及陶土石礫等，這些材料大都包含了上述的幾種特性，因此在施工時多是用這幾種材料。
<b>植栽層</b>	植物是結構中最重要的一環，它影響薄層型綠屋頂的整體美感與成敗。目前大多使用多肉植物中的景天科或馬齒莧科植物，他們通常有肥厚的根、莖、葉且對氣候的適應性強；又具有植株低矮、質感緻密、生長較快與扦插繁殖容易的優點，目前台灣有在使用的有：松葉景天、圓葉景天、大花松葉牡丹、馬齒牡丹等等。另外除了多肉植物之外，還有許多植株低矮、厚實葉片、莖匍匐生長、根部發達的地被植物也是常用於屋頂綠化的，代表性的有翠玲瓏、蔓花生等等。此外，少數適應乾旱與曝曬環境的苔蘚類植物近年亦被發掘與重視。日本開發使用砂蘚與大灰蘚兩種，強調其「零維管」的特性，意即不必進行修剪、施肥、澆水與病蟲害防治等工作。然因台灣目前尚未開發、引進，因此本土的實際應用狀況不明。

(資料來源：石婉瑜，2004)

以下章節將針對國內外推動情形、屋頂綠化法規、屋頂綠化產品及屋頂型式與綠化類型收集等方面進行相關的文獻回顧。

## 第二節 國內外推動情形

### 壹、國外推動情形

屋頂綠化在國外已行之有年，如德國、美國及日本等，為了改善居住環境及提供親近生態的都市環境，各國早已積極推廣屋頂綠化。部分歐洲國家為最早推廣「生態屋頂」之地區，如瑞士一些都市已強行規定，新建建築必須修建綠色屋頂，來擴大綠色植物之面積，實際推動情況也有相當完整之配套措施，執行、法規與配套措施相互配合，推動成效顯著；在世界各國中有許多國家都在進行薄層型綠屋頂有關之研究，如：德國、美國、日本、加拿大、中國大陸、北歐各國及國外澳洲等，其對薄層型綠屋頂的推行情況簡述如表 2-14 所示：

表 2-14 國外屋頂綠化發展推動簡要表

國家	內容
德國	對於屋頂綠化德國積極的推行，相關法令及政策面發展成熟，故屋頂綠化相關產業也相當發達。
美國	在美國除了屋頂綠化相關研究正在進行中，推行屋頂綠化之地區已有改善相關熱島效應與環境惡化問題。
加拿大	加拿大已有屋頂綠化相關個案，亦有相關的實驗研究正在進行。
日本	日本境內已有許多相當成熟的個案與相當多元的資料、書籍，制定相關法令與配套獎勵辦法，使得日本屋頂綠化相關產業蓬勃發展。
中國大陸	由於中國大陸近幾年對屋頂綠化重視，使得中國大陸境內，屋頂綠化個案及相關資料已如雨後春筍般出現，個案亦有逐漸增加之趨勢。
北歐各國及其他	重視屋頂綠化的推行，亦有許多的相關實驗正在進行中，部分國家的相關產業也相當發達。

(資料來源:劉柏宏, 2008)

其中德國與日本對於屋頂綠化的實施都有相關法令或政策。以下針對即對德國、美國、加拿大、馬來西亞、日本及中國大陸的相關推動情形分別進行介紹如后。

一、**德國**：自1989年亦開始修建了3400平方公尺的「生態屋頂」。頒布專門的政策法規推廣屋頂綠化，主要規定新建築對環境的影響降至最低。許多都市規定建商必須通過屋頂綠化方式償還一定面積之綠化，與市政排污系統連結部分要按照雨水排放面積來收取費用；鼓勵建造種植屋頂，按折扣費率收取費用而得到收益。漢諾威市頒布「屋頂綠化建築規劃指導方針」，詳細說明屋頂綠化的優缺點，並明確規定屋頂綠化相關事宜。推動案例說明如下。

(一)德國 2000 年世博會荷蘭館屋頂花園展示一系列自然與人工上的層次景觀，做為高密度都市引入自然景觀的範例。荷蘭館最初設計包括雨水回收系統，貯集雨水供此棟建築使用；此外，建築完成後亦結合風力發電自給自足，形成低負荷與循環型建築。

(二)德國卡塞爾住宅是以節省能源為主，此住宅為傾斜式屋頂結合草坪之綠化，亦可降低室內冷暖氣使用量，達到節能生態之效果。

二、**美國**：美國在屋頂綠化領域起步雖晚，但發展快速。芝加哥相關「生態屋頂」行業應運而生，為公共建築和住宅修建綠色屋頂；紐約政府為中低收入戶修建「生態屋頂」。目前，美國都市中許多公共建築、商業建築都已進行屋頂綠化，如美國福特汽車公司在密西根州的工廠屋頂都已綠化。芝加哥市政府在屋頂建造約 3067 平方公尺的「生態屋頂」，分別種植 15000 種植物，對都市環境的氣溫、降雨、風速與昆蟲鳥類生長均有正面影響。美國「生態屋頂」使用絕緣防水材料和修建材料大部分是採用歐洲的產品或是仿歐洲的材料。由於成本的增加，美國許多修建「生態屋頂」的開發商、建築商及業主提供不少優惠政策，如提供低息貸款及政府減少徵稅等措施。根據 Cahners Residential Group 公司的調查顯示，大部分建築商與業主對住宅之環保要求都提高了，比例從 60%上升至

80%。這項調查顯示，消費者不在乎修建「生態屋頂」多投入之費用，並願意為改善環境多盡一份心力。相關推動案例說明如下。

(一) 美國舊金山市恩巴卡德羅大樓屋頂花園，創造出舒適的用餐環境與公共聚會等環境，並利用附近舊金山灣與金門大橋景色，設計屋頂花園。

(二) 加州聖布魯諾蓋養公司園區櫻桃事務區 901 號屋頂花園，此案例具有許多注重環境方面之設計，也以全美最大生態環境屋頂聞名；此屋頂花園為最具代表性之大型低層辦公屋頂，屋頂是由金屬、合成橡膠與卵石所組成之屋頂。此生態環境屋頂包括：土壤、各式植物，以利於保持環境與過濾雨水中之雜質；也為當地植物與鳥類創造自然環境，達到生活、生產、生態，三生共生環境。

三、**加拿大**：2006 年 2 月加拿大多倫多市長與市民代表會以「快樂綠屋頂」來推動屋頂綠化政策。對於新建建築與現存建築實施屋頂綠化，並建立獎勵機制。多倫多近年來委託 Ryerson 大學研究屋頂綠化之益處，研究中發現在多倫多中進行 8%屋頂綠化可節省 3 億美金支出，節省項目有暴雨管理、都市熱島效應、建築耗能與雨水下水道氾濫等。其中，每年在都市治理可節省 4 千萬美元左右。

四、**馬來西亞**：馬來西亞雪蘭格州的梅納拉商廈屋頂花園，建築中屋頂形式為螺旋排列與交錯排列，故植物可充分獲得陽光與雨水，大量植物降低室內環境溫度，亦降低能源使用量。

五、**日本**：日本屋頂綠化已有一定的水準。在日本建造新建築除了加大陽台增加綠化空間外亦將屋頂建造成「開放式」屋頂花園，並將屋頂連接成片，使屋頂變成開闊的高空場地。日本東京都明文規定：新建築面積占地超過 1000 平方公尺，屋頂的 1/5 必須覆蓋綠色植物。東京市政府要求屋頂總面積的 20%須綠化。截至 2001

年 10 月，東京市內就有 1200 座建築已實施屋頂綠化，總面積超過 4.3 萬平方公尺。推動案例說明如下。

(一) 田村會計事務所屋頂，綠化規模 180 平方公尺，基盤主要以人工輕質土壤為主，土層厚度 5~25 公分，主要以土地利用及經濟效果為主之屋頂綠化。

(二) 日比谷阿美尼斯本社屋頂，綠化規模 30 平方公尺，基盤主要以人工輕質土壤為主，土層厚度 30~70 公分，主要以提升生態效果、土地利用及經濟效果為主之屋頂綠化。

六、中國大陸：上海市靜安區政府 2002 年 6 月 1 日發布「關於上海市靜安區屋頂綠化實施意見(試行)通知」，提出自 2002 年起，凡列入當年屋頂綠化實施項目，每完成 1 平方公尺獎勵 10 元。上海市綠化管理局 2002 年 11 月發布「組織編制屋頂綠化三年實施計劃通知」；廣東省深圳市政府 1999 年 11 月發布「深圳市屋頂綠美化綠化實施辦法」，並制定全市屋頂美化綠化的規劃和實施辦法，執行全市屋頂美化綠化工作檢查、督促和考核；廣東省於 2000 年發布「關於我省城市屋頂美化和防護網、空調器及室外管道規範裝設的意見」，提出各種可參照深圳市做法，並結合本地現況，提出建築屋頂美化綠化的措施。推動案例如下所示：

(一) 上海市浦陽閣空中花園，綠化規模 3000 平方公尺，土層厚度 30~50 公分，由高低起伏波浪形屋面所組成，是將花園、商業區、公共用地與文化設施融為一體之建築。

(二) 上海靜安區私立中學屋頂花園，綠化規模 2400 平方公尺，是將環境教學、提升生態與舒緩心理之建築。

## 貳、國內推動情形

除國外積極推動屋頂綠化同時，國內亦進行許多關於屋頂綠化的試驗及推廣，但法規不明確、民眾對屋頂綠化認知有限、輕質材料與適合屋頂植物不易取得及輕質材料價格又偏高，故屋頂綠化在台灣推

動尚未完全發展。然而，目前在台灣已有些機構推行屋頂綠化，實施案例如下。

### 一、台北市信義區公所

台北市信義區公所為台灣著名屋頂綠化示範點，利用大樓屋頂空曠空間進行綠化工作，對於屋頂綠化宣導推廣上以為良好示範點，本綠化第一階段以薄層綠化為主；第二階段以屋頂周邊複層式植栽、農作植栽區與花架庭園式綠化為主，此綠化以降溫隔熱、活動休憩為主。



(a)

(b)

圖 2-1 信義區公所屋頂綠化(a、b)

(資料來源:錫瑠環境綠化基金會)

### 二、台北市吳興國小

台北市吳興國小以教室屋頂為基地，希望在學校師生的參與下，建置校園環保節能屋頂綠化的推動模式，並觀察記錄及測試建置前後植物生長排水量及溫度的差異性等。預計藉由設置屋頂綠化，解決吳興國小頂樓夏季炎熱之情形，改善學童上課環境。



(a)



(b)

**圖 2-2 台北市吳興國小屋頂綠化(a、b)**

(資料來源:本研究整理)

### 三、台北市劍潭里活動中心

台北市劍潭里活動中心位於中山區通北街，活動中心不僅設置屋頂綠化外亦設置垂直立面綠化，屋頂綠化工法主要以「財團法人台北市錫瑠基金會」之主要工法施作。活動中心附近環境近山，故保有許多豐富天然資源，屋頂綠化不僅結合雨水貯留回收再利用外亦希望結合山泉水補足雨水不足之問題。



(a)



(b)

**圖 2-3 劍潭里活動中心屋頂綠化(a、b)**

(資料來源: 劍潭里活動中心刊物)

### 四、台北市松山工農

台北市松山工農四周環境面山，故天然資源豐富。施作工法主要以「財團法人台北市錫瑠基金會」之主要工法施作。此綠化引用 3 種

排保水板，介質以人工混合介質與調配土為主；植物選擇以多肉與濱海等多種地被植物為主色彩質感混植相嵌呈現然消長圖案。



(a)

(b)

**圖 2-4 台北市松山工農屋頂綠化(a、b)**

(資料來源：錫瑠環境綠化基金會)

## 五、護國禪寺

護國禪寺位於中山區內，以簡單薄層綠化施作，此案例為斜屋頂之屋頂綠化，植物以種植韓國草為主，介質以泥炭土，此綠化主要希望可以達到降溫之效果，已設有自動噴灌系統進行定時定量灑水。



(a)

(b)

**圖 2-5 護國禪寺屋頂綠化(a、b)**

(資料來源：本研究整理)

## 六、基督教台北真理堂

基督教台北真理堂主要是以盆栽組合型與庭園型屋頂綠化為主，只要提供休憩育樂空間及降低教堂內圖書館之溫度，主要施作工

法以傳統工法為主。



(a)

(b)

圖 2-6 基督教台北真理屋頂綠化(a、b)

(資料來源:本研究整理)

### 七、信義國中

信義國中綠化分別為警衛室、軍訓場及垃圾回收場等三處，警衛室為平屋頂綠化結合雨水貯集再利用設施、軍訓場為斜頂綠化、垃圾回收場為斜屋頂結合雨水貯集再利用設施。主要施作工法以錫瑠綠化工法為主。



(a)

(b)

圖 2-7 信義國中(a、b)

(資料來源:本研究整理)

## 八、臺北市立北投圖書館

臺北市立北投圖書館之綠化為薄層斜屋頂之綠化，工法以傳統工法為主。屋頂植物多以景天科植物、爬藤類植物與草坪主。屋頂綠化結合雨水貯集再利用系統與太陽能系統。



(a)

(b)

圖 2-8 臺北市立北投圖書館(a、b)

(資料來源:本研究整理)

## 九、內湖污水處理廠

內湖污水處理廠之屋頂綠化只要以提供民眾休閒活動公園主，屋頂綠化工法為傳統工法。植物多以藤蔓類、喬木與灌木為主。



(a)

(b)

圖 2-9 內湖污水處理廠(a、b)

(資料來源:本研究整理)

### 第三節 屋頂綠化法規整理

#### 壹、 國外法規整理

在國外屋頂綠化已有相當完善之獎勵辦法與法規，反之，在台灣尚無完整的屋頂綠化相關獎勵辦法與法令措施；故本計畫整理各國相關獎勵辦法與法令措施，可提供台灣擬訂屋頂綠化獎勵辦法之參考，以下針對中國大陸、日本、德國、美國與加拿大，各國之具體內容整理。

表 2-15 國外屋頂綠化獎勵辦法與法規

國家	獎勵辦法與法規
中國大陸	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 上海市靜安區，每完成 1 平方公尺獎勵 10 元。</li> <li>● 上海市綠化管理局 2002 年 11 月發布「組織編制屋頂綠化三年實施計劃通知」。</li> <li>● 廣東省於 2000 年發布「關於我省城市屋頂美化和防護網、空調器及室外管道規範裝設的意見」，提出各式可參照深圳市做法，結合本地實際，提出建築屋頂美化綠化的措施。</li> <li>● 四川省已於 1994 年頒布地方標準「蓄水覆土種植屋面工程技術規範」。</li> <li>● 四川省成都市力爭在 2006 年底達到每人平均屋頂綠化面積 0.5 平方公尺。</li> <li>● 成都市五城區內新開發建築，凡是 12 層樓以下，40 公尺以下的中高層和多層、低層平屋頂建築須按要求實施屋頂綠化。</li> <li>● 成都市範圍內建築竣工時間在進 20 年內，產權明晰、滿足房屋建築安全均應根據條件實施屋頂綠化。</li> <li>● 「北京市城市綠化條例」第十三條規定：各項工程應安排一定綠化用地，其所占建設用地面積比例不得低於 20~50%。</li> <li>● 城市綠化條例規定：城市綠化覆蓋率須達到 30%，人均綠化面積應達 3~5 平方公尺。</li> <li>● 人均公共綠地面積：北京 5.8、上海 1.2、南京 7.3、天津 1.9、重慶 0.8、北京 0.8、武漢 1.6 與常州 1.9 平方公尺。</li> </ul>
日本	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 新建築面積占地超過 1000 平方公尺屋頂 1/5 必須覆蓋綠色植物。</li> <li>● 東京市政府要求屋頂總面積的 20% 須綠化。</li> <li>● 東京都澀谷區規定綠化義務為佔地 300 平方公尺以上新建築物，</li> </ul>

	<p>改擴建項目期須完成佔地20%的屋頂綠化。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 東京中央區內建築在屋頂陽台實施綠化1平方公尺面積補助1/2事業經費，屋頂陽台額度每平方公尺5萬日圓、牆面每平方公尺5千日圓花盆每平方公尺2萬日圓總計上限為200萬日圓。</li> <li>● 每年提供藤蔓植物給民眾種植。</li> <li>● 固定資產稅減輕5年。</li> <li>● 大阪市每1平方公尺屋頂綠化面積可換成0.2平方公尺的有效開放空地面積。</li> </ul>
德國	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 許多都市規定建商必須通過屋頂綠化方式償還一定面積之綠化。</li> <li>● 市政排污系統連結部分要按照雨水排放面積總面積來收取費用。</li> <li>● 鼓勵建造種植屋面，按折扣費率收取費用而得到收益。</li> </ul>
美國	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 美國許多修建“生態屋頂”的開發商、建築商及業主提供不少優惠政策。</li> <li>● 提供低息貸款。減少徵稅。</li> </ul>
加拿大	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 對於新建建築與現存建築實施屋頂綠化，並建立獎勵機制。</li> </ul>

(資料來源:本研究整理)

## 貳、國內法規整理

國內尚無屋頂綠化實施法規與獎勵辦法，故以下針對建築綠美化相關獎勵辦法進行分類，分類如下。

表 2-16 國內建築綠美化獎勵辦法與法規

地方	獎勵辦法與法規
台北市	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 第一類建築基地之綠化，綠覆率應達百分之六十五以上。</li> <li>● 第二類建築基地之綠化，建築物應留設之法定空地以集中留設為原則，綠覆率應達百分之五十以上。</li> <li>● 第三類建築基地綠化，其綠覆率應達百分之三十以上。</li> </ul> <p>➤ 建築物可選擇於屋頂設置花圃或女兒牆設置花台，二項擇一設置，屋頂花圃面積應占屋頂平台四分之一以上，女兒牆應於上方內</p>

側設置五十公分寬之花台，深度可達屋面，總長度應達建築物四週女兒牆全長四分之一。

- 屋頂突出物之牆面應植蔓藤植物設置花台綠化。
- 屋頂層各戶應於屋頂突出物角落或女兒牆設置給水栓，供屋頂綠化使用。屋頂水錶應採立式錶位。屋頂層之給、排水管應沿戶界線或女兒牆側設置。
- 本要點所稱「綠覆面」指植物枝葉覆蓋於建築物及基地內外地面之面積；所稱「綠覆率」指綠覆面與法定空地之百分比，綠覆面之計算基準如下：
  - (一)喬木採用栽植時米之高徑之計算法。
  - (二)灌木以實際面積加百分之五十計算。
  - (三)草地、地被及草花以被覆面積計算之，核發使用執照前至少其被覆面積應植栽四分之三以上，以照片上枝葉面積計算之。
  - (四)蔓性植物以花廊、柵籬或綠壁方式攀佈者，平面部份依實際被覆面積計算，以花廊支柱數為蔓性植物株數，綠覆面以花廊面積計算。
  - (五)停車場以植草磚築造者，綠覆面以鋪設植草磚面積三分之一計算，但核發使用執照時，植草磚內之草皮應生長良好。
  - (六)觀賞性水池或溪水不論有無水生植物均以其面積三分之一折算為綠覆面。
  - (七)建築物之陽台及花台綠化者；綠覆面積以綠覆部份全部計算，屋頂花園之綠覆面積以綠覆部份三分之一計算。
  - (八)在喬木下或草地上得興建門牆、步道、清潔箱、休息設施、飾景設施、照明設施、兒童遊樂設施、運動設施等無頂蓋構造物，但占有綠覆面時，應扣除計算。
- 空地綠化得採用之植物種類
- 綠覆面積內應栽植之喬木、灌木及地被植物之比率
- 植物生長之最小覆土厚度規定如下：

	<p>(一)喬木：一百五十公分以上(不足時綠覆面積依四分之三核算，但最小覆土厚度於一百二十公分)</p> <p>(二)灌木：六十公分以上</p> <p>(三)草花、草皮：三十公分以上。</p>
高 雄 市	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 依「高雄市建築基地實施綠化審核辦法」規定綠覆面計算基準與應植栽種類之比例、開放空間及應綠化之空地規定、綠化之植物種類、最小覆土厚度規定與綠化設計圖說應包含事項等。</li> <li>● 依「高雄市空地空屋管理自治條例」針對尚未開發建築之空地應完成綠美化與空地因開發或建築需要須將原完成綠美化設施或植栽撤除之規定。</li> <li>● 「高雄市都發局都市更新」將針對尚未建築閒置空間綠美化、建築物本體景觀改善、夜間照明、建築物外部空間景觀等進行補助。</li> <li>● 「高雄市工務局建築管理處」提供私有空地綠美化獎勵措施，如：減免地價稅、增加容積率等。</li> </ul>

(資料來源:本研究整理)

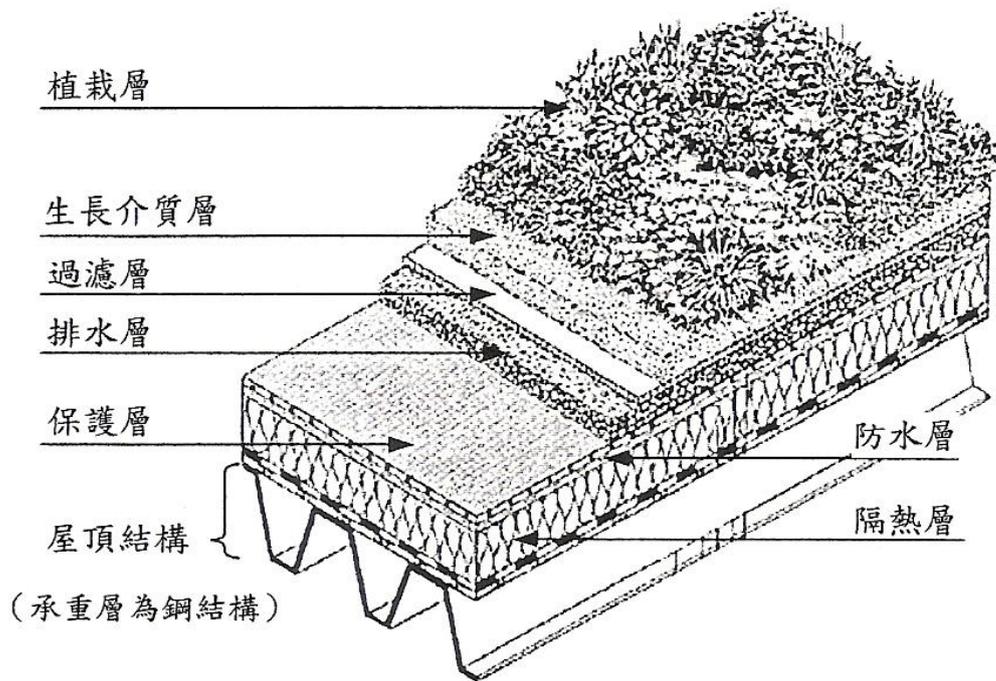
鑑此，與國外相互比較，國內應先推動相關屋頂綠化之獎勵辦法，例如：提供相關綠化產品優惠、降低徵稅與增加容積率等，非囿於台北市或高雄市兩都市，配合 2010 年台北國際花卉博覽會，進而推廣不同縣市之獎勵辦法。獎勵機制成熟後，循序漸進制定相關屋頂綠化之法規，俾利民眾增加屋頂綠化之相關知識與信心。

#### 第四節 屋頂綠化產品

本計畫針對國內外常使用之屋頂綠化產品進行相關文獻之收集，另亦對屋頂綠化規劃技術與方法等相關文獻進行整理與分析。本年度初步調查日本、歐美及國內之屋頂綠化設備產業概況及產品資料之收集，主要透過國內外屋頂綠化相關組織、各類期刊、產品型錄及網頁對相關資料進行收集，對各國產業概況及現有之產業類別進行整理，產品方面則依照該產業之經營項目進行分類。

初步收集產品基本資料，並依照前述分類方式進行分類，初步擬定收集之內容包括：產品特性、實際設施照片、設計尺寸、材質等。

本次收集以防水層、排水層及生長介質為主，以下為收集屋頂綠化各層材料及產品如下。



**圖 2-10 薄層型綠屋頂的底層結構**

(資料來源：石婉瑜，2004)

種植型薄層屋頂綠化底層結構可分為：隔熱層、防水層、防根層、排水層、過濾層、生長介質層與植栽層等。植栽將於第二年專章討論；過濾層多數以不織布為主。本計畫以種植型薄層屋頂綠化為主，故針對生長介質、排水、防根與防水產品介紹，材料與產品如下。

表 2-17 綠化材料說明總表

綠化底層	材 料	
隔熱層	軟木 (BK)、聚苯乙烯顆粒泡沫 (PS)、聚氨脂類硬泡沫 (PUR) 纖維保溫材料 (Min)、泡沫玻璃 (SG)	
防水層	瀝青、聚合物—瀝青卷材、塑料捲材和橡膠卷材、合成橡膠捲材、 聚氯乙烯 (PVC) 捲材、聚乙烯 (PE) 卷材	
保護層	塑料保護層、塑料毛墊保護層	
排水層	沙、礫石、熔岩、浮石、膨脹黏土 與膨脹頁岩、破碎的膨脹泥土與膨 脹頁岩、礦物質再循環材料、再循 環的混凝土、磚、瓦、碎煤渣、泡 沫玻璃等建築與工業廢料	編織墊、硬塑料板、泡沫材料— 排水板、聚乙烯泡沫材料墊、 聚氨酯泡沫塑料墊
過濾層	聚炳烯毛墊、聚酯毛墊、稻殼、椰殼纖維、有機廢料	
生長介質層	沙、珍珠石、蛭石、煤渣、礦渣、 熔岩、浮石、膨脹頁岩	泥炭、樹皮、木屑、稻殼、花 生殼、甘蔗渣、垃圾堆肥、汙 泥、蛇木屑、保麗龍碎片、泡 綿、尼龍纖維

(資料來源：石婉瑜, 2004)

## 壹、輕質材料比較分析

一、生長介質：此生長介質以土壤為主，土壤工能供給養分、水分、空氣及固定植物之功能，介質如表下所示。

表 2-18 頁岩材料分析

產品分類	生長介質類
產品名稱	頁岩
圖片	
產品成分	粘土、石英、長石
產品特點	頁岩是一種成分較複雜且具薄片狀層理之細粒泥質粘土岩，裂理(Fissility)為此岩石之特點，故質軟、性脆、易裂，比重約2.55~2.65。色澤因所含雜質而異，呈灰黑、綠、淺黃、淺灰等各種顏色，與砂岩同為構成台灣中央山脈以西各地層之主要岩石。

(資料來源:本研究整理)

表 2-19 矽藻土材料分析

產品分類	生長介質類
產品名稱	矽藻土
圖片	
產品成分	蛋白石，粘土、炭質(有機質)、鐵質、碳酸鹽礦物(方解石、白雲石)、石英、白雲母、海綠石、長石。
產品特點	是一種白色的軟沉積石，可輕易的磨成粉末。密度低、多孔隙、有粗糙感、是矽藻類的化石。

(資料來源:本研究整理)

表 2-20 岩棉材料分析

產品分類	生長介質類
產品名稱	岩棉
圖片	
產品成分	60%玄武岩、20%焦炭、20%石灰石加上少量熔鐵後的礦渣經高溫熔融，直徑 0.005 毫米的纖維。
產品特點	它質輕、多孔，與營養液和化學肥料不產生任何反應，疏水性強，水氣比非常適合植物根系生長，是一種性能很好的無土栽培基質。所以當它產生後不久，就被西歐各國用作基質種植蔬菜、花卉，到目前已得到廣泛使用。在荷蘭全國蔬菜無土栽培 3500 公頃中用 岩棉作基質的面積就占了 80%。

(資料來源:本研究整理)

表 2-21 珍珠岩材料分析

產品分類	生長介質類
產品名稱	珍珠岩
圖片	
產品成分	珍珠岩包括珍珠岩礦， <u>黑曜岩</u> 和 <u>松脂岩</u> 。
產品特點	利用珍珠岩的多孔特性，珍珠岩的這一特性，利於農作物的根系深入到珍珠岩基質內部吸取養分，珍珠岩孔隙可保存大量的水分，營養成分，長時間的供給作物的生長需要，在農業生產上，直接用於地表上大量種植農作物，也可用於花盆內養殖花草。

(資料來源:本研究整理)

表 2-22 浮石材料分析

產品分類	生長介質類
產品名稱	浮石
圖片	
產品成分	<p>流紋岩岩漿冒出地表後岩漿急速冷凝氣體逸出後所形成的多孔狀岩石。</p> <p>用途：可做為較輕的材料或是做為研磨材料</p> <p>特徵：顏色較淡有氣泡狀孔穴可漂浮在水面上</p>
產品特點	可做為較輕的材料或是做為研磨材料，顏色較淡有氣泡狀孔穴，可漂浮在水面上。

(資料來源:本研究整理)

表 2-23 椰糠材料分析

產品分類	生長介質類
產品名稱	椰糠
圖片	
產品成分	椰子外殼纖維粉末，也稱為椰糠，是從椰子外殼纖維加工過程中脫落下的一中可以天然降解、純天然的有機質媒介。
產品特點	<p>用於栽培植物、花草、幼苗；使用方便，乾淨，易於運輸。</p> <p>可以充分保持水分和養份，減少水分及養份的流失。它可以增加土壤的透氣性，防止植物的根系腐蝕，促進植物根系生長，可以保護土壤避免造成泥漿化。</p>

(資料來源:本研究整理)

表 2-24 蛭石材料分析

產品分類	生長介質類
產品名稱	蛭石
圖片	
產品成分	含水鐵鎂矽酸鹽類礦物，系由雲母礦物熱液蝕變或風化作用形成的再生礦物。
產品特點	膨脹蛭石具有良好的阻燃、隔音、隔熱、防火、多孔、質輕、熔點高的性能。可提高砂漿流動性，可以填充任何形狀凹空，廣泛應用於牆體內外保溫砂漿、裝飾板、保溫板的輕質骨料使用。最適合作高溫絕熱材料和防火絕熱材料。

(資料來源:本研究整理)

表 2-25 熔岩材料分析

產品分類	生長介質類
產品名稱	熔岩
圖片	
產品成分	熔岩是已經熔化的岩石
產品特點	以高溫液體呈現，常見於火山出口或地殼裂縫。一般溫度介乎於攝氏700度至1200度之間。雖然熔岩的黏度是水的十萬倍，但也能流到數里以外後才冷卻成為火成岩。

(資料來源:本研究整理)

表 2-26 木屑材料分析

產品分類	生長介質類
產品名稱	木屑
圖片	
產品成分	木頭。
產品特點	材料輕，可漂浮在水面上。

(資料來源:本研究整理)

表 2-27 陶粒材料分析

產品分類	生長介質類
產品名稱	陶粒
圖片	
產品成分	廢棄的水庫淤泥。
產品特點	輕質、保水、透氣、乾淨、無毒、無菌、無蟲害、性質穩定、不腐爛、可重覆使用。

(資料來源:本研究整理)

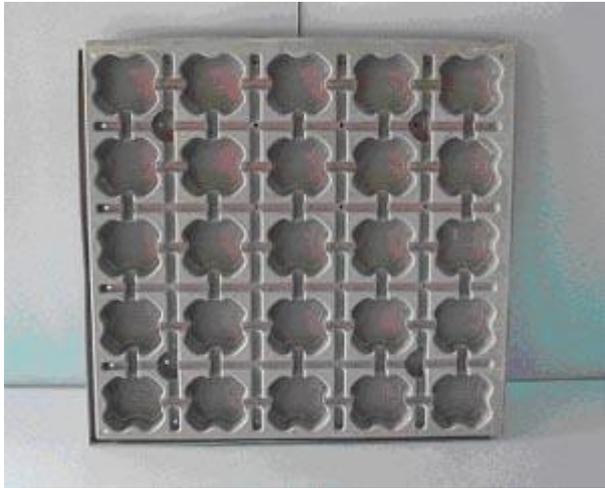
二、 **排水層**：主要以排除土壤內多餘水分防止植物根基腐爛與乾旱時，貯留部分水分，避免植物枯委，規格如下表所示。

表 2-28 植物生長座分析

產品分類	排水層類
產品名稱	植物生長座
圖片	
產品規格	30cm×30cm
產品特點	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 組合式設計，安裝容易。</li> <li>2. 可儲水分，免除時常澆水困擾。</li> <li>3. 良好隔熱降溫，減少夏季時頂樓悶熱及冷氣消耗費用。</li> <li>4. 超耐重26.3噸。</li> <li>5. 屋頂花園土壤耗材約可減少3-5倍，重量亦可減少3倍以上。</li> <li>6. 可做造景或草坪等綠化工程，可種植家庭蔬果，植物根部生長良好。</li> </ol>
適用場所	薄層屋頂綠化、屋頂花園、空中花園、中庭花園。

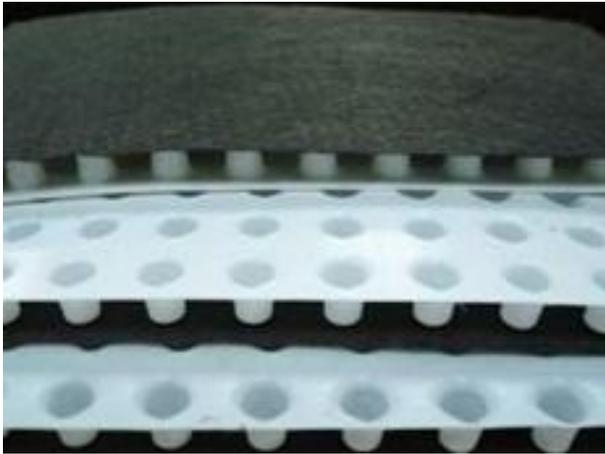
(資料來源:本研究整理)

表 2-29 GR 排保水板產品分析

產品分類	排水層類
產品名稱	GR排保水板（園藝用）
圖片	
產品規格	50.1cm×50.1cm×40cm/片
產品特點	<p>GR排保水板具有排水及保水之功能，並能減輕結構體之荷重，是極佳的中庭、屋頂綠化工法。且因其與防水層接觸之底面積大，不會因客土或植栽之荷重，重量集中於排保水板之狹小範圍而傷害防水層，並且每m<sup>2</sup>可保有8.9L之水量。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>防根</b>：特殊的構造設計，防止植栽之根部因蔓生而損傷防水層。</li> <li>2. <b>構造</b>：能作適當的保水及排除多餘之水份是為本G. R. 排保水板的特性。</li> <li>3. <b>防水層的保護</b>：獨特的設計，不會因客土之荷重影響而使防水層損壞變形。</li> <li>4. <b>作業性</b>：重量輕且又堅固之G. R. 排保水板，施工容易。</li> <li>5. <b>特點</b>：本工法之最大特點，即在於G. R. 排保水板本身，俱有排水及保水之雙重功能。</li> <li>6. <b>高載重設計</b>：每m<sup>2</sup>能承重22.6T之植栽與客土之重量。</li> </ol>
適用場所	屋頂花園、空中花園、中庭花園。

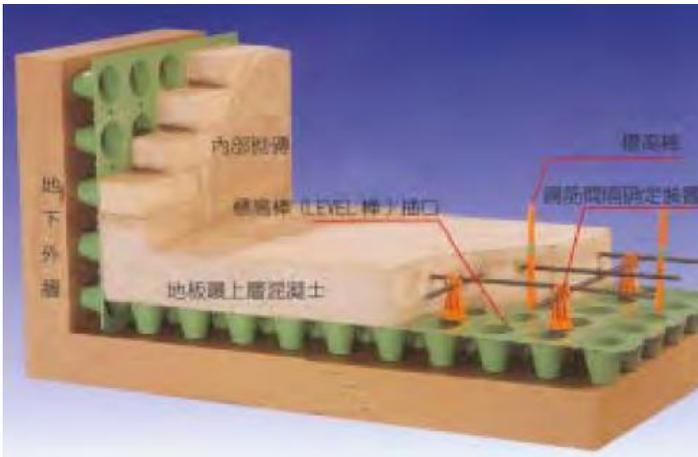
（資料來源：本研究整理）

表 2-30 排水片 TECHDRAIN-800N

產品分類	排水層類
產品名稱	排水片 TECHDRAIN-800N(不織布濾層)
圖片	
產品規格	20cm x20cm
產品特點	可扣接，凸狀結構不易變型，排水導疏流量大，透水性佳，抗壓強度強。
適用場所	景觀園藝花槽排水，一般回填土壓力排水

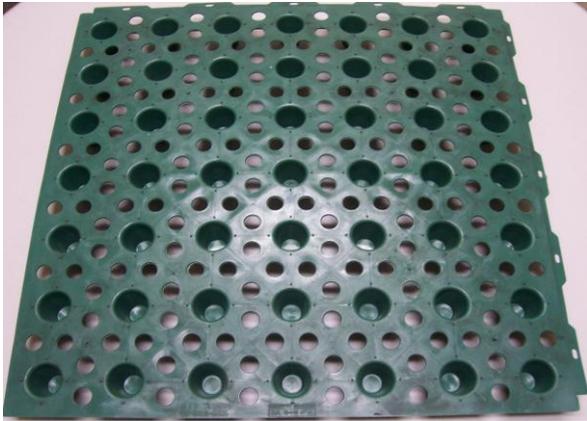
(資料來源:本研究整理)

表 2-31 排水片產品分析

產品分類	排水層類
產品名稱	排水片
圖片	
產品規格	500 cm x500 cm x120cm
產品特點	<p>本產品係以可回收高密度聚乙烯原料製成，專用於地板工程、防潮工程、排水系統，能徹底地解決建築物因工程所發生之負荷與排水問題。解脫於地下防水的難題。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 不需要地下建築物湧水、集水庫(PIT)。</li> <li>• 挖地基及殘土處理量減少、能縮短工期、節省施工費用及經濟效果優秀。</li> <li>• 壽命長、解脫於漏水及結露現象。</li> <li>• 與湧水處理用 U-BLOCK 相比，使用方便。</li> <li>• 設計成耐負合結構體。</li> <li>• 地面的隔熱及保溫性能優秀。</li> <li>• 充填混凝土的結構體，耐負荷性能優秀。</li> <li>• 本產品輕質，使用、切割及拼裝都方便所以施工性能佳。</li> <li>• 本產品是標高棒(LEVEL 棒)插入結構、整地工程方便與其他工程連續性佳。</li> </ul>
適用場所	適於薄層綠化、空中花園或中庭花園，此類型的花園。

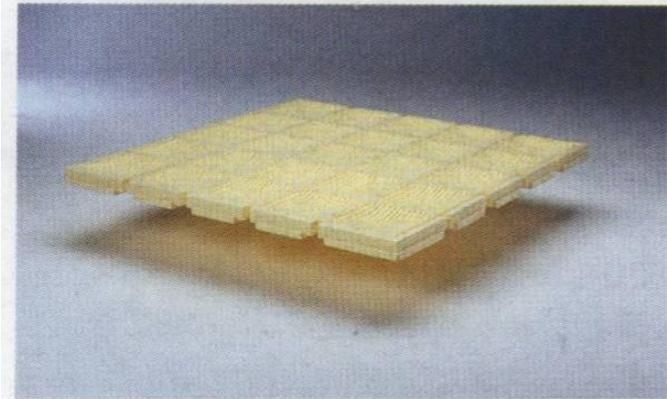
(資料來源:本研究整理)

表 2-32 蓄水式排水板產品分析

產品分類	排水層類
產品名稱	蓄水式排水板
圖片	
產品規格	50cm x50cm
產品特點	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 確保均勻的排水層</li> <li>(2) 耐負荷及耐久性絕佳</li> <li>(3) 水份調節及儲藏性能優異</li> <li>(4) 質量輕及屋頂保溫性能佳</li> <li>(5) 充分提供植物生長所需氧氣</li> <li>(6) 施工、維修方便、快捷又方便</li> </ul>
適用場所	適於薄層綠化、空中花園或中庭花園，此類型的花園。

(資料來源:本研究整理)

表 2-33 薄層蓄排水板產品分析

產品分類	排水層類
產品名稱	薄層蓄排水板
圖片	
產品規格	100cm x100cm x4 cm
產品特點	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 材質為聚苯乙烯</li> <li>(2) 排水機能良好</li> <li>(3) 適用於大規模屋頂綠化</li> <li>(4) 施工、維修方便、快捷又方便</li> </ul>
適用場所	適於薄層綠化、空中花園或中庭花園，此類型的花園。

(資料來源:本研究整理)

表 2-34 植栽基盤產品分析

產品分類	排水層類
產品名稱	植栽基盤
圖片	<p><b>【格子基盤】</b> 厳しい荷重制限でも、土壌厚を確保できるように、土壌面と嵩上げ部分が一体化した基盤を開発しました。 (現在特許申請中)</p> <p><b>【雑草対策】</b> 雑草の種が入りやすい植物と植物の間の空間は、嵩上げ(突起)部分の上にマルチング材が施されている状態です。土がなく雑草も生えにくくなります。</p> <p><b>【底面給水】</b> 勾配によって、底面に水が溜まる仕組みになっています。根が下層に入ること、植物も乾燥に強くなります。</p> <p><b>【連結】</b> パネルを連結することで、土壌の連続性を確保し、面的に排水を行います。</p> <p>●: 植物植え付け位置 通常は16ポット植栽 (最大48ポットまで植栽可能です)</p>
產品規格	102.5cm × 102.5cm × 10 cm
產品特點	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 材質為聚苯乙烯</li> <li>(2) 排水機能良好</li> <li>(3) 施工、維修方便、快捷又方便</li> <li>(4) 可維持土層一定厚度</li> <li>(5) 可抑制雜草</li> </ul>
適用場所	適於薄層綠化、空中花園或中庭花園，此類型的花園。

(資料來源:本研究整理)

表 2-35 FD 排水板產品分析

產品分類	排水層類
產品名稱	FD 排水板
圖片	
產品規格	6cm
產品特點	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 材質為聚苯乙烯</li> <li>(2) 排水機能良好</li> <li>(3) 兩年後綠覆率達 50%以上</li> <li>(4) 施工、維修方便、快捷又方便</li> <li>(5) 適合日本本土之氣候</li> </ul>
適用場所	適於薄層綠化、空中花園或中庭花園，此類型的花園。

(資料來源:本研究整理)

表 2-36 適用草坪蓄排水墊產品分析

產品分類	排水層類
產品名稱	適用草坪蓄排水墊
圖片	
產品規格	50cm x50cm x3.5 cm
產品特點	(1) 主要提供草坪適用 (2) 蓄水排水機能良好 (3) 蓄水層材質為廢棄物回收再利用 (4) 施工、維修方便、快捷又方便
適用場所	適於薄層綠化、空中花園或中庭花園，此類型的花園。

(資料來源:本研究整理)

表 2-37 模塊式綠化板產品分析

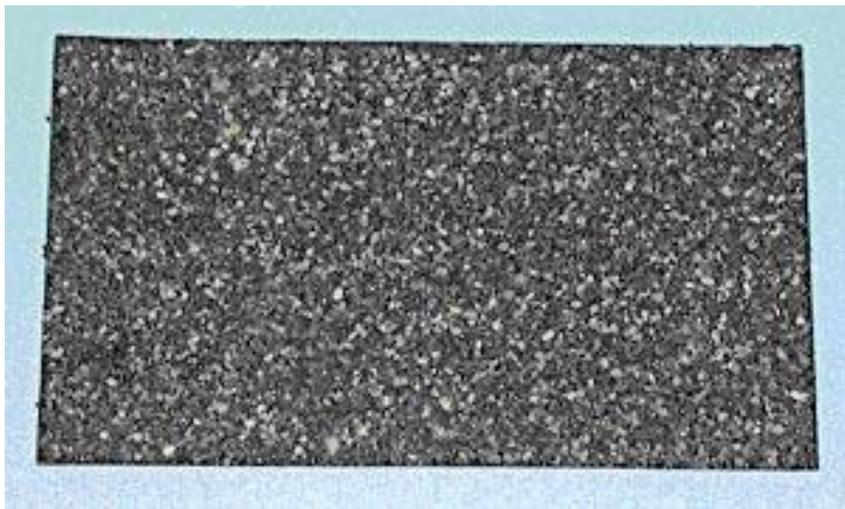
產品分類	排水層類
產品名稱	模塊式綠化板
圖片	
產品規格	30cm x30cm
產品特點	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 主要針對屋頂不同環境與施工特殊性施工</li> <li>(2) 阻根、排水、蓄水、種植系統一體</li> <li>(3) 結合雨水貯集系統，雨水使用率達 90%</li> <li>(4) 雨水利用為主、澆灌為輔</li> <li>(5) 施工、維修方便、快捷又方便</li> <li>(6) 輕薄、耐風壓、耐踩踏、耐久性</li> <li>(7) 高自由度之景觀設計</li> </ul>
適用場所	適於薄層綠化、空中花園或中庭花園，一般景觀設計。

(資料來源:本研究整理)

### 三、 防水層

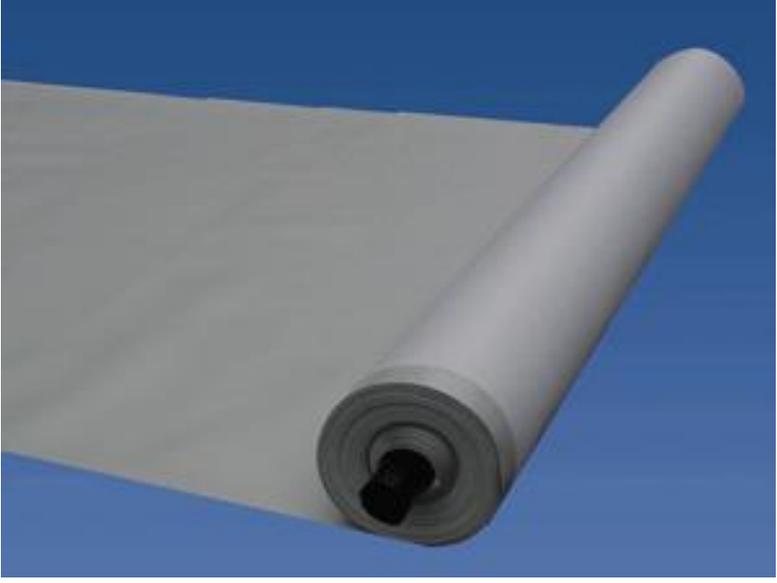
防水層主要避免屋頂綠化時，水分外漏或影響屋頂本身結構，產品如下所示。

表 2-38 附鋪耐濕 A-800 產品分析

產品分類	防水層類
產品名稱	附鋪耐濕 A-800(附粗砂粒抗拉油毛氈 800)
圖片	
產品規格	100cm×800cm/卷 (日本進口)
產品特點	<p>鋪耐濕 A-800(附粗砂粒抗拉油毛氈 800)是將基布浸透符合 JISK 2207 所規定之第四種防水瀝青並將之被覆在上下表層，再於其上側表面除預留 100mm 作為搭接帶外，其餘部份附著粗礦物質顆粒，另於下側(背面)及搭接帶部位再附著礦物質粉末之一種產品。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 符合 CNS 10416 及 JIS A 6022 之各項規格。</li> <li>2. 可作多層重疊施工之最上層使用，減少施工之失敗率。</li> <li>3. 品質優良，使用年數可達三、四十年。</li> <li>4. 從功能上而言，價格較為合理。</li> <li>5. 作為外露型防水工法使用之面層。</li> </ol>
適用場所	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 熱工法瀝青油毛氈防水層之外露型屋頂防水。</li> <li>2. 較重要與長久性考量之建築物。</li> </ol>

(資料來源:本研究整理)

表 2-39 TPO 防水捲材分析

產品分類	防水層類
產品名稱	TPO 防水捲材
圖片	
產品規格	200cm x250cm x12cm
產品特點	<p>防水築物根阻卷材式系統和新材料，除了具有安全的防水性能外，亦有效阻根降低根系對混凝土樓板及磚牆等結構刺。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 提供完種無縫的屋頂覆蓋層</li> <li>2. 利於水汽擴散</li> <li>3. 卷材本身保持永久之可焊性</li> <li>4. 高強度高延展性</li> <li>5. 反太陽輻射不需保護層</li> <li>6. 防火</li> <li>7. 能抵抗外界污染物</li> <li>8. 適用於各種安裝方法及屋頂外型</li> <li>9. 25 年或以上合理使用壽命</li> <li>10. 降低植物破壞屋面構造之機率</li> <li>11. 100%防水防根二合一</li> <li>12. 卷材接縫處材料堅固</li> <li>13. 在歐洲地區已使用多年</li> <li>14. 無收縮</li> </ol>
適用場所	適用於混凝土面、鋼結構屋面、木質屋面等，細分為七型屋頂綠化(Intensive Green Roof)，和重型屋頂即屋頂花園(Extensive Green Roof)。

(資料來源:本研究整理)

表 2-40 水泥基滲透結晶型防水材料分析

產品分類	防水層類
產品名稱	水泥基滲透結晶型防水材料
圖片	
產品規格	20 kg / 桶
產品特點	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 不影響混凝土結構，能使混凝土結構保持乾燥</li> <li>2. 本產品之晶體可阻止水的滲透，但不影響氣體流通</li> <li>3. 耐溫、耐溼、抗氧化、抗碳化、抗紫外線、抗輻射</li> <li>4. 再-30°C 至+160°C 之溫度下，在-190°C 至+1500°C 間歇性溫度下亦不受影響</li> <li>5. 防止凍融循環</li> <li>6. 防止化學腐蝕對混凝土結構之破壞</li> <li>7. 耐酸鹼</li> <li>8. 無毒無害之環保產品</li> <li>9. 成本低廉，施工容易</li> </ol>
適用場所	適用於各種屋頂、水庫、車庫、游泳池、水族館、消防池、地鐵隧道、橋樑、地下室、港口、碼頭、污水持、地下室。

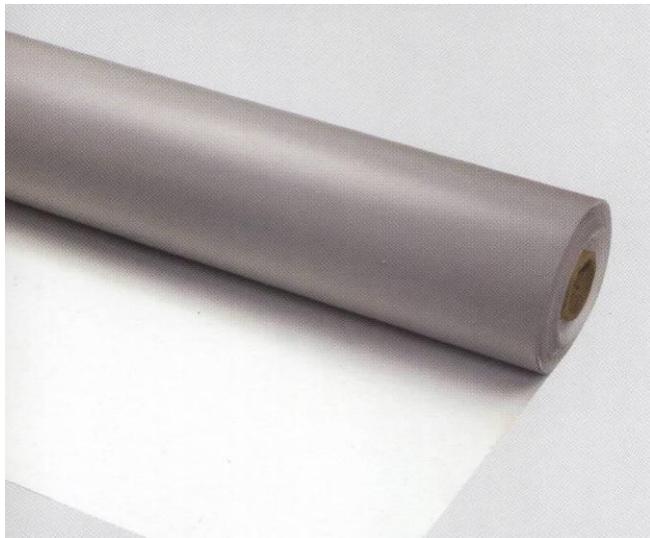
(資料來源:本研究整理)

表 2-41 環保型奈米彩色聚氨酯防水材料分析

產品分類	防水層類
產品名稱	環保型奈米彩色聚氨酯防水材料
圖片	
產品規格	25 kg / 桶
產品特點	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 使用方便</li> <li>2. 高防水性能</li> <li>3. 耐溫、耐弱酸鹼</li> <li>4. 高粘度</li> <li>5. 不含煤焦油，石油瀝青等物質，性能穩定</li> <li>6. 無毒無味</li> <li>7. 可在溼地施工</li> </ol>
適用場所	適用於各種金屬屋面搭接處防水、金屬屋面天溝防水、金屬屋面翻新、金屬屋面固件防水、金屬屋面突出物防水等。

(資料來源:本研究整理)

表 2-42 淺色屋面防水材料分析

產品分類	防水層類
產品名稱	淺色屋面防水材料
圖片	
產品規格	3050cm x200m x12cm
產品特點	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 環保且具有抗紫外線之功能</li> <li>2. 耐候性</li> <li>3. 搭接強度高</li> <li>4. 抗老化</li> <li>5. 捲材不易變型</li> <li>6. 施工簡便</li> <li>7. 熱風焊接</li> <li>8. 壽命長</li> </ol>
適用場所	適用於各種屋頂、水庫、車庫、游泳池、水族館、消防池、地鐵隧道、橋樑、地下室、港口、碼頭、污水持、地下室。

(資料來源:本研究整理)

表 2-43 三元乙丙屋面防水材料分析

產品分類	防水層類
產品名稱	三元乙丙屋面防水材料
圖片	
產品規格	3050cm x610cm x15.2cm
產品特點	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 安裝簡單快捷</li> <li>2. 耐候性</li> <li>3. 搭接強度高</li> <li>4. 抗老化</li> <li>5. 高彈性</li> <li>6. 延展率高</li> <li>7. 生命週期成本低</li> </ol>
適用場所	適用於各種屋頂、水庫、車庫、游泳池、水族館、消防池、地鐵隧道、橋樑、地下室、港口、碼頭、污水持、地下室。

(資料來源:本研究整理)

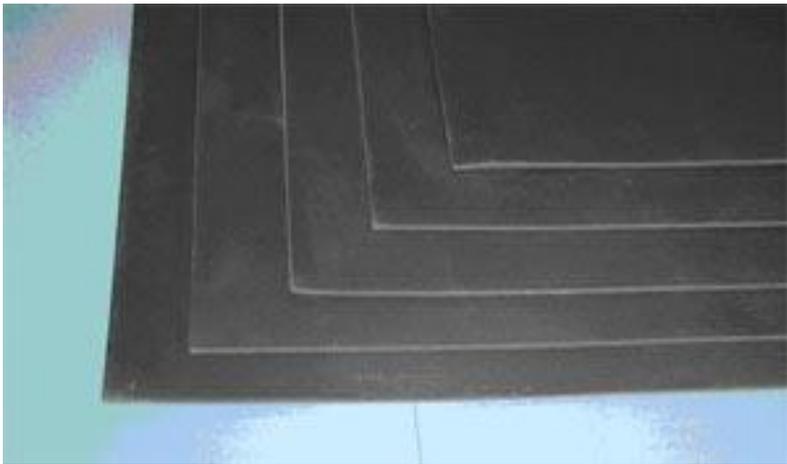
表 2-44 屋面防水防潮材料分析

產品分類	防水層類
產品名稱	屋面防水防潮材料
圖片	
產品規格	3050cm x200cm
產品特點	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 施工非常便利、高效、安全</li> <li>2. 有防滑表面和卓越的抗荷載能力</li> <li>3. 100%紫外線防護表面</li> <li>4. 可作為防水，大大改善了施工条件</li> <li>5. 壽命長</li> </ol>
適用場所	適用於屋面、牆體、樓層間防水隔汽，地下室、窗框與廁所之防潮防水。

(資料來源:本研究整理)

四、 **防根層**：防根層主要防止屋頂植物竄根問題，影響屋頂結構，產品如下所示。

表 2-45 環保型 PE 保護板產品分析

產品分類	防根層類
產品名稱	環保型 PE 保護板
圖片	
產品規格	100cm×200cm/片
產品特點	<p>本產品係採用前瞻性高科技「電子交聯 PE/PP 高分子發泡」生產技術，響應政府「綠色環保」政策，並秉持"生態保育與無污染環境"為基礎所研發出地下外壁防水層保護材。產品具絕低透濕率，絕緣效果與優越緩衝性保護效果。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 施工性與作業性：產品質輕、成捲、搬運容易，大幅提昇施工作業效率，不像以往使用的材料需有製造時間，黏著加工式的安裝更可加速施工進度，縮短工期。</li> <li>2. 可撓性：半硬軟質具伸縮特性，特別於彎曲部位亦能密合。另具有高度、耐化學性、耐熱性、耐水性、耐溶劑性等優點，確實保護防水層之機能。</li> <li>3. 保護緩衝性：電子交聯架橋高分子構造體具適度彈性，更可防止土、砂回填時對防水層之損壞。</li> <li>4. 絕緣性：獨立的密閉式氣泡結構，因此具有絕佳的耐防水性、低透濕率，有效絕緣地氣的滲透，就算在高濕度的情況下也能產生防潮效果。</li> <li>5. 環保性：電子架橋高分子 PE 板具有行政院環境保護署核准之環保標章(環標字第 1027 號)。</li> </ol>
適用場所	適用於各種地下結構物，中庭防水層使用之保護絕緣新材料。

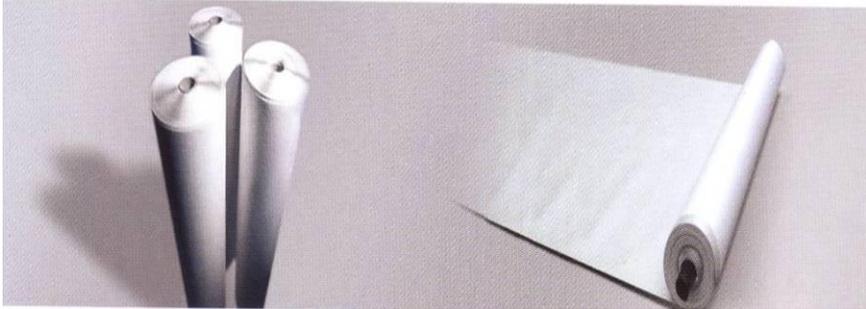
(資料來源:本研究整理)

表 2-46 環保型 PE 隔熱板產品分析

產品分類	防根層類
產品名稱	環保型 PE 隔熱板
圖片	
產品規格	100cm×200cm/片
產品特點	<p>本產品係採用前瞻性高科技「電子交聯 PE/PP 高分子發泡」生產技術，響應政府「綠色環保」政策，並秉持"生態保育與無污染環境"為基礎所研發出屋頂隔熱緩衝保護材，產品具絕低透濕率，絕緣效果與優越緩衝性保護效果。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 施工性與作業性：產品質輕、成捲、搬運容易，大幅提昇施工作業效率，不像以往使用的材料需有製造時間，黏著加工式的安裝更可加速施工進度，縮短工期。</li> <li>2. 絕緣性：獨立的密閉式氣泡結構，因此具有絕佳的耐防水性、低透濕率，有效絕緣地氣的滲透，就算在高濕度的情況下也能產生防潮效果。</li> <li>3. 環保性：電子架橋高分子 PE 板具有行政院環境保護署核准之環保標章(環標字第 1027 號)。</li> <li>4. 優良的不吸水、隔熱性：具極大的透濕抵抗性且 PE 之獨立氣泡體，亦具隔熱性能之安定性。</li> </ol>
適用場所	適用於各種結構物，防水層使用之屋頂隔熱緩衝材料。

(資料來源:本研究整理)

表 2-47 E-PVC 植物根阻捲材分析

產品分類	防根層類
產品名稱	E-PVC 植物根阻捲材
圖片	
產品規格	200cm x250cm x12cm
產品特點	<p>防水築物根阻卷材式系統和新材料，除了具有安全的防水性能外，亦有效阻根降低根系對混凝土樓板及磚牆等結構刺。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 提供完種無縫的屋頂覆蓋層</li> <li>2. 利於水汽擴散</li> <li>3. 卷材本身保持永久之可焊性</li> <li>4. 高強度高延展性</li> <li>5. 反太陽輻射不需保護層</li> <li>6. 防火</li> <li>7. 能抵抗外界污染物</li> <li>8. 適用於各種安裝方法及屋頂外型</li> <li>9. 25 年或以上合理使用壽命</li> <li>10. 降低植物破壞屋面構造之機率</li> <li>11. 100%防水防根二合一</li> <li>12. 卷材接縫處材料堅固</li> <li>13. 在歐洲地區已使用多年</li> </ol>
適用場所	適用於混凝土面、鋼結構屋面、木質屋面等，細分為七型屋頂綠化(Intensive Green Roof)，和重型屋頂即屋頂花園(Extensive Green Roof)。

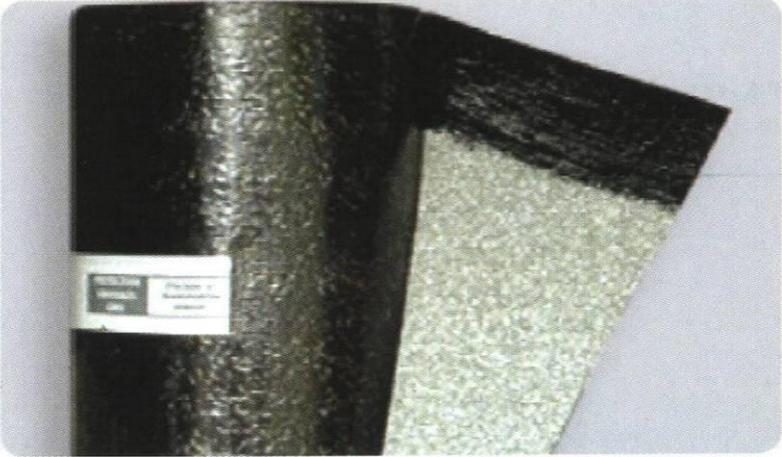
(資料來源:本研究整理)

表 2-48 QC-PRRM 根阻捲材分析

產品分類	防根層類
產品名稱	QC-PRRM 根阻捲材
圖片	
產品規格	0.4cm
產品特點	<p>當植物根尖生長到卷材上時，化學抗根劑使根尖角質化而停止生長，捲材不被穿刺，捲材也易有防水功能。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 提供完種無縫的屋頂覆蓋層</li> <li>2. 卷材本身保持永久之可焊性</li> <li>3. 100%防水防根二合一</li> <li>4. 高強度高延展性</li> <li>5. 降低植物破壞屋面構造之機率</li> </ol>
適用場所	適用於建築屋面、牆面、露台、廣場等種植綠化。

(資料來源:本研究整理)

表 2-49 耐根穿刺防水捲材分析

產品分類	防根層類
產品名稱	耐根穿刺防水捲材
圖片	
產品規格	3050cm×200cm
產品特點	<p>在瀝青混合中添加環保阻根劑，使植物根與添加劑產生化學反應，添加劑使植物根形成角質化，使植物根平行生長，進而達到抑制植物根穿刺防水層之目的。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 提供完種無縫的屋頂覆蓋層</li> <li>2. 卷材本身保持永久之可焊性</li> <li>3. 100%防水防根二合一</li> <li>4. 高強度高延展性</li> <li>5. 降低植物破壞屋面構造之機率</li> <li>6. 抗老化</li> <li>7. 抗黴菌腐蝕</li> </ol>
適用場所	適用於建築平屋頂、斜屋頂、地下種植樓板、新建築、或翻修建築等。

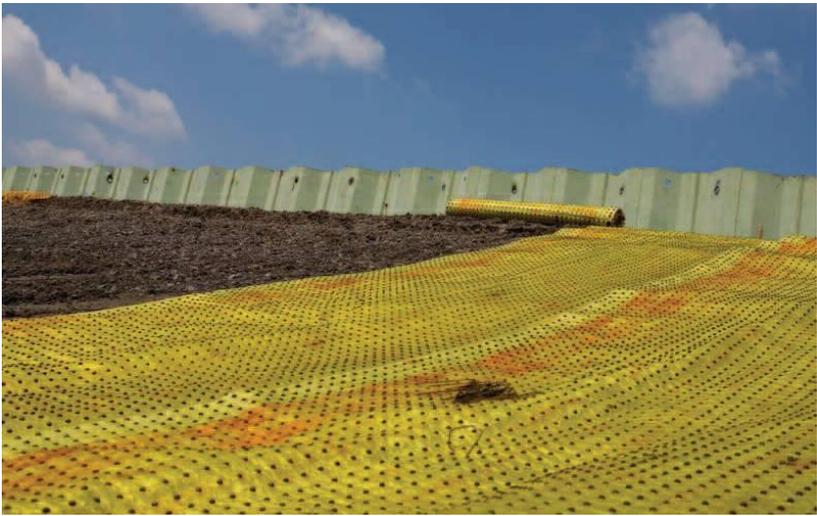
(資料來源:本研究整理)

表 2-50 噴塗聚脲彈性體材料分析

產品分類	防根層類
產品名稱	噴塗聚脲彈性體材料
圖片	
產品規格	25kg/桶
產品特點	<p>噴塗聚脲彈性體是環保型耐根穿刺防水材料。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 無接縫</li> <li>2. 高強度、高彈性</li> <li>3. 耐水、耐老化</li> <li>4. 耐腐蝕、耐磨、耐沖擊等无可替代的优点</li> <li>5. 防根、防水</li> </ol>
適用場所	適用於防水工程、建築平屋頂、斜屋頂、地下種植樓板、新建築、或翻修建築等。

(資料來源:本研究整理)

表 2-51 Biobarrier 化學防根布材料分析

產品分類	防根層類
產品名稱	Biobarrier化學防根布
圖片	
產品規格	610 cm×3050cm
產品特點	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 化學藥劑結合不織布</li> <li>2. 節由水分吸附釋放藥劑治土壤中</li> <li>3. 需放置在排水層上方</li> <li>4. 兼具過濾層之功效</li> </ol>
適用場所	適用於防水工程、建築平屋頂、斜屋頂、地下種植樓板、新建築、或翻修建築等。

(資料來源:本研究整理)

## 第五節 屋頂形式與綠化類型

屋頂綠化先決條件為建築物之承載力，欲了解屋頂之承載力前先了解結構體，而屋頂承載力亦與屋齡有密切的關係，建築之承載力與建築物之新舊有關。新建築承載力均符合無活載種情況下，每平方公尺 250 公斤之限制。故本節針對舊建築之承載力進行探討。

屋頂施作綠化需考量其屋頂型式，本節將針對屋頂型式進行分類並分析其綠化的可行性與限制。屋頂綠化依照不同的需求而有各種型式，在設計規劃上也有所差別，因此以下將依舊建築物之承載、建築物屋頂型式與屋頂綠化類型進行區分。

### 壹、舊建築物之承載

施作屋頂綠化時安全考量為首要條件，因此屋頂可承受之載重成為屋頂綠化關鍵，關係是否允許施作屋頂綠化及綠化之類型。建築物依照不同年代建造而有新舊之分，其屋頂承受之載重並不相同；除了新建築物本身設計以考慮屋頂綠化的承載之外，在其他老舊建築物欲施作屋頂綠化，需考量原先承載力是否可以接受施作。

建築技術方法的不同會影響承載力之外，隨著屋齡的增加也會影響建築物的承載力。大體來說，一棟建築物的使用壽命至少在三十年到五十年間，屋齡較久的房子可能會有水管生鏽或屋頂、外牆龜裂滲水問題。可以藉由建築物出現之裂縫與滲水的問題結合屋齡了解其承載力是否降低。另外，一般民眾對於老舊建物缺乏維修之觀念與習慣，長期使用而缺乏保養，建材腐朽而承載力更易降低。

#### 一、 建築物裂縫與屋齡

裂縫數量與屋齡的關係，因建築材料到達一定壽命時開始老化，一般而言屋齡越大裂縫數量相對的也有越多的趨勢。因此，應注意建築物的狀況，並且維護及持續追蹤裂縫狀況。屋頂裂縫數量越多表示結構物的承載力已不是當初設計承載的能力，可由裂縫數量了解老舊建築物的衰退狀況。建築物之承載力與裂縫數量、屋齡有密切關

係，因此在施作屋頂綠化前可先了解其裂縫數量與屋齡，藉此了解屋頂之狀況。施作屋頂綠化以前必須對於屋頂裂縫作深入的了解，若裂縫已嚴重影響承载力則不適合施作，且應盡快補強其承载力以策安全。若裂縫尚無影響承载力則應先施作防水處理，最好重新整修屋頂的防水層，防止日後施作屋頂綠化時有滲水之情況。

## 二、 舊建築施作屋頂綠化

舊建築物之承载力隨著屋齡增長而逐漸降低，在台灣各大城市之中，老舊建築物還是占了相當的比利，如何合理、安全的施作屋頂綠化是十分重要的課題，所需考慮的問題也相當的多。

### (一) 舊建築物類型與屋頂型式

50年代以前，建築物常使用單層磚造或多層磚造，屋頂多為木頭結構，無論其屋頂為何種型式或承载力如何，都不適合施作屋頂綠化。但如過真的有需要使用上的需求，可將屋頂木頭結構拆除，使用原結構物較大承载力之磚、牆、柱，施作新的鋼筋混凝土結構之平屋頂。

60年代以後，建築物常使用鋼筋混凝土結構，屋頂多為平屋頂，這種建築結構對於施作屋頂綠化，提供了相當理想的條件，為舊有建築施行屋頂綠化的主要對象。

### (二) 舊建築平屋頂承载力

當施作屋頂綠化時，舊建築其老舊防水及隔熱層，可將挖出翻修或使用新材質與方法施作，可減輕屋頂自重將此部分多出的承载力轉給屋頂綠化所需增加的承載。此法可以為屋頂減輕許多自重使屋頂綠化施作有更多發展的空間，甚至可以增加屋頂綠化的防水與隔熱性能。在實際工作中要根據所改造的項目算出所減輕的數值與綠化中可能設置與建造的工程項目、數量與尺度。最重要的是，不可超出屋頂結構所能承受的重量為原則。

## 三、 舊建築屋頂防水處理

舊建築平屋頂施作屋頂綠化，除了承载力為重要問題之外，屋頂防水也是極為重要的技術難題。國內許多老舊建築物都有屋頂滲水之

問題，在施做屋頂綠化前最好徹底重新翻修一次屋頂的防水層，使用新型的防水材料。因為在舊建築屋頂上改建施作綠化時，建議在種植區下方不施作排水系統，而是屋頂整體施作良好的防水層，在整體的防水層上再建置種植層，種植層的排水口再與屋面排水口結合。此種方法，使屋頂整體防水層不易遭受到破壞與分割，且施工、管理均方便。在施工之前最好在整個屋頂上施作漏水試驗，將屋頂全部排水口堵住並放 100mm 水深，24 小時之後觀察屋頂下滲漏之原因與部位。直至檢修完成確認屋頂無滲漏情況才可以施作。如果當屋頂綠化建置完成後才發現屋頂有漏水的狀況，則必須將屋頂綠化的設施與工程拆除才能檢修，將造成極大的損失。

#### 四、 舊建築屋頂排水

設置屋頂綠化時必須對於排水系統有嚴格的要求，在可能的情況下應增加排水口或增大管徑，或改善排水口的構造使其排水更加快速。最重要的是須防止植物的根葉以及土壤雜質進入到排水口造成堵塞，因此在種植土壤下方一定要放置過濾層與排水層。

##### (一) 建築物安全評估

可以由簡易的安全評估方式了解建築物的狀況。在內政部建築研究所《建築物耐震評估作業及震害資料庫建置之研究》提出「建築物簡易安全評估表」，其中有許多在屋頂綠化前可供參考之項目。在該建築物簡易安全評估表中，屋齡在危險度評分滿分 100 的情況中，佔了 9 分的比例，其中 30 年以上屋齡為 9 分滿分、20 至 30 年屋齡為 6 分、10 至 20 年屋齡為 3 分、10 年以下為 0 分。

另外，樑柱板牆屋架等構材滲水銹蝕等程度、屋頂風化害程度、屋頂排水與防水功能都會影響屋頂的承载力，在施作屋頂綠化前必須對建築物收集資料並且施作評估，確定該建築物是否有足夠條件施作屋頂綠化。

## 貳、建築物屋頂型式

台灣建築物屋頂可分為平屋頂及斜屋頂，依照不同的屋頂類型進行綠化潛力的分析，以及了解屋頂綠化限制與使用情形。

屋頂依結構、施作方法以及材料的不同，有著不同的承載力與防水能力，欲施作屋頂綠化需了解該屋頂之結構方法，使屋頂綠化有安全保障。在設計綠化時，許多時候綠化的型式取決於屋頂的外觀，屋頂型態的差異提供了施作時不同的潛力。對屋頂的充分調查有助於日後屋頂綠化的實施，除了屋頂基本資料外尚需記錄屋頂之附加的結構物與設施(例如塔樓、水塔及逃生設施)，了解未來是否會影響到施作與規劃動線上的安排。以下針對平屋頂斜屋頂做分類。平屋頂可依：(1)建築物結構、(2)建築物外觀進行分類；斜屋頂可依：(1)建築物結構與(2)傾斜角度分類，分類如下。

### 一、平屋頂

#### (一) 依照建築物結構分類

##### 1. 木樑平屋頂

在 50 年代前的老舊建築物當中可以看到使用木梁結構組成屋頂，現存此類的建築物大多都有嚴重的漏水情況，木結構平屋頂一旦漏水會造成樑木與牆體結構的損壞腐朽，因此並不建議在此類老舊建築屋頂上進行綠化。

##### 2. 預製鋼筋混凝土樑板結構平屋頂

50 年代以後許多磚造與混凝土結構物屋頂使用預製鋼筋混凝土大樑以及預應力圓孔板組成平屋頂為承載結構。預製樑板結構可根據不同使用需求生產不同長寬、承載力之產品。雖此類建築物耐久性佳，承載能力良好且施工方便，且是屋頂綠化理想的平屋頂結構物，但在台灣建築結構中較不常見。

##### 3. 現場澆置鋼筋混凝土肋型平屋頂

現場澆置混凝土梁板所使用的大梁與樓板，並非是在工廠生產後再運輸到現場吊裝組合之屋頂，而是在施工現場建模板、捆扎鋼筋再

注入混凝土，經過充足時間的養護後拆除模板後及形成的肋型樓板。此種建築方法在台灣大量採用，因其整體結構性、抗震能力良好，鋼筋混凝土樓板對於建造屋頂防水有良好的效能，因此為施作屋頂綠化理想的屋頂型式。

#### 4. 鋼結構高層建築

鋼結構高層建築有較高承载力，且許多新建之商業大樓在設計時已將屋頂綠化納入考慮並反映在設計承載上。雖然鋼結構高層建築對於屋頂綠化有良好的承载力，但相對也有其缺點於後文說明。

### (二) 依照建築物外觀分類

#### 1. 無女兒牆之平屋頂

此類建築物較為老舊，使用率並不高，屋頂平坦沒有女兒牆、欄杆等保護措施，有時甚至沒有樓梯可以通往，屋頂僅有水塔以及天線設備，需維修時才會上樓。因其使用率低大部份屋頂樓板皆屬於閒置空間，正適合粗放型的屋頂綠化。

綠化時不應施作承載較高的精製綠化，而可以使用薄層承載較低的粗放型綠化，因其為老舊建築物，在屋頂綠化時必須確認其承载力是否足夠。

此外，也必須特別加強防風工程與介質的固定，此類屋頂周圍沒有圍牆的遮蔽，受到風的影響相較於其他屋頂類型來說較明顯，亦有收可之問題。而此類屋頂通常沒有供水至屋頂，需考量澆灌問題或使用保水性較高的耐旱植物。

設計屋頂綠化時必須考慮安全問題，因沒有女兒牆與欄杆的保護，建議並不要對居民開放以免造成危險。

#### 2. 有女兒牆之平屋頂

台灣許多住宅屋頂都屬此類，由於沒有加蓋其他遮蔽物，屋頂於日曬時溫度偏高，因此民眾除了曬衣或堆置雜物外大部分屬於閒置狀態。此類屋頂較無女兒牆平屋頂更安全，可以依照居民的使用情形，保留部份的空間供日常使用，另外規畫一部份為綠化用地，或是全面

綠化。因考慮到屋頂承载力低的問題，可設置載重較低的簡易屋頂綠化。

### 3. 閣樓式平屋頂

此類屋頂有相當的面積為閣樓部份，可利用剩餘面積比例不高，且對於屋頂空間的使用也較頻繁，因此此類屋頂作為綠化的潛力將十分有限。可將閣樓之上的平屋頂視為無女兒牆之平屋頂來施作綠化，其餘部分則視為有女兒牆之平屋頂來施作綠化，甚至可以搭配其他垂直綠化增加綠化的潛力。

### 4. 商業大樓

商業大樓相較於一般住宅建築的樓層數高出許多，樓層越高則風速越強，因此對於植物生長與固定生長介質產生了困難。在商業大樓為因應辦公的大量人口需求，常在頂樓架設冷氣冷卻水塔、通氣管、排煙管以及無線電話的基地台，佔用了屋頂大部分的面積，並且，機具所排放出來的熱氣，也造成屋頂生態環境的不良，民眾沒有意願進入，進行屋頂綠化前必須將機具散佈與密集管線佈滿地面的狀況改善，重新考量機具的位置才能規劃出較完整與良好的屋頂綠化空間。在新的商業大樓法規規範下，屋頂的機具大多設在樓梯間的頂層，各種管線與水表也都採取集中設置，因此新商業大樓屋頂大多保持完整與空曠，為施作屋頂綠化提供良好的空間與潛力。

## 二、 斜屋頂

在平屋頂進行綠化較廣為人知，但在斜屋頂上進行綠化就較少見。在緯度較高的國家，因排除降雪問題屋頂設置為傾斜；而台灣則是可以看到許多住宅樓頂增建鐵皮斜屋頂，斜屋頂成為台灣設置綠化的潛力之一。在斜屋頂上進行綠化時並不對居民開放，因此可以全面綠化，屋頂的斜度也可以幫助排水。需注意的是屋頂之傾斜角度會造成材料的滑動，如何固定介質與植物成為鋪設時的關鍵。在日後的維護管理方面，也較平屋頂來的不易。

## (一) 依照建築物結構分類

### 1. 木樑斜屋頂

此類建築物在台灣都市內已較少見，是由木梁承載，其屋面使用水泥瓦片或陶土瓦片作為防水層，因其承載強度有限，並不建議施作屋頂綠化。

### 2. 鋼筋混凝土斜屋頂

在大型公共建築物與工業廠房中屋頂結構，使用預應力混凝土結構屋面或現場澆置混凝土屋面，形成梯形、弧形等曲面形狀。整體結構性、抗震能力良好，屋頂防水有良好的效能，為施作屋頂綠化理想的屋頂型式。

### 3. 鐵皮斜屋頂

台灣住宅在頂樓違法搭建鐵皮屋頂的情形非常普遍，且幾乎是佔滿整個屋頂面積，其結構材料為輕型鋼架結構與鐵皮等承載力較低的建材，施作綠化有安全性的考量。

此類型屋頂之承載力與使用薄層綠化亦可減輕載重，並且加強固定介質與植物，廣泛鐵皮斜屋頂將成為台灣設置屋頂綠化極具潛力的選項。

## (二) 傾斜角度分類

所有屋面都一定有其該有的排水坡度，根據不同的坡度在施作屋頂綠化時，其規畫、建造及管理的準則將有不同。分類如下。

1. 0%~1.7%的屋面坡度(0°~1°)：當屋面坡度小於2%時對於在缺水的地區很有優勢，可以在屋頂綠化的系統中將雨水貯集並利用於灌溉，但此類屋面防水要求則需較嚴格。

2. 1.7%~5.2%的屋面坡度(1°~3°)：在此類屋面坡度由於降雨可以迅速排出，因此可以考慮設置雨水貯留裝置，屋面防水層負荷低，故可使用普通屋面防水。此坡度進行屋頂綠化沒有傾斜問題，不需針對沖蝕採取措施。

3. 5.2%~36.4%的屋面坡度(3°~20°)：此類屋面坡度由於坡度較大雨水快速排出，介質中供給植物生長所需的水分較少，故需要考慮設置雨水貯留裝置。除了考慮雨水貯留外，因排水速度提高表面沖蝕的狀況需考慮防止沖蝕的措施。在屋面坡度大於15°時必須要附加防滑裝置，可利用屋面原有結構形狀進行防滑或增加防滑裝置。
4. 36.4%~57.7%的屋面坡度(20°~30°)：除了上述止滑措施需實施外，當屋頂綠化初期時可使用黏膠劑加強固定表面，則可以度過播種或栽種到植物形成地面遮蔽的時期，防止土壤受到嚴重的沖蝕。
5. 57.7%~100%的屋面坡度(30°~45°)：較不常在此坡度或超過此坡度進行綠化，但仍是可施行的，需更加強防滑措施，並且加強日後維護管理。

### 參、屋頂綠化的類型

對於一個新設計或舊有建築物的綠化準備施工前，必須先了解綠化要達到哪些目標。並且考慮到需求、荷載、管理維護及經費等實際情況，仔細考慮所期望達到的綠化目標與施工的經濟、人力投注，並當地環境是否符合。每個屋頂綠化都有不同的要求與目的，因此設計方案應該根據起特定要求有所不同。屋頂綠化分類應按照使用者需求、結構承載力、綠化樓層的高度以及其他因素而有所差異，施作不同的屋頂綠化形式，不同之屋頂綠化在規劃設計上也有所不同。以下從：(1)屋頂綠化型式、(2)使用者需求、(3)綠化樓層的高度以及(4)室內空間花園作為要點區分。

#### 一、依屋頂綠化型式區分

根據屋頂綠化所施作的不同型式分類成為：花園型綠化、組合型綠化與薄層綠化、種植箱綠化以及垂直綠化。不同的綠化從用途到景觀上都有其差異性。分類如下。

## (一) 庭園型屋頂綠化

庭園型屋頂綠化亦稱為「集約型綠屋頂」或「精緻型綠化」，以構築主關的庭園為出發點，此種屋頂綠化方式由於致力於提供良好的生長環境且土壤的厚度夠，因此在植物的選擇上較不受限制，可以同地面上的公園一般，種植各種較精緻、高大的庭園植物以豐富景觀層次，並配置花架、花台、水池、步道等設施，形成一個完整園景。其優點為景觀效果較佳、植物層次豐富且完整性較高。然而其同時也具有維護管理需求高、資材搬運不易及結構滲水時；處理困難等問題(財團法人台北市錫瑠環境綠化基金會，2007；石婉瑜，2004)。

此種綠化方式承载力需較高，因一般精緻型綠化土壤介質層約為25~100公分之間，且有些灌木可以生長到200公分高，因此對於承载力需特別要求。新建物可在結構物設計時將屋頂綠化作為考慮，舊有建築物因承载力無法滿足精緻型綠化的要求而不建議施作。一般情況下，精緻型綠化僅能在坡度小於10%的屋頂上施作以避免沖蝕。在精緻型綠化中幾乎所有的植物都能夠在屋頂上種植、生長，如同地面上的公園一樣不受任何限制，可種植灌木、何草、草坪、甚至矮小的木本植物都可以生長。在施作的時候會多考慮一些設施的投入，例如水池、花架、石階等造景。精緻型綠化是一較昂貴且景觀引人注目，並像一般公園有許多的用途，因此必須持續進行例行性的維護及保養作業，如灌溉、施肥、修剪及去除雜草等。由於建造方式與植物選用，以及日後的維護費用，使精緻型綠化為一高成本的綠化型式。

## (二) 植栽組合型屋頂綠化

此綠化使用各種盆器種植植物，容器造型尺寸與植株高度，將其設計組合排列，以形成景緻。其具有材料取得及施工容易、擺放位置自由且較無根系破壞結構之虞等優點。但維護管理需求較大、植物生長根系受侷限且不易種植較大植物也是其缺點(財團法人台北市錫瑠環境綠化基金會，2007)。組合型屋頂綠化可採用花盆、花桶、花池或花壇等分散型式組成綠化，因種植箱靈活可動，早成布點較靈活場

地適應性強，構造簡單容易施作不需專業施工，投資金費較少且見效快，可為較載小的屋頂空間產生施作綠化的可能性並仍存留活動的空間。

### (三) 種植薄層型屋頂綠化

種植薄層型屋頂綠化也稱做「簡易綠化屋頂」或「粗放型綠化」。薄層型屋頂綠化是指在屋頂上鋪設淺薄的人工混和介質，並種植強韌、低矮、具自生性的地被，維護容易且造價低廉的屋頂綠化施工方法，因其欲設法降低成本，通常土壤介質層在 5~20 公分之間，沒有太多造景設計，因此其所需承载力也相對降低。

通常施作在較乾旱的地區，不同於庭園型屋頂綠化，在選種植物時，粗放型必須精確的選擇適合施作地區氣候與環境生長的植物，這些植物通常必須可以適應乾旱、強光或積水等較極端的生長環境，甚至完工之後也希望仰賴其自然繁殖機制，減少人工補種維持的工作，可以選擇該地區的原生植物或採用景天科及耐旱性強的植物種類，鑒於台灣季節降雨不均及海島氣候，選擇植物可朝耐旱地被以及濱海植物為方向。

以適應燥熱、乾旱、強風、強光、積水等不利環境的屋頂綠化工法，達到提升環境效益、永續節能的目的。這類綠化具有獨樹一格的施作原則，完工後僅需依賴自然機制，甚少需要投入額外的人工資源來維持，並且同時也具有低承载需求、費用經濟等特性，但植栽豐富度不足、生態性較低且因介質層較薄，保水力也不如前二種高等等，也是其不足之處(財團法人台北市錫瑠環境綠化基金會，2007；石婉瑜，2004)。

有些植物雖能在不利的環境下生卻無法達到綠化外觀的要求，如苔蘚植物。為了避免粗放型綠化失敗，在綠化時不應使用單一品種植物，應將多種植物結合應用，將施作綠化貼近於大自然真實情況。

薄層綠化為粗綠化之方法之一，利用淺層土壤介質的耐旱植栽，大面積的覆蓋建築物的屋頂，減緩都市化不透水面增加造成之熱島效

應的一種簡易人工地盤綠化工法。雖不及精緻型綠化美觀，但卻有維護管理費用較低、低承载力需求以及施作經濟實惠。

綜合以上所述，本研究選擇種植型薄層屋頂綠化做為研究對象的原因，在於其費用經濟且容易施作，且國內近來也開始推廣及試驗薄層型屋頂綠化的實際效益。

## 二、 依使用需求區分

依照使用者不同的需求作為區分，如公共空間屋頂綠化、營利性質屋頂綠化、家庭式小花園屋頂綠化以及生產與研發為目的之屋頂綠化，不同類型的使用需求對於屋頂綠化設計上亦有不同。

### (一) 公共空間屋頂綠化

屋頂綠化型式最常見的為公共空間，除了具有綠化效益外，也可為工作及生活在該建築物的人們提供一個室外活動的空間。建造之公共場所為目的的屋頂綠化，設計上必須考慮到服務對象的公共性，在出入口、綠化內的動線、場地布局以及植物配置等都要是何人們在屋頂上活動與休閒。

公共空間屋頂綠化通常為花園型綠化，因必須負荷較多變化之植物載重與人們的活動，所需承载力相對較高。另外，公共空間屋頂綠化也需要長期定期維護管理，並注意設施是否老舊影響安全性，使整體綠化維持品質。許多污水處理廠、垃圾場及公共廁所，施作前缺乏設計之外觀之外觀與異味，因綠化達到美觀作用，並淨化空間內部或周圍之空氣。經過精心設計後，除可以作為休閒遊憩之地，也使得寶貴城市的土地得到有效的利用。

### (二) 營利性質屋頂綠化

屋頂花園或室內花園之景觀設施為新建豪華旅館的要求之一。屋頂綠化對於商業設施與娛樂設施的聚集和吸引遊客有很大的作用，特別是在屋頂綠化中設置露天餐廳、酒吧，可達到營利目的。

此類屋頂綠化需擺設營利設施，如桌椅及販售平台，綠化中的設

施、植物花卉，應該考慮以小巧精美為主。另外，因應晚上營利之需求，需特別注意照明設備使屋頂保持安全並且精緻。對於公司與企業來說，如果購置或租賃附有屋頂綠化的辦公大樓，不但可以給客戶留下深刻印象，也可為企業形象加分，更可使員工的工作氣氛得到改善，提高員工工作的積極性。

### (三) 家庭式小花園屋頂綠化

隨著生活水平的提高，國人開始追求生態文明的健康生活，使得小型的屋頂綠化可以走入住宅。因承载力有限不宜設置假山與水體，但可以充分利用牆體與欄杆進行垂直綠化，如果條件允許可延牆角設置小水池飼養魚類。

若在住宅建築物樓頂施作綠化，亦可為最高層住戶減少傳入室內的熱能，達成隔熱效果；並可以降低噪音，消除煩躁感，有益身心健康。但施作前需考慮承载力以及屋齡對於承载力之影響，檢查屋頂是否龜裂，並且作好防水措施並測試無誤，以免施作後產生漏水問題。城市住宅區內藉由更多綠色休閒空間，使人們能夠就近休憩、娛樂，產生回歸自然的感覺，使成是更自然、更人性化，提高城市舒適性，住宅區內多栽種花卉以及其他植物，在社會學、醫學及經濟方面都可以給人類帶來益處。

### (四) 生產、研發為目的屋頂綠化

以生產、研發為目的的屋頂綠化可種植瓜果蔬菜花卉進行花卉研究，並且可栽培新的品種。甚至都會區內的大樓可以成為農地，種植稻米以及水果，產生經濟價值利益。為科技研發生產所需要開闢的綠化屋頂，一般而言只設置生產所必需的設施，如水電系統、規整的種植區和人行道。

## 三、 依綠化樓層的高度

屋頂綠化隨著不同的高度而型式有區分，依照樓層高度區分為單層樓、低層樓、高層樓建築屋頂綠化；因著樓層不同高度，其空間開敞度及視野也不盡相同

### (一) 單層樓屋頂綠化

單層建築物上建造屋頂綠化，多為取得綠化環境、降低傳導至室內的熱量，或作為永續設計推動屋頂綠化的簡易展示，不需參觀企業大樓樓頂而在一般街道高度就可以觀賞。

由於單層建築物樓頂通常不使用且沒有具備樓梯設備，有些單層建築物甚至為鐵皮屋頂，承载力較低無法在其上遊憩，因此一般不允許開放使用。

### (二) 低層樓屋頂綠化

較低樓層施作綠化通常為獨立式及附建式，獨立式是在整棟建築物的屋頂上建造綠化，而附建式則是依靠在其旁高層樓建築的一側。

低層樓屋頂上綠化，使用與管理較方便，居民可以方便作為休閒使用，改善、美化城市環境顯著，因此可在成是舊有建築物上改建、增建屋頂綠化。

### (三) 高層樓屋頂綠化

在高層樓屋頂上施作綠化，在技術與效益層面都需要多方思考。高層樓每層建築面積較小，樓層越高樓板面積越小，也因樓頂距低樓層使用者較遠，綠化的面積與對向相對減少；結構承載上，越高的樓層上增加荷重對於抗震越不利。高樓層的屋頂供水以及排水較低層樓建築困難的多，需增加供排水設施。

高層樓屋頂受風力影響甚鉅，屋頂為減輕荷重需介紹種植土深度及重量，使用輕植人工合成種植土及淺根植物，使得數目因風大而被風吹倒、拔起。夏季時乾燥炎熱的風影響更為嚴重，植物禁不起炎熱之高溫而枯萎。然而，不能因此全面否定在高層建築物上施作屋頂綠化，應了解其屋頂平面位置是否受風力影響及陽光照射影響，設置擋風、遮陽設施，並且選擇抗風、抗乾熱等植物種植。

## 四、 空間開敞度

依照屋頂綠化的開敞程度及視野能力，可分為開敞式、半開敞式

及封閉式三種。

- (一) **開敞式**：為在整體建築物上方，不與其他建築物連接，也不受四周建築物影響，為之屋頂綠化。開敞式之屋頂綠化視野良好開闊，不受到障礙，可觀賞都市景觀。通風良好，日照充足，在低樓層開敞式建築有利於花木生長，但在高層樓開敞式建築需注意屋頂綠化的防風及遮陽設施。
- (二) **半開敞式**：半開敞式屋頂綠化在屋頂的單面或多面被其他建築物包圍，其屋頂綠化作為旁邊建築主體，如飯店花園、辦公大樓屋頂花園或自家屋頂花園。此種建築雖單面或多面被牆體或門窗阻擋，影響通風與光照，但可在背風處施作較不耐強風的植物，並利用光照程度的不同安排植物的品種。半開敞式屋頂綠化可為周圍建築室內產生良好景觀作用。
- (三) **封閉式**：封閉式屋頂綠化的四周被較高建築物圍繞，形成添景式的空間，並藉由此綠化場所作為通道空間。由於採光與通風不如開敞式的屋頂綠化，因此周邊的建物高度不宜過高，綠化空間與四周建築物高差過於懸殊，則形成坐井觀天的效果，除不利於植物生長外，對於人們也會產生心理的沉悶與壓迫感。若四周雖有建築物仍有間隙採光通風，高差雖大但不至於造成天井式的空間。

## 五、 室內空間綠化

室內綠化指在建築物室內空間裡施作綠化，常在一些大型飯店大廳、會議中心、商場、休息式、電梯旁、樓層之間、洗手間及角落擺設花卉植物，可給人帶來溫馨雅致的感覺。有些商務空間內佈置了水池、小溪，池底鋪設鵝卵石，放養金魚，周圍錯落一些熱帶植物，展現出空間的特色與風格。

- (一) **室內空間綠化實用性**：室內綠化必須符合其功能的需求，根據

綠化所佈置場所的性質及功能要求，從實用性出發結合美學施作。如圖書館，是讀書及查詢資料的場所，應擺設清秀典雅的綠色植物為主，創造安寧、優雅的環境，使人閱讀書籍閒暇時，利用綠色調節視力，緩和疲勞，而不宜擺設色彩鮮艷的花卉。

**(二) 室內空間綠化經濟性：**室內空間綠化必須要求其經濟效益，並且能夠保持較長時間。設計規劃時，要根據室內結構、設計裝修與室內器物等，使室內新裝修的植物與舊有器物、建築互相諧調。同時也要根據室內環境特點及用途，選擇相對應的植物及裝飾器物，使室內空間綠化效果能保持長久。

**(三) 室內空間綠化美學：**美學，是室內空間綠化的重要原則。必須透過美學，藉由藝術設計，建立明確主題，合理佈局，層次清晰，形狀和色彩協調，使綠化很自然地與藝術聯想在一起。室內空間美學的構圖必須要是合理的，佈置要均衡，以保持穩定感和安定感，如走道兩邊會擺設相同品種規格的植物；比例要合理，表達真實感和舒適感。

## 第三章 國內既有屋頂綠化個案調查評估

台灣都市的擴張速度成長，預期未來都市將有 80%的人口會集中，而原本的森林甚至是農地、河流都逐漸被堅硬冰冷的水泥叢林所取代，然而隨著高度工業化及都市化的發展伴隨而來的是嚴重的都市熱島應、更多的能源消耗及空氣品質的劣化等，已對地球及人類生活造成危害。在台灣已有許多薄層綠化相關工程進行，故本計畫擬收集現存屋頂綠化的資料分析其操作與維護等存在問題，以為後續興建參考資料。在此對既有屋頂綠化設施調查評估相關內容如下所示。

### 第一節 現地調查實施計畫之擬定

本計畫將收集近年完成設置屋頂綠化設施之機關單位，由於過去屋頂綠化相關個案數量較少，以下為以收集到屋頂綠化之單位，如表 3-1 所示：

表 3-1 已施作屋頂綠化機關單位

編號	單位	編號	單位
1	劍潭里活動中心	10	新竹縣政府
2	內湖污水處理廠	11	高雄陽明高中
3	迪化污水處理廠	12	高雄澄清湖
4	基督教台北真理堂	13	台北市立圖書館北投分館
5	吳興國小	14	信義國中
6	松山工農	15	東勢鎮名流藝術世家重建社區
7	護國禪寺	16	國立成功大學研究總中心行政暨研究大樓
8	信義區公所	17	榭庭園空中花園餐廳
9	台北縣政府	18	台北市大安區成功市場

(資料來源:本研究整理)

#### 壹、現地調查表格設計

於既有屋頂綠化設施之調查評估，本計畫除收集彙整相關書面及圖面資料外，並進行現地調查，經計畫人員現地調查，以瞭解屋頂綠化系統之實際情形，並對調查內容設計調查表格，主要分「屋頂綠化

調查表」、「屋頂綠化之自然環境條件調查表」與「屋頂綠化之建築物、結構物調查表」。

### 一、 屋頂綠化設施問卷調查表

本「屋頂綠化調查表」主要以計畫人員電訪方式勾選，以利瞭解個案及後續建立屋頂綠化圖說工作之進行，其內容包括下列項目如表 3-2 所示，各項內容說明如下。

- (一) 機關基本資料：屋頂綠化系統之機關名稱與機關基本資料。
- (二) 屋頂綠化內容：屋頂型態、使用型態、綠化材質、綠化植物。
- (三) 綠化工程：工程價格、承包業者、工程期間、使用狀況。
- (四) 管理營運：管理程級、管理方法、澆水方式。
- (五) 是否結合再生能源：屋頂綠化是否結合再生能源一併使用。
- (六) 使用問題：屋頂綠化使用至今是否出現相關問題。



## 二、 既有屋頂綠化設施調查評估—現地記錄表

為提升調查效率及降低錯誤，統一現場調查人員之作業程序，設計「屋頂綠化之自然環境條件調查表」與「屋頂綠化建築物、結構物調查表」，以工本計畫現場調查人員執行屋頂綠化設施現調調查之依循，其表格內容如表 3-3、表 3-4 所示，以下針對其相關內容進行說明。

**(一)調查範圍：**以整體之屋頂綠化自然環境條件與建築結構物為原則，自然環境條件包含建地背景、氣象條件、風力影響、其他外在影響…等；建築結構包含建築結構基本資料、建築物綠化資料與建築物硬體設備…等。

**(二)調查方式：**管理人員之訪談與現地調查。



表 3-4 屋頂綠化之建築物、結構物調查表

建築物結構資料			
建築物用途	<input type="checkbox"/> 公共集會類 <input type="checkbox"/> 工業、倉儲類 <input type="checkbox"/> 宗教、殯葬類 <input type="checkbox"/> 辦公、服務類	<input type="checkbox"/> 商業類 <input type="checkbox"/> 休閒、文教類 <input type="checkbox"/> 衛生、福利、更生類 <input type="checkbox"/> 住宿類	
屋頂使用	<input type="checkbox"/> 開放 <input type="checkbox"/> 不開放	有無增建	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無
設計圖	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	屋齡	
構造形式	<input type="checkbox"/> 木造 <input type="checkbox"/> 磚造 <input type="checkbox"/> 鋼筋混凝土(RC) <input type="checkbox"/> 鋼構 <input type="checkbox"/> 鋼骨鋼筋混凝土(SRC) <input type="checkbox"/> 輕型鋼結構(備註： )		
建築物概要	基地面積：                      容積率：                      建蔽率： 樓 數：                      塔屋 層，地下 層 建物高度：                      地區用途： 最高高度：                      防火指定 <input type="checkbox"/> 防火 <input type="checkbox"/> 準防火 <input type="checkbox"/> 未指定		
建築物綠化資料			
屋頂資料	高度：GL+      m (      樓)		
女兒牆高度	m	屋頂可利用面積	
正下方樓層用途		原綠化面積	
承載載重	土壤：                      kg/m <sup>2</sup> 樹木：                      kg/m <sup>2</sup> 建築材料：(石材：      kg/m <sup>2</sup> 水體：                      kg/m <sup>2</sup> 備註：		
樑柱鋼筋鏽蝕	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	樑柱有裂縫或滲水	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無
建築物硬體設備			
排水設備	排水方法：		
排水坡度	%	排水孔	直徑：                      個數：
防水設備	防水層： <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	修改情況	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 全面
給水設備	灑水頭 <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無 (備註： )		
電力設備	照明設備：      座；插座：      個；可用電力容量：		
備註	檢查人： 檢查日期：      年      月      日		

(資料來源:本研究整理)

## 第二節 GPS 定位及紅外線測溫顯像測量

### 壹、現場調查地點之選取

由前述相關資料可之目前收集之資料數量有限，在考慮本計畫工作項目要求選取 10~20 個案例，與工作團隊人力分配，故擬訂下列篩選因子，做為選定調查之依據。

- 一、 屋頂綠化中較具代表性者。
- 二、 詳細資料可獲得較高性者。
- 三、 設置地點於地域平均且交通方便可到達者。
- 四、 專家學者之建議

本計畫擬依據上列篩選因子，對前述收集既有屋頂綠化資料篩選出既有屋頂頂綠化進行調查，主要分基本資料、各項調查確認及使用情況，將所收集資料進行調查分析現存問題、建立屋頂綠化系統及屋頂綠化技術提升之用。

### 貳、現場調查作業流程

本計畫為提升調查效率及一致性及降低因人為疏失而造成調查結果不完整及錯誤，特擬定現場標準作業調查作業之流程，說明如下。

(一) **目的：**本調查標準作業程序是用於 98 年度內政部建築研究所委辦「屋頂綠化建構技術之研究」計畫，相關依據準則以「服務建議書」為準。為提升調查效率及減低錯誤，本計畫擬定標準作業流程，且於第一次現勘時，各小組將會勘現場並於會勘完畢後開會檢討，統一現場調查之作業程序。並修正本採樣標準作業程序，最為個採樣人員之作業依據。

(二) **調查前製作業：**資料收集及設備整備、人員編組與行前訓練、行程路徑規畫、行前資料與設備確認。

(三) **調查作業：**調查範圍、調查方式、現場調查記錄。

(四) **調查後資料之整理：**調查資料正確性與調查資料之彙整。

## 1. 調查地點 GPS 定位

本計畫將以全球衛星定位系統(GPS)進行系統位置或門牌定位，標定其座標及相關位置，以供後續資訊系統應用。而現地調查之定位工具，將藉由本計畫租借之最新全球定位儀器 Mobile Mapper' 6 進行定位，設備及操作介面如圖 3-1 所示，其單點定位精度約可達 2~5m，即時差分(WAAS)小於 2m，後處理精度(VRS)小於 1m。另外本定位儀器並配備 200 萬畫數之數位相機，可於定位完成時同時進行攝影之精確標示屋頂綠化之位置及擷取影像。



**圖 3-1 現地調查定位工具**

(資料來源: [www.swaiklan.com](http://www.swaiklan.com))

## 2. 調查地點使用紅外線測溫熱像儀進行測溫

本計畫將以紅外線熱像儀進行屋頂測溫，以供後續資訊系統應用。而現地調查之定位工具，將藉由本計畫租借之最新紅外線熱像儀(拓捷 SAT-A120)進行測溫，設備介面如圖 3-2 所示，其內建儲存 1000 張熱像圖、鏡頭視野  $20^{\circ} \times 15^{\circ}$ 、鏡頭視野  $20^{\circ} \times 15^{\circ}$ 、最小成像距離 10 cm、測溫範圍  $-20 \sim 250^{\circ}\text{C}$ 、光譜波段  $7.5 \sim 14 \mu\text{m}$ 、多種參數設定：輻射率、距離、環境溫度、相對濕度參數設定調節、畫面更新率 60 幀/秒、內置紅光鐳射目標指示。

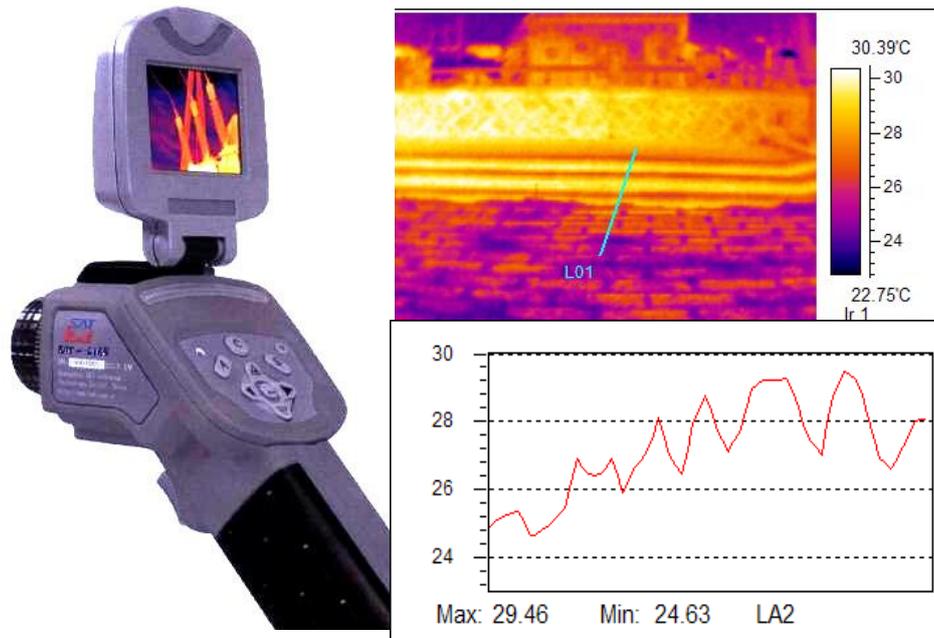


圖 3-2 現地調查測溫工具

(資料來源: www.insc.com.tw)

本計畫所調查個案之相關位址，將於 3-3 節中，屋頂綠化調查結果中一併說明。

(五) 現場調查之行程安排：本工作團隊依照台灣地區之地理區域及工作團隊之人力，安排現場調查之行程，於五月~八月進行現勘，已現勘之行程表如下。

表 3-5 已現勘地點

編號	單位	位置	現勘日期
1	劍潭里活動中心	台北市中山區	5/12
2	內湖污水處理廠	台北市內湖區	5/12
3	迪化污水處理廠	台北市大同區	5/12
4	信義區公所	台北市信義區	5/18
5	松山工農	台北市信義區	5/18
6	護國禪寺	台北市中山區	5/18
7	基督教台北真理堂	台北市大安區	5/19
8	吳興國小	台北市信義區	5/19
9	民宅(蔡佳男 先生)	台南市中西區	7/29
10	信義國中	台北市信義區	8/18
11	台北市立圖書館北投分館	台北市北投區	8/18

(資料來源:本研究整理)

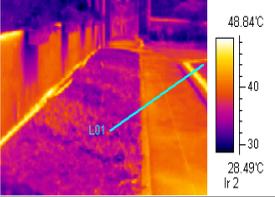
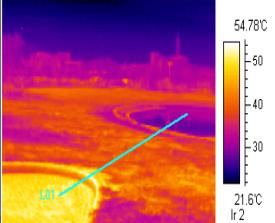
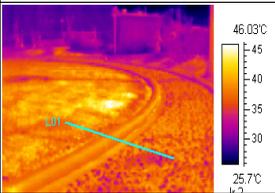
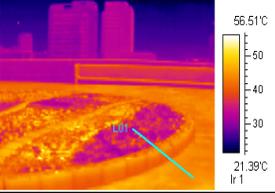
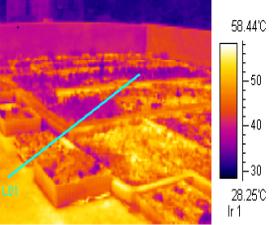
### 參、調查結果整理評估

目前國內屋頂綠化案例有限，對於其效能評估目前相關方法有限，因此本工作團隊嘗試對屋頂綠化相關組成因子進行歸類，並設計「屋頂綠化調查案例評估分析表」等表做為評估之依據，如表 3-6~3-9 所示，其中將屋頂綠化分為七大主要因子進行探討，該表格除提供評估者找出屋頂綠化問題點外，另外亦可作為後續設計與管理者自我評估參考之依據。「屋頂綠化調查案例評估分析表」主要分案例描述、主要因子分析及綜合評述三大部分，以下針對表格之內容進行說明。

- 一、 **案例描述**：單位、系統照片。
- 二、 **主要系統要項分析**：屋頂形態、使用型態、綠化材質、綠化植物、管理程級、管理方法、澆水方式。
- 三、 **綜合評述**

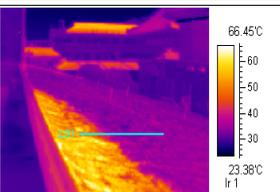
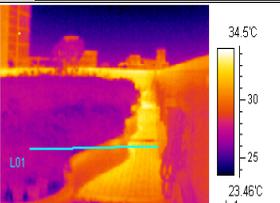
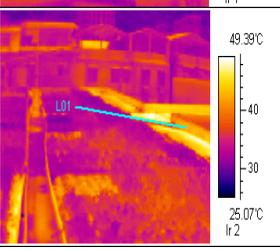
針對兩大項內容進行探討與分析並給予相關建議。此次現勘一共會勘 11 個地點，地點分別為劍潭里活動中心、內湖污水處理廠、迪化污水處理廠、信義區公所、松山工農、護國禪寺、基督教台北真理堂、信義國中、台北市立圖書館北投分館、台南民宅與吳興國小，現勘整理資料如表 3-6 至 3-9 所示。

表 3-6 屋頂綠化案例評估總表

單位	系統照片	熱像儀影像	屋頂形態	使用型態	綠化材質	綠化植物	管理程級	管理方法	澆水方式	溫度
劍潭里活動中心			平屋頂	景觀、降溫	土壤：輕質土 過濾層：不織布 排水層：GR板	草坪、花、景天、藤蔓	維持普通程度	全部直接管理	自動定時	氣候溫度：29.5 最高溫度：46.22 最低溫度：32.76 相差溫度：13.46
內湖污水處理廠			平屋頂	公園遊憩、降溫	土壤：遠方借土 過濾層：砂質土壤 排水層：砂質土壤	灌木、藤蔓、喬木	適時維持景觀	全部委託管理	自、手動併用	氣候溫度：29.5 最高溫度：53.85 最低溫度：27.77 相差溫度：26.08
迪化污水處理廠			平屋頂	公園遊憩、降溫	土壤：疏峻土 過濾層：碎石 排水層：ps板	草坪、灌木、喬木	隨時維持景觀	全部委託管理	自、手動併用	氣候溫度：28.3 最高溫度：41.8 最低溫度：33.57 相差溫度：8.23
信義區公所			平屋頂	景觀、降溫	土壤：輕質土 過濾層：不織布 排水層：GR板、生長座	草坪、花、景天	適時維持景觀	全部直接管理	手動	氣候溫度：31.0 最高溫度：45.27 最低溫度：32.04 相差溫度：13.23
松山工農			平屋頂	景觀、教學、降溫	土壤：無土介質 過濾層：不織布 排水層：GR板、生長座	草坪、花、景天	適時維持景觀	全部直接管理	手動	氣候溫度：29.4 最高溫度：52.88 最低溫度：36.09 相差溫度：16.79

(資料來源:本研究整理)

屋頂綠化建構技術之研究

護國禪寺			斜屋頂	降溫	土壤：泥炭土 過濾層：不織布 排水層：無	草坪	最低限度維持	未驗收	自動定時	氣候溫度：26 最高溫度：56.02 最低溫度：33.58 相差溫度：22.44
基督教台北真理堂			平屋頂	景觀、降溫	土壤：培養土 過濾層：無 排水層：無	草坪、灌木	維持普通程度	半直接管理 半委託	手動	氣候溫度：29.8 最高溫度：33.15 最低溫度：25.67 相差溫度：7.48
吳興國小			平屋頂	景觀、教學、降溫	土壤：輕質改良土 過濾層：不織布 排水層：GR板	草坪、花	適時維持景觀	全部直接管理	無	氣候溫度：29.3 最高溫度：47.48 最低溫度：31.33 相差溫度：16.15
信義國中		毀損	平屋頂 斜屋頂	景觀、教學、降溫	土壤：輕質土 過濾層：不織布 排水層：排保水板等	草坪、花	最低限度維持	全部直接管理	手動	無
北投圖書館		毀損	斜屋頂	景觀、降溫	土壤：輕質土 過濾層：不織布 排水層：碎石	景天、草坪	最低限度維持	全部直接管理	自動	無
台南民宅		毀損	平屋頂	景觀、降溫	土壤：培養土 一般土過濾層：報紙 排水層：生長座	草坪、灌木	隨時維持景觀	全部直接管理	手動	無

(資料來源:本研究整理)

表 3-7 屋頂形式與使用型態統計

屋頂形式(有重複)		使用型態(有重複)			
平屋頂	斜屋頂	景觀	降溫	教學	公園遊憩
9	4	9	12	3	2

(資料來源:本研究整理)

表 3-8 綠化材質與綠化植物統計

綠化材質(有重複)			綠化植物(有重複)					
土壤層	過濾層	排水層	藤蔓	景天	草坪	花	灌木	喬木
輕質：4 改良：1 培養：2 泥炭：1 其他：4	不織布：7 其他：3	GR板：4 生長座：3 其他：6	2	4	9	5	4	2

(資料來源:本研究整理)

表 3-9 管理程級、管理方法與澆水方式統計

管理程級				管理方法			澆水方式		
隨時維持	適時維持	維持普通程度	最低限度維持	全部直接	全部委託	半直接管理 委託	自動	手動	併用
2	4	2	3	7	2	1	3	5	2

(資料來源:本研究整理)

現勘結果屋頂型式以平屋頂居多，使用型態多以降溫及景觀為主，多數薄層綠化，土層多以輕質土壤與其他相關輕質土壤為主，排水層以不同材質排水層居多例如其他排水板、碎石等，植物以草坪居冠，管理程級適時維持，管理方法為全部直接管理方式，澆灌方是以手動為主。

### 第三節 問題分析與評估

依現勘訪談表(附錄二)，使用者提出相關之屋頂綠化之問題，問題分類如下：

表 3-10 屋頂綠化問題表

問題	內容
介質	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 輕質材料保水度不佳</li> <li>➤ 使用一般土壤易長雜草</li> <li>➤ 輕質介質重量輕，亦有風害問題</li> </ul>
植物	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 植物取得度不高</li> <li>➤ 植物馴化不敵屋頂上惡劣環境</li> <li>➤ 春季生長季旺盛的植物因病折損甚至死傷殆盡</li> <li>➤ 植物日照量影響植物生長</li> </ul>
澆灌	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 噴灌設施無法平均噴灌，故有部分草坪枯萎</li> <li>➤ 種植植物前一星期土壤水分易影響植物存活率</li> </ul>
工法	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 種植工法影響屋頂植物生長</li> <li>➤ 國內工法有限</li> </ul>
氣候	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 氣候不穩定，故影響不同植物生長</li> <li>➤ 夏季高溫、暴雨所造成溼熱環境容易誘發病蟲害</li> </ul>
排水層	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 植物根生長時，根易填滿保排水板亦影響保排水板之貯水率</li> </ul>
能源	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 屋頂結合雨水做為澆灌用水不足</li> <li>➤ 台灣本土之屋頂綠化多以單項屋頂綠化為主，結合能源之屋頂綠化有限</li> <li>➤ 雨水回收設計不良</li> </ul>
維護管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 尚未有專業維護管理及維持</li> <li>➤ 由於薄層綠化土層較為薄，故拔草時容易將植物連根拔起</li> </ul>
其他	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 屋頂正下方室內空間為狹長型，故通風不佳，進而影響屋頂綠化之效益</li> </ul>

(資料來源:本研究整理)

目前現勘所面臨問題以植物、能源、介質為主要問題，其次為澆灌、維護管理、氣候、工法、排水層、與其他之問題，本計畫整理

問題如后。

- 介質方面：輕質介質有保水度不佳等問題，若使用一般土壤後續植物生長時雜草問題會嚴重影響栽種之植物。此外，介質重量過於輕，使得輕質介質易有風害之問題。
- 植物方面：屋頂為嚴峻之生長環境，故植物選擇有限。植物取得度不易，故而影響屋頂綠化之普及率；此外，因植物產量有限故須在溫室中培育幼苗，當植物被利用於屋頂上時不敵惡劣之環境。春季生長季旺盛的植物易因病折損甚至死傷殆盡。在屋頂之植物因所需之日照量及強度不同故在設計植物種植時應進步了解日照方位與植物之關係。
- 澆灌方面：在設計澆灌系統時，易有機械無法噴灌之死角，故自動噴系統之排列方式須因地制宜；此外，種植植物時，種植前之土壤保水度亦影響植物種植後生存率。
- 工法方面：不同工法亦影響植種植後之存活率，但國內施工工法貧瘠，以致可實施之施工工法有限。
- 氣候方面：由於北迴歸線通過台灣島中南部，將台灣南北劃為兩個氣候區。北部屬副熱帶季風氣候，南部則為熱帶季風氣候。氣溫變化大，故屋頂植物不易生存。夏季高溫、暴雨易造成溼熱環境容故誘發病蟲害，影響植物之生長。
- 排水層：由於排保水層與生長介質只隔一層過濾層，故植物的根易盤滿排保水板之空間，因此降低排保水板之保水量，進而失去保水之功能。
- 能源方面：台灣有部分綠化屋頂結合能源再利用，如：雨水、太陽能與風力發電等。以現勘遭遇問題為雨水貯集再利用之雨水不足問題，應以代替水源補足。此外台灣本土之屋頂綠化多以單項屋頂綠化為主，結合能源之屋頂綠化有限，故應加強開發屋頂結合再生能源之案例。雨水回收設因設計不良以致無法順利收集雨水。

- 維護管理方面：在國內即使是直接委外維護管理的個案，維護管理之專業度亦是不足，也造成在維護管理上無法全面落實。薄層綠化土層過於薄，故在拔草時容易連根拔起，增加維護管理之難度。

分析結果中得知，台灣屋頂綠化的問題可能偏重於植物、能源與介質等相關議題，與日本前參項問題結構、植物與管理之問題，比較得知植物問題為兩國共同問題，故植物之議題尚待克服。在台灣另有能源與介質之相關問題，屋頂綠化結合能源，例如太陽能板、風力發與雨水貯集利用系統電等，其中雨水貯集利用系統最為大眾所應用之能源，但由於民眾對雨水貯集利用系統之專業知識與設計概念缺乏，故不乏失敗案例土壤介質為台灣第三項問題，輕質介質保水度有限，故開發再生輕質土壤為重要之議題，此外，輕質土壤亦有風害之問題，如何降低介質在屋頂上飛散為另一重要之議題。在日本，另兩項問題為結構與管理，造成台灣與日本問題迥異之主因可能為，台灣推廣屋頂綠化尚待成熟，故綠化以薄層綠化與盆栽組合式綠化為主，都是承載較輕之綠化，對結構之載重負荷影響小；反觀日本，屋頂綠化已成熟，法規與獎勵已制訂，故綠化種類不囿於薄層綠化與盆栽組合式綠化，另有屋頂花園及生活小區之綠化，均屬較重承載，乃衍生承載之相關問題。綠化複雜以致維護管理難度增加，故日本第三項問題為維護管理。承上得知，台灣之屋頂綠化推動成熟後，日本現今問題將有相當參考價值。

鑑此，本計畫第二年將針對本土化植物進行相關收集與屋頂綠化結合雨水貯集利用系統進行相關探討，進一步克服植物與屋頂綠化結合雨水貯集利用系統之相關問題。

## 第四章 屋頂綠化結構與載重分析

### 第一節 建築與屋頂綠化結構法規

#### 壹、國外相關法規之收集與分析

在發展屋頂綠化較為先進及發展歷史較為悠久的國家，除了實作技術不斷精進之外，亦制定相關法規加以規範推廣。制定綠化政策使得屋頂綠化從行政指導升格為義務，新興建築物也有以此為目標之審查項目，政府成為積極推進綠化政策的催化劑；除了法規制定之外，亦有獎勵制度之產生，針對經濟及稅務方面皆有各種方案，作為鼓勵民眾進行屋頂綠化之誘因。

而屋頂綠化結構之法規通常條列於建築法規之下，目的在於確保施行屋頂綠化時所增加之附加載重，不成為危害原有建築物之因素，避免產生使用上之不便、或是結構上之破壞。下表整理附上所收集之部分國外相關法規。

表 4-1 國外屋頂綠化相關法規

中國大陸（中央）	
屋面工程技術規範	<p>第 3.0.1 條 新建種植屋面工程的結構承载力設計，必須包括種植荷載。既有建築屋面改造成種植屋面時，荷載必須在屋面結構承载力允許的範圍內。</p>
	<p>第 3.0.7 條 種植屋面防水層的合理使用年限不應少於 15 年。應採用二道或二道以上防水層設防，最上道防水層必須採用耐根穿刺防水材料。防水層的材料應相容。</p>
	<p>第 5.1.7 條 花園內屋面種植的佈局應與屋面結構相適應：喬木類植物和亭台、水池、假山等荷載較大的設施，應設在承重牆或柱的位置。</p>
種植屋面工程技術規程	<p>第 3.8 條 關於種植屋面荷載，種植屋面的荷載大小懸殊，小至 200 kg/m<sup>2</sup>，大至 2000 kg/m<sup>2</sup>。荷載又受植被的制約，地被植物種植土 200mm 厚足矣，種植喬木至少 800mm 厚的土。荷載大小左右承載結構的造價。</p>
	<p>第 3.13 條 容器種植是屋面綠化的一種形式。包括可移動的容器和不可移動的容器，概括地說就是大小花盆、花缸、花槽、花盤。一般種植花卉和盆景小灌木。容器種植多用於舊房改造，因滿鋪土種植荷載太大，承重結構承受不了，如果加固樓板樑柱，困難大，只能採用容器種植。容器種植不必設耐根穿刺防水層，容器種植的屋面防水層必須有堅固耐久的保護層。容器種植不能用於坡屋頂，也不得在女兒牆上放置容器。大型容器應放在承重柱或外牆的垂直上方。</p>

（資料來源：本研究整理）

表 4-1 國外屋頂綠化相關法規 (續)

中國大陸 (地方)	
天津市屋頂綠化技術規程	<p>第 4.0.1 條</p> <p>通過設計計算，確定屋頂綠化的荷載等級。均佈活荷載標準值在 <math>3.0\text{KN/m}^2</math> 以上的屋面可做地被式綠化，均佈活荷載標準值在 <math>5.0\text{KN/m}^2</math> 的屋面可做複層綠化。對大灌木、喬木綠化尚應根據實際情況，採用相應的荷載標準值。</p> <p>力分配層。壓力分配層應直接作用在建築物的承重結構上，並在壓力分配層周圍做防水處理。</p> <p>第 4.0.2 條</p> <p>屋面荷載合理分佈的基本要求：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 屋頂綠化佈局應與屋面結構相適應，宜將亭、花壇、樹池、水池等荷載較大的部位設在承重結構或跨度較小的位置上；</li> <li>2. 採用結構找坡，分散荷載，控制栽植槽高度和蓄水層深度。</li> <li>3. 宜採用人造土、泥炭土、腐殖土等輕型栽培基質。</li> <li>4. 複層栽植時，宜只提高喬灌木的基質厚度。</li> <li>5. 栽植較高喬木的部位，結構應採取特殊的加強措施，滿足承載力的要求。</li> </ol> <p>第 4.0.3 條</p> <p>屋面面層材料所受荷載超過其承受強度時，應設置壓力分配層。壓力分配層應直接作用在建築物的承重結構上，並在壓力分配層周圍做防水處理。</p>
北京市屋頂綠化規範	<p>第 4.2 條</p> <p>(屋頂承重安全)屋頂綠化應預先全面調查建築的相關指標和技術資料，根據屋頂的承重，準確核算各項施工材料的重量和一次容納遊人的數量。</p>

表 4-1 國外屋頂綠化相關法規 (續)

中國大陸 (地方)	
北京市屋頂綠化規範	<p>第 4.3 條 (屋頂防護安全)屋頂綠化應設置獨立出入口和安全通道，必要時應設置專門的疏散樓梯。為防止高空物體墜落和保證遊人安全，還應在屋頂周邊設置高度在 80cm 以上的防護圍欄。同時要注重植物和設施的固定安全。</p>
	<p>第 5.1.2 條 現狀建築根據允許荷載和防水的具體情況，可以考慮進行花園式屋頂綠化。</p>
	<p>第 5.1.3 條 建築靜荷載應 大於等於 <math>250\text{kg} / \text{m}^2</math>。喬木、園亭、花架、山石等較重的物體應設計在建築承重牆、柱、樑的位置。</p>
	<p>第 5.2.1 條 建築受屋面本身荷載或其他因素的限制，不能進行花園式屋頂綠化時，可進行簡單式屋頂綠化。</p>
	<p>第 5.2.2 條 建築靜荷載應 大於等於 <math>100\text{kg} / \text{m}^2</math></p>
	<p>第 7.3.2.3 條 (基質配製)屋頂綠化基質荷重應根據濕容重進行核算，不應超過 <math>1300 \text{ kg} / \text{m}^3</math>。常用的基質類型和配製比例參見規範列表，可在建築荷載和基質荷重允許的範圍內，根據實際酌情配比。</p>
	<p>第 7.4.2.1 條 屋頂綠化原則上不提倡設置水池，必要時應根據屋頂面積和荷載要求，確定水池的大小和水深。</p>

(資料來源:本研究整理)

表 4-1 國外屋頂綠化相關法規 (續)

中國大陸 (地方)	
北京市屋頂綠化規範	第 7.4.2.2 條 水池的荷重可根據水池面積、池壁的重量和高度進行核算。池壁重量可根據使用材料的密度計算。
	第 7.4.3.1 條 優先選擇塑石等人工輕質材料。
	第 7.4.3.2 條 採用天然石材要準確計算其荷重，並應根據建築層面荷載情況，佈置在樓體承重柱、梁之上。
日本	
建築基準法施行令	第 85 條 鄰近的日本對於各類既有建築物之允許載重，於「建築基準法施行令」第八十五條中，列有明文規定
建築改修工事監理指針	第九章第六節 「屋上綠化改修工事」之中，對於各綠化類型之容許載重有其清楚之對應要點
綠色基本計劃	國土交通省規定之「綠化重點區域」內，所整備之符合規定條件的綠化設施，採固定資產稅 5 年減輕二分之一的措施。
東京保護與恢復自然條例	以佔地面積 1000m <sup>2</sup> 以上之民間設施及 250m <sup>2</sup> 以上之公共設施為對象，規定在新建時佔地與樓頂面積必須有 2 成以上的綠化。
板橋區綠化推廣相關條例	建地面積 350m <sup>2</sup> 以上之民間設施及 250m <sup>2</sup> 以上之公共設施為對象，規定在新建時佔地與樓頂面積必須有 2 成以上的綠化。

(資料來源:本研究整理)

表 4-1 國外屋頂綠化相關法規 (續)

日本	
板橋區綠化推廣相關條例	建地面積 350m <sup>2</sup> 以上之民間設施及 250m <sup>2</sup> 以上之公共設施為對象，規定在新建時佔地與樓頂面積必須有 2 成以上的綠化。
涉谷區綠化確保相關條例	建地面積 300m <sup>2</sup> 以上之新興建築須遞交綠化計畫書並完成綠化義務。 為使民眾對屋頂綠化之施工安心，可免費申請相關專家進行相談乙次。
品川區綠化條例・同施行規則	以佔地面積 1000m <sup>2</sup> 以上之民間設施(公共設施則為 250m <sup>2</sup> 以上)，規定在新建時佔地與樓頂面積必須有 2 成以上的綠化。
香港	
綠化總綱圖	尖沙咀和中環的短期綠化工程，已在 2007 年完成。旺角、油麻地、上環、灣仔及銅鑼灣綠化總綱圖所建議的短期綠化工程，已於 2008 年 8 月展開，預計將於 2009 年年底完成。
美國	
標準試驗規範 (ASTM E2397-2005)	屋頂結構荷載程度是決定屋頂綠化施工之可行性及成本的主要因素。 美國許多修建生態屋頂的開發商、建築商及業主提供優惠政策，並提供低息貸款、減少徵稅。
德國	
屋頂綠化建築規劃指導方針	明確規定屋頂綠化相關事宜，規定建商必須通過屋頂綠化方式償還一定面積之綠化。 鼓勵建造種植屋面，按折扣費率收取費用而得到收益 市政排污系統連結部分要按照雨水排放面積的總面積來收取費用。
加拿大	
維多利亞市	對於新建建築與現存建築實施屋頂綠化，並建立獎勵機制，成功案例為港濱新型態綠社區，以屋頂綠化結合雨水貯集系統，實現環保永續生活。

(資料來源:本研究整理)

## 貳、國內相關法規之收集與分析

現行法規中以最新建築技術規則構造篇第十七條規定屋頂露台之構造，其活載重得較室內每平方公尺減少 50 公斤，但供公眾使用人數眾多者，每平方公尺不得少於 300 公斤。而建築技術規則總則篇第三條之一則明確訂定，建築物之增建、改建或變更改用途時，其設計、施工、構造及設備之檢討項目及標準，由中央主管機關另定之，然屋頂及中庭等人工地盤之綠美化工程或是設置各項設施物等附加載重係歸屬為雜項工程。此類型法規目的在於確保建築物之安全，避免所有權人任意擴建或於其上隨意興建施做各項設施，使新添加之附加載重破壞原建築之結構。

建築物的所有者和屋頂綠化的設計人員必須仔細參照當地的建築規範，以確定其設計是否違反規章。重視規章制度要求，亦可根據規範之要求，對綠化工程的初步設計進行修改，避免事後成本與人力增加。

現行法規並無專一屋頂綠化為主軸所訂立之規章，僅有綠建築推動方案研擬訂獎勵條例；各縣市亦僅有綠地美化等獎勵及補助條款，相關條例附表如下。

表 4-2 國內屋頂綠化相關法規

<b>中央</b>	
<b>綠建築標章</b>	綠化量指標：(立體綠化評估)屋頂、陽台、牆面的立體綠化以 CO <sub>2</sub> 固定效果那入評估體系內。對於屋頂、陽台等水平人工地盤的綠化，以實際植栽種類及植栽面積計算；對於蔓藤植物在牆面、坡坎、涼亭、花架上的綠化，則以實際攀附面積做為計算。
	基地保水指標：大面積社區開發時，可利用露天停車場、廣場、遊戲場、綠地設計成「貯留滲水低地」。對於屋頂、陽台、地下室之地面層，可盡量做成花園以涵養雨水。
	基地綠化指標：盡量在屋頂、陽台設計人工花台以加強綠化，但是應該注意其覆土量及防水對策。
<b>台北市</b>	
<b>台北市建築物暨法定空地綠化實施要點修正條文</b>	建築基地之綠化，依其分類訂定其綠覆率，並規定綠覆面積內應栽植之喬木、灌木及地被植物之比率，以及植物生長之最小覆土厚度規定。
	第一類建築基地之綠化，綠覆率應達百分之六十五以上。第二類建築基地之綠化，建築物應留設之法定空地以集中留設為原則，綠覆率應達百分之五十以上。第三類建築基地綠化，其綠覆率應達百分之三十以上。
	各類建築基地亦有規定綠覆面積內應栽植之喬木、灌木及地被植物之比率，以及植物生長之最小覆土厚度規定。
<b>高雄市</b>	
<b>高雄市建築基地實施綠化審核辦法</b>	規定綠覆面計算基準與應植植栽種類之比例、開放空間及應綠化之空地規定、綠化之植物種類、最小覆土厚度規定與綠化設計圖說包含事項等皆有具體之規範。

(資料來源:本研究整理)

### 參、國內外相關法規之差異

國外屋頂綠化結構之法規通常條列於建築法規之下，對於結構體安全有較高之標準，所規定之規範相對也較為嚴謹，舉例來說，屋頂綠化發展迅速國家之一的美國，在標準試驗規範（ASTM E2397-2005）中制定與屋頂綠化系統相關載重之測定規程，將其試驗規範及處理程序清楚條列成為制式步驟，以利屋頂綠化之推廣與施工作業之安全性及一致性；國內規範大多附於綠建築或是綠地美化條例下，在建築物上無太多著墨，亦無確切結構限制及施工條款，導致民眾礙於資訊接收管道不發達，造成此新興提案推廣不易，此可做為日後研擬修訂之方向，並明確規定所有設計和施工皆須達到法規記載標準，其民眾人身安全性及使用功能性才能得到保障。

## 第二節 建築結構類型與承載能力

### 壹、建築結構體系之類型

建築結構依建築構造編之定義分為以下類別：

#### 一、 磚構造

根據建築技術規則建築構造編第一百三十一條，磚構造建築物，指以紅磚、砂灰磚、凝土空心磚為主要結構材料構築之建築物。磚構造所用材料，包括紅磚、砂灰磚、凝土空心磚、填縫用砂漿材料、凝土空心磚空心部分填充材料、凝土及鋼筋等，應符合規範規定。

#### 二、 木構造

根據建築技術規則建築構造編第一百七十一條，木構造為以木材構造之建築物或以木材為主要構材與其他構材合併建築之建築物。木構造建築物之各構材，須能承受其所承載之靜載重及活載重，而不超過容許應力。木構造建築物應加用斜支撐或隅支撐或合於國家標準之集成材，以加強樓版、屋面版、牆版，使能承受由於風力或地震力所產生之橫力，而不致傾倒、變形。各構材防腐要求亦須符合規範規定。

### 三、 鋼構造

根據建築技術規則建築構造編第二百三十五條之一規定之結構以鋼材為主要材料施工之建築物。鋼結構之設計應符合各結構形式之設計強度；整體結構及每一構材、接合部均應檢核其使用性；設計鋼結構構材之斷面或其接合，應使其應力不超過容許應力，或使其設計強度大於或等於需要強度。其施工由購料、加工、接合至安裝完成，均應詳細查驗證明其品質及安全。

### 四、 混凝土構造

根據建築技術規則建築構造編第三百三十二條，建築物以結構混凝土建造之，即為混凝土構造。所謂結構混凝土，指具有結構功能之鋼筋混凝土及純混凝土。鋼筋混凝土含預力混凝土；純混凝土為結構混凝土中鋼筋量少於鋼筋混凝土之規定最低值者，或無鋼筋者。結構混凝土之設計，應能在使用環境下承受各種規定載重，並滿足安全及適用性之需求。材料之儲存應能防止變質及摻入他物；變質或污損等以致無法達到施工規範要求者不得使用，而施工品質亦應符合設計規範及施工規範規定。

### 五、 鋼骨鋼筋混凝土構造

根據建築技術規則建築構造編第四百九十六條，鋼骨鋼筋混凝土構造為應用鋼骨鋼筋混凝土建造之建築結構。鋼骨鋼筋混凝土構造之結構分析應採用公認合理之方法；各構材及接合之設計強度應大於 或等於由因數化載重組合所得之設計載重效應。鋼骨鋼筋混凝土構造設計採用之靜載重、活載重、風力及地震力，應依建築技術規則建築構造編之第一章規定。

## 貳、國內法規中相關屋頂綠化之限制與部分潛力

### 一、安全考慮

各類建築若處於設計階段，先確定欲綠化之重量，即可根據需要來進行加強屋頂的結構及支撐系統，或是增加支柱之數量以承載新增荷重。即

新興建築較無結構方面之擔憂，所需支承之附加載重於完工前已併入設計藍圖內，成為設計時原有結構體的一部份。

若是已完工之建築物（既有建築）欲新增綠化工程，必須釐清原有建築之用途，以避免因私自變更建築用途而忽略規範所規定之使用載重，造成結構物之損毀。此外，建築構造所使用之材質不同，亦造成可允許載重之不同。屋頂花園的活載重僅是設計之一，需加上屋頂結構自身重量、各層排保水板及防護層等靜載重，綜合而之才是全部的荷載。另基於景觀美化之設置，由於各種景觀配置的材質及位置擺放不同，必須採用最大之平均載重作為檢查的基準，避免因單點載重過重而導致之結構問題。

舉例來說，當建築採用鋼筋混凝土結構時，其活載重為  $50\text{kg/m}^3$ ，瓦面、波形瓦等輕型屋頂，則其活載重降為  $30\text{kg/m}^3$ ，以上指不開放民眾使用之狀況。如欲開放給民眾使用，在設計過程則必須符合國內規章所規範各類型樓板用途之最小活載重，以防止大量人群或是舉辦公眾集會時所增加的載重。

屋頂綠化施工前亦應對原有屋頂進行考量，針對其肉眼可見之裂縫、龜裂、蛀腐、變形等程度進行評估。既有之滲水、積水問題等也應於施工前維修，減少因前置作業未完善而對屋頂綠化施工造成後續的影響。

## 二、使用評估

防水是屋頂綠化工程中重要的一環，洩水坡度是否符合規畫將會左右屋面排水的順利度，並且保證防水層免遭破壞。另因施工後需維護管理，周圍女兒牆之設置可以確保在維管時的人身安全，防止因維修人員失足從高處落下的危險，也避免安置其上的植栽、器具或相關硬體設備受風害影響而掉落，對週遭環境造成危害。

屋頂原有之逃生路線及安全設施之效用不應由於屋頂綠化而受到阻擋，應保留順暢通道及保持正常運作，規劃時亦應保留此區塊，提供防災之功能；屋頂綠化若因目的性（展覽、教育展示、休閒遊憩等用途）而對外開放，門禁防盜系統的裝設將有助於防止使用人對屋頂綠化之裝置進行

破壞，或是遏止可疑份子對他人進行犯罪活動，可使其不致淪為治安上的死角。

### 三、屋頂載重分析

#### (一) 屋頂載重分類

載重分為靜載重與活載重，本計劃所稱之屋頂綠化，所增加載重視為活載重列入載重計算，使其不超過屋頂結構所能承受的範圍進行施工規劃。

根據建築技術規則建築構造編第三節第十條定義靜載重為建築物本身各部份之重量及固定於建築物構造上各物之重量，如牆壁、隔牆、樑柱、樓板及屋頂等，可移動隔牆不作為靜載重；建築技術規則建築構造編第三節第十六條定義活載重為垂直載重中不屬於靜載重者，均為活載重。活載重包括：建築物室內人員、傢俱、設備、貯藏物品、活動隔間等。工廠建築應包括：機器設備及堆置材料等。倉庫建築應包括：貯藏物品、搬運車輛及吊裝設備等。積雪地區應包括：雪載重。

同時必須注意屋頂本身所含有之消防設施、逃生設備以及水塔等屋頂加載物。屋頂加載物會對屋頂造成部分加重，此類附加物亦應歸納於設計考量內，避免其成為計算載重之盲點。

活載重之部分，建築技術規則建築構造編第二十五條明載活載重折減率用以設計屋架、樑、柱、牆、基礎之活載重如未超過每平方公尺五百公斤，亦非公眾使用場所，構材承受載重面積超過十四平方公尺時，得依每平方公尺樓地版面積百分之0.85折減率減少，但折減不能超過百分之六十或左式之百分值。

$$R = 23 \left( 1 + \frac{D}{L} \right) \dots \dots \dots (4-1)$$

式中 R 為折減百分值。

D 為構材載重面積，每平方公尺之靜載重公斤值。

L 為構材載重面積，每平方公尺之活載重公斤值。

活載重超過每平方公尺五百公斤時，僅柱及基礎之活載重得以減少百分之二十。

另於建築技術規則建築構造編第三節第十七條訂定最低活載重，因樓地板之用途而不同，不得小於規範之規定；不在下表列之樓地板用途或使用情形與表列不同，應按實計算，並須詳列於結構計算書中，如下表所示：

表 4-3 樓地板用途類別

樓地板用途類別	載重 (公斤/平方公尺)	
一、住宅、旅館客房、病房。	二〇〇	
二、教室。	二五〇	
三、辦公室、商店、餐廳、圖書閱覽室、醫院手術室及固定座位之集會堂、電影院、戲院、歌廳與演藝場等。	三〇〇	
四、博物館、健身房、保齡球館、太平間、市場及無固定座位之集會堂、電影院、戲院歌廳與演藝場等。	四〇〇	
五、百貨商場、拍賣商場、舞廳、夜總會、運動場及看臺、操練場、工作場、車庫、臨街看臺、太平樓梯與公共走廊。	五〇〇	
六、倉庫、書庫	六〇〇	
七、走廊、樓梯之活載重應與室載重相同，但供公眾使用人數眾多者如教室、集會堂等之公共走廊、樓梯每平方公尺不得少於四〇〇公斤。		
八、屋頂露臺之活載重得較室載重每平方公尺減少五〇公斤，但供公眾使用人數眾多者，每平方公尺不得少於三〇〇公斤。		
九、不做用途之平屋頂	載重面積 20 平方公尺以下	一〇〇
	載重面積 20-60 平方公尺	八〇
	載重面積 60 平方公尺以上	六〇
十、屋頂花園之活載重每平方公尺不得少於三〇〇公斤。		

(資料來源:建築技術規則，2008)

## (二)、屋頂之形式

屋頂可依其坡度分為平屋頂及斜屋頂，依其功能性可再細分為可供人使用及無人活動之屋頂，此兩種形式之設計方法有所不同。

### 1. 斜屋頂

斜屋頂在設計時通常設定為無人活動之屋面，除鋪設薄層綠化之外，亦可考慮攀爬類之植物綠化。根據建築技術規則建築構造篇第二十六條中載明不做用途之屋頂，其水平投影面之活載重每平方公尺不得小於下表列之公斤重量：

表 4-4 斜屋頂活載重

屋頂度	載重面積 (水平投影面): 平方公尺		
	二0以下	二0以上至六0	六0以上
平頂	一00	八0	六0
1/6 以上拱頂			
1/8 以上拱頂			
1/6 至 1/2 坡頂	八0	七0	六0
1/8 至 3/8 拱頂			
1/2 以上坡頂	六0	六0	六0
3/8 以上坡頂			

(資料來源:建築技術規則，2008)

### 2. 平屋頂

當原建築物屋頂按無人活動屋頂之設計，則不允許變更，除非重新更換屋頂承重之構件，並逐項驗算屋頂是否有足夠承載之結構強度，保障建築物安全及屋頂種植成功；按可供人使用之屋頂設計，在建造過程中仍需嚴格控制所加負荷不得高於樓板原本可允許承載設計，否則將會破壞結構。屋頂綠化在施工前必須明確確立使用之目標，核定所欲加其上之植栽及綠化系統重量，並確實按設計建造，建造完成不可私自加以變更用途，即可保證屋頂結構之安全。

## 二、屋頂綠化載重作用下建築物之側移量

依文獻中得知，在建築物頂層施加附加載重後，對建築物造成之側移量於樓頂為最高，高度的降低使得側移量之大小呈現往下逐漸遞減之關係。

## 三、屋頂綠化載重作用下建築物之樑之內力

在屋頂樓板四周的樑內力有增加之趨勢，愈往樓板中央之樓層樑內力的增加則逐漸趨緩。

## 四、屋頂綠化載重作用下建築物之柱之內力

在屋頂樓板四周的柱因上端增加載重，導致上端之彎矩加大，但軸力沒有明顯之改變。

## 參、屋頂違建

根據違章建築處理辦法第二條定義，所謂違章建築，為建築法適用地區內，依法應申請當地主管建築機關之審查許可並發給執照方能建築，而擅自建築之建築物。

另依據違章建築處理辦法第十一條規定，舊違章建築，其妨礙都市計畫、公共交通、公共安全、公共衛生、防空疏散、軍事設施及對市容觀瞻有重大影響者，得由直轄市、縣(市)政府實地勘查、劃分左列地區分別處理：

1. 限期拆遷地區。
2. 配合實施都市計畫拆遷地區。
3. 其他必須整理地區。

前項地區經勘定後，應函請上級政府備查，並以公告限定於一定期限內拆遷或整理。

國內目前違建情況普遍，雖經取締但因編列之違建拆除費不敷使用，僅能依危害的嚴重程度及對民眾損害的優先順序拆除違建，導致違建問題依舊存在。民國八十四年以前之既有違建列為暫緩拆除之違章建築，可以

原規模、原材料改建新建築。民國八十四年以後之違章建築原擬以屋頂綠化作為改善違建之構想，在安全範圍內要求現有違章建築必須設置綠化之設施，使其改善市容觀瞻而減低對民眾之損害，希望緩和拆除費用不敷使用之難處。

經過案例之觀察、綜合專業人員之意見：國內違章建築多為在既有建築上未經許可私自加蓋，故違建之部分可視為屋頂之加建物，已對既有建築物造成承載重量之改變，若以結構安全角度可將之列為可能影響結構物安全的因素，故前述提議以屋頂綠化作為改善違建之構想，實際施行上應有其困難度及危險性。

### 第三節 屋頂綠化工程構件分析

#### 壹、屋頂綠化工程之載重分析

在屋頂綠化工程中對於不同類別之設計要素有個別之計算模式，針對各項載重模式研擬簡易數學模式，使設計者得以模擬計算屋頂綠化之承載重量。綠化工程載重如后。

##### 一、種植區載重

在屋頂綠化的工程中，對於地被植物、草坪以及花卉等低矮觀賞植物之選擇，可按照與地面花園之標準進行選擇；而在木本植物之選取，由於生長週期較長，相較之下需對屋頂環境具有較大之適應性，所以在栽種過程中，除了使用者之喜好之外，必須考量植物本身之高度、重量及對建築載重之影響。

依綠化方式的不同，所需允許載重亦不相同，本研究將其分類為三部份，詳列如後。

表 4-5 屋頂綠化承載範圍

	種植薄層型	盆栽組合型	庭園型
設計載重	400~1000N/m <sup>2</sup> (地被植物)	2000N/m <sup>2</sup> (喬木、灌木類)	4000~5000N/m <sup>2</sup> (較多樣性)

(資料來源：本研究整理)

平面綠化由於植生特色，對建築物而言負擔最小，較不需維護管理，適用地點為有載重限制之既有建築、斜屋頂等。立體綠化造景較為豐富，可用於辦公室大樓、集合住宅等類型之建築，亦因植生較為繁複耗費較多管理維護費用。生活小區主要開放使用者做為休閒遊憩之場所，載重限制較為嚴格，尤其公共性高之區域、商業建設等地，須特別注意承載問題。

### (一)地被植物、灌木與喬木之載重

樹木的重量隨著維護管理之做法不同而有所差異，修剪週期與調節營養源皆可因載重之條件而加以因應更改，達到抑制及管理之目的。

#### 1. 地被植物之載重

地被植物具有防止土壤沖蝕、減少眩光、降低地面熱氣、防止污染等功能，又因成本低廉與使用容易，在屋頂綠化上能提供較大之利用空間。目前相關法規以被覆面積計算之，核發使用執照前至少其被覆面積應植栽四分之三以上，以照片上枝葉面積計算之。另規章亦規範最小覆土深度，而地被植物本身之載重部份因其屬輕質材質，單位重量從每平方公尺 12 公斤至 25 公斤不等，其載重量對結構體之影響極低，無要求計入對結構體之影響，惟設計及施工人員應依現場做安全之考量，故可以濕土重作為計算構件，並因土壤配比之不同而有所差異。

#### 2. 根團之重量

根團重量之計算式

$$W = K \pi A_3 \omega \dots \dots \dots (4-2)$$

式中  $A =$  土團直徑(m，一般  $A = 4D + 0.12$ ，老樹則使用

$$A = 4D + 0.09)$$

$D =$  根基直徑(m)

$$\text{或 } D = 1.5d \text{ (} d > 0.2\text{m 時)}$$

$$\text{或 } D = 2 \sim 2.5d \text{ (} d \leq 0.2\text{m 時)}$$

$d_1$  = 樹幹一人高處之直徑

$K$  = 土團形狀係數

植物材料的重量分成地上部分及地下部分：地上部份為幹、枝、葉之總重；地下部分則為根之土團重量。地下部分之重量多大於地上部分，故植物材料之重與土團大小有密切之關係。

### 3. 灌木之載重

灌木(低中木)之計算式

$$W = K\pi\left(\frac{d}{2}\right)^2 H\varpi(1+P)\dots\dots\dots(4-3)$$

式中

$d_b$  = 樹幹直徑(m，地上1.2公尺的樹幹直徑)

$H$  = 樹高(m)

$k$  = 樹幹形狀係數(依樹種、樹齡不同，概算為0.5)

$\varpi$  = 樹幹每單位體積的重量(1.100~1.500kg/m<sup>3</sup>，一般常綠樹較重、針葉樹及落葉樹較輕。)

$p$  = 依據枝葉多寡而得之比率(0.2~0.3)

高約 1 公尺之灌木，重約 10 至 15 公斤；1.5 公尺至 2 公尺之灌木，重約 20 至 30 公斤。依現場做安全之考量，可於放置至屋頂前先測量其單重，便於結構安全計算。

### 4. 喬木之載重

喬木(中高木)之計算式

$$W = K\pi\left(\frac{d}{2}\right)^2 H\varpi(1+P)\dots\dots\dots(4-4)$$

式中

$d_t$  = 樹幹直徑(m，地上1.2公尺的樹幹直徑)

$H$  = 樹高(m)

$k$  = 樹幹形狀係數(依樹種、樹齡不同，概算為0.5)

$\omega$  = 樹幹每單位體積的重量(1.100~1.500kg/m<sup>3</sup>，一般常綠樹較重、針葉樹和落葉樹較輕。)

$p$  = 依據枝葉的多少得到的比率(0.2~0.3)

依現場做安全之考量，可於放置至屋頂前先測量其單重，便於結構安全計算，並注意公式皆為計算植物地上部份之重量，需加上地下部份根團之重，是為總重。

## (二)種植土壤之載重

植栽所需之種植土壤大多由多種土壤種類依配比配置而成，所以應先根據人工種植土的土壤種類類別作出不同的單位重量標示，再由植物品種確定土層厚度之後，算出屋頂種植土壤每平方公尺之荷載。

種植土壤關係到植物生長與屋頂承重等問題，在兩者間取得平衡可達到最大效益，為了使植物生長旺盛並盡量減輕土壤造成載重增加之問題，新型的人工輕質土壤可盡量達到此要求，其特色除重量輕之外，有保水性良好、營養源適量之諸多優點，一般園藝較多使用之種類為蛭石、珍珠岩、泥炭、木屑等材料，但值得注意的是，種植土經雨水或澆灌之後，原本之乾容重（一般為 7 至 15 kg/m<sup>3</sup>）在達到飽和狀態時之濕重將比原本增大 20%-30%，必須預留此空間於載重上，在荷重計算上建議以濕重做為計算基礎。

## (三)排水層之載重

排水系統由兩個緊密相連的部分組成，排水材料以及原排水系統。排水層是由抗腐蝕的材料組成，水透過排水層可排至屋頂的排水管道，需根據排水層使用的材料計算其重量。而過濾層、防水層等統一併入種植土重量計算，簡化繁複小項荷載計算之工作。

為減輕各層之重量，排水材料可以市面上之輕量化產品替代，例如火山渣排水層、膨脹黏土排水層、空心磚排水層、塑膠排水板等產品；為應用於台灣之氣候，亦可使用排水及保水效用合一之排保水板產品，目前市

面上之排保水板大多使用塑膠製品，其重量已減到最低，適合屋頂綠化之需求及減輕載重之條件。

## 二、花盆與雕像之載重

屋頂綠化若以花園為設計主軸，雕塑品是一重要元素，特別在目標為陳列藝術品的展示區、博物館等特殊案例上，屋頂便成為放置雕塑之理想場所。而在某些載重有限制，或是不適合全面綠化之屋頂案例，花盆、盆栽等種植用容器因具有自由搬動之因素，可靈活運用於其中。

以上兩種類型之附加物，可於施工前由設計及施工人員做現場評估，以確保安全。雕塑之重量需看材質而定，木雕及金屬薄壁製品的重量較輕，可以忽略不計，但底座通常比雕塑本身之重量要重，是項不可忽略之集中荷載；而低矮花盆可由種植土之重量並按尺寸計算，若大型種植容器則必須加入容器材質，並且按在屋頂所佔面積計算成平均載重。

## 三、假山石與水池之載重

水流在庭園造景上可展現的型態相當豐富，自古以來不論是在人文風情、景觀變化上皆是不可或缺，但若在建築物正在建造或完成後才考慮添加水文要素，就必須考慮建築物既有載重限制。在 10 公分深時，分佈載重為  $100 \text{ kg/m}^3$ ，水深 100 公分時水體之單位重量即高達  $1000 \text{ kg/m}^3$ 。瀑布造景所使用的是垂直方向之水流，比起平面流體使用水泵進行循環時，需另外考慮水體流動所產生之額外衝擊。與之相輔相成的是石材的結合，兩者之佈局可營造出統一和諧的整體，但在重量的配置上必須先行規劃。選擇使用天然石材時，由於屋頂整體重量之限制，可以將其擺放至柱子等承重的位置上，按集中荷載考慮；在強度相對較低的屋頂上，或是需要在承重能力較低之區域上佈置時，可選擇使用人造岩石等輕質化替代石材，從而達到單純使用天然石材難以達到之效果，減低承載負擔。人造岩石可依實際石體之體積乘以 0.7-0.8 之孔隙率，求出每平方公尺的平均荷載，但在擺放至現場之前仍需再進行重量測量，之後再行擺置。

#### 四、小品與建築之載重

屋頂上之附加載重除了一般綠化之植栽及造景用山水之外，亦有針對不同使用族群而設定的使用目標中，為達到休憩效果而建造特定之結構物，其中以小型亭廊等為常見之結構物。此種結構物提供人們休憩，以及抵抗過熱天況或躲避降雨之場所，除了起到遮蔽作用之外，同時可減少眩光之影響。傳統仿古建築或西式建築的重量皆取決於其形式、材料及作法，仿古建築的長廊或是西式建築的小徑之荷載，由獨立之木柱傳遞至屋頂結構的樓板或樑上，同時也由屋頂承受其集中荷載，若此集中載重過大，需增加屋頂樓板之強度，重新對樓板載重做必要之驗算。

另有功能性之結構物，例如在高層建築上可建造擋風牆等掩體，減少風力及風速在建築兩側形成突然加大之瞬風。而休憩型的兒童遊樂設施之重量亦取決於材質及規格，於現場使用狀況做調整。

#### 貳、載重確認

計算屋頂綠化工程的重量，可通過下表列諸出之簡單方法來大致估算屋頂花園所可能產生的荷載。藉由資料可大致估算是否超出結構所能負荷的載重限制；亦可藉由此方法，對新建築屋頂所需要的載重限制提出要求。計算完成後，仍須於現地進行資料調整及修正，以確保資料的準確性。

表 4-6 載重確認表

材料	重量*數量=總重	備註
土壤	kg/m <sup>3</sup> * m <sup>3</sup> = kg	濕土重
排保水系統	kg/m <sup>2</sup> * m <sup>2</sup> = kg	含水狀態下
組合式盆栽	kg*個數 個= kg	
喬木	kg* 棵= kg	
灌木	kg* 棵= kg	
地被植物	kg/m <sup>2</sup> * m <sup>2</sup> = kg	
其餘擺設之重		可依實況分別計算
水塔等加建物		可依實況分別計算
總計		kg

(資料來源:本研究整理)

計算方法是在屋頂施工處隨機抽取 1 平方公尺面積的區域，計算出其中每一樣材料的重量，隨後將這些重量相加，即可得出這 1 平方公尺區域的總重量。配合實際情況及所需材料修改表格內容，表格項目可隨需求自由增減及修訂。

單張表格最終計算結果即為集中載重之近似值，相鄰之區塊若計算出之結果較小，此區塊重量將會分散至抽樣區域以外區塊，因而屋頂所實際承受載重比計算得出之平均載重值略小，可以此表格對屋頂進行屋頂上構件之總和估算。

#### 第四節 簡易結構分析方法

##### 壹、屋頂綠化工程承载力評估流程

欲施行屋頂綠化之建築物，由於設計、施工時之條件不同，以及日後使用時之維護情形不定，可能由於綠化工程之施作而使構材劣化處或建築物原有之問題因此而暴露。為使綠化工程順利進行，且不危及建築物之安全，如能在工程展開前施行評估，剔除出現安全疑慮之建築物，避免對其施工，或及早加以補強處理再予以施工，不啻為減少問題工程之方法。施行屋頂綠化之流程如下圖所示。

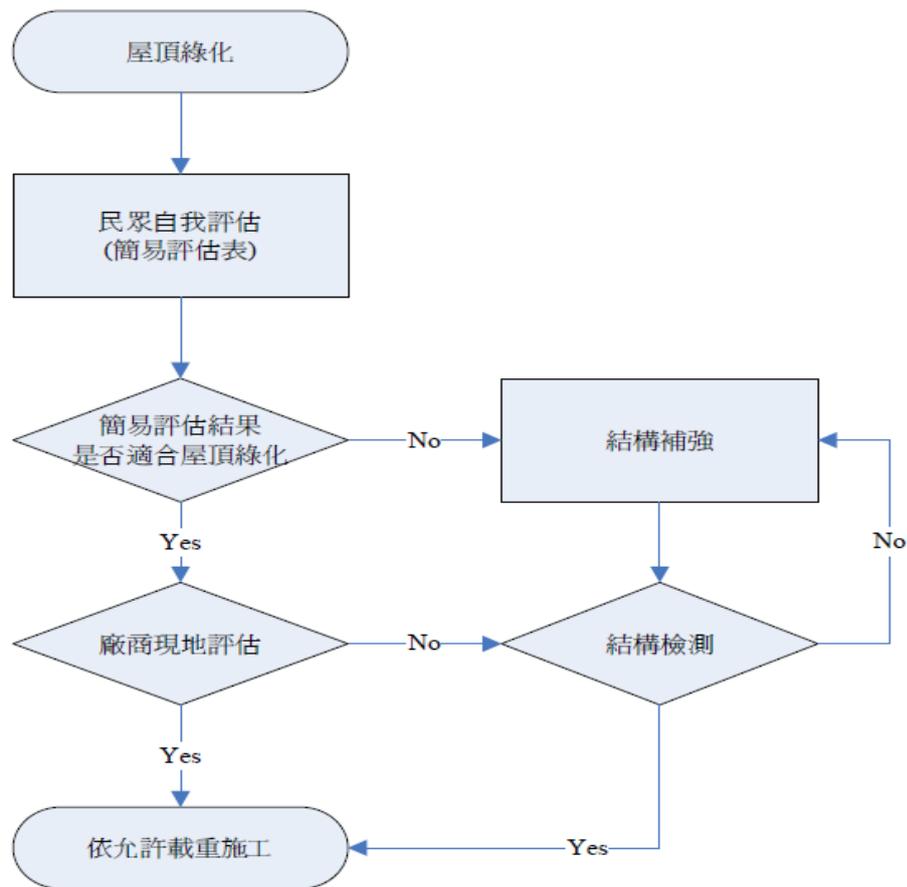


圖 4-1 屋頂綠化施工流程

(資料來源:本研究整理)

國內目前已有多件屋頂綠化工程案件，施工前之評估方法結果各異，亦無有系統之流程鑑定，造成施工後原建築產生崩壞、或對構件造成傷害。本流程圖旨在研擬屋頂綠化施工流程及建立簡易評估機制，俾利推動屋頂綠化，並依流程確認施工過程，以供工程實務運用之參考。

## 貳、屋頂綠化工程承载力簡易評估

### 一、初步評估作業

屋頂綠化工程將施行於建築物之屋頂，結構物本身之強度及劣化程度將會決定工程順利與否，因此施作前先確保建築物是否能承受屋頂綠化施工，可省去施作後的再補強及重新翻修所產生之成本，避免浪費雙倍金錢及耗費過多時間。

評估方法採取記分模式，主要目的為提供使用者做為是否施作屋頂綠化之參考，記分結果即為初步評估結果，若結果顯示強行施工有產生危險之疑慮，則須停止屋頂綠化工程，或依實際狀況進行結構補強，再行施工。

計分評估方式參考建研所建築物耐震評估作業及震害資料庫建置之研究，建築物耐震評估方法之研修與作業準則之研擬，所附表之建築物簡易安全評估表作為藍圖，並將範圍縮小至屋頂，檢查項目依內容作權重之調整，並予以配分。

### 二、簡易評估方法

簡易評估方法以記分方式進行評估，做為是否施工之依據。評估表內容如表 4-7 所示，內容可分為簡易施工檢測及使用性能評估，各項目依重要性配分之總和為 100 分，依據評估內容及權重分配予以計分，即可得施工前評分總計。

利用此方法所得之計分，若小於或等於 20 分，表示該建築物不需進行補強，可請廠商至現場做進一步作業；若大於 20 分，則建議對結構做進一步評估，並進行構件維護及結構補強，降低潛在危險之後再行施工。

## 參、綠化施作工程現況

### 一、施工單位現場勘查

經過初步簡易評估之後，施工單位需依照使用者之需求規劃施工藍圖，經現場勘查後進行施工。其中需注意屋頂綠化所使用之構件必須隨建築物結構安全及可能遭遇之問題進行調整，使其不影響建築物耐久度與使用安全；屋頂防水系統如有劣化之可能，必須加以修補或翻修，在施工之前需確認屋頂能承受使用者所提出之要求，再依現場狀況與使用者進行溝通。

若廠商於施工前或施工期內發現建築物缺陷，必須立即停工，依損害狀況決定再施工可能性，如發現強度不足或是有明顯變型程度等現象，需於停止施工後進行專業檢測。於現場勘查後顯示安全有疑慮之施工現場，需進行結構檢測。以目視、超音波、掃描及鑽心檢測等檢測方式檢視結構物之強度是否可承載附加其上之新增載重，檢測結果若能承載所設定之載重，且無安全上之疑慮，即可依允許載重施工，但仍需對結構繼續進行例行性的維護，以確保工程之耐久與使用安全；所得結果若無法通過檢測，則表示結構之強度有不足之處，必須針對重點進行修補及補強，使其符合載重要求，才能施工。

### 二、屋頂綠化施工建議

本研究研擬之表格可做為使用者初步評估之用，屋齡過於老舊將會影響結構構件之劣化程度、積水與滲水之嚴重程度以及各種使用現況隨著時間增加而改變，單項之評分以使用者感官及肉眼評估，不確定之項目建議將其給分程度提升，對評估標準嚴格以待，保守評分以策嚴謹。

本計劃所稱施工單位係指該單位具有專業工程技術人員，在判定條件

不利施工、且安全確有疑慮者，則應將評估作業交由結構工程專業人員、或結構工程技術人員為之，或委由技師事務所或工程顧問公司接手作業。

結構檢測結果，強度不足且安全確有疑慮者，應進行建築物結構補強設計及補強施工。完工後為確認補強結果，應於補強工程後再次進行建築物評估，確定建築物可承受原本之載重及附加其上之載重組合，且符合法規之規定。確認施工處修補完成之後，即可再繼續進行薄層綠化施工工程。

各階段作業皆需謹慎進行評估及施工，有安全疑慮即須停止施工工程，確定工程細處皆無安全顧慮才能再進行下一階段作業。

表 4-7 簡易評估表

簡易評估表							
項次	項目	配分	評估內容		危險度 評分		
01	屋齡， $y_r$ (年)	13	<input type="checkbox"/> 30 年以上(1.0)	<input type="checkbox"/> 20-30 年(0.67)	<input type="checkbox"/> 10-20 年(0.33)	<input type="checkbox"/> 10 年以下(0)	
02	使用功能是否改變	9	<input type="checkbox"/> 是(1.0)	<input type="checkbox"/> 否(0)			
03	牆面產生裂縫	6	<input type="checkbox"/> 嚴重(1.0)	<input type="checkbox"/> 中等(0.67)	<input type="checkbox"/> 輕微(0.33)	<input type="checkbox"/> 無(0)	
04	屋頂加建物(鐵皮屋、棚屋等)加重程度	9	<input type="checkbox"/> 高(1.0)	<input type="checkbox"/> 中(0.67)	<input type="checkbox"/> 低(0.33)	<input type="checkbox"/> 無(0)	
05	屋頂加建物(水塔、消防逃生系統)加重程度	9	<input type="checkbox"/> 高(1.0)	<input type="checkbox"/> 中(0.67)	<input type="checkbox"/> 低(0.33)	<input type="checkbox"/> 無(0)	
06	樑柱系統損害(開裂蛀腐變形等)程度	9	<input type="checkbox"/> 嚴重(1.0)	<input type="checkbox"/> 中等(0.67)	<input type="checkbox"/> 輕微(0.33)	<input type="checkbox"/> 無(0)	
07	屋頂面產生裂縫裂蛀腐變形等程度	9	<input type="checkbox"/> 嚴重(1.0)	<input type="checkbox"/> 中等(0.67)	<input type="checkbox"/> 輕微(0.33)	<input type="checkbox"/> 無(0)	
08	屋頂排水功能	6	<input type="checkbox"/> 極差(1.0)	<input type="checkbox"/> 不良(0.67)	<input type="checkbox"/> 尚可(0.33)	<input type="checkbox"/> 良好(0)	
09	下方樓層是否滲水	6	<input type="checkbox"/> 嚴重(1.0)	<input type="checkbox"/> 中等(0.67)	<input type="checkbox"/> 輕微(0.33)	<input type="checkbox"/> 無(0)	
10	板牆屋架等構材龜裂滲水銹蝕變形等程度	9	<input type="checkbox"/> 嚴重(1.0)	<input type="checkbox"/> 中等(0.67)	<input type="checkbox"/> 輕微(0.33)	<input type="checkbox"/> 無(0)	
11	建築物傾斜及沉陷程度	9	<input type="checkbox"/> 嚴重(1.0)	<input type="checkbox"/> 中等(0.67)	<input type="checkbox"/> 輕微(0.33)	<input type="checkbox"/> 無(0)	
	分數總計					危險度評分總計	
評 估 結 果			<input type="checkbox"/> 不需進行補強(總分小於 20 分) <input type="checkbox"/> 建議做進一步評估，降低潛在危險(總分大於 20 分)				

(資料來源:本研究整理)



## 第五章 模組化試驗模型設計及試驗步驟 規劃

屋頂綠化會產生許多生態效益，包括：增加保水量、減少都市雨洪、減緩都市熱島效應、減少都市噪音等效益，為明瞭這些影響，可藉由物理試驗的方法實地量測這些變化。而物理試驗也可依規劃地點的不同，分為室內、室外及現地，室內試驗規劃較小較理想化，且易於掌控影響變數，而室外與現地試驗規劃較大較接近實際狀況，但不易掌握其影響變數。故考量經費及試驗難易度建立室內試驗模組，就屋頂綠化在水文方面之影響(包括保水量、逕流量及蒸發散量等)進行試驗。

### 第一節 屋頂綠化試驗模組建置

試驗模組規劃建置依照本計畫之研究方向，設計試驗模組包括三部分：人工降雨模擬器系統、試體單元系統及觀測系統之配置，以下分項說明。

#### 壹、人工降雨模擬系統

人工降雨模擬器乃利用抽水馬達提供固定壓力，並藉由調整壓力閥改變噴頭出水強度，其能達到之降雨強度分別為 29.76mm/hr、50.88 mm/hr 及 78.85 mm/hr 作為降雨事件，人工降雨模擬器如下圖所示。



圖 5-1 人工降雨模擬系統

(資料來源:本研究整理)



**圖 5-2 人工降雨模擬器-噴頭**

(資料來源:本研究整理)



**圖 5-3 人工降雨模擬器-水壓表及壓力閥**

(資料來源:本研究整理)

## 貳、試驗單元系統

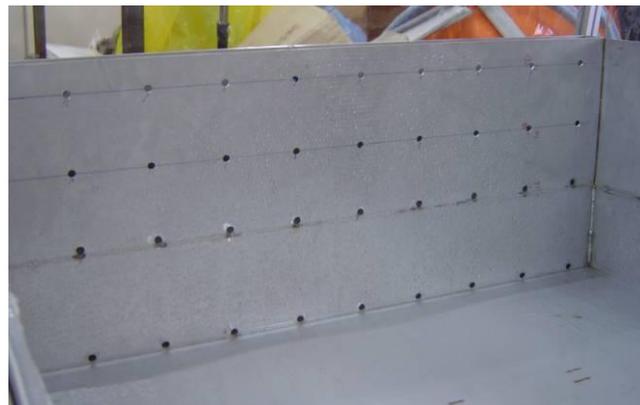
為考慮試驗單元系統置於室內與需方便搬運，因此試體不宜過大，並且為單純化日後數據整理與計算，設計尺寸為長 100 公分、寬 100 公分，共計面積為 1 平方公尺，考慮試驗土壤厚度變因，試驗單元高度設置為 40cm。試驗單元系統具有利用千斤頂使其傾斜可調整角度  $0^{\circ}$  至  $30^{\circ}$  之功能。試驗單元系統於底層設置一排 10 個排水孔洞以利收集地表下逕流，並於上方每 10 公分處設置每排 10 個排水孔洞以利收集地表逕流。試驗單元外圍設置降雨損失區收集降雨損失。試

驗單元系統因考慮長期處於濕潤情況下，因此施作材料選用不鏽鋼金屬以防止單元鏽蝕。



**圖 5-4 試驗單元系統**

(資料來源:本研究整理)

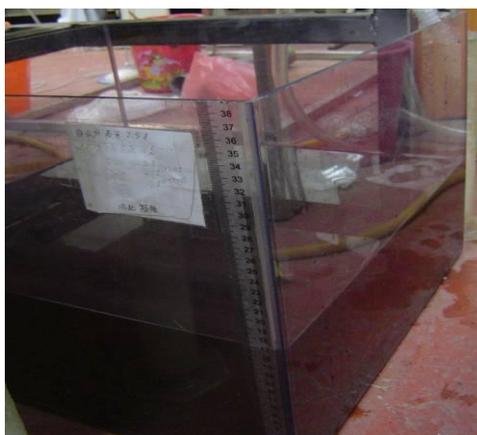


**圖 5-5 試驗單元排水孔洞**

(資料來源:本研究整理)

### 參、觀測系統

為考慮觀測系統的操作的方便性及觀測值的準確性，並計算所需容量後，設計三個儲水槽尺寸為長 50 公分、高 50 公分及高 50 公分之透明壓克力箱。為以利讀取數據，於儲水槽其側邊作刻度，每 1 公分刻度表 2.5 公升。



**圖 5-6 觀測系統**

(資料來源:本研究整理)

## **第二節 試驗項目與試體組成規畫**

本節就試驗變數、試驗配置項目、試驗設計規畫分別說明，對屋頂綠化試體各層組成說明，並將每組試驗進行編號。

### **壹、試驗變因**

本試驗變因有：降雨強度、傾斜角度、介質厚度及植栽種類。降雨強度方面以人工降雨模擬器作降雨強度 29.76mm/hr、50.88 mm/hr 及 78.85 mm/hr 進行試驗；傾斜角度方面，分別以 0°、10°、20°及 30°傾斜角度進行試驗；介質厚度方面，分別以 10cm、20cm 及未施作綠化之屋頂進行試驗；植栽種類方面，採用假儉草及虎尾蘭兩種植物進行試驗。

### **貳、工法說明**

試驗工法係參考「財團法人台北市錫瑠環境綠化基金會」所提供的屋頂綠化工法，此工法最大的特色在於其排水層。此工法的排水層是以硬質的杯狀塑料保排水板來代替，平時可以蓄積水分協助植物度過乾旱，降雨時過多的水分則順著特殊設計的溝槽排出，能夠兼顧保水與排水功能。另外，保排水板的獨特設計尚具有重量輕、施工易、防止植物根部蔓生而損傷防水層等特點，可以降低屋頂的承載需求及防水層遭植物破壞之顧慮。

### 一、防水層

防水是屋頂綠化的第一要素，通常在混凝土結構上施加防水層，以防止水份滲入屋頂，除了防止滲入的雨水外，綠化屋頂也要求能長時間抵抗植物根系的穿透能力，本試驗將試驗單元系統底部不鏽鋼金屬視為屋頂綠化之防水層。

### 二、排保水層

排保水層介於防水層及過濾層中間，是將從介質逕流從孔洞排出之空間，為具有一定空隙及承載能力，有良好排水及蓄水功能之塑膠排保水版。排保水版於土壤乾燥時可利用儲存於排水版中之水體供給土壤，降雨時可利用排保水版之孔洞及凹槽迅速排水，並且其通常有抗植物根穿刺之功能。本試驗以寶銳企業有限公司所提供的「儲水隔熱植物生長座」作為底部的排保水層，如圖所示。

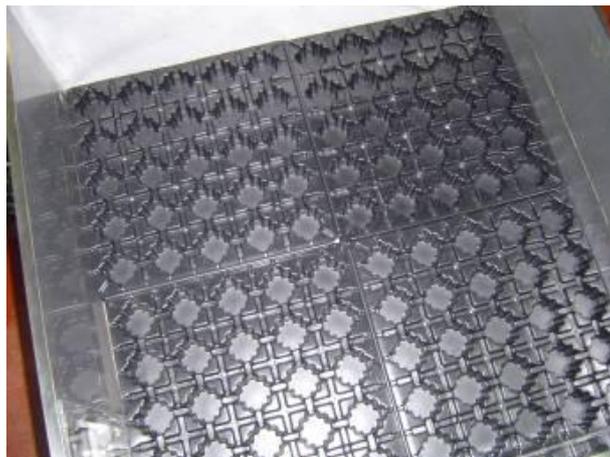


圖 5-7 排保水層

(資料來源:本研究整理)

### 三、過濾層

為防止介質隨著逕流流失，堵塞排水管道造成積水及植物死亡，需在排保水層上方鋪設過濾層。本試驗使用不織布鋪設以防止混合介質及植物根系破壞底部的設施，如圖所示。



**圖 5-8 過濾層**

(資料來源:本研究整理)

#### 四、介質層

介質是屋頂綠化植物賴以生長的土壤層，應具有自重輕、適合植物生長、施工簡便及經濟環保。本試驗以市面上亦取得之輕質培養土壤作為介質層鋪設內容，如圖所示。其內容為椰子屑、碳化稻殼、泥炭天然腐質酸。椰子屑重輕多孔隙，富含植物生長所需之微量元素，保溫保濕且通風透氣不易腐敗。碳化稻殼質輕多孔隙，顏色較深可增加吸熱作用促進植物生長減少寒害，吸附力大可吸收有毒物質，減少連作傷害並減少養分的流失。泥炭土為世界各國最普遍的無土栽培基質，質輕多孔隙且保水力強，具有利植物生長之有機質、腐質酸。



**圖 5-9 介質層**

(資料來源:本研究整理)

## 五、植栽層

本次試驗的植栽選用如下：

假儉草(蜈蚣草)，*Eremochloa ophiuroides*，屬暖地型草種，質感中粗，為一種暖季型、多年生、低矮具發達根莖、匍匐莖貼地伸，耐酸性強，貧瘠土壤可生長。植株低矮伏貼地面，修剪次數少。



**圖 5-10 植栽層-假儉草**

(資料來源:本研究整理)

虎尾蘭，*Sansevieria trifasciata*，質感堅硬、肉質葉，為地下莖，耐陰性佳，喜高溫，對於空氣污染的抵抗力強，繁殖使用分株法或葉插法。日夜均可吸收二氧化碳後於日間釋出氧氣。可將空氣中的苯和三氯乙烯的有害氣體吸收，是天然的空氣淨化器。



**圖 5-11 植栽層-虎尾蘭**

(資料來源:本研究整理)

### 參、試驗設計說明

依照假設，設定四項變因並每組試驗編號：降雨強度(I)、傾斜角度(S)、介質厚度(M)、及植栽種類(V)(見表 5-1、5-2、5-3、5-4)。

表 5-1 未施作綠化試驗編號及變數

降雨強度(I) \ 角度(S)	S=0°	S=10°	S=20°	S=30°
I=29.76mm/hr	a-1	a-4	a-7	a-10
I=50.88mm/hr	a-2	a-5	a-8	a-11
I=78.85mm/hr	a-3	a-6	a-9	a-12

(資料來源:本研究整理)

表 5-2 介質厚度 10cm 假儉草綠化試驗編號及變數

降雨強度(I) \ 角度(S)	S=0°	S=10°	S=20°	S=30°
I=29.76mm/hr	b-1	b-4	b-7	b-10
I=50.88mm/hr	b-2	b-5	b-8	b-11
I=78.85mm/hr	b-3	b-6	b-9	b-12

(資料來源:本研究整理)

表 5-3 介質厚度 20cm 假儉草綠化試驗編號及變數

降雨強度(I) \ 角度(S)	S=0°	S=10°	S=20°	S=30°
I=29.76mm/hr	c-1	c-4	c-7	c-10
I=50.88mm/hr	c-2	c-5	c-8	c-11
I=78.85mm/hr	c-3	c-6	c-9	c-12

(資料來源:本研究整理)

表 5-4 介質厚度 20cm 虎尾蘭綠化試驗編號及變數

降雨強度(I) \ 角度(S)	S=0°
I=29.76mm/hr	d-1
I=50.88mm/hr	d-2
I=78.85mm/hr	d-3

(資料來源:本研究整理)

### 第三節 試驗步驟

本計劃針對屋頂綠化對逕流及蒸發散之影響作試驗，量測觀察值並作記錄及分析。以下分別對逕流、蒸發散之影響的試驗步驟作說明。

#### 一、屋頂綠化對逕流影響之試驗步驟

##### 步驟1：試體鋪設

依照試驗配置項目中10cm、20cm及未綠化三種介質厚度作選擇並進行鋪設，及於假儉草或虎尾蘭兩種植栽種類作選擇並進行栽種。

##### 步驟2：前置調整

屋頂綠化對逕流影響試驗進行前，依照試驗配置中 $0^{\circ}$ 、 $10^{\circ}$ 、 $20^{\circ}$ 及 $30^{\circ}$ 四種傾斜角度作選擇並進行調整。試驗前，進行噴灌測試，取得設計之需求強度，使用人工模擬器降雨，並調整壓力閥至需求降雨強度

##### 步驟3：試驗觀測

試驗過程中第1小時進行模擬降雨，並且每5分鐘記錄一次儲水槽之刻度。第2小時起停止降雨並持續記錄至第4小時。

##### 步驟4：數據分析

利用觀測到之直接逕流量，轉換成累積逕流量，並繪製直接逕流歷線及累積逕流歷線；利用累積逕流量之差值，換算出屋頂綠化所提供之保水量，並繪製保水量歷線。

#### 二、屋頂綠化對蒸發散影響之試驗步驟

##### 步驟1：試體鋪設

依照試驗配置項目中10cm、20cm及未綠化三種介質厚度作選擇並進行鋪設，及於假儉草或虎尾蘭兩種植栽種類作選擇並進行栽種。

##### 步驟2：前置調整

屋頂綠化對蒸發散試驗進行前一日，使用29.76mm/hr降雨強度作臨前降雨，使土壤保持濕潤狀態，靜置一夜待逕流停止。

### 步驟3：試驗觀測

隔日將試體搬至室外，每小時量測一次重量，觀察其失去重量即為其蒸發散量，為時8小時，並收集風速、溫度、相對濕度等氣象資料以利推估比較。

### 步驟4：數據分析

試驗後將蒸發散量數據整理分析分別以蒸發散量測、氣象資料估計及理論估計值作比較。

## 第四節 成果分析

本節就試驗結果依保水量歷線、逕流歷線之不同降雨強度、傾斜角度、介質厚度及植栽種類分別說明，另外亦顯示蒸發散量之試驗結果。

以下對保水量、逕流量作定義：

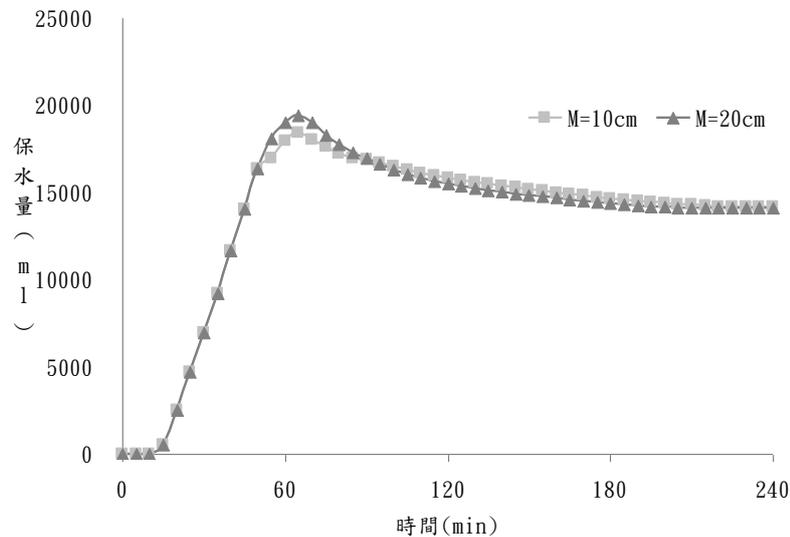
保水量：屋頂綠化與未綠化累積逕流歷線之差值，即為其屋頂綠化所提供之保水量。

逕流量：屋頂綠化逕流量包括其地表逕流量及地表下逕流量。

### 壹、保水量歷線

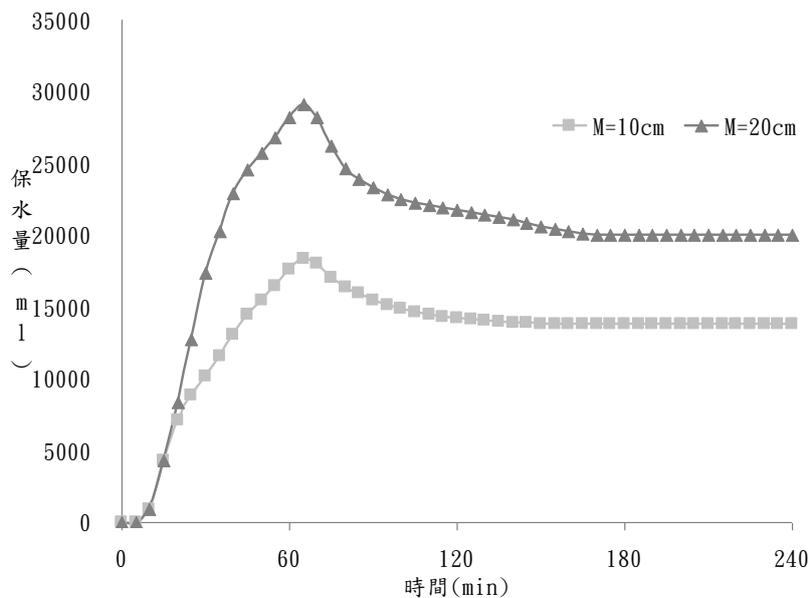
屋頂綠化不同介質厚度(M)對保水量產生影響，依前述試驗設計說明中表5-1、5-2、5-3及5-4，在降雨強度(I)、傾斜角度(S)及植栽種類(V)三方面不同背景之組合，共15種情況羅列如下，分析介質厚度綠化對保水量之影響及差異性，並將結果繪製保水量歷線圖。

情況一： $S=0^\circ$ ， $I=29.76\text{mm/hr}$ ，植栽種類為假儉草。試驗編號：a-1、b-1、c-1。



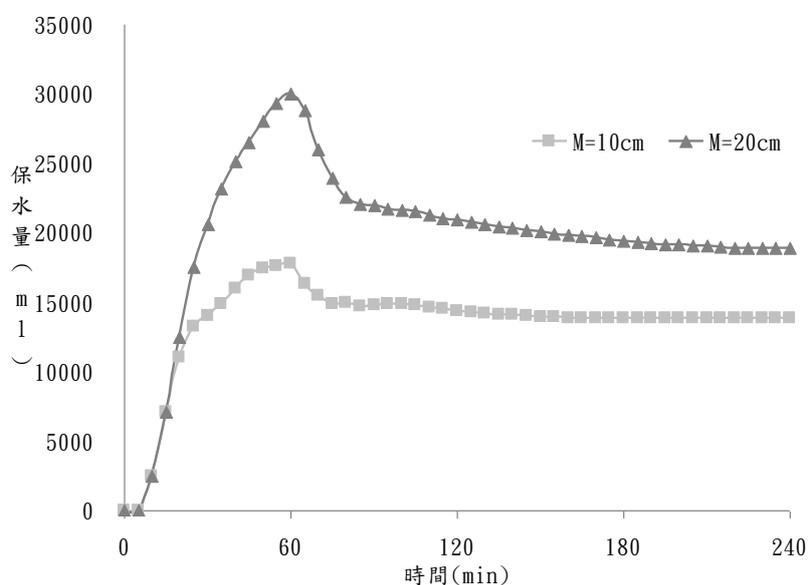
**圖 5-12 不同介質厚度對保水量變化之影響( $S=0^\circ$ ， $I=29.76\text{mm/hr}$ )**  
(資料來源:本研究整理)

情況二： $S=0^\circ$ ， $I=50.88\text{mm/hr}$ ，植栽種類為假儉草。試驗編號：a-2、b-2、c-2。



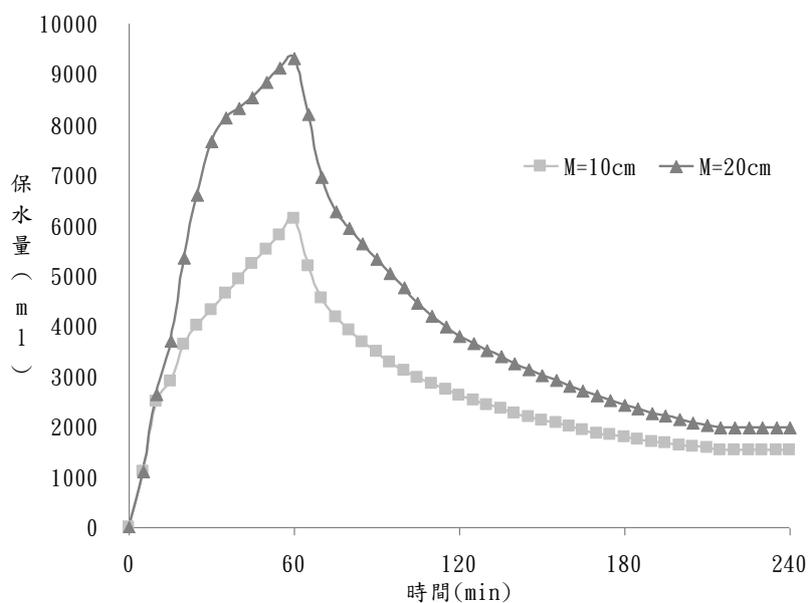
**圖 5-13 不同介質厚度對保水量變化之影響( $S=0^\circ$ ， $I=50.88\text{mm/hr}$ )**  
(資料來源:本研究整理)

情況三： $S=0^\circ$ ， $I=78.85\text{mm/hr}$ ，植栽種類為假儉草。試驗編號：a-3、b-3、c-3。



**圖 5-14 不同介質厚度對保水量變化之影響( $S=0^\circ$ ， $I=78.85\text{mm/hr}$ )**  
(資料來源:本研究整理)

情況四： $S=10^\circ$ ， $I=29.76\text{mm/hr}$ ，植栽種類為假儉草。試驗編號：a-4、b-4、c-4。



**圖 5-15 不同介質厚度對保水量變化之影響( $S=10^\circ$ ， $I=29.76\text{mm/hr}$ )**  
(資料來源:本研究整理)

情況五： $S=10^\circ$ ， $I=50.88\text{mm/hr}$ ，植栽種類為假儉草。試驗編號：  
a-5、b-5、c-5。

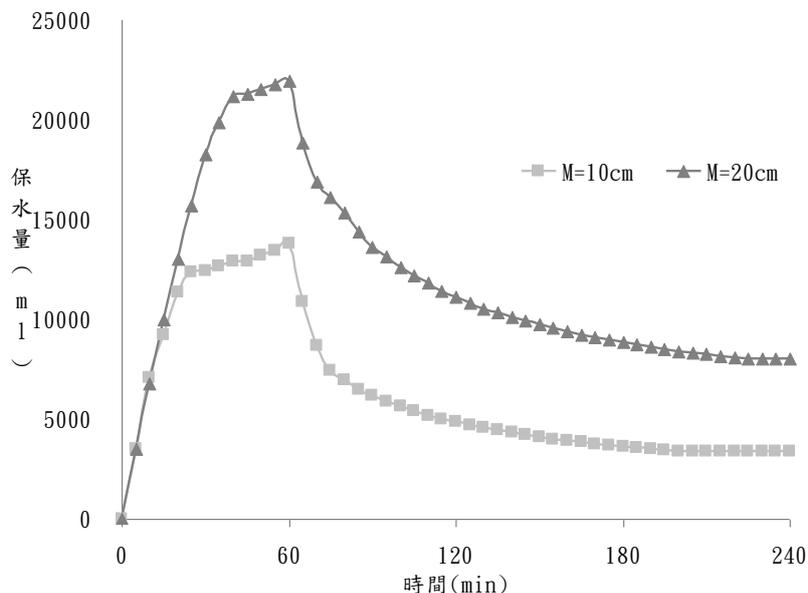


圖 5-16 不同介質厚度對保水量變化之影響( $S=0^\circ$ ， $I=50.88\text{mm/hr}$ )  
(資料來源:本研究整理)

情況六： $S=10^\circ$ ， $I=78.85\text{mm/hr}$ ，植栽種類為假儉草。試驗編號：  
a-6、b-6、c-6。

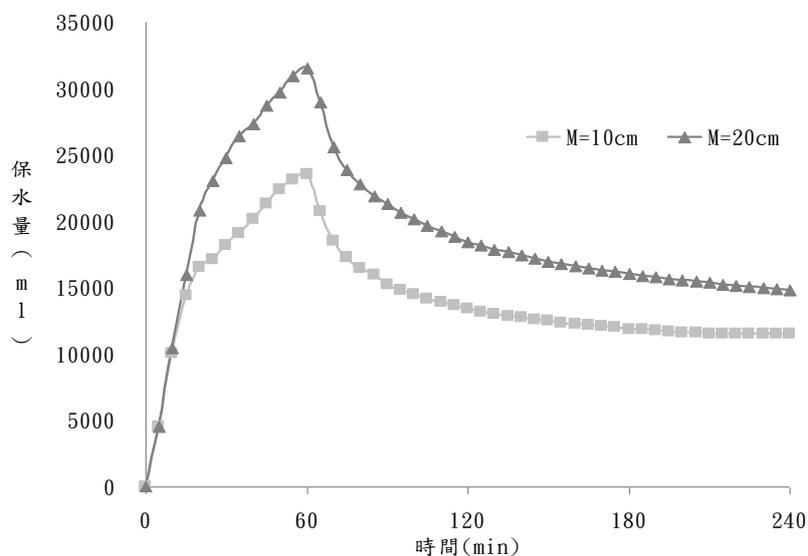
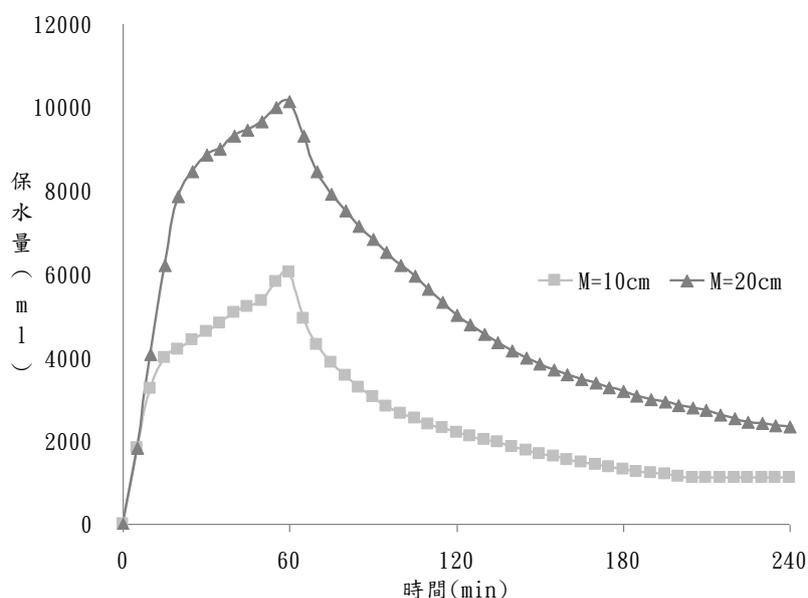


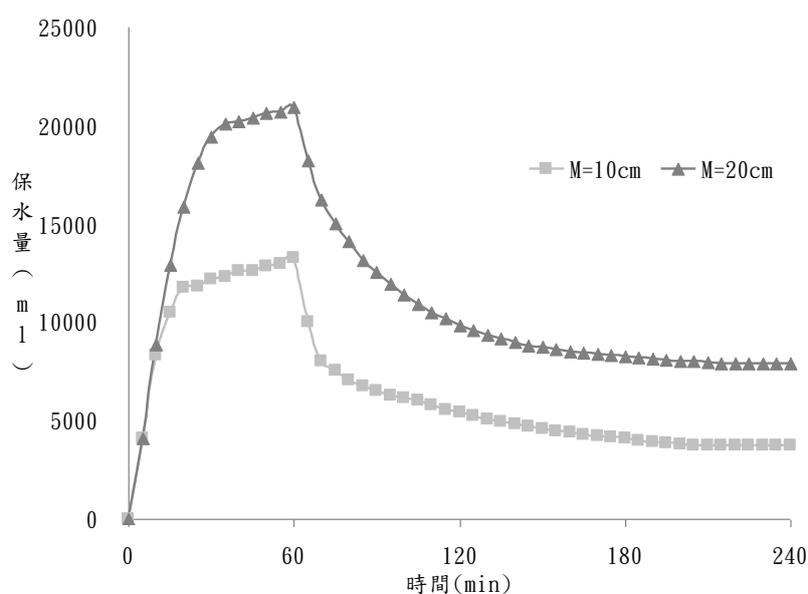
圖 5-17 不同介質厚度對保水量變化之影響( $S=10^\circ$ ， $I=78.85\text{mm/hr}$ )  
(資料來源:本研究整理)

情況七： $S=20^\circ$ ， $I=29.76\text{mm/hr}$ ，植栽種類為假儉草。試驗編號：  
a-7、b-7、c-7。



**圖 5-18 不同介質厚度對保水量變化之影響( $S=20^\circ$ ， $I=29.76\text{mm/hr}$ )**  
(資料來源:本研究整理)

情況八： $S=20^\circ$ ， $I=50.88\text{mm/hr}$ ，植栽種類為假儉草。試驗編號：  
a-8、b-8、c-8。



**圖 5-19 不同介質厚度對保水量變化之影響( $S=20^\circ$ ， $I=50.88\text{mm/hr}$ )**  
(資料來源:本研究整理)

情況九： $S=20^\circ$ ， $I=78.85\text{mm/hr}$ ，植栽種類為假儉草。試驗編號：a-9、b-9、c-9。

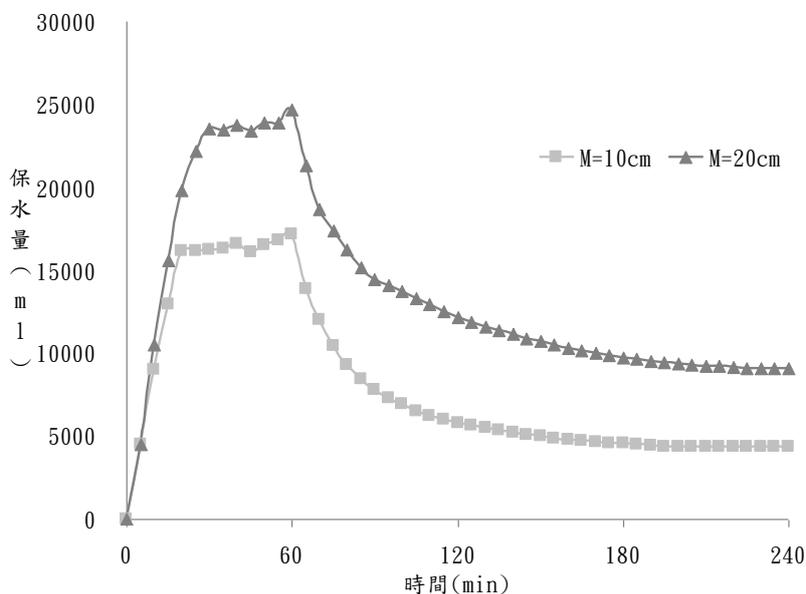


圖 5-20 不同介質厚度對保水量變化之影響( $S=20^\circ$ ， $I=78.85\text{mm/hr}$ )  
(資料來源:本研究整理)

情況十： $S=30^\circ$ ， $I=29.76\text{mm/hr}$ ，植栽種類為假儉草。試驗編號：a-10、b-10、c-10。

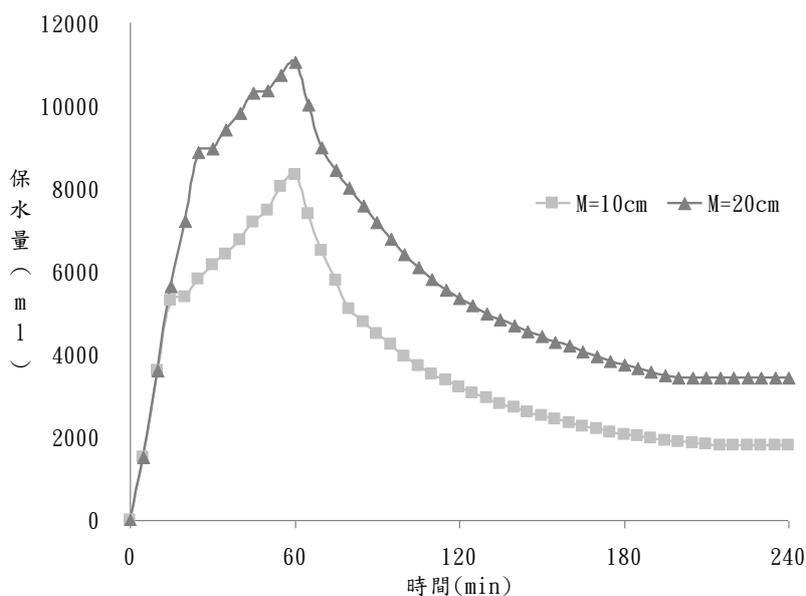


圖 5-21 不同介質厚度對保水量變化之影響( $S=30^\circ$ ， $I=29.76\text{mm/hr}$ )  
(資料來源:本研究整理)

情況十一： $S=30^\circ$ ， $I=50.88\text{mm/hr}$ ，植栽種類為假儉草。試驗編號：a-11、b-11、c-11。

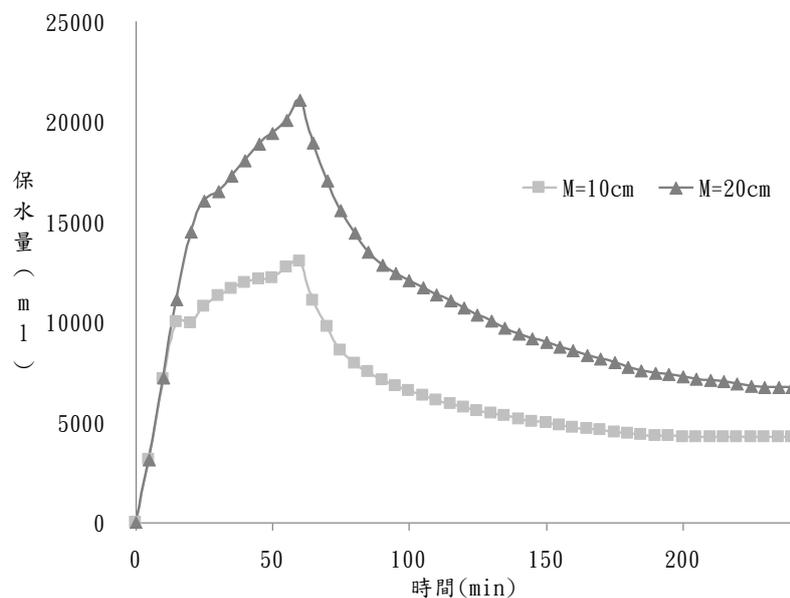


圖 5-22 不同介質厚度對保水量變化之影響( $S=30^\circ$ ， $I=50.88\text{mm/hr}$ )  
(資料來源:本研究整理)

情況十二： $S=30^\circ$ ， $I=78.85\text{mm/hr}$ ，植栽種類為假儉草。試驗編號：a-12、b-12、c-12。

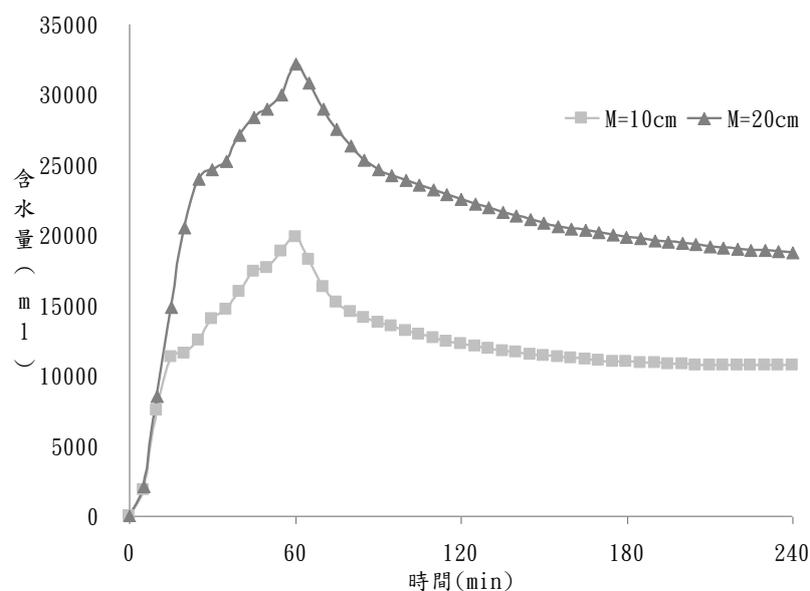


圖 5-23 不同介質厚度對保水量變化之影響( $S=30^\circ$ ， $I=78.85\text{mm/hr}$ )  
(資料來源:本研究整理)

情況十三： $S=0^\circ$ ， $I=29.76\text{mm/hr}$ ， $M=20\text{cm}$ 。試驗編號：c-1、d-1。

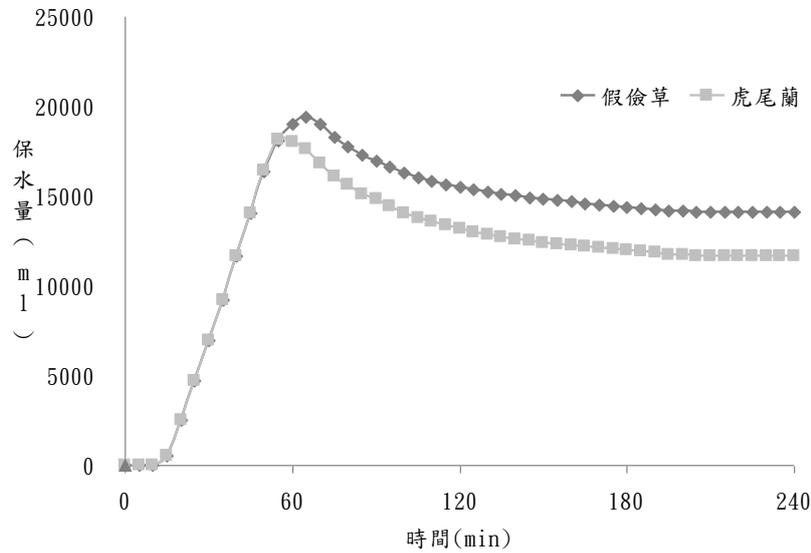


圖 5-24 植栽種類對保水量之影響( $S=0^\circ$ ， $I=29.76\text{mm/hr}$ ， $M=20\text{cm}$ )  
(資料來源:本研究整理)

情況十四： $S=0^\circ$ ， $I=50.88\text{mm/hr}$ ， $M=20\text{cm}$ 。試驗編號：c-2、d-2。

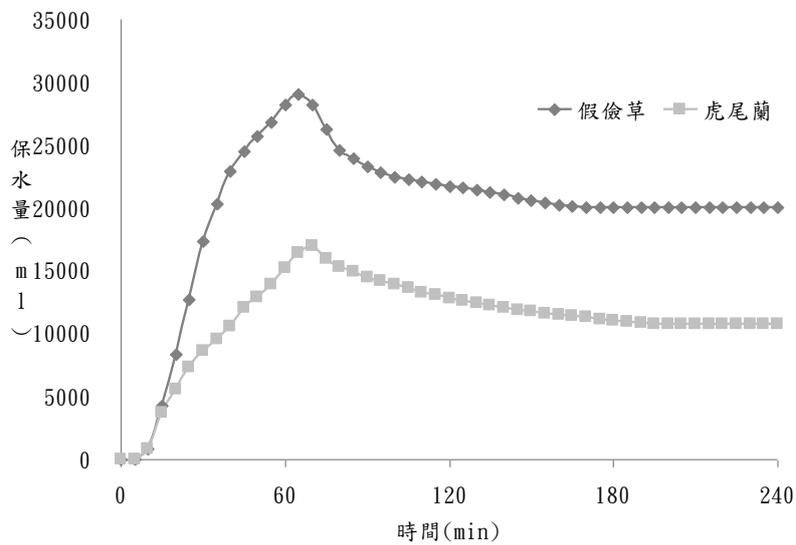


圖 5-25 植栽種類對保水量之影響( $S=0^\circ$ ， $I=50.88\text{mm/hr}$ ， $M=20\text{cm}$ )  
(資料來源:本研究整理)

情況十五：S=0°，I=78.85mm/hr，M=20cm。試驗編號：c-3、d-3。

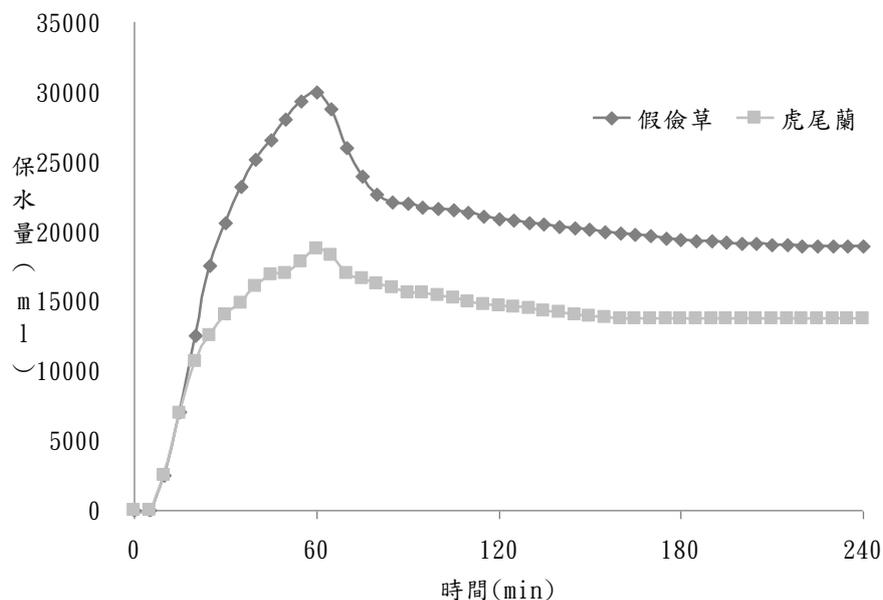


圖 5-26 植栽種類對保水量之影響(S=0°，I=78.85mm/hr，M=20cm)  
(資料來源:本研究整理)

依照試驗數據及上圖分析結果整理如下：

- (1) 施作屋頂綠化可使保水量提高，與未施作屋頂綠化比較平均提高約17%，在介質厚度10cm時平均可增加約14%保水量，介質厚度20cm時平均可增加約20%保水量；並且較厚的介質厚度有較高的保水量，介質厚度20cm較10cm平均提升保水量約6%。其中傾斜角度0°、降雨強度29.76mm/hr、介質厚度20cm時(試驗c-1)效果最為顯著，可達56%減量效果。
- (2) 在傾斜角度對屋頂綠化之保水量影響方面，傾斜角度增加將使保水量降低，在傾斜角度為10°時，與未施作屋頂綠化比較保水量平均降低22%；20°時，平均降低32%；30°時，平均降低23%。其中以傾斜角度30°、降雨強度29.76mm/hr、介質厚度10cm時(試驗b-10)保水量效果降低最為顯著。
- (3) 在植栽種類對屋頂綠化之保水量影響方面，施作假儉草較虎尾蘭

有更高的保水量，平均提高17%保水量。

因此，屋頂綠化可以藉由其保水效果，減低排水系統之負荷，並利用其儲存水體供植物利用，進而產生蒸散作用降低熱島效應。並且，施作屋頂綠化時應考慮傾斜角度及植栽種類對水文所產生的特性，依照治水目標之需求選擇傾斜角度及適合之植栽種類。

## 貳、逕流量歷線

屋頂綠化不同介質厚度(M)對逕流量產生影響，依前述試驗設計說明中表5-1、5-2、5-3及5-4，在降雨強度(I)、傾斜角度(S)及植栽種類(V)三方面不同背景之組合，共15種情況羅列如下，分析介質厚度綠化對逕流量之影響及差異性，並將結果繪製逕流量圖。

情況一： $S=0^\circ$ ， $I=29.76\text{mm/hr}$ ，植栽種類為假儉草。試驗編號：a-1、b-1、c-1。

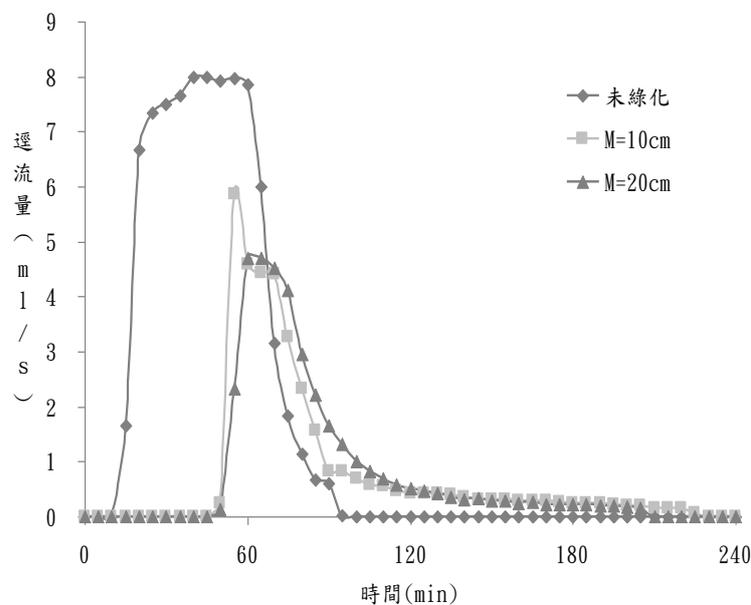


圖 5-27 不同介質厚度對逕流量變化之影響( $S=0^\circ$ ， $I=29.76\text{mm/hr}$ )  
(資料來源:本研究整理)

情況二： $S=0^\circ$ ， $I=50.88\text{mm/hr}$ ，植栽種類為假儉草。試驗編號：  
a-2、b-2、c-2。

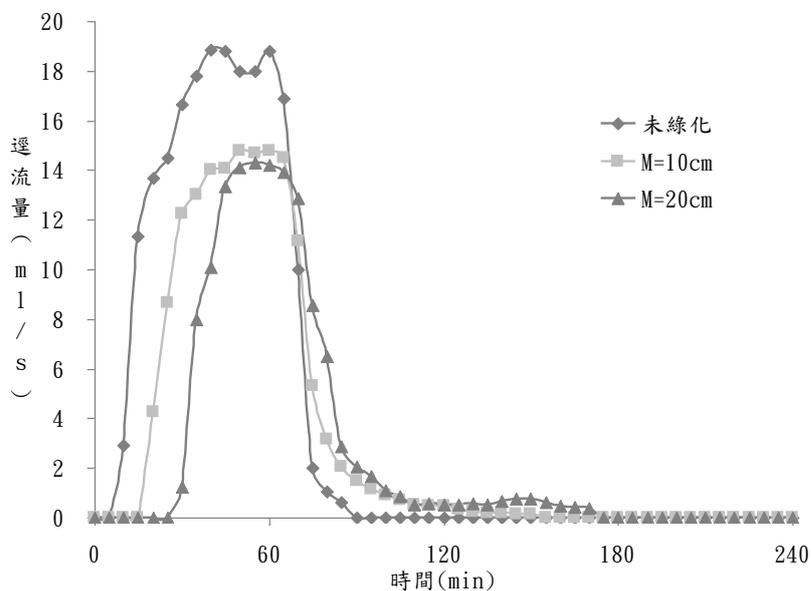


圖 5-28 不同介質厚度對逕流量變化之影響( $S=0^\circ$ ， $I=50.88\text{mm/hr}$ )  
(資料來源:本研究整理)

情況三： $S=0^\circ$ ， $I=78.85\text{mm/hr}$ ，植栽種類為假儉草。試驗編號：  
a-3、b-3、c-3。

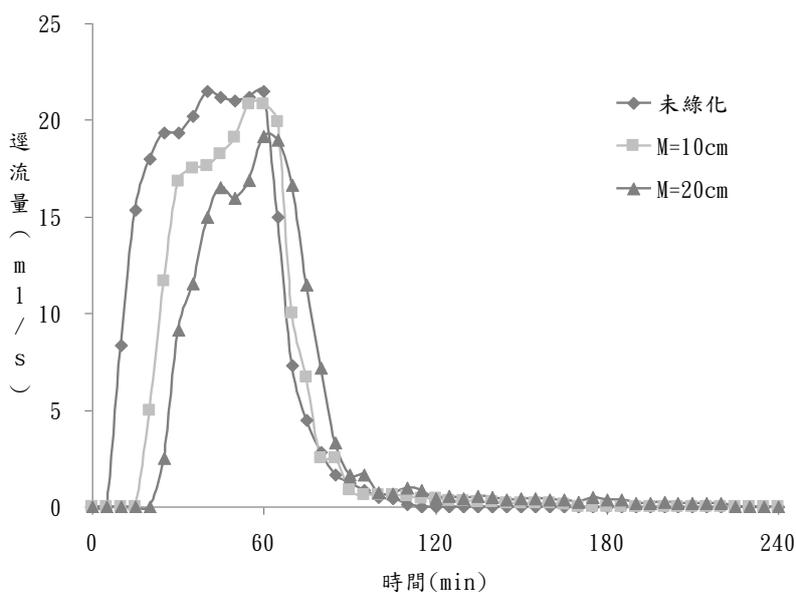
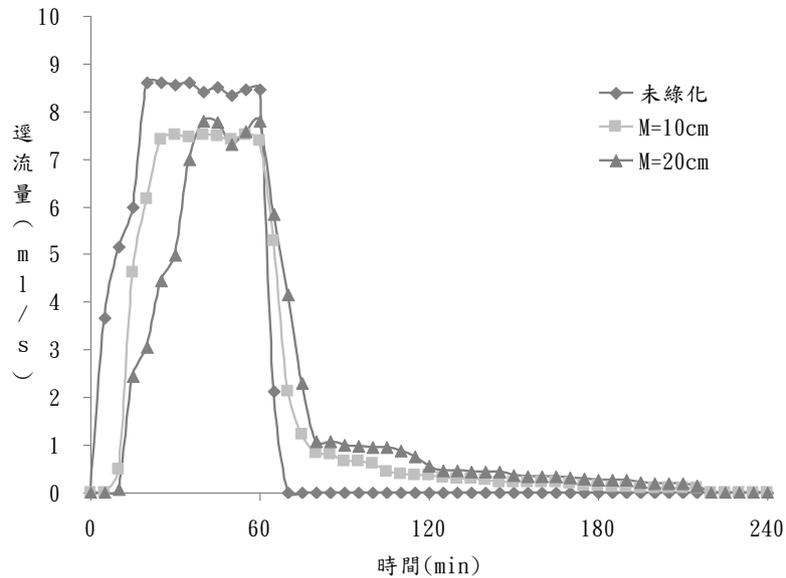


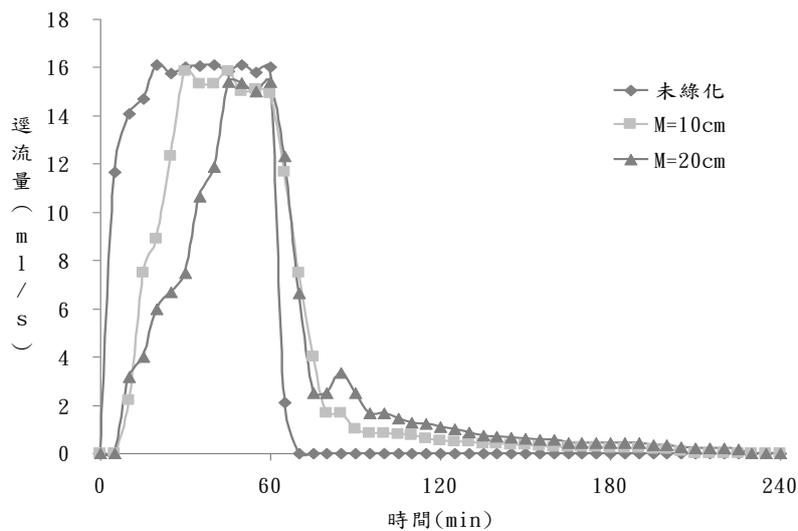
圖 5-29 不同介質厚度對逕流量變化之影響( $S=0^\circ$ ， $I=78.85\text{mm/hr}$ )  
(資料來源:本研究整理)

情況四： $S=10^\circ$ ， $I=29.76\text{mm/hr}$ ，植栽種類為假儉草。試驗編號：  
a-4、b-4、c-4。



**圖 5-30 不同介質厚度對逕流量變化之影響( $S=10^\circ$ ， $I=29.76\text{mm/hr}$ )**  
(資料來源:本研究整理)

情況五： $S=10^\circ$ ， $I=50.88\text{mm/hr}$ ，植栽種類為假儉草。試驗編號：  
a-5、b-5、c-5。



**圖 5-31 不同介質厚度對逕流量變化之影響( $S=0^\circ$ ， $I=50.88\text{mm/hr}$ )**  
(資料來源:本研究整理)

情況六： $S=10^\circ$ ， $I=78.85\text{mm/hr}$ ，植栽種類為假儉草。試驗編號：  
a-6、b-6、c-6。

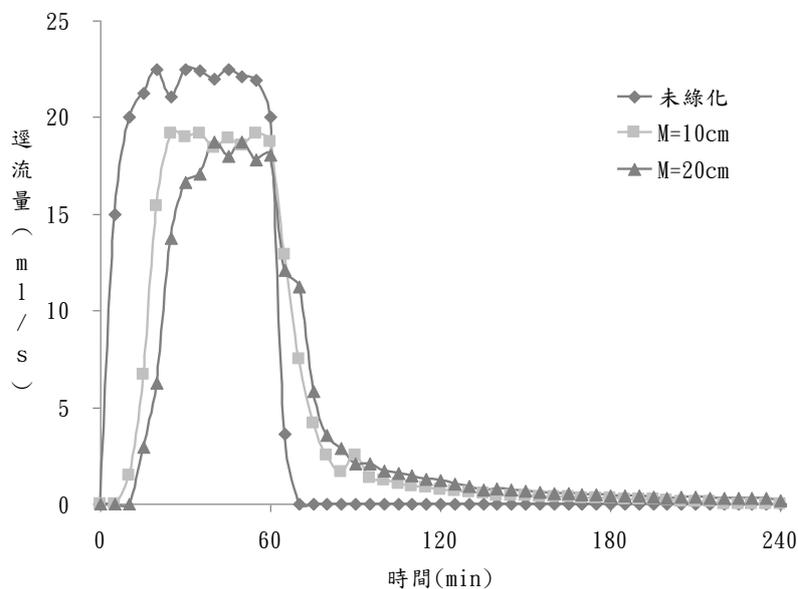


圖 5-32 不同介質厚度對逕流量變化之影響( $S=10^\circ$ ， $I=78.85\text{mm/hr}$ )  
(資料來源:本研究整理)

情況七： $S=20^\circ$ ， $I=29.76\text{mm/hr}$ ，植栽種類為假儉草。試驗編號：  
a-7、b-7、c-7。

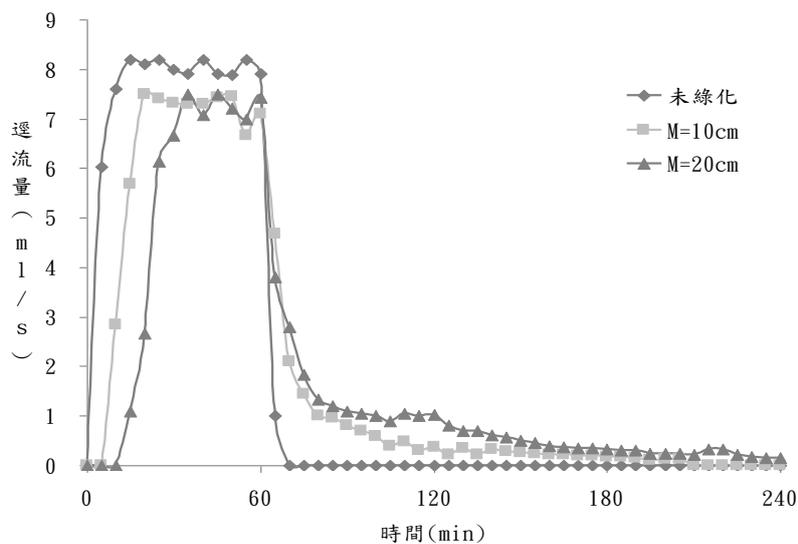
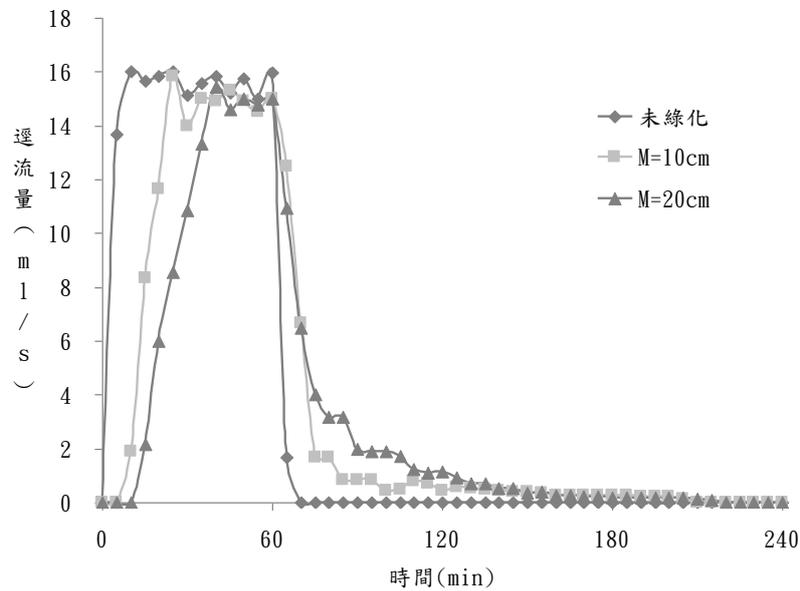


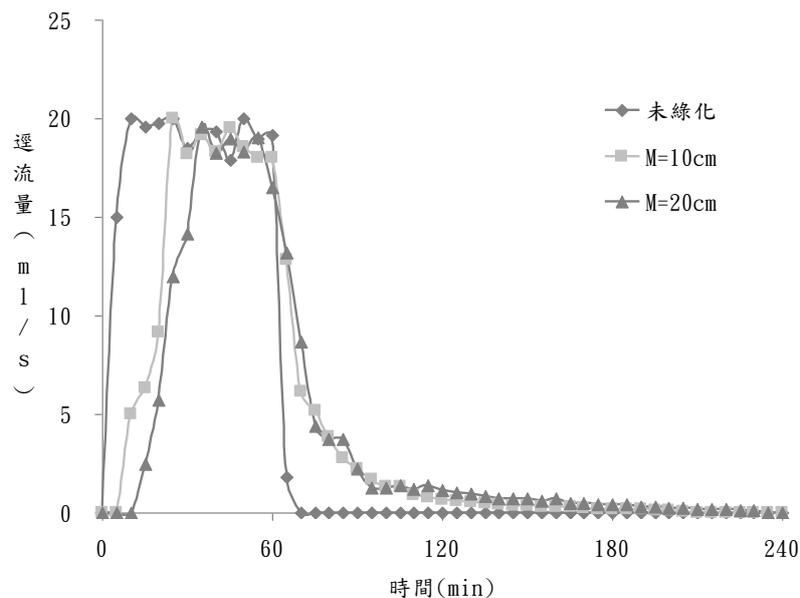
圖 5-33 不同介質厚度對逕流量變化之影響( $S=20^\circ$ ， $I=29.76\text{mm/hr}$ )  
(資料來源:本研究整理)

情況八： $S=20^\circ$ ， $I=50.88\text{mm/hr}$ ，植栽種類為假儉草。試驗編號：a-8、b-8、c-8。



**圖 5-34 不同介質厚度對逕流量變化之影響( $S=20^\circ$ ， $I=50.88\text{mm/hr}$ )**  
(資料來源:本研究整理)

情況九： $S=20^\circ$ ， $I=78.85\text{mm/hr}$ ，植栽種類為假儉草。試驗編號：a-9、b-9、c-9。



**圖 5-35 不同介質厚度對逕流量變化之影響( $S=20^\circ$ ， $I=78.85\text{mm/hr}$ )**  
(資料來源:本研究整理)

情況十： $S=30^\circ$ ， $I=29.76\text{mm/hr}$ ，植栽種類為假儉草。試驗編號：  
a-10、b-10、c-10。

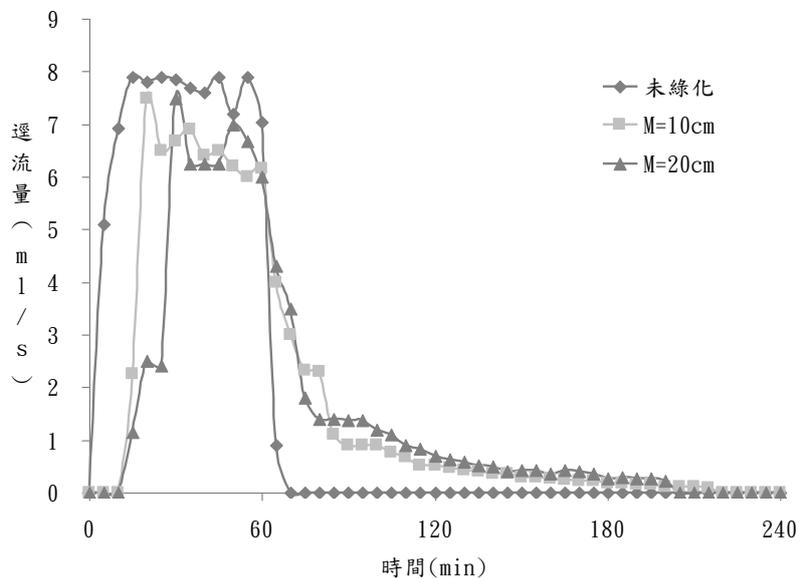


圖 5-36 不同介質厚度對逕流量變化之影響( $S=30^\circ$ ， $I=29.76\text{mm/hr}$ )  
(資料來源:本研究整理)

情況十一： $S=30^\circ$ ， $I=50.88\text{mm/hr}$ ，植栽種類為假儉草。試驗編號：  
a-11、b-11、c-11。

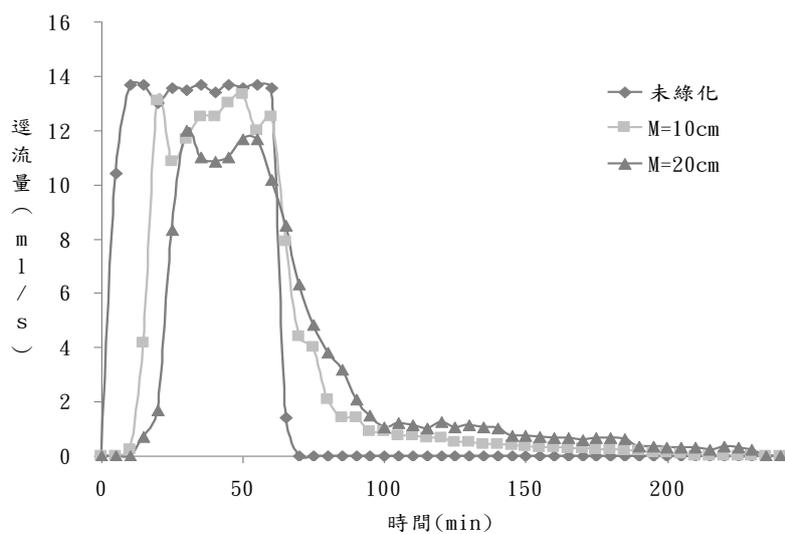


圖 5-37 不同介質厚度對逕流量變化之影響( $S=30^\circ$ ， $I=50.88\text{mm/hr}$ )  
(資料來源:本研究整理)

情況十二： $S=30^\circ$ ， $I=78.85\text{mm/hr}$ ，植栽種類為假儉草。試驗編號：a-12、b-12、c-12。

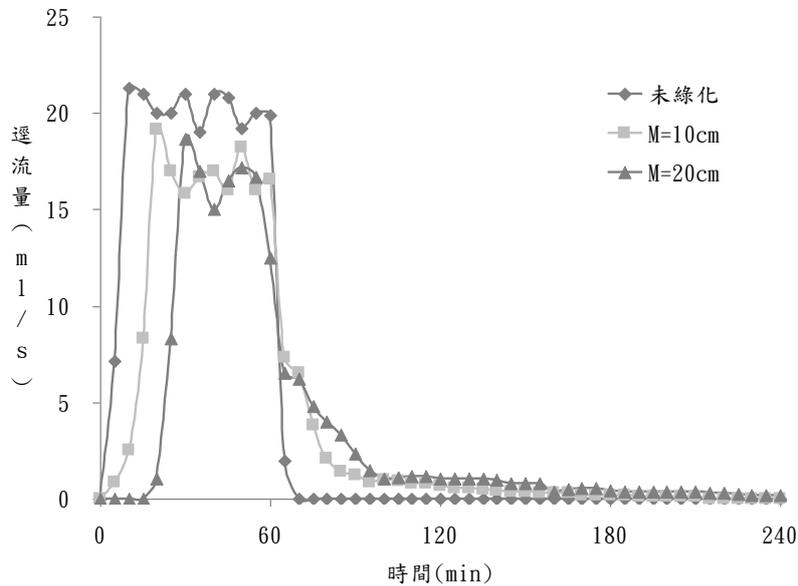


圖 5-38 不同介質厚度對逕流量變化之影響( $S=30^\circ$ ， $I=78.85\text{mm/hr}$ )  
(資料來源:本研究整理)

情況十三： $S=0^\circ$ ， $I=29.76\text{mm/hr}$ ， $M=20\text{cm}$ 。試驗編號：c-1、d-1。

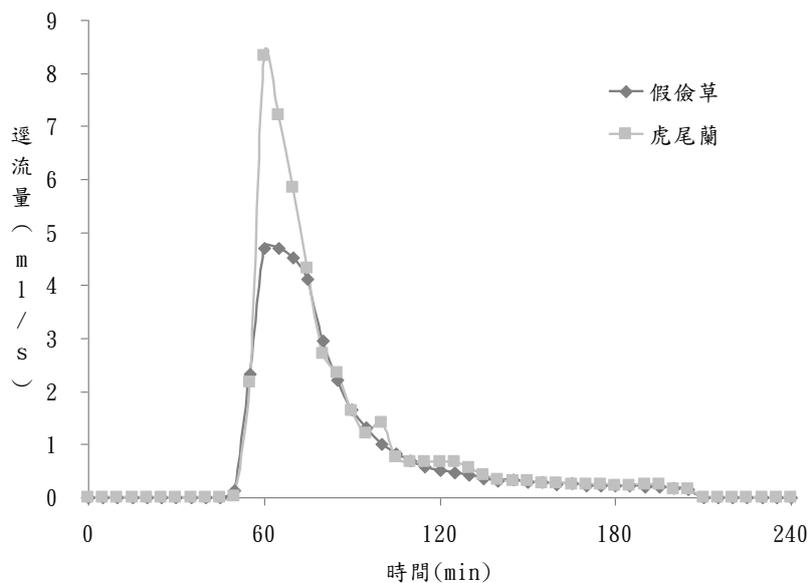


圖 5-39 植栽種類對逕流量之影響( $S=0^\circ$ ， $I=29.76\text{mm/hr}$ ， $M=20\text{cm}$ )  
(資料來源:本研究整理)

情況十四： $S=0^\circ$ ， $I=50.88\text{mm/hr}$ ， $M=20\text{cm}$ 。試驗編號：c-2、d-2。

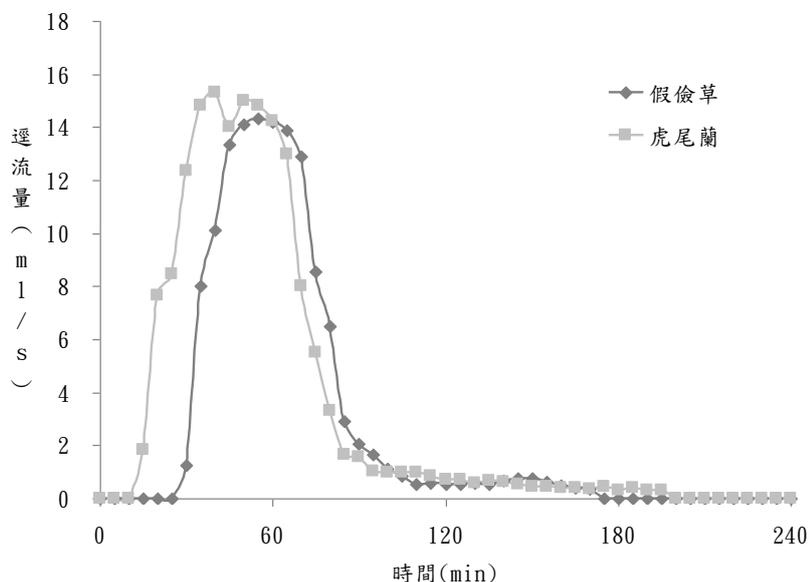


圖 5-40 植栽種類對逕流量之影響( $S=0^\circ$ ， $I=50.88\text{mm/hr}$ ， $M=20\text{cm}$ )  
(資料來源:本研究整理)

情況十五： $S=0^\circ$ ， $I=78.85\text{mm/hr}$ ， $M=20\text{cm}$ 。試驗編號：c-3、d-3。

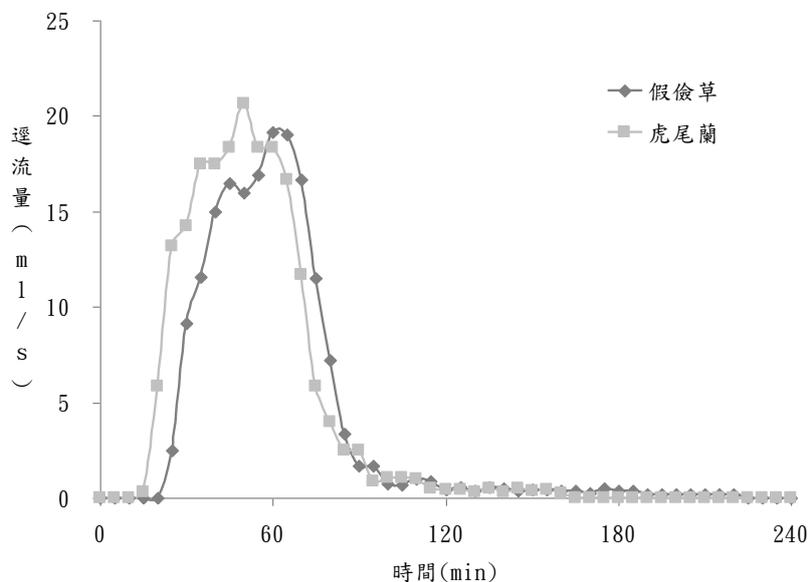


圖 5-41 植栽種類對逕流量之影響( $S=0^\circ$ ， $I=78.85\text{mm/hr}$ ， $M=20\text{cm}$ )  
(資料來源:本研究整理)

依照試驗數據及上圖可有結果整理如下：

### 1. 介質厚度對屋頂綠化逕流量之影響

- (1) 施作屋頂綠化使初流時間延緩，平均延緩10~25分鐘，其中在傾斜角度 $0^{\circ}$ 、降雨強度29.76mm/hr、介質厚度10cm與20cm時(試驗b-1、c-1)效果最為顯著，可達35分鐘的延緩效果。
- (2) 施作屋頂綠化可使逕流時間延長，且較厚介質有較長延長效果，其中傾斜角度 $30^{\circ}$ 、降雨強度78.85mm/hr、介質厚度20cm時(試驗c-12)效果最為顯著，可達160分鐘的延長效果。
- (3) 施作屋頂綠化可使產生洪峰流量時間延遲，且較厚介質有較高延緩效果，其中傾斜角度 $20^{\circ}$ 、降雨強度50.88mm/hr、介質厚度20cm時(試驗c-8)效果最為顯著，可達30分鐘延緩效果。
- (4) 施作屋頂綠化使洪峰流量降低，且較厚介質有較高的減量效果，平均可延緩約20分鐘，其中以傾斜角度 $0^{\circ}$ 、降雨強度29.76mm/hr、介質厚度20cm時(試驗c-1)效果最為顯著，可達59%減量效果。

### 2. 傾斜角度對屋頂綠化逕流量之影響

- (1) 當傾斜角度增加時，初流將提前產生，其中在傾斜角度 $10^{\circ}$ 、降雨強度78.85mm/hr、介質厚度20cm時(試驗c-4)效果最為顯著，初流提前40分鐘產生。
- (2) 當傾斜角度增加時，逕流時間將縮短，其中在傾斜角度 $10^{\circ}$ 、降雨強度50.88mm/hr、介質厚度20cm時(試驗c-4)效果最為顯著，可縮短逕流時間40分鐘。
- (3) 當傾斜角度增加時，產生洪峰流量將提前產生，其中在傾斜角度 $30^{\circ}$ 、降雨強度29.76、78.85mm/hr、介質厚度10cm時(試驗c-10、c-12)效果最為顯著，洪峰時間提前35分鐘產生。

(4) 當傾斜角度增加時，對洪峰量無明顯改變。

### 3. 植栽種類對屋頂綠化逕流量之影響

(1) 初流時間方面，施作虎尾蘭將使初流提前發生，其中在傾斜角度 $0^{\circ}$ 、降雨強度 $29.76\text{mm/hr}$ 、介質厚度 $20\text{cm}$ 時(試驗d-1)效果最為明顯，造成15分鐘的提前效果。

(2) 逕流時間方面，施作虎尾蘭將逕流時間延長，其中在傾斜角度 $0^{\circ}$ 、降雨強度 $29.75\text{mm/hr}$ 、介質厚度 $20\text{cm}$ 時(試驗d-1)效果最為顯著，可達60分鐘的延長效果。

(3) 產生洪峰流量時間方面，施作虎尾蘭使產生洪峰流量時間提前，其中在屋頂傾斜度 $0^{\circ}$ 、降雨強度 $50.88\text{mm/hr}$ 、介質厚度 $20\text{cm}$ 時(試驗d-2)效果最為明顯，造成15分鐘的提前。

(4) 洪峰量方面，施作虎尾蘭使洪峰量增加，其中以傾斜角度 $0^{\circ}$ 、降雨強度 $29.76\text{mm/hr}$ 、介質厚度 $20\text{cm}$ 時(試驗d-1)最為明顯，造成77%的增加量。

因此，屋頂綠化可以藉由其滯留效果，將延滯暴雨進入排水系統的時間，使排水系統對暴雨更多的反應時間；並且藉由屋頂綠化洪峰減量之效果，可減少排水系統的負荷。施作屋頂綠化時應考慮傾斜角度及植栽種類對水文所產生的特性，依照治水目標之需求選擇傾斜角度及適合之植栽種類。

### 參、蒸發量量測及估計

屋頂綠化澆灌是重要管理項目之一，且屋頂綠化土層較淺，無法承受較長時間未下雨，因此了解屋頂綠化之蒸發散量，藉此知道植栽需水量，成為屋頂綠化澆灌之重要參考。以下利用試驗量測、氣象資料作估計，並搭配理論估計值作比較。

#### 一、蒸發散量測

本試驗利用蒸發散計及測滲計之概念，將試體移至室外曝曬，並量測其損失之重量，藉此推求蒸發散，並估算其單位面積每日需水量以提供使用者澆灌之參考。

於質量守衡觀點，推算屋頂綠化水平衡計算公式如下

$$E = R + O + \Delta s \quad (5-1)$$

式中 E：蒸發散量；R：降水量；O：出流量； $\Delta s$ ：土壤含水量改變量。試體經常時間靜置後已無出流量，並曝曬時無降雨量，土壤含水量的改變即為蒸發散量。

### (一)假儉草

#### 1. 10cm 介質厚度

使用假儉草作綠化植栽種類，介質厚度 10cm。試驗氣候背景：平均氣溫 23.7°C、平均相對濕度 86%、平均風速 0.29m/s。在此試驗背景下平均單位面積一小時損失之重量為 0.54kg，於日間(早上九點至下午五點，共八小時)蒸發散量 4.32 公升。

#### 2. 20cm 介質厚度

使用假儉草作綠化植栽種類，介質厚度 20cm。試驗氣候背景：平均氣溫 27.4°C、平均相對濕度 71%、平均風速 0.61m/s。在此試驗背景下平均單位面積一小時損失之重量為 1.72kg，於日間(早上九點至下午五點，共八小時)蒸發散量 13.76 公升。

### (二)虎尾蘭

#### 1. 10cm 介質厚度

使用虎尾蘭作綠化植栽種類，介質厚度 10cm。試驗氣候背景：平均氣溫 23.9°C、平均相對濕度 94%、平均風速 0.48m/s。在此試驗背景下平均單位面積一小時損失之重量為 0.14kg，於日間(早上九點至下午五點，共八小時)蒸發散量 1.12 公升。

#### 2. 20cm 介質厚度

使用虎尾蘭作綠化植栽種類，介質厚度 20cm。試驗氣候背景：平均氣溫 26.6°C、平均相對濕度 61%、平均風速 0.69m/s。在此試驗背景下平均單位面積一小時損失之重量為 2.42kg，於日間(早上九點至下午五點，共八小時)蒸發散量 19.36 公升。

## 二、利用氣象量測資料估計

蒸發散過程與氣象條件：風速、相對濕度、氣溫等息息相關，本試驗之蒸發散量關係式為

$$\text{蒸發散量} = f(\text{風速、介質厚度、相對濕度及氣溫等}) \quad (5-2)$$

利用 Ven Te Chow 於 1988 提出估算蒸發散方式之大氣動力學法

$$E = B(e_s - e) \quad (5-3)$$

式中 E：蒸發散量；B：包文比； $e_s$ ：飽和水氣壓力； $e$ ：水氣壓力。估算其單位面積每日需水量以提供使用者澆灌之參考。其所需氣象量測資料為溫度、平均濕度及風速。不同試驗背景所反應之結果如表 5-5。

表 5-5 氣象量測資料估算蒸發散量

土壤 植栽	氣象 背景	平均氣溫 (°C)	平均濕度 (%)	平均風速 (m/s)	1 平方公尺 每日需水量 (L/day)
M=10cm 假儉草		23.7	86	0.29	1.42
M=10cm 虎尾蘭		23.9	94	0.48	0.72
M=20cm 假儉草		27.4	71	0.61	4.41
M=20cm 虎尾蘭		26.6	61	0.69	7.26

(資料來源:本研究整理)

## 三、小結

依上列方法估算後，發現利用蒸發散量測之蒸發散量略高於利用氣象資料計算之蒸發散量，其原因可能來自利用氣象資料計算時未將特定植栽之變化納入考慮，未能反映現實情況。

## 第六章 屋頂綠化建構工法及維護管理要點

### 第一節 國外工法類型

國外屋頂綠化工法可分為整體型與單元型兩型。整體型屋頂綠化在英國分為：經濟型屋頂、花園型屋頂、傾斜型屋頂、貯留型屋頂；德國分為：庭園屋頂、排水型倒置屋頂、隔熱型屋頂、低逕流係數庭園型屋頂；中國大陸分為：模塊式屋頂、空中花園型與草坪型屋頂；加拿大為金字塔型屋頂。單元型屋頂在美國可分為：化學防根布制根工法、塑膠模耐根工法、雙層板隔根工法；德國分為：塑膠膜耐根工法；日本分為：自然土壤施工法、改良土壤施工法、人工輕量土壤施工法、薄層人工輕量土壤施工法、雙重耐根工法與排水邊溝隔根工法，分述如后。

#### 壹、整體型工法(國外)

整體形屋頂工法定義：依屋頂綠化之整體需求之效益選擇適合之屋頂工法，將收集英國、德國、中國大陸與加拿大之整體工法，臚列如下。

##### 一、 英國

##### (一) 經濟型屋頂

經濟型屋頂	
特色	可施作水田耕種
土壤介質	土壤密度 $60 \text{ l/m}^2$
排水板	排水層厚度25mm
坡度	可使用坡度介於 $0^\circ$ - $5^\circ$

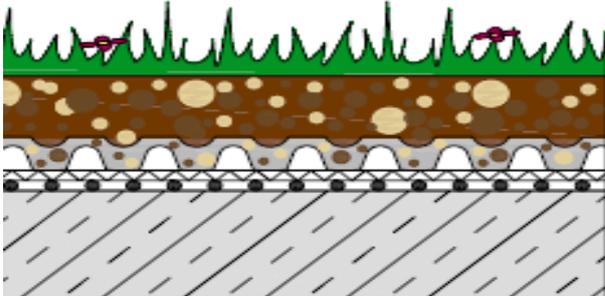


圖 6-1 經濟型屋頂

(資料來源：廠商型錄)

(二) 花園型屋頂

花園型屋頂	
特色	雙層防根層及防水層
土壤介質	土壤厚度230mm
排水板	填充50 l/m <sup>2</sup> 介質
坡度	可使用坡度介於0°-5°

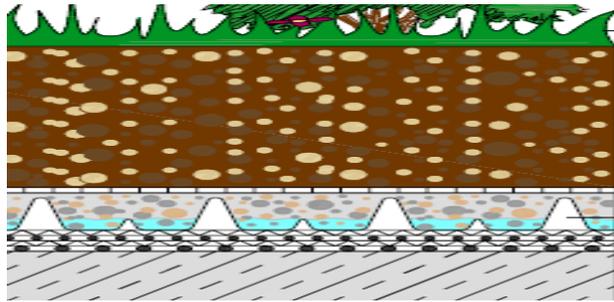


圖 6-2 花園型屋頂

(資料來源：廠商型錄)

(三) 傾斜型屋頂

傾斜型屋頂	
特色	可施作在傾斜屋頂上
土壤介質	土壤厚度60-130mm
坡度	可用於坡度5°-15°

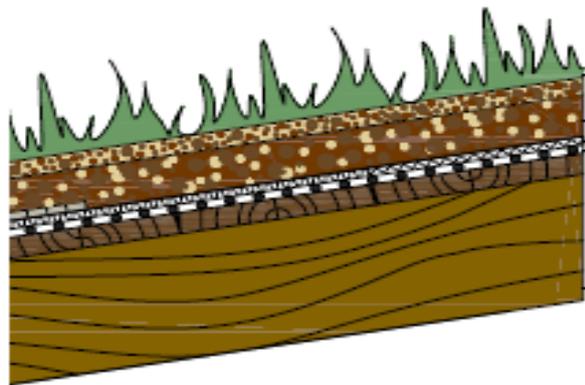


圖 6-3 傾斜型屋頂

(資料來源：廠商型錄)

(四) 貯留型屋頂

貯留型屋頂	
特色	適合較乾燥地區
土壤介質	土壤厚度60-80mm
排水板	排水層厚度6mm

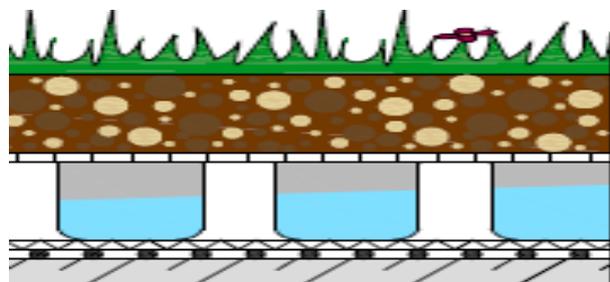


圖 6-4 貯留型屋頂

(資料來源：廠商型錄)

## 二、 德國

## (一) 庭園屋頂

庭園屋頂	
特色	重量低、主流量低
總高度	120-150mm
土壤介質	土壤厚度50-75mm 土壤密度105kg/m <sup>2</sup>
排水板	貯留能力33 l/m <sup>2</sup>
坡度	坡度為0°

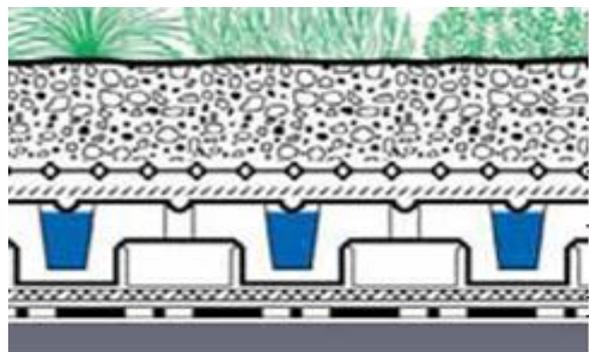


圖 6-5 庭園屋頂

(資料來源：Zinco型錄)

## (二) 排水型倒置屋頂

排水型倒置屋頂	
特色	防水層置於隔熱層之下
總高度	110mm
土壤介質	土壤厚度80mm 土壤密度115kg/m <sup>2</sup>
排水板	貯留能力35 l/m <sup>2</sup>

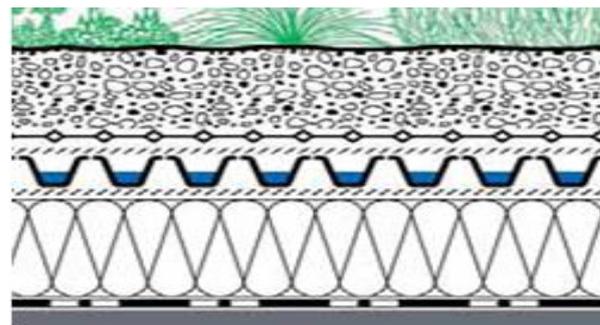


圖 6-6 排水型倒置屋頂

(資料來源：Zinco型錄)

## (三) 隔熱型屋頂

隔熱型屋頂	
特色	排水層波浪板也為隔熱材質；雙層隔熱
總高度	130-180mm
土壤介質	土壤厚度70mm 土壤密度108kg/m <sup>2</sup>
排水板	貯留能力36 l/m <sup>2</sup>

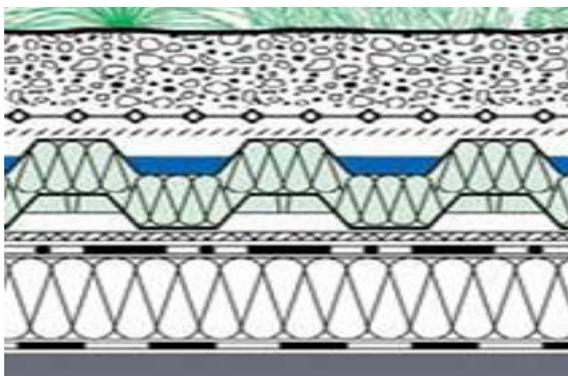


圖 6-7 隔熱型屋頂

(資料來源：Zinco型錄)

(四) 低逕流係數庭園型屋頂

低逕流係數庭園型屋頂	
特色	逕流係數較低屋頂，提高貯水的能力。
總高度	110mm
土壤介質	土壤厚度85mm 土壤密度130kg/m <sup>2</sup>
排水板	貯留能力42 l/m <sup>2</sup>

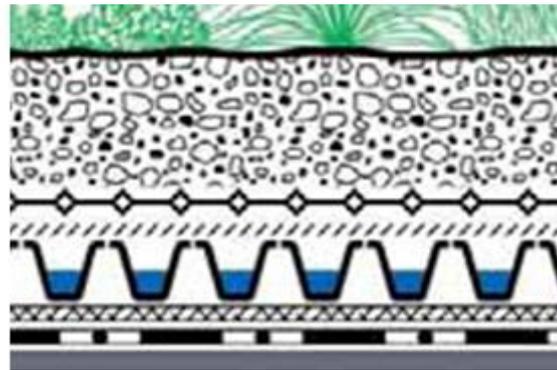


圖 6-8 低逕流係數庭園型屋頂

(資料來源：Zinco型錄)

三、 中國大陸

(一) 模塊式屋頂

模塊式屋頂	
特色	將阻根、排水、蓄水系統集成一體，增加雨水收集再利用系統。
總高度	35mm
土壤介質	土壤厚度15mm
模塊重量	49kg/m <sup>2</sup>

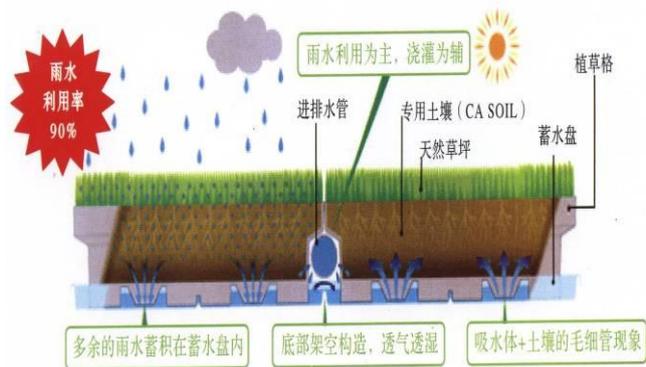


圖 6-9 模塊式屋頂

(資料來源：世源屋頂綠化型錄)

(二) 空中花園型屋頂

空中花園型屋頂	
特色	逕強度較高屋頂，提高貯水的能力。
總高度	大於120mm
土壤介質	珍珠岩
排水板	凱迪排水板

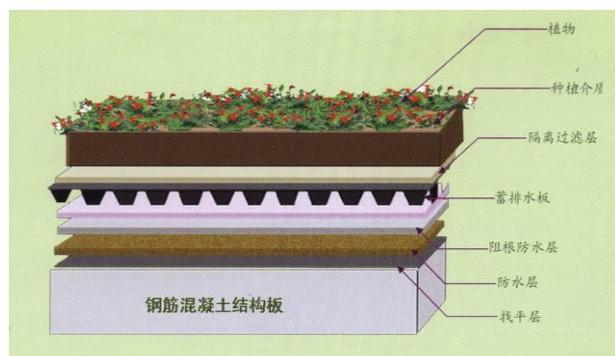


圖 6-10 空中花園型屋頂

(資料來源：提花草堂型錄)

(三) 草坪型屋頂

草坪型屋頂	
特色	乘載力較低屋頂。
總高度	110mm
土壤介質	珍珠岩
阻根層	聚脲防水防根層

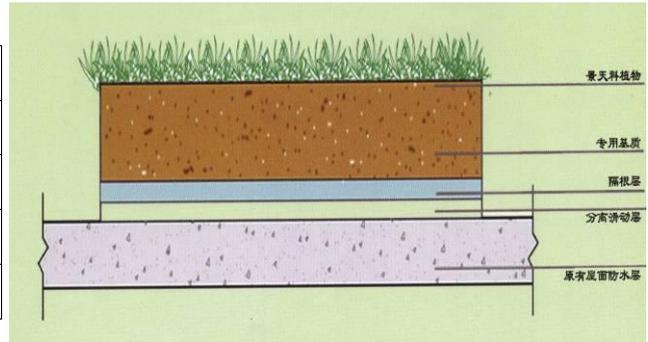


圖 6-11 草坪型屋頂

(資料來源：提花草堂型錄)

四、 加拿大

金字塔型屋頂	
特色	逕流係數較低屋頂。
土壤介質	適於各種土壤
排水板	無排水板



圖 6-12 金字塔型屋頂

(資料來源：金字塔綠化工程型錄)

貳、 單元型工法(國外)

屋頂綠化單元形工法定義：主要以屋頂屋頂綠化整體形工法為主，因需求更改內部單元體，如：防根層與排水層等。

一、 美國

(一) 化學防根布制根工法

化學防根布制根工法	
特色	將化學藥劑與不織布合，並藉由水分吸附試放藥劑治土壤中，型承根系無法進入之區域。

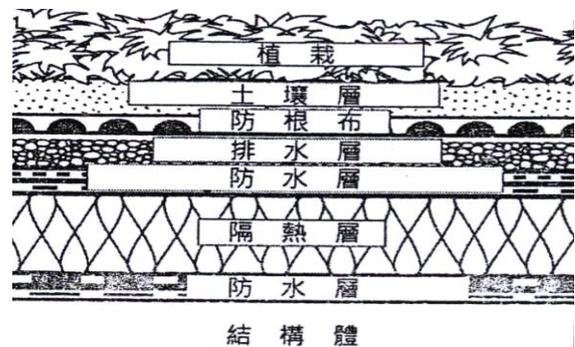


圖 6-13 化學防根布制根工法

(資料來源：biobarrier型錄)

(二) 塑膠模耐根工法(整體式)

塑膠模耐根工法(整體式)	
特色	在整體試體外，增加塑膠模做為隔離與耐根材料。

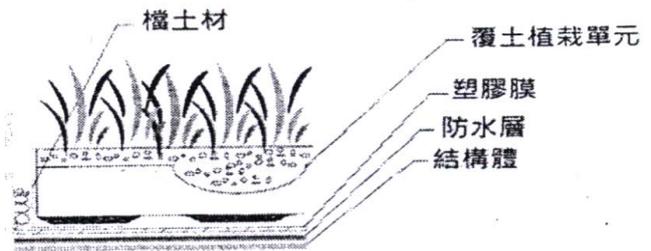


圖 6-14 塑膠模耐根工法(整體式)

(資料來源：LiveRoof型錄)

(三) 雙層板隔根工法

雙層板隔根工法	
特色	於抬高之樓板面上進行綠化，利用中間空氣層因不具讓植物生長之養分及空間特點，將植物根系與下方防水層及結構體隔離。

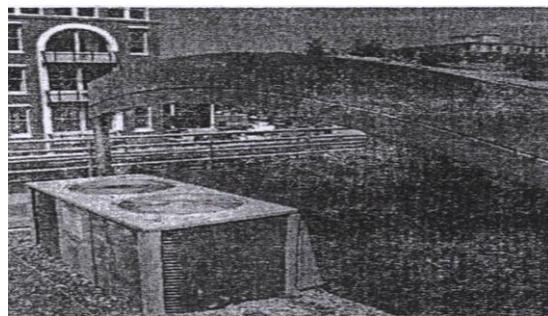


圖 6-15 雙層板隔根工法

(資料來源：GreenRoof-A Case Study型錄)

二、 德國

(一) 塑膠膜耐根工法(外隔熱屋頂)

塑膠膜耐根工法(外隔熱屋頂例)	
特色	常見為PE、FPO(聚酯纖維)、PVC塑膠布，設置於防水層上，材料不同接合方式迥異。

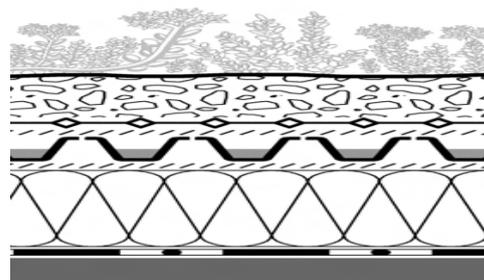


圖 6-16 塑膠模耐根工法

(資料來源：Zinco型錄)

## 三、 日本

## (一) 自然土壤施工法

自然土壤施工法	
特色	土層使用自然土。
總高度	38cm~120cm
土壤介質	自然土

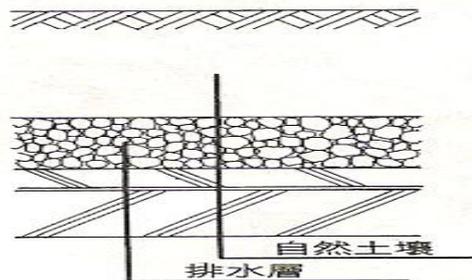


圖 6-17 自然土壤施工法

(資料來源：新綠化空間指南，1998)

## (二) 改良土壤施工法

改良土壤施工法	
特色	土層使用改良土壤。
總高度	38cm~110cm
土壤介質	改良土壤

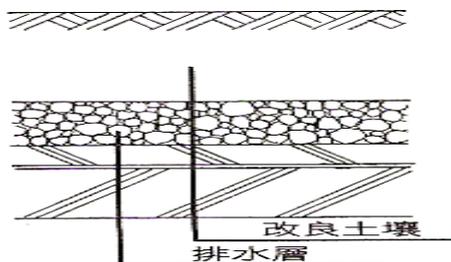


圖 6-18 改良土壤施工法

(資料來源：新綠化空間指南，1998)

## (三) 人工輕量土壤施工法

人工輕量土壤施工法	
特色	使用人工輕量土壤。
總高度	22cm~90cm
土壤介質	工輕量土壤

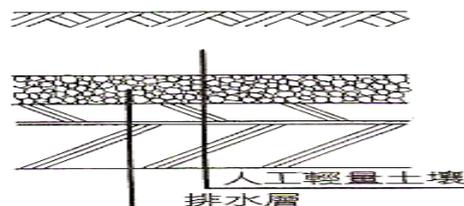


圖 6-19 人工輕量土壤施工法

(資料來源：新綠化空間指南，1998)

## (四) 薄層人工輕量土壤施工法

薄層人工輕量土壤施工法	
特色	使用人工輕量土壤。
總高度	11cm~63cm
土壤介質	工輕量土壤

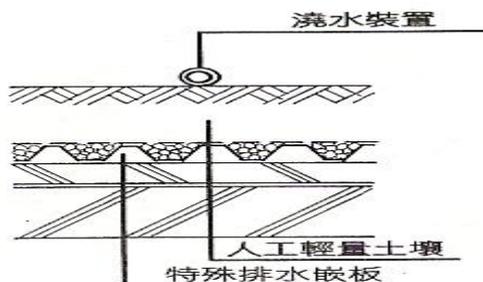


圖 6-20 薄層人工輕量土壤施工法

(資料來源：新綠化空間指南，1998)

(五) 雙重耐根工法(塑膠模+混凝土)

雙重耐根工法(塑膠模+混凝土)	
特色	混凝土保護層應至於隔熱層上，係因隔離隔熱層。塑膠膜置於混凝土之上做為隔離之保護層。

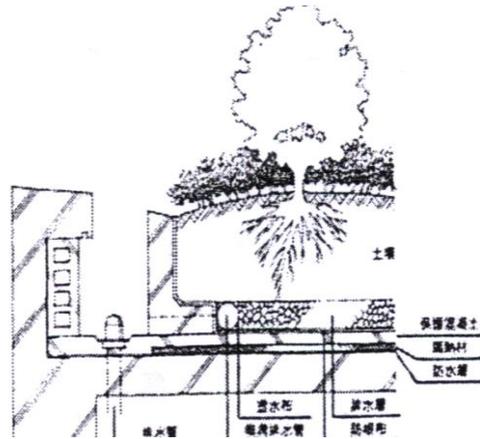


圖 6-21 雙重耐根工法

(資料來源：新綠化空間設計指南)

(六) 排水邊溝隔根工法

排水邊溝隔根工法	
特色	利用排水邊溝之間隔離綠化構造與結構，多用於中庭或排水量較大之情形。

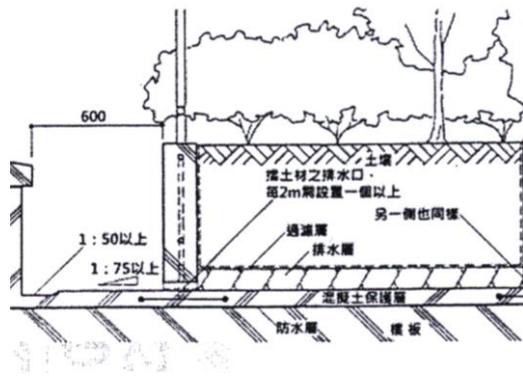


圖 6-22 排水邊溝隔根工法

(資料來源：都市建築物の綠化手法)

第二節 國內工法類型

國內屋頂工法類型有限，大致分為：環工一號工法、環工二號工法、環工三號工法與錫瑠基金會之工法等，說明如下。

壹、整體型工法

整體形屋頂工法定義：依屋頂綠化之整體需求之效益選擇適合之屋頂工法，臚列如下。

## 一、 台灣

## (一) 環工一號

環工一號	
特色	主要在「防水層」與「護根層」中增加「緩衝層」，其主要功能防止屋頂樓板防水膜遭化學腐蝕及機械傷害。
過濾層	小細石鋪5公分以上，主要功能增加保水容量，當水分不足時亦能提供植物需水量。
固根網	位置：介於土層及過濾層中。 功能：防止土材疏鬆，堅固植物根部。
適用	一般住宅

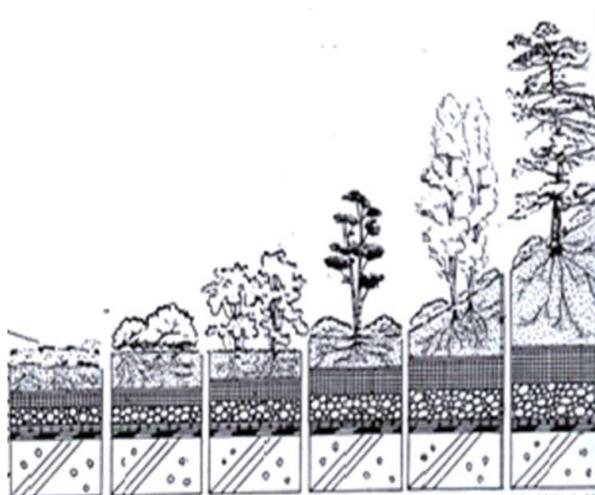


圖 6-23 環工一號圖示

(資料來源：薛允通, 1999)

## (二) 環工二號

環工二號	
特色	此工法無須處及屋頂原防水層，故降低技術性問題與成本。
護根層、排水板	依現地條件增加護根層，除鋪設護根層外亦可直接鋪設排水層(厚度約6.5公分，保水量約50%)。
適用	僅設計花壇、花箱種植花草與蔬菜等。

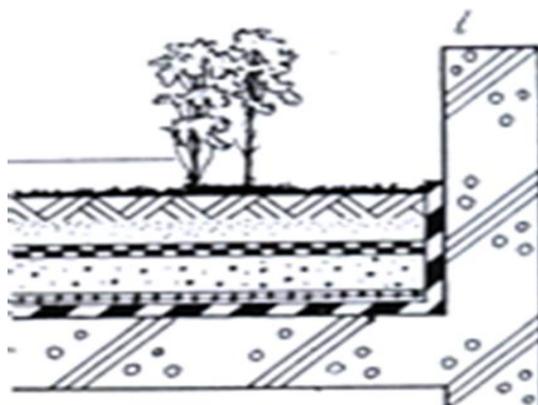


圖 6-24 環工二號圖示

(資料來源：薛允通, 1999)

## (三) 環工三號

環工三號	
特色	排水層承商向波浪形狀，若防水層處理得宜，故可貯留雨水。
護根層、排水板	在護根層上鋪塑膠淺層基盤，基盤內鋪上珍珠石礫石或發泡煉石作為排水層。
適用	此工法適合平坦無坡度屋頂。

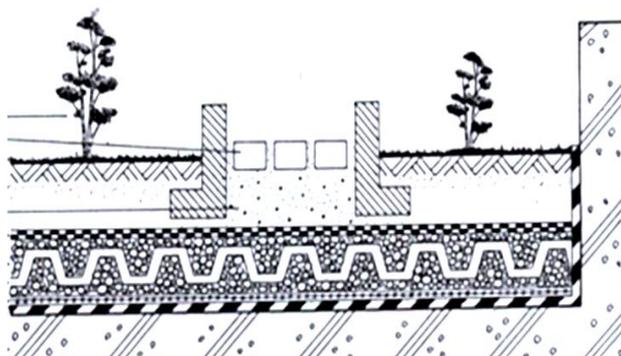


圖 6-25 環工三號系統施工剖面

(資料來源：薛允通, 1999)

(四) 錫瑠基金會工法

錫瑠基金會工法	
特色	住要特色在介質層與防根層中加入塑膠排保水板，排保水般功能，於能排水外亦能保水，雙重功能。此外，土壤介質均以輕質材料為主，減輕屋頂載重。
土壤介質、排水板	土壤介質以珍珠石、陶礫、泥炭土粗砂與椰纖塊等材料，排水板為GR排保水板與方智蓄排水板等。
適用	此工法適合各平屋頂，若斜屋頂須考量固定問題，流層數高時須注意防風。

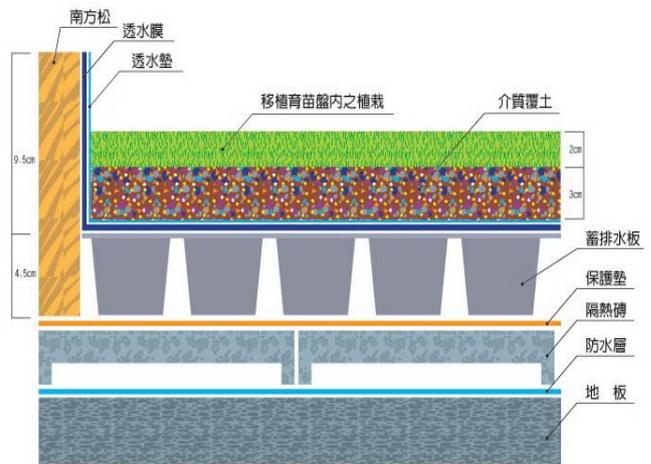


圖 6-26 錫瑠基金會工法

(資料來源：台北市錫瑠綠化基金會)

由上述可知，國內與國外工法之差異，國外工法無論整體型或單元型屋頂綠化工法種類已相當完整且符合不同屋頂、氣候與使用者之需求研發出不同屋頂綠化工法；反觀國內，指針研發整體型之屋頂綠化工法，單元型屋頂綠化工法尚未開發，故本計劃於第二年將進行相關工法之圖說，必力推廣。

第三節 維護管理要點

屋頂綠化之維護管理為維持屋頂綠化壽命之主關鍵因素，俾利屋頂之作用及其增加壽命，故養護以與管理極為重要。維護管理大致可分為初期管理、持續管理、障礙管理與更新管理等。初期管理：屋頂綠化初期應依頂置宜，選擇適合綠化類型與植栽等；持續管理：設置屋頂綠化後應持續維護管理勿間斷，持續綠化壽命；障礙管理：屋頂綠化上排除各相關災害，如鳥害、成害等；更新管理：若持續維護管理，但植物或設施有壽命

或年限，此時須進行更新管理。囿於相關屋頂之氣候條件、種植之植栽、綠化之地點迥異，進行以下分類，臚列如后。

### 壹、 維護與管理之類別

由上述可知維護管理之重要性，故將維護管理細分類別，維護與管理之類別分別以施工時期之管理、粗放型維護管理、精緻型維護管理、植栽之檢查、綠化設施之管理、建築物管理與綠化水體管理，臚列如後。

#### 一、施工時期之管理

屋頂綠化是副加建物，避免原建築物之破壞，屋頂綠化設計時須進行防水之檢查是必要。澆灌或施工時會利用過多水份，故須注意過多水分造成屋頂之漏水現象，意即綠化防水性層須進行檢查，若漏水需立即處理，避免延遲施工時間及進度。建築物標準載重皆有固定標準承載重量，進行綠化工程時，施工材料屢有重量之誤差，雖然施工材料之誤差皆在標準範圍內，但當總體誤差過大亦造成屋頂承載過重，影響整體建築物或屋頂崩壞。故在工程進行中，即進行工程材料重量檢測，檢測與工程要同時進行。

#### 二、粗放型維護管理方式

此維護方式一年只需要一至兩次，把木本植物幼苗，如島松、雀榕移除，以免之後被此種植物破壞防水層，避免在沒有檢查之時，防水層被破壞。另須將根系侵略性強者移除，以免影響其他植物之生長，造成生物多樣性之減少。

#### 三、精緻型維護管理方式

精緻型屋頂綠化與粗放型之屋頂綠化內容大致相同，但需更頻繁澆灌與施肥。栽培時需通過植物的多層結構覆蓋至土壤，抑制土壤之光照降低雜草生長率，使雜草清除費用逐年降低。每年施肥量依不同植物對營養需求不同而有差異。

#### 四、植栽之檢查

屋頂綠化完成後，植物之生長及維護枝葉甚密，亦造成土地生長過度負荷，故須進行必要之裁剪，俾利減輕屋頂土壤上之負荷。草坪生長易吸

引外來之草種或草種生長條件較佳，造成草生長甚密，故需除草亦或施予相關農藥，俾利減少雜草生長。避免造成原本草坪枯萎及雜草而衍生之景觀問題。除天然之災害容易造成草坪枯黃外，病蟲害亦造成植物枯萎，須固定時間進行農藥噴灑，避免病蟲害侵擾。凡病蟲害發生時應遽然處理降低災害。此外因重力關係易造成土壤過度密實導致土壤無法涵養水份，進而致使植物因為缺水枯萎，應定時進行土壤鬆動之動作增加土壤孔隙率。

#### **四、綠化設施之管理**

落葉或灰塵滯留易造成排水孔之堵塞，應予定期清潔，俾利積水之排除避免積蚊蟲孳生、植物根部腐爛，進而造成植物之枯萎。植物之生長水是不可或缺之元素之一，一般屋頂綠化之灑水設施大部分皆為噴灑或者是滴灌之方式進行，灑水器材皆有可能因為風災或不可預期之災害而毀損，故造成無法正常運作。應該定時、定期進行維修，以達到灑水器之功用。

#### **六、建築物管理**

屋頂綠化完成後為避免人為破壞，故屋頂出入口地方需設管制站，以減少維護之人力成本。屋齡漸增時，屢因天氣亦有龜裂、牆面剝落或女兒牆破損，故須定期維護。避免屋頂綠化條件改變，例如水位之差異、積水之排放。排保水板會因為廠商之不同而有不同之強度，所以會有損害之疑慮，故在進行檢查之時須進行排保水板檢察，當損壞需進行更換，使屋頂綠化能夠維持。

#### **七、綠化水體管理**

屋頂綠化亦有休憩功能，故有假山、小河之建設，但落葉、雜草易造成水流系統之堵塞，水流不清會造成水流幫浦之損壞。進行維護時須保持水流之清潔，以避免上列情形之發生。綠化水體包括進行噴灑或滴灌之水體，灑水水質須保持乾淨，避免水體之中有病原體造成植物染病，造成屋頂綠化植物之枯萎，進而更換植物，避免枯萎之植物腐化污染水源。

## 貳、維護與管理方法之範圍

### 一、屋頂

屋頂之範圍定義為，有女兒牆、溝渠、屋頂地面，因此在維護之時必須對於這些這些範圍進行作業。屋頂之損毀會造成屋頂綠化或整體建築物結構遭到破壞，因建築物結構會造成屋頂花園之崩壞，為避免此現象發生整個屋頂範圍都須進行維護。

### 二、花園

花園範圍包括在屋頂綠化上之各種建物皆要進行一般性之維修，當有龜裂、漏水等現象時需立即處理，避免花園部分損害而無法維持基本功能。

## 參、維護與管理方法之間距

維護管理間距影響維護管理之品質，以下維護管理間距分為季節性、週期性、災害性與氣候性探討，臚列如后。

### 一、季節性

每個季節蒸發散量因不同溫度、濕度、風速，亦造成相同植物卻擁有不同需水量，故在不同季節需要調節不同灑水量，避免植物因為需水量不足而造成植物之枯萎。生物多樣性需多種不同植物在同屋頂區塊生長，故在同區塊會有不同之植物枯萎，要若同灑水量亦造成需水量少植物根部腐爛；需水量多之植物會因為水量不足造成植物枯萎，故因應不同之季節以及植物之需水量。植物生長週期不同、蟲害不同亦隨著季節之改變。病蟲害亦會因活躍週期不同造成不同之病蟲害，而每種病蟲害所需藥物不同，故施藥時需有不同之藥物之選擇，才能達到防治之目的。

### 二、週期性

進行屋頂綠化管理維護時，須列出定期維護週期表，因不同時期所需不同層級之維護，故在不同時間點須有相對應之維護項目，因此須定出時間表進行維護。

### 三、災害性

在颱風、地震，各種不可預期之天然災害之後，屋頂綠化之範圍必有損壞，因此天然災害後需額外巡視，使災害造成損壞降低，維持屋頂綠化功能。

### 四、氣候性

梅雨、降雪、冰雹都因地區不同造成不同災害，當出現上述之災害之時，需額外維護，回復基本狀態。當梅雨季節時，須顧慮排水性；降雪時考慮到積雪之清除；冰雹時須防止植物受到寒害。一般氣候性傷害會造成較長期之損害，故須以長期對應之對策避免災害。

## 肆、屋頂綠化設施使用年限

影響屋頂綠化年限除基本維護管理外，屋頂年限、綠化年限與建材年限亦影響屋頂綠化之年限，臚列如后。

### 一、屋頂年限

屋頂之年限取決於建築物的屋齡，屋齡越高，屋頂之承載能力可能下降，為避免屋頂因為老舊造成屋頂本身之崩壞，進行綠化工程前需對於屋齡老舊之屋頂進行補強工程，考慮使用年限之問題決定補強之強度，當屋齡過高時就必須考慮其他綠化方法降低屋頂負荷。

### 二、綠化年限

植栽年限主要視各種植物之生長週期或植物壽命，在國外因地震頻率低故屋頂花園得以維持十五年以上，反觀台灣因地震及降雨頻率頻繁，建築物易產生裂縫，因此植物更新年限需視建築及防水層工法而定。

### 三、建材年限

台灣雨量以及地震頻繁易降低建材使用年限，而建材之材質及構造不同故使用年限迥異，每年都需進行定期防水檢查、載重檢查、植物材料之生長情形檢查與介質檢查等，當建材達年限時進行更換，保持基本屋頂綠化功能。

鑑此，屋頂綠化之相關技術與方法，如病蟲害、澆灌、硬體設施之維護管理相當完整，但屋頂綠化現今推廣之方向依種植薄層型與盆栽組合型為主，依時間與成本之考量，須把維護管理降低至最低限度，維護管理方向依降低維護管理次數、成本與人力，故後續維護管理推廣以「零維管」為主。



## 第七章 結論與後續工作

本計畫為二年度計畫，本年度為第一年度，計畫主題為「屋頂綠化建構技術之研究」，本年度結論與建議分述如后。

### 第一節 結論

#### 一、 屋頂綠化相關定義

屋頂綠化國內外相關定義不盡相同，故名詞定義經本計畫整理後，可分為：(1)庭園型屋頂綠化、(2)盆栽組合型屋頂綠化、(3)薄層型屋頂綠化。本研究為強調此計畫以種植植物之薄層綠化與盆栽式組合型屋頂綠化為主，故在此統稱「種植型薄層屋頂綠化」與「盆栽組合型屋頂綠化」。各國屋頂綠化相關定義如附錄一所示。

#### 二、 屋頂綠化施工方法彙整

國內屋頂綠化施工工法有限，故整理國內施工工法如下：(1)環工一號工法、(2)環工二號工法、(3)環工三號、(4)錫瑠基金會工法。四工法中，錫瑠基金會工法與國外工法最為相似，故本計畫以錫瑠基金會工法做探討。

#### 三、 屋頂綠化相關產品分類

屋頂綠化產品分類可分為防水層、防根層、緩衝層、排水層、介質層、過濾層、固根層與種植層等。植物將於第二年專章討論；過濾層多數以不織布為主。本計畫相關種植型薄層屋頂綠化產品分類為(1)生長介質、(2)排水層、(3)防根層、(4)防水層產品近行分類。

#### 四、 屋頂綠化相關獎勵辦法及法規

國外屋頂綠化獎勵辦法與法健全，國內並無針對屋頂綠化建立獎勵辦法與法規，國內僅台北市與高雄市兩地區有相關建築物綠美化獎勵辦法，故應建立相關獎勵辦法提高屋頂綠化面積。

#### 五、 屋頂綠化相關問題

本計畫以現堪11個地點，現勘時所遭遇問題進行分析，國內大致分為(1)介質、(2)植物、(3)澆灌、(4)氣候、(5)排水層、(6)能源、(7)維護管理、(8)其他等問題。分析結果中得知，台灣屋頂綠化的問題可能偏重於植物種植、能源與介質之相關問題。

## 六、 試驗

施作屋頂綠化可使保水量提高約17%，施作假儉草較虎尾蘭有更高的保水量，平均提高17%保水量，產生洪峰流量時間方面，施作虎尾蘭使產生洪峰流量時間提前。此外，施作屋頂綠化使洪峰流量降低，且較厚介質有較高的減量效果，平均可延緩約20分鐘。傾斜角度增加將使保水量降低，20°較10°時，平均降低32%。施作屋頂綠化使初流時間延緩，平均延緩10~25分鐘。較厚介質有較高延緩效果。

利用蒸發散量測及利用氣象量測資料計算時，明顯偏低於

Blaney-Criddle 法估算；Blaney-Criddle 法估算時有將其特定植栽納入考慮，為其他兩方法未納入考量部分，但氣候資料值使用常年資料平均，有未能反映現實情況之可能。

## 第二節 建議

### 建議一

#### 立即可行之建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：各縣市政府都發局

(一)國內屋頂綠化試驗點有限，亦可增加薄層屋頂綠化試驗點，俾利量化屋頂綠化效益。

(二)國內屋頂綠化結構檢測除本研究設計簡易結構評估表外，尚需結合結構技師組成專業團隊，提供相關屋頂綠化之服務。

### 建議二

### 中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：各縣市政府都發局

- (一)舉辦相關屋頂綠化之教育訓練，俾於屋頂綠化專業知識提升，有效推廣屋頂綠化。
- (二)需成立相關屋頂綠化之專業團隊，提供專業知識、結合相關產業，俾利推廣。
- (三)結合建築技術規範中之「綠建築專章」，提出相關屋頂綠化法規及相關獎勵辦法，促進屋頂綠化之推動。

## 第三節 後續工作

第一年度已完成上述結論項目，因本計畫為二年度計畫，故第二年度工作項目，臚列如后。

### 一、 持續收集國內外產品相關內容及產品應用案例

本年度持續收集國內外相關屋頂綠化設施之設備產業概況及產品資料外，另對其應用及概況及遭遇問題等資料，進行彙整歸納。

### 二、 依據第一年計畫之成果，界定各產品之類別及設置、應用條件，並建立相關產品構造圖說

配合第一年提出配置原則與方法，並依據計畫彙整之屋頂相關產品，初步界定產品類別。

### 三、 建立全國屋頂綠化之植物資料導引

植物生長之情況影響屋頂成敗，而外來種植物未必是應國內氣候並防止根系對屋頂之破壞，故收集國內現有植物資料庫，進行自生性植物觀察。

### 四、 建立屋頂綠化工法在都市暴雨控制效益與保水能力評估技術

本年度將持續進行模型試驗，並利用模型試驗結果修正前一年度之屋

頂綠化降雨逕流及保水評估辦法，已建立屋頂綠化工法在都市暴雨控制效益與保水能力評估技術。

**五、 建立屋頂綠化工法結合屋頂雨水貯集再利用系統的系統組合**

將針對國內現況，利用前述試驗及模式建構成果，分別模擬及探討國內屋頂綠化設施與雨水貯留設施組合，建立屋頂雨水系統容量設計方法。

**六、 建立符合台灣亞熱帶地區特色本土化屋頂綠化建構工法技術**

考慮我國建築種類特性及水文降雨蒸發條件，擬出符合台灣亞熱帶地區特色之本土化屋頂綠化建構工法與技術。

## 附錄一 屋頂綠化相關詞彙定義

- 一、 **屋頂綠化**(Roof greening)：以建築物、構築物頂部為載體(在高出地面以上)，以植物為主體進行配置，週邊與不自然土層相連接的各類建築物、構築物等的頂部與天台、露台上的綠化。
- 二、 **平屋頂**(Truncated roof)：屋面坡度小於5%的屋頂。
- 三、 **斜屋頂**(Sloping roof)：屋面坡度大於5%的屋頂。
- 四、 **庭園式屋頂綠化**(Intensive roof greening)：根據屋頂具體條件，選擇小型喬木、低矮灌木、草坪與地被植物進行屋頂綠化配置，設置園路、座椅和園林小品等，提供一定的遊覽和休憩活動空間的複雜變化。
- 五、 **組合式屋頂綠化**(Assembled roof greening)：根據建築物屋頂載重，在屋頂重承重進行綠地配置並利用容器苗擺放的屋頂綠化方式。
- 六、 **薄層型屋頂綠化**(Extensive roof greening)：又名簡易綠化屋頂或粗放型綠屋頂。屋頂綠化分為很多種，有庭園型、盆栽型及薄層型。所謂的薄層型綠屋頂是指在利用低矮灌木、草坪與地被植物進行屋頂綠化，不設置園林小品等設施，一般不允許非維修人員活動的簡單綠化。

屋頂上鋪設淺薄的人工混和介質，並種植強韌、低矮、具自生性的地被，以適應燥熱、乾旱、強風、強光、積水等不利環境的屋頂綠化工法，達到提升環境效益、永續節能的目的。
- 七、 **屋頂載重**(Roof load )：通過屋頂的樓蓋、樑、板傳遞到牆、柱及基礎上之載重(包含活載重與靜載重)。

- 八、**活載重**(Temporary load)：亦稱臨時載重，由積雪、雨水回流、建築修繕、維護工作與人所產生之屋面載重。
- 九、**靜載重**(Payload)：亦稱有效載重，由屋面構造、屋頂綠化構造層與植被層所產生之屋面載重。
- 十、**防水層**(Waterproof layer)：為了防止雨水與灌溉用水等進入屋面而鋪設之材料層。一般包含柔性防水層、剛性防水層和塗膜防水層等三類型。
- 十一、**柔性防水層**(Floppy waterproof layer)：由油氈或PEC高分子防水卷材粘貼而成的防水層。
- 十二、**剛性防水層**(Rigid waterproof layer)：在鋼筋混凝土結構層上，用普通矽酸鹽水泥砂將摻5%防水粉抹面而成之防水層。
- 十三、**塗膜防水層**(Membrane waterproof layer)：用聚胺酯等油性化塗料，塗刷成一定厚度的防水膜而成的防水層。
- 十四、**耐根穿刺防水層**(Root resistant water proof layer)：使用耐根穿刺防水材料構成的防水層。
- 十五、**排(蓄)水層**(Water drainage/retain layer)：用於改善基質的通氣狀況，迅速排出多餘水分，有效緩解順時壓力而設置之材料層，可蓄存少量水分。
- 十六、**隔離過濾層**(Filtration layer)：用於阻止基質進入排水層材料，一般採用既能透水又能過濾的聚酯纖維無紡織布等材料。
- 十七、**基質層**(Substrate layer)：只滿足植物生長條件要求，具有一定滲透性能、蓄水能力和空間穩定的輕質材料層。
- 十八、**種植層**(Plant layer)：用於種植草本與木本植物的構造層。

十九、**特殊綠化空間**：所謂特殊綠化空間是指建在都市內的空間、人工創造出來的空間、以一般植栽技術無法成功質育植物的空間與希望綠化空間之總稱。

二十、**特殊空間綠化**：所謂特殊空間綠化是指在特殊空間進行綠化工程之總稱。

二十一、**特殊綠化技術**：所謂特殊綠化技術是指綠化特殊空間所進行之計畫、設計、施工維護管理之技術總稱。



## 附錄二 屋頂綠化現勘資料

### 一、 劍潭里活動中心

屋頂綠化調查表

機關基本資料			
機關名稱	劍潭里活動中心	負責人	畢無量(里長)
TEL: (02)25331354		FAX:	
E-mail: Beewuling@yahoo.com.tw			
<input checked="" type="checkbox"/> 北 <input type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 南 地址: 台北市中山區通北街 143 號			
屋頂綠化內容			
屋頂形態	<input checked="" type="checkbox"/> 平屋頂 <input type="checkbox"/> 斜屋頂		
使用型態	<input checked="" type="checkbox"/> 薄層型 <input type="checkbox"/> 組合型 <input type="checkbox"/> 花園型 內容:		
綠化材質	土壤: 輕質土壤 過濾層: 排水層: 排保水板		
綠化植物	<input type="checkbox"/> 水生植物類: <span style="margin-left: 150px;"><input type="checkbox"/>蕨類:</span> <input checked="" type="checkbox"/> 草坪類: <span style="margin-left: 150px;"><input type="checkbox"/>藤蔓及懸垂植物:</span> <input type="checkbox"/> 灌木: <span style="margin-left: 150px;"><input type="checkbox"/>喬木:</span>		
綠化工程			
工程價格	總工程費: 60 萬 植栽工程費: ; 維護管理費用: 植物: 元/年; 硬體: 元/年		
承包業者	<input type="checkbox"/> 無有( )	工程期間	97 年 10 月~97 年 11 月
使用期間	97 年 11 月~ 98 年 5 月	使用狀況	<input checked="" type="checkbox"/> 良好 <input type="checkbox"/> 普通 <input type="checkbox"/> 差
管理營運			
管理程級	<input type="checkbox"/> 隨時維持景觀 <span style="margin-left: 150px;"><input type="checkbox"/>適時維持景觀</span> <input checked="" type="checkbox"/> 維持普通程度(看得過去) <span style="margin-left: 150px;"><input type="checkbox"/>最低限度維持</span>		
管理方法	<input checked="" type="checkbox"/> 全部直接管理 <span style="margin-left: 150px;"><input type="checkbox"/>全部委託管理</span> <input type="checkbox"/> 部份直接管理部份委託 <span style="margin-left: 150px;"><input type="checkbox"/>其他</span>		
澆水方式	<input checked="" type="checkbox"/> 自動(電腦控制、 <span style="color: red;">定時方式(滴灌)</span> ) <input type="checkbox"/> 手動 <input type="checkbox"/> 兩者併用		
1. 是否結合再生能源: <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> 有( 雨水利用)			
2. 目前使用問題: 雨水利用, 雨水不足故希望雨水結合山泉水一併利用			



屋頂綠化之建築物、結構物調查表

建築物結構資料			
樓層數	2F	總高度	m
建築物用途	<input checked="" type="checkbox"/> 公共集會類 <input type="checkbox"/> 工業、倉儲類 <input type="checkbox"/> 宗教、殯葬類 <input type="checkbox"/> 辦公、服務類	<input type="checkbox"/> 商業類 <input type="checkbox"/> 休閒、文教類 <input type="checkbox"/> 衛生、福利、更生類 <input type="checkbox"/> 住宿類	
屋頂使用	<input checked="" type="checkbox"/> 開放 <input type="checkbox"/> 不開放	有無增建	<input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無
設計圖	<input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	屋齡	
構造形式	<input type="checkbox"/> 木造 <input type="checkbox"/> 磚造 <input type="checkbox"/> 鋼構 <input type="checkbox"/> 輕型鋼結構(備註：	<input checked="" type="checkbox"/> 鋼筋混凝土(RC) <input type="checkbox"/> 鋼骨鋼筋混凝土(SRC)	)
建築物概要	基地面積：450 m <sup>2</sup> 樓數：2F 建物高度：7.5m 最高高度：9.7m	容積率： 塔屋 2 層，地下 1 層 地區用途： 防火指定 <input type="checkbox"/> 防火 <input type="checkbox"/> 準防火 <input type="checkbox"/> 未指定	建蔽率： 塔屋 2 層，地下 1 層
建築物綠化資料			
屋頂資料	高度：GL+      m (      樓)		
女兒牆高度	1.14m	屋頂可利用面積	370 m <sup>2</sup>
正下方樓層用途	教室	原綠化面積	250 m <sup>2</sup>
承載載重	土壤：厚度 9~10cm kg/m <sup>2</sup> 建築材料：(石材：	樹木： 水體： kg/m <sup>2</sup> kg/m <sup>2</sup>	備註：
樑柱鋼筋鏽蝕	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	樑柱有裂縫或滲水	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無
建築物硬體設備			
排水設備	排水方法：		
排水坡度	%	排水孔	直徑：5cm(看的到) 個數：6
防水設備	防水層： <input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	修改情況	<input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 全面
給水設備	灑水頭 <input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無(備註：)		
電力設備	照明設備：      座；插座：      個；可用電力容量：		
備註	檢查人： 檢查日期：98 年 5 月 12 日		

## 二、內湖污水處理廠

### 屋頂綠化調查表

機關基本資料			
機關名稱	內湖污水處理廠	聯絡人	陳股長
TEL：02-87919128#101		FAX：02-87919746	
E-mail：			
<input checked="" type="checkbox"/> 北 <input type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 南 地址：台北市內湖區舊宗路二段2號			
屋頂綠化內容			
屋頂形態	<input checked="" type="checkbox"/> 平屋頂 <input type="checkbox"/> 斜屋頂		
使用型態	<input type="checkbox"/> 薄層型 <input type="checkbox"/> 組合型 <input checked="" type="checkbox"/> 花園型 內容：污水處理場上部結構屋頂花園 步道天橋、遊戲及運動設施，地表植 化及戲台廣場等		
綠化材質	土壤：遠方借土 過濾層：砂質土壤過濾滲透 排水層：砂質土壤滲透及排水孔系統匯流		
綠化植物	<input type="checkbox"/> 水生植物類： <input type="checkbox"/> 蕨類： <input type="checkbox"/> 草坪類： <input checked="" type="checkbox"/> 藤蔓及懸垂植物：矮性仙丹、曼荊 <input checked="" type="checkbox"/> 灌木：月桔、春不老 <input checked="" type="checkbox"/> 喬木：		
綠化工程			
工程價格	總工程費：87,229,580元整 植栽工程費：約7百70萬元；解體廢棄物：元 維護管理費用：植物：約166萬元/年；硬體：約91萬元/年		
承包業者	<input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> 有(利德公司)	工程期間	90年6月~91年10月
使用期間	91年10月~迄今	使用狀況	<input type="checkbox"/> 良好 <input checked="" type="checkbox"/> 普通 <input type="checkbox"/> 差
管理營運			
管理程級	<input type="checkbox"/> 隨時維持景觀 <input checked="" type="checkbox"/> 適時維持景觀 <input type="checkbox"/> 維持普通程度(看得過去) <input type="checkbox"/> 最低限度維持		
管理方法	<input type="checkbox"/> 全部直接管理 <input checked="" type="checkbox"/> 全部委託管理 <input type="checkbox"/> 部份直接管理部份委託 <input type="checkbox"/> 其他		
澆水方式	<input type="checkbox"/> 自動(電腦控制、定時方式) <input type="checkbox"/> 手動 <input checked="" type="checkbox"/> 兩者併用		
1. 是否結合再生能源： <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有( )			
2. 目前使用問題：維護管理及專業維持			



### 屋頂綠化之建築物、結構物調查表

建築物結構資料			
樓層數	5~6 層	總高度	約 15 m
建築物用途	<input checked="" type="checkbox"/> 公共集會類 <input type="checkbox"/> 工業、倉儲類 <input type="checkbox"/> 宗教、殯葬類 <input type="checkbox"/> 辦公、服務類	<input type="checkbox"/> 商業類 <input type="checkbox"/> 休閒、文教類 <input type="checkbox"/> 衛生、福利、更生類 <input type="checkbox"/> 住宿類	
屋頂使用	<input checked="" type="checkbox"/> 開放 <input type="checkbox"/> 不開放	有無增建	<input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無
設計圖	<input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	屋齡	8 年以上
構造形式	<input type="checkbox"/> 木造 <input type="checkbox"/> 磚造 <input type="checkbox"/> 鋼構 <input type="checkbox"/> 輕型鋼結構(備註: _____)	<input type="checkbox"/> 鋼筋混凝土(RC) <input checked="" type="checkbox"/> 鋼骨鋼筋混凝土(SRC)	
建築物概要	基地面積：3.8 公頃 樓 數： 建物高度：約 15m 最高高度：約 15m	容積率： 塔屋 層，地下 層 地區用途： 防火指定 <input type="checkbox"/> 防火 <input type="checkbox"/> 準防火 <input type="checkbox"/> 未指定	建蔽率： 層
建築物綠化資料			
屋頂資料	高度：GL+      m (      樓)		
女兒牆高度	1.4m	屋頂可利用面積	3.8 公頃
正下方樓層用途	污水處理廠	原綠化面積	3.8 公頃
承載載重	土壤： 建築材料：(石材： 備註：	kg/m <sup>2</sup> 樹木： kg/m <sup>2</sup> 水體： kg/m <sup>2</sup>	
樑柱鋼筋鏽蝕	<input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無	樑柱有裂縫或滲水	<input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無
建築物硬體設備			
排水設備	排水方法：不織布滲透水設計		
排水坡度	%	排水孔	直徑：      個數：
防水設備	防水層： <input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	修改情況	<input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 全面
給水設備	灑水頭 <input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無 (備註： _____)		
電力設備	照明設備：      座；插座：      個；可用電力容量：		
備註	檢查人： 檢查日期：98 年 5 月 12 日		

## 三、迪化污水處理廠

## 屋頂綠化調查表

機關基本資料			
機關名稱	迪化污水處理廠	聯絡人	王以臣
TEL :	25973138#870	FAX :	
E-mail :			
	<input checked="" type="checkbox"/> 北 <input type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 南		
地址 :	台北市酒泉街 235 號		
屋頂綠化內容			
屋頂形態	<input checked="" type="checkbox"/> 平屋頂 <input type="checkbox"/> 斜屋頂		
使用型態	<input type="checkbox"/> 薄層型 <input type="checkbox"/> 組合型 <input checked="" type="checkbox"/> 花園型 內容： 4.6 公頃休閒運動公園		
綠化材質	土壤：南湖大橋疏峻土 (1 米深) 過濾層：碎石層 排水層：ps 板		
綠化植物	<input type="checkbox"/> 水生植物類： <input checked="" type="checkbox"/> 草坪類： <input checked="" type="checkbox"/> 灌木： <input type="checkbox"/> 蕨類： <input type="checkbox"/> 藤蔓及懸垂植物： <input checked="" type="checkbox"/> 喬木：		
綠化工程			
工程價格	總工程費：1 億 3 仟餘萬 植栽工程費：約 3400 萬 維護管理費用：植物： 元/年；硬體： 元/年 ;解體廢棄物： 元		
承包業者	<input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> 有(皇昌營造 )	工程期間	91 年 月 ~ 93 年 月
使用期間	91 年 11 月 ~ 迄今	使用狀況	<input checked="" type="checkbox"/> 良好 <input type="checkbox"/> 普通 <input type="checkbox"/> 差
管理營運			
管理程級	<input checked="" type="checkbox"/> 隨時維持景觀 <input type="checkbox"/> 維持普通程度(看得過去) <input type="checkbox"/> 全部直接管理 <input type="checkbox"/> 部份直接管理部份委託 <input type="checkbox"/> 自動(電腦控制、定時方式) <input checked="" type="checkbox"/> 兩者併用		
管理方法	<input type="checkbox"/> 適時維持景觀 <input type="checkbox"/> 最低限度維持 <input checked="" type="checkbox"/> 全部委託管理 <input type="checkbox"/> 其他		
澆水方式	<input type="checkbox"/> 手動		
1. 是否結合再生能源： <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> 有( 雨水回收再利用 )			
2. 目前使用問題：			

屋頂綠化之自然環境條件調查表

GPS	121°30' 35"	25°04' 25"
建地背景	<input checked="" type="checkbox"/> 市中心 <input type="checkbox"/> 臨海 <input type="checkbox"/> 寬廣平原 <input type="checkbox"/> 山區	
<b>風力影響</b>		
大樓風	<input type="checkbox"/> 影響大 <input type="checkbox"/> 影響普通 <input checked="" type="checkbox"/> 影響小    (備註： )	
颱風	<input checked="" type="checkbox"/> 影響大 <input type="checkbox"/> 影響普通 <input type="checkbox"/> 影響小    (備註： )	
海風	<input type="checkbox"/> 影響大 <input type="checkbox"/> 影響普通 <input checked="" type="checkbox"/> 影響小    (備註： )	
<b>其他外在影響</b>		
人為利用	<input type="checkbox"/> 影響大 <input type="checkbox"/> 影響普通 <input checked="" type="checkbox"/> 影響小    (備註： )	
空氣汙染	<input type="checkbox"/> 影響大 <input type="checkbox"/> 影響普通 <input checked="" type="checkbox"/> 影響小    (備註： )	
周邊景觀	<input type="checkbox"/> 影響大 <input type="checkbox"/> 影響普通 <input checked="" type="checkbox"/> 影響小    (備註： )	
周邊生物分布情形	自生性植物： 當地鳥類： 當地昆蟲： 其他	
周邊其他狀況	M. 確保隱私必要性( <input checked="" type="checkbox"/> 無、 <input type="checkbox"/> 有) N. 確保日照必要性( <input type="checkbox"/> 無、 <input checked="" type="checkbox"/> 有) O. 掉落物、落葉、毛蟲和鳥害的問題( <input checked="" type="checkbox"/> 無、 <input type="checkbox"/> 有) P. 其他：	
備註		

照片編號表

編號	項目	編號	項目



#### 四、護國禪寺

#### 屋頂綠化調查表

機關基本資料			
機關名稱	護國禪寺	負責人	寺務處---楊先生
TEL： 02-2594-8308		FAX：	
E-mail：			
<input checked="" type="checkbox"/> 北 <input type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 南 地址： 台北市中山區玉門街 9 號			
屋頂綠化內容			
屋頂形態	<input type="checkbox"/> 平屋頂 <input checked="" type="checkbox"/> 斜屋頂		
使用型態	<input checked="" type="checkbox"/> 薄層型 <input type="checkbox"/> 組合型 <input type="checkbox"/> 花園型 內容：		
綠化材質	土壤：泥炭土 過濾層： 排水層：		
綠化植物	<input type="checkbox"/> 水生植物類： <input checked="" type="checkbox"/> 草坪類：韓國草 <input type="checkbox"/> 灌木：		
	<input type="checkbox"/> 蕨類： <input type="checkbox"/> 藤蔓及懸垂植物： <input type="checkbox"/> 喬木：		
綠化工程			
工程價格	總工程費： 植栽工程費：；解體廢棄物： 元 維護管理費用：植物： 元/年；硬體： 元/年		
承包業者	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有( )	工程期間	98 年 2 月~ 98 年 2 月
使用期間	98 年 2 月~ 迄今	使用狀況	<input type="checkbox"/> 良好 <input checked="" type="checkbox"/> 普通 <input type="checkbox"/> 差
管理營運			
管理程級	<input type="checkbox"/> 隨時維持景觀 <input type="checkbox"/> 適時維持景觀 <input type="checkbox"/> 維持普通程度(看得過去) <input checked="" type="checkbox"/> 最低限度維持		
管理方法	<input type="checkbox"/> 全部直接管理 <input type="checkbox"/> 全部委託管理 <input type="checkbox"/> 部份直接管理部份委託 <input type="checkbox"/> 其他		
澆水方式	<input checked="" type="checkbox"/> 自動(電腦控制、定時方式) <input type="checkbox"/> 手動 <input type="checkbox"/> 兩者併用		
1. 是否結合再生能源： <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有( )			
2. 目前使用問題： 與屋子相接地方的韓國草無法澆到水			

### 屋頂綠化之自然環境條件調查表

GPS	經 121°31' 14"	緯 25°04' 20"
建地背景	<input checked="" type="checkbox"/> 市中心 <input type="checkbox"/> 臨海 <input type="checkbox"/> 寬廣平原 <input type="checkbox"/> 山區	
<b>風力影響</b>		
大樓風	<input type="checkbox"/> 影響大 <input type="checkbox"/> 影響普通 <input checked="" type="checkbox"/> 影響小    (備註: )	
颱風	<input type="checkbox"/> 影響大 <input type="checkbox"/> 影響普通 <input checked="" type="checkbox"/> 影響小    (備註: )	
海風	<input type="checkbox"/> 影響大 <input type="checkbox"/> 影響普通 <input checked="" type="checkbox"/> 影響小    (備註: )	
<b>其他外在影響</b>		
人為利用	<input type="checkbox"/> 影響大 <input type="checkbox"/> 影響普通 <input checked="" type="checkbox"/> 影響小    (備註: )	
空氣汙染	<input type="checkbox"/> 影響大 <input type="checkbox"/> 影響普通 <input checked="" type="checkbox"/> 影響小    (備註: )	
周邊景觀	<input type="checkbox"/> 影響大 <input type="checkbox"/> 影響普通 <input checked="" type="checkbox"/> 影響小    (備註: )	
周邊生物分布情形	自生性植物： 當地鳥類：麻雀、娥 當地昆蟲： 其他	
周邊其他狀況	Q. 確保隱私必要性( <input checked="" type="checkbox"/> 無、 <input type="checkbox"/> 有) R. 確保日照必要性( <input type="checkbox"/> 無、 <input checked="" type="checkbox"/> 有) S. 掉落物、落葉、毛蟲和鳥害的問題( <input checked="" type="checkbox"/> 無、 <input type="checkbox"/> 有) T. 其他：	
備註		

### 照片編號表

編號	項目	編號	項目



### 五、吳興國小

#### 屋頂綠化調查表

機關基本資料			
機關名稱	吳興國小	負責人	吳主任；宋先生
TEL：	02-27200226	0968501288	FAX：
E-mail：			
<input checked="" type="checkbox"/> 北 <input type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 南 地址：台北市信義區松仁路 226 號			
屋頂綠化內容			
屋頂形態	<input checked="" type="checkbox"/> 平屋頂 <input type="checkbox"/> 斜屋頂		
使用型態	<input checked="" type="checkbox"/> 薄層型 <input type="checkbox"/> 組合型 <input type="checkbox"/> 花園型 內容：		
綠化材質	土壤：輕質土壤、改良土壤 過濾層：不織布 排水層：GR 板		
綠化植物	<input type="checkbox"/> 水生植物類： <input type="checkbox"/> 蕨類： <input checked="" type="checkbox"/> 草坪類：景天、艷紅牡丹 <input type="checkbox"/> 藤蔓及懸垂植物： <input type="checkbox"/> 灌木： <input type="checkbox"/> 喬木：		
綠化工程			
工程價格	總工程費： 植栽工程費： <input type="text"/> ；解體廢棄物： <input type="text"/> 元 維護管理費用：植物： <input type="text"/> 元/年；硬體： <input type="text"/> 元/年		
承包業者	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有( <input type="text"/> )	工程期間	年 月~ 年 月
使用期間	年 月~ 年 月	使用狀況	<input type="checkbox"/> 良好 <input type="checkbox"/> 普通 <input type="checkbox"/> 差
管理營運			
管理程級	<input type="checkbox"/> 隨時維持景觀 <input type="checkbox"/> 適時維持景觀 <input type="checkbox"/> 維持普通程度(看得過去) <input type="checkbox"/> 最低限度維持		
管理方法	<input type="checkbox"/> 全部直接管理 <input type="checkbox"/> 全部委託管理 <input type="checkbox"/> 部份直接管理部份委託 <input type="checkbox"/> 其他		
澆水方式	<input type="checkbox"/> 自動(電腦控制、定時方式) <input type="checkbox"/> 手動 <input type="checkbox"/> 兩者併用		
1. 是否結合再生能源： <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有( <input type="text"/> )			
2. 目前使用問題：工法重要、輕質材保水不好、種植種植前一禮拜澆水重要、1~2 個月才能扎根、輕質材料要 25 公分、架子要挑高 40 公分。使用者感受做屋頂綠化後有差,室內溫度變低,使用電扇次數變少			



### 屋頂綠化之建築物、結構物調查表

建築物結構資料			
樓層數	3F	總高度	m
建築物用途	<input type="checkbox"/> 公共集會類 <input type="checkbox"/> 工業、倉儲類 <input type="checkbox"/> 宗教、殯葬類 <input type="checkbox"/> 辦公、服務類	<input type="checkbox"/> 商業類 <input checked="" type="checkbox"/> 休閒、文教類 <input type="checkbox"/> 衛生、福利、更生類 <input type="checkbox"/> 住宿類	
屋頂使用	<input type="checkbox"/> 開放 <input checked="" type="checkbox"/> 不開放	有無增建	<input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無
設計圖	<input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	屋齡	
構造形式	<input type="checkbox"/> 木造 <input type="checkbox"/> 磚造 <input type="checkbox"/> 鋼構 <input type="checkbox"/> 輕型鋼結構(備註：	<input type="checkbox"/> 鋼筋混凝土(RC) <input type="checkbox"/> 鋼骨鋼筋混凝土(SRC)	)
建築物概要	基地面積： 樓 數：3 層 建物高度：11m 最高高度：	容積率： 塔屋 層，地下 層 地區用途： 防火指定 <input type="checkbox"/> 防火 <input type="checkbox"/> 準防火 <input type="checkbox"/> 未指定	建蔽率：
建築物綠化資料			
屋頂資料	高度：GL+      m (      樓)		
女兒牆高度	0.4      m	屋頂可利用面積	
正下方樓層用途	教室	原綠化面積	
承載載重	土壤： 建築材料：(石材： 備註：		
樑柱鋼筋鏽蝕	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	樑柱有裂縫或滲水	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無
建築物硬體設備			
排水設備	排水方法：		
排水坡度	%	排水孔	直徑：12.5      個數：10 個
防水設備	防水層： <input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	修改情況	<input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 全面
給水設備	灑水頭 <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無(備註：)		
電力設備	照明設備：      座；插座：      個；可用電力容量：		
備註	檢查人： 檢查日期：98 年 5 月 18 日		

## 六、信義區公所

### 屋頂綠化調查表

機關基本資料			
機關名稱	信義區公所	負責人	郭先生
TEL：02-2723-9777#715		FAX：	
E-mail：			
<input checked="" type="checkbox"/> 北 <input type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 南 地址：11049 台北市信義路5段15號6/7樓			
屋頂綠化內容			
屋頂形態	<input checked="" type="checkbox"/> 平屋頂 <input type="checkbox"/> 斜屋頂		
使用型態	<input checked="" type="checkbox"/> 薄層型 <input type="checkbox"/> 組合型 <input type="checkbox"/> 花園型 內容：		
綠化材質	土壤：輕土壤(珍珠石+蛭石+泥炭土=80%，客土=20%) 過濾層：雙層不織布(上薄下厚) 排水層：GR板、方智板		
綠化植物	<input type="checkbox"/> 水生植物類： <input checked="" type="checkbox"/> 草坪類： <input type="checkbox"/> 灌木： <input type="checkbox"/> 蕨類： <input type="checkbox"/> 藤蔓及懸垂植物： <input type="checkbox"/> 喬木：		
綠化工程			
工程價格	總工程費：70萬(頂樓+1樓=570萬) 植栽工程費：10~15萬 維護管理費用：植物：		
承包業者	<input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> 有(第一期錫瑠； 第二期謝一田建築師事務所)	；解體廢棄物： 元 元/年；硬體： 元/年	
使用期間	97年7月~迄今	工程期間	97年7月~97年7月
		使用狀況	<input type="checkbox"/> 良好 <input type="checkbox"/> 普通 <input type="checkbox"/> 差
管理營運			
管理程級	<input type="checkbox"/> 隨時維持景觀 <input type="checkbox"/> 維持普通程度(看得過去) <input checked="" type="checkbox"/> 適時維持景觀 <input type="checkbox"/> 最低限度維持		
管理方法	<input checked="" type="checkbox"/> 全部直接管理 <input type="checkbox"/> 部份直接管理部份委託 <input type="checkbox"/> 其他 <input type="checkbox"/> 全部委託管理		
澆水方式	<input type="checkbox"/> 自動(電腦控制、定時方式) <input type="checkbox"/> 兩者併用 <input checked="" type="checkbox"/> 手動		
1. 是否結合再生能源： <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有( )			
2. 目前使用問題：感覺屋頂綠化後亦有涼爽的感覺			



### 屋頂綠化之建築物、結構物調查表

建築物結構資料			
樓層數	地上 11 樓、地下 2 層	總高度	m
建築物用途	<input type="checkbox"/> 公共集會類 <input type="checkbox"/> 商業類 <input type="checkbox"/> 工業、倉儲類 <input type="checkbox"/> 休閒、文教類 <input type="checkbox"/> 宗教、殯葬類 <input type="checkbox"/> 衛生、福利、更生類 <input checked="" type="checkbox"/> 辦公、服務類 <input type="checkbox"/> 住宿類		
屋頂使用	<input checked="" type="checkbox"/> 開放 <input type="checkbox"/> 不開放	有無增建	<input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無
設計圖	<input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	屋齡	20 年
構造形式	<input type="checkbox"/> 木造 <input type="checkbox"/> 磚造 <input checked="" type="checkbox"/> 鋼筋混凝土(RC) <input type="checkbox"/> 鋼構 <input type="checkbox"/> 鋼骨鋼筋混凝土(SRC) <input type="checkbox"/> 輕型鋼結構(備註： )		
建築物概要	基地面積：5685m <sup>2</sup> 容積率：                      建蔽率：4.0/10 樓數：地上 11 樓、地下 2 層                      塔屋 11 層，地下 2 層 建物高度：42.7m                      地區用途： 最高高度：                      防火指定 <input type="checkbox"/> 防火 <input type="checkbox"/> 準防火 <input type="checkbox"/> 未指定		
建築物綠化資料			
屋頂資料	高度：GL+      m (      樓) <b>建築物高度 42.7</b>		
女兒牆高度	1.5      m	屋頂可利用面積	1750m <sup>2</sup>
正下方樓層用途	禮堂	原綠化面積	
承載載重	土壤：                      kg/m <sup>2</sup> 樹木：                      kg/m <sup>2</sup> 建築材料：(石材：                      kg/m <sup>2</sup> 水體：                      kg/m <sup>2</sup> 備註：		
樑柱鋼筋鏽蝕	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	樑柱有裂縫或滲水	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無
建築物硬體設備			
排水設備	排水方法：		
排水坡度	%	排水孔	直徑： 0.08                      個數： 4
防水設備	防水層： <input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	修改情況	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 部分 <input checked="" type="checkbox"/> 全面
給水設備	灑水頭 <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無(備註： )		
電力設備	照明設備：      座；插座：      個；可用電力容量：		
備註	檢查人： 檢查日期： 98 年 5 月 18 日		

## 七、松山工農

## 屋頂綠化調查表

機關基本資料			
機關名稱	松山工農	負責人	張淑琳(老師)
TEL: 02-2722-4771		FAX:	
E-mail:			
<input checked="" type="checkbox"/> 北 <input type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 南 地址: 11048 台北市信義區吳興街 600 巷 107 號-1			
屋頂綠化內容			
屋頂形態	<input checked="" type="checkbox"/> 平屋頂 <input type="checkbox"/> 斜屋頂		
使用型態	<input checked="" type="checkbox"/> 薄層型 <input type="checkbox"/> 組合型 <input type="checkbox"/> 花園型 內容:		
綠化材質	土壤: 無土借質&砂土 過濾層: 不織布 排水層: 排保水板(GR、方智)		
綠化植物	<input type="checkbox"/> 水生植物類: <input type="checkbox"/> 蕨類: <input checked="" type="checkbox"/> 草坪類: <input type="checkbox"/> 藤蔓及懸垂植物: <input type="checkbox"/> 灌木: <input type="checkbox"/> 喬木:		
綠化工程			
工程價格	總工程費: 約 30 萬(含重鋪防水層) 植栽工程費: _____ ; 解體廢棄物: _____ 元 維護管理費用: 植物: _____ 元/年; 硬體: _____ 元/年		
承包業者	<input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> 有( _____ )	工程期間	97 年 3 月~ 97 年 4 月
使用期間	97 年 4 月~ 97 年 5 月	使用狀況	<input type="checkbox"/> 良好 <input type="checkbox"/> 普通 <input type="checkbox"/> 差
管理營運			
管理程級	<input type="checkbox"/> 隨時維持景觀 <input checked="" type="checkbox"/> 適時維持景觀 <input type="checkbox"/> 維持普通程度(看得過去) <input type="checkbox"/> 最低限度維持		
管理方法	<input checked="" type="checkbox"/> 全部直接管理 <input type="checkbox"/> 全部委託管理 <input type="checkbox"/> 部份直接管理部份委託 <input type="checkbox"/> 其他		
澆水方式	<input type="checkbox"/> 自動(電腦控制、定時方式) <input checked="" type="checkbox"/> 手動 <input type="checkbox"/> 兩者併用		
1. 是否結合再生能源: <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有( _____ )			
2. 目前使用問題: 植物取得度不高、土壤流失、氣溫不穩以至植物換新、植物照射紫外線呈紅色。排水口堵塞、建議一開始使用輕質材料降低後續問題			

### 屋頂綠化之自然環境條件調查表

GPS	經 121°34' 20"	緯 25°01' 07"
建地背景	<input type="checkbox"/> 市中心 <input type="checkbox"/> 臨海 <input type="checkbox"/> 寬廣平原 <input checked="" type="checkbox"/> 山區	
<b>風力影響</b>		
大樓風	<input type="checkbox"/> 影響大 <input type="checkbox"/> 影響普通 <input checked="" type="checkbox"/> 影響小    (備註： )	
颱風	<input type="checkbox"/> 影響大 <input type="checkbox"/> 影響普通 <input checked="" type="checkbox"/> 影響小    (備註： )	
海風	<input type="checkbox"/> 影響大 <input type="checkbox"/> 影響普通 <input checked="" type="checkbox"/> 影響小    (備註： )	
<b>其他外在影響</b>		
人為利用	<input type="checkbox"/> 影響大 <input type="checkbox"/> 影響普通 <input checked="" type="checkbox"/> 影響小    (備註： )	
空氣汙染	<input type="checkbox"/> 影響大 <input type="checkbox"/> 影響普通 <input checked="" type="checkbox"/> 影響小    (備註： )	
周邊景觀	<input type="checkbox"/> 影響大 <input type="checkbox"/> 影響普通 <input checked="" type="checkbox"/> 影響小    (備註： )	
周邊生物分布情形	自生性植物： 當地鳥類：有 當地昆蟲：毛毛蟲 其他	
周邊其他狀況	CC. 確保隱私必要性( <input type="checkbox"/> 無、 <input checked="" type="checkbox"/> 有) DD. 確保日照必要性( <input type="checkbox"/> 無、 <input checked="" type="checkbox"/> 有) EE. 掉落物、落葉、毛蟲和鳥害的問題( <input type="checkbox"/> 無、 <input checked="" type="checkbox"/> 有) FF. 其他：	
備註		

### 照片編號表

編號	項目	編號	項目



## 八、基督教台北真理堂

### 屋頂綠化調查表

機關基本資料			
機關名稱	基督教台北真理堂	負責人	楊寧亞牧師
TEL：02-2363-2096#122		FAX：02-2363-9401	
E-mail：lshbob5108.ttlc@gmail.com			
<input checked="" type="checkbox"/> 北 <input type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 南 地址：台北市新生南路三段 86 號			
屋頂綠化內容			
屋頂形態	<input checked="" type="checkbox"/> 平屋頂 <input type="checkbox"/> 斜屋頂		
使用型態	<input type="checkbox"/> 薄層型 <input checked="" type="checkbox"/> 組合型 <input type="checkbox"/> 花園型 內容：		
綠化材質	土壤：一般 過濾層： 排水層：		
綠化植物	<input type="checkbox"/> 水生植物類： <input type="checkbox"/> 蕨類： <input type="checkbox"/> 草坪類： <input type="checkbox"/> 藤蔓及懸垂植物： <input type="checkbox"/> 灌木： <input type="checkbox"/> 喬木：		
綠化工程			
工程價格	總工程費：85 萬元 植栽工程費： <input type="checkbox"/> ；解體廢棄物： <input type="checkbox"/> 元 維護管理費用：植物： 8~10 萬 元/年；硬體： <input type="checkbox"/> 元/年		
承包業者	<input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> 有(京天景觀)	工程期間	93 年 月 ~ 94 年 月
使用期間	94 年 月 ~ 迄今	使用狀況	<input checked="" type="checkbox"/> 良好 <input type="checkbox"/> 普通 <input type="checkbox"/> 差
管理營運			
管理程級	<input type="checkbox"/> 隨時維持景觀 <input type="checkbox"/> 適時維持景觀 <input checked="" type="checkbox"/> 維持普通程度(看得過去) <input type="checkbox"/> 最低限度維持		
管理方法	<input type="checkbox"/> 全部直接管理 <input type="checkbox"/> 全部委託管理 <input checked="" type="checkbox"/> 部份直接管理部份委託 <input type="checkbox"/> 其他		
澆水方式	<input type="checkbox"/> 自動(電腦控制、定時方式) <input checked="" type="checkbox"/> 手動 <input type="checkbox"/> 兩者併用		
1. 是否結合再生能源： <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有( )			
2. 目前使用問題：			

### 屋頂綠化之自然環境條件調查表

GPS	經 121°32' 08"	緯 25°01' 06"
建地背景	<input checked="" type="checkbox"/> 市中心 <input type="checkbox"/> 臨海 <input type="checkbox"/> 寬廣平原 <input type="checkbox"/> 山區	
<b>風力影響</b>		
大樓風	<input type="checkbox"/> 影響大 <input type="checkbox"/> 影響普通 <input checked="" type="checkbox"/> 影響小    (備註: )	
颱風	<input type="checkbox"/> 影響大 <input type="checkbox"/> 影響普通 <input checked="" type="checkbox"/> 影響小    (備註: )	
海風	<input type="checkbox"/> 影響大 <input type="checkbox"/> 影響普通 <input checked="" type="checkbox"/> 影響小    (備註: )	
<b>其他外在影響</b>		
人為利用	<input type="checkbox"/> 影響大 <input type="checkbox"/> 影響普通 <input checked="" type="checkbox"/> 影響小    (備註: )	
空氣汙染	<input type="checkbox"/> 影響大 <input type="checkbox"/> 影響普通 <input checked="" type="checkbox"/> 影響小    (備註: )	
周邊景觀	<input type="checkbox"/> 影響大 <input type="checkbox"/> 影響普通 <input checked="" type="checkbox"/> 影響小    (備註: )	
周邊生物分布情形	自生性植物： 當地鳥類：小鳥、八哥、喜鵲、麻雀 當地昆蟲：毛毛蟲、蜜蜂 其他	
周邊其他狀況	GG. 確保隱私必要性( <input checked="" type="checkbox"/> 無、 <input type="checkbox"/> 有) HH. 確保日照必要性( <input type="checkbox"/> 無、 <input checked="" type="checkbox"/> 有) II. 掉落物、落葉、毛蟲和鳥害的問題( <input checked="" type="checkbox"/> 無、 <input type="checkbox"/> 有) JJ. 其他：	
備註		

### 照片編號表

編號	項目	編號	項目

### 屋頂綠化之建築物、結構物調查表

建築物結構資料			
樓層數	10 層	總高度	49.95 m
建築物用途	<input type="checkbox"/> 公共集會類 <input type="checkbox"/> 工業、倉儲類 <input checked="" type="checkbox"/> 宗教、殯葬類 <input type="checkbox"/> 辦公、服務類	<input type="checkbox"/> 商業類 <input type="checkbox"/> 休閒、文教類 <input type="checkbox"/> 衛生、福利、更生類 <input type="checkbox"/> 住宿類	
屋頂使用	<input checked="" type="checkbox"/> 開放 <input type="checkbox"/> 不開放	有無增建	<input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無
設計圖	<input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	屋齡	4 年
構造形式	<input type="checkbox"/> 木造 <input type="checkbox"/> 磚造 <input type="checkbox"/> 鋼構 <input type="checkbox"/> 輕型鋼結構(備註: )	<input type="checkbox"/> 鋼筋混凝土(RC) <input checked="" type="checkbox"/> 鋼骨鋼筋混凝土(SRC)	
建築物概要	基地面積: 2181 m <sup>2</sup> 樓 數: 10 建物高度: 49.95m 最高高度:	容積率:      建蔽率: 塔屋 2 層, 地下 2 層 地區用途: 防火指定 <input type="checkbox"/> 防火 <input type="checkbox"/> 準防火 <input type="checkbox"/> 未指定	
建築物綠化資料			
屋頂資料	高度: GL+      m (      樓)		
女兒牆高度	1.86 m	屋頂可利用面積	300 m <sup>2</sup>
正下方樓層用途	圖書館、教室	原綠化面積	200 m <sup>2</sup>
承載載重	土壤:      kg/m <sup>2</sup> 建築材料:(石材:      kg/m <sup>2</sup> 備註:	樹木:      kg/m <sup>2</sup> 水體:      kg/m <sup>2</sup>	
樑柱鋼筋鏽蝕	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	樑柱有裂縫或滲水	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無
建築物硬體設備			
排水設備	排水方法:		
排水坡度	%	排水孔	直徑: 0.08m      個數: 5 0.04m      14
防水設備	防水層: <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	修改情況	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 全面
給水設備	灑水頭 <input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無(備註: )		
電力設備	照明設備: 12 座; 插座: 6 個; 可用電力容量:		
備註	檢查人: 檢查日期: 98 年 5 月 19 日		





### 屋頂綠化之建築物、結構物調查表

建築物結構資料 A. 警衛室			
樓層數	1	總高度	3.5 m
建築物用途	<input type="checkbox"/> 公共集會類 <input type="checkbox"/> 商業類 <input type="checkbox"/> 工業、倉儲類 <input checked="" type="checkbox"/> 休閒、文教類 <input type="checkbox"/> 宗教、殯葬類 <input type="checkbox"/> 衛生、福利、更生類 <input type="checkbox"/> 辦公、服務類 <input type="checkbox"/> 住宿類		
屋頂使用	<input type="checkbox"/> 開放 <input checked="" type="checkbox"/> 不開放	有無增建	<input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無
設計圖	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	屋齡	
構造形式	<input type="checkbox"/> 木造 <input type="checkbox"/> 磚造 <input checked="" type="checkbox"/> 鋼筋混凝土(RC) <input type="checkbox"/> 鋼構 <input type="checkbox"/> 鋼骨鋼筋混凝土(SRC) <input type="checkbox"/> 輕型鋼結構(備註： )		
建築物概要	基地面積：                      容積率：                      建蔽率： 樓 數： 1 層                      塔屋 層，地下 層 建物高度： 3.5 m                      地區用途： 最高高度：                      防火指定 <input type="checkbox"/> 防火 <input type="checkbox"/> 準防火 <input type="checkbox"/> 未指定		
建築物綠化資料			
屋頂資料	高度：GL+ 3.5 m ( 1 樓)		
女兒牆高度	0.4 m	屋頂可利用面積	85.09 m <sup>2</sup>
正下方樓層用途	警衛室	原綠化面積	85.09 m <sup>2</sup>
承載載重	土壤：                      kg/m <sup>2</sup> 樹木：                      kg/m <sup>2</sup> 建築材料：(石材：                      kg/m <sup>2</sup> 水體：                      kg/m <sup>2</sup> 備註：		
樑柱鋼筋鏽蝕	<input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無	樑柱有裂縫或滲水	<input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無
建築物硬體設備			
排水設備	排水方法： 排水孔		
排水坡度	%	排水孔	直徑： 0.028m                      個數： 4
防水設備	防水層： <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	修改情況	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 全面
給水設備	灑水頭 <input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無(備註： )		
電力設備	照明設備：                      座；插座：                      個；可用電力容量：		
備註	檢查人： 檢查日期：98年 8月 18日		

### 屋頂綠化之建築物、結構物調查表

建築物結構資料 B. 軍訓場			
樓層數	1		總高度 3 m ~ 3.6m 傾斜屋頂
建築物用途	<input type="checkbox"/> 公共集會類 <input type="checkbox"/> 商業類 <input type="checkbox"/> 工業、倉儲類 <input checked="" type="checkbox"/> 休閒、文教類 <input type="checkbox"/> 宗教、殯葬類 <input type="checkbox"/> 衛生、福利、更生類 <input type="checkbox"/> 辦公、服務類 <input type="checkbox"/> 住宿類		
屋頂使用	<input type="checkbox"/> 開放 <input checked="" type="checkbox"/> 不開放	有無增建	<input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無
設計圖	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	屋齡	
構造形式	<input type="checkbox"/> 木造 <input type="checkbox"/> 磚造 <input type="checkbox"/> 鋼筋混凝土(RC) <input type="checkbox"/> 鋼構 <input type="checkbox"/> 鋼骨鋼筋混凝土(SRC) <input checked="" type="checkbox"/> 輕型鋼結構(備註： )		
建築物概要	基地面積：      容積率：      建蔽率： 樓 數： 1 層      塔屋 層，地下 層 建物高度： 3 m~3.6m      地區用途： 最高高度： 3.6m      防火指定 <input type="checkbox"/> 防火 <input type="checkbox"/> 準防火 <input type="checkbox"/> 未指定		
建築物綠化資料			
屋頂資料	高度：GL+ 3 m~3.6m ( 1 樓)      坡度：11°		
女兒牆高度	無	屋頂可利用面積	48.9 m <sup>2</sup> x 2 塊
正下方樓層用途	軍訓場	原綠化面積	48.9 m <sup>2</sup> x 2 塊
承載載重	土壤：      kg/m <sup>2</sup> 樹木：      kg/m <sup>2</sup> 建築材料：(石材：      kg/m <sup>2</sup> 水體：      kg/m <sup>2</sup> 備註：		
樑柱鋼筋鏽蝕	<input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	樑柱有裂縫或滲水	<input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無
建築物硬體設備			
排水設備	排水方法： 無		
排水坡度	%	排水孔	直徑：      個數：
防水設備	防水層： <input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	修改情況	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 全面
給水設備	灑水頭 <input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無(備註： )		
電力設備	照明設備：      座；插座：      個；可用電力容量：		
備註	檢查人： 檢查日期：98 年 8 月 18 日		

### 屋頂綠化之建築物、結構物調查表

建築物結構資料 C. 垃圾回收場			
樓層數	1	總高度	3 m ~ 3.7m 傾斜屋頂
建築物用途	<input type="checkbox"/> 公共集會類 <input type="checkbox"/> 工業、倉儲類 <input type="checkbox"/> 宗教、殯葬類 <input type="checkbox"/> 辦公、服務類	<input type="checkbox"/> 商業類 <input checked="" type="checkbox"/> 休閒、文教類 <input type="checkbox"/> 衛生、福利、更生類 <input type="checkbox"/> 住宿類	
屋頂使用	<input type="checkbox"/> 開放 <input checked="" type="checkbox"/> 不開放	有無增建	<input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無
設計圖	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	屋齡	
構造形式	<input type="checkbox"/> 木造 <input type="checkbox"/> 磚造 <input type="checkbox"/> 鋼構 <input checked="" type="checkbox"/> 輕型鋼結構(備註：	<input type="checkbox"/> 鋼筋混凝土(RC) <input type="checkbox"/> 鋼骨鋼筋混凝土(SRC)	)
建築物概要	基地面積： 樓數：1 層 建物高度：3 m~3.7m 最高高度：3.7m	容積率： 塔屋層，地下層 地區用途： 防火指定 <input type="checkbox"/> 防火 <input type="checkbox"/> 準防火 <input type="checkbox"/> 未指定	建蔽率：
建築物綠化資料			
屋頂資料	高度：GL+ 3 m~3.7m ( 1 樓)      坡度：11°		
女兒牆高度	無	屋頂可利用面積	38.76 m <sup>2</sup>
正下方樓層用途	垃圾回收場	原綠化面積	38.76 m <sup>2</sup>
承載載重	土壤： 建築材料：(石材： 備註：	kg/m <sup>2</sup> 樹木： kg/m <sup>2</sup> 水體： kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup> kg/m <sup>2</sup>
樑柱鋼筋鏽蝕	<input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無	樑柱有裂縫或滲水	<input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無
建築物硬體設備			
排水設備	排水方法： 排水溝 寬 0.15m		
排水坡度	%	排水孔 直徑：	個數：
防水設備	防水層： <input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無	修改情況	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 全面
給水設備	灑水頭 <input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無(備註： 6 個 )		
電力設備	照明設備： 座；插座： 個；可用電力容量：		
備註	檢查人： 檢查日期：98 年 8 月 18 日		

## 十、台北市立北投圖書館

### 屋頂綠化調查表

業主基本資料			
業主名稱	台北市立北投圖書館	負責人	
TEL：(02)2897-7682		FAX：(02)2897-8538	
E-mail：111@email.tpml.edu.tw			
<input checked="" type="checkbox"/> 北 <input type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 南 地址：11246 台北市北投區光明路 251 號			
屋頂綠化內容			
屋頂形態	<input type="checkbox"/> 平屋頂 <input checked="" type="checkbox"/> 斜屋頂		
使用型態	<input checked="" type="checkbox"/> 薄層型 <input type="checkbox"/> 組合型 <input type="checkbox"/> 花園型 內容：		
綠化材質	土壤：輕質土壤 10cm 過濾層：不織布 排水層：碎石 5cm		
綠化植物	起初：多肉耐旱植物 16 株/平方米，共 2040 株 (石蓮、蘆薈、白佛甲、松葉景天) 鴨拓草 16 袋/平方米，共 1200 袋 長型植栽槽 5 只，每只 3 株爬藤、3 株炮仗花、6 株珊瑚藤		
綠化工程			
工程價格	總工程費：99,636,500 元(整座建物) 據說追加到 1 億 2000 萬 植栽工程費： 維護管理費用：植物： 元/年；硬體： 元/年		
承包業者	<input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> 有(九典聯合建築師事務所)	工程期間	94 年 6 月~ 95 年 9 月
使用期間	95 年 9 月~ 年 月	使用狀況	<input type="checkbox"/> 良好 <input checked="" type="checkbox"/> 普通 <input type="checkbox"/> 差
管理營運			
管理程級	<input type="checkbox"/> 隨時維持景觀 <input type="checkbox"/> 維持普通程度(看得過去)		<input type="checkbox"/> 適時維持景觀 <input checked="" type="checkbox"/> 最低限度維持(一年除草一次)
管理方法	<input checked="" type="checkbox"/> 全部直接管理 <input type="checkbox"/> 部份直接管理部份委託		<input type="checkbox"/> 全部委託管理 <input type="checkbox"/> 其他
澆水方式	<input checked="" type="checkbox"/> 自動(電腦控制、定時方式) <input type="checkbox"/> 兩者併用		<input type="checkbox"/> 手動
1. 是否結合再生能源： <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> 有(雨水回收、太陽能 )			
2. 目前使用問題：植栽枯萎，澆灌設備不良(原先設計無澆灌設備，後來才加上去的)			

### 屋頂綠化之自然環境條件調查表

GPS	E 121° 30' 22"	N 25° 08' 41"		
建地背景	<input type="checkbox"/> 市中心	<input type="checkbox"/> 臨海	<input type="checkbox"/> 寬廣平原	<input checked="" type="checkbox"/> 山區
<b>風力影響</b>				
大樓風	<input type="checkbox"/> 影響大	<input type="checkbox"/> 影響普通	<input checked="" type="checkbox"/> 影響小	(備註: )
颱風	<input type="checkbox"/> 影響大	<input checked="" type="checkbox"/> 影響普通	<input type="checkbox"/> 影響小	(備註: )
海風	<input type="checkbox"/> 影響大	<input type="checkbox"/> 影響普通	<input checked="" type="checkbox"/> 影響小	(備註: )
<b>其他外在影響</b>				
人為利用	<input type="checkbox"/> 影響大	<input type="checkbox"/> 影響普通	<input checked="" type="checkbox"/> 影響小	(備註: )
空氣汙染	<input type="checkbox"/> 影響大	<input type="checkbox"/> 影響普通	<input checked="" type="checkbox"/> 影響小	(備註: )
周邊景觀	<input type="checkbox"/> 影響大	<input type="checkbox"/> 影響普通	<input checked="" type="checkbox"/> 影響小	(備註: )
周邊生物分布情形	自生性植物： 當地鳥類： 當地昆蟲： 其他			
周邊其他狀況	OO. 確保隱私必要性( <input type="checkbox"/> 無、 <input type="checkbox"/> 有) PP. 確保日照必要性( <input type="checkbox"/> 無、 <input type="checkbox"/> 有) QQ. 掉落物、落葉、毛蟲和鳥害的問題( <input type="checkbox"/> 無、 <input type="checkbox"/> 有) RR. 其他：			
備註				

### 照片編號表

編號	項目	編號	項目

### 屋頂綠化之建築物、結構物調查表

建築物結構資料			
樓層數	2	總高度	10.3 m
建築物用途	<input type="checkbox"/> 公共集會類 <input type="checkbox"/> 商業類 <input type="checkbox"/> 工業、倉儲類 <input checked="" type="checkbox"/> 休閒、文教類 <input type="checkbox"/> 宗教、殯葬類 <input type="checkbox"/> 衛生、福利、更生類 <input type="checkbox"/> 辦公、服務類 <input type="checkbox"/> 住宿類		
屋頂使用	<input type="checkbox"/> 開放 <input checked="" type="checkbox"/> 不開放 (僅開放團體導覽)	有無增建	<input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無
設計圖	<input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	屋齡	3 年
構造形式	<input checked="" type="checkbox"/> 木造 <input type="checkbox"/> 磚造 <input type="checkbox"/> 鋼筋混凝土(RC) <input checked="" type="checkbox"/> 鋼構 <input type="checkbox"/> 鋼骨鋼筋混凝土(SRC) <input type="checkbox"/> 輕型鋼結構(備註： )		
建築物概要	基地面積：34,797.94m <sup>2</sup> 建築面積：802.87 m <sup>2</sup> 樓 數：2                      塔屋 層，地下 1 層 建物高度： 最高高度： 地區用途： 防火指定 <input type="checkbox"/> 防火 <input type="checkbox"/> 準防火 <input type="checkbox"/> 未指定		
建築物綠化資料			
屋頂資料	高度：GL+ 10.3 m ( 2 樓)		
女兒牆高度	m	屋頂可利用面積	673 m <sup>2</sup>
正下方樓層用途	圖書館閱覽室	原綠化面積	
承載載重	土壤：                      kg/m <sup>2</sup> 樹木：                      kg/m <sup>2</sup> 建築材料：(石材：                      kg/m <sup>2</sup> 水體：                      kg/m <sup>2</sup> 備註：		
樑柱鋼筋鏽蝕	<input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無	樑柱有裂縫或滲水	<input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無
建築物硬體設備			
排水設備	排水方法：		
排水坡度	%	排水孔	直徑：4cm      個數： 3
防水設備	防水層： <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	修改情況	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 全面
給水設備	灑水頭 <input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無 (備註：後來加裝的，共 3 個。另有滴灌設備 26 個供長型盆栽用水)		
電力設備	照明設備：      座；插座：      個；可用電力容量：		
備註	檢查人： 檢查日期：98 年 8 月 21 日		

十一、 寶銳企業業務經理自宅

屋頂綠化調查表

機關基本資料			
機關名稱	寶銳企業業務經理自宅	負責人	蔡佳男 經理
TEL：06-298-8129		FAX：	
E-mail：woogy@pchome.com.tw			
<input type="checkbox"/> 北 <input type="checkbox"/> 中 <input checked="" type="checkbox"/> 南			
地址：台南市中西區永華一街122巷33號			
屋頂綠化內容			
屋頂形態	<input checked="" type="checkbox"/> 平屋頂 <input type="checkbox"/> 斜屋頂		
使用型態	<input type="checkbox"/> 平面綠化 <input checked="" type="checkbox"/> 立體綠化 <input type="checkbox"/> 生活小區 內容：		
綠化材質	土壤：培養土：一般土=2:1 過濾層：報紙 排水層：排保水板(50*50)		
綠化植物	<input checked="" type="checkbox"/> 水生植物類：錢幣草 <input checked="" type="checkbox"/> 蕨類： <input checked="" type="checkbox"/> 草坪類：台北草 <input checked="" type="checkbox"/> 藤蔓及懸垂植物： <input checked="" type="checkbox"/> 灌木：紫薇 <input type="checkbox"/> 喬木：		
綠化工程			
工程價格	總工程費：約 7000 元 植栽工程費：約 2000 元    ；解體廢棄物：    元 維護管理費用：植物：    元/年；硬體：    元/年		
承包業者	<input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有(                      )	工程期間	98 年 5 月~ 98 年 5 月
使用期間	98 年 5 月~ 98 年 5 月	使用狀況	<input checked="" type="checkbox"/> 良好 <input type="checkbox"/> 普通 <input type="checkbox"/> 差
管理營運			
管理程級	<input checked="" type="checkbox"/> 隨時維持景觀 <input type="checkbox"/> 適時維持景觀 <input type="checkbox"/> 維持普通程度(看得過去) <input type="checkbox"/> 最低限度維持		
管理方法	<input checked="" type="checkbox"/> 全部直接管理 <input type="checkbox"/> 全部委託管理 <input type="checkbox"/> 部份直接管理部份委託 <input type="checkbox"/> 其他		
澆水方式	<input type="checkbox"/> 自動(電腦控制、定時方式) <input checked="" type="checkbox"/> 手動 <input type="checkbox"/> 兩者併用		
1. 是否結合再生能源： <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有(                      )			
2. 目前使用問題：植物的日照度不足			

### 屋頂綠化之自然環境條件調查表

GPS	經 120°11'24"	緯 22°59'27"
建地背景	<input checked="" type="checkbox"/> 市中心 <input type="checkbox"/> 臨海 <input type="checkbox"/> 寬廣平原 <input type="checkbox"/> 山區	
<b>氣象條件</b>		
溫度	夏季最低溫： 冬季最低溫：	°C    夏季最高溫： °C    冬季最高溫： °C
雨量	年平均雨量： 一天最大降雨量：	mm mm
日照條件	<input checked="" type="checkbox"/> 好 <input type="checkbox"/> 普通 <input type="checkbox"/> 差    (備註： )	
<b>風力影響</b>		
大樓風	<input checked="" type="checkbox"/> 影響大 <input type="checkbox"/> 影響普通 <input type="checkbox"/> 影響小    (備註： )	
颱風	<input checked="" type="checkbox"/> 影響大 <input type="checkbox"/> 影響普通 <input type="checkbox"/> 影響小    (備註： )	
海風	<input type="checkbox"/> 影響大 <input type="checkbox"/> 影響普通 <input checked="" type="checkbox"/> 影響小    (備註： )	
<b>其他外在影響</b>		
人為利用	<input type="checkbox"/> 影響大 <input type="checkbox"/> 影響普通 <input checked="" type="checkbox"/> 影響小    (備註： )	
空氣汙染	<input type="checkbox"/> 影響大 <input type="checkbox"/> 影響普通 <input checked="" type="checkbox"/> 影響小    (備註： )	
周邊景觀	<input type="checkbox"/> 影響大 <input checked="" type="checkbox"/> 影響普通 <input type="checkbox"/> 影響小    (備註： )	
周邊生物分布情形	自生性植物： 當地鳥類：有 當地昆蟲：蜜蜂 其他	
周邊其他狀況	SS. 確保隱私必要性( <input checked="" type="checkbox"/> 無、 <input type="checkbox"/> 有) TT. 確保日照必要性( <input type="checkbox"/> 無、 <input checked="" type="checkbox"/> 有) UU. 掉落物、落葉、毛蟲和鳥害的問題( <input type="checkbox"/> 無、 <input checked="" type="checkbox"/> 有) VV. 其他：	
備註		

### 照片編號表

編號	項目	編號	項目

屋頂綠化之建築物、結構物調查表

建築物結構資料			
樓層數	地上 5 層, 地下 1 層	總高度	15 m
建築物用途	<input type="checkbox"/> 公共集會類 <input type="checkbox"/> 工業、倉儲類 <input type="checkbox"/> 宗教、殯葬類 <input type="checkbox"/> 辦公、服務類	<input type="checkbox"/> 商業類 <input type="checkbox"/> 休閒、文教類 <input type="checkbox"/> 衛生、福利、更生類 <input checked="" type="checkbox"/> 住宿類	
屋頂使用	<input type="checkbox"/> 開放 <input checked="" type="checkbox"/> 不開放	有無增建	<input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無
設計圖	<input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無	屋齡	17~18 年
構造形式	<input type="checkbox"/> 木造 <input type="checkbox"/> 磚造 <input type="checkbox"/> 鋼構 <input type="checkbox"/> 輕型鋼結構(備註:	<input checked="" type="checkbox"/> 鋼筋混凝土(RC) <input type="checkbox"/> 鋼骨鋼筋混凝土(SRC)	)
建築物概要	基地面積: 37 坪 樓 數: 建物高度: 最高高度:	容積率: 塔屋 5 層, 地下 1 層 地區用途: 防火指定 <input type="checkbox"/> 防火 <input type="checkbox"/> 準防火 <input type="checkbox"/> 未指定	建蔽率: 塔屋 5 層, 地下 1 層 地區用途: 防火指定 <input type="checkbox"/> 防火 <input type="checkbox"/> 準防火 <input type="checkbox"/> 未指定
建築物綠化資料			
屋頂資料	高度: GL+      m (      樓)		
女兒牆高度	1.2 m	屋頂可利用面積	2~3 坪
正下方樓層用途	臥房	原綠化面積	0 m <sup>2</sup>
承載載重	土壤:                      kg/m <sup>2</sup> 建築材料:(石材:              kg/m <sup>2</sup> 備註:	樹木:                      kg/m <sup>2</sup> 水體:                      kg/m <sup>2</sup>	
樑柱鋼筋鏽蝕	<input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無	樑柱有裂縫或滲水	<input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無
建築物硬體設備			
排水設備	排水方法:		
排水坡度	%	排水孔	直徑: m      個數:
防水設備	防水層: <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	修改情況	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 部分 <input checked="" type="checkbox"/> 全面
給水設備	灑水頭 <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無(備註:                      )		
電力設備	照明設備:      座; 插座:      個; 可用電力容量:		
備註	檢查人: 檢查日期: 98 年 7 月 29 日		



## 附錄三 審查會議紀錄處理情形

### 採購評選會議紀錄處理情形

時間：98年1月20日(星期二)上午9時30分

地點：內政部建築研究所簡報室

主持人：李召集人玉生

出席人員：李玉生、吳德賢、歐文生、陳啟仁、梁漢溪、毛華、陳瑞鈴

項次	審查委員意見	廠商回應
1	整體研究架構頗為完整，惟研究對象為建築物之屋頂，建議加強研究團隊中建築背景成員。	感謝委員指教，本研究團隊中已有六國景觀負責人張淑花女士，六國景觀中建築與景觀背景之專業人才完備，故由此團隊之參與此研究，亦能呈現相當大助力。
2	團隊中有民間綠化景觀業者，其工作實績及經驗，應可提供偏重學術背景之計畫主持人參考，此外亦應將成功案例之檢討與推廣納入計畫，方能擴大成效。	謝謝委員鼓勵，本研究團隊包含六國景觀負責人張建築師及其技術團隊，將有利於計畫之遂行；景觀執業者提出實務案例，擴大推動成效，感謝委員提醒。在法令上檢討獎勵之誘因，方能擴大成效。另並遵照委員指示將廣納相關案例進行探討。
3	屋頂綠化成功之關鍵元素，也是綠屋頂工程造價高低之評價要項，就是輕量化。請研究團隊再補充與價錢有關的輕量化作法、材料及材料取得容易度等。	就國外成功案例，其綠化價值在其整體性及目標性有其不同之評估標準，非單項評估，但重量可經由介質的選定，依比重或材質的替選降低成本，未來將提出具體內涵。

4	<p>雨水回收再利用是極佳之構想，符合綠建築概念，但是否全都收集到地面或地下筏基，再打上去使用？因而增加耗能問題？請說明。</p>	<p>雨水回收，因案制宜，依不同建物型態與目標，將作不同的建議；例如逐層式設置雨水貯集系統以節能或局部水域方式處理。</p>
5	<p>98 年度研究主題為建立模組化屋頂綠化試驗模型，進行關於物理參數蒐集實驗，應可補充隔熱、微氣候等相關效益之調查或實測研究。</p>	<p>本計畫除建構模組化模型測量屋頂綠化之蒸發量等與微氣候有關之參數外；另於工作項目中亦已規劃以紅外線測溫熱像儀，以測量設置/不設置屋頂綠化之溫度變化效益，相關試驗成果應可作為後續計畫研究之依據。</p>
6	<p>本研究成果在應用上，應區分新建築物或舊建築物不同適用之工法。</p>	<p>建築物提出注意及防患未然的建議。平或斜屋頂亦有不同建議。</p>
7	<p>對於多雨、乾旱及日照等不同物理參數，應當補充在設計工法圖說手冊中，讓建築師便於使用。</p>	<p>感謝委員指導，委員所言極是。本計畫於工作項目中已針對不同降雨等水文條件以建立綠化技術，相關研究成果可供建築師實務使用之依據。</p>
8	<p>實驗模組的具體尺度規模，建議再補充說明。</p>	<p>本實驗模組初步以一平方公尺為原則，再考慮經濟預算與實驗場所來做為調整。</p>
9	<p>未來針對全國各區（北中南東）不同降雨條件及不同類別建築建立相關評估技術範圍似乎過大，是否可修正補充特定樣本的範圍。</p>	<p>本研究團隊擬與委辦單位洽談後評估。</p>
10	<p>屋頂綠化對新舊建築成本分擔方式不同，是否可加入經濟成本的分析。</p>	<p>依據委辦單位之計畫需求，本計畫以本土化綠屋頂工法之建構為首要，僅針對屋頂花園設置作為初步成本評估，由於舊建築涉及結構強度問題及防水，故將以建築年度分析。新建築將依其建築類別加以分析。</p>

11	屋頂綠化之推廣未來係以經濟或工法為導向考量，請釐清。	未來將以工法導向為主，經濟導向為輔的方式考量推廣屋頂綠化。未來將分類為：a 基本工法、b 經濟導向與 c 使用目標等分類為導向。
12	屋頂綠化與保水如何兼顧？因為會有結構載重之問題，故未來產品可能的載重及與現行法令規定，均應納入計畫研議。	屋頂綠化中綠化結構為最重要之問題，故載重先符合法規在進行保水。本研究將先考慮綠化再考慮保水的問題，在未來也會盡量蒐集相關法令與法規，以利計畫研議。
13	本案為 2 年期計畫，第 1 年以資料收集分析為主，是否可以加入都市熱島效應減緩的屋頂綠化對生態城市綠建築探討。	感謝委員指導，本研究將遵照委員意見針對都市熱島效應減緩的屋頂綠化對生態城市綠建築之相關文獻進行收集。
14	台灣都市中普遍存在的屋頂加蓋鐵皮斜屋頂，該如何處置？	此亦本團隊執業實務者關切的課題。未來將在工法、介質與植生種類提相關內容。
15	未來相關實驗的試驗場址設於何處？	未來相關實驗將設置在基隆海洋大學河海工程學系作為實驗場。

### 期中審查會議記錄及處理情形

時間：民國 98 年 7 月 1 日(星期三)上午 9 時 30 分

地點：內政部建築研究所簡報室

主持人：何所長明錦

出席人員：林憲德教授、何東波教授、何友鋒教授、廖天賜教授、鄭明仁教授、蔡天璧教授、蘇瑛敏教授、李中原組長、鄭元良組長、徐虎嘯研究員、邱瓊玉研究員、陳伯勳簡任研究員、廖朝軒教授。

項次	審查委員意見	廠商回應
1	營建署代表： 本案為 2 年期研究，營建署今年度補助北北基桃竹苗 7 縣市，辦理校園綠化計畫，該計畫總顧問由基隆市政府負責，建議研究團隊可向基隆市政府聯繫進行雙方合作，將有助於本計畫之研究成果提升。	感謝委員建議。本計畫將會與基隆市政府討論提出合作意願。
2	台北市政府代表： (1) 台北市屋頂加蓋之既存違建情形甚多，目前係以「新違建即報即拆」、「舊違建列管納入分期分區拆除」方式處理。建議屋頂綠化可行性研究亦應將其納入考量，在能對永續生態做出貢獻之前提下，嘗試研擬可行之違建處理政策。 (2) 本研究規劃的試驗模型，未來除屋頂綠化之保水功效外，建議亦應將其對建築體之降溫及二氧化碳減量效應納入考量，以利未來推廣。	(1) 由於屋頂加蓋與違建初始設計可能已超出屋頂樓板之承載，違建與加蓋本身危險度高，固本團隊會與相關單位研商於本計畫第二年提出建議事項。  (2) 本計畫第一年試驗之後續會和實地觀測降溫及推估二氧化碳減量將會提出各種工法。
3	台中市政府代表： (1) 建議本案未來是否可提出相關標準圖、示意圖及範例，以供部門做為相關政策擬定之參考。 (2) 有關建築人工地盤開放空間之防水、防根及承載能力等，是否能夠類比屋頂綠化於本研究中提出	(1) 本研究第二年之計畫之相關圖說提供參考。  (2) 本研究重點將先針對屋頂綠化之防水、防根及承載能力等議題進行研究部份成果可作為其他

	相關建議，供各界參考。	人工地盤之參考。
4	<p>李組長中原：</p> <p>(1)本案由於屋頂綠化涉及面向廣泛，包含生態、動植物、中水利用、防水及載重等專業，因此國內外相關法規案例及分類等，建議均應再於以釐清，分類歸納後，找出國內適合之屋頂綠化之類型，再做為本研究未來執行之重點，以利推廣。</p> <p>(2)目前規劃的試驗場地僅限於室內，如此恐無法有效因應實際室外多變之氣候條件，建議應予修正。</p> <p>(3)相關教育訓練及獎勵措施，建議應一併納入研究規劃，亦提升推廣成效。</p>	<p>人工地盤之參考。</p> <p>(1)遵照委員指示辦理。本研究已於表 4-1 與表 4-2 分類各國相關法規，也於第 6 章針對各國不同屋頂綠化進行分類。</p> <p>(2)室外試驗較接近實際但難度較高，故初期先進行室內試驗。水文表現之試驗將於室內試驗；蒸發散量之試驗將於室外試驗。日後蒸發散量試驗至室外觀測。</p> <p>(3)本計畫將與委辦單位研商。</p>
5	<p>鄭教授明仁：</p> <p>(1)研究流程中，建議可增加屋頂綠化在生態效益的呈現。</p> <p>(2)本研究現階段定位研究範疇僅在薄層型屋頂綠化，有些可惜，未來是否繼續朝較具生態效益的粗放型進行，應可進一步考量。</p> <p>(3)屋頂綠化在經營管理上較容易出問題，因此在供水、防水、季節適應等技術對策均應加強，以提升實施成效。</p>	<p>(1) 感謝委員指導。</p> <p>(2)本年度研究對象仍初步鎖定於薄層屋頂與盆栽組合綠化系統，其他形式會一併研討。</p> <p>(3) 感謝委員指導。</p>
6	<p>蘇教授瑛敏：</p> <p>(1)本研究蒐集之國外案例，建議應進一步針對綠化面積比例、補助金額、獎勵制度及相關配套措施，進行列表分析整理，俾利未來政府政策制定之參考。</p> <p>(2)本研究應將設置維護成本、區域、降溫效益及適合樓層高度等納入研究考量，因為不同目的其屋頂綠化設計重點亦有所差異，故因地制宜及低維護管理的設計，為未來推行的重點。</p> <p>(3)本研究試驗場址設於海洋大學，因其位處基隆海邊，屬氣象條件嚴苛之地，是否具代表性？建議可進一步考量。</p>	<p>(1) 感謝委員指導。本計畫將於 p. 35 頁提出相關獎勵方向，國外法規將一併收集。</p> <p>(2)本計畫之研究方向將朝委員建議之事項。</p> <p>(3) 目前試驗場所在室內進行故與外部條件相關較少未來在進行室外試驗時，因期基隆較其他地區更為嚴峻，故成果更有利推動。</p>
7	<p>蔡教授添璧：</p> <p>(1)此報告以符合與其成果需求。</p> <p>(2)期望期末報告中，能針對「法制化」部分研提建議。</p>	<p>(1)感謝委員鼓勵。</p> <p>(2) 感謝委員指導。本計畫已於 p. 35 提出相關建議，請委員參見。</p>

	(3)能「法制化」的各國案例，將來可編輯為參考圖集，供大眾參考。	(3)本計畫於第二年將會出現相關綠化之參考圖說。
8	<p>廖教授天賜（書面意見）：</p> <p>(1)本案報告蒐集資料相當廣泛與周全，為推動屋頂綠化奠定良好開端。</p> <p>(2)對於已存在的屋頂違建，以屋頂綠化建構技術解決市容景觀，確實是解決視覺之瘤的良方，若能配合法規落實執行，舊社區之市容改頭換面指日可待。</p> <p>(3)對大面積公共設施屋頂綠化時，需考慮台灣多颱風之氣候型態，以易養護為宜。</p>	<p>(1) 感謝委員鼓勵。</p> <p>(2) 請參考 2-(1)意見。</p> <p>(3) 感謝委員指導。</p>
9	<p>鄭組長元良：</p> <p>(1)依建築技術規則規定，如做屋頂綠化等公益及綠建築設施有關屋頂突出物放寬之規定，請執行單位進一步瞭解。此外，利用屋頂進行綠化，除結構安全外，請考量避難、防救災空間等問題。</p> <p>(2)本報告蒐集國外相關之屋頂綠化獎勵措施，其執行機關與實際執行成效，請進一步彙整說明，以利參考。</p> <p>(3)本研究除提出相關屋頂綠化工法技術外，亦應提出適宜之植栽種類，俾供設計參考。</p>	<p>(1) 感謝委員指導。本計畫遵照辦理。</p> <p>(2) 本計畫已派員參加大陸屋頂綠化聯盟之研討會進行資料收集。</p> <p>(3)本計畫將於第二年提出屋頂綠化之植物資料引導，俾供設計參考。</p>
10	<p>何所長明錦：</p> <p>有關屋頂綠化國內外相關案例資料及技術工法彙整、植栽之選取、保水與溫降成效、設置成本及國內相關法令規定之探討，請執行單位考量納入後續研究辦理，同時計畫亦應就未來國內應用推廣之方式及可行性等進行評估，俾利研究成果落實。</p>	遵照辦理。

### 期末審查會議記錄及處理情形

時間：民國 98 年 11 月 18 日(星期三)上午 9 時 30 分正

地點：內政部建築研究所簡報室

主持人：何所長明錦

出席人員：林芝瑛簡任技正、朱佳仁教授、廖天賜教授、陳天佑教授、林憲德教授、何友鋒教授、郭柏巖教授、李中原組長、鄭元良組長、徐虎嘯研究員、邱瓊玉研究員、陳伯勳簡任研究員、廖朝軒教授。

項次	審查委員意見	廠商回應
1	<p>林簡任技正芝瑛：</p> <p>(1)本計畫經由收集國內外屋頂工法案例，通盤普查我國屋頂型態，經分析研究結果提出本土化，可落實執行之模組化建構試驗模型、植栽資料庫、排水保水雨水資源再生技術等，並提出我國屋頂綠化建構工法技術，供業界參採，原則可行且績效良好。</p> <p>(2)鑒於屋頂具有隔熱、防水與都市開放空間等功能，鄉村區與都市化地區以及不同的建築型式，對屋頂功能需求都有所不同，建議本案於結論與建議中，提出較具市場性與迫切需要辦理屋頂綠化之型態與地區，作為先行試辦屋頂綠化之重點工作對象。</p>	<p>(1)感謝委員建議。</p> <p>(2)感謝委員建議。將於本研究第二年進行相關探討。</p>
2	<p>李組長中原：</p> <p>(1)植物會隨著時間而變化，調查期宜較長且多樣化。</p> <p>(2)成本會影響民眾設置之意願，故成本分析應納入考量。</p> <p>(3)屋頂綠化設計所使用的介質，應配合工法予以調整。</p> <p>(4)台灣鐵皮斜屋頂，綠化有較多</p>	<p>(1)將於第二年進行植物調查並擬邀相關專家學者討論。</p> <p>(2)感謝委員建議，並盡量收集資料。</p> <p>(3)感謝委員建議。</p> <p>(4)感謝委員建議。</p>

	<p>的安全疑慮應慎重。</p> <p>(5)植栽與介質間之相互影響甚大，包括植栽種類及覆土深度等均會有所關聯，建議應有較細緻的探討與設計，並提早進行。</p> <p>(6)除室內試驗外，建議也應增加戶外試驗，以符合實際設置條件。</p>	<p>(5) 將於第二年進行植物調查並擬邀相關專家學者討論。</p> <p>(6) 為使試驗變因容易控制，試驗場本年度先於室內進行，並已規劃明年將部分試驗(蒸發散量)度移至室外，以對現況進行模擬試驗。</p>
3	<p>朱教授佳仁：</p> <p>(1)屋頂綠化技術將可落實建築物綠化的目標。</p> <p>(2)植物夜間的蒸散量小於白天的蒸散量，故由白天實驗而得的蒸散率來計算全天的蒸散總量，會高估所需水量。</p> <p>(3)報告第 144 頁所計算的植物需水量與第 145 頁表 5-5 所列的值不一樣，原因為何？式 (5-3) 中 B 值為何？表 5-6 中所列的值是否適用其他植物？</p> <p>(4)未來的實驗可針對植物在不同季節、生長期的蒸散量深入研究。</p>	<p>(1) 感謝委員建議。</p> <p>(2) 植栽之蒸發量試驗僅考量日間，夜間蒸發量甚小，故暫不考慮。</p> <p>(3) 蒸發散量測之蒸發散量略高於利用氣象資料計算之蒸發散量，其原因可能因利用氣象資料計算時未將特定植栽之變化納入考慮。B 值已標注於 P. 147。</p> <p>(4) 感謝委員建議。</p>
4	<p>陳教授天佑：</p> <p>(1)報告第 109 頁表 3-10 有關屋頂綠化問題表，其問題因子與內容之形成為何？請補充說明。</p>	<p>(1) 現勘之問題分析成果是由現勘表分析得知，現勘表已放於附錄二，俾利對照。</p>
5	<p>廖教授天賜：</p> <p>(1)報告內容豐富，執行成效良好。</p> <p>(2)栽培介質在台灣的環境需求為何？應針對台灣需求，尋找出適於本土屋頂綠化之材料。</p> <p>(3)屋頂綠化所需水分為何？依介質性質及栽植之種類應有所不同，應納入下一年度加強辦理。</p> <p>(4)屋頂綠化之植栽種類選用標準，應考慮台灣自然環境之特性，相關規範訂定，建議納入下一年度計畫辦理。</p>	<p>(1) 感謝委員指導。</p> <p>(2) 本計畫將於第二年進行植物與介質之相關研究。</p> <p>(3) 感謝委員指導。將與相關專家進行討論，於第二年辦理。</p> <p>(4)將納入第二年度討論。</p>
6	<p>鄭教授明仁(郭教授柏巖代)：</p> <p>(1)研究成果符合第一年期之成果，資料整理十分完整，對於後續計畫執行有所助益。</p> <p>(2)屋頂綠化應朝「零管理」發展，考量氣候差異性，未來相關規範應</p>	<p>(1) 感謝委員鼓勵。</p> <p>(2) 感謝委員建議，將盡量收集相關資料。</p>

	<p>建立植栽、生長介質、使用壽命、管理操作流程、植栽選用原則、水費成本等事項，俾利使用者參考。</p> <p>(3)建議應提供工程案例，從設計、施工到使用等階段分別予以介紹，以擴大推廣成效。</p> <p>(4)報告中有許多錯別字請重新檢視修正。另相關圖說及剖面大樣圖等，請重新繪製，俾利閱讀。</p> <p>(5)喬木是否適用於屋頂綠化？其載重對結構影響請審慎評估。</p> <p>(6)明年度計畫請考量將法規與獎勵辦法研擬納入工作事項辦理，並考量氣候變遷下暴雨強度增加時的因應作為。</p>	<p>(3) 於第二年建立相關屋頂綠化圖說，俾利參照。</p> <p>(4) 感謝委員指導。報告書內相關文字誤繕及疏漏部分，將於成果報告修正補充。</p> <p>(5) 感謝委員指導。</p> <p>(6) 感謝委員建議，明年下年度盡量收集相關事項與資料。</p>
<p>7</p>	<p>本所鄭組長元良：</p> <p>(1)有關屋頂綠化植栽載重之結構負荷計算，經簡易評估法評估後需由專業技師辦理部分，宜依相關法令辦理，不宜於報告內敘述技師業務工作。</p> <p>(2)另氣候異常所衍生的降雨強度改變，試驗模型設計雨量標準，是否考量降雨強度之改變，請說明之。</p>	<p>(1)感謝委員建議。</p> <p>(2) 因氣候變遷衍生的降雨強度改變，係極端事件較不易量化，本研究擬以常規之降雨進行試驗。</p>



## 參考書目

### 中文文獻

1. Envec, M. (2009). 屋頂綠化介紹書. 嘉義, 春琦人文環境科技有限公司.
2. Kolb, W. and T. Schwarz (1999). 屋頂綠化. 瀋陽, 遼寧科學技術出版社.
3. 中華民國建築師公會全國聯合會 (2009). 2009綠建築設計技術規範. 台北, 內政部營建署.
4. 內政部建築研究所 (2001). 綠建築設計技術彙編.
5. 內政部建築研究所 (2002). 都市生態貯留水循環技術之研究.
6. 內政部建築研究所 (2003-2006). 建築基地保水滲透設施設計規範與法制化之研究 (1/4~4/4).
7. 內政部建築研究所 (2004). 性能實驗群保水實驗設施規劃之研究.
8. 內政部建築研究所 (2007). 綠建築解說與評估手冊.
9. 內政部建築研究所 (2008). 台灣原生植物應用於綠屋頂生態指標群設計之研究. 台北.
10. 內政部建築研究所 (2008). 基地保水設施整體配置規劃設計研究.
11. 內政部建築研究所 (2009). 應用於綠建築設計之台灣原生植物圖鑑. 台北.
12. 內政部營建署 (2005). 建築技術規則 內政部 94.1.21 台內營字第 0940081046 號令修正發布. 台北, 營建雜誌社.
13. 內政部營建署 (2008). 下水道用戶排水設備標準 內政部 97.4.30 台內營字第 0970802744 號令修正.
14. 日本財團法人都市綠化技術開發機構 (1998). 新綠化空間設計指南 1. 台北, 地景企業股份有限公司.
15. 日本財團法人都市綠化技術開發機構 (1999). 新綠化空間設計指南 2. 台北, 地景企業股份有限公司.
16. 王天 (2006). 建築防水, 機械工業出版社.
17. 石婉瑜 (2004). 簡易綠化屋頂暴雨管理效能之評估-以台北市區為例. 園藝學系. 台北, 國立台灣大學.
18. 朱明信 (2001). 人工地盤附加載眾對結構之影響. 土木工程研究所. 台中, 國立中興大學.
19. 行政院經濟建設委員會 (2002). 挑戰 2008：國家發展重點計畫全體研討會會議資料. 挑戰 2008：國家發展重點計畫全體研討會.
20. 李光敦 (2002). 水文學. 台北, 五南圖書出版股份有限公司.
21. 林憲德 (2001). 綠建築設計技術彙編. 台北, 內政部建築研究所.

22. 洪榕希 (2009). 台北地區公寓住宅立面綠化設計之探討-以五層樓以下連棟式住宅為例. 景觀設計系. 台北, 輔仁大學.
23. 宮澤洋 (2006). 实例に学ぶ屋上緑化2「魅せる」「使える」第二世代の35事例, 日經 BP 社.
24. 陳坤燦、韋水來、涂智益、林雅倩 (2008). 你也能有綠屋頂. 台北, 財團法人台北市錫瑠環境綠化基金會.
25. 陳惟彤 (2008). 薄層型綠屋頂對環境之影響. 景觀設計系. 台北, 輔仁大學.
26. 游以德 (1987). 你也能做屋頂花園, 聯經出版公司.
27. 越美琦、孫學智、越炳祥 (2009). 現代草坪養護管理技術問答. 北京, 化學工業出版社.
28. 黃金琦 (1994). 屋頂花園設計與營造. 北京, 中國林業出版社.
29. 楊冠倫 (2002). 國內低層輕鋼構住宅屋頂工程之調查研究. 建築研究所. 台南, 國立成功大學.
30. 廖朝軒、黃偉民、邱奕儒 (2008). "建築與都市水環境." 工程 **81**(2): 90-102.
31. 廖朝軒、詹麗梅、陳家梁、邱奕儒 (2008). "城區水循環機制與改善策略分析." 水科學進展 **19**(1): 49-53.
32. 薛允通 (1999). 屋頂花園. 淑馨出版社.

#### 英文文獻

1. Akbari, H., M. Pomerantz, et al. (2001). "Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas." Solar Energy **70**(3): 295-310.
2. Barrio, E. (1998). "Analysis of the green roofs cooling potential in buildings." Energy and Buildings **27**(2): 179-193.
3. Bass, B., R. Stull, et al. (2002). "Modelling the impact of green roof infrastructure on the urban heat island in Toronto." Green Roofs Infrastruct. Monit **4**(1): 2-3.
4. Berkompas, B., K. Marx, et al. (2008). A Study of Green Roof Hydrologic Performance in the Cascadia Region, American Society of Civil Engineers, 1801 Alexander Bell Drive, Reston, VA, 20191-4400, USA.
5. Chow, V. T., D. R. Maidment, et al. (1988). Applied Hydrology. New York, McGraw-Hill Publishing Company.
6. Eumorfopoulou, E. and D. Aravantinos (1998). "The contribution of a planted roof to the thermal protection of buildings in Greece." Energy and Buildings **27**(1): 29-36.
7. Klinkenborg, V. (2009). "Up on the roof." National Geographic **215**:

- 84-103.
8. Lazzarin, R., A. Ascanio, et al. (2003). "Analysis of a green roof application to and industrial building." International Journal of Ambient Energy **24**: 35-43.
  9. Lazzarin, R. M., F. Castellotti, et al. (2005). "Experiment measurements and numerical modelling of a green roofs." Energy and Buildings **37**: 1260-1267.
  10. Meier, A. (1991). "Strategic landscaping and air-conditioning savings: a literature review." Name: Energy and Buildings.
  11. Mentens, J., D. Raes, et al. (2006). "Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century?" Landscape and Urban Planning **77**(3): 217-226.
  12. Santamouris, M., N. Papanikolaou, et al. (2001). "On the impact of urban climate on the energy consumption go building." Solar Energy **70**: 201-216.
  13. Takakura, T., S. Kitade, et al. (2000). "Cooling effect of greenery cover over a building." Energy and Buildings **31**(1): 1-6.
  14. Villarreal, E. and L. Bengtsson (2005). "Response of a Sedum green-roof to individual rain events." Ecological Engineering **25**(1): 1-7.
  15. Wong, N., Y. Chen, et al. (2003). "Investigation of thermal benefits of rooftop garden in the tropical environment." Building and Environment **38**(2): 261-270.
  16. Wong, N., D. Cheong, et al. (2003). "The effects of rooftop garden on energy consumption of a commercial building in Singapore." Energy and Buildings **35**(4): 353-364.
  17. Wong, N., S. Kardinal Jusuf, et al. (2007). "Environmental study of the impact of greenery in an institutional campus in the tropics." Building and Environment **42**(8): 2949-2970.