

「水環境低衝擊開發設施
操作手冊編製與案例評估計畫」
委託技術服務案

總結報告

主辦單位： 內政部營建署

執行機關： 國立臺灣大學

中華民國 104 年 03 月

「水環境低衝擊開發設施
操作手冊編製與案例評估計畫」
委託技術服務案

總結報告

主辦單位：內政部營建署

執行機關：國立臺灣大學

中華民國 104 年 03 月

目 錄

目 錄	I
圖 目 錄	III
表 目 錄	XI
照 片 目 錄	XVI
第壹章、緣起及計畫內容	1-1
一、緣起	1-1
二、計畫目標及範圍	1-1
三、工作內容與預期效益	1-3
四、計畫定位與認知	1-3
第貳章、基本資料蒐集與評析	2-1
一、國內外低衝擊開發案例	2-1
二、國內外低衝擊開發設計手冊之相關手冊或規範	2-6
三、國內外研究文獻	2-14
四、國內都市暴雨特性及管理現況	2-17
五、相關計畫蒐集與評析	2-21
六、相關政策與法規蒐集與評析	2-24
第參章、關鍵問題探討	3-1
一、低衝擊開發設施導入與推動之課題探討	3-1
二、低衝擊開發設施於暴雨管理中功能探討	3-3
第肆章、研析作業方式	4-1
一、工作執行流程	4-1
二、低衝擊開發設施操作手冊架構	4-2
三、水環境低衝擊開發設施操作手冊建立之重點研究	4-6
四、最佳方案評估架構建立與分析	4-71
第伍章、低衝擊開發設計流程及水文特性與計算	5-1
一、低衝擊開發設計流程	5-1
二、水文特性與計算	5-5
第陸章、低衝擊開發設施單元設計原則	6-1
一、透水鋪面	6-1
二、綠屋頂	6-19
三、生態滯留單元	6-35

四、樹箱過濾設施	6-52
五、植生溝.....	6-60
六、雨水桶	6-69
七、滲透側溝/滲透陰井	6-75
八、低衝擊開發設施整體設計注意事項	6-83
九、整體監測規劃.....	6-90
第柒章、水環境低衝擊開發設施評估指標訂定.....	7-1
一、國外相關評估指標	7-1
二、水環境低衝擊開發設施評估指標操作構想及設計原則	7-10
三、訂定水環境低衝擊開發設施評估指標	7-11
第捌章、案例操作示範.....	8-1
一、導入水環境低衝擊開發於淡海新市鎮已開發區規劃之示範計畫 （淡海 1 期—單一基地操作）	8-1
二、導入水環境低衝擊開發於淡海新市鎮未開發區規劃之示範計畫 （公共工程之操作示範—淡海 2 期示範區，提供淡海新市鎮環境 影響評估第 2 階段相關水環境低衝擊開發之說明及文件）	8-31
三、既成社區之操作示範—民生社區（民生公園西北側街廓）	8-67
四、逕流型指標操作示範—陽明山國家公園馬槽遊憩區（遊一）	8-86
第玖章、低衝擊開發維護與管理機制.....	9-1
一、低衝擊開發設施操作手冊導入開發機制	9-1
二、維護管理機制與權責探討以及經費籌措機制研擬	9-13
三、相關配套措施研擬	9-19
第拾章、專家座談會與成果說明會	10-1
一、專家座談會	10-1
二、成果說明會	10-11
參考文獻	參-1

圖 目 錄

圖 1-1	計畫範圍.....	1-2
圖 1-2	低衝擊開發概念示意圖.....	1-7
圖 1-3	計畫定位概念圖.....	1-8
圖 2-1	西雅圖 High Point 社區自然排水系統剖面示意圖.....	2-4
圖 2-2	西雅圖 High Point 社區自然排水系統整體規劃示意圖.....	2-4
圖 2-3	新北市遠東通訊園區逕流蓄存設施.....	2-6
圖 2-4	低衝擊開發設施導入都會區之減洪效益分析—以中永和為例.....	2-15
圖 3-1	社區滯洪空間規劃示意圖.....	3-2
圖 3-2	不同開發方式與開發階段對照示意圖.....	3-5
圖 3-3	基地開挖率影響低衝擊開發設施入滲效益示意圖.....	3-6
圖 3-4	不同使用分區建築建蔽率差異示意圖.....	3-7
圖 4-1	工作流程圖.....	4-1
圖 4-2	開發前後歷線比較.....	4-4
圖 4-3	逕流型指標.....	4-5
圖 4-4	透水鋪面驗配置示意圖.....	4-7
圖 4-5	5 年設計暴雨入流量歷線.....	4-8
圖 4-6	25 年設計暴雨入流量歷線.....	4-8
圖 4-7	50 年設計暴雨入流量歷線.....	4-8
圖 4-8	透水鋪面試驗單元—工程會配置製作流程 (1/2).....	4-9
圖 4-8	透水鋪面試驗單元—工程會配置製作流程 (2/2).....	4-10
圖 4-9	玻璃砂及水陶石配置製作流程 (2/2).....	4-12
圖 4-10	透水鋪面試驗單元試驗結果—配置玻璃砂 (P1~P3).....	4-13
圖 4-11	透水鋪面試驗單元試驗結果—配置水陶石 (P4~P6).....	4-13
圖 4-12	透水鋪面試驗單元試驗結果—工程會配置 (P7~P9).....	4-13
圖 4-13	變水頭滲透係數測定.....	4-16
圖 4-14	淡海新市鎮土壤採樣區相對位置分佈圖.....	4-17
圖 4-15	馬槽遊樂區土壤採樣區相對位置分佈圖.....	4-17
圖 4-16	加砂量與滲透係數 K 關係圖.....	4-18
圖 4-17	雨水花園試驗配置示意圖.....	4-19
圖 4-18	雨水花園試驗單元製作流程.....	4-20
圖 4-19	雨水花園試驗單元試驗結果—兩耳草.....	4-22
圖 4-20	雨水花園試驗單元試驗結果—臺灣毛蕨.....	4-22
圖 4-21	植草溝試驗配置示意圖.....	4-23

圖 4-22	植生溝設施試驗單元製作流程.....	4-25
圖 4-23	植生溝試驗單元試驗結果（坡度 0.5%）	4-26
圖 4-24	植生溝試驗單元試驗結果（坡度 1%）	4-26
圖 4-25	植生溝試驗單元試驗結果（坡度 3%）	4-26
圖 4-26	樹箱試驗配置示意圖.....	4-27
圖 4-27	樹箱過濾設施試驗單元入流量歷線（100 年）	4-28
圖 4-28	樹箱過濾設施試驗單元製作流程（1/2）	4-29
圖 4-28	樹箱過濾設施試驗單元製作流程（2/2）	4-30
圖 4-29	樹箱過濾設施試驗單元試驗結果—茄冬.....	4-31
圖 4-30	樹箱過濾設施試驗單元試驗結果—水黃皮.....	4-31
圖 4-31	樹箱過濾設施試驗單元試驗結果—稜果榕.....	4-32
圖 4-32	綠屋頂試驗配置示意圖.....	4-33
圖 4-33	綠屋頂搭配雨水桶設施試驗單元設備圖.....	4-34
圖 4-34	情境（1）之降雨量歷線.....	4-35
圖 4-35	情境（2）之降雨量歷線.....	4-35
圖 4-36	情境（3）之降雨量歷線.....	4-35
圖 4-37	綠屋頂、雨水桶設施試驗單元試驗結果（坡度 0 度）	4-36
圖 4-38	綠屋頂、雨水桶設施試驗單元試驗結果（坡度 10 度）	4-36
圖 4-39	綠屋頂、雨水桶設施試驗單元試驗結果（坡度 30 度）	4-36
圖 4-40	透水鋪面試驗配置示意圖.....	4-37
圖 4-41	透水鋪面試驗單元試驗結果—配置水陶石（P10~P12）	4-37
圖 4-42	雨水花園試驗配置示意圖.....	4-38
圖 4-43	雨水花園試驗單元試驗結果—兩耳草.....	4-39
圖 4-44	滲透桶試驗配置示意圖.....	4-40
圖 4-45	滲透桶配置.....	4-41
圖 4-46	滲透桶阻塞試驗結果.....	4-42
圖 4-47	低衝擊開發設施單元效能評估流程圖.....	4-43
圖 4-48	SWMM 之低衝擊開發設施編輯器（LID Control Editor）	4-46
圖 4-49	低衝擊開發設施效能之水文水力數值模擬元件（LID Element） ..	4-47
圖 4-50	低衝擊開發設施概念化組件組合圖.....	4-52
圖 4-51	低衝擊開發模擬元件之模擬結果.....	4-54
圖 4-52	透水鋪面設計試驗配置示意圖.....	4-55
圖 4-53	低衝擊開發模擬元件驗證示意圖.....	4-56
圖 4-54	雨水花園設計試驗配置示意圖.....	4-57

圖 4-55	低衝擊開發模擬元件驗證示意圖.....	4-57
圖 4-56	樹箱過濾設施設計試驗配置示意圖.....	4-58
圖 4-57	低衝擊開發模擬元件驗證示意圖.....	4-59
圖 4-58	植生溝設計試驗配置示意圖.....	4-59
圖 4-59	低衝擊開發模擬元件驗證示意圖.....	4-60
圖 4-60	綠屋頂設計試驗配置示意圖.....	4-61
圖 4-61	風雨實驗室之設計 60 分鐘暴雨.....	4-61
圖 4-62	綠屋頂低衝擊開發模擬元件驗證示意圖.....	4-62
圖 4-63	低衝擊開發設施效能評估之設計降雨歷線.....	4-64
圖 4-64	低衝擊開發設施效能評估之集水區逕流歷線.....	4-65
圖 4-65	低衝擊開發配置最佳方案評估流程圖.....	4-71
圖 4-66	最佳方案效益指標示意圖.....	4-72
圖 4-67	5 年重現期距、延時 5 小時之設計暴雨.....	4-76
圖 5-1	低衝擊開發設施設計流程圖.....	5-1
圖 5-2	逕流型指標.....	5-3
圖 5-3	設計目標與水文分析架構.....	5-5
圖 5-4	不同計畫降雨延時—強度關係圖.....	5-7
圖 5-5	降雨事件定義示意圖.....	5-8
圖 5-6	中正橋降雨延時累積機率分佈圖.....	5-8
圖 5-7	不同深度對應之負擔比例.....	5-10
圖 6-1	透水鋪面組成結構斷面示意圖.....	6-4
圖 6-2	特殊地區適用之透水鋪面組成結構斷面示意圖.....	6-11
圖 6-3	人行道透水鋪面基本設計圖.....	6-13
圖 6-4	停車場透水鋪面基本設計圖.....	6-14
圖 6-5	綠屋頂組成結構剖面示意圖.....	6-21
圖 6-6	綠屋頂生長介質層厚度示意圖.....	6-25
圖 6-7	綠屋頂排水口與保排水層銜接設計示意圖.....	6-27
圖 6-8	斜屋頂綠化結構示意圖.....	6-30
圖 6-9	精養型綠屋頂基本設計圖.....	6-31
圖 6-10	生態滯留單元設計圖.....	6-36
圖 6-11	溢流設施結構示意圖.....	6-40
圖 6-12	加長型樹坑生態滯留單元平面圖.....	6-45
圖 6-13	加長型樹坑生態滯留單元剖面圖.....	6-46
圖 6-14	路緣擴展型生態滯留單元平面及剖面圖.....	6-47

圖 6-15	分隔設施型生態滯留單元平面及剖面圖.....	6-48
圖 6-16	樹箱過濾設施組成結構剖面示意圖.....	6-52
圖 6-17	樹箱過濾設施基本設計圖.....	6-58
圖 6-18	植生溝組成結構剖面示意圖.....	6-61
圖 6-19	植生溝傳輸 5 年重現期洪峰流量示意圖.....	6-65
圖 6-20	植生溝基本設計圖.....	6-66
圖 6-21	雨水桶結構示意圖.....	6-70
圖 6-22	分流設施結構示意圖.....	6-71
圖 6-23	雨水桶基本設計圖.....	6-74
圖 6-24	滲透側溝及滲透陰井組成結構斷面示意圖.....	6-76
圖 6-25	滲透側溝及滲透陰井基本設計圖.....	6-81
圖 6-26	低衝擊開發設施排水型式示意圖.....	6-87
圖 6-27	有防滲襯墊的生態滯留單元示意圖.....	6-89
圖 6-28	監測規劃種類示意圖.....	6-90
圖 6-29	雨量筒與風向風速計.....	6-97
圖 6-30	出流口設置之流速儀.....	6-97
圖 7-1	雨水貯留入滲設施選定流程圖.....	7-6
圖 7-2	雨水貯留入滲設施配置例示意圖.....	7-8
圖 7-3	國內現況環境友善設施設計示意圖.....	7-13
圖 7-4	低衝擊開發及一般植栽設計保水量比較圖.....	7-13
圖 7-5	低衝擊開發設施永續生態表現規範檢討案例示意圖.....	7-29
圖 7-6	逕流型指標示意圖.....	7-31
圖 8-1	淡海新市鎮位置圖.....	8-3
圖 8-2	淡海新市鎮高程圖.....	8-3
圖 8-3	淡海新市鎮坡度圖.....	8-4
圖 8-4	淡海新市鎮坡向圖.....	8-4
圖 8-5	淡海新市鎮地質圖.....	8-5
圖 8-6	淡海新市鎮土壤圖.....	8-5
圖 8-7	淡海新市鎮第 1 期第 1、2 開發區土地使用分區.....	8-6
圖 8-8	淡海新市鎮水系圖.....	8-9
圖 8-9	中正橋測站 IDF 曲線圖.....	10
圖 8-10	淡海新市鎮第 1 期操作示範區區位示意圖.....	8-13
圖 8-11	淡海 1 期東西側操作示範區示意圖.....	8-13
圖 8-12	淡海 1 期操作示範案例計算示意圖.....	8-14

圖 8-13	淡海 1 期東示範區.....	8-17
圖 8-14	淡海 1 期西示範區.....	8-17
圖 8-15	淡海 1 期東示範區之 SWMM 模擬配置圖.....	8-17
圖 8-16	淡海 1 期東示範區設計降雨歷線圖.....	8-20
圖 8-17	淡海 1 期東示範區北出口出流歷線圖.....	8-20
圖 8-18	淡海 1 期東示範區西出口出流歷線圖.....	8-20
圖 8-19	淡海 1 期西示範區之 SWMM 模擬配置圖.....	8-23
圖 8-20	淡海 1 期西示範區西北出口出流歷線圖.....	8-24
圖 8-21	淡海 1 期全區域導入低衝擊開發之出口逕流歷線.....	8-27
圖 8-22	淡海第 2 期發展區開發流程圖.....	8-32
圖 8-23	淡海新市鎮第 2 期發展區第 1 開發區土地使用分區圖.....	8-32
圖 8-24	低衝擊開發街道規劃示意圖.....	8-36
圖 8-25	臺中市水滄經貿園區以水資源經理概念都市設計構想示意圖.....	8-37
圖 8-26	淡海 2 期 1 區土地使用分區圖.....	8-38
圖 8-27	淡海 2 期 1 區示範操作區指定退縮示意圖.....	8-40
圖 8-28	淡海 2 期 1 區 35 公尺道路設計示範圖 (一).....	8-42
圖 8-29	淡海 2 期 1 區 35 公尺道路設計示範圖 (二).....	8-42
圖 8-30	丹麥哥本哈根 Ø RESTAD 社區.....	8-42
圖 8-31	淡海 2 期 1 區 20 公尺道路設計示範圖.....	8-45
圖 8-32	淡海 2 期 1 區 12 公尺道路設計示範圖.....	8-46
圖 8-33	淡海 2 期 1 區操作示範區綠帶與風廊示意圖.....	8-47
圖 8-34	淡海 2 期 1 區低衝擊開發設施導入示範圖.....	8-48
圖 8-35	淡海 2 期 1 區低衝擊開發設施導入公共開放空間示範圖.....	8-48
圖 8-36	淡海新市鎮第 2 期地表高程分佈圖.....	8-49
圖 8-37	道路類型分佈圖.....	8-50
圖 8-38	淡海 2 期 1 區示範區之 SWMM 模擬配置圖.....	8-50
圖 8-39	淡海 2 期 1 區示範區設計降雨歷線圖.....	8-54
圖 8-40	淡海 2 期 1 區示範區南出口出流歷線圖.....	8-54
圖 8-41	操作示範區開放空間管制示意圖.....	8-61
圖 8-42	12 公尺道路 (IV-18) 臨公兒用地 (GC01) 段剖面圖.....	8-61
圖 8-43	20 公尺道路 (II-12) 臨公兒用地 (GC01) 段剖面圖.....	8-62
圖 8-44	20 公尺道路 (II-13) 臨公兒用地 (GC01) 段剖面圖.....	8-62
圖 8-45	淡海 1 期東區示範基地監測位置圖.....	8-65
圖 8-46	淡海 1 期西區示範基地監測位置圖.....	8-65

圖 8-47	淡海 2 期 1 區示範基地監測位置圖.....	8-65
圖 8-48	民生社區位置圖.....	8-68
圖 8-49	民生社區航照圖.....	8-68
圖 8-50	民生社區高程圖.....	8-69
圖 8-51	民生社區坡度圖.....	8-69
圖 8-52	民生社區坡向圖.....	8-70
圖 8-53	臺北市民生社區細部計畫範圍圖.....	8-70
圖 8-54	民生社區水系圖.....	8-71
圖 8-55	金記大樓（民生東路 4 段）俯望東南公教住宅.....	8-73
圖 8-56	民生社區建築型態分布區位圖.....	8-73
圖 8-57	民生社區雙拼 4 樓連棟公寓平面圖.....	8-74
圖 8-58	民生社區 4 拼 4 樓連棟公寓平面圖.....	8-74
圖 8-59	既有建築物違建加蓋狀況.....	8-75
圖 8-60	民生社區現況模擬及照片示意圖.....	8-76
圖 8-61	雙拼 4 樓連棟公寓建蔽率.....	8-76
圖 8-62	民生社區操作示範區區位及配置示意圖.....	8-78
圖 8-63	示範操作區低衝擊開發設施配置位置示意圖.....	8-78
圖 8-64	民生社區子集水區切割圖.....	8-79
圖 8-65	民生社區之 SWMM 模擬配置圖.....	8-80
圖 8-66	民生社區降雨歷線圖.....	8-82
圖 8-67	民生社區下水道系統民權東路與敦化北路交叉口人孔出流歷線...8-83	8-83
圖 8-68	民生社區下水道系統民生國中旁人孔之出流歷線.....	8-83
圖 8-69	民生社區下水道系統塔悠路北端人孔之出流歷線.....	8-83
圖 8-70	民生社區下水道系統民權東路與塔悠路交叉口人孔出流歷線.....	8-84
圖 8-71	陽明山國家公園馬槽位置圖.....	8-88
圖 8-72	馬槽遊憩區（遊一）西區位置圖.....	8-88
圖 8-73	馬槽遊憩區（遊一）西區高程圖.....	8-89
圖 8-74	馬槽遊憩區（遊一）西區坡度圖.....	8-89
圖 8-75	馬槽遊憩區（遊一）西區坡向圖.....	8-90
圖 8-76	馬槽遊憩區（遊一）西區地質圖.....	8-90
圖 8-77	馬槽遊憩區（遊一）西區土壤圖.....	8-91
圖 8-78	馬槽遊憩區（遊一）西區水系圖.....	8-94
圖 8-79	臺北測站 IDF 曲線圖.....	8-95
圖 8-80	西區土地開發案平面布置示意圖.....	8-97

圖 8-81	馬槽遊憩區低衝擊開發設施導入示意圖.....	8-97
圖 8-82	馬槽遊憩區之 SWMM 模擬配置圖	8-100
圖 8-83	馬槽遊憩區設計降雨歷線圖.....	8-101
圖 8-84	馬槽遊憩區北出口出流歷線圖.....	8-101
圖 8-85	馬槽遊憩區（遊一）西區示範基地監測位置圖	8-106
圖 9-1	低衝擊開發導入建築開發示意圖.....	9-1
圖 9-2	6 都雨水貯集設施要求綜理示意圖.....	9-6
圖 9-3	建築技術規則施工編第 4 條之 3 與第 305 條	9-7
圖 9-4	建築技術規則施工編第 4 條之 3（左）與第 305 條（右） 雨水貯集規定示意圖.....	9-7
圖 9-5	重要保水設施剖面圖（一）	9-10
圖 9-6	第 3 種住宅區案例低衝擊開發設施導入經費試算示意圖	9-12
圖 9-7	維護管理機制與權責探討以及經費籌措機制研擬	9-14
圖 9-8	住宅與商業類建築公共安全檢查規定整理圖	9-17
圖 9-9	住宅與商業類建築公共安全檢查規定整理表圖	9-21
圖 9-10	現況與周邊高程圖說.....	9-22
圖 9-11	景觀配置圖說.....	9-22
圖 9-12	地面層開放空間雨水暫存及低衝擊開發設施導入景觀配置圖	9-23
圖 9-13	屋頂層開放空間雨水暫存及低衝擊開發設施導入景觀配置圖	9-23
圖 9-14	雨水排水系統圖.....	9-24
圖 9-15	重要保水設施剖面圖說（二）	9-25
圖 10-1	第 1 次專家座談會辦理情形.....	10-5
圖 10-2	第 2 場專家座談會辦理情形.....	10-5
圖 10-3	第 3 場專家座談會辦理情形.....	10-6
圖 10-4	隨身碟設計樣式（4G）	10-16
圖 10-5	會議議程海報（1/2）	10-17
圖 10-5	會議議程海報（2/2）	10-18
圖 10-6	會議名稱帆布.....	10-18
圖 10-7	成果展示圖（1/5）	10-19
圖 10-7	成果展示圖（2/5）	10-20
圖 10-7	成果展示圖（3/5）	10-21
圖 10-7	成果展示圖（4/5）	10-22
圖 10-7	成果展示圖（5/5）	10-23
圖 10-8	北部第 1 場成果說明會辦理情形（1/2）	10-24

圖 10-8	北部第 1 場成果說明會辦理情形 (2/2)	10-25
圖 10-9	北部第 2 場成果說明會辦理情形 (1/2)	10-25
圖 10-9	北部第 2 場成果說明會辦理情形 (2/2)	10-26
圖 10-10	北部第 3 場成果說明會辦理情形 (1/2)	10-27
圖 10-10	北部第 3 場成果說明會辦理情形 (2/2)	10-28
圖 10-11	北部第 4 場成果說明會辦理情形 (1/2)	10-28
圖 10-11	北部第 4 場成果說明會辦理情形 (2/2)	10-29
圖 10-12	中部場成果說明會辦理情形 (1/2)	10-30
圖 10-12	中部場成果說明會辦理情形 (2/2)	10-31
圖 10-13	南部第 1 場成果說明會辦理情形 (1/2)	10-32
圖 10-13	南部第 1 場成果說明會辦理情形 (2/2)	10-33
圖 10-14	南部第 2 場成果說明會辦理情形 (1/2)	10-33
圖 10-14	南部第 2 場成果說明會辦理情形 (2/2)	10-34

表 目 錄

表 1-1	工作項目一覽表 (1/2)	1-4
表 1-1	工作項目一覽表 (2/2)	1-5
表 1-2	各國相關暴雨管理概念綜整表	1-6
表 2-1	國內外低衝擊開發案例綜整表	2-3
表 2-2	國內外低衝擊開發相關手冊或規範綜整表 (1/3)	2-7
表 2-2	國內外低衝擊開發相關手冊或規範綜整表 (2/3)	2-8
表 2-2	國內外低衝擊開發相關手冊或規範綜整表 (3/3)	2-9
表 2-3	各類保水設計之保水量計算及變數一覽表	2-13
表 2-4	「降雨非點源污染最佳管理技術 (BMPs) 手冊」內容綱要	2-22
表 2-5	建築設計施工編防洪及基地保水相關條文比較綜理表	2-26
表 2-6	地方政府防洪及基地保水相關條文規範比較綜理表	2-26
表 4-1	操作手冊章節架構	4-2
表 4-2	透水鋪面各組試驗條件	4-7
表 4-3	透水鋪面各組試驗 (27 組)	4-14
表 4-4	土壤改良各組試驗條件 (變水頭試驗)	4-15
表 4-5	土壤改良各組試驗條件 (20 組)	4-15
表 4-6	土壤改良各組試驗條件 (共 22 組)	4-18
表 4-7	雨水花園各組試驗條件	4-19
表 4-8	雨水花園各組試驗 (17 組)	4-22
表 4-9	植生溝各組試驗條件	4-24
表 4-10	植生溝試驗各組試驗條件 (共 18 組)	4-27
表 4-11	樹箱過濾設施各組試驗條件	4-28
表 4-12	樹箱過濾設施各組試驗 (19 組)	4-32
表 4-13	綠屋頂、雨水桶設施各組試驗 (18 組)	4-34
表 4-14	透水磚配置 (6 組)	4-37
表 4-15	雨水花園各組試驗 (6 組)	4-39
表 4-16	滲透桶設施的各組試驗 (11 組)	4-40
表 4-17	土壤質地與孔隙率表	4-49
表 4-18	土壤質地與入滲參數表	4-49
表 4-19	地表特性與與窪蓄深度表	4-49
表 4-20	地表特性與曼寧糙度表	4-49
表 4-21	臺灣本土化孔隙率參數表	4-51
表 4-22	低衝擊開發模擬元件設定表	4-53

表 4-23	各項低衝擊開發設施之模試驗證結果一覽表.....	4-62
表 4-24	低衝擊開發設施成本、生命週期與效率遞減係數表	4-63
表 4-25	低衝擊開發設施組成之 LID Element.....	4-65
表 4-26	透水鋪面參數設定表.....	4-66
表 4-27	雨水花園參數設定表.....	4-66
表 4-28	植生溝參數設定表.....	4-67
表 4-29	樹箱過濾設施參數設定表.....	4-67
表 4-30	滲透陰井參數設定表.....	4-68
表 4-31	綠屋頂參數設定表.....	4-68
表 4-32	雨水桶參數設定表.....	4-68
表 4-33	各項低衝擊開發設施於生命週期內之平均效能.....	4-69
表 4-34	各項低衝擊開發設施之益本比.....	4-70
表 4-35	不同低衝擊開發設置面積下之效益分析.....	4-76
表 4-36	不同低衝擊開發設置區位下之效益分析.....	4-77
表 4-37	不同低衝擊開發設施類型下之效益分析.....	4-78
表 4-38	不同低衝擊開發設施保水層厚度下之效益分析.....	4-79
表 5-1	不同計畫中正橋降雨強度公式整理表.....	5-7
表 5-2	5 都測站資料與 IDF 參數.....	5-10
表 5-3	5 都降雨延時分析與不同深度對應之負擔比例.....	5-10
表 5-4	低衝擊開發設施改變水文特性對照表.....	5-14
表 6-1	ASTM 規範粗骨材標準尺寸表.....	6-7
表 6-2	透水混凝土磚成本分析表.....	6-16
表 6-3	透水混凝土鋪面成本分析表.....	6-16
表 6-4	多孔隙瀝青鋪面成本分析表.....	6-16
表 6-5	非連續拼接或鏤空鋪面成本分析表.....	6-16
表 6-6	粗放型綠屋頂成本分析表.....	6-33
表 6-7	精養型綠屋頂成本分析表.....	6-33
表 6-8	生態滯留單元利用型式一覽表.....	6-37
表 6-9	粗砂級配參考表.....	6-40
表 6-10	生態滯留單元（薄）成本分析表.....	6-50
表 6-11	生態滯留單元（厚）成本分析表.....	6-50
表 6-12	樹箱過濾設施成本分析表.....	6-59
表 6-13	植生溝成本分析表.....	6-67
表 6-14	小型雨水桶成本分析表.....	6-74

表 6-15	大型雨水桶成本分析表.....	6-74
表 6-16	簡易水塔型雨水桶成本分析表.....	6-74
表 6-17	滲透側溝成本分析表.....	6-82
表 6-18	滲透陰井成本分析表.....	6-82
表 6-19	低衝擊開發設施單元設計原則總表 (1/2)	6-85
表 6-19	低衝擊開發設施單元設計原則總表 (2/2)	6-86
表 6-20	低衝擊開發設施性能監測項目.....	6-92
表 6-21	生態滯留單元/雨水花園監測配置示意表	6-92
表 6-22	透水性鋪面監測配置示意表.....	6-93
表 6-23	樹箱過濾設施監測配置示意表.....	6-94
表 6-24	植生溝監測配置示意表.....	6-95
表 6-25	綠屋頂與雨水桶監測配置示意表.....	6-96
表 7-1	不同基地表面型態之生態權數一覽表.....	7-3
表 7-2	不同開發基地之生物棲地指數 (BAF) 最小要求一覽表.....	7-4
表 7-3	生物棲地指數計算範例表.....	7-5
表 7-4	日本各類雨水貯留入滲設施點數表.....	7-7
表 7-5	不同規模設施點數表.....	7-7
表 7-6	表面流出抑制點數計算成果表.....	7-9
表 7-7	臺北市都審案例基本資料及保水深度試算一覽表.....	7-15
表 7-8	新北市都審案例基本資料及保水深度試算一覽表.....	7-16
表 7-9	臺中市與高雄市都審案例基本資料及保水深度試算一覽表	7-17
表 7-10	臺北市住宅新建工程 (案例 1) 保水深度試算步驟	7-18
表 7-11	臺北市旅館新建工程 (案例 2) 保水深度試算案例	7-19
表 7-12	新北市住宅新建工程 (案例 3) 保水深度試算案例	7-20
表 7-13	臺中市辦公大樓新建工程 (案例 4) 保水深度試算案例	7-21
表 7-14	高雄市公司住宅工程 (案例 5) 保水深度試算案例	7-22
表 7-15	各類土地使用分區保水量容受度分析成果一覽表.....	7-24
表 7-16	各類設施保水量估算公式及保水量一覽表.....	7-26
表 7-17	各類低衝擊開發設施保水積分推估表.....	7-27
表 7-18	低衝擊開發設施保水量及永續生態表現規範一覽表	7-29
表 8-1	淡海新市鎮植物物種調查統計表.....	8-7
表 8-2	淡海 1 期住宅區與商業區土地使用強度綜理表.....	8-8
表 8-3	淡水測站降雨資料統計表.....	8-9
表 8-4	淡海 1 期東側操作示範區案例基本資料及保水深度試算一覽表	8-16

表 8-5	淡海 1 期西側操作示範區案例基本資料及保水深度試算一覽表	8-16
表 8-6	淡海 1 期東示範區子集水區 SWMM 基本設定表	8-18
表 8-7	淡海 1 期東示範區透水鋪面 SWMM 基本設定表	8-18
表 8-8	淡海 1 期東示範區雨水花園 SWMM 基本設定表	8-18
表 8-9	淡海 1 期東示範區綠屋頂 SWMM 基本設定表	8-18
表 8-10	淡海 1 期東示範區北出口現況逕流一覽表	8-21
表 8-11	淡海 1 期東示範區北出口低衝擊開發效益一覽表	8-21
表 8-12	淡海 1 期東示範區西出口現況逕流一覽表	8-22
表 8-13	淡海 1 期東示範區西出口低衝擊開發效益一覽表	8-22
表 8-14	淡海 1 期西示範區子集水區 SWMM 基本設定表	8-25
表 8-15	淡海 1 期西示範區透水鋪面 SWMM 基本設定表	8-25
表 8-16	淡海 1 期西示範區雨水花園 SWMM 基本設定表	8-25
表 8-17	淡海 1 期西示範區綠屋頂 SWMM 基本設定表	8-25
表 8-18	淡海 1 期西示範區西北出口現況逕流一覽表	8-26
表 8-19	淡海 1 期西示範區西北出口低衝擊開發效益一覽表	8-26
表 8-20	淡海 1 期全區域導入低衝擊開發效益一覽表	8-27
表 8-21	不同重現期降雨條件下之低衝擊開發效益一覽表	8-27
表 8-22	淡海新市鎮第 1 期開發區各土地使用分區開發管理與建議綜理表	8-29
表 8-23	淡海新市鎮第 2 期土地使用分區管制要點整理表	8-34
表 8-24	淡海 2 期操作示範區土地使用綜理表	8-38
表 8-25	淡海 2 期 1 區示範區道路與低衝擊開發設施面積一覽表	8-52
表 8-26	淡海 2 期 1 區示範區子集水區 SWMM 基本設定表	8-53
表 8-27	淡海 2 期 1 區示範區透水鋪面 SWMM 基本設定表	8-53
表 8-28	淡海 2 期 1 區示範區雨水花園 SWMM 基本設定表	8-53
表 8-29	淡海 2 期 1 區示範區植生溝 SWMM 基本設定表	8-53
表 8-30	淡海 2 期 1 區示範區開發後逕流一覽表	8-56
表 8-31	淡海 2 期 1 區示範區於路權範圍內導入低衝擊開發效益一覽表	8-56
表 8-32	淡海 2 期 1 區示範區於路權與退縮範圍內導入低衝擊開發效益一覽表	8-56
表 8-33	淡海 2 期 1 區示範區於全區導入低衝擊開發效益一覽表	8-56
表 8-34	淡海 2 期土地使用管制綜理表	8-58
表 8-35	各項 LID 保水設施單位保水量綜理表	8-60
表 8-36	臺北測站降雨資料統計表	8-72
表 8-37	民生社區既有 2 大類 4 樓連棟公寓建築開發比較表	8-74

表 8-38	民生社區各出水口特性.....	8-79
表 8-39	民生社區各子集水區之地文條件.....	8-80
表 8-40	民生社區之透水鋪面 SWMM 基本設定表.....	8-81
表 8-41	民生社區之雨水花園 SWMM 基本設定表.....	8-81
表 8-42	SWMM 模擬民權敦化北出口現況逕流一覽表.....	8-85
表 8-43	SWMM 模擬民權敦化北出口配置 LID 設計後之效益一覽表.....	8-85
表 8-44	SWMM 模擬民生國中出口現況逕流一覽表.....	8-85
表 8-45	SWMM 模擬民生國中出口配置 LID 設計後之效益一覽表.....	8-85
表 8-46	SWMM 模擬塔悠出口現況逕流一覽表.....	8-85
表 8-47	SWMM 模擬塔悠出口配置 LID 設計後之效益一覽表.....	8-85
表 8-48	SWMM 模擬民權塔悠出口現況逕流一覽表.....	8-85
表 8-49	SWMM 模擬民權塔悠出口配置 LID 設計後之效益一覽表.....	8-85
表 8-50	馬槽遊憩區（遊一）西區植物物種調查統計表.....	8-91
表 8-51	竹子湖測站降雨資料統計表.....	8-94
表 8-52	馬槽遊憩區（遊一）土地使用分區表.....	8-99
表 8-53	開發案各設施項目所占面積一覽表.....	8-99
表 8-54	低衝擊開發設施配置整理表.....	8-99
表 8-55	馬槽遊憩區之子集水區與低衝擊開發設施面積一覽表.....	8-100
表 8-56	馬槽遊憩區子集水區 SWMM 基本設定表.....	8-102
表 8-57	馬槽遊憩區透水鋪面 SWMM 基本設定表.....	8-102
表 8-58	馬槽遊憩區雨水花園 SWMM 基本設定表.....	8-102
表 8-59	馬槽遊憩區於開發前與開發後逕流狀態一覽表.....	8-104
表 8-60	馬槽遊憩區於開發後導入低衝擊開發效益一覽表.....	8-104
表 9-1	低衝擊開發保水量包含建築技術規則第 4 條之 3 的保水量規定.....	9-8
表 9-2	本計畫建議之建築物公共安全檢查簽證項目表.....	9-17
表 9-3	臺北市、新北市與臺中市案例公共基金試算整理表.....	9-19
表 10-1	第 1 場專家座談會議程.....	10-2
表 10-2	第 2 場專家座談會議程.....	10-3
表 10-3	第 3 場專家座談會議程.....	10-4
表 10-4	7 場成果發表會辦理時間與場地一覽表.....	10-12
表 10-5	7 場成果發表會議程.....	10-13
表 10-6	7 場成果發表會報名網址一覽表.....	10-15

照 片 目 錄

照片 6-1	透水混凝土磚.....	6-1
照片 6-2	透水混凝土鋪面.....	6-2
照片 6-3	多孔隙瀝青鋪面.....	6-2
照片 6-4	非連續拼接或鏤空鋪面.....	6-3
照片 6-5	台南廣三公園透水鋪面.....	6-3
照片 6-6	新北市林口復興一路透水鋪面.....	6-3
照片 6-7	透水鋪面邊緣固定設施示意照片	6-10
照片 6-8	粗放型綠屋頂.....	6-20
照片 6-9	精養型綠屋頂.....	6-20
照片 6-10	半精養型綠屋頂.....	6-21
照片 6-11	新北市三重區綠屋頂.....	6-21
照片 6-12	工研院 51 館綠屋頂.....	6-21
照片 6-13	綠屋頂落水口.....	6-27
照片 6-14	無路緣式入流設施.....	6-38
照片 6-15	路緣切口式入流設施.....	6-38
照片 6-16	排水溝渠式入流設施.....	6-38
照片 6-17	小型攔水消能設施.....	6-44
照片 6-18	樹箱過濾設施.....	6-52
照片 6-19	植生溝.....	6-60
照片 6-20	側向前處理設施.....	6-62
照片 6-21	控制壩.....	6-65
照片 6-22	雨水桶.....	6-69
照片 6-23	上部連結式雨水桶.....	6-72
照片 6-24	底部連結式雨水桶.....	6-72
照片 6-25	滲透側溝.....	6-75
照片 6-26	滲透陰井.....	6-75

第壹章、緣起及計畫內容

一、緣起

臺灣地區因為受到先天地理環境之限制，可利用之水資源並不充足，隨著經濟發展與人口成長，水資源需求與日俱增的壓力，對人類活動與環境變化造成衝擊是無法避免的。臺灣從早期社會經濟發展僅著重於水資源的開發，近年則因居住環境不斷受不當開發造成的大自然反撲而著力於治山防洪，並隨著休閒及環保意識抬頭而演變成生態環境營造，乃至於現今發展成結合治水防洪及環境營造的低衝擊開發（Low Impact Development，以下簡稱 LID）。

LID 為透過貯存、滲透、蒸發及延遲逕流等，以生態系統為根基的暴雨管理方法，目的為減少地表逕流的發生以及減少土地開發的環境衝擊。LID 在國際上已推廣多年，應用上相當廣泛，在臺灣還沒有真正形成，目前僅有個別之 LID 開發技術，如：雨水桶和綠屋頂，但減碳、節能、減少暴雨逕流和延遲峰值等的效果尚未完整評估。

LID 所採用的技術包括：生態滯留或雨水花園（Bio-Retention）、樹箱過濾設施（Tree Box Filters）、透水鋪面（Permeable Pavers）、土壤改良（Soil Amendments）、綠屋頂（Green Roofs）、植生溝（grass swale）、雨水桶（Rain Barrels）或蓄水池（Cisterns）等。考慮增加出流時間與降低洪峰及總逕流量之效益，LID 設施成本相對較低，且可帶來其他非常重要的附加價值，如：涵養水源、美化城市、改善生態環境及降低都市熱島效應等。考量可具體量化之數據，本計畫將以水環境（水量）改善效益為優先執行之標的。

二、計畫目標及範圍

（一）計畫目標

為使友善環境導入都市設計與國家公園遊憩區之開發，本計畫目標研擬「水環境低衝擊開發設施操作手冊」，將 LID 概念引入未來國內

都市開發與公共營建工程，降低開發對自然之衝擊，也將公共安全與生態保育疑慮降到最低。更重要的是建立如何評估 LID 整體設計的流程與指標，做為國內工程界執行或公務機關評估之參考標準。

本計畫將以 LID 規劃之理念與評估方式，檢視 LID 設施導入都市規劃之可能性，檢視現有之土地使用分區管制規則及都市設計審議規範，期望後續開發均能符合 LID 理念。

(二) 計畫範圍

本計畫範圍分為淡海新市鎮以及陽明山國家公園馬槽遊憩區(遊一)共 2 部分(如圖 1-1)。淡海新市鎮位處中低海拔之山坡地，擁有豐富之生態環境、人文風貌及山海景觀，因此，營建署將淡海新市鎮規劃成以尊重生態、強化防災滯洪、節能減碳、重視人本等思維為主的開發，有必要以 LID 之規劃理念，融合當前生態、低碳、永續、防災、新興策略產業等思維，打造該新市鎮成為我國都市建設的典範。另外，陽明山國家公園是為了保護自然、人文遺產的自然演替與永續傳承而劃設，更應以友善環境方式進行開發，因此擬以陽明山國家公園馬槽遊憩區(遊一)為例，在確認災害潛勢區和環境敏感區後，規劃如何將 LID 導入到計畫範圍內。

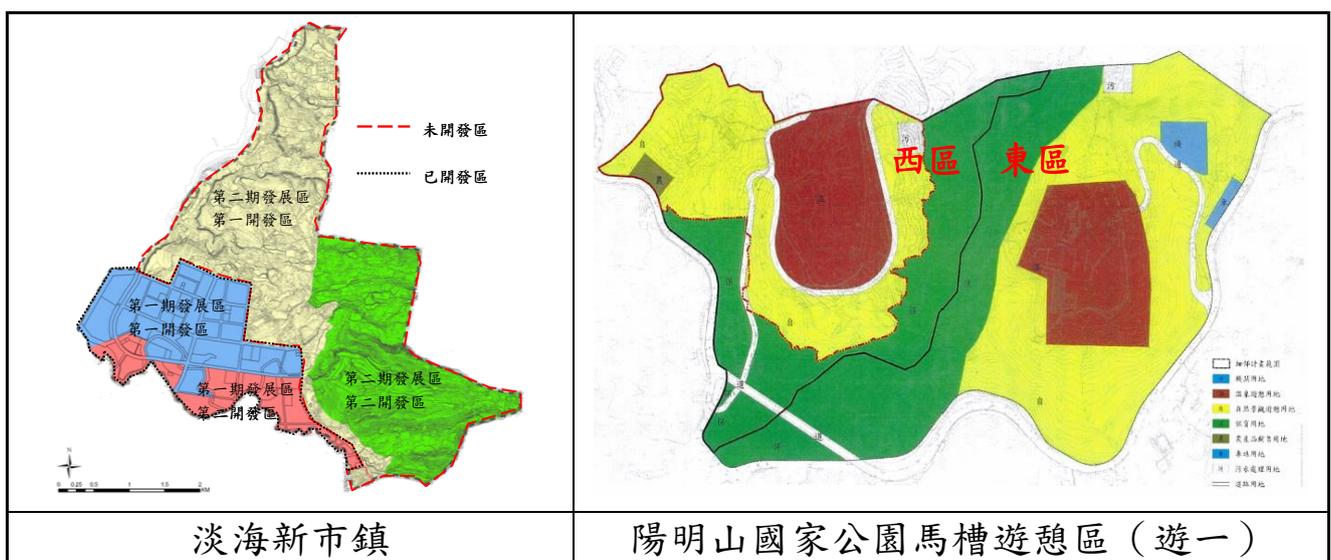


圖 1-1 計畫範圍

三、工作內容與預期效益

(一) 工作內容

工作內容如表 1-1 所示，計畫核心工作為整合編訂適用於臺灣地區操作之「水環境低衝擊開發設施操作手冊」。工作項目中，前期工作如：基本資料蒐集與評析及關鍵問題探討、專家學者座談會以及後期的成果說明會外，其餘工作大致上可分為「水環境低衝擊開發設施操作手冊核心內容」、「支持低衝擊開發設施操作手冊編擬之重點研究」以及「低衝擊開發設施操作手冊後續維護管理等推動措施」等三大工作區塊，此部分工作概念將於下節說明。

(二) 預期效益

- 1、提出適於臺灣地區操作之「水環境低衝擊開發設施操作手冊」，供未來國內工程界執行之參考。
- 2、提出 LID 相關評估指標與執行策略，供未來實際推動時之參考。
- 3、提出相關法令修訂建議，供主管機關未來推行策略及修訂法令、規範時之參考。
- 4、提出都市地區與國家公園遊憩區水環境 LID 規劃設計方案，供各縣市政府進行都市規劃或辦理 LID 相關計畫之參考。
- 5、提出 LID 與都市發展整合性分析，以及設施設置因應策略。

四、計畫定位與認知

(一) 低衝擊開發定義

低衝擊開發 (Low Impact Development, LID) 為加拿大和美國使用之名詞，描述利用土地規劃和工程設計的方法來管理雨水逕流。概念上是以分散式、小規模的就源處理設計，通過滲透、過濾、貯存、蒸發及延遲逕流工程設計並結合都市土地規劃、景觀等面向，以達成改善水質、減少暴雨逕流量之目標。

表1-1 工作項目一覽表 (1/2)

項次	工作項目	工作內容	說明
1	基本資料蒐集與評析	(1) 國內外 LID 案例 (2) 國外 LID 設計手冊之相關手冊或規範 (3) 國內都市暴雨特性與管理現況 (4) 相關計畫蒐集與評析 (5) 相關政策與法規蒐集與評析	藉由基本資料蒐集與評析瞭解當前國內外 LID 應用情形及運用上之效能，以作為借鏡參考。並分析國內暴雨特性、都市暴雨管理現況以及相關法規規範，作為研擬 LID 操作手冊之基本資料。
2	關鍵問題探討	(1) LID 設施導入與推動之課題探討 (2) LID 設施於暴雨管理中功能探討	以國外 LID 設計原則及運用上的優點長處為基礎，輔以國內水文特性現況及法規規範為主幹，於本章研提關於編擬「水環境低衝擊開發設施操作手冊」過程中，將面臨之關鍵課題。
3	水環境低衝擊開發設施操作手冊建立	(1) 水文特性與計算 (2) 設施單元訂定 (3) 設計原則建立 (4) 基本設計圖 (5) 建置成本分析 (6) 生命週期 (7) 維護項目、週期與成本 (8) 設施單元效能評估 (含試驗，實驗項目至少應含生態滯留或雨水花園、樹箱過濾設施、透水鋪面、土壤改良、綠屋頂、雨水桶或蓄水池等 7 種 LID 設施及排水管、陰井、與測溝設施，實驗場數至少進行 63 場) (9) 試算表及檢查表建立	LID 設施單元包括常使用的生態滯留單元、雨水花園、樹箱過濾設施、透水鋪面、土壤改良、綠屋頂、雨水桶、等 7 種 LID 設施以及排水管、滲透陰井、與滲透側溝設施（附屬設施）等，其中土壤改良屬各項設施均需配合之項目，故無相關設計維護說明，本工作團隊則另增加植生溝（Grass Swales）。內容包含各項 LID 設施之設計原則及設施維護管理要項。
4	水環境低衝擊開發設施評估指標訂定	含指標建立、分級制度等	建立簡易便捷的評估指標，以便於業管人員、開發單位參考與遵循。

表 1-1 工作項目一覽表 (2/2)

項次	工作項目	工作內容	說明
5	維護管理機制與權責探討以及經費籌措機制研擬	(1) 維護管理機制探討 (2) 維護管理權責探討 (3) 經費籌措機制研擬	本計畫將提出 LID 導入與推動措施建議，計畫執行期間將逐一審視各措施可行性，並研擬短、中、長期推動措施建議。
6	整體監測規劃	(1) 定期監測項目研析 (2) 性能監測項目評估	大體上分為兩部分，一為針對個別設施單元的「性能監測項目評估」，一為考量整體開發基地的「定期監測項目評估」。
7	相關配套措施研擬	(1) 獎勵補助規劃 (2) 建管審查及核准程序制定 (3) 都市設計準則及土地使用管制要點	研擬整體性的配套措施，並提出實質有助益的獎勵補助措施，並透過教育宣導、轉化民眾觀念等等方式，讓社會接納 LID 概念。
8	最佳方案評估架構建立與分析	(1) 水環境低衝擊開發成本效益影響項目釐清 (2) 建立各項目之量化標準依據 (3) 建構多目標決策分析架構 (4) 發展結合數值模式與優選演算分析架構 (5) 多目標最佳方案分析 (以本計畫案例為例)	為嚴謹的再三確認開發行為對於環境衝擊為最小，因此本計畫將於「最佳方案評估架構建立與分析」中納入逕流型指標概念，用以評估 LID 設施導入前述型態開發基地之最佳方案評估。
9	案例操作示範	(1) 淡海新市鎮 (面積以不超過 50 公頃為原則，分為已開發與未開發兩類操作) (2) 陽明山國家公園馬槽遊憩區 (遊一)	因都市開發處於不同階段，可用於導入 LID 之法規程序 (如：都市設計審議或建照申請) 不同，因此案例示範操作目的為確認操作手冊於不同都市開發階段之適用性，並可回饋於指標訂定。
10	專家座談會	辦理 3 場	邀請國內外具 LID 研究與實務專家學者 (國內專家學者每場 10 人以上; 邀請副教授級以上國外學者 3 人次) 對手冊與相關計畫內容提供建言。
11	成果說明會	(1) 北部 4 場 (新市鎮部份 3 場，國家公園部份 1 場) (2) 中部 1 場 (3) 南部 2 場 (針對新市鎮部分至少 1 場)	期中報告定案與案例操作示範完成後，舉辦 7 場成果說明會，廣邀國內外專家學者、政府官員、與一般民眾共同參與，總人數預估約為 800~1,050 人次以上。

目前部分先進國家雖未必皆使用 LID 名詞，但皆有相似之暴雨管理概念，本計畫將其整理如表 1-2。如美國環保署之綠基盤設施（Green Infrastructure）、美國西雅圖的自然排水系統（Natural Drainage Systems, NDS）、澳洲的水敏式設計（Water Sensitive Urban Design, WSUD）或英國的永續都市排水系統（Sustainable Urban Drainage Systems, SUDS）等皆屬之。雖然定義之文字上有所差異，但其目的為減低暴雨逕流、淨化水質及以提升生態效益與景觀功能為周邊效益者，皆可視為 LID 設施，如圖 1-2 所示。

表1-2 各國相關暴雨管理概念綜整表

項次	國家	名稱	定義
1	美國 (住宅和都市發展部)	低衝擊開發 (Low Impact Development)	為利用各種土地規劃和設計之措施與技術，同時可保育自然資源系統，並降低建造成本之土地開發方法。
2	美國 (環保署)	低衝擊開發 (Low Impact Development)	在土地開發或整建時，盡可能利用與自然構造相似的設計設施，透過滲透、貯留及蒸發等功用，減少暴雨逕流量，減輕雨水下水道排水負荷，進行雨水管理，有效解決都市排水問題。
3	英國	永續城市排水系統 (Sustainable Urban Drainage System, SUDS)	不刻意強調暴雨管理手段；可以窪地、池塘和下水道等結構性措施，搭配土地管理、公眾教育等非結構性措施，以保水、滲透方式處理或再利用逕流，強調保水概念更勝於傳統將逕流快速排導至下游的概念。目標為減少洪災衝擊，移除污染物，並融入景觀及都市設計，強化並保護自然環境等。
4	澳洲	水資源敏感都市設計 (Water Sensitive Urban Design, WSUD)	整合暴雨管理、都市設計及景觀規劃等 3 個面向，期以達成：(1) 貯留降雨、減少並淨化逕流；(2) 改善都市水環境，降低都市開發對環境衝擊；(3) 結合建築、景觀設計，以水資源管理面向切入都市及區域規劃，規範都市計畫的設計與利用。
5	日本	雨水貯留浸透設施	主要為有效補充涵養地下水、復活泉水、恢復河川基流、改善生態環境條件及降低洪峰流量等，同時並搭配蒐集雨水之設施，讓水資源得以被充分使用。

資料來源：本計畫整理。

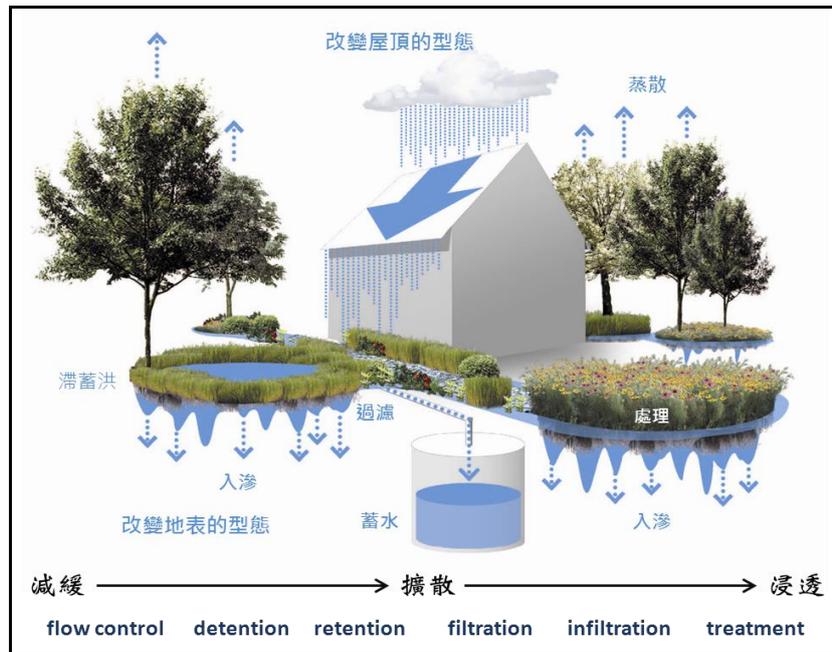


圖1-2 低衝擊開發概念示意圖

常見的 LID 措施包括有本計畫所提之：生態滯留單元 (Bioretention Cell)、雨水花園 (Rain Garden)、樹箱過濾設施 (Tree Box Filters)、植生濾槽 (Biofilter)、植生溝 (Grass Swales)、綠屋頂 (Green Roof)、透水鋪面 (Permeable Pavements)、雨水桶 (Rain Barrels) 或蓄水池等。透過 LID 之設置，減緩逕流、降低不可透水面積，增加地表滯洪、蓄洪、過濾、入滲等能力，促進生態系統的發展與水的自然循環。在大規模應用時，期望能維持或恢復 1 個流域之水文平衡和生態功能。

(二) 計畫之定位

在都市化的過程中，隨著不透水鋪面的大量運用，流域內入滲量及降雨損失比例大幅降低，造成地表逕流量增加且迅速集中，導致都市遭受洪水的威脅風險提升。由於 LID 具有分散式、小規模的就源處理特性，其可紓解雨水下水道容量，作為都市暴雨逕流管理之一環，且 LID 兼具改善水質、生態環境、都市熱島效應、都市景觀美質及水資源利用等功能，故將 LID 概念及設施引入國內都市開發與公共營建工程，降低開發對自然之衝擊，刻不容緩。

目前全球正面臨氣候變遷所導致極端降雨之威脅，以國外經驗可知，LID 並非以防洪為單一目標，多針對低迴歸週期、短延時暴雨事件

來設計，因此全面採用 LID 設施後，在極端事件下，仍有可能發生都市洪災，但 LID 對於都市暴雨逕流減緩絕對具有一定之貢獻程度。因此，本計畫將工作項目分為「水環境低衝擊開發設施操作手冊核心內容」、「支持低衝擊開發操作手冊編擬之重點研究」以及「低衝擊開發操作手冊導入及推動措施」等 3 大面向（如圖 1-3）。

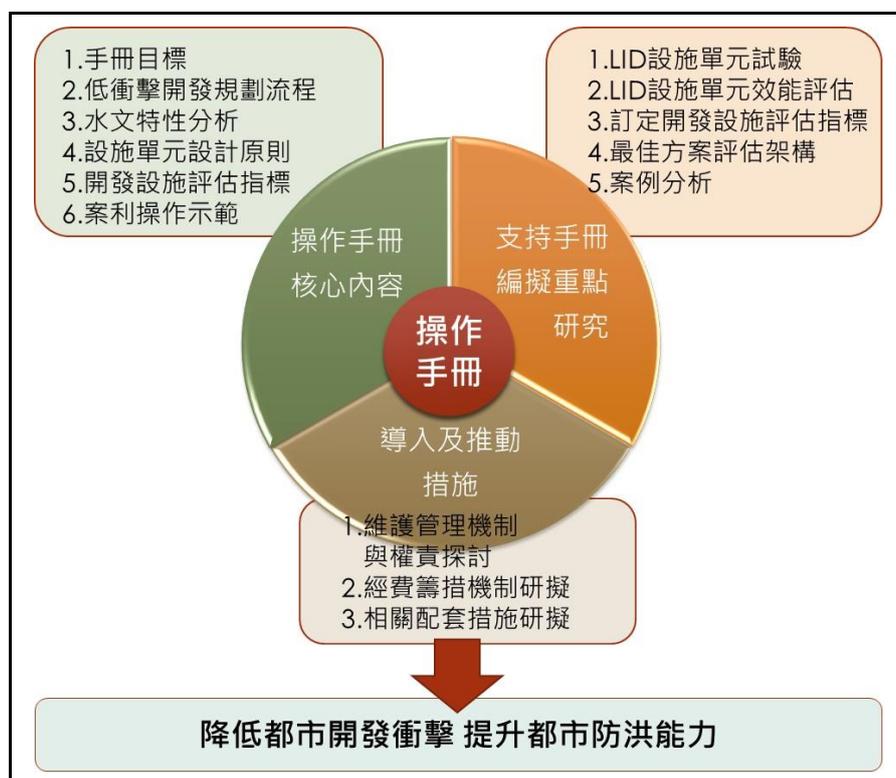


圖1-3 計畫定位概念圖

最重要的面向在於研擬 1 個可供國內各界所應用之「水環境低衝擊開發設施操作手冊」，為了手冊內容，將輔以支持手冊的編擬之研究，透過試驗、效能評估及最佳方案評估架構建立與分析等工作，確保操作手冊內容之完整性與正確性，並提出可簡易且有效評估開發基地是否滿足水環境低衝擊開發之評估指標，再配合案例分析，就都市計畫區或開發基地內 LID 設施的導入、指標的操作及土管或都市設計規定的配合調整等實際操作，供手冊使用人員快速瞭解據以參考；最後，提出維護管理機制與權責、經費來源籌措及相關配套措施，俾利 LID 後續推動工作之進行，以期國內後續開發均能符合 LID 理念，並透過與景觀設計及都市規劃的整合，有效減緩經常性之都市暴雨，提升都市的防洪容受力。

第貳章、基本資料蒐集與評析

藉由蒐集整理國內外案例、相關手冊規範、學術研究文獻瞭解當前國內外 LID 應用情形及運用上之效能，以作為借鏡參考。然國外經驗並不一定能直接移植於國內使用，故本計畫同時將蒐集、研究並分析國內暴雨特性、都市暴雨管理現況以及相關法規規範，作為研擬 LID 操作手冊之基本資料。

一、國內外低衝擊開發案例

本計畫蒐集了許多國內外 LID 案例，可作為後續 LID 設施規劃、設計與推動措施研擬之參考，其綜整如表 2-1 所示，茲分述如下：

(一)美國芝加哥綠屋頂與綠街道計畫 (Green Roof Initiative /Green Alley Project)

2002 年芝加哥通過新的綠屋頂條例 (Green Roof Initiative)，為美國第 1 個明文提及裝設綠屋頂有助於節能減碳的市政條例，透過補助方式提升民眾意願，如：小型商業大樓的綠屋頂若大於 929 平方公尺，芝加哥政府將提供 5000 美金補助。經長期努力後，依據芝加哥市府公開資料顯示，迄 2010 年底，芝加哥綠屋頂面積已達 50 公頃，佔需要綠化屋頂面積 20.8%。2006 年芝加哥接續執行綠街道計畫 (Green Alley Project)，此計畫內容包含藉由透水鋪面減少地表逕流之產生、採用高遮蔽性鋪面以減緩熱島效應，與回收建材 (如：混凝土骨料、回收的輪胎等) 以節約地球資源。根據統計，2006~2010 年間，完成超過 100 處綠街道。

(二)美國波特蘭市坦納泉公園 (Tanner spring park)

坦納泉公園 (Tanner Spring Park) 位於美國波特蘭市 (Portland) 珍珠區 (Pearl District) 中心，鄰坦納河旁，佔地約 0.37 公頃，為 1 個市區公園。珍珠區原是天然濕地，在都市發展過程中被填平開發，波特蘭市政府在重建珍珠區的同時，設置坦納泉公園，以增加綠地、改善水質及暴雨管理，其大量採用透水鋪面及植生綠化，透過設置雨水收集、水

循環系統與調節池收集雨水，並以管涵與坦納河連結排放，而極端降雨事件中的超量地表逕流則溢出流入下水道系統。公園之設置與後續維護管理除由波特蘭市政府公園與休閒局（Parks & Recreation department）負責外，坦納泉當地民間團體志工也提供維護管理上之協助；惟對於公園內的自然原生植被維護仍需具備相關專業知識，故另聘請景觀園藝專職公司負責。

坦納泉公園設置後，可處理較大範圍之地表逕流，提升該地區暴雨涵容能力，達成波特蘭市政府透過都市空間分散雨水管理之目標，且可增加民眾休閒遊憩之空間，為利用都市空間兼顧暴雨管理和都市設計之極佳案例。

(三)美國西雅圖街道邊緣替代計畫（Street Edge Alternative Project）

西雅圖公共設施局、公路局和部分居民共同完成街道邊緣替代計畫（Street Edge Alternative Project），簡稱 SEA Street。該計畫主要係將筆直街道設計成彎曲道路，不僅減低車速，亦利用彎曲道路產生的剩餘空間設計為停車空間及可滯蓄水體之雨水花園，完工後的兩年內公共設施局持續監測評估與維護管理，在西雅圖之降雨條件情況下，約可減少 2 年重現期降雨事件的 98% 逕流量。

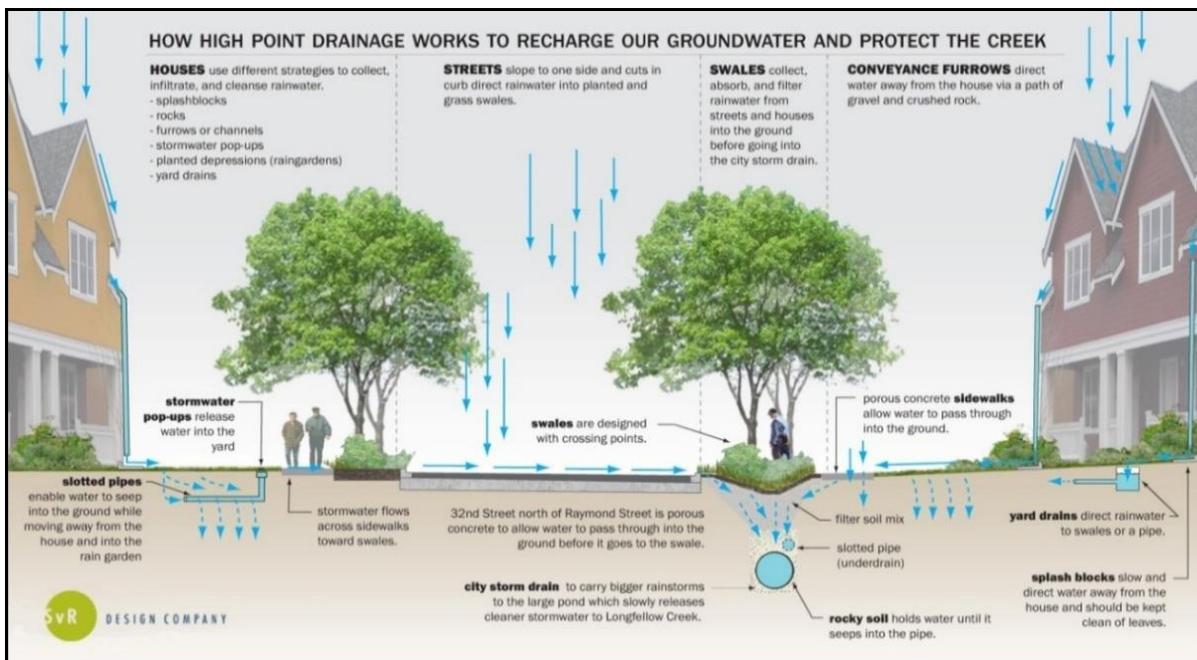
(四)美國西雅圖 High Point 社區

High Point 社區原為西雅圖市政府規劃為低受入戶之住宅區，西雅圖市政府公共設施局（Seattle Public Utilities, SPU）重新規劃該住宅區，在高密度的城市環境中導入自然排水系統（Natural Drainage System），此系統可處理 Longfellow Creek 集水區 10% 之地表逕流。本社區更新過程中均與居民共同討論規劃，最終產生一個多元化的居住環境「High Point」社區。

表2-1 國內外低衝擊開發案例綜整表

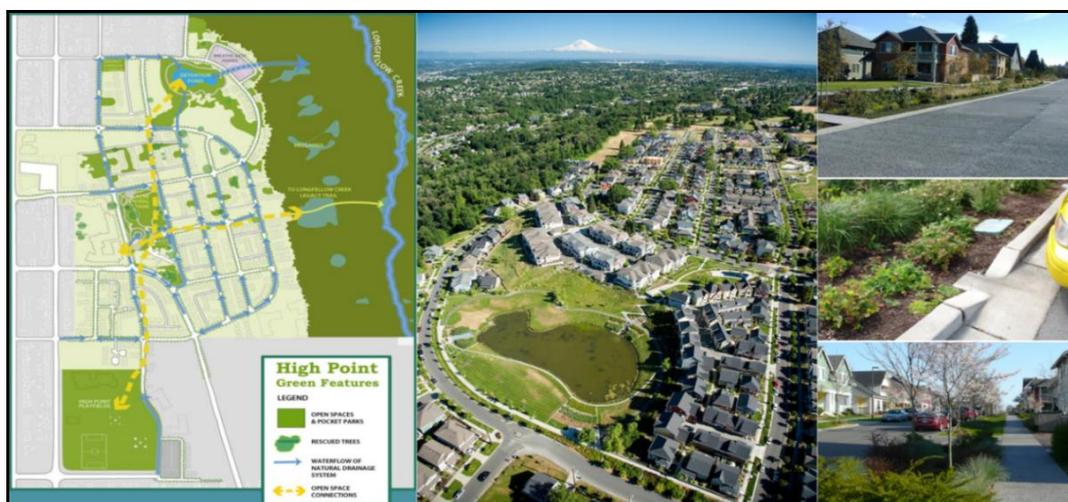
國家/城市	相關單位	計畫名稱	執行重點	主要規劃概況	相關照片
美國 芝加哥	芝加哥市政府 交通運輸部與環境部	綠屋頂條例 (Green Roof Initiative) 綠街道計畫 (Green alley project)	1.節能減碳 2.調適溫度 3.防洪	透過政府補助制度，芝加哥政府成功推廣綠屋頂及綠街道計畫，迄民國 99 年(2010)底，芝加哥市已完成超過 50 公頃綠屋頂，以及超過 100 處綠街道	
美國 波特蘭市	波特蘭市政府 公園與休閒局	—	1.淨化水質 2.休閒空間 3.防洪	坦納泉公園 (Tanner spring park) 設置後，可處理較大範圍之地表逕流，提升該地區暴雨涵容能力，達成都市空間分散雨水管理之目標，且可增加民眾休閒遊憩之空間，為利用都市空間兼顧暴雨管理和都市設計之極佳案例	
美國 西雅圖	公共設施局 工務局 公路局	綠色排水設施 (Green stormwater infrastructure)	1.淨化水質 2.防洪	1. High Point 社區特點為增加透水混凝土鋪面、採用自然排水法、規劃社區型滯洪池及導入綠建築概念等 2. SEA street 利用空間規劃將筆直道路設計彎曲道路，利用彎曲道路產生的剩餘空間，設計為可滯蓄水體之雨水花園及停車空間	
德國 Kronsberg	水處理服務處 高速公路部門	—	—	Kronsberg 生態社區提供城市綠色廊道的形成，社區於排水系統設計上運用雨水最大遲滯、最小逕流及最大下滲等策略，以削減開發後逕流量	
臺灣 臺北市	臺北市政府工務局 水利工程處	臺北市區 透水鋪面試驗	1.試驗 2.防洪	於文山區行政中心周邊人行道改善工程規劃透水性鋪面工程並進行成效評估，監測結果顯示當累積降雨小於 30 毫米 (mm)，透水性鋪面入滲率高達 80%，此試驗成果對於未來都市防洪治理洪峰延遲提供重要參據	
臺灣 新北市	遠東集團	—	1.景觀 2.防洪	以永續為主軸進行開發，園區規劃採用整體逕流分擔之概念，設有滯洪池(兼生態濕地)、綠屋頂、透水鋪面、植栽槽、雨水回收設備等設施。並導入高程管理做法，將停車場用地降挖使其於颱風期間自然形成滯蓄洪池。	

High Point 社區自然排水系統之特點為採用透水混凝土鋪面，降雨可匯集至草溝或經由鋪面入滲至地下，並透過下方多孔排水管以增加入滲，此外亦規劃社區型滯洪池並導入綠建築，如圖 2-1 所示。圖 2-2 中之藍色箭頭即為 High Point 社區自然排水系統之流向，扣除入滲水量所有水體均先導入滯洪池，待到達一定水位時排入 Longfellow Creek，為極佳的源頭處理設施系統。High Point 社區之自然排水系統可排除 24 小時延時之 25 年重現期距的降雨事件，滯洪池出口則採 2、25 及 100 年重現期距洪水量的分層出口設計。



資料來源：<http://bettercities.net/images/14862/drainage-diagram>。

圖2-1 西雅圖 High Point 社區自然排水系統剖面示意圖



資料來源：Natural Drainage and Landscape Maintenance Guidelines For Right-of-way and Open Space (2002)。

圖2-2 西雅圖 High Point 社區自然排水系統整體規劃示意圖

(五)德國 Kronsberg 生態社區

Kronsberg 位於德國漢諾威市的東南方，該土地座落於自然集水區範圍內，然當地政府為了要在此自然集水區建造與發展社區，因此以水資源策略方式進行開發，利用自然排水系統以減少開發帶來之衝擊。Kronsberg 生態社區提供城市綠色廊道的形成，而社區內排水系統設計運用了雨水最大遲滯、最小逕流及最大下滲等策略，上述保水概念以各種不同設計手法具體落實在區內之綠屋頂、雨水儲留、透水鋪面及蓄水池等。

(六)臺北市透水鋪面試驗

臺北市政府工務局水利工程處於文山區行政中心周邊人行道改善工程規劃透水性鋪面工程，並進行透水性鋪面成效評估。試驗結果顯示，當累積降雨小於 30 毫米，透水性鋪面入滲率高達 80%，並由其深層滲漏可知透水鋪面對於地下水補注具一定效益。惟土壤入滲多受臨前降雨影響，降雨過度集中與分析數據前數日若有降雨，則該次土層水分涵養效果則不顯著。此試驗成果可提供未來 LID 設施規劃設計之重要參據。

(七)新北市遠東通訊園區

新北市遠東通訊園區原為遠東紡織公司板橋廠及遠東高爾夫球場的舊址，經遠東集團延聘國際知名 Atelier Dreiseitl 公司重新規劃與整建後，建構成降溫、減碳的綠生態園區。本園區於民國 99 年落成開幕，為國內近年導入 LID 理念的著名案例，因其開發概念著重於「高綠覆率的人本生態環境」，故又稱為「臺北遠東 T-Park」。本通訊園區以永續為主軸進行開發，園區規劃採用整體逕流分擔之概念，全區有 40% 面積預設為公園綠地，區內建築皆以綠屋頂覆蓋，停車場採用透水性鋪面且具有滯洪功能，植栽廊道設計為植栽槽及雨水滲透帶，建築設置雨水回收機制等，並設有滯洪池兼具生態濕地，如圖 2-3 所示。園區開發提倡環境永續精神、落實基地保水概念，兼具生態與防洪效能。

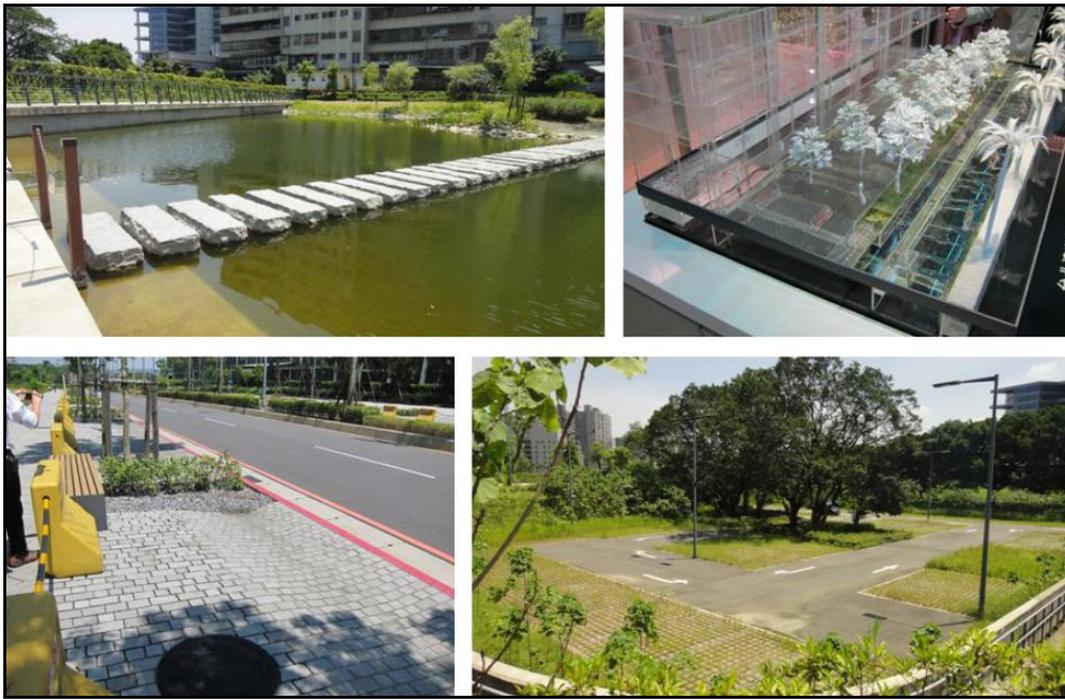


圖2-3 新北市遠東通訊園區逕流蓄存設施

二、國內外低衝擊開發設計手冊之相關手冊或規範

國外 LID 相關技術手冊綜整表如表 2-2 所示。國外對於 LID 設計係針對開發區進行整體全面性之評估與規劃，包含水文、水理及設計均有豐富之參考資料。本計畫蒐集相關案例作為相關規劃的參考依據，茲分述如下：

(一) 美國

1、紐約暴雨管理系統設施設置指南（Guidelines for the Design and Construction of Stormwater Management Systems）

紐約市環境保護局的暴雨管理系統設施設置指南，係針對都市中的暴雨逕流管理設施，提出詳細的說明與設置方式介紹，包含部分規格與現成商品圖片，是一本提供都市設計時使用相關設施來減洪的詳細指南說明書。

手冊第 1 章說明紐約市都市防洪規劃係以改善雨水下水道系統、優化現有污水下水道系統及透過綠色基礎設施以控制逕流量等方式；第 2 章說明設施尺寸設計方式（含雨水下水道系統與綠屋頂）及逕流體積減量計算方法；最後則提出利用一系列之系統聯結方式以處理逕流量，如：結合綠屋頂、雨水花園、透水鋪面及雨水下水道系統等。

表2-2 國內外低衝擊開發相關手冊或規範綜整表 (1/3)

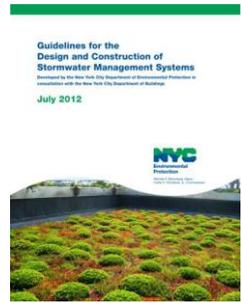
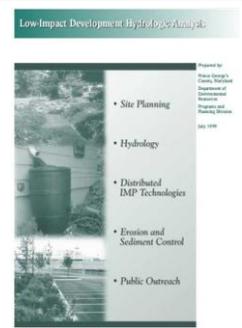
國內外低衝擊開發 相關技術手冊		主要章節內容	相關內容	
美國	Guidelines for the Design and Construction of Stormwater Management System (2012.7)	1.前言 2.暴雨管理系統尺寸決定 3.地表下系統 4.屋頂系統 5.綜合系統	紐約市都市防洪規劃係以改善雨水下水道系統、優化現有污水下水道系統及透過綠色基礎設施以控制逕流量等方式	
	Low-Impact Development Design Strategies- An Integrated Design Approach (1999.6)	1.前言 2.LID 場址規劃 3.LID 設施水文分析 4.LID 設施管理 5.LID 設施的沖蝕與沉積考量 6.LID 公眾宣傳計劃	研擬 LID 設施水文分析。其流程共分為 LID 場址設計、LID 暴雨管理需求及 LID 暴雨設計決定，並附有詳細之演算範例	
澳洲	Queensland Urban Drainage Manual (2007)	1.前言 2.暴雨規劃 3.法規 4.集水區水文 5.滯洪/蓄洪系統 6.電腦模式 7.都市排水 8.暴雨出流設施 9.明渠水力 10.水道斷面 11.環境考量 12.安全考量 13.雜項	發展 Water Sensitive Urban Design (WSUD) 理念，其主要目的包含減少用水量、增加雨水回收再利用量、減少廢水排放量、減少暴雨對水環境的污染以及地下水保護等	

表 2-2 國內外低衝擊開發相關手冊或規範綜整表 (2/3)

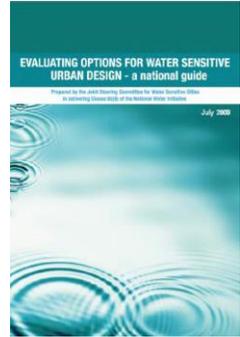
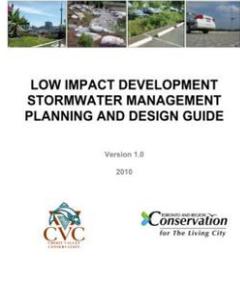
國內外低衝擊開發相關技術手冊		主要章節內容	相關內容		
澳洲	Evaluating Options for Water Sensitive Urban Design National Guide (2000.07)	<ol style="list-style-type: none"> 1.前言 2.水敏式設計元件設定 3.實現水敏式設計的選項 4.水敏式設計評估 5.水敏式設計風險與議題 6.水敏式設計監測 7.水敏式設計細部材料 			
加拿大	Low Impact Development Stormwater Management Planning and Design Guide (2010)	<ol style="list-style-type: none"> 1.前言 2.規劃步驟納入暴雨管理 3.LID 設施 4.暴雨管理 LID 設施結構設計 5.監測 	<p>說明 LID 需納入土地管理規劃，並提出成功案例，最後建議維護管理所需之監測系統</p> 		
中國	深圳市低影響開發雨水綜合利用技術基礎規範(2012.04)	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <ol style="list-style-type: none"> 1.前言及範圍 2.低影響開發理念 3.低影響開發的發展 4.總則 5.低影響開發目標 6.設計資料 </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <ol style="list-style-type: none"> 7.設計標準 8.低影響開發規劃 9.工程性設施設計 10.施工安裝 11.工程質量管理與驗收 12.運行管理 </td> </tr> </table>	<ol style="list-style-type: none"> 1.前言及範圍 2.低影響開發理念 3.低影響開發的發展 4.總則 5.低影響開發目標 6.設計資料 	<ol style="list-style-type: none"> 7.設計標準 8.低影響開發規劃 9.工程性設施設計 10.施工安裝 11.工程質量管理與驗收 12.運行管理 	<p>針對 LID 設施的運行管理與維護應制定相應機制，包含：雨水花園、透水路面、綠屋頂、草溝、入滲設施、滲透井管、滲透窪地及滲透溝等</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1.前言及範圍 2.低影響開發理念 3.低影響開發的發展 4.總則 5.低影響開發目標 6.設計資料 	<ol style="list-style-type: none"> 7.設計標準 8.低影響開發規劃 9.工程性設施設計 10.施工安裝 11.工程質量管理與驗收 12.運行管理 				

表 2-2 國內外低衝擊開發相關手冊或規範綜整表 (3/3)

國內外低衝擊開發 相關技術手冊	主要章節內容	相關內容
建築基地保水設計 技術規範修正規定 (101.07.01)	1.依據 2.目的 3.用語定義 4.適用範圍 5.評估基準 6.透水鋪面相關規定 7.滲透排水管設計 8.滲透陰井設計 9.滲透側溝設計 10.花園土壤雨水截流設計 11.景觀貯集滲透水池設計 12.地下貯集滲透設計 13.基地保水設計審查之相關資料及文件	針對人工地盤花園貯流設計、被覆地、草溝、塊狀透水鋪面、整體性透水鋪面、貯集滲透空地、滲透排水管、滲透陰井、滲透側溝、景觀貯集滲透及地下貯集滲透等，建立之保水量計算
建築物雨水貯留利用設計技術規範 (101.06.27)	1.依據 2.目的 3.用語定義 4.適用範圍 5.雨水利用氣候分區 6.評估指標 7.評估積物基準 8.指標計算法 9.計算雨水貯留利用率之相關規定 10.雨水貯留利用設施之安全維護管理注意要點 11.建築物雨水貯留利用設計審查相關資料及文件 12.建築物雨水貯留利用設計計算實例	提供建築物全年雨水貯流利用評估指標之統一計算方法及評估基準，以規劃雨水儲水槽容積
社區及建築基地減 洪防洪規劃手冊 (稿) (102.09)	1.緒論 2.減洪防洪設施執行及管理需求 3.都市型洪災防治理念及內涵 4.環境分析及規劃目標 5.整體規劃的概念 6.配置方案 7.維護及長期監測 8.減洪設施成效評估 9.基本範例評估 10.案例規劃及評估	規劃社區及建築基地減洪防洪手冊，說明社區及建築基地減洪防洪規劃分別採用積點成效評估及簡易水文模式評估。簡易水文模式評估採用修正合理化公式，計算開發前後之逕流體積差異，以得知基地內所需滯洪空間



2、馬里蘭低衝擊開發策略（Low-Impact Development Design Strategies – An Integrated Design Approach）

本手冊由 Prince George's County, Maryland, Department of Environmental Resources Programs and Planning Division 所編撰，其中所採用水文模式係以美國水土保持局（Soil Conservation Service, SCS）的方法進行降雨逕流演算，藉由逕流歷線反應 LID 設施設置前後之差異，以瞭解尖峰時間與洪峰流量之變異關係。該手冊提供一套水文分析流程圖，其流程共分為 3 部分，包括：LID 場址設計、LID 暴雨管理需求及 LID 暴雨設計決定，並附有詳細之演算範例，以供水利工程師可迅速瞭解 LID 水文分析流程。

（二）澳洲

1、昆士蘭都市排水手冊（Queensland Urban Drainage Manual）

澳洲昆士蘭州政府提出的都市排水設計手冊分為 5 冊：第 1 冊為都市水文與排水系統架構與法規政策等上位層面之說明，主要規劃對象以都市地區為主；第 2 冊為降雨逕流計算與滯蓄洪容量說明，包含滯蓄洪設施與出入流工設計方式與注意事項；第 3 冊為都市區整體雨水排水系統說明，包含雨水下水道、道路側溝、排水管涵等設施；第 4 冊為水工結構物基本機制與概念解說，含明渠、箱涵等設計說明；第 5 冊為生態保育、維護管理與安全手冊。

澳洲昆士蘭州政府依據國家水量管理策略（National Water Quality anagement Strategy）進行都市地區之逕流量管理，其管理內容如下所示：

- （1）針對已開發或開發中地區進行出流量管理。
- （2）回收雨水與再利用。
- （3）採用水敏式都市設計（Water Sensitive Urban Design, WSUD）。
- （4）依據當地相關水文分析成果，進行都市地區出流管制。
- （5）針對都市地區之出流量進行觀測與評估。

2、水敏式設計評估選項（Evaluating Options for Water Sensitive Urban Design – a National Guide）

由於都市地區對於水較為敏感（sensitive），因此澳洲對於都市開發計畫，研擬出水敏式都市設計（WSUD），為綜合都市水循環、供水、廢水、暴雨、地下水管理、都市設計及環境保護之指南，並多次應用於澳洲之部分都市，亦即將上述特性導入都市規劃與設計，以同時達到逕流減量、水質處理及提升市容。

（三）加拿大：低衝擊開發暴雨管理規劃與設計指南（Low Impact Development Stormwater Management Planning and Design Guide）

加拿大多倫多之 LID 設施規劃與設計指南，包含：第 1 章綜論；第 2 章說明 LID 納入土地管理規劃之概念方式；第 3 章提出成功案例之說明；第 4 章提供詳細的各項設施設計原則、方法、操作範本等供使用者參考；第 5 章提出維護管理所需之監測系統建議。本手冊偏向微處理貯留設施介紹，但內容完整詳細，可供都市地區規劃小型貯留設施參考。

該技術手冊於第 2 章說明，規劃都市防洪過程中，針對雨水處理部份需遵守以下原則：

- 1、雨水即資源需回收利用。
- 2、雨水處理設施之規劃需與土地利用及環境一體化。
- 3、開發中土地需與其它用地（如：停車場、景觀植栽槽及道路等）進行雨水處理設施結合，以達分擔逕流量功用。
- 4、雨水處理設施需與社區或公共空間做完整結合，亦可達分擔逕流量功用。
- 5、雨水處理設施規劃應盡可能降低後續維護管理需求，同時亦須維持該設施之使用年限。
- 6、雨水處理設施需結合景觀設計，以提高市容美觀。
- 7、辦理公眾教育訓練，讓民眾瞭解雨水處理設施之目的與功用，以提高社區民眾意識。

(四) 中國：深圳市低衝擊開發雨水綜合利用技術基礎規範

中國市政工程中南設計研究總院編撰之深圳市 LID 雨水綜合利用技術基礎規範，規定深圳市 LID 雨水綜合利用工程的設計過程、設計目標、設計資料處理、設計標準、非工程性技術和工程性設施規劃、工程性設施的設計、施工安全、工程質量管理與驗收和運作管理等要項。

本規範同時提供 LID 設計案例（市政道路、公共建築及商業區），可供相關規劃作業人員迅速瞭解該技術基礎規範之操作流程。於本技術手冊第 12 條規定說明，針對 LID 設施的運行管理與維護應制定相應機制，除禁止向設施傾倒垃圾、生活污水及工業廢水外，於雨季來臨前應對各設施進行嚴格檢查、清掃及清淤，並須滿足景觀設計要求。此外，更針對雨水花園、透水路面、綠屋頂、草溝、入滲設施、滲透井管、滲透窪地及滲透溝等，制定詳細的維護管理重點及檢查週期。

(五) 臺灣

1、建築基地保水設計技術規範

民國 101 年內政部營建署修訂建築基地保水設計技術規範，本規範依據建築技術規則建築設計施工篇第 307 條第 2 項規定訂定之，主要為降低區域洪峰與減少洪水發生率，提供基地保水設計方法與施工標準。該技術規範並針對人工地盤花園貯流設計、綠被覆地、草溝、塊狀透水鋪面、整體性透水鋪面、貯集滲透空地、滲透排水管、滲透陰井、滲透側溝、景觀貯集滲透及地下貯集滲透等設施，建立之保水量計算方法，如表 2-3 所示。

2、建築物雨水貯留利用設計技術規範

民國 101 年內政部營建署修訂建築物雨水貯留利用設計技術規範，本規範依據建築技術規則設計施工篇第 319 條第 2 項規定訂定，主要為提供建築物全年雨水貯流利用評估指標之統一計算方法及評估基準。

表2-3 各類保水設計之保水量計算及變數一覽表

項目	各類保水設計之保水量 Q_i (m^3)	保水量 Q_i 式	變數說明
常用保水設計	綠地、被覆地、草溝保水量 Q_1	$Q_1=A_1 \cdot f \cdot t$	A_1 ：綠地、被覆地、草溝面積 (m^2)，草溝面積可算入草溝立溝周邊面積
	透水鋪面計保水量 Q_2	連鎖磚型 $Q_2=0.5 \cdot A_2 \cdot f \cdot t + 0.05h \cdot A_2$ 通氣管結構型 $Q_2=0.5 \cdot A_2 \cdot f \cdot t + 0.03h \cdot A_2$	A_2 ：透水鋪面面積 (m^2) h ：透水鋪面基層厚度 (m) ≤ 0.25 (若基層為混凝土等不透水鋪面，則 $f=0$)
	花園土壤雨水截留設計保水量 Q_3	$Q_3=\text{MIN}(A_3 \cdot f \cdot t, 0.42 \cdot A_3)$ MIN：括弧內取小值	A_3 ：人工地盤花園土壤面積 (m^2) V_3 ：花園土壤體積 (m^3)，最多計入深度 1 公尺以內土壤
特殊保水設計	貯集透空地或景觀貯集滲透水池設計保水量 Q_4	$Q_4=A_4 \cdot f \cdot t + V_4$	A_4 ：貯集滲透空地面積或景觀貯集滲透水池可透水面積 (m^2) V_4 ：貯集滲透空可貯集體積或或景觀貯集滲透水池高低水位間之體積 (m^3)
	地下貯集滲透保水量 Q_5	$Q_5=(A_5 \cdot f \cdot t) + r_i \cdot V_5$	A_5 ：貯集設施地表面積 (m^2) V_5 ：蓄水貯集空間體積 (m^3) r_i ：礫石貯集設施為 0.2，專用蓄水貯集框架為 0.8，但礫石貯集最大只能計入地表深度 1 公尺以內之體積
	滲透排水管設計保水量 Q_6	$Q_6=(8 \cdot x^{0.2} \cdot k \cdot L \cdot t) + (0.1 \cdot L)$	L ：滲透排水管總長度 (m) x ：開孔率，為滲透排水管之開孔面積與其表面積之比 k ：基地土壤滲透係數 (m/s)
	滲透陰井設計保水量 Q_7	$Q_7=(3.0 \cdot f \cdot n \cdot t) + (0.015 \cdot n)$	n ：滲透陰井個數
	滲透側溝保水量 Q_8	$Q_8=(a \cdot k \cdot L \cdot t) + (0.1 \cdot L)$	L ：滲透側溝總長度 (m) a ：側溝材質為透水磚或透水混凝土為 18.0，紅磚為 15.0
註解：			
1.變數說明			
f：基地最終入滲率 (m/s)。			
k：基地土遠滲透係數 (m/s)；係指土體完全飽和時，水在土體的流動能力，應在現地進行土壤滲透試驗求之，或以表層 2 公尺以內土壤認定。應先依建築技術規則建築構造編第 64 條的規定做鑽探調查，將鑽探結果中表層 2 公尺以內土壤之「統一土壤分類」取得 f 值，f 值介於 $10^{-5} \sim 10^{-7}$ 。有多孔鑽探資料不一致時，由技術或建築師之經驗依資料分佈取其代表值。未符合規定條件而無需做鑽探調查者，可由鄰地鑽探資料判斷，或以其表土狀況依建築師經驗判斷之取得 f 值。			
t：最大降雨延時 (秒)，取 86400 秒 (24 小時)			
2.上述「滲透排水管」 Q_6 、「滲透陰井」 Q_7 、「滲透側溝」 Q_8 公式標準均以一個標準尺寸來做為設計與計算標準。			

其雨水儲水槽容積規劃 W_r 可表示如下式：

$$W_r = N_s \times R \times A_r \times P$$

W_r ：雨水儲水槽容積規劃（公升/日）；

N_s ：儲水倍數；

R 為日平均降雨量（毫米/日）；

A_r ：集雨面積；

P 為日降雨機率。

3、社區及建築基地減洪防洪規劃手冊

民國 101 年內政部建築研究所完成社區及建築基地減洪防洪規劃手冊，本手冊旨在建構社區及建築基地減洪技術與防洪強化措施，希冀可在社區或建築基地之水患防治工作上，提供減洪措施規劃之參考，並可進一步作為日後法規及規範制定之重要參考依據。本手冊包含：手冊導覽、簡述都市型洪災防治理念與內涵、減洪技術與防洪設施設計圖說說明、減洪設施選定配置、案例提供及簡易成效評估等 6 章節。

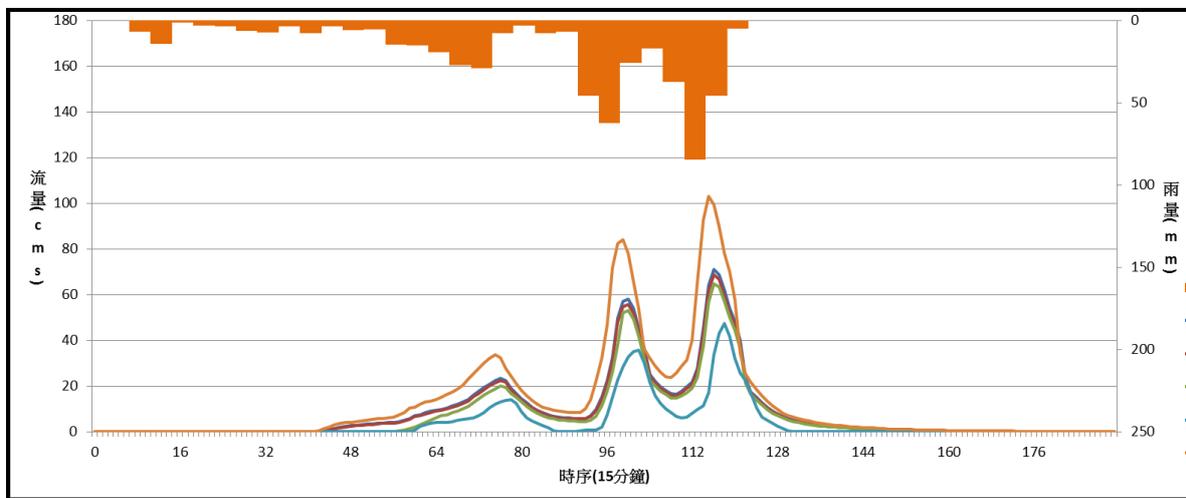
該規劃手冊說明社區及建築基地減洪防洪規劃分別採用積點成效評估及簡易水文模式評估。積點成效評估係指，若基地面積為 100 平方公尺且基地開發後之地表為完全不滲透型態，則積點成效為 0 點，而藉由評估個別雨水流出抑制積點，使其減洪恢復成開發前型態，即需滿足 100 積點成效。

三、國內外研究文獻

（一）數值模擬分析

臺灣大學土木所邱昱嘉及徐硯庭等（2013），運用 SWMM 模式探討 LID 設施大量運用於都市化地區的減洪效應。該研究以中永和地區為例，使用民國 66、85 及 95 年該區土地利用使用分區為基礎，分別採用貝蒂（1972）、賀伯（1996）以及納莉（2001）之降雨量，研究 LID 導入後的減洪效果，研究中將 LID 設施分為低、中、高 3 種密度導入都市

區。以納莉（2001）之降雨組體為模式降雨事件，LID 設施導入前後中永和地區全區域總逕流出流歷線如圖 2-4 所示，由圖中可知，當中永和地區大量使用 LID 設施確能有效消滅都市暴雨逕流所造成的洪峰流量。此外，該研究中更進一步探討滯洪公園在都市化地區的減洪效應，研究中依據民國 44 年公告的中永和都市計畫，保留當時規劃於都市中的 7 座公園作為滯洪公園使用，其模擬後之區域總出流歷線如圖 2-4 中淺藍色線所示，結果顯見，滯洪公園消滅洪峰的效果更加顯著。該研究成果顯示，如能應用 LID 概念於都市計畫設計階段，保留大面積滯洪公園的設置空間，將能大幅度提升都市減洪能力，實現透水城市的目標。



納莉颱風雨量 — 低密度導入LID設施 — 中密度 — 高密度 — 滯洪公園 — LID導入前流量

圖2-4 低衝擊開發設施導入都會區之減洪效益分析—以中永和為例

王雯雯(2012)以深圳市光明新區為研究區域，根據實地監測資料，建立暴雨雨水管理模式(SWMM)，模擬都市化前後和加入LID設施(鋪設透水磚和下凹式綠地)等不同情境的水文過程，評估城市化對流域水文過程的影響，不同LID措施對於洪水控制的作用及傳統排水管網載流規模的差別。結果顯示，都市化後流域洪峰流量顯著增大、洪峰時間提前、逕流係數變大，鋪設透水磚和採用下凹式綠地均可緩解水管網的排洪壓力、削減洪峰流量、減小逕流係數，兩者組合實施可以更好的發揮控制流量的作用，增加雨洪資源的利用量。

(二) 試驗模擬分析

前人對 LID 單元試驗可大致分為 (1) 推求逕流減少量與 (2) 求定滲透係數 K。對於滲透係數 K 試驗有不少的文獻，例如透水磚的滲透係數，河北大學宋志斌等人 (2008)、張振秋 (2003) 藉由找出透水磚較佳的滲透係數，用以決定最優配比。

1、實地試驗研究

對於 LID 效用的實地試驗，在國外有許多案例，例如綠屋頂對直接逕流量的減少比例，因地處位置而會有些許不同，但平均大約為 63% (Dietz, 2007)。進行過綠屋頂監測的案例不少，如：瑞典的 Augustenborg (Bengtsson et al. 2005)、美國的奧瑞岡 Oregon (Hutchinson et al. 2003)、密西根 Michigan (Monterusso et al. 2004)、北卡 North Carolina (Moran et al. 2004) 等地。

美國康乃狄克 Waterford 的 Jordan Cove 都會集水區計畫，曾進行傳統雨水管理設施與 LID 設置的比較。其 LID 設施包含一連串的植生溝、生態滯留單元、透水鋪面等，對於傳統暴雨排水設施，觀測到逕流與污染物均大幅增加；但對於 LID 的排水區域，逕流量與氮磷等水質項目，污染程度幾乎沒有增加 (Dietz and Clausen 2007)。

2、試驗場試驗研究

Alfredo et al. (2010) 在試驗場中建立所謂的原型 (prototype) 試驗設施，利用 122 公分×61 公分的木箱作為載台，探討綠屋頂設計在設定的人工降雨條件對出流量的影響，發現綠屋頂比傳統的屋頂設計，出流減少量可達 22~70%，另外利用 SWMM 模式建立綠屋頂的模擬，用以與試驗結果比較。Lucas et al. (2012) 在廣東的深圳建立不同的綠屋頂與生態滯留單元的試驗設施，探討不同的介質與土壤特性對出流機制的影響，以了解水文歷程與污染移除的現象。

四、國內都市暴雨特性及管理現況

(一) 暴雨特性

臺灣年總雨量約為 2,500 毫米左右（氣象局傳統測站平均值），主要來自梅雨和颱風（王鑫等，2011），臺灣約 79% 年雨量集中於每年的 5~10 月（水利署，2002），因此在觀察季節性分佈時，將年雨量分為豐雨期（5~10 月）及枯雨期（11 月~翌年 4 月）。降雨空間分佈上以山區降雨量最多，東、北部地區其次、西南部降水較少，離島降水最少。臺灣各地的平均降雨量波動趨勢與颱風雨季的平均降雨量變化趨勢大致相同，而且越往南部、離島地區，兩者的趨勢越明顯；而臺灣北部降雨量變化，除了受颱風控制外，冬、春和初夏等時間東北季風帶來的鋒面系統，亦是影響臺灣北部降雨量的重要因子；相較之下，臺灣中南部的最主要降水來源，乃是來自於夏、秋兩季颱風的降雨。以下就臺灣長期降雨量變化、降雨日數及降雨強度說明臺灣降雨特性。

1、降雨量長期變化

盧與麥（2003）利用臺灣測站與 Dai et al.（1997）提供的長期月雨量資料分析 1920~1995 年的雨量長期變化，認為臺灣年平均降雨量 75 年來無明顯之線性變化趨勢。

然就分區觀察，北區長期的趨勢是增加的但西南區卻是減少的。Hsu and Chen（2002）利用臺灣全島共 8 個氣象站之觀測資料得到的結果顯示，臺灣地區降雨量出現南北不一致之變化，北部降雨量呈現增加而於南部則是漸少的現象；汪中和（2004）分析中央氣象局 21 個測站在 1940~2003 年間的月雨量資料亦得到相似之結果，其分隔水文線約略在新竹及花蓮間。換言之，南北降雨量差距也有趨於擴大的情形，推測與全球暖化加劇有關。全球平均年降水量未來變化推估值在空間與區域分布的差異極大，原本多雨的地區降水可能增加，而較為乾燥的副熱帶地區在未來會變為更乾燥少雨，使副熱帶半乾旱地區向兩極區略有擴展，中高緯度則由於往極區的水氣輸送增加而有更多的

降水，特別是北半球（臺灣氣候變遷報告，2011）。

此外，如就降雨期觀察，由於全球暖化加劇，陸地在增溫方面較海洋明顯，因而導致亞洲冬季季風環流可能變弱，臺灣地區冬季雨量的減少趨勢可能與此現象一致；夏季則因為水氣量增加，將助長水氣的傳送，可能使亞洲夏季季風區的降雨增加。因此，臺灣未來原本多雨的豐雨期間雨量將會增加而枯雨季節則雨量減少，呈現兩極化，亦即雨季越濕而乾季越乾（臺灣氣候變遷報告，2011）。

2、降雨日數的長期變化

整個臺灣的平均降雨日數的長期變化是持續遞減，許等（2000）利用大氣環流模式分析臺灣地區之降雨量部分有呈現北增南減之現象，年降雨日數有明顯減少之趨勢。

汪中和（2004）分析中央氣象局 21 個測站的 1940~2003 年的月雨量資料，如依降雨期來觀察，臺灣整體豐雨期與枯雨期的降雨日數比值為 54：46，期間豐雨期降雨日數下降的幅度較快。另以區域來說，北區的降雨日數在豐雨期與枯雨期的比值是 46：54，只有豐雨期的降雨日數趨勢略微下降，枯雨期沒有明顯趨勢；西南區的豐枯比值為 68：32，豐雨期降雨日數減少的趨勢最嚴重；東部地區的豐枯比為 51：49，而豐雨期及枯雨期的降雨量趨勢都呈明顯下降趨勢。

3、降雨強度的長期變化

由於整個臺灣地區降雨量長期看來並未有顯著的降低趨勢，但降雨日數卻持續的減少，因此「降雨量／降雨日數」比值（單位時間的降雨量；毫米/天）有逐漸擴大趨勢。臺灣地區的平均年降雨強度是 16.1 毫米/天，平均降雨強度自 1940~2003 年間的長期變化是明顯的持續遞增，與降雨日數的變化型態剛好相反。以區域而言，降雨強度在北部及東部都是明顯且快速的增加中。西南部地區則較無明顯趨勢，顯然該區降雨量及降雨日數同步遞減抵消了降雨強度的增加（汪中和，2004）。

(二) 國內都市暴雨管理現況

1、基地保水觀念進行降雨源頭處理

針對降雨源頭處理，內政部營建署依相關法規制訂「建築基地保水設計技術規範」、「建築物雨水貯留利用設計技術規範」與「建築物生活雜排水回收再利用設計技術規範」等行政規則。

「建築基地保水設計技術規範」主要係依據建築技術規則建築設計施工篇第 307 條第 2 項規定訂定之。目的係以改善土壤生態環境、調節環境氣候、降低區域洪峰、減少洪水發生率，提供建築基地涵養雨水及貯留滲透雨水的設計標準，並提供基地涵養水分及貯留滲透雨水能力的基地保水指標 λ ，以及提供基地保水設計方法與施工標準等；適用範圍主要包括學校、高層建築物及實施都市計畫地區建築基地綜合設計之新建建築物等（內政部營建署，建築基地保水設計技術規範，2011）。

「建築物雨水貯留利用設計技術規範」與「建築物生活雜排水回收再利用設計技術規範」則係依據建築技術規則設計施工編第 17 章第 319 條第 2 項規定訂定之。目的為促進水資源有效利用，提供建築物雨水回收再利用之設計標準，且手冊中提供建築物全年雨水貯留利用評估指標之統一計算方法及評估基準；適用範圍主要針對總樓地板面積達 10,000 平方公尺以上之新建建築物為主（內政部營建署，建築物雨水貯留利用設計技術規範，2008）。

2、雨水下水道設施進行逕流處理

目前國內對於都市暴雨管理之解決辦法大致上仍然停留在大型滯蓄洪設施和雨水下水道排水的觀念，其中又以雨水下水道排水系統為現行都市暴雨管理最常使用的工程手段，原則上仍是企圖利用雨水下水道系統將地表逕流快速傳導排入下游排水設施，屬於都市暴雨管理中水文循環末端的逕流處理。

內政部營建署編著「雨水下水道系統規劃原則檢討（2010）」以

及「雨水下水道設計指南（2010）」係提供營建署及縣市政府辦理各都市計畫區之雨水下水道系統規劃之用，其中包含規劃作業流程、水文分析原則、水力計算以及系統設施規畫原則。目前國內都市雨水下水道排水系統依其都市規模及未來發展，因屬小尺度，規劃採用短延時的降雨強度設計（約 2 小時），設計降雨強度為 3~5 年 1 次頻率降雨強度，降雨強度約在 70~90 毫米/小時之間，因地區而有所不同。

自 1991 年起由中央政府分別研擬雨水下水道第 1、2 期建設計畫，逐年編列預算予以興建。2006 年 5 月開始執行「易淹水地區水患治理計畫」，其中雨水下水道經費為新臺幣 60 億元，計畫分 8 年（2006~2013 年）、3 個階段實施。另配合行政院「振興經濟擴大公共建設投資計畫」研擬「加速都市雨水下水道建設計畫」，特籌編列特別預算 68 億元以加速建設雨水下水道設施，改善都市計畫地區排水瓶頸及容量不足問題。

臺灣地區雨水下水道歷經數十年的建設已具規模，經統計截至 2013 年底雨水下水道幹支線已完成規劃長度為 6,785.02 公里，2013 年累計已完成建設長度共 4,650.68 公里。其中，臺北市完成 522.15 公里、新北市 628.74 公里、臺中市 564.27 公里、臺南市 574.45 公里、高雄市完成 608.64 公里，其餘各縣市總計完成 1,748.78 公里，雨水下水道建設實施率則為 68.54%，其中以臺北市實施率 96.69% 為最高。

3、區域排水規劃及審議控管逕流排放

經濟部水利署水利規劃試驗所於 2008 年 11 月為辦理排水管理辦法第 11 條的規定，擬定「中央管區域排水計畫書審議技術規範」，並於 2014 年 8 月完成修訂。目的為實施中央管區域排水計畫書之審查制度，提供中央管區域排水計畫書之通用性準則與設計參數，以建立其調查、規劃、設計及審查等技術準據。凡基地面積達 2 萬平方公尺以上，以及基地排水出口連接之水道尚未完成實施排水治理計畫等皆須提送排水計畫書。受審之對象包括基地開發之土地開發人、經營人、使用人或所有人（經濟部水利署水利規劃試驗所，中央管區域排水排

水計畫書審查作業要點，2014)。

4、流域綜合治理落實流域內出流管制

經濟部依據 95 年 1 月 27 日公布施行之「水患治理特別條例」，編列特別預算 1,160 億元辦理「易淹水地區水患治理計畫」，該條例及該計畫分別於 103 年 1 月 28 日屆滿及 102 年年底執行完畢。惟因近年來，極端降雨事件發生頻繁，未治理完成地區仍受水患威脅，需長期持續推動辦理相關治理工作，考量「易淹水地區水患治理計畫」執行 8 年期間各主要淹水地區均已完成流域綜合治水規劃，可據以辦理治理工程。為加速治理進度，經濟部乃於 103 年持續研擬下一階段流域綜合治理計畫，並編列特別預算，由各中央目的事業主管機關執行，且得委辦、委託或補助地方或農田水利會執行，俾利能持續推動治理，並於 103 年 1 月 14 日立法通過「流域綜合治理特別條例」。

其中第 9 條為落實流域內出流管制，加速達成符合綜合治水目標之土地合理利用，擴大治水效益，辦理土地開發或變更使用相關計畫應進行流域出流管制。明訂土地開發利用或變更使用計畫應以不增加下游排水系統負擔為原則，並不得妨礙原有水路之集、排水功能，且不能阻礙其上游地區之地表逕流通過。

五、相關計畫蒐集與評析

(一) 都市總合治水綱要計畫

內政部營建署擔負都市發展建設、國土資源規劃、利用與管理之責，近年來積極整合現有資源，透過都市計畫法與建築管理技術法規持續落實防洪減災，並配合建構雨水下水道系統，以保護人民生命與財產之安全，然而都市防洪所牽涉層面及議題甚廣，需跨領域整合規劃推動，故為確保國土資源永續利用，提高整體調適能力，內政部營建署已於 103 年 7 月份完成「都市總合治水綱要計畫」，期基於我國環境特性、體制、資源、研發與實務能量，提出都市總合治水架構及策略，作為推動都市總合治水之基石。

(二) 中和地區低衝擊開發導入規劃 (新北市政府水利局, 2014)

近年來隨著都市經濟的迅速發展，人為設施不斷地興建，致使不透水面積持續增加，集水區逐漸喪失應有的保水能力，導致地表逕流量與洪峰流量大幅增加。同時，面對全球環境日益嚴苛，氣候變遷造成都市地區更大的防洪壓力。為減緩人類活動造成的環境變化及潛在衝擊，在暴雨逕流管理中，新北市政府水利局考量 LID 策略的理念納入到開發行為當中，以降低開發行為對環境所造成的衝擊，已是全球趨勢，故期望藉由對中和地區 LID 的導入規劃，成為未來導入 LID 之參考範例，並提出 LID 應用於全市策略及建議。

(三) 降雨非點源污染最佳管理技術 (BMPs) 手冊 (行政院環保署, 2013)

表 2-4 「降雨非點源污染最佳管理技術 (BMPs) 手冊」內容綱要

章次	章名	內容綱要
第一章	前言	1. 參考依據 2. 手冊訂定目的 3. 手冊名詞定義 (包含非結構性最佳管理技術) 4. 入滲型設施之設計須考量下列場址條件和限制
第二章	結構性最佳管理設施	1. 透水性鋪面 2. 入滲池 3. 地下入滲床 4. 入滲溝 5. 雨花園 6. 入滲乾井 7. 過濾設施 8. 植生溝 9. 植被過濾帶 10. 入滲堤 11. 綠屋頂 12. 雨水貯集系統 13. 人工濕地 14. 溼式滯留池 15. 乾式滯留池 16. 水質過濾設備 17. 水岸緩衝帶修復
附件	場址土壤入滲試驗	1. 場址評估和土壤入滲試驗 2. 入滲系統設計與施工指南 3. 場址評估檢核表單

環保署於民國 85~88 年期間共編撰 5 本不同類型之暴雨非點源最佳管理作業規範。於 102 年度依據前述之最佳管理作業手冊並參採國外最佳管理手冊，始嘗試將 LID 設施概念納入國內非點源污染管理措施，並研訂各種暴雨非點源污染最佳管理措施之選用準則及污染控制效果，編撰「降雨逕流非點源污染管理技術 (BMPs) 手冊」(內容詳見表 2-4)，

包括：最佳管理技術之使用時機、干擾及維修、逕流水質/尖峰率控制效果等，可供相關機關將來進行開發計畫時，納入非點源污染管理之考量，並遵循技術指引之規範要求及技術手冊之操作方法。

環保署 102 年度所編訂「降雨逕流非點源污染管理技術 (BMPs) 手冊」雖已列舉各種非點源污染管理技術相關規範，惟其中有關逕流減量體積及入滲率之計算公式，係參照引述美國相關文獻，尚缺本土化驗證，故環保署目前仍持續辦理相關技術規範研擬工作。

(四) 氣候變遷下都市地區滯洪空間之規劃 (內政部建築研究所，2012)

針對都市地區提出增加滯洪空間之四大策略，分別為使用公共設施、利用法定空地、建築物增加雨水貯留設施或採綠建築設計，以及透過土地使用分區變更等，來增加都市地區的滯洪空間，且需要相關法令與審議制度的配合。實際推動方式則建議可結合大型企業共同參與，納入高程管理計畫，在擬定都市計畫或通盤檢討時，配合擬定「都市水空間需求計畫」或「都市暴雨管理計畫」，而推動時機可透過都市更新或建物重建及整建，導入 LID 設施與綠基盤建設的方式。

(五) 社區及建築基地減洪防洪規劃手冊研擬 (內政部建築研究所，2012)

本計畫蒐集、分析國內外相關社區及建築基地防洪措施、減洪技術及其理論模式外，並參照國內外的實施現況與成果以及技術規範等，再配合國內已有的淹水潛勢資料及研究成果等，進而建構社區或建築基地減洪措施擇選方式、配置規劃設計與成效評估步驟，並據以建置完整社區及建築基地減洪技術與防洪強化措施技術參考手冊，另配合完成之國內案例配置設計及其成效評估，期能在社區或建築基地水患防治規劃工作上，提供決定適當的減洪措施參考以利進行設計，據以減輕水患對人民生活之衝擊，並進一步可作為日後制訂法規及規範之重要參考依據。

（六）利用公園及學校設置滯洪設施及貯留洪水再利用之研究（內政部建築研究所，2009）

彙整國內外常用之滯洪設施，並整合綠建築評估指標、都市暴雨逕流、災變緊急供水之相關設計方法與概念，對於公園與學校設置滯洪設施實際進行容量設計及成效可行性評估，除了滯洪優先之規劃原則外，還考慮了雨水再利用的功能，並研擬「建立公園、學校滯洪及貯留利用設計手冊」。證實公園、學校設置滯洪設施並與排水系統連結具有一定減洪成效。

六、相關政策與法規蒐集與評析

（一）中央法規

1、LID 導入個別建築開發主要透過建築技術規則管理

近年我國為因應氣候變遷，賡續透過建築技術規則編修，增加住居地區防洪能力。相關條文包括：

- （1）民國 102 年 1 月 17 日頒布的建築設計施工編第 4 條之 3，要求都市計畫地區新建、增建或改建之建築物，其雨水貯集量體計算方式以申請建築基地面積乘以 0.045（立方公尺 / 平方公尺）計算，並依該量體設置雨水貯集滯洪設施。
- （2）綠建築專章內建築設計施工編第 298 條，為促進建築基地涵養、貯留、滲透雨水功能要求新建建築物開發，新建建築物應具備原裸露基地涵養或貯留滲透雨水之能力。依據同編第 305 條，建築基地保水指標須大於 0.5 與基地內應保留法定空地比率之乘積。

2、第 4 條之 3 規定訴求基地開發逕流增加內部化處理而第 305 條訴求基地涵養、貯留、滲透雨水功能

由表 2-5 所示，建築設計施工編第 4 條之 3 主要係從防洪觀點思考建築基地開發後產生之逕流影響應全部或局部由內部吸收，不再完全外部化處理；而建築設計施工編第 305 條主要訴求透過基地保水，

達到讓水以一定流速滲透循環於大地，產生多元效益。因此，其相關貯留設施不包涵以筏基內設置水池或儲水槽。

3、非都市土地開發審議作業規範

- (1) 第 21 條 基地開發不得妨礙上、下游地區原有水路之集、排水功能。基地內凡處於洪氾區之任何設施皆應遵照水利法之規定。
- (2) 第 22 條 基地開發後，包含基地之各級集水區，以 25 年發生 1 次暴雨產生對外排放逕流量總和，不得超出開發前之逕流量總和。並應以 100 年發生 1 次暴雨強度之計算標準提供滯洪設施，以阻絕因基地開發增加之逕流量，有關逕流係數之採用，得參考行政院農業委員會訂頒之水土保持技術規範，並取上限值計算。
- (3) 第 23 條 基地開發後，基地排水系統在平地之排水幹線（如箱涵、野溪）應依據 25 年發生 1 次暴雨強度設計，排水支線（如涵管）應依據 10 年發生 1 次暴雨強度設計，排水分線（如 U 型溝）應依據 5 年發生 1 次暴雨強度設計。

(二) 地方法規

各地方政府對於防洪及基地保水之規範原則上仍是依循中央法規之標準。由表 2-6 可知，新北市政府、臺南市政府、高雄市政府以及「臺北市市有新建建築物設置雨水回收再利用實施要點」等法規，原則上是依循建築設計施工編第 4 條之 3 的概念，係從防洪觀點切入，認為建築基地開發後產生之逕流應全部或局部由基地內部吸收；而「臺北市公共設施用地開發保水作業要點」則如同建築設計施工編第 305 條之概念，主要訴求透過雨水貯留、滲透的相關工法，產生有利於環境、景觀的多元效益。

表2-5 建築設計施工編防洪及基地保水相關條文比較綜理表

	適用範疇	立法精神	設置標準	設施內容及設置位置
第 4 條之 3	都市計畫地區 新建/增建/改建建築基地面積 ≥ 300 平方公尺	提昇都市防洪能力	申請建築基地面積 (A) $\times 0.045$ (m^3/m^2) 量，設置雨水貯集滯洪設施	<ul style="list-style-type: none"> 水池或儲水槽 (地下層或筏基內) 以管線或溝渠收集雨水，並連接至建築基地外雨水下水道系統 (屋頂、外牆面或法定空地)
第 305 條	新建建築基地面積 ≥ 300 平方公尺	促進建築基地涵養、貯留、滲透雨水功能	0.5 與基地內應保留法定空地比率之乘積	<ul style="list-style-type: none"> 直接滲透設計 (植生溝、植栽帶、滲透排水管、滲透井、滲透溝、透水鋪面、樹箱過濾器)，主要設置於地面層。 貯集滲透設計 (雨水桶、蓄水池、生態滯留單元、綠屋頂)，除蓄水池設置於地下外，於設置於地面層以上。

表2-6 地方政府防洪及基地保水相關條文規範比較綜理表

院轄市	法條	適用範疇	立法精神	設置標準	設施內容及設置位置
臺北市	臺北市市有新建建築物設置雨水回收再利用實施要點 (101.06.27)	臺北市市有新建建築物	減少雨水資源浪費，並有效利用水資源，提昇都市防洪能力	雨水貯留利用率，應參照建築技術規則建築設計施工編綠建築專章之相關規定	<ul style="list-style-type: none"> 水池或儲水槽 (地下層或筏基內) 以管線或溝渠收集雨水，並連接至建築基地外雨水下水道系統 (屋頂、外牆面或法定空地)
	臺北市公共設施用地開發保水作業要點 (95.07.21)	臺北市公共設施用地，基地面積及新建 (或改建) 之建築面積在 800 平方公尺	促進涵養貯留滲透雨水	依據「臺北市公共設施用地開發保水設計技術規範」(開發後用地保水量/原用地保水量) $\geq (1 - \text{法定建蔽率})$	<ul style="list-style-type: none"> 直接滲透設計 貯集滲透設計
新北市	新北市都市計畫規定設置雨水貯留及涵養水分再利用相關設施申請作業規範	都市計畫地區新建建築基地	提昇都市防洪能力	<ul style="list-style-type: none"> 最小貯留量以建築申請基地面積$\times 0.05$ 計算貯留體積 允許放流量以建築申請基地面積乘以 1.9×10^{-5} 計算之 設計放流量範圍應介於 0.85 倍允許放流量及允許放流量之間。 	<ul style="list-style-type: none"> 水池或儲水槽 (地下層或筏基內) 以管線或溝渠收集雨水，並連接至建築基地外雨水下水道系統 (屋頂、外牆面或法定空地)
臺南市	臺南市低碳城市自治條例第 18 條	建築基地大於 300 平方公尺者，新建、增建或改建之 5 層樓以下非供公眾使用之住宅區及商業區建築物	提昇都市防洪能力	雨水貯集設計容量不得小於新建、增建或改建部分之建築面積除以法定建蔽率後，再乘以 $0.01 \sim 0.045$ (m^3/m^2) (係數依建築面積而定)	<ul style="list-style-type: none"> 水池或儲水槽 (地下層或筏基內) 以管線或溝渠收集雨水，並連接至建築基地外雨水下水道系統 (屋頂、外牆面或法定空地)
高雄市	高雄市綠建築自治條例	總樓地板面積 10,000 平方公尺以上者	提昇都市防洪能力	貯集容積應達建築物開挖面積 20 年重現期 4 小時短延時之降雨量	建築物地下筏式基礎坑或擇基地適當位置設置

第參章、關鍵問題探討

一、低衝擊開發設施導入與推動之課題探討

(一) 操作手冊導入都市規劃之課題

1、新市區建設缺少公私合營思維，喪失以系統性水資源經理創造環境附帶效益機會

新市區建設對於都市防洪工程、城市建築規劃以及環境景觀保護美化應有更大的規劃空間。為達到提升都市防洪能力同時兼顧保護區域環境之目的，新市區建設時，除於公共空間建構公共滯洪空間外，建築區塊則可透過建築開發措施或規範設置雨水花園或地表面的雨水貯留設施，建構滯洪第一道防線，其後以明渠方式與公共滯洪空間串接，架構起城市水綠基盤，進而達到優化區域微氣候環境。

然因缺少公私合營思維，喪失創造環境附帶效益機會。以臺南市平實營區重劃區為例：初期為保留中央公園大樹，無法滿足區域滯洪需求，冀透過周邊建築基地協作滯洪負擔，故於設計初期期望以建築開發配套措施於中央公園周邊建築基地設置雨庭園或雨水貯留設施，建構滯洪第一道防線，架構計畫範圍水綠基盤，建立被動式環境基盤；爾後，公共工程設計建議以明渠方式與中央公園滯洪設施串接，可延續綠意亦提昇了社區景觀美質效益，亦可達到淨化水質及減低熱島效應效果，規劃概念如圖 3-1 所示。惟涉及開發時程、周邊建築用地開發權益與主管單位無法確保私權內滯洪設施功能維續，故無法透過公私合營方式滿足地區滯洪需求，且之後各建築坵塊內之保水及滯洪量等回歸建築技術規範及綠建築等相關條文規範，坵塊滯洪後之排水再導入設計滯洪池內蓄留。

2、建成區推動空間難覓，且大容積設施限縮原都市活動的設定

高度開發之都市地區，土地多已建成，可利用空間相對有限，尤其是老舊社區之道路及人行道空間都較為狹小或加蓋違規情況之故，

可供利用空間更加受限。過去都市計畫係以人口衍生都市活動，再衍生需求作為土地使用設定之基礎，故公共設施用地範疇內往往未考量滯洪所需。雖公園、綠地、停車場、學校等公共設施用地可優先導入LID設施，但若採大容積設施，可能限縮原使用功能的設定，因此如何結合工程、建築及景觀等3面向，是未來導入建成區之重要課題。

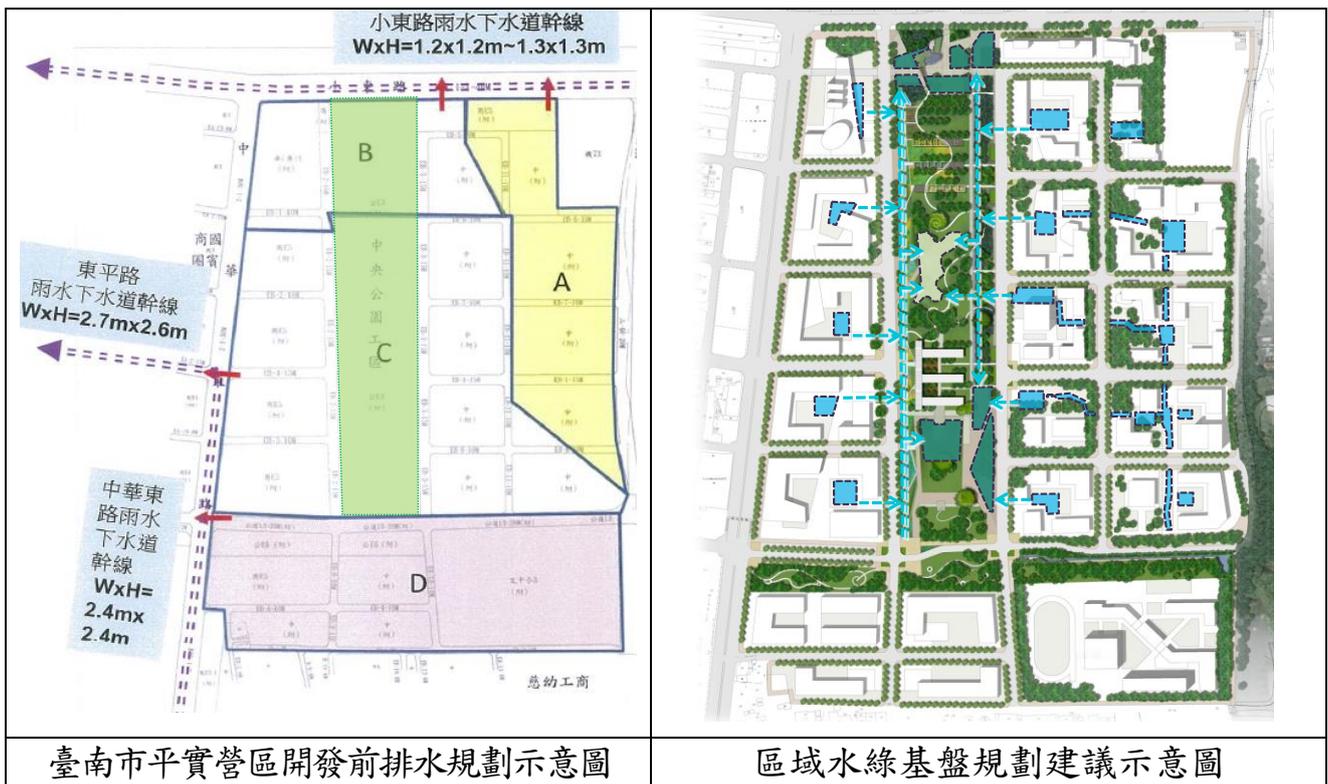


圖3-1 社區滯洪空間規劃示意圖

(二) 後續維護管理及經費籌措之課題

1、釐清後續維管之權責歸屬與經費籌措

LID 設施設置後，後續維管的權責歸屬、人力與經費籌措等問題將接踵而來。考量一旦全面性推動 LID，相關維管工作將大幅提昇，在政府人力有限情況下，難以負擔所有的設施維護管理工作。又或 LID 設施位於公有地或私有地上，則亦需考量其維護管理權責與機制是否會不同。因此，公部門除須釐清權責歸屬，研提可行之維管機制及財源籌措方式外，相關政策宣導或提供補助等配套，以提高民眾投入相關維護管理工作，亦同等重要。

2、導入後續稽核制度

若 LID 設施設置於私有地，為確保設施功能可正常發揮，除需有良好的維護管理措施之配合，尚須導入稽核制度，由公部門確保可永續利用。

(三) 相關配套措施研擬之課題

1、提升民眾參與意願

LID 設施在推動過程中，雖以公有地推動優先導入，若僅利用公有空間設置相關措施，則雨水滯留效益相對有限，難以大幅提高 LID 之功能，故亦應針對私有地推動 LID，惟此舉將涉及民眾權益，包括：民眾是否願意提供空間施作 LID 設施、相關設置費用該如何分擔及後續管理維護之權責等問題，將是公部門必須面對的課題。

2、現行法令政策之配合

近年內政部修正包括「建築技術規則建築設計施工編」第 4 條之 3 及第 305 條等法規，均已納入貯留及保水與 LID 概念相同之規定，另包括臺北市、新北市在內的部分縣市政府亦訂定雨水貯留設施相關規定。本計畫目的在建立一本技術手冊，然 LID 技術之應用包含公共設施如：公園、道路、運動場等，私有建物如：建築物雨水貯留、綠屋頂等，上述開發行為對象目前均屬於不同法令規範項目，因此本手冊未來的法源依據、法令位階應如何設定歸屬尚需釐清。

二、低衝擊開發設施於暴雨管理中功能探討

(一) 低衝擊開發設施於暴雨管理中面臨之課題

1、低衝擊開發手冊編擬之課題

(1) 建立符合臺灣降雨特性之低衝擊開發設施單元設計原則

LID 設施為美國馬里蘭州喬治王子郡在 1990 年代初期所發展，其各項設施設計原則皆依據該地之降雨特性訂定之，故無法直接移植應用於國內暴雨管理系統中。本計畫可以依據臺灣降雨

特性，利用本計畫之試驗成果以及各項 LID 設施單元數值模擬元件，適地適性擬定符合臺灣降雨特性之設計原則。

(2) 數值模擬元件多為黑盒子模式無法評估 LID 設施單元效能

多數數值模式 LID 模擬元件屬於 1 個黑盒子 (black box) 模式，無法得知內部演算過程以及洪峰量的消滅情形，亦即無法評估 LID 設施效能，故本計畫將各項 LID 設施概念化，並開發各項低衝擊開發設施單元數值模擬元件 (LID Elements)，模擬通過 LID 設施前後之流量變化，形成 1 個可以正確模擬各種不同 LID 設施組合後之效能的水文水力數值模擬元件。

2、低衝擊開發設施於暴雨管理中功能之課題

(1) 低衝擊開發設施設計標準

國外應用 LID 之主要目標為低回歸週期且為短延時之暴雨事件，概因國外應用地區其降雨量少且降雨強度低之特性；然臺灣降雨量豐沛，近年來受氣候變遷影響，小區域的強降雨事件發生可能性增高，故於國內應用 LID 設施時，應討論於較高回歸週期的降雨事件下，是否能有效降低進入下水道之水量，以維持其效果，並應研究臺灣過去數十年降雨特性，分析合宜之降雨逕流體積，作為 LID 處理目標之標準，且可基於此標準建立設計原則。

(2) 不同的都市開發階段將影響低衝擊開發於暴雨管理之定位

如圖 3-2 所示，都市開發所處的開發階段不同，其相對應的 LID 尺度及規模亦有所不同，例如：以區段徵收或市地重劃辦理都市計畫階段，可以透過規劃提供大面積的滯洪空間；或公共工程設計興闢階段，可針對道路（含車道、人行道）公園、綠地、廣場等用地，系統性導入水環境 LID 設施；都市設計審議申請或建築執照申請，則僅能以單一基地開發導入 LID 設施後，再銜接至都市雨水下水道等排水系統。綜上，未來於實際執行面，將因應都市不同的規劃或開發階段，在 LID 設施導入城鄉及都市設計的尺度與規模上，採取不同思維。

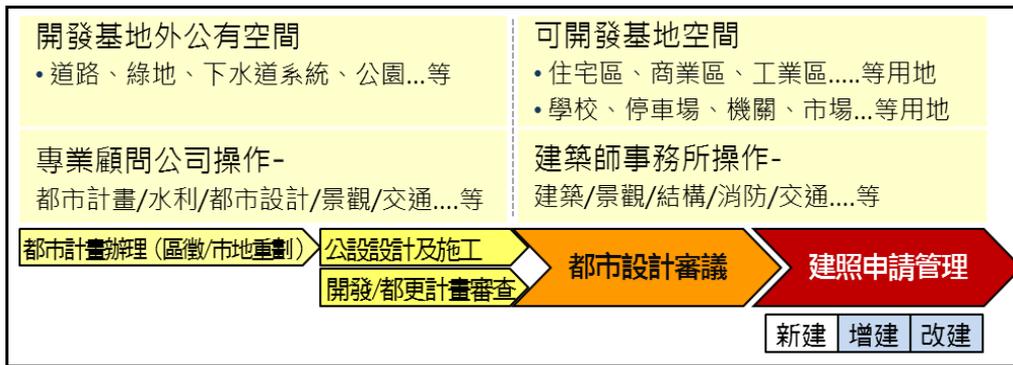


圖3-2 不同開發方式與開發階段對照示意圖

(二) 低衝擊開發設施於暴雨管理中之角色定位

1、以都市水文特性觀點探討

LID 政策其中之一項目的乃為恢復未開發前之逕流狀態。在概念上，過去之開發行為因採用之設計與工法，均會造成不透水鋪面的大量使用而使水文條件改變，流域內入滲量及降雨損失比例大幅降低，造成逕流量增加，也使得水力效率提高，地表逕流迅速集中，造成都市洪水的威脅。開發行為所造成之環境負面影響即是對於整體社會的外部性，如未適當採取因應減緩行為，有其故意過失，當採用此概念時，依據法規對於侵權損害賠償的基本要求是回復原狀，故政策上應要求開發前後之逕流狀態達到水文上無負面影響之效果。然以臺灣之狀態，過去數十年來大多區域均已高度都市化，原有之生態水文狀態均已破壞殆盡，政策上如僅要求開發前後無負面影響，對於環境之效益不大，故在都市流域規劃上之目標，應訂定欲達成之目標狀態，作為設計工作及政策規範制定之參考。

由於各集水區條件各異，包括：地形、坡度、水文條件等均有所不同，故開發前狀態之界定應以假設地表開發狀態為主，其餘條件不變。考慮合理性與可行性，本計畫預計將開發前狀態假設為低度開發，模擬情境初步考慮為低密度住宅區、已開墾之完善水土保持土地、草原等狀態，以集總式計算方法（如美國水土保持局的 CN 逕流推估法），待決定之議題包括：情境之選擇、目標回歸年、是否將現有排水系統納入，抑或以自然排水條件等計算分析，以求得原始之水

文逕流狀態，作為政策目標基礎。

以單一開發基地而言，其目標將藉由基地之相關 LID 設施，在目標回歸年之降雨條件，達到逕流量管制之作為，基地開發造成超出開發前條件之直接逕流量部分，為基地需分攤之責任逕流量，將以此作為規範要求。在主管機關以集水區作為責任部分，概念亦同，則需探討既有開發條件達成開發前水文狀態恢復之可行性，作為區域排水規劃之參考。

2、以都市規劃及開發面向探討

(1) 低衝擊開發設施導入建築基地的設計容受度，明顯受建築開發基地建蔽率、開挖率影響

本計畫的 LID 設施有生態滯留單元、植生溝、樹箱過濾設施、透水鋪面、滲透側溝/滲透陰井、雨水桶及綠屋頂等 7 項。導入開發基地時會囿於設計條件不同，各設施可置入基地的設計區位亦大不相同（如圖 3-3），如：生態滯留單元/雨水花園、植生溝等設施設置於地面層且具入滲效果之非開挖區的效益較佳。除綠屋頂與雨水桶之外，其餘 LID 設施導入建築基地開發將明顯受地面層開放空間及非開挖區疊合區位的大小所影響，而綠屋頂則會受非地面層（屋頂或露台）的大小所影響。

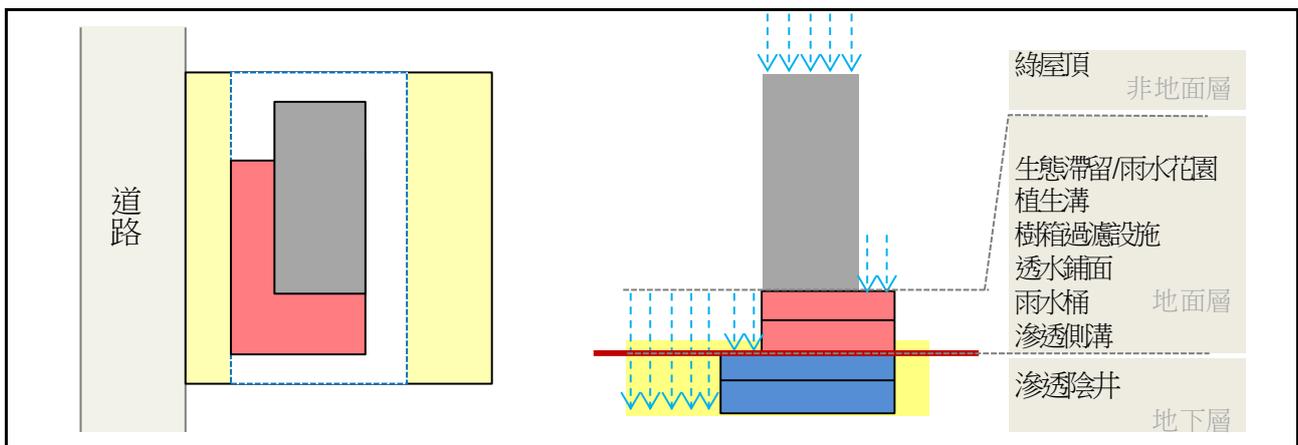


圖3-3 基地開挖率影響低衝擊開發設施入滲效益示意圖

因此，LID 設施導入建築基地的設計容受度，明顯會受建築開發基地建蔽率、開挖率影響。換言之，地面層非開挖面的開放

空間或非地面層（屋頂或露台）的大小，將影響 LID 設施於基地內的設計容受度，而開挖率的大小亦將影響蓄水池設計條件或設施的入滲效益。

(2) 不同土地使用分區及實質開發行為將影響水環境低衝擊開發設施導入容受度

- ◆ 民國 102 年 1 月 17 日頒布之建築技術規則建築設計施工編第 4 條之 3 雨水貯集設計容量係以申請建築基地面積 $\times 0.045(m^3/m^2)$
- ◆ 建築技術規則第 305 條規定其建築基地保水指標(建築基地應具備原裸露基地涵養或貯留滲透雨水之能力) $\geq 0.5 \times (1 - \text{法定建蔽率})$
- ◆ 淡海新市鎮第 1 期細部計畫建築物及土地使用分區管制要點(內政部 103.1.13 臺內營字第 1030800222 號函核定新北市政府 103.1.29 北府城都字第 10301157381 號公告)規範最小透水率 = $(1 - \text{最大地下開挖率}) \times 50\%$

有關基地雨水貯集、保水、透水管理規定，參酌上列各點所述，瞭解目前管理方式多有不同思維，其中淡海新市鎮第 1 期係以開挖率管控透水率，顯然已察覺地下開挖對入滲及透水的影響甚鉅。因此，建築開發基地導入 LID 指標或制度建立如何貼近真實開發行為或照顧地域差異，將是提高指標之可執行及操作性的關鍵。

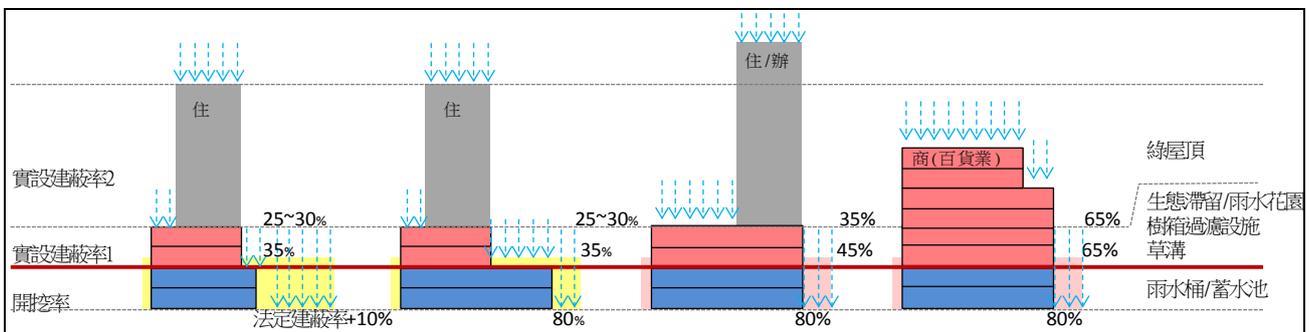


圖3-4 不同使用分區建築建蔽率差異示意圖

就貼近真實開發行為而言，法定建蔽率的訂定通常係考量建築使用行為，如：住宅區建蔽率低，商業區因商業行為而容許較

高建蔽率(圖 3-4)。此外，商業區與住宅區之開放空間因使用目的不同，設計亦不相同，商業區因需吸納大量使用強度，故偏好以硬鋪面設計含容多元活動；住宅區設計側重生活壓力的紓解與休閒生活愜意的塑造，故有較多綠化的考慮。

隨著國民生活水準提昇，帶來多元商業活動，除地方商業與大型百貨商場外，其餘旅館、商辦等均無須透過極大化地面層空間設計爭取商業效益，故商業區實質建蔽率多為 40~50%；而住宅開發產品則因營建技術的躍進與國民(及法規)對住宅通風與採光品質的要求，非透天式住宅產品(約為 8 層樓以上)實質設計建蔽率約落點於 25~40%間，均有遠小於法定建蔽率(約 50%)狀況，而透天式產品則多可能貼近 40~50%。

另一方面，就照顧地域差異而言，法定容積率則係地方政府考量各種社會、經濟因子，而賦予基地不同的開發權利。

因此，若僅以法定建蔽率或單純分區思考 LID 指標設計容受度，將難以拉昇 LID 設施在友善環境的表現能力，並適應因地區條件所產生之開發差異。尤其，建築基地開挖率之規定於各縣市行政執行差異下，除臺北市、新市鎮外，其餘地方的開挖率往往高達 70~80%。因此需進一步討論如何調適指標等級或分數，以適地適性滿足開發行為。

(3) 歸納國內主要建築產品類型，探討 LID 指標或制度建立照顧地域差異與貼近真實開發行為的可能性

由於 LID 設施擘劃主要係針對都市地區降雨管理提出建築基地保水與蓄水能力的策略。因此，為滿足此研究目的，針對國內主要建築產品類型歸納所需的相關研究案例，將以臺灣目前 6 直轄市為範疇。而案例取得方式，本計畫原先欲透過地產資料、建照資料等進行搜尋，但實際取得之資料均不健全，故擬透過各縣市政府受理的都市設計審議報告書蒐集基礎資料後再彙整研析，冀能對指標訂定有更適切、適地的討論。

第肆章、 研析作業方式

一、工作執行流程

本計畫蒐集分析國內外 LID 開發案例及計畫、設計手冊或規範、國內都市暴雨特性資料、國內相關法規以及試驗、模擬相關學術文獻，以釐清 LID 設施導入及推動課題與探討其於暴雨管理之功能，並進一步提出 LID 設施操作手冊架構。其後，於設施單元效能評估工作之試驗工作完成初步成果後，辦理第 1 次專家座談會，整體操作手冊草擬階段將於期中報告定案前辦理 3 次專家座談會，廣納國內外專家學者意見修訂手冊內容。過程中將同時以淡海新市鎮以及陽明山國家公園馬槽休憩區做為案例操作示範，並即時回饋修正於訂定評估指標等支持手冊編擬之重點研究項目。完成案例操作示範後，會辦理 7 場成果說明會。

本計畫大致可將工作項目分為「水環境低衝擊開發設施操作手冊核心內容」、「支持低衝擊開發操作手冊編擬之重點研究」以及「低衝擊開發操作手冊導入及推動措施」等 3 大部分，工作執行流程如圖 4-1。

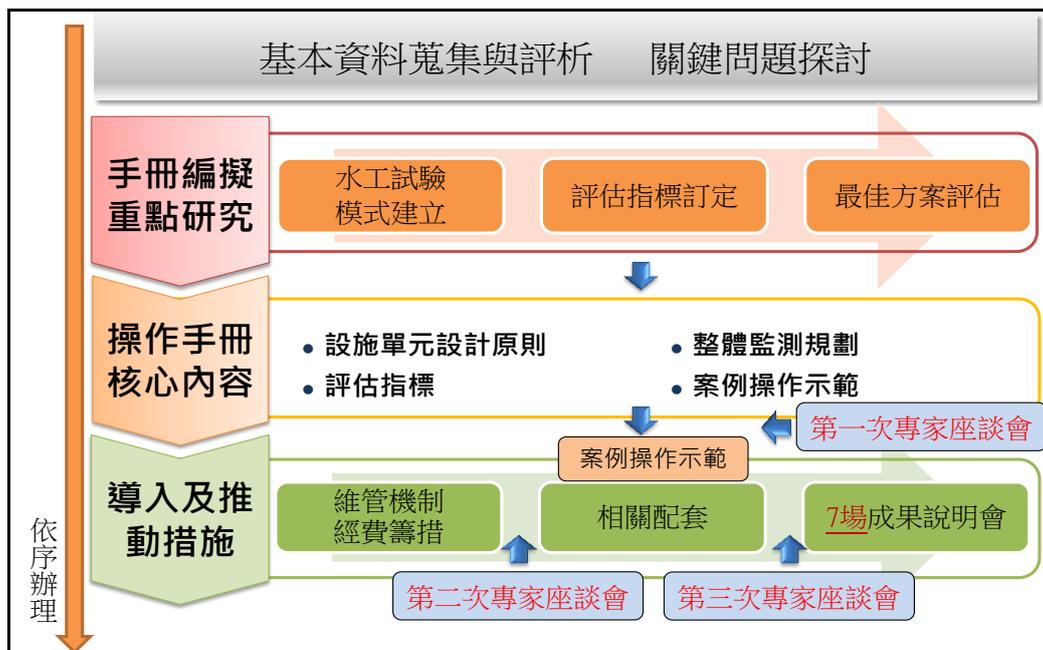


圖4-1 工作流程圖

二、低衝擊開發設施操作手冊架構

本計畫之核心為擬訂水環境低衝擊開發設施操作手冊，俾供工程人員規劃設計之用，本操作手冊架構如表 4-1，未來 3~5 年將依據專家學者意見以及實務案例成果酌修手冊內容。

表4-1 操作手冊章節架構

章節	項目	內容說明
第壹章	手冊目標	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 手冊編撰目的 ◆ 低衝擊開發設施定位 ◆ 相關法源基礎 ◆ 適用對象
第貳章	低衝擊開發設計流程	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 資料蒐集 ◆ 水文特性分析 ◆ 開發流程步驟
第參章	低衝擊開發設施單元設計原則	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 透水鋪面 ◆ 綠屋頂 ◆ 生態滯留單元 ◆ 樹箱過濾設施 ◆ 植生溝 ◆ 雨水桶 ◆ 滲透側溝/滲透陰井 ◆ 試算表及檢查表 ◆ 監測計畫
第肆章	水環境低衝擊開發設施評估指標	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 指標建立 ◆ 設施效能評估 ◆ LID 設施單元試驗
第伍章	案例示範操作	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 單一基地操作示範建議 <ul style="list-style-type: none"> ◆ 淡海新市鎮 1 期示範區 ◆ 公共工程之操作示範 <ul style="list-style-type: none"> ◆ 淡海新市鎮 2 期示範區 ◆ 逕流型指標操作示範 <ul style="list-style-type: none"> ◆ 陽明山國家公園馬槽遊憩區（遊一）

（一）低衝擊開發設施於暴雨管理中之角色定位

LID 其中之一項政策目的，為恢復未開發前之逕流狀態。在概念上，過去之開發行為所採用的設計與工法，均會造成不透水鋪面的大量使用，而使水文條件改變，流域內入滲量及降雨損失比例大幅降低，造

成逕流量增加，也使得水力效率提高，地表逕流迅速集中，造成都市洪水的威脅。當開發者的開發行為所造成之環境負面影響，未採取適當因應減緩行為，在法理上有其過失，應可究責於該行為。當採用此概念時，依據法規之制定原則，對於侵權損害賠償的基本要求是回復原狀，故政策上應要求開發前後之逕流狀態達到水文上無負面影響之效果。然以臺灣現狀，過去數十年來大多區域均已高度都市化，原有自然水文狀態均已破壞殆盡，政策上如僅要求開發前後無負面影響，對於環境改善效益不大，故在都市流域規劃上之目標，應訂定欲達成之目標狀態，作為設計工作及政策規範制定之參考。

本研究將 LID 於暴雨管理角色定位為源頭管理 (Source Control) 之設施，以單一開發基地而言，其目標將藉由基地之相關 LID 設施，期望能使其水文條件恢復原始之開發狀態，由於各集水區條件各異，包括：地形、坡度、水文條件等均有所不同，故開發前狀態之界定，應以假設地表開發狀態為主，其餘條件不變。考慮合理性與可行性，本計畫將開發前狀態假設為低度開發，模擬情境考慮為短草、草原等狀態為標準，如為未開發或仍保有良好植栽綠地區域，則以保持原有逕流特性為目標，根據此狀態，以「求得原始之水文逕流狀態」作為政策目標基礎。

臺灣之降雨型態與尺度均與國外差異極大，加上氣候變遷使降雨強度及頻率增加，因此在高度開發之區域，受限於現實之可行性，恢復原有水文狀態在管制與達成上均有其困難性，且於都市防洪中，LID 設施係屬都市暴雨管理中之微處理設施，屬源頭控制之小尺度暴雨管理，故無法僅由 LID 設施負擔目標迴歸年降雨條件下削減暴雨逕流之責任，或取代原有排洪系統之功能，仍應以原有排水系統或區域性大型滯蓄洪池等結構性設施為主，LID 設施為輔，方為較佳之都市暴雨管理模式。在上述前提下，訂定不同開發區之保水深度與逕流型指標作為替代目標。

基於此概念，LID 之責任為部分負擔現有基礎設施的容量，於較短延時降雨量提供保水之功能性，以增加水文條件改變下之承受力。除都市暴雨管理中之角色外，LID 之附加效益還包括：水質改善、環境綠

化、微氣候調整等對於環境友善之附加功能。故 LID 為降低對環境的衝擊，期在開發的同時能夠尊重環境，並達到開發前後之水文條件的維持。

(二) 低衝擊開發管制目標與替代目標

1、管制目標

LID 之設計本為回復開發前水文狀況，但由於已開發區域之過往資料難以取得，故定義如下（其管制目標如圖 4-2 所示）：

管制目標：

- $\Delta QP \leq 0$ ：開發後洪峰流量小於原開發案之洪峰流量
- $A1 \leq 0$ ：開發後降雨事件前半段之出流歷線皆小於原開發案之出流歷線

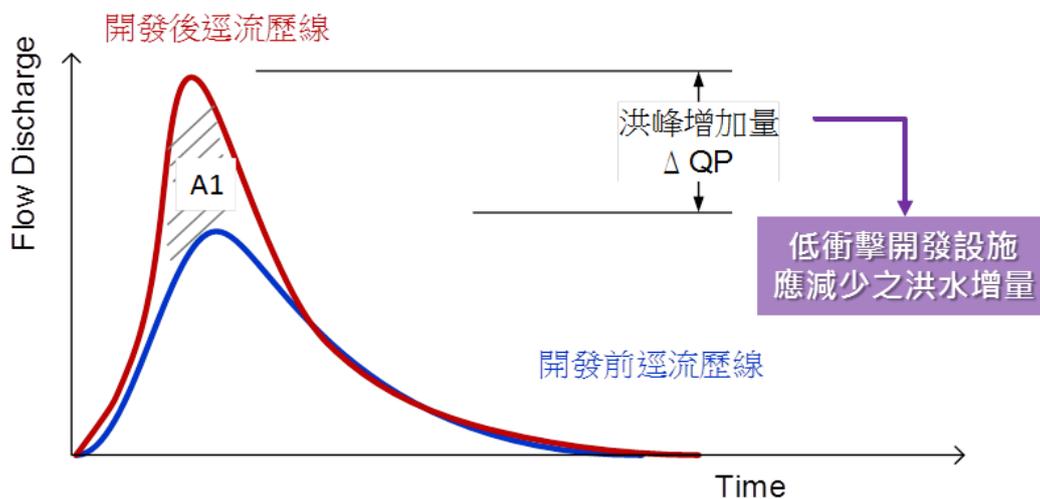


圖4-2 開發前後歷線比較

● 已開發或破壞區域

以恢復短草或草原之土地利用型態為開發前狀況。

● 如為未開發或仍保有良好植栽綠地區域

以保持原有逕流特性為目標。

2、替代目標

當管制目標難以達到時，則至少要達到替代目標，替代目標分為 2 個部份：「操作型指標」與「逕流型指標」。

操作型指標即是「保水深度的訂定」。現行建築技術規則中已有保水量之規定，而各縣市亦訂定有不同的保水深度。建築技術規則的基地保水量為 45 毫米且多半透過筏式基礎進行儲存，對環境永續發

展的效益有限。本計畫建議 LID 設施除原有保水深度外，另外要求增加 60 毫米之深度，並依照不同的開發情況，訂定不同的「環境永續效益 LID 設施（所指設施為雨水花園/生態滯留單元、樹箱過濾設施、綠屋頂、植生溝、透水鋪面等較具綠化效果之設施）」深度，亦即：住宅區 48 毫米、第 4 種與第 5 種商業區 36 毫米、其它商業區 42 毫米、產業專用區 42 毫米。

逕流型指標的定義為 LID 設施所能減少因開發行為所增加之逕流量的百分比，LID 設施導入的目標乃是透過逕流量的減少而降低開發行為所帶來之水環境衝擊，此降低衝擊程度可以量化為逕流型指標。

逕流型指標值越高表示 LID 設施可蓄存越多的降雨逕流，使該集水區的水環境受到較低的衝擊，當本指標達 100% 時，則表示所有因開發行為所增加之逕流量可在開發基地內被吸收，不會往下游傳遞，逕流量不會增加，對環境造成之衝擊最低；反之，若指標值越低則表示 LID 設施的設計僅能容納小部分之降雨逕流，集水區可能因開發行為對水環境產生極大的衝擊。經本計畫試驗及實際案例（淡海新市鎮及陽明山國家公園）操作結果顯示，透過 LID 的引進，可減少開發後之總逕流量達 60% 以上，故本計畫據此訂定 LID 設施設計目標為逕流型指標大於 60%。

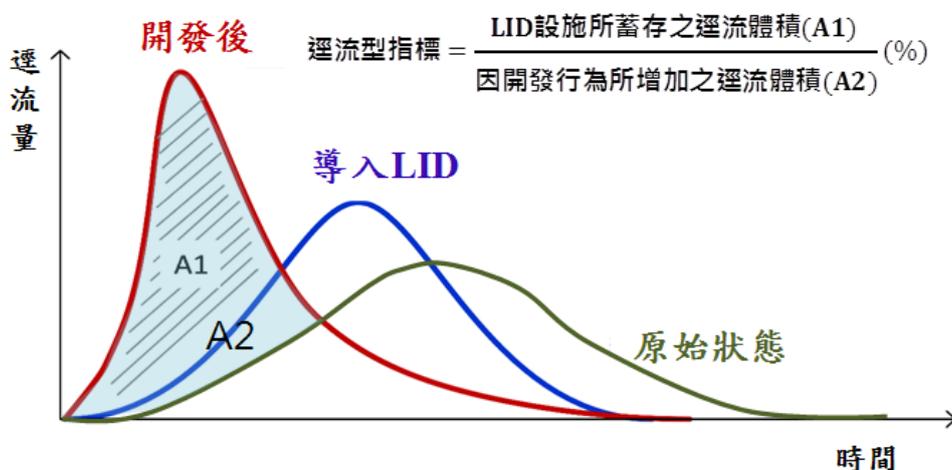


圖4-3 逕流型指標

三、水環境低衝擊開發設施操作手冊建立之重點研究

(一) LID 設施單元實驗

本計畫 LID 設施單元效能評估試驗，其目的在於協助 SWMM 模式與規劃，找出可供利用的參數。試驗單元包含：透水鋪面、土壤改良、生態滯留單元/雨水花園、樹箱過濾設施、綠屋頂、雨水桶、植生溝、滲透桶。依契約規定，實驗場數需至少進行 63 組（實際完成 144 組）。各 LID 單元試驗給予編號以利辨識，各組的試驗結果與討論分述如下：

1、透水鋪面

在透水鋪面單元，分成試驗條件配置、試驗入流量、試驗單元設置說明、討論等 4 部分，敘述如下：

(1) 試驗條件配置

本計畫以 3 種不同透水鋪面設計，配合 5、25、50 年設計暴雨入流量，在砂箱(壓克力箱)進行 9 組試驗，各組條件詳表 4-2，透水鋪面試驗單元之配置如圖 4-4 所示。

(2) 試驗入流量

在本試驗中，砂箱內鋪設面積共 120 公分×60 公分的透水磚，若以美國的經驗（Guo et al., 2010；Earles et al., 2010；Blackler and Guo, 2013；Guo, 2008），好的 LID 設計面積比例必須能夠降低逕流體積，使用有效不透水率（Effective Impervious）作為指標，推求適當的 LID 與不透水面積比例約 1/3~1/4。用 1：4 面積換算，採 120 公分×240 公分之小型集水區，集水區設定坡度 1%、 $n=0.02$ ，配合淡水雨量站之 Horner 設計雨型，以 SWMM 模擬 5、25、50 年重現期暴雨量歷線，作為試驗單元的 5、25、50 年設計暴雨入流量。圖 4-5 為以 SWMM 模式求出的砂箱 5 年重現期、降雨延時 1 小時之設計暴雨入流歷線，作為試驗的入流量，25 年（圖 4-6）與 50 年（圖 4-7）重現期的試驗入流量作法類似。

表4-2 透水鋪面各組試驗條件

編號	設計	入流之流量條件	備註
P1	本計畫 設計斷面	5年設計暴雨入流量	基層的配比为 80%碎石級配、20% <u>玻璃砂</u>
P2		25年設計暴雨入流量	
P3		50年設計暴雨入流量	
P4	本計畫 設計斷面	5年設計暴雨入流量	基層的配比为 80%碎石級配、20% <u>水陶石</u>
P5		25年設計暴雨入流量	
P6		50年設計暴雨入流量	
P7	參考人行道 透水磚鋪面 的作法	5年設計暴雨入流量	此處以「擬似排水管」模擬 (即「矩形開口」代替「排水管」) 砂箱採 50 公分×2 公分開口排水
P8		25年設計暴雨入流量	
P9		50年設計暴雨入流量	

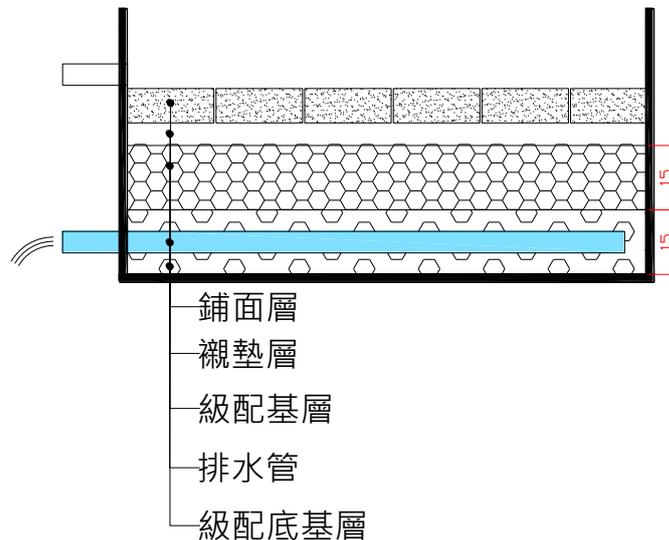


圖4-4 透水鋪面驗配置示意圖

(3) 試驗單元設置說明

以工程會透水鋪面（參考圖編號 HW-019）為例，在 120 公分×60 公分×60 公分的砂箱中進行試驗，材質為壓克力箱（圖 4-8 (a)），排水口以上鋪設 15 公分碎石級配（圖 4-8 (b)~(d)），再鋪設 1 層不織布（圖 4-8 (e)），其上鋪設細沙（大陸黃砂）5 公分（圖 4-8 (f)~(g)），再鋪上透水磚（圖 4-8 (h)~(i)），整體單元如圖 4-8 (j)，相對表 4-2 的試驗編號為 P7~P9。再改變配置方式，基層的配置有玻璃砂配置與水陶石配置兩種，相對表 4-2 的試驗編號分別為 P1~P3、P4~P6。

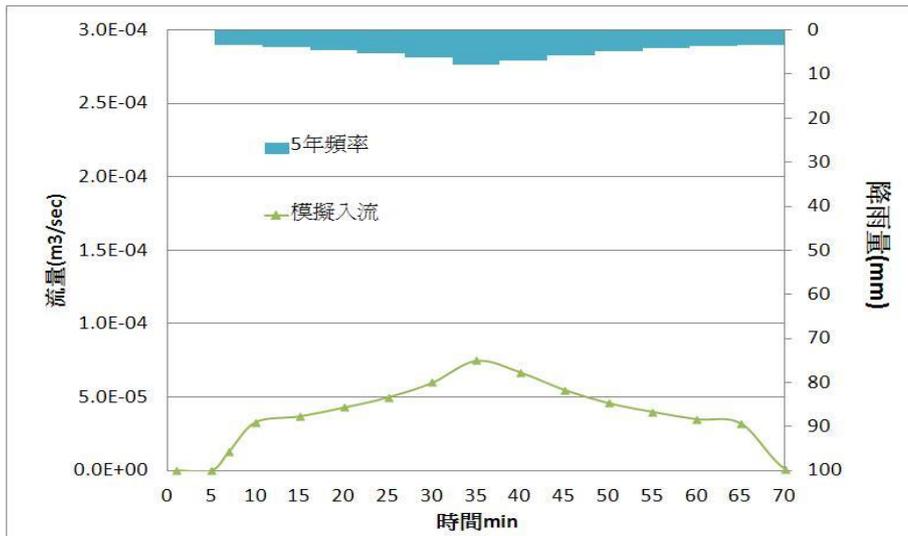


圖4-5 5年設計暴雨入流量歷線

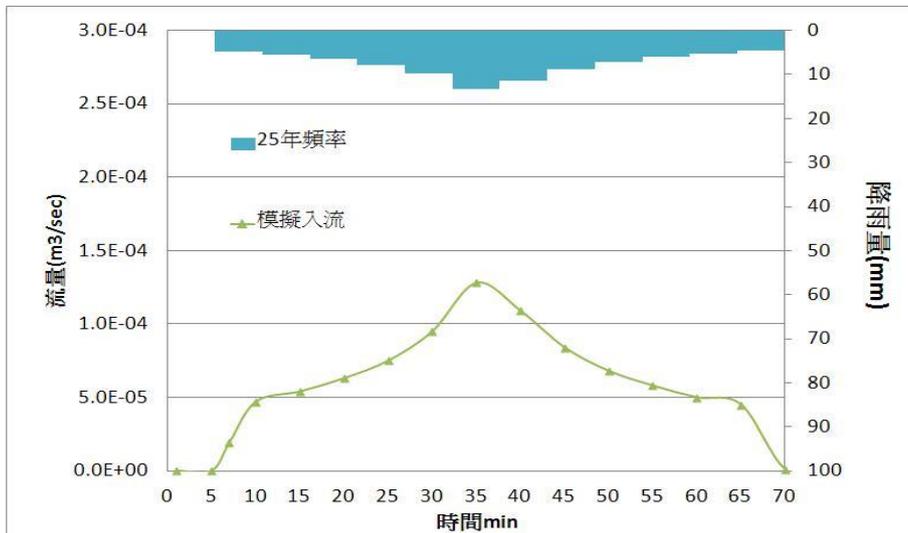


圖4-6 25年設計暴雨入流量歷線

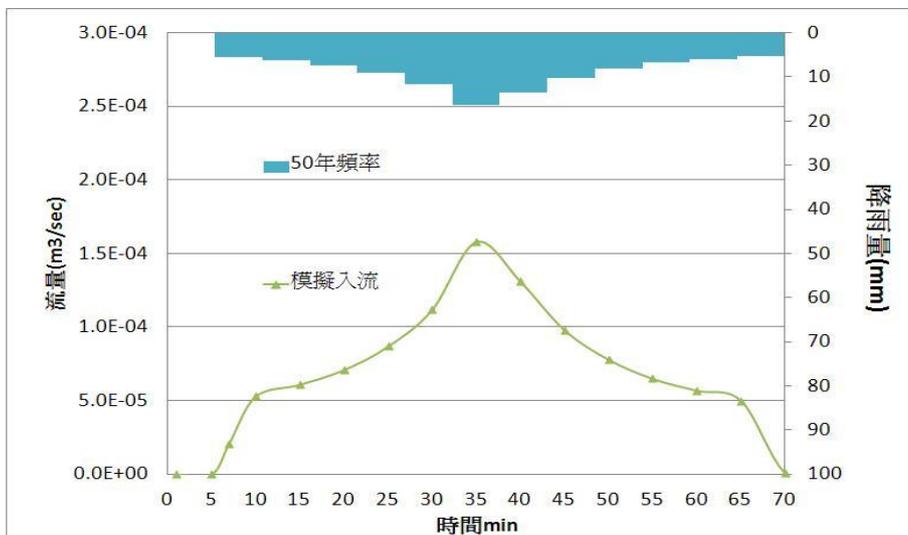


圖4-7 50年設計暴雨入流量歷線



(a) 壓克力箱
(尺寸 120 公分×60 公分×60 公分)



(b) 鋪設礫石級配



(c) 量測高度



(d) 完成示意



(e) 鋪設不織布



(f) 鋪設細沙

圖 4-8 透水鋪面試驗單元—工程會配置製作流程 (1/2)



(g)抹平達水平



(h)透水磚鋪設



(i)達水平



(j)透水鋪面試驗單元



(k)透水鋪面試驗單元入流箱、出流量之設施

圖4-8 透水鋪面試驗單元—工程會配置製作流程 (2/2)



(a) 壓克力箱
(尺寸 120cm×60cm×60cm)



(b) 壓克力鑽設滲流管



(c) 排水管及排水帶鋪設



(d) 不織布鋪設



(e) 混合層鋪設—玻璃砂



(f) 混合層鋪設—玻璃砂

圖 4-9 玻璃砂及水陶石配置製作流程 (1/2)



(g)混合層鋪設—水陶石



(h)混合層鋪設—水陶石



(i)鋪設透水磚達水平



(j)透水鋪面試驗單元



(k)透水鋪面試驗單元入流箱、出流量之設施

圖4-9 玻璃砂及水陶石配置製作流程 (2/2)

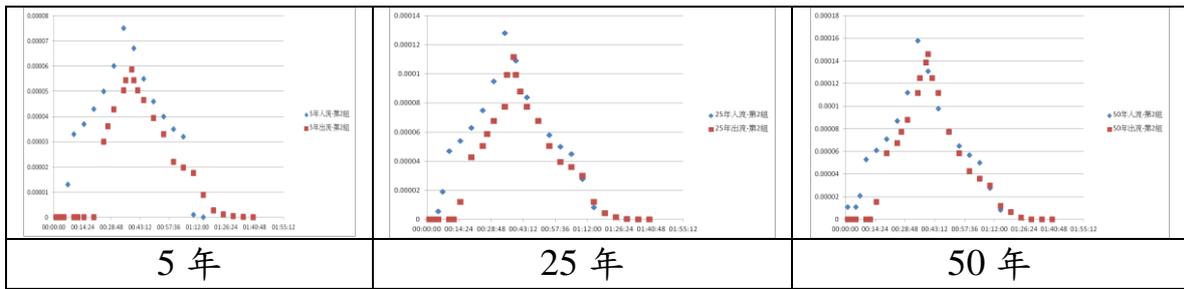


圖4-10 透水鋪面試驗單元試驗結果—配置玻璃砂 (P1~P3)

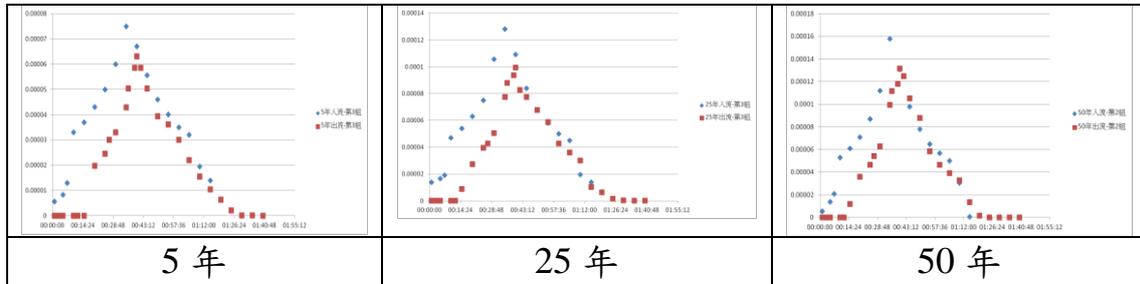


圖4-11 透水鋪面試驗單元試驗結果—配置水陶石 (P4~P6)

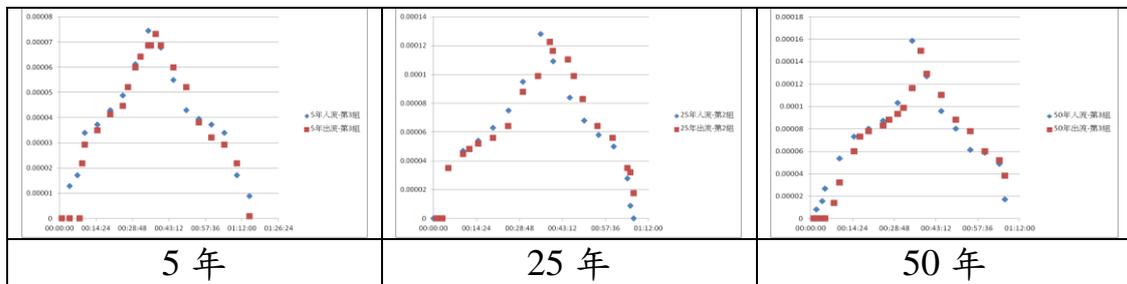


圖4-12 透水鋪面試驗單元試驗結果—工程會配置 (P7~P9)

在 120 公分×60 公分×60 公分的砂箱中進行試驗，材質為壓克力（圖 4-9 (a)），將壓克力箱置放於板車上以利移動，並於壓克力底層與板車鑽設滲流管（圖 4-9 (b)），透水鋪面採用環保透水磚（磚塊尺寸 20 公分×10 公分，厚 8 公分），試驗箱底部以上鋪設 15 公分碎石級配（底基層），並於碎石級配層內，裝設 2 吋聚氯乙烯（polyvinyl chloride, PVC）排水管（圖 4-9 (c)），再鋪設 1 層不織布（圖 4-9 (d)），其上鋪設玻璃砂配置之混合層（80%粗砂與 20%玻璃砂）15 公分（圖 4-9 (e)~(f)），視為基層，水陶石配置混合層如圖 4-9 (g)~(h)，再鋪上透水磚（圖 4-9 (i)），整體單元如圖 4-9 (j)。

施以預定設計暴雨入流量，可量測入滲的出流，全部水量入滲，沒有直接逕流，只有入滲出流。並於試驗時接上壓克力製的入流箱、出流箱（圖 4-8 (k)、圖 4-9 (k)），入流箱利用矩形堰量

測流量，例如採用 5 年設計暴雨入流量歷線，使用率定（堰頂水深對應實際流量）後的矩形堰（「堰頂水深—流量率定關係」是以單位時間的容積做流量換算，了解經矩形堰公式所算出之堰頂水深，是否和真實流量有差異）。由定水頭箱供水，對照堰頂水深以控制流量。

每種 LID 單元作 3 組試驗，取其中 1 組結果較合理者，將試驗結果繪圖，繪製入流歷線與出流歷線如圖 4-10 ~圖 4-12。完成透水鋪面試驗單元共 27 組（表 4-3）。

表4-3 透水鋪面各組試驗（27 組）

編號	入流量重現期距	配置	完成組數
P1	5 年	基層的配比： 80%碎石級配、20%玻璃砂	3
P2	25 年		3
P3	50 年		3
P4	5 年	基層的配比： 80%碎石級配、20%水陶石	3
P5	25 年		3
P6	50 年		3
P7	5 年	公共工程基本圖，圖號 HW-019	3
P8	25 年		3
P9	50 年		3

（4）討論

計算 LID 試驗單元 P1~P9 各組的保水量百分比，係由入流量總體積減去出流量總體積（留在壓克力箱內的水量），再除以入流量總體積，其中採用玻璃砂（P1~P3）與水陶石（P4~P6）的 LID 單元，其保水量在 22~45%，高出傳統的人行道配置單元（P7~P9）7~9%，係因試驗單元中的 P1~P3 與 P4~P6，除了級配基層（底基層）外，另加入 15 公分的玻璃砂或水陶石混合層（基層），單元中基層的厚度與配比，為保水量重要因素。

2、土壤改良

在土壤改良單元，分試驗條件配置、試驗單元設置說明、討論等 3 部分，敘述如下：

(1) 試驗條件配置

本單元的試驗目的，主要在於進行土壤改良後，滲透係數 K 值的變化，藉以瞭解不同土壤改良配比，對滲透係數 K 值變化影響。共進行 12 組 K 值量測，地點在台灣大學土壤力學實驗室，利用變水頭滲透試驗，測試滲透係數 K。試驗的土樣包含：淡海與馬槽兩地的土壤測定 (S1~S2)；利用粗砂進行土壤改良，測試 50%、75%、85% 等不同配比 (S3~S9)；另外，土壤改良的作法，有可能不用現場土壤而採用廠配後送現場的方式 (S10~S12 即為測試不同比例的粗砂與玻璃砂)，詳如表 4-4 與表 4-5。

表4-4 土壤改良各組試驗條件 (變水頭試驗)

編號	設計 (變水頭試驗)	土壤 K 值 (公分/秒, 20°C)
S1	100% 現地土壤_淡海 (變水頭試驗)	5.385×10^{-4}
S2	100% 現地土壤_馬槽 (變水頭試驗)	5.766×10^{-4}

表4-5 土壤改良各組試驗條件 (20 組)

編號	設計	土壤 K 值 (公分/秒, 20°C)
S3	50% 現地土壤_淡海、50% 粗砂	0.01
S4	25% 現地土壤_淡海、75% 粗砂	1.25
S5	15% 現地土壤_淡海、85% 粗砂	1.33
S6	50% 現地土壤_馬槽、50% 粗砂	0.16
S7	25% 現地土壤_馬槽、75% 粗砂	1.25
S8	15% 現地土壤_馬槽、85% 粗砂	1.93
S9	土壤試體：95% 粗砂、5% 玻璃砂	4.89
S10	土壤試體：90% 粗砂、10% 玻璃砂	3.29
S11	土壤試體：85% 粗砂、15% 玻璃砂	3.25
S12	土壤試體：80% 粗砂、20% 玻璃砂	1.07

(2) 試驗單元設置說明

土壤改良後的滲透係數，係利用變水頭試驗滲透儀，其土壤力學試驗皆有標準程序，試驗設施如圖 4-13。

土壤採樣位置之選取標準，依照行政院環境保護署環境檢驗所公告的方式共有：主觀判斷、簡單隨機、系統網格、分層採樣、排序組合、應變叢集與混合採樣等 7 種，本試驗採取主觀判

斷採取。土壤採樣方法以人工方式搭配採樣鏟，並裝袋帶回。先以採樣鏟移除地表覆蓋物（如石礫、植被）再挖取表土，於土層剖面一定深度處直接以採樣鏟取土。採取土樣量 1.0 立方公尺。

直徑：72.72 公分
面積：41.53 平方公分
試體高：19.9 公分

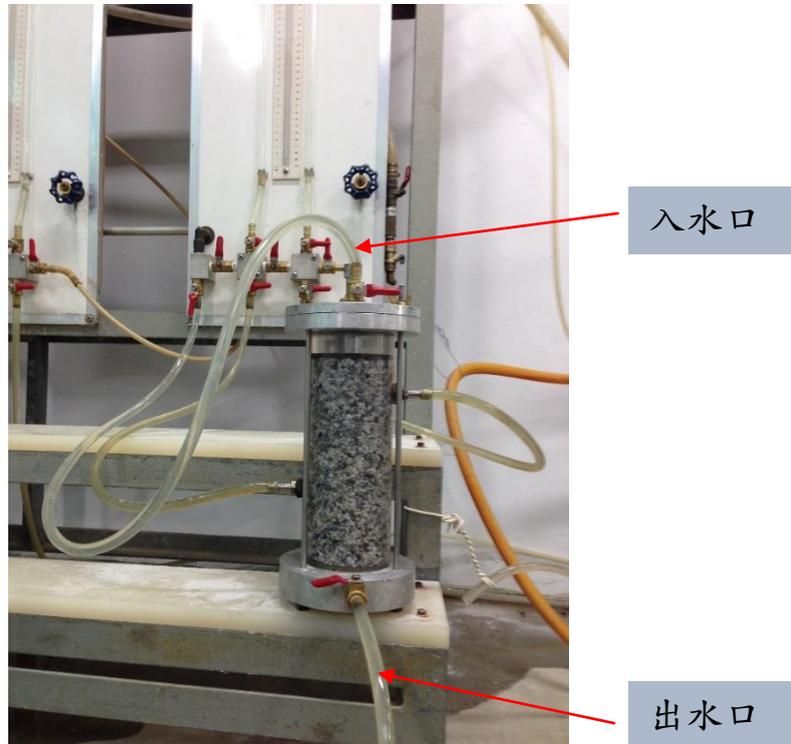


圖4-13 變水頭滲透係數測定

土壤採樣位置分別為淡水區新市二路 4 段蛤仔山區（淡海新市鎮地區，相對位置如圖 4-14）及陽明山國家公園馬槽遊樂區（國家公園馬槽地區，相對位置如圖 4-15）。

(3) 討論

以淡海、馬槽現地土壤進行變水頭滲透試驗，測得的 K 值約為 5×10^{-4} 公分/秒，數值甚小，不易透水。

經土壤改良，加入粗砂後，K 值有明顯提升，以加入 75% 粗砂為例，K 值約為 1 公分/秒左右。為了解土壤加粗砂後對滲透係數的提升效果，將試驗結果繪圖（圖 4-16），縱座標為 K 值，橫座標為加入粗砂的百分比，可知兩者呈現正比關係，當粗砂比例為 50% 時，滲透係數 K 約在 $10^{-1} \sim 10^{-2}$ 的級次，但當粗砂提升至 75% 時，K 值亦增至 10^0 的級次。

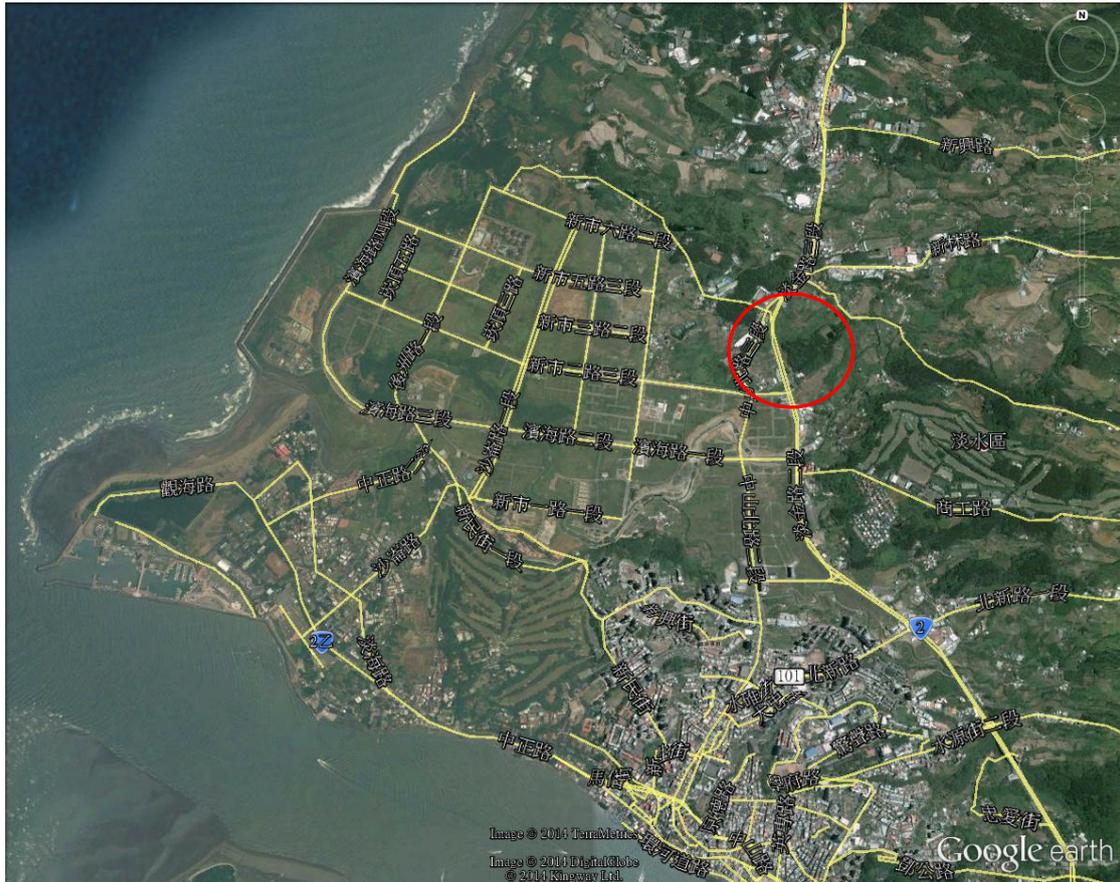


圖4-14 淡海新市鎮土壤採樣區相對位置分佈圖



圖4-15 馬槽遊樂區土壤採樣區相對位置分佈圖

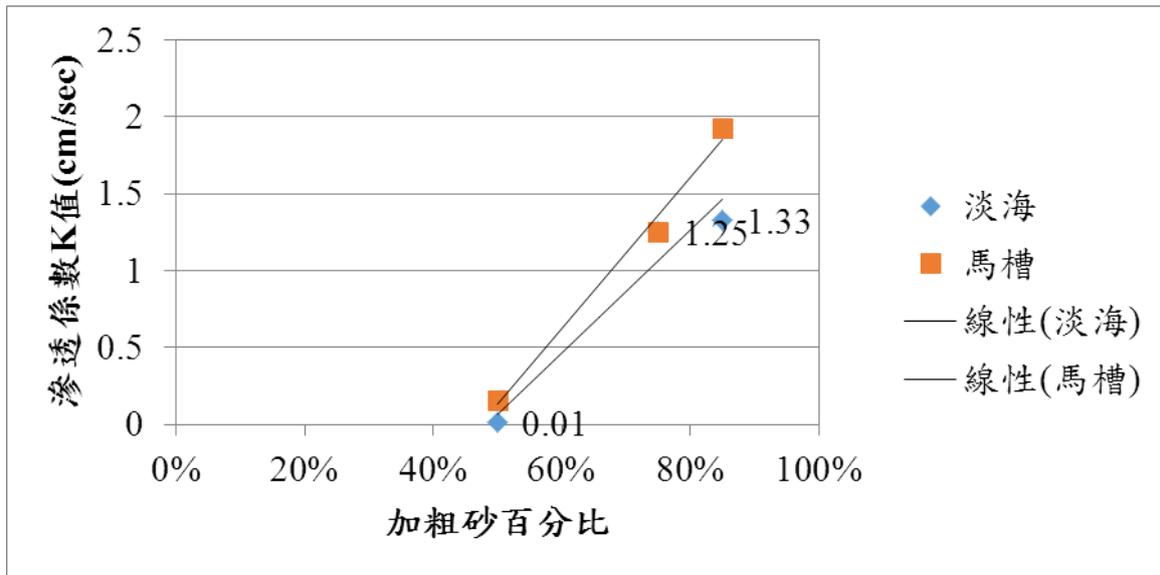


圖4-16 加砂量與滲透係數 K 關係圖

表4-6 土壤改良各組試驗條件（共 22 組）

編號	設計	組數
S1	100%現地土壤_淡海	1
S2	100%現地土壤_馬槽	1
S3	50%現地土壤_淡海、50%粗砂	2
S4	25%現地土壤_淡海、75%粗砂	2
S5	15%現地土壤_淡海、85%粗砂	2
S6	50%現地土壤_馬槽、50%粗砂	2
S7	25%現地土壤_馬槽、75%粗砂	2
S8	15%現地土壤_馬槽、85%粗砂	2
S9	土壤試體：95%粗砂、5%玻璃砂	2
S10	土壤試體：90%粗砂、10%玻璃砂	2
S11	土壤試體：85%粗砂、15%玻璃砂	2
S12	土壤試體：80%粗砂、20%玻璃砂	2

共完成 22 組試驗單元（如表 4-6），包含：變水頭試驗 2 組與土壤改良 20 組（10 組條件，每組各重複進行 1 次）。

3、雨水花園/生態滯留單元

在雨水花園/生態滯留單元，分試驗條件配置、試驗入流量、試驗單元設置說明、討論等 4 部分，雨水花園與生態滯留單元在意義上是雷同的，是以此處使用「雨水花園」一詞描述之。

(1) 試驗條件配置

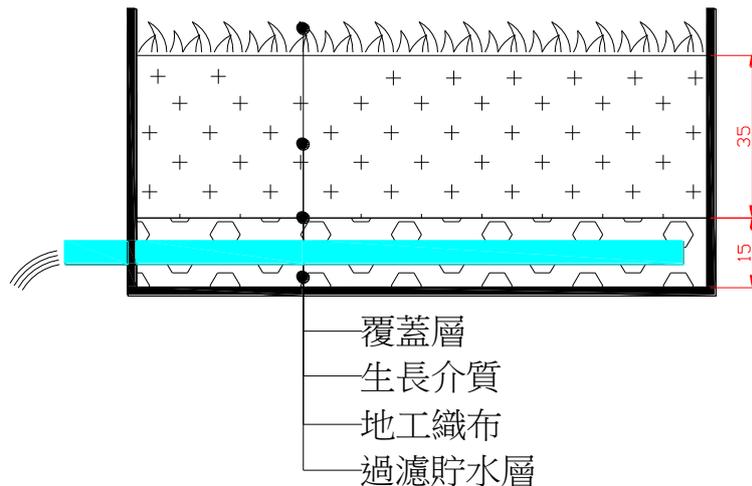


圖4-17 雨水花園試驗配置示意圖

表4-7 雨水花園各組試驗條件

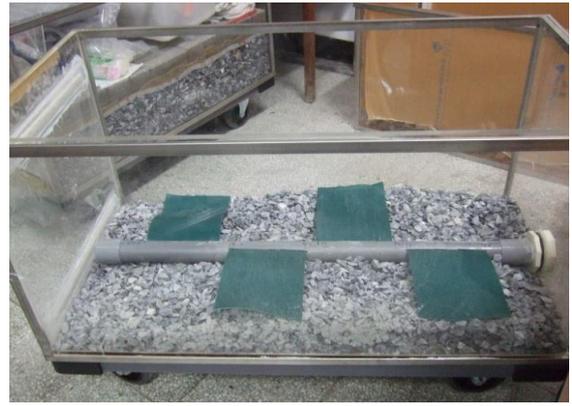
試驗編號	設計	入流量重現期距	備註
B1	表層植物： 臺灣毛蕨	5年	全開
B2		25年	全開
B3		50年	全開
B4		50年	裝設閘閥（閘門轉開0.5圈）
B5	表層植物： 兩耳草	5年	全開
B6		5年	裝設閘閥（全關）
B7		25年	全開
B8		25年	裝設閘閥（全關）
B9		50年	全開
B10		50年	裝設閘閥（全關）
B11		50年	裝設閘閥（閘門轉開3圈）

參考本計畫提出的雨水花園斷面示意（圖 4-17），以 2 種草本植物（兩耳草與臺灣毛蕨）在矩形砂箱中進行單元試驗（試驗條件如表 4-7）。另外，為了解閘閥對保水的效用，故在出流的排水管裝設閘閥，用以調節設定不同的開度。雖然生長介質層、過濾層厚度應因地制宜，惟仍應滿足最小厚度。進行試驗時，針對採用的植物量測根系長度並拍照留作紀錄。

- 4 組試驗（B1~B4）：試驗箱中表層植物為耐濕且耐旱的草本植物—臺灣毛蕨，搭配 5、25、50 年設計暴雨入流量，裝設閘閥，除了 B4（閘門轉開 0.5 圈）以外，其餘為全開。



(a) 壓克力箱(尺寸 120cm×60cm×60cm)



(b) 鋪設礫石級配及排水管路



(c) 鋪設不織布



(d) 混合層鋪設



(e) 鋪設兩耳草



(f) 兩耳草試驗—入流箱、出流量之設施



(g) 鋪設臺灣毛蕨



(h) 臺灣毛蕨試驗—入流箱、出流量之設施

圖4-18 雨水花園試驗單元製作流程

- 7 組試驗 (B6~B11)：表層植物為耐旱草本植物—兩耳草，搭配 5、25、50 年設計暴雨入流量，裝設閘閥，B6、B10 為全關，B11 之閘門轉開 3 圈，其餘為全開。

(2) 試驗入流量

雨水花園試驗入流量與透水鋪面單元相同。

(3) 試驗單元設置說明

在 120 公分×60 公分×60 公分的砂箱中進行雨水花園單元試驗，材質為壓克力 (圖 4-18 (a))，將壓克力箱置放於板車上以利移動，並於壓克力底層與板車鑽設滲流管，於試驗箱底部上鋪設 15 公分碎石級配 (過濾貯水層)，並在碎石級配層內距離地層向上 9 公分處安置 2 吋聚氯乙烯(PVC)水管以利排水(圖 4-18 (b))，再鋪設 1 層不織布 (圖 4-18 (c))，其上鋪設生長介質，85%粗砂加上 15%水陶石混合，厚度 35 公分 (圖 4-18 (d))，鋪上兩耳草 (如圖 4-18 (e))。臺灣毛蕨配置與上述配置過程相同，僅在覆蓋層更換鋪上臺灣毛蕨 (如圖 4-18 (g))。

施以預定設計暴雨入流量，量測入滲出流，由於新的透水磚單元全部水量入滲，沒有直接逕流，為了解設施維護管理，於出流口處裝設閘閥裝置，調整閘閥的開度，使出流經入滲達全部出流以及產生地表逕流，整體單元如圖 4-18 (f)與圖 4-18 (h)。出流箱用三角堰量測出流量，由三角堰之堰頂水深，比對率定曲線，推求試驗的出流量。

(4) 討論

取各種配置中 1 組結果較合理者，將試驗結果繪圖，雨水花園試驗單元結果如圖 4-19 與圖 4-20，共完成 17 組(如表 4-8)。計算雨水花園試驗單元中各組的保水量百分比，其中 B4、B6、B10 為閘閥全關的情形，有 31~49%保水量，亦即是因為閘閥全關，故入流大部分會留在壓克力箱，直到產生表面逕流，但若閘門轉開 3 圈的 B11，保水量為 13%，與全開的 B9 保水量 10%，

相差不大，因此閘閥若要發揮保水效用，應採略小開度。

表4-8 雨水花園各組試驗（17組）

試驗編號	設計	入流量重現期距	組數	備註
B1	臺灣毛蕨	5年	2	全開
B2		25年	2	全開
B3		50年	2	全開
B4		50年	1	裝設閘閥（閘門轉開 0.5 圈）
B5	兩耳草	5年	2	全開
B6		5年	1	裝設閘閥（全關）
B7		25年	2	全開
B8		25年	1	裝設閘閥（全關）
B9		50年	2	全開
B10		50年	1	裝設閘閥（全關）
B11		50年	1	裝設閘閥（閘門轉開 3 圈）

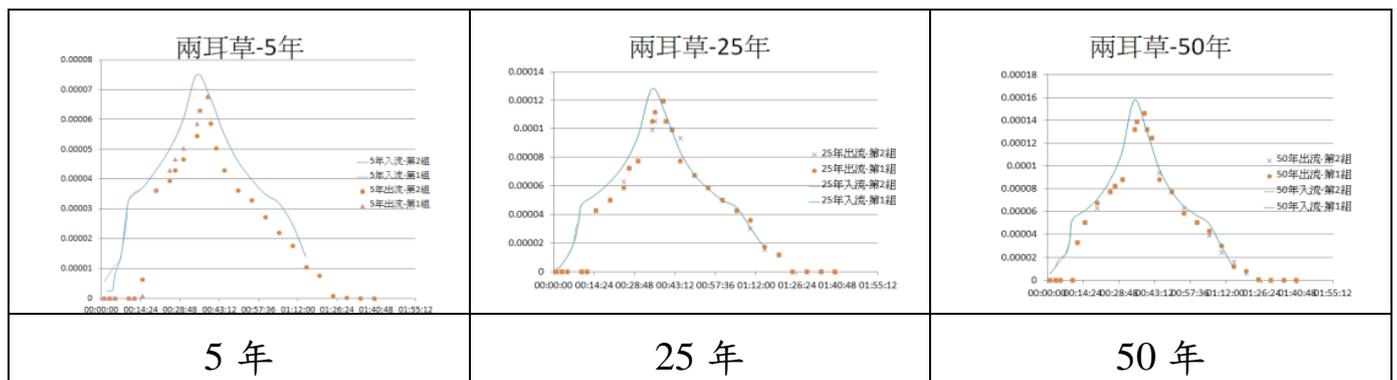


圖4-19 雨水花園試驗單元試驗結果—兩耳草

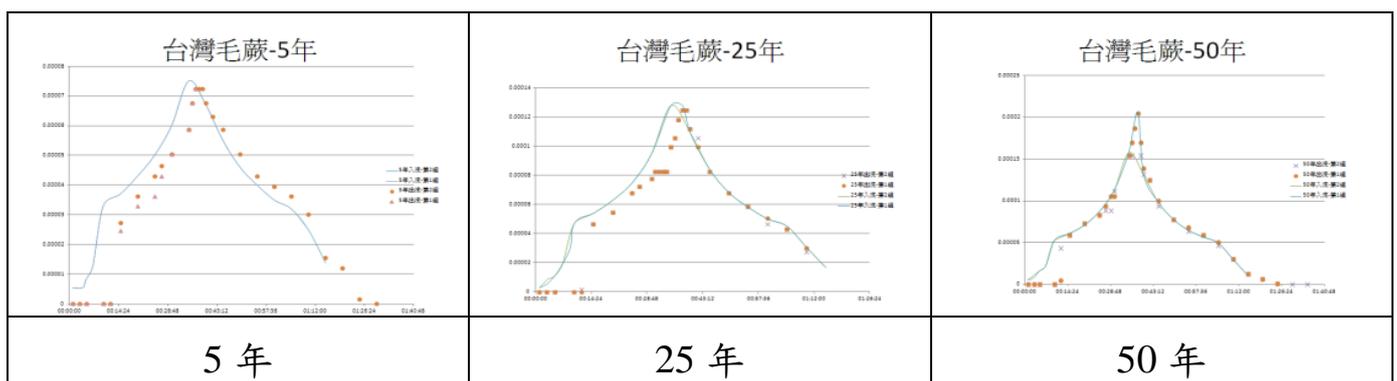


圖4-20 雨水花園試驗單元試驗結果—臺灣毛蕨

由圖 4-19 與圖 4-20 可觀察到不同植物的出流歷線線形相當類似，差異似乎不大，但若分析保水量，兩耳草的保水量平均為 20%，高於臺灣毛蕨的 13%，可能因為兩耳草的根系屬於橫展性，在表現上比臺灣毛蕨單株要好。由於雨水花園的保水量與過

濾層、生長介質層厚度有關，測試增加生長介質、過濾貯水層的厚度等的成效，另敘述於本節第 8 單元。

4、植生溝

本計畫在植生溝單元，分試驗條件配置、試驗入流量、試驗單元設置說明、討論等 4 部分，植生溝可分為乾式溝及草溝渠等 2 類，因為乾式溝的原理為使大部分水量入滲地表下，類似雨水花園試驗，為避免重覆，故本單元採用草溝渠的作法，亦即多數的逕流從表面流出，僅有少數的水量會入滲。

(1) 試驗條件配置

植草溝試驗示意如圖 4-21，植生溝單元實施 3 種設計暴雨入流量，配合 3 種不同的植生溝坡度，在矩形砂箱中進行試驗，表面鋪設兩耳草，進行 9 組試驗，如表 4-9 (G1~G9)。

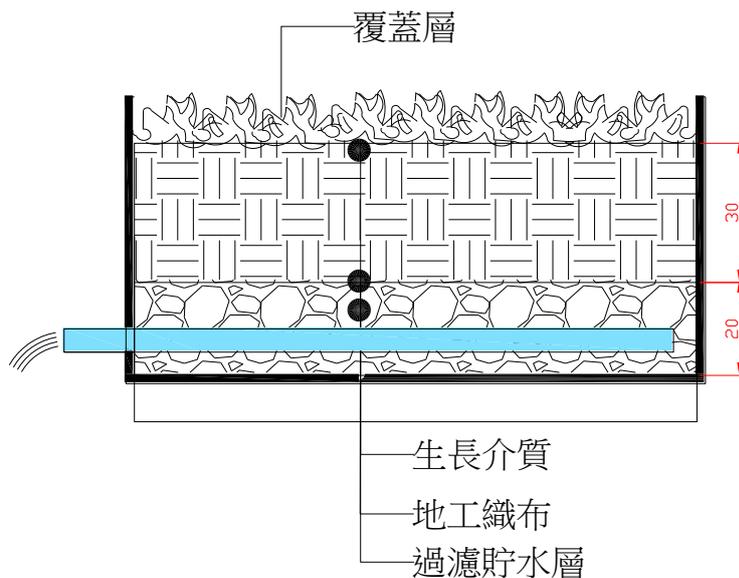


圖 4-21 植草溝試驗配置示意圖

- 3 組試驗 (G1~G3)：表層植物為兩耳草，試驗單元採縱坡度 0.5%，搭配 5、25、50 年設計暴雨入流量，量測直接逕流、入滲出流。
- 3 組試驗 (G4~G6)：表層植物將依雨水花園單元試驗結果，試驗單元採坡度 1%，搭配 5、25、50 年設計暴雨入流量，量測直接逕流、入滲出流。

- 3 組試驗(G7~G9)：表層植物將依雨水花園單元試驗結果，試驗單元採坡度 3%，搭配 5、25、50 年設計暴雨入流量，量測直接逕流、入滲出流。

表4-9 植生溝各組試驗條件

編號	設計	入流重現期距
G1	植生溝坡度 0.5%	5 年
G2		25 年
G3		50 年
G4	植生溝坡度 1%	5 年
G5		25 年
G6		50 年
G7	植生溝坡度 3%	5 年
G8		25 年
G9		50 年

(2) 試驗入流量

試驗入流量與透水鋪面單元試驗相同。

(3) 試驗單元設置說明

植生溝單元試驗在 120 公分×60 公分×60 公分的壓克力砂箱（圖 4-22 (a)）中進行。將壓克力箱置放於板車上以利移動，並於壓克力底層與板車鑽設滲流管（圖 4-22 (b)），於試驗箱底部上鋪設 20 公分碎石級配，在碎石級配層內距離地層向上 9 公分處安置 2 吋聚氯乙烯（PVC）水管以利排水（圖 4-22 (c)），再鋪設 1 層不織布（圖 4-22 (d)），其上鋪設淡海紅土 30 公分（圖 4-22 (e)）後，再鋪上兩耳草（圖 4-22 (f)）。

施以預定設計暴雨入流量，植生溝單元全部水量直接逕流，整體單元如圖 4-22 (g)。出流箱用三角堰量測出流量，由三角堰之堰頂水深，比對率定曲線，推求試驗的出流量。

(4) 討論

將植草溝各組試驗的入流歷線（代表降雨）與出流歷線（代表表面逕流）製圖（圖 4-23 ~圖 4-25）。



(a) 壓克力箱(尺寸 20cm×60cm×60cm)



(b) 壓克力鑽設滲流管



(c) 排水管及排水帶鋪設



(d) 不織布鋪設



(e) 泥土層鋪設



(f) 兩耳草鋪設



(g) 植生溝試驗單元整體單元

圖4-22 植生溝設施試驗單元製作流程

由於單元試驗使用的淡海土壤滲透性差，因此多數的水量為表面逕流，從砂箱上部出流口流出，縱使入滲，量亦很小，多蓄積在砂箱底部故量測不到。

在保水量計算上，坡度 0.5% 的平均值為 6%、高於坡度 1% 的平均值為 3.4%、坡度 3% 的平均值為 3.0%。探究其原因，係坡度小，水流在表面蓄積流動慢，有機會入滲。植草溝的保水量相較於其他 LID 單元，數值小，係因試驗設計的關係，結果類似傳統的草溝渠流動機制，若採用乾式植草溝，其機制則類似線性雨水花園。雨水花園共完成 18 組試驗的組數（表 4-10）。

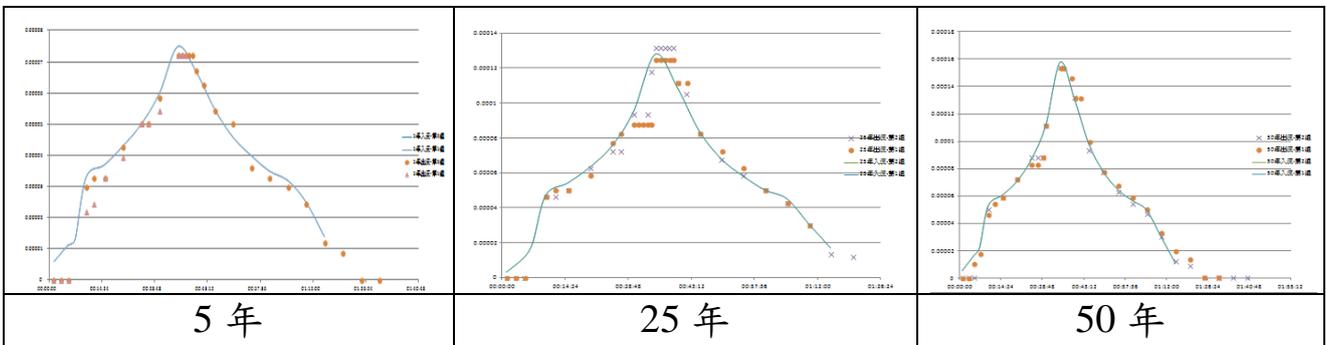


圖4-23 植生溝試驗單元試驗結果（坡度 0.5%）

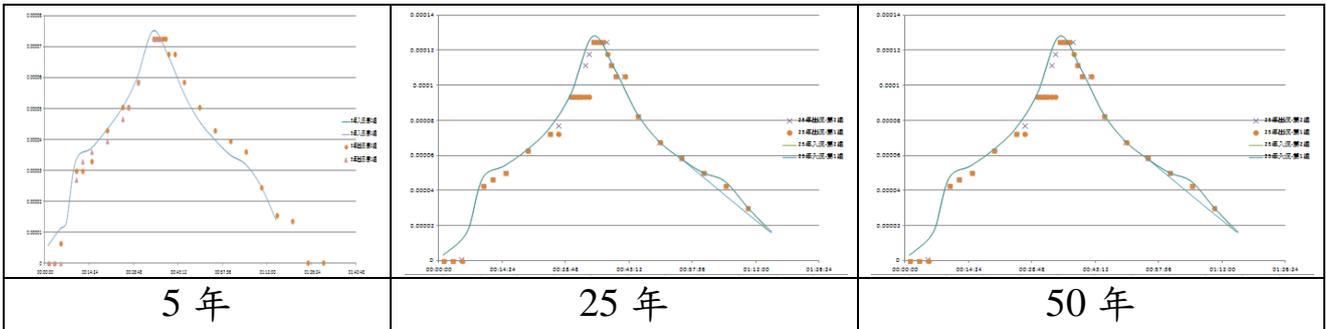


圖4-24 植生溝試驗單元試驗結果（坡度 1%）

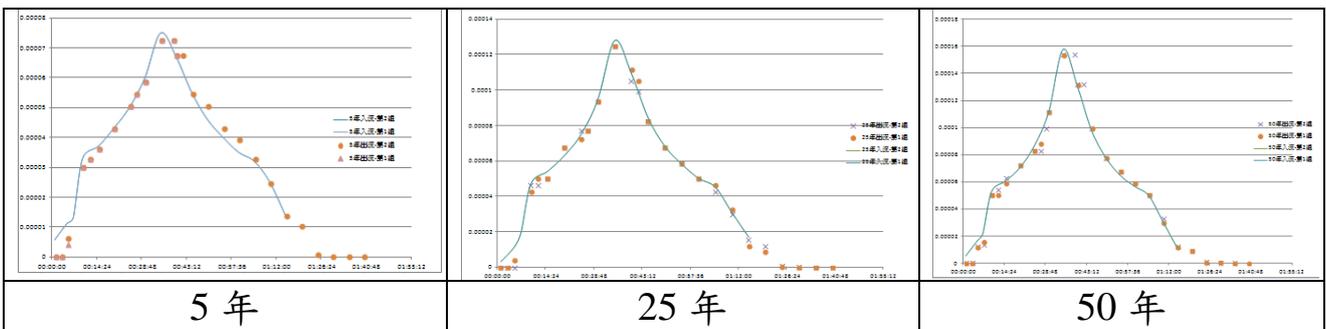


圖4-25 植生溝試驗單元試驗結果（坡度 3%）

表4-10 植生溝試驗各組試驗條件（共 18 組）

試驗編號	設計	入流之流量條件	組數
G1	植生溝坡度 0.5%	5 年	2
G2		25 年	2
G3		50 年	2
G4	植生溝坡度 1%	5 年	2
G5		25 年	2
G6		50 年	2
G7	植生溝坡度 3%	5 年	2
G8		25 年	2
G9		50 年	2

5、樹箱過濾設施

在樹箱過濾設施單元，分試驗條件配置、試驗入流量、試驗單元設置說明、討論等 4 部分。

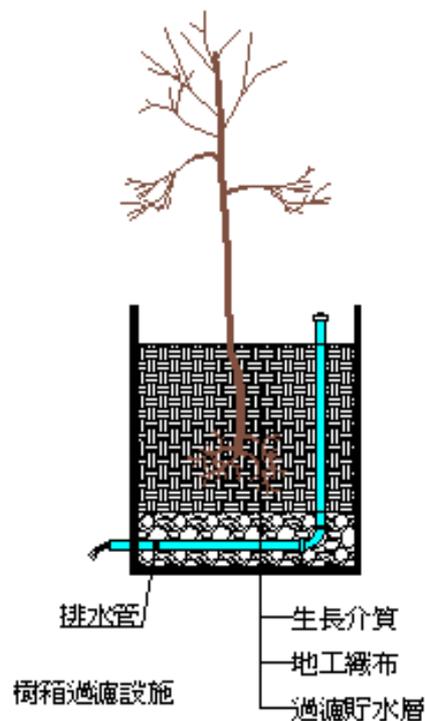


圖4-26 樹箱試驗配置示意圖

(1) 試驗條件配置

試驗配置如圖 4-26，實施 3 種設計暴雨入流量（5、25、50 年）與 3 種不同植物（茄冬、稜果榕、水黃皮）設計，共 10 組試驗（表 4-11）。樹箱過濾設施容器採用 120 公分×120 公分×90 公分壓克力箱。

- 4 組試驗 (T1~T3、T10)：植物採茄冬樹，樹高約 1 公尺，搭配 5、25、50、100 年設計暴雨，測入滲出流歷線。
- 3 組試驗(T4~T6)：植物採稜果榕，樹高約 1 公尺，搭配 5、25、50 年設計暴雨，測入滲出流歷線。
- 3 組試驗 (T7~T9)：植物採水黃皮，樹高約 1 公尺以下，搭配 5、25、50 年設計暴雨，測入滲出流歷線。

表4-11 樹箱過濾設施各組試驗條件

編號	植物設計	入流之流量條件
T1	茄冬	5 年
T2		25 年
T3		50 年
T4	稜果榕	5 年
T5		25 年
T6		50 年
T7	水黃皮	5 年
T8		25 年
T9		50 年
T10	茄冬	100 年

(2) 試驗入流量

試驗入流量與透水鋪面相同，但新增重現期距 100 年的入流歷線，如圖 4-27。

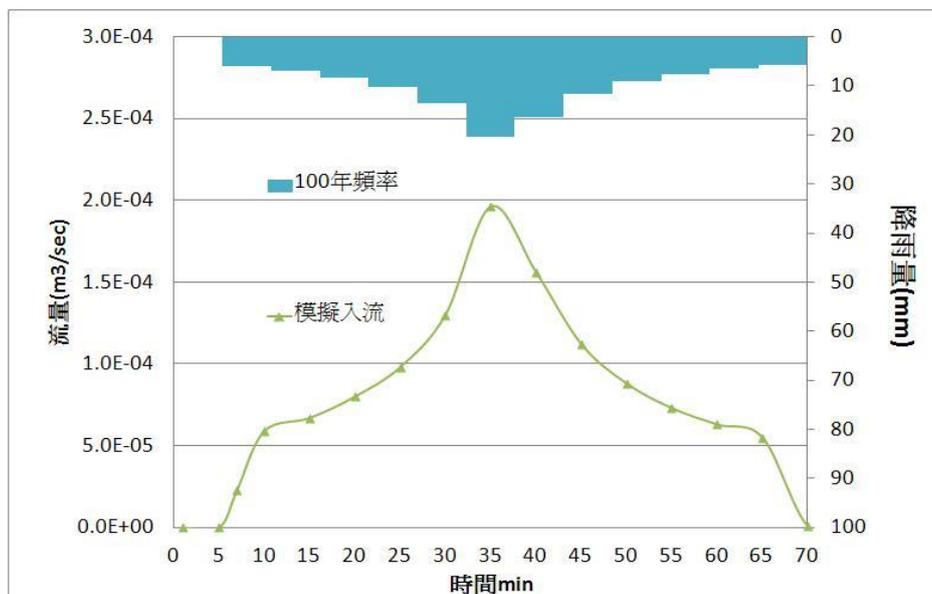
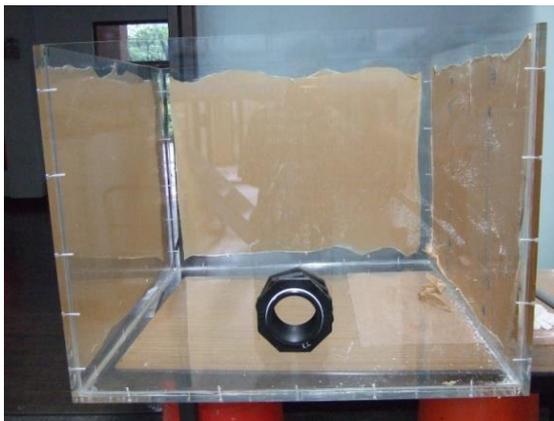


圖4-27 樹箱過濾設施試驗單元入流量歷線 (100 年)

(3) 試驗單元設置說明

樹箱過濾設施試驗單元在壓克力砂箱(圖 4-28 (a))中進行試驗。將壓克力箱置放於架高地板上不做移動,於壓克力底層鑽設滲流管,試驗箱底部上鋪設 40 公分碎石級配,並在碎石級配層內距離地層向上 15 公分處安置 4 吋聚氯乙稀(PVC)水管以利排水(圖 4-28 (b)),再鋪設 1 層不織布(圖 4-28 (c)),其上鋪設混合層(75%土壤與 25%堆肥)45 公分(圖 4-28 (d)),最後植入茄苳樹(圖 4-28 (e))、水黃皮(圖 4-28 (f))或稜果榕(圖 4-28 (g))。

施以預定設計暴雨入流量,可量測入滲出流。由於樹箱設施單元全部水量入滲,沒有直接逕流,整體單元如圖 4-28 (h)、圖 4-28 (i)、圖 4-28 (j)。出流箱用三角堰量測出流量,由三角堰之堰頂水深,比對率定曲線,推求試驗的出流量。



(a)壓克力箱
(尺寸 120cm×120cm×100cm)



(b)鋪設礫石級配及排水管路



(c)鋪設不織布



(d)混合層鋪設

圖 4-28 樹箱過濾設施試驗單元製作流程 (1/2)



(e)內容物配置 (茄冬樹)



(f)內容物配置 (水黃皮)



(g)內容物配置 (稜果榕)



(h)樹箱試驗 (茄苳樹)



(i)樹箱試驗 (水黃皮)



(j)樹箱試驗 (稜果榕)

圖4-28 樹箱過濾設施試驗單元製作流程 (2/2)

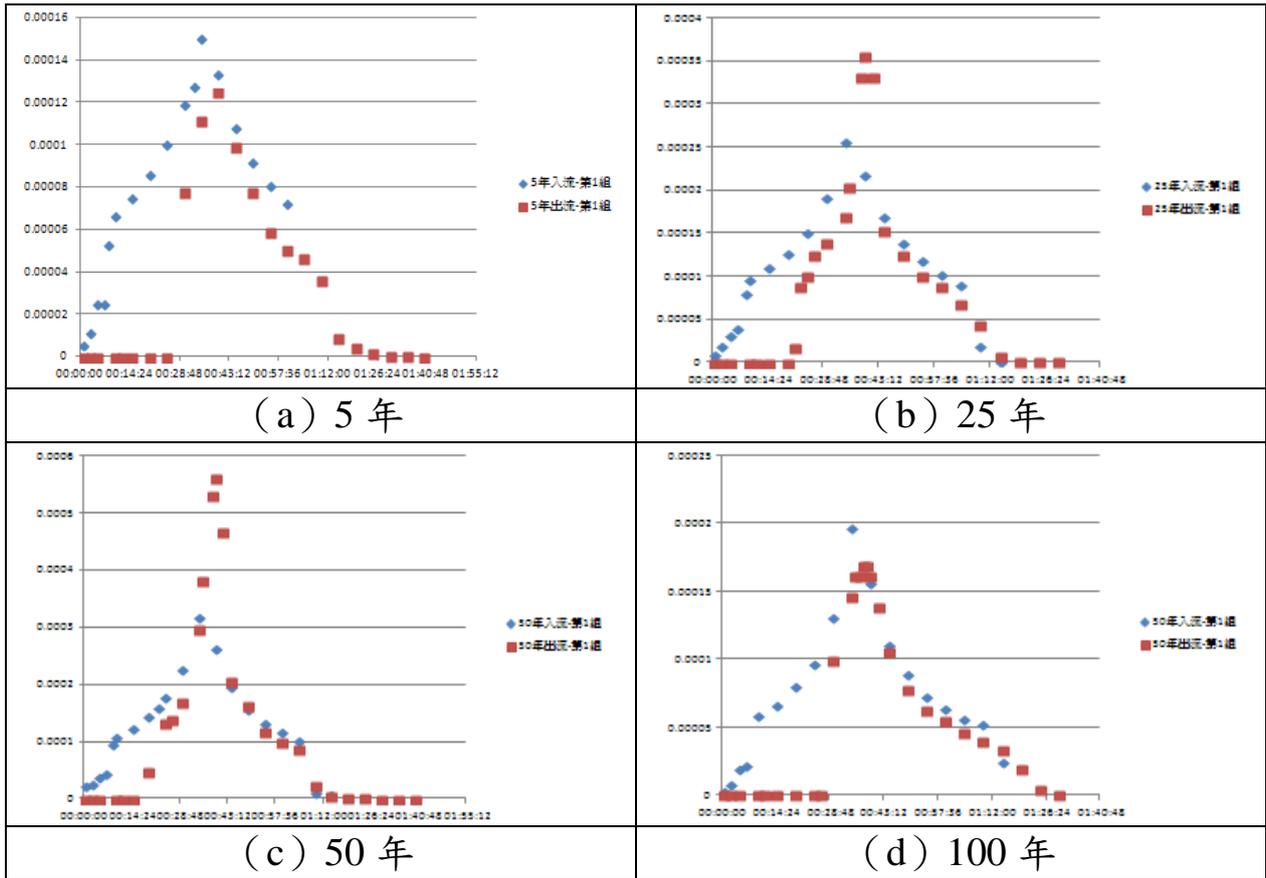


圖4-29 樹箱過濾設施試驗單元試驗結果—茄冬

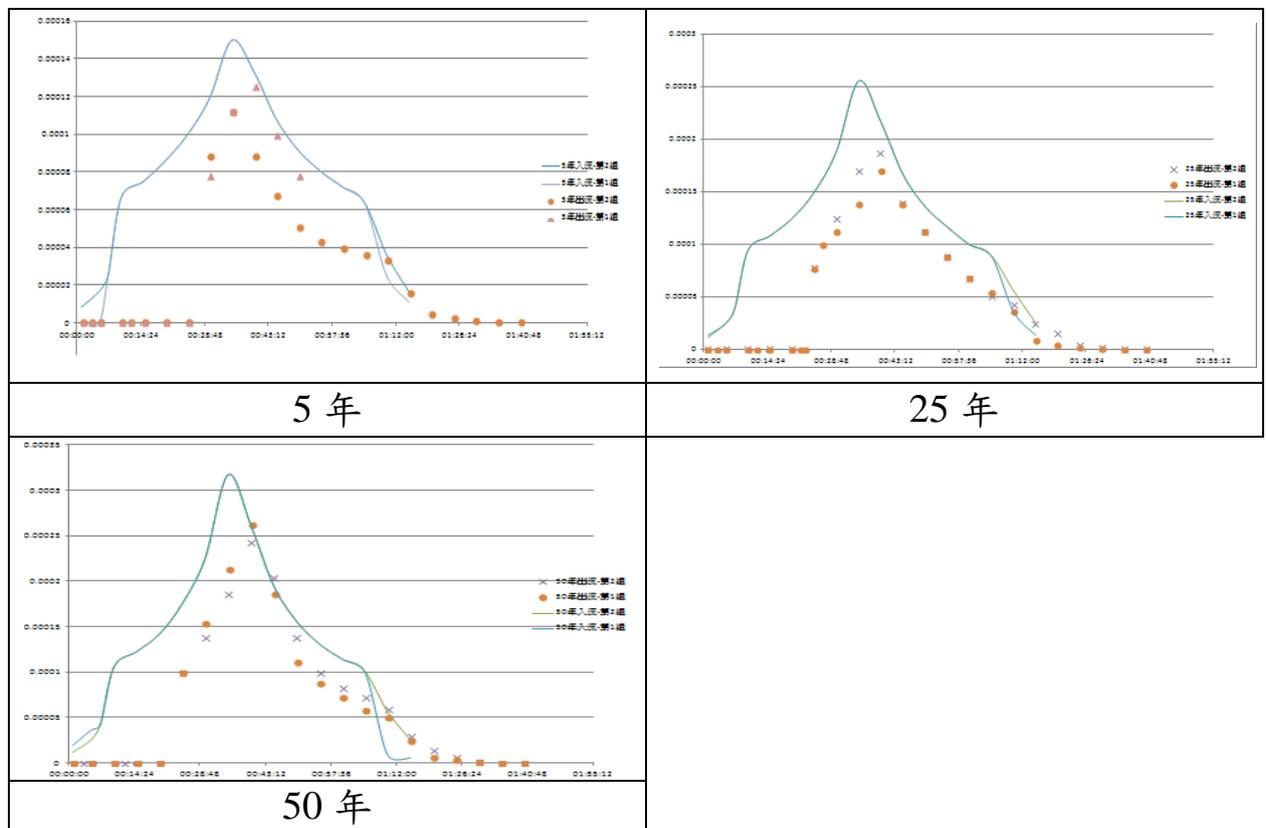


圖4-30 樹箱過濾設施試驗單元試驗結果—水黃皮

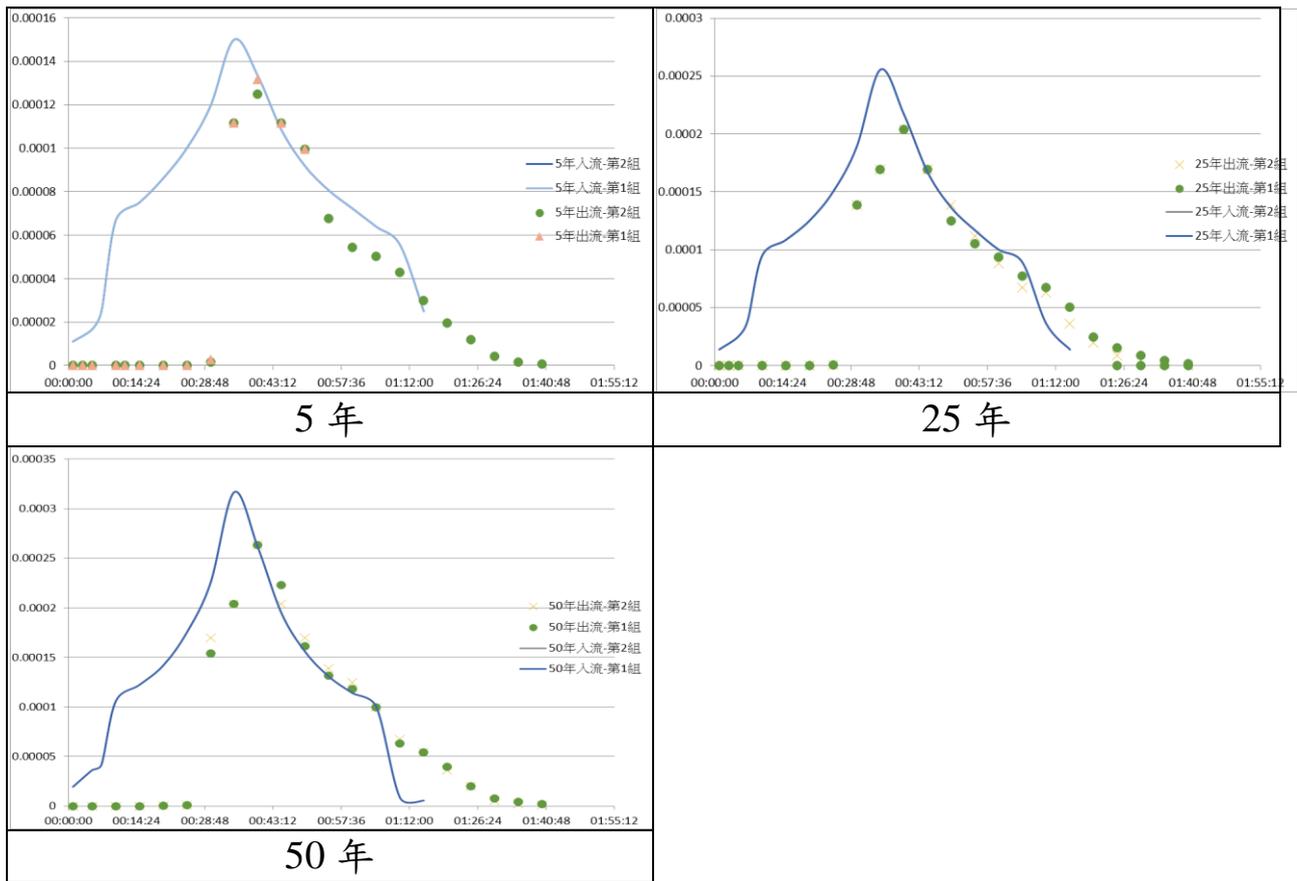


圖4-31 樹箱過濾設施試驗單元試驗結果—稜果榕

表4-12 樹箱過濾設施各組試驗 (19 組)

編號	植物設計	入流重現期距	完成組數
T1	茄冬	5 年	2
T2		25 年	2
T3		50 年	2
T4	稜果榕	5 年	2
T5		25 年	2
T6		50 年	2
T7	水黃皮	5 年	2
T8		25 年	2
T9		50 年	2
T10	茄冬	100 年	1

(4) 討論

樹箱過濾設施的保水量，平均值為 48%，亦即是有近半的水量被保留在樹箱中，此與樹箱的排水管口與底部的距離有關，若是越高，可保留越多的水，也就是說底部有部分是積水的。

一般的樹箱會在底部設置小排水孔口，水份才可入滲至下方土壤，本單元試驗模擬樹箱下方為夯實的土壤，滲透性小，因此底部未設小排水孔口，水量全由 4 吋聚氯乙稀(PVC)水管排出。另外，保水量與試驗前的土壤乾燥程度有關，若越乾燥則保水量越高，如 T1 的試驗，保水效果有 66%。試驗結果如圖 4-29、圖 4-30、圖 4-31。樹箱過濾設施單元試驗完成 19 組(表 4-12)。

6、綠屋頂、雨水桶

綠屋頂承接人工降雨機的降雨量，由滲流口經由管路流入雨水桶，LID 的綠屋頂與雨水桶為一體的配置。

(1) 試驗單元設置說明

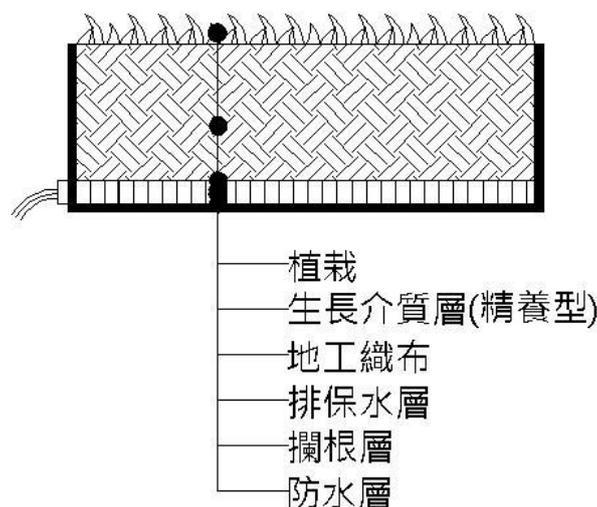


圖4-32 綠屋頂試驗配置示意圖

試驗配置如圖 4-32。綠屋頂的草種鋪設兩耳草(參考臺灣科學教育館綠屋頂草種)，由園藝廠商協助施工。試驗箱布置如圖 4-33 (a)，試驗箱下方以不鏽鋼鐵架支撐，鐵架裝置可調整坡度，以試驗需求之坡度(圖 4-33 (b))。將設施平放於人工降雨機中央，以降雨機降雨量作為入流量條件，並令 3 種不同降雨條件為種不同情境(圖 4-34 ~圖 4-36)，接著分別進行試驗及量測綠屋頂試驗箱之出流量。

於試驗箱開設 1 吋聚氯乙稀(PVC)水管以利排水，以塑膠管連通雨水桶，並將雨水桶放置電子秤上，量測經綠屋頂試驗箱

排出水量進入雨水桶之重量，轉換成體積（1 公斤相當於 1 公升），試驗裝置如圖 4-33 (c)，實際降雨情形如圖 4-33 (d)所示。

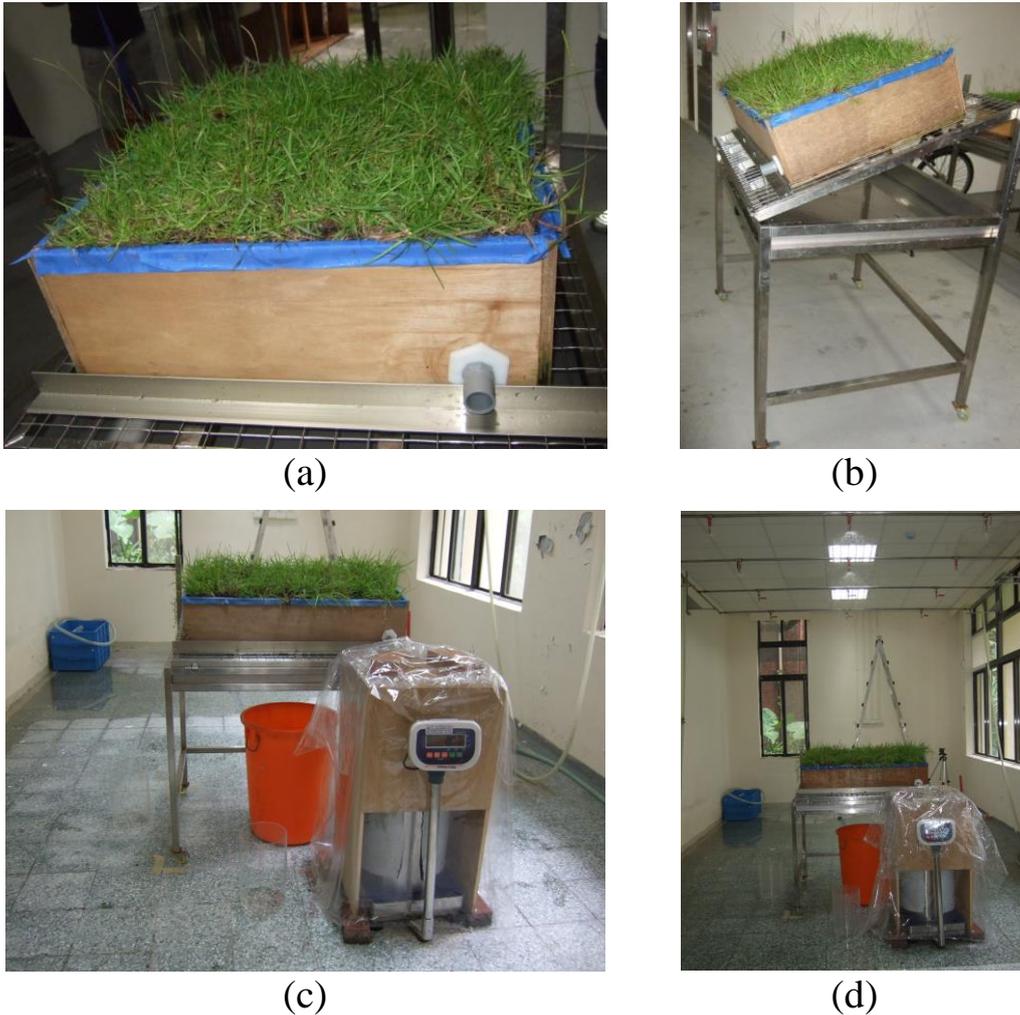


圖4-33 綠屋頂搭配雨水桶設施試驗單元設備圖

表4-13 綠屋頂、雨水桶設施各組試驗（18 組）

試驗編號	設計	入流之流量條件	組數
GR1	綠屋頂坡度 0%	情境 (1)	2
GR2		情境 (2)	2
GR3		情境 (3)	2
GR4	綠屋頂坡度 1%	情境 (1)	2
GR5		情境 (2)	2
GR6		情境 (3)	2
GR7	綠屋頂坡度 3%	情境 (1)	2
GR8		情境 (2)	2
GR9		情境 (3)	2

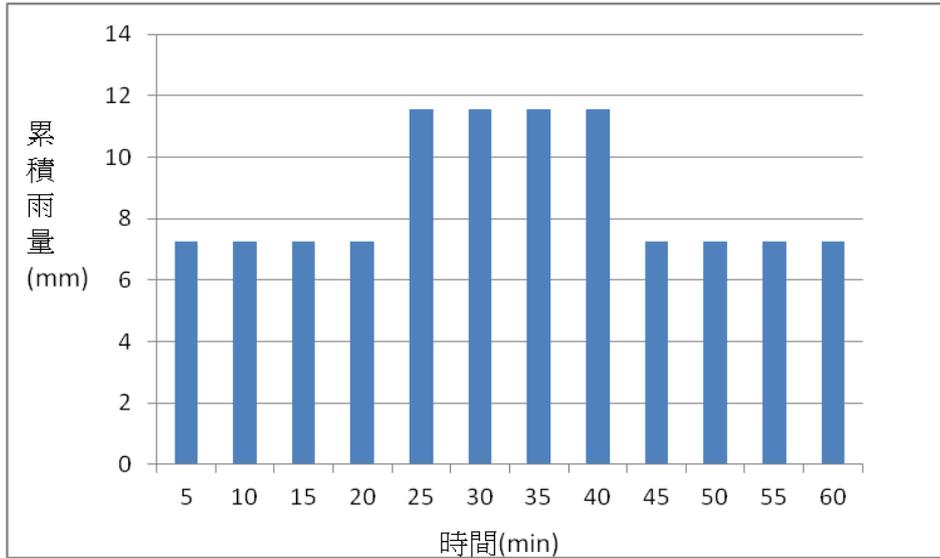


圖4-34 情境 (1) 之降雨量歷線

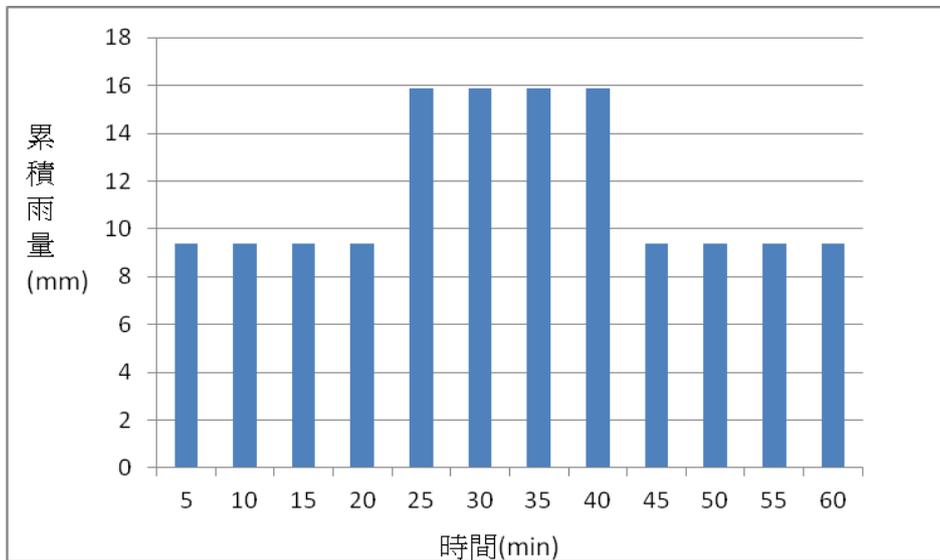


圖4-35 情境 (2) 之降雨量歷線

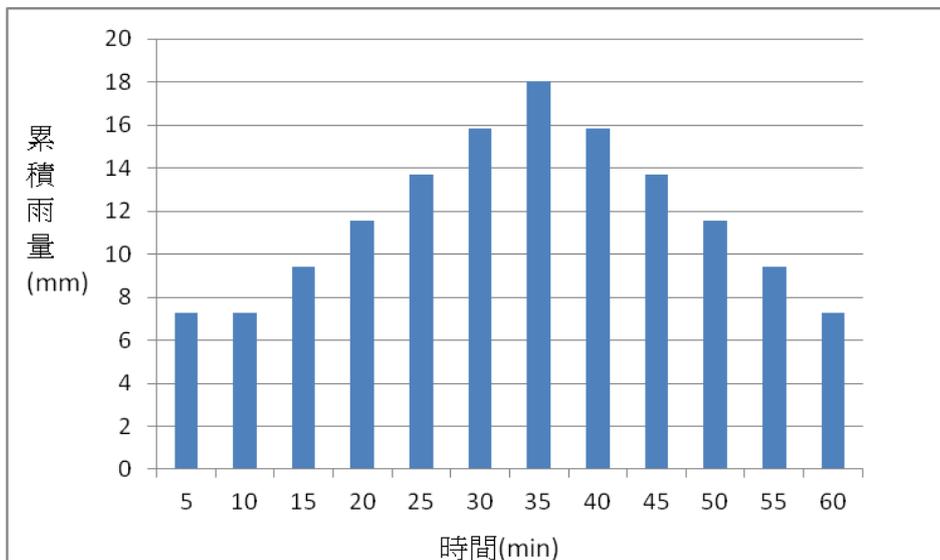


圖4-36 情境 (3) 之降雨量歷線

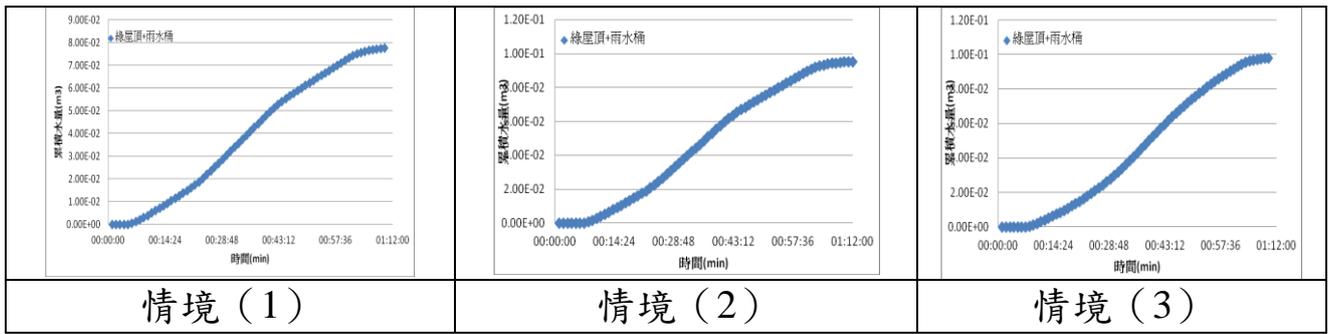


圖4-37 綠屋頂、雨水桶設施試驗單元試驗結果 (坡度 0 度)

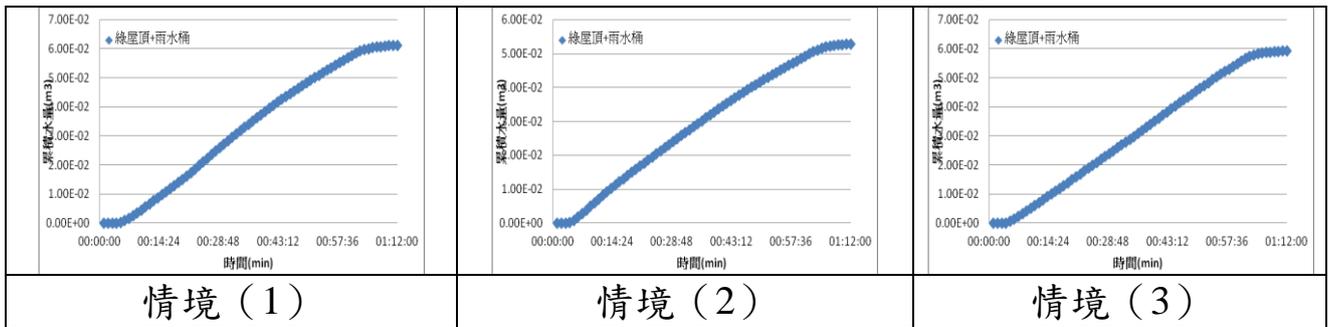


圖4-38 綠屋頂、雨水桶設施試驗單元試驗結果 (坡度 10 度)

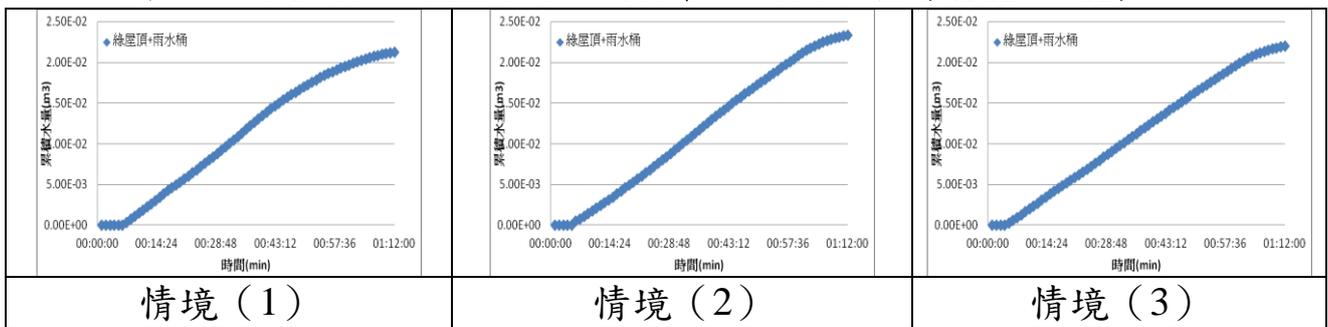


圖4-39 綠屋頂、雨水桶設施試驗單元試驗結果 (坡度 30 度)

(2) 試驗入流量

在本試驗中，以降雨機降雨量流量計控制設計 3 種情境，降雨情境 (1) (圖 4-34)、情境 (2) (圖 4-35) 與情境 (3) (圖 4-36)。降雨情境 1、2 參考 Alfredo et al.(2010) 的雨型，代表 2 種不同形態的強降雨，情境 3 代表設計雨型。

(3) 討論

配合室內降雨機控制強度的降雨，綠屋頂、雨水桶試驗 18 組試驗成果，分別為水平放置 (平頂) (圖 4-37)、10 度 (圖 4-38) 與 30 度 (圖 4-39) 之綠屋頂，試驗總設計如表 4-13。在綠屋頂設施的出流量，以 0、10、30 度這 3 種坡度來看，水平 0 度保水效果最好，而降雨於 30 度的綠屋頂設施上大都形成表面

逕流，其保水之功能較差。

7、透水鋪面（基層、底基層加厚）

與前述透水鋪面試驗配置稍有不同，基層厚度增加為 45 公分，底基層厚度增加為 25 公分，壓克力箱改用 100 公分高的尺寸，長寬不變（圖 4-40）。

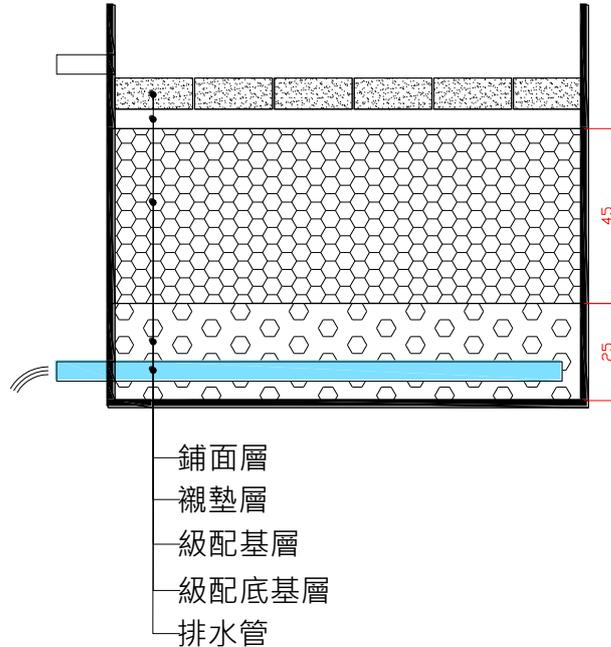


圖4-40 透水鋪面試驗配置示意圖
(壓克力箱 120 公分×60 公分×100 公分)

配合 5、25、50 年設計暴雨入流量，在壓克力箱（尺寸 60 公分×120 公分×100 公分）進行 6 組試驗（表 4-14），結果如圖 4-41。

表4-14 透水磚配置（6 組）

編號	設計	入流之流量條件	備註
P10	本計畫 設計 斷面	5 年設計暴雨入流量	基層的配比为 85%碎石級配、15%水 陶石（壓克力箱尺寸为 60 公分×120 公分×100 公分）
P11		25 年設計暴雨入流量	
P12		50 年設計暴雨入流量	

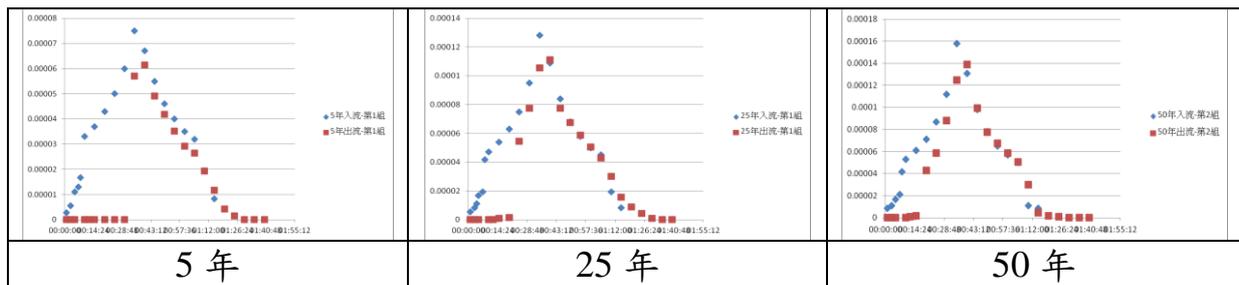


圖4-41 透水鋪面試驗單元試驗結果—配置水陶石（P10~P12）

計算試驗單元 P10~P12 各組的保水量百分比，由入流量總體積減去出流量總體積（留在壓克力箱內的水量），再除以入流量總體積，試驗單元 P10~P12 保水量最大為 46%，其與本節第 1 單元 LID 單元 P4~P6 的最大保水量 45% 差異不大。因試驗單元 P10~P12，除了底基層增厚為 25 公分，基層更增厚為 45 公分的水陶石混合層，雖然單元 P10~P12 改變基層的厚度，但材質都屬於高入滲率的介質，所以造成保水量差異不大。其實改變排水管的高度（程），即可調整保水量，比起加厚底基層與基層更為有效。

8、雨水花園（生長介質、過濾貯水層加厚）

雨水花園單元試驗配置如圖 4-42，本單元與前述第 2 單元雨水花園試驗配置稍有不同，生長介質層厚度增加為 45 公分，配比採 85% 淡海土壤加 15% 粗砂，底基層厚度增加為 25 公分，配比不變。壓克力箱尺寸高度改用 100 公分，長寬不變，並配合 5、25 與 50 年設計暴雨入流量，在壓克力箱（尺寸 60 公分×120 公分×100 公分）進行 6 組試驗（表 4-15），結果如圖 4-43。

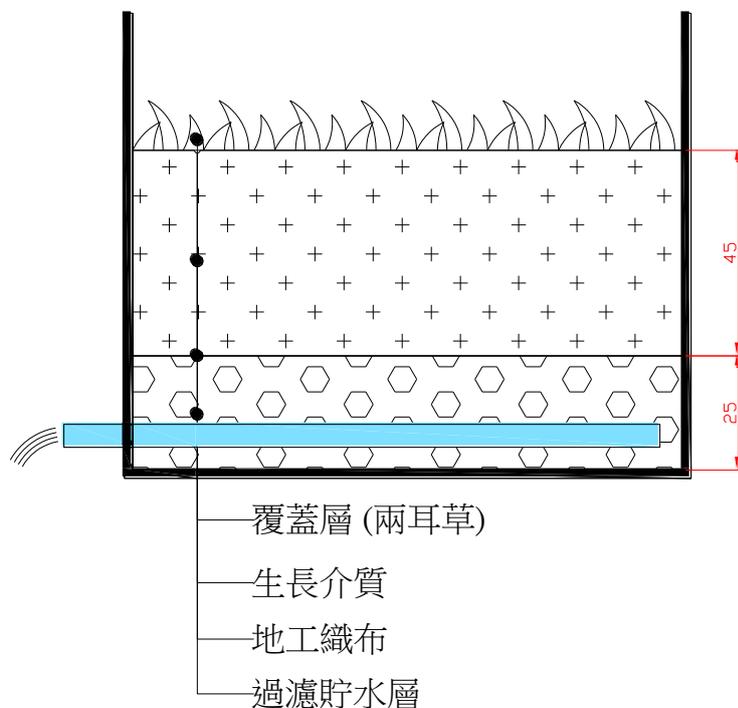


圖4-42 雨水花園試驗配置示意圖

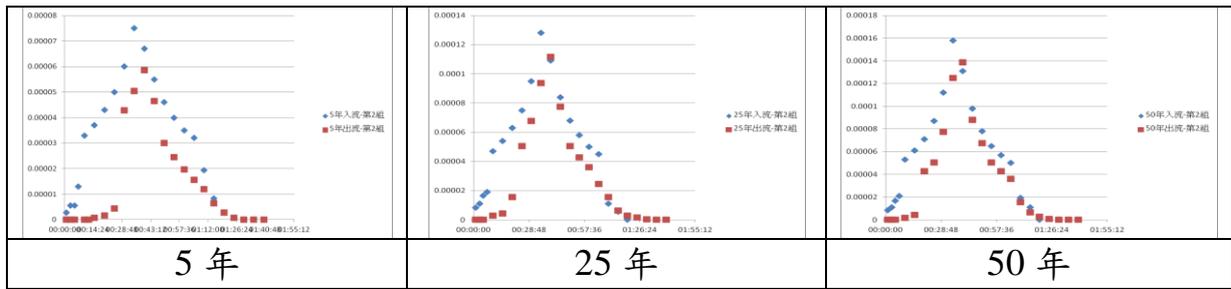


圖4-43 雨水花園試驗單元試驗結果—兩耳草

計算試驗單元各組的保水量百分比，由入流量總體積減去出流量總體積（留在壓克力箱內的水量），再除以入流量總體積，前述的第 2 單元雨水花園 B5~B11 最大保水量為 33%，與本單元 B12~B14 的最大保水量 52%之差異大，因試驗單元中的 B12~B14，除了過濾貯水層 25 公分外，另加入 45 公分的土壤與粗砂混合的介質，生長介質層的厚度增加，但是材質屬於保水性好的介質，厚度增加使保水量提高。

表4-15 雨水花園各組試驗（6組）

試驗編號	設計	入流量重現期距	備註
B12	表層植物： 兩耳草	5 年	生長介質層 45 公分 過濾貯水層 25 公分
B13		25 年	生長介質層 45 公分 過濾貯水層 25 公分
B14		50 年	生長介質層 45 公分 過濾貯水層 25cn

9、滲透桶

為了解雨水逕流進入 LID 單元中因髒污產生的阻塞 (clogging) 現象，本設施參考科羅拉多大學丹佛分校實驗室的滲透桶 (Infiltrometer) 設施，以 12 英吋的定水頭進行試驗，測定滲透係數。滲透桶試驗配置如圖 4-44 所示，設置滲透桶的相片如圖 4-45 所示，試驗組數如表 4-16。滲透桶內的混合土層採用 85% 淡海土壤加 15% 粗砂，以定水頭 12 英吋進行至少 72 小時試驗，待排水管所測得出流量達到穩定，再作為加灰試驗的測定對象。滲透桶阻塞試驗結果如圖 4-46，實驗結果顯示，經由加灰量增加，其滲透係數逐漸降低，當累積灰塵到達 323 克，後續加灰量對於滲透係數並無太大影響。

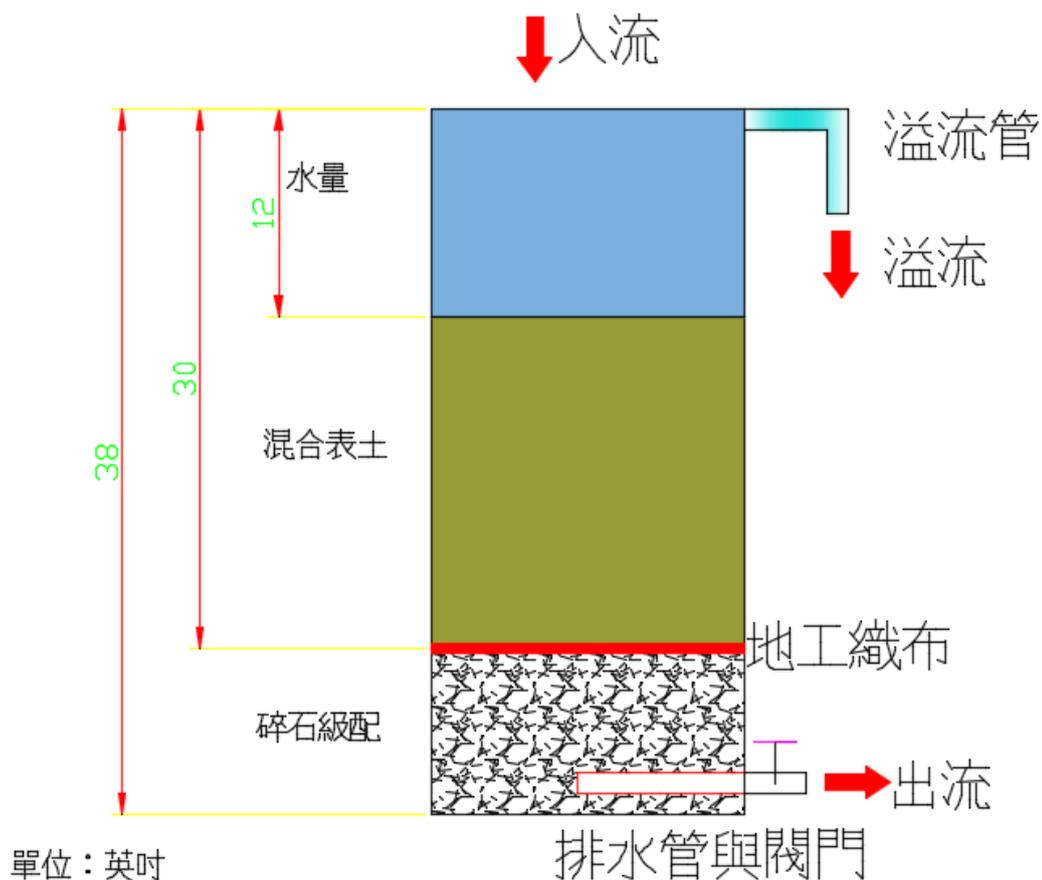


圖4-44 滲透桶試驗配置示意圖

表4-16 滲透桶設施的各組試驗（11組）

	累積加灰量 (g)	加灰量 (g)
第 1 組	12	12
第 2 組	21	9
第 3 組	37	16
第 4 組	43	6
第 5 組	123	80
第 6 組	173	50
第 7 組	223	50
第 8 組	273	50
第 9 組	323	50
第 10 組	373	50
第 11 組	423	50



(a)



(b)



(c)



(d)

圖4-45 滲透桶配置

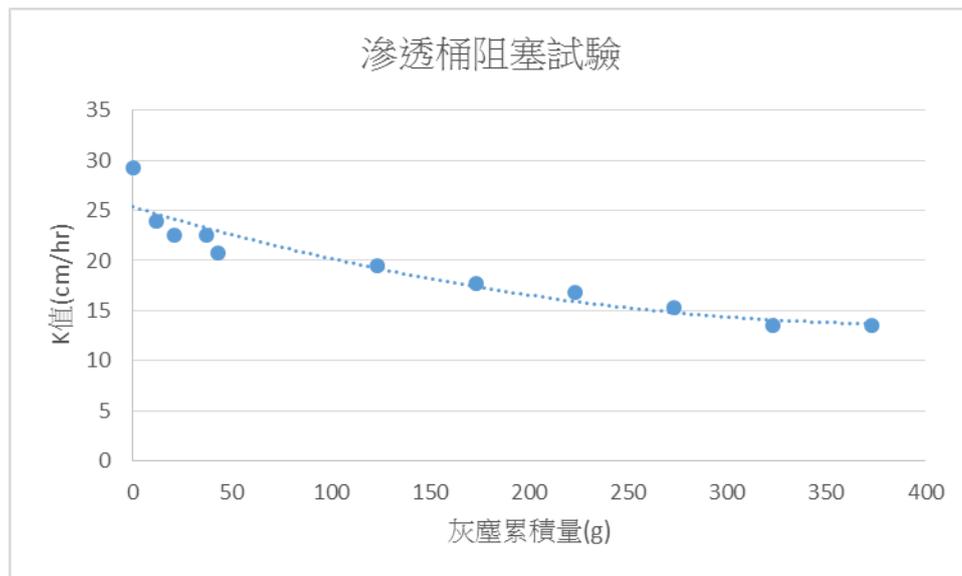


圖4-46 滲透桶阻塞試驗結果

10、LID 設施單元試驗之討論

經過 LID 各設施單元試驗，對於保水效果，較佳的單元有透水鋪面、雨水花園等，但單元斷面尺寸須有適合的配置，例如：雨水花園的保水量與生長介質層的厚度有關，厚度要大；綠屋頂的坡度以水平為最佳，斜度大的綠屋頂，保水量不佳；植草溝（草溝渠）保水效能普遍不佳，若植草溝採用乾式溝（類似線性雨水花園的配置），保水效能可提高；樹箱的保水效能佳，但箱體可能會限制行道樹生長，使用要因地制宜。

雨水灰塵髒污會對 LID 單元效能產生影響，由滲透桶試驗，加灰量增加，會使滲透係數變小，加灰量到達一定重量時，滲透係數影響趨緩，因此 LID 單元有其使用年限。

本計畫 LID 單元試驗共完成 144 組：

第 1 單元—透水鋪面 27 組；第 2 單元—土壤改良 22 組；

第 3 單元—雨水花園 17 組；第 4 單元—樹箱 19 組；

第 5 單元—植草溝有 18 組；第 6 單元—綠屋頂加上雨水桶 18 組；

第 7 單元—透水鋪面 6 組；第 8 單元—雨水花園 6 組；

第 9 單元—滲透桶 11 組。

(二) 設施單元效能評估

目前 LID 於臺灣之推展仍處於發展初期，各種設施單元之效能除可透過既有之手冊、規範或研究報告進行效能評估外，亦需進行現場試驗並建立模擬模式，以取得合適之設施參數及具有代表性之模式，始可正確評估各項 LID 設施單元之效能，整體設施單元效能評估流程如圖 4-47 所示。

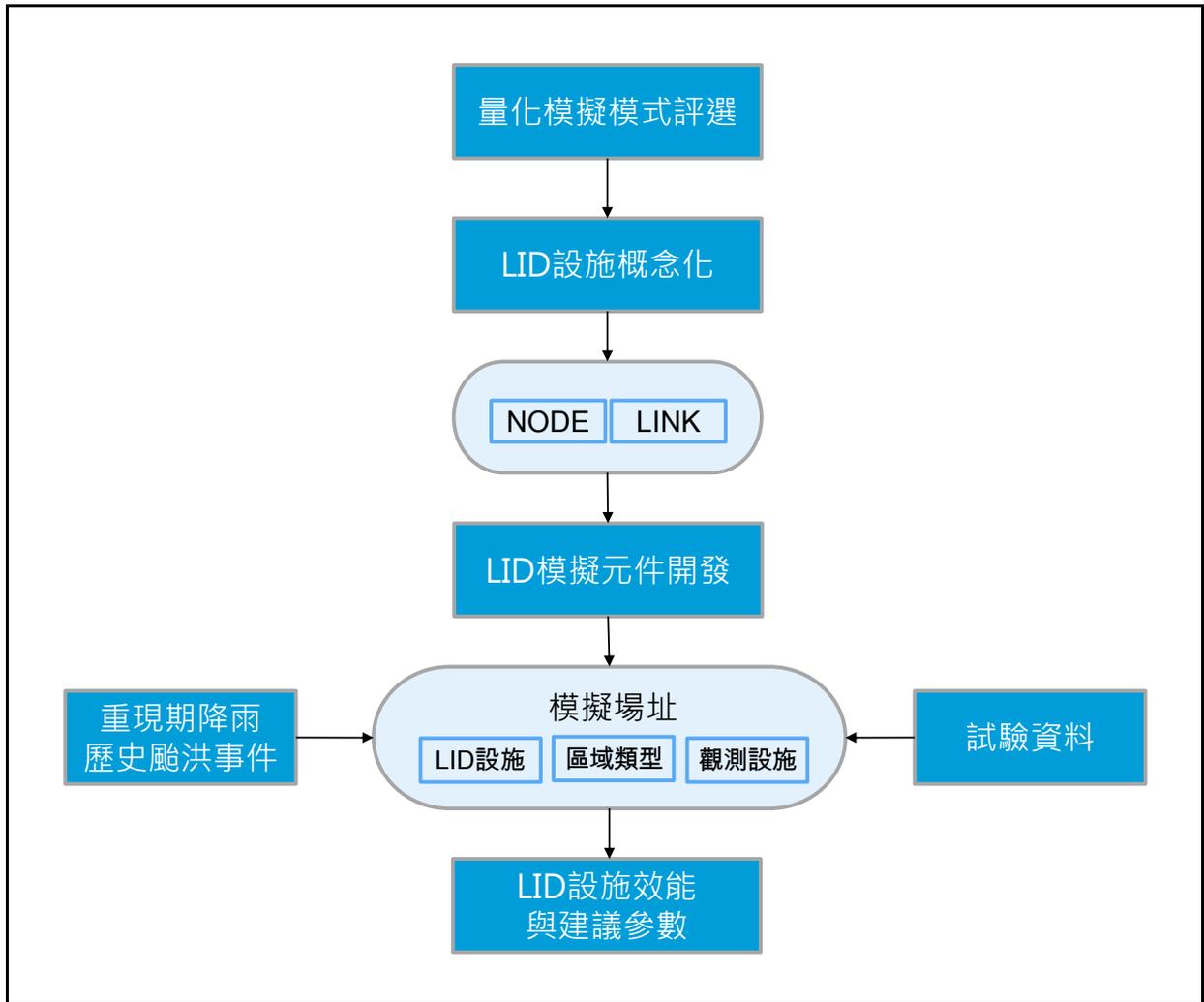


圖4-47 低衝擊開發設施單元效能評估流程圖

首先，透過量化模擬模式的評選，選擇具有公信力且可模擬降雨逕流通過 LID 設施前後之入出流歷線者，評選結果以 SWMM 為合適之模式；接著，將 LID 設施概念化，形成可利用 SWMM 模擬之 LID 元件，特稱為 LID Element，透過概念化的結果，各項 LID 設施均可以 SWMM 之節點(Node)或連結(Link)組件組合而成，如：透水鋪面之 LID Element

即是 1 個次集水區 (Subcatchment) 節點加上 1 個蓄水設施 (Storage Unit) 節點，經由堰 (Weir) 及孔口 (Orifice) 兩個連結匯流至出流口 (Outfall) 節點或匯流點 (Junction) 節點。LID Element 的開發即是建置此些節點與連結之 SWMM 組件組合，並通過測試確定其可以適切模擬 LID 設施的保水或減洪效能。測試的降雨採用不同重現期降雨事件，於實驗室進行試驗量測通過 LID 設施前後之入出流歷線資料，調整與驗證 LID Element 之概念化組成或參數設定，統整上述研究成果，確定各項 LID 設施之效能，以及 LID Element 所需給定參數之建議值。各項工作成果細部描述如下：

1、效能量化模擬模式評選

LID 之基本概念是透過小型工程設施的設置使得區域開發前後之環境影響降至最低，針對水環境之影響可具體量化為洪峰或逕流量的消滅。欲量化模擬 LID 設施之保水或減洪效能，需有能模擬降雨、逕流、渠流與管流等水文水理現象之數值模式，目前較為廣泛使用者包括：HEC-HMS、SUSTAIN 與 SWMM 等。各模式於本計畫適用性說明如下：

(1) 美國工兵團水文工程中心之降雨逕流模式 (Hydrologic Engineering Center, Hydrologic Modeling System, HEC-HMS)

HEC-HMS 是結合地理資訊系統及圖形使用介面所衍生的新一代模式，具備了水文分析、資料儲存及管理、地理資訊系統、圖形使用介面與物件化模組，簡化了資料輸入與模式建立之工作，更加強了後續分析與管理工作。HEC-HMS 可結合 HEC-RAS (River Analysis System) 正確計算包含各種複雜水工結構物之河川水流。

(2) 暴雨治理與分析整合系統 (System for Urban Stormwater Treatment and Analysis Integration Model, SUSTAIN)

美國環保署開發之 SUSTAIN，可模擬最佳管理作業設施的處理效率，並可進行最佳化成本效益分析。SUSTAIN 模式之開

發是為了幫助管理人員制定降雨逕流污染管控計畫，其主要目的在確保水源符合水質目標。SUSTAIN 提供 14 種結構性最佳管理作業（BMP）設施針對水流與污染傳輸進行基本模擬，LID 設施於其模式中即視為 1 種 BMP 設施，其著重於水質淨化而非水量消滅的演算。此外，SUSTAIN 模式是架構在 ArcGIS 的系統下無法獨立運作，使用上限制較多，也較為複雜不便。

(3) 暴雨逕流管理數值模擬模式 (Storm Water Management Model, SWMM)

SWMM 是美國環保署所開發之暴雨逕流管理模式，其可模擬集水區或都市內因降雨量產生逕流，以及進入對下水道排水系統後所衍生之水量變化與流動情形，可結合雨水下水道、污水下水道、滯留設施、雨水貯留、LID 設施及其他相關系統，可應用於都市及非都市地區，是目前廣泛應用於世界各地的雨水逕流規劃、分析和設計的水文和水力系統。

比較此 3 者可以發現：HEC-HMS 主要應用於大尺度集水區之降雨逕流模擬（歐信宏，2001；歐陽慧濤等，2008；江介倫等，2009；羅育華，2010），相對於 HEC-HMS，SWMM 模式優勢在於可以模擬水體進入下水道排水系統之水理，較適用於小集水區或都會區之降雨逕流與下水道演算（張凱堯等，2006；王雯雯，2012；羅偉峻，2013；何媚華，2014）；SUSTAIN 模式著重於水質淨化而非水量消滅的演算（唐穎，2010；陳宜隆，2012；施明言，2013；U.S. EPA, 2013），其架構在 ArcGIS 的系統下使用受限，故較不適宜運用於本計畫。

此外，SUSTAIN 於水量的演算上，亦是使用 SWMM 模式進行演算，但有部分功能限制，故評選結果建議使用 SWMM 模式，有利於本計畫依據計畫需求建立 LID 設施單元元件，評估各設施單元效能。

2、LID 設施概念化

SWMM 模式包含水文資料輸入模組 (Hydrology Module)，以及水力資料輸入模組 (Hydraulic Module)，各模組分別包含不同的組件，如：雨量站 (Rain Gages)、集水區 (Subcatchments)、蓄水設施 (Storage Units)、管路 (Conduits)、抽水機 (Pump)、孔口 (Orifices)、堰 (Weirs)、出口 (Outfalls) 等，而且 SWMM 內設 LID 設施編輯器 (LID Control Editor)，其為附屬於集水區 (Subcatchments) 以下的 1 個編輯設定介面，經此介面輸入各項 LID 之表層、土壤層或蓄水層尺寸與參數後，即可完成 LID 設施的建置，並用以模擬得到 LID 出口逕流歷線，示意如圖 4-48。

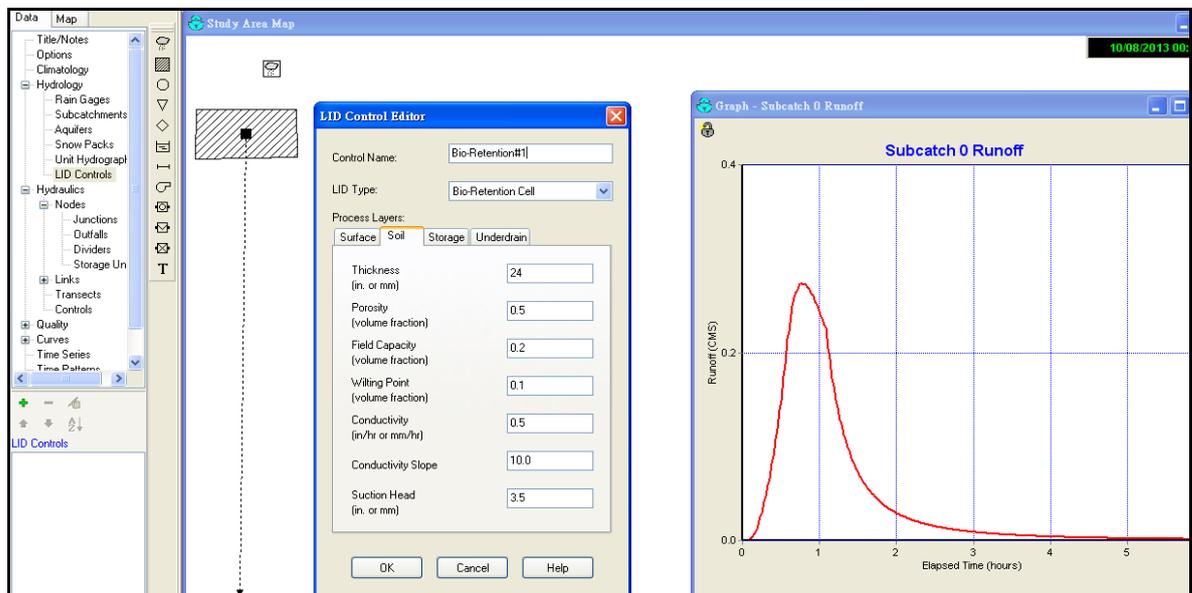


圖4-48 SWMM 之低衝擊開發設施編輯器 (LID Control Editor)

但此 LID Control Editor (SWMM 5.0 版本) 所包含之 LID 設施類型較不完整，僅有生態滯留單元或雨水花園、入滲溝、透水鋪面、雨水桶、植生溝等 5 種 LID 設施可供選擇，缺少了綠屋頂、樹箱過濾設施等 LID 設施。雖然在最新 (2014) 的 SWMM 5.1 版本中已增加了綠屋頂設施，但仍缺乏樹箱過濾設施。另外該編輯器是附屬於集水區下，僅能設定 LID 設施在集水區內佈設面積大小，無法設定其在集水區內的空間分布，故無法評估不同空間或不同高程位置之 LID 設施的減洪效益，且無法與雨水下水道系統進行空間上的連結。

而實務應用上最大的問題來自該編輯器設定輸出項僅有 LID 出口逕流，而將底層排水暗管的出流量視為系統損失，不進行後續進入雨水下水道後的模擬演算，但此排水量體仍佔據了部分的下水道容量，需加以考量才能正確評估 LID 設施實際的減洪效益，故 LID Control Editor 在應用上仍有需要改善的地方。

故本計畫提出將各項 LID 設施概念化為 SWMM 之節點 (Node) 與連結 (Link) 組件組合，即透過集水區、蓄水設施、管路、孔口與堰之組合，模擬通過 LID 設施前後之流量變化 (包含：地表逕流、設施保水與暗管排水等)，形成 1 個可以正確模擬 LID 設施效能之水文水力數值模擬元件，特稱為 LID Element，如圖 4-49 所示。

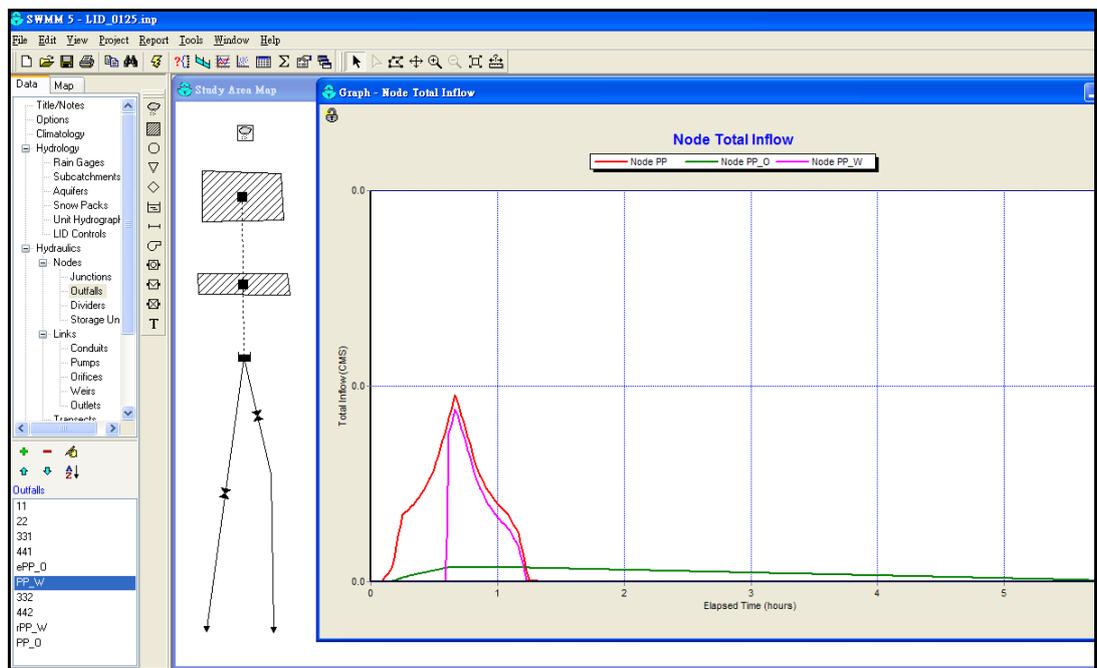


圖4-49 低衝擊開發設施效能之水文水力數值模擬元件 (LID Element)

利用 SWMM 模式模擬 LID 設施導入基地時，是將基地分為 2 個子集水區，一個是待處理之子集水區，另一個是設置 LID 之子集水區，兩者面積比建議為 4：1，也就是於基地內 1/5 面積大小的子集水區配置 LID，欲利用此 LID 設施著配置處理整體基地之降雨逕流，達到保水、減洪之目標。LID 設施在模式模擬時是由 4 個組件——子集水區、蓄水設施、堰、孔口所構成。在降雨逕流演算時，降雨會降至整個基

地（包括：待處理之子集水區與設置 LID 之子集水區），之後開始產生逕流與入滲，待處理之子集水區的逕流會流入 LID 設施之子集水區中，再流入蓄水設施，而後經由堰或孔口流至下游出口。在設定上，待處理之子水區面積為 4/5 之整體基地面積，而 LID 設施之子集水區面積為 1/5 整體基地面積，假設 LID 設施面積全部均能蓄水，故蓄水設施的面積與 LID 設施面積相同。

LID 設施可產生 3 種效益：保水（Retention）、延遲（Detention）與入滲（Infiltration）。保水是利用地表凹凸、植生間隙、砂石孔隙保水；延遲是利用表面糙度或滯洪空間造成水流延緩；入滲原指透過底層入滲補注至地下含水層中，但若現地沒有優良的含水層可供蓄水，則是於底層埋設排水暗管將入滲的水體排出，所以概念化的過程即是透過 SWMM 之模擬組件模擬 LID 設施之保水、延遲與入滲效益。

關於保水的部分可利用集水區（Subcatchments）與蓄水設施（Storage Units）進行模擬，其參數設定除 LID 設施大小外需設定窪蓄深度與孔隙率，其中，窪蓄深度依地表屬於不透水表面、草地、牧場、森林落葉層給定之；孔隙率依砂、石、土壤質地給定之。

延遲的效益則以集水區（Subcatchments）、蓄水設施（Storage Units）與堰（Weir）進行模擬，其參數設定除 LID 設施大小外需設定曼寧糙度與出水高度，曼寧糙度依地表屬於平滑混凝土、農作地、草地、林地給定之，出水高以自由溢流方式給定之。

入滲的效益可以集水區（Subcatchments）進行模擬，其參數設定除 LID 設施大小外需設定 Horton 入滲參數，入滲參數乃依土壤質地、乾土或濕土給定之，但如果入滲之後的水體是再使用排水暗管收集後輸送至下水道系統者，則改以孔口（Orifice）進行模擬，其參數設定為等效孔口大小，等效孔口之大小以飽和土壤入滲流量換算為等效孔口流量給定之。此 3 種效益最後對降雨逕流的整體影響即在減少洪水量、延遲洪峰到達時間與降低洪峰量。

表4-17 土壤質地與孔隙率表

土壤質地	孔隙率	田間含水量	凋萎點
Sand	0.437	0.062	0.024
Loamy Sand	0.437	0.105	0.047
Sandy Loam	0.453	0.190	0.085
Loam	0.463	0.232	0.116
Silt Loam	0.501	0.284	0.135
Sandy Clay Loam	0.398	0.244	0.136
Clay Loam	0.464	0.310	0.187
Silty Clay Loam	0.471	0.342	0.210
Sandy Clay	0.430	0.321	0.221
Silty Clay	0.479	0.371	0.251
Clay	0.475	0.378	0.265

資料來源：Rawls, W.J. et al., (1983). *J. Hyd. Engr.*, 109:1316.

表4-18 土壤質地與入滲參數表

土壤質地	最大入滲率 (mm/hr)
砂質土	127.0
壤質土	76.2
黏質土	25.4
土壤質地	最小入滲率 (mm/hr)
砂	120.4
壤質砂土	30.0
砂質壤土	10.9
壤土	3.3
粉質壤土	6.6
砂質黏壤土	1.5
粘壤土	1.0
粉砂黏壤土	1.0
砂質黏土	0.5
粉質黏土	0.5
黏土	0.3
遞減係數=2~7	

資料來源：SWMM 5.0 Users Manual, EPA(2000)

表4-19 地表特性與與窪蓄深度表

地表特性	窪蓄深度 (mm)
不透水表面	1.27~2.54
草地	2.54~5.08
牧場	5.08
森林落葉層	7.62

資料來源：ASCE, (1992), Design & Construction of Urban Stormwater Management Systems, New York, NY

表4-20 地表特性與曼寧糙度表

地表特性	曼寧糙度
平滑瀝青	0.011
平滑混凝土	0.012
混凝土襯裡	0.013
木頭	0.014
混合水泥磚	0.014
玻璃化黏土管	0.015
鑄鐵	0.015
波紋表面鐵管	0.024
水泥碎石表面	0.024
休耕地 (無表面殘餘覆蓋物)	0.05
農作地	
表面殘餘覆蓋物 < 20%	0.06
表面殘餘覆蓋物 > 20%	0.17
牧場	0.13
草地	
矮小草原	0.15
濃密草地	0.24
百慕達草	0.41
林地	
疏鬆灌木林	0.4
密集灌木林	0.8

資料來源：McCuen, R. et al. (1996), Hydrology, FHWA-SA-96-067, Federal Highway Administration, Washington, DC

LID 設施的基本參數包括：孔隙率、入滲率、窪蓄深度與曼寧糙度，各參數之建議值分別詳列如表 4-19~表 4-20。以上的參考值多為國外研究，故本計畫先透過模式敏感度分析與實際試驗以確認其適用性或建立符合臺灣本地特性的參數。

首先，假設有 1 個 120 公分×300 公分之小集水區（實驗室尺度），於下游切割出其中 120 公分×60 公分面積大小之區域作為 LID 設施空間，以處理 25 年重現期 60 分鐘暴雨之降雨逕流，待處理之集水區面積為 2.88 平方公尺（ 2.88×10^{-4} 公頃）、垂直流徑之寬度為 1.2 公尺、地表坡度為 1%、不透水比為 100%、曼寧糙度為 0.02；而 LID 設施面積為 120 公分×60 公分，由本計畫所提集水區、蓄水設施、堰及孔口之 LID Element 所組成，參數設定為曼寧糙度 0.15、窪蓄深度 0 毫米、保水深度（孔隙率）0.106 公尺、孔口直徑（入滲率）0.015 公尺。

在未設置 LID 設施前，逕流洪峰到達出口時間為 44 分鐘，洪峰流量為 1.33×10^{-4} cms，以敏感度分析測試 4 個參數何者對整體逕流模擬結果影響最大，結果顯示在參數量值合理範圍內，曼寧糙度、窪蓄深度對洪峰到達時間與洪峰量值的影響極小（ $< 0.1\%$ ），顯示此 2 個參數並不敏感；而保水深度與孔口直徑對洪峰到達時間與洪峰量值的影響相對較大（約 10%），即若保水量不夠或入滲過快，則無法發揮 LID 效能。依實驗室尺度下之參數敏感度分析結果顯示，LID 設施之孔隙率與材質入滲率為 2 項敏感參數，於設施施作前需先量測確定，才能確實掌握 LID 設施所能提供之減洪與保水效能。

除實驗室尺度外，本計畫在依現地尺度評估 LID 各設施參數的敏感度，現地尺度所要處理之集水區較實驗室尺度大上許多，實驗室為公尺等級，現地尺度則為百公尺等級，空間尺度差異可大於 2 個數量級以上，故本假設有 1 個 60 公尺×150 公尺之現地集水區，於下游切割出其中 60 公尺×30 公尺面積大小之區域作為 LID 設施空間，以處理 25 年重現期 60 分鐘暴雨之降雨逕流，待處理之集水區面積為 0.72 公頃、垂直流徑之寬度為 60 公尺、地表坡度為 1%、不透水比為 100%、

曼寧糙度為 0.02、窪蓄深度 0 毫米，而 LID 設施面積為 60 公尺×30 公尺，由本計畫所提之集水區、蓄水設施、堰及孔口之 LID Element 所組成，參數設定為曼寧糙度為 0.15，窪蓄深度 0 毫米，保水深度 0.106 公尺，孔口高 0.015 公尺、寬 37.44 公尺。

在未設置 LID 設施前，洪峰到達時間為 47 分鐘，洪峰流量為 0.31cms，以敏感度分析測試 4 個參數何者對整體逕流模擬結果影響最大，結果顯示在參數量值合理範圍內，曼寧糙度、窪蓄深度、保水深度對洪峰到達時間與洪峰量值的影響極小 (< 0.1%)，顯示此 3 個參數並不敏感；而孔口直徑對洪峰到達時間與洪峰量值的影響相對較大 (約 5%)，即若入滲過快則 LID 無滯洪效益，反之，若入滲過慢則 LID 無保水效益。與實驗室實驗相較可以發現，LID 設施參數敏感度整體變小，即在 25 年重現期暴雨逕流下，LID 設施滯洪效能穩定維持在 10% 左右。綜整敏感度分析結果，本計畫建議於現場施作 LID 時首要注意設施材料的孔隙率設計，以確保 LID 設施可發揮應有之保水與滯洪效益。

表 4-21 臺灣本土化孔隙率參數表

LID 鋪設材料	孔隙率
細砂	0.223
碎石級配	0.273
80%小碎石+20%玻璃砂	0.255
80%小碎石+20%水陶石	0.237
85%小碎石+15%水陶石	0.240
75%土壤+25%椰纖	0.169

本計畫針對最為敏感的孔隙率參數，選取臺灣 LID 設施所常使用之鋪設材料於實驗室進行參數量測，得到具有本土化之孔隙率參數 (表 4-21)。由實測的數據可以看出，臺灣 LID 設施鋪設材料之孔隙率約 0.169~0.273 間，與國外研究 (砂之孔隙率建議值約 0.437) 雖屬同一個數量級，但是仍有 2 倍以上之差距，若直接引用國外建議值，則將導致 LID 設施保水量之估算結果會有 2 倍以上的量體差異，故建

議在孔隙率的設定上，因對鋪設材料進行參數測定，以確保 LID 設施的鋪設厚度可以達到設定的保水效果，同時正確的參數設定也才能透過 SWMM 適切模擬臺灣之 LID 設施效能。其餘各項參數因較不敏感，本計畫建議可以採用目前既已被普遍引用參考之參數建議值即可，由本計畫已完成之 LID 試驗與效能分析結果，亦顯示上述之參數建議值，確實可適切描述臺灣的 LID 設施特性。

3、LID 模擬元件開發

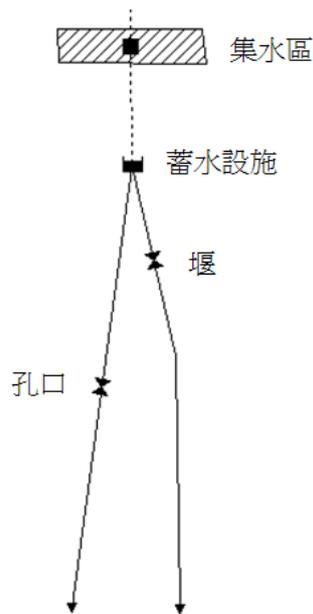


圖4-50 低衝擊開發設施概念化組件組合圖

依據 LID 設施概念化之結果，組合各種 SWMM 組件，包括集水區、蓄水設施、堰、孔口等，形成 1 個可以模擬通過 LID 設施前後洪峰流量之模擬元件（LID Element），如圖 4-50 所示。各項 LID 模擬組件所需之輸入設定如表 4-22 所示，所需設定者包括集水區、蓄水設施、堰、孔口之基本性質，如：設施面積、垂直流徑之寬度、曼寧糙度、窪蓄深度、Horton 入滲參數、保水深度、孔口高等。依據 LID 設施的材料特性以及參數之建議值，輸入各項相關參數以完成各項 LID 設施模擬元件之建置。透過 LID Element 即可利用 SWMM 快速且正確的計算 LID 設施單元效能。

表4-22 低衝擊開發模擬元件設定表

LID 設施模擬組件	參數	單位	說明
集水區 (Subcatchment)	面積 (Area)	ha	LID 設施所佔集水區面積
	寬度 (Width)	m	垂直流徑之寬度
	坡度 (Slope)	%	地表坡度
	不透水比 (Imperv)	%	不透水所佔面積比
	不透水表面糙度 (N-Imperv)	-	曼寧糙度
	透水表面糙度 (N-Perv)	-	曼寧糙度
	不透水窪蓄 (Dstore-Imperv)	mm	窪蓄深度
	透水窪蓄 (Dstore-Pperv)	mm	窪蓄深度
	入滲 (Infiltration)	-	Horton 入滲參數
蓄水設施 (Storage Unit)	最大深度 (Max. Depth)	m	保水深度+出水高
	面積 (Ponded Area)	m ²	設施面積
	蓄水量曲線 (Storage Curve)	-	設施面積固定
堰 (Weir)	出水高 (Height)	m	溢流高度
	堰長 (Length)	m	垂直流徑之寬度
	保水深度 (Inlet Offset)	m	設施保水量
孔口 (Orifice)	孔口高 (Height)	m	等效孔口高

其中保水深度與孔口高是需經過換算後輸入，保水深度是將材料鋪設厚度乘上孔隙率所得，而孔口高是將入滲流換算為方形孔口流後所得，換算公式如下：

$$Q = KiA = D^2 C_d \sqrt{2g(H - \frac{D}{2})}$$

其中 Q 為地表入滲流量 (cms)，K 為 LID 鋪設材料入滲率 (公尺/秒)，i 為水力梯度 (設定為 1)，A 為 LID 設施面積 (平方公尺)，D 為方形孔口高 (公尺)，C_d 為孔口折減係數 (設定為 0.65)，g 為重力加速度 (設定為 9.81)，H 為保水深度 (公尺)。基本概念為降雨逕流透過入滲進入 LID 設施後由排水暗管集水後流出，在穩定狀態 (steady) 下地表入滲流量會等於孔口出流量，所以由上述公式即可換算方形孔口高 D。以 1 公尺×1 公尺大小之 LID 設施為例，建議其孔口高可設定為 0.01~0.02 公尺大小，若採用 2 倍之 LID 設施面積，則相對的孔口會擴大為 2 倍大小，即矩形孔口高可設定為 0.01~0.02 公尺，孔口寬為 0.02~0.04 公尺。

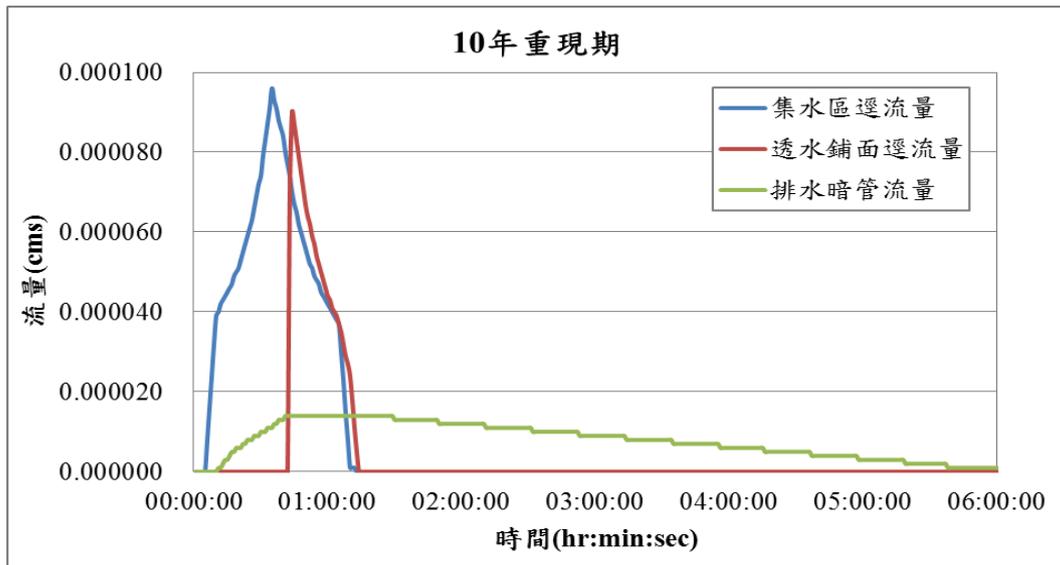


圖4-51 低衝擊開發模擬元件之模擬結果

今考量 1 個 120 公分×60 公分×60 公分的透水鋪面，其地文條件設定如下：設施面積為 7.2×10^{-5} 公頃、不透水面積無窪地比 25%、地表坡度為 1%、所有水入滲後皆由排水暗管收集故不透水比為 100%、曼寧糙度為 0.15、窪蓄深度為 0 毫米、保水深度為 11 公分、出水高為 10 公分、垂直流徑之寬度為 120 公分、孔口直徑為 0.437 公分。假設預定利用此 LID 設施處理 1 個 120 公分×240 公分大小之集水區的降雨逕流，降雨條件採用淡水雨量站 10 年重現期之 60 分鐘暴雨，設計雨型採用 Horner 雨型，利用 SWMM 分析其入流歷線與出流歷線如圖 4-51 所示。

由模擬結果可以看出，所設計之 LID 模擬元件確實可以模擬逕流通過 LID 設施前後之入出流量變化情形，並且可以量化描述 LID 設施之保水、延遲與入滲等 3 種效益。首先在保水部分，於洪峰來臨前原本的集水區逕流量有效的被透水鋪面之級配保水層所吸收，達到保水的效果，且因保水量體夠大，所以洪峰亦被保水層所吸收，顯示此設計可以有效處理 10 年重現期之降雨逕流；延遲的部分，原本的降雨逕流因透水鋪面表面糙度提高，可以看出透水鋪面的逕流量整體有向後延緩並集中增大的趨勢；而入滲的部分，水體進入透水鋪面後緩慢的由排水暗管流出，流出速率遠小於地表逕流量，故此測試案例顯示

本計畫所開發之 LID 模擬元件確實可模擬 LID 之保水與減洪效能。

4、LID 模擬元件驗證

本計畫利用實驗室試驗進行透水鋪面、雨水花園/生態滯留單元、樹箱過濾設施、植生溝、綠屋頂及雨水桶之 LID 設施效能試驗，LID 設施配置原則為 LID 設施面積為待處理之子集水區面積的 1/5，亦即 1 單位面積的 LID 設施處理 4 單位面積的子集水區降雨逕流。分別以 5、25 和 50 年重現期之降雨事件進行試驗並利用所建立之 LID Element 模擬之，最後將模擬結果與試驗結果進行比較，以驗證 LID Element 之正確性與實用性，各項 LID 設施之驗證結果詳述如下：

(1) 透水鋪面

1 個 120 公分×60 公分×60 公分的透水鋪面，其由上至下分別鋪設環保透水磚 6 公分、細砂 5 公分、不織布、碎石級配 20 公分。排水口高於底部 5 公分且先使底部達到飽和狀態，試驗配置圖如圖 4-52。

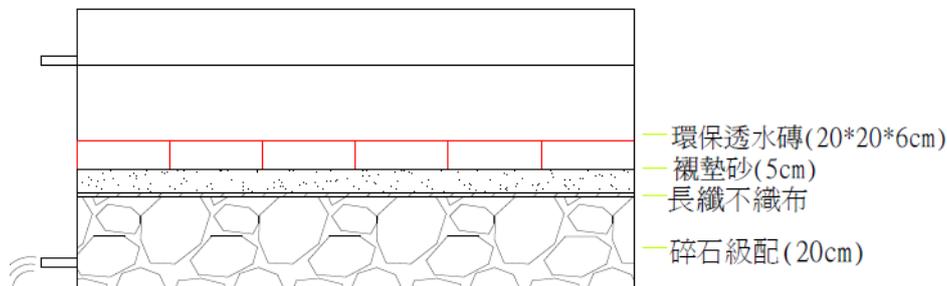


圖4-52 透水鋪面設計試驗配置示意圖

依據試驗之設計，利用 SWMM 模式建置模擬試驗場址，設定各項 LID 模擬元件及相關參數。設施面積為 7.2×10^{-5} 公頃、地表坡度為 1%、所有水入滲後皆由排水暗管收集故不透水比為 100%、曼寧糙度為 0.15、不透水面積無窪地比為 25%、窪蓄深度為 0 公分、保水深度為 5.21 公分、出水高為 10 公分、垂直流徑之寬度為 120 公分、孔口高為 1.6 公分。

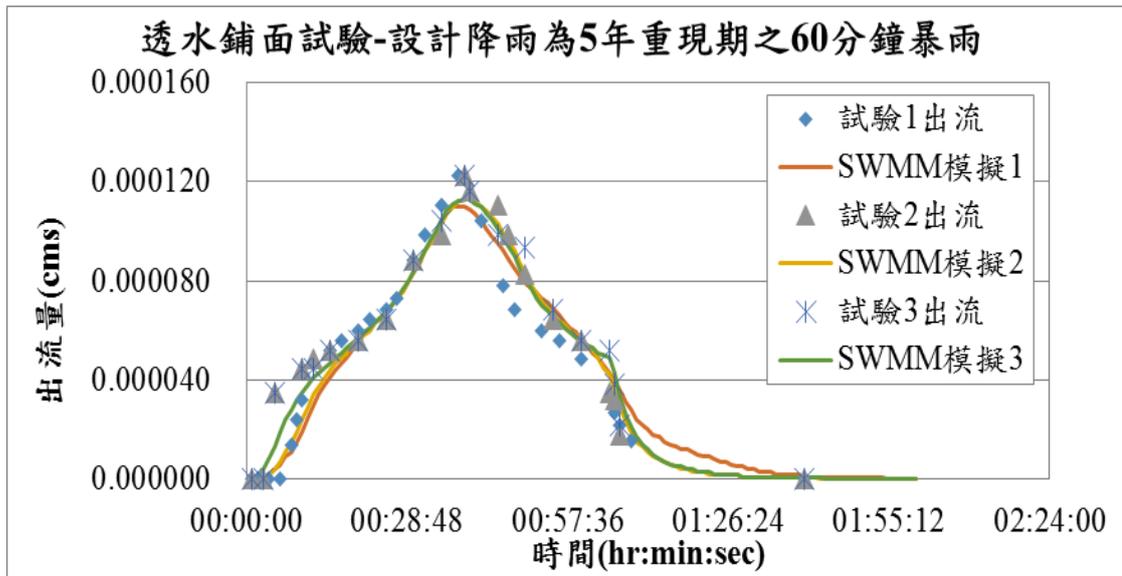


圖4-53 低衝擊開發模擬元件驗證示意圖

依據建議之 LID 設施處理面積比例大小，預定利用此 LID 設施處理 1 個 120 公分×240 公分大小之集水區的降雨逕流，降雨條件分別採用淡水雨量站 5、25 和 50 年重現期之 60 分鐘暴雨，設計雨型採用 Horner 雨型，利用 SWMM 分析其入流歷線後，透過 SWMM 模擬得到通過 LID 設施之出流歷線，將其與試驗觀測之出流歷線兩者相互比較驗證，以 5 年重現期之結果為範例繪製如圖 4-53。

驗證過程因所有參數皆以按照實際狀況及參考值進行設定，唯一不確定為孔口高，故調整其設定使模擬結果吻合實際觀測之洪峰到達時間，且洪峰流量與整體逕流量誤差皆需小於 10%，以確認 LID Element 之正確性與實用性。最後孔口高設定為 0.016 公尺，試驗與模擬之逕流歷線均方根誤差 (RMSE) 平均為 5.05×10^{-6} cms，約 1.33%，洪峰時間誤差為 0 分鐘，為 0%，洪峰流量誤差為 3.18×10^{-6} cms，約 4.34%。顯然 LID Element 之模擬與試驗結果相當吻合。

(2) 雨水花園

今設計 1 個 120 公分×60 公分×60 公分的雨水花園由上至下分別鋪設土壤 10 公分並種植兩耳草、不織布、碎石水陶石 35 公

分、不織布、碎石級配 15 公分。排水口高於底部 4 公分且先使底部達到飽和狀態，試驗配置圖如圖 4-54。

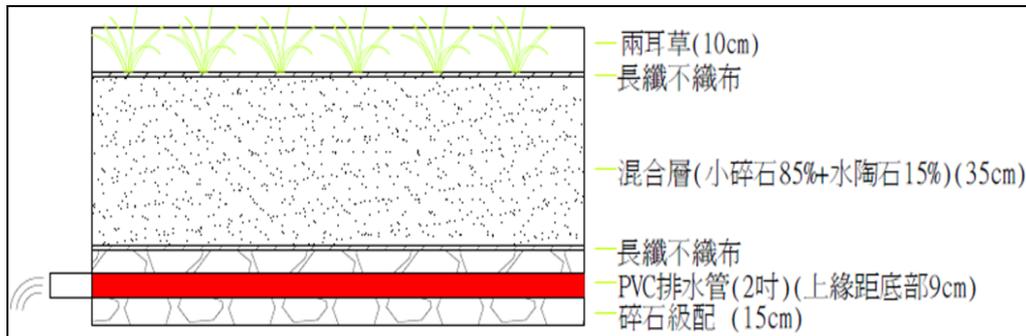


圖4-54 雨水花園設計試驗配置示意圖

依據試驗之設計，利用 SWMM 模式建置模擬試驗場址，設定各項 LID 模擬元件及相關參數。設施面積為 7.2×10^{-5} 公頃、垂直流徑之寬度為 1.2 公尺、地表坡度為 1%、所有水入滲後皆由排水暗管收集故不透水比為 100%、曼寧糙度為 0.15、不透水面積無窪地比 25%、窪蓄深度為 0.2239 公尺、保水深度為 0.1239 公尺、出水高為 0.10 公尺、垂直流徑之寬度為 1.2 公尺、孔口高為 0.015 公尺、孔口距底部高 0.011 公尺。

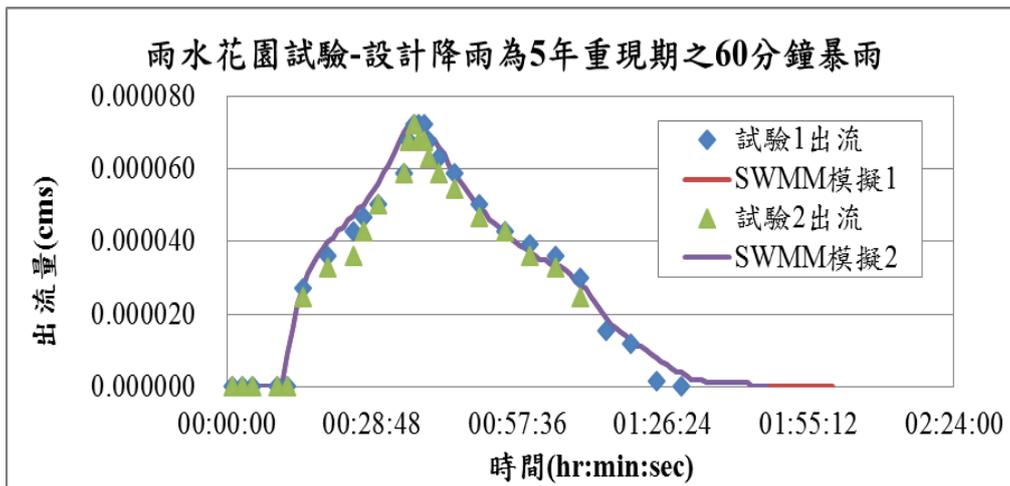


圖4-55 低衝擊開發模擬元件驗證示意圖

依據建議之 LID 設施處理面積比例大小，預定利用此 LID 設施處理 1 個 120 公分 \times 240 公分大小之集水區的降雨逕流，降雨條件分別採用淡水雨量站 5、25 和 50 年重現期之 60 分鐘暴雨，設計雨型採用 Horner 雨型，利用 SWMM 分析其入流歷線後，透過

SWMM 模擬得到通過 LID 設施之出流歷線，將其與試驗觀測之出流歷線兩者相互比較驗證，以 5 年重現期之結果為範例繪製如圖 4-55。

試驗與模擬之逕流歷線均方根誤差 (RMSE) 平均為 3.83×10^{-6} cms，約 1.11%，洪峰時間誤差為 1 分鐘，為 2.63%，洪峰流量誤差為 0 cms，為 0%。符合洪峰流量與整體逕流量誤差皆需小於 10% 之目的，並得以確認 LID 模擬元件之正確性與實用性。

(3) 樹箱過濾設施

設計一個樹箱過濾設施體積為 120 公分×60 公分×60 公分，其由上至下分別鋪設土壤和椰纖之混合層 45 公分、不織布、碎石級配 40 公分 (孔隙率 0.273)。排水口高於底部 15 公分且先使底部達到飽和狀態，試驗配置圖如圖 4-56。

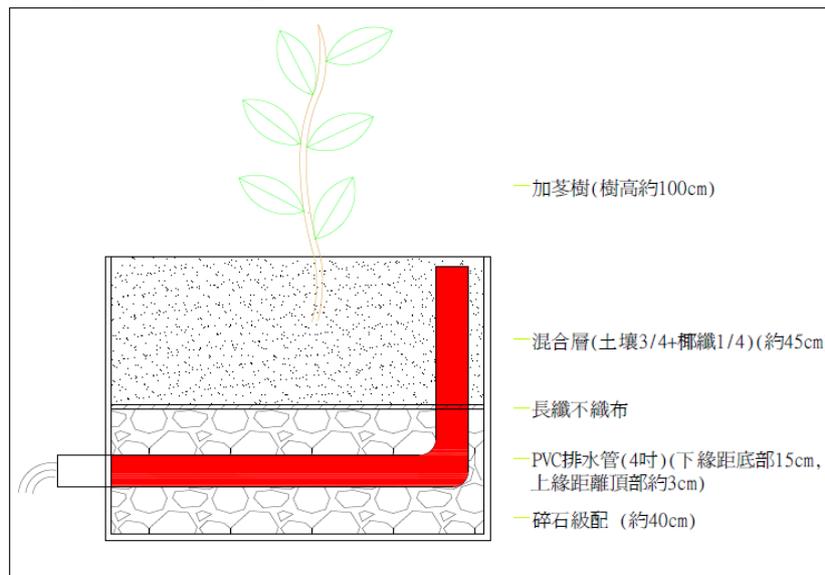


圖4-56 樹箱過濾設施設計試驗配置示意圖

依據試驗之設計，利用 SWMM 模式建置模擬試驗場址，設定各項 LID 模擬元件及相關參數。設施面積為 7.2×10^{-5} 公頃、垂直流逕之寬度為 1.2 公尺、地表坡度為 1%、所有水入滲後皆由排水暗管收集故不透水比為 100%、曼寧糙度為 0.15、不透水面積無窪地比 25%、窪蓄深度為 0.2092 公尺、保水深度為 0.1092 公尺、出水高為 0.10 公尺、垂直流徑之寬度為 1.2 公尺、孔口高為

0.022 公尺、孔口距底部高 0.041 公尺。

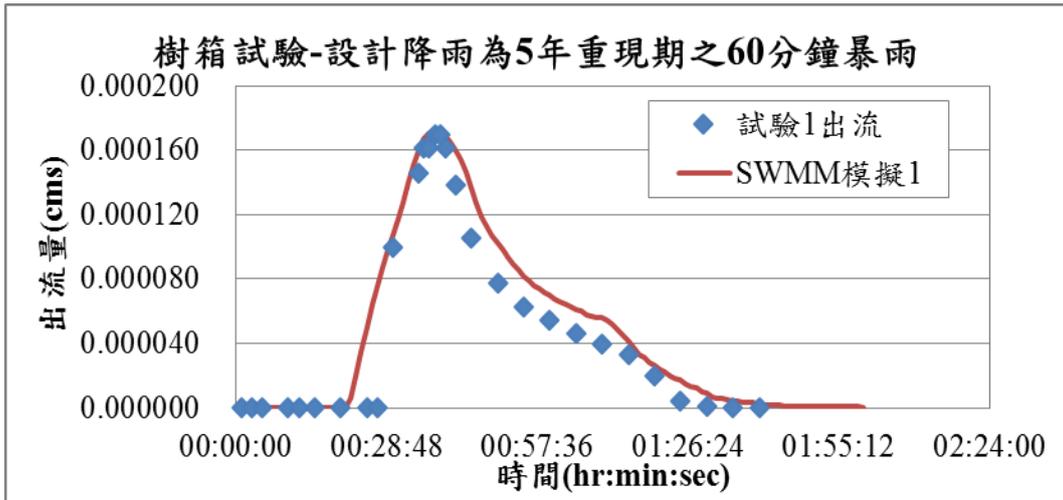


圖4-57 低衝擊開發模擬元件驗證示意圖

依據建議之 LID 設施處理面積比例大小，預定利用此 LID 設施處理 120 公分x240 公分大小之集水區的降雨逕流，降雨條件分別採用淡水雨量站 5 年、25 年和 50 年重現期之 60 分鐘暴雨，設計雨型採用 Horner 雨型，利用 SWMM 分析其入流歷線後，透過 SWMM 模擬得到通過 LID 設施之出流歷線，將其與試驗觀測之出流歷線兩者相互比較驗證，以 5 年重現期之結果為範例繪製如圖 4-57。

驗證結果，試驗與模擬之逕流歷線均方根誤差（RMSE）平均為 2.05×10^{-5} cms，約 3.60%，洪峰時間誤差為 0 分鐘，為 0%，洪峰流量誤差為 3.45×10^{-6} cms，為 2.04%。符合洪峰流量與整體逕流量誤差皆需小於 10% 之目的，確認 LID 模擬元件之正確性與實用性。

(4) 植生溝

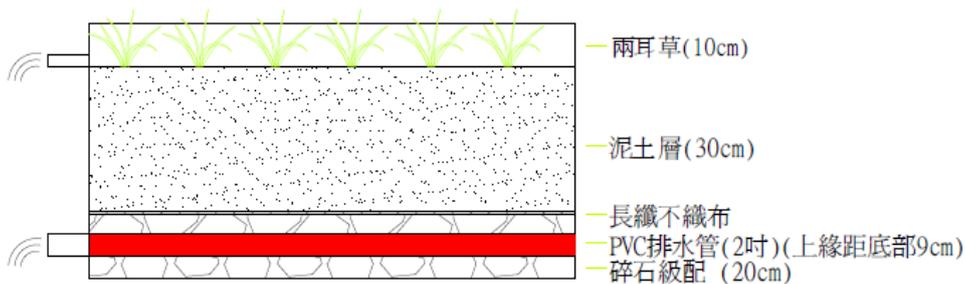


圖4-58 植生溝設計試驗配置示意圖

今設計一個 120 公分×60 公分×60 公分的植生溝設施，其上至下分別鋪設土壤 40 公分並種植兩耳草、不織布、碎石級配 20 公分（孔隙率 0.273）。排水口高於底部 4 公分且先使底部達到飽和狀態，試驗配置圖如圖 4-58。

依據試驗之設計，利用 SWMM 模式建置模擬試驗場址，設定各項 LID 模擬元件及相關參數。設施面積為 7.2×10^{-5} 公頃、垂直流徑之寬度為 1.2 公尺、地表坡度為 1%、所有水入滲後皆由排水暗管收集故不透水比為 100%、曼寧糙度為 0.15、不透水面積無窪地比 25%、窪蓄深度為 0.2239 公尺、保水深度為 0.1239 公尺、出水高為 0.10 公尺、垂直流徑之寬度為 1.2 公尺、孔口高為 0.02 公尺、孔口距底部高 0.04 公尺。

依建議之 LID 設施處理面積比例大小，預定利用此 LID 設施處理 120 公分×240 公分大小之集水區的降雨逕流，降雨條件分別採用淡水雨量站 5、25 和 50 年重現期之 60 分鐘暴雨，設計兩型採用 Horner 雨型，利用 SWMM 分析其入流歷線後，透過 SWMM 模擬得到通過 LID 設施之出流歷線，將其與試驗觀測之出流歷線相互比較驗證，以 5 年重現期之結果為範例繪製如圖 4-59。

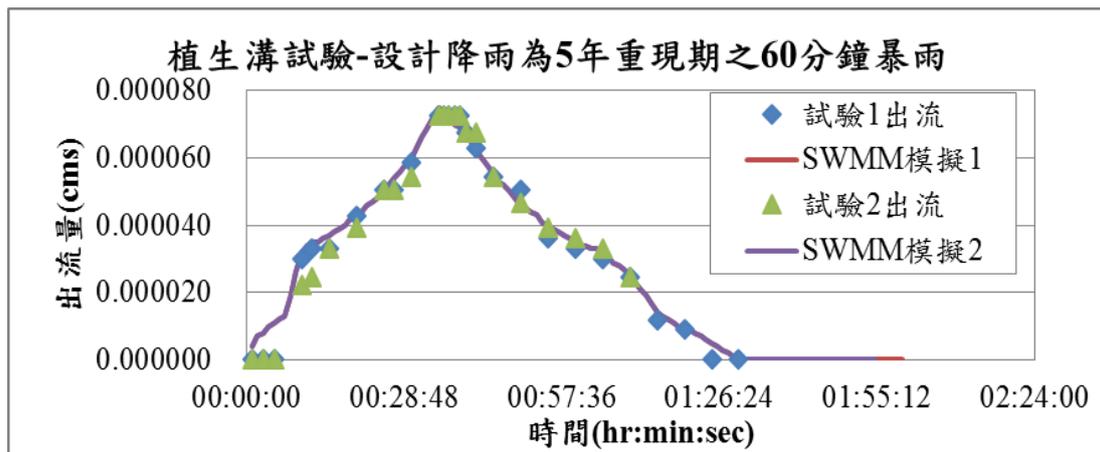


圖4-59 低衝擊開發模擬元件驗證示意圖

驗證結果，試驗與模擬之逕流歷線均方根誤差（RMSE）平均為 3.56×10^{-6} cms，約 0.93%，洪峰時間誤差為 2 分鐘，為 5.41%，洪峰流量誤差為 2.59×10^{-6} cms，為 3.57%。符合洪峰流量

與整體逕流量誤差皆需小於 10% 之目的，驗證 LID 模擬元件之正確性與實用性。

(5) 綠屋頂

今設計 1 個 120 公分×60 公分×20 公分的綠屋頂，其上至下分別鋪設土壤 14 公分並種植兩耳草、攔根網、瀝水層、防水層與隔熱層，試驗配置如圖 4-60。

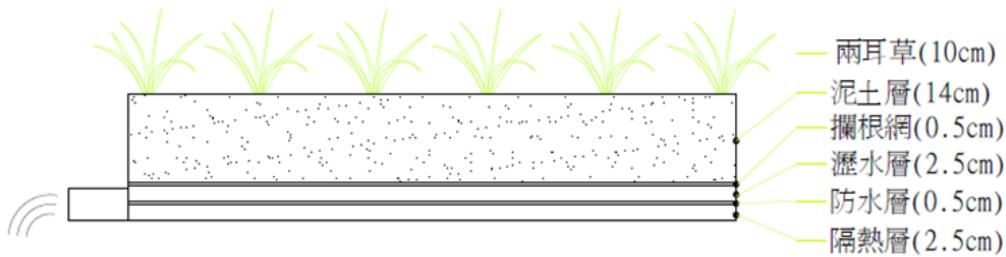


圖4-60 綠屋頂設計試驗配置示意圖

依據試驗之設計，利用 SWMM 模式建置模擬試驗場址，設定各項 LID 模擬元件及相關參數。設施面積為 7.2×10^{-5} 公頃、垂直流逕之寬度為 1.2 公尺、地表坡度為 0% 或 10%、曼寧糙度為 0.15、窪蓄深度為 0.01 公尺、保水深度為 0.025 公尺、出水高為 0.10 公尺、孔口高為 0.02 公尺。

依建議之 LID 設施處理面積比例大小，預定利用此 LID 設施處理 120 公分×240 公分大小之集水區的降雨逕流，降雨條件採用風雨實驗室之設計 60 分鐘暴雨，降雨歷線如圖 4-61。

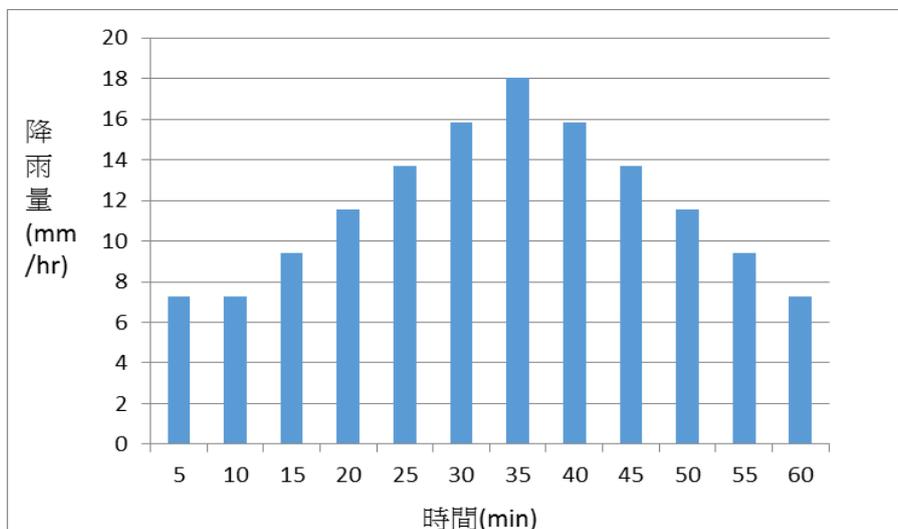


圖4-61 風雨實驗室之設計 60 分鐘暴雨

透過 SWMM 模擬得到降雨通過綠屋頂後之出流歷線，將其與試驗觀測之出流歷線兩者相互比較驗證，以坡度 0% 之綠屋頂試驗結果為範例繪製如圖 4-62。

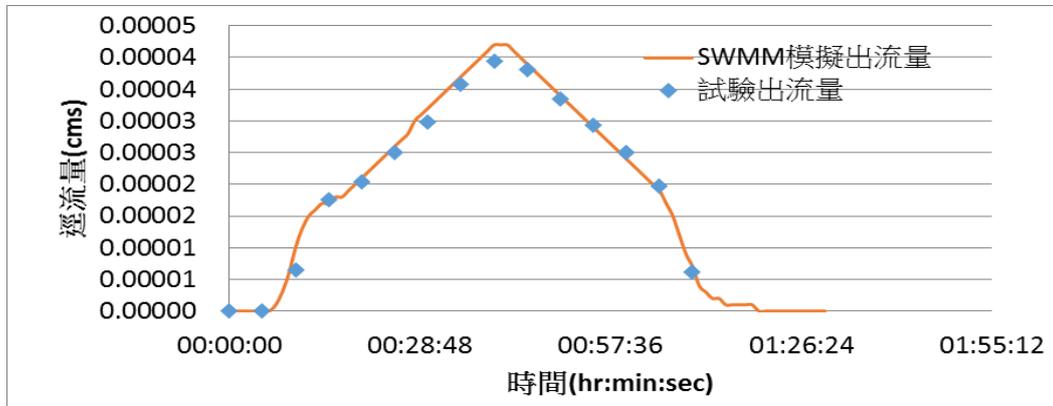


圖4-62 綠屋頂低衝擊開發模擬元件驗證示意圖

驗證結果，試驗與模擬之逕流歷線均方根誤差（RMSE）平均為 2.12×10^{-6} cms，約 0.71%，洪峰時間誤差為 0 分鐘，洪峰流量誤差為 2.53×10^{-6} cms，為 6.41%。符合洪峰流量與整體逕流量誤差皆需小於 10% 之目標，驗證 LID 模擬元件之正確性與實用性。

表4-23 各項低衝擊開發設施之模試驗證結果一覽表

LID 設施種類	透水鋪面	雨水花園	樹箱	植生溝	綠屋頂
均方根誤差(cms)	5.05×10^{-6}	3.83×10^{-6}	2.05×10^{-5}	3.56×10^{-6}	2.12×10^{-6}
均方根誤差(%)	1.33	1.11	3.60	0.93	0.71
洪峰時間誤差(min)	0	1	0	2	0
洪峰時間誤差(%)	0	2.63	0	5.41	0
洪峰流量誤差(cms)	3.18×10^{-6}	0	3.45×10^{-6}	2.59×10^{-6}	2.53×10^{-6}
洪峰流量誤差(%)	4.34	0	2.04	3.57	6.41

表 4-23 為各項 LID 設施之模試驗證結果一覽表，其中各項 LID 設施之均方根誤差介於 2.12×10^{-6} cms 至 2.05×10^{-5} cms 之間，約 0.71~3.60% 間，洪峰時間誤差約 0~2 分鐘，約 0~5.41%，洪峰流量誤差在 $0 \sim 3.45 \times 10^{-6}$ cms 之間，誤差比例約 0~6.41%。顯然各項 LID 模擬元件之模擬結果與試驗結果相當吻合，本計畫利用 SWMM 模式所開發之 LID Element 確實正確可行，可用於模擬

LID 設施之效益評估。

5、低衝擊開發設施單元之效能評估

透過不同的設施設計，LID 設施可發揮不同的蓄存洪水、降低洪峰與延緩洪峰到達時間之效能。透過試驗驗證之 LID Element 已確定其正確性，即可用於模擬 LID 設施單元之效能評估，故本節將利用 1 個範例針對各項 LID 設施之效能進行模擬與比較，以提供使用者進行 LID 設施現場配置時之參考。範例說明包含：範例集水區、LID 設施配置、設計降雨、SWMM 模擬、LID 設施效能，分述如下：

(1) 範例集水區

範例集水區假設為 1 個已開發之都會區，集水區面積大小為 3 公尺x1.2 公尺，垂直流徑之寬度為 1.2 公尺，地表坡度為 1%，地表多為瀝青與水泥，完全不透水，表面糙度為 0.02。

(2) LID 設施配置

表4-24 低衝擊開發設施成本、生命週期與效率遞減係數表

LID 設施種類	建置成本 (元/m ²)	維護成本 (元/m ² ×年)	生命週期 (年)	效率遞減係數 (%/年)
透水鋪面	3000	120	20	-5.00
雨水花園 /生態滯留單元	6500	60	25	-4.00
植生溝	4000	60	25	-4.00
樹箱過濾設施	10222	1333	25	-4.00
滲透陰井/側溝	2600	66	15	-6.67
綠屋頂	8000	80	30	-3.33
雨水桶	23000	500	20	-5.00

今於範例集水區下游處劃設 1/5 的集水區面積作為 LID 之設置範圍，即 LID 設置面積為 0.6 公尺x1.2 公尺。於此空間中可佈設單 1 種 LID 設施（透水鋪面、雨水花園/生態滯留單元、植生溝、樹箱過濾設施、滲透陰井/側溝、綠屋頂或雨水桶），各項 LID 設施之建置成本、維護成本、生命週期、效率遞減係數如表 4-24。表中各項資料依據本報告書第陸章之內容給定，若其數值

有一定範圍者則取最大者進行較為保守之效能評估。

其中建置成本為於 1 平方公尺建設單一種 LID 設施所需之經費；維護成本為於 1 年內維護 1 平方公尺之單一種 LID 設施所需之經費；生命週期為各項 LID 設施之使用年限；設施效率假設於使用年限內呈線性遞減，故效率遞減係數即為生命之倒數，設施之入滲率與設施蓄水面積會依效率遞減係數折減，直至使用年限期滿後設施入滲率及設施蓄水面積皆為 0。

(3) 設計降雨

設計降雨採用臺北雨量站水文分析後之 5 年重現期降雨，降雨量公式如下：

$$I = \frac{1625}{(t + 41.29)^{0.679}}$$

設計雨型採用 Horner 雨型，設計 5 小時暴雨，累積降雨量為 155 毫米，降雨歷線如圖 4-63 所示。

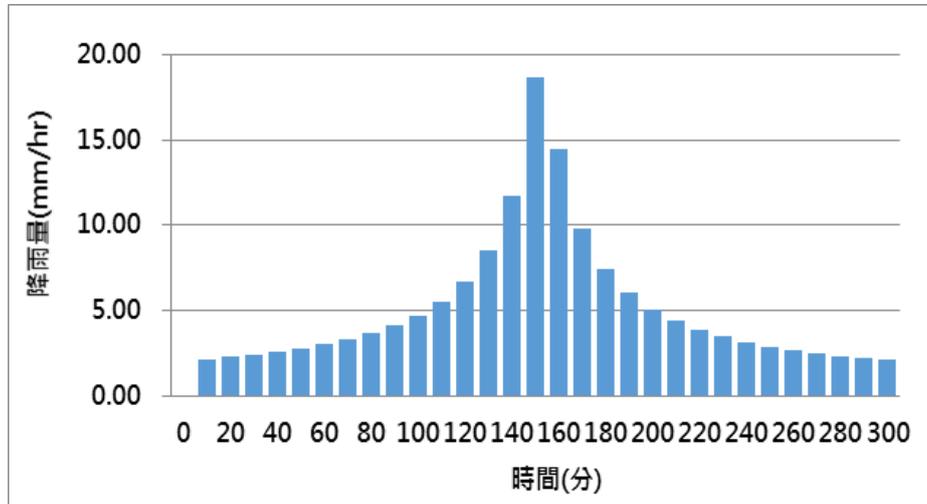


圖4-63 低衝擊開發設施效能評估之設計降雨歷線

(4) SWMM 模擬

範例集水區於 SWMM 模擬設計降雨下之逕流歷線詳圖 4-64。透過 SWMM 模擬可知集水區在未有 LID 設施配置前之洪峰流量為 1.02×10^{-4} cms，洪峰到達時間為 157 分，整體洪水量為 0.55764 立方公尺。後續即利用 SWMM 所發展之 LID Element 模

擬於範例集水區中配置 LID 設施後之逕流歷線，探討各項 LID 設施設置前後之洪峰降低量、洪峰到達時間延遲與蓄存洪水量，並互相比較各設施之效能。

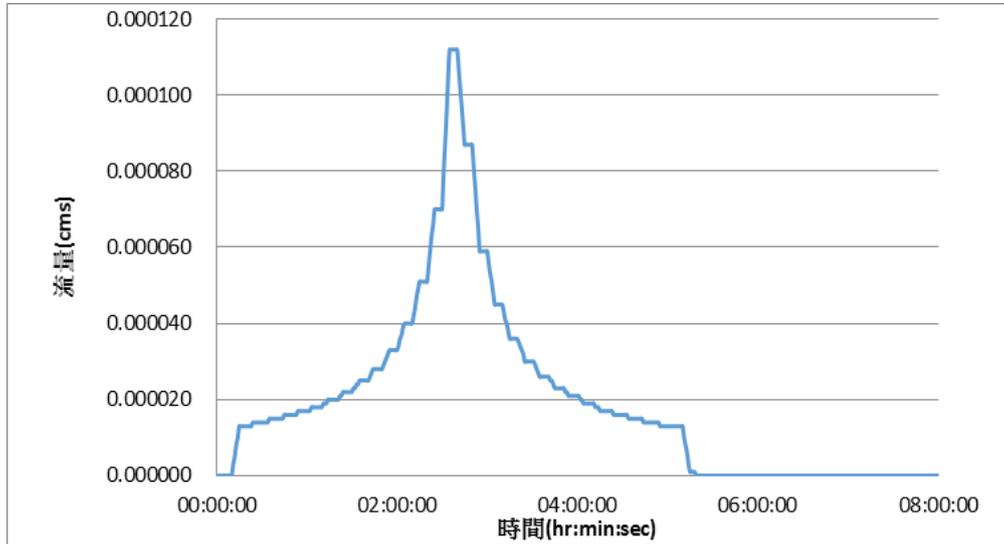


圖4-64 低衝擊開發設施效能評估之集水區逕流歷線

(5) LID 設施效能

茲將 LID 設施概念化為 SWMM 之集水區 (Subcatchment)、蓄水設施 (Storage Unit)、孔口 (Orifice) 與堰 (Weir) 之組合，形成一個可以正確模擬 LID 設施效能之水文水力數值模擬元件，特稱為 LID Element。本計畫 7 種 LID 設施分別由各項 LID Element 所組成，如表 4-25 所示，其參數設定詳列於表 4-26~表 4-32，並已經過試驗驗證為正確。

表4-25 低衝擊開發設施組成之 LID Element

LID 設施種類	LID Element 項目
透水鋪面	集水區、蓄水設施、孔口與堰
雨水花園/生態滯留單元	集水區、蓄水設施、孔口與堰
植生溝	集水區、蓄水設施、孔口與堰
樹箱過濾設施	集水區、蓄水設施、孔口與堰
滲透陰井/側溝	集水區、蓄水設施與堰
綠屋頂	蓄水設施與堰
雨水桶	蓄水設施與堰

表4-26 透水鋪面參數設定表

透水鋪面模擬組件	參數	參數值	單位	說明
集水區 (Subcatchment)	面積 (Area)	0.000072	ha	LID 設施所佔集水區面積
	寬度 (Width)	1.2	m	垂直流徑之寬度
	坡度 (Slope)	1	%	地表坡度
	不透水比 (Imperv)	100	%	不透水所佔面積比
	不透水表面糙度 (N-Imperv)	0.15	-	曼寧糙度
蓄水設施 (Storage Unit)	底部高程 (Invert El.)	-0.1911	m	地表高程減去保水深度
	最大深度 (Max. Depth)	0.2911	m	保水深度加上出水高
	面積 (Ponded Area)	0.72	m ²	設施蓄水面積
	蓄水量曲線 (Storage Curve)	FUNCTIONAL	-	
	面積常數 (Constant)	0.72	m ²	蓄水面積固定
堰 (Weir)	型式 (Type)	TRANSVERSE	-	
	出水高 (Height)	0.100	m	溢流高度
	堰長 (Length)	1.2	m	垂直流徑之寬度
	保水深度 (Inlet Offset)	0.1911	m	保水層厚度乘以孔隙率
	出流係數 (Discharge Coeff.)	1.767	-	
孔口 (Orifice)	型式 (Type)	SIDE	-	
	形狀 (Shape)	RECT_CLOSED	-	矩形孔口
	孔口高 (Height)	0.0127	m	
	孔口寬 (Width)	0.0127	m	
	距底部高程 (Inlet Offset)	0	m	
	出流係數 (Discharge Coeff.)	0.65	-	

表4-27 雨水花園參數設定表

雨水花園模擬組件	參數	參數值	單位	說明
集水區 (Subcatchment)	面積 (Area)	0.000072	ha	LID 設施所佔集水區面積
	寬度 (Width)	1.2	m	垂直流徑之寬度
	坡度 (Slope)	1	%	地表坡度
	不透水比 (Imperv)	100	%	不透水所佔面積比
	不透水表面糙度 (N-Imperv)	0.24	-	曼寧糙度
蓄水設施 (Storage Unit)	底部高程 (Invert El.)	-0.36825	m	地表高程減去保水深度
	最大深度 (Max. Depth)	0.46825	m	保水深度加上出水高
	面積 (Ponded Area)	0.72	m ²	設施蓄水面積
	蓄水量曲線 (Storage Curve)	FUNCTIONAL	-	
	面積常數 (Constant)	0.72	m ²	蓄水面積固定
堰 (Weir)	型式 (Type)	TRANSVERSE	-	
	出水高 (Height)	0.100	m	溢流高度
	堰長 (Length)	1.2	m	垂直流徑之寬度
	保水深度 (Inlet Offset)	0.36825	m	保水層厚度乘以孔隙率
	出流係數 (Discharge Coeff.)	1.767	-	
孔口 (Orifice)	型式 (Type)	SIDE	-	
	形狀 (Shape)	RECT_CLOSED	-	矩形孔口
	孔口高 (Height)	0.0108	m	
	孔口寬 (Width)	0.0108	m	
	距底部高程 (Inlet Offset)	0	m	
	出流係數 (Discharge Coeff.)	0.65	-	

註：地表高程、底部高程、最大深度、出水高與保水深度相關圖示如下：

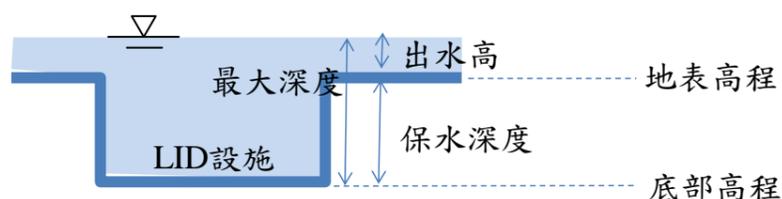


表4-28 植生溝參數設定表

植生溝模擬組件	參數	參數值	單位	說明
集水區 (Subcatchment)	面積 (Area)	0.000072	ha	LID 設施所佔集水區面積
	寬度 (Width)	1.2	m	垂直流徑之寬度
	坡度 (Slope)	1	%	地表坡度
	不透水比 (Imperv)	100	%	不透水所佔面積比
	不透水表面糙度 (N-Imperv)	0.24	-	曼寧糙度
蓄水設施 (Storage Unit)	底部高程 (Invert El.)	-0.04095	m	地表高程減去保水深度
	最大深度 (Max. Depth)	0.14095	m	保水深度加上出水高
	面積 (Ponded Area)	0.72	m ²	設施蓄水面積
	蓄水量曲線 (Storage Curve)	FUNCTIONAL	-	
	面積常數 (Constant)	0.72	m ²	蓄水面積固定
堰 (Weir)	型式 (Type)	TRANSVERSE	-	
	出水高 (Height)	0.100	m	溢流高度
	堰長 (Length)	1.2	m	垂直流徑之寬度
	保水深度 (Inlet Offset)	0.04095	m	保水層厚度乘以孔隙率
	出流係數 (Discharge Coeff.)	1.767	-	
孔口 (Orifice)	型式 (Type)	SIDE	-	
	形狀 (Shape)	RECT_CLOSED	-	矩形孔口
	孔口高 (Height)	0.0199	m	
	孔口寬 (Width)	0.0199	m	
	距底部高程 (Inlet Offset)	0	m	
	出流係數 (Discharge Coeff.)	0.65	-	

表4-29 樹箱過濾設施參數設定表

樹箱模擬組件	參數	參數值	單位	說明
集水區 (Subcatchment)	面積 (Area)	0.000072	ha	LID 設施所佔集水區面積
	寬度 (Width)	1.2	m	垂直流徑之寬度
	坡度 (Slope)	1	%	地表坡度
	不透水比 (Imperv)	100	%	不透水所佔面積比
	不透水表面糙度 (N-Imperv)	0.24	-	曼寧糙度
蓄水設施 (Storage Unit)	底部高程 (Invert El.)	-0.2819	m	地表高程減去保水深度
	最大深度 (Max. Depth)	0.3819	m	保水深度加上出水高
	面積 (Ponded Area)	0.72	m ²	設施蓄水面積
	蓄水量曲線 (Storage Curve)	FUNCTIONAL	-	
	面積常數 (Constant)	0.72	m ²	蓄水面積固定
堰 (Weir)	型式 (Type)	TRANSVERSE	-	
	出水高 (Height)	0.100	m	溢流高度
	堰長 (Length)	1.2	m	垂直流徑之寬度
	保水深度 (Inlet Offset)	0.2819	m	保水層厚度乘以孔隙率
	出流係數 (Discharge Coeff.)	1.767	-	
孔口 (Orifice)	型式 (Type)	SIDE	-	
	形狀 (Shape)	RECT_CLOSED	-	矩形孔口
	孔口高 (Height)	0.0115	m	
	孔口寬 (Width)	0.0115	m	
	距底部高程 (Inlet Offset)	0	m	
	出流係數 (Discharge Coeff.)	0.65	-	

註：地表高程、底部高程、最大深度、出水高與保水深度相關圖示如下：

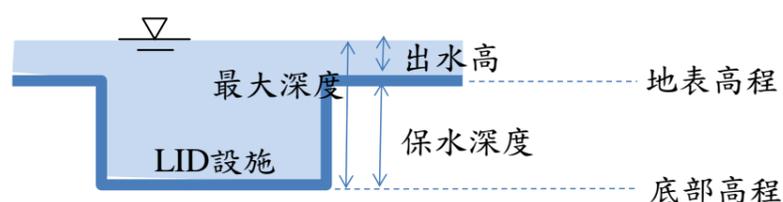


表4-30 滲透陰井參數設定表

滲透陰井模擬組件	參數	參數值	單位	說明
集水區 (Subcatchment)	面積 (Area)	0.000072	ha	LID 設施所佔集水區面積
	寬度 (Width)	1.2	m	垂直流徑之寬度
	坡度 (Slope)	1	%	地表坡度
	不透水比 (Imperv)	100	%	不透水所佔面積比
	不透水表面糙度 (N-Imperv)	0.02	-	曼寧糙度
蓄水設施 (Storage Unit)	底部高程 (Invert El.)	-0.03459	m	地表高程減去保水深度
	最大深度 (Max. Depth)	0.13459	m	保水深度加上出水高
	面積 (Ponded Area)	0.72	m ²	設施蓄水面積
	蓄水量曲線 (Storage Curve)	FUNCTIONAL	-	
	面積常數 (Constant)	0.72	m ²	蓄水面積固定
堰 (Weir)	型式 (Type)	TRANSVERSE	-	
	出水高 (Height)	0.100	m	溢流高度
	堰長 (Length)	1.2	m	垂直流徑之寬度
	保水深度 (Inlet Offset)	0.03459	m	保水層厚度乘以孔隙率
	出流係數 (Discharge Coeff.)	1.767	-	

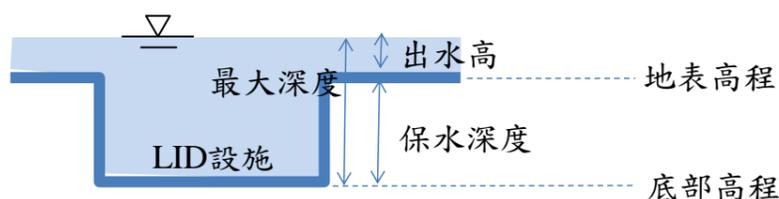
表4-31 綠屋頂參數設定表

綠屋頂模擬組件	參數	參數值	單位	說明
蓄水設施 (Storage Unit)	底部高程 (Invert El.)	0	m	地表高程減去保水深度
	最大深度 (Max. Depth)	0.15	m	保水深度加上出水高
	面積 (Ponded Area)	0.72	m ²	設施蓄水面積
	蓄水量曲線 (Storage Curve)	FUNCTIONAL	-	
	面積常數 (Constant)	0.72	m ²	蓄水面積固定
堰 (Weir)	型式 (Type)	TRANSVERSE	-	
	出水高 (Height)	0.100	m	溢流高度
	堰長 (Length)	1.2	m	垂直流徑之寬度
	保水深度 (Inlet Offset)	0.05	m	保水層厚度乘以孔隙率
	出流係數 (Discharge Coeff.)	1.767	-	

表4-32 雨水桶參數設定表

雨水桶模擬組件	參數	參數值	單位	說明
蓄水設施 (Storage Unit)	底部高程 (Invert El.)	0	m	地表高程減去保水深度
	最大深度 (Max. Depth)	0.5167	m	保水深度加上出水高
	面積 (Ponded Area)	0.72	m ²	設施蓄水面積
	蓄水量曲線 (Storage Curve)	FUNCTIONAL	-	
	面積常數 (Constant)	0.72	m ²	蓄水面積固定
堰 (Weir)	型式 (Type)	TRANSVERSE	-	
	出水高 (Height)	0.100	m	溢流高度
	堰長 (Length)	1.2	m	垂直流徑之寬度
	保水深度 (Inlet Offset)	0.4167	m	保水層厚度乘以孔隙率
	出流係數 (Discharge Coeff.)	1.767	-	

註：地表高程、底部高程、最大深度、出水高與保水深度相關圖示如下：



在集水區下游處，取 0.6 公尺×1.2 公尺面積大小設置單一種 LID 設施，經過模擬後得到各項 LID 設施之效能，包括洪峰降低量、洪峰到達時間延遲及蓄存洪水量，茲將各項 LID 設施於生命週期內之平均設施效能詳列如表 4-33。

表4-33 各項低衝擊開發設施於生命週期內之平均效能

LID	洪峰降低量 (cms)	洪峰到達時間延遲(min)	蓄存洪水量(m ³)	洪峰降低比例(%)	洪峰到達時間延遲比例(%)	蓄存洪水量比例(%)
透水鋪面	1.8×10 ⁻⁵	11	0.05507	24	10	12
雨水花園	2.8×10 ⁻⁵	15	0.07569	37	13	18
植生溝	0.2×10 ⁻⁵	5	0.03694	0	2	7
樹箱過濾設施	2.5×10 ⁻⁵	14	0.06902	33	12	16
滲透陰井/ 側溝	0	3	0.04012	0	2	6
綠屋頂	0	0	0.01854	0	0	3
雨水桶	0.2×10 ⁻⁵	1	0.15062	0	0	27

其中洪峰降低比例是將洪峰降低量除以原始未設置 LID 時之洪峰量 (1.12×10^{-4} cms)，洪峰到達時間延遲比例為洪峰到達時間除以原始洪峰到達時間 (157 分鐘)，蓄存洪水量比例為蓄存洪水量除以原始總逕流量 (0.55764 立方公尺)。

結果顯示，在洪峰降低量與洪峰延遲時間上，同樣以雨水花園及樹箱過濾設施之效能最佳，綠屋頂與雨水桶最差（滲透陰井/側溝的洪峰到達時間，因 LID 設施可蓄存部分洪水而延遲 3 分鐘，惟因蓄存量體相對於整體降雨逕流量而言，數值微小，所以未具顯著降低洪峰流量的效果，但仍具有 2% 的洪峰到達時間延遲比例）；蓄存洪水量則以雨水桶之效能最佳，雨水花園次之，綠屋頂最差。

雨水花園與樹箱過濾設施效能最佳的原因是，其除設置過濾

貯水層與地表貯水區，可大量蓄存降雨逕流外，同時其底部埋設排水暗管，在洪峰來臨前可有效排出入滲水流，使得貯水區可蓄存洪水，達到降低及延遲洪峰的效果；相反地，雖然雨水桶有最大的蓄存空間，但其在洪峰來臨前已蓄滿，無法提供減洪效能。

表4-34 各項低衝擊開發設施之益本比

LID	平均年成本 (千元)	平均效能 (%)	益本比 (%/千元)
透水鋪面	0.27	15	57
雨水花園	0.32	22	70
植生溝	0.22	3	14
樹箱	1.74	20	12
滲透陰井/側溝	0.24	3	12
綠屋頂	0.35	1	3
雨水桶	1.65	9	5

- 註：1. 平均年成本=(建置成本+維護成本)/生命週期
 2. 平均效能=(洪峰降低比例+洪峰到達時間延遲比例+蓄存洪水量比例)/3
 3. 益本比=平均效能/平均年成本

表 4-34 是各項 LID 設施之益本比表。其中平均年成本是將建置成本與維護成本平均均攤到生命週期中的每一年，平均效能是洪峰降低比例、洪峰到達時間延遲比例與蓄存洪水量比例之平均值，益本比是將效能除以成本。結果顯示，益本比表現最佳者為雨水花園，其次為透水鋪面，遠勝過其他 5 項 LID 設施，最差者為雨水桶及綠屋頂。究其原因可以發現雨水花園及透水鋪面之成本較低，而樹箱之成本最高，所以樹箱效能雖然極高但益本比卻偏低。

由此範例可發現，LID 設施對於洪峰降低、洪峰延緩與蓄存洪水的效能約在 10~20% 間，需透過地表貯水、過濾貯水及排水暗管的設計，才可以同時蓄存洪水又能降低洪峰，且各項 LID 設施可透過益本比的分析選擇成本低效能高的設施進行現場配置。

四、最佳方案評估架構建立與分析

水環境低衝擊開發設施評估指標為奠基於數值模型、試驗、法規規範以及各項設施設計原則等研究而建立之操作型指標，其依據開發基地內各類 LID 設施累計積分予以計算，因其簡化複雜理論，具計算容易的方便性，適於導入現行都市開發建設法規中俾供設計者於建築新建、重建及整建時依循操作。但如遇重大區域、市鎮或國家公園開發時，必須嚴謹確認開發行為對於環境衝擊為最小，因此本計畫於「最佳方案評估架構建立與分析」中納入逕流型指標概念，用以評估 LID 設施導入前述型態開發基地之最佳方案評估。

本計畫首先建立 LID 配置最佳方案之評估架構，流程如圖 4-65 所示，包括：水環境低衝擊開發成本效益影響項目釐清、建立各項目之量化標準依據、建構多目標決策分析架構、發展數值模擬模式與最佳化分析架構、多目標最佳方案分析，分別詳述於本章各小節中。

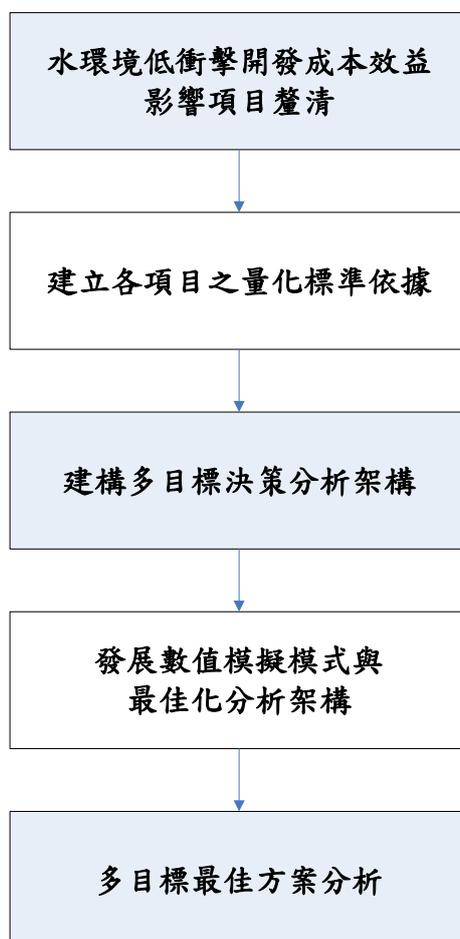


圖4-65 低衝擊開發配置最佳方案評估流程圖

(一) 水環境低衝擊開發成本效益影響項目釐清

都市開發對都市水環境之影響，在水量方面主要為增加都市開發後之直接逕流量，另外則為地表逕流因水力效率提高而造成之洪峰提前；而 LID 設施可有效降低都市開發對逕流增量、洪峰抬升與洪峰提前之影響，故此 3 個面向的改變，可定位為 LID 之成本效益影響項目，並作為設施方案之評估標準。

在固定之成本或可設置的空間下，對於不同 LID 設施設置如何達到最佳效果，可透過 SWMM 之模擬進行評估。評估可分為基地評估與都市流域系統評估，本計畫將用相同之概念將不同層級如基地、區域，分別加以量化探討。

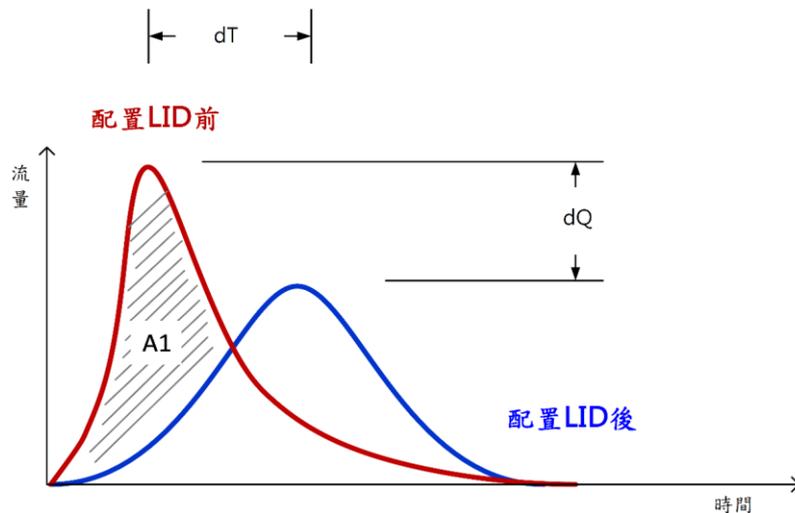


圖4-66 最佳方案效益指標示意圖

考慮納入水環境低衝擊開發成本效益評估之指標，主要為設置 LID 設施前後對於該集水區出口逕流之影響（如圖 4-66 所示）。透過 LID 設施的設置，可以讓集水區出口的逕流歷線整體變為更加平緩，因為 LID 設施發揮其保水、遲滯與入滲之功能，使得總逕流量降低、洪峰流量降低、洪峰到達時間往後遞延，故本計畫取 LID 設施蓄存洪水量（A1）、集水區洪峰時間的延遲（dT）以及洪峰流量的降低（dQ）等三者為 LID 設施效能量化評估標準，以完整探討導入 LID 之效益。理想上，將 LID 設施導入開發基地之最佳方案即為可以使得洪峰延遲時間最長、洪峰流量降低最多、可蓄存洪水量最大之 LID 配置。

(二) 建立各項目之量化標準依據

本計畫選定設置 LID 後可蓄存之洪水量 (A1) 作為效益評估之目標函數，但同時探討集水區洪峰時間的延遲 (dT) 與系統洪峰量的降低 (dQ)，以確保 LID 設施可發揮預期之保水與減洪效能。為了適切探討此 3 者之效益，需進行標準化動作，分別將洪峰延遲時間除以原本未設置 LID 前之洪峰到達時間、將洪峰降低量除以未設置 LID 前之洪峰流量、將可蓄存之洪水量除以未設置 LID 前之總洪水量，並將 3 者取百分比，則 3 個效益評估項目之值皆會介於 0~100% 之間，不會有其中 1 項數值特別大或特別小的情況發生，可以確保這 3 個項目同時被合理的考量，並且可以比較本計畫選取蓄存逕流體積之比例 (即 LID 設施所蓄存之逕流體積除以因開發行為所增加之逕流體積後再取百分比) 作為逕流型指標是否合適。

(三) 建構多目標決策分析架構

在分析上，當政策目標不同時，依據前述所提出之積分標準及不同設施之比例等規範，或是各種參數上政策制訂要求，將會造成不同之效果，或是基於現實考量於新建與整建區域將不同標準差異，均為主管機關需要釐清之項目，在學理而言即為該區域 LID 管制之決策變數，相關變數於研究過程中一一釐清。

舉例而言，如果主管機關於積分給定或總分要求上不同時，在不同指標上均會造成效果之差異，部分決策參數如地表設施之相關要求更改時，主要會影響洪峰時間的提前，而蓄洪量體標準要求增加則會影響部分決策參數，再加上成本的考量在決策上相對的有其複雜性，甚至會出現不可行的狀況，故政策主管機關於政策目標與管制工具選定時，需要先行瞭解相關資訊基礎。

本計畫透過建構多目標決策分析架構，先行確認決策變數，依其多寡及可行範圍給定其限制式，運用前述量化指標一併評估，找出不同決策變數下之最適配置。依本計畫的執行成果提出 4 項決策變數，包

括：LID 可設置面積、LID 設置區位、LID 設施類型及 LID 設施保水層厚度，分別說明如下：

1、LID 可設置面積

LID 可設置面積受到現場條件與 LID 設施類型所限制，譬如在高度開發的商業區，可能僅有很小的空間可以設置雨水花園，其餘面積只能在屋頂處裝置綠屋頂。另外，並非一味地加大 LID 設施面積去處理所有的降雨逕流，而是必須有較佳的設置面積與處理面積比例。故此項決策變數之探討重點在於，隨著 LID 設施可設置之面積增加，是否可隨之有效地增加設置效益。其限制式即為 LID 設施可設置面積的大小，最小值為 0，最大值為全部集水區面積。

2、設置區位

不同的設置區位可以處理不同面積的降雨逕流，一般普遍建議將 LID 設施建置於集水區下游處以取得最大的設置效益，本項決策變數主要探討在不同區位設置 LID 是否會嚴重影響其設置效益，故限制式將設置區位限定於集水區之最上游、中游、最下游及側邊等 4 個區位。

3、LID 設施類型

不同的 LID 設施類型有不同的降低洪峰、延遲洪峰與蓄存洪水的效果，本項決策變數主要探討各項 LID 設施之效能，依據本計畫之研究範圍，將 LID 設施類型限定為透水鋪面、雨水花園、植生溝、樹箱過濾設施、滲透陰井/側溝、綠屋頂與雨水桶等 7 種類型。

4、LID 設施保水層厚度

即使是同一種類型的 LID 設施，也會因設計的不同而產生不同的效益，故本決策變數主要探討當設施保水層不斷增厚，是否能有效增加設置 LID 之效益。其限制式為保水層厚度大小，最小值為 0 公尺，最大值為 1 公尺。

(四) 發展結合數值模式與優選演算分析架構

當政策目標確立、相關指標選定，在不同管制手段下，會對應出不同之 LID 配置，而造成結果之差異，故需先討論基地內最佳化配置概念原則。本工作項目乃基於本計畫所開發 LID 之水文水理計算數值模式，透過決策變數訂定及目標函數之計算，探討各項決策變數對於目標函數的影響，以建議 LID 配置之最佳化概念原則，作為未來推動 LID 之參考依據。

(五) 多目標最佳方案分析

LID 係針對基地開發之逕流進行管理的方案，基地排水的先天限制條件之一為雨水下水道的容量，超過此方案的規劃時，會導致區域雨水下水道的容量溢流，其最佳方案之規劃，主要為分析不同決策參數下之開發單元項目配置。

以區域系統而言，主要是分析現有雨水下水道的涵容條件下，對於都市流域整體之影響，需依集流時間探討其水理行為，並透過水文水理模式運算，評估排水系統效能及可能產生之淹水問題。LID 設施導入在逕流管理的規劃上，可依據不同之都市流域區位給予不同之 LID 設施，透過因地制宜的方式，儘量達到都市流域洪峰歷線恢復開發前之原始狀態，使開發行為對於水環境之衝擊影響降至最低。

然實務上在小集水區內，因區位給予不同之政策規範，有其公平性與民意反彈之考量，分區要求不同之 LID 有其困難性，為達都市流域規劃目標，則可搭配中大型滯洪池之設計，以作為開發方案參考。本計畫將在基地內 LID 配置之最佳化概念原則下，進行淡海新市鎮 1 期、淡海新市鎮 2 期、民生社區與陽明山國家公園馬槽遊憩區的 LID 配置、模擬與分析，確定實際可行，以作為將來該區域政策擬定之參考資料。

首先，本計畫依序測試 LID 可設置面積、設置區位、LID 設施類型及 LID 設施保水層厚度等 4 項決策變數，以建立基地內 LID 配置之最佳化概念原則。假設集水區為 1 個已開發都會區之建築基地，基地面積大

小為 100 公尺×100 公尺，垂直流徑之寬度為 100 公尺，地表坡度為 1%，地表多為瀝青與水泥，完全不透水，表面糙度為 0.02。設計降雨採用臺北雨量站水文分析後之 5 年重現期降雨，設計雨型採用 Horner 雨型，設計 5 小時暴雨如圖 4-67 所示。

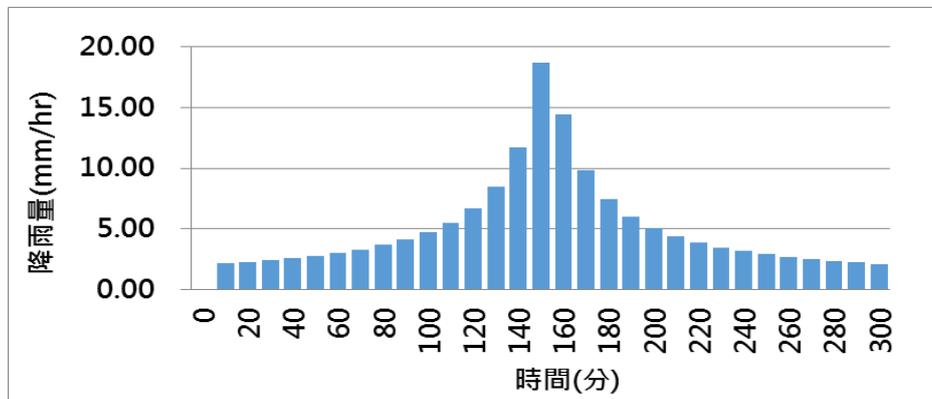


圖4-67 5年重現期距、延時5小時之設計暴雨

1、LID 可設置面積

假設 LID 可設置面積分別為整個基地面積的 0.2、0.4、0.6、0.8 與 1，於可設置面積內配置透水鋪面，其中主要貯水層包括 45 公分厚之級配基層與 25 公分厚之級配底基層，兩層孔隙率設定皆為 0.273，利用 LID Element 模擬不同設置面積下之洪峰延遲時間 (dT)、洪峰降低量 (dQ) 以及蓄存洪水量 (A1)，並經標準化後取 3 者百分比之平均值作為平均效益，詳表 4-35。

表4-35 不同低衝擊開發設置面積下之效益分析

LID 設置面積 (ha)	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
洪峰降低量 (cms)	0.048	0.041	0.049	0.061	0.073
洪峰延遲時間 (min)	11	9	9	10	11
蓄存洪水量 (m ³)	165	176	212	256	302
平均效益 (%)	33	31	35	43	51

由結果可發現不同 LID 設置面積下，影響最大者為洪峰降低量及可蓄存洪水量，亦即不斷增大 LID 設施面積可蓄存越多的水體，使洪峰降低，但對於洪峰延遲時間減緩效果則不明顯，平均介於 9~11 分鐘之間，此狀況是因為洪水量雖然隨著 LID 設施蓄水而減小，但降雨

尖峰時期的降雨量體大，其形成的逕流量亦大，故匯集至下游出口之逕流量歷線只會遞延一段時間。

此結果亦顯示，若只取蓄存洪水量進行考量，仍可以如實反應設置 LID 後，使集水區降雨逕流獲得改善的程度，故本計畫取其比例為逕流型指標確實可行。進一步分析可以發現，當 LID 設施面積由 0.2 公頃增大為 1.0 公頃，面積變為 5 倍，可是整體的效益表現只由 33% 增為 51%，增加倍數僅為 1.5 倍，所以增大 LID 設施面積與其所增加之減洪效果並不相等，建議 LID 設置面積可採用 1/5 的集水區面積，即可在有限的空間內達到一定的降低洪峰、延遲洪峰與蓄存洪水的效果。但若考量到水土保持或環境敏感區域，有增進水資源涵養之標的者，則應該在可施作的區域範圍內增大 LID 設施面積，不再以 1/5 的集水區面積為限，不僅以達到減低環境衝擊，同時希望透過 LID 設施的施作達到水資源涵養的目標。

2、設置區位

假設 LID 可設置面積為基地面積之 1/5，其設置區位可選定為基地之上游、中游、下游或側邊等四者其一，配置透水鋪面，其中主要貯水層包括 45 公分厚之級配基層與 25 公分厚之級配底基層，兩層孔隙率設定皆為 0.273，利用 LID Element 模擬不同設置區位下之洪峰延遲時間 (dT)、洪峰降低量 (dQ) 以及蓄存洪水量 (A1)，並經標準化後取 3 者百分比之平均值作為平均效益，詳列於表 4-36。

表4-36 不同低衝擊開發設置區位下之效益分析

LID 設置區位	下游	上游	中游	側邊
洪峰降低量 (cms)	0.048	0.049	0.052	0.045
洪峰延遲時間 (min)	11	8	12	6
蓄存洪水量 (m ³)	165	103	152	84
平均效益 (%)	33	28	35	24

模擬結果顯示，以設置於側邊與上游之 LID 效果最差，因為其所能蒐集處理之降雨逕流最少，而設置於下游及中游處之 LID 效果較

好，其在整體平均效益表現上為較差者之 1.3 倍。但設置於中游與下游之 LID 表現仍稍有差異，設置於下游處之 LID 因其集水面積最大，故可蓄存最大的洪水量，而中游處之 LID 因為攔截了部分上游集水區之降雨逕流，使得降雨逕流減少，所以在洪峰降低量與洪峰延遲時間上表現最佳。若僅考量可蓄存之洪水量則以設置於下游處為最佳，故整體而言建議 LID 設置時以下游處為優先，可達到較好的降低洪峰、延遲洪峰與蓄存洪水的效果。

3、LID 設施類型

假設 LID 可設置面積為基地面積之 1/5，其設置區位位於基地之下游，可選擇配置透水鋪面、雨水花園、植生溝、樹箱過濾設施、滲透陰井/側溝、綠屋頂或雨水桶等七者其一，各項 LID 設施依據標準設施配置，利用 LID Element 模擬不同 LID 設施類型之洪峰延遲時間 (dT)、洪峰降低量 (dQ) 以及蓄存洪水量 (A1)，並經標準化後取 3 者百分比之平均值作為平均效益，詳列於表 4-37。

表4-37 不同低衝擊開發設施類型下之效益分析

LID 可設置面積 (ha)	透水鋪面	雨水花園	植生溝	樹箱過濾設施	滲透陰井	綠屋頂	雨水桶
洪峰降低量 (cms)	0.048	0.072	0.020	0.062	0.010	0.005	0.081
洪峰延遲時間 (min)	11	16	6	15	5	1	12
蓄存洪水量 (m ³)	165	228	142	208	146	128	856
平均效益 (%)	33	49	20	44	16	10	90

分析結果顯示，以雨水桶、雨水花園、樹箱過濾設施及透水鋪面之洪峰延遲時間、洪峰降低量以及蓄存洪水量之表現最佳，而以滲透陰井、植生溝及綠屋頂之表現最差。主要是因為蓄存空間設計上，滲透陰井及綠屋頂可蓄水空間較少，僅能蓄存部分的降雨逕流；而雨水桶因具有最大的蓄水空間，所以在蓄存洪水量的部分表現優異，但需注意雨水桶僅具有儲水功能，無改善生態或綠美化環境等其他作用，所以本計畫建議於屋頂集水系統可設置雨水桶，而於地表可設置雨水花園、樹箱過濾設施或透水鋪面，透過不同的 LID 設施搭配，於合適

的地方做合適的配置，不僅可增加蓄存之洪水量，也可以提高其他環境或保水效益。

4、LID 設施保水層厚度

假設 LID 可設置面積為基地面積的 1/5，於可設置面積內配置透水鋪面，其中主要貯水層包括級配基層與級配底基層，兩層孔隙率設定皆為 0.273，兩者總厚度可為 10、30、50、70 或 100 公分，利用 LID Element 模擬不同保水層厚度下之洪峰延遲時間（dT）、洪峰降低量（dQ）以及蓄存洪水量（A1），並經標準化後取三者百分比之平均值作為平均效益，詳列於表 4-38。

表4-38 不同低衝擊開發設施保水層厚度下之效益分析

LID 設施保水層厚度 (cm)	10	30	50	70	100
洪峰降低量 (cms)	0.015	0.027	0.039	0.048	0.059
洪峰延遲時間 (min)	5	8	9	11	14
蓄存洪水量 (m ³)	109	131	149	165	187
平均效益 (%)	15	23	28	33	41

結果顯示隨著 LID 設施的保水層厚度增加，洪峰降低量、洪峰延遲時間與洪峰保水量不斷提升，100 公分厚之保水層其整體平均效益表現是 10 公分厚保水層之 2.73 倍，尤其是在洪峰降低量的表現上最為明顯。同時，可以發現當保水層厚度過薄時，幾乎難有蓄洪效果，所以建議在現場可施作且經費許可的情況下可增加 LID 設施保水層的厚度，至少需有 15~30 公分以上，以提升 LID 設施效益。同時由以上 4 個決策變數的探討可以發現，本計畫選擇以蓄存逕流體積之比例作為逕流型指標，藉此量化 LID 設施之效益，確實可以具體表現因 LID 設施設置後所產生的集水區保水及減洪效益。同時其將蓄存之逕流體積除以因開發行為所增加的逕流體積，使其值介於 0~100% 之間正好代表了導入 LID 後所能降低之水環境衝擊，0% 即代表了對於水環境衝擊無任何改善，100% 則代表了所有逕流增量百分之百全部被 LID 所吸收，對水環境之衝擊最低，此逕流型指標於後續 LID 推廣上具實用性之意義。

除了上述之範例集水區探討外，本計畫亦將集水區的面積增加或減小，以探討是否最佳化之結果是否受到集水區面積大小之影響，結果顯示集水區面積大小對於LID配置後之減洪效益影響不大，可推論在一定的面積比例下適當配置LID設施，應可達到一定的減洪效益。經由各項決策變數對於洪峰降低量、洪峰延遲時間與蓄存洪水量之影響探討後，本計畫具體建議基地內LID配置之最佳化概念原則如下：

- LID設置面積可採用1/5的集水區面積。
- LID設置區位以集水區下游處為優先且應垂直流徑設置，避免設置於上游或平行流徑。
- LID設施應搭配施作，於屋頂集水系統建議設置雨水桶，於地面建議設置雨水花園、樹箱過濾設施或透水鋪面。
- LID設施之保水層厚度建議為15~30公分，不可過薄，並可增加地表貯水區的設計以增加蓄洪空間，進而提升減洪效能。

依據本計畫之實驗室試驗與範例模擬結果發現，在合理的LID配置下約可減少10~20%之集水區洪峰流量、洪峰到達時間與總逕流量，建議可搭配集水區治理、設置滯洪池或土壤改良之方式，以達到恢復原本未開發前之降雨逕流狀態。基地經開發後，土壤因施工夯實或壓密的關係導致透水性變差，此狀態下的LID設施僅能透過本身的排水暗管設計，將洪峰來臨前的降雨逕流排出，以維持LID設施的保水空間吸納洪峰到達時的洪水量，若進一步透過土壤改良增加入滲率，則當降雨逕流通過LID設施時，不僅可由排水暗管流出，亦可透過入滲而補注地下水，使LID設施內部可維持更大的保水空間，持續的吸納更多洪水量，延長LID設施被蓄滿的時間，提升LID設施的減洪效能，但在降雨逕流於都市中可能遭受污染（如：加油站、高流量交通或重工業）的狀況下，則不建議進行土壤改良，以免因入滲而污染地下水源。

本計畫以基地內LID配置之最佳化概念原則下，進行淡海新市鎮1期、淡海新市鎮2期、民生社區與陽明山國家公園馬槽遊憩區之LID配置、模擬與分析，茲詳細說明於報告第捌章中。

第五章、低衝擊開發設計流程及水文特性與計算

一、低衝擊開發設計流程

LID 設施設計時，應先瞭解開發區或基地之現況條件，並應有詳盡的場址分析，其所設計之 LID 設施方能達到目標設定需求，基此，初擬 LID 設計流程，如圖 5-1 所示。

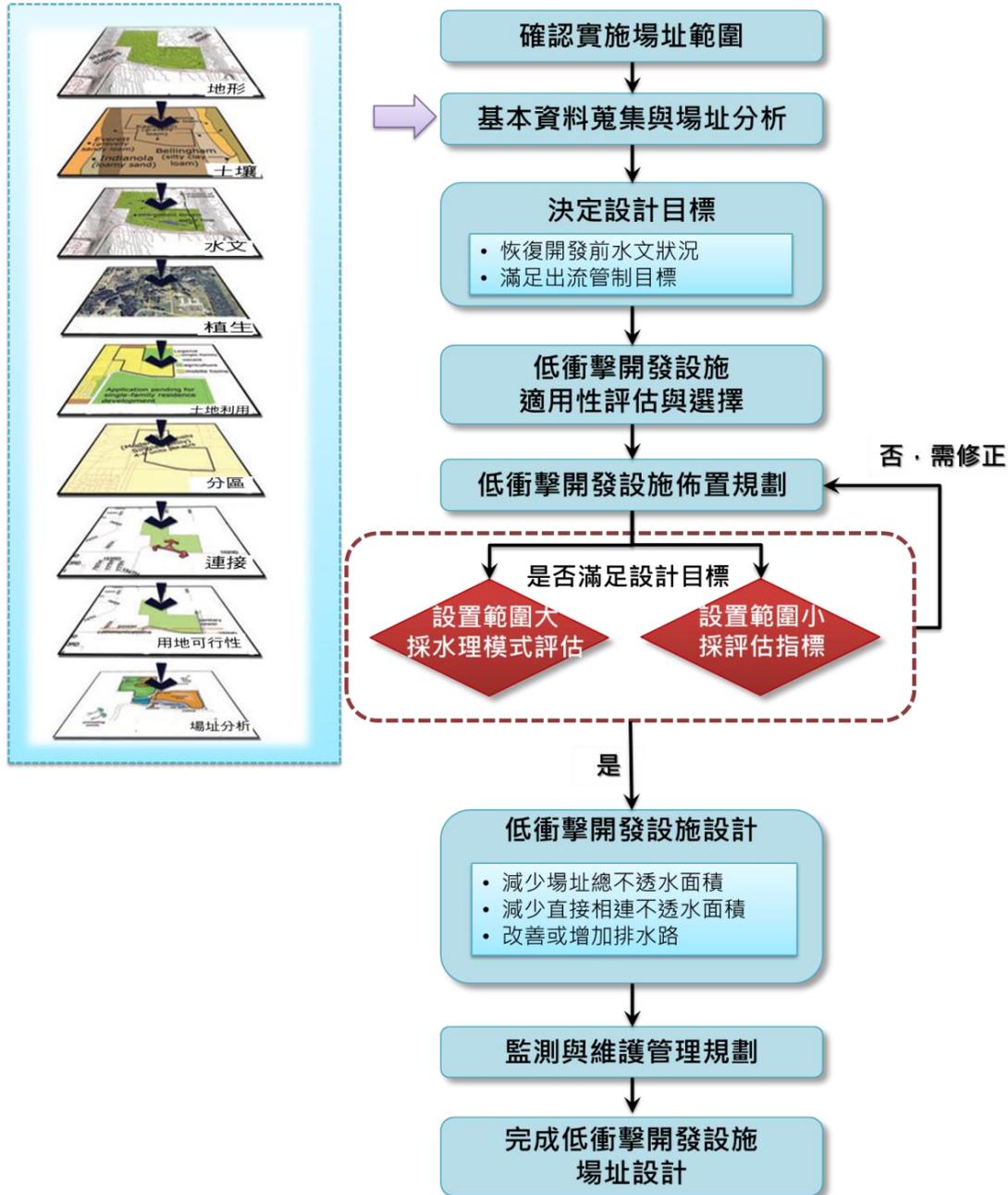


圖5-1 低衝擊開發設施設計流程圖

步驟包括：(1) 確定場址實施範圍；(2) 基本資料蒐集與場址分析；(3) 決定設計目標；(4) LID 設施適用性評估與選擇；(5) LID 設施佈置規劃；

(6) 是否滿足設計目標之效能評估；(7) LID 設施設計及(8) 監測與維護管理規劃。本設計流程可因應不同區域的差異特性做調整與改變，提出不同的設計與配套措施。各步驟分別說明如下：

(一) 確定場址實施範圍

整體而言，於高度都市化地區設置 LID 設施較具效益，故若屬未開發之國家公園，原則上不需設置，但若國家公園有開發行為，LID 設施即具有導入意義；都市計畫區中，若該場址周遭地表活動容易產生污染源（如：加油站、高流量交通或重工業），亦不適合導入 LID 設施，故 LID 設施設計時，應先確認場址範圍與其環境現況，最重要的即是考量場址整體狀況是否適合施作 LID 設施，避免資源浪費。

(二) 基本資料蒐集與場址分析

確認實施範圍後，應蒐集分析場址相關基本資料如下：

- 地文資料：

應包含地形地勢、坡度坡向、土壤條件、地下水位、開發前後之土地利用型態等，以供分析實施場址地文條件之用。

- 水文資料：

主要為鄰近區域降雨資料，考量氣候變遷與資料的完整性，建議以近 30 年資料進行水文分析，以瞭解實施場址之水文條件，另外可蒐集過往水文分析的成果進行對照，加強分析結果完善程度。

- 雨水下水道系統資料

(三) 決定設計目標

設計目標需透過水文分析成果決定，依不同開發區訂定相對之保水量（保水深度），其設計目標應可由中央訂定全國一致之標準，惟地方政府若有較為嚴格之規定，則從其規定。

有關本計畫所訂定之 LID 設施設計目標應分為兩部分，分別為逕

流型指標與操作型指標，說明如下：

1、逕流型指標

本計畫提出逕流型指標之定義為：LID 設施所蓄存之逕流體積除以因開發行為所增加之逕流體積後再取百分比。透過設置 LID 設施，可讓集水區出口的逕流歷線整體變為更加平緩，當 LID 設施發揮其保水、遲滯與入滲之功能，可使總逕流量降低、洪峰流量降低、洪峰到達時間往後遞延，最主要的改變即為整體逕流量的降低。LID 設施導入的目標乃透過逕流量的減少而降低開發行為所帶來之水環境衝擊，此降低衝擊程度可以量化為逕流型指標，故逕流型指標的定義為 LID 設施所能減少因開發行為所增加之逕流量的百分比。

逕流型指標值越高表示 LID 設施可蓄存越多的降雨逕流，使該集水區的水環境受到較低的衝擊，當本指標達 100%時，則表示所有因開發行為所增加之逕流量可在開發基地內被吸收，不會往下游傳遞，逕流量不會增加，對環境造成之衝擊最低；反之，若指標值越低則表示 LID 設施的設計僅能容納小部分之降雨逕流，集水區可能因開發行為對水環境產生極大的衝擊。經本計畫試驗及實際案例（淡海新市鎮及陽明山國家公園）操作結果，透過 LID 的引進可減少開發後之總逕流量達 60%以上，故本計畫據此訂定 LID 設施設計目標為逕流型指標大於 60%。

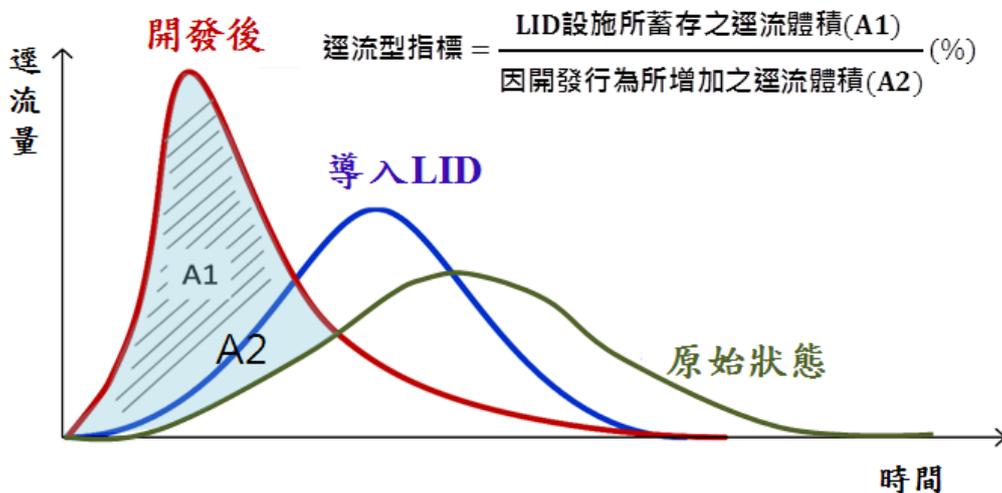


圖5-2 逕流型指標

2、操作型指標

有關本計畫所訂定 LID 設施操作型指標之設計目標，以超越機率 95%、5 年重現期距及 6 小時降雨延時降雨量之 30% 負擔比例下之降雨深度為原則，其實際決定方式與量體大小，請參閱本章第二節及第七章之說明。

(四) 低衝擊開發設施適用性評估與選擇

整體而言，LID 設施較適用於高度開發之都市地區，如都市地區之停車場、庭院、公園、道路及公共設施空間等，但較不適合高速公路或車流量較大之道路，尤其像是公園內現有之景觀設施可利用 LID 設施中之雨水花園取代，藉以提高 LID 單元之應用率。惟同一地點之選用優先順序需因地制宜，如：臺灣一般人行道下方常埋設各種管線（包括：電力、電信、自來水、瓦斯等），其設置 LID 設施將受管線上方覆土深度及管線易腐蝕程度限制，若屬前者，鋪面下方結構應採透水混凝土或非連接型鋪面等硬底方式設計。故應就場址現況情形，並考量適用場所及地下設施限制，評估與選擇適用之 LID 設施。

(五) 低衝擊開發設施佈置規劃

當選擇完適用之設施後，則設計者可依據水環境低衝擊開發評估指標進行場址之佈置規劃，但首先應經由地文條件分析成果，確認場址內各子集水分區之劃分，方可依集水面積與設計目標確認所需設施量體大小與其應佈設之位置；一般而言，LID 設施設置面積與其可處理地表逕流量不透水面積之面積比約 1：4 ~ 1：10。因 LID 設施的選址應視其與不透水地表所在位置之相對關係而定，其原則包括：地勢較低處、易與下水道連結處、地下水位較低處及周遭地表泥沙含量較低處，故需配合前述場址分析成果確認上述重要條件是否可行。

(六) 是否滿足設計目標之效能評估

為確保 LID 設施選用與佈置規劃後可滿足預期之減洪效果，可先就規劃內容透過 SWMM 水理模式先行模擬評估確認，若可滿足，則進

入實質設計；若無法滿足，則重新調整原有之LID設施選用與佈置規劃內容。

(七) 低衝擊開發設施設計

當透過水理模式確認LID設施佈置規劃可滿足需求後，則進行LID設施之設計。首先應就LID設施初步佈置規劃成果設計集流路徑（flow path），以確保各子集水分區不透水面積之地表逕流可經由集流路徑蒐集至LID設施；在設施單元設計上應考量地表高程差與土壤改良兩個要素，而相關設施單元設計原則請參考報告第陸章。LID設施之設計需考量現地狀況，因地制宜提出相關設計成果。

(八) 監測與維護管理規劃

LID設施施工後，則應配合進行後續之監測計畫與維護管理，有關監測計畫之相關內容詳報告第陸章。

二、水文特性與計算

本工作項之主要目的是提供LID水文分析和計算之基礎，用於確定評估LID造成之水文條件差異，說明其設計所需的水文分析。主要就降雨條件之率定、入滲損失計算與地表逕流分析等3項進行探討，分析出最後的出流歷線，另針對LID與傳統工程中間之差異作分析，分就其概念與計算方式進行說明，此外也將搜集目前其他部會已有之分析資料，納入手冊中供分析做參考，整體架構如圖5-3所示。

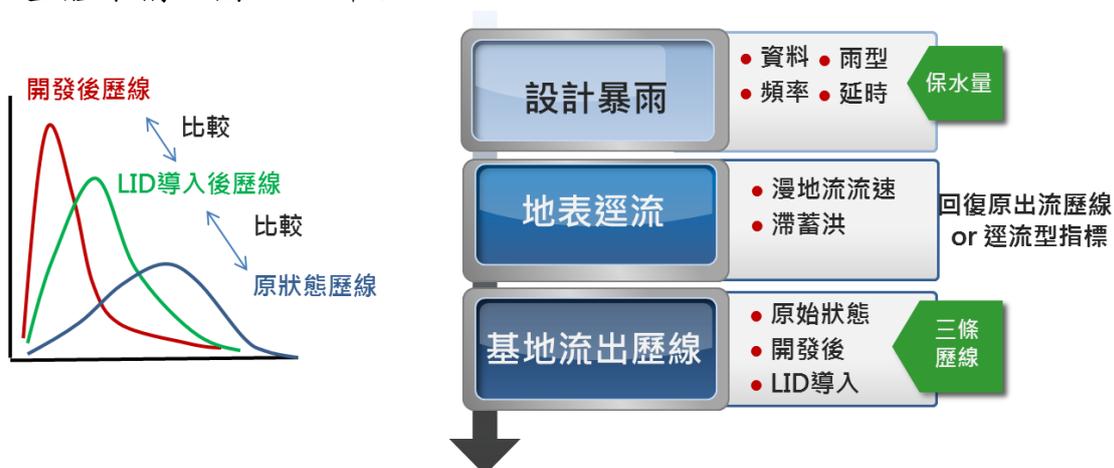


圖5-3 設計目標與水文分析架構

(一) 降雨條件率定

水文循環中降雨可能與洪水災害具有最直接的關係，降雨的特性包括：降雨總量或強度、降雨範圍、降雨延時與降雨規模等。降雨條件為都市防洪重要之條件依據，在規劃上多以設計暴雨做為水文設計過程輸入條件，故需在計畫之初始先進行歷史降雨資料之蒐集、分析，以決定LID所需對應之設計暴雨。工程上目前普遍的處理方法為利用觀測雨量紀錄，經由統計分析模型，來推論某一出現機率的降雨，以作為設計暴雨的參考，及工程規劃之重要依據。

1、雨量資料選取與補遺

在設計規劃上，應選用區域內鄰近並具代表性之雨量站，進行分析。為顧及資料完整度、規劃目標及氣候變遷，本計畫建議採用近30年之雨量資料進行分析，可視不同區域與規劃需求調整。雨量資料若有疑義時應進行檢定，資料有誤需進行矯正，缺漏進行補移。

2、降雨強度公式推估

根據規劃目的，在不同的重現期距(頻率)及延時既定之情形下，應由分析所得之「降雨強度—延時—頻率曲線(Intensity - Duration - Frequency curve, IDF curve)」，計算平均降雨強度，其適用之範圍，需視分析時，所選用之降雨資料而異。

在內政部營建署「雨水下水道系統規劃原則檢討」(2010)蒐集臺灣各都市計畫雨水下水道系統規劃報告，將各報告之1、2、3、5年發生頻率之降雨強度公式彙整成表。經濟部水資源局「水文設計應用手冊」(2001)，蒐集水利處87站、臺灣電力公司39站與中央氣象局18站之資料，求得重現期距2、5、10、25、50、100及200年之降雨強度公式，均可作為相關規劃之參考。

本計畫整理資料並蒐集中正橋雨量站民國67~100年之時雨量資料進行回歸分析($I=a/(t+b)^c$: I的單位為毫米/小時, t的單位為分鐘)，不同計劃的降雨強度公式整理表如表5-1，不同計畫的降雨延時—強

度圖如圖 5-4 所示。「雨水下水道系統規劃原則檢討」分析年限為民國 27~56 年、「水文設計應用手冊」分析年限為民國 67~88 年，由於氣候變遷、極端降雨事件變多，隨著資料的更新，同樣的降雨延時、重現期距下的降雨深度會漸增，建議以最新的資料進行分析。

表5-1 不同計畫中正橋降雨強度公式整理表

$I = \frac{a}{(t+b)^c}$	雨水下水道系統規劃原則檢討		水文設計應用手冊		本計畫	
	2年	5年	2年	5年	2年	5年
a	6237	8606	1767.13	2546.37	4950.77	3319.59
b	38.96	49.14	17.31	25.03	48.00939	29.42106
c	1	1	0.7679	0.7679	0.921447	0.797603
1 小時降雨深度 (mm)	63.03	78.85	62.70	83.99	66.23	92.17
6 小時降雨深度 (mm)	93.80	126.21	111.37	158.01	116.77	171.04
12 小時降雨深度 (mm)	98.61	134.27	133.16	190.36	130.40	202.94
24 小時降雨深度 (mm)	101.21	138.70	157.83	226.51	141.79	237.23

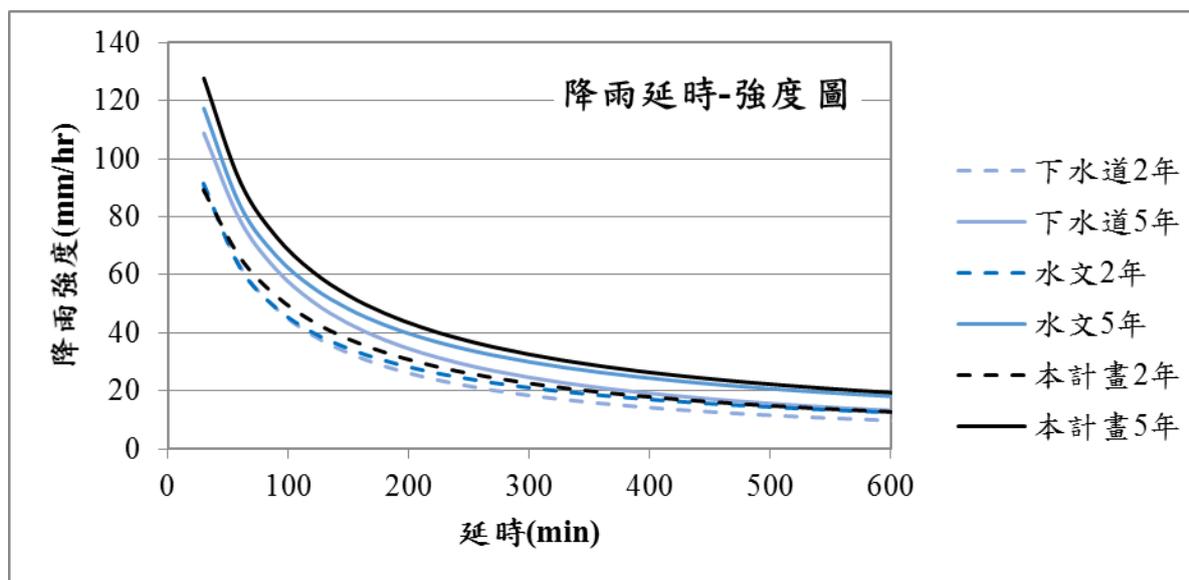


圖5-4 不同計畫降雨延時—強度關係圖

3、降雨事件定義

在應用降雨強度—延時—頻率曲線 (Intensity-Duration-Frequency curve, IDF) 時，降雨延時之訂定為一重要課題。參考國家災害中心於「氣候變遷下颱風季節降雨特性與水文頻率分析」(2013) 對於降雨事件的定義，以時雨量 2.5 毫米為門檻值定義降雨事件如圖 5-5，採此

一標準相對對於降雨條件與總量均會較為高估，規劃上相對保守，規劃亦可採用其他相關標準，審慎決定之。本計畫並整理資料並蒐集中正橋雨量站 67~100 年之時雨量資料，進行資料分析，其累積機率分佈圖如圖 5-6 所示，其有 95%之降雨延時小於 6 小時。

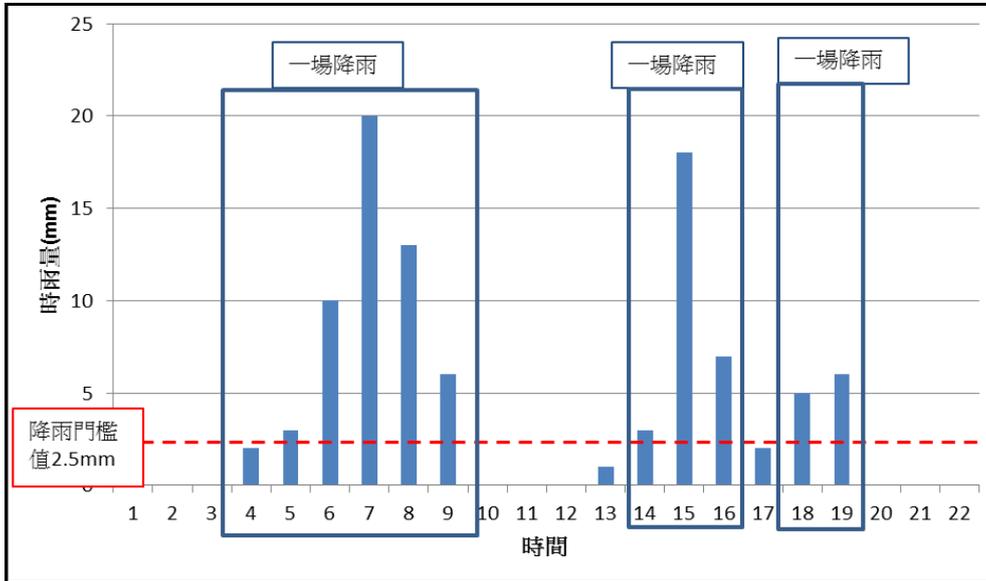


圖5-5 降雨事件定義示意圖

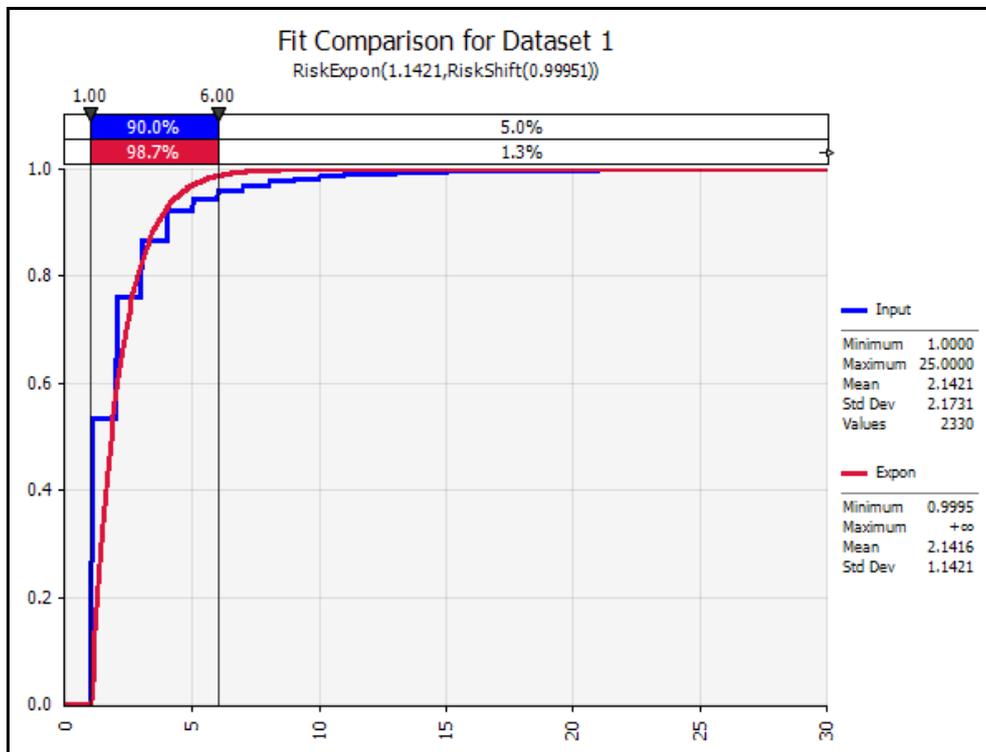


圖5-6 中正橋降雨延時累積機率分佈圖

4、設計雨型

暴雨在時間上之分佈稱為降雨組體圖，亦稱作雨型，意指降雨在某段時間內之分佈情形，依降雨特性設計之雨型配合頓率分析之結果，即可推求所謂之設計暴雨，設計暴雨為規劃之假設條件，運用廣泛，為重要之基礎。

雨型設計過程須將歷年降雨紀錄予以整理分類，應用統計方法分析最可能產生之雨型分佈。關於設計雨型相關研究，始於 Keifer and Chu (1957, 簡稱 Chicago method)，而後 Pilgrim 與 Cordery (1975) 則考慮無因次化雨型經由排序後，由各時刻級序之平均來建立雨型；Bras and Rodriguez-Iturbe (1976) 與 Woolhiser and Osborn (1985) 也採用無因次化雨型的概念，研究降雨量在時間上的分佈；Yen and Chow (1980) 則提出三角形無因次雨型；Koutsoyiannis and Foufoula-Georgiou (1993) 與 Garcia-Guzman and Aranda-Oliver (1993) 提出以序率方法建立暴雨雨型。

雨型分析在設計暴雨總降雨深度之時間分配關係，雨型分析之目的在於設計 1 種能代表該集水區降雨延時分佈特性又能形成所設計洪峰流量之降雨分配型態。常用分析之雨型計有：(A) 數場暴雨資料分析之雨型；(B) 降雨強度公式設計之雨型；(C) 序率馬可夫 (SSGM) 雨型；(D) 實際降雨雨型。另「水文設計應用手冊」利用序率馬可夫 (SSGM) 進行分析，將全臺灣分數個區域、提供各區域雨型。

5、5 都降雨延時分析與 IDF 結果

為了解臺灣都會不同的降雨型態差別，本計畫分析臺北、中正橋（新北市）、臺中、臺南、高雄站共 5 個測站的資料，將其進行統計分析，水文量通常具有常態分布、對數常態分布、皮爾森第三類分布、對數皮爾森第三類分布及極端值第一類分布等機率分布特性，採用誤差值最小的機率分布，即 SEE 最小者。再選擇 14 種不同降雨延時進行 5 年重現期 IDF 參數的迴歸分析，其資料所屬單位、資料年份

與分析結果如表 5-2，最後將 95 超越機率下的降雨時數輸入 IDF 公式，計算出不同降雨深度所站的的比例，如表 5-3 與圖 5-7。

表5-2 5都測站資料與 IDF 參數

站名	測站單位	選取資料年份	統計分布	5年重現期 IDF 參數		
				a	b	c
臺北	氣象局	1984~2013年	LPIII	1625	41.29	0.679
中正橋 (新北市)	水利署	1978~2011年	LPIII	3320	29.42	0.7976
臺中	氣象局	1984~2013年	LPIII	2352	77.99	0.711
臺南	氣象局	1984~2013年	LN2	1423	56.06	0.644
高雄	氣象局	1984~2013年	LPIII	1618	59.89	0.633

臺南站 1998年5月~2001年遷至 467411 臺南(永康) 臺北站 1992年2月~2007年遷至 466921 臺北(師院)

表5-3 5都降雨延時分析與不同深度對應之負擔比例

站名	9.5成降雨(超越機率95%)		不同降雨深度對應之負擔比例			
	降雨延時(hr)	降雨深度(mm)	30 mm	40mm	50 mm	60 mm
臺北	5	154.82	19.38%	25.84%	32.30%	38.75%
中正橋	6	171.07	17.54%	23.38%	29.23%	35.07%
臺中	5	172.91	17.35%	23.13%	28.92%	34.70%
臺南	5	161.81	18.54%	24.72%	30.90%	37.08%
高雄	6	212.17	14.14%	18.85%	23.57%	28.28%

14種延時資料選擇：1、2、3、4、6、10、12、18、24、30、36、48、60、72 (hr)。

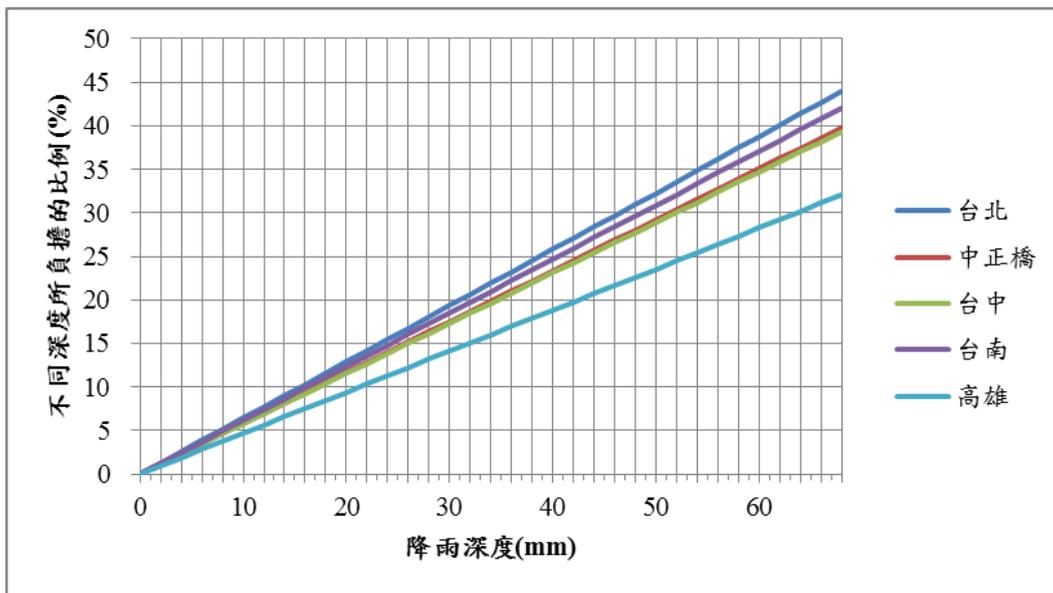


圖5-7 不同深度對應之負擔比例

本計畫依土地使用情況訂定不同之 LID 設施保水量：住宅區 48 毫米、第 4 種商業區與第 5 種商業區 32 毫米、其它商業區 40 毫米、產業專用區 40 毫米，其對應之降雨負擔比例為 15~25%。

(二) 降雨逕流程序

集水區降雨逕流程序主要為模擬分析集水區降雨與逕流之間的關係。當降雨自空中落下，首先會遇到樹梢或建築物，此現象稱為截留，部分雨滴會在凹處形成滯蓄，落在坡度較陡處之雨水常會形成漫地流。從降雨到產生逕流過程的水文現象（即一般所謂的降雨逕流關係，在這當中的每一個水文現象均與逕流的發生有關），可以模擬洪水過程。

降雨逕流演算過程需視集水區之大小，而選用不同的水文模式。所謂的小集水區是指其水文條件符合：

- (1) 降雨及集水區特性於時間與空間分佈為均勻；
- (2) 逕流主要為漫地流；
- (3) 降雨延時通常大於集流時間；
- (4) 河川貯蓄效應可忽略。

在此條件下，國內常用的集水區降雨逕流方法有：合理化公式、三角歷線法、貯蓄函數法和水桶模式法...等。現階段之設計多以合理化公式（Rational Formula）來計算，「雨水下水道系統規劃原則檢討」、「水土保持技術規範」、「公路排水設計規範」皆以合理化公式推估設計流量；三角歷線法亦為 1 種可簡單推估歷線的方法，其配合各重現期設計降雨延時之降雨量、雨型及降雨損失，可推估求得各重現期之洪峰流量及逕流歷線，為集總式（Lumped）之方法。

上述集總式方法之應用以小集水區為主，假設降雨及集水區特性於時間與空間分佈為均勻，然都市水文因區域發展及基礎排水設施規劃等，常無法視集水區之特性一致，集總方法有其限制，分析之集水區越大準確度會越低。於都市排水規劃及低衝擊設施之分析，均建議採以分散式（distributed）架構進行之，以常用之 EPA SWMM 為例，其即是分

散式的計算，其概念是建立集水區內各小區塊之資料，並輸入降雨資料，若能利用 SWMM 建立模式，可提高出流歷線精度。

1、入滲容量

在降雨損失的水文分析上，隨各個損失過程可以獨立分析，但計算上仍多以簡化之入滲公式為主，入滲是指水份由土壤表面進入土壤內之過程，影響水份入滲的因素，包括：土壤特性、土壤起始水份含量、土壤表面水份供給情況、地表覆蓋型態、溫度以及水質等，而從雨滴落到地表、產生漫地流、滯蓄積水皆有可能產生入滲之情形。

入滲具有減少與延遲逕流形成的功能，因此，若設法讓更多的雨量入滲，為土壤所吸收，理論上即可減少逕流體積。入滲量之估計多採簡化入滲公式作為入滲計算，以滿足工程上估計土壤入滲量之需要。大多數的入滲公式都是在描述土壤的入滲能力，一般常用的有荷頓公式（Horton's equation）、菲利普公式（Philips）、格林—安普公式（Green-Ampt）以及美國水土保持局之入滲公式。在實務上，如欲估計入滲容量，可以最終入滲率之定值乘上延時作為參考，但較其它公式為保守。

2、貯留體積

貯留之概念類似滯蓄積水或滯洪池，即是以空間將未入滲之水量水體儲流蓄滯留。基本上，貯留分為滯洪（Detention）與滯留（Retention），增加貯留的空間即可增加雨水之入滲量，亦可增加水停留在地表的時間，對降低流量有一定的功效，於地表下之貯留體積估算需考慮介質材料與孔隙率，孔隙率之推估可由孔隙率試驗或經驗公式推估之。

3、地表逕流

超滲降雨為降雨未形成降雨損失的部分，最後會形成地表逕流。地表逕流在量體上與降雨損失有關，在行為上則取決於地表特性，開發前後因地貌的改變，會造成漫地流之水力效率增加，以致於地表逕

流快速集中，在水文分析上則為直接逕流水文歷線之型態。

若將開發基地視為 1 個小型集水區，計算求得降雨損失後，產生之逕流為包含漫地流與河川水流及排水管流，透過分析該區域之集流時間、漫地流流速，基礎設施水力行為，以及分析滯、蓄洪體積對於排水行為，則可預估直接逕流水文歷線。水文計算在於直接逕流之歷線分析上，有較為複雜之分散式運動波模式、也有較為簡化之集總式簡化概念模式，在傳統開發條件下之影響分析已相當成熟，如何結合運用分析於 LID 則需進一步修正探討。

地表逕流之特性反映於集流時間，集流時間之定義為水流由集水區內水力學上之最遠點，流至集水區出口所需時間。定義中所言之「水力學上的最遠點」，係因為考慮逕流過程之坡度與糙度等水力因子所造成之影響；在開發行為上，集流時間與滯、蓄洪量均會較開發前低，透過 LID 之設計，可加長漫地流之流徑，增加表面自然覆蓋，降低逕流流速，以減少洪峰量，並透過提供保留及滯蓄洪之體積，控制排水流量，以達到開發前後水文條件的適當維持，減少對於排水系統之衝擊。

LID 的分析有別於傳統工程開發設計之方式，分析主要原因，其一為地表漫地流流徑改變、糙度增加與流速降低等效果，其二則為設計之滯蓄洪量體對於水文歷線的影響，在水文分析上，其基礎包括本計畫將針對其 LID 之分析需求，分就概念模型之修正與探討，以作為後續分析之基礎。

(三) LID 設施與水文

LID 設施之設置，將會改變原始降雨逕流的情形，考量 LID 之特性，其主要效果為 (1) 入滲容量 (2) 貯留容量 (3) 逕流程序改變所造成之影響，現階段規劃之 LID 設施單元有雨水花園/生態滯留單元、樹箱過濾設施、雨水桶、綠屋頂、植生溝、透水鋪面、滲透陰井、滲透側溝，其所影響水文的項目各有不同，整理如表 5-4。

基本上，地表逕流對於基地的「保水量」增加並沒有顯著之效果，其主要是導水之作用，故在做積分評估上並不予以強調。主要影響基地保水量是入滲和貯留，其計算方式如上節所述。

表5-4 低衝擊開發設施改變水文特性對照表

項次	設施單元	入滲	貯留	地表逕流
1	雨水花園/ 生態滯留單元	○	●	●
2	樹箱過濾設施	○	○	-
3	雨水桶	-	●	-
4	綠屋頂	-	●	-
5	植生溝	○	-	●
6	透水鋪面	○	-	-
7	滲透陰井	●	○	●
8	滲透側溝	●	-	●

●：需考慮此項水文現象。

○：視不同設計考慮此項水文現象。

第陸章、低衝擊開發設施單元設計原則

前文已說明 LID 設施設計之設計流程，本章將詳述各項 LID 設施之設計原則，包含：功能、適用地點、結構組成、單元設計注意事項、施工注意事項、生命週期、建置成本分析、後續管理維護方法與成本及基本設計圖等內容，並提出整體設計注意事項及監測規劃，作為 LID 設施設計之參考。

一、透水鋪面

(一) 設施單元訂定

1、設施說明

透水鋪面 (permeable pavement) 係將透水性良好、級配孔隙率高之材料應用於面層與基底層，使雨水通過人工鋪築之多孔性鋪面，直接滲入路基土壤，具有讓水入滲於地下之功能，其利用滲透和表面蒸發方式減少地表逕流，可減輕排水系統的負擔。依據透水鋪面材質與施工方式之不同，可分為：透水混凝土磚 (permeable concrete blocks)、透水混凝土鋪面 (permeable concrete pavement) 及多孔隙瀝青鋪面 (porous asphalt pavement) 等 3 種透水材質類型；另有利用不透水材質的鋪面與鋪面間隙透水之非連續拼接或鏤空鋪面，如俗稱植草磚之混凝土格框鋪面 (concrete grid pavements)。分別說明如下：

(1) 透水混凝土磚

使用水泥、粒料、摻和物、化學添加劑及其他無機添加物等原料製作之透水性地磚，水流可進入高透水材質空間及鋪面接縫，再向下入滲進入碎石鋪層以進行貯水。照片 6-1 所示即為公共工程委員會透水鋪面分類中之塊狀鋪面。

照片 6-1 透水混凝土磚



(2) 透水混凝土鋪面

透水混凝土又稱無細骨材混凝土，為 1 種骨材粒徑分佈在狹窄級配範圍內，並且含（無）微量細骨材加上不足量膠結漿體構成的多孔隙複合材料，其中粗骨材可以是碎石、

人造輕骨材、再生骨材或其它強度較高的建築廢棄物等。透水混凝土藉由粗粒料表面的水泥砂漿體，使粒料表面接觸互相固結而發揮強度，同時形成多孔隙的結構體，提供透水功能，有時會在透水混凝土上方另外鋪設其他透水性材料，增加耐損性及美觀。照片 6-2 所示即為公共工程委員會透水鋪面分類中之無細粒料混凝土鋪面。

照片 6-2 透水混凝土鋪面



(3) 多孔隙瀝青鋪面

具高孔隙率之排水性材料，其發展最早始於歐洲，1970 年代中期歐洲地區大量使用，日本則是於 1980 年代開始發展。多孔隙瀝青混凝土又名開放級配瀝青混合料，為將傳統密級配瀝青

混合料中之中等粒料骨材（主要是粗砂）除去，使骨材級配變成開放級配，其粗粒料間的空隙率約提高至 20% 左右，能使降於鋪面上的水可由大量的孔隙迅速滲透至路基，避免在鋪面上形成水膜，因而減少行車打滑與水沫飛濺的現象，甚至可降低噪音。照片 6-3 所示即為公共工程委員會透水鋪面分類中之多孔隙瀝青混凝土鋪面。

照片 6-3 多孔隙瀝青鋪面



(4) 非連續拼接或鏤空鋪面

非連續拼接或鏤空鋪面為目前最常見之鋪面磚，易與透水混凝土磚混淆（如照片 6-4 所示），如常見之植草磚即為此類型鋪面。一般



而言，非連續性拼裝塊狀鋪面多為不透水，其鋪面與鋪面間隙填入細砂，鋪面下採用透水性底層如無細骨材混凝土、砂土層，而鏤空的鋪面則直接提供植被生長的環境及水流入滲，使人車行走上面不至造成植物壞死。另外公共工程委員會所列之管式透水鋪面，該工法於不透水表面之間隙中佈設細管，將地表逕流引入下方級配層及保水層貯留，亦為利用間隙入滲貯水，故本計畫亦將此種管式透水鋪面歸類於非連續拼接或鏤空鋪面類型。

相較其他 LID 設施，透水鋪面於國內之發展較為普遍及成熟，國內案例如照片 6-5 及 6-6 所示。



2、適用性

透水性鋪面之強度較一般道路或排水性路面低，故較適用於荷重條件較溫和的行人步道、自行車道、廣場或公園等開放空間，若安裝和維護適當，亦適用於停車場及低交通量的道路；尤其是人行道部分，由於臺灣地區之人行道寬度較為不足，比起其他 LID 設施，更適合施作透水鋪面。

一般而言，透水混凝土鋪面之抗壓強度較傳統混凝土路面低，載重能力受到限制，雖可用於車流輛及載重略大之區域，但表面磨損速度會較傳統混凝土路面快；多孔隙瀝青在美國已成功應用於高速公路十多餘年，常被納入綠色城市基礎建設及 LID 計畫，臺灣的國道 6 號及五楊高架道路亦有部分路段採用多孔隙瀝青；透水混凝土磚一般適用於人行步道、公園或廣場等區域，此類區域亦可採用透水混凝土鋪面或多孔隙瀝青鋪面。

(二) 設計原則建立

1、組成結構設計原則

完整之透水鋪面設計結構由上往下依序為：鋪面層、襯墊層、級配基層、級配底基層或過濾貯水層、土工織布、排水管等，若水質要求較高者，則可將級配底基層以過濾貯水層取代，如圖 6-1 所示。經參考相關技術設計手冊及規範，各層設計原則說明如下：

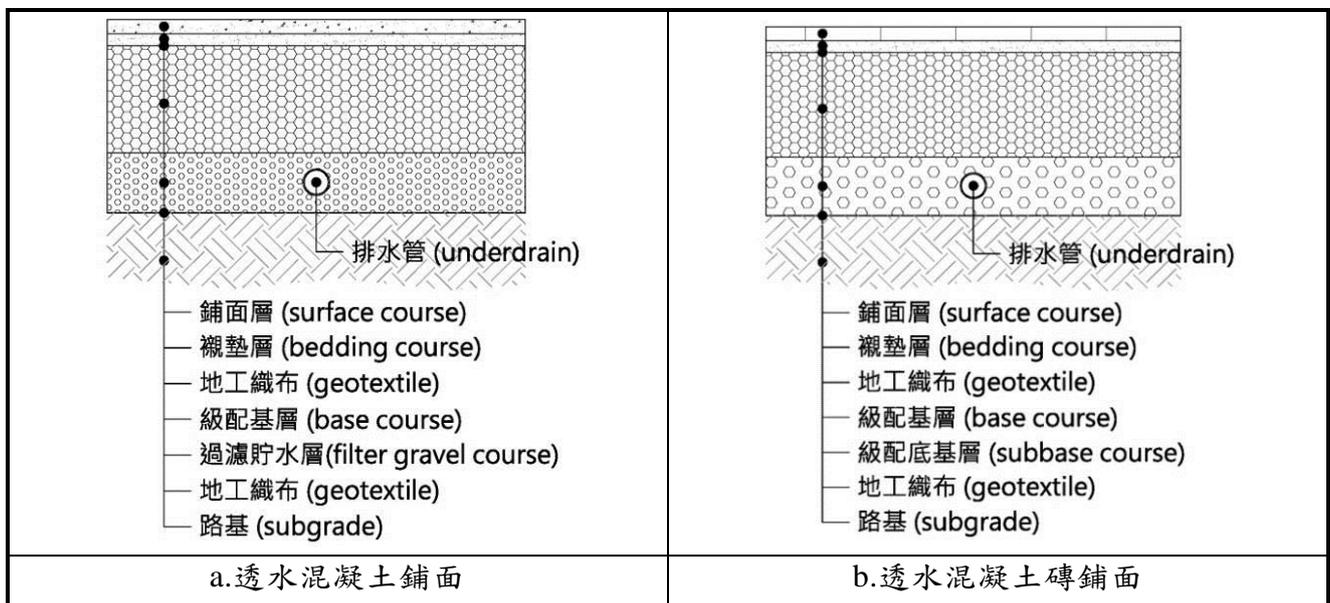


圖 6-1 透水鋪面組成結構斷面示意圖

(1) 鋪面層 (surface course)

功能：鋪面層即為表面層，其功能為透水與抗壓。

材料規定：透水混凝土磚、透水混凝土鋪面、多孔隙瀝青鋪面及非連續拼接或鏤空鋪面等之材料、透水性及抗壓

強度等，應分別符合公共工程委員會施工規範第 02795 章、第 03378 章、第 02798 章及第 02798 章及其 CNS 相關規定。

設計厚度：鋪面層設計厚度需因地制宜，如人行道、廣場或公園等區域之荷重較低，通常採用 6~8 公分的鋪面厚度，而停車場等車輛行駛區之荷重相對較高，其鋪面設計厚度則採用 8~15 公分。

設計注意事項：

- A、內政部營建署之「市區道路人行道設計手冊」中建議，欲維持人行道鋪面的平整及耐用，一般僅考慮人行之區域，其鋪面材料之抗壓強度應達 350 kgf/cm^2 (5,000psi) 以上即可；若人行道上有機車行駛、停放之區域，則建議鋪面材料抗壓強度應達 500 kgf/cm^2 (7,000psi) 以上。
- B、如果有車輛負荷需求，沿著區域邊界需裁切之單一鋪面磚不應小於原本的 1/3。
- C、透水性鋪面若有 5~10 公分之路緣，防止水流擴散，可提升入滲效益。
- D、為使透水鋪面具有一定之保水滲透能力，橫斷坡度應介於 1.5~2%，縱坡度應小於 8%。
- E、透水鋪面之滲透係數 K 值應大於 10^{-2} cm/s ，而孔隙率應大於 15%。

(2) 襯墊層 (bedding course)

功能：襯墊層之主要功能為維持上方鋪面層之平整度，並有過濾功能，若鋪面層為多孔隙瀝青或透水混凝土，可視需求及工法選擇是否設置。

材料選用：須為質地堅硬、潔淨且乾燥之砂，粒徑 1~2 毫米細砂或 2~4 毫米粗砂（清碎石），且不含黏土、植物

或其他雜質；亦可採美國材料試驗協會（ASTM）粗骨材標準尺寸表所規範之 8 號骨材級配（粒徑大小約相當於 5 毫米），如表 6-1。

設計厚度：襯墊層厚度一般介於 3~5 公分，建議不大於 5 公分為宜。

設計注意事項：材料應採經水洗潔淨、乾燥且質地堅硬之粒料。

（3）級配基層（base course）

功能：位於襯墊層的下層，為主要貯水區，其高入滲率特性亦提供級配基層與底基層間的水流傳遞。

材料選用：本層材料採粗骨材級配，建議可採 ASTM 規範 57 或 67 號骨材級配或 80%採用 ASTM 規範 57 號骨材級配，並加入各 20%之回收建材。

設計厚度：級配基層設計厚度應同時滿足逕流貯存量及結構承載要求，需因地制宜，設計厚度越大其保水量與承載能力較高。美國科羅拉多州丹佛地區之都市暴雨管理技術手冊（USDCM, 2011）及奧勒岡州波特蘭地區之都市暴雨管理技術手冊（SWMM, 2014）均建議級配基層厚度至少應為 15 公分以上，因級配基層為主要貯水區，考量臺灣降雨量大，保水需求較高，本計畫建議級配基層之設計厚度為 15~45 公分。

設計注意事項：

A、為加強級配基層承載支撐及穩定性，可添加瀝青穩定劑，但為保持足夠孔隙率，瀝青使用量不宜過高，約佔骨材重量之 2.0~2.5%，並建議採 AC-20 等級之瀝青膠泥或更高級別。因加入穩定劑會降低級配基層的貯水空間，設計時應多加考慮。

表6-1 ASTM 規範粗骨材標準尺寸表

Size No.	Nominal Size Square Openings	4"	3 $\frac{1}{2}$ "	3"	2 $\frac{1}{2}$ "	2"	1 $\frac{1}{2}$ "	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No.4	No.8	No.16	No.50	No.100
		100mm	90mm	75mm	63mm	50mm	37.5mm	25mm	19mm	12.5mm	9.5mm	4.75mm	2.36mm	1.18mm	0.3mm	0.15mm
1	3 $\frac{1}{2}$ " to 1 $\frac{1}{2}$ "	100	90~100	-	25~60	-	0~15	-	0~5	-	-	-	-	-	-	-
2	2 $\frac{1}{2}$ " to 1 $\frac{1}{2}$ "	-	-	100	90~100	35~70	0~15	-	0~5	-	-	-	-	-	-	-
24	2 $\frac{1}{2}$ " to 3/4"	-	-	100	90~100	-	25~60	-	0~10	0~5	-	-	-	-	-	-
3	2" to 1"	-	-	-	100	90~100	35~70	0~15	-	0~5	-	-	-	-	-	-
357	2" to No.4	-	-	-	100	95~100	-	35~70	-	10~30	-	0~5	-	-	-	-
4	1 $\frac{1}{2}$ " to 3/4"	-	-	-	-	100	90~100	20~55	0~15	-	0~5	-	-	-	-	-
467	1 $\frac{1}{2}$ " to No.4	-	-	-	-	100	95~100	-	35~70	-	10~30	0~5	-	-	-	-
5	1" to 1/2"	-	-	-	-	-	100	90~100	20~55	0~10	0~5	-	-	-	-	-
56	1" to 3/8"	-	-	-	-	-	100	90~100	40~85	10~40	0~15	0~5	-	-	-	-
57	1" to No.4	-	-	-	-	-	100	95~100	-	25~60	-	0~10	0~5	-	-	-
6	3/4" to 3/8"	-	-	-	-	-	-	100	90~100	20~55	0~15	0~5	-	-	-	-
67	3/4" to No.4	-	-	-	-	-	-	100	90~100	-	20~55	0~10	0~5	-	-	-
68	3/4" to No.8	-	-	-	-	-	-	-	90~100	-	30~65	5~25	0~10	0~5	-	-
7	1/2" to No.4	-	-	-	-	-	-	-	100	90~100	40~70	0~15	0~5	-	-	-
78	1/2" to No.8	-	-	-	-	-	-	-	100	90~100	40~75	5~25	0~10	0~5	-	-
8	3/8" to No.8	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85~100	10~30	0~10	0~5	-	-
89	3/8" to No.16	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90~100	20~55	5~30	0~10	0~5	-
9	No.4 to No.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85~100	10~40	0~10	0~5	-
10	No.4 to 0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85~100	-	-	-	10~30

資料來源：<http://www.astm.org/>。

B、級配基層採用粒料應為乾淨的水洗石，避免表面附著之泥土經雨水沖刷後造成孔隙堵塞及水質污染。

(4) 級配底基層 (subbase course)

功能：位於級配基層的下層，功能與級配基層相同。

材料選用：本層亦採粗骨材級配，粒徑較級配基層貯水區大，建議可採 ASTM 規範 2 號骨材級配。

設計厚度：與級配基層相同，本層設計厚度應同時滿足逕流貯存量及結構承載要求，厚度越大其保水量與承載能力相對較高。本層亦為主要貯水區，考量臺灣降雨量大，保水需求較高，建議級配底基層設計厚度為 15~25 公分。若應用於人行道或自行車道，不一定需進行此層的設計，但須增加級配基層厚度。

設計注意事項：

A、與「級配基層」的兩項設計注意事項相同。

B、本層底部應為平面，俾使逕流能均勻地滲透過整個表面，若系統底部滲透能力不佳，則底部應以 1~5% 的斜度向排水管傾斜。

(5) 過濾貯水層 (filter gravel course)

功能：位於級配基層的下層，主要可過濾自鋪面表層流至底層所夾帶的雜物質，具控制滲透速率與過濾水質功能，故對水質處理的需求較高時，可用本層取代級配底基層。惟本層之貯水能力不如級配底基層，若欲提高貯水能力，可替換為級配底基層。

材料選用：建議採公共工程委員會第 02726 章 V5.0 級配粒料底層施工規範的第三類型底層級配粒料之 B 型級配。

設計厚度：本計畫參考美國科羅拉多州丹佛地區都市暴雨管理技術手冊 (USDCM, 2011) 之建議，本層設計厚度採 15 公分。

設計注意事項：粒料應為乾淨的水洗石，避免表面附著之泥土經雨水沖刷後造成孔隙堵塞及水質污染。

(6) 排水管 (underdrain)

功能：排水管為多孔設計的管渠，因級配底基層下方為路基，而一般路基土壤之入滲速度遠低於上方之鋪面層、級配層等之入滲速度，故於級配底基層設置排水管，以確保在一定時間內可有效將級配基層貯水區及級配底基層貯水區的下滲貯留水量導引至排水系統，以維持級配層之入滲及貯水能力，避免設施僅能由路基入滲及蒸發散排除貯留水量，難以在降雨場次較密集時發揮貯留功能。

材料規定：需為多孔排水管。

設計尺寸：本計畫參考美國科羅拉多州丹佛地區都市暴雨管理技術手冊 (USDCM, 2011) 之建議，多孔排水管設計尺寸採 5~15 公分，原則上約每 5 公尺設置 1 條多孔排水管。

設計注意事項：

- A、排水管開孔應小於級配底基層之粒徑，防止骨材流失或排水管堵塞。
- B、排水管安裝坡度最少應有 0.5%。
- C、排水管應每隔 75~90 公尺設置 15 公分的硬質無孔觀測管或連接維修通道，以提供清理出口及作為觀測井之用。

(7) 土工織布 (geotextile)

功能：主要功能包括排除水份、過濾、加勁及防止土料流失、級配不均勻沉陷與分離兩種不同的土層。當較細顆粒土壤覆蓋在較粗顆粒粒料層 (例：級配基層) 上時，土工織布可防止空隙因土壤顆粒下移所造成的堵塞；而較粗顆粒粒料層 (例：石質儲水槽) 覆蓋在較細粒的原生土壤上時，土工織布則可防止粗顆粒粒料下移進入底層土

壤所造成的滑塌，使各土層保持其穩定性，達穩固設施之目的。透水鋪面之地工織布設置於襯墊層與級配基層間，以及級配底基層或過濾層與路基間。

材料規定：應符合公共工程委員會第 02342 章地工織物之規定。

設計注意事項：因織造薄膜和非織造熱融織布易造成堵塞，故不宜採用，應採用非織造針刺或單絲織造地工織布。

2、整體設計注意事項

(1) 邊緣固定設施



資料來源：Low Impact Development Stormwater Management Planning and Design Guide (2010)。

透水鋪面為求設施穩定，鋪塊排列應緊密，以防止負載所產生的旋轉及因此造成接口擴張，或鋪面在邊緣發生瓦解，故需有邊緣固定設施，除提供鋪面合適的邊緣支撐外，並需能承受溫度變化與車輛交通的衝擊。邊緣固定設施的材質包括金屬、塑膠細條及混凝土（如照片 6-7），其中以混凝土材質最佳，如鑄式混凝土路緣。

(2) 特殊地區適用之鋪面設計

近年來臺灣積極引進透水性鋪面，其中又以混凝土透水磚與植草磚最為普遍，惟就實行成效而言，透水磚常因級配層夯實作

業不良及平整度施作缺失、粒料因雨水長年沖刷流失、普遍未鋪設地工織布等原因，造成不均勻沈陷，導致透水磚磚體下陷與斷裂，危害行人步行安全；此外，若人行道下方因管線埋設導致所需覆土深度不足、汽機車高壓行駛頻繁之人行區域（如：車庫出入口及人行道機車停車位）或夯實度不易控制之區域，採級配層作為透水性鋪面之底層恐較不適用。

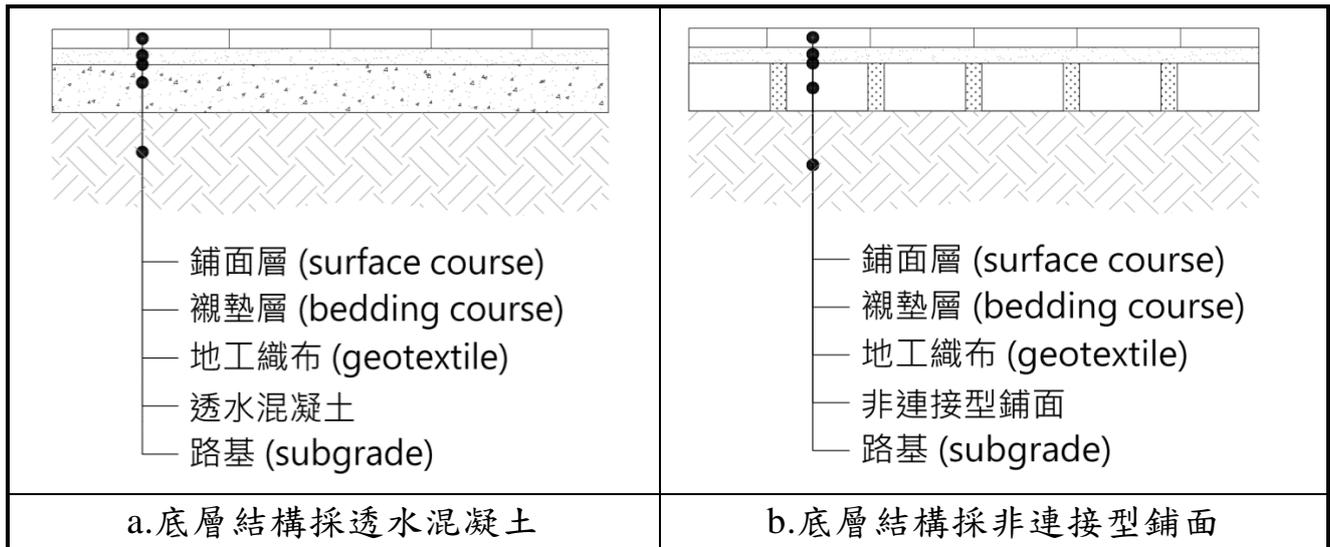


圖6-2 特殊地區適用之透水鋪面組成結構斷面示意圖

考量此種特殊地區需兼顧透水與設施完整性，鋪面下方結構可採透水混凝土或非連接型鋪面方式設計，取代原有級配層，以改善易不均勻沉陷與級配層夯實不良等種種問題（如圖 6-2）。惟此種改良設施雖仍為透水鋪面，但因無設置具貯水功能之級配層，故貯水能力遠低於標準型設施。

3、施工注意事項

(1) 路基

透水鋪面路基之施工方式，應符合公共工程委員會施工規範第 02336 章「路基整理」及第 02794 章「透水性鋪面之一般要求」V4.0 之施工規定，且需保持適當密度與透水機能。

(2) 級配層

級配基層及級配底基層之施工方式，均應分別符合公共工程委員會施工規範第 02726 章「級配粒料底層」、第 02722 章「級

配粒料基層」及第 02794 章「透水性鋪面之一般要求」V4.0 之施工規定。惟應以 10 噸鋼輪振動壓路機至少進行 4 次夯實(前 2 次採振動式壓實，後 2 次採靜態壓實)。設備操作員應避免急加速、急剎車與在壓實層上面的急轉彎，以使基底表面不受擾亂。

(3) 土工織布

施工方式應符合公共工程委員會施工規範第 02342 章「土工織物」之施工規定。

(4) 襯墊層

A、需設置水平基準線後再整平夯實，整平後不得踐踏，且襯墊層鋪設前應先檢視級配層是否凹凸不平，如未平整密實，需重新滾壓。

B、防止機器設備及人進入鋪設中的襯墊層，以維持襯墊層表面的均勻。

(5) 鋪面層

各類型鋪面層之施工方式，應符合公共工程委員會施工規範第 02794 章「透水性鋪面之一般要求」V4.0 之施工規定。

(三) 基本設計圖

1、人行道透水鋪面

基本設計如圖 6-3 所示，表面以透水磚鋪設，主要結構組成由下而上為：路基、級配底基層、級配基層、襯墊層及透水磚，並於路基與級配底基層間，以及級配基層與襯墊層間鋪設土工織布，透水排水管則安裝於級配底基層內，並與排水系統相連。

級配底基層厚度建議為 15~25 公分，級配基層厚度為 15~45 公分，級配底基層及級配基層之厚度會反映於承載力及貯水能力，建議級配底基層及級配基層之厚度分別為 25 公分及 45 公分為佳，兩者最少都不應低於 15 公分。級配基層上方之襯墊層厚度建議為 5 公分，最上層之透水磚，厚度則建議為 6~8 公分，以提供足夠之承載力。

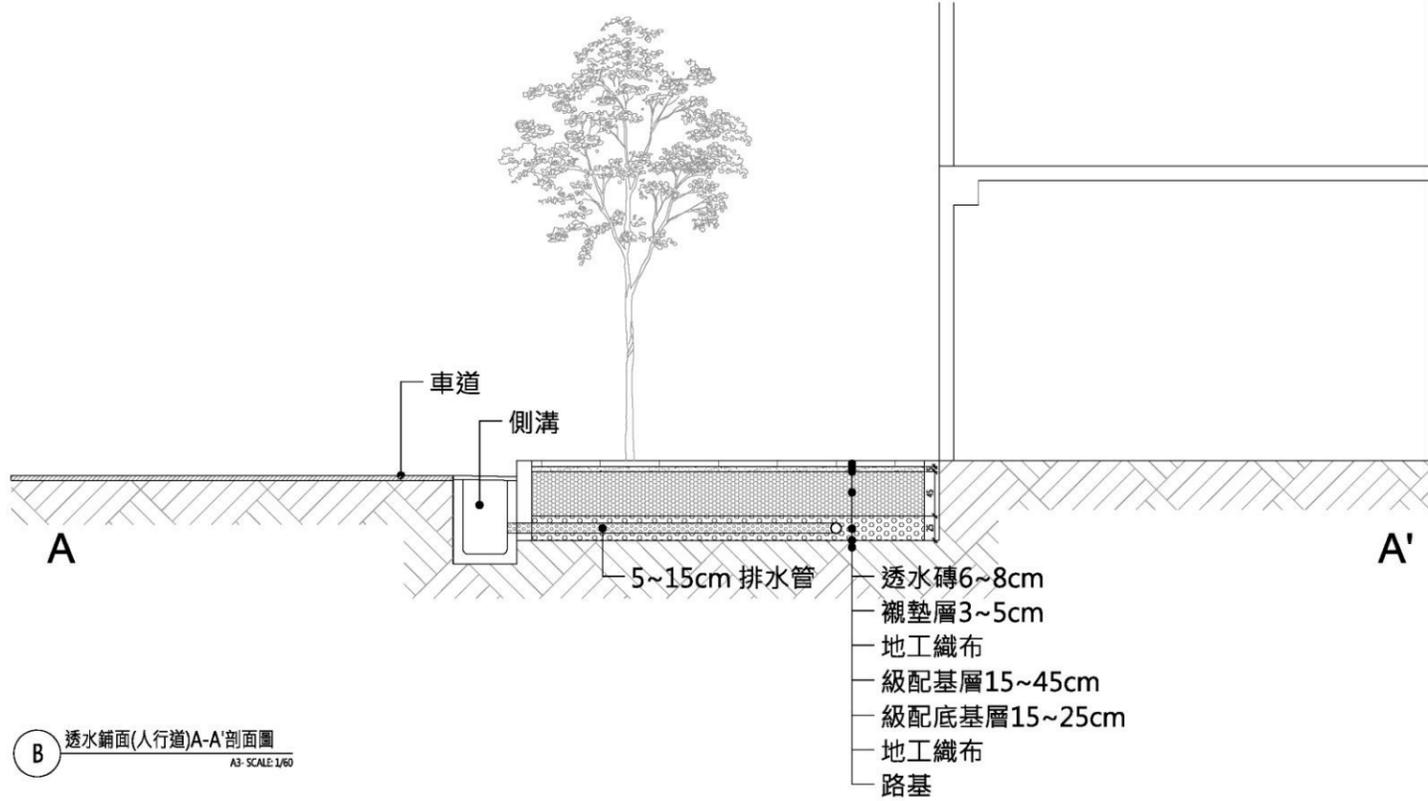
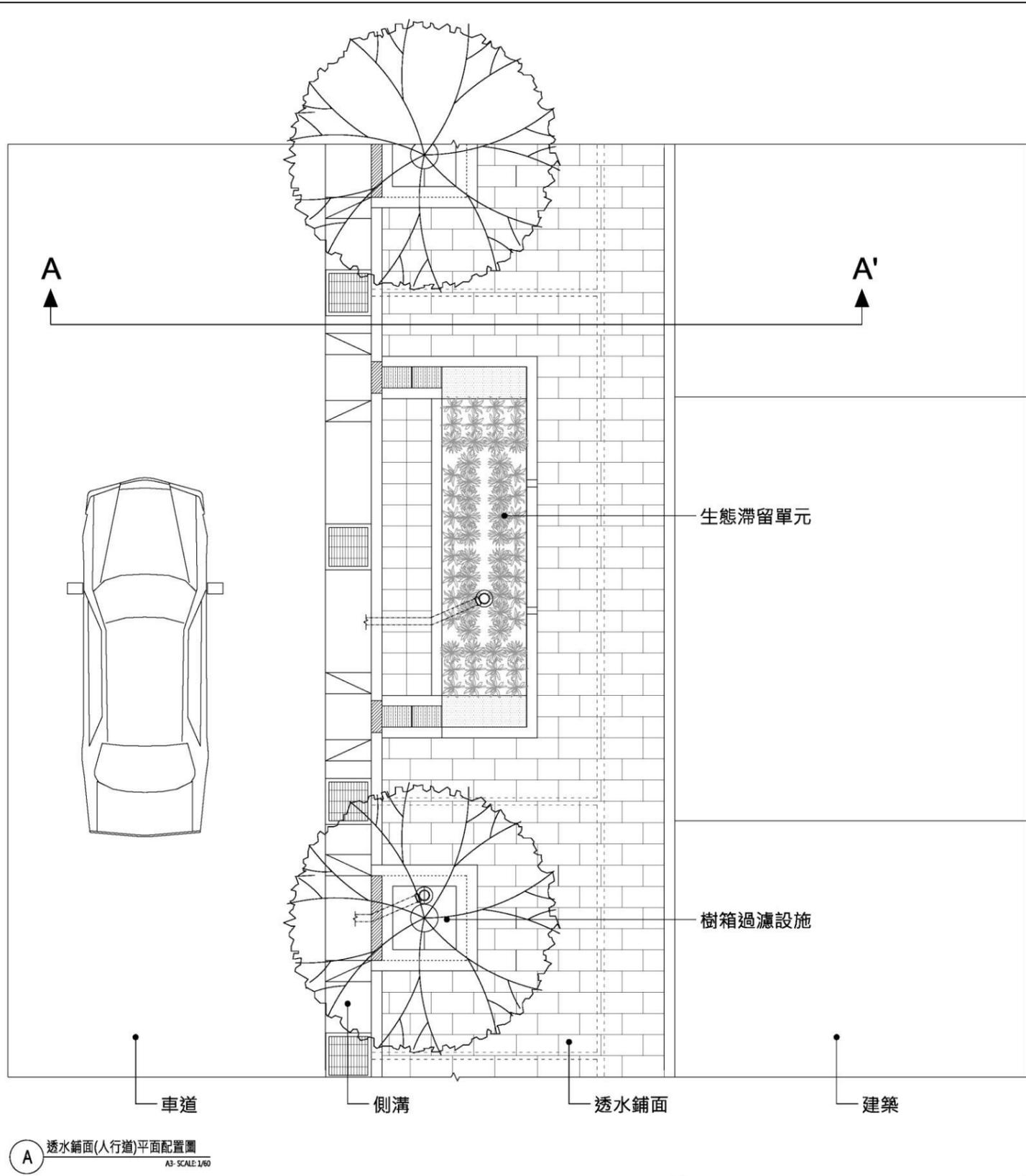


圖6-3 人行道透水鋪面基本設計圖

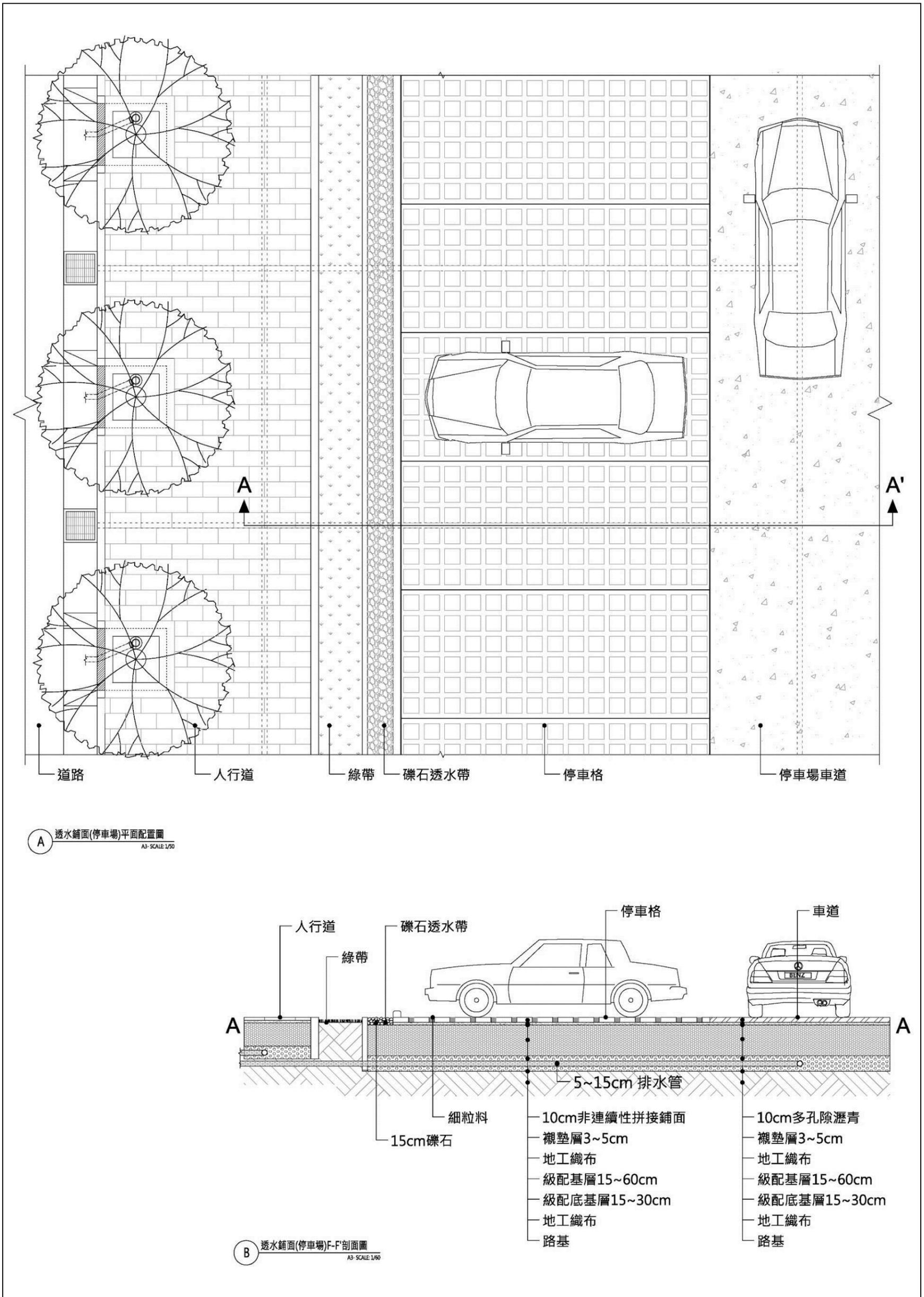


圖6-4 停車場透水鋪面基本設計圖

2、停車場透水鋪面

基本設計如圖 6-4 所示，分為停車格及車道，前者主要結構組成由下而上為路基、級配底基層、級配基層、襯墊層及植草磚；後者主要結構組成與停車格相似，但因車行較為頻繁，最上層改為多孔隙瀝青，耐損度較高。兩者同樣於路基與級配底基層間，以及級配基層與襯墊層間鋪設地工織布。

停車場比人行道需要更高之承載力，級配層之設計因此也需較厚。級配底基層厚度為 15~30 公分，級配基層厚度為 15~60 公分，級配底基層與級配基層之厚度會影響承載力及貯水能力，建議級配底基層厚度以 30 公分而級配基層以 60 公分為佳，兩者最少都不應低於 15 公分。級配基層上方之襯墊層，厚度建議為 5 公分。最上層之植草磚（空隙回填沃土及植草）或透水瀝青，厚度則建議至少為 10 公分，以提供足夠之承載力。

停車格邊緣設計連續路緣石，並於路緣石外側之級配基層上鋪設約 15 公分厚度之礫石，當產生瞬間暴雨，透水鋪面滲透不及時，積水便可從路緣石溢流進外側礫石區，快速下滲進基層及底基層貯留，防止逕流漫溢。

（四）建置成本分析

透水混凝土磚、透水混凝土鋪面、多孔隙瀝青鋪面及非連續拼接或鏤空鋪面等之成本分析如表 6-2 ~表 6-5 所示。

（五）生命週期

透水性鋪面之安裝和維護適當，其使用壽命約可達 15~20 年。

（六）維護項目、週期與成本

1、維護項目

透水性鋪面在完工及開放使用後，效用隨時間遞減，其空隙率及排水能力會隨長時間車輛碾壓及灰塵或石屑堵塞而降低，若能適時實行養護作業，則鋪面可維持一定服務水準且能延長使用壽命。

表6-2 透水混凝土磚成本分析表

工料名稱	單位	數量	單價 (元)	複價 (元)
挖方及回填夯實	m ³	2.00	70	140
級配粒料底層，碎石級配	m ³	0.70	900	630
HDPE 透水管 (φ 10cm)	m	1.00	500	500
土工織布 (TH=2mm)	m ²	2.00	25	50
襯墊砂	m ³	0.05	1,000	50
透水磚鋪面 (TH=10cm)	m ²	1.00	1,270	1,270
技術工	工	0.12	2,500	300
零星工料及損耗	式	1.00	20	20
總價 (元/m ²)				2,960

註：成本可能因材料選擇及設施尺寸不同有所差異。

表6-4 多孔隙瀝青鋪面成本分析表

工料名稱	單位	數量	單價 (元)	複價 (元)
挖方及回填夯實	m ³	2.00	70	140
級配粒料底層，碎石級配	m ³	0.70	900	630
HDPE 透水管 (φ 10cm)	m	1.00	500	500
土工織布 (TH=2mm)	m ²	2.00	25	50
襯墊砂	m ³	0.05	1,000	50
透水瀝青混凝土面層 (TH=10cm)	m ²	1.00	700	700
技術工	工	0.12	2,500	300
零星工料及損耗	式	1.00	20	20
總價 (元/m ²)				2,390

註：成本可能因材料選擇及設施尺寸不同有所差異。

表6-3 透水混凝土鋪面成本分析表

工料名稱	單位	數量	單價 (元)	複價 (元)
挖方及回填夯實	m ³	2.00	70	140
級配粒料底層，碎石級配	m ³	0.70	900	630
HDPE 透水管 (φ 10cm)	m	1.00	500	500
土工織布 (TH=2mm)	m ²	2.00	25	50
襯墊砂	m ³	0.05	1,000	50
模板組立	m ²	0.20	400	80
透水混凝土 (TH=10cm)	m ³	0.10	6,500	650
鍍鋅扁鐵分割條施工	m ²	1.00	280	280
技術工	工	0.12	2,500	300
零星工料及損耗	式	1.00	20	20
總價 (元/m ²)				2,700

註：成本可能因材料選擇及設施尺寸不同有所差異。

表6-5 非連續拼接或鏤空鋪面成本分析表

工料名稱	單位	數量	單價 (元)	複價 (元)
挖方及回填夯實	m ³	2.00	70	140
級配粒料底層，碎石級配	m ³	0.70	900	630
HDPE 透水管 (φ 10cm)	m	1.00	500	500
土工織布 (TH=2mm)	m ²	2.00	25	50
襯墊砂	m ³	0.05	1,000	50
非連接型鋪面 (TH=10cm)	m ²	1.00	1,120	1,120
技術工	工	0.12	2,500	300
零星工料及損耗	式	1.00	20	20
總價 (元/m ²)				2,810

註：成本可能因材料選擇及設施尺寸不同有所差異。

本計畫參考公共工程會施工規範第 02794 章「透水性鋪面之一般要求」V4.0 之管理與維護基準、內政部營建署民國 98 年 11 月之「透水性鋪面養護工法參考手冊」及國外相關技術手冊，就透水鋪面損壞後之修補工法及一般維護方式，分別說明如下：

(1) 透水混凝土磚及非連續拼接鋪面修補工法

A、維修區域之劃分

透水磚鋪面維修前，需先針對維修區域進行劃分，包括預計挖除區域及挖除延伸區域。為避免挖除時影響其餘支撐良好之透水磚區域，挖除時需向外延伸 2~3 個磚塊長度之區域，以保護其餘區域之襯墊層及級配基底層。

B、首塊透水磚移除

劃分確定維修區域後，即可將首塊透水磚移除。移除方法：先用小螺絲起子或刮刀清除第 1 塊移除透水磚之接縫砂 (joint sand) 後，即可利用大螺絲起子將首塊透水磚移除。

C、其餘透水磚移除

首塊透水磚移除後，其餘透水磚因喪失旁邊之支撐能力，將可輕易移除，為快速移除透水磚，可利用振動方式降低相鄰透水磚的互鎖 (interlock) 效應。若為大範圍透水磚鋪面移除，亦有專用之移除機械可供使用。

D、襯墊層及級配基底層材料之移除

透水磚移除完畢後，下一層即為襯墊層，移除前需先將其襯墊層的砂耙鬆才可移除。移除的砂可再使用，惟應注意，砂中若混有其餘材料則不可再使用，移除的砂再使用時，應先將其完全耙鬆方可再使用。挖除襯墊層時，應注意挖除範圍需距離良好透水鋪面最少 15~30 公分，以確保其餘透水鋪面之襯墊層保持不被擾動且穩定之狀態。若級配基底層材料需進行移除，可利用挖土機或人工方式進行挖除，其挖除範圍亦如同襯墊層之範圍，最少須距良好透水

磚鋪面最少 15~30 公分。

E、級配基底層材料回填

級配基底層可依據組成結構設計原則中，級配基底層所要求之級配材料進行填補。

F、襯墊層回填

襯墊層回填時，材料應為乾淨、未混合其餘材料的砂，回填時先以木板對鋪設的砂進行抹平，其回填高度應略高於原先襯墊層，抹平過後即可進行夯實。

G、透水磚填補與接縫砂回填

襯墊層回填後，即可進行透水磚填補。依原來透水磚之排列方式逐一填補。填補完成後，在接縫處回填接縫砂（joint sand），確定其接縫亦保持原始設計間距相同，且利用夯實機進行震動夯實，確保透水磚及接縫砂可牢固於襯墊層，並與相接之透水磚產生互鎖效應。透水磚鋪設完成後，需確保其平整度。

(2) 透水混凝土修補工法

當透水混凝土鋪面裂縫已達重級裂縫以上時，或鋪面損壞甚鉅，無法維持鋪面之正常功能時應即翻修，宜採用部分鋪面局部打除重作工法改善。本工法是將部分鋪面移除後，在現場澆置透水混凝土予以更新。其施工順序如下：

A、鋸割鋪面與路肩之接縫或鋪面之縱向接縫及橫向接縫。

B、移除原有損壞之鋪面與不良之底層材料，惟挖除路基之級配基底層時應注意不可擾動鄰近土壤。如用機械開挖時，距開挖線處應改由人工開挖。

C、重新夯壓基層及底層、角隅或邊緣處應以夯壓機或搗固機等壓實，必要時需增加鋪面厚度。

D、澆置透水混凝土時與原有路邊結構物之縱向縫隙間應加以隔離。

(3) 多孔隙瀝青修補工法

可採刨除加鋪方式修補，此修補工法可保持路面高度不變，由於下層為級配基層，刨除面下方之粗粒料容易鬆散，可能對設施耐久性產生不良影響，故刨除加鋪前需先針對級配層重新夯實較為妥適。

(4) 一般維護工法

透水鋪面主要維護保養多著重於鋪面的孔隙阻塞，一般多利用真空吸塵器或高壓水柱沖洗並清刷路面，避免灰塵阻塞或泥沙淤積造成透水率降低。

2、維護週期

- (1) 鋪面完工後前 4 個月，每月檢視 1 次，往後每年檢視 3~5 次。
- (2) 大雨後檢視表面是否積水，若鋪面嚴重阻塞需清理或翻修。
- (3) 鋪面應於每年雨季來臨前檢測透水性，當透水性降低至一定程度，應立即清洗。
- (4) 每年視鋪面阻塞狀況清理 3~5 次。較佳維護時機為早春(4 月)、夏季(7~8 月)及秋季落葉後(11 月)，並使用真空高效吸塵，而透水混凝土及多孔隙瀝青則可配合高壓水柱沖洗。
- (5) 排水管出口應不定期檢查，且每年至少 1 次。

3、維護成本

高壓水柱沖洗之成本：30 元/平方公尺。

二、綠屋頂

(一) 設施單元訂定

1、設施說明

綠屋頂 (green roof) 即為安裝於平面或傾斜平坦的屋頂上，以薄層土壤設計之植被。綠屋頂可改善淨化水質，並利用生長介質及貯水區貯存雨水，多餘的雨水則透過暗渠或溢流口，經由建物排水系統排除，貯存之水分則透過植物蒸發散排去，其他效益包括：增進能源效

率、建物隔熱、延長屋頂結構壽命、降低都市熱島效應、景觀營造和生物多樣性等。綠屋頂的效益成果取決於植物選擇、土壤成份和深度、屋頂的方向和坡度、天氣模式和維護計畫等因素。

綠屋頂一般分為粗放型 (extensive)、半精養型 (semi-intensive) 及精養型 (intensive) 等 3 種類型。設計型態上的選擇取決於載重能力、預算、設計目標和雨水貯留量的需求；另外，氣候、植物類型的選擇、土層的厚度需要、可行性及其他設計考量亦會影響在設計型態上的決定。茲就各類型綠屋頂分別說明如下：

(1) 粗放型綠屋頂

粗放型綠屋頂 (照片 6-8)

多屬輕量系統，其植被主要為草本植物和開花草本植物，一般種植低蔓生或景天科植物，多數不需頻繁的維護及配置灌溉系統，通常不會被設計成提供公眾觀賞的型態，屬低維護需求達到有效率的暴雨管理系統。



供公眾觀賞的型態，屬低維護需求達到有效率的暴雨管理系統。

(2) 精養型綠屋頂

精養型綠屋頂 (照片 6-9)

植被主要由草本植物到小型喬木，其需專業的維護管理及配置先進的灌溉系統，精養型綠屋頂極具生態多樣性，且提供更好的隔熱效能及雨水貯留能力。精養型綠屋頂通常被設計作為公園與休憩區域，但相較於粗放型綠屋頂，需要投入更多的資金與維護。



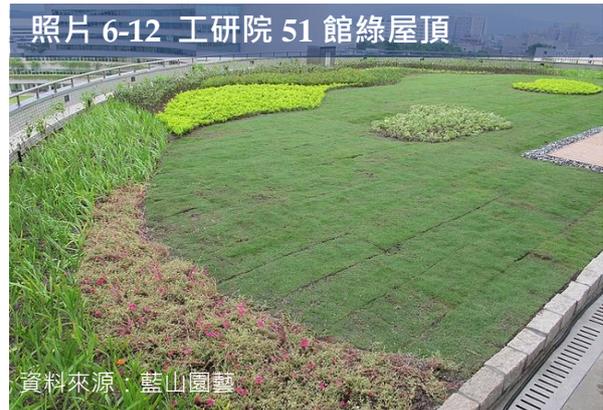
更好的隔熱效能及雨水貯留能力。精養型綠屋頂通常被設計作為公園與休憩區域，但相較於粗放型綠屋頂，需要投入更多的資金與維護。

(3) 半精養型綠屋頂

半精養型綠屋頂 (照片 6-10) 為前兩者之組合，其植被主要為小型草本植物和小灌木，需定期維護及不定時灌溉，半精養型



綠屋頂比粗放型綠屋頂能貯留更多雨水，並提供更豐富且多樣性的生態，故雖維護管理需求較高，但半精養型綠屋頂可視為 1 座花園。國內近年綠屋頂之發展已逐漸興起，相關案例如照片 6-11 及照片 6-12。



2、適用性

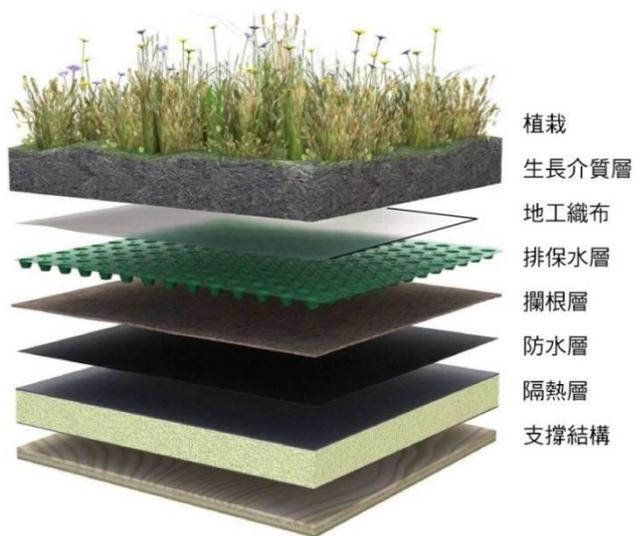
綠屋頂適用於新蓋建築或既有建築改建，甚至可於坡度 0~40 度的斜屋頂上建造，因不需額外的土地，且能提供水平衡與生物環境的效益，因此對於透水面積不足、過度密集發展的都市區是理想適合的微處理型設施選擇。

(二) 設計原則建立

1、組成結構設計原則

完整之綠屋頂設計結構（圖 6-5）由上往下依序為：植栽層、生長介質層、土工織布、排保水層、攔根層、防水層及支撐結構等。

經參考相關技術設計手冊及規範，各層之設計原則說明如下：



資料來源：<http://www.greenestate.org.uk/>。

圖 6-5 綠屋頂組成結構剖面示意圖

(1) 植栽層 (vegetation / plant)

功能：景觀美化、逕流處理及增加生物多樣性。

植栽選擇：

A、精養型綠屋頂的植栽限制較少，選擇具多樣化，其可以遵循生物多樣性原則，以低矮灌木、草坪、地被植物等為主，屋頂結構載重許可下，適量種植小喬木，嚴格控制大喬木。低矮灌木可採用：柃木屬、赤楠屬、黃楊屬、福建茶、楓港柿、柃木屬、偃柏等。

B、粗放型綠屋頂的植栽通常以能適應嚴苛生長環境，且不需太厚的生長底層之種類，像生長在縫隙與岩石、乾草地、森林邊緣與大草原上者與季節性乾旱的地被植物，如多肉植物與某些開花性草本植物、球根、本地的草地、苔蘚植物、野花與其他多年生植物，因為耐候性、淺根結構與水平的生長習性，使其成為極佳的選項。其中，長生草屬、景天科、匍匐百里香、蔥、草夾竹桃屬和菊科是常用綠屋頂植物。一般粗放型綠屋頂之植栽選擇要點（張育森，101）如下：

(A) 遵循植物多樣性和共生性原則：以複層結構為主，盡可能多樣性，由灌木、草花、草坪、地被植物組成，以提高綠化效益。

(B) 生長特性和觀賞價值相對穩定：較不會因生長環境變化，造成生長勢減弱或落葉、枯萎等不良現象。

(C) 高度矮、風阻小：以低矮灌木、草坪、地被植物和攀緣植物等為主。

(D) 植株淺根：為適應薄介質，植株應淺根且有較發達的橫向或鬚根系，不宜選用根系穿刺性較強的植物，以防止植物根系穿透建築防水層。

(E) 耐極端氣候及抗逆性強：耐熱、耐曬、耐寒、耐高

熱風、耐較大的晝夜溫差。抗旱、抗溼、抗空氣污染、抗病蟲害且滯塵能力強。

- (F) 易移植、耐修剪或生長緩慢：植株耐移植可提高成活率，且生長勢強者經過修剪仍能恢復原本翠綠；而生長慢者則可維持長時間觀賞價值。
- (G) 低維護管理：管理粗放，養護管理費用低。
- (H) 具備強再生能力與自播性：缺株或季節適應生長後，可自動蔓延補滿。
- (I) 盡量選擇適應的原生種以及外來馴化種，並應利用植物色彩、花、果豐富景觀，美化環境。
- (J) 挑選植栽應無疾病、蟲害、缺陷或損傷，並具結構良好的強壯纖維根系統，且應為苗圃所種，處於休眠期，非經球狀處理、粗麻布或容器種植。
- (K) 植栽種類建議如下：
 - 多肉植物：以松葉景天、垂盆草、圓葉景天等適應性較佳，斑葉佛甲草、萬年草等種類次之。
 - 草坪：低矮、具匍匐蔓延性與耐旱性的草種，亦可作為大面積的綠屋頂植物材料。如有地下莖的韓國草、百慕達草（狗牙根）或地上走莖的假儉草、兩耳草等耐旱性較強之種類。
 - 地被植物：翠玲瓏、團花蓼、斑葉到手香、短葉虎尾蘭、銀紋沿階草、蔓花生、小蚌蘭、矮筋骨草、斑葉絡石等。

設計注意事項：

A、植栽種類應考量根系的尺寸與深度，以確保植物能使深度較淺的生長介質穩定，其可隨生長介質厚度而增加：

(A) 5~8 公分可種植苔蘚、景天科和某些草。

(B) 8~12 公分可種植更多樣的景天屬植物及草類，還

有部分多年生草本植物。

(C) 15~20 公分可種植相應寬度的品種。

(D) 超過 20 公分可開始種植一般地面上的植物。

B、選擇植栽素材時，應諮詢植物學家或地景建築師。

(2) 生長介質層 (growth media)

功能：提供植物生長。

材料選用：生長介質不同於一般土壤，其因基盤系統的結構組成容積、厚度、蓄存水量、屋頂使用目標及預期維管頻次及經濟性而異。因生長介質層為綠屋頂主結構層，對整體重量影響最大，故為避免屋頂結構承載過大，應採輕質土較佳。

A、綠屋頂建議選用的生長介質特性包括以下 4 點：

(A) 輕質：通常新建建物在設計階段就已將屋頂綠化的重量考量在內，但既有建物的屋頂結構承载力較低，故對生長介質重量有嚴格的要求，應盡量採輕質土。因自然土壤容重一般在 1.0 克/立方公分以上，較不適用於屋頂綠化，而生長介質之輕質土於風乾和飽和狀態下容重分別在 0.5 克/立方公分及 0.8 克/立方公分左右。

(B) 薄層：降低生長介質層厚度雖可減輕屋頂承重，然會降低水分、養分供應能力、溫度調節能力、根系生長空間不足、植栽支撐力不足等植栽生長必需的介質條件。

(C) 穩定：綠屋頂完成後，其使用年限必須有 10~20 年，且植栽生長之後難以全面更換介質，因此生長介質必需具長期的穩定性。故需減少因有機質分解所造成生長介質層厚度降低；注重其通氣性和保水

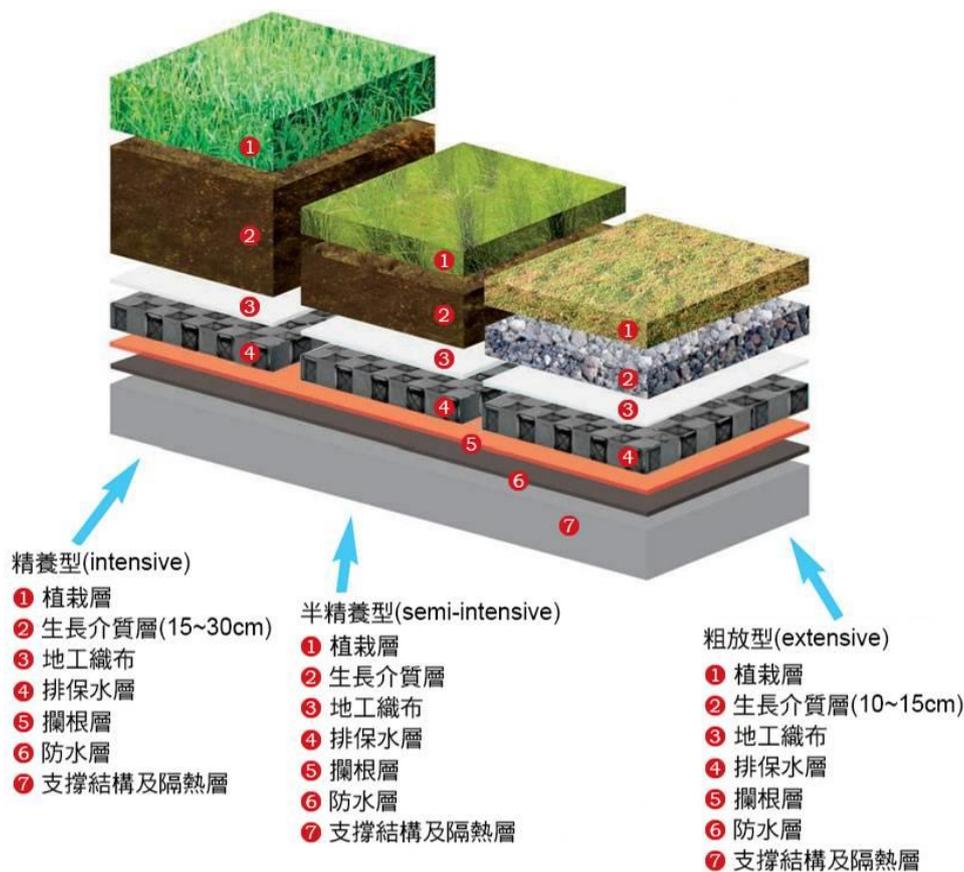
性；避免結構破壞，導致養分釋放和酸鹼度環境發生劇烈變化，不利於植栽生長。

(D) 環保：選擇不會造成公害及環境污染的材料是綠屋頂的基本要求，最佳方式是利用工、農業廢棄物進行資源化再利用成為生長介質。

B、綠屋頂生長介質為達到比重在 0.8 克/立方公分以下之輕質化的要求，通常會添加珍珠石、蛭石、泥炭苔、椰纖、炭化稻殼、發泡煉石或多孔性植生陶石等材料。

設計厚度：

A、綠屋頂生長介質層之厚度應符合植栽生長要求。不同綠化植物需要之生長介質厚度參考值如下：草皮 8~15 公分、草花約 15~20 公分、灌木 20~40 公分、小喬木 40~100 公分，依樹種而略有不同。為利於植栽生長，建議生長介質層最小厚度為 10 公分。



資料來源：<http://rlroofing.co.uk/>。

圖6-6 綠屋頂生長介質層厚度示意圖

B、各類型綠屋頂之生長介質層之厚度，如圖 6-6 所示。

(A) 粗放型綠屋頂生長介質層厚度約 10~15 公分。

(B) 精養型綠屋頂生長介質層厚度需超過 30 公分較佳，至少需介於 15~30 公分。

(C) 典型半精養型綠屋頂的生長介質層厚度約為 15~30 公分。

設計注意事項：

A、生長介質層宜有 30~50% 以上之保水率。

B、應避免有機含量過多。

C、排水後孔隙佔體積之 15~20%。

(3) 土工織布 (geotextile)

功能：主要為防止生長介質層之輕質土被沖洗進下層之排保水層中，亦可稱為過濾墊。

材料選擇：一般採用聚苯乙烯或聚丙烯纖維不織布。

設計注意事項：

A、土工織布必須隔離生長介質層底部和側面。

B、依據植栽種類與生長介質層厚度，一般土工織布約 5~10 年會被根系穿透，則需考量置換。

(4) 排保水層 (drainage layer)

功能：當生長介質層的水份達到飽和，多餘的水份便貯集於排保水層，若該層飽和則將水份釋出。排保水層一般以硬質的杯狀塑料排保水板來代替，平時可以蓄積水份避免植物度過乾旱，降雨過多時水份則順著特殊設計溝槽排出，亦兼顧保水與排水功能，並可增加生長介質底部的曝氣量，某些情況下具有攔根效果，可保護防水層。

材料選用：包括各種顆粒狀介質（如：碎石、泡沫板、塑膠）或金屬的模距化單元（如：排保水板）。排保水層

應根據屋頂排水溝情況設計，材料可選用單凸型、模組式、組合式等多種形式的排保水板，或直徑大於 0.4~1.6 公分的陶石。

設計厚度：排水層設計厚度取決於屋頂結構的承重負載力及暴雨洪水保留需求。一般排保水板厚度約 4~5 公分；若採用碎石，則厚度宜鋪設 5 公分以上。

設計注意事項：

A、屋頂綠化排水系統必須與原屋頂排水系統連接，不得改變原屋頂排水系統。

B、屋頂綠化應預留地面排水管線，設置落水頭，並保留檢修管道。落水頭排水口必須保持沒有碎屑或植物，並利用不銹鋼板分離生長介質及



覆蓋屋頂排水孔的礫石（如照片 6-13）。鋼板穿有小孔，提供生長介質排水。其設計示意圖如圖 6-7 所示。

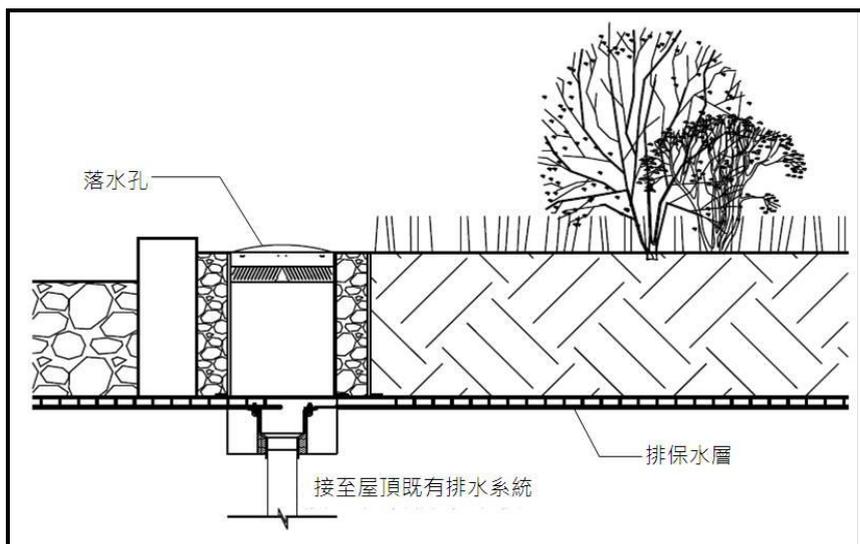


圖 6-7 綠屋頂排水口與保排水層銜接設計示意圖

(5) 攔根層 (root barrier)

功能：位於防水層上方，為防止植物根系穿透防水層導致屋頂

漏水及破壞屋頂結構，通常與防水層一起施作，做為防水層之保護。

材料選用：包括合成橡膠、聚氯乙炔（polyvinyl chloride, PVC）、厚瀝青或攔根塗料等。

(6) 防水層（waterproofing membrane）

功能：為防止雨水滲入建築物內部，保護建物及屋頂結構。

材料選用：防水層材料包括不透水的水泥、熱或冷塗的液態薄膜、特殊設計的單一膠合片狀薄膜、熱塑性的片層膜等，亦可採複層設置；如果防水材料包含瀝青或有機物，其上層需要附加防根阻板（攔根層）以避免根部損壞屋頂。材料一般分類如下：

A、單層

(A) 三元乙丙橡膠（ethylene propylene diene monomer, EPDM）。

(B) 熱塑性聚烯烴類（thermoplastic poly olefin, TPO）或聚氯乙炔（PVC）。

B、多層

(A) 苯乙烯—丁二烯—苯乙烯（styrene-butadiene-Styrene, SBS）橡膠。

(B) 雜排聚丙炔（atactic polypropylene, APP）。

C、各種化學組成物的液體或噴塗膜，如：樹脂、聚氨酯、三元乙丙橡膠、丁基改性瀝青...等。

(7) 支撐結構（structural support）

支撐結構即為屋頂結構，屋頂結構的承載負重力必須足夠，方能支撐整個綠屋頂的飽和土壤及植物的重量，加上人員活動的活荷重。就屋頂結構而言，應注意之要點如下：

A、可利用梁柱或牆壁支撐最大負荷的地方。

- B、綠屋頂之重量一旦超過 80 公斤/平方公尺，應需要結構工程師的專業諮詢。
- C、粗放型綠屋頂一般為厚度約為 8~15 公分，其重量不超過約每平方公尺約 165 公斤/平方公尺，遠低於一般建築物最低荷重 300 公斤/平方公尺的規定，原則上不需進行屋頂結構強化工程，但裝設前仍應檢視屋頂結構是否滿足載重需求。
- D、精養型綠屋頂之屋頂結構承載能力應 \geq 450 公斤/平方公尺（營業性屋頂花園 \geq 600 公斤/平方公尺）；而粗放型屋綠屋頂之屋面承載能力應 \geq 300 公斤/平方公尺。
- E、各類型植栽每平方公尺平均承載參考值如下：草皮約 20 公斤、草花約 40 公斤、灌木約 60 公斤、小喬木（高度 3 公尺）約 50 公斤/每株，依樹種而有差異。

2、整體設計注意事項

- (1) 隔熱層非必要結構，可依設計需求設置。
- (2) 綠屋頂是被設計用來截留存取直接落至屋頂表面的降雨，而非被設計來接收從其他源區導來的逕流。
- (3) 若屋頂開放給大眾使用，亦應注意邊緣安全性。
- (4) 若植栽不是以護牆為界，通常會使用角型鋁裝置或空心磚在過濾層及排保水層上方做為邊界，配合土壤深度提供對土壤傾倒的抵抗力。
- (5) 綠屋頂可在高達 40 度斜率的屋頂上安裝，5~20 度最合適，可利用重力排水。屋頂坡度大於 10 度的工程須進行邊坡穩定性分析，大於 20 度則需要結構增強系統和其他組件以保持生長介質和排水設施固定，如圖 6-8 所示。另外可能需要額外的侵蝕控制措施，以使排水層穩定。惟坡度越大，保水能力會受重力影響而下降。

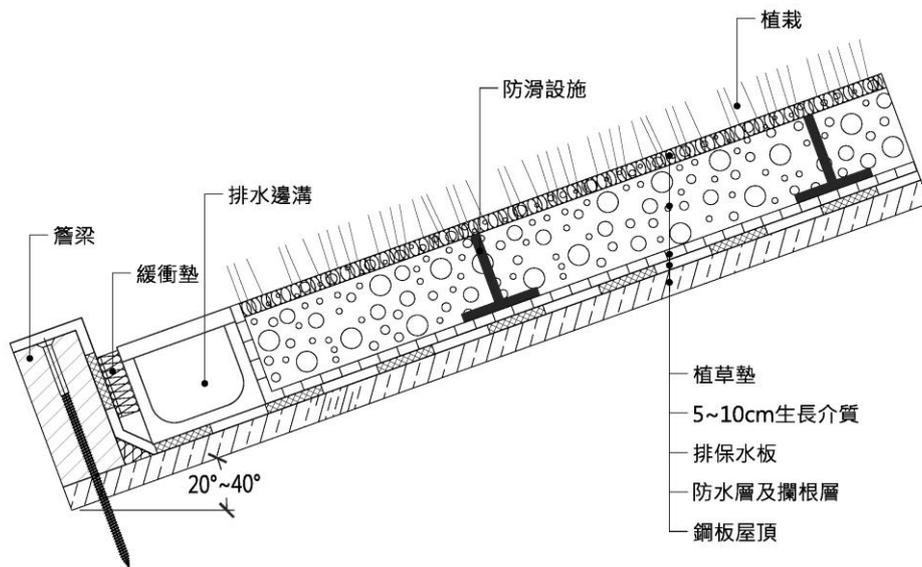


圖6-8 斜屋頂綠化結構示意圖

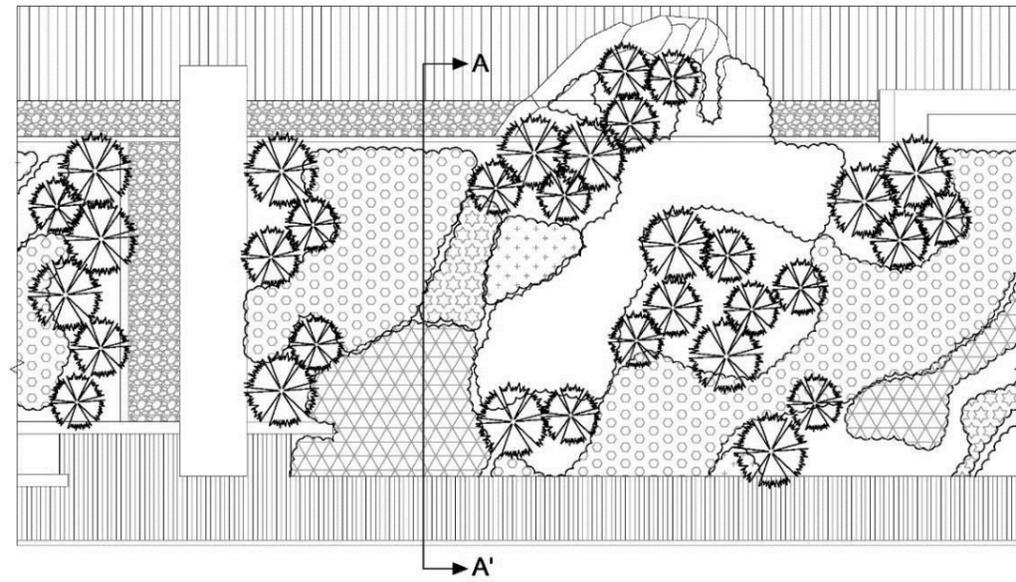
- (6) 屋頂坡度較為平坦者（小於 2%），排水路應較深，避免積水。
- (7) 排保水層和生長介質的空隙空間提供主要貯水體積，可依此計算逕流削減量。
- (8) 精養型綠屋頂可依生長介質設置滴灌或噴灌系統，若灌溉系統使用暗管，應有清潔口以方便檢查維護避免阻塞。表面灌溉系統會促進粗放型綠屋頂中土壤乾燥層的雜草生長及根部發育，並提升植物對灌溉的依賴性，故地下式灌溉是較好的選擇。

3、施工注意事項

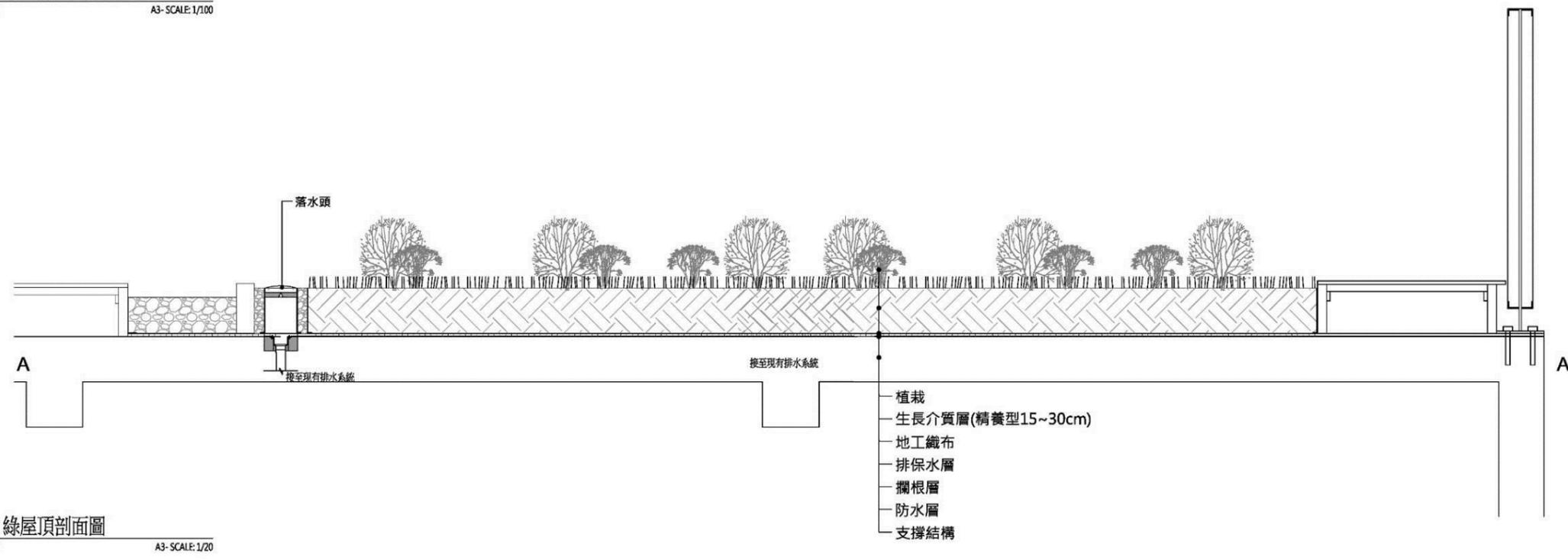
國內目前並無綠屋頂相關施工規範，經參考國外相關技術手冊及國內現有綠屋頂施工情形，相關注意事項如下（參閱圖 6-9）：

- (1) 綠屋頂施工工法可大略區分為 2 種：

A、排保水板型（連續式）：其直接在屋頂上建置，提供適合植物的生長環境。一般利用具有凹槽可貯雨水的塑膠排保水板，平鋪在已做防水之屋頂表面，板上鋪 1~2 層不織布，其上再填入生長介質並種植栽，操作區四周可以木板或空心磚圍邊防介質流出並定型。此類型因可鋪設範圍較廣，適用於種植多種植物或排列圖形、色彩豐富之綠屋頂。



A 綠屋頂平面配置圖
A3-SCALE: 1/100



B 綠屋頂剖面圖
A3-SCALE: 1/20

圖6-9 精養型綠屋頂基本設計圖

B、盆鉢模組型（組合式）：為擁有獨立單元之模組，模組中包括排水層、生長介質、植栽等綠屋頂獨立結構，一般以四方形塑膠盆鉢為主體，其底部2~3公分具有可貯水空間，上層則為介質與植栽，此類型優點為方便移動，但較難造型，且相對深度較淺5~20公分。

(2) 排保水層必須與排水系統連通，保證排水暢通。排保水板間應緊密搭接。採用陶石作排水層時，應平整且厚度一致。

(3) 攔根層在生長介質層下，防水層之上，搭接縫的有效寬度應達10~20公分，並向建築側牆面延伸至介質表層下方5公分處。

(4) 防水層施工注意事項

A、屋頂與女兒牆之間交界處，應以水泥塗抹成圓弧狀、落水頭水管接縫處必須塗抹完善。花台及屋面設施之立面防水層應高出生長介質層15公分。

B、不同材質防水層重疊銜接時，其重疊鋪設寬度應超過30公分。

C、嚴禁在雨天施工。

D、綠屋頂防水層完工後，必須進行閉水檢測實驗。以2.5公分水深做閉水測試，閉水時間必須大於48小時，確定防水層能提供水密性。

(5) 種植高於2公尺的喬、灌木需採取防風固定技術，主要包括地上支撐法和地下固定法。

(三) 基本設計圖

精養型綠屋頂基本設計如圖6-9所示。

(四) 建置成本分析

粗放型綠屋頂及精養型綠屋頂的成本分析如表6-6與表6-7所示。

表6-6 粗放型綠屋頂成本分析表

工料名稱	單位	數量	單價 (元)	複價 (元)
防水毯	m ²	1.00	1,000	1,000
斷根毯	m ²	1.00	600	600
排保水板	m ²	1.00	500	500
土工織布 (TH=2mm)	m ²	1.00	25	25
輕質土 (TH=10cm)	m ³	0.10	7,000	700
植栽 (地被)	m ²	1.00	160	160
技術工	工	0.25	1,500	375
零星工料及損耗	式	1.00	10	10
總價 (元/m ²)				3,370

註：植栽成本可能依設計有所不同。

表6-7 精養型綠屋頂成本分析表

工料名稱	單位	數量	單價 (元)	複價 (元)
防水毯	m ²	1.00	1,000	1,000
斷根毯	m ²	1.00	600	600
排水板	m ²	1.00	500	500
土工織布 (TH=2mm)	m ²	1.00	25	25
輕質土 (TH=50cm)	m ³	0.50	7,000	3,500
植栽 (地被)	m ²	1.00	160	160
植栽 (草花)	m ²	0.60	900	540
植栽 (灌木)	株	5.00	210	1,050
滴灌系統	m ²	1.00	650	650
技術工	工	0.25	1,500	375
零星工料及損耗	式	1.00	10	10
總價 (元/m ²)				8,410

註：植栽成本可能依設計有所不同。

(五) 生命週期

以歐美國家的經驗而言，維護管理良好之的綠屋頂，其使用壽命可達 15~20 年。

(六) 維護項目、週期與成本

1、維護項目與週期

(1) 灌溉

A、綠屋頂完成第 1 年，如果沒有足夠的降雨時，需要定期灌溉，之後在非乾旱時期可依據狀況減少灌溉量。

- B、粗放型綠屋頂只有在維持植物生存所需時才進行灌溉。當必須進行灌溉時（例：栽種初期和乾旱時期），應讓生長介質完全飽和。
- C、應根據氣候條件進行灌溉。夏季一般要在清晨或傍晚澆水，冬季一般在中午澆水。

(2) 植被管理

- A、嚴格控制植栽高度、疏密度，保持適宜根冠比及水分養分平衡，保證屋頂綠化的安全性。
- B、綠屋頂完成後，前 2 年的除草特別重要，應盡速清除雜草，至少每季 1 次；而後每年進行除草 1 次。項目包括：
 - (A) 清除喬木與灌木的自生植物幼苗，避免屋頂載重增加以及木本植物根系損害防水層。
 - (B) 植物殘骸應定期清除，保持排水系統暢通。
- C、定期清除入侵的植物，以避免種植的品種被排除。除草和檢查週期應與重要園藝週期一致。
- D、盡量手動除草而不使用除草劑。
- E、生長基質層應保持 90% 以上的植被覆蓋率。
- F、定期修剪與分枝，確保整體生長空間的密度。
- G、定期檢查植物健康狀況及進行病蟲害維護。

(3) 施肥

- A、施加於生長介質層的肥料，每平方公尺不應高於 5 克的營養物。
- B、粗放型栽種完成後之施肥量不宜過高，可使用封裝的有機容器緩慢釋放肥料，避免水體營養素負荷過高。
- C、精養型通常比粗放型更需要施肥，應依照製造商及安裝人員的建議。
- D、精養型每年 2 次定期施肥，粗放型則為每年 1 次。
- E、每年 1 次施肥時，確認生長過程中所需之可溶性含氮量。

(4) 設施檢查維護

A、粗放型每年至少檢查 2 次全部組件，精養型每年至少 4 次。檢查時間應安排與維護操作及重要園藝週期重合（例如：在雜草播種期前）。檢查項目包括：

(A) 定期檢查屋頂排水系統的通暢情況，並及時清理枯枝落葉，防止排水口堵塞。

(B) 接面、牆壁及屋頂是否因損壞造成滲漏。

(C) 過強的降雨會破壞生長介質層的穩固，須定期對新設的生長介質層進行補強。

B、樹木固定措施和周邊護欄應經常檢查，防止脫落。

C、建議使用電子滲漏偵測。安裝後的起初幾個月內，應特別留意滲漏偵測。

D、每季檢查生長介質是否有必要更換，除非有特殊情況，應使用原設計。替換或調整生長介質時須注意滿足負載限制、排水要求及利於植物生長之需求。

E、該設施所有者或維護承包商應保持維護紀錄。

2、維護成本

(1) 前 2 年應至少每季修剪及清除雜草 1 次，而後應每年進行 1 次，每次 5,000~6,000 元。

(2) 每 5~8 年更換滴灌系統馬達，每次 10,000 元。

三、生態滯留單元

(一) 設施單元訂定

1、設施說明

生態滯留單元 (bioretention cell)，為具美化景觀功能的現地暴雨逕流處理系統，使用經過設計的混和土壤及適合當地氣候的植物所完成的造景淺窪地，能夠接收小區域的雨水逕流，並且透過滲透、貯留、過濾以延遲雨水逕流，通常在區域中分散及小規模設置，具整體

景觀美化效果。生態滯留單元和雨水花園 (rain garden) 經常互用，但有些地區將生態滯留單元定義為需要施作水質處理和流量控制的工程設施，包括：設計的混合土壤、下水道和控制結構，而雨水花園則僅是簡單的翻修，土壤結構之限制較少，且通常沒有銜接下水道或其他控制結構。

生態滯留單元之設計相當多元，依據設置的位置會呈現不同之型式，包含：停車場中景觀安全島、分隔設施、公共道路用地景觀設施、道路中央分隔島或圓環、建築物透水區景觀設施、加長型樹坑、路緣擴展設施等，如表 6-8 所示。

2、適用性

生態滯留單元一般以小規模方式設置於高度都市化區域內，被設計為建築物旁邊或街景內的雨水管理改造設施，施作區域包含如前述之公共道路用地、停車場、私人庭院、公共開放空間（如公園或廣場）、人行道及中央分隔島等。通常不建議將生態滯留單元設置於有廣大透水區域的低密度建成區。

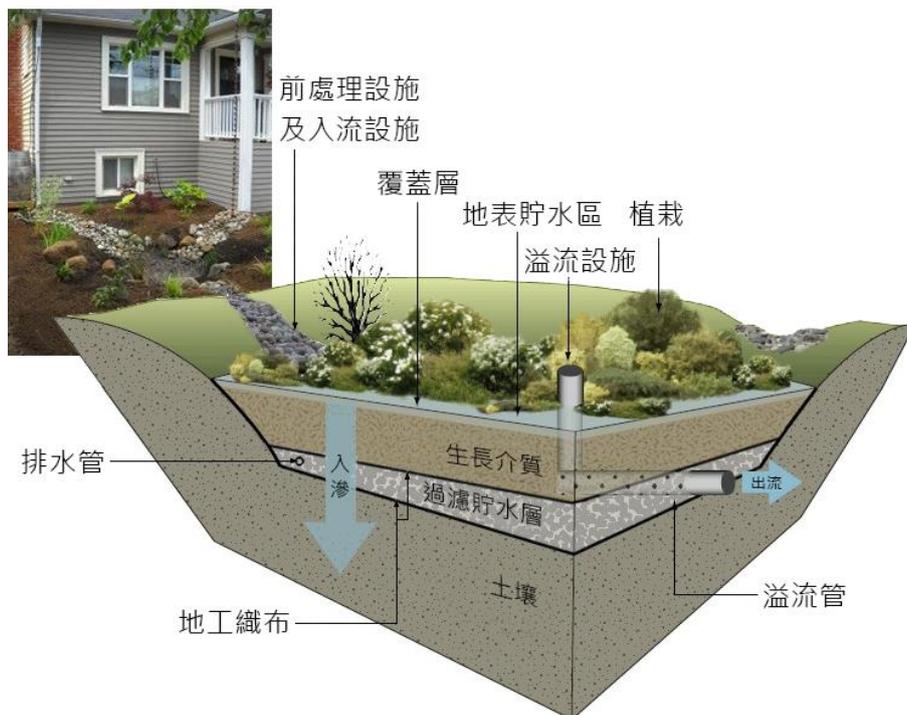


圖6-10 生態滯留單元設計圖

表6-8 生態滯留單元利用型式一覽表

型式	說明	圖片
停車場中景觀安全島及分隔設施	停車場之景觀安全島及分隔設施設置生態滯留單元，可以同時提高停車場的美感和處理地表逕流，其可藉由整地將雨水逕流呈片狀導引流向景觀安全島及分隔設施，並透過無路緣的邊緣或路緣切口集水。(來源：CWP)	
公共道路用地景觀設施	公共道路用地的景觀設計可以施作生態滯留單元以處理路面逕流，其可直接接收來自道路的片狀水流，或者透過草渠或管涵傳輸，惟適用於交通流量較小之街道，以臺灣都市發展現況來說較不適用。(來源：Seattle Public Utilities)	
中央分隔島或道路圓環	道路的坡面可設計成朝向中心的中央分隔島或圓形安全島傾斜，前者需使用路緣切口集水，後者除緣切口集水外，亦可使用無路緣的邊緣集水。(來源：CWP)	
建築物透水區景觀設施	建築物周圍透水區的景觀設施，可利用生態滯留單元成為多功能滯蓄洪空間，將屋頂、人行道和建築物周圍等其他不透水區域之雨水逕流收集至此處理及短期蓄存。(來源：CWP)	
加長型樹坑	一般設置在人行道區域，就國內目道路型態而言最為適用，道路雨水逕流可透過路緣切口或排水溝導引至加長型樹坑。若栽種大型喬木，則需要較大的土壤量體。	
路緣擴展設施	與加長型樹坑類似，安裝於公共道路用地內，惟路緣擴展設施之目的通常是為降低車速和路邊停車控制，其將混凝土之處改為低窪生態滯留單元。	

(二) 設計原則建立

1、組成結構設計原則

典型的生態滯留單元主要結構包括：入流設施、前處理設施、地表貯水區、溢流設施、生長介質、過濾貯水層、排水管、覆蓋層及植栽，如圖 6-10 所示。分別說明如下：

(1) 入流設施 (inflow facilities)

功能：蒐集雨水逕流

型式：生態滯留單元有 3 種主要入流方式：

A、無路緣式(照片 6-14)：

逕流以分散的低流速片流方式進入生態滯留單元。適用於無路緣需求之空間，如公共道路用地景觀設施或建築物透水區景觀設施。



B、路緣切口式 (照片 6-15)：

利用路緣設置切口作為逕流入流口，適用類型包含停車場中景觀安全島及分隔設施、道路中央分隔島或圓環、人行道及路緣擴展設施等。路緣切口處應裝置消能及防蝕鋪墊，可採粒徑較小之卵石，一般切緣寬度約為 30~45 公分，流入口應



低於緣坡 5~8 公分。

- C、排水溝渠式（照片 6-16）：通常於生態滯留單元未緊鄰集水區域時使用，如人行道常用之加長型樹坑。由於排水溝渠寬度較窄易堵塞，因此維護管理時應特別注意，而溝渠出入口應有防沖蝕及消能設施。

設計注意事項：

- A、設計方式取決於地形、水體進入生態滯留單元之流速，以及鄰近土地利用型態和場地限制。
- B、進入生態滯留單元的流速應小於每秒 0.3 公尺，以減少沖蝕可能性。

(2) 前處理設施（pre-treatment facilities）

功能：設置於入流設施出口處，主要為減少生態滯留單元中的沉積物及減緩表土沖刷。

型式：生態滯留單元之前處理設施有 2 種主要型式：

- A、集水池式：適用於入流含砂量較高地區，可供水流消能及泥砂先行沉澱。
- B、開放式：採底部鋪設 5~10 公分卵石供水流消能之用。

(3) 地表貯水區（water storage zone）

功能：提供地表雨水貯存及沉澱。

設計尺寸：最大貯水深度建議不超過 30 公分。

- A、貯水區深度設計應考慮滲透能力、排乾速率及栽種物種之耐濕條件。
- B、生態滯留單元之蓄水排乾時間應不超過 8~12 小時。
- C、土壤必須周期性乾燥化以維持充足的含氧量，提供植物健康生存環境，並進行生物分解及污染沉澱。

(4) 溢流設施（overflow facilities）

功能：溢流設施之功能為排除多餘之水量而不使逕流漫溢。

型式：一般有垂直豎管與溢流堰 2 種型式。

- A、設置於生態滯留單元內之垂直豎管（見圖 6-11），溢流之水量會經由排水暗渠進入道路排水系統。
- B、於生態滯留單元臨道路側溝側設計溢流堰式路緣切口，水量經由該處溢流後，進入側溝。

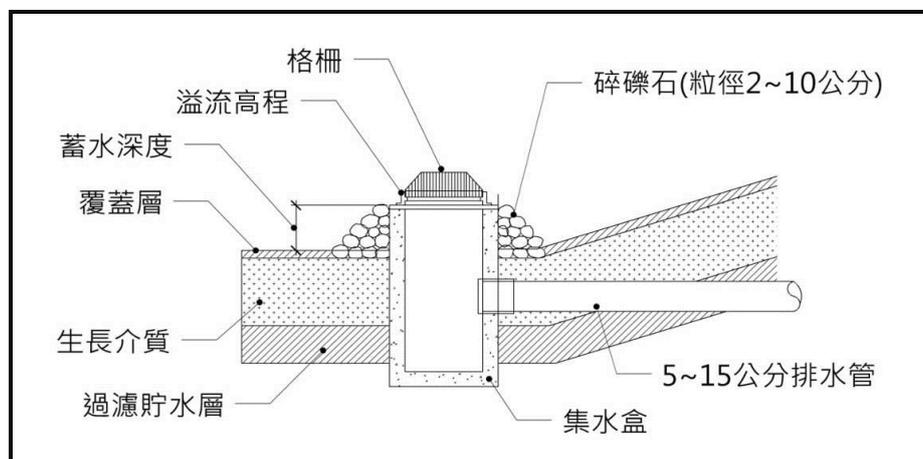


圖6-11 溢流設施結構示意圖

設計注意事項：

- A、溢流設施結構設計必須能有效排除設計流量。
- B、溢流高程應至少有 15 公分。

(5) 生長介質 (growth media)

功能：生態滯留單元的土壤介質為植物之生長基底，並需兼顧滲透速率及水質處理。生長介質除需維持足夠滲透率，以有效排除地表貯水區之蓄水量，亦應避免入滲率過高，無法兼顧污染物去除能力，且水分及養分若流失過快，將不利植栽生長。

選用材料：生長介質之組成有許多方式，可滿足上述要求者均可，建議如下：

表6-9 粗砂級配參考表

篩號	通過百分比 (%)
19.0mm (3/4")	100
4.75mm (No.4)	60~100
300µm (No.50)	10~30
150µm (No.100)	0~10
75µm (No.200)	0~3

A、60~70%的粗砂及 30~40%的沃土（泥碳土、壤土、蛭石及有機物組成）。

B、粗砂級配可參考表 6-9 或符合 ASTM C-33 之級配。

設計厚度：若僅種植灌木類，生長介質層厚度建議 45~60 公分；若要種植喬木類，生長介質層厚度約 90~120 公分。

設計注意事項：

A、生長介質之成分組成，應含有 4~8%的有機物。

B、生長介質的滲透率初始值不宜大於 30 公分/小時，終端滲透率則不宜低於 2.5 公分/小時。

(6) 過濾貯水層 (filter gravel course)

功能：可過濾雜質並防止排水管堵塞。

設計厚度：建議 15~30 公分。

選用材料：

A、建議可採第公共工程委員會第 02726 章 V5.0 之級配粒料底層施工規範規範中，第三類型底層級配粒料之 B 型級配，或採用表 6-9 之粗砂級配。

B、若欲提高過濾層貯水能力，則可採粒徑約 50 毫米之碎石。

設計注意事項：粒料應為乾淨的水洗石，避免表面附著之泥土經雨水沖刷後造成孔隙堵塞及水質污染。

(7) 土工織布 (geotextile)

功能：土工織布之功能包括排除水份、過濾、加勁及防止土料流失、級配不均勻沉陷與分離兩種不同的土層。當較細顆粒土壤覆蓋在較粗顆粒粒料層上時，其可防止空隙因土壤顆粒下移所造成的堵塞；而較粗顆粒粒料層覆蓋在較細粒的原生土壤上時，則可防止粗顆粒粒料下移進入底層土壤所造成的滑塌，使各土層保持穩定性，達穩固設施目的。生態滯留單元之土工織布設置於生長介質與

過濾貯水層間，以及過濾貯水層與路基間。

材料規定：土工織布應符合公共工程委員會第 02342 章土工織物之規定。

設計注意事項：因織造薄膜和非織造熱融土工織布易造成堵塞，故不宜採用，應採用非織造針刺或單絲織造土工織布。

(8) 排水管 (underdrain)

功能：排水管為多孔設計的管渠，因過濾貯水層下方即為路基，而一般路基土壤入滲速度遠低於上方生長介質層之入滲速度，故排水管係裝置於過濾貯水層，確保在一定時間內可有效將貯水區的下滲貯留水量導引至排水系統，以維持生態滯留單元之入滲及貯水能力，避免設施僅能由路基入滲及蒸發散排除貯留水量，難以在降雨場次較為密集發揮貯留功能。

材料規定：需為多孔排水管。

設計尺寸：本計畫參考美國科羅拉多州丹佛地區都市暴雨管理技術手冊 (USDCM, 2011) 之建議，多孔排水管設計尺寸採 5~15 公分。

設計注意事項：

- A、排水管開孔應小於級配底基層之粒徑，防止骨材流失或排水管堵塞。
- B、排水管安裝坡度最少應有 0.5%。
- C、排水管每隔 75~90 公尺設置 15 公分的硬質無孔觀測管或連接維修通道，以提供清理出口，以及作為觀測井以監測降水率。

(9) 覆蓋層 (mulch layer)

功能：覆蓋層又稱為護根層，可減少雜草生長（特別是在植栽建立期間）、調節土壤溫度和水分並減少表面沖蝕。

選用材料：

- A、植栽用切碎或破裂的硬木屑、雜草種子或其他非樹幹或分枝的木頭和樹皮的材料。
- B、礫石。

設計注意事項：

- A、植栽用碎木屑主要鋪設於蓄水高度以上的側坡區域邊緣。
- B、在流速較高的生態滯留單元內，覆蓋物可採用礫石，兼顧消能與保護底層。一般採 2.5~4 公分的圓礫石。
- C、覆蓋層厚度最多 5~7.5 公分。太厚會抑制土壤和大氣之間適當的氧氣和二氧化碳循環。
- D、覆蓋物不應選用草屑或純樹皮。草屑分解是氮的來源，因此不推薦用於覆蓋物在生態滯留區；樹皮基本上是無菌的，會抑制植栽建立。

(10) 植栽 (vegetation / plant)

功能：美化景觀及水質淨化。

植物選擇條件：本計畫生態滯留單元之植栽種類以小喬、灌木及草本植物為主，說明如下：

- A、土壤水分條件：由於生態滯留單元之土壤水分狀況在設施內會從飽和（單元底部）到相對乾燥（單元邊緣），或是降雨貯水與陽光曝曬，故植物需為能適應乾濕交替的物種，如翠蘆荊、射干等。
- B、植物根系：植物的大小和抗風性應把周圍建物狀況一同考慮進去，如果臨近有地下設施，應挑選植物之根系深度不會破壞地下設施。開縫或穿孔管應距離樹根超過 1.5 公尺以上（如果空間允許）。
- C、污染物負荷：能涵容初期地表逕流之污染物。
- D、種植生長旺盛及快速的品種。
- E、採複合型植栽以防止因單一品種而失敗及兼顧生態多樣性。

F、小型植栽開始的灌溉需水量及移植時受到的衝擊均較少，較快適應現場，移植成功率大於大型植栽，且較便宜。

G、大型喬木容易破壞設施結構，不建議採用。

設計注意事項：

A、佈置及選擇植物時，應以最大尺寸考量與鄰近地區的距離。

B、應考量設施的基礎結構需能夠目視檢查及方便操作。

C、灌木應考慮成熟時的大小和位置，防止過度的遮蔭，確保生態滯留區底部植物的生長不受影響。

D、木本植物會集中或限制水流，使根部周圍受到侵蝕而壞死，不應直接設置於入流設施之流路上。

2、整體設計注意事項

(1) 集水面積：生態滯留單元通常應用於小區域（2 公頃以下）。

(2) 邊坡斜率：邊坡斜率（H：V）建議不大於 3：1。

(3) 底部寬度：最小為 0.3 公尺，以不小於 0.6 公尺為宜。

(4) 設計坡度：生態滯留單元適用於緩坡（5% 以下），但仍需足夠的坡度以確保雨水之收集。當其受現況地形限制，設計坡度大於 5%，則需考量配合設置小型攔水消能設施（照片 6-17），以降



低流速和防止沖蝕。一般可採用石塊堆砌。

(5) 密集的地被可提高土壤結構性，並在大雨事件時增加土壤介質層結構穩定性，抑制雜草生長及提升美觀，建議在沒有高度重金屬污染的地方使用地被覆蓋。

(6) 應至少有 30 公分的肩緣介於路緣及生態滯留單元設施邊緣間，以平齊路緣。

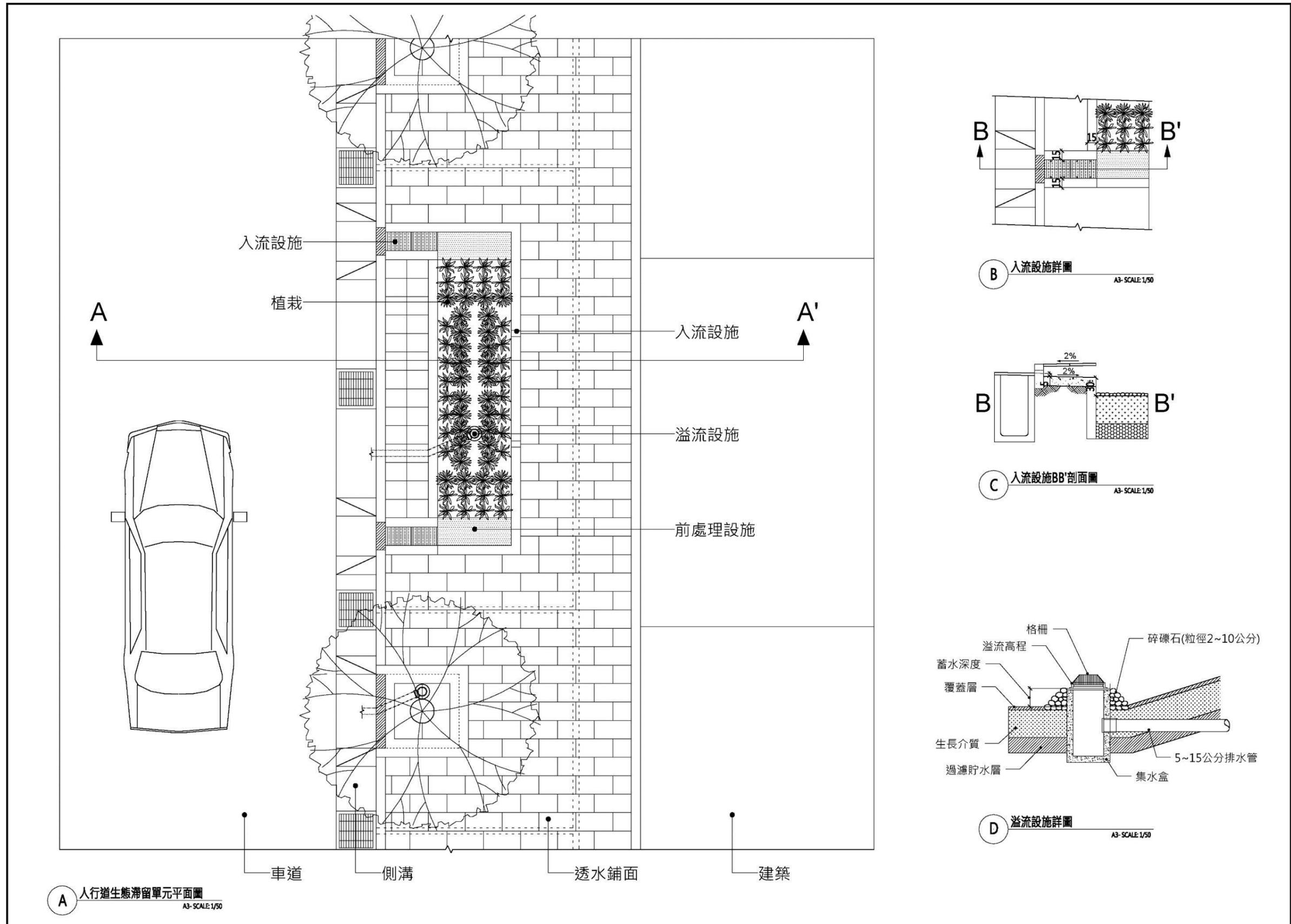


圖6-12 加長型樹坑生態滯留單元平面圖

6-46

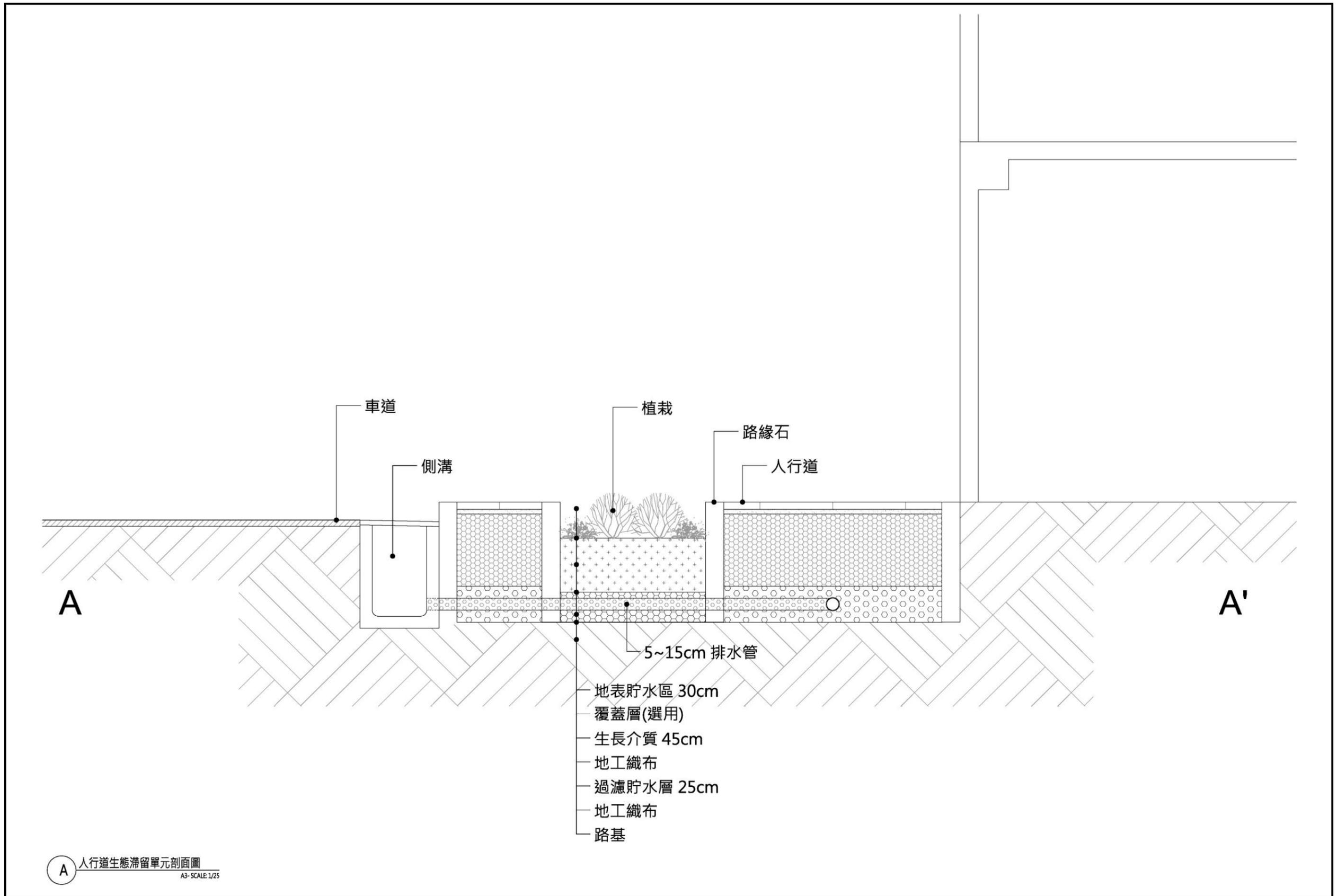


圖6-13 加長型樹坑生態滯留單元剖面圖

6-47

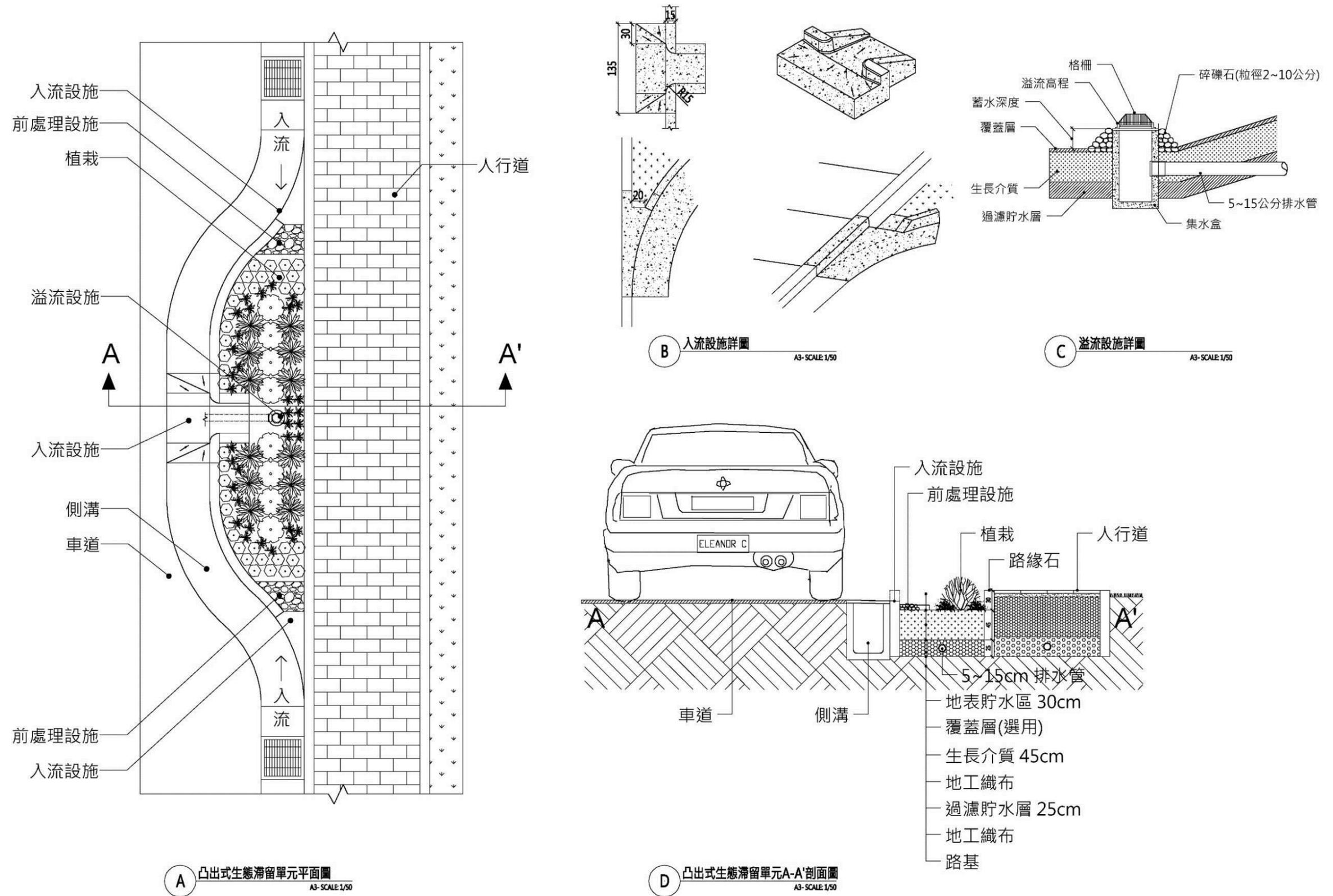
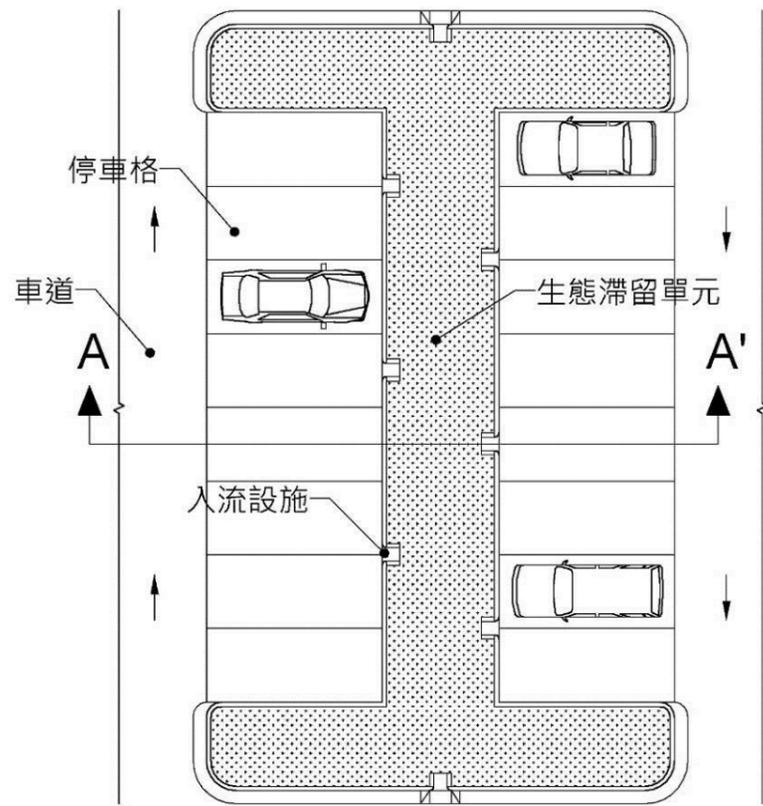
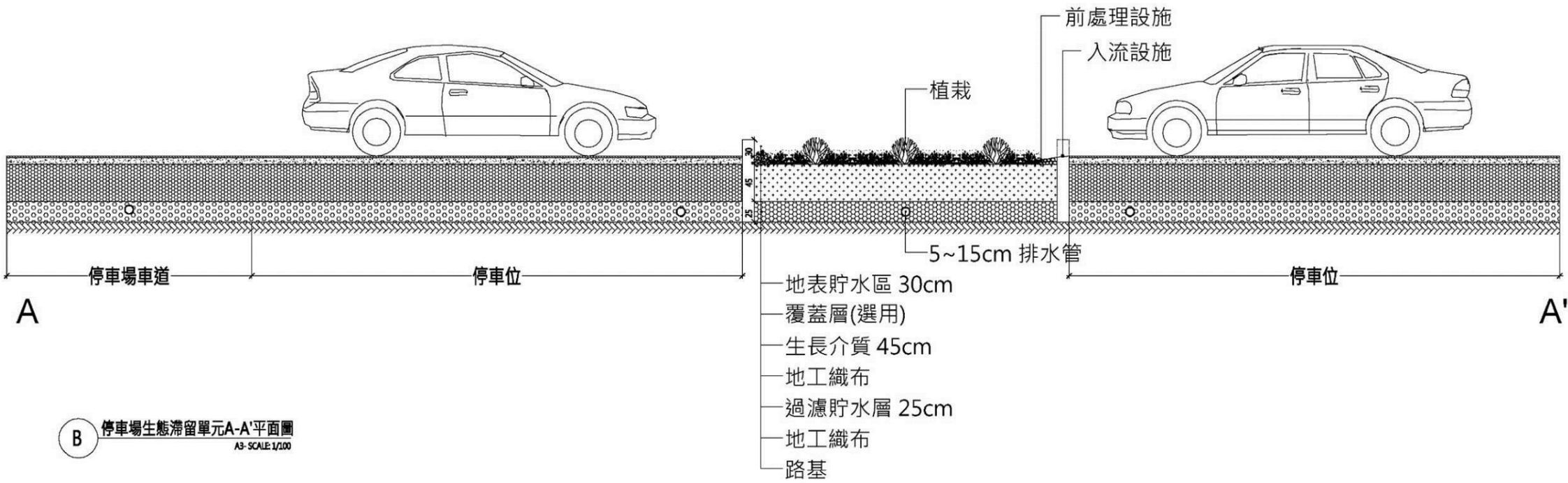


圖6-14 路緣擴展型生態滯留單元平面及剖面圖



A 停車場生態滯留單元平面圖
A3- SCALE: 1/200



B 停車場生態滯留單元A-A'剖面圖
A3- SCALE: 1/100

圖6-15 分隔設施型生態滯留單元平面及剖面圖

3、施工注意事項

- (1) 若生態滯留單元的植栽工作延遲(如：生長介質在夏季鋪設，植物直到秋季才進行栽種)，應立即放置覆蓋物，防止雜草生長。
- (2) 生態滯留單元設施用以平齊路緣之肩緣，其夯實率應到達普羅克特試驗 90%的標準。
- (3) 運送植物時，所有的植物都應被標記，以資識別。

(三) 基本設計圖

1、加長型樹坑

加長型樹坑生態滯留單元一般設置於人行道，其平面及剖面標準斷面如圖 6-12 及圖 6-13 所示，其藉由人行道側之入流切口及道路側之格柵溝渠蒐集雨水逕流進入地表貯水區。

2、路緣擴展型

路緣擴展型生態滯留單元屬人行道擴展於道路區域內，其平面及剖面標準斷面如圖 6-14 所示，雨水逕流直接經由路緣切口進入地表貯水區，設施目的可兼顧降低車速和路邊停車控制。

3、分隔設施型

分隔設施型生態滯留單元一般設置於停車場，其平面及剖面標準斷面如圖 6-15 所示，雨水逕流直接經由切口或採漫地流方式進入地表貯水區。

(四) 建置成本分析

生態滯留單元之成本分析如表 6-10 與表 6-11 所示。

(五) 生命週期

如果設計和維護適當，生態滯留單元約 25 年方需進行 1 次大規模修復，修復內容包括更換土壤介質、過濾貯水層、排水管、覆蓋層及植物補植。

表6-10 生態滯留單元（薄）成本分析表

工料名稱	單位	數量	單價（元）	複價（元）
210kg/cm ² 混凝土	m ³	0.30	2,700	810
土工織布（TH=2mm）	m ²	1.00	25	25
過濾貯水層，碎石級配（TH=15cm）	m ³	0.25	900	225
HDPE 透水管（ ϕ 10cm）	m	1.00	500	500
土工織布（TH=2mm）	m ²	1.00	25	25
生長介質（TH=45cm）	m ³	0.45	3,500	1,575
翠蘆莉（H \geq 30，W \geq 20）	株	8.00	105	840
射干（H \geq 20，W \geq 10）	株	8.00	127	1,016
技術工	工	0.40	2,500	1,000
零星工料及損耗	式	1.00	10	10
總價（元/m ² ）				6,026

註：設施成本可能依植栽及尺寸設計有所不同。

表6-11 生態滯留單元（厚）成本分析表

工料名稱	單位	數量	單價（元）	複價（元）
210kg/cm ² 混凝土	m ³	0.36	2,700	972
土工織布（TH=2mm）	m ²	1.00	25	25
過濾貯水層，碎石級配（TH=30cm）	m ³	0.30	900	270
HDPE 透水管（ ϕ 10cm）	m	1.00	500	500
土工織布（TH=2mm）	m ²	1.00	25	25
生長介質（TH=60cm）	m ³	0.60	3,500	2,100
翠蘆莉（H \geq 30，W \geq 20）	株	8.00	105	840
射干（H \geq 20，W \geq 10）	株	8.00	127	1,016
技術工	工	0.40	2,500	1,000
零星工料及損耗	式	1.00	10	10
總價（元/m ² ）				6,758

註：設施成本可能依植栽及尺寸設計有所不同。

（六）維護項目、週期與成本

1、維護項目與週期

生態滯留單元需要週期性的針對植栽、生長介質和覆蓋層進行維護，以確保最佳滲透、貯水和去除污染物的能力。設施完成前3年期間需提供較為頻繁與適時的維護，可確保提高成功率。生態滯留單元的維護包括典型的景觀維護程序，說明如下：

- （1）澆水：一般應盡量選擇耐旱植物，僅在長期乾早期間才需澆水。
- （2）沖蝕控制：每年檢查1次設施沖蝕情形，如果發生沖蝕，應檢查

流量入口、積水區，和表面定期溢流區域，更換生長介質、植物材料和覆蓋層的部分。當出現沖蝕情形，應重新評估以下事項：

- A、來自周圍小集水區之流量體積和生態滯留池的大小。
 - B、池內的流速和坡度。
 - C、在前處理區域和入流設施出口的消能方式。
- (3) 沉積物清除：每年檢查 1 次沉積物狀況，如沉積物造成蓄水容量減少，應立即確認周圍集水區域水流來源、穩定性，以及移除表面多餘的沉積物，確認流路順暢。
- (4) 植物：約每 3 個月進行 1 次修剪。1 年評估 2 次植物健康狀況，並視需要進行治療，有必要時更換生病及死亡植物，如果特定植物有很高的死亡率，應評估原因並更換合適品種。
- (5) 除草：應定期清除入侵植物，安排除草與調查時間應與園藝週期一致，應採人工除草，而非除草劑。如選擇的植栽生長良好且可排除雜草，應降低除草頻率。
- (6) 營養物和農藥：生態滯留單元不應投入營養物與農藥，它會降低生態滯留區域的污染物處理能力以及水體所能負荷的污染物。
- (7) 覆蓋層：生態滯留單元若有重金屬沉積，應每年更換覆蓋層（例如：集水區中含有加油站、高交通量道路）。而住宅區的污染較不嚴重，故覆蓋層僅需 3~5 年更換 1 次。
- (8) 半年 1 次檢查排水管阻塞狀況及驗證排水時間。
- (9) 保留所有視察及維護活動紀錄。

2、維護成本

生態滯留單元之檢查維護，依據上述之週期實施檢查、移除沉積物、灌木地被修剪及清除雜草。每 100 平方公尺約 1,000~1,200 元。

四、樹箱過濾設施

(一) 設施單元訂定

1、設施說明

樹箱過濾設施 (box tree filter) 為 1 個箱型生態滯留單元 (照片 6-18)，設置於人行道或公共設施，利用路緣入口及樹箱上方格柵蒐集地表逕流，再利用植物與生長介質進行過濾及貯存，最後透過排水管排放至下水道系統或補注地下水。



樹箱過濾設施通常是以混凝土預鑄完成，而箱體底部可以設計為密閉式或開放式，惟需要注意的是，若場址之土壤屬於石灰岩或附近有污染來源，開放式的設計可能會造成地下水污染的問題。

2、適用性

樹箱過濾設施所需面積不大，對於周圍的建築和街道不會產生太大影響，非常適用於都市中現場條件受限的場址，例如：公共設施、停車場及人行道等，主要為處理小集水區的地表或屋頂蒐集之逕流。

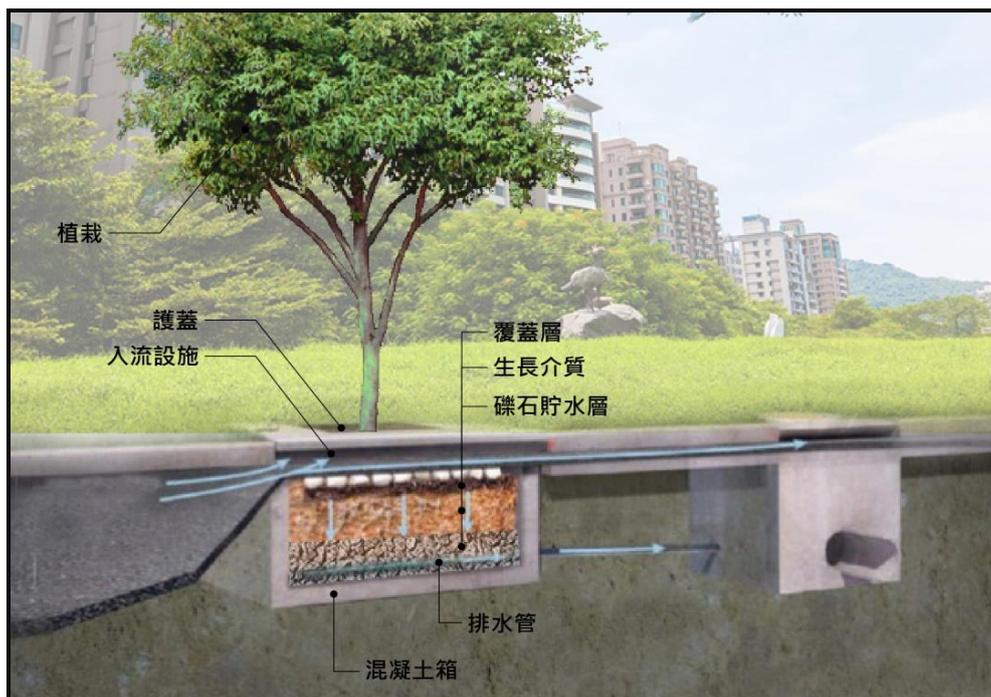


圖6-16 樹箱過濾設施組成結構剖面示意圖

(二) 設計原則建立

1、組成結構設計原則

完整之樹箱過濾設施設計結構包含：入流設施、前處理設施、表層貯水區、溢流設施、生長介質、過濾貯水層、排水管、覆蓋層、植栽、柵欄護蓋及混凝土箱，如圖 6-16 所示。經參考相關技術設計手冊及規範，各層設計原則說明如下：

(1) 預鑄混凝土箱 (pre-cast concrete box)

功能：避免污染地下水及確保貯水空間。

材料選用：混凝土。

設計尺寸：樹箱之預鑄混凝土箱體有方形及圓形兩種，又以方形較為常見，方形箱體尺寸一般不小於 1.2 公尺×1.2 公尺，其僅能種植小型喬木，圓形箱體直徑應至少為 1.5 公尺。

設計注意事項：如有污染地下水之風險或地下水位高之場址，方採此種預鑄混凝土箱封閉式箱體。

(2) 柵欄護蓋 (grate)

功能：覆蓋於混凝土箱體上方，阻擋垃圾進入樹箱過濾設施，同時提供透氣及蒐集地表逕流之功能。

設計尺寸：依箱體而定。

設計注意事項：需符合人行道、建築物無障礙環境設計規定。

(3) 入流設施 (inflow facilities)

功能：於路緣設置入口，利用擴口端部或咽喉狀結構，以類似漏斗的方式導引逕流進入樹箱。

設計尺寸：樹箱過濾設施入流設施之開口尺寸，隨其大小而有不同，並無硬性規定。

設計注意事項：

A、可於樹箱內部入口處利用碎石襯墊作為消能配置。

B、路緣段處應裝設格柵，防止大型垃圾進入，減少生長介質替換頻率。

(4) 溢流設施 (overflow facilities)

功能：樹箱過濾系統通常採用溢流豎管作為出流設施，遭遇瞬間暴雨時，多餘的水量可透過溢流豎管排到下水道系統，避免植物根部浸泡過久。

材料選用：聚氯乙烯 (polyvinyl chloride, PVC)。

設計尺寸：管徑約 10~15 公分。

設計注意事項：

A、溢流豎管入口處應裝有格網，攔截雜物，底部則連接至排水管。

B、溢流豎管入口高度建議在覆蓋層以上約 10 公分，並應高於側溝高度，且低於樹箱入流口高度。

(5) 表層貯水區 (water storage zone)

功能：柵欄護蓋與覆蓋層間的空間，提供地表雨水貯存及沉澱。

設計尺寸：最大貯水深度建議不超過 30 公分。

設計注意事項：

A、貯水區深度設計應考慮滲透能力、排乾速率及栽種物種之耐濕條件。

B、蓄水排乾時間應不超過 8~12 小時。

C、土壤必須周期性乾燥化以維持充足的含氧量，提供植物健康生存環境，並進行生物分解及污染沉澱。

(6) 覆蓋層 (mulch layer)

功能：非必要性組成，但其可初步過濾較大粒徑的污染物，避免阻塞生長介質層、減少雜草生長、調節土壤溫度和水分或減少表面沖蝕。

選用材料：木屑或粒徑 2.5~5 公分的碎石。

設計厚度：覆蓋層厚度最多 5~7.5 公分。太厚會抑制土壤和大氣之間適當的氧氣和二氧化碳循環。

設計注意事項：

A、若採用碎石覆蓋層，碎石底部應鋪設過濾纖維。

B、覆蓋物不應選用草屑或純樹皮。草屑分解是氮的來源，因此不推薦用於覆蓋物在生態滯留區；樹皮基本上是無菌的，會抑制植栽建立。

(7) 生長介質 (growth media)

功能：為植物生長基底，需兼顧滲透速率及水質處理。生長介質除需維持足夠滲透率，以有效排除表層貯水區之蓄水量，亦應避免入滲率過高，無法兼顧污染物去除能力，且水分及養分若流失過快，不利植栽生長。

選用材料：生長介質組成有許多方式，可滿足上述要求者均可，建議如下：

A、60~70%的粗砂及 30~40%的沃土（泥碳土、壤土、蛭石及有機物組成）。

B、粗砂級配可參考表 6-9 或符合 ASTM C-33 之級配。

設計厚度：若僅種植中、大型喬木類，生長介質層厚度建議不低於 150 公分；若要種植小型喬木類，生長介質層厚度建議不低於 90 公分。

設計注意事項：

A、土壤介質之成分組成，應含有 4~8%的有機物。

B、土壤介質的滲透率初始值不宜大於 30 公分/小時，最終滲透率則不宜低於 2.5 公分/小時。

(8) 過濾貯水層 (filter gravel course)

功能：可過濾雜質並防止排水管堵塞。

設計厚度：建議 15~30 公分。

選用材料：

A、建議可採第公共工程委員會第 02726 章 V5.0 之級配粒料底層施工規範規範中，第三類型底層級配粒料之 B 型級配，或採用表 6-9 之粗砂級配。

B、若欲提高過濾層之貯水能力，則可採粒徑約 50 毫米之碎石。

設計注意事項：粒料應為乾淨的水洗石，避免表面附著之泥土經雨水沖刷後造成孔隙堵塞及水質污染。

(9) 土工織布 (geotextile)

功能：土工織布主要功能包括排除水份、過濾、加勁及防止土料流失、級配不均勻沉陷與分離 2 種不同的土層。當較細顆粒土壤覆蓋在較粗顆粒粒料層上時，土工織布可防止空隙因土壤顆粒下移所造成的堵塞；而當較粗顆粒粒料層覆蓋在較細粒的原生土壤上時，土工織布則可防止粗顆粒粒料下移進入底層土壤所造成的滑塌，使各土層保持其穩定性，達穩固設施之目的。樹箱過濾設施之地工織布設置於生長介質與過濾貯水層間；若屬開放式，則過濾貯水層與路基間亦需裝設土工織布。

材料規定：土工織布應符合公共工程委員會第 02342 章土工織物之規定。

設計注意事項：因織造薄膜和非織造熱融土工織布易堵塞，建議採用非織造針刺或單絲織造土工織布。

(10) 排水管 (underdrain)

功能：排水管為多孔設計，確保在一定時間內可有效將貯水區的下滲貯留水量導引至排水系統，維持樹箱過濾設施之入滲及貯水能力，避免設施僅能由路基入滲及蒸發散排

除貯留水量，難以在降雨場次較為密集發揮貯留功能。

材料規定：需為多孔排水管。

設計尺寸：本計畫參考美國科羅拉多州丹佛地區都市暴雨管理技術手冊（USDCM, 2011）之建議，多孔排水管設計尺寸採 5~15 公分。

設計注意事項：

A、排水管開孔應小於級配底基層之粒徑，防止骨材流失或排水管堵塞。

B、排水管安裝坡度最少應有 0.5%。

(11) 植栽 (vegetation /plant)

功能：美化景觀及水質淨化。

植物選擇條件：本計畫樹箱過濾設施植栽種類建議以小型喬木為主，應挑選能夠適應乾濕交替的樹種。大型喬木因容易破壞設施結構，不建議採用。

2、整體設計注意事項

(1) 密集的覆蓋層可提高土壤結構性，並在大雨事件時增加土壤介質層結構穩定性，抑制雜草生長及提升美觀，建議在沒有高度重金屬污染的地方使用覆蓋層覆蓋。

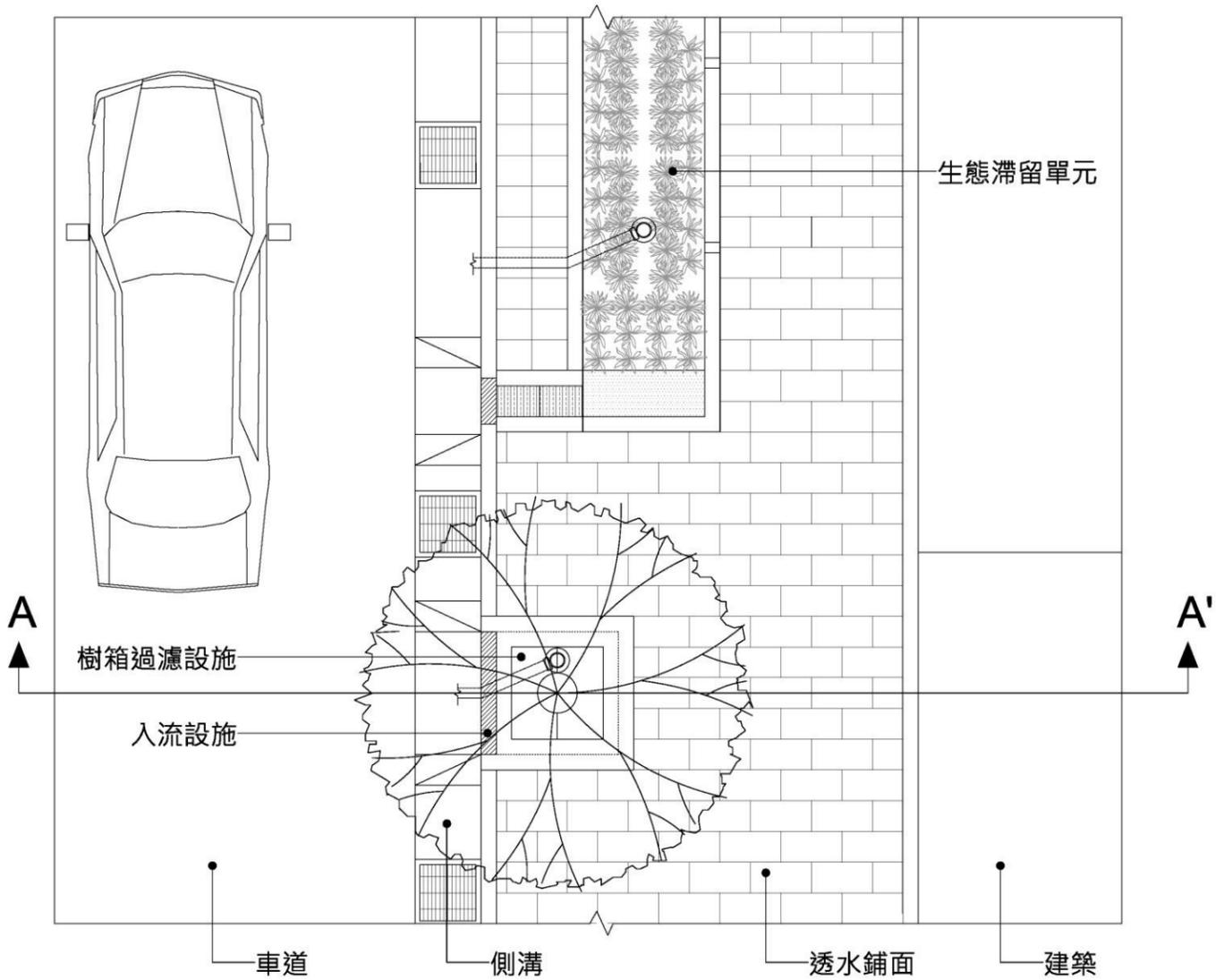
(2) 可設置觀測井及清潔孔，觀測暴雨事件後的排水歷程。

3、施工注意事項

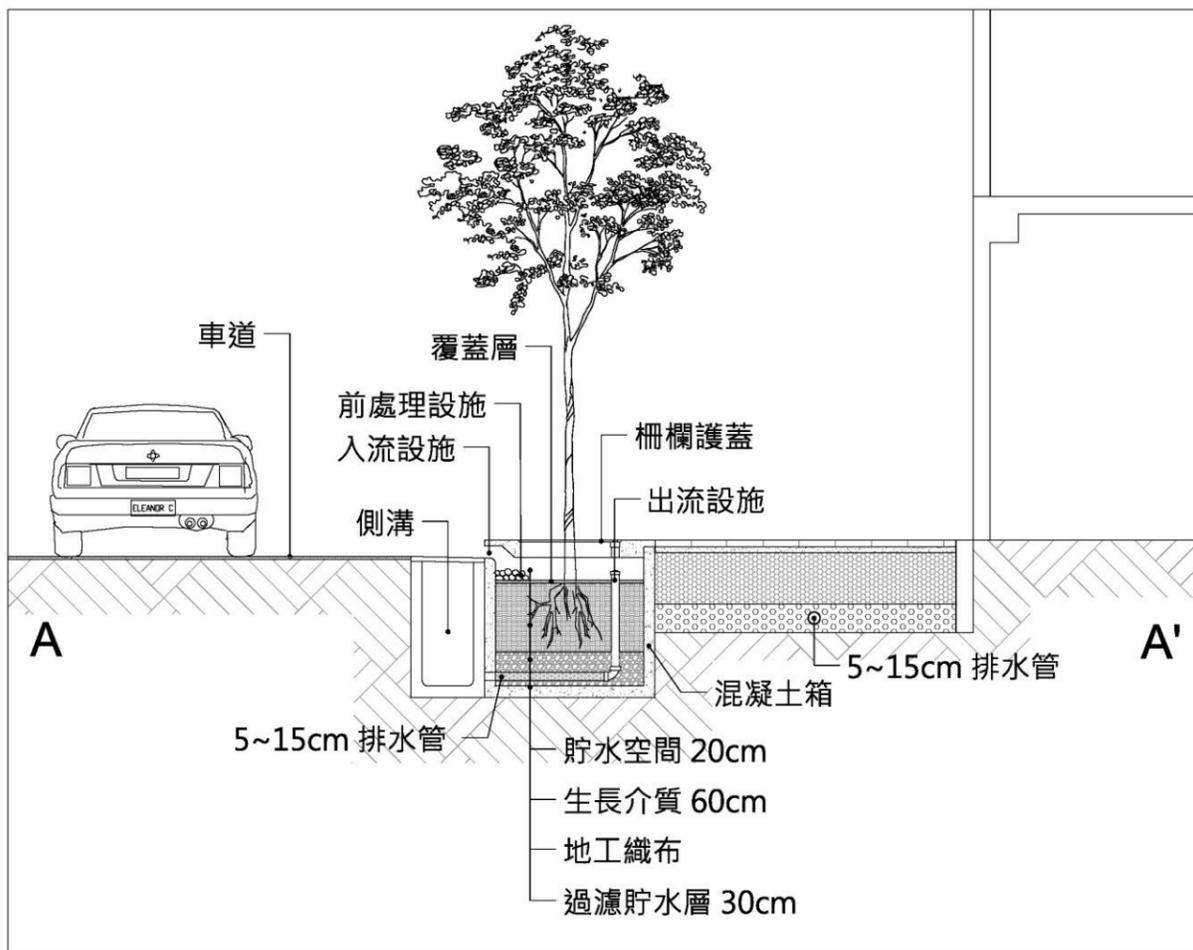
可以設置減速帶或其它措施引導水流進入樹箱過濾設施入口，讓設施使用效率最大化。

(三) 基本設計圖

樹箱過濾設施一般設置於人行道或停車場之分隔島，緊鄰路緣，平面及剖面標準斷面如圖 6-17 所示，其藉由道路側之開口及柵欄護蓋之空隙蒐集雨水逕流。



A 樹箱過濾設施平面配置圖
A3- SCALE: 1/100



B 樹箱過濾設施A-A'剖面圖
A3- SCALE: 1/100

圖6-17 樹箱過濾設施基本設計圖

(四) 建置成本分析

樹箱過濾設施之成本分析如表 6-12 所示。

表6-12 樹箱過濾設施成本分析表

工料名稱	單位	數量	單價 (元)	複價 (元)
210kg/cm ² 混凝土	m ³	2.3	2,700	6,210
土工織布 (TH=2mm)	m ²	2.25	25	56.25
過濾貯水層, 碎石級配 (TH=30cm)	m ³	0.68	900	612
土工織布 (TH=2mm)	m ²	2.25	25	56.25
生長介質 (TH=90cm)	m ³	2.03	3,500	7,105
φ10cmHDPE 管 (含配件)	m	1.5	200	300
φ10cmHDPE 透水網管 (含配件)	m	1.45	500	725
鑄鐵蓋板	式	1	4,000	4,000
工資	式	1	450	450
零星工料與損耗	式	1	48.5	48.5
苗木費	棵	1	1,500	1,500
運費	棵	1	150	150
種植費大工	工	0.1	1,600	160
種植費小工	工	0.1	1,200	120
新植灌水	式	1	10	10
衫木 H120cm、ψ=6 cm×3 支	式	1	340	340
有機肥	kg	2	6	12
總價 (元/座)				21,855

註：設施成本可能依植栽及結構設計有所不同。

(五) 生命週期

以歐美國家的經驗而言，維護管理良好之樹箱過濾設施，其使用壽命平均可達 25 年。

(六) 維護項目、週期與成本

1、維護項目與週期

(1) 灌溉：乾早期需適時灌溉。

(2) 植被與生長介質管理：

A、每年至少需進行 1 次樹木檢查，是否有枯萎或病蟲害，嚴重者需要重新種植。

B、每年進行 1~2 次修剪。

C、每 5~10 年更新生長介質以維護滲透性與污染去除效率，生長介質若是污染情形嚴重，則需要立即更換。

D、每年至少 2 次耙鬆表面土壤以確保良好滲透性。

(3)設施檢查維護：每年至少應進行 2 次設施檢查維護，可視場址情況增加檢查頻率，主要工作為移除累積的垃圾與沉積物，或重新換置覆蓋層。

2、維護成本

樹箱過濾設施之檢查維護項目包含喬木修剪及沉積物清理，每棵約 1,500~2,000 元。

五、植生溝

(一) 設施單元訂定

1、設施說明

植生溝 (grass swale) 係指寬淺且有地被植物或草皮之溝渠，如照片 6-19 所示。一般植生溝主要功能與傳統排水溝同樣為水體傳輸，當水體運移時，除水體可入滲土壤，減少地表逕流量，亦可經由地被植物之吸附及過濾來改善水質。



植生溝之種類一般可分為乾式溝 (dry swale) 及草溝渠 (grassed channel) 兩類，其中乾式溝除具有植被之外，另外包含生長介質、過濾貯水層及多孔排水管等結構，因此也可視為滲透溝，設計較複雜之乾式溝有時也被視作線型的生態滯留單元；而草溝渠僅為單純具有植被之植生溝，其與乾式溝有相同的幾何形狀、坡度、控制壩和前處理設施等結構，惟草溝渠主要以水體傳輸為主，較不具入滲功能。本手冊所述之植生溝以乾式溝為主。

2、適用性

植生溝的線形結構簡單，適用於許多場所，如：停車場、庭院、公園、道路及都市間的公共設施空間。植生溝因仍具滲透保水功能，為避免道路路基含水造成承载力弱化，產生不均勻沉陷，且污染源過多，故不建議設置於車流量大及重要道路，應以社區道路為主，並需配合設置側向滲透阻隔設施（如：防滲襯墊）。

(二) 設計原則建立

1、組成結構設計原則

植生溝主要結構包含植生溝槽體、前處理設施、生長介質、過濾貯水層、土工織布、排水管、植栽、覆蓋層。結構如圖 6-18 所示，各項結構說明如下：

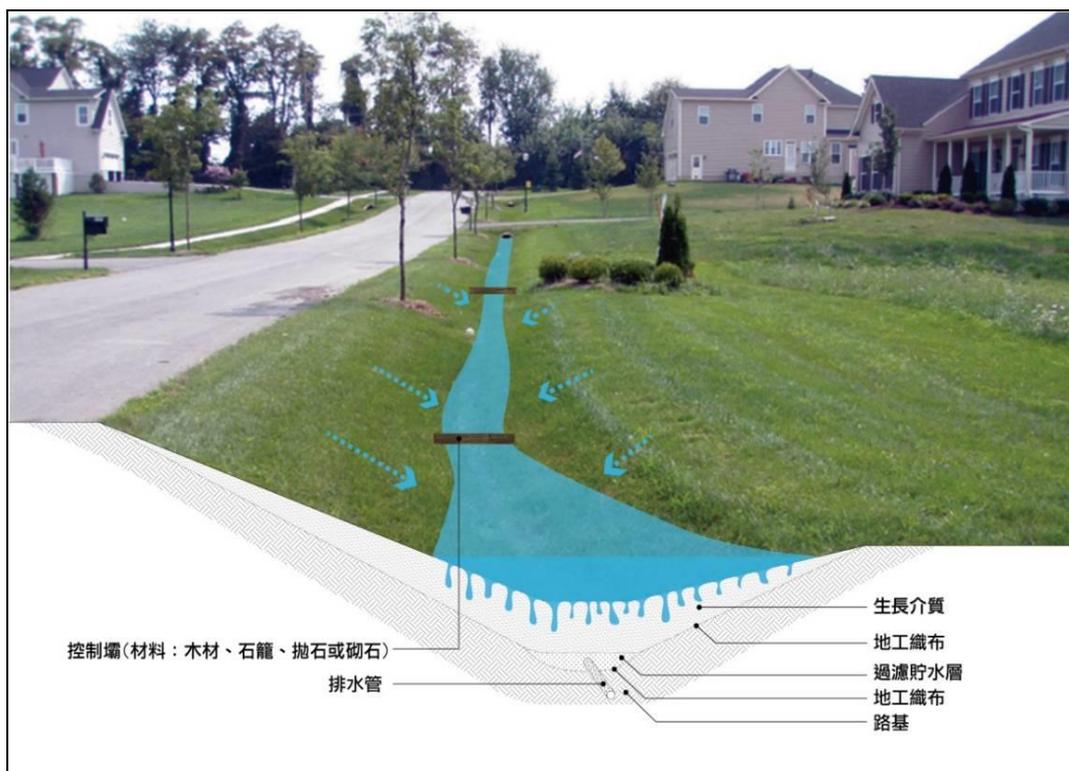


圖6-18 植生溝組成結構剖面示意圖

(1) 植生溝槽體

功能：傳輸水體。

型式：

A、植生溝橫斷面通常設計為梯形、半圓形或拋物線形。

- B、邊坡最大斜率 (H:V) 建議不超過 2.5:1，如果空間許可，以 4:1 為最佳。
- C、底部寬度宜介於 0.75~3 公尺，並允許淺流和進行足夠的水質處理，需防止水流集中而形成沖蝕溝。
- D、縱向坡度宜少於 3%，以 1~2% 為最佳坡度。

設計注意事項：

- A、邊坡應盡可能平整，提供橫向傳輸時之前處理，邊坡坡度過大可能會造成橫向沖蝕溝。
- B、植生溝若較著重於污染去除，其設計流速不大於 0.3 公尺/秒，如無高流量暴雨分流設施，高流量事件的設計流速應不超過 1 公尺/秒。溝長不宜超過 30 公尺。

(2) 入流設施 (inflow facilities)

功能：蒐集雨水逕流。

型式：植生溝入流方式與生態滯留單元大致相同，包括無路緣式、路緣切口式及排水管渠式。其中，無路緣式及路緣切口式之水流方向與溝體垂直；而排水管渠式之水流方向則與溝體平行。

(3) 前處理設施 (pre-treatment facilities)

功能：於植生溝逕流入流處設置前處理設施，避免雨水逕流流入時造成植生溝溝體沖蝕或逕流帶入過多污染物、沈積物，導致植生溝效能下降，其有沉澱、過濾及消能功能。

型式：前處理設施因入流方式

之不同，可採碎礫石層、植被過濾帶、前池或拋石堆等方式，說明如下：

- A、無路緣式：其逕流以分散的低流速片流 (sheet flow) 進入

照片 6-20 側向前處理設施



Urban Storm Drainage Criteria Manual

植生溝，一般可採帶狀碎礫石層鋪設於側坡頂端，提供橫向流入的前處理（照片 6-20）。若空間較為寬廣，亦可採植被過濾帶方式。

B、路緣切口式及排水管渠式：在路緣切口或排水管渠入口處，一般可採前池或拋石堆等方式作為前處理設施，若植生溝縱坡較大，亦可配合利用控制壩形成消能池。

設計注意事項：

A、若植生溝縱坡較大，碎礫石層或拋石堆之碎石粒徑需較大。

B、若以植被過濾帶作為無路緣式植生溝之前處理設施，植被過濾帶之寬度至少應大於 3 公尺，且應採較緩和的側坡（H：V=3：1），才能發揮較佳的效果。

(4) 生長介質（growth media）

功能：植生溝的生長介質為植被之生長基底，並需兼顧滲透速率及水質處理，故水分及養分不宜流失過快，否則不利植被生長。

設計厚度：建議 15~30 公分。

選用材料：生長介質之組成如下：

A、60~70%的粗砂及 30~40%的沃土（泥碳土、壤土、蛭石及有機物組成）。

B、粗砂級配可參考表 6-9 或符合 ASTM C-33 之級配。

(5) 過濾貯水層（filter gravel course）

功能：可過濾雜質並防止排水管堵塞。

設計厚度：建議 30~45 公分。

選用材料：

A、建議可採第公共工程委員會第 02726 章 V5.0 之級配粒料底層施工規範規範中，第三類型底層級配粒料之 B 型級配，或採用表 6-9 之粗砂級配。

B、若欲提高過濾層之貯水能力，則可採粒徑約 50 毫米之碎石。

設計注意事項：粒料應為乾淨的水洗石，避免表面附著之泥土經雨水沖刷後造成孔隙堵塞及水質污染。

(6) 排水管 (underdrain)

功能：排水管為多孔設計管渠，因過濾貯水層下方即為路基，而一般路基土壤之入滲速度低於表層設計土壤之入滲速度，故排水管係裝置於過濾貯水層，以確保在一定時間內可有效將下滲貯留水量導引至排水系統，以維持植生溝之入滲及貯水能力。

材料規定：多孔排水管。

設計尺寸：本計畫參考美國科羅拉多州丹佛地區都市暴雨管理技術手冊 (USD CM, 2011) 之建議，多孔排水管孔設計之管徑尺寸採 5~15 公分。

設計注意事項：

- A、排水管開孔應小於過濾貯水層之粒徑，防止骨材流失或排水管堵塞。
- B、排水管安裝坡度最少應有 0.5%。
- C、使用排水管時不要加上過濾套，以免易造成排水管阻塞。

(7) 土工織布 (geotextile)

功能：主要包括排除水份、過濾、加勁及防止土料流失、級配不均勻沉陷與分離 2 種不同的土層。當較細顆粒土壤覆蓋在較粗顆粒粒料層上時，土工織布可防止空隙因土壤顆粒下移所造成的堵塞；而當較粗顆粒粒料層覆蓋在較細粒的原生土壤上時，土工織布則可防止粗顆粒粒料下移進入底層土壤所造成的滑塌，使各土層保持其穩定性，達穩固設施之目的。植生溝之土工織布設置於生長介質與過濾貯水層間，以及過濾貯水層與路基間。

材料規定：土工織布應符合公共工程委員會第 02342 章土工織物之規定。

設計注意事項：因織造薄膜和非織造熱融地工織布易造成堵塞，應採用非織造針刺或單絲織造地工織布。

(8) 植栽 (vegetation / plant)

功能：美化景觀及水質淨化。

材料選用：應選擇能承受潮濕與乾燥交互的環境及流速略高之草本植物。

設計注意事項：可優先選用較高、較密集且維護頻度較低的草種，如假儉草之類的原生匍匐性草類為主。

2、整體設計注意事項

- (1) 植生溝縱向坡度如大於 3%，需考量於適當距離間隔設置控制壩 (check dam) 調整坡度 (照片 6-21)，其除可降低坡度減緩流速及避免溝體沖刷外，並可



貯水及延長貯流時間，增加水質改善效率，控制壩一般可採用非沖蝕性材料，如：木材 (應含有加壓處理的原木、木材或耐水的樹種)、石籠、拋石或砌石，其下游面宜設置拋石堆消能。

- (2) 較平坦的邊坡可增加濕周 (水流與通水斷面接觸之長度)，以減緩逕流速度，增加植生面積，提升過濾及入滲能力，亦可提供割草設備安全運轉操作的空間。



圖 6-19 植生溝傳輸 5 年重現期洪峰流量示意圖

- (3) 如無高流量暴雨分流設施，植生溝設計須滿足可安全的傳輸 5 年重現期距暴雨事件之洪峰流量，設計水深不應超過 0.5 公尺，並至少有 0.3 公尺的出水高 (圖 6-19)，以期在暴雨期間可安全的傳輸水體。

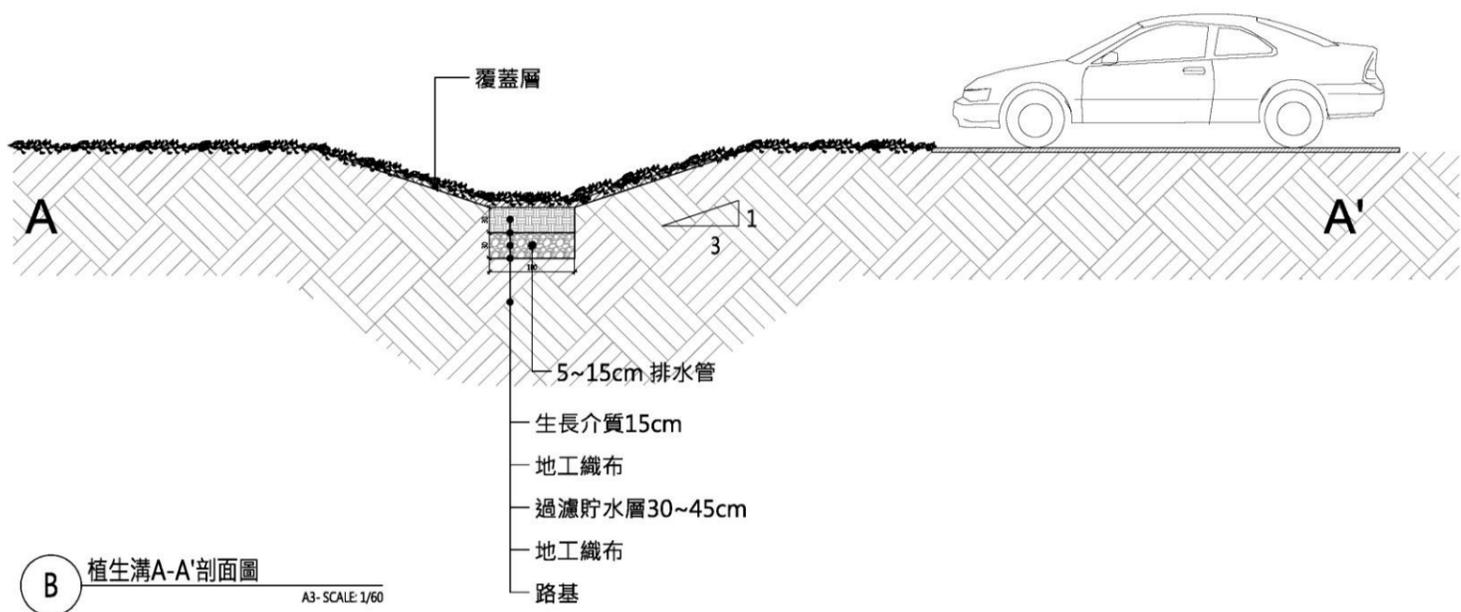
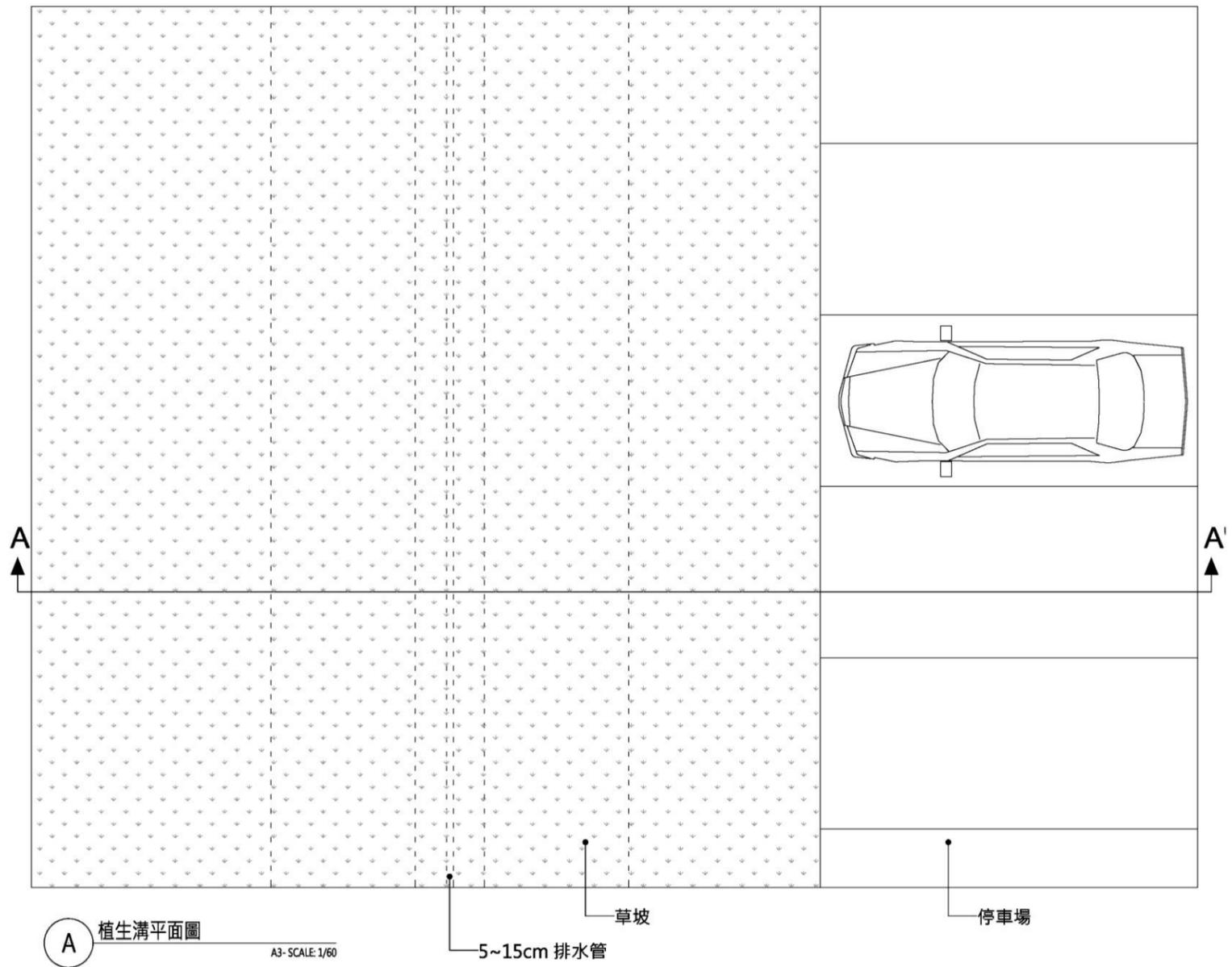


圖6-20 植生溝基本設計圖

- (4) 植生溝底部應距離最高地下水位至少 50 公分。
- (5) 植生溝內水體應於 24~48 小時內排除。
- (6) 植生溝可排放連結至另具有防洪、穩定出水口之結構性降雨逕流控制設施，如生態滯洪池、入滲床或人工濕地等。
- (7) 可在植生溝最下坡端點底部設觀測井(為 10~15 公分的加蓋穿孔豎管，並與排水管連接)，觀測暴雨事件後的排水歷程。

3、施工注意事項

- (1) 最好在春季施工，使植被在完整建立前的灌溉量達到最小。
- (2) 施工期間，在植生完全覆蓋前需穩固槽體，可用暫時性草皮或抗沖蝕植生網覆蓋，避免因人工或自然造成的沖蝕。
- (3) 避免土壤壓實以保持滲透能力。
- (4) 植生溝植草宜作橫向帶狀密植，或以草皮鋪植。
- (5) 除非另有規定，植生溝應距建築基地及公共管線至少 3 公尺。

(三) 基本設計圖

植生溝一般設置於道路或停車場兩側，其藉由邊緣頂部收集雨水逕流或承受上游傳輸之水體，其平面及剖面標準斷面如圖 6-20 所示。

(四) 建置成本分析

植生溝之成本分析如表 6-13 所示。

表6-13 植生溝成本分析表

工料名稱	單位	數量	單價 (元)	複價 (元)
土工織布 (TH=2mm)	m ²	1.60	25	40
過濾貯水層，碎石級配 (TH=30cm)	m ³	0.3	900	270
φ10cmHDPE 透水網管 (含配件)	m	1.00	500	500
土工織布 (TH=2mm)	m ²	6.04	25	151
生長介質 (TH=30cm)	m ³	0.3	3,500	1,050
地披植物	m ²	5.39	150	808.5
技術工	工	0.50	2,500	1,250
零星工料及損耗	式	1.00	20.5	20.5
總價 (元/m)				4,090

註：成本可能因材料選擇及設施尺寸不同有所差異。

(五) 生命週期

若設計和維護適當，植生溝一般的生命週期約可達 25 年。

(六) 維護項目、週期與成本

1、維護項目與週期

(1) 檢查：對於設置時間 6 個月以下的設施，經歷初次暴雨後應立即進行檢查維護，之後應定期於每半年與重大降雨事件後立即進行檢查及維護。檢查項目包括：

A、是否有阻塞及收集問題（半年）。

B、槽體是否有沖蝕（半年）。

C、植物覆蓋率是否維持 80% 以上。

D、人車造成的結構損傷。

E、豐水期每季檢查 1 次土壤沖蝕、淤積及植被生長情形。

(2) 澆水：於乾枯季節視情形不定期的澆水。

(3) 植被管理

A、設計的原生花草應無割草需求，如果必須需割草，視季節及現場狀況需求修剪植栽，原則約 1 年 1~2 次。

B、修剪維護時盡量不使用除草劑或肥料等人工化學品，使用割草機設備時應盡量使用輕型設備，避免土壤夯實。

C、例行檢查時發現槽體植被覆蓋率不足，應進行補植。

(4) 沉積物移除：每半年進行溝內雜物及堆積物移除，但若泥砂堆積量達到原始設計容量的 25%，應立即進行移除。

(5) 修復：表土如果無法在 8~12 小時內將水分排乾，應重新進行翻耕（視現場狀況需求）。

2、維護成本

植生溝之檢查維護，依據上述之項目實施檢查、移除沉積物、修剪及清除雜草。每 100 平方公尺約 1,000~1,200 元。

六、雨水桶

(一) 設施單元訂定

1、設施說明

雨水桶 (rain barrel) 屬於小型雨水收集系統，主要用以收集並貯留來自屋頂之雨水逕流，通常位於地面上，其回收貯留之水量可提供花園灌溉或沖廁使用，如照片 6-22 所示。雨水桶之貯留體積可根據不同的物理環境、設置目的和管理要求而訂定，本計畫係以地面型雨水桶設計為主。



2、適用性

雨水桶可設置在住宅區、商業區、公共地區或工業區，尤其適用於地價高、土壤入滲能力低或是沒有開放空間可以設置其它入滲設施之地區，例如：高度都市化地區、高密度住宅開發區。

(二) 設計原則建立

1、組成結構設計原則

基本之雨水桶設計結構組成為：落水管、分流設施、溢流設施及水箱等，如圖 6-21 所示。經參考相關技術設計手冊及規範，各單元設計原則說明如下：

(1) 落水管 (downspouts)

功能：連接屋頂落水孔，收集屋頂表面雨水逕流並導引至水箱。

材料規定：聚氯乙烯 (PVC) 管、乙烯、鋁或鍍鋅鋼。

設計大小：尺寸大小應配合屋頂落水孔。

設計注意事項：

A、因雨水是微酸性，不應使用銅或鋅材料的落水管，避免造成污染，內部應塗 1 層環氧漆。

B、屋頂落水孔應安裝格柵，防止較大雜物(如：樹葉)進入。

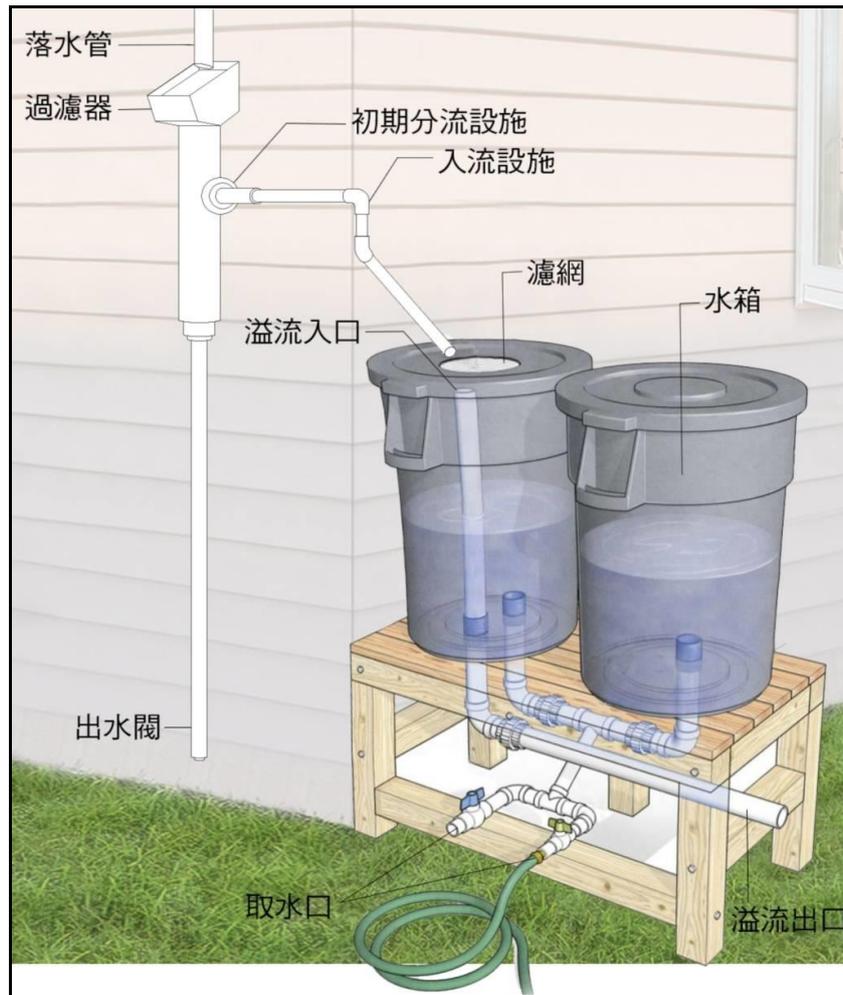


圖6-21 雨水桶結構示意圖

(2) 初期降雨分流設施 (first flush diverters)

功能：因暴雨初期的逕流污染物含量較高，利用分流器將初期逕流從收集系統中分離，可避免污染水質。簡易的分流系統是在落水管裝設分流室，初期雨水逕流先流入分流室，一旦分流室滿了，水再流至落水管，分流室末端則設有出流閥控制。分流設施詳圖 6-22 。

設計注意事項：

- A、若用於沖廁與澆灌，建議使用分流設施進行前處理，惟若對水質無特別要求，則非屬必要設施。
- B、一般視需分流的逕流量決定設計尺寸，以國外經驗而言，分流室容量以每平方公尺的集水面積約 0.5 公升設計。

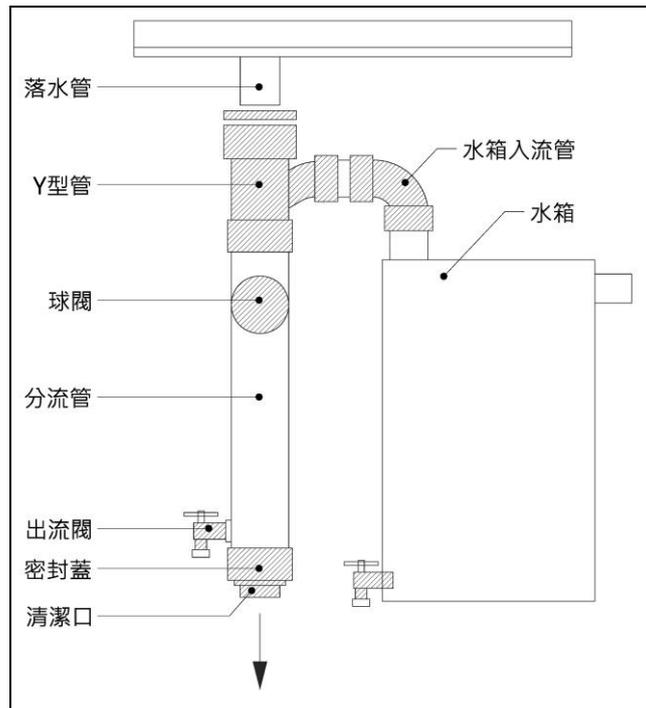


圖6-22 分流設施結構示意圖

(3) 雨水桶箱體 (water tank)

功能：貯留雨水。

材料選用：玻璃纖維、聚乙烯、混凝土、金屬、木材等不會造成水質污染的材質。

設計尺寸：雨水桶尺寸決定於降雨量、屋頂集水面積、用途、空間大小與預算，同時也需將取水口以下的低水位與上部的空氣層納入考量。以個人住宅而言，美國一般採用之尺寸為 200 公升的圓筒狀水桶，日本通常為 150~300 公升，德國則為 300~500 公升，澳洲因有缺水問題，以 3,000 公升之雨水桶最為常見。

設計注意事項：

- A、雨水桶取水口至少應距底部 15 公分，供沉澱物沉降空間。
- B、雨水桶應為不透明或其它可免於陽光照射的設計，以防止藻類生長，保障雨水桶使用期限。
- C、體積較大之雨水桶可於底部設置排放口，可排空蓄存水量以利雨水桶清洗維護。

(4) 溢留設施 (overflow)

功能：排除多餘水量。

設計尺寸：管徑需大於或等於水箱入口口。

設計注意事項：

- A、溢流點可設置於雨水桶上部或落水管上。
- B、溢流出口應設置網格較小之濾網，避免蚊蟲進入。
- C、若不與雨水下水道系統連接，需要導引溢流水流到安全地方排放，例如雨水花園或道路排水系統。

2、整體設計注意事項



- (1) 雨水桶可採單一設置或多個連結方式，後者可將連結管設於雨水桶頂部，利用溢流方式補充其他雨水桶，如照片 6-23；或是以底部連結方式維持水位高度一致，如照片 6-24。
- (2) 落水管與雨水桶連接型式有 2 種，其一是落水管出口直接連結雨水桶，其出口在雨水桶內部；另一則為落水管出口在雨水桶外部上方，雨水出流後再經由雨水桶頂端流入。而上述兩種方式均應於雨水桶入口安裝濾網，避免蚊蟲進入。
- (3) 集水面積：一般來說雨水桶集水面積等於屋頂面積。因蒸發及材料的初始浸潤會降低雨水收集效率，一般約有 10~25% 的總雨量損失 (Texas Water Development Board, 2005)。其中降水損失最少的屋頂材質是金屬，其次為塑膠組合，最大為木頭或瓦片。此應作為雨水桶容量與初期雨水逕流分流量量體大小之設計參

考依據。

(4) 雨水桶貯集之雨水可供澆灌、沖洗馬桶等水資源再利用，其取水方式可分為重力與壓力系統兩種，說明如下：

A、重力系統：若屬重力系統取水，多僅作為澆灌用水，最常見的取水方式是在雨水桶底部裝設水龍頭或出流筏。因水箱所在位置越高，重力供水水頭越大，故結構允許情況下，雨水桶若可放置在屋頂，亦可供沖洗馬桶用水，惟其集水設施需高於雨水桶。

B、壓力系統：若屬壓力系統取水，需裝設抽水幫浦，亦可於屋頂加裝貯水桶，將雨水桶之貯集水量運送至此後，再採重力供水，故雨水桶設置地點較不受限制，但需注意輸送路線不宜過長。

(5) 雨水桶貯集水量若要供沖洗馬桶之用，則應搭配後備供水管路連接自來水系統，以備雨水桶水量不足時補充用水之用。

(6) 若對雨水桶之貯集水體有較高之水質要求，則可於落水管加裝過濾設施過濾雨水。

3、施工注意事項：

雨水桶應放置在水平墊襯上（如磚頭、枕木或石頭），增加出流水頭，其放置位置不可產生下陷、侵蝕或邊坡不穩定之情形。

(三) 基本設計圖

雨水桶一般收集屋頂之逕流水體，其標準設計如圖 6-23 所示。

(四) 建置成本分析

雨水桶之成本分析如表 6-14 ~ 表 6-16 所示。

(五) 生命週期

以歐美國家的經驗而言，維護管理良好之雨水桶設施，其使用壽命平均可達 20 年以上。

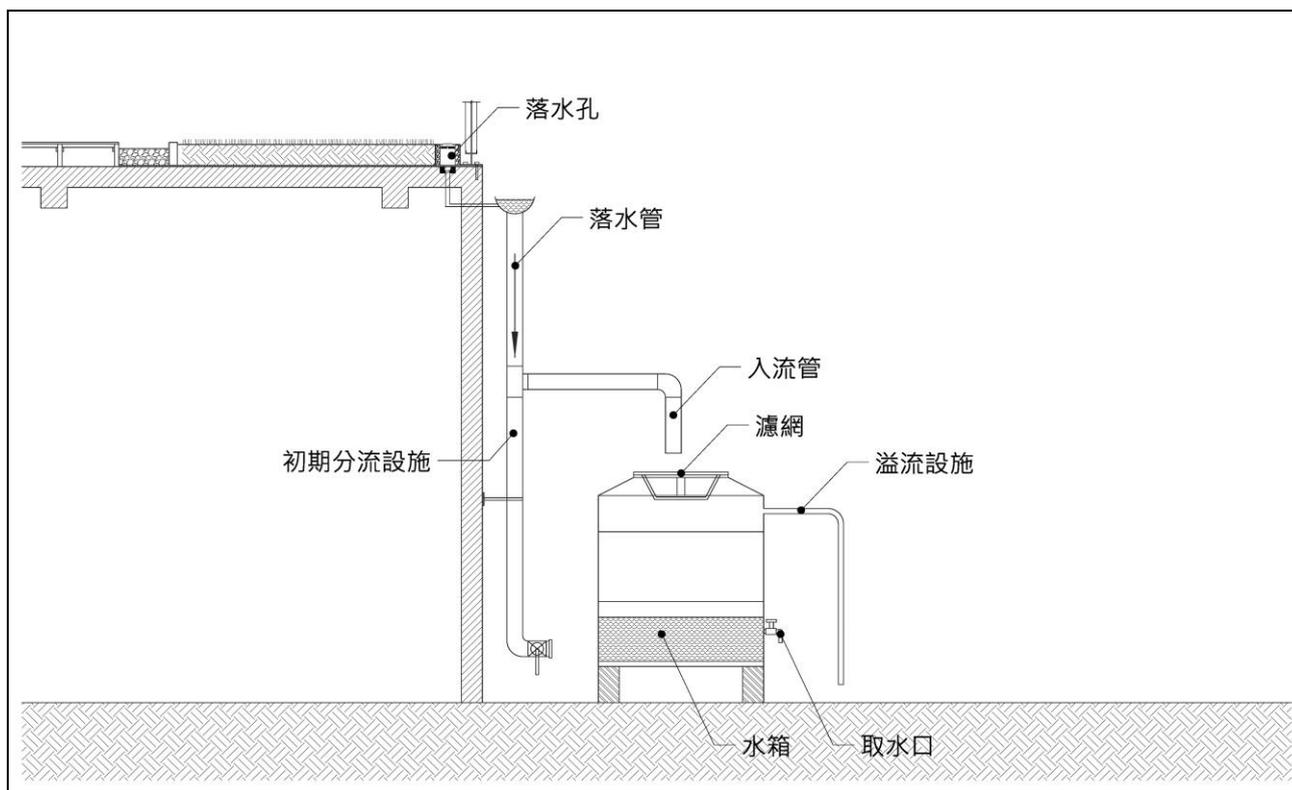


圖6-23 雨水桶基本設計圖

表6-14 小型雨水桶成本分析表

工料名稱	單位	數量	單價 (元)	複價 (元)
300 公升 PP(聚丙烯)造型雨水桶	個	1	12,000	12,000
分流及過濾設施	組	1	8,000	8,000
管線工料	式	1	3,000	3,000
總價 (元/座)				23,000

註：雨水桶之價格會因材質、容量及設計方式變動，特別是過濾設施之有無。

表6-15 大型雨水桶成本分析表

工料名稱	單位	數量	單價 (元)	複價 (元)
1,300 公升 PP (聚丙烯) 雨水桶	個	1	17,000	17,000
分流及過濾設施	組	1	8,000	8,000
管線工料	式	1	3,000	3,000
總價 (元/座)				28,000

註：雨水桶之價格會因材質、容量及設計方式變動，特別是過濾設施之有無。

表6-16 簡易水塔型雨水桶成本分析表

工料名稱	單位	數量	單價(元)	複價(元)
1,500 公升不銹鋼水塔	個	1	9,000	9,000
管線工料	式	1	3,000	3,000
總價(元/座)				12,000

註：雨水桶之價格會因材質、容量及設計方式變動，特別是過濾設施之有無。

(六) 維護項目、週期與成本

1、維護項目與週期

整體系統應至少每半年進行 1 次檢查，通常是在春季與秋季。經參考國外相關技術手冊，就雨水桶一般維護方式說明如下：

- (1) 屋頂落水孔應保持良好狀態，定期清除樹葉、淤泥與碎石。
- (2) 初期逕流分流設施應定期檢查與清洗。
- (3) 遇到強大豪雨前將雨水桶中貯集水體預先排除，並開啟溢流裝置出流閘。
- (4) 雨水桶每季應以 0.2~0.5ppm 漂白水濃度進行氯化消毒。

2、維護成本

雨水桶之維護主要項目為內部清洗，一般小型 200 公升左右小型雨水桶可自行清洗；若屬 3~5 噸之大型雨水桶，每次檢查及維護費用約 1,000~2,000 元。

七、滲透側溝/滲透陰井

(一) 設施單元訂定

1、設施說明

滲透側溝 (infiltration gutter) 採透水材料製作側溝本體，並以碎石材料填充側溝底部及兩側 (照片 6-25)。當地表逕流匯集至側溝排水系統後，在傳輸水體的過程中，使部分逕流由側溝的側面及底面入滲至土壤，降低整體逕流量，減輕下游排水負擔。

滲透陰井 (infiltration well) 為垂直式輔助入滲與地下貯留之設



施，與滲透側溝同樣以透水材料製作陰井本體，並以碎石材料填充周圍（照片 6-26）。逕流透過排水系統或地表入口柵欄進入陰井後，可暫時貯留並使部分逕流量滲透至底部與四周的土壤。

2、適用性

滲透側溝與滲透陰井同為道路排水系統的一部分，經常共同配合施作，適用取代原本不具滲透機能的道路排水系統或是基地開放空間，如：社區開放空間、建築物周圍、街道、人行道、停車場、庭院等地區。由於滲透側溝及滲透陰井之主要功能仍以水體傳導為主，然為避免道路路基含水造成承载力弱化，產生不均勻沉陷，故不建議設置於車流量大及重要道路，應以社區道路為主，並配合設置側向滲透阻隔設施。

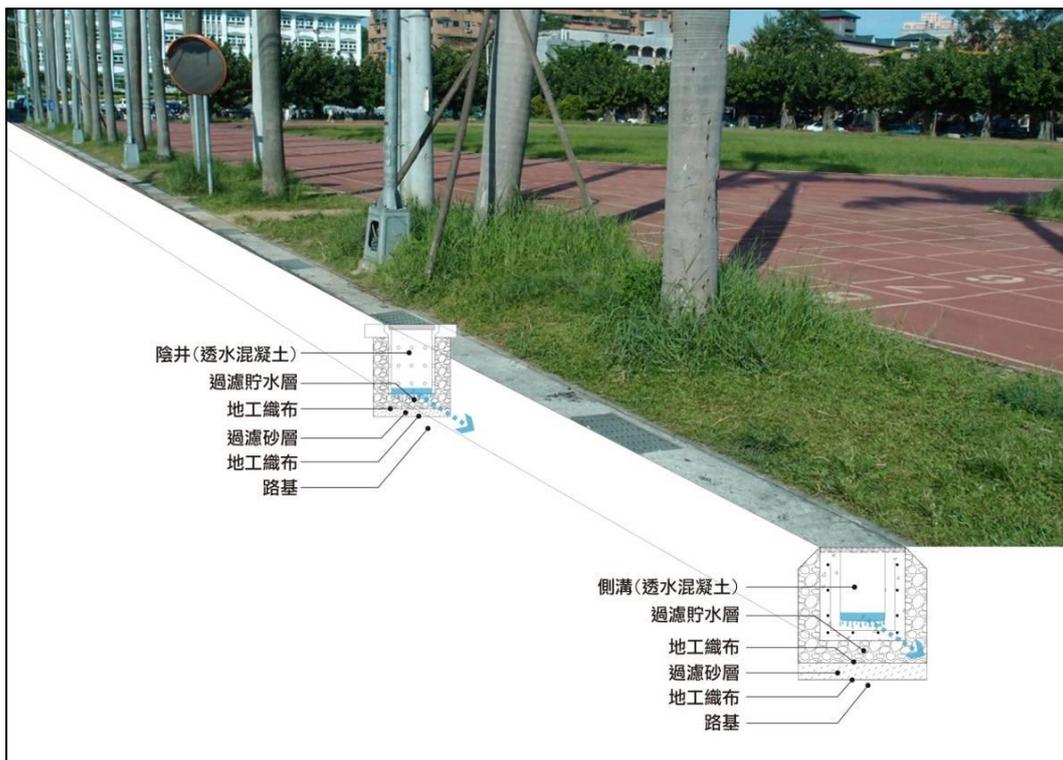


圖6-24 滲透側溝及滲透陰井組成結構斷面示意圖

(二) 設計原則建立

1、組成結構設計原則

滲透側溝與滲透陰井的基本組成大致相似，包含：滲透側溝或滲透陰井結構本體、過濾貯水層及土工織布（圖 6-24），經參考相關技

術設計手冊及規範，各單元設計原則說明如下：

(1) 滲透側溝及滲透陰井結構本體

功能：貯留與傳輸水體。

材料選用：透水混凝土或穿孔之混凝土、高密度聚乙烯、玻璃纖維混凝土。

設計注意事項：

A、滲透側溝可以採用現場製作或是預鑄形式。

B、滲透陰井底部可以是鑿孔或開放式，側面也可以根據材質透水與否配合鑿孔。

(2) 過濾貯水層 (filter gravel course)

功能：包覆於結構本體兩側及下方，進行過濾及傳輸地表逕流。

材料選用：

A、建議可採第公共工程委員會第 02726 章 V5.0 之級配粒料底層施工規範規範中，第三類型底層級配粒料之 B 型級配，或採用表 6-9 之粗砂級配。

B、若欲提高過濾層之貯水能力，則可採粒徑約 50 毫米之碎石。

設計厚度：級配鋪設於結構體的側邊與底部，底部厚度至少需要 10 公分，兩側至少要 20 公分以上。

設計注意事項：粒料應為乾淨的水洗石，避免表面附著之泥土經雨水沖刷後造成堵塞及水質污染。

(3) 過濾砂層 (filter course)

功能：位於過濾貯水層下方，進行過濾。

材料選用：細砂。

設計厚度：5~30 公分。

(4) 土工織布 (geotextile)

功能：側面土工織布可避免邊坡的土砂阻塞過濾貯水層，而平行分隔各層的土工織布可以提升污染物去除並減少溝渠

底部污染物負荷量，減少維護頻率。

材料選用：土工織布應符合公共工程委員會第 02342 章土工織物之規定，並應可防撕裂、穿刺或其它破壞。

設計注意事項：

A、土工織布應全面包覆過濾貯水層及過濾砂層，因此應鋪設於過濾貯水層與土壤或過濾砂層接觸面，以及過濾砂層及土壤中間。

B、因織造薄膜和非織造熱融土工織布易造成堵塞，故不宜採用，應採用非織造針刺或單絲織造土工織布。

C、土工織布應在每一面相互重疊，重疊接縫至少應有 30 公分。

2、整體設計注意事項

- (1) 土壤類型：設施設置地區之土壤之入滲速度需大於 1.3 公分/小時，但不可超過 6 公分/小時。
- (2) 距離最高地下水位應至少有 1.2 公尺。
- (3) 坡度：排水區域的坡度影響逕流速度與其挾帶的污染物量體，上游排水區域坡度小於 5% 時，滲透側溝具有較佳的運作能力，坡度最多不可大於 20%。此外，除非經過特殊設計容許集中的水流，否則周圍的坡度應使地表逕流可以均勻地以薄層流的方式進入。
- (4) 可設置觀測井用以監測水深，若觀測到排水不順時表示需要進行維護工作。

3、施工注意事項

- (1) 在開挖與溝渠施工時，使用輕便型工具（例如：鋤耕機、輪式或階梯式挖溝機）可以盡量減少周圍土壤的壓密。
- (2) 施工期間需管制進出，唯有施工所需工具可以進入，避免因放置重物或交通負荷造成土壤壓實。
- (3) 設置地點應避免有大型植栽或樹木，以防止根系入侵。

- (4) 需考慮施工時的結構強度進行管理。
- (5) 事前調查：調查設置處的地下埋設物與地上障礙物等，掌握施工上的限制條件，並調查周遭地表狀況、地形坡度及排水系統。若滲透設施的溢流水排入公共下水道時，需調查其管線與公共系統的高度與深度等準則。
- (6) 工法選擇：考慮施工性、經濟性、安全性，選擇具效率的工法。因用地限制與施工規模，可討論合用人力與機械施工。
- (7) 工程計畫：為保護滲透面，開挖面不應放置到隔天，且不應在下雨天施工，故需事先適當的工程計畫。
- (8) 施工步驟

A、開挖

- (A) 由人力或小型開挖機開挖。
- (B) 機械開挖會破壞開挖面時，改用鏟子開挖，並將剝落土砂去除。
- (C) 為保護開挖底面滲透能力，不可用力踩踏夯實。
- (D) 不可有超於基準的開挖，若不得不超挖時，應用砂和碎石等填充材回填。
- (E) 在開挖中若發現土質與原先預設差異大，需儘速與設計者協議適當的對策。

B、過濾砂層

- (A) 為保護開挖地面，應於開挖完後直接進行鋪砂。若地盤為砂礫或砂則可省略。
- (B) 以人力進行鋪砂作業。
- (C) 鋪砂以腳輕踏固定即可，不可用機械夯實。

C、土工織布（側邊及下方）

- (A) 土工織布可防止土砂碎石流入，並全面包覆過濾貯水層以防地層下陷。
- (B) 使用面積大於開挖面大的土工織布，將其重疊以防級

配碎石移動。

(C) 為施工方便可將地工織布串接於開挖面，進行固定。

D、過濾貯水層（側邊及下方）

(A) 為防止填充級配碎石混入土砂中，將其放置在地工織布上。

(B) 以人力或機械填充級配碎石時，注意不要捲起地工織布。

E、滲透陰井及滲透側溝

(A) 滲透陰井

- 陰井的底部用砂漿（砂等細骨材與水泥和水的混合物）進行水封。
- 為防止土砂流入，進行回填時需加蓋。
- 設置陰井後與集水管、排水管與透水管等連接，並裝設防堵塞裝置

(B) 滲透側溝

- 側溝的連接處用砂漿（砂等細骨材與水泥和水的混合物）處理。
- 為防止土砂流入，進行回填時需加蓋。

F、過濾貯水層（側邊及上方）：填充級配碎石時注意不要移動到陰井或側溝本體及地工織布。

G、地工織布（上方）：過濾貯水層施工完成後，先將地工織布覆蓋於過濾貯水層上方再進行回填。

H、回填

(A) 回填後以機械夯實，回填後 1~2 天內需注意初期碎石緊密結合而引起之下陷情形。

(B) 回填使用的材料可視地表土地利用進行考量。

I、廢土處理：開挖後的廢土於工事結束後應儘速處理。

J、清掃：完工後應清掃收拾剩餘材料，以免進入滲透設施。

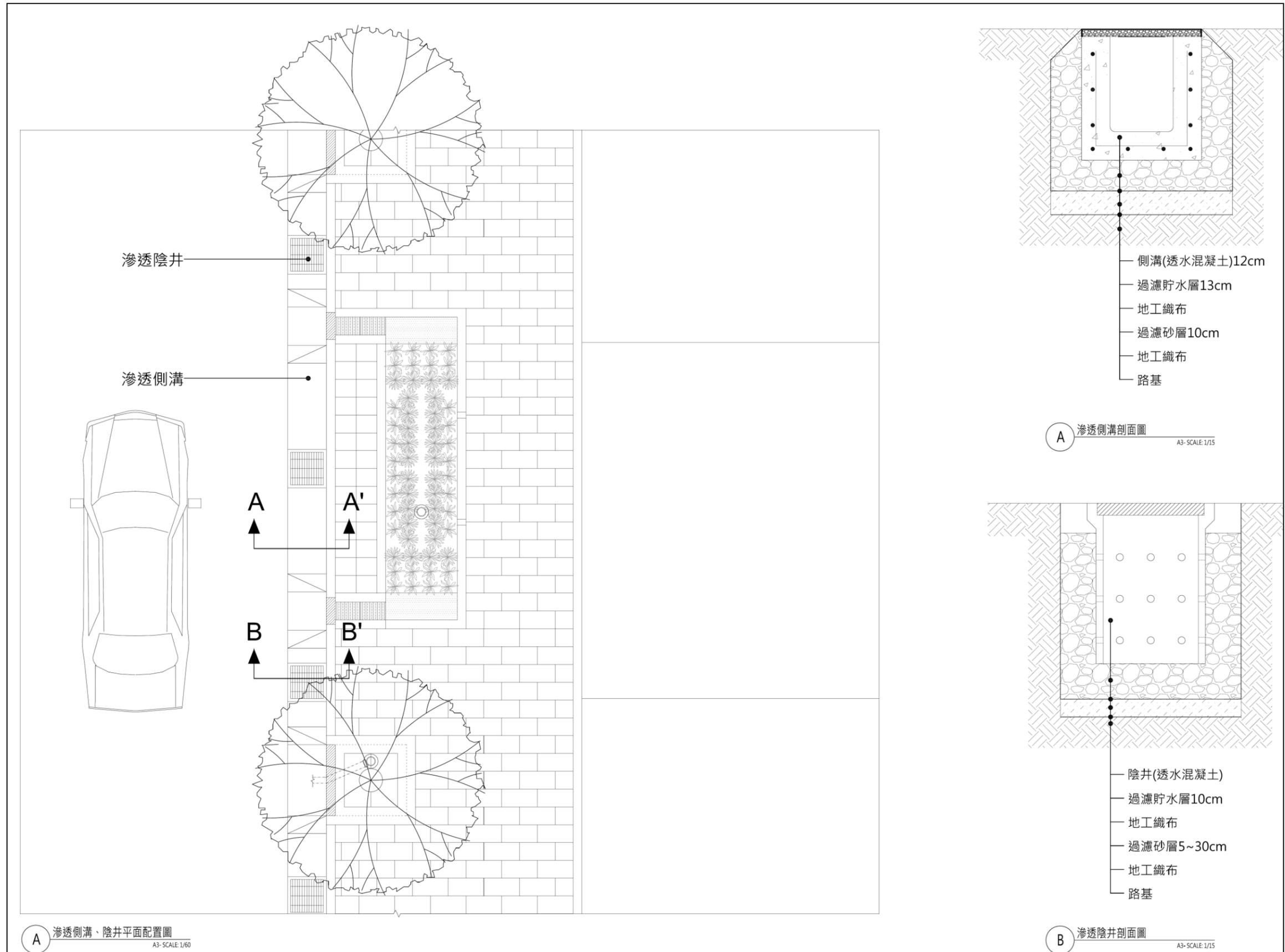


圖6-25 滲透側溝及滲透陰井基本設計圖

(三) 基本設計圖

滲透側溝及滲透陰井通常設置於基地內或道路兩側，取代傳統排水溝系統，接收基地排出及地面之逕流，其平面及剖面標準斷面如圖 6-25 所示。

(四) 建置成本分析

滲透側溝及滲透陰井之成本分析如表 6-17 與表 6-18 所示。

表 6-17 滲透側溝成本分析表

工料名稱	單位	數量	單價 (元)	複價 (元)
透水混凝土	m ³	0.16	6,500	1,040
過濾貯水層，碎石級配 (TH=13cm)	m ³	0.23	900	203.22
土工織布 (TH=2mm)	m ²	2.23	25.00	55.75
過濾砂層	m ³	0.08	1,000	76.5
土工織布 (TH=2mm)	m ²	0.76	25	19
技術工	工	0.50	2,500	1,250
零星工料及損耗	式	1.00	14	14
總價 (元/m)				2,658

註：成本可能因材料選擇及設施尺寸不同有所差異。

表 6-18 滲透陰井成本分析表

工料名稱	單位	數量	單價 (元)	複價 (元)
陰井	m ³	0.22	6,500	1,410.5
過濾貯水層，碎石級配 (TH=10cm)	m ³	0.20	900	175.77
土工織布 (TH=2mm)	m ²	1.69	25	42.18
過濾砂層	m ³	0.04	1,000	39.9
土工織布 (TH=2mm)	m ²	0.53	25	13.3
技術工	工	0.50	2,500	1,250
零星工料及損耗	式	1.00	28	28
總價 (元/座)				2,960

註：成本可能因材料選擇及設施尺寸不同有所差異。

(五) 生命週期

以歐美國家經驗，在維護良好的情性之下，可能的有效生命週期是 10~15 年，主要取決於維護情況、土工織布的材料選用以及滲透設施需要負擔的泥沙沉積量。

(六) 維護項目、週期與成本

1、維護項目與週期

啟用之第 1 年應進行多次檢查，之後每年應至少進行 1 次定期檢查及於每次重大暴雨事件之後進行檢查，依據設施狀況可調整檢查頻率。

檢查項目包括：

(1) 機能檢查

(A) 於排水系統的終點、排水直接流入處與水易流入處進行檢查。

(B) 土砂、垃圾或落葉的堆積狀況。

(C) 滲透機能。

(2) 安全檢查

(A) 曾發生不均勻沈陷處。

(B) 周遭土砂狀況。

(C) 有無樹木根部入侵。

(D) 設施損毀情形。

(3) 基礎不均勻沈陷情形。

(A) 清理：視需求進行沉積物移除及高壓水車清洗。

(B) 修補：發生設施的破損或有不均勻沈陷時需進行修補，若無法修補則需替換或重新設置。

2、維護成本

滲透側溝及滲透陰井之一般檢查維護，依據上述之週期實施檢查、清淤及沖洗。清淤費用以淤積量估計，約每立方公尺 1,200 元；高壓水車沖洗約每平方公尺 30 元。

八、低衝擊開發設施整體設計注意事項

除參考國外相關 LID 設施技術手冊外，目前國內與本計畫較為相關之技術手冊則包括環保署「降雨逕流非點源污染最佳管理技術 (BMPs) 手冊」、

建築研究所之「屋頂綠化手冊」及營建署之「透水性鋪面養護工法參考手冊」等，本計畫所制定之 LID 設施設計內容包含各 LID 設施標準結構、材料、注意事項及維護管理等，原則上均已參考上述各手冊內容，故雖與各手冊所記載內容仍有部分差異，惟不致產生衝突或影響設施功能。惟設計者除參考本計畫外，亦可依據現地狀況及自身需求參考其他技術手冊。本計畫各項 LID 措施之概略原則如表 6-19 所示，以下則針對 LID 設施整體設計應注意事項提出說明：

（一）排水型式適用性

LID 設施排水型式與周遭土地使用類型、活動特性與路基土壤特性等相關，其型式包括有完全滲透型、部分滲透型與不滲透型等 3 種，如圖 6-26，茲說明如下：

1、 完全滲透型：

當土地利用或地表活動型態不會造成地下水源污染，且地基土壤之滲透率在為 15 毫米/小時以上，則可考量設計為完全滲透型的鋪面結構，不需設計多孔排水管，惟需考量貯存水體的排除時間。

2、 部分滲透型：

當土地利用或地表活動型態不會造成地下水源污染，且地基土壤之滲透率在 1~15 毫米/小時之間，則可考量設計為部分滲透型的鋪面結構，並同時配置多孔排水管。

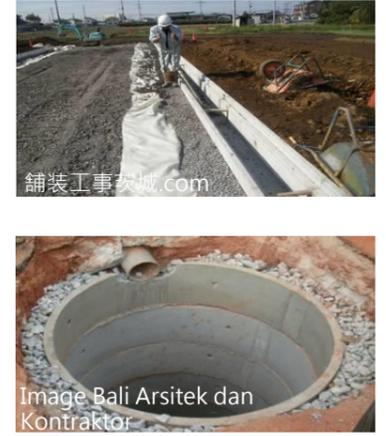
3、 不滲透型：

當土地利用或地表活動型態可能造成地下水源污染或土壤的滲透率在 1 毫米/小時以下，則可考量設計為不滲透型的鋪面結構，除應配置多孔排水管外，且結構底層應鋪設不透水織布，另需於排水管出口設置轉接頭或閘門，以控制滲透與貯存水體的排除時間（考量暴雨事件時間間隔與水質需求），臺灣地區由於大部分地區土壤屬黏土層，入滲率較低，以此種型式較為適用。

表6-19 低衝擊開發設施單元設計原則總表 (1/2)

設施名稱	照片	設施說明	適用地點	類型	基本結構	基本維護方式	生命週期概估	成本概估
透水鋪面		將透水性良好、級配孔隙率高之材料應用於面層與基底層，使雨水通過人工鋪築之多孔性鋪面，滲入路基土壤，讓水還原地下。	行人步道、自行車道、廣場及公園等開放空間，或停車場及低交通量的道路。	(1)透水混凝土磚 (2)透水混凝土鋪面 (3)多孔隙瀝青鋪面 (4)非連續拼接或鏤空鋪面	(1)鋪面層 (2)襯墊層 (3)級配基層 (4)級配底基層/ 過濾貯水層 (5)土工織布 (6)排水管	利用真空吸塵器或高壓水柱沖洗並清刷路面，若有重大損壞則進行翻修	15~20年	2,000~3,000 (元/m ²)
綠屋頂		安裝於屋頂上，以薄層土壤設計之植被。可改善淨化水質，並利用生長介質及貯水區貯存雨水。	可於平屋頂上或坡度小於40度的斜屋頂上建造，適用於新蓋建築或既有建築改建。	(1)精養型 (2)粗放型 (3)半精養型	(1)植栽層 (2)生長介質層 (3)土工織布 (4)排保水層 (5)攔根層 (6)防水層 (7)支撐結構	灌溉、修剪及清除雜草，是需要更換滴灌系統	15~20年	3,000~8,500 (元/m ²)
生態滯留單元/ 雨水花園		具美化景觀功能的現地暴雨逕流處理系統，使用經過設計的混和土壤及適合當地氣候的植物所完成的造景淺窪地，接收小區域的雨水逕流，並且透過滲透、貯留、過濾以延遲雨水逕流。	公共道路用地、停車場、私人庭院、公共開放空間（如公園或廣場）、人行道及中央分隔島。	(1)景觀安全島 (2)建物景觀設施 (3)加長型樹坑 (4)路緣擴展設施	(1)入流設施 (2)前處理設施 (3)地表貯水區 (4)溢流設施 (5)生長介質 (6)過濾貯水層 (7)排水管 (8)覆蓋層 (9)植栽	移除沉積物、灌木地被修剪及清除雜草	25年	6,000~6,800 (元/m ²)
雨水桶		小型雨水收集系統，主要用以收集並貯留來自屋頂之雨水逕流，體積可根據不同的物理環境、設置目的和管理要求而訂定。	高度都市化之住宅區、商業區、公共地區或工業區。	(無)	(1)落水管 (2)分流設施 (3)溢流設施 (4)水箱	清除淤積物及清洗	20年	9,000~2,8000 (元/m ²) (依據容量、材質及過濾分流設施有所差異)

表6-19 低衝擊開發設施單元設計原則總表 (2/2)

設施名稱	照片	設施說明	適用地點	類型	基本結構	基本維護方式	生命週期概估	成本概估
樹箱過濾設施		箱型生態滯留單元，設置於人行道或公共設施，利用路緣入口及樹箱上方格柵蒐集地表逕流，再利用植物與生態滯留土壤介質進行過濾及貯存。	公共設施、停車場及人行道等場址受限區域。	(無)	(1)入流設施 (2)前處理設施 (3)表層貯水區 (4)溢流設施 (5)生長介質 (6)過濾貯水層 (7)排水管 (8)覆蓋層 (9)植栽 (10)柵欄護蓋 (11)混凝土箱	喬木修剪及沉積物清理	25年	22,000 (元/座)
植生溝		寬淺且有地被植物或草皮之溝渠，當水體運移時，除水體可入滲土壤，減少地表逕流量，亦可經由地被植物之吸附及過濾來改善水質。	停車場、庭院、公園、道路及都市間的公共設施空間。	(1)乾式溝 (2)草溝渠	(1)植生溝槽體 (2)前處理設施 (3)生長介質 (4)過濾貯水層 (5)土工織布 (6)排水管 (7)植栽 (8)覆蓋層	移除沉積物、修剪及清除雜草	25年	4,100 (元/m)
滲透側溝/ 滲透陰井		採透水材料製作道路排水系統本體，並以碎石材料填充底部及兩側，使部分逕流由道路排水系統側面及底面入滲至土壤，降低整體逕流量。	道路、社區開放空間、建築物周圍、街道、人行道、停車場、庭院。	(無)	(1)側溝/陰井結構本體 (2)過濾貯水層 (3)過濾砂層 (4)土工織布	清淤及沖洗	10~15年	滲透側溝： 2,600 (元/m ²) 滲透陰井： 3,000 (元/座)

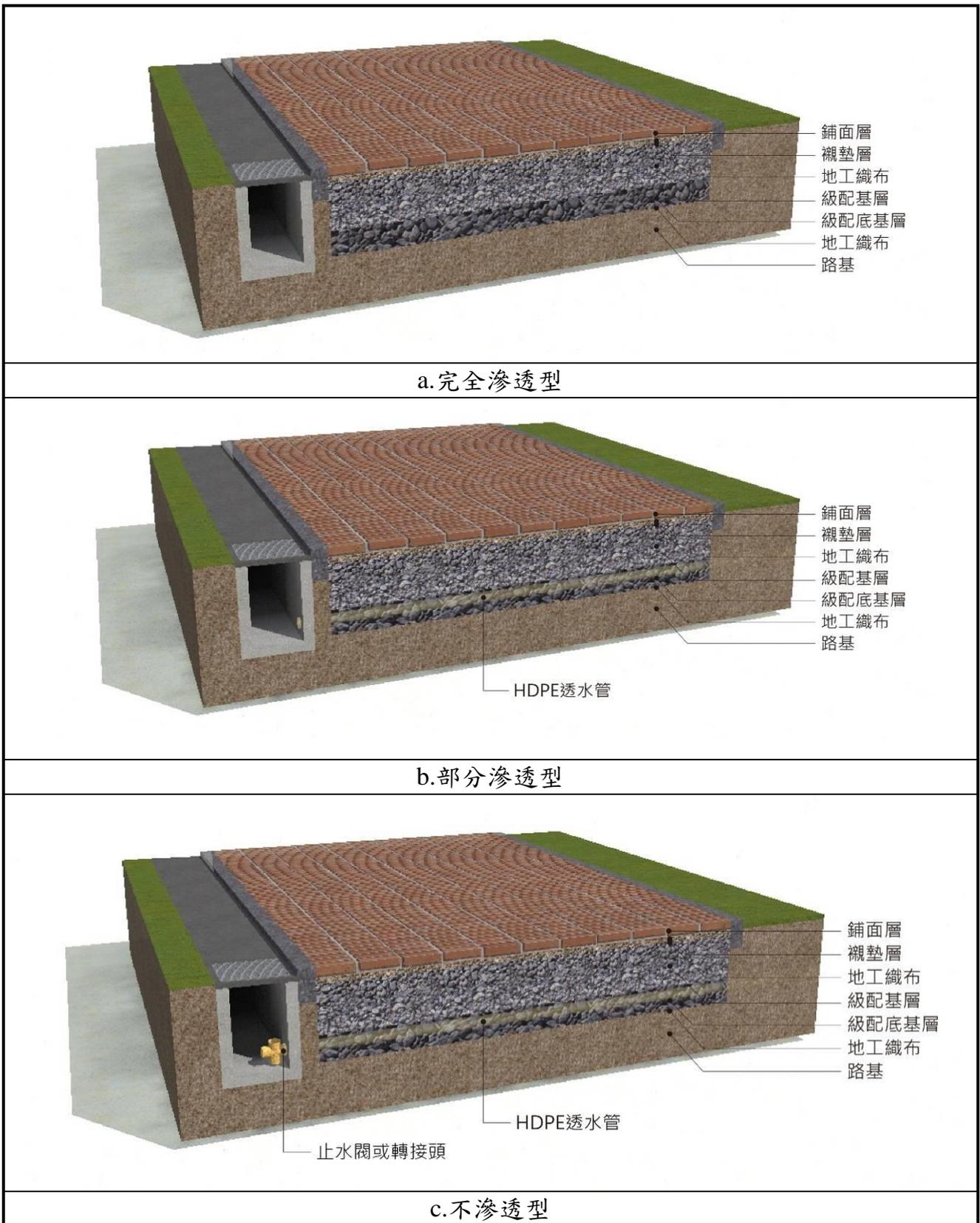


圖6-26 低衝擊開發設施排水型式示意圖

(二) 適用場所

LID 設施整體而言較適用於高度開發之都市地區，其適用場所如：

停車場、庭院、公園、道路及都市間的公共設施空間，尤其現有如公園內之景觀設施可以利用 LID 設施中之雨水花園取代，藉以提高 LID 設施單元之應用率，但較不適合快速公路或雙向四車道以上等車流量較大之道路。惟同一地點之選用優先順序需因地制宜，並非均以成本及效能為考量目標，仍應視需求決定。同一區域中以地勢較低、易與下水道連結、地下水位較低、周遭地表泥沙含量較低之位置較適合設置 LID 設施。

(三) 設施對應集水面積

LID 設施之深度越深，其貯留效益越高，但應考量成本效益及施工方便性，以及與排水系統之連接，無特殊需求下，整體深度以一公尺內為佳。考量設施處理能力及效益，設施之面積與其對應之集水面積比例建議介於 1：4 至 1：10。

(四) 排水管出口

考量後續維管方便性，排水管出口應以銜接陰井為主，高程也較易配合。若因高程影響導致設施排水管難以與現地排水系統配合，且不考慮改變現地或排水系統高程時，建議可將排水管延伸至較下游區域連接陰井，或導引至貯留調節池，以溢流方式排入道路側溝，或利用壓力系統進行抽排導入雨水下水道系統。

(五) 監測管

為瞭解設施運作情形及評估設施功能是否完善，應設置監測管觀測水位變化情形，以確保設施功能維持。管體可採透明壓克力材質以利觀察，管壁需打孔，監測管延伸至設施底部，並由透水土工織布包覆，防止顆粒進入。

(六) 分隔設施

若滲透型 LID 設施設置位置與重要結構設施（如：重要道路、建築物等）相鄰或為避免污染地下水質，滲透型 LID 設施需設置分隔設施，限制其橫向與垂向滲透，如：設施底部與周圍均採不透水土工織布鋪

設，避免相鄰不透水地區之土壤基層含水量過高，造成基礎弱化。

若相鄰地區僅為一般不透水表層，可限制僅橫向滲透，將混凝土路緣深度延伸至過濾貯水層底部，或利用防滲襯墊分隔兩邊的土層（如圖 6-27）。一般防滲襯墊有粘土（膨潤土）襯墊及土工膜襯墊兩種型式，當使用防滲襯墊時，必須配合使用排水管系統。

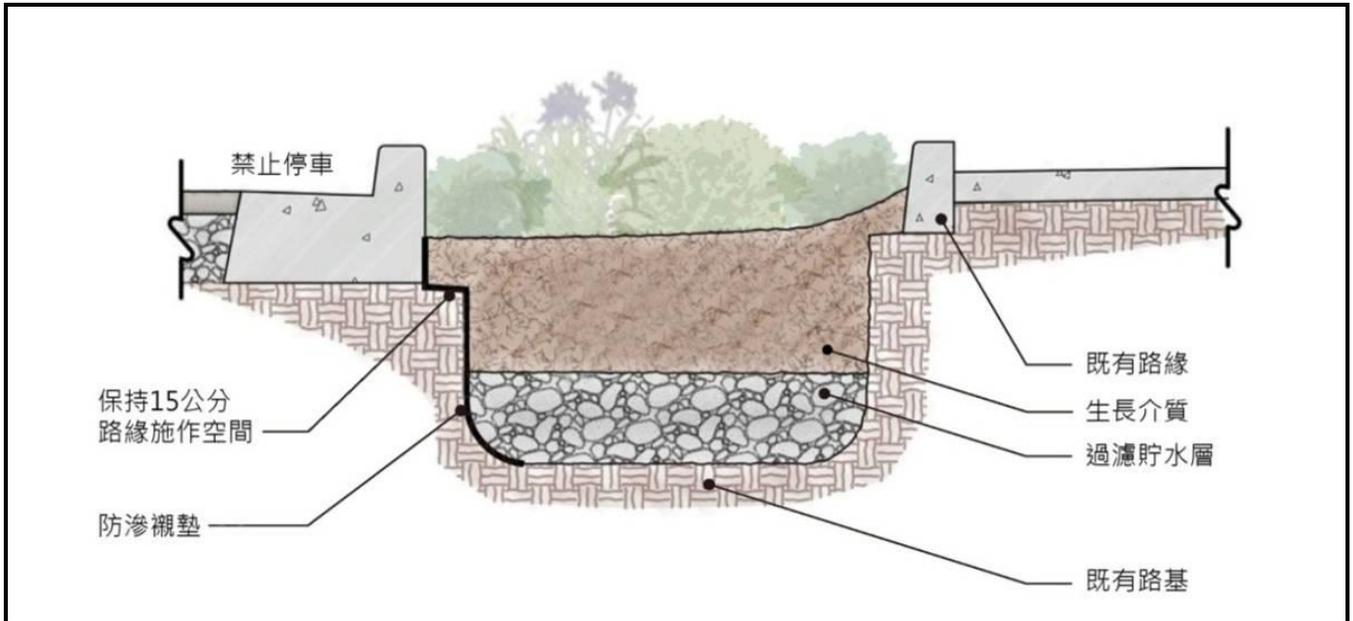


圖6-27 有防滲襯墊的生態滯留單元示意圖

（七）出流控制

因設施初期之入滲率高導致出流量較大，且裝設閘門後續維管理較為困難，故除屬配合監測井之排水管出口方設置閘門外，其餘單一設施之排水管出口則裝置口徑 0.5~1.0 公分之轉接頭，以控制出流量，維持貯留效果；若為系統共用出口轉接頭，尺寸可配合調整。待設施整體透水效益隨時間因阻塞降低時，再將轉接頭移除，延長設施生命週期。

（八）設施最終入滲率與孔隙率要求

透過本計畫試驗成果，建議將 LID 設施最終入滲率設計約為 5~8 公分/小時，使貯水區之水量應於每次暴雨事件過後 8~12 小時之內排乾，以利設施能於下一場暴雨事件時發揮效用，而級配層之孔隙率需至少不低於 25%。

（九）地下管線

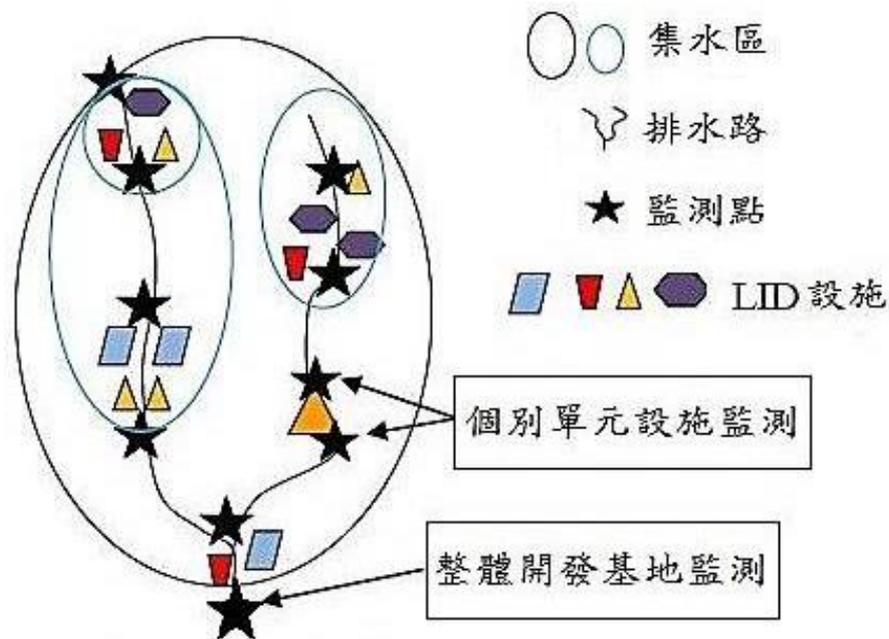
臺灣一般人行道下方常埋設各種管線（包括電力、電信、自來水、

瓦斯等），設置 LID 設施將受管線上方覆土深度及管線易腐蝕程度限制，若屬前者，鋪面下方結構可採透水混凝土或非連接型鋪面等硬底方式設計（已於透水鋪面一節中說明）；若屬後者，則可於 LID 設施周圍鋪設不透水地工織布，避免貯水向下方及設施周圍入滲。

（十）設施功能檢查

- 1、主要以量化方式確認 LID 設施之滲透機能，例如：於排水管出口利用計量容器量測固定時間內的滲透杯數等方法，確認各設施固定時間內滲透量與設施初設時之差異。
- 2、透過監測管觀察 LID 設施各層粒料是否有流失狀況、滲透機能等。

九、整體監測規劃



參考資料：《Urban Stormwater BMP Performance Monitoring》

圖6-28 監測規劃種類示意圖

透過監測可瞭解 LID 設施目前使用的狀況，以適時給予必要之維護與管理，進而確保公共安全，而長期監測所累積之水文資料除可定量分析各項 LID 設施之效能，以及評估 LID 設施降低基地開發造成環境衝擊的程度，亦可作為後續手冊進一步優化之參考。為瞭解 LID 設施使用的狀況，本計畫針對監測規劃分為兩部分，一為考量整體開發基地的「定期監測項目評估」，一為針對

個別設施單元的「性能監測項目評估」，如圖 6-28 所示，茲說明如下。

(一) 定期監測項目研析

為瞭解 LID 設施導入後對區域之減洪成效，可針對區域做一整體的定期監測規劃。主要為監測基地的降雨量、排水入流和排水出流量。

1、降雨量

將 LID 設施導入基地開發的同時，可依據規範（「國家級防災監測及模式測試基地建置規劃」，水利署，2011）選擇適當地點設置自記式雨量站量測雨量，以作為該集水區域入流量之參考，而監測基地大小以每 20 平方公里設置 1 站為基準。

2、排水入流及出流量

主要量測流經開發基地內排水系統之入、出流量。基地內設置之各項 LID 設施，其出流量皆由鄰近基地之排水系統承接，故為瞭解 LID 設施導入後對該基地的減洪效應，應監測流入基地排水系統及承接基地出流之流量。如為明渠，可於橋梁等跨河構造物設置流速計以比降法量測流量；如為下水道，則可將流速計設於人孔處，實際設置位置須因地制宜。

(二) 性能監測項目評估

以單一設施之性能監測項目而言，大體上除降雨量、出流量的監測外，另需量測設施單元內部貯留量，方能瞭解設施使用情況。各設施觀測項目如表 6-20 所示，而各項設施監測配置情形如表 6-21 ~表 6-25 所示，各性能量測方式說明如下：

表6-20 低衝擊開發設施性能監測項目

項次	設施單元	降雨量	出流量	貯留量
1	滲透陰井/側溝	自記式雨量筒 或 傾斗式雨量計	於陰井設置自計水位計	-
2	生態滯留單元/ 雨水花園		設置量水構造物	以壓力式水位計量測
3	樹箱過濾設施		於陰井設置自計水位計	以壓力式水位計量測
4	雨水桶		-	以桶內水位推估
5	綠屋頂		利用雨水桶入流量推估	-
6	植生溝		設置量水構造物	以壓力式水位計量測
7	透水鋪面		設置量水構造物	-

表6-21 生態滯留單元/雨水花園監測配置示意表

設施單元	生態滯留單元/雨水花園		
監測項目	降雨量	出流量	貯留量
儀器	自記式雨量筒和傾斗式雨量計	流量計或三角堰與水位計	壓力式水位計
位置	架高或置於地面上方無遮蔽處	觀測井下方連接排水管處	通過設施貯水層
配置圖			

表6-22 透水性鋪面監測配置示意表

設施單元	透水性鋪面		
監測項目	降雨量	出流量	逕流量
儀器	自記式雨量筒和傾斗式雨量計	流量計	三角堰搭配水位計
位置	架高或鋪面上方無遮蔽處	觀測井下方連接排水管處	觀測井上方邊壁
配置圖	<p>配置圖</p> <p>降雨量</p> <p>出流量</p> <p>逕流量</p> <p>自記式雨量筒和傾斗式雨量計</p> <p>流量計</p> <p>三角堰搭配水位計</p> <p>架高或鋪面上方無遮蔽處</p> <p>觀測井下方連接排水管處</p> <p>觀測井上方邊壁</p> <p>風向風速計</p> <p>雨量筒</p> <p>三角堰及水位計</p> <p>排水管</p> <p>流量計</p> <p>透水磚</p> <p>襯墊層</p> <p>土工織布</p> <p>級配基層</p> <p>級配底基層</p> <p>土工織布</p> <p>路基</p>		

表6-23 樹箱過濾設施監測配置示意表

設施單元	樹箱過濾設施		
監測項目	降雨量	出流量	貯留量
儀器	自記式雨量筒和傾斗式雨量計	流量計或三角堰搭配水位計	壓力式水位計
位置	架高或地面上方無遮蔽處	測溝連接排水管處	通過設施貯水層
配置圖			

表6-24 植生溝監測配置示意表

設施單元	植生溝		
監測項目	降雨量	出流量	貯留量
儀器	自記式雨量筒和傾斗式雨量計	流量計或三角堰搭配水位計	壓力式水位計
位置	架高或置於地面上方無遮蔽處	測溝連接排水管處	通過設施貯水層
配置圖			

表6-25 綠屋頂與雨水桶監測配置示意表

設施單元	綠屋頂與雨水桶		
監測項目	降雨量	綠屋頂出流量	雨水桶貯留量
儀器	自記式雨量筒和傾斗式雨量計	雨水桶之水位刻度	雨水桶之水位刻度
位置	架高或置於綠屋頂表層	落水頭銜接雨水桶，由雨水桶水位推估流量	雨水桶邊壁

配置圖

1、降雨量

時間尺度上取每 10 分鐘 1 筆監測資料，並採取自動化監測，以兼顧短延時強降雨之監測。如考量成本，則可以鄰近雨量站資料推估之。另外，由於風速過大會造成雨量資料產生誤差，故建議同時設置風速儀，測得的風速資料可用以校正雨量資料，如圖 6-29 所示。



圖6-29 雨量筒與風向風速計



圖6-30 出流口設置之流速儀

2、出流量

本計畫中探究的 7 種 LID 設施中，生態滯留單元/雨水花園、透水鋪面以及植生溝等 3 種設施，其內部出流方式可分為完全入滲、部分入滲以及不入滲等 3 種型式。後兩者皆於設施底層埋設排水管，可先將入滲於設施中之逕流排導至小型調節池，再排入都市排水系統中。上述排水方式，則可於小型調節池中設置量水構造物如：堰、孔口、閘門及巴歇爾量水槽等量測流量。另外，設施表面的出流量（即逕流量）可於出流口前設置儀器進行量測，如圖 6-30 所示。

樹箱過濾設施底部之排水管會將逕流集中至陰井，再排導入都市排水系統，故可直接利用量測陰井水位而推得流量。

雨水桶為標準化之雨水貯留設備，直接量測其水位變化即可換算得貯留體積及入、出流量，而當雨水桶與綠屋頂搭配使用時，則綠屋頂之出流量即為雨水桶之入流量。

3、貯留量

本計畫中探討的 7 種 LID 設施，大致上可依是否具有雨水貯留功能分為兩大類：第一類為具有雨水貯留功能之設施，如：生態滯留單元/雨水花園、樹箱過濾設施、植生溝（乾式溝）以及雨水桶等 4 項設施，其監測項目除入、出流量外，需透過壓力式水位計量測設施單元表面及內部貯留水位。惟樹箱過濾設施因貯留量體較小，若考慮經濟效益，則可不進行貯留水位之監測；第二類為雨水貯留功能較差之設施單元，如：綠屋頂和透水鋪面，即不測其貯留量。另外，滲透側溝主要功能為水體傳輸，故亦不監測其貯留量。

第柒章、水環境低衝擊開發設施評估指標訂定

為符合土地開發出流管制之目標，內政部與水利署協商會議決議：依土地開發尺度之不同，以不同方式要求土地開發者肩負防洪義務，若屬都市計畫擬定、變更或開發面積達 2 公頃以上者，需提送排水計畫書；開發面積 2 公頃以下之小型開發行為，則透過建築技術規則要求設置雨水貯留設施，以減少土地開發產生之衝擊。

≥ 2 Ha

針對大型開發行為(①面積≥2公頃+②使用分區變更)依水利署「中央管區域排水計畫書審查作業要點」，需通過二階段排水計畫審查，以確保**開發前後逕流零增量**(以地區整體區域排水思維)。

< 2 Ha

小型基地開發回歸**建築技術規則管理(4-3條, 305條)**，治水思維已納入土地使用規劃管理，而LID設施導入係屬進入單一基地建築開發階段辦理，且主要係以提升保水量減少建築基地開發所排出之地表逕流。

因此，在開發同時應透過各種設計理念導入各種減洪措施，LID 設施即為可積極運用之策略，然而搭配不同的開發主體需求、基地實質環境條件與設計概念，會產生不同的設計導入方式，為求各種設計均能滿足出流管制的目標，尤其對小型開發行為之建築基地而言，若操作方式過於複雜，可操作性也相對降低，故本計畫參酌國外相關之評估指標，研提水環境低衝擊開發設施評估指標 (Index of Low Impact Development for Water Environment, ILIW)，透過一個簡易便捷的評估指標，讓不同的設計均能滿足出流管制的目標，也有助於 LID 後續之推動。

一、國外相關評估指標

以下將透過歐洲德國生物棲地指數 (Biotope Area Factor, BAF) 及北亞日本表面流出抑制點數，分別就質與量兩個層面，說明國外以簡易指標建構生物多樣性環境或貯洪環境之作法。

(一) 德國生物棲地指數 (Biotope Area Factor, BAF)

1、指標說明

德國柏林規定新建開發案 (包含改建或擴建案) 之開發面積需保留一定比例的綠色空間，該綠色空間面積與整個開發區面積的比例即

稱為生物棲地指數 (Biotope Area Factor, BAF)。BAF 係於 1980 年代開始發展，並於 1994 年正式立法通過，本法規屬於景觀規劃、景觀設計和物種保護等相關規定的一部分，其目的在於都市高度密集開發的同時，也發展都市的綠色基盤 (Green Infrastructure)，確保都市中的生物棲息地。

生物棲地指數係代表某區域中「有效的生態表面總面積」和區域總面積的比值，其計算式如式 (7-1)；而「有效的生態表面總面積」計算方式則是將不同的表面積乘以其「生態權數」後加總而得，其計算式如式 (7-2) 所示。若 BAF 指數越高，則基地的透水性與生態性就越高。

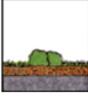
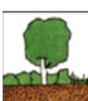
$$\text{生物棲地指數 (BAF)} = \text{有效的生態表面積} \div \text{總面積} \dots\dots\dots (7-1)$$

$$\text{有效的生態表面積} = \text{特定型態表面積} \times \text{生態權數} \dots\dots\dots (7-2)$$

德國政府目前依據基地表面透水程度及植物覆蓋程度之不同，分別賦予各類不同基地表面型態的「生態權數」，供開發者遵循。基地表面之透水性及生態性越差者，其生態權數越低，如：不透水鋪面生態權數為 0；而透水性及生態性越佳者，則其生態權數越高，如表面有植栽覆蓋，並與土壤接觸的基地表面型態的生態權數為 1，各類基地表面型態之生態權數詳表 7-1 所示。

此外德國政府針對都市中不同使用分區，訂有不同的生物棲地指數 (BAF)，例如：住宅區的 BAF 指數達 0.6，而商業區 BAF 指數僅需達 0.3；又其考量已開發基地受限於現有開發程度之影響，可供利用之基地面積難以與新開發基地相比，故柏林市針對不同開發程度之已開發基地進行改建或擴建及新開發基地，分別訂定不同的 BAF 指數目標值，如表 7-2 所示。以住宅區為例，若屬改建或擴建已開發基地，依其現況開發程度高到低，其最小 BAF 指數要求分別為 0.30、0.45 及 0.60；新開發基地之最小 BAF 指數要求則為 0.60，開發者必須設法達到規定的 BAF 值，方可取得建築物執照。

表7-1 不同基地表面型態之生態權數一覽表

圖例	基地表面型態	特徵	權數
	不透水鋪面 Sealed surfaces	水及空氣無法滲透的表面且無植物生長，如混凝土及柏油等	0.0
	部分透水的鋪面 Partially sealed surfaces	無植物生長，但水及空氣可以滲透，如馬賽克鋪面	0.3
	半開放鋪面 Semi-open surfaces	水可入滲且植物可生長的表面，如短草覆蓋的礫石鋪面、木塊鋪面等	0.5
	植栽覆蓋，但不接觸至土壤底部 Surfaces with vegetation unconnected to soil below	有植物覆蓋的表面，但土壤厚度 <small>小於</small> 80公分，而且位於不透水人工構物之上，如地下停車場上的植栽區域	0.5
	植栽覆蓋，但不接觸至土壤底部 Surfaces with vegetation unconnected to soil below	有植物覆蓋的表面，但土壤厚度 <small>大於</small> 80公分，而且位於不透水人工構物之上，如地下停車場上的植栽區域	0.7
	植栽覆蓋，並與土壤接觸 Surfaces with vegetation unconnected to soil below	有植物覆蓋的表面，且與土壤同為一體，可以容許植物和動物成長的區域	1.0
	雨水入滲(以屋頂面積計算) Rainwater infiltration per m ² of roof area	雨水透過現有的植物入滲以補注地下水	0.2
	垂直綠覆面(以不超過10m計算) Vertical greenery up to 10m in height	有植物覆蓋的牆面	0.5
	屋頂的綠覆面 Green roofs	屋頂上植栽覆蓋的表面	0.7

資料來源：譯自 Kazmierczak, A. and Carter, J. (2010) “Adaptation to climate change using green and blue infrastructure. A database of case studies.”。

生物棲地指數很大的優點係在於只要符合法規規範指標要求，開發場址具有相當大的設計靈活性，開發者可自由決定要採用哪些設施及設施設置位置，可保留建築基地設計的彈性。如此，都市地區透過BAF指數的政策推動，不僅可提高適合生物棲息的面積，進而增加了都市內的透水性表面，降低開發行為對都市之衝擊。

表7-2 不同開發基地之生物棲地指數 (BAF) 最小要求一覽表

改建或擴建現有已開發基地		新開發基地
開發程度=開發面積/基地總面積	生物棲地指數 (BAF)	
住宅用地		
~0.37	0.60	0.60
0.38~0.49	0.45	
0.50~	0.30	
商業用地		
N/A	0.30	0.30
公共設施		
~0.37	0.60	0.60
0.38~0.49	0.45	
0.50~	0.30	
學校用地		
N/A	0.30	0.30
托兒所及護理中心		
~0.37	0.60	0.60
0.38~0.49	0.45	
0.50~	0.30	
公共建設 (如鐵路及公路等)		
N/A	0.30	0.30

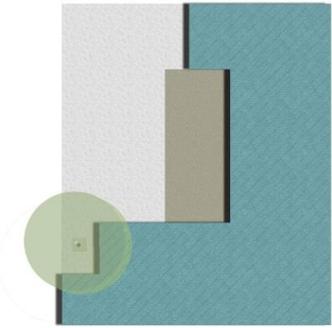
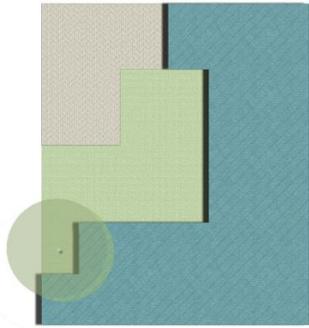
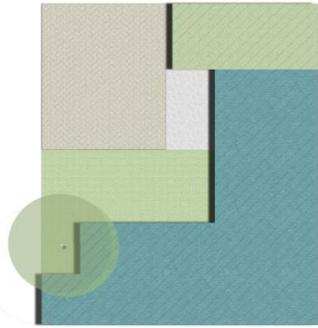
資料來源：譯自Kazmierczak, A. and Carter, J. (2010) "Adaptation to climate change using green and blue infrastructure. A database of case studies."。

2、計算範例

以 1 處基地面積 479 平方公尺，已開發基地面積 279 平方公尺之住宅基地改建案為例，本基地之開發程度為 0.58 (已開發面積除以基地面積，亦即 $279/479=0.58$)，參照表 7-3 所列規範值，本建築基地改建應符合之 BAF 指數為 0.30。

依據基地土地使用現況，僅有零星砂石鋪面 (半透水鋪面) 及綠地，故現況 BAF 指數僅 0.06，詳表 7-3 所示。如同前述說明，BAF 指數賦予開發者靈活的設計彈性，故可分別採用不同的設施配置以達到規範要求，如改善方案 A 增加大量綠地與透水鋪面，而改善方案 B 則透過多元配置包含綠屋頂、綠地、透水鋪面等設施，使得兩個改善方案改善後均可符合 0.3 之規範目標，計算過程詳見表 7-3 所示。

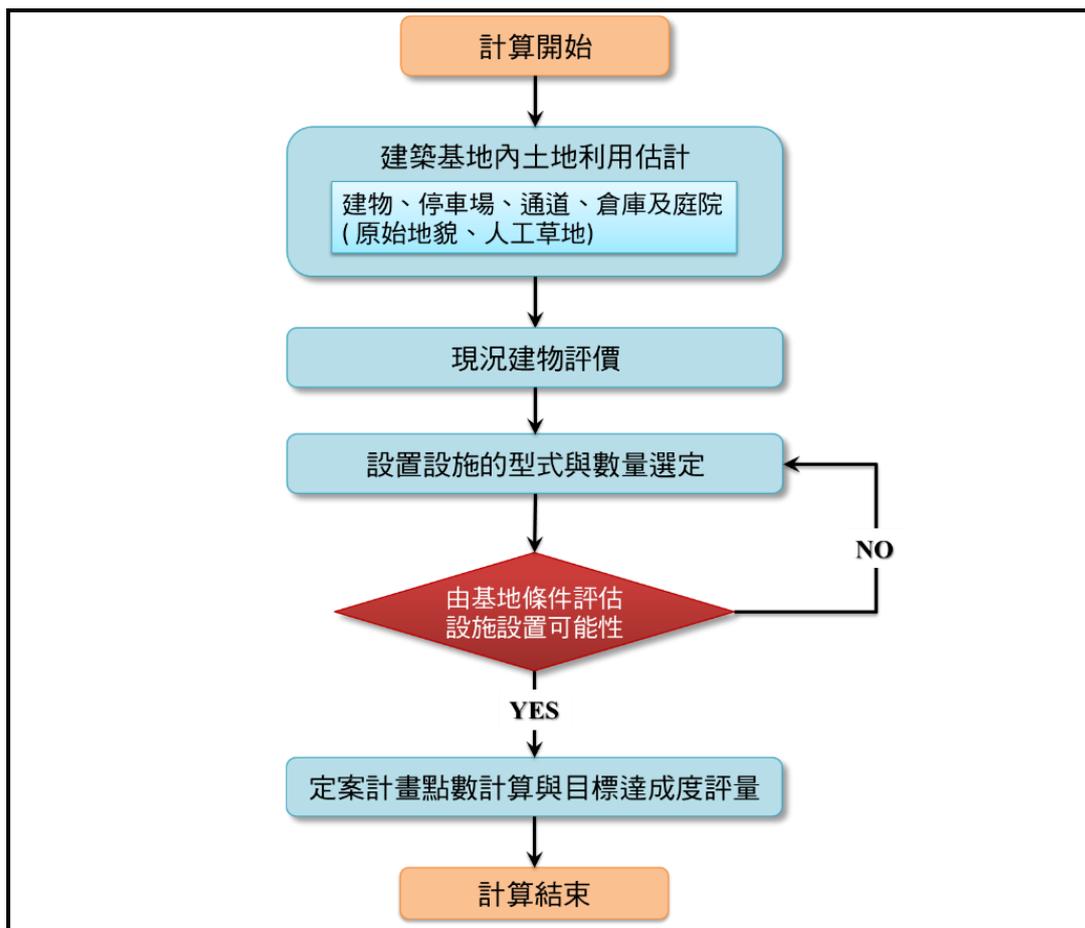
表 7-3 生物棲地指數計算範例表

說明	現況				改善方案 A				改善方案 B			
	種類	面積 (m ²)	權數	小計	種類	面積 (m ²)	權數	小計	種類	面積 (m ²)	權數	小計
圖例												
基地總面積①	479m ²				479m ²				479m ²			
各類用地有效生態表面積②	已開發住宅 (無綠屋頂)	279.0	0.0	0.0	已開發住宅 (無綠屋頂)	279.0	0.0	0.0	已開發住宅 (無綠屋頂)	229.0	0.0	0.0
	瀝青鋪面	140.0	0.0	0.0	部分透水鋪面	80.0	0.3	24.0	綠屋頂	50.0	0.7	35.0
	砂石鋪面	59.0	0.5	30.0	綠地覆蓋	120.0	1.0	120.0	混凝土鋪面	21.0	0.0	0.0
	綠地覆蓋	1.0	1.0	1.0					部分透水鋪面	100.0	0.3	30.0
									綠地覆蓋	79.0	1.0	79.0
	合計		479.0		31.0		479.0		144.0		479.0	
BAF ③=②÷①	31 / 479 = 0.06				144 / 479 ≈ 0.3				144 / 479 ≈ 0.3			

(二) 日本表面流出抑制點數

1、指標說明

平成 16 年(2004 年)日本通過「特定都市河川浸水被害對策法」，積極回復都市地區保水功能，改善河川與下水道系統，並修正土地利用開發計畫。同時，為強化民眾設置雨水貯留浸透等 LID 設施意願，各級政府均成立相關補助與租稅減免制度。而平成 18 年日本雨水貯留浸透技術協會提出「住宅雨水貯留入滲設施設置手冊（戶建住宅における雨水貯留浸透設施設置マニュアル）」，該手冊中建立「表面流出抑制積分（表面流出抑制ポイント）」計算機制，作為雨水貯留入滲設施選定與配置之參考，以達到預期貯洪目標，其計算流程如圖 7-1 所示。



資料來源：譯自 雨水貯留浸透技術協會（2006）「戶建住宅における雨水貯留浸透設施設置マニュアル」。

圖7-1 雨水貯留入滲設施選定流程圖

表面流出抑制積分之基本理念為回復土地開發前之情況，故該積

分係以能維持原始自然景觀，未被擾動情況條件者（如：林地、耕地等）給予每平方公尺 1 點的抑制點數，並以此為基礎依各類雨水貯留入滲設施之可貯留水量設定抑制點數，如：雨水桶可貯留水量較大，抑制點數為每立方公尺 10 點；而綠屋頂排保水層可貯留水量較小，抑制點數為每平方公尺 0.1 點，各類雨水貯留入滲設施點數如表 7-4 所示。其中，滲透陰井及滲透側溝係基於特定設施尺寸計算所得，若尺寸規模不同則可參考表 7-5 所列點數進行修正。

表7-4 日本各類雨水貯留入滲設施點數表

設施名稱	表面流出抑制點數		設施尺寸
滲透陰井	3.7 point/個		0.6m (H) × 0.6m (W)
滲透側溝	2.7 point/m		0.6m (H) × 0.6m (W)
透水鋪面	1.0 point/m ²		0.15m (H)
雨水桶	1m ³ 以上	10 point/m ³	-
	不到 1m ³	5 + V × 5 point/m ³	-
綠屋頂	0.1 point/m ²		5mm 窪地貯留量
自然景觀區	1.0 point/m ²	林地、耕地、荒野等未被機械滾壓夯實過之土地利用型態	-
人工草地	0.5 point/m ²	人工植生所覆蓋的土地	-
空地	0.4 point/m ²	被機械滾壓夯實過之土地利用型態	-

資料來源：譯自 雨水貯留浸透技術協會（2006）「戶建住宅における雨水貯留浸透設施設置マニュアル」。

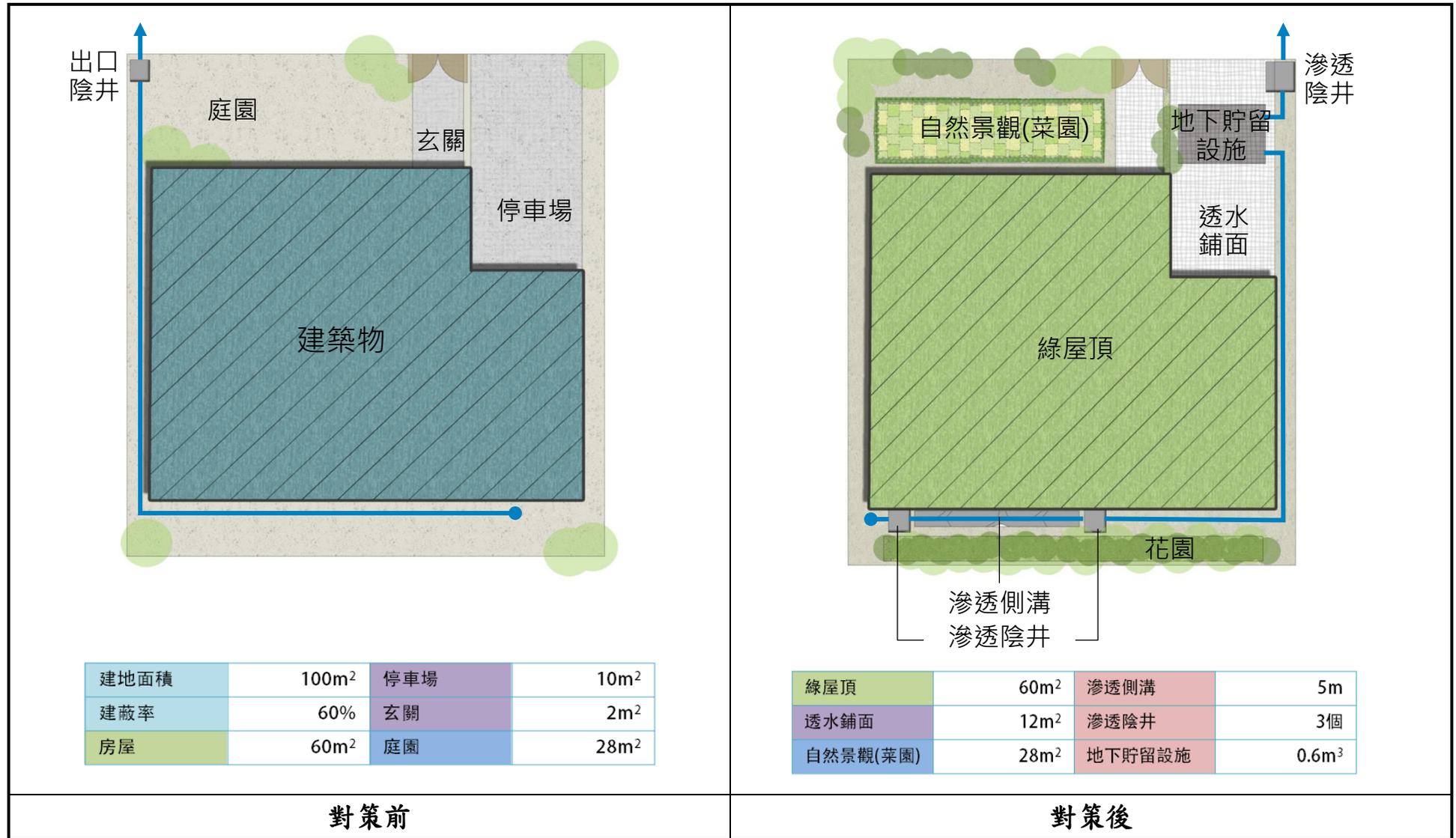
表7-5 不同規模設施點數表

設施名稱	設施尺寸（寬×高）		
	0.3m × 0.6m	0.6m × 0.6m	1.0m × 1.0m
滲透陰井	2.2	3.7	8.8
滲透側溝	2.4	2.7	4.1

資料來源：譯自 雨水貯留浸透技術協會（2006）「戶建住宅における雨水貯留浸透設施設置マニュアル」。

整體而言，當設施設置後，建築基地內表面流出抑制積分達到每 100 平方公尺具有 100 積點（100 point/100 m²）之目標時，亦即該建築基地可恢復開發前之雨水流出抑制效果。

7-8



資料來源：摘自 雨水貯留浸透技術協會 (2006) 「戶建住宅における雨水貯留浸透設施設置マニュアル」。

圖7-2 雨水貯留入滲設施配置例示意圖

2、計算範例

以建地面積 100 平方公尺，建蔽率 60%之住宅基地為例，其用地現況與改善構想如圖 7-2 所示。現況之房屋、停車場、玄關等用地合計不透水面積為 72 平方公尺，被機械滾壓夯實過之空地面積為 28 平方公尺，經參考表 7-4 所列流出抑制點數可知，現況不透水區域之流出抑制點數為 0 點；而透水區域流出抑制點數為 11.2 點，故合計 11.2 點，計算成果詳見表 7-6。

表7-6 表面流出抑制點數計算成果表

①	地目別面積 (m ²)	不透水區域 72m ²				透水區域 28m ²			合計
		房屋	停車場	玄關	倉庫	自然景觀區	人工草地	空地	
		60	10	2				28	100
②	對 100m ² 面積率 ①÷100	0.60	0.10	0.02				0.28	
	無對策時點數【現況】							11.2	11.2
③	施設對策	點數	施設設置數量						
	菜園、花園；m ²	1.00					28		
	人工草地；m ²	0.50							
	空地；m ²	0.40							
	滲透陰井；個	3.70	3 個						
	滲透側溝；m	2.70	5m						
	透水鋪面；m ²	1.00		10m ²	2m ²				
	貯留設施；1m ³ 以上	10.00	1.5m ³						
	貯留設施；1m ³ 以下	5 + V×5							
綠屋頂；m ²	0.10	60m ²							
④	合計點 Σ (點數×數量)	45.6	10	2		28			
⑤	地目別點數 ④÷②	76.0	100.0	100.0		100.0			
⑥	總和評價 Σ (①×⑤) ÷ Σ ①	57.6			28			85.6	

資料來源：譯自 雨水貯留浸透技術協會 (2006) 「戶建住宅における雨水貯留浸透施設設置マニュアル」。

若依據「住宅雨水貯留入滲施設設置手冊」所建議設置流出抑制設施，包含綠屋頂 60 平方公尺、自然景觀設施 28 平方公尺、滲透陰井 3 處、滲透側溝 5 公尺、透水鋪面 12 平方公尺及地下貯留設施 1.5 立方公尺後，則建築基地原本之不透水區域流出抑制點數可增為 57.6 點；而透水區域流出抑制點數增為 28 點，合計流出抑制點數增加為

85.6 點，計算成果請參見表 7-6。

二、水環境低衝擊開發設施評估指標操作構想及設計原則

(一) 評估指標操作構想

發揮源頭管理以負擔部分既有設施基礎逕流容受量及永續環境經營要求，是推動 LID 設施導入都市空間最大的目標，因此指標的設計如何兼顧此兩項需求是最大的挑戰。

借鏡上述他山之石，德國 BAF 指標在屬性上係為質的表現，故指標設計必須考量使用分區差異；而日本表面流出抑制點數主要係以防洪觀點規範貯洪量之表現，故其點數之設計並不因為使用分區不同而有所差異。

又參考美國洛杉磯市政法典（Los Angeles Municipal Code）第 4 章第 1 條第 64.72.05 款，除點出任何開發或再開發的基地，應最大化雨水逕流之管理及收集，給與「量」之規定外，並點出在設計手法選擇應有優先順序思維，依序為滲透、蒸散、貯留與利用，且提及人工機制應為最後的選擇；並要求基地的所有逕流均需經過高移除效率的生態過濾/生態處置系統來處理，這部分則屬於「質」的規範。

綜上，初步判斷未來指標操作在兼顧保水及環境永續考量下，應綜理德國 BAF 與日本表面流出抑制點數兩種指標之操作思維，即應同時隱含保水量及環境環境永續表現。又 LID 設施設置空間扣除配套設計之滲透陰井及滲透排水管，其餘設施導入主要受限地面層建築面積及開挖率，若暫不討論開挖率，開發管理者及未來使用者均必須承認地面層的限制主要係因其所提供之都市活動而有所差別，例如：城市規劃要求商業區要有騎樓，因空間消費習慣、空間行為運作的差異，百貨公司、沿街商業、廠房等空間須有較大的地面層空間，新、增、擴建及整建維護行為勢必引影響其環境永續表現。因指標隱含環境永續內涵，並因使用分區特質不同，無論在「量」及「質」上，將產生差異。透過 LID 設施的設置可發揮保水、遲滯與入滲之功能，可以適度的降低集水區的總

逕流量、降低洪峰流量並延長洪峰到達時間，故 LID 設施之減洪效能亦應設定相關指標，以確保 LID 設施可以降低開發行為對於水環境衝擊之效能。

(二) 指標設計原則及適用對象

1、訂定原則

考量指標訂定後之操作執行，若能最大化使用族群，友善不同專業領域（建築、景觀、水利、都市設計），對於 LID 設施之推廣應能產生最大效益。參考德國生物棲地指數（BAF）及日本表面流出抑制點數等相關理念與做法，水環境低衝擊開發設施評估指標訂定原則如下：

- (1) 簡便且易於計算操作之精神，以便於不同專業領域業管人員、開發單位參考與遵循。
- (2) 指標設計應兼顧開發基地之保水量體及環境永續要求。
- (3) 指標設計應確保 LID 設施可有效降低開發行為對水環境之衝擊。
- (4) 評估指標需考量開發基地之開發程度、實際開發行為與土地使用類型等因素，以提升評估指標之可操作性。
- (5) 應考量與現行法規之關係，使實務推動上併行不悖。

2、適用對象

本指標係基於開發基地內 LID 設施保水貯留以及洪峰消滅能力是否可達目標量體而訂定，故不論面積大小均可適用，可以開發區或建築基地為對象進行評估。

三、訂定水環境低衝擊開發設施評估指標

(一) 低衝擊開發設施保水量估算與基地容受力分析

1、國內現行保水設施與低衝擊開發設施之差異

國內現況許多友善環境景觀營造設施如圖 7-3 所示，雖已朝環境綠美化及設置入滲設施方向規劃，但並未考量國內許多地區，其既有

路基土壤屬係入滲率不高之黏土層，基地涵養及雨水貯留能力低落，幾乎僅依靠表面貯水空間進行貯水，降雨經常直接經由表面溢流進入排水系統。若於排水不良之低地，亦容易造成積水，最終只能依靠蒸發排除，原本作為友善環境之生態設計，因此事倍功半，不僅未能發揮預期效果，更甚者產生反效果。

LID 設施之設計原則即以保水作為必要之設計考量，前文已說明，如生態滯留單元、透水鋪面等 LID 設施之表面層高程應低於周遭地表高程，而設施本身之貯留能力，不完全依靠既有地基土壤入滲，透過土壤改良設計，使設施中設置之人工土床擁有高孔隙率而具有貯留功能，進以提高地區內整體雨水涵養能力。

比較 LID 設施與一般景觀設施設計之單位面積保水量（如圖 7-4），景觀設施之土壤保水量係參考內政部營建署建築基地保水設計技術規範計算方式，一般土壤最終入滲率介於 10^{-5} ~ 10^{-7} 公尺/秒，此處最終入滲率採粉土之 10^{-6} 公尺/秒，入滲時間則為 6 小時，單位面積之設施保水量約為 0.172 立方公尺。然實際狀況下，因一般土壤入滲率不高，導致多數降雨在入滲前，便因表層土壤飽和而形成地表逕流進入排水系統，故景觀設施設計之保水量大多依靠表面空間蓄水體積，而 LID 設施則將景觀設施之底層土壤置換為孔隙率不低於 25% 之生長介質及過濾貯水層，明顯將保水量提高為 0.30 立方公尺。

2、低衝擊開發設施導入基地開發設計容受度分析

上述保水量的計算為保水積分之計算基礎，但若要參照國外經驗兼顧開發基地環境永續之需求，則需探討 LID 設施導入之量及品質，惟 LID 設施之設置受各基地地面層建築面積、地下室開挖率及屋頂面積所影響。故後文將透過基地的容受度分析來決定 LID 設施容受量及品質指標。

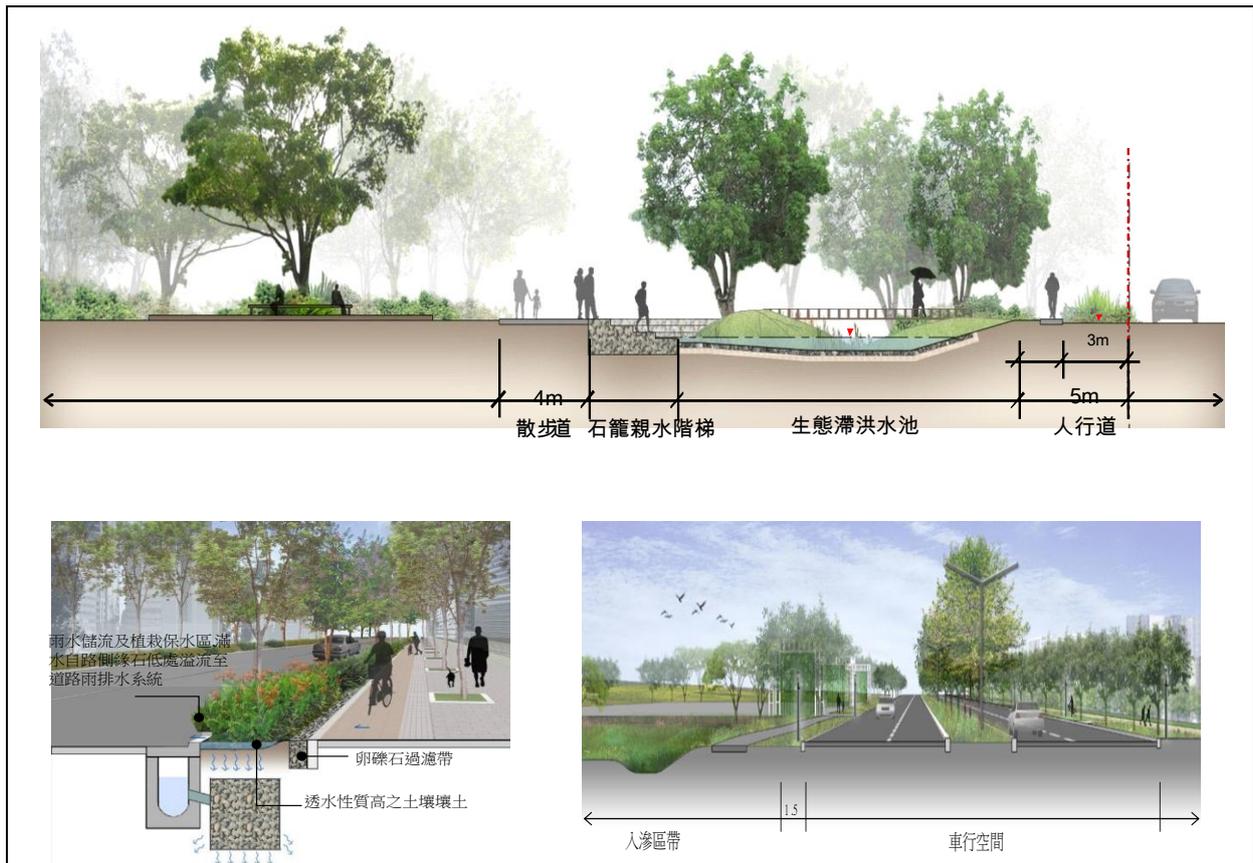


圖7-3 國內現況環境友善設施設計示意圖

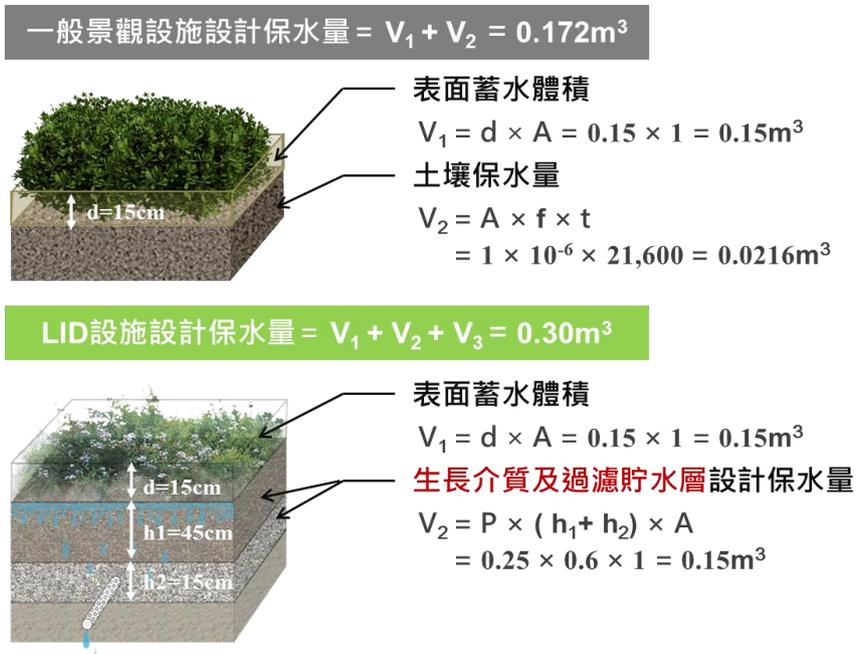


圖7-4 低衝擊開發及一般植栽設計保水量比較圖

為討論基地的在 LID 設施保水量及環境永續之容受力，本計畫以臺北市、新北市、臺中市及高雄市等共 78 個都審案例進行檢討分析，因滲透陰井/滲透側溝及雨水桶，均無地面綠化效果，不具景觀營造、微氣候調節作用，且雨水桶設施僅具備減洪與節水效益，並無入滲涵養地下水功能，故上述 2 項 LID 設施暫不列入基地容受設計標準。

表 7-7 ~表 7-14 為各都市案例（包括：商業區、住宅區、新市政專用區等）的試算結果；從試算結果可發現保水深度從 4 公分到 13 公分不等有相當差距的保水量，就目前案例試算結果有以下推測：

- 影響保水深度主要關鍵為開挖率大小，開挖面積越大，如各都的商業區、住商混合之分區等（開挖率為 70~80%之間），保水設施容受度越低，保水深度越淺。從高雄市的透天住宅可發現（案例 5），雖無地下開挖，基地的建蔽率對 LID 設施設計容受度也有相同的影響。



- 透過臺中市的商業大樓案例（案例 4）發現建築設計手法在不同樓層增置露天平台，能讓不受開挖面積限制的綠屋頂設施補足商業區保水深度之不足；而綠屋頂厚度的選擇也將會影響此設施保水容受度高低。
- 以臺北市第 4 種商業區（案例 2）為例，建蔽率為基地的 75%，又或有騎樓設置要求，使得大部份的裸地零星散布於邊界、角落等地方，雖無影響 LID 設施功能運作，但位於管理維護上不易操作之地，故不建議採用。

表7-7 臺北市都審案例基本資料及保水深度試算一覽表

	使用分區	基地面積(m ²)	建築面積(m ²)	實設建蔽率(%)	實設容積率(%)	地下開挖率(%)	保水深度(cm)
臺北市							
住宅新建工程	第4種商業區	181.0	90.5	68.5	636.0	80.0	2.0
旅館新建工程	第4種商業區	181.0	135.3	74.7	767.3	79.3	3.0
住宅新建工程	第3種商業特別區	1,002.0	520.8	52.0	419.3	79.9	3.3
住宅新建工程	第4種商業區	1,525.0	978.7	66.9	736.4	79.9	3.7
住宅新建工程	第2種商業區	2,203.0	12,77.7	58.0	428.0	77.2	3.8
旅館新建工程	特定觀光商業專用	209.0	120.4	64.9	400.0	77.0	4.0
住宅新建工程	第4種商業特別區(原商3)	1,220.0	793.0	65.0	886.9	79.5	4.0
住宅新建工程	第3/3-2種住宅區	1,160.0	463.6	40.0	292.5	66.7	4.5
住宅新建工程	第3種住宅區	1,247.5	558.1	45.0	315.0	55.0	5.0
住宅新建工程	第3種住宅區	2,517.7	1,132.2	45.0	292.5	54.9	5.0
住宅新建工程	第3種住宅區	1,545.5	501.6	32.5	225.0	73.9	5.3
住宅新建工程	第2種住宅區	1,161.9	375.9	32.4	120.0	46.4	5.5
住宅新建工程	第3-1種住宅特別區	1,292.0	436.4	33.8	322.3	49.9	6.0
住宅新建工程	住(商務住宅)	1,052.5	522.7	49.7	311.0	59.5	6.4
住宅新建工程	第2種住宅區	637.0	197.4	29.4	119.9	45.0	6.6
住宅新建工程	第3種住宅區	1,662.9	748.2	45.0	292.5	54.9	7.0
住宅新建工程	第3種住宅區	1,281.4	575.4	44.9	224.9	54.8	7.0
住宅新建工程	第3種住宅區	2,557.9	1,121.1	43.8	292.5	55.0	7.4
住宅新建工程	第1種住宅區	26,333.0	10,443.0	39.7	350.0	62.2	7.9
住宅新建工程	第2種住宅區	418.3	146.4	34.9	120.0	47.8	8.0
科技大樓新建工程	科技工業區	1,036.7	462.7	44.6	198.3	59.2	8.2
住宅新建工程	第2種住宅區	451.2	155.8	34.5	120.0	45.2	9.0
五金廠辦公室興建	科技工業區	761.4	380.0	49.9	200.0	54.3	9.0
住宅新建工程	第3種住宅區	2,006.0	902.6	45.0	281.2	55.0	9.1
集合住宅新建工程	第3種住宅區	3,021.8	1,320.2	43.7	281.2	55.0	10.0
住宅新建工程	第3種住宅區	2,413.0	1,083.5	44.9	292.0	55.0	11.0
住宅新建工程	第3種住宅區	2,805.6	1,262.5	45.0	292.4	55.0	11.7
辦公新建工程	特定商業區	1,954.0	694.2	35.5	249.4	38.0	12.0
住宅新建工程	第3種住宅區	1,032.2	461.3	46.7	292.5	55.0	12.4

資料來源：本計畫整理

表7-8 新北市都審案例基本資料及保水深度試算一覽表

	使用分區	基地面積(m ²)	建築面積(m ²)	實設建蔽率(%)	實設容積率(%)	地下開挖率(%)	保水深度(cm)
新北市							
零售與集合住宅工程	商業區	1,287.5	651.7	50.6	450.0	80.0	2.0
事務所與集合住宅新建工程	商業區	4,152.3	1,760.4	42.4	882.7	78.3	2.8
住宅新建工程	住宅區	781.1	326.8	41.8	210.0	69.7	3.5
住宅新建工程	第1種住宅區	5,324.9	2,063.5	40.0	449.5	69.9	3.7
住宅新建工程	住宅區	816.5	408.3	47.1	150.0	0.0	3.8
商辦大樓新建工程	第2種商業區	2,203.1	1,285.2	58.3	427.9	77.2	3.8
住宅新建工程	第2種住宅區	2,174.9	1,106.0	51.5	349.8	75.8	4.0
住宅新建工程	第2種住宅區	1,221.4	729.3	59.7	350.0	79.7	4.3
住宅新建工程	商業區	148.5	102.7	69.2	208.4	0.0	4.8
住宅新建工程	住宅區	3,337.8	1,295.1	38.8	260.0	69.8	5.2
商辦大樓興建工程	第2種商業區	1,977.2	1,073.6	54.3	461.6	71.5	5.2
住宅新建工程	第2種住宅區	2,264.5	900.8	39.8	311.9	60.0	5.6
住宅新建工程	第5種住宅區	3,015.8	1,967.4	34.8	352.0	68.1	5.7
住宅新建工程	住宅區	1,658.2	518.9	31.3	238.0	58.5	5.9
住宅新建工程	住宅區	460.0	226.0	48.5	448.0	60.0	6.0
住宅新建工程	第1種住宅區	535.0	183.9	37.7	120.0	0.0	6.3
住宅新建工程	第2種住宅區	2,034.4	742.0	36.5	309.4	60.0	6.5
住宅新建工程	第5-1種住宅區	10,464.0	3,533.7	33.8	320.0	70.0	7.0
住宅新建工程	第5種住宅區	4,137.4	1,580.2	34.7	320.0	69.3	7.0
住宅新建工程	第5種住宅區	1,373.4	467.1	34.0	320.0	67.4	7.3
住宅新建工程	第3種住宅區	21,185.0	5,684.0	26.8	230.0	58.0	8.8
住宅新建工程	第2種住宅區	1,091.1	321.2	29.4	352.0	59.6	9.5
商住大樓新建工程	商業區	6,181.8	2,284.9	37.0	700.0	62.9	12.0
住宅新建工程	第5種住宅區	1,494.4	522.1	34.9	319.6	69.2	13.0
住宅新建工程	住宅區	8,229.5	2,908.2	35.3	300.0	45.2	14.6

資料來源：本計畫整理

表7-9 臺中市與高雄市都審案例基本資料及保水深度試算一覽表

	使用分區	基地面積(m ²)	建築面積(m ²)	實設建蔽率(%)	實設容積率(%)	地下開挖率(%)	保水深度(cm)
臺中市							
住宅新建工程	第 1/2/3 種住宅區	3,606.0	1,992.0	44.4	265.6	90.0	1.2
住辦新建工程	第 1/2 種商業區	2,307.0	1,614.9	45.6	313.0	86.0	2.7
住辦新建工程	第 4 種商業區	3,702.0	2,219.4	60.0	616.5	80.0	2.7
住宅新建工程	第 2 種住宅區	3,097.0	1,539.2	49.7	180.0	74.2	3.5
住宅新建工程	第 1 種商業區 第 2 種住宅區	1,756.0	1,141.4	34.3	229.3	79.8	3.6
住辦新建工程	第 1/2 種商業區	1,382.0	967.4	41.3	459.2	86.0	3.9
住宅新建工程	第 2/3 種住宅區	2,758.0	1,566.5	56.8	359.2	78.4	4.3
住宅新建工程	第 1 種商業區 第 2/3 種住宅區	2,295.0	1,415.2	36.0	268.9	76.8	4.7
住辦新建工程	第 4-1 種商業區	4,619.7	2,148.2	40.7	843.8	77.7	4.8
住宅新建工程	第 3 種住宅區	3,180.0	1,130.8	35.8	442.0	77.5	5.0
住宅新建工程	第 3 種住宅區	5,853.6	3,196.7	54.6	472.0	76.6	5.0
辦公大樓新建工程	第 6 種新市政專用區	4,187.5	2,093.7	50.0	599.9	70.0	5.0
住宅新建工程	第 1 種住宅區 B 第 2 種住宅區 A	1,642.8	702.5	42.8	312.8	69.2	5.6
住辦新建工程	第 4-1 種商業區	2,304.0	1,382.4	47.7	837.6	78.4	5.7
辦公室新建工程	第 8 種新市政專用區	5,763.0	2,881.5	49.9	600.0	69.9	6.0
住宅新建工程	第 2/3 種住宅區	6,343.0	3,488.7	52.6	242.1	72.0	6.8
辦公大樓新建工程	第 3 種新市政專用區	1,500.5	746.8	49.8	399.8	69.9	8.0
店鋪辦公新建工程	第 2 種新市政專用區	3,765.4	1,428.0	37.9	316.7	69.8	8.0
店鋪辦公新建工程	第 1 種住宅區 B 第 2 種住宅區 A	1,784.0	819.3	45.9	199.5	74.7	10.0
住宅新建工程	第 3 種住宅區	2,237.0	1,230.4	54.9	280.0	78.5	10.0
高雄市							
店鋪集合住宅工程	第 3 種住宅區	1,736.0	606.7	240.0	240.0	80.0	4.0
公司住宅工程	第 2 種住宅區	311.4	155.7	150.0	149.2	N/A	8.0
住宅新建工程	特定商業區	324.8	162.3	250.0	185.1	N/A	13.0

資料來源：本計畫整理

表7-10 臺北市住宅新建工程（案例1）保水深度試算步驟

臺北市住宅新建工程（案例1）	
基地面積	418.31 平方公尺
使用分區	第2種住宅區
建蔽率	35%
容積率	120%
設計建蔽率	34.9%
設計容積率	120%
地下開挖率	47.77%

基地面積 418.31 m²

地下開挖範圍 47.77%

植栽槽 12m², 20m², 15m²

透水鋪面 43m², 15m², 10m²

雨水花園 35m², 1.7m²

綠屋頂

試算方式

LID 設施單元雨水貯留單位面積保水量 (m³) *

植生溝=0.075m³/m²

植栽槽設施=0.375 m³/m²

透水鋪面設施=0.175 m³/m²

雨水花園設施=0.3 m³/m²

綠屋頂=0.07 m³/m² (h=10cm)

保水指標算式

單位面積保水量 m³ × 該設施總面積 m²
= 該設施基地保水量 m³

基地總保水量 m³ / 基地總面積 m²
= 基地保水平均深度 m

左圖基地擁有透水鋪面、雨水花園、及綠屋頂設施，各設施所使用的面積分別為：

透水鋪面總面積=12+20+15=47m²

雨水花園總面積=43+15+10=68m²

綠屋頂總面積=35+1.7=36.7m²

套入算式 A：

透水鋪面基地保水量
=0.175×47m²=8.2m³

雨水花園基地保水量
=0.3×68m²=20.4m³

綠屋頂基地保水量
=0.07×36.7m²=2.57m³

基地總保水量=8.2+20.4+2.57=31.2m³

套入算式 B：

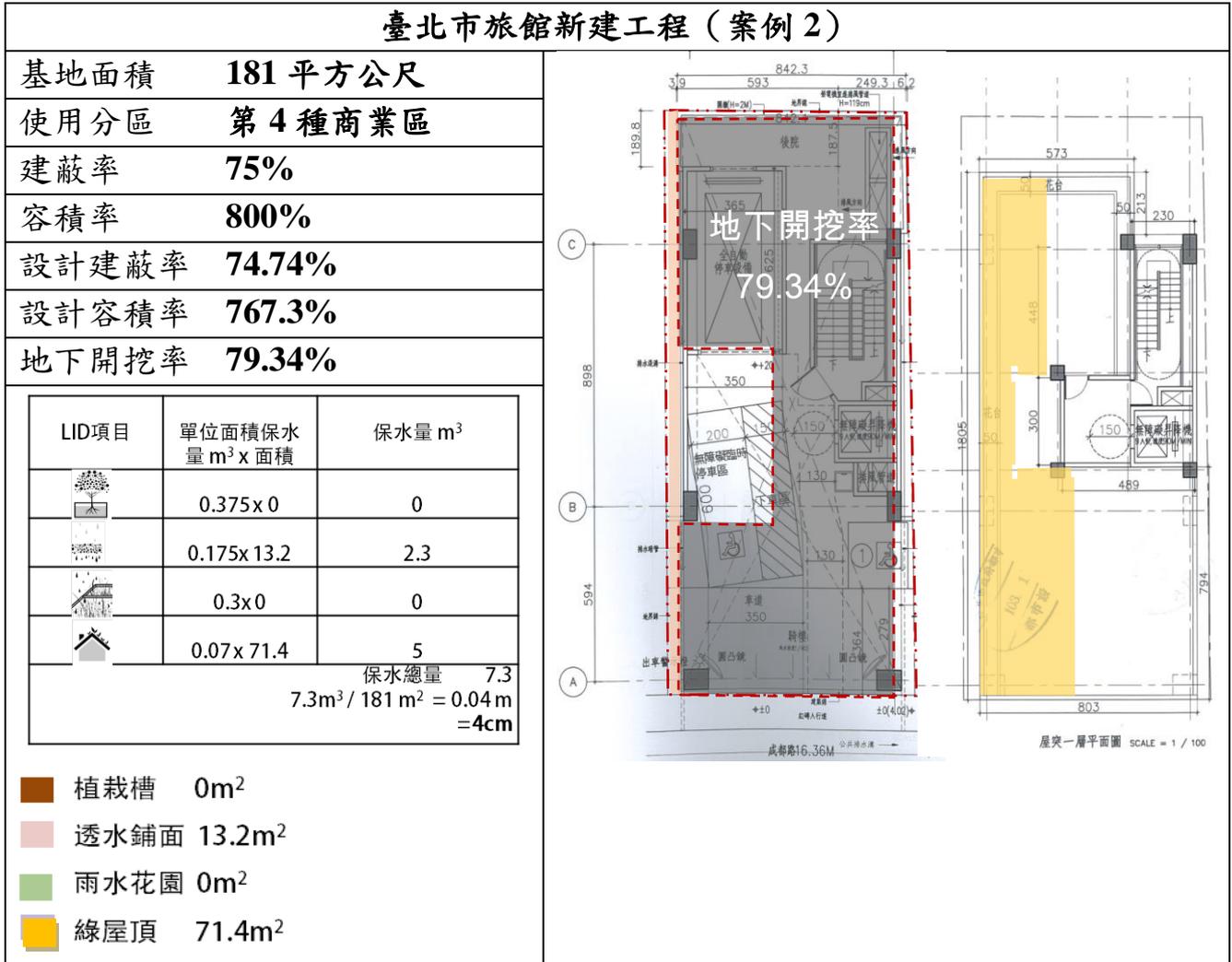
31.2m³/418.31m²=0.075m
≐8cm

基地保水平均深度=8cm

*詳見 LID 設施單元雨水貯留能力—保水指標

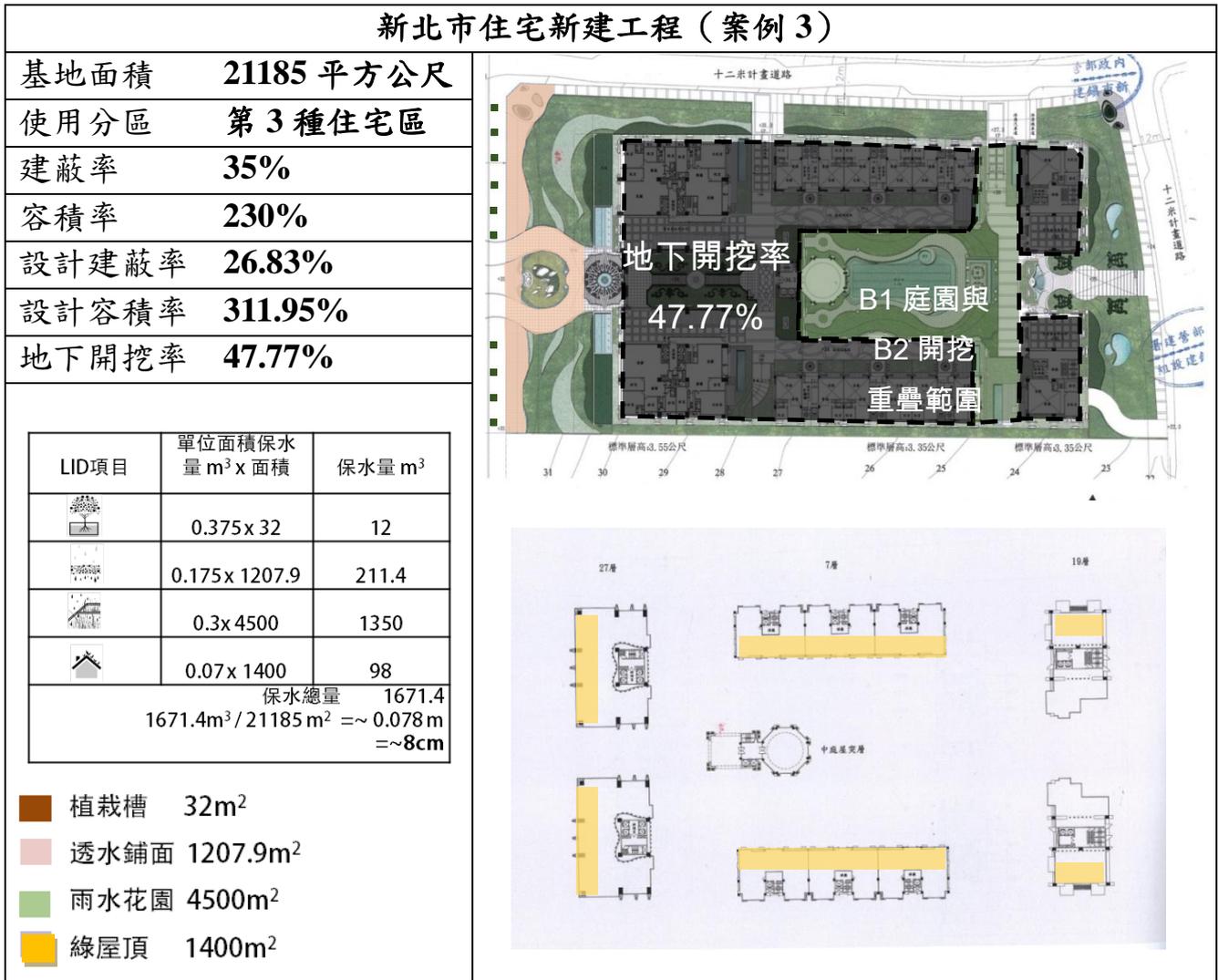
資料來源：本計畫整理

表7-11 臺北市旅館新建工程（案例2）保水深度試算案例



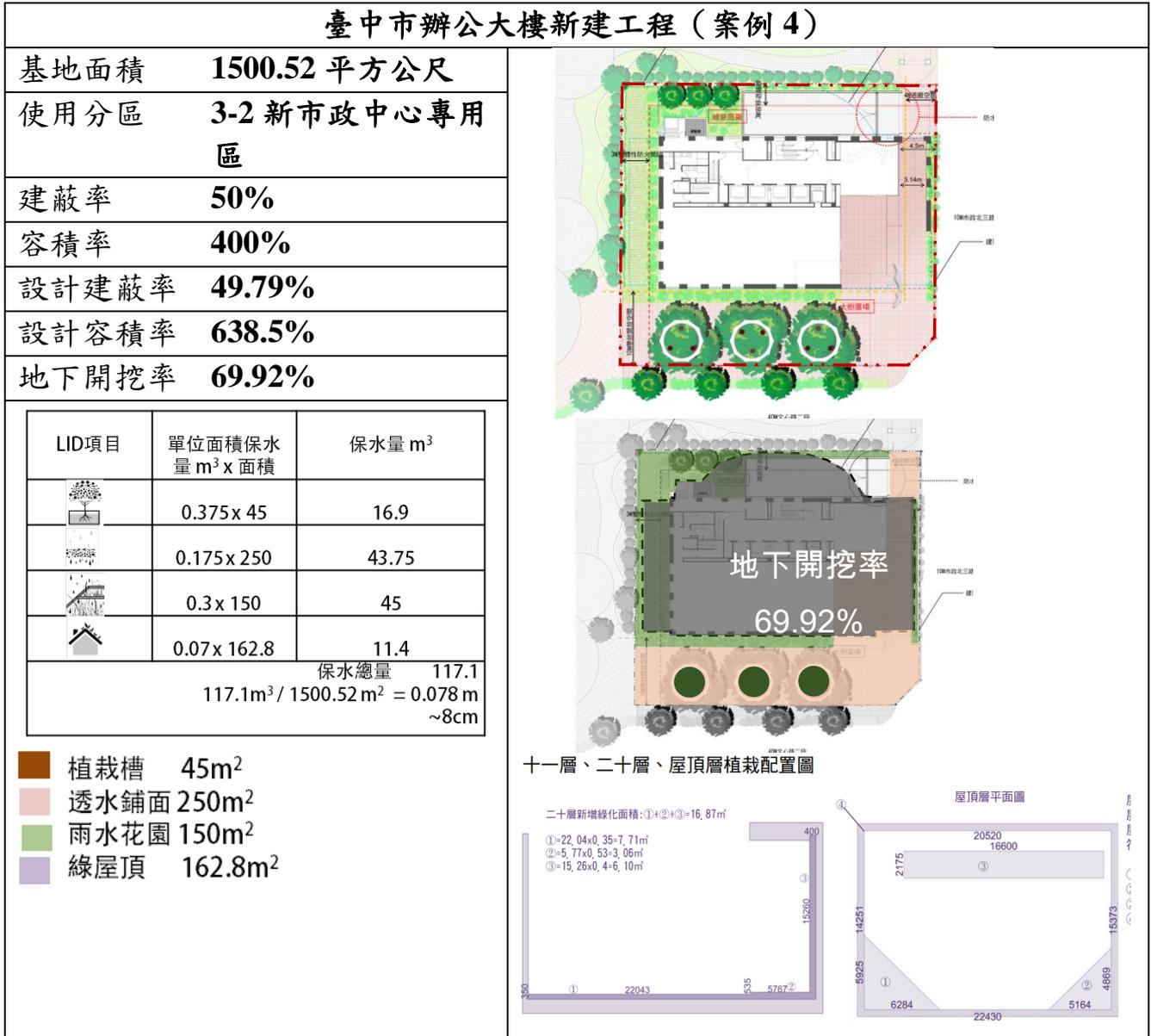
資料來源：本計畫整理

表7-12 新北市住宅新建工程（案例3）保水深度試算案例



資料來源：本計畫整理

表7-13 臺中市辦公大樓新建工程（案例4）保水深度試算案例



資料來源：本計畫整理

表7-14 高雄市公司住宅工程（案例5）保水深度試算案例

高雄市公司住宅工程（案例5）		
基地面積	311.42 平方公尺	
使用分區	第2種住宅區	
建蔽率	50%	
容積率	150%	
設計建蔽率	49.9%	
設計容積率	149.2%	
地下開挖率	N/A	
LID項目	單位面積保水量 m ³ x 面積	保水量 m ³
	0.375x 4.8	1.8
	0.175x 17.28	3
	0.3x 43.6	13
	0.07x 104.8	7.3
保水總量		25.1
25.1m ³ / 311.42 m ² = 0.08 m		=8cm
	植栽槽 4.8m ²	
	透水鋪面 17.28m ²	
	雨水花園 43.6m ²	
	綠屋頂 104.8m ²	



資料來源：本計畫整理

透過上述都審案例與保水深度試算表所示，LID 導入基地設計地面層以上保水深度分析結論如下：

(1) 大部分新建住宅基地均能滿足基地面積 6 公分以上深度雨水貯留量體。

A、臺北市住宅大樓

開挖率維持在 55% 以下，保水深度約可達為 6 公分。

B、新北市住宅大樓

若開挖率約為 70%，則基地面積雨水貯留量體深度約 5 公分。

C、高雄市透天住宅

當建蔽率為 50%，可提升至約 7 公分。

(2) 大部分商業區因開挖率管理較為寬鬆（約 70~80%），故大部分基地引進 LID 設計僅能滿足基地面積約 4 公分深度雨水貯留量。

A、商業區開挖率若約為 80%，基地面積保水深度約 2~3 公分。

B、辦公大樓

建蔽率維持在 50%，開挖率維持在 70% 以下，基地面積雨水貯留量體深度能達約 5 公分。

C、舊市區內第 4 種商業區之小型基地（例：181 平方公尺）

此區域內的建蔽率：容積率=75%：800%。宥於地下停車空間規劃，開挖率極大，外加多有騎樓要求，即使綠屋頂覆土加深至 50 公分，亦僅能提供約 3.5 公分左右之保水深度。

(3) 保水深度顯見深受開挖率率影響，而開挖率目前係以地方自治方式管理。

(4) 除保水量外，進一步分析商辦大樓可以透過各樓層退縮產生的平台空間佈置綠屋頂設施，故保水量可達 5 公分。

(5) 透過各案例分析，瞭解住宅區可單純透過生態滯留單元/雨水花園、樹箱過濾設施、綠屋頂、植生溝及透水鋪面實踐 50 毫米左右的保水深度；而商業區商辦大樓因街道形象留設較為充足的綠地空間，故亦可透過上述設施完成 50 毫米之保水深度。

(6) 既有市區內原屬較高建蔽率與容積率之商業區（例：臺北市第 4 種商業區用地），多僅能透過綠屋頂及透水鋪面實踐約 3.5 公分之保水深度。

依上述都審案例之基地容受力分析結果顯示，各類型建築基地單純透過生態滯留單元/雨水花園、樹箱過濾設施、綠屋頂、植生溝及透水鋪面等具永續環境效益之 LID 設施，其保水量體約介於 35~60 毫米之間，其中，既有市區內之第 4 種商業區與第 5 種商業區用地因開挖率最大，其保水容受度約僅 35 毫米。然考量都會區開發應回應環境永續之思潮，土地使用強度不能再以超高建蔽率進行擘劃，且目前建築物開挖率的開發管理已是都會區開發的共識，其開放空間利用具

永續環境效益之 LID 設施保水量體仍應以 40 毫米為目標。

另參考第五章水文分析結果，臺灣 5 都之 5 年重現期距、超越機率 95% 及 6 小時降雨延時之降雨深度約介於 154.82~212.17 毫米，因上述分析成果顯示基地保水容受度約為 40~60 毫米，相當於水文分析所得降雨深度之 19~39%，故應以此為基礎，進一步討論基地開發時，具永續環境效益之 LID 設施，其可能負擔的保水量體標準。

參酌德國及日本指標案例及精神，以土地開發後逕流增加將產生衝擊之角度思考，因為降在每塊土地的雨量不會隨使用分區而有差異，故保水量不應有土地使用差別之思考。透過前文關於保水深度的檢討（僅運用生態滯留單元/雨水花園、綠屋頂、植生溝及透水鋪面等開放式設計手法，各使用分區即可實踐如表 7-15 所示保水量深度），若以一般都市計畫區土地使用分區中佔比最高之住宅區為標準，則建議基地保水量體可訂為 60 毫米，此標準約與 5 年重現期、超越機率 95% 及 6 小時降雨延時降雨深度 30% 之平均值相當。惟目前建築技術規則建築設計施工編第 4 條之 3 規定，新建、改建或增建建築物應設置雨水貯留設施，其貯留量體之要求為 45 毫米，故需審慎思考其與本計畫建議之基地保水量體間的關係。本計畫目前訂定標準係為建築技術規則第 4 條之 3 規定的雨水貯留量，再外加各土地使用分區之 LID 保水量容受度。

表7-15 各類土地使用分區保水量容受度分析成果一覽表

分 區	住宅區	商業區		產業專用區
		其他商業區	商 4 與商 5	
LID 保水量容受度分析	60mm	50mm	40mm	50mm

另前述容受度分析，係運用生態滯留單元/雨水花園、綠屋頂、植生溝及透水鋪面等開放式設計手法進行檢討，主要係考量此 4 種設施均具有保水能力外，尚有其他多元生態功能。並在減低開發伴隨環境衝擊考量下，除量的規定外，增加永續生態表現度的思維，要求各分

區必須有 35~45% 的保水深度，透過生態滯留單元/雨水花園、綠屋頂、植生溝及透水鋪面等方式實踐，以突顯 LID 設施功能。

(二) 水環境低衝擊開發設施評估指標操作及計算案例量估算

基於前述訂定原則說明，本計畫將水環境低衝擊開發設施評估指標分為 3 類，第一類為保水指標，依據開發基地內各類 LID 設施累計之保水積分予以計算；第二類為永續環境指標，除滿足保水指標外，基地地面層亦應需滿足一定永續環境面積，以兼顧提升生態環境、改善微氣候之功能；第三類為逕流型指標，藉以評估 LID 設施配置後對於逕流所造成的影響，以確保 LID 設施可發揮保水、遲滯與入滲之功能，降低開發行為所造成之水環境衝擊。3 類指標分別說明如下：

1、設施保水指標與保水積分

保水指標之評估指標計算式如式 (7-3) 所示。主要透過各類設施單位面積保水積分及其設置面積之乘積與基地面積關係，決定其保水指標是否符合標準。

$$WS = \sum_{i=1}^n PV_i \times La_i \geq A \dots\dots\dots (7-3)$$

式中，WS：水環境低衝擊開發設施保水指標；

i ：第 i 類 LID 設施；

PV_i ：第 i 類 LID 設施保水積分（分/平方公尺）；

La_i ：第 i 類 LID 設施設置面積（平方公尺）；

A ：開發區或建築基地評估面積（平方公尺）；

LID 設施保水積分之物理意涵，即為在某特定目標保水量體下，每單位面積 LID 設施可負擔之不透水面積地表逕流量，例如：依據表 7-16 建議之結構尺寸，在建築技術規則第 4 條之 3 所規定的 0.045（立方公尺/平方公尺）標準下，每單位面積之生態滯留單元可對應收集 6.67 平方公尺之地表逕流量（如表 7-17），介此對應關係可簡易便捷以不同 LID 設施設計組合，評估建築基地可否滿足目標保水量體之需求。

表7-16 各類設施保水量估算公式及保水量一覽表

低衝擊開發設施	生態滯留單元 /雨水花園	樹箱 過濾設施	綠屋頂 (平屋頂)	植生溝	透水鋪面	雨水桶	滲透側溝/ 滲透陰井
保水量 推算 公式	$V=H \times a + P \times h \times a$	$V=H \times a + P \times h \times a$	$V=P \times h \times a + L \times a$	$V=P \times h \times a$	$V=P \times h \times a$	$V=H \times a$	$V=P \times h \times a$
單位面積 保水量 V (m^3)	0.3	0.375	0.07	0.075	0.175	1	0.025
變數 假設	H : 15 cm h : 60 cm P : 25%	H : 10 cm h : 110 cm P : 25%	L : $0.04 m^3$ h : 10 cm P : 30%	h : 30 cm P : 25%	h : 70 cm P : 25%	H : 100 cm	h : 10 cm P : 25%
變數 說明	a : 設施面積 H : (表面) 貯水空間深度 P : 孔隙率 (%) L : 蓄保水層保水體積 h : 生長介質及過濾貯水層厚度/級配基層及級配底基層厚度						
備註	1.設施各結構深度為建議之標準尺寸，可依需求進行調整。 2.保水量會因結構深度調整而改變。 3.此處保水量不包含土壤入滲及植栽吸收之水量。						

表7-17 各類低衝擊開發設施保水積分推估表

低衝擊開發設施	單位面積 保水量 V(m ³)	保水積分 (V/0.045m ³)	保水積分 (V/0.060m ³)	保水積分 (V/0.105m ³)
生態滯留單元 /雨水花園	0.30	6.67	5.00	2.86
樹箱過濾設施	0.375	8.33	6.25	3.57
綠屋頂	0.07	1.00	1.00	0.67
植生溝	0.075	1.67	1.25	0.71
透水鋪面	0.175	3.89	2.92	1.67
雨水桶	1.00	22.22	16.67	9.52
滲透側溝 /滲透陰井	0.025	0.56	0.42	0.24

註：1.單位面積保水量採表 7-7 之數值。

2.綠屋頂因不接收設置面積以外之逕流，其保水積分最大值為 1。

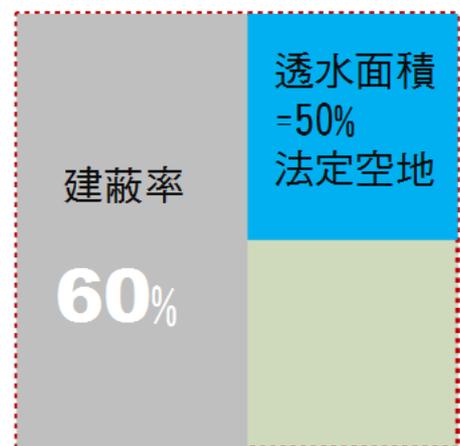
3.單位面積保水量及保水積分會隨結構尺寸改變而調整。

保水積分主要視基地目標保水量決定，並不受基地大小、坐落區域配置與開挖率之限制，設計者可以較簡易之方式評估基地內利用多少 LID 設施即可滿足保水量體之要求，惟設施保水能力所達成之減洪效益，會受設施系統與其集水面積間連接方式之影響，但仍可透過相關設計手法達成目標，並以模式模擬驗證確認設施功能可發揮。

針對同種類的 LID 設施，不同的影響變因（例：調整孔隙率及貯水層深度）會產生不同效果（保水量），故本計畫僅為提供 1 個基本標準，設計者可依現地環境、建物需求及施工可行性進行調整。

2、永續環境指標

根據「建築技術規則建築設計施工編」第 305 條規定：「建築基地應具備原裸露基地涵養或貯留滲透雨水之能力，其建築基地保水指標應大於 0.5 與基地內應保留法定空地比率之乘積」，代表法定空地應至少有 50% 以上之透水面積，惟此透水面積非一定指落水可下滲至原土



壤能力之面積。

由於住宅區、商業區等土地使用分區或公共設施用地之建蔽率並不相同，代表可供施作設施之法定空地比例亦不相同，故前文已說明本計畫針對基地保水容受度已進行詳細評估分析。因 LID 設施並非以減洪為單一目標，其應可兼具提升生態環境、改善微氣候、節能減碳、水資源利用及都市美化之目標，故水環境低衝擊開發設施評估指標除應滿足保水指標外，基地地面層亦應達到一定透水面積以滿足永續生態環境的要求。

永續環境指標之評估指標計算式如式 (7-4) 所示。主要透過各類生態設施保水量與保水深度及基地開發面積關係，決定其永續環境指標是否符合標準。

$$SE = \sum_{i=1}^n LV_i \geq S_d \times A \dots\dots\dots (7-4)$$

式中， SE ：水環境低衝擊開發設施永續環境指標；

i ：第 i 類 LID 設施；

LV_i ：第 i 類 LID 設施保水量（立方公尺）；

S_d ：永續環境需求保水深度（公尺）；

A ：開發區或建築基地面積（平方公尺）。

本計畫所提之 7 種 LID 設施中，包括生態滯留單元/雨水花園、綠屋頂、植生溝、樹箱過濾設施及透水鋪面等係採開放式設計手法，除具有保水能力外，尚有其他多元生態功能，而雨水桶之減洪貯水效益雖最高，但並無入滲涵養地下水功能，亦不具景觀營造與微氣候調節作用，滲透側溝/滲透陰井亦無地面綠化效果，因此，最後兩者嚴格而言較不具維護永續環境之意義。

基此，在減低開發所伴隨環境衝擊考量下，除量的規定外，應增加永續生態表現度的思維，要求各土地使用分區必須有部分保水量體必須透過生態滯留單元/雨水花園、綠屋頂、植生溝、樹箱過濾設施及透水鋪面等具永續生態價值之設施實踐，以突顯 LID 設施功能。

透過 LID 設施容受力分析成果顯示，各種土地使用分區之基地保水容受度約介於 40~60 毫米，若採較保守方式估計，初期推動建議永續環境指標保水量需分別滿足住宅區 48 毫米、其他商業區 40 毫米、第 4 種及第 5 種商業區 32 毫米及產業專用區 40 毫米，如表 7-18 所示，即原各分區容受力的 80%。

表7-18 低衝擊開發設施保水量及永續生態表現規範一覽表

分區	住宅區		商業區				產業專用區		
	環境永續表現規範	保水深度	其他商業區		商四、商五		環境永續表現規範	保水深度	
			環境永續表現規範	保水深度	環境永續表現規範	保水深度			
LID保水量容受度分析	6cm		5cm		4cm		5cm		
LID設施	雨水花園/生態滯留單元	≥ 80%	4.8cm	≥ 80%	4.0cm	≥ 80%	3.2cm	≥ 80%	4.0cm
	樹箱過濾設施								
	綠屋頂								
	植生溝								
	透水鋪面								
雨水桶	LID保水指標								
滲透側溝/滲透陰井									
其他設施: 非屬LID之貯存空間/非屬筏式基礎坑之地下貯留空間									



基地面積：1000m² 建蔽率：50%
 設計建蔽率：40% 開挖率：68%
 屋頂面積：380m²
 屋頂綠化面積：380m² x 45%=170m²
 需保水量：1000m² x 0.06m=60m³
 生態LID設施需保水量：1000m² x 0.048m=48m³

生態LID設施	面積 (m ²)	單位保水量 (m ³)	設施保水量 (m ³)
生態滯留單元	36	0.3	10.80
綠屋頂	170	0.07	11.90
透水鋪面	130	0.175	22.75
植生溝	43	0.075	3.23
基地總保水量(m ³)			48.68

圖7-5 低衝擊開發設施永續生態表現規範檢討案例示意圖

以基地面積 1,000 平方公尺的新建案為計算範例（圖 7-5）。採用表 7-17 與表 7-18 之計算方式及變數假設，進行 LID 設施之配置，住宅區之永續環境保水量要求為 48 立方公尺，以此觀察上述規定是否合宜。經由下述範例計算，透過設置生態滯留單元、植生溝、透水鋪面等 3 項地面層設施加上綠屋頂，總保水量為 48.68 立方公尺，可達到住宅區之永續環境保水量要求。

若將綠屋頂之生長介質由平均 10 公分深度置換成 30 公分，則屋頂綠化保水量可達 22.1 立方公尺，而地面層設施對於永續生態指標之需求保水量則可降至 25.9 立方公尺，顯見要達成上述永續環境保水量之規定尚屬合理，且亦涵容多元設計配套方式。

3、逕流型指標

逕流型指標之評估指標計算式如式（7-5）所示。主要透過各類 LID 設施設置前、後及原始狀態下之集水區出口逕流流量歷線進行評估，是一個綜合之水環境衝擊評估指標，以此決定 LID 設施是否可有效降低開發所伴隨之水環境衝擊。

$$SUF = \frac{A1}{A2} (\%) \geq x \quad (7-5)$$

式中，SUF：逕流型指標（%）；

A1：集水區開發導入 LID 設施之狀態下所能蓄存之逕流體積（立方公尺）；

A2：因為集水區之開發行為而增加之逕流體積（立方公尺）；

x：所要求之 LID 設施應蓄存之洪水量比例（%）。

考慮納入 LID 設施所能降低水環境衝擊之效能評估指標，主要為設置 LID 設施前後對於該集水區出口逕流之影響，如圖 7-6 所示。

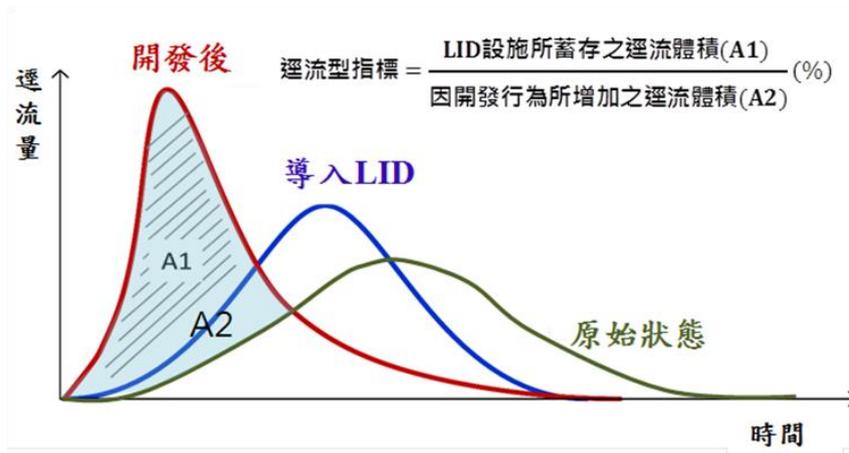


圖7-6 逕流型指標示意圖

透過 LID 設施的設置，可以讓集水區出口的逕流歷線整體變為更加平緩，因為 LID 設施發揮其保水、遲滯與入滲之功能，使得總逕流量降低、洪峰流量降低、洪峰到達時間往後遞延，而主要的改變即為整體逕流量的降低。LID 設施導入的目標乃透過逕流量的減少而降低開發行為所帶來之水環境衝擊，此降低衝擊程度可以量化為逕流型指標，逕流型指標之意義即為 LID 設施所能減少因開發行為所增加之逕流量的百分比，逕流型指標值越高表示 LID 設施可以蓄存越多的降雨逕流，使該集水區的水環境受到較低的衝擊，當逕流型指標達 100% 時則表示所有因開發行為所增加之逕流量可在開發基地內被吸收，不會往下游傳遞，逕流量不會增加，對環境所造成之衝擊最低；反之若指標值越低則表示 LID 設施的設計僅能容納小部分之降雨逕流，集水區可能因開發行為對水環境產生極大的衝擊，故需限制逕流型指標需滿足一定百分比。

經由 LID 導入實際案例（淡海新市鎮及陽明山國家公園）操作結果，透過 LID 設施的配置可以減少因開發所增加之逕流體積達 60% 以上，故本計畫據此訂定 LID 設施設計目標為逕流型指標大於 60%。

4、綜合說明

本計畫提出之水環境低衝擊開發設施評估指標，除就開發基地整體出流觀點予以規範外，其應同時顧及生態環境，故除保水指標外，

尚包含永續環境指標，避免開發商僅採用保水效益高，但永續環境效益低之設施，如雨水桶或利用建築物筏基儲水，減少地面或屋頂具生態效益 LID 設施之施作面積。而在達到保水指標及永續環境指標之前提下，開發基地內之設施可依開發商使用需求或設計理念自由搭配。本計畫建立逕流型指標，考量導入 LID 設施後應能有效降低開發型為所造成之水環境衝擊，並確保 LID 設施可發揮保水、遲滯與入滲之功能，此指標為所有 LID 設施配置後之綜合影響結果，在滿足此指標下（即一定的蓄存洪水量比例）可以依據不同現地特性與需求配置不同類型的 LID 設施，亦可依據實際空間大小規劃不同尺寸的 LID 設施，在降低環境衝擊的目標下同時滿足空間的功能性，在經濟發展與環境保育間取得一較為適當的平衡。

第捌章、案例操作示範

考量 LID 在防洪治水之功能，係以就源處理之功能發揮減洪作用，故本章將透過單一基地操作確認導入 LID 可以帶來之保水效益，但導入 LID 到底能發揮多少減峰效益，從本案 LID 導入單一基地之友善操作概念並無法得知，故本章將透過示範區特定區域（主要跟集水分區有關）之操作來評估 LID 導入之成效，以進一步了解 LID 導入對減峰之影響。又基於 LID 導入都市空間最大效益化之期待，將以淡海新市鎮示範 LID 導入公、私空間（公共工程及私人開發），釐清其對都市防洪產生之影響。

一、導入水環境低衝擊開發於淡海新市鎮已開發區規劃之示範計畫（淡海 1 期—單一基地操作）

（一）現況基地分析

1、地文特性

（1）地理位置

淡海新市鎮位於新北市淡水區西北方，北至三芝區約 6 公里，南距臺北市中心約 16 公里，西臨臺灣海峽（如圖 8-1）。本示範區域包括：淡海新市鎮第 1 期第 1 區、第 2 區及第 2 期第 1 區，涵蓋面積約 1,110 公頃。

（2）地形地貌

淡海新市鎮西側臨海，東側為部分大屯火山群，其地形發育受火山熔岩噴發所影響，濱海地區地勢平緩，海拔由西向東漸升，最高位於東南隅，高程約 76 公尺（圖 8-2）；該區域之坡度平均位在 5~15 度，最大達 55.1 度（圖 8-3）；另外，由於區域內多為東西向之河川，故其坡向以南向或北向為主（圖 8-4）。

（3）地質

淡海新市鎮位於大屯火山群西麓邊緣，其地層主要由現代沖積層與火山碎屑堆積所組成（圖 8-5），茲敘述如下：

A、現代沖積層

由砂、礫石和泥等未固結沉積物所組成，地質年代屬第 4 紀，大多堆積於溪流的兩側或河口。

B、火山碎屑堆積

火山碎屑堆積廣佈於本示範區內，其主要成份為火山角礫岩及再積火山碎屑岩，前者由角礫狀的火山彈堆積所形成，後者由細粒火山灰組成，兩者大多分佈於火山周圍，於火山岩流之上部或其中也能發現其蹤跡，該地層結構穩固，膠結良好。

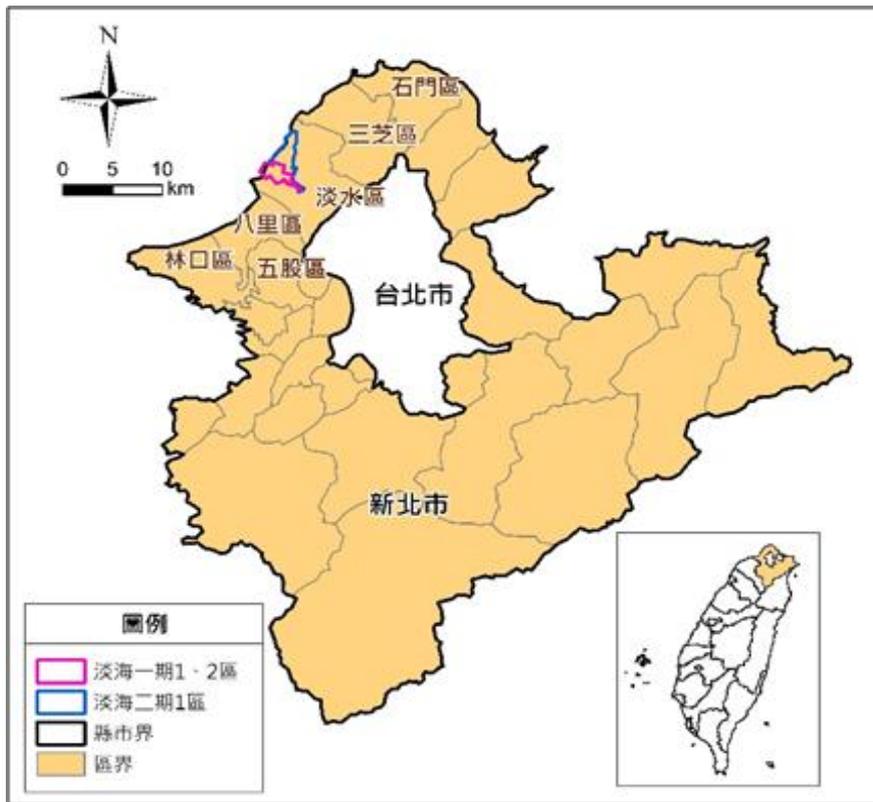
(4) 土壤特質

淡海新市鎮之原始土壤質地大多屬黏質壤土、玢質黏壤土，具有保水力佳之特性，但由於質地較黏，故不適合需土壤排水性佳的作物。土壤種類皆屬於紅壤（圖 8-6），其土層深厚一般在 2~5 公尺，厚達 20~30 公尺者亦有。紅壤為強酸性土壤，具良好之粘性及可塑性，但肥力不佳，故生產力弱，若欲提升作物之產量則可配合適當之肥培管理，較適合種植茶葉、鳳梨、甘蔗等耐酸作物。

(5) 地被植栽

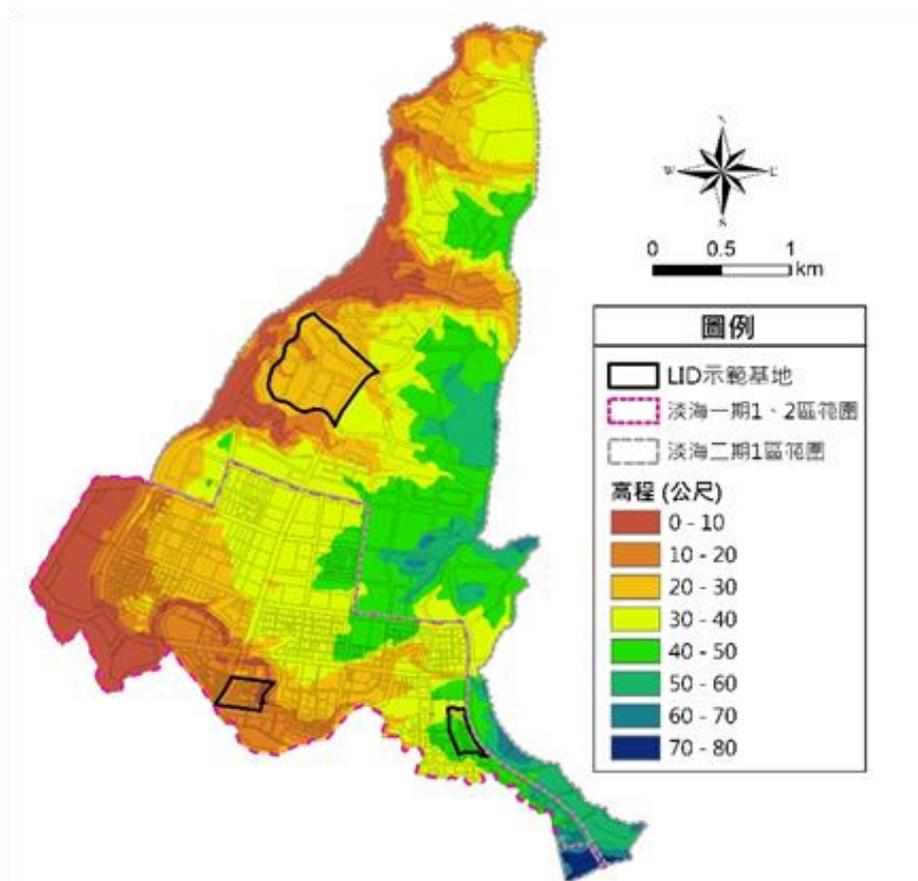
根據「淡海新市鎮後期發展區開發案環境影響說明書」之相關調查報告（表 8-1）顯示，淡海新市鎮區域內約有 126 科 377 屬 525 種植物，並未發現保育類植物，依型態區分，包括：131 種喬木、78 種灌木、60 種藤本及 256 種草本，其中以草本植物為多數，約佔 48.8%。

該區域常見草本植物包括：雞眼草、繖花龍吐珠、臺北飄拂草、臺灣虎尾草、類雀稗等；依屬性區分，共有 1 種稀有種、17 種特有種、324 種原生種、65 種歸化種、119 種栽培種，以原生種為多數，約佔 61.7%；常見的原生種類包括：竹柏、羅漢松、滿江紅、水蕨、菲島福木、刺桐、水黃皮、海桐等。



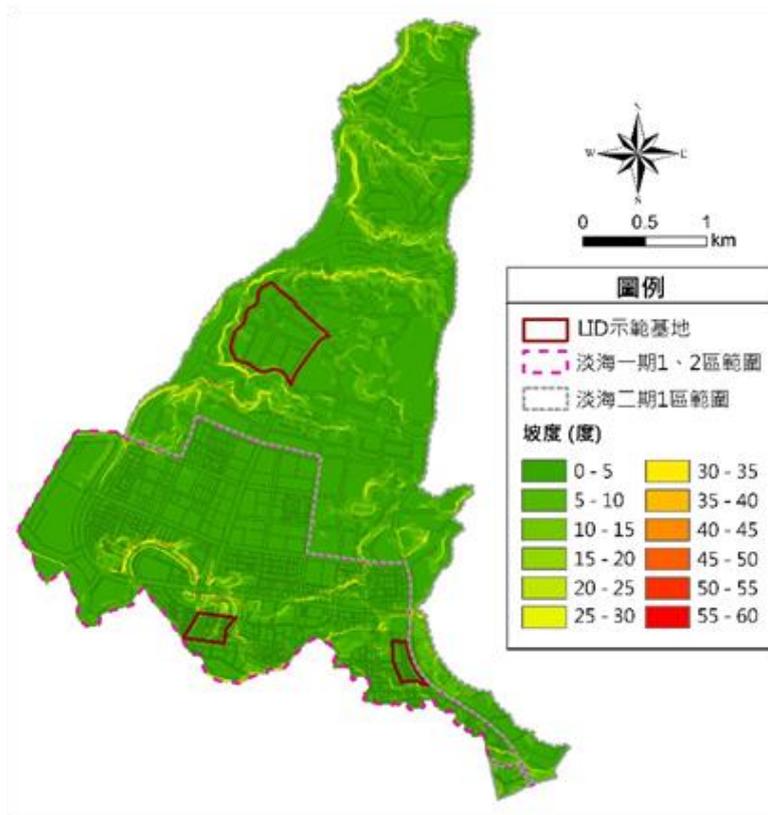
資料來源：本計畫自行繪製

圖8-1 淡海新市鎮位置圖



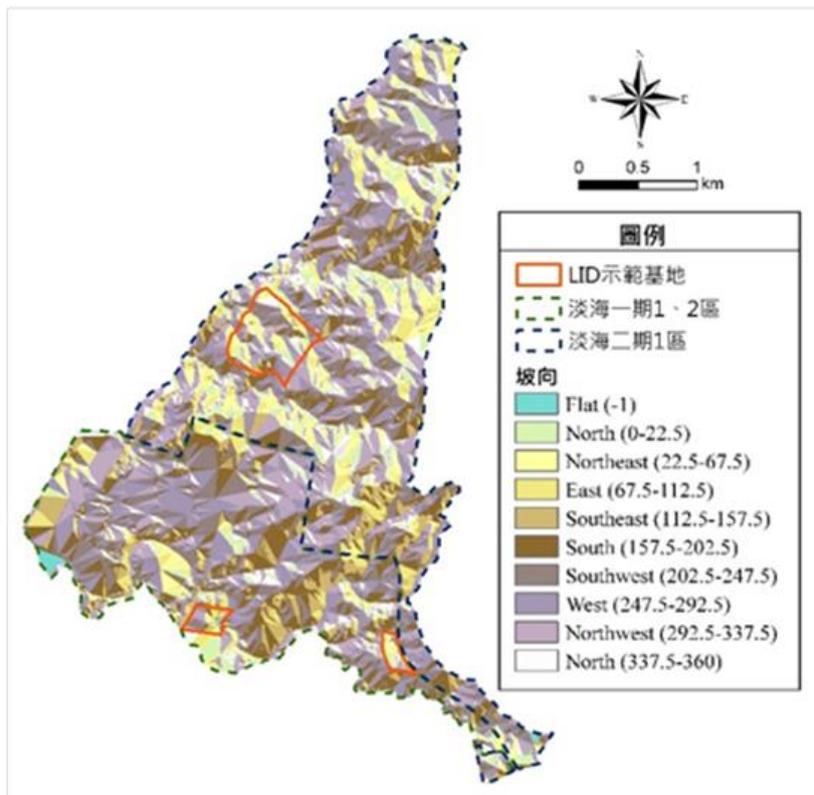
資料來源：本計畫自行繪製

圖8-2 淡海新市鎮高程圖



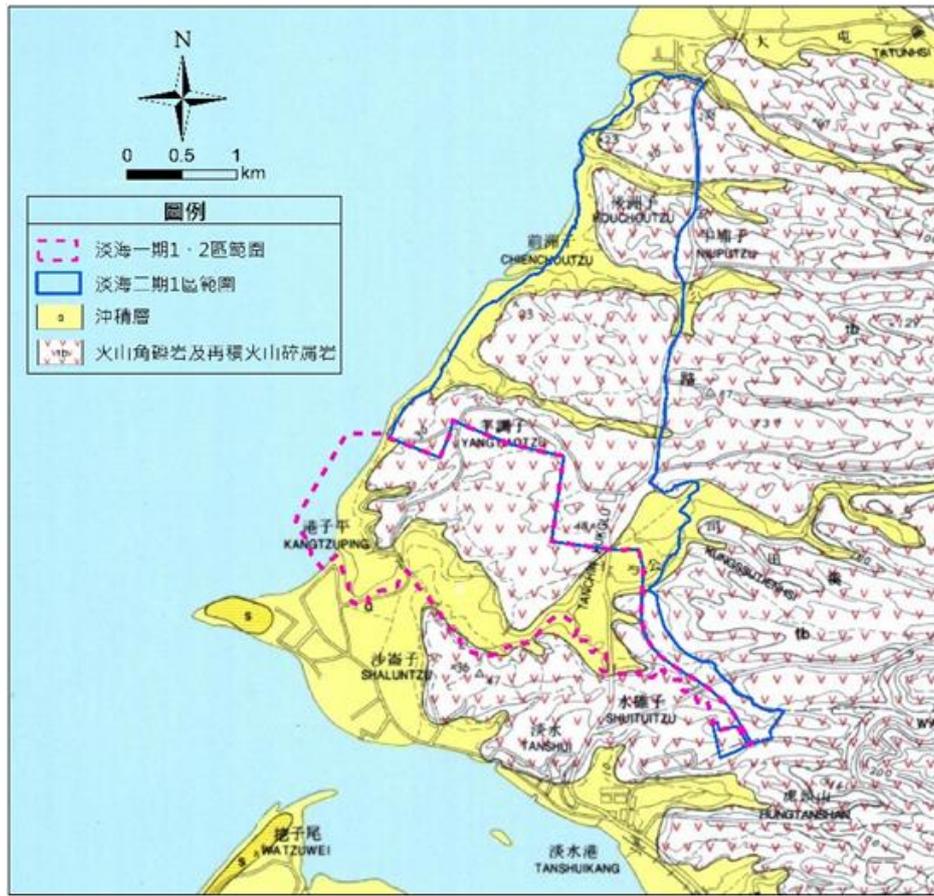
資料來源：本計畫自行繪製

圖8-3 淡海新市鎮坡度圖



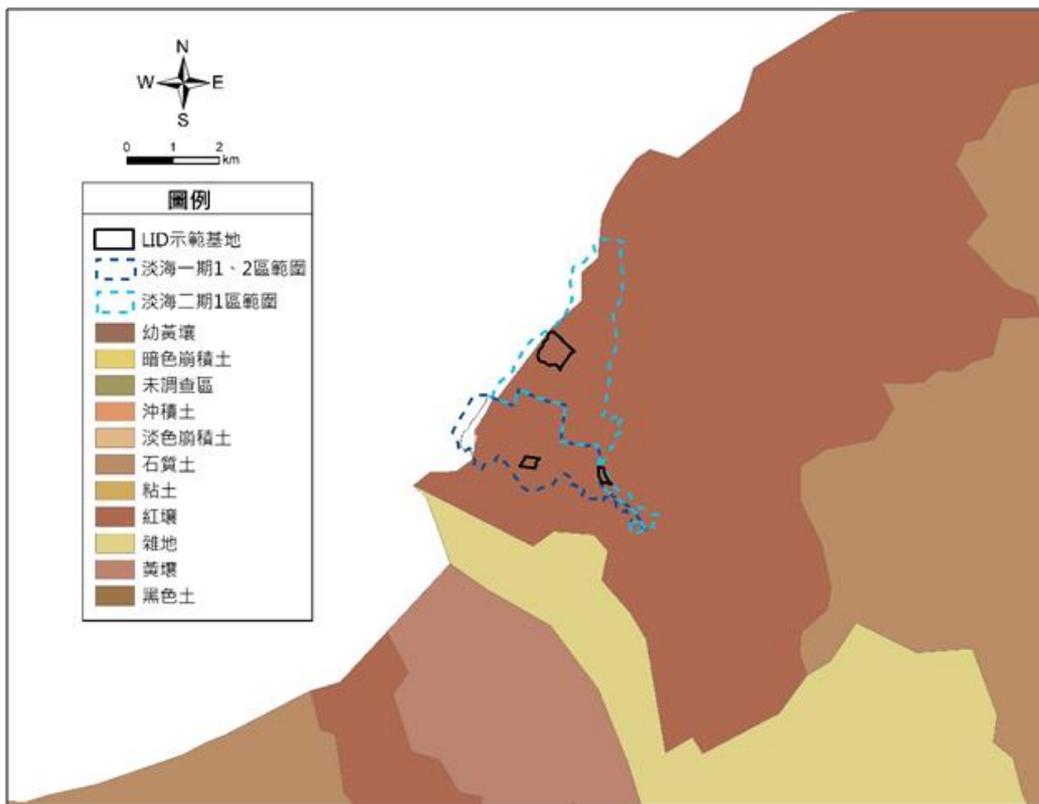
資料來源：本計畫自行繪製

圖8-4 淡海新市鎮坡向圖



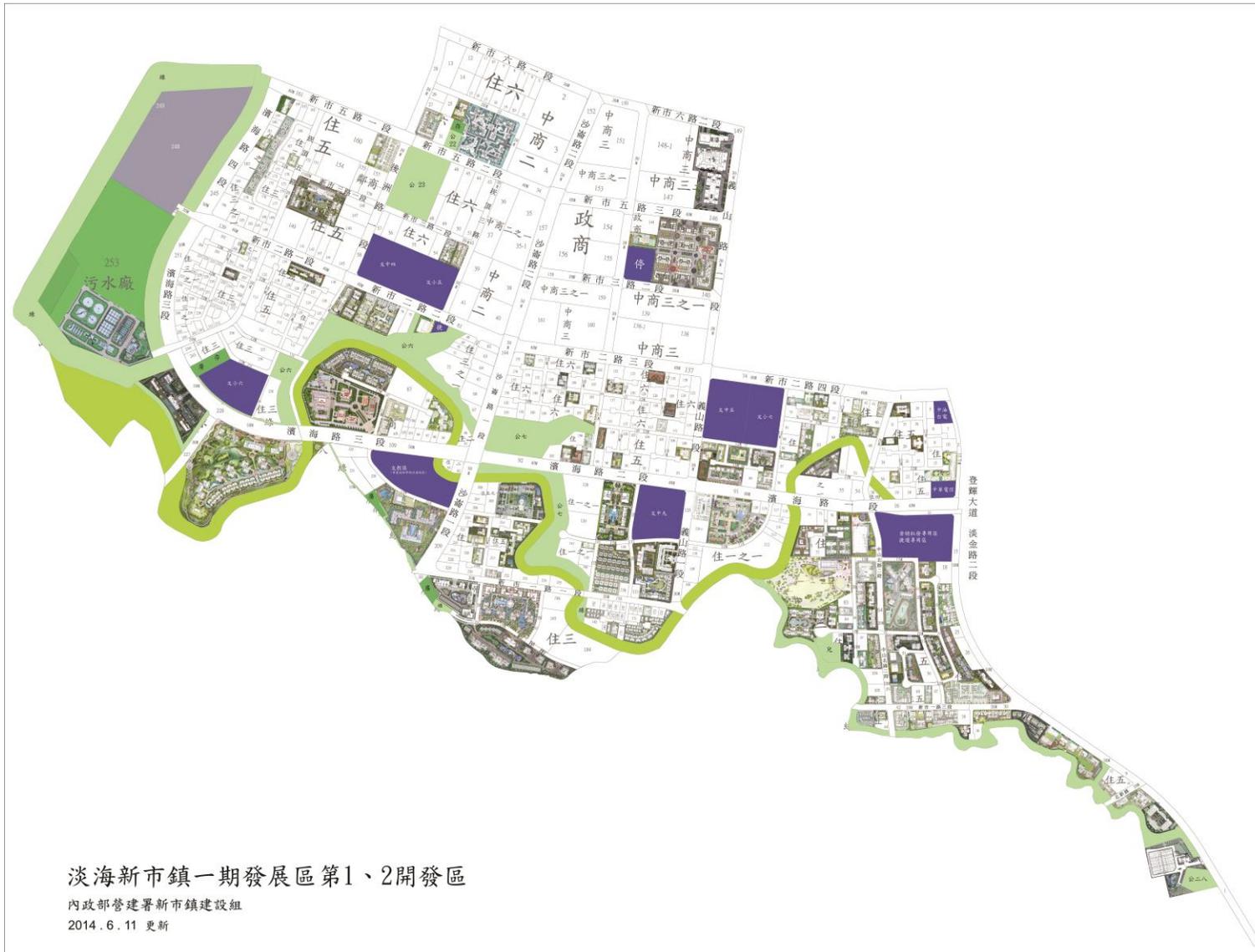
資料來源：本計畫自行繪製。

圖8-5 淡海新市鎮地質圖



資料來源：本計畫自行繪製。

圖8-6 淡海新市鎮土壤圖



資料來源：內政部營建署截至 2013.9.4 資料。

圖8-7 淡海新市鎮第 1 期第 1、2 開發區土地使用分區

表8-1 淡海新市鎮植物物種調查統計表

物種 歸隸特性		單子葉植物	雙子葉植物	裸子植物	蕨類植物	總計
類別	科數	21	86	4	15	126
	屬數	91	259	6	21	377
	種數	125	364	9	27	525
型態	喬木	9	113	8	1	131
	灌木	7	70	1	0	78
	藤本	6	54	0	0	60
	草本	103	127	0	26	256
屬性	特有	4	12	1	0	17
	原生	76	219	2	27	324
	歸化	11	54	0	0	65
	栽培	34	79	6	0	119
稀有		1	0	0	0	1

參考資料：淡海新市鎮後期發展區開發案環境影響說明書。

2、開發方式

為紓解臺北都會區中心之發展壓力及平抑房價，自民國 80 年公告實施擬定淡海新市鎮特定區主要計畫，並於 82 年公告實施淡海新市鎮特定區第 1 期細部計畫，期間歷經許多次調整變更土地使用分區與計畫內容，近年為配合淡海新市鎮特定區主要計畫（第 2 次通盤檢討）案之分期分區計畫修定內容，變更淡海新市鎮特定區第 1 期細部計畫；此外，為建立該地區之新市鎮開發秩序與特色，並確保新市鎮開發能提供高品質之都市公共空間，配合訂定相關都市設計準則與土地使用分區管制要點。

現階段淡海新市鎮特定區第 1 期發展區第 1、2 開發區的公共設施均已開闢完成，該區土地開發主要集中於淡金二路及濱海路周邊區域，其餘地區開發相對較為零散。

3、土地使用規劃與開發強度

依第 1 期細部計畫所示，計畫內土地使用項目共 24 種，主要分區包括：住宅區、商業區、醫療專用區、文教區、政商混合區、海濱遊

憩區、產業專用區等用地；公共設施用地方面，則主要有機關用地、學校用地、公園用地、綠地、自來水事業用地、污水處理場用地、垃圾焚化爐用地、溝渠用地、園道等用第。詳細土地使用分區如圖 8-7 所示。本計畫針對住宅區與商業區之土地使用強度及開挖率管理整理如表 8-2。

表8-2 淡海 1 期住宅區與商業區土地使用強度綜理表

使用類別	面積(公頃)	建蔽率(%)	容積率(%)	開挖率(%)	最小透水率(%)	
住宅區	第 1-1 種	9.66	50	120	50	25
	第 2 種	5.61	35	180	60	20
	第 3 種	38.27	35	230	70	15
	第 3-1 種	12.94	50	230	70	15
	第 4 種	0.12	50	260	70	15
	第 5 種	65.07	35	320	70	15
	第 5-1 種	9.42	50	320	70	15
	第 6 種	26.96	35	400	70	15
中商區	第 2 種	9.47	50	500	80	15
	第 2-1 種	4.21	70	500	80	15
	第 3 種	16.03	70	700	80	15
	第 3-1 種	14.74	70	700	80	15
鄰里商業區	4.04	40	300	80	15	
濱商區	第 1 種	0	70	200	70	15
	第 2 種	0	50	285	70	15

資料來源：本計畫自行整理。

(二) 水環境低衝擊開發設計條件分析

1、河川水文

淡海新市鎮位於淡水河流域出海口北方，該區域由大屯火山群彙散成數條溪流，其分布呈放射狀，而各水系流路皆由東向西匯入臺灣海峽，穿越該示範區域的溪流由北至南分別為灰磘子溪、後洲子溪、興化店溪、下圭柔山溪、公司田溪（圖 8-8），茲分述如下：

- 灰磘子溪：成型渠道長約 6,455 公尺，集水面積約 450 公頃，發源於楓子林，流經南平、水碓、八里堆橋、番子田、灰

礮橋、石頭埔，最後流入臺灣海峽。



圖8-8 淡海新市鎮水系圖

表8-3 淡水測站降雨資料統計表

月份	降水量 (mm)	降水日數 (天)
1月	103.9	15.9
2月	174.8	16
3月	194.5	17.1
4月	179.3	14.7
5月	216.1	13.7
6月	243.4	13
7月	149.2	8.7
8月	202.9	11
9月	299.1	12.7
10月	173.9	11.9
11月	120.7	13.2
12月	97.6	12.6
合計	2155.4	160.5

註：

1. 參考資料：中央氣象局氣候資料年報，淡水測站（民國 70~99 年）。
2. 降水日數為降水量大於等於 0.1 毫米之天數。

- 後洲溪：主流長約 3,486 公尺，集水面積約 381 公頃，發源於大牛稠，流經八里堆尾、後洲子橋、後洲子，最後流入臺灣海峽。
- 興仁溪：舊名興化店溪，成型渠道長約 8,163 公尺，集水面積約 744 公頃，發源於北新莊石觀音廟，流經雲廣坑、頂田寮、車路腳、興仁橋、前洲子，最後流入臺灣海峽。
- 下圭柔山溪：渠道型態為土溝，長度約 6,765 公尺，集水面積約 676 公頃，發源於北新莊興華村軍營邊，流經北新路、田心仔工業區邊、仙公廟、樁仔林、草厝、矸仔腳、義山橋、黃厝、田寮子、下庄仔、海尾子，最後流入臺灣海峽。
- 公司田溪：又名林子溪，長度約 15,076 公尺，集水面積約 2,600 公頃，為淡水區內第 1 大溪流，主流源於大屯山下，流經觀光果園、楓樹湖、大溪橋、泉州厝、頂埤島、埤島橋、虎頭山、風空口、公司田橋、崁腳、賣菜崎、大庄、港仔坪，最後流入臺灣海峽。

2、降雨形式

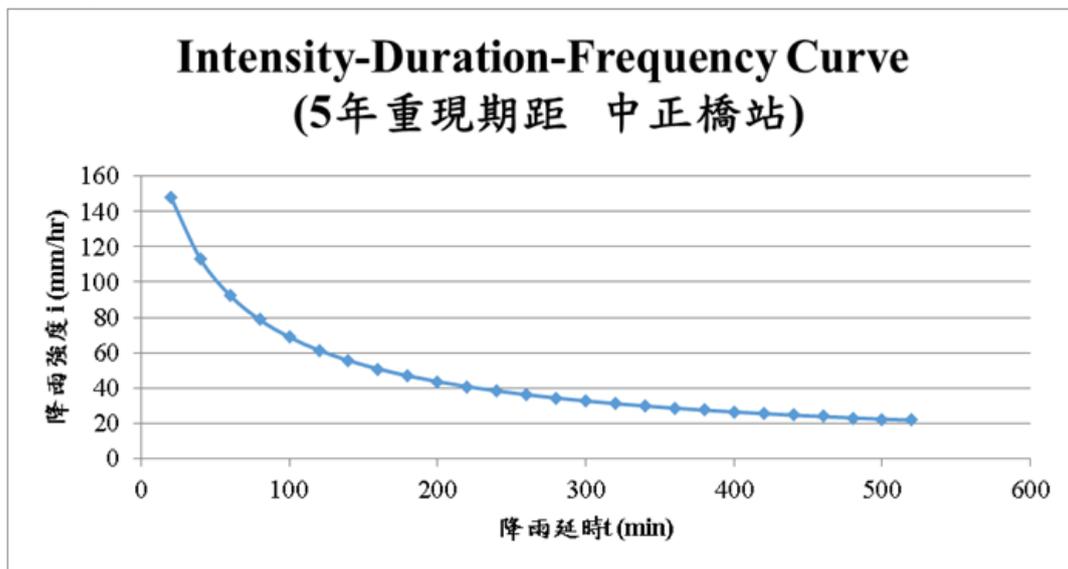


圖8-9 中正橋測站 IDF 曲線圖

淡海新市鎮鄰近中央氣象局之淡水測站，故本計畫參考中央氣象局民國 70~99 年氣候資料年報，彙整後得到淡水區域之降雨情況，如表 8-3 所示。近 30 年的降雨資料經統計分析後顯示，

淡水測站全年年平均降水量為 2,155.4 毫米，其中月平均降水量以 9 月份 299.1 毫米最多，以 12 月份 97.6 毫米最少；全年平均降水日數約 160.5 天，其中，月平均降水日數以 3 月份 17.1 天為最多，而最少降水日數落於 7 月份，平均為 8.7 天。

3、既有暴雨特質

淡海新市鎮開發位於新北市淡水區淡水河下游右岸，為都會區之開發計畫，本計畫依所提架構以 1978~2011 年間中正橋站之資料作為分析基礎。依分析結果，該區有 95% 降雨事件降雨延時小於 6 小時，另降雨強度—延時—頻率曲線（Intensity—Duration—Frequency curve, IDF）分析顯示（圖 8-9），該區降雨接近對數皮爾森第三類分布，為三參數之統計分佈，須同時考慮平均數、標準偏差及偏度三參數，分別以 14 種不同降雨延時進行統計分析，5 年重現期距之 IDF 參數 $a=3320$ 、 $b=29.42$ 、 $c=0.797$ 。將 6 小時降雨延時代入 IDF 公式中，計算降雨強度為 29 毫米/小時、6 小時之降雨深度為 172 毫米，若以 30% 部分負擔比例原則來計算 LID 所負擔的比例，約為 51 毫米，計算參考之數據亦可參考附錄之表格，以作為設計降雨之設定。在分析場域附近如有暫時設置或常設足夠長度而可靠具代表性之雨量測站，亦可以其收集所得之資料進行分析。

（三）水環境低衝擊開發設施導入細部規劃—單一基地操作內容與範例說明

1、操作目標說明—以 LID 導入基地設計容受度分析回饋

透過淡海新市鎮第 1 期第 1、2 開發區既有都市設計審議報告書所載記之設計圖說（包括：平面圖、剖面圖、保水與透水議題討論檢附圖說）及法令檢討等內容，研析相異之土地使用分區及建築開發產品，其屋頂、地面層（開挖範圍與非開挖範圍）、開挖率等內容之實際設計表現，以進一步確認 LID 各項設施導入相異使用分區及不同建

築產品之可能性，以確認設計容受度表現。

2、淡海新市鎮第 1 期發展區示範區試操作基地挑選原則

淡海新市鎮第 1 期主要建築用地包括住宅區及商業區，住宅區開發強度為 120~260%，商業區除濱海商業區外，開發強度高達 500%。因此，如表 8-2 所示，除第 1-1 種住宅區有可能以透天形式開發外，其餘大部分將以大樓形式開發。另外，此區亦透過「淡海新市鎮特定區第 1 期細部計畫建築物及土地使用分區管制要點」賦予開挖率及最小透水率管控，商業區開挖率約為 70~80%，住宅區除第 1-1 種住宅區，亦高達 60~70%，且在地下開挖區位透過都市設計準則敘明基地地下室之開挖應儘可能避免位於退縮建築範圍內（住宅區內建築物須沿道路退縮建築，其退縮距離不得小於 6 公尺。但臨囊底道路者，其退縮距離不得小於 3 公尺）。

考量開發形式差異將造成 LID 設施應用與容受度的不同，故將依下列條件選擇已完成都市設計審議基地進行彙整分析，透過實質設計內容進行分析，主要係期望容受力分析係在既有法定空地、綠化要求、開挖率、退縮規定等相關法令架構下進行分析。

➤ 相異的土地使用分區：

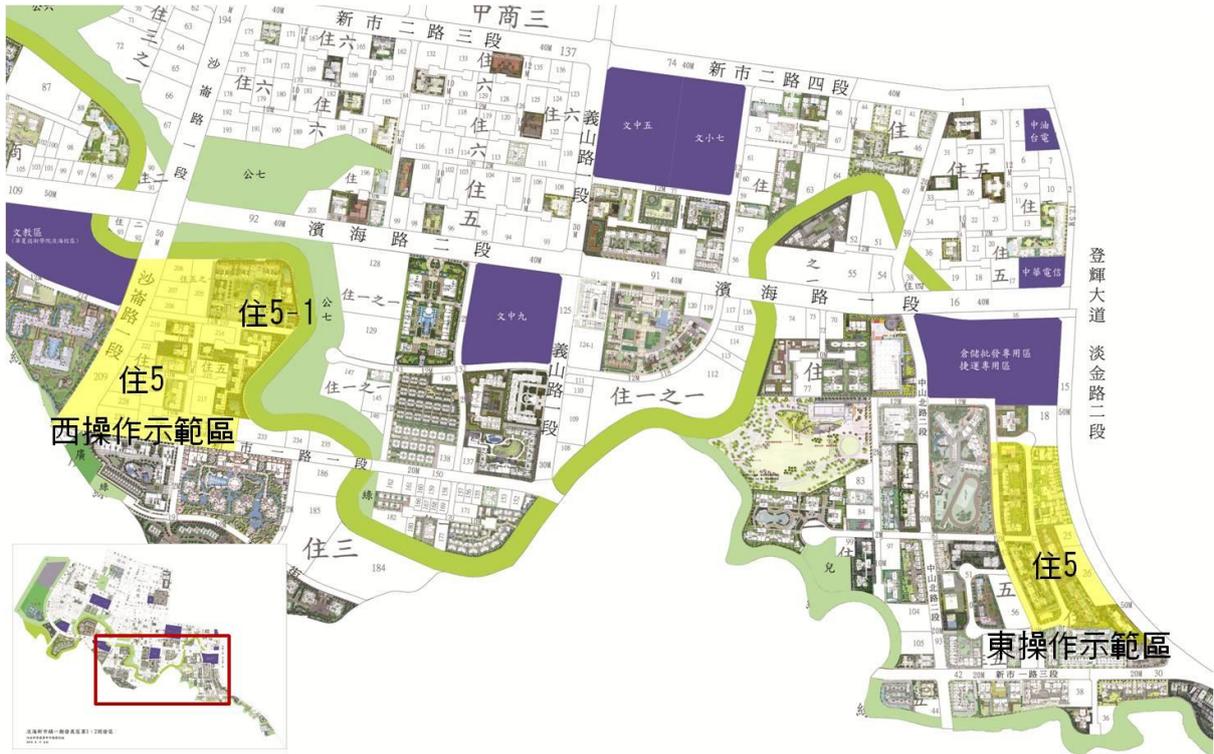
不同使用分區，將因開發內容而有不同設計潛規則，明顯影響 LID 設施設計容受度。

➤ 與臺灣其他地區類似的開發分區：

第 5 種住宅區與第 5-1 種住宅區法定建蔽率規定接近臺灣其它地區使用分區規定。

➤ 基地規模大小差異：

LID 設計容受度除將因上述差別產生差異外，基地規模的差異亦將造成地下室開挖需求或開挖率管理的差異，例如：規模小、基地寬度又小於 20 公尺的基地，考量地下停車空間的設計效益，在開挖管理上考量使用方便性，通常會有放寬開挖率思考，如此亦將造成 LID 設計容受度的差異。



資料來源：本研究自行繪製（內政部營建署截至 2013.9.4 資料）。

圖8-10 淡海新市鎮第 1 期操作示範區區位示意圖



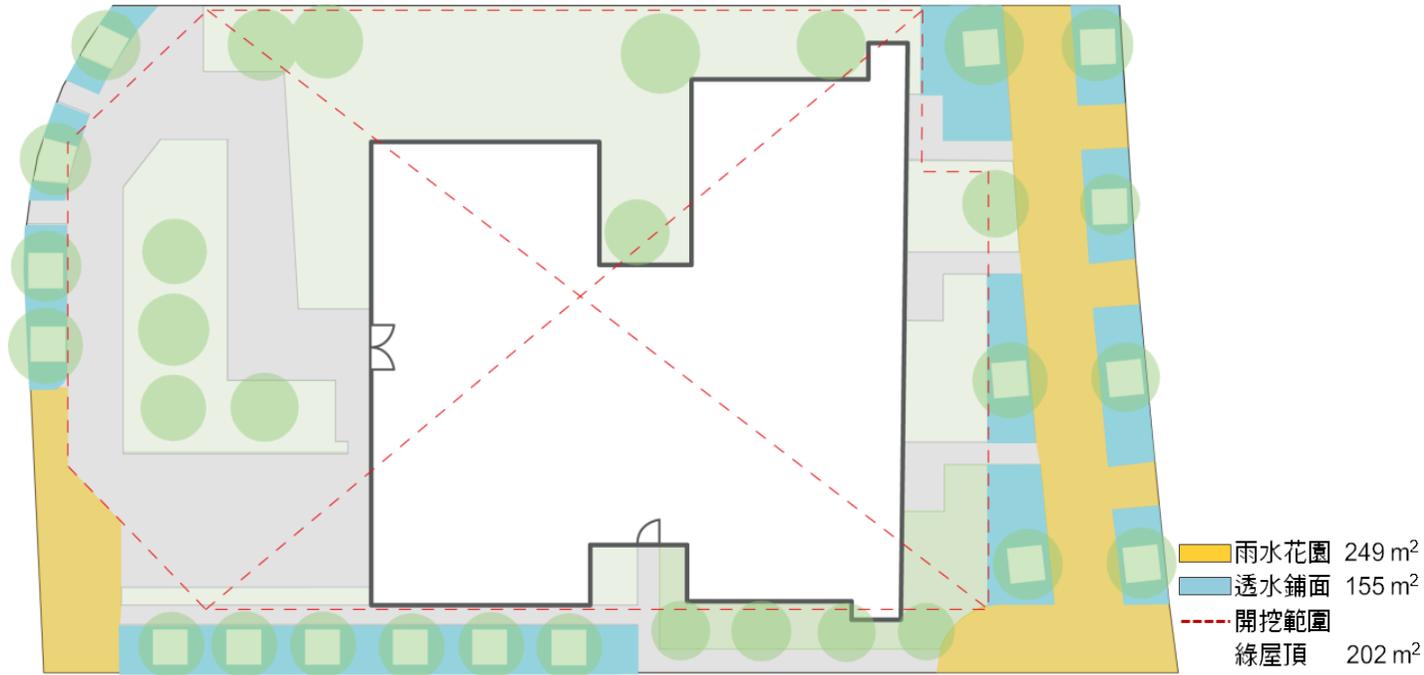
操作示範區-淡海一期東區



操作示範區-淡海一期西區

資料來源：本研究自行繪製。

圖8-11 淡海 1 期東西側操作示範區示意圖



LID 設施單元雨水貯留單位面積保水量(m³)
 (詳見LID 設施單元雨水貯留能力-保水指標)
 透水鋪面設施= 0.175 m³/m²
 雨水花園設施= 0.3 m³/m²
 綠屋頂 = 0.07 m³/m² (h=10cm)
 (綠屋頂以45%之屋頂面積計算)

保水指標算式
A 單位面積保水量m³ × 該設施總面積 m² = 該設施基地保水量m³
B 基地總保水量m³ / 基地總面積m²=基地保水平均深度m

套入算式A:
 透水鋪面基地保水量=0.175 × 160m² = 28 m³
 雨水花園基地保水量=0.3 × 169m² = 50.7 m³
 綠屋頂基地保水量=0.07 × 202m² = 14.14 m³ } 92.84m³ 基地總保水量

套入算式B:
 92.84m³/1,373m²=0.067m= ~6.7cm
 ➔ 基地保水平均深度=6.7cm

資料來源：本研究自行繪製

圖8-12 淡海 1 期操作示範案例計算示意圖

➤ 開發狀況：

操作示範區 LID 設施導入容受力分析，須仰賴都市設計審議案例，故操作示範區內須有一定數量之提送案件，俾利進行分析。

綜整上述操作示範區挑選原則，本研究挑選出淡海新市鎮第 1 期開發區東側與西側兩處操作示範區：東側均為第 5 種住宅區，西側則包含第 5 種住宅區及第 5-1 種住宅區，建築型態多為一般臺灣都會區常見之集合住宅大樓與店鋪住宅大樓，如圖 8-10 所示。

3、淡海新市鎮第 1 期發展區示範區操作說明

透過檢視不同使用分區與建築形態之空間配置及開挖範圍，評估 LID 設施導入單一基地之設計容受度。在試算過程中，LID 設施導入的選擇是依據各案例已有的空間配置來設置。主要配置原則包括：針對地面層開放空間內連續植栽槽（不含喬木植穴）、人行道鋪面、草地、花園（不含喬木）等與屋頂層綠化設計，置換為具保水功能之 LID 設施以進行基地保水量檢討，另有關屋頂綠化 LID 設施面積檢討，係以實際屋頂面積進行保水量計算，綠屋頂面積最大值不得超過實際屋頂面積（扣除屋突部分）一半。

圖 8-11 為淡海新市鎮第 1 期東西側操作示範區示意圖（圖內據各建物標示之案例，為已完成都市設計審議個案），透過既有都市設計審議申請書圖，評估可操作之地表開放空間、綠地與植栽，後導入 LID 設施，計算各建築基地之保水量，並作為績效評估操作之基礎。（建築基地 LID 設施配置詳見圖 8-12）

淡海 1 期針對建築基地開挖率之限制管理，反應於東西操作示範區之保水量試算結果，顯示影響保水深度主要關鍵為開挖率。此外，平均約 33% 之建蔽率亦為影響建築基地保水量容受度表現之要素。表 8-4 為東操作示範區各案例導入 LID 設施之保水量容受度試算結果；表 8-5 為西操作示範區都市設計審議案例導入 LID 設施之保水量容受度試算結果。從試算結果可以發現東操作示範區平均保水深度約為 6~8.5 公分；

西操作示範區平均保水深度約為 6~7.5 公分，不論是東或西操作示範區，其保水量容受度試算均有不錯的表現，亦符合本研究前述章節都市設計審議案例之保水量容受度評估結論。

表8-4 淡海 1 期東側操作示範區案例基本資料及保水深度試算一覽表

地號	基地面積 (m ²)	實設建蔽率 (%)	實設開挖率 (%)	透水鋪面 (m ²)	雨水花園 (m ²)	綠屋頂 (m ²)	保水深度 (cm)
20	1,373	34	67	155	239	202	8.9
21	6,564	30	65	224	1,104	879	7
23	1,494	35	69	162	203	199	7.4
27	3,799	34	70	265	417	717	6.2
27-1	4,091	29	65	344	681	540	7.9
28	6,371	32	69	1,035	327	730	5.7
其餘地號	面積 (m ²)			12,470	保水深度 (cm)		6

資料來源：本計畫整理。

表8-5 淡海 1 期西側操作示範區案例基本資料及保水深度試算一覽表

地號	基地面積 (m ²)	實設建蔽率 (%)	實設開挖率 (%)	透水鋪面 (m ²)	雨水花園 (m ²)	綠屋頂 (m ²)	保水深度 (cm)
211	10,442	36	69	532	1,679	1,427	7.1
218	1,443	29	70	161	121	267	6.2
221	1,767	34	70	91	242	203	6.2
227	2,156	35	67	287	250	321	7.4
其餘地號	第 5 種住宅區	基地面積 (m ²)	16,803				6
	第 5-1 種住宅區		7,315				

資料來源：本計畫整理。

(四) 成效評估

淡海新市鎮 1 期整地後地勢平緩，地面水系流向於東示範區大致由東往西流，西示範區則往東西分流，其下水道系統在東示範區處有 2 個出流口，各往北及往西流出。西示範區僅有 1 個西北方出口流入公司田溪，兩示範區之排水系統分別如圖 8-13 與圖 8-14 所示。

兩示範區之 LID 布置若為已開發區域，則於建物屋頂取 40% 面積設置綠屋頂、綠地部分改以鋪設雨水花園、部分道路鋪面改以透水鋪面取代之，各示範區規劃之 LID 配置圖如圖 8-11（紫色為透水鋪面、綠色為雨水花園、白色則為綠屋頂）；若為未開發區域，則假設該區域內，藉由設置 LID 設施可達 6 公分保水量之要求。以下分別就東、西兩示範區描述：



圖8-13 淡海1期東示範區
排水路分布圖



圖8-14 淡海1期西示範區
排水路分布圖

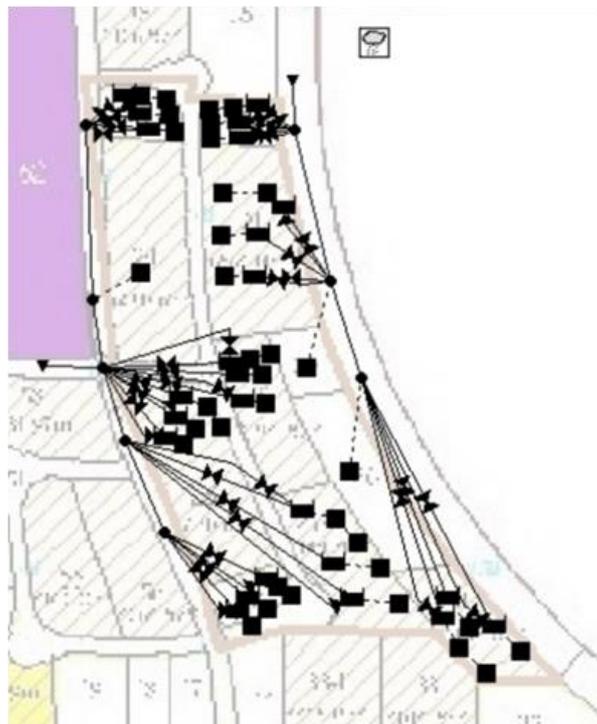


圖8-15 淡海1期東示範區之SWMM模擬配置圖

表8-6 淡海1期東示範區子集水區 SWMM 基本設定表

參數名稱	參數值	單位
面積 (Area)	基地面積	m ²
寬度 (Width)	垂直流徑之寬	m
坡度 (Slope)	0.2	%
不透水比 (Imperv)	80	%
不透水表面糙度 (N-Imperv)	0.03	-
透水表面糙度 (N-Perv)	0.3	-
不透水窪蓄 (Dstore-Imperv)	0.03	mm
透水窪蓄 (Dstore-Pperv)	0.05	mm
最大入滲率	3	mm/hr
最小入滲率	0.5	mm/hr
延遲常數	4	1/hr
乾燥時間	7	days

表8-8 淡海1期東示範區雨水花園 SWMM 基本設定表

雨水花園	參數名稱	參數值	單位
蓄水設施 Storage Unit	設施面積	設計面積	m ²
	深度	0.4561	m
堰 Weir	出水高	0.1	m
	堰長	子集水區寬度	m
	保水深度	0.3561	m
孔口 Orifice	孔口高	0.01	m
	孔口長	子集水區寬度 (m) / 1m × 孔口高	m
	孔口距底部高	0.0233	m

表8-7 淡海1期東示範區透水鋪面 SWMM 基本設定表

透水鋪面	參數名稱	參數值	單位
蓄水設施 Storage Unit	設施面積	設計面積	m ²
	深度	0.2957	m
堰 Weir	出水高	0.05	m
	堰長	子集水區寬度	m
	堰口距底部高	0.2457	m
孔口 Orifice	孔口高	0.02	m
	孔口長	子集水區寬度 (m) / 1m × 孔口高	m
	孔口距底部高	0.0273	m

表8-9 淡海1期東示範區綠屋頂 SWMM 基本設定表

綠屋頂	參數名稱	參數值	單位
蓄水設施 Storage Unit	設施面積	設計面積	m ²
	深度	0.1669	m
堰 Weir	出水高	0.1	m
	堰長	子集水區寬度	m
	保水深度	0.0669	m

1、淡海第 1 期發展區東示範區

東示範區內各基地之 LID 設施配置面積、設施處理面積與平均保水深度如表 8-4，其中各 LID 設施處理面積百分比乃依據基地內 LID 設置位置及地表逕流流徑方向進行概估。以公司田段 20 號基地為例，其雨水花園佈置於基地下游處，可匯集基地內約 74% 之逕流至此處進行處理；透水鋪面則因零星散布於步道上，故僅能處理 11% 基地面積之降雨逕流；綠屋頂則是佈置於建物頂端屋頂處收納降雨，其處理面積即其本身面積，處理面積比例為綠屋頂面積除以基地面積，為 15%。其餘基地亦依 LID 設置位置及地表逕流流徑方向進行概估。

本計畫依據規劃之 LID 設置及現有之下水道系統，利用 SWMM 與 LID Element 建立淡海 1 期之降雨逕流與下水道模擬模式，其模擬配置如圖 8-15。模式之建立乃將各基地視為 1 個子集水區，基地內的降雨逕流依據各 LID 設施之處理面積比例進行分配至每項 LID 設施處理後才進入下水道系統，其中子集水區、透水鋪面、雨水花園及綠屋頂之 SWMM 設定詳列於表 8-6 ~ 表 8-9。

其中子集水區的面積依據各基地面積給定，寬度為特徵寬度即垂直流徑之寬，坡度為 0.2%，不透水面積佔 80%，而可以透水的部分因為市鎮開發亦會導致地表窪蓄與入滲減少，故窪蓄與入滲率皆給定一微小定值（窪蓄為 0.05 毫米、最大入滲率為 3 毫米/小時），故基地可吸納之降雨逕流量大幅降低，勢必需透過 LID 設施的導入才能達到較好保水與減洪效果。

LID 設施設定部分，透水鋪面設定其保水深度為 24.57 公分，孔口高為 2 公分；雨水花園因具有地面保水層，故保水深度較厚，為 35.61 公分，孔口高為 1 公分；綠屋頂之保水深度為 6.69 公分；下水道的設定採用現況下水道設計，給定其管長、管徑與高程；降雨條件的設定部分，淡海新市鎮位於新北市地區，設計降雨採用中正橋雨量站水文分析後之 5 年重現期降雨，設計雨型採用 Horner 雨型，設計 6 小時暴雨如圖 8-16 所示。

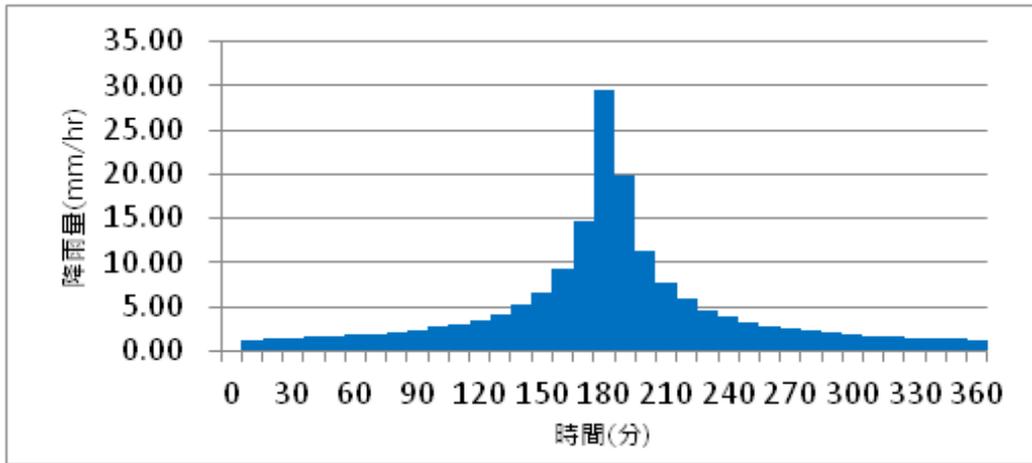


圖8-16 淡海 1 期東示範區設計降雨歷線圖

降雨、集水區、LID Element、下水道設定完成後，本示範案例利用 SWMM 模式及 LID Element 評估方案 1(淡海 1 期東示範區現況)與方案 2(淡海 1 期東示範區配置 LID 設施後)共 2 種不同狀況，其於北出口及西出口之逕流歷線如圖 8-17 與圖 8-18 所示。

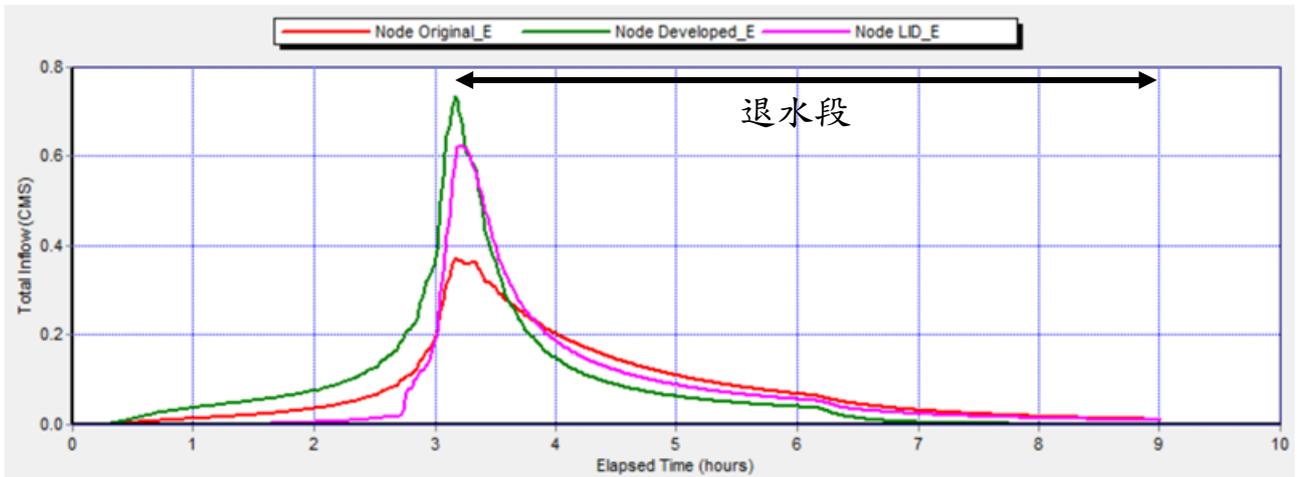


圖8-17 淡海 1 期東示範區北出口出流歷線圖

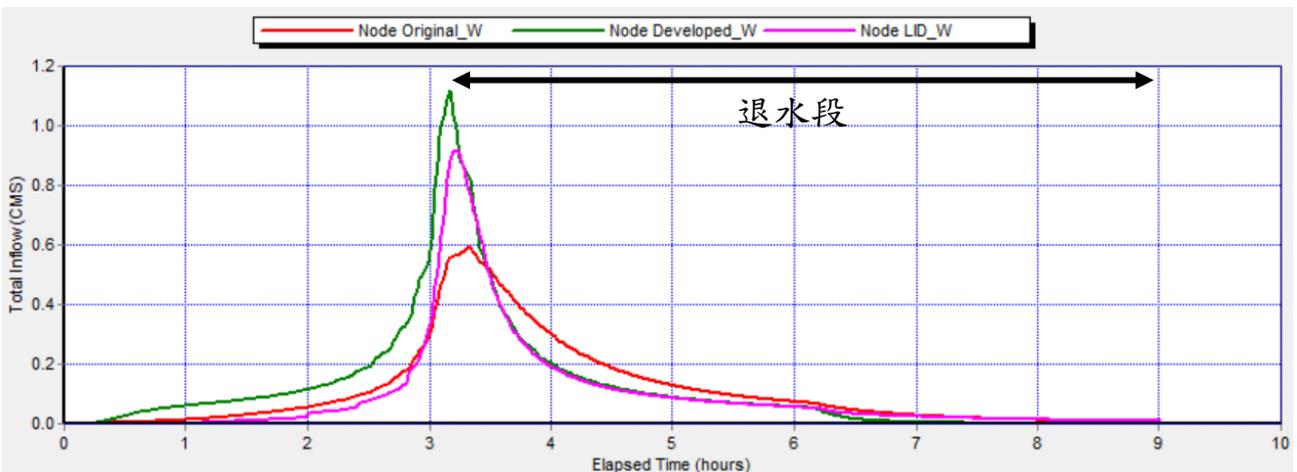


圖8-18 淡海 1 期東示範區西出口出流歷線圖

由圖 8-17 與圖 8-18 可發現配置 LID 後，無論是北出口或西出口之出流歷線皆變為平緩，顯示 LID 設施確實發揮保水與減洪效果。觀察出流量隨時間的變化，在初期降雨量小的時候，大部分的降雨逕流有效的被 LID 設施蓄存，出流量接近於零；隨著雨勢增大，開始有部分的降雨逕流由排水暗管排出至下水道系統，出流歷線緩慢抬升；到大雨來臨時，大量洪水湧入集水區與 LID 設施，大部分形成地表逕流而少部分被 LID 蓄存，使得出流量快速增加，但因部分洪水被 LID 設施蓄存，故出流尖峰小於未設置 LID 設施時之尖峰值，而 LID 設施亦同時發揮遲滯洪水的效果，使洪峰到達時間往後遞延；在洪峰過後之逕流量歷線即退水段的部分，未設置 LID 設施前，洪水大量且快速的消散，而設置 LID 設施後，因部分量體被蓄存在 LID 的保水層內，緩慢地由排水暗管排出，所以出流量呈現較平穩的趨勢，惟此時洪峰已過，這樣的緩慢出流可被下水道系統吸收，不會有淹水的危險，所以 LID 設施主要是提供洪水來臨時的暫時蓄存空間，使洪峰流量降低，具體的降低程度量化如表 8-10 ~ 表 8-13。表中之差異百分比是將現況值與配置 LID 之差異值除以現況值，取百分比而得，用意是將 LID 之效益作一標準化之動作，以利量化比較。

表8-10 淡海 1 期東示範區北出口現況逕流一覽表

北出口	洪峰流量 (cms)	洪峰到達時間 (hr:min)	增加逕流量 (m ³)
原始	0.37	03:10:00	-
現況	0.74	03:10:00	-
差異	0.37	00:00:00	14.07
差異百分比	98%	0%	-

表8-11 淡海 1 期東示範區北出口低衝擊開發效益一覽表

北出口	洪峰流量 (cms)	洪峰到達時間 (hr:min)	逕流型指標 (m ³)
現況	0.74	03:10	-
配置 LID	0.62	03:14	-
差異	-0.12	00:04	13.53
差異百分比	-16%	2%	96%

表8-12 淡海1期東示範區西出口現況逕流一覽表

西出口	洪峰流量 (cms)	洪峰到達時間 (hr:min)	增加逕流量 (m ³)
原始	0.60	03:20:00	-
現況	0.93	03:09:00	-
差異	0.33	00:11:00	20.13
差異百分比	56%	-6%	-

表8-13 淡海1期東示範區西出口低衝擊開發效益一覽表

西出口	洪峰流量 (cms)	洪峰到達時間 (hr:min)	逕流型指標 (m ³)
現況	1.12	03:09	-
配置 LID	0.93	03:13	-
差異	-0.19	00:04	17.97
差異百分比	-17%	2%	89%

SWMM 模擬結果顯示，對於淡海1期東示範區之北出口而言，在未配置 LID 設施前洪峰流量為 0.74cms，配置後的洪峰流量降為 0.62cms，差異為 16%；而洪峰到達時間由原本降雨開始後之 190 分鐘延長至 197 分鐘，遞延比例為 4%；逕流型指標為削減提前到達所增加水體的量，現況為 14.07，導入 LID 後增加到 13.53，兩者差異絕對值為 96%，也就是說，導入 LID 後幾乎可以恢復到開發前的狀態；西出口之出流量因導入 LID 設施後，洪峰流量由 1.12cms 降為 0.93cms，差異為 17%；洪峰到達時間由 190 分鐘延長至 199 分鐘，遞延比例為 5%；逕流型指標即削減提前到達所增加水體的量，現況為 20.13，導入 LID 後增加到 17.97，兩者差異絕對值為 89%，說明導入 LID 後可以改善水體提前到達的問題。

綜合而言，透過 LID 設施可使淡海1期東示範區之逕流減少、洪峰降低且延遲，逕流型指標平均約達 92% 左右。由於該基地為已開發區，有其既定的建物與空間型態，LID 設施的配置上主要是透過雨水花園處理大部分的降雨逕流，最後在逕流型指標的表現上已達到不錯的效果，可作為未來相同型態的基地開發參考。

若進一步比較北出口和西出口的逕流型指標，以西出口之表現較佳，此主要受限於基地集水區的型態，北出口上游之集水區屬狹長

型，雖然已配合於垂直流徑處佈置 LID 設施，但因空間有限，所以效果較差；而西出口上游之集水區寬度較大，配置之 LID 設施可蒐集較大區域之降雨逕流進行處理，故效果較佳，所以集水區形狀建議選擇以垂直流徑之寬度大者為佳，此點可以作為未來基地開發的參考。

2、淡海第 1 期發展區西示範區

西示範區內各基地之 LID 設施配置面積、設施處理面積與平均保水深度如表 8-5。各 LID 設施之佈置原則與東示範區相同，雨水花園佈置於基地下游處、透水鋪面佈置於步道、綠屋頂佈置於建物屋頂處。

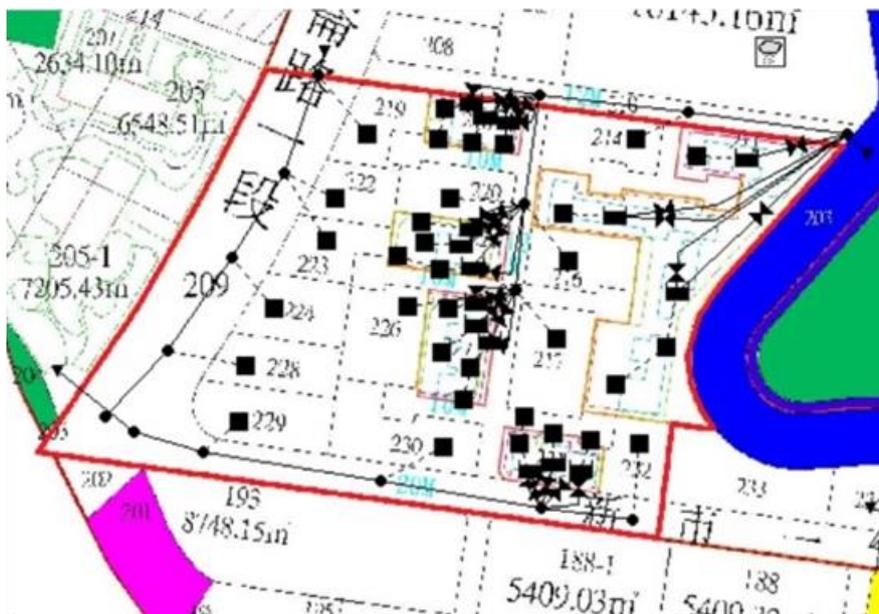


圖8-19 淡海1期西示範區之SWMM模擬配置圖

本計畫依據規劃之 LID 設置與現有下水道系統，利用 SWMM 與 LID Element 建立淡海 1 期西示範區之降雨逕流與下水道模擬模式，其模擬配置如圖 8-19。模式之建立乃將各基地視為 1 個子集水區，基地內的降雨逕流依各 LID 設施之處理面積比例進行分配至各 LID 設施處理後才進入下水道系統，其中子集水區、透水鋪面、雨水花園及綠屋頂之 SWMM 設定列於表 8-14 ~ 表 8-17。

各項設定除面積大小與寬度外，其餘於東、西兩示範區是相同的。集水區設定因開發後變為不透水，透水鋪面設定其保水深度為 0.2457 公尺，孔口高為 0.02 公尺；雨水花園因具有地面保水層所以保

水深度較厚為 0.3561 公尺，孔口高為 0.01 公尺；綠屋頂之保水深度為 0.0669 公尺；下水道的設定採現況下水道設計，給定其管長、管徑與高程；降雨條件的設定一樣採用中正橋雨量站水文分析後之 5 年重現期降雨，設計雨型採用 Horner 雨型，設計 6 小時暴雨。

降雨、集水區、LID Element、下水道設定完成後，本示範案例利用 SWMM 模式及 LID Element 評估方案 1(淡海 1 期西示範區現況)與方案 2(淡海 1 期西示範區配置 LID 設施後)2 種不同狀況，其於西北出口之逕流歷線結果如圖 8-20。

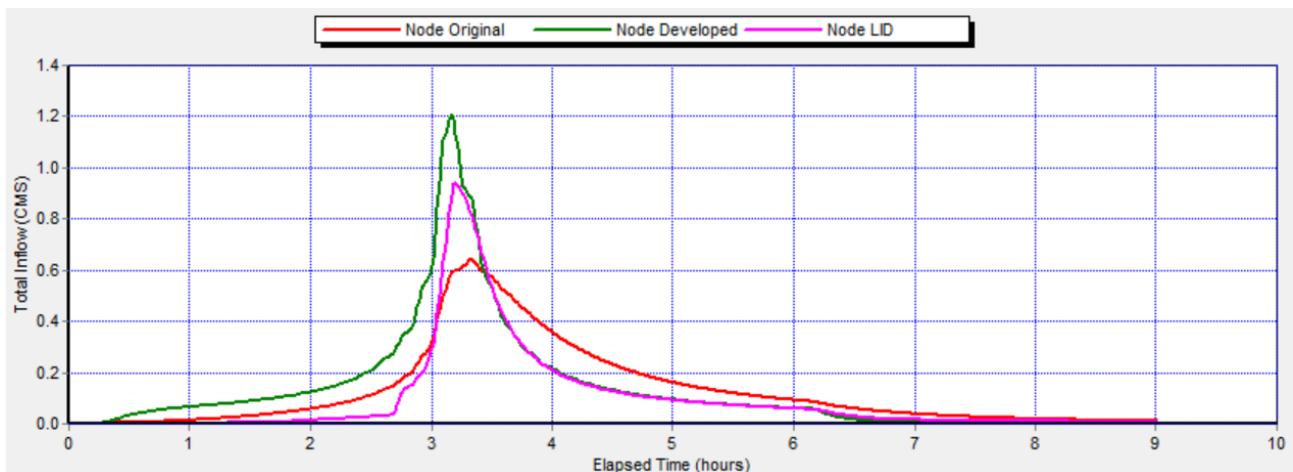


圖8-20 淡海 1 期西示範區西北出口出流歷線圖

由圖形可發現配置 LID 後，集水區出口之出流歷線變為平緩，顯示 LID 設施確實發揮保水與減洪效果。在初期降雨量小的時候，大部分的降雨逕流有效地被 LID 設施蓄存，出流量接近於 0；雨勢增大後，開始有部分的降雨逕流由排水暗管排至下水道系統，出流歷線緩慢抬升；當尖峰降雨來臨，大量洪水湧入集水區與 LID 設施，出流量快速增加，因部分洪水已被 LID 設施蓄存，洪峰流量減小、洪峰到達時間遞延；於退水段，被蓄存在 LID 保水層內的洪水量體緩慢排出。具體的保水與減洪效益量化如表 8-18 與表 8-19。表中之差異百分比是將現況值與配置 LID 之差異值除以現況值，取百分比而得，用意是將 LID 之效益作 1 個標準化之動作，以利量化比較。

表8-14 淡海1期西示範區子集水區 SWMM 基本設定表

參數名稱	參數值	單位
面積 (Area)	基地面積	m ²
寬度 (Width)	垂直流徑之寬	m
坡度 (Slope)	0.2	%
不透水比 (Imperv)	80	%
不透水表面糙度 (N-Imperv)	0.03	-
透水表面糙度 (N-Perv)	0.3	-
不透水窪蓄 (Dstore-Imperv)	0.03	mm
透水窪蓄 (Dstore-Pperv)	0.05	mm
最大入滲率	3	mm/hr
最小入滲率	0.5	mm/hr
延遲常數	4	1/hr
乾燥時間	7	days

表8-16 淡海1期西示範區雨水花園 SWMM 基本設定表

雨水花園	參數名稱	參數值	單位
蓄水設施 Storage Unit	設施面積	設計面積	m ²
	深度	0.4561	m
堰 Weir	出水高	0.1	m
	堰長	子集水區寬度	m
	保水深度	0.3561	m
孔口 Orifice	孔口高	0.01	m
	孔口長	子集水區寬度 (m) / 1m × 孔口高	m
	孔口距底部高	0.0233	m

表8-15 淡海1期西示範區透水鋪面 SWMM 基本設定表

透水鋪面	參數名稱	參數值	單位
蓄水設施 Storage Unit	設施面積	設計面積	m ²
	深度	0.2957	m
堰 Weir	出水高	0.05	m
	堰長	子集水區寬度	m
	堰口距底部高	0.2457	m
孔口 Orifice	孔口高	0.02	m
	孔口長	子集水區寬度 (m) / 1m × 孔口高	m
	孔口距底部高	0.0273	m

表8-17 淡海1期西示範區綠屋頂 SWMM 基本設定表

綠屋頂	參數名稱	參數值	單位
蓄水設施 Storage Unit	設施面積	設計面積	m ²
	深度	0.1669	m
堰 Weir	出水高	0.1	m
	堰長	子集水區寬度	m
	保水深度	0.0669	m

表8-18 淡海 1 期西示範區西北出口現況逕流一覽表

西北出口	洪峰流量 (cms)	洪峰到達時間 (hr:min)	增加逕流量 (m ³)
原始	1.21	03:11	-
現況	0.94	03:21	-
差異	-0.27	00:10	-22.08
差異百分比	-22%	5%	-

表8-19 淡海 1 期西示範區西北出口低衝擊開發效益一覽表

西北出口	洪峰流量 (cms)	洪峰到達時間 (hr:min)	逕流型指標 (m ³)
現況	1.21	03:11	-
配置 LID	0.94	03:21	-
差異	-0.27	00:10	23.54
差異百分比	-22%	5%	32%

模擬結果顯示，在未配置 LID 設施前，淡海 1 期西示範區之洪峰流量為 1.21cms，配置後的洪峰流量降低為 0.94cms，差異為 22%；而洪峰到達時間亦由原本降雨開始後的 191 分鐘延長至 201 分鐘，遞延比例為 5%；逕流型指標之值代表了透過 LID 設施的導入可消減多少百分比之因開發行為所增加的逕流體積，針對本示範區其因開發行為所增加之逕流體積為 22.08 立方公尺，在導入 LID 設施後可消減逕流體積達 23.26 立方公尺，逕流型指標可達 105%，亦即因開發行為所增加之逕流可全數由 LID 設施所吸收，整體水環境可回復至原始未開發下之逕流狀態。換言之，導入 LID 設施後跟開發前狀態相比不會有增加之逕流水體，亦即透過設置 LID 設施可使淡海 1 期西示範區之逕流減少、洪峰降低並延遲。

東西兩示範區皆為已開發區，有既定建物與空間型態，故 LID 設施的配置主要是透過雨水花園處理大部分的降雨逕流，最後在逕流型指標的表現上有達到不錯的效果，可作為未來淡海新市鎮相同型態的基地開發參考。

3、淡海 1 期全區域導入 LID

初步於淡海 1 期東西兩示範區內導入 LID 結果確實可達到保水、蓄洪及降低洪峰之目標，故本計畫進一步將 LID 設施導入淡海 1 期全區域範圍中，使得平均保水深度達到 6 公分，透過 SWMM 模擬全區域西出口之逕流歷線如圖 8-21 所示，LID 之效益詳列如表 8-20。由圖表可以得知透過 LID 的導入可以讓出口洪峰流量由 83.41cms 降至 55.80cms，減少幅度為 33%，洪峰延遲時間為 15 分鐘，逕流型指標達到 64%，即在五年重現期的降雨條件下 LID 可有效消減因開發行為所增加之逕流量。

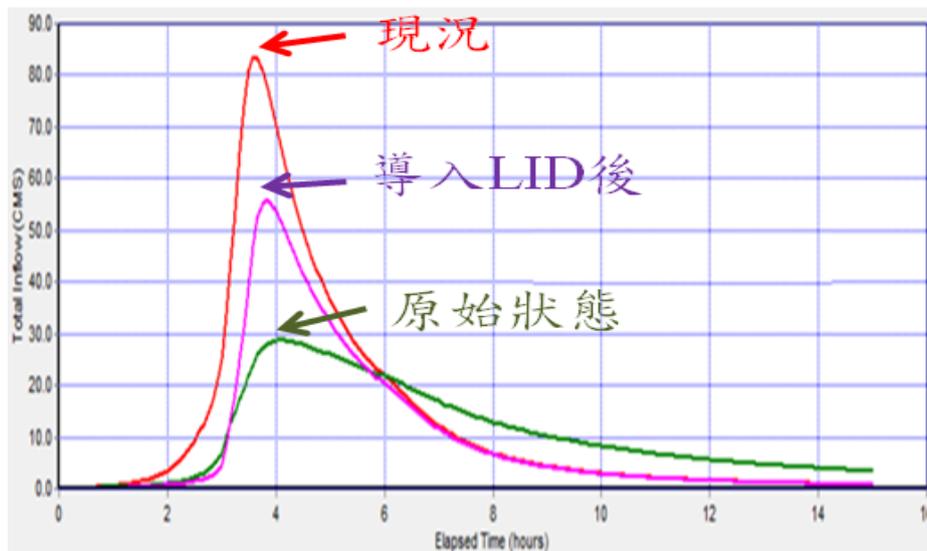


圖8-21 淡海 1 期全區域導入低衝擊開發之出口逕流歷線

表8-20 淡海 1 期全區域導入低衝擊開發效益一覽表

西出口	洪峰流量 (cms)	洪峰到達時間 (hr:min)	逕流型指標 (m ³)
現況	83.41	03:35	-
配置 LID	55.80	03:50	-
差異	-27.61	00:15	633.89
差異百分比	-33%	7%	64%

表8-21 不同重現期降雨條件下之低衝擊開發效益一覽表

重現期(年)	逕流型指標 (%)
5	64%
10	54%
25	47%

同時考量在不同重現期的降雨條件下，模擬導入 LID 的效益（表 8-21），隨著重現期增加，降雨量與降雨強度亦增加，LID 的減洪效益隨之減少，逕流型指標由 64% 降至 47%，但仍有一定的減洪效果，顯示 LID 的導入確實可以降低開發行為所增加之逕流量。

若進一步比較東示範區與西示範區的出口的逕流型指標，又以西示範區之表現更佳，此部分一樣主要是受到基地集水區型態的影響，東示範區之基地集水區多為狹長型而西示範區之基地集水區較接近方形，亦即集水區寬度明顯較寬，所以同樣配置 1 個雨水花園，可以蒐集到的降雨逕流較多，而且較寬的集水區還可以在中游就先設置 LID 設施來少部分的降雨逕流，可減輕下游處 LID 設施之處理負擔，達到更佳的保水與減洪效果，所以建議新市鎮的開發可以考量整體水流流向，在上中下游不同的地方佈置小型的 LID 設施，依序減少由上游往下游傳遞之降雨逕流量，將可使 LID 設施發揮更大效益。

（五）各土地使用分區管制規定及都市設計審議規範配合增修建議

透過上述成效分析，可瞭解透過 LID 導入，確實可發揮洪峰延遲及降低逕流的成效，未來可適度導入淡海 1 期之土地使用分區管制要點及都市設計審議規範，將有機會協助改善開發帶來之多元環境衝擊。

1、土地使用分區管制要點

土地使用分區管制規定參照變更淡海新市鎮特定區第 1 期細部計畫（第 1 次通盤檢討）之建築及土地使用分區管制要點，LID 設施導入之相關規定為第 51 條各土地使用分區地下最大開挖率與最小透水率規定（如表 8-22 所示），有鑒於地下開挖率為影響建築基地 LID 設施導入容受度之關鍵因素，高地下開挖率將限縮 LID 設施之貯水層設置，進而影響建築基地 LID 設施保水量之表現，因此建議土地使用分區管制要點降低地下最大開挖率之規定，調整幅度則建議參照都市計畫法新北市施行細則限縮地下最大開挖率以友善環境保護，建議以分區建蔽率加 10~15% 計算。

表8-22 淡海新市鎮第1期開發區各土地使用分區開發管理與建議綜理表

土地使用分區種別	法定 建蔽率	地下最大開挖率		最小 透水率	永續 保水深度		
		原規定	計畫建議				
土地 使用 分區	第1-1種住宅區	50%	50%	60%	25%	4.8cm	
	第2種住宅區	35%	60%	50%	20%	4.8cm	
	第3種住宅區	35%	70%	50%	15%	4.8cm	
	第3-1種住宅區	50%	70%	60%	25%	-	
	第4種住宅區	35%	70%	50%	15%	4.8cm	
	第5種住宅區	35%	70%	50%	15%	4.8cm	
	第5-1種住宅區	50%	70%	60%	15%	4.8cm	
	第6種住宅區	35%	70%	50%	15%	4.8cm	
	第2種中心商業區	50%	80%	60%	15%	4.0cm	
	第2-1種中心商業區	70%	80%	70%	15%	4.0cm	
	第3種中心商業區	70%	80%	70%	15%	4.0cm	
	第3-1種中心商業區	70%	80%	70%	15%	4.0cm	
	鄰里商業區	40%	80%	60%	15%	4.0cm	
	加油站專用區	40%	40%	同左	-	-	
	第1類型郵政專用區	50%	60%	同左	-	5.0cm	
	倉儲批發專用區	60%	70%	同左	-	4.0cm	
	捷運車站專用區	50%	60%	同左	-	5.0cm	
公共 設施 用地	公園用地	15%	15%	同左	不予規定	-	
	學校	文小用地	40%	50%	同左	不予規定	6.0cm
		文中用地	40%	50%	同左	不予規定	6.0cm
	機關用地(政)	50%	60%	同左	20%	5.0cm	
	污水處理廠用地	60%	60%	同左	20%	-	
	垃圾焚化場用地	--	60%	同左	-	-	
	變電所用地	40%	40%	同左	30%	6.0cm	
停車場用地	70%	70%	同左	20%	6.0cm		

註：

1. 上表未規定之土地使用分區及公共設施用地：最大地下開挖率應按其建蔽率加10%計算為原則；
最小透水率 = (1 - 最大地下開挖率) × 50%。
2. 基地保水量 = 基地面積 (A) × 永續保水深度，且此保水量不包括建築技術規則第4條之3的規定。
3. 如經都市設計審議委員會同意者，最大地下開挖率及最小透水率得調整，調整比例以增減5%為上限。

資料來源：修改自「變更淡海新市鎮特定區第1期細部計畫(第1次通盤檢討)」。

除降低開挖率外，另建議增加永續 LID 保水深度規定，此規定於短期內亦可透過都市設計審議規範執行，但在長期規劃上仍建議納入土地使用分區管制要點辦理。惟永續 LID 保水深度，因受限於淡海新市鎮第1期都審案例有限，且考量初期應以推廣角度進行，故建議比

照第柒章透過 78 個案例之檢討成果給予各使用分區的規範建議，留待建立一定執行成果後再予以修正。

2、都市設計審議規範

現有淡海新市鎮第 1 期細部計畫地區都市設計審議規範內容主要包含：總則、公共開放空間系統、人行空間及步道系統、交通運輸系統、建築設計與量體、環境保護設施配置事項及景觀計畫等共 7 章。與保水相關的規定，主要係針對公共開放空間系統鋪面之材質與功能加以規範，且僅透過第 3 條第 5 項第 1 款要求，略以：「學校用地及文教區開放空間之配置應考量地區環境及氣候特性，並提供學生活動空間，其硬鋪面須為透水鋪面。」進行規範，其他則付之闕如。

除透過土地使用分區管制要點建議增加保水量規定外，另建議於都市設計審議規範第 6 章增加「第 16-1 條 基地低衝擊保水規定」，並於該條文內增設提升其建築保水量設計與 LID 設計導入彈性，除與土地使用分區管制要點建議可將具貯水、滲透機能之 LID 設施納入環境保護設施配置事項規定內，並於大型公共設施用地（公園、廣場、學校等）透過高程差設計，規劃雨水貯集空間，賦予大型開放空間多元功能定位，一般建築基地則可藉由 LID 設施滿足法定雨水貯集量之規定（優先透過設置於基地相對下游區位之地面層開放性設施貯集雨水），受限於高開挖率之建築基地則可透過其他設計手法滿足法定保水量規定，例如：植生綠牆、開挖面上方保水板與雨水桶等；此外，建築基地可透過導入 LID 設施並與地下筏基雨水貯集系統連結，促使進入筏基之雨水均經過 LID 設施之過濾，確保其水質，可同時提高筏基之使用年限與中水再利用率（中水係指再生水或回收水，中水再利用率指污水經過處理後再利用之比率。因 LID 設施具備水質淨化效益，透過 LID 設施貯集之雨水，若能進入建築基地的中水再利用系統，可提高能再利用的中水量與利用效率。）。

二、導入水環境低衝擊開發於淡海新市鎮未開發區規劃之示範計畫（公共工程之操作示範—淡海 2 期示範區，提供淡海新市鎮環境影響評估第 2 階段相關水環境低衝擊開發之說明及文件）

淡海新市鎮第 2 期發展區第 1 開發區，北側與東側北段以登輝大道為界，東側南段為鄰登輝大道之沿線土地，南側以第 1 期已開發區為界，並納入尚未開發之水碓尾地區，西側以臺灣海峽、北側以 9 號橋為界，面積約 662.36 公頃。「修訂淡海新市鎮開發執行計畫」已於 102 年 4 月 8 日奉行政院核定，並同步委託中興工程顧問股份有限公司辦理公共工程規劃作業，本小節內容可提供作為環境影響評估第 2 階段相關水環境低衝擊開發之說明及文件。

（一）現況基地分析

淡海新市鎮第 2 期發展區第 1 開發區之自然環境條件分析，請參閱前述淡海新市鎮第 1 期發展區之自然環境條件分析。

1、開發方式

「淡海新市鎮特定區第 2 期發展區第 1 開發區細部計畫案計畫書（草案）」內明訂區段徵收之範圍、事業計畫與財務計畫；此外，亦委託中興工程顧問股份有限公司進行『「淡海新市鎮後期發展區環境影響評估作業暨用水計畫」委託技術服務案』評估開發行為，另亦展開都市計畫變更、山坡地解編、區段徵收可行性規劃、環境影響評估、景觀綱要計畫、都市設計規範擬訂、公共工程規劃設計及水土保持計畫等其他先期規劃，其開發流程詳圖 8-22。

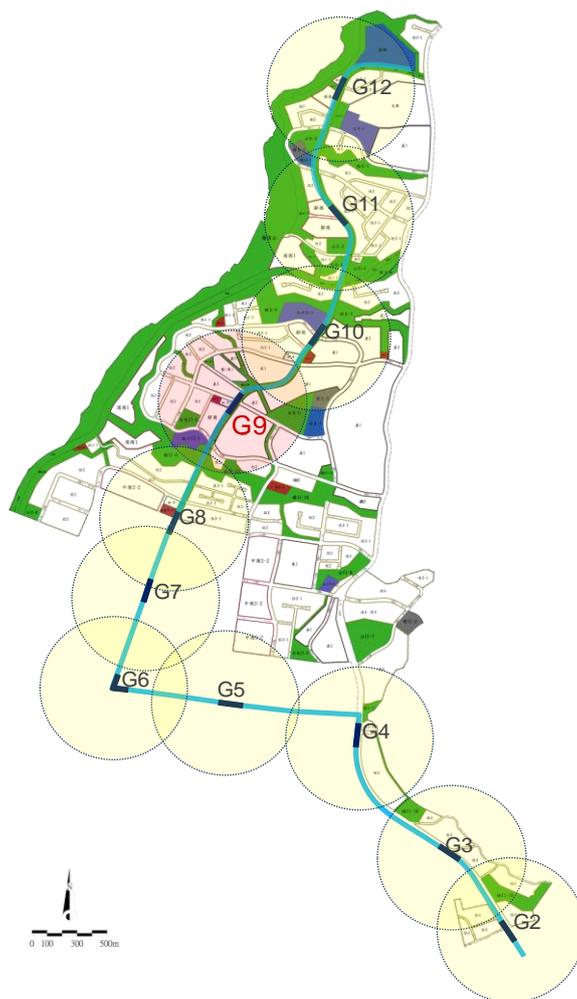
交通部分則考量透過輕軌系統連接台北捷運淡水信義線，係捷運淡水信義線延伸線計畫，其路線規劃分為綠山線與藍海線，已於 99 年 5 月 10 日經行政院經濟建設委員會審議原則通過，於 103 年動工，預計 107 年完工通車，屆時能夠連結淡海新市鎮地區與淡水市區，甚至是大臺北都會區，提供更便利之交通。



圖8-22 淡海第2期發展區開發流程圖

2、土地使用規劃與開發強度

淡海新市鎮特定區第2期發展區第1開發區總面積約為662.36公頃，其土地使用計畫沿襲主要計畫，規劃住宅區、商業區、產業專用區、醫療專用區、捷運車站專用區及文教區等，並酌於劃設細計層級之公共設施與道路用地等（圖8-23）。



資料來源：本計畫繪製。

圖8-23 淡海新市鎮第2期發展區第1開發區土地使用分區圖

進一步研讀『「淡海新市鎮特定區新市鎮第 2 期發展區第 1 開發區細部計畫」計畫書（草案）』，其規劃理念包括下列各點：

(1) 尊重既有自然地形與微氣候條件的細部計畫

- 保留大於 4 級坡丘陵河谷地形特色劃設次分區，並配合原生林分布，劃設公園、東西向連續的綠地，成為生態跳島或廊道。
- 溪流兩側留設寬約 20~40 公尺洪氾緩衝空間，作為綠手指。
- 順應地形及微氣候特質擘畫道路，南北向繞折避免冬季北風，東西向迎夏季風向。
- 濱溪綠帶周邊配設低強度住宅區，友善自然環境介面處理。

(2) 滿足生活、工作及居住複合機能的微型生態城市系統

- 每個次分區都有較大面積臨商配合輕軌場站劃設，提供便捷低碳生活。
- 運用大眾運輸導向發展 (TOD) 規劃理念，以輕軌場站為中心，規劃周邊半徑 500 公尺之步行生活圈 (商業、產業等公共服務)，並進一步往外遞減、分派土地使用強度。

(3) 土地使用管理更符合生態城市治理思維

- 開挖 (由 70~80% 降至 60~70%) 與綠化管理較第 1 期嚴格。
- 分區融入更多混合思維，次分區除居住外，均提供臨商、學校等都市機能。
- 開發強度大幅度下修
 - ◆ 商業容積率由 500%、700% 下降至 200%、350%
 - ◆ 住宅容積率由 400%、320% 下降至 260%、230%。

另整體淡海新市鎮新市鎮第 2 期發展區第 1 開發區之土地使用配置圖，其重點都市活動使用分區配置大致沿淡水捷運延伸線兩側發展，並以捷運場站為節點，制訂不同之功能定位，其中 G9 站鄰近服務全區之產業文創園區及醫療專用地，未來將發展為淡海新市鎮第 2 期發展區之核心。

土地使用分區管制要點規定如表 8-23 所示：

表8-23 淡海新市鎮第2期土地使用分區管制要點整理表

項目		住宅區				商業區			產業專用區		醫療專用區	公共設施	
		住1-1	住2	住3-1	住4	2-2中心商	海濱商	鄰里商	產1	產2		捷(專)	文教區
建蔽率		50%	35%	50%	35%	50%	50%	40%	40%	70%	60%	50%	40%
容積率		120%	180%	230%	260%	350%	200%	200%	200%	300%	200%	200%	200%
高度限制(m)		12	27	30	51	51	21	27	30	30	-	51	30
開挖率		50%	60%	65%	65%	70%	70%	70%	60%	70%	50%	50%	50%
最小法定空地透水率		50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
綠化面積率		50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	40%	40%
最小開發規模(m ²)		250	660	880	1200	7500	12500	2000	20000		-	-	-
基地面寬(m)		12	15	20	22.5	57.5	75	30	-	-	-	-	-
最小後院深度比		0.3	0.3	0.3	0.25	0.2, 3 ≤ X ≤ 10			-	-	-	-	-
同基地內之鄰棟間隔	前後/側面/垂直	水平距離(m)		3 ≤ X ≤ 15		5 ≤ X ≤ 20		8 ≥ X ≤ 15		-	-	-	6
		D/H		0.35		0.2		0.2		-	-	-	0.3
	同幢兩端	水平距離(m)		3 ≤ X ≤ 15		5 ≤ X ≤ 20		8 ≤ X ≤ 15		-	-	-	6 ≤ X ≤ 10
		D/H		0.2	0.2	0.2	0.2	0.2		-	-	-	-

資料來源：本計畫整理。

(二) 水環境低衝擊開發設計條件分析

淡海新市鎮之水文分析請參照本章一、(二)水環境低衝擊開發設計條件分析。

(三) 水環境低衝擊開發設施導入細部規劃

1、操作目標說明

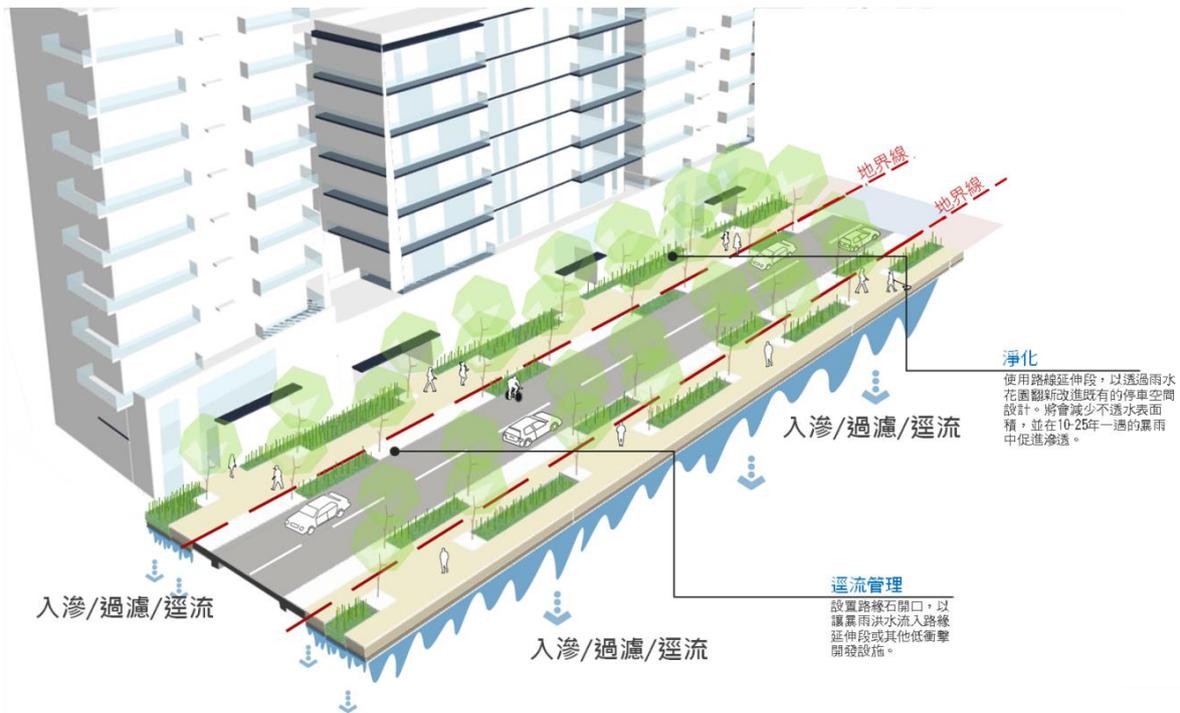
借鏡國外經驗及 3 次專家學者會議均點出「LID 導入都市空間最大效益的關鍵在於街道」，主要有 2 個原因，第 1 個是都會區內街道佔據近 25% 的空間，而過去街道設計主要係由土木工程師所主導，導致街道設計的最大標準只須滿足交通需求，迫使近 25% 道路面積的排水設計需由雨水下水道負擔，完全不具備洪水分擔及透水入滲功能，未來若能調整整體設計思維，將有助於大幅降低開發所造成逕流量大幅提升之狀況；第 2 個是系統化的 LID 設施佈設，除了有就源處理的分洪功能外，透過 LID 集結產生的綠化效果、水文歷程等的改變，將可提升 LID 對於暴雨管理產生之貢獻，若又能適性適地的結合風向、景觀生態網絡，將有機會發揮多元的環境效益，降低開發帶來之環境衝擊。

搭配淡海新市鎮第 2 期開發進度，本區開發特性尚有機會同步考量將 LID 設施引進道路、公園、廣場等公共工程設計的可能性，於細部計畫（含都市設計準則）確認前，仍可搭配環境氣候、生態等條件，以系統性水資源經理思維提出公共工程設計及都市設準則建議，以發揮更大附帶效益。故本示範區操作目標應包括下列 2 項：

(1) 典範低衝擊開發街道（LID Streets）之減洪效益

低衝擊開發街道(LID Streets)或稱綠色街道(Green Streets)，在設計上是以符合既有紋理的方式整合大眾運輸節點、慢行系統、周邊都市活動群集性，並提供以生態性為原則的雨水處理系統。LID 的雨水管理系統則要求公有路權用地內須盡量減少非滲透性鋪面，並增加植被區域，其主要操作空間包括：街道、人行道、自行車道、暴雨管理基盤以及系統化的地景。

然而，街道設計的改變與調整到底能發揮多少減洪作用，並附帶產生怎樣的環境效益，可再未來透過本示範區進行示範。又單一設施僅能處理 1~2 年洪水頻率之暴雨，因此若有機會透過連結而成為網絡，將有機會提升 LID 雨水管理能力。



資料來源：本計畫繪製。

圖8-24 低衝擊開發街道規劃示意圖

(2) 典範以公私合營創造連續地景，成就系統性地區水資源管理

新市區建設開發是統合水環境設施，創造多元環境效益的最佳機會，借鏡國外案例瞭解土地使用分區劃設階段，應尊重與保留森林、水文等既有自然資源，並考量生態價值與棲地功能，維持地景、生態的完整性後，建構對環境友善且最有效率的暴雨管理策略。

新市鎮建設階段工作範疇包括：(1)土地使用分區確認；(2)公共建設興闢；(3)擬定都市設計準則。在細部計畫擬定(含都市設計準則擬定)與道路與公園興闢階段，有機會以適性、適地的系統性思維，提昇地區開發後的微氣候或生態友善條件(孔隙環境、潔淨水源)，之後透過公私合營開發管理(都市設計準則規範)，鼓勵私人開發協助落實，如：水滄都市設計準則擬定計

畫除希望基地開發含容滯洪需求外，規劃設計構想配合既有風向（圖 8-25），透過都市設計準則要求留設南北向寬達 20 公尺深之集中式開放空間，並輔以部分滯洪需求應留設於集中式開放空間內，以形塑南北向微風廊道，優化地區微氣候基盤。

搭配淡海新市鎮 2 期刻正擬定之都市設計準則，本計畫企圖透過特定區域之試操作，瞭解公私合營思維及系統化導入 LID 之綜效，冀回饋都市設計準則擬定建議。



資料來源：本計畫繪製。

圖8-25 臺中市水滙經貿園區以水資源經理概念都市設計構想示意圖

2、示範區試操作基地選擇

為達到契約 30 公頃之試驗操作規定及上述操作目標，將以下列角度於淡海新市鎮 2 期 1 區選擇試操作基地：

- 1、應涵蓋多元道路層級，並應包括具景觀特質之道路。
- 2、公共工程施作範疇配合多元使用分區。
- 3、區位具可及性高特質，有利典範成效之傳播。
- 4、檢視 LID 導入減緩逕流對於河川衝擊之效果。
- 5、示範區坡度平緩，可劃分為單一排水分區，利於績效評估。

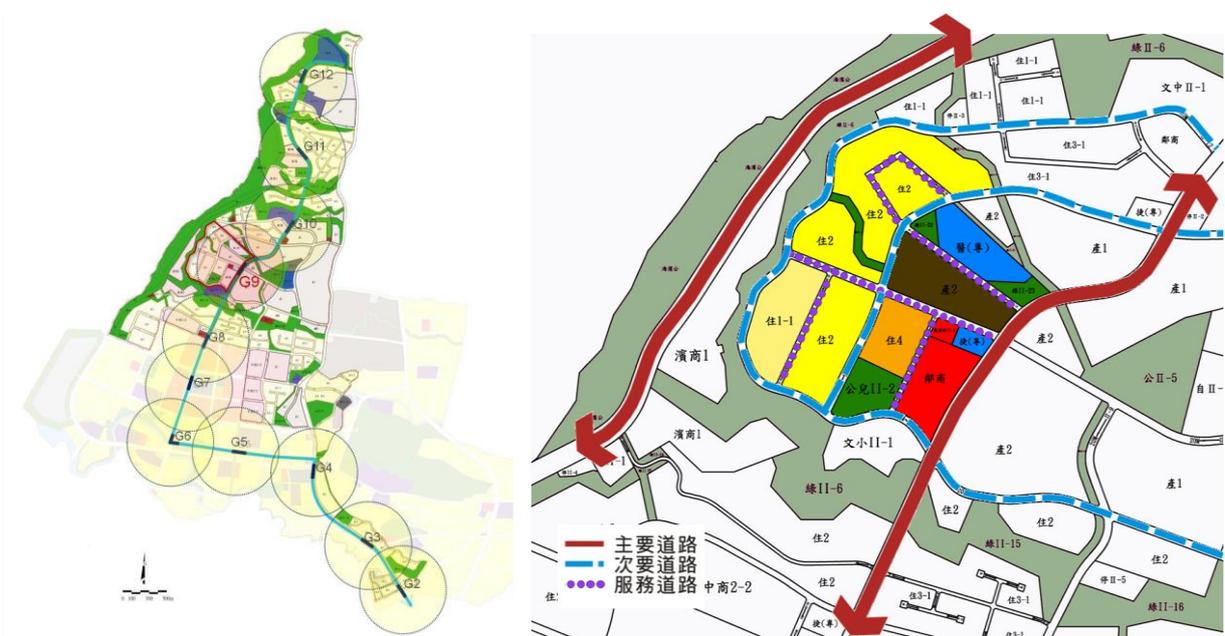
今選定淡海輕軌綠山線 G9 站周邊區域約 40 公頃土地作為試驗操作基地土地使用以住宅區、商業區、文中小、公園用地、產業專用區等分區為主，具多元混合使用分區特質（表 8-24 與圖 8-26），。此區周邊為淡海新市鎮第 2 期區域主要商業活動及產業活動中心，且為

大眾運輸導向發展 (TOD) 人本運輸的核心起點，可及性高，有利於典範成效之傳播。

表8-24 淡海 2 期操作示範區土地使用綜理表

<p>中心商業區 50%/350% 濱海商業區 50%/200%</p> <p>— <u>一般遊憩設施</u>，<u>旅館業</u>，<u>文化、運動及休閒服務業</u>，一般零售、日用品零售或服務業，文化創意產業，低中高樓層住宅</p>
<p>第2種產業專用區 70%/300%</p> <p>— 以<u>培植新興產業</u>為原則，主要使用項目不得低於總樓地板面積80%</p> <p>— 綠能產業，生物技術產業，雲端運算產業，文化創意產業，運輸、倉儲及通信、旅行業，文化運動及休閒服務業</p>
<p>第1-1種住宅區 50%/120%</p> <p>— <u>低樓層住宅</u>，<u>老人住宅</u>，電業、電信及郵政業，社區安全設施，衛生設施，社區教育設施，文教設施，不動產業務所</p>
<p>第2種住宅區 35%/180%</p> <p>— <u>低樓層住宅</u>，<u>中、高樓層住宅</u>，老人住宅，電業、電信及郵政業，社區安全設施，衛生設施，社區教育設施，文教設施，不動產業務所，車站設施</p>
<p>第4種住宅區 35%/260%</p> <p>— 低樓層住宅，<u>中、高樓層住宅</u>，<u>招待所或寄宿舍</u>、<u>青年活動中心</u>，<u>日用品零售服務業</u>，<u>事務所及工商服務業</u>，<u>金融保險機構</u>，文教設施，不動產業務所，社區安全設施，衛生設施，社區教育設施…</p>
<p>文小11-1 40%/200%</p>
<p>公園用地、綠地 15%/60%</p>

資料來源：本計畫整理。



資料來源：本計畫繪製。

圖8-26 淡海 2 期 1 區土地使用分區圖

傳統雨水下水道工程會將地表逕流快速導入河川，造成河川水文的破壞，影響河川生態之發展。透過 LID 概念之導入，地表逕流可暫

存於 LID 設施中，以達到減洪與淨化水質之效果，同時亦減緩河川污染與河道沖淤現象。為瞭解上述 LID 之效果，本示範基地選在鄰近下圭柔山溪與興仁溪之間，期望 LID 技術能減輕地表逕流對河川生態與水文之衝擊。此外，淡海 2 期 1 區選定範圍於現階段尚未有排水系統，由其整地後之數值地形模型資料可發現本示範區地表由東北向西南傾斜，整體坡度平緩約 0.2%，可依高程劃設為單一排水分區。

因目前同步辦理公共工程設計及都市設計準則擬定，故相關道路設計及都市設計管制構想，乃是參考「淡海新市鎮特定區計畫第 2 期發展區第 1 開發區景觀綱要計畫暨都市設計審議規範」委託技術服務案。初步研析，淡海新市鎮特定區計畫第 2 期發展區第 1 開發區之規定為低建蔽率、低開挖率，除第 1-1 種住宅區可能以透天形式發展外，其他開發產品均為大樓，搭配區位景觀優勢，評估未來以景觀宅作為住宅產品開發訴求的可能性仍高，故實設建蔽率仍將約為 30%，再輔以高綠化的規定，疊合原有尊重原水、綠、水文等土地紋理的使用規劃，將有機會建構一個良好的水綠生態網絡。另區內計畫道路（包含：35 公尺聯外景觀道路、20 公尺通學道路、15 公尺及 12 公尺的社區型道路）涵蓋多元層級道路，有利於模擬符合各街道特性為原則的 LID 街道設計。

3、示範基地操作

(1) 典範低衝擊開發街道 (LID Streets) 之設計原則

臺灣與國外的街道土地權在歸屬上有相當的差異。國外大部份的人行道空間均屬公有路權，而我國受限於區段徵收、市地重劃等土地開發方式，故大部分的人行道空間係屬私人協作產生。

本示範基地主要是以公共空間的街道做為操作示範區，此章節的街道空間規劃設計原則，在車道寬度及退縮規定部分係依「淡海新市鎮特定區計畫第 2 期發展區第 1 開發區景觀綱要計畫暨都市設計審議規範」之建議內容為基礎，而兩側私有土地退縮如圖 8-27 所示。



圖8-27 淡海 2 期 1 區示範操作區指定退縮示意圖

街道（含基地退縮空間）導入 LID 設施設計主要操作原則如下(後文依下列原則說明各類型街道引入 LID 設施之設計內容)：

- 暫不考慮落點區位可能帶來之差異：LID 導入規劃僅考量兩側都市活動對街道造成的影響，不考量區位落點思維。
- 不建議於雨水花園/生態滯留單元及植生溝內種植大型喬木，避免降低效率及破壞設施。
- 考量工程界面，尊重路權範圍線產生之施工及工期差異。
 - 尊重現有管線共管配置及車道空間規劃，不在車道下方及管線箱涵上方配置 LID 設施，主要考量係因具有下滲功能的 LID 設施不應設置於管線箱涵上方，以免日後對管線共管空間產生影響，而礙於車道空間對水質污染較嚴重，亦不適合 LID 設施的配置。
 - 以公私合營理念整併路權及基地退縮空間（綠帶、人行道與腳踏車道）內空間設計，提升空間規劃效率，將餘裕空間調整為綠化空間，建構 LID 導入基礎。

- 雙向四線道以下道路可設置 LID 設施，四線道以上因車量偏多，會加重逕流污染而不適合設置，但基地退縮空間仍可設置 LID 設施，處理該部分的雨水逕流。
 - 自行車道寬度建議應依照各計畫道路調整所需大小：道路自行車空間依道路服務等級，可配置單向自行車道或整併車道空間規劃。
- 依道路兩側土地使用分區性質差異，規劃街道空間的分配及設計（不含車道空間）。
- 住宅區、產專區等為寧適性環境特質，故以雨水花園及綠帶作為公私領域之間緩衝的配置原則。
 - 商業區、公園等強調空間流通，故以滿足選逛及遊憩性等目的做為兩側空間規劃原則。
 - 醫院、文教區等須考量使用者需求（如：殘障人士、輪椅、步行學童），建議允許範圍內配合較寬廣之人行道，提供餘裕的活動空間。

A、35 公尺計畫道路

35 公尺寬道路為景觀道路（兩側多為非住宅之土地使用規劃而道路中間常有景觀設施空間），通常車道數較多且車流量較大，考量其肩負地方自明性特質，植栽選擇可較多元、多配色，而喬木建議採用直立式以免影響視覺並遮蔽視線，考量需維持大型喬木生長的空間，故喬木栽植空間不配置 LID 設施。兩側都市活動空間在配設低衝擊開發設施時，應重視視覺的穿透性及都市活動交流特質，例如：臨商空間街道設置於兩側而雨水花園設於街道中央，臨產專區則反之，利用雨水花園創造私人空間的屏幕。

目前範圍內的車道現況為四線車道加上輕軌（圖 8-28 與圖 8-29），原本車道寬為 4 公尺，建議可改為較常見的 3.5~3.75 公尺，而基於安全考量，不鼓勵自行車跨越交通幹道，故建議道路兩側分別設置雙向自行車道，各寬 2.5 公尺。



圖8-28 淡海2期1區35公尺道路設計示範圖（一）



圖8-29 淡海2期1區35公尺道路設計示範圖（二）



圖8-30 丹麥哥本哈根 Ø RESTAD 社區

由於區內 35 公尺計畫道路多由輕軌及車道空間所佔據，與國內常見景觀道路不同，從而建議參考丹麥哥本哈根 ØRESTAD 社區內於高架捷運或道路下方設置大型植生溝收集其上方落水案例（圖 8-30）進行設置。透過高架陸橋或軌道下方設置草溝的方式，有機會降低排水溝負擔，進而降低雨水下水道工程投資，同時可增加入滲效果，若兩側車流量不高，亦可思考將道路坡降往草溝方向設計。一般具有中央分隔島設計的道路，亦可採類似做法。

B、20 公尺計畫道路

20 公尺的計畫道路屬於僅服務區內之收集性道路，土地使用分區多元，包括：商業區、產業專用區、住宅區、醫院用地、文教區、公園兼兒童遊樂場用地等用地。除住宅區與產業專用區的活動行為及特性相似之外，其餘用地的人行道上活動多元，需有功能性區分的人行道，故在設計上會有傾向於「花園在中間而街道在兩邊」的設計概念，另範圍內 20 公尺垂直向道路為通學巷或設有醫院，在設計上也會考量設置較寬廣的人行道，以提供給學童及病人較有餘裕的活動空間（圖 8-31）。

C、12~15 公尺計畫道路

12~15 公尺計畫道路定位為地區內連結道路，非地區間之聯絡道路，以地區居民通行使用為主，車流量較少，故車道數亦較少。此路側的住宅社區性質最高，臨道路兩側的用地通常以住宅或者社區性服務設施為主。因此，考量住宅區重視寧適性之環境特質，臨建築線規劃配置綠帶及雨水花園，以隔絕噪音、光害等，並提升隱密性，且創造之靜謐氣氛使車速更加緩慢。

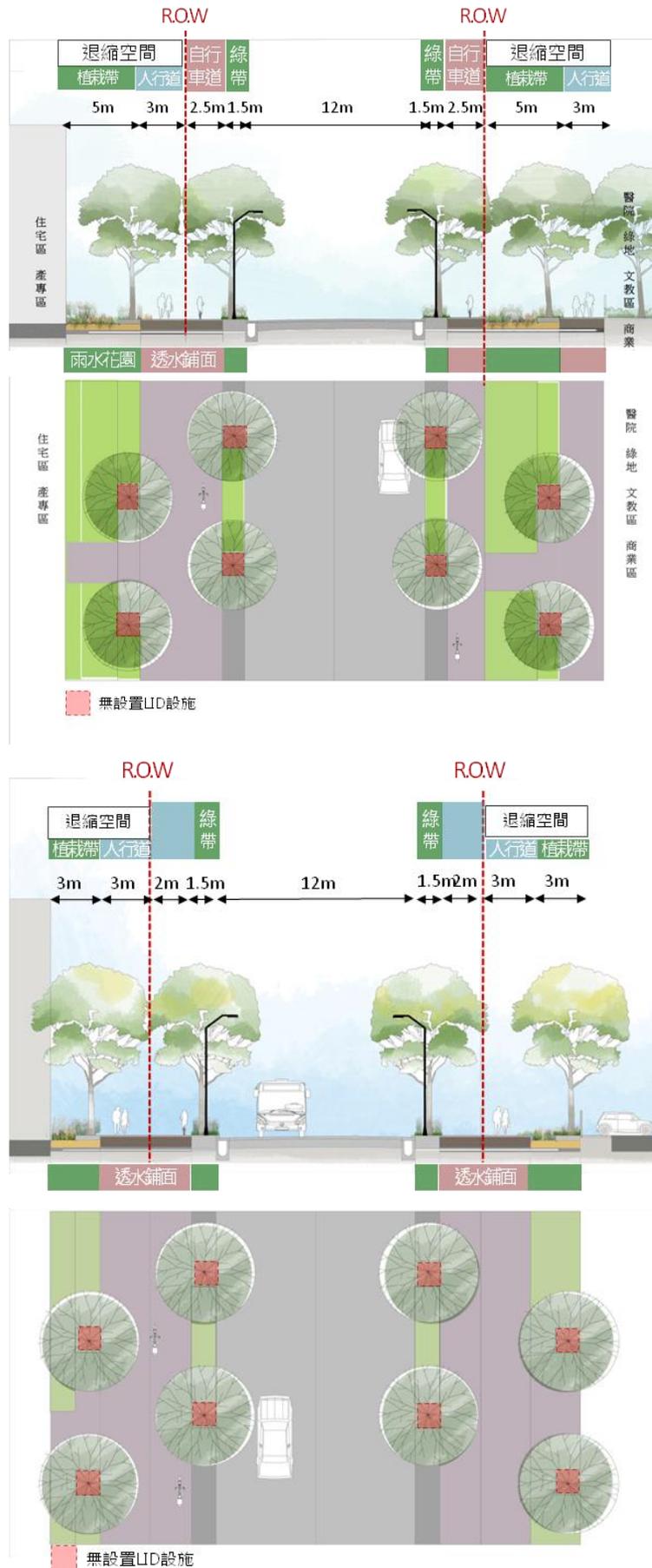
另外，面對開發內容及使用強度帶來之建築開發型態差異，例如：範圍內臨近第 1-1 種住宅區的類郊區或小型公園之綠帶空間可規劃植生溝收集道路雨水，降低排水溝負擔，並增加入滲的機會。而 12 公尺道路屬社區收集道路，車流量少，自行車可直

接靠右側路邊行駛，故建議無須配置自行車道，多餘車道空間可供雨水花園或人行道使用（圖 8-32）。公園兼兒童遊樂場用地因退縮空間較寬廣，則有機會設置具有景觀及教育性高的 LID 設施。

（2）公私合營創造連續地景，成就系統性地區水資源經理思維

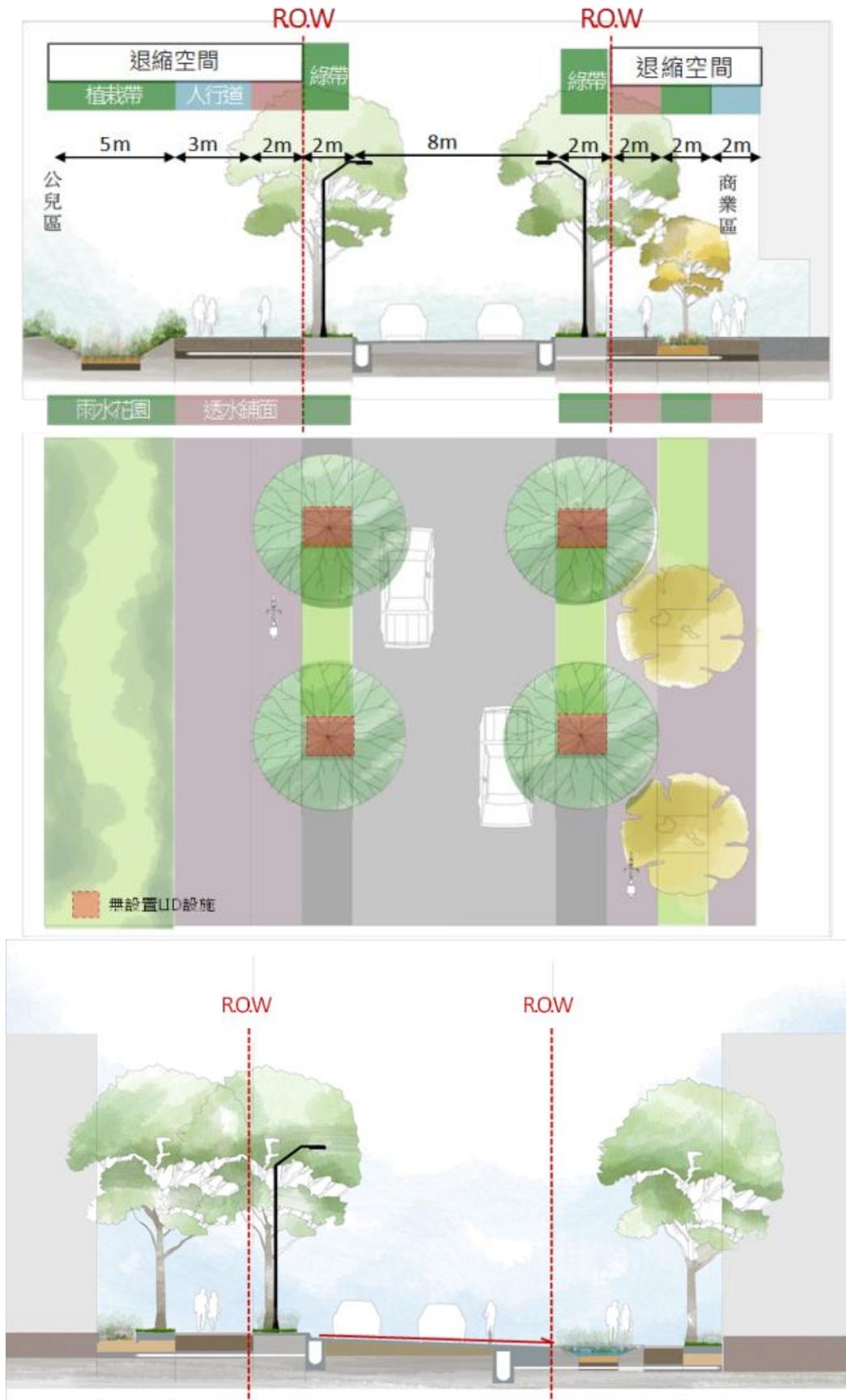
在土地使用分區劃設階段，即需納入以地景為基礎的暴雨管理策略，才有機會建構最有效率與對環境友善的暴雨管理策略。新市區建設開發有機會集結系統化（公私合營）的水環境 LID 設施進行佈設，除可發揮就源處理的分洪功能外，透過 LID 設施集結設置所產生的綠化效果、水文歷程等改變，可提升 LID 設施對於暴雨管理貢獻，若又能適性適地的結合風向、景觀生態網絡，將有機會塑造多元環境效益，降低開發衝擊。故系統化 LID 設施導入佈設時，應配合下列原則：

- 配合現有水綠基盤，優化生態網絡條件—東西向為本地區主要生態廊道連結路徑（圖 8-33）
 - 於東西向下圭柔山溪的綠地周邊配置 LID 設施，提升水質及避免河川基流因開發大幅降低，以友善原有棲地環境。
 - 創造多孔隙環境，優化食物鏈下層物種的棲地條件。
- 配合夏季風向（主要為西風）佈設 LID 設施，創造溫差效果，強化空氣流動夏季風向（如圖 8-33）。
 - 於東西向街道兩側配置 LID 設施，藉其構造有助於成為低溫源，帶動空氣流動，優化微氣候。
- 於住宅區為主範圍內收集道路佈設 LID 設施，提升街道安全及景觀品質
 - 透過 LID 設施為街道增添靜謐氣氛，提升街道安全效果。
 - 開放空間配合留設，強化整體街道景觀。



資料來源：本計畫繪製。

圖8-31 淡海2期1區20公尺道路設計示範圖



資料來源：本計畫繪製。

圖8-32 淡海2期1區12公尺道路設計示範圖

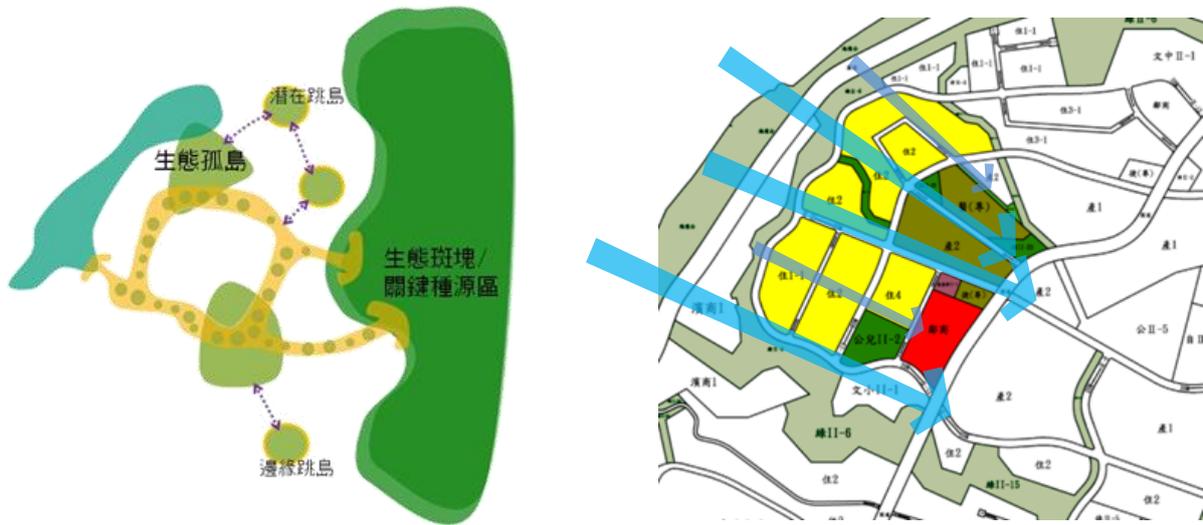


圖8-33 淡海 2 期 1 區操作示範區綠帶與風廊示意圖

A、LID 設施導入說明

東西向為本地區主要的生態廊道連結路徑，為避免範圍南邊的下圭柔山溪（東西向）遭受水質污染及基本流量因開發而大幅流失，應於溪流所在綠地設置 LID 設施以改善水質與水文，恢復原有棲地環境，另外並創造多孔隙環境來優化物種的棲地條件。

臺灣夏季風向主要為西風，因此應於東西向街道兩側配置 LID 設施（如圖 8-34 所示），藉由 LID 設施創造低溫源，帶動空氣流動並優化氣候；為提升街道安全及景觀品質，亦可透過於住宅區街道增設雨水花園等增添靜謐氣氛；開放空間可配合留設於街道兩側，可強化整體街道景觀。

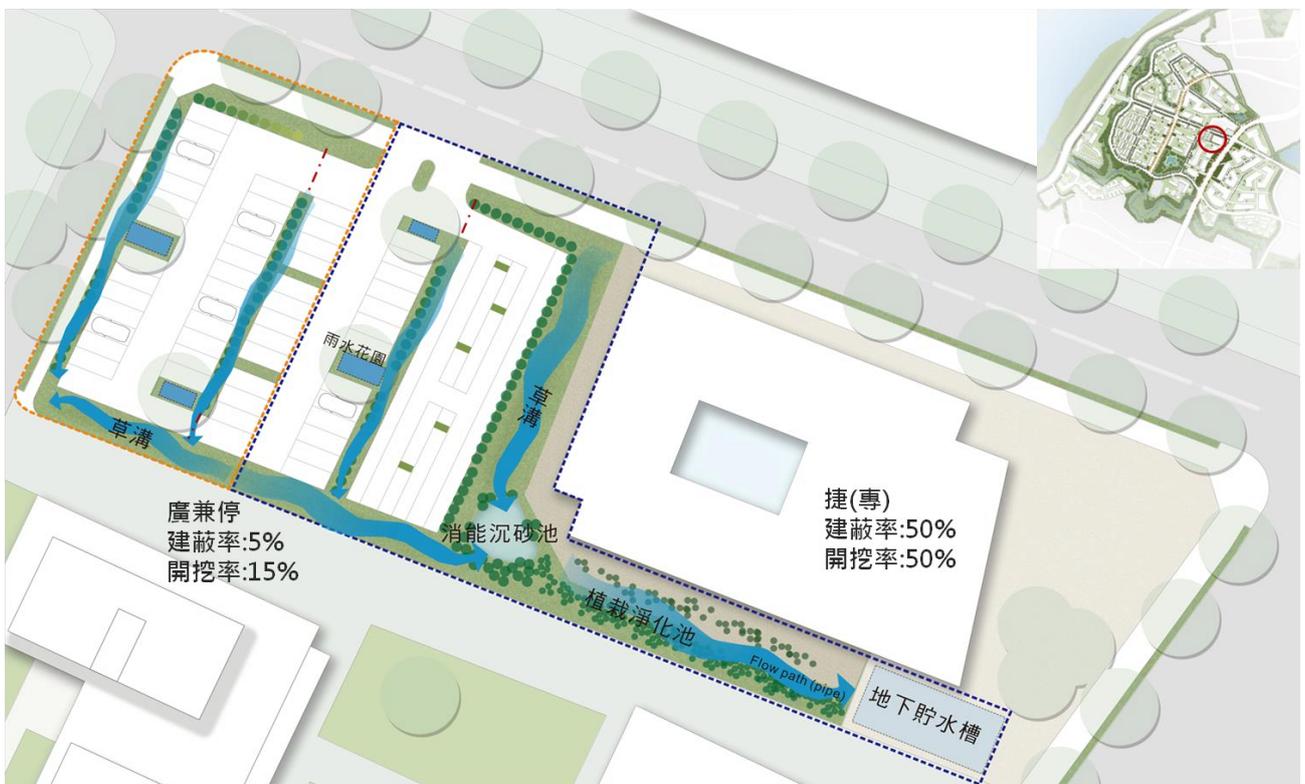
B、LID 設施導入公共開放空間說明

於淡海 2 期 1 區選定範圍內的捷運專用地及廣場兼停車場用地緊臨，為模擬公共建設用地佈設 LID 設施與臨地結合的絕佳示範點（圖 8-35）。結合捷運專用地及廣場兼停車場用地的開放空間，能讓 LID 設施的組合更有彈性，使其擁有效能提高、增大基地逕流處理容受度、深度過濾、美化環境、再生水使用的可能性等功效。



資料來源：本計畫繪製

圖8-34 淡海2期1區低衝擊開發設施導入示範圖



資料來源：本計畫繪製

圖8-35 淡海2期1區低衝擊開發設施導入公共開放空間示範圖

廣場兼停車場用地可採行佈設大尺度的帶狀及點狀式的 LID 設施，來降低停車場的不透水面積，透過帶狀式 LID 設施（例：植生溝），以高程差手法導流並過濾淨化地表逕流至點狀式 LID 設施（如：雨水花園等）。因結合兩基地能擁有更大的漫延面積，使雙方都能容受更大的降雨強度，並透過下滲來進行雨水逕流的淨化及儲水。除可提高雨水容受度外，儲存過濾後的雨水，可再利用於捷運專用地的澆灌及沖廁等，以降低營運成本。

（四）低衝擊開發示範區操作效益評估

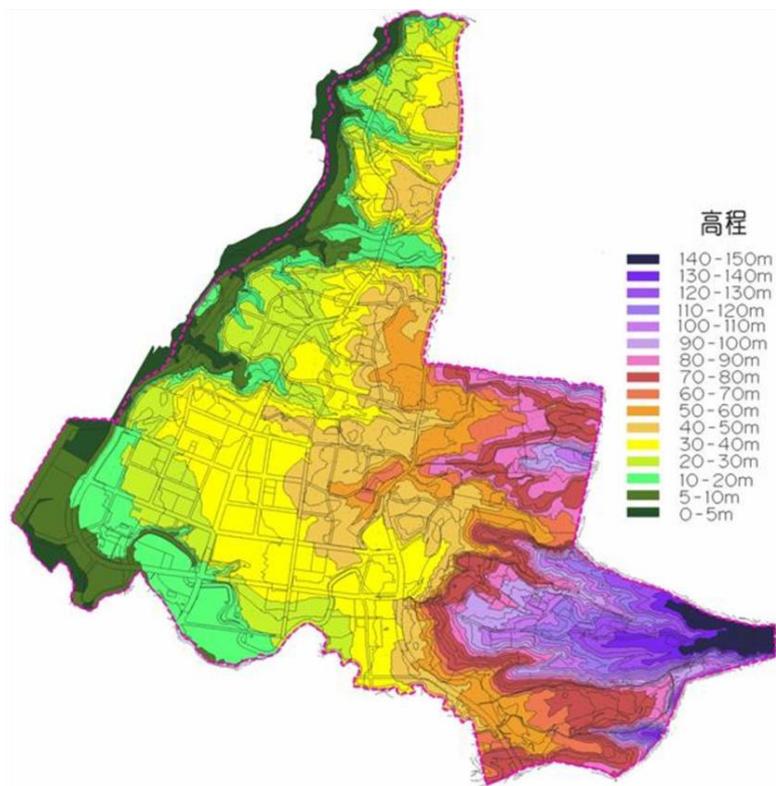


圖8-36 淡海新市鎮第 2 期地表高程分佈圖

淡海新市鎮第 2 期發展區位於淡海新市鎮北側，目前未有排水系統，依其整地後之數值地形模型（Digital Elevation Model, DEM）分析，其高程分佈如圖 8-36 所示，得知其水系流向大致由東往西方向流，主要以幾條溪流與溝渠排入台灣海峽。



圖8-37 道路類型分佈圖

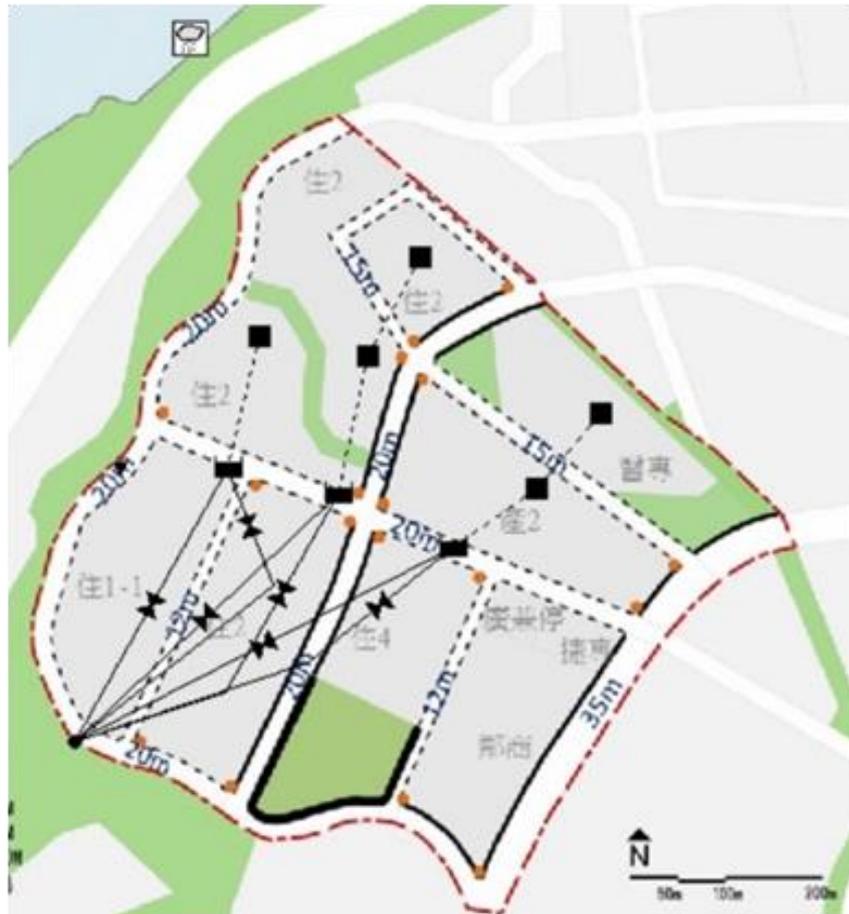


圖8-38 淡海2期1區示範區之SWMM模擬配置圖

目前於住宅區選定淡海新市鎮第 2 期發展區第 1 開發區內 40 公頃土地做為示範操作基地，暫不放入區位思維而是以街道公私合營角度，說明導入不同的 LID 設施所產生之效果。茲將示範區內各不同寬度道路（圖 8-37）可配置的 LID 設施面積暨可處理面積與平均保水深度詳列如表 8-25，其中各 LID 設施處理面積百分比，乃依據道路面積內設置 LID 的位置及地表逕流流徑方向概估。以 35 公尺寬道路為例，其雨水花園置於道路下游處，可匯集道路內約 98% 之逕流進行處理；透水鋪面則零星散布於步道上，故處理面積僅為道路面積的 2%；植生溝呈帶狀佈置設置於部分道路上，約可處理道路面積的 40%。

本計畫依規劃之 LID 設置及現有下水道系統，利用 SWMM 與 LID Element 建立淡海新市鎮第 2 期發展區第 1 開發區之降雨逕流與下水道模擬模式，模擬配置如圖 8-38。模式乃配合道路之集水區域範圍，將示範區域劃分為數個子集水區，依各 LID 設施之處理面積比分配集水區面積，其中子集水區、透水鋪面、雨水花園及植生溝之 SWMM 設定詳列於表 8-26 ~ 表 8-29。

其中，子集水區的面積依各基地面積大小給定，寬度即垂直流徑之寬，坡度為 0.2%，不透水面積佔 80%，而可以透水的部分因為市鎮開發亦會導致地表窪蓄與入滲減少，故窪蓄與入滲率皆給定一微小定值（窪蓄為 0.05 毫米、最大入滲率為 3 毫米/小時），故基地可吸納之降雨逕流量大幅降低，勢必需透過 LID 設施的導入才能達到較好保水與減洪效果。

LID 設施設定部分，透水鋪面設定其保水深度為 24.57 公分，孔口高為 2 公分；雨水花園因具有地面保水層，所以保水深度較厚為 35.61 公分，孔口高為 1.8 公分；植生溝之保水深度為 4.01 公分，孔口高為 1 公分。降雨條件設定部分，淡海新市鎮位於新北市地區，設計降雨採用中正橋雨量站水文分析後之 5 年重現期降雨，設計雨型採用 Horner 雨型，設計 6 小時暴雨如圖 8-39 所示。

表8-25 淡海2期1區示範區道路與低衝擊開發設施面積一覽表

道路類型		兩側土地使用分區	道路面積 (m ²)	可配置低衝擊開發設施的面積						低衝擊開發設施可處理的面積比			平均保 水深度 (cm)
路寬	兩側 對應 退縮			雨水花園 (m ²)		透水鋪面 (m ²)		植生溝 (m ²)		雨水花園 處理面積 百分比	透水鋪面 處理面積 百分比	植生溝 處理面積 百分比	
				公	私	公	私	公	私				
35m	8m-8m	產專區*—商業區、綠地或捷(專)*	1020	0	110	0	200	0	0	80%	20%	0%	7.3
20m-1	10m-8m	公園兼兒童遊樂場用地—文教區	1520	21	64	100	130	0	150.5	50%	30%	50%	10.6
		公園兼兒童遊樂場用地—住宅區		21	85	100	130	0	150.5				
20m-2	8m-8m	住宅區—產專區*或住宅區	2160	21	170	100	160	0	0	64%	36%	0%	14.7
		住宅區—醫(專)*及綠地		21	149	100	160	0	0				
		商業區—文教區		21	128	100	160	0	0				
20m-3	6m-6m	住宅區—產專區*或住宅區	1280	21	80	100	120	0	0	66%	34%	0%	11.7
		產專區*—廣兼停*或捷(專)*		21	75	100	120	0	0				
15m	6m-6m	產專區*—醫(專)或綠地	540	21	80	80	120	0	0	63%	37%	0%	13.3
12m-1	10m-6m	公園兼兒童遊樂場用地—商業區	560	28	20	0	180	0	102.5	50%	32%	50%	9.6
12m-2	6m-6m	住宅區—住宅區	960	28	80	0	120	0	0	73%	27%	0%	11.9
		住宅區—廣兼停*或商業區		28	60	0	140	0	0				

註：產專區—產業專用區、捷(專)—捷運車站專用區、醫(專)—醫療專用區、廣兼停—廣場兼停車場用地。

表8-26 淡海2期1區示範區子集水區 SWMM 基本設定表

參數名稱	參數值	單位
面積 (Area)	基地面積	m ²
寬度 (Width)	垂直流徑之寬	m
坡度 (Slope)	0.2	%
不透水比 (Imperv)	80	%
不透水表面糙度 (N-Imperv)	0.03	-
透水表面糙度 (N-Perv)	0.3	-
不透水窪蓄 (Dstore-Imperv)	0.03	mm
透水窪蓄 (Dstore-Pperv)	0.05	mm
最大入滲率	3	mm/hr
最小入滲率	0.5	mm/hr
延遲常數	4	1/hr
乾燥時間	7	days

表8-27 淡海2期1區示範區透水鋪面 SWMM 基本設定表

透水鋪面	參數名稱	參數值	單位
蓄水設施 Storage Unit	設施面積	設計面積	m ²
	深度	0.2957	m
堰 Weir	出水高	0.05	m
	堰長	子集水區寬度	m
	堰口距底部高	0.2457	m
孔口 Orifice	孔口高	0.02	m
	孔口長	子集水區寬度 (m) /1m×孔口高	m
	孔口距底部高	0.0273	m

表8-28 淡海2期1區示範區雨水花園 SWMM 基本設定表

雨水花園	參數名稱	參數值	單位
蓄水設施 Storage Unit	設施面積	設計面積	m ²
	深度	0.4561	m
堰 Weir	出水高	0.1	m
	堰長	子集水區寬度	m
	保水深度	0.3561	m
孔口 Orifice	孔口高	0.01	m
	孔口長	子集水區寬度 (m) /1m×孔口高	m
	孔口距底部高	0.0233	m

表8-29 淡海2期1區示範區植生溝 SWMM 基本設定表

植生溝	參數名稱	參數值	單位
蓄水設施 Storage Unit	設施面積	設計面積	m ²
	深度	0.1401	m
堰 Weir	出水高	0.1	m
	堰長	子集水區寬度	m
	保水深度	0.0401	m
孔口 Orifice	孔口高	0.01	m
	孔口長	孔口高×子集水區單位寬度數	m
	孔口距底部高	0.0233	m

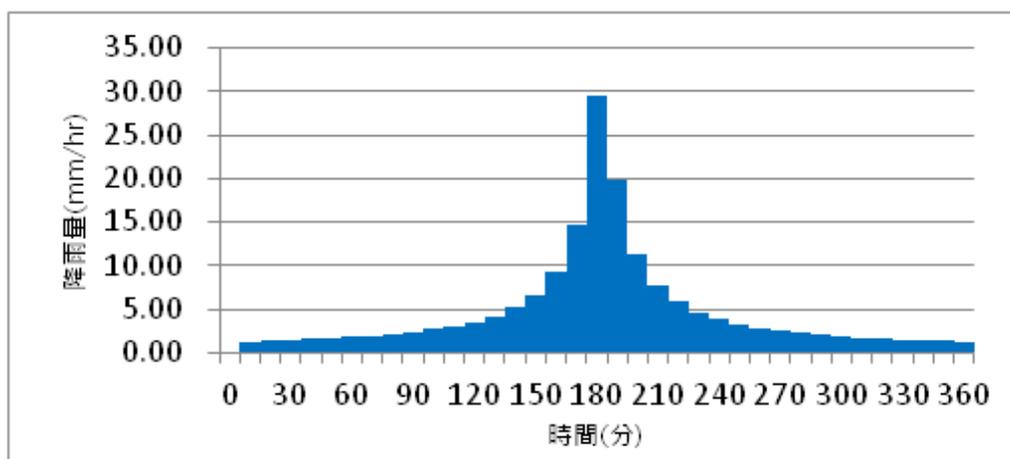


圖8-39 淡海2期1區示範區設計降雨歷線圖

降雨、集水區、LID Element 設定完成後，本示範案例利用 SWMM 模式及 LID Element 評估 4 種不同狀況下，於集水區南出口之逕流歷線（圖 8-40）：

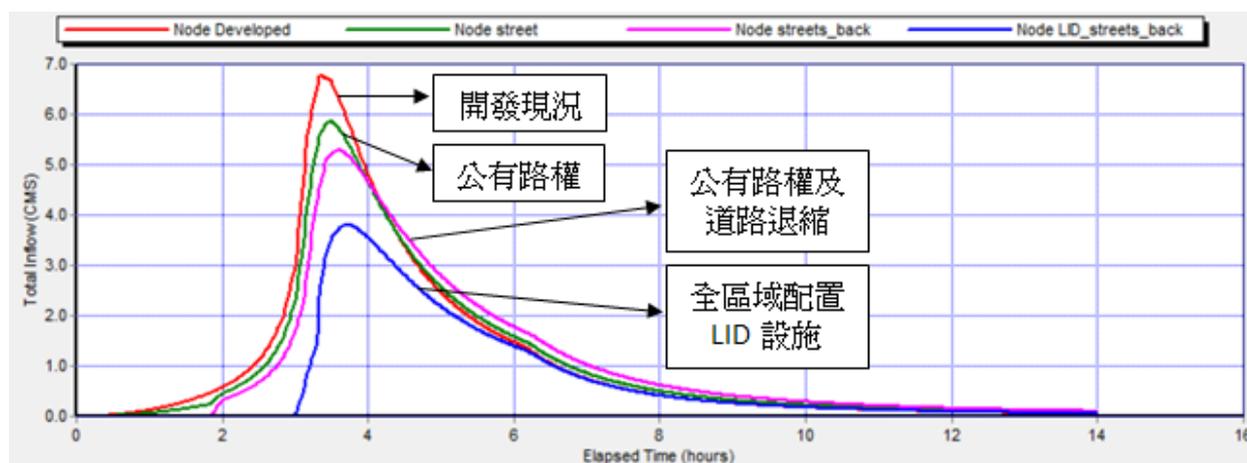


圖8-40 淡海2期1區示範區南出口出流歷線圖

- 〔方案 0〕：淡海 2 期 1 區示範區未導入 LID 開發後狀態
- 〔方案 1〕：淡海 2 期 1 區示範區開發後導入 LID 配置於路權範圍內
- 〔方案 2〕：淡海 2 期 1 區示範區開發後導入 LID 配置於路權與退縮範圍內
- 〔方案 3〕：導入 LID 於淡海 2 期 1 區示範區全區域內

由圖可發現於路權範圍內配置 LID 設施對於出口之逕流影響甚少，然而將路權與退縮範圍內皆配置 LID 設施後，對整體逕流產生影響才較為顯著，顯示 LID 設施發揮其保水與減洪的效果，但因為 LID 設施面積過小的緣故，其所能發揮之保水與減洪效果有限。若是全區域皆設置 LID 設施則其效益如圖 8-40 藍色線，可以達到相當好的保水效益。

若是全區域皆設置 LID 設施則其效益如圖 8-40 藍色線，可以達到相當好的保水效益。

觀察出流量隨時間的變化，在初期降雨量小的時候，LID 設施可蓄存部分雨水，但當降雨量一增加時，逕流歷線也隨之快速上升，在逕流洪峰到達時，因 LID 設施仍可蓄存部分的洪水，所以洪峰量降低，在退水段時，原本蓄存在 LID 設施裡的水量緩慢釋出，故逕流量稍微高於未配置 LID 設施時之逕流，具體的 LID 設施保水與減洪程度量化如表 8-30~表 8-33。表中之差異百分比是將開發後值與配置 LID 之差異值除以開發後值，取百分比而得，用意是將 LID 之效益作一標準化之動作，以利量化比較。SWMM 之模擬結果顯示如下：

- 〔方案 0〕淡海新市鎮第 2 期發展區第 1 開發區示範區於開發後洪峰流量為 6.78cms，洪峰到達時間為降雨開始後 207 分鐘；
- 〔方案 1〕於路權範圍內導入 LID 設施可將洪峰流量降至 5.85cms，差異為 14%，洪峰到達時間改變較少，僅延遲了 2 分鐘（約為 1%）的洪峰到達時間，逕流型指標即削減提前到達增加的水體量，開發後為 381.71 立方公尺，公有街道導入 LID 後為 73.84 立方公尺，兩者絕對值比例為 20%，其整體效果有限，功效不大；
- 〔方案 2〕當路權範圍加入退縮範圍均導入 LID 設施後，洪峰流量降為 5.30cms，差異為 22%，洪峰到達時間延後至 216 分鐘，遞延比例為 4%，逕流型指標即增加為 135.29 立方公尺，兩者絕對值比例為 36%；
- 〔方案 3〕配合路權街道及退縮範圍將整區皆配置 LID 設施後其效果相當顯著，分別是洪峰體積削減量由 14% 上升到 44%、洪峰到達時間延遲由 1% 上升到 7%、逕流型指標由 20% 提升至 90%。

顯見由於路權街道及退縮範圍的面積與全區域範圍相比較小，所以效果有限；但若能夠配合全區域均設置 LID，則效果可以非常顯著。

表8-30 淡海2期1區示範區開發後逕流一覽表

南出口	洪峰流量(cms)	洪峰到達時間(hr:min)	增加逕流量(m ³)
開發前	3.05	03:20:00	-
開發後	6.78	03:27:00	-
差異	3.73	00:07:00	371.71
差異百分比	122%	4%	-

表8-31 淡海2期1區示範區於路權範圍內導入低衝擊開發效益一覽表

南出口	洪峰流量(cms)	洪峰到達時間(hr:min)	逕流型指標(m ³)
開發後	6.78	03:27:00	-
公有街道配置 LID	5.85	03:29:00	-
差異	-0.93	00:02:00	73.84
差異百分比	-14%	1%	20%

表8-32 淡海2期1區示範區於路權與退縮範圍內導入低衝擊開發效益一覽表

南出口	洪峰流量(cms)	洪峰到達時間(hr:min)	逕流型指標(m ³)
開發後	6.78	03:27:00	-
公有街道及道路退縮 皆配置 LID	5.30	03:36:00	-
差異	-1.48	00:09:00	135.29
差異百分比	-22%	4%	36%

表8-33 淡海2期1區示範區於全區導入低衝擊開發效益一覽表

南出口	洪峰流量(cms)	洪峰到達時間(hr:min)	逕流型指標(m ³)
開發後	6.78	03:27:00	-
全區域皆配置 LID	3.80	03:41:00	-
差異	-2.98	00:14:00	335.33
差異百分比	-44%	7%	90%

此示範操作主要探討公私合營之效益。透過操作過程可知，宥於我國的開發機制，公有路權內可配置 LID 設施的面積相當有限，遠小於集水區面積，故無法對降雨逕流進行有效處理；但若進一步與私部門的退縮範圍空間合作，採「公私合營」方式導入 LID 設施，可明顯發現因為可配置 LID 設施的面積增加，其所可發揮的保水與減洪效益也相對地得到提升，雖然逕流型指標只有 7%，但對於洪峰流量的降低及洪峰延遲，仍有一定的效益產生。因此，建議未來 LID 的推廣應多採用公私合營的方式，擴大 LID 設施可佈設的面積，以達到保水與減洪的效果。

(五) 土地使用分區管制規定及都市設計審議規範配合增修建議書

目前「淡海新市鎮特定區計畫第2期發展區第1開發區景觀綱要計畫暨都市設計審議規範」委託案進程，於未來操作示範區範圍內的減洪思維，主要係要求在公園用地、公園兼兒童遊樂場用地及綠地用地等公共設施用地設置「符合50年重現期距的滯洪設施」來達成，而1公頃以上規模的建築基地，則係透過要求設置「雨水貯留設施」來完成（量體應達「水土保持技術規範」規定之滯洪標準的50%）。

優化 LID 設施導入之基礎，可透過減縮開挖率、要求最小法定透水率、地下室開挖區位儘量避免位於建築基地指定留設開放空間的範圍內等方式進行；LID 設施的設計導入包括：公共設施用地的排水系統應採符合生態性與雨水淨化功能的之溝渠設計、使用具有 LID 功能之透水鋪面、帶狀式開放空間內的植栽樹穴應設置樹箱過濾系統、公共設施用地及商業區內的開放空間得設置生態滯留單元或雨水花園等內容。

透過本計畫案的研究內容成果，包括：既有法令研析、LID 設施的研究、示範區的操作模擬等，將可提出較為具體的建議。惟相關建議乃係基於本計畫以 30 公頃作為操作研析的範圍，故所衍生的增修建議或無法直接適用於淡海新市鎮 2 期 1 區，後續仍需請上揭委託案辦理公司續行研議，以擴大 LID 的適用範疇。針對 2 期 1 區的操作示範區導入 LID 開發設施，本計畫提出下列增修建議：

1、土地使用管制要點

- (1) 開挖率依現行計畫建議。
- (2) 提升基地開發的透水率規範，其中能計入的透水面積應是指「雨水可直接下滲至原土壤之能力的面積」。

$$\text{透水面積} \geq \text{基地面積 (A)} \times (1 - \text{法定開挖率}) \times 80\%$$

- (3) 增加永續保水深度規範（表 8-34）且不得加計建築技術規則第 4 條之 3 的雨水貯集量（當第 4 條之 3 修正時須併同斟酌調整）。

$$\text{每塊基地永續的保水量體} = \text{基地面積 (A)} \times \text{永續保水深度}$$

表8-34 淡海2期土地使用管制綜理表

		法定建蔽率	地下最大開挖率		最小透水率		永續保水深度
			原規定	計畫建議	原規定 ¹	計畫建議 ²	
土地使用分區	第1-1種住宅區	50%	50%	50%	25%	40%	5cm
	第2種住宅區	35%	60%	50%	32.5%	40%	5cm
	第4種住宅區	35%	65%	60%	32.5%	32%	5cm
	鄰里商業區	40%	70%	60%	30%	32%	4cm
	第2種產業專用區	70%	70%	同左	15%	24%	4cm
	醫療專用區	60%	60%	同左	20%	32%	4cm
	捷運車站專用區	50%	50%	同左	25%	40%	5cm
公共設施用地	公園用地	15%	15%	同左	42.5%	68%	-
	學校(文小)	40%	50%	同左	30%	40%	-
	廣場兼停車場用地	5%	15%	同左	47.5%	68%	-
	公園兼兒童遊樂場用地	15%	15%	同左	42.5%	68%	-

附註：1. 淡海新市鎮第1期細部計畫建築物及土地使用分區管制要點規定最小透水率=0.5×(1-法定建蔽率)

2. 本計畫建議最小透水率=0.8×(1-最大開挖率)

2、都市設計審議規範

從初期的基地保水逐漸演變到後續的水資源管理乃係考量水資源日益珍貴，故在未來開發時將更重視水資源再利用技術的應用，建議增加基地的水資源管理，而指定開放空間及退縮空間配套要求亦同步進行調整，降低雨水回收再利用的適用門檻，並且要求其能與 LID 設施的系統進行銜接。

現行都市設計審議規範要求「帶狀式開放空間內之植栽樹穴應設置樹箱過濾系統」與「公共設施用地及商業區內開放空間得設置生態滯留單元或雨水花園」，上述2項規定實有過於限縮 LID 設施如何適當設置運用之疑慮，因樹箱造價偏貴且尚有其他 LID 設施可選擇加以運用或取代之，故建議延續本計畫第柒章的指標訂定精神，僅針對各不同開發案的保水總量進行管制，賦予開發案設計者考量的彈性，以適應不同開發案的實際需求；至於指定開放空間及退縮規定配套一併進行調整，係考量不同環境會導致區位的差異，故建議除了需因道路寬度不同給予隨之調整的彈性外，亦需考量因應不同區位的環境表現

差異，給予微幅調整的可能。

(1) 基地水資源管理

A. 基地保水

- 排出建築基地或進入筏式基礎坑的雨水均應經生態過濾設施，例如：雨水花園、綠屋頂、透水鋪面…等。
- 基地對於降雨產生的地表水需優先採開放性設計手法，以降低公共工程排水溝之負擔：

◆ 高程差設計

以窪蓄原理規劃雨水貯集空間，最佳適用範圍為開挖面上方，此手法尤其適用於公園、學校等具有大型開放空間之公共設施用地，亦可運用於都市活動人潮相對較多之廣場空間。

◆ 公園用地、公園兼兒童遊樂場用地及綠地用地地面層導入 LID 設施

導入面積應達基地面積的 20%，以期共同塑造水環境教育基礎，且應以草溝、雨水花園/生態滯留設施等有感設計手法為優先。

◆ 優先設置具貯水、入滲及綠化機能之 LID 設施

具有優化入滲與貯水功能的保水設施如：透水鋪面、生態滯留單元/雨水花園、綠屋頂、草溝等。

◆ 導入 LID 設施時應考量施工可行性及後續維護管理的容易度

◆ 地面層開放式保水設施配置原則

應優先設置於基地內相對下游的區位以擴大集水面積，且應盡量採行垂直逕流（坡降）方向設計，以提高設施之集水面積。

◆ 保水設施佈設限制要素

避免設置於加油站或車流大（單向車道數大於 3）的區

域，以避免拉高維護管理成本或降低 LID 設施的生命週期。

- 基地內的雨水貯留設施應儘量以單一系統性規劃。當 LID 設施的排水管口受限於側溝深度時，建議以銜接陰井為優先選項（公共工程排水系統於基地導入 LID 設施時，應一併調整相關配套規範），或另可於基地相對下游區位規劃貯流調節池，使之可與其他 LID 設施系統銜接。
- 基地內保水量主要係以「單位設施保水量」乘以「設施佈設面積」進行計算，故應檢視各雨水貯留設施的面積及保水量計算書圖（單位設施保水量請參見表 8-35）、雨水排水系統圖及重要保水設施剖面圖說（至少需有 3 個且比例尺應不小於 1/200）。

表8-35 各項 LID 保水設施單位保水量綜理表

	樹箱過濾設施	植生溝	滲透側溝/ 滲透陰井	雨水桶	雨水花園/ 生態滯留單元	綠屋頂 (平屋頂)	透水鋪面
保水量 推算公式	$V = H \times A + P \times h \times A$	$V = P \times h \times A$	$V = P \times h \times A$	$V = H \times A$	$V = H \times A + P \times h \times A$	$V = P \times h \times A + L \times A$	$V = P \times h \times A$
單位面積 保水量 $V (m^3)$	0.375	0.075	0.025	1	0.3	0.07	0.175
變數假設	H : 10 cm h : 110 cm P : 25%	h : 30 cm P : 25%	h : 10 cm P : 25%	H : 100 cm	H : 15 cm h : 60 cm P : 25%	L : 0.04 m ³ h : 10 cm P : 30%	h : 70 cm P : 25%
變數說明	A : 設施面積 H : (表面) 貯水空間深度 P : 孔隙率 (%)				L : 蓄保水層保水體積 h : 生長介質及過濾貯水層厚度 /級配基層及級配底基層厚度		

資料來源：本計畫自行編製。

B. 水資源再利用

- 建築基地應規劃雨水回收再利用設施，且進入設施的雨水均須經過生態過濾設施。（目前綠建築專章規定，當樓地板面積達 10,000 平方公尺才需設置雨水回收再利用或生雜排水回收再利用設施）

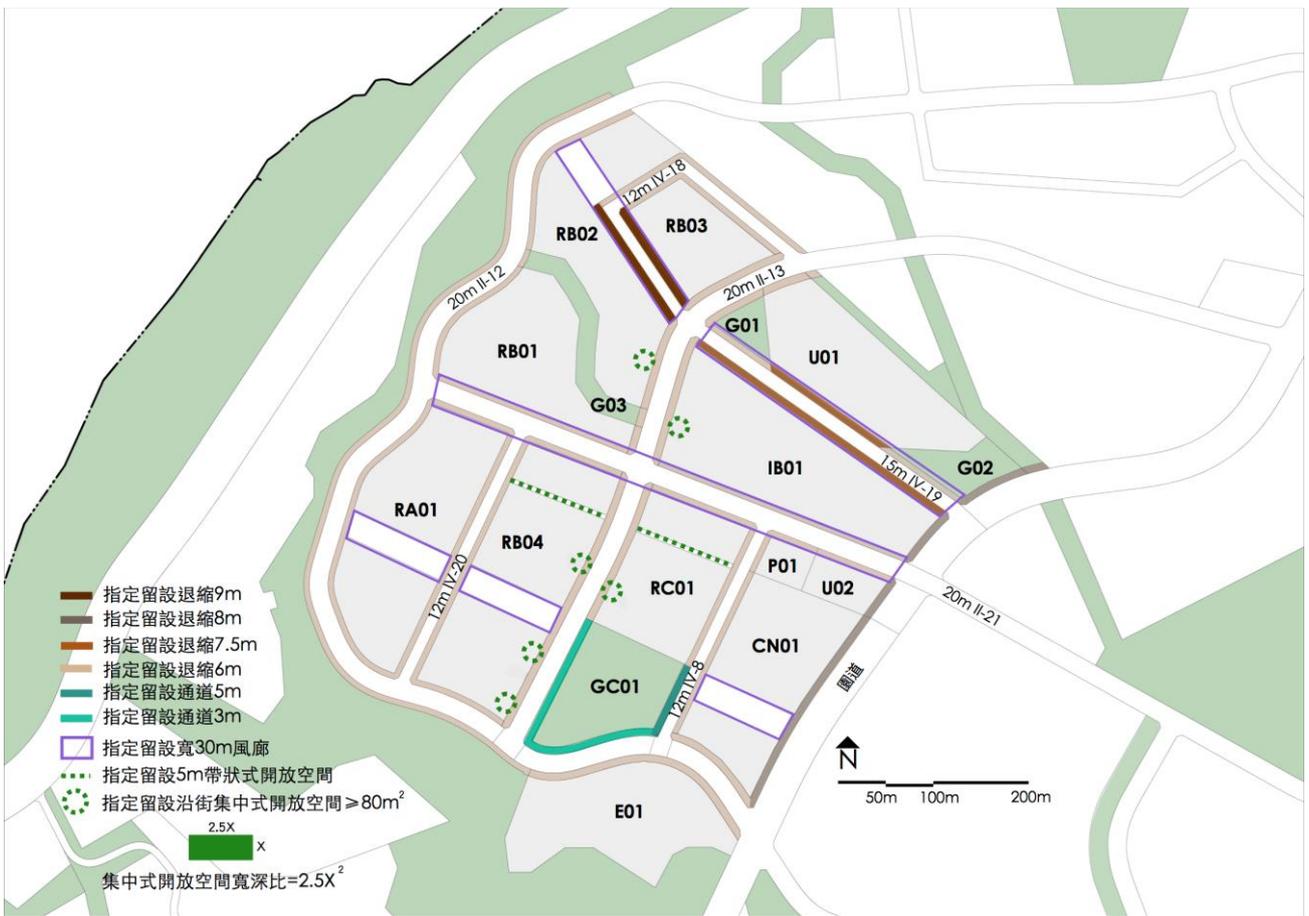


圖8-41 操作示範區開放空間管制示意圖

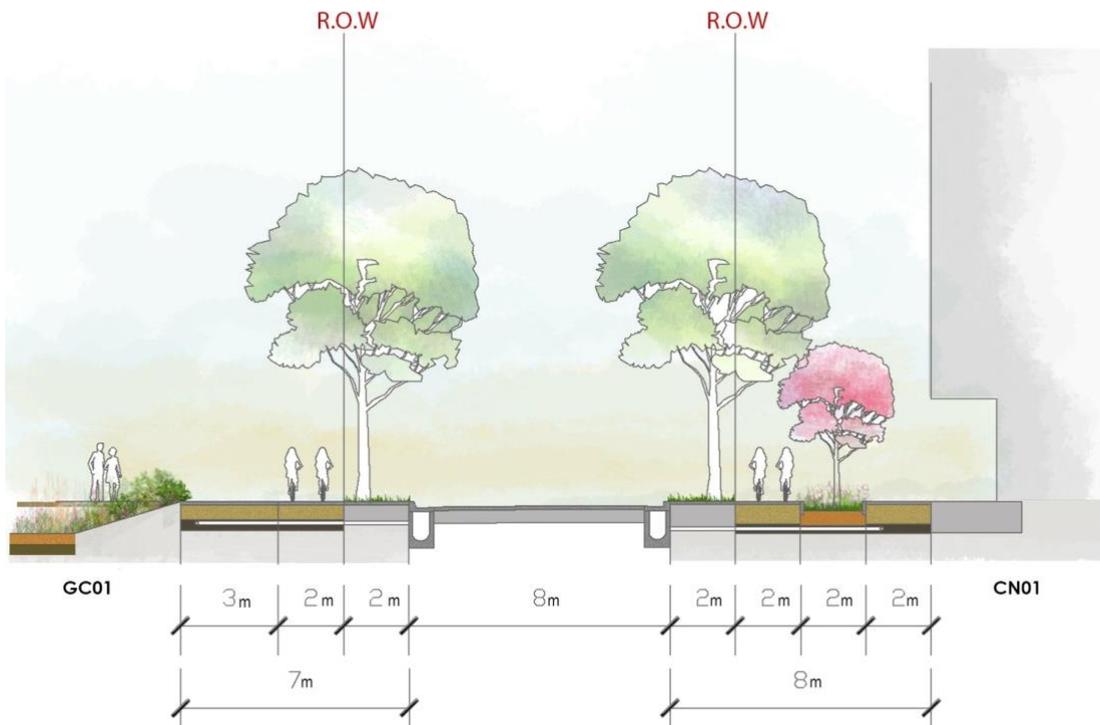


圖8-42 12公尺道路 (IV-18) 臨公兒用地 (GC01) 段剖面圖

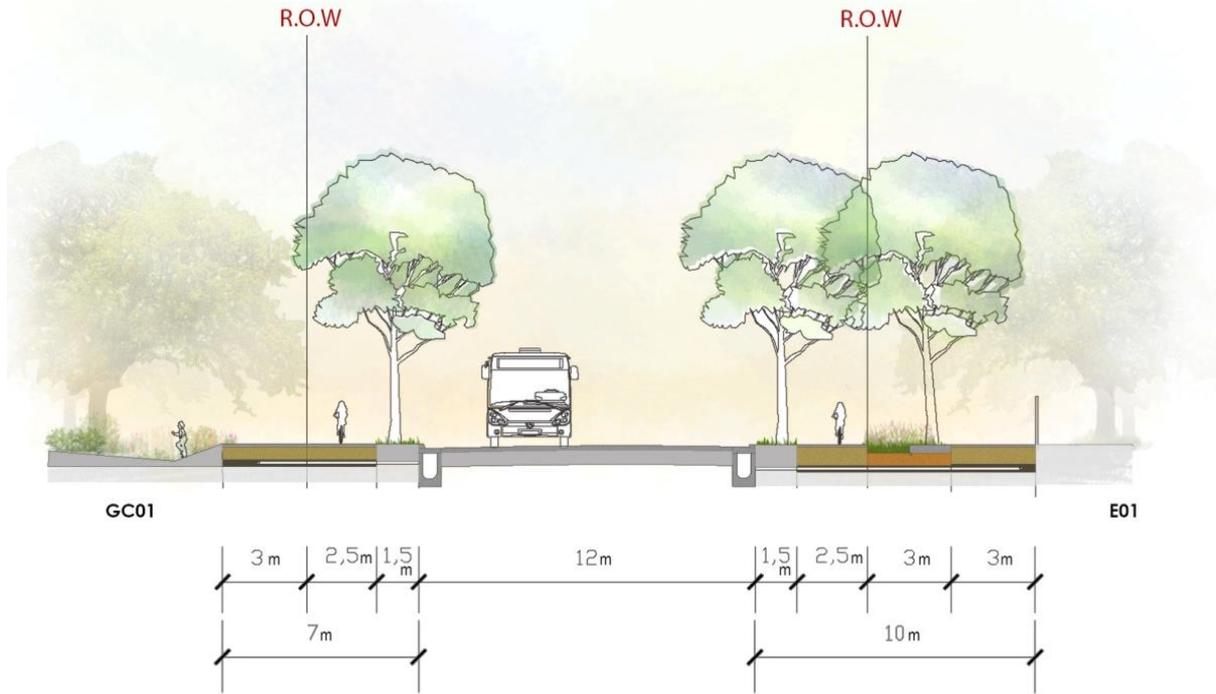


圖8-43 20公尺道路（II-12）臨公兒用地（GC01）段剖面圖

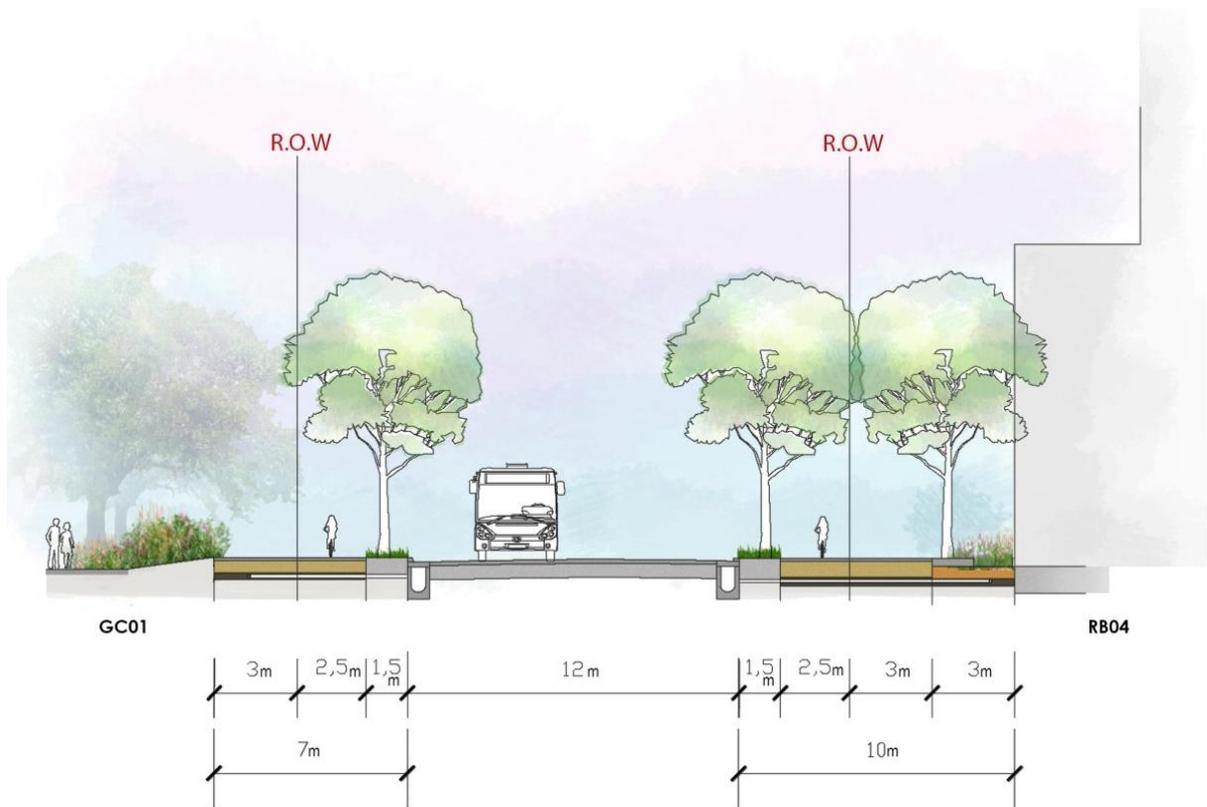


圖8-44 20公尺道路（II-13）臨公兒用地（GC01）段剖面圖

- 對於降雨處理規劃原則，設計時應併同考量路權內兩側非車行空間規劃友善可親的水資源處理系統，以建立 1 個水環境教育基地為規劃目標，例：公園兼兒童遊樂場用地(Ⅱ-2)可於步道兩側規劃生態滯留單元/雨水花園，同時串聯公園內部設施，如生態滯洪設施、水景、公園澆灌系統等。

(2) 指定開放空間及退縮規定配套調整建議 (圖 8-41)

A. 為協助形塑東西向風廊 (風廊寬度應達 30 公尺)，故於街廓內指定集中留設 30 公尺東西向帶狀式開放空間：

- 調整指定退縮寬度

12 公尺計畫道路 (Ⅳ-18) 退縮寬度由 6 公尺增至 9 公尺

15 公尺計畫道路 (Ⅳ-19) 退縮寬度由 6 公尺增至 7.5 公尺

- 增加基地內東西向帶狀式開放留設

- ◆ CN01、RB04、RA01、RB02 街廓要求設置寬 30 公尺之帶狀式開放空間。
- ◆ 建議未來配地應以 30 公尺中間線當地籍分割線，且應有較大開發規模之配套要求，以期促成良好環境基盤。

- 增加風速流動可能性

上述空間透過設置至少 20%的雨水花園/生態滯留單元之面積，拉大風廊溫差以創造空氣流動契機

B. 因 20 公尺計畫道路 (Ⅱ-13) 為通學步道性質，搭配南側公園兼兒童遊樂場用地 (Ⅱ-2) 及文小用地 (Ⅱ-1) 將可串聯成 1 個水資源環境教育基地，故建議增列下列規定：

- 臨 20 公尺計畫道路 (Ⅱ-13) 建築基地，南北兩側基地境界線端側應於臨 20 公尺計畫道路 (Ⅱ-13) 處留設集中式開放空間，面積至少 80 平方公尺，寬深比應小於 1：2.5 且寬度不得小於 5 公尺。
- 該開放空間中之雨水花園/生態滯留單元配置面積應達上述面積的 30%。

C. 減少公園兼兒童遊樂場用地 (GC01) 臨道路的退縮空間：

原公園兼兒童遊樂場用地 (GC01) 臨道路均須退縮 10 公尺，此做法有限縮設計的疑慮，尤其將使臨道路空間不斷被切分為帶狀式空間，故本計畫除保留必要通道 (自行車道與人行道) 空間外，其餘綠地設計則應仍保留最大彈性。另外，為建立 1 個水資源環境教育基地，可同時增加 LID 開發設施導入的相關規定。

- 公園兼兒童遊樂場用地 (GC01) 臨 12 公尺道路 (IV-18) 退縮空間設計規劃如圖 8-42 所示。
- 公園兼兒童遊樂場用地 (GC01) 的 LID 開發設施導入面積應達基地面積的 20%。其中，至少 30% 面積的相關設計，應與 20 公尺計畫道路 (II-12，圖 8-43 與 II-13，圖 8-44) 臨公園兼兒童遊樂場用地側的人行道在視覺上有良好之互動關係，且應避免選擇以透水鋪面方式進行規劃，以期共同塑造有感度之水環境教育基礎。

(六) 後續監測計畫研擬

1、監測系統之配置

基地的定期監測計畫需依據 LID 設施位置與排水系統狀況選擇觀測點，進而配置適當的監測設施。淡海新市鎮第 1 期東區 LID 示範基地的雨水下水道系統有 2 個流出口，分別往北及往西排出，其觀測點位置如圖 8-45 所示；第 1 期西區 LID 示範基地內之排水系統僅 1 個流出口，向西北方排入公司田溪，其觀測點設置如圖 8-46 所示；淡海新市鎮第 2 期發展區第 1 開發區 LID 示範基地內尚未有雨水下水道系統，故透過數值地形模型 (DEM) 分析，得知其水系流向大致往西南方向流，僅 1 個出口流入下游綠地，其觀測點設置如圖 8-47 所示。

各示範基地監測項目包括降雨量和出流量，其量測方式、儀器、設置位置等內容說明如下：



圖8-45 淡海1期東區示範基地監測位置圖



圖8-46 淡海1期西區示範基地監測位置圖



圖8-47 淡海2期1區示範基地監測位置圖

(1) 降雨量

LID 設施導入基地開發的同時，可依相關規範於觀測點周圍架設量測儀器，降雨量主要以自記式雨量計進行監測，常用的種類包括：傾斗式雨量計、虹吸式雨量計、秤重式雨量計等。因降雨量量測會受風速影響，故在雨量筒旁設置風速儀，將測得的風速來校正雨量資料。雨量計設置地點上方必須無遮蔽物或其它會干擾雨量收集的物品，故常將其與風速儀架高置於空曠處，以降低量測資料誤差。為兼顧短延時強降雨之觀測，在時間尺度上，取每 10 分鐘記錄 1 筆資料，而整體採自動化監測，且須定期檢視並分析雨型、總雨量、降雨強度等。

(2) 出流量

基地內設置之各項 LID 設施單元，其出流量皆由鄰近基地之排水系統承接，因此可於基地最下游端（即觀測點）設置流量計或三角堰搭配水位計來進行量測，以瞭解 LID 設施導入後對該基地的減洪效應。淡海新市鎮第 1 期東區與西區的 LID 示範基地皆有雨水下水道系統，可將流速計置於人孔處；淡海新市鎮第 2 期發展區第 1 開發區的 LID 示範基地出流口於草地上，可將流量計置於出口前方，待水流經過即可測得出流量。

2、預期成效

(1) 量化 LID 設施之效益

透過設置 LID 設施前後監測所得之出流歷線，可知導入 LID 設施後出流洪峰量之削減率與洪峰到達時間延緩的程度，即量化 LID 設施之效益，該觀測資料可作為後續相關研究之參考。

(2) 確保 LID 設施之功能與公共安全

長期監測資料可看出 LID 設施的效益變化，在排除降雨強度過大之因素下，當 LID 設施減洪效益大幅降低，則表示 LID 設施既有功能已出現損失，此時必須對 LID 設施進行維護與管理，以確保其功能與公共安全。

(3) 降低維護成本

如前項所述，透過效益的變化可知設施功能發揮之狀況，故可知進行維護的時間點，避免 LID 設施完全失去功能而須重新施作，以有效減少維護成本。

三、既成社區之操作示範—民生社區（民生公園西北側街廓）

(一) 現況基地分析

1、地文特性

(1) 地理位置

民生社區為臺灣第 1 個全國性美式示範社區，居住人口至今已超過 8 萬人。位於臺北市松山區（圖 8-48），社區範圍東至塔悠路與基隆河相鄰，西至敦化北路，南至延壽街和敦化北路 199 巷連線，北至松山機場，總面積 140.06 公頃（圖 8-49）。

(2) 地形地貌

民生社區位於臺北盆地東北方，屬基隆河沿岸地形，全區地勢平緩，稍有東高西低之傾向，高程位於 4~7 公尺之間，最高點位於東北方，高程約 6.6 公尺（圖 8-50）；透過數值高程模型（DEM）可知該區域的坡度皆小於 5%，多為適合導入 LID 設施之平坦區域（圖 8-51）；本示範區內多為北向坡，惟中央偏東有部分南向坡分佈（圖 8-52）。因 DEM 經度不足，資料須經內插所得，故造成資料呈現失真的現象。

2、土地使用

民生社區所屬都市計畫細部計畫為「臺北市民生東路新社區細部計畫」範圍東至基隆河，西至敦化北路，南至延壽街和敦化北路 199 巷連線，北至松山機場，總面積約為 140 公頃。計畫目標係規劃作為中密度住宅社區，該處規定的住宅用地建蔽率與容積率比為 50:200，低於第 3 種住宅區（45:225）、第 1 種商業區（60:360）與第 3 種商業區（70:560）之開發強度（各使用分區面積如圖 8-49 所示）。

在民國 70 年代開發建設的民生社區，除具有多樣化公共設施外，更有纜線地下化、雨水污水分流等建設，讓整體基盤設施更形完整。



圖8-48 民生社區位置圖



圖8-49 民生社區航照圖

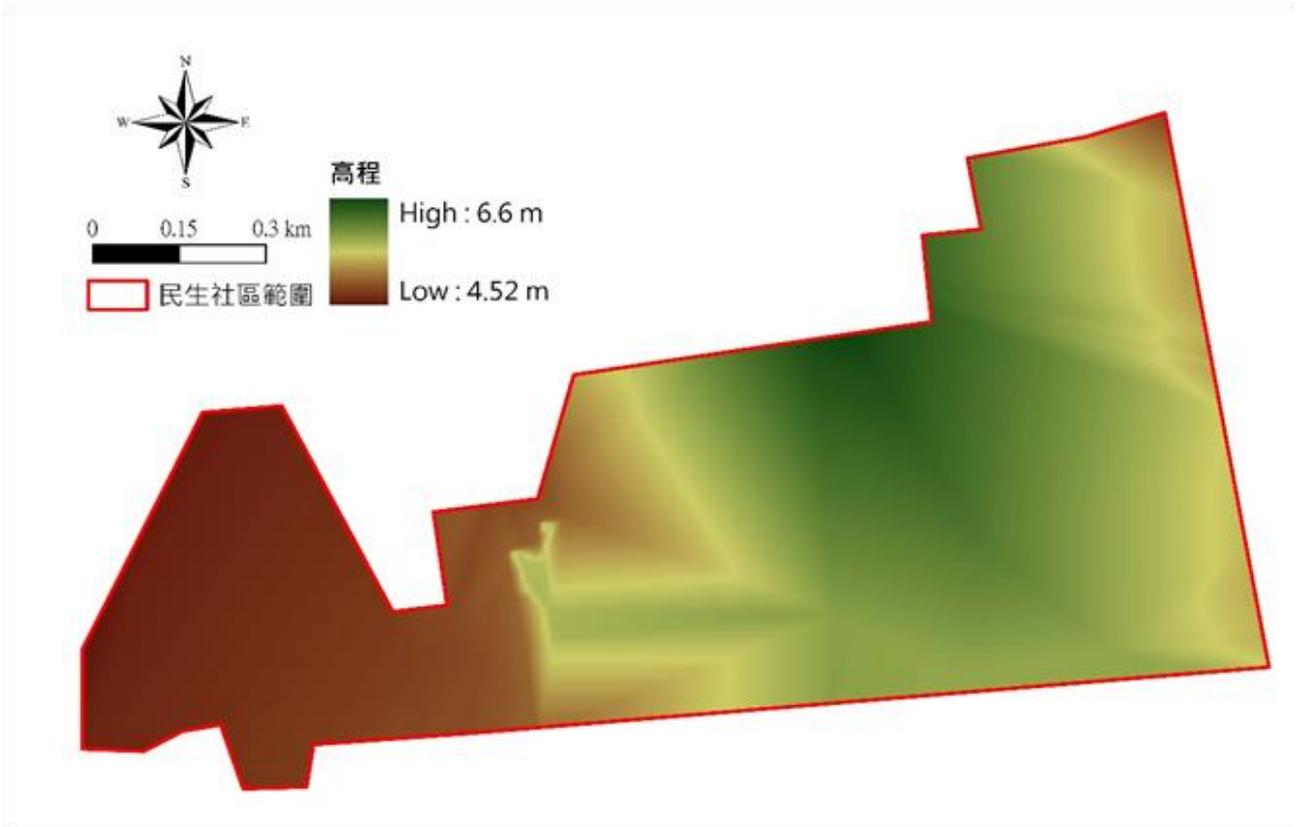


圖8-50 民生社區高程圖

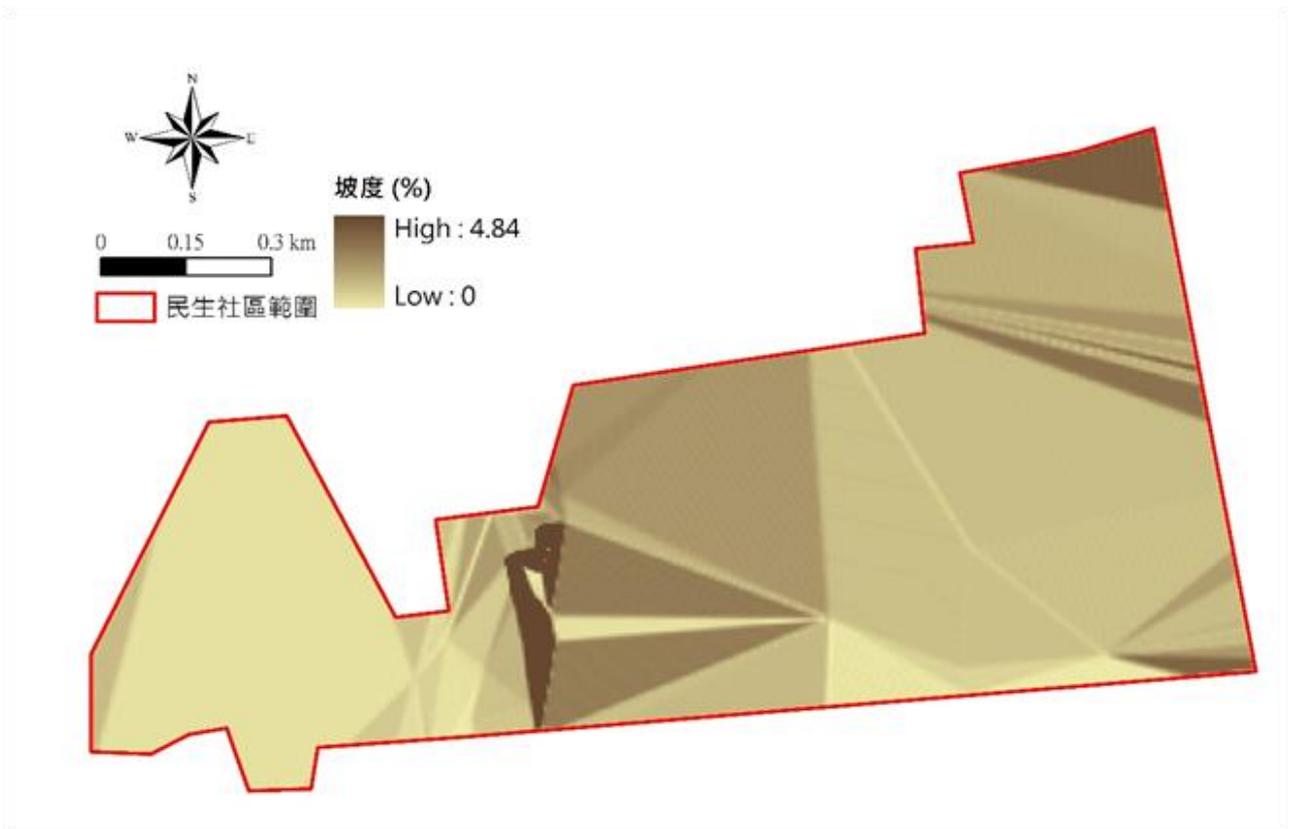


圖8-51 民生社區坡度圖

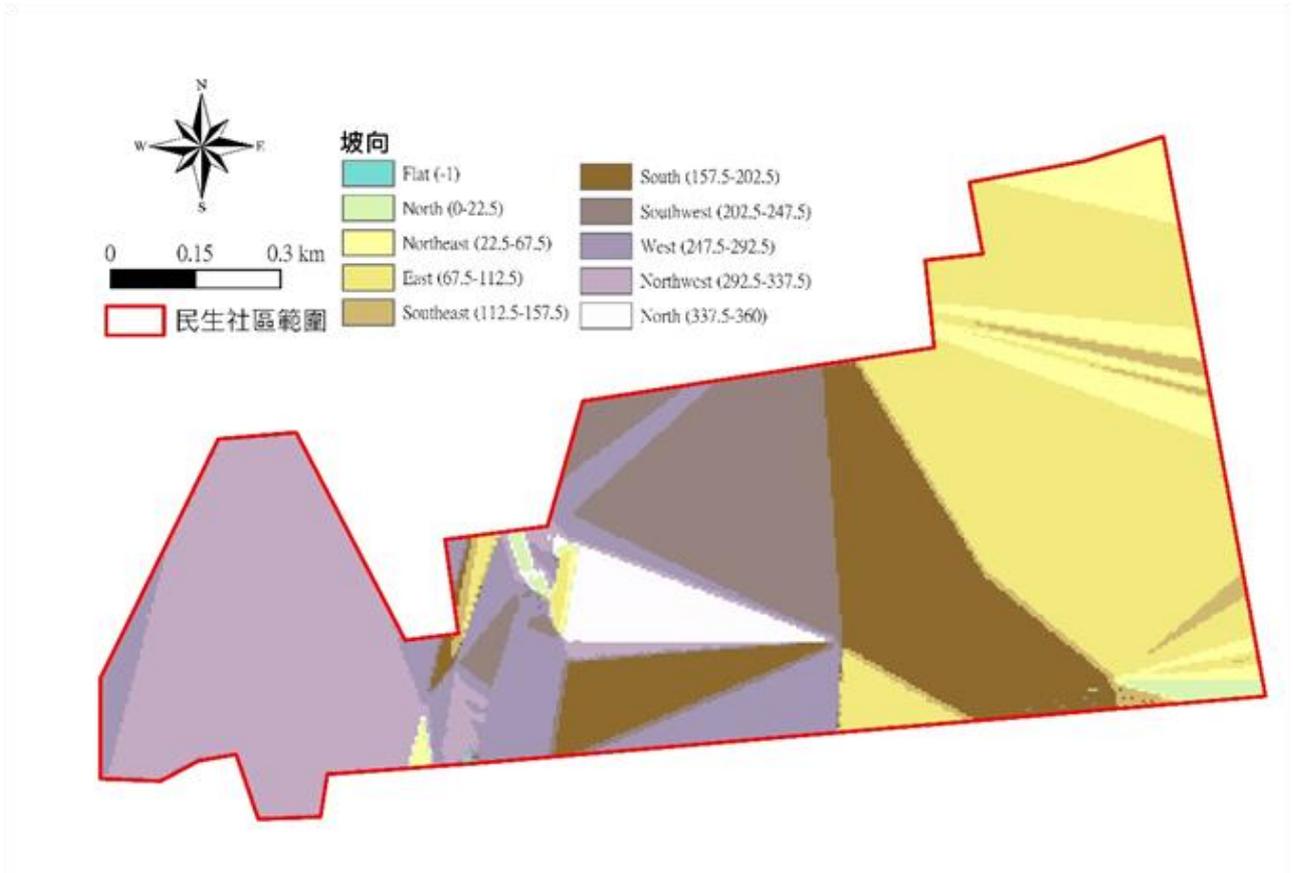
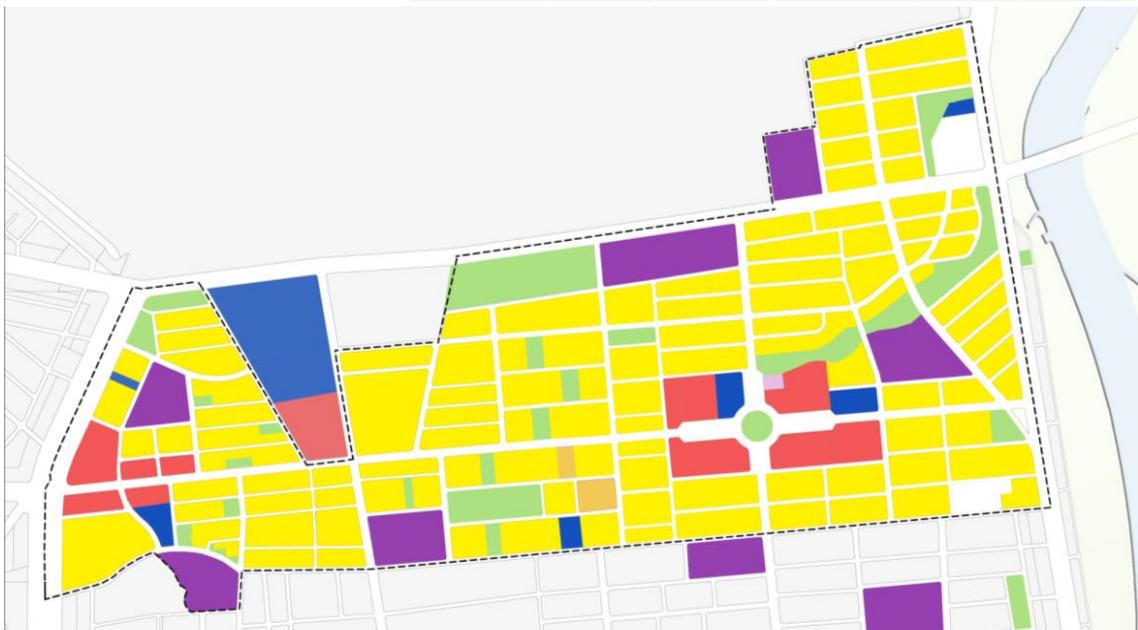


圖8-52 民生社區坡向圖

土地使用分區	面積(ha)	百分比%	土地使用分區	面積(ha)	百分比%
住宅用地	66.73	53.88	公園/綠地	8.93	7.21
商業用地	2.76	2.23	市場用地	0.43	0.35
道路	31.51	25.44	停車場	0.36	0.29
學校用地	9.3	7.5	其他	4.62	3.74



資料來源：臺北市「民生東路新社區再開發原則」規劃服務案

圖8-53 臺北市民生社區細部計畫範圍圖

(二) 水環境低衝擊開發設計條件分析

1、水文特性

(1) 河川水文

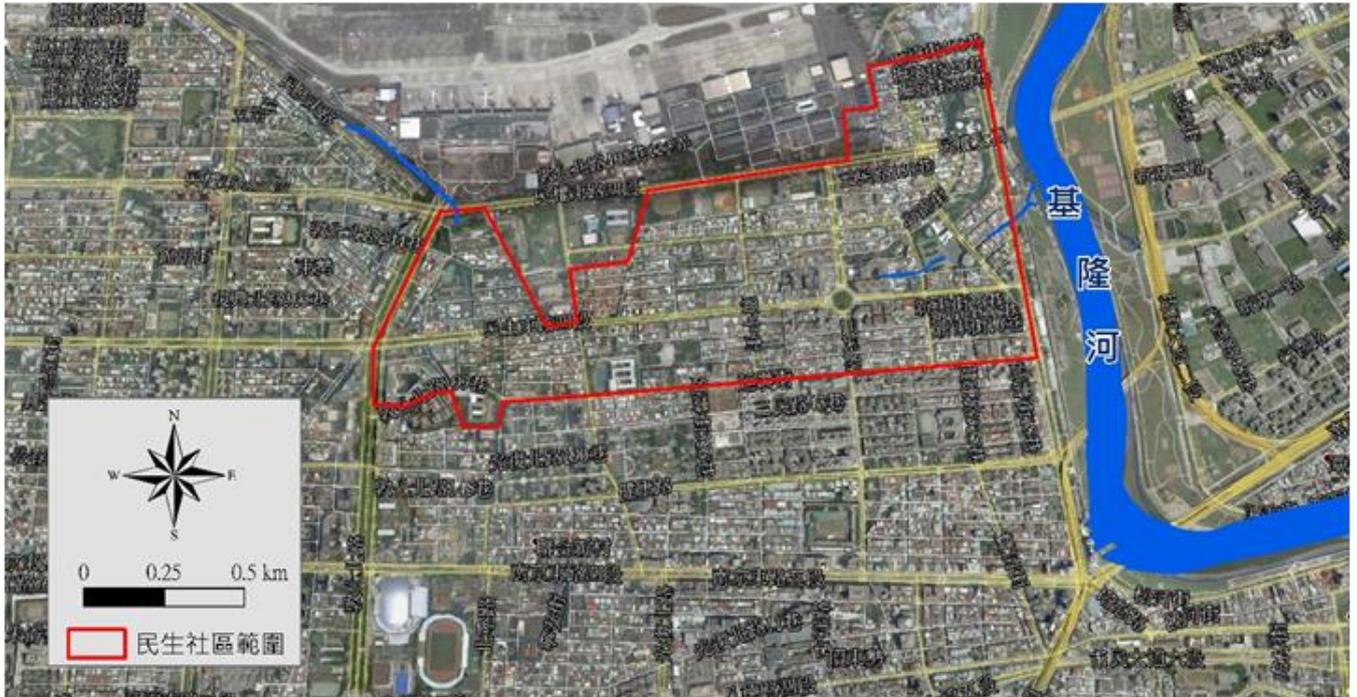


圖8-54 民生社區水系圖

民生社區東鄰基隆河，如圖 8-54 所示，基隆河為淡水河流域 3 大主要支流之一，總長約 96 公里，集水面積約 493 平方公里，發源於新北市平溪區的分水崙，接著流經新北市瑞芳區、基隆市暖暖區、七堵區、新北市汐止區、臺北市南港區、內湖區、松山區、中山區、士林區、大同區、北投區，最後於關渡匯入淡水河。

(2) 降雨型式

參考民國 70~99 年的臺北氣象站降雨資料進行統計分析，(表 8-26)，該測站近 30 年之平均年降水量為 2,405.1 毫米，降雨多集中於 6~9 月，並以 9 月份之 360.5 毫米為最多，而最低為 12 月份之 73.3 毫米；平均年降水日為 162.5 天，以 3 月份和 6 月份之 15.5 天降水日數為最多，而 12 月份降水日數最少，平均僅 11.7 天。

表8-36 臺北測站降雨資料統計表

月份	降水量 (mm)	降水日數 (天)
1 月	83.2	14.1
2 月	170.3	14.6
3 月	180.4	15.5
4 月	177.8	14.9
5 月	234.5	14.8
6 月	325.9	15.5
7 月	245.1	12.3
8 月	322.1	14.0
9 月	360.5	13.8
10 月	148.9	11.9
11 月	83.1	12.4
12 月	73.3	11.7
合計	2405.1	165.5

註：1. 參考資料：中央氣象局氣候資料年報，臺北測站（民國 70~99 年）。
2. 降水日數為降水量大於等於 0.1 毫米之天數。

（三）水環境低衝擊開發設施導入細部規劃

1、操作目的說明

臺灣都會區大多為既成社區，因此 LID 設施之導入不應僅僅討論新市鎮或新開發建築基地，應挑選現有之既成社區納入操作示範區，藉以評估既成社區對於 LID 設施導入之容受度與減洪績效。近年來由於電影、電視與咖啡文化之推廣，塑造的街道意象成為一般民眾嚮往之生活氛圍，使民生社區知名度提高；鑒於民生社區之高知名度與易達性，故挑選民生社區進行 LID 設施導入設計操作，能夠達到良好的典範與示範效果。

由於民生社區人口密度高，土地利用多為民宅和商業大樓，因此不透水面積佔了絕大部分的面積，僅有少部分的公園、學校和公營土地有透水的綠地。本計畫期許透過增設 LID 設施來降低淹水之機率與撫遠抽水站的壓力，並透過 EPA SWMM 配合前述效能評估的之模式，以 LID Element 模擬 LID 設施之效能，進而評估 LID 設計實際應用於民生社區之成效。



資料來源：玄史生，2010。

圖8-55 金記大樓（民生東路4段）俯望東南公教住宅

2、示範區挑選原則

民生社區最主要的建築量體高度多以早期規劃的雙拼連棟及4拼連棟4層樓公寓建築為主(圖8-56)，約佔目前社區住宅棟數的80%。其中雙拼以民國56~58年興建之聯合二村、富錦新村與公教住宅最具代表性，而4拼則以國泰建設主導的連棟4樓公寓為主要產品類型，因此將以此2種類型討論導入LID設施於既有建築的可能性。

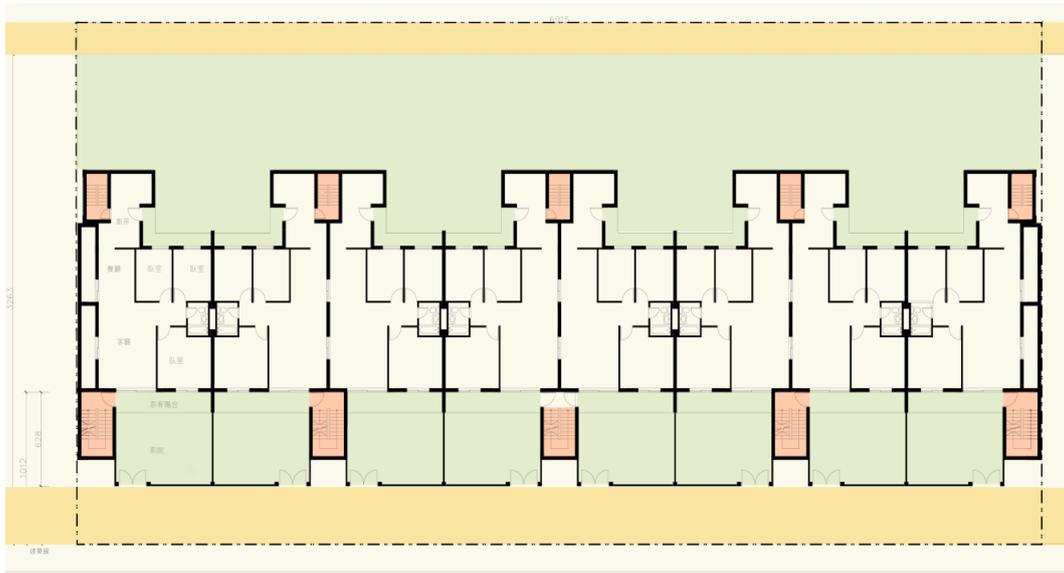


圖8-56 民生社區建築型態分布區位圖

表8-37 民生社區既有 2 大類 4 樓連棟公寓建築開發比較表

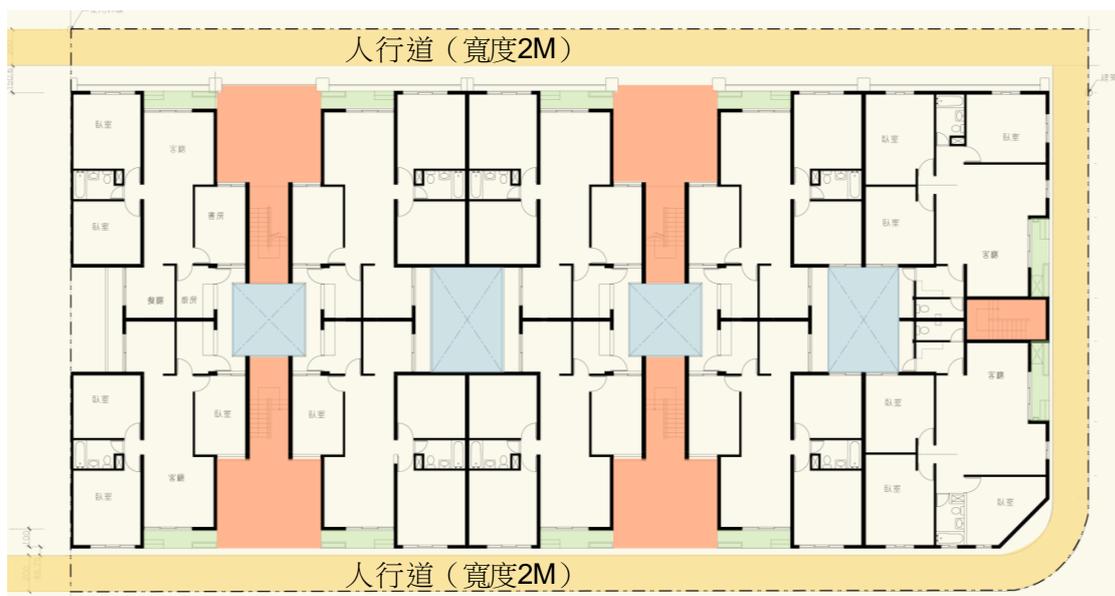
	聯合二村公寓	國泰建設公寓
建築產品型態	<ul style="list-style-type: none"> • 連棟 4 層樓公寓 • 單層 2 戶 	<ul style="list-style-type: none"> • 連棟 4 層樓公寓 • 單層 4 戶
地面層規劃特質	<ul style="list-style-type: none"> • 臨路側留設人行道+行道樹規劃 • 4~6 公尺不等院落空間 • 院落無圍牆空間規劃 	<ul style="list-style-type: none"> • 臨路側留設 2 公尺人行道 • 無院落空間規劃
實設建蔽率/容積率	<ul style="list-style-type: none"> • 設計建蔽率：約 35% • 設計容積率：約 140% 	<ul style="list-style-type: none"> • 設計建蔽率：約 47% • 實設容積率：約 188%

資料來源：本計畫整理



資料來源：本計畫繪製

圖8-57 民生社區雙拼 4 樓連棟公寓平面圖



資料來源：本計畫繪製

圖8-58 民生社區 4 拼 4 樓連棟公寓平面圖

透過調查及建照資料分析比較上述 2 種建築型態（表 8-37），可了解聯合二村為雙拼 4 樓連棟公寓，前後有陽台規劃並留設深度不等的人行道及庭院空間，早期人行道喬木植穴以連續植栽槽進行規劃，且未有地下室開挖狀況（圖 8-57）；國泰建設公寓為 4 拼 4 樓連棟公寓，除依規定臨道路退縮 2 公尺人行空間外，僅搭配建築物出入口留設極小的開放空間約 20 平方公尺，同樣未有地下室開挖，實設建蔽率相對較高（圖 8-58）。

隨時間流轉，既有建築物多存在違建加蓋狀況，加蓋情況隨原始建築類型表現有所不同（圖 8-59），故後續將針對 2 類建築物現況可導入 LID 之空間進一步分析。



圖8-59 既有建築物違建加蓋狀況

（1）雙拼 4 樓連棟公寓

以聯合二村雙拼 4 樓連棟公寓為例，經過多年的使用後，1 樓前院、後院及屋頂層多有加蓋狀況，加蓋屋頂形式以斜屋頂居多。後院及前院亦均有不等之加蓋擴建狀況，但多仍留存有防火巷空間，且多有綠化佈設。少部分前院空間亦有加蓋狀況，但半數前院空間仍保留為空地狀況（圖 8-60），且均退有 2~4 公尺不等之人行道空間。



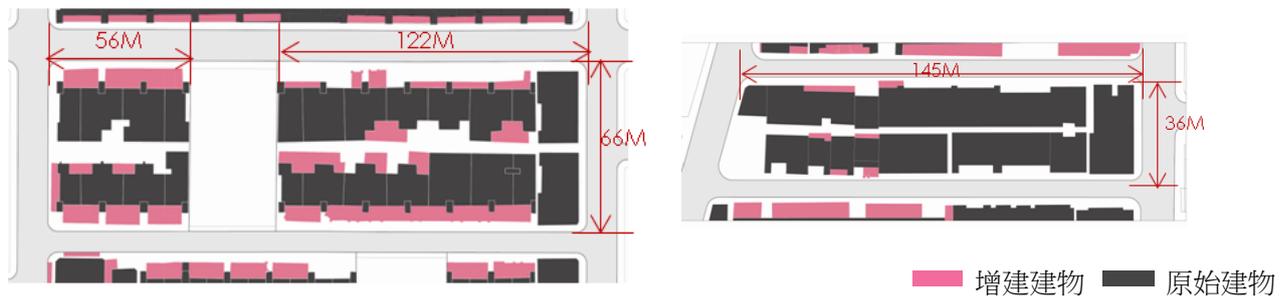
資料來源：本計畫繪製

圖8-60 民生社區現況模擬及照片示意圖

為進一步討論現有逕流表現，初步以聯合二村、富錦新村、公教住宅為建築基底所在街廓加以研析（圖 8-61），現況平均建蔽率多落點於 55~65%，故約有 35~45%的法定空地，地面層普遍需有綠化作為，但空地綠化比例差異大，必要之通道面積約 15%。

聯合二村：實際使用建蔽率(增建+原始)= 58.7%

公教住宅：實際使用建蔽率(增建+原始)= 61.1%



資料來源：本計畫繪製

圖8-61 雙拼 4 樓連棟公寓建蔽率

(2) 4 拼 4 樓連棟公寓

以國泰建設興建之 4 拼連棟公寓為例，可了解單層樓 4 戶之設計在空間上相對較為緊湊，未有行道樹、建築退縮與庭院留設等規劃；地面層的開放空間主要包括 2 公尺之退縮人行道空間、主要入口退縮設計及天井，整體設計建蔽率約為 47%。

經過多年的使用後，屋頂層同樣多有加蓋狀況，但地面層除天井外，多維持原狀況，只是住戶用於停放機車的狀況普遍，除人行道外，引進 LID 設施時應一併考慮住民的現行使用狀況。故暫時僅以人行道空間作為引入 LID 設施之設置區位。

3、示範基地操作

(1) 水環境低衝擊開發設計導入配置模擬

如圖 8-62 所示，選擇民生公園西北側街廓局部（民生東路 5 段 36 巷暨同巷 4 弄）進行 LID 設施導入。考量未來既有社區導入 LID 設施之機制極有可能係由政府補助（中央補助或整建維護補助），冀研究建議有機會轉換為真實操作案例，且具備塑造高感受度典範的潛質，俾利對後續推廣有大幅助益，故考量現況環境限制，以本案 4 項 LID 設施—生態滯留單元/雨水花園、樹箱過濾設施、植生溝、透水鋪面—優先選擇配設於地面層空間，暫不考量配置雨水桶及綠屋頂，主要係考量臺灣風土情形及此區屋頂多存有違建加蓋的狀況不易推動。故民生社區雙拼公寓可導入 LID 設施的空間主要包括下列各項：

A、2~4.5 公尺不等之人行空間

- 小於 2 公尺：可引進透水鋪面設計。
- 大於 3 公尺：可引進透水鋪面及加長型樹坑設計。

B、前院院落空間：

雙拼連棟公寓前院有 2~10 公尺的空間(最多達 6 公尺)，在此狀況下必要的人行空間約 8.5 平方公尺。此空間可引入生態滯留單元、雨水花園、透水鋪面等多元設計手法。

C、後巷空間：

雙拼連棟公寓後院留設有 6~10 公尺的空間，但現況因多有加蓋，僅 4 公尺防火巷道可以引入透水鋪面。

今從中取 1 個雙拼單元（面積約 524 平方公尺），進行 LID 導入評估（圖 8-63），此時基地保水深度約可達 40 毫米（即 4 公分）；而 4 拼樓連棟公寓因僅有人行道空間可引進透水鋪面的設計，初步評估保水深度約可達 31 毫米（即 3.1 公分）。

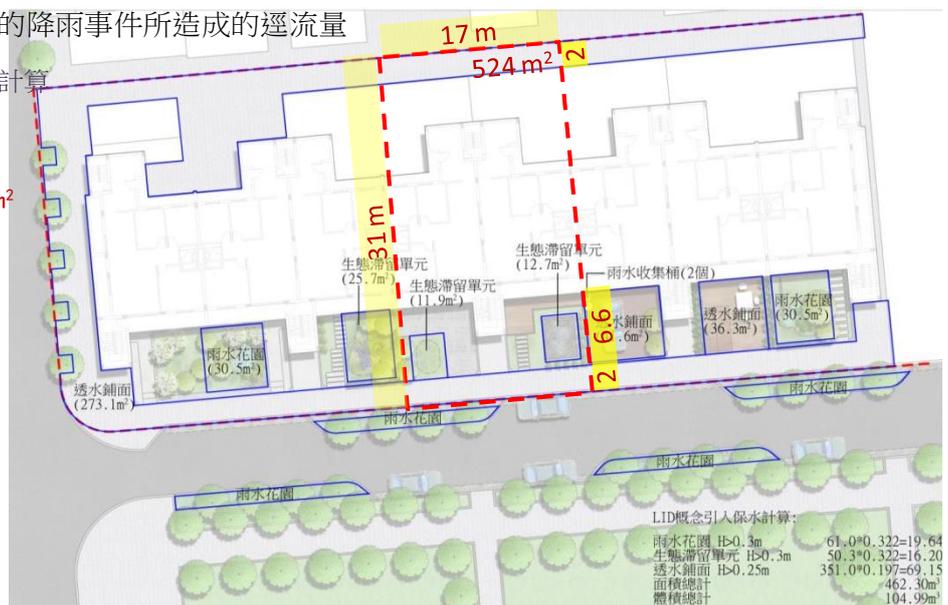


資料來源：本計畫繪製

圖8-62 民生社區操作示範區區位及配置示意圖

LID設施-滿足一次約3.98cm的降雨事件所造成的逕流量

- 人行道空間-透水鋪面保水量計算
 ➔ $17\text{m} \times 2 = 34\text{m}^2 \rightarrow 6.7\text{m}^3$
- 前院院落空間保水量計算
 ➔ 生態滯留單元: $11.9\text{m}^2 + 12.7\text{m}^2 = 24.6\text{m}^2 \rightarrow 7.92\text{m}^3$
- ➔ 透水鋪面約 $30\text{m}^2 \rightarrow 5.91\text{m}^3$
- 基地保水平均深度計算
 $(6.7 + 7.92 + 5.91) / 524 = 0.04\text{m}$



資料來源：本計畫繪製

圖8-63 示範操作區低衝擊開發設施配置位置示意圖

(四) 成效評估

SWMM 之模擬首先必須先確立民生社區的排水系統出口，由民生社區之下水道管網圖可以發現本區域的主要排水出口有 2 個，一是往西匯流至民權東路與敦化北路之交叉口後，往北流入區域排水道，最後往

北至大佳河濱公園排入基隆河；二是往東匯流至三民公園後，再透過撫遠抽水站排出至基隆河。

故本次選取之 4 個模擬出水口（表 8-38 與圖 8-64）為民權東路與敦化北路交叉口之人孔與流入三民公園前的 3 個人孔（民生國中旁、塔悠路北端、民權東路與塔悠路交叉口），接著依下水道管網劃分子集水區，共切割為 8 個子集水區（圖 8-64），圖中藍色線為下水道系統之管網，紅色線所圍之範圍為子集水區。子集水區編號採數字編號分別為數字 1 至 8，出水口編號為英文字母分別為 A、B、C、D。

表8-38 民生社區各出水口特性

出水口名稱	人孔位置	終點	底部高程
A	民權東路與敦化北路 交叉口	在大佳河濱公園排入基隆河	0.187
B	民生國中旁	由撫遠抽水站排出至基隆河	0.166
C	塔悠路北端	由撫遠抽水站排出至基隆河	2.185
D	民權東路與塔悠路 交叉口	由撫遠抽水站排出至基隆河	1.444

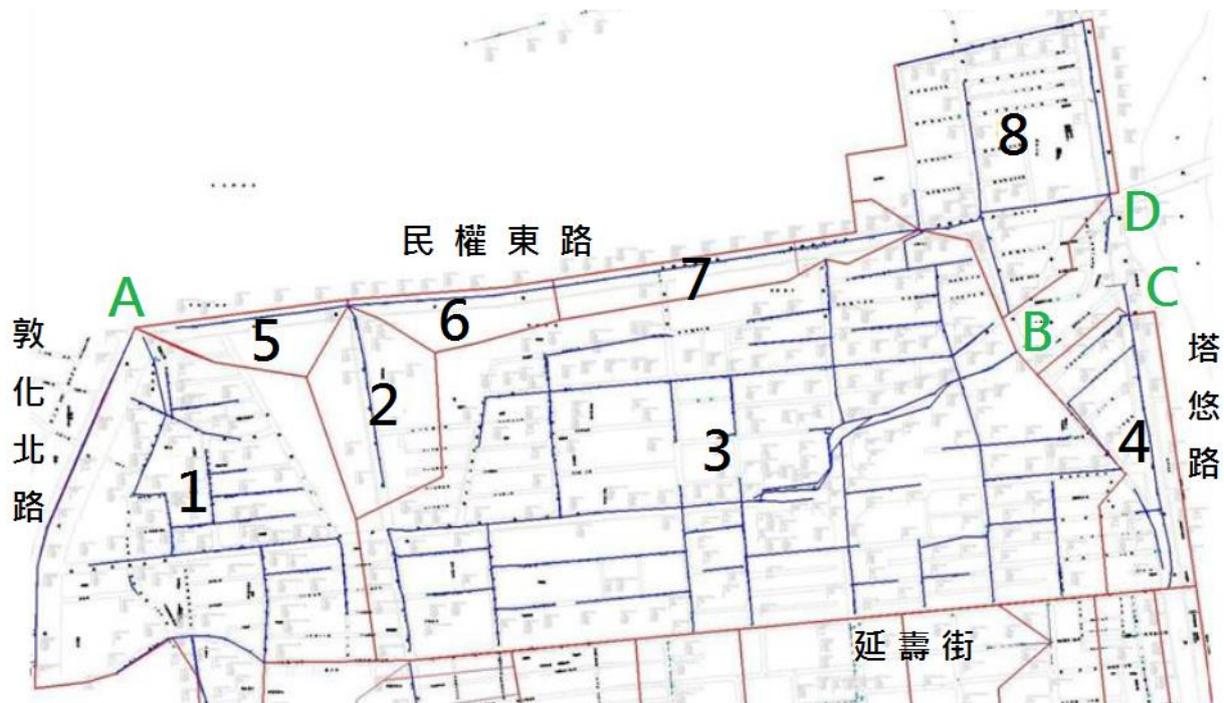


圖8-64 民生社區子集水區切割圖

各子集水區之特性透過航拍圖、土地利用和現場觀察得到其地文條件如表 8-39。本計畫依民生社區之下水道系統、各子集水區之地文條件及 LID 設施配置，利用 SWMM 與 LID Element 建立民生社區之降雨逕流與下水道模擬模式，其模擬配置如圖 8-65 所示。模式之建立乃將各子集水區之降雨逕流，部分經由雨水花園，部分經由透水鋪面處理後，才會進入下水道系統，其中透水鋪面與雨水花園之 SWMM 設定詳列於表 8-40 ~0。

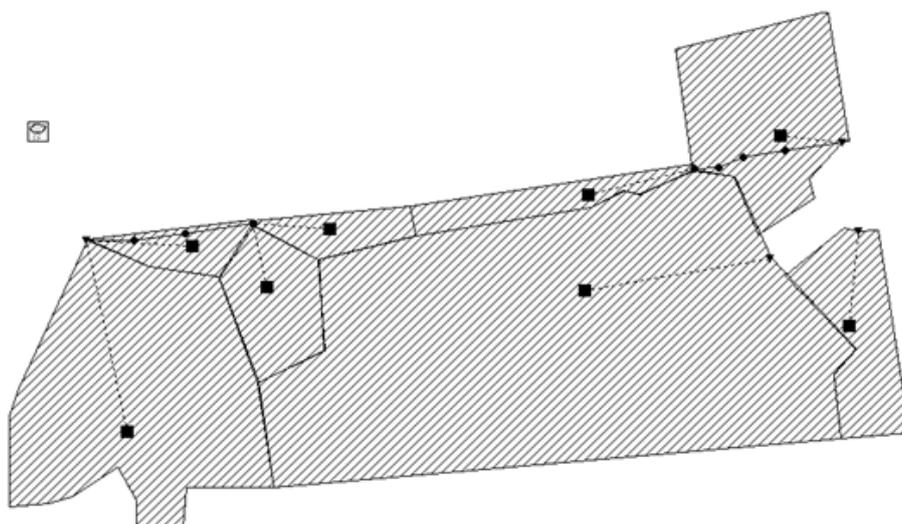


圖8-65 民生社區之 SWMM 模擬配置圖

表8-39 民生社區各子集水區之地文條件

子集水區編號	子集水區面積(ha)	子集水區寬度(m)	不透水面積比例(%)	不透水面積曼寧係數	透水面積曼寧係數	LID 設施總面積(m ²)
1	29.1574	823.2836	80	0.03	0.3	58314.8
2	6.3038	180.4419	70	0.03	0.25	12607.6
3	72.7834	621.4857	90	0.04	0.3	145567.0
4	7.6408	150.4677	97	0.03	0.3	15282.0
5	2.8453	81.3319	50	0.03	0.3	5690.6
6	2.8264	79.3610	80	0.03	0.3	5652.6
7	4.2721	56.3976	95	0.03	0.3	7653.0
8	15.3243	248.2681	80	0.04	0.28	28317.0

表8-40 民生社區之透水鋪面 SWMM 基本設定表

透水鋪面	參數名稱	參數值	單位
蓄水設施 Storage Unit	設施面積	設計面積	m ²
	深度	0.2957	m
堰 Weir	出水高	0.05	m
	堰長	子集水區寬度	m
	堰口距底部高	0.2457	m
	堰流係數	1.767	-
孔口 Orifice	孔口高	0.02	m
	孔口長	子集水區寬度 (m) /1m×孔口高	m
	孔口距底部高	0.0273	m
	孔口係數	0.65	-

表8-41 民生社區之雨水花園 SWMM 基本設定表

雨水花園	參數名稱	參數值	單位
蓄水設施 Storage Unit	設施面積	設計面積	m ²
	深度	0.4561	m
堰 Weir	出水高	0.1	m
	堰長	子集水區寬度	m
	保水深度	0.3561	m
	堰流係數	1.767	-
孔口 Orifice	孔口高	0.018	m
	孔口長	子集水區寬度 (m) /1m×孔口高	m
	孔口距底部高	0.0233	m
	孔口係數	0.65	-

透水鋪面設定其保水深度為 24.57 公分，孔口高為 2 公分；雨水花園因具有地面保水層所以保水深度較厚為 35.61 公分，孔口高為 1.8 公分；下水道的設定採用現況下水道設計，給定其管長、管徑與高程；降雨條件的設定，因民生社區位於臺北市，設計降雨採用臺北雨量站水文分析後之 5 年重現期降雨，設計雨型採用 Horner 雨型，設計 5 小時暴雨，如圖 8-66 所示。

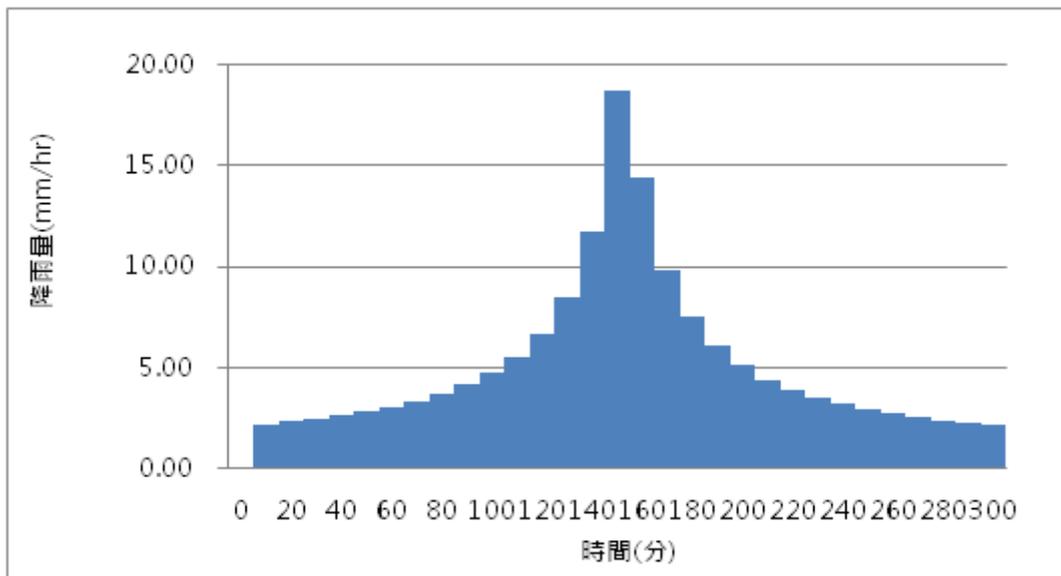


圖8-66 民生社區降雨歷線圖

降雨、集水區、LID Element、下水道設定完成後，本示範案例利用 SWMM 模式及 LID Element 評估（1）民生社區現況與（2）民生社區配置 LID 設施後共 2 種不同方案，於 4 個出水口之出流歷線，如圖 8-67 ~圖 8-70 所示。

由圖可發現配置 LID 後，各出水口之出流歷線變化不一，民權東路與敦化北路交叉口以及悠路北端這 2 個人孔之出流歷線與現況十分相近，而其餘 2 個出水孔出流歷線則大幅下降且變得較為平緩。不管是哪一種變化，在降雨量小的初期均可發現部分降雨逕流被 LID 設施給蓄存，逕流量歷線低於設置前；但隨著降雨量增加，靠近左右兩端的兩個人孔出流量快速攀升，變化與未設置 LID 前相同，而位於民生社區中間集水區的下游人孔則因 LID 設施發揮保水與減洪的作用，逕流歷線平緩，洪峰流量降低，洪峰到達時間延後；在退水段的部分，蓄存於 LID 設施中的水體被緩慢的排出，出流歷線仍呈現平緩減少的趨勢，惟出流量高於未設置 LID 前之出流量，約 6 小時後仍有部分水體持續流出。

此案例可發現，在同一個社區導入 LID 設施，會在不同的空間區位產生不同的效果，有些 LID 設施可以有效蓄水，有些則無法發揮作用，具體的保水與減洪效益量化如表 8-42 ~表 8-49 。

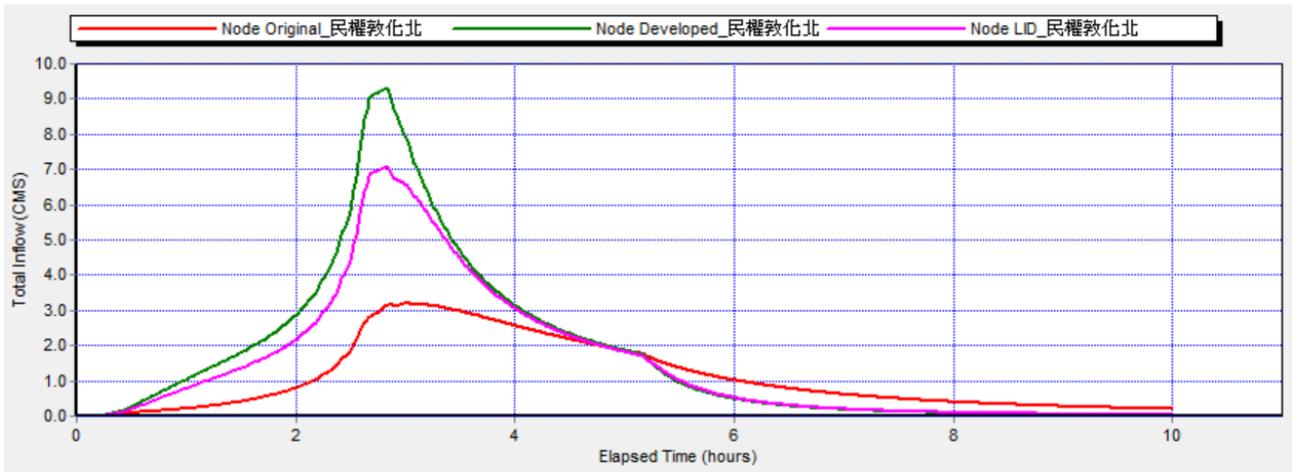


圖8-67 民生社區下水道系統民權東路與敦化北路交叉口人孔出流歷線

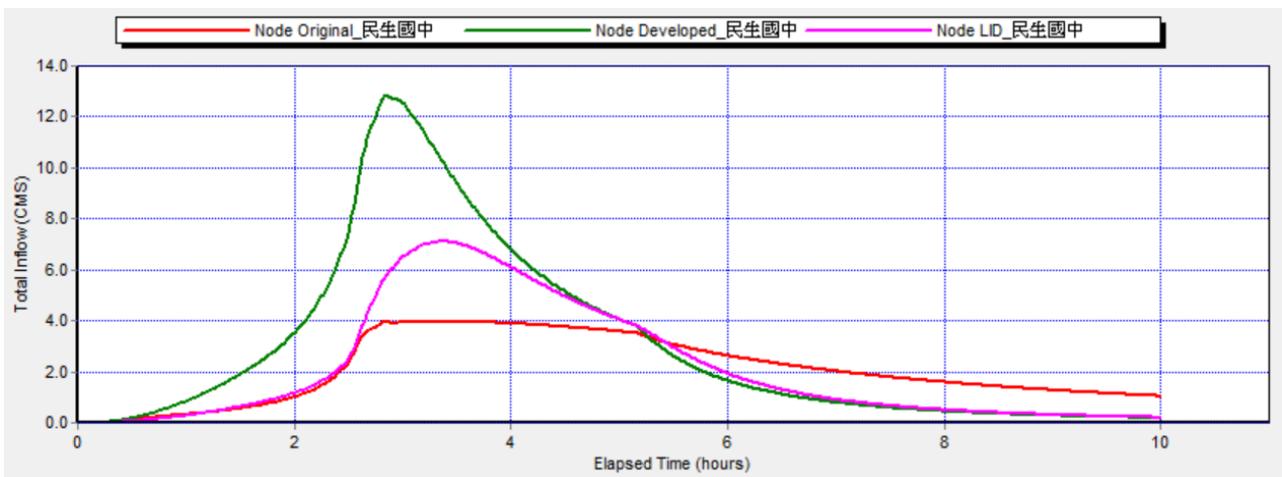


圖8-68 民生社區下水道系統民生國中旁人孔之出流歷線

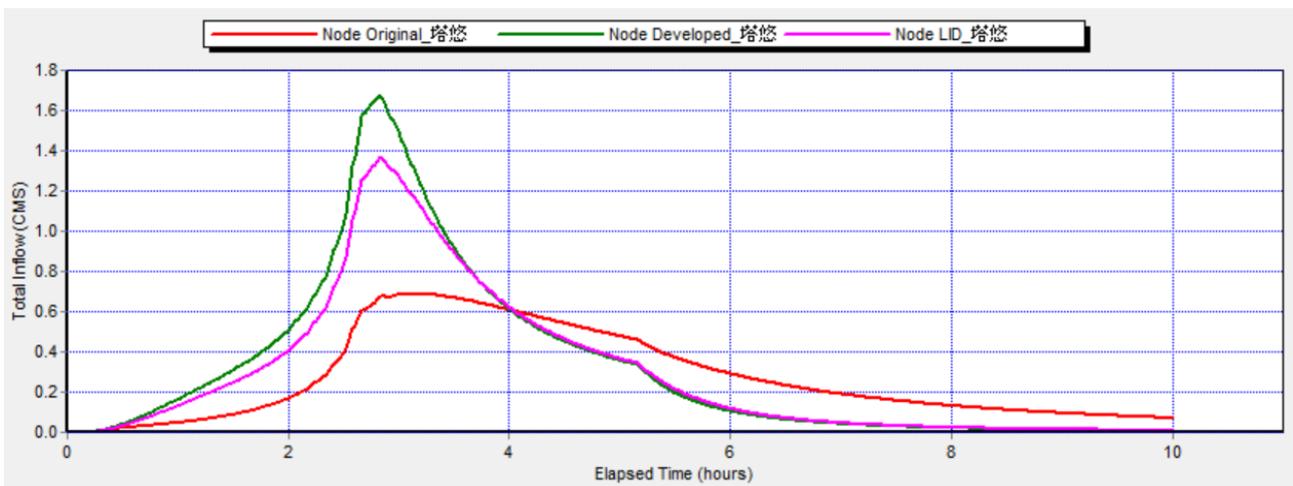


圖8-69 民生社區下水道系統塔悠路北端人孔之出流歷線

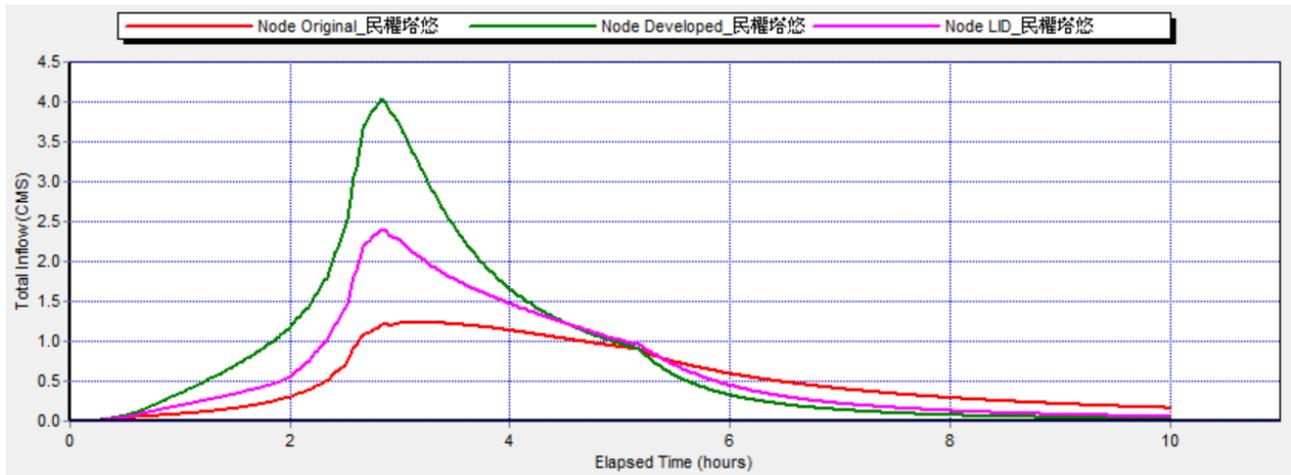


圖8-70 民生社區下水道系統民權東路與塔悠路交叉口人孔出流歷線

SWMM 之模擬結果顯示：

A 出水孔—民生社區民權東路與敦化北路交叉口

洪峰流量現況為 9.31cms，洪峰到達時間為 170 分鐘，導入 LID 後流量可降至 7.07cms（降低比例為 24%）但洪峰到達時間並無延緩，逕流型指標即 LID 設施削減提前到達所增加的水量為 144.90 立方公尺，為開發前到開發後變化量之 30%。

B 出水孔—民生國中旁

洪峰流量現況為 12.84cms，洪峰到達時間為 170 分鐘，導入 LID 後流量可降至 7.11cms（降低比例為 45%）但洪峰到達時間並無延緩，逕流型指標即 LID 設施削減提前到達所增加的水量為 566.78 立方公尺，為開發前到開發後變化量之 66%。

C 出水孔—塔悠路北端

洪峰流量現況為 1.68cms，洪峰到達時間為 170 分鐘，導入 LID 後洪峰流量可降至 1.37cms（降低比例為 18%）但洪峰到達時間並無延緩，逕流型指標即 LID 設施削減提前到達所增加的水量為 19.56 立方公尺，開發前到開發後變化量之 28%。

表8-42 SWMM 模擬民權敦化北出口現況逕流一覽表

民權敦化北出口	洪峰流量 (cms)	洪峰到達時間 (hr:min)	增加逕流量 (m ³)
開發前	3.21	03:00:00	-
開發後	9.31	02:50:00	-
差異	6.10	00:10:00	485.79
差異百分比	190%	-6%	-

表8-43 SWMM 模擬民權敦化北出口配置 LID 設計後之效益一覽表

民權敦化北出口	洪峰流量 (cms)	洪峰到達時間 (hr:min)	逕流型指標 (m ³)
開發後	9.31	02:50:00	-
配置 LID 後	7.07	02:50:00	-
差異	-2.24	00:00:00	144.90
差異百分比	-24%	0%	30%

表8-44 SWMM 模擬民生國中出口現況逕流一覽表

民生國中出口	洪峰流量 (cms)	洪峰到達時間 (hr:min)	增加逕流量 (m ³)
開發前	3.98	03:00:00	-
開發後	12.84	02:50:00	-
差異	8.86	00:10:00	857.37
差異百分比	222%	-6%	-

表8-45 SWMM 模擬民生國中出口配置 LID 設計後之效益一覽表

民生國中出口	洪峰流量 (cms)	洪峰到達時間 (hr:min)	逕流型指標 (m ³)
開發後	12.84	02:50:00	-
配置 LID 後	7.11	03:10:00	-
差異	-5.73	00:20:00	566.78
差異百分比	-45%	12%	66%

表8-46 SWMM 模擬塔悠出口現況逕流一覽表

塔悠出口	洪峰流量 (cms)	洪峰到達時間 (hr:min)	增加逕流量 (m ³)
開發前	0.69	03:00:00	-
開發後	1.68	02:50:00	-
差異	0.99	00:10:00	69.49
差異百分比	144%	-6%	-

表8-47 SWMM 模擬塔悠出口配置 LID 設計後之效益一覽表

塔悠出口	洪峰流量 (cms)	洪峰到達時間 (hr:min)	逕流型指標 (m ³)
開發後	1.68	02:50:00	-
配置 LID 後	1.37	02:50:00	-
差異	-0.31	00:00:00	19.56
差異百分比	-18%	0%	28%

表8-48 SWMM 模擬民權塔悠出口現況逕流一覽表

民權塔悠出口	洪峰流量 (cms)	洪峰到達時間 (hr:min)	增加逕流量 (m ³)
開發前	1.24	03:10:00	-
開發後	4.04	02:50:00	-
差異	2.80	00:20:00	241.35
差異百分比	227%	-12%	-

表8-49 SWMM 模擬民權塔悠出口配置 LID 設計後之效益一覽表

民權塔悠出口	洪峰流量 (cms)	洪峰到達時間 (hr:min)	逕流型指標 (m ³)
開發後	4.04	02:50:00	-
配置 LID 後	2.40	02:50:00	-
差異	-1.64	00:00:00	135.11
差異百分比	-41%	0%	56%

註：「增加逕流量」是基地因開發行為所增加之逕流量，故無差異百分比；而導入 LID 設施後，可有效降低逕流體積，其差異百分比即為逕流型指標，等於 LID 設施所蓄存之洪水量除以基地因開發行為所增加之逕流量。

D 出水孔—民權東路與塔悠路交叉口

洪峰流量現況下 4.04cms，洪峰到達時間為 170 分鐘，導入 LID 後，洪峰流量可降至 2.4cms（降低比例為 41%）但洪峰到達時間並無延緩，逕流型指標即 LID 設施削減提前到達所增加的水量為 135.11 立方公尺，為開發前到開發後變化量之 56%。

綜合而言，透過 LID 設施可使淡海新市鎮第 1 期之逕流減少、洪峰降低且延遲，逕流型指標約達 28~66% 左右

綜合而言，透過 LID 設施的導入，可使民生社區之逕流減緩與洪峰降低，並蓄存 28~66% 因基地開發行為所增加之逕流量，達到不錯的減洪效果；惟民生社區為已開發區，有既定建物與空間型態，LID 設施配置受限於住宅區內可配置面積有限，僅能透過雨水花園及透水鋪面處理大部分的降雨逕流，導致在逕流型指標的效果較為有限，但仍提供部份的改善，經觀察發現，在住宅密度較高、住宅區面積較大的區位，可達到較好的效果。

雖然單一基地內可設置的 LID 設施面積有限，但透過大範圍的佈設，以每 1 個基地單元皆有 LID 設施可處理降雨逕流的分散式處理概念，雖然個別基地可處理的降雨逕流有限，但全體結合在一起的減洪效果，將可減少原本的逕流量，其比例可達到 30% 以上。故建議於配置 LID 設施時的基本原則是，每個基地單元都要配置 LID 設施，才能有效保水與減洪。

四、逕流型指標操作示範—陽明山國家公園馬槽遊憩區（遊一）

（一）現況基地分析

1、地文特性

（1）地理位置

陽明山國家公園馬槽遊憩區（遊一）位於臺北市北投區，（圖 8-71），總面積約 33.42 公頃，該區之東、西、南 3 邊皆以陽金

公路為界，並由馬槽溪劃分為東、西兩區（圖 8-72）。本示範基地選於西區，西區面積約 15.32 公頃，選擇示範基地面積約 1.8 公頃，主要位於竹子湖路 U 型處包圍之區塊。

（2）地形地貌

馬槽遊憩區（遊一）西區為火山地形中的熔岩台地（圖 8-73），全區地勢西高東低，高程位於海拔 460~640 公尺之間，最高點位於西南隅，高程約 630.5 公尺；該區域中央之坡度多位在 0~20 度，為大片平坦台地，而坡度最大值位於東北隅，高達 58.7 度（圖 8-74）；本示範區域內多為東向坡，惟南側因溪谷轉向而有部分南向坡分佈（圖 8-75）。

（3）地質

馬槽遊憩區（遊一）西區位於大屯火山群之七星山，其地層主要由凝灰角礫岩與火山岩流所組成（圖 8-76），分述如下：

A、凝灰角礫岩

凝灰角礫岩之組成材料為熔岩碎屑和塊狀圍岩，是透過火山活動而伴隨熔岩一同噴出所形成，故容易於火山口或火山周圍發現其蹤跡，其主要組成礦物包括了雲母、長石、石英、輝石、角閃石等。

B、火山岩流

火山岩為本區分佈最廣且最主要的岩層，是由熔岩噴發後所堆積形成，多位於火山地形中央處與海拔 200 公尺以上之地區，是形成火山之主體，主要組成礦物為輝石、角閃石等。

（4）土壤特質

土壤分佈受地質和地形影響甚大（圖 8-77），馬槽遊憩區（遊一）之土壤種類為石質土，石質土是由一定量石塊所組成的土壤，由於大部分由石塊所組成，故不適合作為農業使用。該種土壤可分為粗骨土及胚胎土，前者材料以石塊為主，是由大量的母岩崩解物所組成，非細緻土壤且土層較薄；而後者材料以土壤為

主，其表層有大範圍之腐植質覆蓋，故土壤中有豐富的有機質，而土層下方仍為堅硬的岩石層。



圖8-71 陽明山國家公園馬槽位置圖



圖8-72 馬槽遊憩區（遊一）西區位置圖

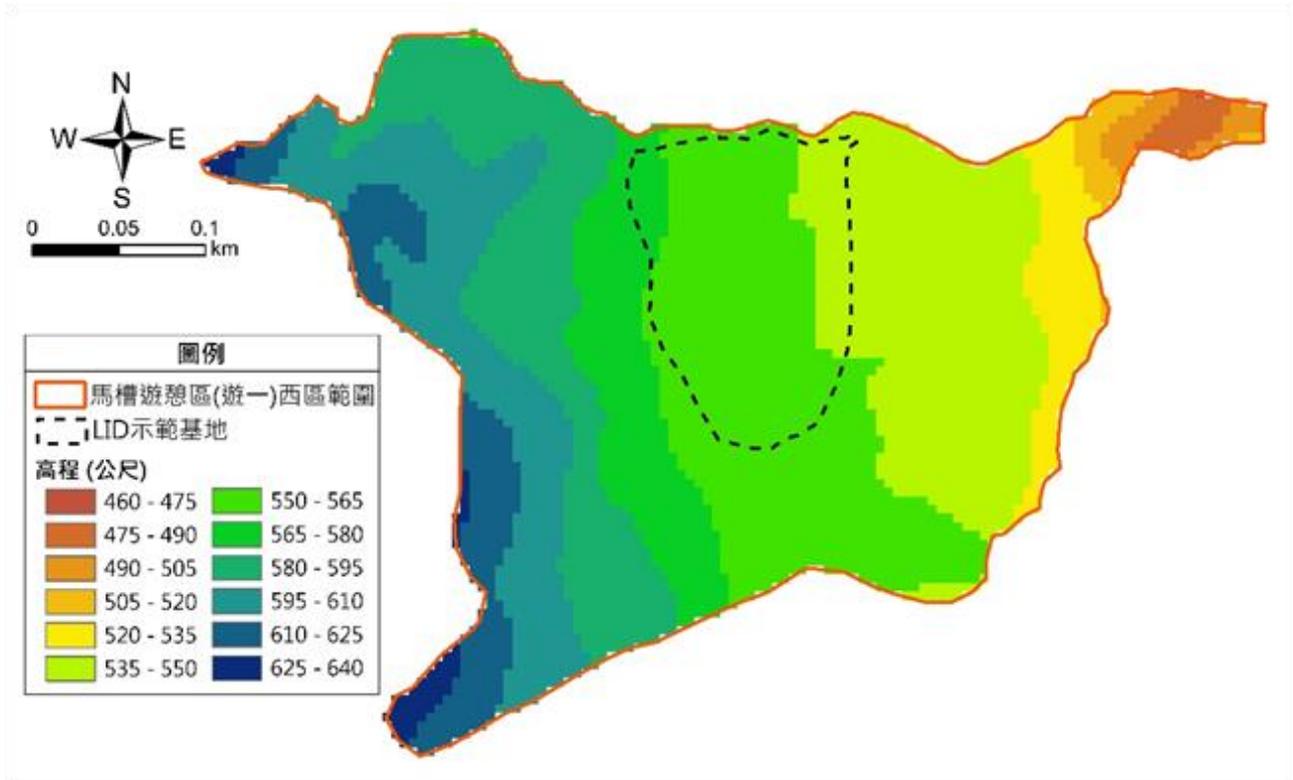


圖8-73 馬槽遊憩區（遊一）西區高程圖

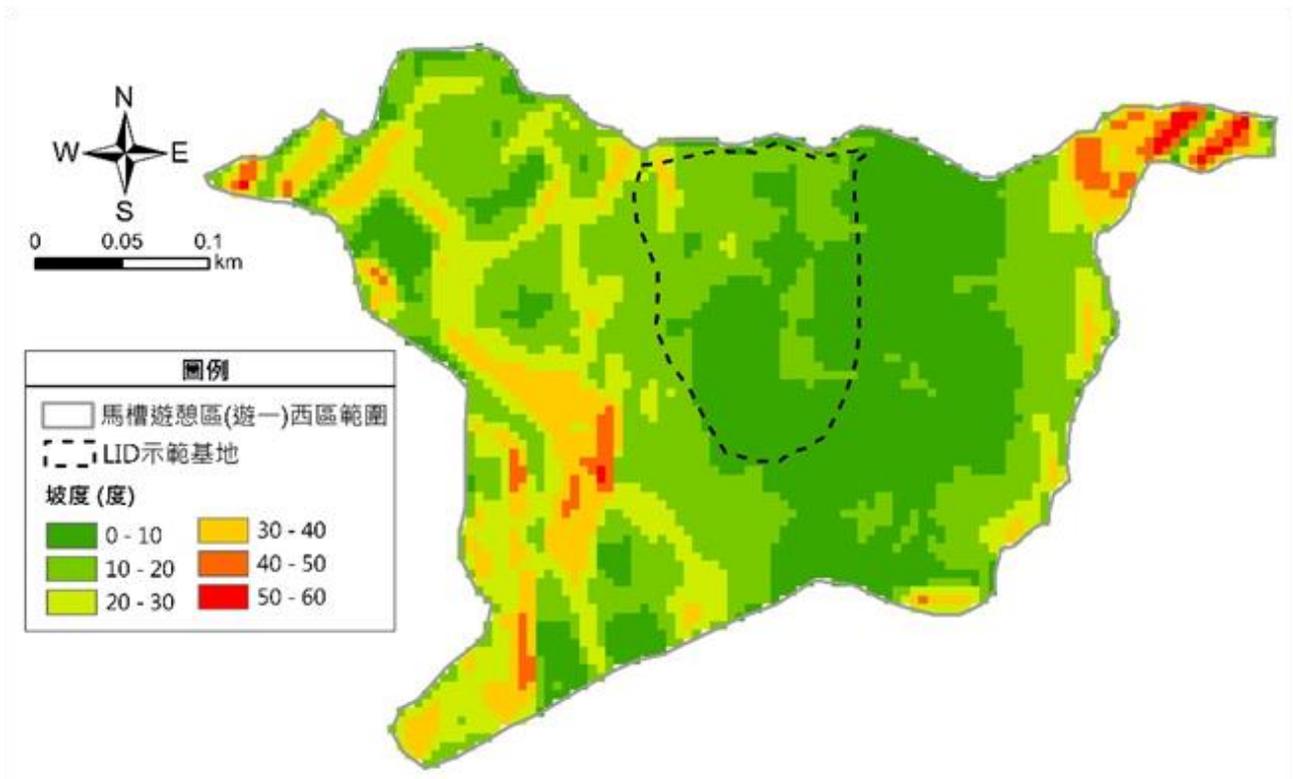


圖8-74 馬槽遊憩區（遊一）西區坡度圖

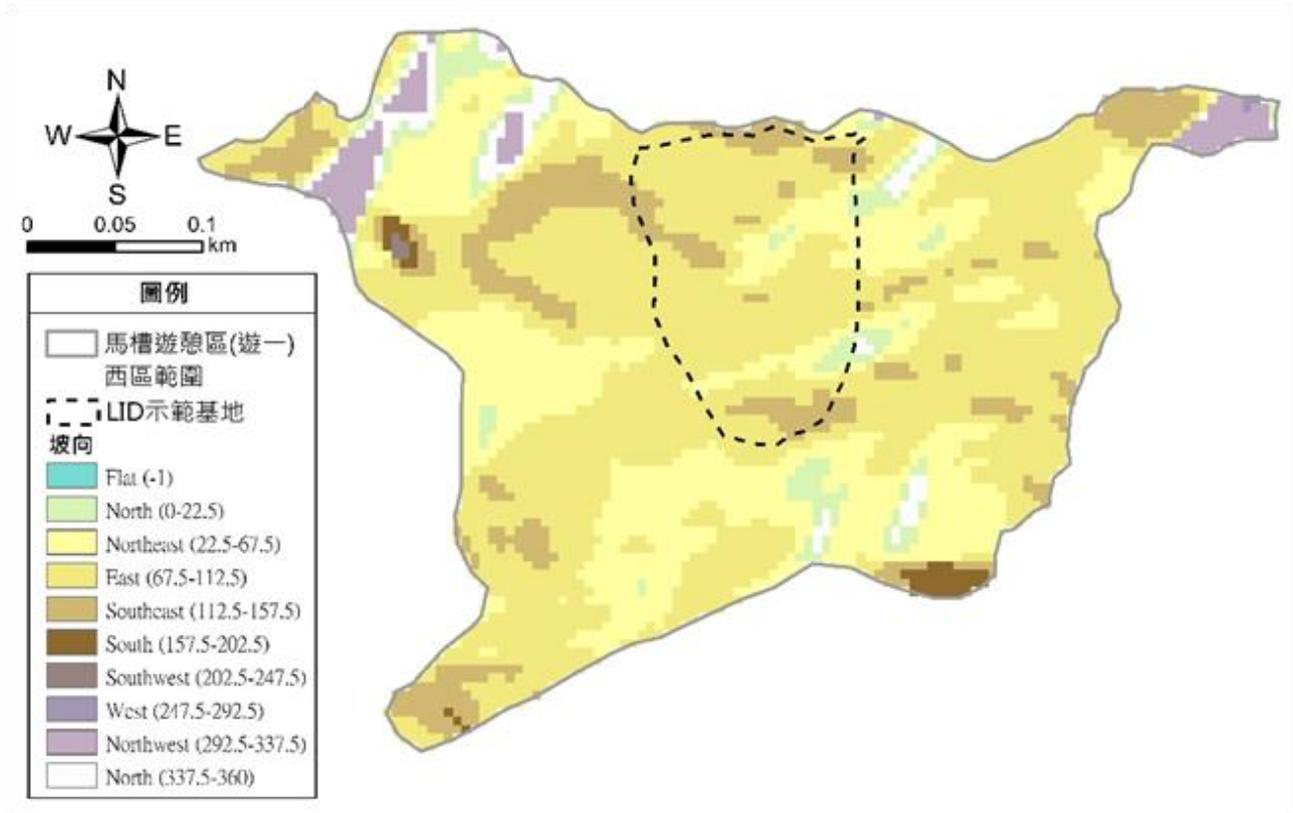


圖8-75 馬槽遊憩區（遊一）西區坡向圖

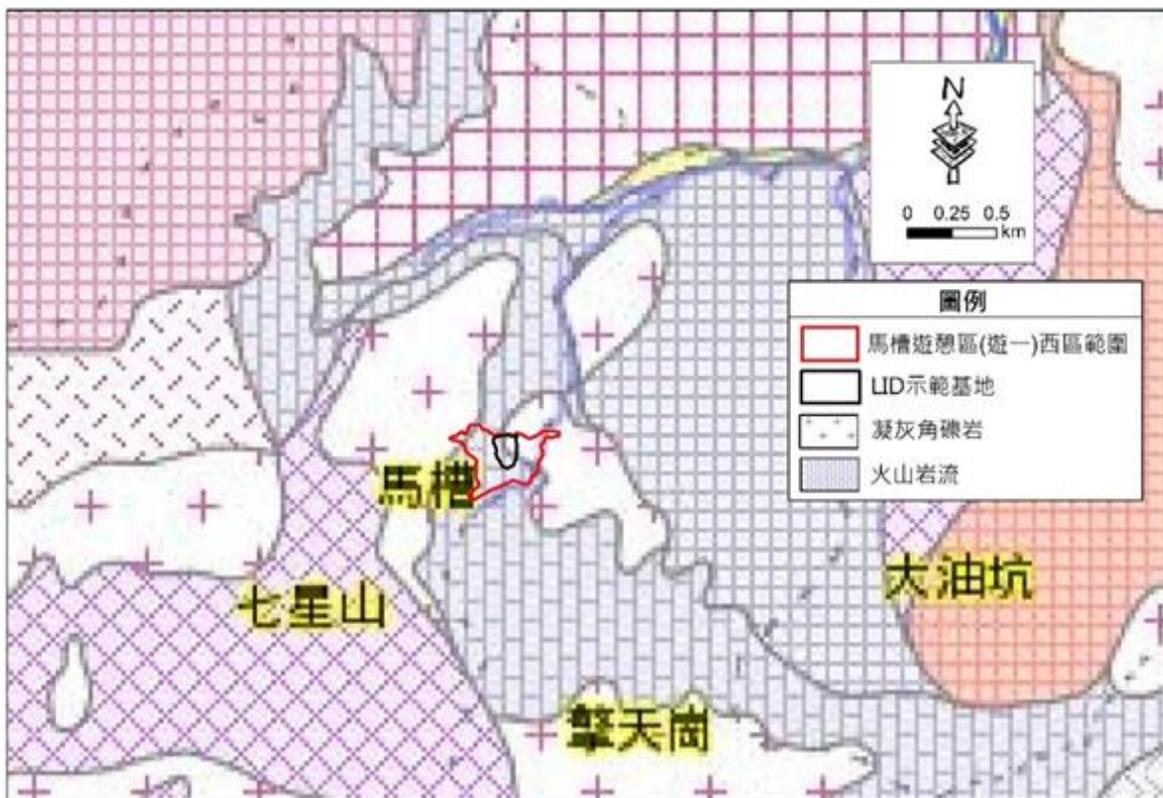


圖8-76 馬槽遊憩區（遊一）西區地質圖

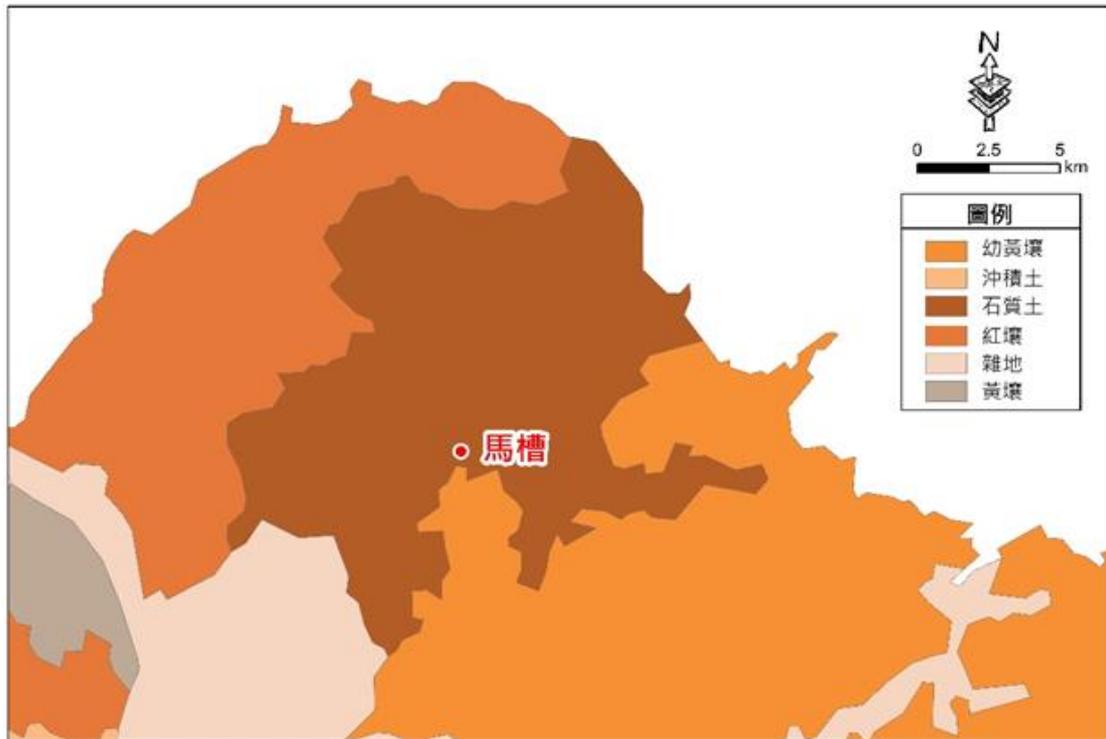


圖8-77 馬槽遊憩區（遊一）西區土壤圖

(5) 地被植栽

表8-50 馬槽遊憩區（遊一）西區植物物種調查統計表

歸隸特性		物種	單子葉植物	雙子葉植物	裸子植物	蕨類植物	總計
類別	科數	14	66	5	18	103	
	屬數	52	142	7	29	230	
	種數	62	199	9	53	323	
型態	喬木	1	70	7	2	80	
	灌木	3	41	2	0	46	
	藤本	7	25	0	1	33	
	草本	51	63	0	50	164	
屬性	特有	9	18	2	0	29	
	原生	44	163	1	53	261	
	歸化	1	8	0	0	9	
	栽培	8	10	6	0	24	

參考資料：陽明山國家公園馬槽遊憩區（遊一）西區土地開發案投資經營計畫書

根據「陽明山國家公園馬槽遊憩區（遊一）西區土地開發案投資經營計畫書」之相關調查報告（表 8-33），馬槽遊憩區（遊一）西區內約有 103 科、230 屬、323 種植物；依型態區分則有 80 種喬木、46 種灌木、33 種藤本及 164 種草本，其中以草本植物為多數，約佔 50.8%，草生地多分佈於該區域之南邊（馬槽溪上游），此區常見之草本植物有五節芒、臺灣芒等；依屬性區分，則有 29 種特有種、261 種原生種、9 種歸化種、24 種栽培種，以原生種為多數，約佔 80.8%，該區域常見的原生種類包括了楓香、紅楠、鵝掌柴等。

2、發展定位與開發方式

（1）定位與課題分析

馬槽遊憩區主要為提供地區性觀賞之遊憩活動，屬低密度遊憩區，屬國家公園範疇，故仍以保育國家自然與人文景觀資源為目的考量，主要以下列 3 項目標為主：

- 發揮遊憩區在國家公園之功能角色
- 扮演區域環境教育及遊客服務定位
- 達到公平正義原則

為達到上述目標，提出下列各項相關課題與議題：

- 水源議題
確認水資源之有限性，思考開發所需之水源問題，並以區域整體用水無虞為原則
- 土地取得使用議題
公有土地使用部分，依國家公園法及其相關規定辦理；
私有土地使用部分，則以業者協議價購為原則或依法徵收。
- 地質潛藏災害議題（災害潛勢議題主要區分為下列三項）
 - 安全性：建築量體不宜過大、過度集中、開挖不宜過深，並應與邊坡保持距離
 - 效率性：針對危險地區增設緩衝區或法定空地

➤ 馬槽溪整治：納入後續經營管理執行事項

● 公平正義原則

開發依循開發許可與水土保持相關規定。

● 環境接近權

確立環境接近權，開放主要景觀眺望點與部分室內公共空間允許公眾進出停駐。

(2) 開發方式

開發方式依國家公園法及其施行細則規定，並採開發許可制辦理。依內政部國家公園計畫委員會第 54 次會議決議：各遊憩區在兼顧環境負荷及水資源許可、不影響地質安全及景觀調和之原則下，其土地利用管制得修正為粗建蔽率不超過 5% 或淨建蔽率不超過 30%、高度不超過 3 層樓或簷高以 10.5 公尺為上限，並採個案審查方式審議其籌設許可。

(二) 水環境低衝擊開發設計條件分析

1、水文特性

(1) 河川水文

本示範區域之東側以馬槽溪為界(圖 8-78)，馬槽溪為該區域僅有之鄰近天然河川，故區內排水主要仰賴馬槽溪，以下就其流域與溪流本身進行說明：

➤ 北磺溪流域

北磺溪流域為陽明山國家公園境內之最大流域，集水面積約 31 平方公里，河道全長約 11 公里，其源頭主要有 3 處，包括：黃嘴山和大尖山後方的翠翠谷、七星山和七股山間的馬槽溪、小觀音山腳下的鹿角坑溪。

➤ 馬槽溪

馬槽溪為北磺溪之上游，發源於七星山與七股山北側之間，其河道坡度極陡，長度約 2.3 公里，集水面積約 368 公頃，長年

有溫泉水流動於其中，其水流與鹿角坑溪一同於七星山之鞍部匯入北磺溪，最後朝東北方向流入大海。



圖8-78 馬槽遊憩區（遊一）西區水系圖

(2) 降雨型式

表8-51 竹子湖測站降雨資料統計表

月份	降水量 (mm)	降水日數 (天)
1月	232.6	19.7
2月	273.5	17.7
3月	227.1	17.3
4月	207.2	14.8
5月	267.4	15.0
6月	314.8	14.7
7月	247.7	9.9
8月	439.5	13.0
9月	717.4	16.1
10月	683.9	18.0
11月	488.8	19.2
12月	289.1	18.6
合計	4389.0	194.0

註：1. 參考資料：中央氣象局氣候資料年報，竹子湖測站（民國 70~99 年）。

2. 降水日數為降水量大於等於 0.1 毫米之天數。

馬槽遊憩區（遊一）西區鄰近中央氣象局之竹子湖測站，依據竹子湖氣象站民國 70~99 年的氣象資料進行統計分析（表

8-51)，該測站近 30 年之平均年降水量為 4,389.0 毫米，降雨多集中於 9 至 11 月，以 9 月份之 717.4 毫米為最多，而最低為 4 月份之 207.2 毫米；平均年降水日為 194 天，以 1 月份之 19.7 天降水日數為最多，而 7 月份降水日數最少，平均僅 9.9 天。

(3) 既有暴雨特質

陽明山國家公園馬槽遊憩區位於臺北市北投區，為國家公園保護區域，本計畫所提架構是參考臺北站 1984~2013 年之資料進行降雨分析。依前述降雨統計方法計算每場降雨之延時，有 95% 降雨事件的降雨延時小於 5 小時；而降雨強度—延時—頻率曲線 (Intensity-Duration-Frequency curve, IDF) 分析顯示，詳圖 8-79，該區降雨接近對數皮爾森第三類分布，為三參數之統計分佈，須同時考慮平均數、標準偏差及偏度共 3 個參數。

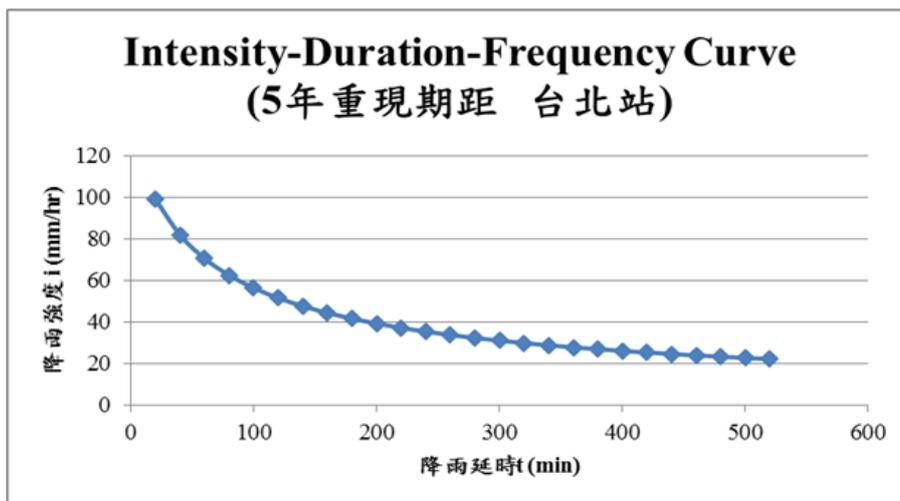


圖8-79 臺北測站 IDF 曲線圖

分別以 14 種不同降雨延時進行統計分析，5 年重現期距之 IDF 參數 $a=1625$ 、 $b=41.29$ 、 $c=0.679$ 。將 5 小時降雨延時代入 IDF 公式中，計算降雨強度為 31 毫米/小時、5 小時之降雨深度為 155 毫米，若以 30% 部分負擔比例原則來計算 LID 所負擔的比例約為 46 毫米。

2、水源與潛在地質災變問題

根據「陽明山國家公園馬槽遊憩區 (遊一) 西區開發計畫案地質

調查評估—潛在淺層崩塌地調查、斷層調查、地球物理探測、膨脹性黏土分析、土石流潛勢溪流調查報告書」之結果顯示，本示範區域有山坡地崩塌、河岸侵蝕及土石流等三大災害潛勢問題，茲分述如下：

(1) 山坡地崩塌

本示範區域西側外已有崩塌地，故對示範區域西側有極大影響，且示範區域西側與南側地層中具有高熱液換質作用之黏土層，此為邊坡可能發生弧形或淺層崩塌之原因。

(2) 河岸侵蝕

依航照影像及現地調查結果顯示，本示範區域內有溝狀侵蝕、土石堆積、河岸侵蝕等現象。

(3) 土石流

馬槽溪河道坡度陡峭，溪床坡度超過 10 度、集水面積大於 3 公頃，向源侵蝕嚴重，河道現況有侵蝕與堆積之現象，若遭逢大雨則有發生土石流機會的潛在危險溪流，故行政院農委會水土保持局已將馬槽溪列為「土石流潛勢溪流」。

(三) 水環境低衝擊開發設施導入細部規劃

1、操作目的說明

本計畫挑選陽明山國家公園馬槽遊憩區(遊一)西區土地開發案，作為馬槽遊憩區開發同時導入 LID 開發之示範操作案例，其目的僅供操作手冊嘗試操作，優化未來操作方式之用。

2、示範基地操作

馬槽遊憩區西區土地發案平面布置示意圖如圖 8-80 所示，土地使用分區面積如表 8-52，總開發面積約為 9.48 公頃，各項設施所占面積分析如表 8-53 所示，其中不透水面積約為 1.9 公頃，約佔馬槽遊憩區西區面積的 12.4%。

本區由於坡度小於 4%之坡地甚少，故導入 LID 設施之地點相對受限，必須於土地開發規劃階段即先行將坡度較為平坦之處規劃為

LID 開發設施用地，於後續開發階段時，方能確保開發行為不會造成地表逕流增加。



資料來源：陽明山國家公園馬槽遊憩區（遊一）西區土地開發案

圖8-80 西區土地開發案平面布置示意圖

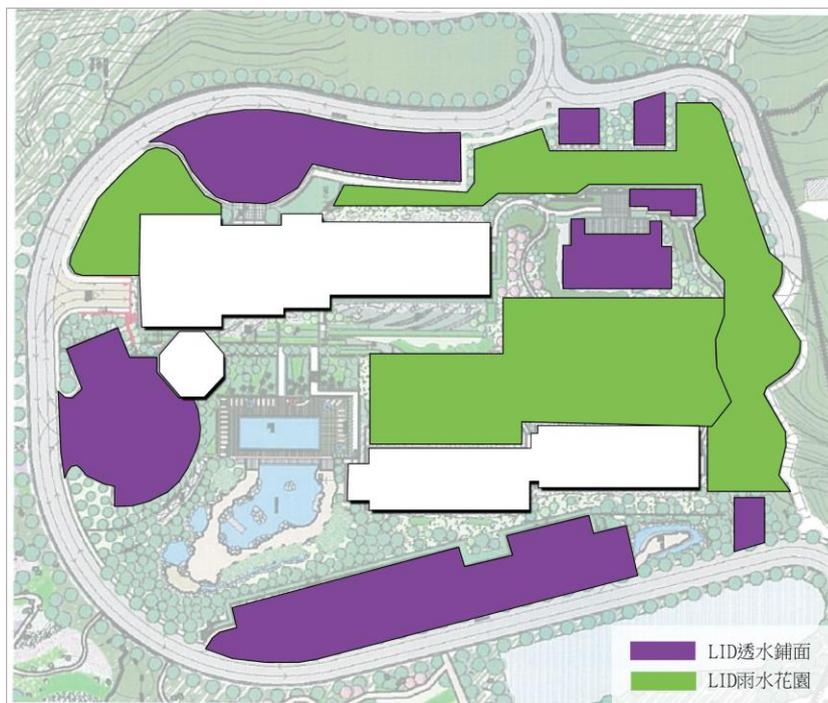


圖8-81 馬槽遊憩區低衝擊開發設施導入示意圖

因本示範區位屬於國家公園範圍內，因其地位特殊，本工作團隊將著眼於地區水文循環觀點，利用逕流型指標就開發前與開發後之逕流改變，評估導入 LID 設施開發此區域之最佳方案，務使開發後之逕流量小於開發前（如表 8-54 所示）。

圖 8-81 為馬槽操作遊憩區 LID 設施導入示意圖，以佈設透水鋪面與雨水花園等 2 項 LID 設施為主，配置於坡度較平緩且為非開挖面之地區。

（四）成效評估

馬槽遊憩區呈南向北漸低之走勢，依其整地後之地勢高程規劃東北側有 1 個集水區出口連接滯洪池。本區由於坡度小於 4% 之坡地甚少，故導入 LID 設施之地點相對受限，必須於土地開發規劃階段即先行整地或選取坡度較為平坦之處規劃為 LID 設施用地，於後續開發階段方能確保 LID 設施得以發揮其減少地表逕流之效益。

本工作團隊選擇於馬槽遊憩區之西區配置 LID 設施，主要佈設透水鋪面與雨水花園。由於此示範區位於國家公園內，故未開發面積佔極大部分，於此未開發區內已規劃鋪設草坪或進行植栽，並營造多個水域環境，以維持當地環境與生態。LID 配置時即依此設計，於植栽部分改良設置雨水花園，增加其地表蓄水量；於水域環境部分和道路及停車場增加鋪設透水鋪面，使雨水得以滲透進入地下涵養整體水域環境。

茲將遊憩區內各子集水區及其可配置之 LID 設施面積、設施處理面積與平均保水深度詳列如表 8-55。其中，各 LID 設施處理面積百分比乃依據基地面積內 LID 設置位置及地表逕流流徑方向作一概估，以子集水區 1 為例，其雨水花園佈置於上下游處，可匯集基地內約 53% 之逕流至此進行處理；而透水鋪面則布置於中游處，可以匯集約 47% 之基地面積的降雨逕流進行處理，其餘子集水區之處理面積亦依各自 LID 設施的位置與流徑進行概估。

表8-52 馬槽遊憩區（遊一）土地使用分區表

分區別	東區面積 (ha)	西區面積 (ha)	合計面積 (ha)	佔總面積百 分比
1 區遊客服務中心	0.48	-	0.48	1.44%
2 區溫泉相關設施用地	3.23	3.66	6.89	20.62%
3 區自然景觀遊憩用地	8.11	7.54	15.65	46.83%
4 區保育用地	5.15	2.76	7.91	23.65%
5 區農產品銷售用地	-	0.24	0.24	0.72%
6 區車站用地	0.23	-	0.23	0.69%
7 區聯外道路	0.71	0.96	1.67	5%
8 區污水處理用地	0.19	0.16	0.35	1.05%
面積合計 (ha)	18.1	15.32	33.42	100%

資料來源：變更陽明山國家公園馬槽遊憩區（遊一）細部計畫（第2次通盤檢討）案。

表8-53 開發案各設施項目所占面積一覽表

設施項目	面積 (ha)	透水性
建築面積	0.6	不透水
戶外廣場	0.4	不透水
道路	0.63	不透水
停車場	0.27	不透水
沉砂池	0.29	透水
其他（未開發）	7.29	透水
開發總面積	9.48	

資料來源：本計畫整理。

表8-54 低衝擊開發設施配置整理表

LID 設施	建築物	社區步道	中庭廣場	綠地	人行道	設施廣場
草溝	-	◎	◎	◎	◎	-
滲透陰井	-	-	◎	-	◎	◎
滲透側溝	-	◎	◎	-	◎	◎
綠屋頂	◎	-	-	-	-	-
蓄水池	◎	-	◎	-	-	◎
生態滯留池	-	-	-	-	-	-
雨水花園	-	-	◎	◎	-	◎
透水鋪面	-	◎	◎	◎	◎	◎
樹箱過濾器	-	-	-	-	-	-
中大型滯洪池	-	-	-	-	-	-

資料來源：本計畫繪製。

註：以廣義 LID 定義，中大型滯洪池亦屬 LID 設施，唯其需較大範圍面積設置，亦缺乏較佳之環境加值效益（綠美化），故並非為本計畫所著重討論之 LID 設施類型。

表8-55 馬槽遊憩區之子集水區與低衝擊開發設施面積一覽表

分區	基地面積 (m ²)	透水鋪面 面積(m ²)	透水鋪面處理 面積百分比	雨水花園 面積(m ²)	雨水花園處理 面積百分比	平均保水深度 (cm/m ²)
1	31,140	6,989	47%	15,868	53%	20.8
2	43,647	2,412	25%	15,868	75%	12.8
3	26,756	6,650	65%	9,452	35%	16.3
4	21,869	10,888	100%	0	0%	9.8
5	6,021	0	0%	0	0%	0.0
總計	129,433	26,939	21%	41,188	32%	14.3

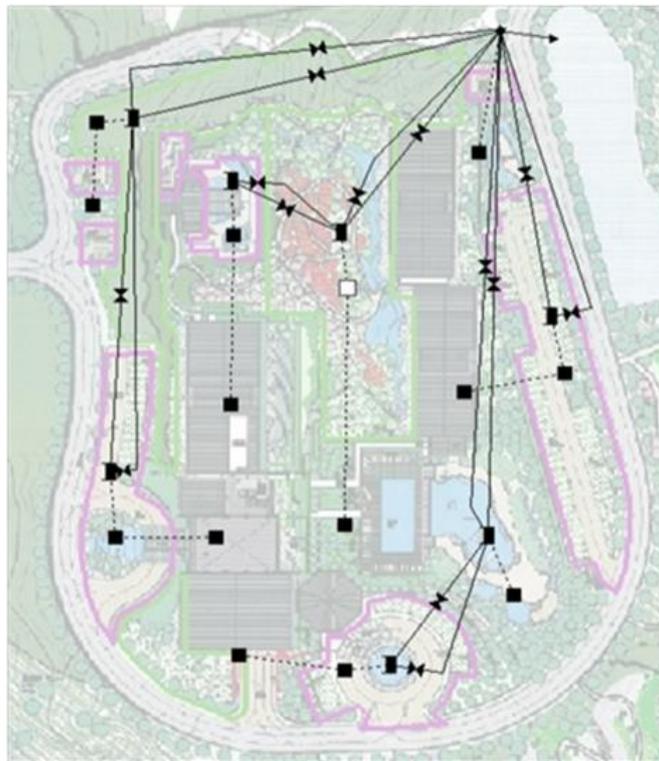


圖8-82 馬槽遊憩區之SWMM模擬配置圖

本計畫依據馬槽遊憩區之開發案規劃及 LID 設置規劃，利用 SWMM 與 LID Element 建立馬槽遊憩區之降雨逕流模擬模式，其模擬配置如圖 8-82 所示。模式之建立乃劃設各子集水區及配置 LID 設施，並依據各 LID 設施的處理面積比以分配集水區面積，其中子集水區、透水鋪面及雨水花園之 SWMM 設定詳列於表 8-56 ~ 表 8-58。

其中子集水區的面積依據各基地面積大小給定，寬度即垂直接徑之寬。坡度於開發前為 2%，開發後變成較為平緩 1%；不透水面積於開發前為 0%，開發後變為 50%，即有一半之遊憩區因開發行為而變為不

透水；窪蓄在開發前為 0.508 毫米，開發後為 0 毫米，因開發使得地表變平整而無地表挖蓄；入滲率於透水處假設原始未開發狀態為短草原，給定最大入滲率為 76.2 毫米/小時、最小入滲率為 10.9 毫米/小時，而不透水處之入滲率為 0，所以開發後因不透水比例提高，入滲量也將降低。開發前與開發後依照不同的地表狀態給定 SWMM 之參數值，後續即可比較因為開發行為帶來的逕流增加量。

LID 設施設定部分，透水鋪面設定其保水深度為 0.2457 公尺，孔口高為 0.02 公尺；雨水花園保水深度設定為 0.3561 公尺，孔口高為 0.01 公尺；降雨條件的設定部分，馬槽遊憩區位於臺北市，設計降雨採用臺北雨量站水文分析後之 5 年重現期降雨，設計雨型採用 Horner 雨型，設計 5 小時暴雨如圖 8-83 所示。

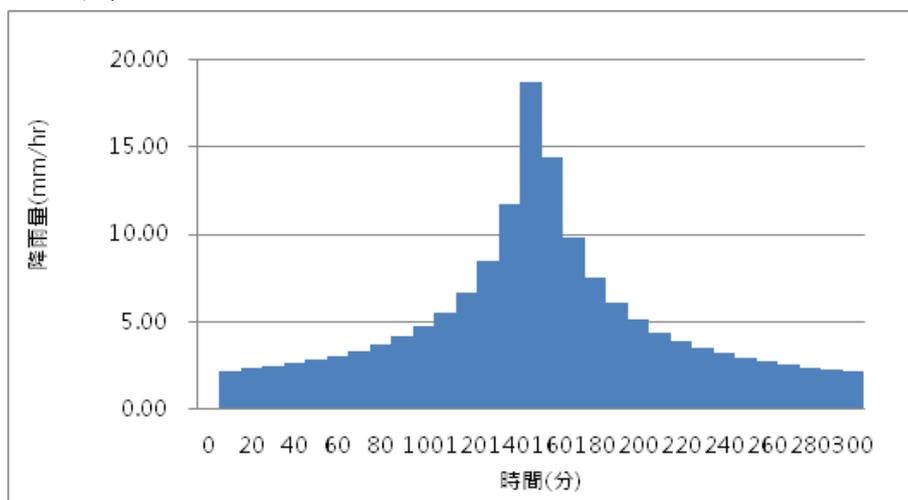


圖8-83 馬槽遊憩區設計降雨歷線圖

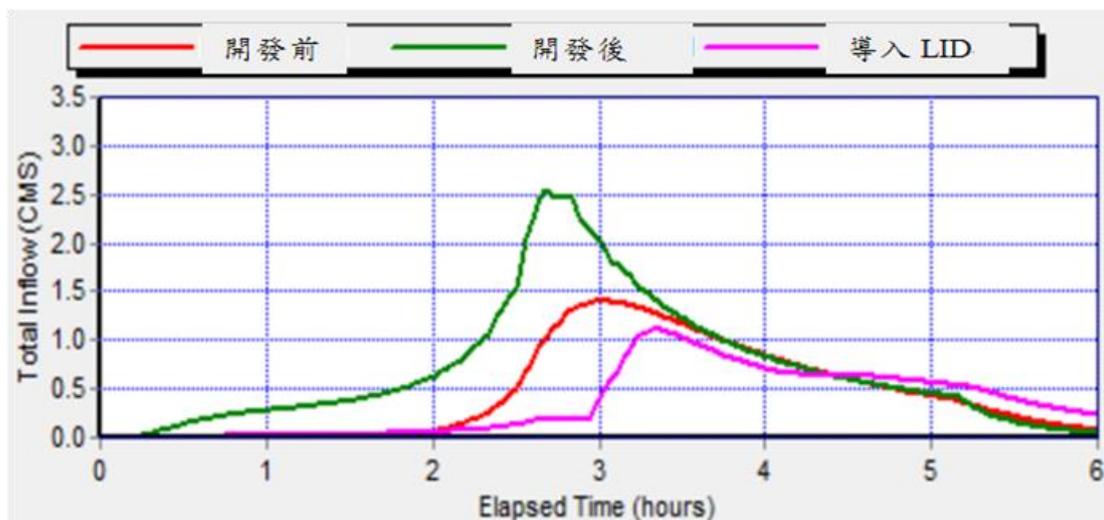


圖8-84 馬槽遊憩區北出口出流歷線圖

表8-56 馬槽遊憩區子集水區 SWMM 基本設定表

參數名稱	開發前參數值	開發後參數值	單位
面積 (Area)	基地面積	基地面積	m ²
寬度 (Width)	垂直流徑之寬	垂直流徑之寬	m
坡度 (Slope)	2	1	%
不透水比 (Imperv)	0	50	%
不透水表面糙度 (N-Imperv)	0.03	0.02	-
透水表面糙度 (N-Perv)	0.24	0.24	-
不透水窪蓄 (Dstore-Imperv)	0.508	0	mm
透水窪蓄 (Dstore-Pperv)	0.508	0	mm
最大入滲率	76.2	76.2	mm/hr
最小入滲率	10.9	10.9	mm/hr
延遲常數	4	4	1/hr
乾燥時間	7	7	days

表8-57 馬槽遊憩區透水鋪面 SWMM 基本設定表

透水鋪面	參數名稱	參數值	單位
蓄水設施 Storage Unit	設施面積	設計面積	m ²
	深度	0.2957	m
堰 Weir	出水高	0.05	m
	堰長	子集水區寬度	m
	堰口距底部高	0.2457	m
孔口 Orifice	孔口高	0.02	m
	孔口長	子集水區寬度 (m) / 1m×孔口高	m
	孔口距底部高	0.0273	m

表8-58 馬槽遊憩區雨水花園 SWMM 基本設定表

雨水花園	參數名稱	參數值	單位
蓄水設施 Storage Unit	設施面積	設計面積	m ²
	深度	0.4561	m
堰 Weir	出水高	0.1	m
	堰長	子集水區寬度	m
	保水深度	0.3561	m
孔口 Orifice	孔口高	0.01	m
	孔口長	子集水區寬度 (m) / 1m×孔口高	m
	孔口距底部高	0.0233	m

降雨、集水區、LID Element 設定完成後，本示範案例利用 SWMM 模式及 LID Element 評估 (1) 馬槽遊憩區開發前；(2) 馬槽遊憩區開發後；(3) 馬槽遊憩區開發後導入 LID 等 3 種不同方案，於集水區北出口之逕流歷線變化情形 (圖 8-84)。

由圖可發現，開發前馬槽整體逕流平緩，開發後逕流歷線變尖變陡，逕流量變集中，配置 LID 後可大幅改善逕流增加的問題。

進一步觀察比較 3 個方案的集水區出口逕流歷線：於未開發的原始狀態下，在降雨初期幾乎沒有地表逕流，因為降雨量小，所有降雨均可入滲土壤，隨著降雨量逐漸增加至大於土壤入滲率後，始有地表逕流產生，但因土壤始終可以入滲，所以洪峰量不高；而在開發後，因不透水面積增加，可入滲量大幅減少，使得在降雨初期就產生了地表逕流，並且隨著降雨量增加而不斷抬升，幾乎在降雨峰值過後就產生了洪峰，洪峰到達時間提前、洪峰流量也大幅抬升，逕流歷線呈現陡峭集中的型態，降雨尖峰過後逕流量也隨之快速減少，但因開發行為而大量增加的洪峰流量可能造成淹水、地表沖蝕、集水區破壞等問題，故設置 LID 設施減少開發所造成的衝擊。

透過 LID 設施的導入，整體逕流歷線大幅下降且變得平緩，在降雨初期至降雨峰值甚至峰值過後，逕流量仍非常稀少，顯見大部分的降雨逕流皆已被 LID 設施蓄存，直到 LID 設施被蓄滿後，逕流量才有顯著抬升，但由於大部分量體已被蓄存，所以洪峰流量遠小於開發後狀態，且洪峰到達時間往後遞延許多。洪峰過後蓄存於 LID 設施中的水量可緩慢由排水暗管排出，所以後期的逕流量會高於開發後狀態，但此部分流量已低，不會造成集水區破壞等環境衝擊，具體的 LID 設施保水與減洪程度量化如表 8-59 與表 8-60。

SWMM 之模擬結果顯示，馬槽遊憩區於開發前洪峰流量為 1.41cms，洪峰到達時間為降雨開始後 165 分鐘；開發後洪峰流量提高為 2.54cms (增加 80%)，洪峰到達時間為 158 分鐘 (提前 4%)，提前到達的逕流量則增加了 97.48 立方公尺 (增加 60%逕流量)，顯示開發行

為確實導致了地表逕流量大幅抬升，即使馬槽於開發後仍保有一半的基地面積是可透水的，但是增加的一半不透水面積卻帶來極大的地表逕流，將對環境產生衝擊；當馬槽遊憩區導入 LID 設施後，洪峰流量降低為 1.11cms，為開發後之洪峰流量的 56%，大幅削減了地表逕流；同時，洪峰到達時間也由開發後的 158 分鐘，延後為 168 分鐘，延緩了 10 分之久，差異百分比為 6%；逕流型指標（即削減提前到達的水體量）為 144.82 立方公尺，兩者絕對值比例為 149%，換句話說，導入 LID 設施後可以比開發前的狀態更好，削減量體是開發造成量體的 1.5 倍。

表8-59 馬槽遊憩區於開發前與開發後逕流狀態一覽表

北出口	洪峰流量 (cms)	洪峰到達時間 (hr:min)	增加逕流量 (m ³)
開發前	1.41	02:45	-
開發後	2.54	02:38	-
差異	1.13	00:07	97.48
差異百分比	80%	-4%	-

表8-60 馬槽遊憩區於開發後導入低衝擊開發效益一覽表

南出口	洪峰流量 (cms)	洪峰到達時間 (hr:min)	逕流型指標 (m ³)
開發後	2.54	02:38	-
配置 LID	1.11	02:48	-
差異	-1.43	00:10	144.82
差異百分比	-56%	6%	149%

此示範案例主要探討於環境敏感之開發區導入 LID 設施，能否使當地的地表逕流狀態保持在未開發的狀態，結果顯示，開發行為確實會大幅抬升地表逕流，透過 LID 的導入，可以有效的蓄存洪水改善逕流狀態，同時也可能維持在原始的逕流狀態，甚至比原始的逕流量更少。

探究其原因主要是敏感區因為限制開發，所以各開發案之建物面積比例低於都會區之開發，保留許多的透水空間，但若只保持透水空間是不夠的，因不透水空間所增加的降雨逕流無法由原本之透水空間吸納，故建議應於透水空間內設置 LID 設施。由馬槽遊憩區的案例可發現，若將 50% 的基地面積全部導入 LID 設施，透過大面積的 LID 施作可將降雨逕流大量蓄存，使得出流歷線低於原始狀態，而此部分蓄存的量

體，還可透過土壤改良使其入滲，達到保育或涵養水源的效果。

(五) 國家公園保護利用計畫、綱要及管制原則增修建議書

陽明山國家公園計畫土地管制重要原則，包括了馬槽遊憩區之粗建蔽率 $\leq 5\%$ 、其建築用地之淨建蔽率 $\leq 30\%$ 、建築高度限制 ≤ 7 公尺等。經本計畫對陽明山國家公園馬槽遊憩區之研析，對其開發相關規定之增修建議如下：

- 1、馬槽遊憩區之開發除應依上述規定辦理開發許可審議外，建議先行針對遊憩區開發前後之逕流量變化進行評估。
- 2、土地開發規劃階段應先行將坡度較為平坦之處規劃為 LID 設施用地，以利開發基地之雨水貯留，於後續開發階段方能確保開發行為不會造成地表逕流增加。
- 3、馬槽遊憩區係屬環境敏感地區，土地利用管理較為嚴格，故保留地區內大量之透水空間；惟建築基地內不透水空間所產生之地表逕流無法被其他透水空間處理、吸納，因此需佈設 LID 設施，方能達到開發前後逕流零增量之目標。

(六) 後續監測計畫研擬

1、監測系統之配置

馬槽遊憩區（遊一）西區位於陽明山上，其排水方向依整地後之地勢高程判斷為向東北側排出，且出流口連接 1 個滯洪池，故其觀測點位置如圖 8-85 所示。適切的監測有助於掌握 LID 設施的效能，而整體開發基地的定期監測計畫，需依據 LID 設施位置與排水系統狀況選擇觀測點，進而配置適當的監測設施。各示範基地的監測項目包括降雨量和出流量，其量測方式、儀器、設置位置等內容說明如下：

(1) 降雨量

LID 設施導入基地開發的同時，可依相關規範於觀測點周圍架設量測儀器，降雨量主要以自記式雨量計進行監測，常用的種類包括：傾斗式雨量計、虹吸式雨量計、秤重式雨量計等。由於

降雨量測會受風速影響，故在雨量筒旁設置風速儀，測得的風速可用以校正雨量資料。雨量計設置的地點上方必須無遮蔽物或其它會干擾雨量收集的物品，故通常將其與風速儀架高置於空曠處，以降低量測資料誤差。為兼顧短延時強降雨之觀測，在時間尺度上取每 10 分鐘記錄 1 筆資料，而整體採自動化監測，且須定期檢視並分析雨型、總雨量、降雨強度等。



圖8-85 馬槽遊憩區（遊一）西區示範基地監測位置圖

(2) 出流量

基地內設置之各項 LID 設施單元，其出流量皆由鄰近基地之排水系統承接，因此，可於基地最下游端（即觀測點）設置流量計或三角堰搭配水位計進行量測，以瞭解 LID 設施導入後對該基地的減洪效應。馬槽遊憩區（遊一）西區 LID 示範基地出流口連接 1 個滯洪池，故將流量計設置於滯洪池入流口處。

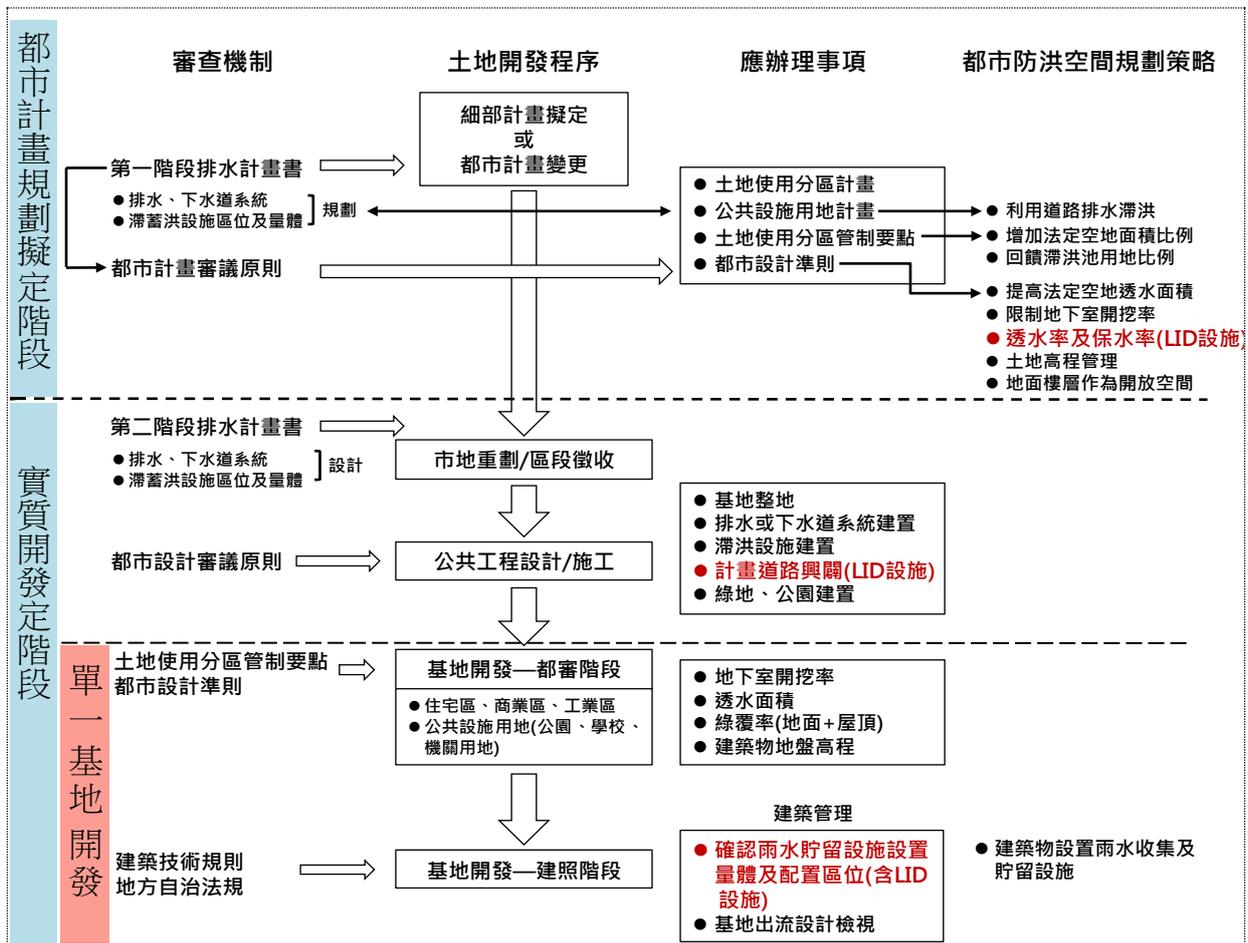
第玖章、低衝擊開發維護與管理機制

一、低衝擊開發設施操作手冊導入開發機制

為使操作手冊能順利推動執行，本章將討論相關 LID 導入推動措施，包含：導入開發機制、維護管理機制、權責分工、經費籌措及相關配套等，惟權責分工及經費籌措會附屬於導入開發機制或維護管理機制項下，故不單獨論述。

(一) 低衝擊開發設施導入開發機制

1、低衝擊開發設施導入開發機制法源



資料來源：都市防洪空間規劃與管理之研究，水利規劃試驗所，2014。

圖9-1 低衝擊開發導入建築開發示意圖

LID 設施最大適用範疇為單一基地開發，最完美的介入時間點為土地使用規劃階段。透過前述分析可了解，受限於我國開發機制，於都市計畫道路空間導入 LID 設施的機會不若國外經驗，大部分均須倚

靠私人協作導入才能發揮最大效率。因此，討論 LID 設施導入機制，應進一步透過土地使用開發程序進行評估及探討。

中央政府目前傾向透過綜合治水綱要計畫推動，期待地方以自治思維因地制宜訂定土地開發防洪標準，進行都市防洪空間規劃。LID 設施屬都市防洪空間規劃策略之一環，手段主要係透過土地開發管理方式達成，故在導入時以能配合都市計畫為宜。

依據都市防洪空間規劃與管理之研究（水利規劃試驗所，2014，如圖 9-1），一般建築基地開發主要區分為 3 個階段：都市計畫規劃擬定階段、公共工程設計階段與單一基地建築開發階段，每階段均有其需要確立完成的項目與內容，以下針對各階段中 LID 設施如何導入進行說明：

（1）都市計畫擬定或變更階段

依據「都市計畫法」及「都市計畫定期通盤檢討實施辦法」之規定，都市計畫規劃擬定階段應辦理事項包括：土地使用分區計畫、公共設施用地計畫、土地使用管制要點及都市設計準則等要項之詳細規定與說明。

民國 102 年水利署與內政部進行協商，配合水利署於 103 年修正完成之「中央管區域排水計畫書審查作業要點」，未來於都市計畫擬定、變更或大型開發行為時，需提送第一階段排水計畫書，而都市計畫之土地使用分區計畫、公共設施用地計畫、土地使用管制規則及都市設計準則之內容，應與第一階段排水計畫書減洪設施規劃內容相配合；後續則於公共工程興闢時進行第二階段排水計畫書審查，或藉由建築技術規則管理。因此，若要於都市計畫擬定、變更或大型開發行為中規定設置 LID 設施，即應於都市計畫審議時，將 LID 設施的相關規範導入都市設計原則，作為實質開發時設置 LID 設施的依據。

都市計畫規劃擬定階段，主要可分成 3 項主要工作項目，分別為：土地使用分區區位劃設、土地使用管制規定與都市設計準

則，於各應辦事項中建置 LID 設施的導入方式，依序說明如下：

A. 土地使用分區計畫及公共設施用地計畫

地方政府於劃設地區土地使用分區時，除需考量上位計畫（如：主要計畫或區域計畫）之區域發展特性外，亦可將地區環境特性（如：水文、地表高程、雨量與雨型等）一併納為分區劃設考量的依據，進而透過分析與評估相關資訊，劃設使用分區之分布區位，確保其活動行為可與地區自然環境共存或具備一定程度之調節效益。

於此應辦事項中，應將 LID 視為一種規劃理念，透過基地既有的水文、綠色自然資源、高程等資訊之套疊，綜合考量雨量與雨形後，再決定住宅區、商業區、滯洪池、綠地等分佈狀況。

B. 土地使用管制計畫

土地使用管制計畫主要係規範土地之開發權利，LID 設施之導入於此部分應扮演何種角色？不同類型之土地使用分區，其被允許的使用內容與強度均有其相關規定，制定土地使用分區管制可從都市安全及環境保護角度將保水量納入管制，而保水量多寡可參考本研究建議之數據，或可根據計畫範圍的土地條件而給予較大或較小之規定，亦即考量不同的建蔽率、開挖率、土地使用分區特質等因素後，而給予相同或不同保水量規定。

依據第柒章的討論，本團隊認為：每塊基地均應負擔相同的雨水貯留能力。因為落在每塊地上的雨為均等的，但可以因為治理思維與情境不同（如：地面層須含容高強度都市活動之商業區）而微幅降低保水要求。

C. 都市設計準則擬定

都市設計準則決定都市土地使用的環境與生活品質，亦即除了在使用管制計畫階段規定建築開發基地的保水「量」外，尚須藉由都市設計準則相關條文的輔助，針對建築開發基

地保水的「質」予以規定。都市設計準則可分為兩個層面討論：第一層次係針對特定範圍擬定都市設計準則，而第二層次是針對不一定具有特定區位的開發基地給予設計手法引導，後者於建築開發階段再予以討論，在此僅先討論都市設計準則擬定部分。

LID 設施導入都市開放空間，主要透過開放式的設計來實現，故於都市設計準則擬定階段，可依據計畫範圍座落區位特質評估所需導入之具有不同程度入滲、生態等附加價值的 LID 設施，併配合開放空間的規劃構想（基於其他景觀、生態等多元效益的考量），或透過指定留設開放空間結合人行道設計規範（如第捌章之示範案例），進而更強化特定 LID 設施之比重與附屬功效。另外，此階段亦應將 LID 設施的設置導入道路及街道的都市設計理念及準則，以確保約占 25% 都市地區面積比例的道路，可對洪災管理有所貢獻。

（2）公共工程設計及施工階段

國內多數都市計畫於辦理公共設施設計時，並未進行都市設計審議，且一般公共工程多僅建置道路系統及雨水下水道系統，而都市計畫區通常採取同一高程進行整地，將導致該區位不具任何滯洪、貯留能力。故建議於公共工程設計階段應進行都市設計審議，依據都市設計準則導入 LID 設施與基地高程管理等手法，使其除原有功能外，再賦予該公共工程具有滯洪與雨水貯留功效的洪災調適能力。

根據第捌章的實際操作經驗可知，我國宥於開發制度，除景觀道路外，路權內可操作設置 LID 設施之空間有限，但在適當的整體規劃設計之下，藉由公園綠地結合設置 LID 設施，仍可形塑一個水環境教育示範基地，提供民眾參訪學習。

（3）建築開發階段

目前政府透過 2 個程序管理單一建築基地的開發，所有的建築基地均須透過建築技術規則管理，其中有部分的基地因細部計

畫規定或基地規模等因素，在申請建築執照前需辦理都市設計審議，細部說明如下：

A. 建築技術規則

現行國內治水理念導入都市空間規劃，最早是由內政部營建署於民國 94 年 5 月 20 日所發布實施之變更林口特定區計畫（修訂土地使用分區管制要點）（配合設置雨水貯留滯洪設施）增訂雨水貯留滯洪及涵養水分相關設施條文，要求計畫範圍內基地開發須設置雨水貯留及涵養水分再利用相關設施為確立私人建築開發亦須負擔滯洪責任之先例。

新北市政府於 100 年 3 月頒布「新北市都市計畫規定設置雨水貯留及涵養水分再利用相關設施申請作業規範」，在新北市 21 個都市計畫區中，針對建築基地面積達 1,500 平方公尺以上且建物面積達 150 平方公尺以上之新開發建築基地，要求均須設置雨水貯留設施。

內政部於民國 100 年頒布建築技術規則建築設計施工編第 4 條之 3，要求都市計畫地區內新建、增建或改建之建築物，應設置「申請建築基地面積乘以 0.045（立方公尺/平方公尺）」的雨水貯集滯洪設施。

目前臺北市、新北市等 6 直轄市均已訂定自治法規（如圖 9-2 所示），要求新建建物均需設置一定量體之雨水貯留與收集設施及基地出流管制要求。各地方政府均提出減洪配套措施賡續回應極端氣候的變遷，希望能提高都市安全的調適空間，但進一步觀察，各直轄市配套措施的研提單位，若劃歸為水利局（處）管轄，則設有最大出流管制規定以達到減峰效果，而若劃歸於城鄉發展、都市發展局或工務局等部門則否，但上述規定均仍透過可以過建築管理程序來達成目標。



資料來源：本研究自行整理

圖9-2 6都雨水貯集設施要求綜理示意圖

水利署於 103 年 8 月修正的「中央管區域排水計畫書審查作業要點」，針對大型開發行為（開發面積達 2 公頃以上且涉及土地使用分區變更），要求需通過二階段排水計畫書審查機制，以達到逕流零增量，後續開發則依建築技術規則相關規定；而小型開發行為（開發面積小於 2 公頃）或開發行為不涉及土地使用分區變更者，則依建築技術規則管理，要求私人開發整備協作分擔防洪，強化都市安全。

二階段排水計畫書為審查針對大面積建築基地開發（使用強度變更或使用項目變更），於土地使用規劃階段即納入排水思維，而非傳統開發程序中僅於建築管理階段依照建築技術規則規定設計雨水貯留量，避免於公共工程階段僅能透過大幅度工程手法達到排水計畫書的要求。綜上，顯見無論是中央政府或各地方政府，均採積極態度面對極端氣候的變化。

LID 設施目前在國內尚無配套推動機制，較為相似的法令為建築技術規則建築設計施工編第 4 條之 3 及第 305 條(圖 9-3)，惟兩者的目標及操作方式並不相同，第 4 條之 3 係基於都市安全

考量，而第 305 條則為環境保護考量。因為 LID 設施多屬開放式設計，水池與儲水槽並非最佳的優選考量，故第 305 條之規範內容應較為貼近設置 LID 設施的需求。

▶ 建築執照申請階段

建築技術規則4-3條 都市安全考量(建築基地貯洪協作能力)

適用範疇:包括都市計畫地區、基地面積大於300m²、非山坡地、非農舍

能力要求:雨水貯集滯洪設施其雨水貯集設計容量不得低於下列規定：申請建築基地面積 $A \times 0.045 \text{m}^3/\text{m}^2$ 。

設計做法:

1. 於法定空地、建築物地面層、地下層或筏基內設置水池或儲水槽，以管線或溝渠收集屋頂、外牆面或法定空地之雨水，並連接至建築基地外雨水下水道系統。
2. 雨水貯集滯洪設施得於四周或底部設計具有滲透雨水之功能，並得依本編第17章建築基地保水或建築物雨水貯留利用系統之規定，合併設計。

前項設置雨水貯集滯洪設施規定，於都市計畫法令、都市計畫書或直轄市、縣（市）政府另有規定者，從其規定。

建築技術規則305條 環境保護考量(指建築開發後之土地保水量與開發前土地保水量之相對比值)

適用範疇:新建建築物(山坡地建築、地下水位 < 1m 之建築基地或 < 300m²、個別興建農舍者不在此限)

能力要求:建築基地應具備原裸露基地涵養或貯留滲透雨水之能力，其建築基地保水指標 > 0.5x(1-法定建蔽率)。

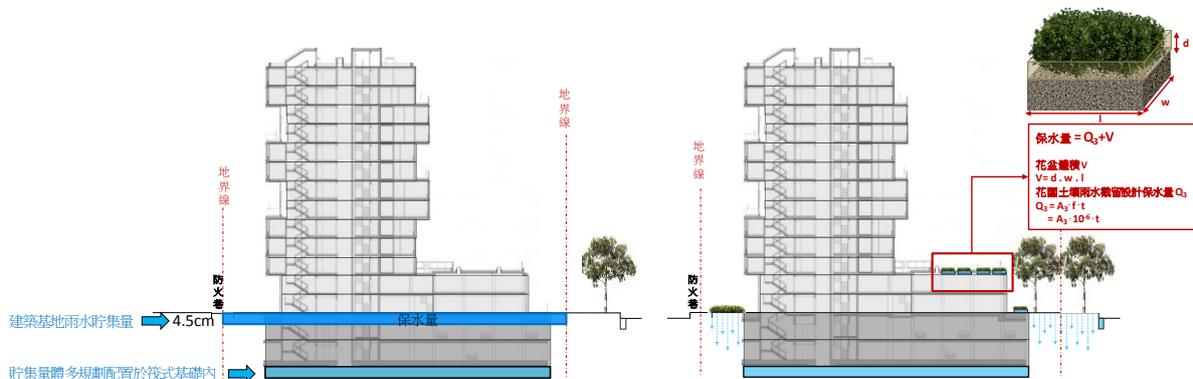
設計做法:Q1-Q9

量

質

圖9-3 建築技術規則施工編第 4 條之 3 與第 305 條

針對法定雨水貯留量（圖 9-4），現行開發基地之建築設計多優先儲存於建築物的筏式基礎坑，而保水指標常因要求過低，實踐時多僅運用綠地、透水鋪面與花園土壤的保水設計手法。



資料來源：綜合治水理念落實於都市計畫審議制度及相關規範之研究（二）—都市設計及土地使用開發許可委託研究計畫案

圖9-4 建築技術規則施工編第 4 條之 3（左）與第 305 條（右）
雨水貯集規定示意圖

現行慣用保水設計手法與 LID 設施最大的差異，係如第柒章所述，基於大幅提升保水效益的目的，會將入滲率低的原土壤置換為具高入滲效果的土壤，並增加保水層之設計，故其保水量可大幅增加，而過去相關設施常見之積水頻率，亦將大幅度降低。

考量現行建築技術規則第 4 條之 3 係規範建築基地雨水貯留

設計之關鍵與契機，因此在未來長期規劃上，建議可修改建築技術規則第 4 條之 3（需配套調整第 305 條），取消「...於法定空地、建築物地面層、地下層或筏基內設置水池或儲水槽...」之設計手法引導規定，改採多元雨水貯集容量操作設計手法，納入含有 LID 設施內涵的設計或相關 LID 設施設置原理（入滲、貯留或貯水）作為引導規定，並提升保水量標準。

表9-1 低衝擊開發保水量包含建築技術規則第 4 條之 3 的保水量規定

分 區	住宅區		商業區				產業專用區			
	環境永續 表現規範	保水深度	其他商業區		商四、商五		環境永續 表現規範	保水深度		
			環境永續 表現規範	保水深度	環境永續 表現規範	保水深度				
LID保水量容受度分析	6cm		5cm		4cm		5cm			
LID 設施	環境永續 LID 設施	雨水花園/生態滯留單元	≥ 80%	4.8cm	≥ 80%	4.0cm	≥ 80%	3.2cm	≥ 80%	4.0cm
		樹箱過濾設施								
		綠屋頂								
		植生溝								
		透水鋪面								
	雨水桶	LID保水指標								
	滲透側溝/滲透陰井									
其他設施:非屬LID之貯存空間/非屬筏式基礎坑之地下貯留空間										

資料來源：本研究自行整理

針對第 305 條，建議維持其環境保護理念，並在第 4 條之 3 的保水量規範下，依土地使用類別賦予不同的環境表現要求標準（如表 9-1 所示），增列相關水質或環境加值效果規定；另考量建築基地 LID 設施可與水資源管理機制連結，建議地面開放式設計之 LID 設施連接地下雨水貯集空間系統，讓進入筏式基礎坑之雨水均為經過濾的雨水，除可確保筏式基礎坑的功能正常外，亦能降低其後續維護管理費用。此外，建築法第 32 條工程圖說規定亦應隨之調整（增加設施剖面圖、綠化平面圖與基地排水系統圖），以檢核前述之設計，並落實相關 LID 設施設計之審查。

建築技術規則第 4 條之 3 與第 305 條的短期配套執行方式，

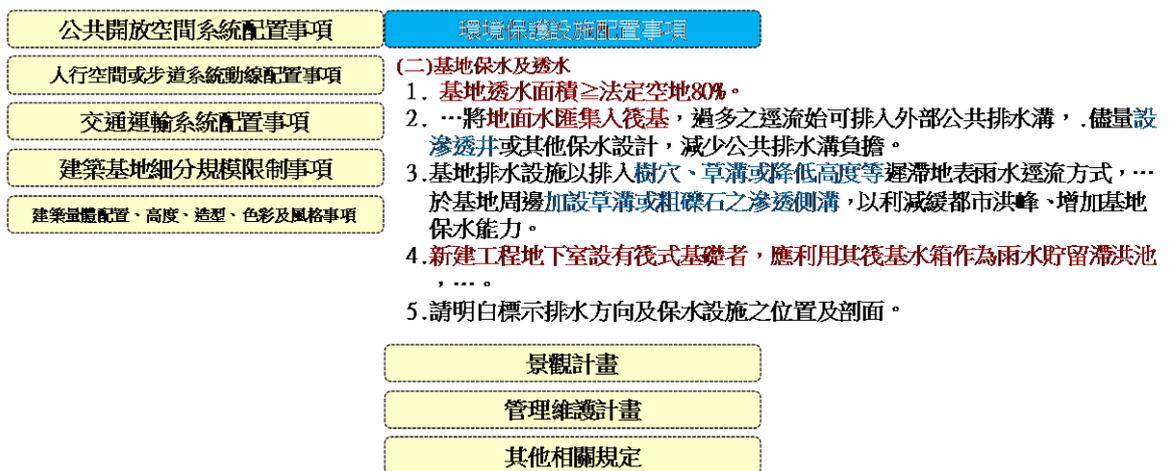
由第捌章實際案例操作分析結果可知，包含筏基與 LID 設施，其單位面積保水量均具操作可行性，故建議先由需要申請都市設計審議機制的地區先行試辦或調整管制內容，待累積相當執行成果後，後續再配合調整修正相關法令。另外，各地方政府當然可依其治理環境或都市防災願景，自行提高相關標準。

B. 都市設計審議原則

惟建築技術規則的修法除研究之外，尚需更多其他實證支持，參考過去先進觀念的落實方式，多會採用公共工程或都市設計審議適用範疇先行或典範操作，故建議初步可透過都市設計審議制度進行推動，長期則仍建議朝向將 LID 設施納入建築技術規則內為目標，以求擴大適用範疇。

參考目前國內推動雨水貯留或基地保水觀念較先進的臺北市及新北市的都市設計審議狀況，新北市審議原則（適用對象為新北市轄內適用都市設計審議的所有個案）實屬臺灣目前較先進的法令規範，除了量的規定外，並增列不同的設計引導手法。

新北市都市設計審議原則架構



為搭配本案 LID 設施單元雨水貯留能力，提出下列建議（此係本案搭配內政部建築研究所 103 年度委託研究計畫案—「綜合治水理念落實於都視計畫審議制度及相關規範之研究（二）—都市設計及土地使用開發許可」所提出）：

- (1) 排出建築基地或進入筏式基礎坑的雨水，均應先經過生態過濾設施，如：雨水花園、綠屋頂、透水鋪面等，以確保水質。
- (2) 基地對降雨產生之地表水優先採開放性設計手法，透過高程差設計與開放空間配置，使地表逕流能暫時留存於基地內之開放空間，或透過 LID 設施配置強化基地內的雨水下滲能力，進而減少基地排出地表逕流量，減輕公共工程排水溝之負擔：

➤ 高程差設計：

以窪蓄原理規劃雨水貯集空間，最佳適用範圍為開挖面上方，尤其可用於公園、學校等大型公共設施用地，亦可用於都市活動人潮較多之廣場空間。

➤ 具貯水、滲透機能之 LID 設施：

優化入滲、貯水功能之保水設施，如：透水鋪面、生態滯留單元、雨水花園等。

➤ 地面層開放式保水設施配置原則：



資料來源：「綜合治水理念落實於都視計畫審議制度及相關規範之研究（二）—都市設計及土地使用開發許可」委託研究計畫案

圖9-5 重要保水設施剖面圖（一）

應優先設置於基地內相對下游區位，以擴大集水面積，且應盡量採垂直逕流（坡降）方向設計，以提高設施之集水面積；另地面層保水設施最大量體

以不超過基地面積的 1/4 為原則，圖 9-5 為重要保水設施剖面示意圖。

➤ 保水設施布設限制要素：

- ◆ 地下水位小於 1 公尺之建築基地不宜設置具入滲、貯水機制之保水設施。
- ◆ 避免設置於加油站或車流大（單向車道數大於 3）之區域，以免拉高維護管理成本或降低設施生命週期。

➤ 加值功能布設原則：

- ◆ 評估整合微氣候
- ◆ 友善生物環境
- ◆ 安全人行空間

例：藉由增加空氣流動機會或配合生態廊道移棲路徑，搭配夏季風向於上風處配置。

➤ 其他設計手法：

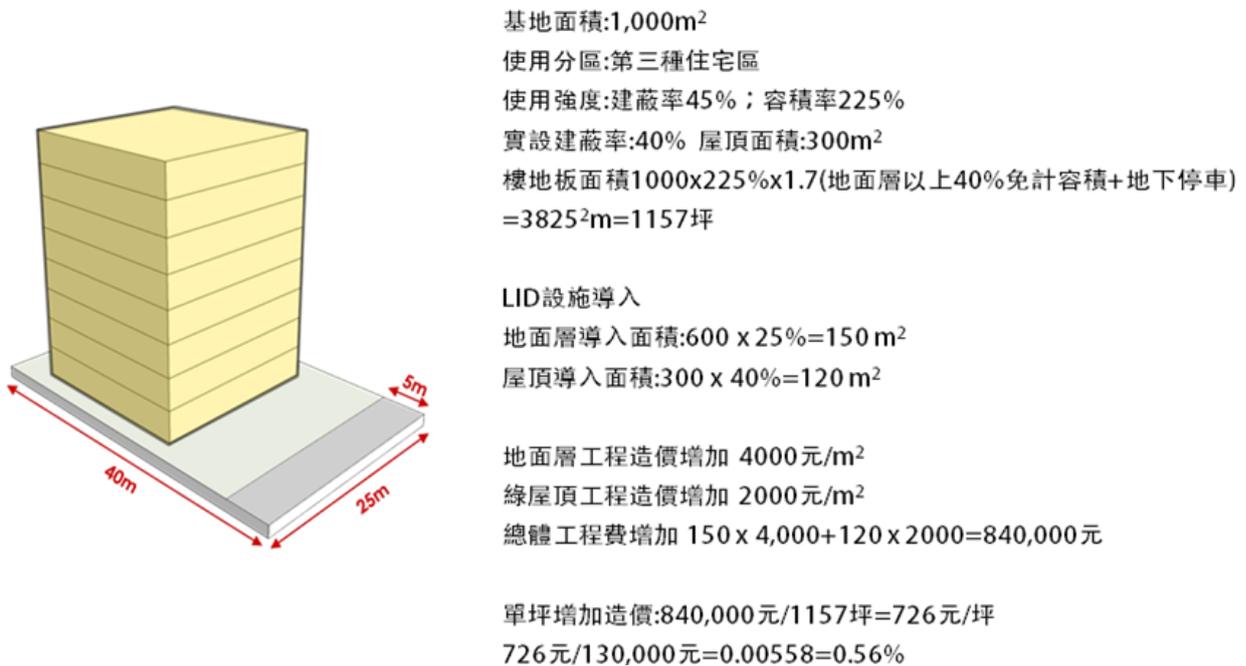
受限於開挖率之建築基地可選擇其他多元設計手法，如：植生綠牆、開挖上方保水板、雨水桶等。

2、導入開發機制的低衝擊開發建置經費

本章第一節（一）透過土地及建築開發程序討論 LID 導入相關機制，於第一階段（都市計畫擬定或變更階段）及第二階段（公共工程設計及施工階段）增加的費用，主要源自於規劃階段即需有水利相關專業人員參與，協助執行計畫範圍內的水文、地文、降雨分析、逕流分配規劃等工作；而公共工程亦會因 LID 設施的設置酌增工程費，此部分費用若屬公部門主導的計畫，應由政府編列預算支應，若屬私人主導的變更案，則由私部門自行吸收。

至於第三階段（建築開發階段），在執行本計畫的過程中，曾討論是否透過容積獎勵來鼓勵民間協作，但藉由分析臺北市第 3 種住宅

區 1,000 平方公尺的基地（圖 9-6），總工程造價約增加 84 萬（增加比例不到 1%），換算後每坪僅均攤 726 元。若以開發環境補償或低碳價值思考，建議應歸屬於建築開發的環境責任，毋須透過額外獎勵。



資料來源：本研究自行繪製

圖9-6 第3種住宅區案例低衝擊開發設施導入經費試算示意圖

3、既成社區低衝擊開發導入機制及經費籌措建議

LID 的實施常涉及私部門的配合意願。一般而言，基地的新建或重建、新市區採區段徵收、市地重劃方式開發、私有土地採用土地使用變更、都市更新等方式，均可配合近年新頒佈的法令或都市設計的要求來強制執行，以符合集水區共同負擔及分散洪水風險之理念。都市防洪之困難點，多半是在現況已屬高密度開發之建成區域，透過增加誘因，實為提高私部門配合意願之最直接且積極引導的方式，誘因施行措施建議以費用補助、租稅減免等方式進行。

內政部營建署於民國 98~101 年透過「城鄉風貌形塑整體計畫」，以傳統街區生態改造與都市熱島退燒策略計畫為主軸，將節能減碳、綠色工法與生態工程等綠色內涵手法納為評量指標；LID 設施之導入與效益，符合上述補助計畫的主軸與內容。因此，建議中央單位能夠納入水資源管理之思維，增列相關 LID 設施導入都市空間指標，

例如未來可考慮將保水指標或永續環境指標納入評估指標中，由各地方政府都市發展局或城鄉發展局擔任補助經費申請窗口，當指標超過一定數值（亦即建築基地提供一定標準之保水量或單位面積保水深度）時，得補助相關工程經費，藉以提高 LID 設施之普及率與一般民眾設置 LID 設施之意願。

臺灣都市地區多為既成社區，較適合透過都市更新機制強化改善老舊建築。都市更新過去曾透過工程經費補助，協助老舊建築物進行立面變臉、增設電梯等，藉以提升整體都市環境品質及建築物服務品質，因此地方政府亦可將相關 LID 設施工程納入經費補助項目，提高居民設置 LID 設施之意願，以下為臺北市與新北市規定之比較（參照「臺北市都市更新整建維護實施辦法」與「新北市辦理都市更新整建維護補助要點」）：

➤ 適用範疇

- 臺北市：部分為全部指定為整建或維護區段地區
- 新北市：包含屋齡 ≥ 15 年、特定建築型式與整建維護地區

➤ 補助金額

- 臺北市：45~75%，上限為新臺幣 1,000 萬元
- 新北市：50~75%，上限為新臺幣 1,000 萬元

二、維護管理機制與權責探討及經費籌措機制研擬

LID 設施需有長期維護管理機制，才得以確保其大部分效能得持續發揮，以達到都市減洪防災之功能。然而，如何要求公、私部門同時確保 LID 的功效不會因為疏於維護管理而折減實為重要課題。

不論是公有路權於人行道、道路中央分隔島等公共設施用地，或私部門的法定空地所設置的防洪空間（包含：雨水貯留設施、綠屋頂、雨水花園及草溝在內之 LID 設施等），均應有機會同步採取多元方式進行後續維護管理作業，例如：委由專業公司代為維護管理、BOT 方式參與管理維護、配合社區營造或招募志工等方式，以彌補公部門之人力不足。茲針對

防洪空間相關設施可採行的維護管理方式，說明如下：

LID後續維護管理辦理	應用範疇	經費籌措
<ul style="list-style-type: none"> ■ BOT、OT方式參與管理維護 公共設施透過促參方式，委由民間興建經營，維持LID設施功能運作 	具商轉特質公共設施或公有土地以OT或BOT機制開發	--
<ul style="list-style-type: none"> ■ 委託專業公司代維護管理 引入民間專業管理技術與效率，確保LID設施正常運作。 	私人範疇透過公寓大廈管理制度引入企業管理。(依公寓大廈管理條例第36條)其他公屬公共空間。	公寓大廈委員會公共基金負擔 政府編列預算支應
<ul style="list-style-type: none"> ■ 社區總體營造及民間團體認養 以社區意識推動社區自治團體自行維護管理。 	既成社區(私領域或公範疇)配套民間參與認養要求，搭配城鄉風貌或都更整維補助	政府編列預算支應

圖9-7 維護管理機制與權責探討以及經費籌措機制研擬

(一) 維護管理機制探討

1、委託專業公司代維護管理

目前政府之污水處理場多委託民間專業公司代為操作與維護管理，此法應可導入私部門防洪空間及其設施之維護管理，透過引入民間企業的技術與效率，提升都市防洪空間整體的品質，以確保相關設施的使用機能。私部門若屬公寓大廈或社區，可依公寓大廈管理條例第 36 條，由管理委員會負責委託民間專業廠商，進行維護管理。由於透過契約委託專業公司負責，一旦發生維護管理不當情形時，可有相對罰則並要求改善。

2、「興建—營運—移轉」(Build—Operation—Transfer, BOT) 方式參與管理維護

面對現今政府財政預算有限，獎勵民間投資重大公共建設已成現行政策的主要趨勢。若都市防洪空間的相關設施，能配合大型企業等私部門採 BOT 方式參與投資開發，或可降低政府財政負擔，創造雙贏局面。惟民間投資公共建設須確保其可獲利，都市防洪空間設置後所創造降低淹水風險之利益為居民所共享，雖然具有反射利益但實際上卻難以量化，從而民間投資者無法向居民收取相關費用。

故現階段而言，包括停車場用地、運動中心等具委外營運潛質

之公共設施，或政府設定地上權之土地，應屬較可能透過 BOT 方式興建 LID 設施並進行後續維管的部分。

3、社區總體營造及民間團體認養

LID 設施的設置與社區居民生活息息相關，故在規劃設計階段時，邀請民眾共同參與，凝聚社區居民的意識，提升對社區的認同感，當設施完成後，透過協助教育訓練方式，將設施交由地方村里長、社區居民或民間團體自行維護管理，可有效降低政府部門人力與經費的支出。為提高參與意願，可採取配合補助部分經費的方式辦理。

(二) 維護管理權責探討

LID 設施維護管理權責，主要係依據座落區位而可區分歸屬於公權或私權進行辦理。設置於公有土地之 LID 設施，當然由公部門負擔管理權責，惟其辦理方式可更有創意；而設於私人建築中的非公共開放空間時，因為須經過建物所有權人同意始得進入，將會阻礙公權力對 LID 設施進行維護管理，因此，建議依公寓大廈管理條例第 10 條第 1 項規定：「共用部分、約定共用部分之修繕、管理、維護，由管理負責人或管理委員會為之。」，將 LID 設施視為公寓大廈之共用部分，由公寓大廈管理委員會負責相關維護管理之工作（透天住宅則由建築所有權人負責），如同現行大樓電梯養護工作或建築消防安全維護作業的管理方式；當 LID 設施設置於公共開放空間內（例如：建築退縮空間），則或可仍由公部門相關單位負責相關維護管理之工作。

(三) 經費籌措機制

1、公部門

在公部門部分，前文已排除採取 BOT 模式進行管理維護，故應視實際需求於每 1 年度編列經常性維護管理費用，以執行相關維護管理工作。

2、私部門

在私部門部分，以當前的政府財政狀況來看，維護管理經費實難由政府全額負擔，故建議可配合多元維護管理方式，採取不同的經費籌措方式。說明如下：

(1) 社區總體營造及民間團體認養負擔

此做法主要係搭配「城鄉新風貌」該項之下的補助或透過整建維護補助配套處理。建議部分維護管理經費可由政府部門編列補助，以加強誘因。

(2) 公寓大廈管理委員會負擔

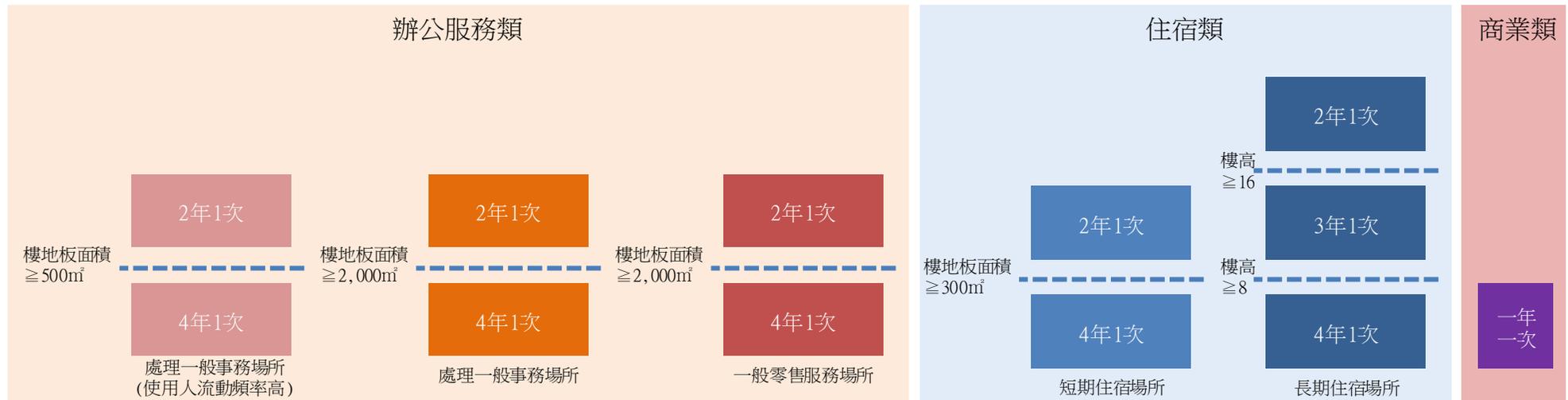
現行建築物公共安全檢查項目大多著重於火災、地震等災害之應變與避難設施，考量水災同樣對於市民生命財產造成威脅，且亦可透過建築設計手法或雨水貯集設施減緩其所帶來之衝擊，故本團隊建議建築公共安全檢查項目應將預防與應變水災視為建築物公共安全項目之一環，將雨水貯集設施（亦即 LID 設施導入基地開發之後續維護管理機制）納入公共安全檢查項目中，藉以確保雨水貯集設施之功能正常運作。

表 9-2 為本計畫建議新增之建築物公共安全檢查項目整理表，主要新增「防洪安全類（項目包含法定空地透水面積與建築物設置雨水收集貯留設施）」；圖 9-8 為現行建築物公共安全檢查相關時程規定整理示意圖，目前建議的 LID 設施之維護管理頻率為每年 3~4 次，因此若 LID 設施功能納入公共安全檢查項目，則依據 LID 設施功能壽命之長短，須相應調整其檢查頻率。

表9-2 本計畫建議之建築物公共安全檢查簽證項目表

項次	檢查項目	備註
(一) 防火避難設施類	1.防火區劃 2.非防火區劃分間牆 3.內部裝修材料 4.避難層出入口 5.避難層以外樓層出入口 6.走廊(室內通路) 7.直通樓梯 8.安全梯 9.屋頂避難平臺 10.緊急進口	一、辦理建築物公共安全檢查知各檢查項目，應按實際現況用途檢查簽證及申報。 二、供H-2組別集合住宅使用之建築物，依本表規定之檢查項目為直通樓梯、安全梯、避難層出入口、昇降設備、避雷設備及緊急供電系統。 *：為本計畫建議增列之項次及檢查項目。
(二) 設備安全類	1.昇降設備 2.避雷設備 3.緊急供電系統 4.特殊供電 5.空調風管 6.燃氣設備	
(三) 防洪安全類*	1.法定空地透水面積* 2.建築物設置雨水收集貯留設施*	

9-17



資料來源：「綜合治水理念落實於都視計畫審議制度及相關規範之研究(二)——都市設計及土地使用開發許可」委託研究計畫案

圖9-8 住宅與商業類建築公共安全檢查規定整理圖

政府為加強公寓大廈之管理維護，提昇居住品質，特制定公寓大廈管理條例，該條例第 10 條規定：「共用部分、約定共用部分之修繕、管理、維護，由管理負責人或管理委員會為之。其費用由公共基金支付或由區分所有權人按其共有之應有部分比例分擔之。」與第 18 條規定：「起造人應按工程造價一定比例與金額提列公共基金」，故為確保防洪空間後續維管經費無虞，可考量利用「公寓大廈管理費與公共基金」支應相關維管費用，且防洪空間隸屬建築基地之一部分，其維護及管理經費來源由建築物區分所有權人負擔應屬可行。

惟目前同條例施行細則第 5 條的規定，對公共基金的提撥額度有其限制，政府部門若要積極推動私部門設置 LID 等設施，未來應思考調整起造人的公共基金提列模式（如：提列比例整體調高），並應同時考量建築基地所在地區之淹水風險（例：建築基地所在區位淹水潛勢較高者，其提撥比例隨之提高），除可降低所有權人的財務負擔，後續由私部門負責維護管理之作為才可能較具有可行性。

LID 設施之推動與管理維護仰賴公寓大廈管理費與公共資金似為由私部門負擔管理維護責任的可行方式，因此下列針對取得之案例，試算可能提列之管理費與公共資金如下：

a. 公寓大廈管理費

依第陸章所述之 LID 設施維護管理費用與頻率，估算出平均每年維護管理費用約為 22 元/平方公尺，以臺灣都市地區常見建築基地（1,000~2,000 平方公尺）估算，每年花費約 22,000~44,000 元（參閱表表 9-3），平均每戶每年負擔約為 1,077 元，以臺北市第 3 種住宅區住宅為例，詳細計算如下：

◆ 建築容積估算

$$1,00 \text{ 平方公尺} \times 225\% \text{ (建築容積)} \times 150\% \text{ (免計容積部分)} \\ = 3,375 \text{ 平方公尺} = 1,021 \text{ 坪}$$

◆ 平均每年每戶維護管理費估算

以 1 戶面積 50 坪估算，每戶每年約須負擔 1,077 元

(22,000 元 ÷ 1,021 坪 × 50 坪 = 1,077 元)

b. 公寓大廈公共基金估算

依公寓大廈管理條例施行細則第 5 條規定計算案例提列之公共資金試算，可以得知臺灣都市地區建築工程所提列之公共資金多為 250~350 萬元之間。

表9-3 臺北市、新北市與臺中市案例公共基金試算整理表

地區	分區	容積率	建蔽率	面積(m ²)	樓地板面積(m ²)	總工程造價(萬元)	提列公共基金(萬元)
臺北市	住3	225%	45%	2,000	11,800	31,000	260
新北市	住2	200%	50%	2,265	13,400	35,000	279
臺中市	新3	400%	50%	1,500	17,700	49,000	353

工程經費	提列金額比例
≤10億元	3%
≤1億元	5%
>1,000萬元	15%
≤1,000萬元	20%

臺北市案例

面積：2,000 平方公尺

土地使用分區：第 3 種住宅區
(容積率：225%；建蔽率：45%)

總樓地板面積：11,800 平方公尺 (8 層樓)

工程造價：3.1 億元(依臺灣省建築師工會之工程造價)

1,000 萬 × 20% = 20 萬

9,000 萬 × 15% = 135 萬

20,800 萬 × 5% = 105 萬

提列公共基金額度 = 20 萬 + 135 萬 + 105 萬 = 260 萬

資料來源：本研究自行整理。

三、相關配套措施研擬

LID 涉及私部門之事項，多為土地項目的改變與設施的設置維護，這兩者會增加營造成本與維護管理經費。因此若無足夠的誘因，將可預期私部門配合設置 LID 設施的意願低落。如何透過整體性的教育宣導轉化民眾觀念接納設置 LID 設施，並提出實質有助益的獎勵補助措施，研擬合適的維護管理與經費籌措方式，將是能否推廣設置 LID 設施之關鍵。

(一) 建管審查及核准程序制定

現行實施之建築技術規則建築設計施工編第 4 條之 3 及新北市「新

北市都市計畫規定設置雨水貯留及涵養水分再利用相關設施申請作業規範」執行經驗，針對前述 2 項法規雨水貯留量之審查，應檢附相關雨水貯留設施圖說與貯留量計算內容，促使建築執照管理單位能夠進行實質審查，進而落實單一基地開發之減洪。

(二) 都市設計審議檢附圖表說明內容調整建議

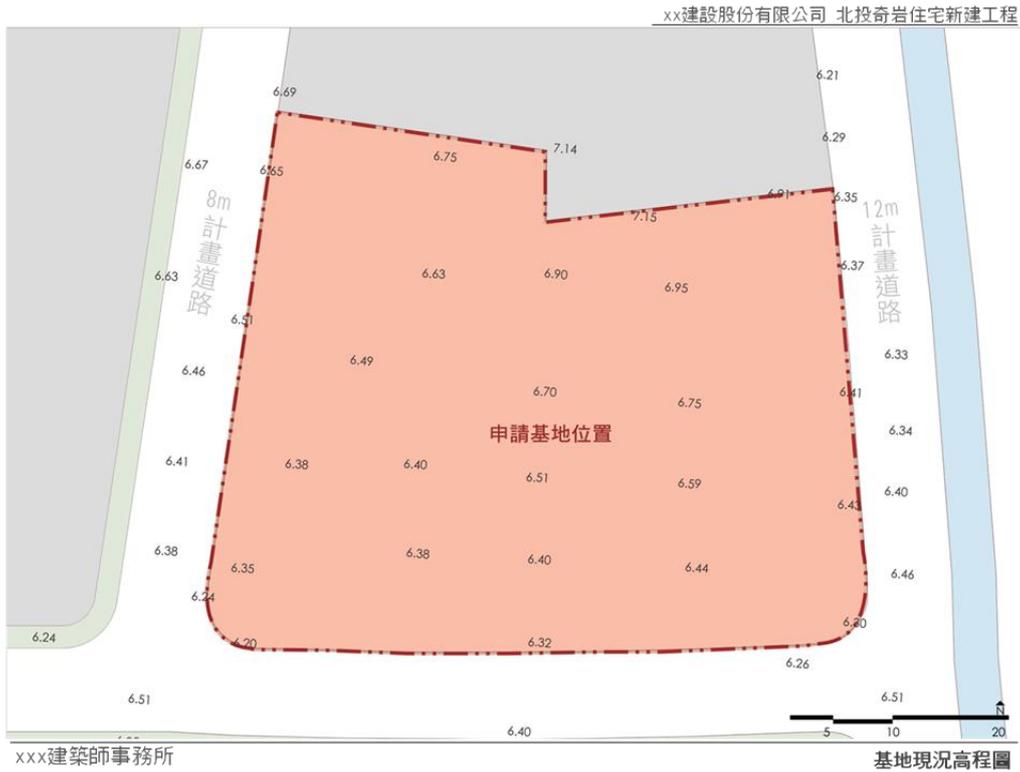
- 1、都市設計建築計畫計算表（圖 9-9）建議增列生態保水量計算欄位，以便檢視該筆建築基地之保水量是否有達法定規定。
- 2、補附現況與周邊高程圖說（圖 9-10），協助說明開發基地現況周邊排水條件，並建立保水設計之討論基礎。
 - 現況側溝與雨水下水道位置及排水方向
 - 周邊道路高程
 - ◆ 基地面積小於 500 平方公尺，每 4 公尺×4 公尺標示一高程
 - ◆ 基地面積大於 500 平方公尺，每 10 公尺×10 公尺標示一高程
 - 基地內現況高程
 - 上述高程標示密度不得小於 10 公尺×10 公尺
- 3、地面層與非地面層（屋頂、露臺、筏式基礎坑等）開放空間雨水暫存及 LID 設施導入景觀配置圖（圖 9-11 ~圖 9-13）。
 - 圖說內容應包含雨水暫存設計及 LID 設施導入標示
 - 地下開挖範圍標示：應足以說明非開挖範圍、退縮設計開挖範圍與開挖範圍。
- 4、各雨水貯留設施面積及保水量之計算書圖。
 - 檢討背景概述：敘明地下水位、土壤滲透率等相關資料
 - 以類似綠覆率檢討概念進行基地保水量之檢討，其相對應設施應附剖面圖說明該設施之深度，藉以核算建築基地所設計之基地保水量。

臺北市都市設計審議建築計畫資料表

案件送審範圍及條件說明		<input type="checkbox"/> 都市計畫說明書規定 <input type="checkbox"/> 設置辦法第3條第1項第__款 <input type="checkbox"/> 其他：_____				作業程序 <input type="checkbox"/> A：書面審查 <input type="checkbox"/> B：簡化程序 <input type="checkbox"/> C：一般程序										
案名		○○○(申請人或公司)○○(用途)新建工程(○○區○段○地號等○筆土地)。				審議類別 <input type="checkbox"/> A：預審 <input type="checkbox"/> B：幹事會審 <input type="checkbox"/> C：委員會審 <input type="checkbox"/> D：核備 <input type="checkbox"/> E：變更設計(第__次)										
土地使用及環境設計資料	基地地號						法定	實設	自設	停獎						
	使用分區		法定建蔽率	%	汽車停車位		輛	輛	輛	輛						
	基地面積		實設建蔽率	%	機車停車位		輛	輛	輛	輛						
	建築面積		基準容積率	%	裝卸停車位		輛	輛	輛	輛						
	總樓地板面積		實設容積率	%	地下層樓地板面積		m ²									
	住宅使用容積		住宅單元	單元	地下開挖率		%	%	建築物色彩 (請標註國際色號)							
	商業使用容積		商業單元	單元	永續保水量		cm	cm								
	工業使用容積		工業單元	單元	最大樓層數	地上	層		建築立面材質							
	其他		其他	單元		地下	層									
	總容積		總單元	單元	建築物高度		M		人行道(或退縮開放空間)鋪面材質							
各樓層使用概況(使用組別)	地下層				屋頂突出物高度		M									
	地面與底層部標準層				法定綠覆率		%	人行道植栽種類								
					實設綠覆率		%	綠覆面積								
適用獎勵類型及獎勵面積額度	綜合設計放寬規定	開放空間有效面積	m ²	公共設施移入 △容積移轉	樓地板面積	m ²	大稻埕容積移轉	樓地板面積	m ²	申請單位資料	申請單位		電話			
		獎勵樓地板面積	m ²		核准日期、文號			核准日期、文號			地址		傳真			
	都市更新建築容積獎勵	獎勵樓地板面積	m ²		樓地板面積	m ²	樓地板面積	m ²	古蹟容積移轉		樓地板面積	m ²	設計單位	電話		
		核准日期、文號			核准日期、文號		核准日期、文號				樓地板面積	m ²		地址	傳真	
	增設公用停車空間鼓勵要點	獎勵增加停車數量	輛		樓地板面積	m ²	樓地板面積	m ²	樓地板面積	m ²	獎勵總樓地板面積	m ²				
		獎勵樓地板面積	m ²		核准日期、文號		核准日期、文號		核准日期、文號	m ²						
	△其他	獎勵樓地板面積	m ²		樓地板面積	m ²	樓地板面積	m ²	樓地板面積	m ²						
		核准日期、文號			核准日期、文號		核准日期、文號		核准日期、文號	m ²						
	獎勵總樓地板面積		m ²		移入總樓地板面積		m ²	移入總樓地板面積		m ²						

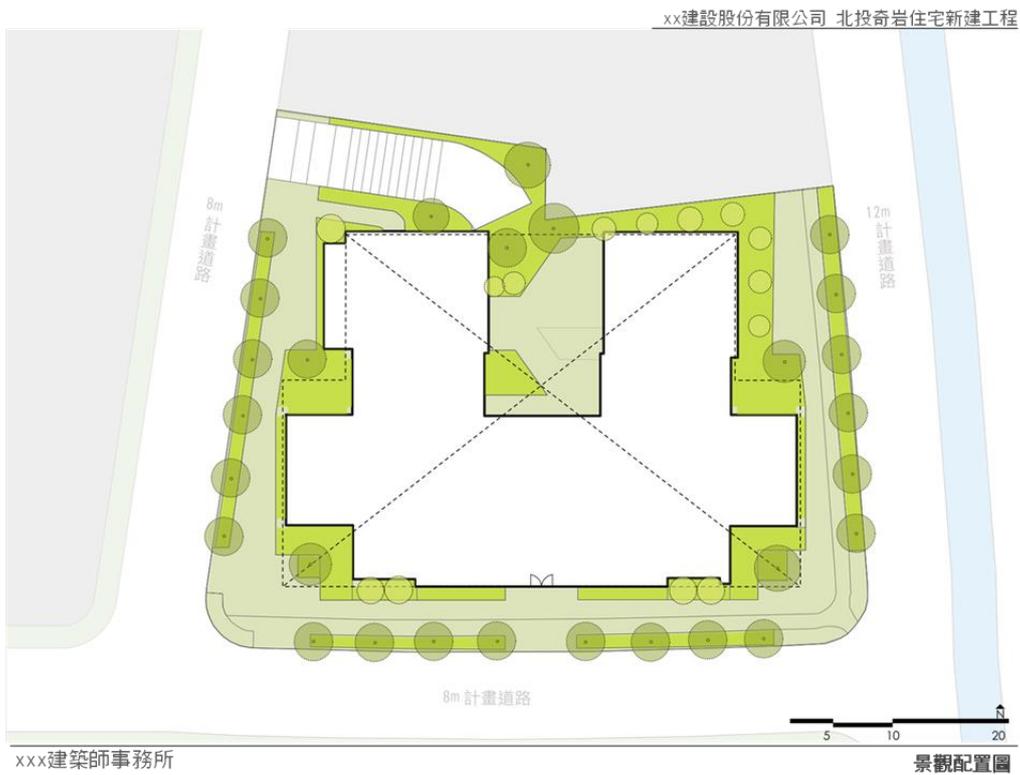
資料來源：本研究自行繪製

圖9-9 住宅與商業類建築公共安全檢查規定整理表圖



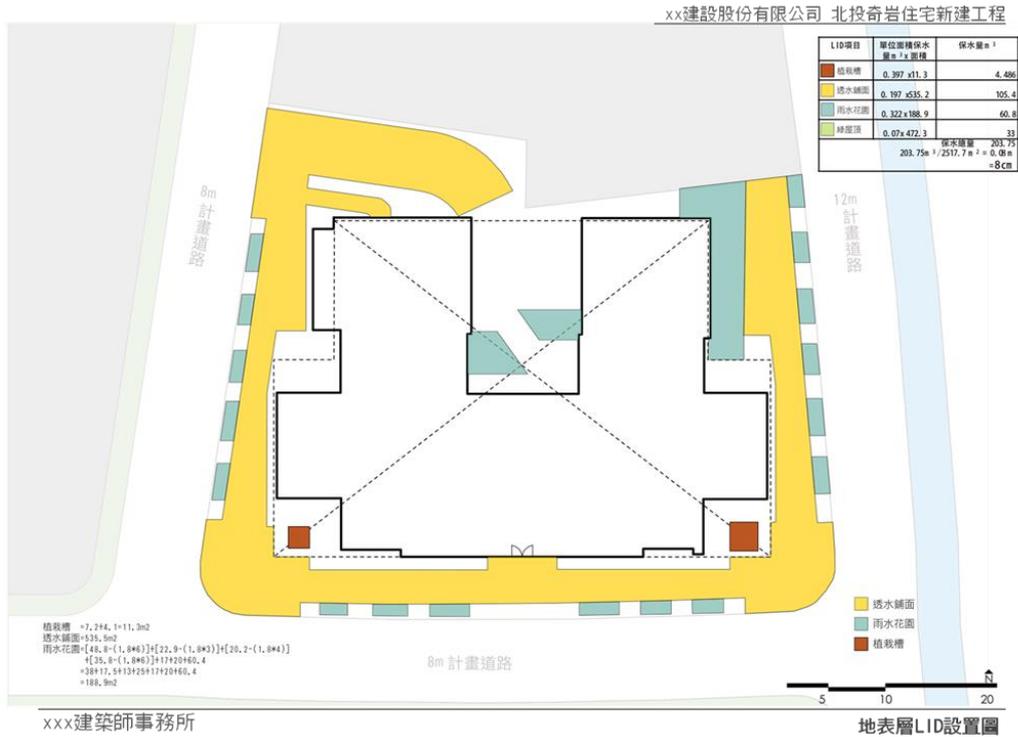
資料來源：「綜合治水理念落實於都視計畫審議制度及相關規範之研究（二）—都市設計及土地使用開發許可」委託研究計畫案

圖9-10 現況與周邊高程圖說



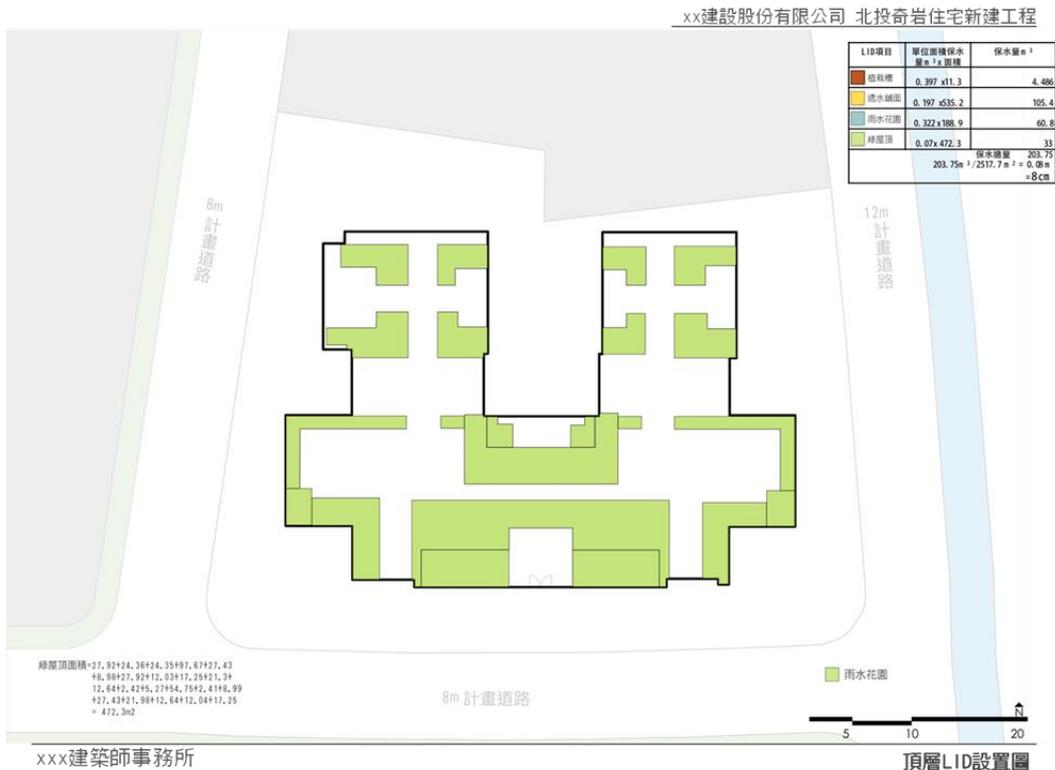
資料來源：「綜合治水理念落實於都視計畫審議制度及相關規範之研究（二）—都市設計及土地使用開發許可」委託研究計畫案

圖9-11 景觀配置圖說



資料來源：「綜合治水理念落實於都視計畫審議制度及相關規範之研究（二）—都市設計及土地使用開發許可」委託研究計畫案

圖9-12 地面層開放空間雨水暫存及低衝擊開發設施導入景觀配置圖



資料來源：「綜合治水理念落實於都視計畫審議制度及相關規範之研究（二）—都市設計及土地使用開發許可」委託研究計畫案

圖9-13 屋頂層開放空間雨水暫存及低衝擊開發設施導入景觀配置圖



資料來源：「綜合治水理念落實於都視計畫審議制度及相關規範之研究（二）—都市設計及土地使用開發許可」委託研究計畫案

圖9-14 雨水排水系統圖

5、雨水排水系統圖（圖 9-14）

- 高程標示：協助檢核各設施集水區分配狀況，並可協助評估設置效益。
 - ◆ 基地面積小於 500 平方公尺，每 4 公尺x4 公尺標示一高程
 - ◆ 基地面積大於 500 平方公尺，每 10 公尺x10 公尺標示一高程
- 排水方向標示及排水系統說明：用以協助評估設施效應。說明建築基地所設計之水資源管理系統，以協助判斷開放式設施與建築結構式貯水機制之連動關係。

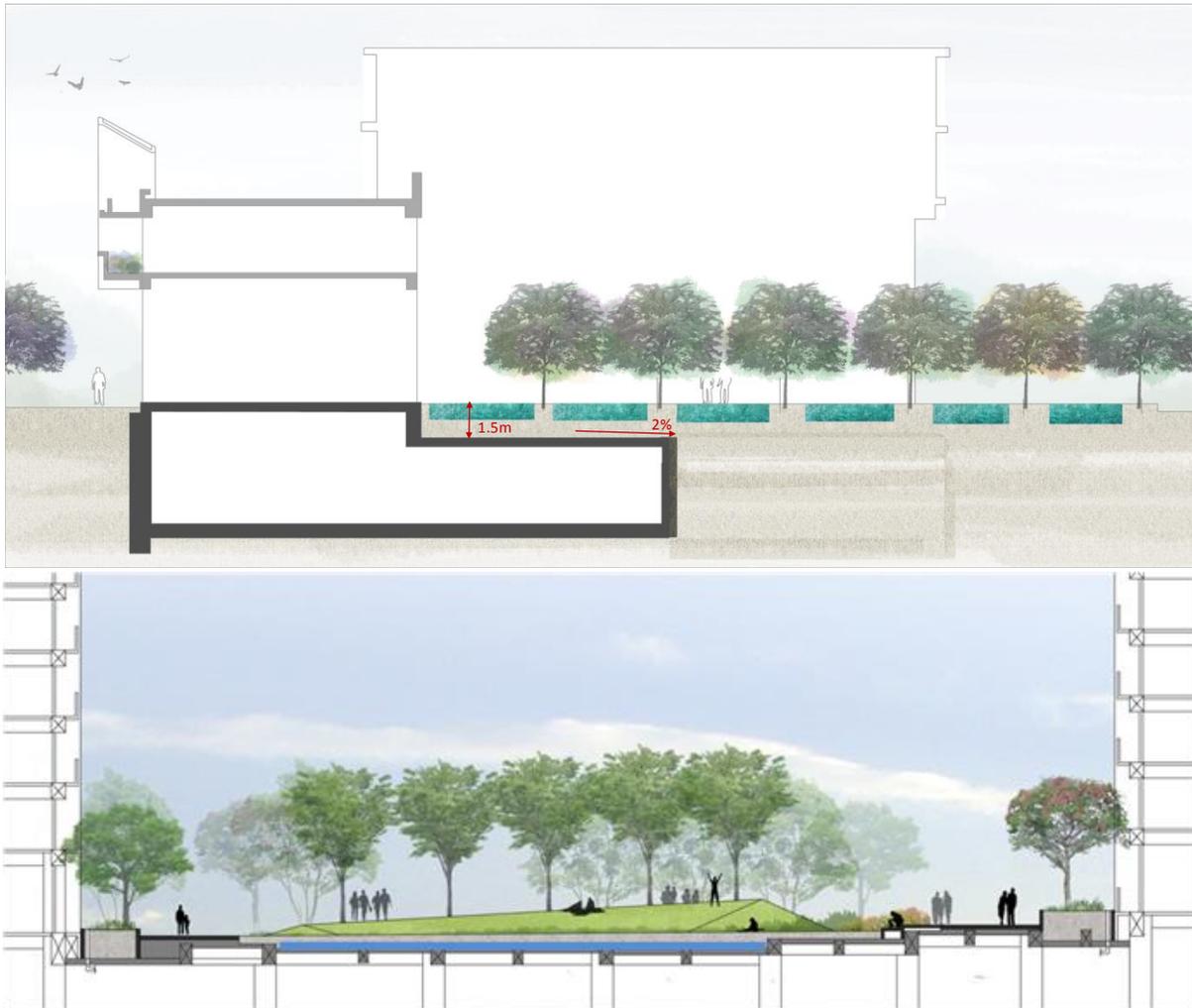
6、至少需繪製 3 個重要保水設施剖面圖說（如：圖 9-15）

比例尺不小於 1:100，且至少有 1 個剖面圖應包括人行道兩側各 4 公尺範圍。透過剖面圖說協助說明各設施間高程關係，包含 LID 設施閥門與基地內排水系統之關係。

- 各類型 LID 設施剖面示意圖說，比例尺不得小於 60%；主要係透過適切比例尺之剖面圖說，可以協助確核其設計構法是否正

確（因目前尚屬推動初期，尤其重要）。

- 地下開挖範圍上方之窪蓄設計或 LID 設施導入剖面圖(剖面範圍應涵蓋地下室結構頂板，並應標示頂板配套設計圖說)。此規定主要係考量相關設計手法應用較不常見，且此做法涉及保水能力及 LID 設施操作空間之確核。



資料來源：「綜合治水理念落實於都視計畫審議制度及相關規範之研究（二）—都市設計及土地使用開發許可」委託研究計畫案

圖9-15 重要保水設施剖面圖說（二）

（三）其他配套措施

1、民眾參與機制

LID 設施因涉及諸如土地之取得、使用管理等許多事項，因此推動關鍵為私部門的配合意願，並可能會衝擊到原所有權人的基本權利（財產權、工作權等）。LID 除初期營建成本提昇外，其後續維護管理更是確保減災協作機能發揮的要項，故民眾參與及建立與災害

風險共生的意識係推動 LID 設施的重要一環。

因土地管理涉及之議題廣泛，在民眾參與機制的建構上，建議主要由「計畫執行單位」、「專家學者」、「地方團體」與「相關單位」等共同組成，以達成相關資源交流與繼續教育的目標。

2、公部門率先示範

為落實都市地區 LID 設施與滯洪池設施等的設置，進而成為耐災的都市，公部門應率先示範，由公部門引導開發的建設或公共設施用地逐步改善與增設後，最後再推廣至私部門。

3、教育宣導

設置 LID 設施將改變部分相關公共政策的施行，需要對民眾推廣並進行教育宣導，使其瞭解 LID 納入公共政策的本質與重要性。初期建議可透過公部門營建工程的推廣、國內外示範案例的成功經驗傳承、宣傳文宣並製作相關短片提供教育團體教學使用、舉辦座談會及大型演習等 4 種方式進行教育宣導。

4、結合大型企業共同參與

設置 LID 設施若部分用地屬私有空間，建議採取結合大型企業共同參與的方式進行，或可促進全面性大規模的有效推動。惟由民間投資的設施必須確保其獲利，方具有可行性。

公部門可配合儘速設置雨水下水道、污水下水道或道路等相關公共設施作為誘因，降低私部門開發期程時間成本，如：新北市板橋區的「臺北遠東通訊園區」即為私部門大型開發計畫配合推動 LID 設施的實際案例，該基地開發面積達 24 公頃，其中約 60% 為產業使用，40% 為公共設施用地（面積約 9.6 公頃）。

5、鼓勵社區自主提案

外部可提供誘因以提高社區民眾意願，例如：提供限額獎勵，願意做為 LID 措施改造之示範社區且持續維護保養，政府將負責全額工程費用及補助後續保養費用；同時於社區內部給予參與動機，藉由喚起居民對自身社區的認同及歸屬感，凝聚地方共識。

第拾章、專家座談會與成果說明會

一、專家座談會

(一) 辦理緣起與目標

本計畫籌劃舉辦3場專家座談會，其目的是希望藉由邀請國內外具LID研究與實務經驗之專家學者參與討論，盼能透過開放式的意見交流與互動過程，對本計畫與後續將擬定之操作手冊內容提供建言，應用相關國外案例經驗，以解決當前國內在執行或技術層面上所遭遇的問題，並提供作為未來規劃作業之參考。

(二) 會議規劃與執行情形

1、第1場專家座談會（專家意見與回覆處理情形詳附件一）

第1場專家座談會主要盼望能藉由專家學者針對手冊架構內容、水文分析的結果與操作型指標及試驗相關聯之適當性，提供其見解與後續執行方向上的建議，議程如表10-1所示，辦理情形如圖10-1所示。受邀之專家學者及政府機關代表如下：

(1) 專家學者：

國立臺北科技大學土木系林鎮洋特聘教授、國立臺灣海洋大學河海工程學系水資源及環境工程組廖朝軒教授、國立臺灣大學土木工程學系李天浩副教授、輔仁大學景觀設計系王秀娟副教授、中華大學建築與都市計畫學系林文欽副教授、逢甲大學水利工程與資源保育學系張嘉玲副教授、國立臺灣大學園藝暨景觀學系李孟穎講師。

(2) 政府機關代表：

營建署新市鎮建設組洪啟源組長、營建署新市鎮建設組蘇崇哲副組長、營建署環境工程組（下水道工程處）陳志偉副組長、經濟部水利署保育事業組王藝峰組長、營建署國家公園組張維銓副組長、內政部建築研究所安全防災組蔡綽芳組長、國

家災害防救科技中心流域治理組傅金城組長。

表10-1 第1場專家座談會議程

時間：103年06月20日（五）13：30~18：00	
地點：國立臺灣大學水工試驗所2樓會議室	
時間	議程
13:30~14:00	報到
14:00~14:10	開場致詞及介紹與談人 主持人：國立臺灣大學水工試驗所主任 劉格非
14:10~15:00	講題：水環境低衝擊開發設施操作手冊內容 初稿及試驗初步成果
15:00~15:20	茶敘休息（Tea Break）
15:20~18:00	綜合討論： 1. 操作手冊架構與章節內容 2. 水文分析成果 3. 操作型指標與單元試驗之適當性 主持人：國立臺灣大學水工試驗所主任 劉格非
18：00	賦歸

2、第2場專家座談會（專家意見與回覆處理情形詳附件一）

第2場專家座談會主要希望藉由業界的實務經驗，提供本團隊於LID設施推動地點選定並導入設施規劃之構想，檢討開發設施成效及評估，以利本團隊修正操作手冊內容，達到產學合作、理論實務雙贏的境界，議程如表10-2所示，辦理情形如圖10-2所示。受邀之專家學者、業界代表及政府機關代表如下：

（1）專家學者：

銘傳大學都市規劃與防災學系吳杰穎副教授、國立臺灣大學園藝暨景觀學系李孟穎講師。

（2）業界代表：

潘冀聯合建築師事務所、艾奕康工程顧問股份有限公司、亞新工程顧問公司、中興工程顧問股份有限公司、臺灣世曦工程顧問股份有限公司、環興科技股份有限公司。

（3）政府機關代表：

營建署新市鎮建設組廖耀東組長、營建署環境工程組（下

水道工程處) 陳志偉副組長、經濟部水利署保育事業組王藝峰組長、營建署國家公園組張維銓副組長、內政部建築研究所安全防災組蔡綽芳組長、國家災害防救科技中心流域治理組傅金城組長。

表10-2 第2場專家座談會議程

時間：103年7月22日(二) 08:30~12:00	
地點：集思臺大會議中心柏拉圖廳(臺北市羅斯福路4段85號地下1樓)	
時間	議程
08:30~09:00	報到
09:00~09:10	開場致詞及介紹與談人 主持人：國立臺灣大學水工試驗所主任 劉格非
09:10~10:00	講題：各單元設施內容
10:00~10:20	茶敘休息 (Tea Break)
10:20~11:50	綜合討論： 1. 低衝擊開發設施推動地點選定 2. 水環境低衝擊開發設施規劃導入構想 3. 開發設施成效及評估 主持人：國立臺灣大學水工試驗所主任 劉格非
11:50	午餐/賦歸

3、第3場專家座談會(專家意見與回覆處理情形詳附件一)

第3場專家座談會邀請國外學者參與討論，分享其自身在國外推動建置LID設施的經驗與建議，並針對推動LID的設置、長期操作與維護管理，與相關政府機關部門(營建署)探討政府獎勵與補助規劃配套措施，如：增加都市滯洪空間之可行性(相關公共設施及法定開放空間等)，議程如表10-3所示，辦理情形如圖10-3所示。受邀之專家學者、業界代表及政府機關代表如下：

(1) 專家學者：

美國科羅拉多州丹佛大學土木工程系郭純園教授、英國倫敦帝國學院工程學院 Čedo Maksimović 教授、銘傳大學都市規劃與防災學系吳杰穎副教授、國立臺灣大學園藝暨景觀學系李孟穎講師。

(2) 業界代表：

潘冀聯合建築師事務所、艾奕康工程顧問股份有限公司、亞新工程顧問公司、中興工程顧問股份有限公司、臺灣世曦工程顧問股份有限公司、環興科技股份有限公司。

(3) 政府機關代表：

營建署新市鎮建設組王東永組長、營建署環境工程組（下水道工程處）陳志偉副組長、經濟部水利署保育事業組王藝峰組長、營建署國家公園組張維銓副組長、內政部建築研究所安全防災組蔡綽芳組長、國家災害防救科技中心流域治理組傅金城組長。

表10-3 第3場專家座談會議程

時間：103年9月1日（一）08：30~16：20	
場地：集思臺大會議中心亞歷山大廳（臺北市羅斯福路4段85號地下1樓）	
時間	議程
08:30~09:00	報到
09:00~09:20	開場介紹 主持人：國立臺灣大學水工試驗所主任劉格非
09:20~10:30	講題：美國低衝擊開發案例與推動經驗分享 講者：美國科羅拉多州丹佛大學郭純園教授
10:30~10:50	茶敘休息（Tea Break）
10:50~12:00	講題：英國低衝擊開發案例與推動經驗分享 講者：英國倫敦帝國學院工程學院Čedo Maksimović教授
12:00~13:30	午餐
13:30~14:40	講題：水環境低衝擊開發設施操作整體手冊內容 講者：國立臺灣大學水工試驗所主任劉格非 巨廷工程顧問股份有限公司經理陳葦庭
14:40~15:00	茶敘休息（Tea Break）
15:00~16:10	綜合討論 主持人：國立臺灣大學水工試驗所主任劉格非
16:10~16:20	閉幕致詞 主持人：國立臺灣大學水工試驗所主任劉格非



(a) 會議主持人 劉格非主任



(b) 專家學者



(c) 政府單位代表

圖10-1 第1次專家座談會辦理情形



(a) 會議主持人 劉格非主任



(b) 專家學者與政府單位代表

圖10-2 第2場專家座談會辦理情形



(a) 郭純園 教授



(b) Čedo Maksimović 教授



(c) 劉格非 主任



(d) 陳葦庭 經理



(e) 綜合討論



(f) 茶敘休息

圖10-3 第3場專家座談會辦理情形

(三) 綜合討論意見節錄

提問類型	內容	處理情形
水文特性	建議能建立區域性之 IDF 曲線。	感謝委員意見，本計畫已選取主要都市雨量站資料進行水文分析，以利各地區進行 LID 設施之設計。
	簡報中一場降雨的定義，文中提及「國家災害中心」以 2.5 毫米/小時為門檻，如左下圖分割降雨場次，故 1978~2011 (34 年) 共 2330 場降雨；行政院農委會水土保持局降雨事件開始與結束的門檻為 4 毫米/小時，並且在 6 小時連續或間斷的降雨都是為同一場降雨。降雨分類方式差異與哪一種比較好？	不同門檻值的選取會造成不同的降雨延時之分析略有不同，較高的門檻值所分析出的雨量場次會比較少，且延時會比較短。本計畫以較低的門檻值 (2.5 毫米/小時) 作為降雨延時的分析，所反應出 95% 之降雨延時會較長，評估出之降雨深度較深，為比較保守之估計標準。
	降雨頻率分析以中正橋為例，說明 95% 事件的降雨延時比 6 小時短，所以選擇 6 小時作雨型設計。這樣的分析選擇，有下列疑慮，建議再作考慮，或增加臨前降雨量的修正。 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 對於綠地、可透水表面等，6 小時設計降雨事件前，若干時間內的臨前降雨量，會影響土壤水分含量與初始入滲率，降低綠地、可透水表面的可蓄水或有效保水容量。 ▶ 在尖峰 (設計時段) 6 小時設計降雨事件前，臨前降雨、逕流，有可能已經佔用「削減逕流峰值」標的雨水貯留體積的一部分，使得 LID 設施「削減逕流峰值」的效益降低。 ▶ 臨前降雨量會影響設計流程中的「降雨滯留百分比」數值。 	本研究針對 LID 於都市防洪效果之影響進行分析，考量台灣都市特性，初步結果顯示 LID 於入滲量體上對於水文條件之影響效果有限，然主要為貯留體積在於特定條件下，對於逕流峰值能有所影響。在此條件下，臨前降雨對於 LID 之功效衰減效果有限，此外本研究在估計入滲容量上，部分也以最終入滲率之定值乘上延時作為參考，此假設為土壤飽和之條件，對於 LID 之效果採保守之估計，可避免臨前降雨造成之影響。如決策者仍有疑慮，欲提高對 LID 效果之要求，可直接參採較高之「降雨滯留百分比」數值，則可直接要求較高之 LID 入滲與貯留體積，以增加其於都市防洪效果上之規範要求。
LID 評估指標	保水積分的問題，保水積分是否有基地大小，和 Location 配置之誤差問題，這些限制可能必需說明，以供規劃設計及參考。	以 LID 設施實踐保水積分主要將因土地使用內容及基地大小、開挖率而有不同，故本案將透過既有開發案例設計容受度檢討，待完成分

	<p>本研究案的評估指標有那些？評估係數如何訂定？其適用條件為何？並請說明相關評估指標與日本、美國及德國等之差異？</p>	<p>析，亦將補衝限制條件供參。</p> <p>本計畫 LID 設施效能評估方式有 3 種，一是延遲洪峰到達時間，二是削減洪峰流量，三是逕流型指標。其中延遲洪峰到達時間和削減洪峰流量之效能以百分比 (%) 之方式表示，而逕流型指標以體積 (立方公尺) 表示之。</p> <p>本計畫之評估指標皆是直觀的計算，不需引用評估係數計算之。評估指標適合各項 LID 設施單元之評估以及適合各地區配置 LID 設施之評估。適用條件為需要有配置 LID 設施前之出流量歷線以及配置 LID 設施後之出流量歷線。</p> <p>本計畫所提為水環境低衝擊開發設施評估指標，其可分為保水指標與環境永續指標兩部分，前者乃針對保水量體需求所訂定，後者則為因應 LID 設施之水質改善、降低熱島效應、生物棲地、調節微氣候、景觀美化等功能所訂定。其於德國與日本之參考指標之差異性，已於報告中說明。</p>
<p>LID 定位與目標</p>	<p>LID 的目標在減洪或保水 (或有其它，如水循環、微氣候) 建議宜先釐清。</p> <p>就 LID 的高頻率低延時的狀況，其洪峰削減的意義何在？以台北市現行下水道的排水能力是可以消化現行高頻率低延時的降雨逕流，所以另外再設置 LID 的意義似乎不大，而依照迅洪的狀況來看，LID 是不可</p>	<p>LID 設施之功能與目標，包括減洪、水質改善、降低都市熱島效應、增加生物棲地、調節微氣候及提升都市景觀美質等，並非僅有減洪之單一功能，而其減洪功能定位屬微處理設施 (Micro)，並無削減高重現期距暴雨事件洪峰量之責任。此部分將依委員建議於報告中說明釐清。</p> <p>營建署「都市總合治水綱要計畫」中所提之降雨容受指標，短期係以 5 年重現期距之降雨強度作為降雨容受指標之基礎目標，故若雨水下水道系統之設計標準為 2 年重現期距之降雨強度，則兩者所產生地</p>

	<p>能發揮減少都市洪災的效用。</p>	<p>表逕流量之差值應以調節池等設施分擔，LID 設施雖負有減洪之責任，惟短期而言仍應該以貯洪容量較大之調節池為主，較為可行，長期則視 LID 設施推動情形逐步提高其逕流分擔責任，較為妥適，避免過度樂觀。</p>
	<p>依據 5 都測站分析結果，30% 負擔比例推得之 LID 量約 46~64 毫米左右，是略大於目前建築技術規則 45 毫米的保水量，後續執行若依現地情況不同（如商業區、住宅區等）決定比例時，恐引發爭議。建議是否可依土地整體開發強度區分為都市計畫區與非都市計畫區，分別訂定固定可執行之保水量供開發依循即可。</p>	<p>關於建築基地保水量之規定，初步評估不建議依據開發強度區分保水量之規定，後續將針對保水量設計手法進行規範與配套措施，例如：規定保水量之 80% 需透過特定高加值之 LID 設施提供，以期 LID 設施能夠提供較佳之環境改善功能。</p>
<p>LID 相關法規</p>	<p>LID 是重要政策，在行政程序的位階究竟要放在何處？或許可以由 LID 目的進行觀察，例：若著重於排水，那或許可考量都市設計準則；基地保水則或許是從建築技術審查規則。</p>	<p>感謝提供意見，LID 設施於土地開發程序中之導入時機，已於期中報告中說明，主要可分為都市計畫規劃擬定階段與實質開發階段兩部分，都市計畫規劃擬定階段主要在都市設計準則中納入土地開發應採用 LID 設施之規定；而實質開發階段主要分為公共設施設計施工與基地開發，公共設施設計施工透過都市設計審議原則管制，基地開發則透過土管規定、都市設計審議原則及建築技術規則要求。</p>
	<p>目前台北市在新建案申請、取得建照時，須提送抑制流設施或排水計畫等相關資料。然保水指標為該提送資料水文水理計算時，相當重要引用及依循之數據，而該指標在未來 LID 手冊製作時，是否會依照各縣市之不同而有異？建議可參考相關規範、法條、土地利用...等，因地制宜。</p>	<p>感謝提供意見，如同建築技術規則第 4 條之 3 對新建、改建及增建建築物設置滯洪貯留設施之要求標準相同，其應採全國一致之標準。而各縣市政府若因地制宜可訂定更為嚴格之標準。</p>

LID 設施	LID 設施採用排水管連接至雨水下水道或排水系統，做為維持 LID 設施使用年限與確保設施運作之主要排水功能。若既有下水道設施在排水水頭或設施高程無法配合時，是否有建議之處理方式？	感謝提供意見，若因高程影響導致 LID 支排水管難以與現地排水系統配合，且不考慮改變現地或排水系統高程時，建議可將排水管延伸至較為下游之區域進行連接或是導引至貯留調節池，使用壓力系統進行抽排。
	執行上，是否可以簡單到配合設計時，能夠減少排水設施的量體大小？或是基本上排水設施還是依一般排水規範設計，LID 僅是站在「輔助」立場？若為輔助立場，LID 設施可能可以朝向設計內容建議，如：介質成分、厚度、配合設施（如多少平方米要有 1 支排水管）等準則即可。	感謝提供意見，LID 設施屬小型分布之就源處理設施，以台灣水文環境而言，LID 設施短期內應屬於輔助設施相對較為妥適。本手冊之設計原則所列內容，原就針對各 LID 設施之組成結構、各層厚度、選用材料、粒徑孔隙要求等提出說明建議，供使用者設計之參考。
LID 維護管理	後續維護管理的負責單位是需要注意的一點，就水利署過往經驗，權責單位究竟屬（1）中央或地方政府；（2）地方政府的特定局處是需要考量的，最好是歸屬於原規劃單位管理是最佳方案。其次，設施的維護方式、更新時間最好也建立一套標準化的規範，已讓設施達到原有的目的。	感謝提供意見，LID 設施之權責原則應屬原施作單位或是管理單位，一般來說不會是中央政府，後續在權責維管部分會提出相關說明。有關設施的維護方式、維護週期與設施更新時間，已於報告中單元設計原則一章中說明。
	LID 多採透水、入滲、保水之概念，但考量都市多粉塵，孔隙經年累月可能堵塞而導致效能降低，其效能降低至多少需要維護與置換？需要訂定配套之規定與標準。	感謝提供意見，以國外設置 LID 設施之經驗而言，孔隙率會因為經年累月都市粉塵堵塞而下降，此時間長短會因為所在區位不同而異，一般 LID 設施的最終入滲速率為 2.5 公分/小時，此亦為 LID 設施之設計入滲速率，目前已將檢查及維護週期列入設計原則之中，後續報告將就此部分提出建議。

二、成果說明會

水環境低衝擊開發設施操作手冊編製與案例評估計畫的目標，在於將低衝擊開發（Low Impact Development, LID）規劃之理念與評估方式，逐步引入國內都市開發規劃與公共營建工程中，透過檢視現有土地使用分區管制規則及都市設計審議規範，期能為公務機關在未來評估開發計畫及國內工程界執行開發設計時的流程與指標時，建立可行參考的操作標準，以達到人與自然環境可以和諧共存之目的。

（一）企畫書

1. 辦理目的

為推廣本計畫執行內容及執行精神，協助各相關單位能充分瞭解「水環境低衝擊開發設施操作手冊編製與案例評估計畫」的內涵，特別規劃安排跨領域的成果說明會，廣邀環境、土木、水利、水土保持、建築、都市計畫、交通運輸等領域的公私部門及非政府組織共同與會，並於北、中、南等 3 區共辦理座談會 7 場次，希望透過第 1 線接觸到本計畫目標對象的各界相關人士進行座談，達到以下目的：

- （1）宣導 LID 之內涵，並介紹國際間實際應用案例的經驗及效益。
- （2）說明本操作手冊之內容及施作流程，以加強參與對象對本計畫相關內容的瞭解。
- （3）針對本計畫兩項示範案例：淡海新市鎮及陽明山國家公園馬槽遊憩區進行說明與開放討論。
- （4）強調應用 LID 之誘因與效益，以追求日後的廣泛應用。
- （5）建立跨界推廣、執行與諮詢的夥伴關係。

2. 邀請對象

中央及地方政府相關單位之代表、國內相關大學院校、非政府組織及民間利益相關者，包括：相關技師及建築師公會、商業同業公會及一般民眾，其規劃邀請對象羅列如附件 3。

3. 參與名額

北部4場、中部1場、南部2場，總人數預估800~1050人次以上。

4. 辦理時間與地點

預計於民國103年11月19日起至12月30日前，辦理完7場成果說明會，其各場次時間與地點如表10-4所示。

表10-4 7場成果發表會辦理時間與場地一覽表

地區	場次	日期	場地	容納人數
北部	第1場	103年11月19日 星期三	大坪林聯合開發大樓15樓國際會議廳 地址：新北市新店區北新路3段200號	250席
	第2場	103年12月2日 星期二	國立臺灣大學圖書館國際會議廳 地址：臺北市大安區羅斯福路4段1號	150席
	第3場	103年12月10日 星期三	大坪林聯合開發大樓15樓國際會議廳 地址：新北市新店區北新路3段200號	250席
	第4場	103年12月25日 星期四	銘傳大學FFB01會議室 (國際學舍國際會議廳) 地址：桃園縣龜山鄉大同村德明路5號	200席
中部	中部場	103年11月24日 星期一	靜宜大學主顧樓115演講廳 地址：臺中市沙鹿區臺灣大道7段200號	180席
南部	第1場	103年11月27日 星期四	國立嘉義大學蘭潭國際會議廳 地址：嘉義市東區學府路300號	220席
	第2場	103年12月3日 星期三	高苑科技大學圖資大樓國際會議廳(801) 地址：高雄市路竹區中山路1821號	200席

5. 活動議程

每場會議皆特別邀請1位演講貴賓進行破題演講，7場依次分別為：中華經濟研究院李永展研究員、新北市政府陳伸賢副市長、國立臺灣大學土木工程學系李鴻源教授、銘傳大學都市規劃與防災學系吳杰穎主任、逢甲大學水利工程與資源保育系許少華教授、臺南市政府水利局李孟諺局長、高雄市綠色協會魯台營理事長；接著由國立台灣大學水工試驗所、巨廷工程顧問股份有限公司及皓宇工程顧問股份有限公司所組成之LID團隊進行簡報，簡報內容包括：LID設施導入目的、應用、設計原則、操作案例及效益；會議最後進行綜合座談由當日講員與與會來賓進行交流。

表10-5 7場成果發表會議程

北部第1場		
時間	議程	講者
09:30~09:50	報到	
09:50~10:00	長官致詞	內政部營建署
10:00~10:50	韌性城鄉、調適國土： 脆弱度與恢復力觀點	中華經濟研究院 李永展研究員
10:50~11:10	茶敘休息	
11:10~12:00	低衝擊開發設施導入目的	國立臺灣大學水工試驗所 劉格非主任
12:00~13:00	午餐	
13:00~14:10	低衝擊開發設施設計原則	巨廷工程顧問股份有限公司 陳葦庭經理
14:10~14:30	茶敘休息	
14:30~15:40	低衝擊開發設施操作案例 及效益~以淡海新市鎮為例	皓宇工程顧問股份有限公司 徐佳鴻協理
15:40~16:30	綜合討論 當日講員	

北部第2場		
時間	議程	講者
09:30~09:50	報到	
09:50~10:00	長官致詞	內政部營建署
10:00~10:50	低衝擊開發設施導入介紹	國立臺灣大學水工試驗所 邱昱嘉研究員
10:50~11:10	茶敘休息	
11:10~12:00	都市治水新思維	新北市政府 陳伸賢副市長
12:00~13:00	午餐	
13:00~14:10	低衝擊開發設施之操作可行性	巨廷工程顧問股份有限公司 陳葦庭經理
14:10~14:30	茶敘休息	
14:30~15:40	低衝擊開發設施操作案例及配套措 施~以淡海新市鎮為例	皓宇工程顧問股份有限公司 徐佳鴻協理
15:40~16:30	綜合討論 當日講員	

北部第3場		
時間	議程	講者
09:30~09:50	報到	
09:50~10:00	長官致詞	內政部營建署
10:00~10:50	氣候變遷的因應與調適	國立臺灣大學土木工程學系 李鴻源教授
10:50~11:10	茶敘休息	
11:10~12:00	低衝擊開發設施導入應用	國立臺灣大學水工試驗所 劉格非主任
12:00~13:00	午餐	
13:00~14:10	低衝擊開發設施單元說明	巨廷工程顧問股份有限公司 陳葦庭經理
14:10~14:30	茶敘休息	
14:30~15:40	低衝擊開發設施操作案例、效益 及配套措施~以淡海新市鎮與陽明 山國家公園馬槽遊憩區為例	皓宇工程顧問股份有限公司 徐佳鴻協理
15:40~16:30	綜合討論 當日講員	

北部第4場		
時間	議程	講者
09:30~09:50	報到	
09:50~10:00	長官致詞	內政部營建署
10:00~10:50	土地開發與災害	銘傳大學都市規劃與防災學系 吳杰穎主任
10:50~11:10	茶敘休息	
11:10~12:00	低衝擊開發設施導入目的	國立臺灣大學土木工程學系 游景雲教授
12:00~13:00	午餐	
13:00~14:10	低衝擊開發設施容受度 分析及評估指標	巨廷工程顧問股份有限公司 陳葦庭經理
14:10~14:30	茶敘休息	
14:30~15:40	低衝擊開發設施操作案例、效益 及配套措施~以淡海新市鎮與陽明 山國家公園馬槽遊憩區為例	皓宇工程顧問股份有限公司 徐佳鴻協理
15:40~16:30	綜合討論 當日講員	

表 10-5 7 場成果發表會議程

中部場		
時間	議程	講者
09:30~09:50	報到	
09:50~10:00	長官致詞	內政部營建署 靜宜大學校長
10:00~10:50	翻轉都市治水思維	逢甲大學水利工程與資源保育系許少華教授
10:50~11:10	茶敘休息	
11:10~12:00	低衝擊開發設施導入介紹	國立臺灣大學水工試驗所 邱昱嘉研究員
12:00~13:00	午餐	
13:00~14:10	低衝擊開發設施設計原則、容受度分析及評估指標	巨廷工程顧問股份有限公司 陳葦庭經理
14:10~14:30	茶敘休息	
14:30~15:40	低衝擊開發設施操作案例、效益及配套措施~以淡海新市鎮為例	皓宇工程顧問股份有限公司 徐佳鴻協理
15:40~16:30	綜合討論	當日講員

南部第 1 場		
時間	議程	講者
09:30~09:50	報到	
09:50~10:00	長官致詞	內政部營建署
10:00~10:50	都市治水新思維	臺南市政府水利局 李孟諺局長
10:50~11:10	茶敘休息	
11:10~12:00	低衝擊開發設施導入目的	國立臺灣大學土木工程學系 游景雲教授
12:00~13:00	午餐	
13:00~14:10	低衝擊開發設施容受度分析及評估指標	巨廷工程顧問股份有限公司 陳葦庭經理
14:10~14:30	茶敘休息	
14:30~15:40	低衝擊開發設施操作案例及配套措施~以淡海新市鎮為例	皓宇工程顧問股份有限公司 徐佳鴻協理
15:40~16:30	綜合討論	當日講員

南部第 2 場		
時間	議程	講者
09:30~09:50	報到	
09:50~10:00	長官致詞	內政部營建署
10:00~10:50	從國土規劃談流域綜合治理	高雄市綠色協會 魯台營副理事長
10:50~11:10	茶敘休息	
11:10~12:00	低衝擊開發設施導入應用	國立臺灣大學水工試驗所 劉格非主任
12:00~13:00	午餐	
13:00~14:10	低衝擊開發設施設計原則	巨廷工程顧問股份有限公司 陳葦庭經理
14:10~14:30	茶敘休息	
14:30~15:40	低衝擊開發設施操作案例及效益~以淡海新市鎮為例	皓宇工程顧問股份有限公司 徐佳鴻協理
15:40~16:30	綜合討論	當日講員

6. 報名方式

本活動採網路線上報名方式，報名網址如表 10-6 所示。若報名人數尚有餘額，得現場報名。

表10-6 7場成果發表會報名網址一覽表

地區	場次	日期及地點	報名網址
北部	第 1 場	103 年 11 月 19 日 (三) 大坪林聯合開發大樓 15 樓國際會議廳	http://goo.gl/cwN4Sh
	第 2 場	103 年 12 月 2 日 (二) 國立臺灣大學圖書館國際會議廳	http://goo.gl/yeVo7J
	第 3 場	103 年 12 月 10 日 (三) 大坪林聯合開發大樓 15 樓國際會議廳	http://goo.gl/6vX7lr
	第 4 場	103 年 12 月 25 日 (四) 銘傳大學 FFB01 會議室(國際學舍國際會議廳)	http://goo.gl/sXxLXx
中部	中部場	103 年 11 月 24 日 (一) 靜宜大學主顧樓 115 演講廳	http://goo.gl/zQgZkF
南部	第 1 場	103 年 11 月 27 日 (四) 國立嘉義大學蘭潭國際會議廳	http://goo.gl/omu26e
	第 2 場	103 年 12 月 3 日 (三) 高苑科技大學圖資大樓國際會議廳 (801)	http://goo.gl/BUjZGb

7. 參訓證明

本活動申請參訓證明項目如下（第 1~2 項由營建署署協助申請，技師職業執照申請換發訓練積分證明則由承辦單位自行向工程會）：

- (1) 公務人員終身學習時數認證
- (2) 內政部營建署建築師開業證書申請換發研習積分證明
- (3) 行政院公共工程委員會技師職業執照申請換發訓練積分證明

8. 活動費用

本次活動免費參加，並提供與會來賓午餐及茶水，會議資料將以隨身碟（4G，圖 10-4）方式提供，以網路報名者為主要發送對象，並視當日發放情況衡量是否給予現場報名之民眾。每場次提供 150 份隨身碟，7 場次共提供 1050 份隨身碟。



圖10-4 隨身碟設計樣式 (4G)

9. 海報、成果模擬圖設計

會場布置包括海報、帆布、展示圖等多種方式呈現會議議程及相關內容，其設計樣式分別如圖 10-5 圖 10-14~圖 10-7 所示。

水環境低衝擊開發設施操作手冊
編製與案例評估計畫成果說明會

時間：103 年 11 月 19 日星期三
地點：大坪林聯合開發大樓 15 樓國際會議廳（新北市新店區北新路三段 200 號 15 樓）

時間	議程	講者
09:30 ~ 09:50	報到	
09:50 ~ 10:00	長官致詞	內政部營建署
10:00 ~ 10:50	韌性城鄉、調適國土: 脆弱度與依復力觀點	中華經濟研究院 李水展研究員
10:50 ~ 11:10	茶敘休息	
11:10 ~ 12:00	低衝擊開發設施導入目的	國立台灣大學水工試驗所 劉格非主任
12:00 ~ 13:00	午餐	
13:00 ~ 14:10	低衝擊開發設施設計原則	巨延工程顧問股份有限公司 陳葦庭經理
14:10 ~ 14:30	茶敘休息	
14:30 ~ 15:40	低衝擊開發設施操作案例及效益 - 以淡海新市鎮為例	皓宇工程顧問股份有限公司 徐佳鴻協理
15:40 ~ 16:30	綜合討論	當日講員

主辦單位：內政部營建署
執行機關：國立台灣大學
承辦單位：財團法人台灣水環境科技研究發展教育基金會
協辦單位：行政法人國家災害防救科技中心

北部第 1 場成果說明會

水環境低衝擊開發設施操作手冊
編製與案例評估計畫成果說明會

時間：103 年 11 月 24 日星期一
地點：靜宜大學主顧樓 115 演講廳（臺中市沙鹿區臺灣大道七段 200 號）

時間	議程	講者
09:20 ~ 09:40	報到	
09:40 ~ 10:00	長官致詞	內政部營建署 靜宜大學 王俊權副校長
10:00 ~ 10:50	翻轉都市治水思維	逢甲大學水利工程 與資源保育系 許少華教授
10:50 ~ 11:10	茶敘休息	
11:10 ~ 12:00	低衝擊開發設施導入介紹	國立台灣大學水工試驗所 邱昱嘉研究員
12:00 ~ 13:00	午餐	
13:00 ~ 14:10	低衝擊開發設施設計原則、容受度分析及評估指標	巨延工程顧問股份有限公司 陳葦庭經理
14:10 ~ 14:30	茶敘休息	
14:30 ~ 15:40	低衝擊開發設施操作案例、效益及配套措施 - 以淡海新市鎮為例	皓宇工程顧問股份有限公司 徐佳鴻協理
15:40 ~ 16:30	綜合討論	當日講員

主辦單位：內政部營建署
執行機關：國立台灣大學
承辦單位：財團法人台灣水環境科技研究發展教育基金會
協辦單位：靜宜大學

中部場成果說明會

水環境低衝擊開發設施操作手冊
編製與案例評估計畫成果說明會

時間：103 年 11 月 27 日星期四
地點：國立嘉義大學蘭潭國際會議廳（嘉義市東區醫事路 300 號）

時間	議程	講者
09:30 ~ 09:50	報到	
09:50 ~ 10:00	長官致詞	內政部營建署
10:00 ~ 10:50	臺南市治水新思維 - 打造透水路網城市	臺南市政府水利局 李孟諤局長
10:50 ~ 11:10	茶敘休息	
11:10 ~ 12:00	低衝擊開發設施導入目的	國立台灣大學土木工程學系 游景雲教授
12:00 ~ 13:00	午餐	
13:00 ~ 14:10	低衝擊開發設施容受度分析及評估指標	巨延工程顧問股份有限公司 陳葦庭經理
14:10 ~ 14:30	茶敘休息	
14:30 ~ 15:40	低衝擊開發設施操作案例及效益 - 以淡海新市鎮為例	皓宇工程顧問股份有限公司 徐佳鴻協理
15:40 ~ 16:30	綜合討論	當日講員

主辦單位：內政部營建署
執行機關：國立台灣大學
承辦單位：財團法人台灣水環境科技研究發展教育基金會
協辦單位：國立嘉義大學土木與水資源工程學系暨研究所 / 景觀學系

南部第 1 場成果說明會

水環境低衝擊開發設施操作手冊
編製與案例評估計畫成果說明會

時間：103 年 12 月 2 日星期二
地點：國立台灣大學圖書館國際會議廳（臺北市大安區羅斯福路四段 1 號）

時間	議程	講者
09:30 ~ 09:50	報到	
09:50 ~ 10:00	長官致詞	內政部營建署
10:00 ~ 10:50	低衝擊開發設施導入介紹	國立台灣大學水工試驗所 邱昱嘉研究員
10:50 ~ 11:10	茶敘休息	
11:10 ~ 12:00	都市治水新思維	新北市政府 陳仲賢副市長
12:00 ~ 13:00	午餐	
13:00 ~ 14:10	低衝擊開發設施之操作可行性	巨延工程顧問股份有限公司 陳葦庭經理
14:10 ~ 14:30	茶敘休息	
14:30 ~ 15:40	低衝擊開發設施操作案例及配套措施 - 以淡海新市鎮為例	皓宇工程顧問股份有限公司 徐佳鴻協理
15:40 ~ 16:30	綜合討論	當日講員

主辦單位：內政部營建署
執行機關：國立台灣大學
承辦單位：財團法人台灣水環境科技研究發展教育基金會

北部第 2 場成果說明會

圖 10-5 會議議程海報 (1/2)

水環境低衝擊開發設施操作手冊
編製與案例評估計畫成果說明會

時間：103年12月3日星期三
地點：高苑科技大學行政大樓 1F演講廳 行103室（高雄市路竹區中山路1821號）

時間	議程	講者
09:30 ~ 09:50	報到	
09:50 ~ 10:00	長官致詞	內政部營建署
10:00 ~ 10:50	從國土規劃談流域綜合治理	高雄市綠色協會 魯台營理事長
10:50 ~ 11:10	茶敘休息	
11:10 ~ 12:00	低衝擊開發設施導入應用	國立台灣大學水工試驗所 劉格非主任
12:00 ~ 13:00	午餐	
13:00 ~ 14:10	低衝擊開發設施設計原則	巨廷工程顧問股份有限公司 陳葦庭經理
14:10 ~ 14:30	茶敘休息	
14:30 ~ 15:40	低衝擊開發設施操作案例及效益 - 以淡海新市鎮為例	皓宇工程顧問股份有限公司 徐佳鴻協理
15:40 ~ 16:30	綜合討論	當日講員

主辦單位：內政部營建署
執行機關：國立臺灣大學
承辦單位：財團法人台灣水利環境科技研究發展教育基金會
協辦單位：高苑科技大學規劃與設計學院

南部第2場成果說明會

水環境低衝擊開發設施操作手冊
編製與案例評估計畫成果說明會

時間：103年12月10日星期三
地點：大坪林聯合開發大樓 15樓國際會議廳（新北市新店區北新路三段200號15樓）

時間	議程	講者
09:30 ~ 09:50	報到	
09:50 ~ 10:00	長官致詞	內政部營建署
10:00 ~ 10:50	氣候變遷的因應與調適	國立台灣大學土木工程學系 李鴻源教授
10:50 ~ 11:10	茶敘休息	
11:10 ~ 12:00	低衝擊開發設施導入應用	國立台灣大學水工試驗所 劉格非主任
12:00 ~ 13:00	午餐	
13:00 ~ 14:10	低衝擊開發設施單元說明	巨廷工程顧問股份有限公司 陳葦庭經理
14:10 ~ 14:30	茶敘休息	
14:30 ~ 15:40	低衝擊開發設施操作案例效益及配套措施 - 以淡海新市鎮與陽明山國家公園馬槽遊憩區為例	皓宇工程顧問股份有限公司 徐佳鴻協理
15:40 ~ 16:30	綜合討論	當日講員

主辦單位：內政部營建署
執行機關：國立臺灣大學
承辦單位：財團法人台灣水利環境科技研究發展教育基金會
協辦單位：行政法人國家災害防救科技中心

北部第3場成果說明會
圖10-5 會議議程海報 (2/2)

水環境低衝擊開發設施操作手冊
編製與案例評估計畫成果說明會

時間：103年12月25日星期四
地點：銘傳大學FFB101會議室 國際學會國際會議廳（桃園縣龜山鄉大同村德明路5號）

時間	議程	講者
09:30 ~ 09:50	報到	
09:50 ~ 10:00	長官致詞	內政部營建署
10:00 ~ 10:50	土地開發與災害	銘傳大學都市規劃 與防災學系 吳杰穎主任
10:50 ~ 11:10	茶敘休息	
11:10 ~ 12:00	低衝擊開發設施導入目的	國立台灣大學土木工程學系 游景雲教授
12:00 ~ 13:00	午餐	
13:00 ~ 14:10	低衝擊開發設施承受度分析及評估指標	巨廷工程顧問股份有限公司 陳葦庭經理
14:10 ~ 14:30	茶敘休息	
14:30 ~ 15:40	低衝擊開發設施操作案例效益及配套措施 - 以淡海新市鎮與陽明山國家公園馬槽遊憩區為例	皓宇工程顧問股份有限公司 徐佳鴻協理
15:40 ~ 16:30	綜合討論	當日講員

主辦單位：內政部營建署
執行機關：國立臺灣大學
承辦單位：財團法人台灣水利環境科技研究發展教育基金會
協辦單位：銘傳大學都市規劃與防災學系

北部第4場成果說明會



圖10-6 會議名稱帆布

水環境低衝擊開發設施操作手冊編製與案例評估計畫

計畫緣起

臺灣地區因為受到先天地理環境之限制，可利用之水資源並不充足，隨著經濟發展與人口成長，水資源需求與日俱增的壓力，對人類活動與環境變化造成衝擊是無法避免的。臺灣從早期社會經濟發展僅著重於水資源的開發，近年則因居住環境不斷受不當開發造成的大自然反撲而著力於治山防洪，並隨著休閒及環保意識抬頭而演變成生態環境保護，乃至於現今發展成結合治水防洪及環境營造的低衝擊開發。(Low Impact Development, 簡稱LID)

工作項目

基本資料蒐集與評析	
國內外低衝擊開發案例	• 總計畫、政策、法規之蒐集與評析
國內外低衝擊開發之相關手冊或規範	• 國內都市發展特性與管理現況
關鍵議題討論	
• 低衝擊開發與都市發展之關係	• 低衝擊開發與都市發展之關係
水環境低衝擊開發設施操作手冊編製	
• 水文特性與計算	• 設施量及訂定
• 生態設計	• 設施量及效能評估
• 經濟成本分析	• 維護項目、週期與成本
水環境低衝擊開發設施評估指標訂定	
• 指標建立	• 分級制度
維護管理機制與經費探討以及經費籌措機制研擬	
• 維護管理機制研擬	• 經費籌措機制研擬
整體策略規劃	
• 策略目標與方針	• 策略目標與方針
• 策略目標與方針	• 策略目標與方針
相關配套措施研擬	
• 政策與法規	• 經費籌措及標準程序制定
• 都市設計準則及土地管理策略	
執行方案評估與構建與分析	
• 執行方案評估與構建與分析	• 建立各等級之量測標準與評估
• 執行方案評估與構建與分析	• 執行方案評估與構建與分析
專家座談會	
• 邀請專家座談	• 專家座談會七項

工作執行流程



計畫目標

為友善環境導入都市設計與國家公園遊憩區之開發，本計畫目標擬「水環境低衝擊開發設施操作手冊」，將LID概念引入未來國內都市開發與公共建設工程，降低開發對自然之衝擊，也將公共安全與生態保育意識降低。更重要的是建立如何評估LID設計之流程與指標，做為國內工程界執行或公務機關評估之參考標準。另外，可透過LID規劃之理念與評估方式，檢視LID設施導入都市規劃之可能性，檢視現有之土地使用分區管制規則及都市設計審議規範，期望後續開發均能符合低衝擊開發理念。

計畫範圍

本計畫範圍分為淡海新市鎮以及陽明山國家公園博進地區(第一)兩部分。



陽明山國家公園是為了保護自然、人文環境的自然资源及維護水源而劃設，更要以生態保育方式進行開發，因此以陽明山國家公園博進地區(第一)為研究範圍，將LID概念引入都市設計審議規範內。

操作手冊章節架構



主辦單位:內政部營建署
執行單位:國立台灣大學

水環境低衝擊開發計畫執行內容

圖 10-7 成果展示圖 (1/5)

水環境低衝擊開發設施操作手冊編製與案例評估計畫

LID設施單元試驗

透水鋪面(Permeable Pavers)
採用玻璃砂、水陶石的LID單元(22~45%)，其保水效能高出傳統的人行鋪面單元(7~9%)。



雨水花園(Rain Garden)
雨水花園的生態介質，通常採粗砂及土混合，入滲效果好，從兩種的試驗顯示，粗砂介質性的草種(兩耳草)，保水性(20%)比草種介質的台灣毛茛要好(13%)。



綠屋頂(Green Roof)+雨水槽(Rain Barrel)
綠屋頂實驗結果，以水平0度入滲效果最好，僅剩10度及40度結果入滲效果較差。



土壤改良(Soil Amendment)
土壤改良前試驗條件

項目	改良前	改良後
土壤含水量	12.5%	15.5%
土壤透氣率	0.15	0.25
土壤溫度	18.5°C	18.5°C
土壤pH值	6.5	6.5
土壤有機質	1.5%	1.5%
土壤氮素	0.1%	0.1%
土壤磷素	0.05%	0.05%
土壤鉀素	0.1%	0.1%

樹箱過濾設施(Tree Box Filter)
樹箱過濾設施的保水效能相當高，平均達48%。



植生溝(Grass Swale)
若設置綠的草溝裝置，保水效能相較於其他LID單元，數值小(3%~6%)，本試驗屬於此類。

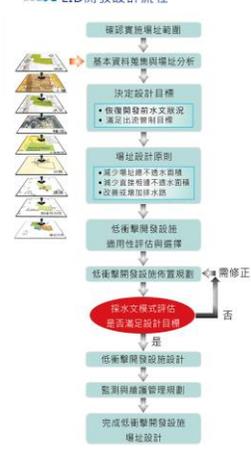


LID設施單元效能評估

本計畫利用美國環保署所開發之暴雨徑流管理數值模擬模式 (Storm Water Management Model-SWMM)作為模擬模式，將LID設施概念化，並藉由實驗結果率定驗證，形成一個可以正確模擬LID設施效能



LID開發設計流程



主辦單位:內政部營建署
執行單位:國立台灣大學

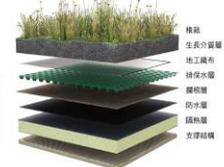
低衝擊設施單元試驗與效能評估

水環境低衝擊開發設施操作手冊編製與案例評估計畫

綠屋頂 GREEN ROOF

設施介紹
綠屋頂即為安裝於平面或斜平面的屋頂上，以薄層土壤設計之植被，綠屋頂可改善淨化水質，並利用生態介質及貯水區貯存雨水，其他效益包括增加能源效率、降低都市熱島效應，以及景觀美化和生物多樣性。綠屋頂之種類繁多，一般可分為植草型、半精實型及精實型等三種類型。

適用性
綠屋頂適用於新建築或既有建築改建，甚至可於坡度 0~40 度的斜屋頂上建設，但不需額外土地。對於雨水面積不足、過度密集發展的城市區理想適合的綠屋頂設施類型。



樹箱過濾設施 TREE BOX FILTERS

設施介紹
樹箱過濾設施為一類生態滯留單元，設置於人行道或公共設施，利用樹幹入口及樹箱上方格柵收集地表逕流，再利用植物與生態滯留土壤介質進行過濾及貯存，最後透過排水管排放至下水道系統或補注地下水。

適用性
樹箱過濾設施所需面積不大，對於周圍的建築和街道不會產生太大影響，非常適用於城市中現存條件受限的場址，處理小集水區的地表逕流，例如：公共設施、停車場及人行路等。



雨水桶 RAIN BARRELS

設施介紹
雨水桶屬於小型雨水收集系統，主要用以收集並貯留來自屋頂之雨水逕流，通常位於地面上，其回收貯留之水量可以供灌溉或沖廁使用，雨水桶之貯留體積可根據不同的物理環境、設置目的和管理要求而訂定。

適用性
雨水桶可設置在住宅區、商業區、公共區域或工業區，尤其適用於地價高、土壤入滲能力低或沒有開放空間可以設置其他人滲設施之地區，例如：高層都市化地區、高層住宅開發區。



生態滯留單元 BIORETENTION CELL

設施介紹
生態滯留單元，有時亦被稱為雨水花園，為使用經過設計的植物土壤及植體所形成的滯留滲透地，能夠吸收小區域的雨水逕流，並自然過濾淨化、貯留，透過以延緩雨水逕流，通常在區域中分散及小規模設置，具整體景觀美化效果，生態滯留單元設施設置位置會呈現不同之型式，如景觀安全島、分隔設施、廣場、危岩型植池、路邊景觀設施等。

適用性
一般以小型複式設計為建築物旁邊或徑流內的雨水管理設施，運作區域如公共建築用地、停車場、私人庭院、公共開放空間(如公園或廣場)、人行道及中央分隔帶等。





主辦單位：內政部營建署
執行單位：國立台灣大學

水環境低衝擊開發設施操作手冊編製與案例評估計畫

透水鋪面 PERMEABLE PAVEMENTS

設施介紹
透水鋪面係指透水性良好，鋪設孔隙率高之材料應用於面層與基層，使雨水透過人工鋪設之多孔隙鋪面，直接滲入路基土壤，其後利用淨透和滲透方式來處理地表逕流，使用後可減少地表逕流，除減輕排水系統的負擔，也能減少地表雨水逕流，在鋪設材料與施工方式不同，可分為包括：透水瀝青土鋪面、透水瀝青磚鋪面及非瀝青磚鋪面等三種類型。

適用性
透水鋪面可被設計用以吸收本身及來自附近傳統鋪面及建築物所收集的逕流，應用在空間不足以設置其他低衝擊開發設施的都市高密度開發地區。



生態滯留單元 BIORETENTION CELL

設施介紹
生態滯留單元，有時亦被稱為雨水花園，為使用經過設計的植物土壤及植體所形成的滯留滲透地，能夠吸收小區域的雨水逕流，並自然過濾淨化、貯留，透過以延緩雨水逕流，通常在區域中分散及小規模設置，具整體景觀美化效果，生態滯留單元設施設置位置會呈現不同之型式，如景觀安全島、分隔設施、廣場、危岩型植池、路邊景觀設施等。

適用性
一般以小型複式設計為建築物旁邊或徑流內的雨水管理設施，運作區域如公共建築用地、停車場、私人庭院、公共開放空間(如公園或廣場)、人行道及中央分隔帶等。





主辦單位：內政部營建署
執行單位：國立台灣大學

綠屋頂、樹箱過濾設施與雨水桶

透水鋪面與生態滯留單元

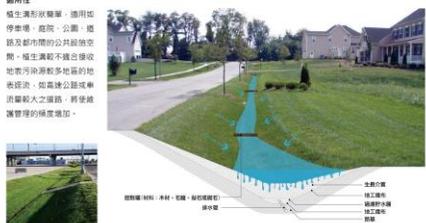
圖 10-7 成果展示圖 (2/5)

水環境低衝擊開發設施操作手冊編製與案例評估計畫

植生溝 GRASS SWALES

設施介紹
植生溝係指寬淺且有地被植物或草皮之溝渠，具有傳統排水溝的水體轉運能力，並於水體運移時，水體可滲入土壤，減少地表逕流量，並過濾中改善水質。植生溝之種類一般可分為乾式溝渠及綠溝兩種，其中乾式溝渠除具有傳統之外，另外有生態介質，過濾貯水及多孔隙水管，設計較複雜之乾式溝渠時也應將綠型的植生溝單元，而綠溝則僅為單純具有傳統之植生溝，較不具入學功能。

適用性
植生溝好觀、適用如停車場、庭園、公園、道路及都市間的公共開放空間。植生溝較不適合接收地表污染源較多地區的地表逕流，如高速公路或車道寬較大之道路，將使維護管理之難度增加。

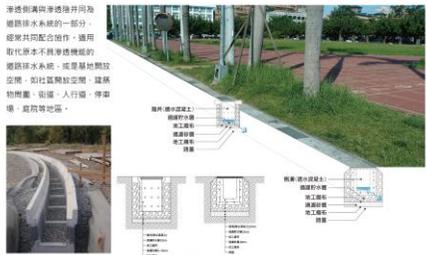


植生溝(綠溝)：材料、結構、設計與應用
植生溝(乾式溝渠)：材料、結構、設計與應用

滲透陰井及滲透側溝 INFILTRATION WELL AND INFILTRATION GUTTER

設施介紹
滲透陰井係採透水材料製作側溝本體，並以碎石材料填充側溝底部及側側，在側溝側溝匯集至側溝排水系統，傳統水體的過程中，使部分逕流由側溝的側面及底部滲入淨潔土壤，除去懸浮固體，減輕下游排水負擔。滲透側溝亦為一定量式輔助入學，並下層過濾層，與傳統側溝以碎石材料製作本體，並以碎石材料填充側溝，這道過濾排水系統或地表入口僅能入學井，可暫時貯留並使部分逕流滲透至底部與回流的土壤以補地下水。

適用性
滲透側溝與滲透井均為側溝排水系統的一部分，經常共同配合使用。適用取代原本不具滲透性的傳統排水系統，提高開放式空間，如社區開放空間、建築物周圍、街道、人行道、停車場、庭園等地區。



材料(側溝本體上)：側溝排水系統、側溝排水系統、側溝排水系統、側溝排水系統、側溝排水系統

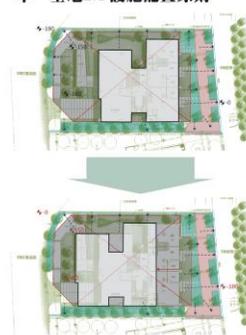
側溝-側溝排水系統：側溝排水系統、側溝排水系統、側溝排水系統、側溝排水系統、側溝排水系統

主辦單位：內政部營建署
執行單位：國立台灣大學

植生溝、滲透陰井及滲透側溝

水環境低衝擊開發設施操作手冊編製與案例評估計畫

單一基地LID設施配置原則



LID設施配置原則

- 地面層開放式雨水設施配置原則：應優先設置於基地內相對下游位置，以擴大雨水滲透，且應考慮車道逕流(或溝)方向設計，以便將雨水之量水阻滯。
- 保水設施布設限制要素：地下水位小於1m之建築基地不宜設置具入學，於水體對之布設設施，應考慮對其逕流造成滯流(滯留時間數>3)之區域(避免於高樓層等區域布設，應於低樓層或停車場等區域)。
- 加值功能布設原則：評估整合綠化、安撫生物環境、安全人行空間等動作作為布設之考量，例如：設置綠帶、綠帶上高樓層、停車場、綠帶等設施以生態廊道轉移。
- 其他配套措施：除設置保水設施外，亦可選擇其特種植種、綠帶、側溝上方保水、雨水桶、等多元設計手法。



植生溝
綠帶滲透系統
雨水桶

保水深度試算示範

LID 設施單元雨水貯留量(面積×水量)
(詳見LID 設施單元雨水貯留能力-保水指標)

- 透水鋪面設施 = 0.197 m³/m²
- 雨水花園設施 = 0.322 m³/m²
- 綠屋頂 = 0.07 m³/m²

(h=10cm，綠屋頂以45%之屋頂面積計算)

保水指標算式
A 單位面積保水量m³ × 該設施總面積m² = 該設施基地保水量m³
B 基地總保水量m³ / 基地總面積m² = 基地保水平均深度m

右側基地有透水鋪面、雨水花園及綠屋頂設施
各設施所使用的面積分別為：
透水鋪面面積=155m²
雨水花園面積=249m²
綠屋頂面積=202m²

代入算式A：
透水鋪面基地保水量=0.197 × 150m² = 30.5 m³
雨水花園基地保水量=0.322 × 169m² = 60.2 m³
綠屋頂基地保水量=0.07 × 202m² = 14.1 m³

基地總保水量=30.5+60.2+14.1=124.8m³

代入算式B：
124.8m³ / 1,373m² = 0.091m
基地平均保水深度=9.1cm



主辦單位：內政部營建署
執行單位：國立台灣大學

單一基地配置原則與保水深度

圖 10-7 成果展示圖 (3/5)

水環境低衝擊開發設施操作手冊編製與案例評估計畫

低衝擊開發設施導入開發機制研議

政策探討

- 中央管區域排水計畫審議作業要點
 - 要求大於2公頃以上之基地開發，需自備開發增加之溢流量。
 - 於開發前應達到溢流等級。
- 建築技術規程附錄工編4-3條
 - 對小於2公頃之基地開發應以其雨水貯留量，每平方公尺應有0.045立方公尺。
- 建築技術規程附錄工編305條
 - 開發建設基地中，其法定空地之一半須具備原種綠地面積或貯留淨滲水之能力。
- 各地方政務排水自治條例
 - 基於水質保護保護理念，管制基地保水量。

• 目前市府對於LID之關注程度
 • 多數次針對水環境改善措施
 • 缺乏對於水環境改善之要求

→

• 建議訂定都市計畫審議原則中，自備不同土地利用型態以導滲
 • 說明LID設施設計原則及導入方式
 • 額外既有法令中對於基地開發保水量及人滲量之管制要求

法定空地規定之滲水面積比例，應以開發範圍開發之溢流

滲水率 40%

現況多將雨水貯留量規劃設置於式樣室內，但滲水率低，缺乏環境景觀效益。建議應提高不為。

導入時機

都市計畫編訂或變更階段
 都市計畫修訂
 使用分區與公共設施計畫
 依水文、高程、雨量與地形等資訊分析，決定使用分區分佈地位
 土地使用管制計畫
 LID設施設計審議，宜將高滲透土地開發LID設施導入保水量
 都市設計準則
 都市設計準則後不同性質，決定特定LID設施之比率與附加效益

公共工程設計及施工階段
 主要係透過LID設施與基地高程管理之配合，賦予公共工程高滲透與雨水貯留之能力

建築開發階段
 於建築開發階段導入LID設施具下列兩項配套機制：
 搭配都市設計準則與編定之都市計畫審議機制申請階段

審議機制

第一階段排水計畫審議
 • 水文、水文、水文
 • 高滲透地塊及滲透率
 • 都市計畫審議原則

第二階段排水計畫審議
 • 水文、水文、水文
 • 高滲透地塊及滲透率

實質開發階段
 都市設計審議原則
 基地開發、都市開發
 建築技術規程與地方自治法規

土地開發程序
 都市計畫變更
 • 土地使用分區計畫
 • 公共設施用地計畫
 • 土地用途分區
 • 都市設計準則

應辦事項
 • 利用滲透性水溝溝渠
 • 增加法定空地滲透比例
 • 開發高滲透地塊比例
 • 提高法定空地滲透率
 • 增加地下室滲透率
 • 導入LID設施
 • 土地高程管理
 • 地景景觀與開放空間設計

都市防洪空間規劃解題
 • 灌溉系統
 • 增加地下室滲透率
 • 增加法定空地滲透率
 • 增加LID設施
 • 增加LID設施

基地開發/階段
 • 增加地下室滲透率
 • 增加法定空地滲透率
 • 增加LID設施
 • 增加LID設施

建築管理
 • 建築技術規程與地方自治法規
 • 建築技術規程與地方自治法規
 • 建築技術規程與地方自治法規

主辦單位：內政部營建署
 執行單位：國立台灣大學

低衝擊開發設施導入開發機制研議

水環境低衝擊開發設施操作手冊編製與案例評估計畫

既成社區操作示範區-民生社區

示範目標

- 原址址址LID導入標準訂定
- LID導入既成社區審議原則
- 再開發區導入LID導入標準

設置概念

- 開發區雨水花園與透水鋪面
- 人行透水性透水鋪面
- 關於既有空間規劃、發揮效益與觀

本案示範區LID設施實施範圍係以LID設施導入，開發區雨水花園與透水鋪面，人行透水性透水鋪面，關於既有空間規劃、發揮效益與觀。

民生社區操作示範區-導入績效評估

效益評估
 • 示範區出流洪峰量減低44%
 • 示範區出流洪峰延遲15分
 • 示範區出流洪峰延遲15分

LID設施防洪效果
 • 示範區出流洪峰量減低44%
 • 示範區出流洪峰延遲15分

馬槽操作示範區-導入績效評估

效益評估
 • 示範區出流洪峰量減低44%
 • 示範區出流洪峰延遲15分
 • 示範區出流洪峰延遲15分

大雨LID設施設置
 • 防洪效果顯著(洪峰量+峰前)

主辦單位：內政部營建署
 執行單位：國立台灣大學

操作示範區—民生社區與馬槽

圖 10-7 成果展示圖 (4/5)

水環境低衝擊開發設施操作手冊編製與案例評估計畫

淡海新市鎮一期操作示範區



淡海新市鎮一期操作示範區-導入績效評估



主辦單位:內政部營建署
執行單位:國立台灣大學

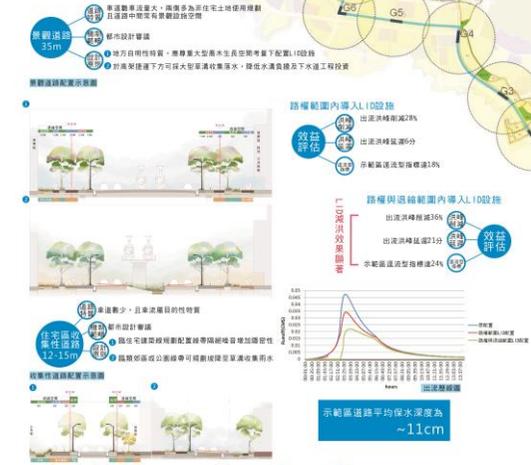
操作示範區—淡海 1 期操作示範區

水環境低衝擊開發設施操作手冊編製與案例評估計畫

淡海新市鎮二期操作示範區



街道設計及導入績效評估



主辦單位:內政部營建署
執行單位:國立台灣大學

操作示範區—淡海 2 期操作示範區

圖10-7 成果展示圖 (5/5)

(二) 辦理成果

1. 參與人數

7場次共 1,228 人次參與，平均每場次 175 人次，與會來賓包括中央及地方政府相關單位之代表、國內相關大學院校、非政府組織 (NGOs) 團體、相關技師及建築師公會及一般民眾。

2. 說明會辦理活動照片



(a) 臺灣大學劉格非主任演講



(b) 巨廷公司陳葦庭經理演講



(c) 皓宇公司徐佳鴻協理演講



(d) 臺灣大學劉宏仁研究員演講



(e) 活動現場



(f) 茶敘休息

圖 10-8 北部第 1 場成果說明會辦理情形 (1/2)



(g) 成果展示討論



(h) 綜合座談



(i) 現場提問



(j) 現場提問

圖10-8 北部第1場成果說明會辦理情形 (2/2)



(a) 活動報到



(b) 內政部營建署王東永組長致詞



(c) 臺灣大學邱昱嘉研究員演講



(d) 新北市政府陳仲賢副市長演講

圖 10-9 北部第2場成果說明會辦理情形 (1/2)



(e) 巨廷公司陳葦庭經理演講



(f) 皓宇公司徐佳鴻協理演講



(g) 活動現場



(h) 茶敘休息



(i) 綜合座談



(j) 現場提問



(k) 現場提問



(l) 現場提問

圖10-9 北部第2場成果說明會辦理情形 (2/2)



(a) 臺灣大學李鴻源教授演講



(b) 臺灣大學劉格非主任演講



(c) 巨廷公司陳葦庭經理演講



(d) 皓宇公司徐佳鴻協理演講



(e) 活動現場



(f) 茶敘休息



(g) 成果展示討論



(h) 綜合座談

圖 10-10 北部第 3 場成果說明會辦理情形 (1/2)



(i) 現場提問



(j) 現場提問

圖10-10 北部第3場成果說明會辦理情形 (2/2)



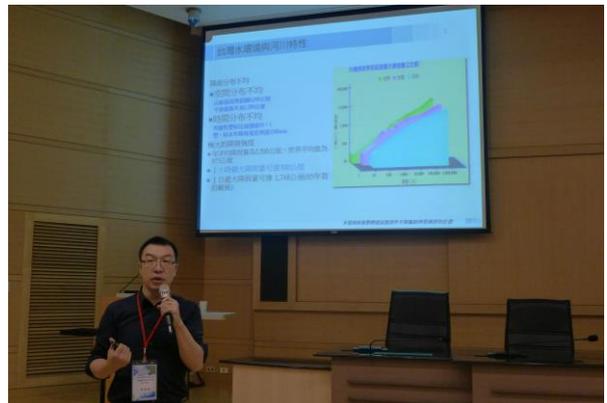
(a) 活動報到



(b) 內政部營建署蘇崇哲副組長致詞



(c) 銘傳大學吳杰穎系主任演講



(d) 臺灣大學游景雲教授演講

圖 10-11 北部第4場成果說明會辦理情形 (1/2)



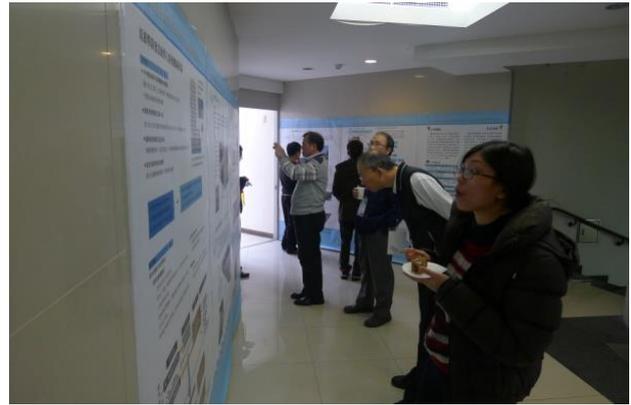
(e) 巨廷公司陳葦庭經理演講



(f) 皓宇公司徐佳鴻協理演講



(g) 活動現場



(h) 茶敘休息



(i) 綜合座談



(j) 現場提問



(k) 現場提問



(l) 現場提問

圖10-11 北部第4場成果說明會辦理情形 (2/2)



(a) 內政部營建署王東永組長致詞



(b) 靜宜大學王俊權副校長致詞



(c) 逢甲大學許少華教授演講



(d) 臺灣大學邱昱嘉研究員演講



(e) 巨廷公司陳葦庭經理演講



(f) 皓宇公司徐佳鴻協理演講



(g) 活動現場



(h) 茶敘休息

圖 10-12 中部場成果說明會辦理情形 (1/2)



(i) 成果展示討論



(j) 綜合座談



(k) 現場提問



(l) 現場提問

圖10-12 中部場成果說明會辦理情形 (2/2)



(a) 活動報到



(b) 營建署蘇崇哲副組長致詞



(c) 臺南市水利局李孟諺局長演講



(d) 臺灣大學游景雲教授演講



(e) 巨廷公司陳葦庭經理演講



(f) 皓宇公司徐佳鴻協理演講



(g) 活動現場



(h) 茶敘休息

圖 10-13 南部第 1 場成果說明會辦理情形 (1/2)



(i) 綜合座談



(j) 現場提問



(k) 現場提問



(l) 現場提問

圖10-13 南部第1場成果說明會辦理情形 (2/2)

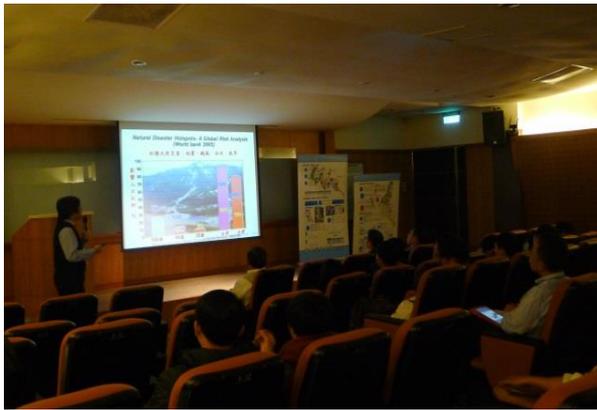


(a) 高苑科技大學曾燦燈致詞



(b) 高雄市綠色協會魯台營理事長演講

圖 10-14 南部第2場成果說明會辦理情形 (1/2)



(c) 國立臺灣大學劉格非主任演講



(d) 巨廷公司陳葦庭經理演講



(e) 皓宇公司徐佳鴻協理演講



(f) 活動現場



(g) 茶敘休息



(h) 綜合座談



(i) 現場提問



(j) 現場提問

圖10-14南部第2場成果說明會辦理情形(2/2)

(三) 說明會綜合座談提問節錄

提問類型	內容	即時回應
LID 設施	水土保持法規範基地開發需設置滯洪沉砂池，與本手冊所規範之保水量是否有衝突？	開發前、後土地利用改變最大，水保法採合理化公式 $Q=CIA$ 。土地利用改變，坡度也會隨著改變，導致逕流係數改變（不透水面積高、逕流係數大；不透水面積低、逕流係數小）、集流時間縮短，在雙重影響下流量會增加。從水保法角度看，逕流分攤要做的是滯洪池，其所規範之貯留量體皆遠大於設置 LID 設施的量體。
	針對滯洪沉砂部分，國外有些 LID 設施會有截留功能，特別把滯洪沉砂部分進行處理或是淨化過濾，對此手冊部分能否增加說明或介紹？	本計畫目前設計的 LID 皆須處理滯洪沉砂，如雨水花園、透水鋪面等設施皆能處理滯洪沉砂。但若位於中、大型區域，其渠道不處理滯洪沉砂，故若屬小流量則直接進入下水道系統（減少維修、維護管理工作），故混凝土的導流渠道不處理滯洪沉砂，若要處理須設置 LID 設施在開始點做收集。
	可否解釋暴雨逕流管理數值模擬系統？	SWMM 在係辦理都市雨水水道規劃使用之模式，美國推行 SWMM 5.1 版納入 7 種 LID 設施，故可透過 SWMM 模式串連 LID 及下水道設施，模擬增設前後之改善效益。而本計畫係以此模式驗證實驗及手冊設計數據是否能達到預期效益。
	多大面積及密度的都市型態或都市變更施作 LID 設施效果較好？	LID 設施不會在多少密度的都市計畫區內施設較恰當，若為 1 平方公尺 LID 設施，經驗上可對應範圍為 4~10 平方公尺的雨量。如何定義都市密度會因地方型態及發展不一，屬因地制宜，視政府預算考量。
	滲透側溝為什麼被排除於環境永續設立設施，如果小水溝流入中水溝，中水溝流入大水溝再流入河川內，所有水溝都是側水溝的話，是不	所提的內容，在計畫裡為協助傳導的部分，在其他節項目，可能會產生生態、綠化的效果，地表上微氣候的幫助比較大，並未排除側溝在減洪中的效果。

	<p>是對減洪亦有效果？</p> <p>LID 設施設置於坡地社區(或校園)與設置於平地社區(或校園)，其洪峰消減效果是否會有顯著性的差異？</p>	<p>LID 設置原則建議坡度不超過 5%，若坡度超過 5%不建議施作 LID 設置。學校坡度如達 10%，必須辦理高程調整，可透過延長流路，降低整體坡度。若在此設置條件下，不會因為地形為坡地或平地而有影響。但若設置在不對的坡度上，當然無法發揮 LID 效果;但若坡度 5%以下，則不會因為區位不同而有不同的結果，故流路與集水位置為 LID 設施能否發揮其減洪功能之關鍵。</p>
LID 案例	<p>簡報內容皆針對要新開發社區，那既成社區該如何要求？是於都更時規定嗎？</p>	<p>本計畫探討之法令是否要納入建管理仍在討論中，係要納入建築技術規則第 4 條之 3 或第 305 條仍待商榷。若是如此，無論是都更或新建都適用，故其範疇從新市區擴大到既成社區。</p>
	<p>由臺中草悟道案例可知，其人行道未施設透水鋪面，而是以每隔幾公尺施設一個草溝。其考量係因為臺灣降雨強度比較大，若人行道做透水鋪面維護成本較高，且使用上也達不到效益。</p>	<p>草悟道設計也是 1 個好的方式，但透水鋪面因臺灣降雨強度計強所以容易壞的部份我們持保留態度，以遠東 T-park 為例，其透水鋪面損毀是因為車子壓來壓去（但人行道不應是車子行走的地方，這是要透過教育來改變的），而透水鋪面之好處係可降低氣溫 2~3 度，但相對冬天較寒冷。草溝是 1 個路徑，不是雨水下滲的方式，僅是 1 個替代選項，但不能完全取代透水鋪面之貯水功能。</p>
	<p>馬槽地區建設雨水花園、透水性土壤，對山坡地的擾動，真能達到預期的期望？</p>	<p>馬槽並不是用現在狀況下的土壤作 LID 設施，如果馬槽不開發，就不需要做 LID 設施，問題在於如果開發了，就要求必須設置 LID 設施，是以這樣的思維作切入的。</p>
	<p>馬槽屬山坡地，應屬水土保持局管理，開發應有水土保持審議與評估，是否與 LID 有衝突？</p>	<p>大家對於馬槽都有些擔憂，這議題並不在我們的範疇內，但馬槽開發依據臺灣規定程序皆有辦理水保及環境審查，目前他們在完成某個階段，目前為止並無進一步狀況，應該是不太可能有開發之狀況。</p>
LID 維護	<p>LID 效能會隨使用時間逐漸衰減，有什麼方式能評估判</p>	<p>地區落塵量會影響 LID 設施壽命，LID 設施設置前無法確定其壽命有多長。若</p>

	<p>斷 LID 維護管理頻率及相關機制，並針對效能衰減部分做些調整？</p>	<p>在設施功能正常狀況，一般經驗 10~25 年為其壽命。國外 LID 設施如已喪失其功能，最後會再重新設置 1 個 LID 設施。較少部分會透過高壓沖洗的過程將孔隙重新回歸於最初設計。</p>
	<p>維護管理似乎沒談到幾年後該如何查核？如何實踐 LID 維護管理？能確保其功能。</p>	<p>本計畫維護管理中有談及監測計畫，設計 LID 設施應有相對應之入流及出流監測儀器，方能量測水質及效益。透過監測計畫，才知到入出流狀況，方能判斷其維護週期。</p>
<p>LID 效益</p>	<p>在評估 LID 效益時，是使用五年重現期做模擬分析，根據不同區域的降水期，可能會有所差異，那在評估時是否會因地區不同而做改變？</p>	<p>本計畫是在 5 年總降雨量（假設是 170 毫米）狀況下，LID 設施僅能處理 30% 左右雨量，其處理效果會因地區雨量而異，因此北、中、南應有不同的分析結果。</p>
	<p>在各種保水設施效益比較中，雨水桶或調節池保水量最大，此一結果會不會導致開發商皆選用雨水桶。故除保水指標外，是否應有其他指標？建議應盡可能考慮其他生態環境效益。</p>	<p>指標分質與量兩種，假設基地保水目標為 60 毫米，手冊裡有規範永續環境指標，需透過樹箱過濾設施、綠屋頂、植生溝、透水鋪面等 LID 設施設置達保水深度 48 毫米之目標，其餘 12 毫米才能以設置雨水桶達其目標，需滿足上述 2 條件方達到指標之要求。</p>
<p>LID 推廣</p>	<p>如何將 LID 推廣到已建成區？其相關限制為何？</p>	<p>LID 推廣非常重要，今日會議也是一種推廣方式，未來期望能透過公共安全檢查方式落實 LID 查核工作。 既成區要推廣 LID，建議可由營建署補助，透過地方政府申請。以社區營造經驗（補助案），透過與居民的溝通，不僅能瞭解現地狀況，更可透過居民辦理維護管理工作，以補助方式將效益漸漸擴散出去。</p>
	<p>關於 LID 實行上，都市坡度變化小，實施層面是可行的，但臺灣有 80% 屬於高山地區，相關設施是無法延緩沖刷與防洪的。</p>	<p>LID 適合高度開發地區，並不適合山坡地，山坡地通常並非高度開發地區，所以應回歸於水土保持法的落實，應 LID 設施有坡度上之限制，故山坡地可蓋綠屋頂，就無坡度上之限制，如要在山坡地上做 LID 設施，以個人來說並不建議。</p>
	<p>建不建議推廣滲透側溝？在</p>	<p>分為兩種層面來看，第一是指標概念的</p>

	<p>LID 的推廣上，滲透側溝是不是比較不具效益的？</p>	<p>量，強調負擔量較少，第二側溝主要目的不是儲蓄水源，而是在傳輸水體的過程中，希望能提升入滲效率，因側溝完全無地表作用，只是比儲水桶相對效果更好。</p>
<p>未來規劃</p>	<p>手冊後續更新方式要如何統一？</p>	<p>未來有哪些地方能提供維管之後的效能，到目前為止還無法具體成形，故後續部分，目前尚無答案，當然期望各單位有機會來優先發動此計畫，在公共工程部分可以優先操作試試看，希望各單位都能施行的可能性，最後再來作修正手冊內容。</p>
	<p>水利署已在辦理流域綜合治理，是否可與 LID 作整合？</p>	<p>手冊未來完成後會提供給水利單位，經費源自於營建署 3 個部分，包含下水道工程處、國家公園組、新市鎮組，最主要是希望能做一整合的動作，在都市開發地區做一良好之建議，未來開發能成為一項依據。</p>
	<p>這個計畫目前好像已到一階段，請問這計畫日後會如何發展？例如這計畫會像水土保持計畫一樣，未來變為規範，還是僅供參考？</p>	<p>推動這個計畫，是希望臺灣未來能朝這個方向發展，因為都市計畫這地區，早期說水的主管是在指水利署，但 LID 真正能實施的地方在於都市計畫區，是屬於營建署的管轄。未來是會持續推動的，但就第 4 條之 3 要做貯流設施；305 條保水面積要 50% 的空地，它都是階段性的，那現在規定 45 毫米要調整為 60 或 105 毫米皆須透過一段時間，未來會朝試辦計畫發展，LID 的試用狀況是否與我們所想的相同，手冊是否需要更正，在這個步驟下再來考量法律是否要修正。</p>
	<p>若學校想把 LID 知識做一個傳承、延續或是擴散，您認為這樣子的技術適合規劃在大學部或研究所？若在大學部是屬基層專業或進階專業？適合那些科系學生學習？</p>	<p>若非涉及設計技術層面，如 LID 目的是什麼？為什麼需要 LID 改善都市環境？故我認為可放在大學部通識課程中，它可以是普及教育，讓大家擁有 LID 概念。但若是涉及細部設計層面等實質內容，建議可放到研究所。另建議景觀、都市計畫、土木水利、環境工程、建築等科系學生都可學習 LID 相關專業知識。</p>

參考文獻

1. Alfredo, K., Montalto, F. and Goldstein, A. (2010) “Observed and Modeled Performances of Prototype Green Roof Test Plots Subjected to Simulated Low- and High-Intensity Precipitations in a Laboratory Experiment” *Journal of Hydrologic Engineering ASCE* 15: 444-457.
2. Bengtsson, L., Grahn, L., and Olsson, J. (2005) “Hydrological function of a thin extensive green roof in southern Sweden” *Nordic Hydrology* 36(3):259-268.
3. Dietz, M. E. and Clausen, J. C. (2007) “Stormwater runoff and export changes with development in a traditional and low impact subdivision” *Journal of Environmental Management DOI.1016/j.jenvman. 2007.03.026*.
4. Dietz, M.E. (2007) “Low Impact Development Practices: A Review of Current Research and Recommendations for Future Directions” *Water Air Soil Pollut* 186:351–363.
5. Guo, James C.Y. (2004) “Hydrology-Based Approach to Storm Water Detention Design Using New Routing Schemes” *ASCE J. of Hydrologic Engineering, Vol 9, No. 4, July/August*
6. Haselbach Liv M., Srinivas Valavala, Felipe Montes. (2006) “Permeability predictions for sand-clogged Portland cement pervious concrete pavement systems” *Journal of Environmental Management, 81(1): 42-49*.
7. Guo, James C.Y., Blackler, G., Earles, T., and MacKenzie, K. (2010) “Incentive Index Developed to Evaluate Storm-Water Low-Impact Designs” *Journal of Environmental Engineering ASCE* 136 (12): 1341-1346.
8. Earles, T., Guo, J. C.Y., MacKenzie, K., Clary, J., and Tillack, S. (2010) “A Non-Dimensional Modeling Approach for Evaluation of Low Impact Development from Water” *Water Quality to Flood Control, Low Impact Development* 2010: 362-371. doi: 10.1061/41099(367)32
9. Blackler, G. and Guo, James C.Y. (2013) “Paved Area Reduction Factors under Temporally Varied Rainfall and Infiltration” *ASCE Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 139(2), 173-179*.
10. Guo, James C.Y. (2008) “Runoff Volume-Based Imperviousness Developed for Storm Water BMP and LID Designs” *ASCE J. of Irrigation and Drainage Engineering, Vol.134, No. 2, 193-196*.

11. High Point 社區網頁 <http://www.thehighpoint.com/>
12. <http://creating-a-new-earth.blogspot.tw>
13. <http://forums.permaculturenews.org>
14. <http://water.epa.gov>
15. <http://www.alliedinspection.com>
16. <http://www.dec.ny.gov>
17. <http://www.extension.org>
18. <http://www.gravesdesigngroup.com>
19. <http://www.igra-world.com/>
20. <http://www.nyc.gov/>
21. Hutchinson, D., Abrams, P., Retzlaff, R., and Liptan, T. (2003) “Stormwater monitoring two ecoroofs in Portland, Oregon, USA” First Annual Greening Rooftops for Sustainable Communities Conference, Awards and Trade Show, Chicago, IL.
22. Joint Steering Committee for Water Sensitive Cities (2009) “Evaluating Options for Water Sensitive Urban Design”
23. Kazmierczak, A. and Carter, J. (2010) “Adaptation to climate change using green and blue infrastructure. A database of case studies”
24. Lucas, W., She, N., and Liu, J. (2003) “Advanced LID Experimental Array: Shenzhen University, Guangdong Province, China” World Environmental and Water Resources Congress 2012:203-212.
25. Monterusso, M. A., Rowe, D. B., Russell, D. K., and Rugh, C. L. (2004) “Runoff water quantity and quality from green roof systems” *Acta Horticulturae* 639:369-376.
26. Moran, A., Hunt, W., and Jennings, G. (2004) “Greenroof research of stormwater runoff quantity and quality in North Carolina” NC State University, A&T State University, Cooperative Extension ISSN 1062-9149
27. Natural Resources and Water (2007) “Queensland Urban Drainage Manual”
28. New York City Department of Environmental Protection (2012) “Guidelines for the Design and Construction of Stormwater Management System”
29. Prince George’s County , Maryland Department of Environmental Resources

- Programs and Planning Division (1999) “Low Impact Development Hydrology Analysis”
30. Toronto and Region Conservation Authority (2010) “Low Impact Development Stormwater Management Planning and Design Guide”
 31. University of Arkansas Community Design Center UACDC (2010) “Low Impact Development a design manual for urban areas”
 32. US Army Corps of Engineers (2010) “HEC-HMS 3.5 Users Manual”
 33. US EPA (2009) SUSTAIN--A Framework for Placement of Best Management Practices in Urban Watersheds to Protect Water Quality
 34. US EPA (2010) SWMM 5.0 Users Manual
 35. US EPA (2013) “Stormwater Management for TMDLs in an Arid Climate: A Case Study Application of SUSTAIN in Albuquerque, New Mexico”
 36. Washington State University (2012) “Low Impact Development Technical Guidance Manual for Puget Sound”
 37. 內政部建築研究所 (2012) 「社區及建築基地減洪防洪規劃手冊」。
 38. 內政部建築研究所 (2012) 「氣候變遷下都市地區滯洪空間之規劃」。
 39. 內政部建築研究所委託研究報告 (2012) 「社區及建築基地減洪防洪規劃手冊研擬」，國立臺灣海洋大學編撰。
 40. 水利規劃試驗所 (2012) 「土地利用型態變遷對逕流影響之評估研究 (1/2)」。
 41. 水利規劃試驗所 (2012) 「都市防洪示範區之研究—以臺南市為例」。
 42. 王雯雯、趙智杰、秦華鵬 (2012) 「基于 SWMM 低衝擊開發模式水文效應模擬評估」，北京大學學報 (自然科學版)，第 48 卷第 2 期，第 303~309 頁。
 43. 王雯雯 (2012) 「基於 SWMM 的低衝擊開發模式水文效應模擬評估」，北京大學學報。
 44. 西雅圖市政府網頁 <http://www.seattle.gov/>
 45. 江介倫、許駿騰、胡茵婷、吳若穎 (2009) 「地理資訊系統及 HEC-HMS 應用於中小集水區降雨逕流模擬」，坡地防災學報，第 8 卷第 2 期。
 46. 宋志斌、黃明君、馬建軍 (2008) 混凝土透水磚的研制，河北工程大學學報，第 25 卷第 2 期，第 13~16 頁。
 47. 何媚華 (2014) 「中永和地區都市排洪系統最佳管理措施之探討」，國立臺灣大學土木工程學系碩士論文。

48. 汪中和 (2004) 「臺灣降雨的長期變化及對環境的衝擊」。
49. 波特蘭市政府網頁 <http://www.portlandoregon.gov/>
50. 芝加哥市政府網頁 <http://www.cityofchicago.org/>
51. 雨水貯留浸透技術協會 平成 18 年 (2006) 「戸建住宅における雨水貯留浸透施設設置マニュアル」
52. 張振秋、吳曉泉、陳智豐 (2003) 「透水性混凝土路面磚的研究」, 全國建築科學核心期刊, 第 159 期, 第 41~43 頁。
53. 張凱堯、張麗秋、張斐章 (2006) 「結合空間推論與遺傳演算法校驗 SWMM 模式」, 臺灣水利。
54. 深圳市市場監督管理局 (2011) 「深圳市低衝擊開發雨水綜合利用技術基礎規範」
55. 歐信宏 (2001) 「HEC-HMS 降雨—逕流模式應用之研究」, 國立成功大學水利及海洋工程學系碩士論文。
56. 歐陽慧濤、喻新、賴志鈞、陳怡君 (2008) 「HEC-HMS 模式最佳化分析工具於流域參數檢定之應用—以蘭陽溪流域為例」, 國立宜蘭大學工程學刊第 4 期, 第 75~84 頁。
57. 羅育華 (2010) 「HEC-HMS 結合 ArcGIS 於新店溪上游之應用」, 淡江大學水資源及環境工程學系碩士班論文。
58. 羅偉峻 (2013) 「考量減洪效果下中和地區最佳雨水貯集系統設計」, 國立臺灣大學土木工程學系碩士論文。
59. 唐穎 (2010) 「SUSTAIN 支持下的城市降雨逕流最佳管理 BMP 規劃研究」, 北京清華大學工學環境學院碩士論文。
60. 陳宜隆 (2012) 「應用 SUSTAIN 模擬生態校園地表逕流之削減能力—以臺北科技大學為例」, 國立臺北科技大學土木與防災研究所碩士論文。
61. 施明言 (2013) 「應用 SUSTAIN 模式模擬非點源污染削減能力—以鳶山堰集水區為例」, 國立臺北科技大學土木與防災研究所碩士論文。