



LOW
IMPACT
DEVELOPMENT

水環境低衝擊開發設施操作手冊



內政部營建署

序　　言

內政工作範圍廣泛，每項業務都與民眾權益及生命財產安全密切相關，為了帶給民眾更安全、安定及安心的生活，威仁認為首應落實「以臺灣優先、對人民有利」的施政理念。

受限於先天地理環境條件，及近年來各種人為設施的興建，都市開發不透水鋪面的使用持續增加，集水區逐漸喪失原有的保水能力，導致地表逕流量大幅增加，在全球氣候變遷的衝擊下，人口密集的都市地區將面對更大的防洪壓力。因此在土地開發使用過程中納入「低衝擊開發」的概念，減輕環境負荷及其造成的負面衝擊，已是全球趨勢。

內政部身為國土規劃管理、都市基礎建設及災害預防救助主管部門，有責任將「低衝擊開發」潮流的概念，落實在國土規劃建設，並對相關法規增修以及操作示範手冊編訂，可供國內相關機關及民間參考運用，共同推動辦理，以收廣大可觀的效果；本手冊實質內容效益涉及都市生態景觀，運用「低衝擊開發 (LID)」設施，達到涵養水源的目標，同時減少都市暴雨淹水情形、美化都市改善生態、減少都市熱島效應，未來將「低衝擊開發」技術引入國內都市開發與公共營建工程，降低開發對自然的衝擊效應。

期盼「低衝擊開發」領域的論述可從本書開始，也希望國內這方面領域專家學者或業界，持續給予本部指導，並提供相關論點與經驗一起奠定更堅實的基礎，為臺灣創造更好未來。

內政部部長

陳威仁

過去多年來的經濟成長，讓臺灣躋身於高國民所得的已開發國家行列，但肇因於過度或不當開發而來的土壤與河川污染、土石流、水庫優養化、地層下陷、海岸流失等生態失衡問題也慢慢浮現，隨著全球氣候變遷逐漸加劇，未來將面臨更為嚴峻的環境挑戰。

受限於先天地理環境，臺灣可利用之水資源原本就已稀少，隨著經濟發展與人口成長，人類日常活動對水資源的需求遽增，也無可避免地對環境產生衝擊。早期強調水資源開發，其後則因受大自然反撲而轉著重於治山防洪，但隨著民眾休閒及環保意識抬頭，生態環境營造逐漸成為現今追求的目標，而結合治水防洪及環境營造的低衝擊開發（Low Impact Development, LID）恰可輔助並強化此目標之達成。

低衝擊開發是以分散式、小規模的就源處理設計，透過貯存、滲透、蒸發及延遲逕流，並以生態系統為根基的暴雨管理方法，並且可帶來涵養水源、美化城市、改善生態環境及降低都市熱島效應等附加價值。本手冊針對透水鋪面、綠屋頂、生態滯留單元、樹箱過濾設施、植生溝、雨水桶、滲透陰井／滲透側溝等 7 項 LID 設施的建置技術進行詳細說明，並建立效能評估指標與提供案例示範進行解說，實為低衝擊開發領域奠定得以持續穩健發展的基石。

本人欣見低衝擊開發領域一直有眾多學者先進勤勉不懈地耕耘、努力，不僅促成低衝擊開發領域的開展，社群內部的交流也堪稱豐沛。我相信，具有前瞻性的學術性論著，必能收拋磚引玉之效，帶動、激發更多更豐富的智慧交流與激盪。

前內政部部長



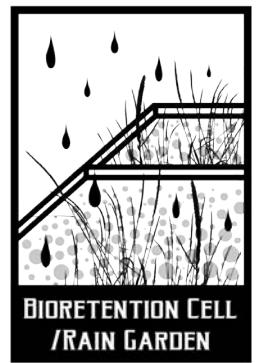
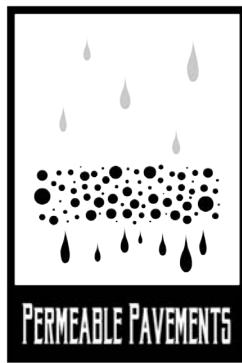
過去即使先進國家擬定國家政策時，往往著重考量於達成產業發展升級或提升國家競爭力的目標，對於人類與自然環境間的關係著力未深，而忽視了土地開發造成的環境及容受力的負擔，也因此未顧及其潛在風險。經濟發展雖提升了都市的生活品質，但也同時造成生態環境的劣化。

本手冊所言的「低衝擊開發」，乃是透過貯存、滲透、蒸發及延遲逕流等方式進行暴雨管理，目的在減少地表逕流的發生，並降低因土地開發造成的環境衝擊。都市中開發程度殊異的不同區域，可導入之低衝擊開發的方式與設施亦需隨之變換，以老舊社區為例，可供利用之空間受限，公共設施用地雖可優先考量導入 LID 設施，卻有限縮原本使用目的的可能，如何能兼顧環境、生活品質，降低開發對環境的衝擊。

希冀本手冊能成為國內在低衝擊開發領域研究與執行過程中的重要參考書籍之一，使國內工程界將低衝擊開發的理念，應用於未來國內的各項開發工程的規劃原則，引領國內開發工程進入的新紀元。

內政部營建署署長

許文龍





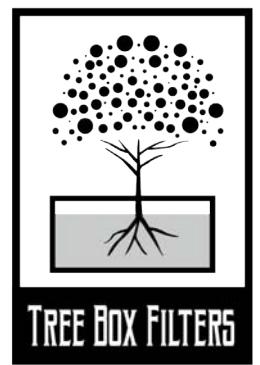
RAIN BARRELS



GRASS SWALES



INFILTRATION WELL
/INFILTRATION GUTTER



TREE BOX FILTERS

Low Impact Development
低衝擊開發設施





目錄

前言

第壹章 ----- 002

導讀

第貳章 ----- 020

低衝擊開發設計流程

第參章 ----- 026

低衝擊開發設施設計原則

第肆章 ----- 166

水環境低衝擊開發設施評估指標

第伍章 ----- 176

案例操作示範





前言

面對氣候變遷與高度都市化帶來的水環境問題，國內各單位借鏡國外經驗陸續提出相關因應措施與調適策略，如行政院環保署為減輕降雨沖刷地表、建築物所產生之逕流非點源污染對環境水體之衝擊，於 102 年編訂「降雨逕流非點源污染管理 (BMPs) 技術指引與技術手冊」；而內政部建築研究所為落實永續減災之營建政策，於 102 年完成「社區及建築基地減洪防洪規劃手冊」，提供社區及建築基地透過低衝擊開發理念達成減洪或防洪設計之參考，減少都市化造成之負面水環境影響；另於 104 年發行了「屋頂綠化技術手冊」，期望建築物亦能肩負降低都市熱島效應及提升基地保水能力之責任。

本署為我國國土資源規劃、利用與管理之中央主管機關，不論是從因應氣候變遷下擬定土地調適策略角度視之，或為減輕土地開發造成之衝擊，均責無旁貸。本署持續參酌各先進國家之調適策略與作法，並考量國內之環境，認為導入具保水減洪、水質淨化、降低都市熱島效應、提升景觀美質之低衝擊開發設施 (Low Impact Development, LID)，為較佳之調適方案，並能兼顧滿足各單位欲達成之目的與需求；基此，於 104 年完成「水環境低衝擊開發設施操作手冊編製與案例評估研究計畫」，並編撰本工具書，提出各項低衝擊開發設施之設計原則，方便各界於設計時有所參據，以作為推動低衝擊開發之基石，期望達成營造優質、便捷、安全及永續發展的生活環境，並提升都市抗洪耐災能力。

何謂低衝擊開發設施
低衝擊開發設施定位
相關法源基礎
適用對象

1

導讀



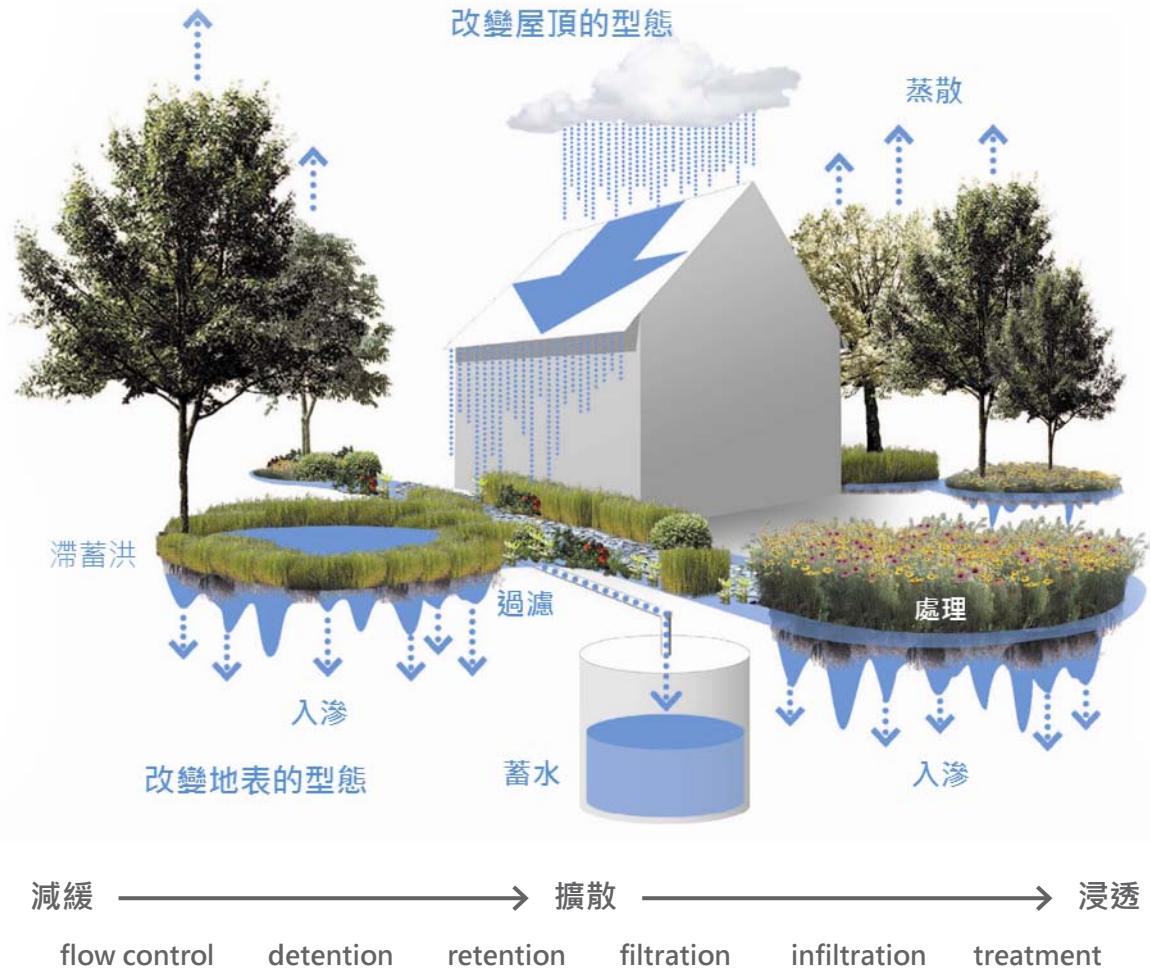
何謂低衝擊開發設施

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、蒸發及延遲逕流等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。部分先進國家目前雖未統一使用 LID 一詞，但皆有相似之暴雨管理概念。



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。雖然名稱不同，但具有「減低暴雨逕流」、「淨化水質」與「以提升生態效益及景觀功能為周邊效益」等功能者，皆可視為LID設施。





LID 設施之型式相當多元，本手冊針對其中之透水鋪面、綠屋頂、生態滯留單元、樹箱過濾設施、植生溝、雨水桶、滲透側溝及滲透陰井等設施，分別提出其設計原則及說明，提供設計者參考。



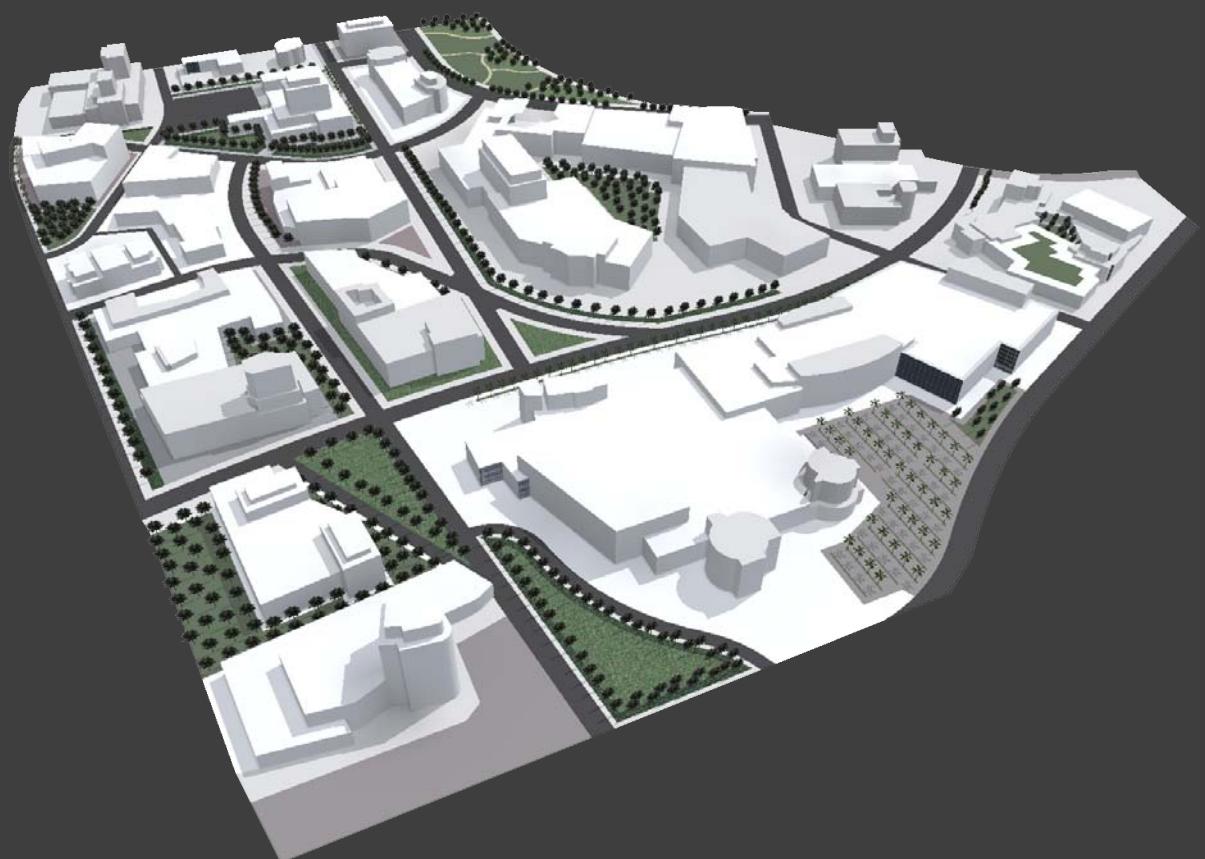
LID 設施定位

LID 設施對於控制降雨逕流，主要應用於分佈式小尺度的在源處理，針對高頻率、較短延時降雨量，從源頭進行水質水量維護，提供保水之功能性，部分負擔基地內現有基礎設施之逕流量，提升因開發而導致水文條件改變下之承受力。



LID 設施主要效益包括減洪、水質改善、環境綠化、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，但並不包含削減高重現期距暴雨事件洪峰量。

相關法源基礎



中央法規

LID 設施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，繼續透過《建築技術規則》編修，增加住居地區防洪能力。

建築技術規則

- (1) 建築設計施工編第 4-3 條：法規內容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，訴求基地開發逕流增加內部化處理。
- (2) 建築設計施工編第 298 條：新建建築物應具備促進建築基地涵養、貯留、滲透雨水功能之設計。
- (3) 建築設計施工編第 305 條：規定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，訴求基地涵養、貯留、滲透雨水功能。



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，以二十五年發生一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。並應以一百年發生一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）應依據二十五年發生一次暴雨強度設計，排水支線（如涵管）應依據十年發生一次暴雨強度設計，排水分線（如U型溝）應依據五年發生一次暴雨強度設計。



地方法規

目前各地方政府（台北市、新北市、臺南市與高雄市）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。

以台北市為例，「臺北市市有新建建築物設置雨水回收再利用實施要點」，原則上是依循建築設計施工編第 4-3 條的概念，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」則遵循建築設計施工編第 305 條之概念，係訴求透過雨水貯留、滲透等相關工法，產生有利於環境與景觀的多元效益。

臺北市市有新建建築物設置雨水回收再利用實施要點

臺北市市有新建建築物之雨水貯留利用率，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。

臺北市公共設施用地開發保水作業要點

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 平方公尺以上者，應依據「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- 法定建蔽率）。



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之最小貯留量需以建築申請基地面積乘以 0.05 計算貯留體積，而允許放流量以建築申請基地面積乘以 1.9×10^{-5} 計算之，設計放流量範圍則應介於 0.85 倍允許放流量及允許放流量之間。

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、增建或改建之五層樓以下非供公眾使用之住宅區及商業區建築物，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 0.01~0.045 (立方公尺/平方公尺) (係數依建築面積而定) 。

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，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。



適用對象

1. 土地開發廠商
2. 工程規劃與設計人員
3. 相關政府管理機關

本手冊主要提供各項設施的設計原則給上述對象參考與評估，以利其可適當應用於相關設計。



確定場址實施範圍
資料蒐集與場址分析
決定設計目標
LID 設施適用性評估
LID 設施佈置規劃
效能評估
LID 開發設施設計
監測與維護管理規劃

2

低衝擊開發設計流程

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，並有詳盡的場址分析，方能使所設計之 LID 設施達到設定的需求目標。基此，初擬 LID 設施設計流程，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（如右圖所示）。

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：

確定場址實施範圍

整體而言，高度都市化地區設置 LID 設施較具效益。在都市計畫區中，若場址周遭地表活動易產生污染源（如加油站、高流量交通或重工業），則較不適合導入 LID 設施。是故設計 LID 設施時，應先確認場址範圍與其環境整體狀況是否適合施作，避免資源浪費。

資料蒐集與場址分析

確認實施範圍後，應蒐集場址相關基本資料進行分析，如：

(1) 地文資料：

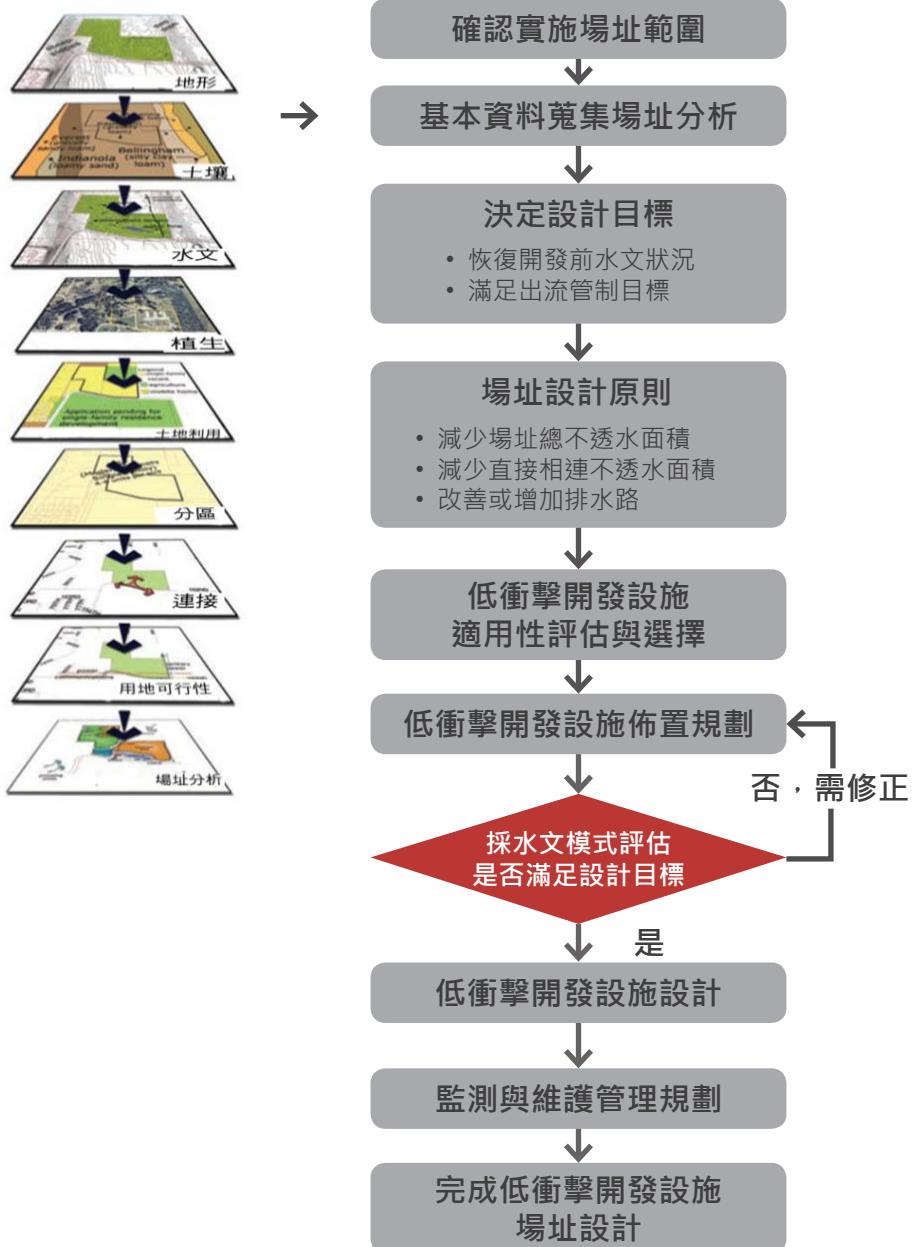
應包含實施場址地形地勢、坡度坡向、土壤條件、地下水位、開發前後之土地利用型態。

(2) 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，並建議同時蒐集過往水文分析的成果進行對照。

(3) 雨水下水道系統資料

低衝擊開發設計流程



低衝擊開發設施設計流程圖

低衝擊開發設計流程

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），可由中央訂定全國一致之標準，惟地方政府若有較嚴格之規定，則從其規定（詳細內容可參閱「水環境低衝擊開發設施評估指標」一節）。

LID 設施適用性評估

整體而言，LID 設施較適用於高度開發之都市地區，如都市地區之公園（例：現有景觀設施可用「雨水花園」取代）、庭院、停車場、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。另應就場址現況及地下設施進行評估與選擇，亦即 LID 設施之選用優先順序需因地制宜。舉例來說，臺灣人行道下方一般常埋設電力、電信、自來水、瓦斯等管線，其設置 LID 設施將會受管線上方覆土深度限制，此時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。

LID 設施佈置規劃

適用設施挑選完成後，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比例約為 1:4 ~ 1:10。LID 設施的選址原則包括：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，並需配合前述場址分析成果進行確認。

效能評估

為確保低衝擊開發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，則重新調整原有之低衝擊開發設施選用與佈置規劃內容。

LID 開發設施設計

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。在透過水理模式確認 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由集流路徑蒐集至 LID 設施，而在設施單元設計上須將地表高程差與土壤改良兩個要素列入考量。

監測與維護管理規劃

LID 設施施工完成後，後續之監測與維護管理計畫應續行配合，才可以使 LID 設施持續發揮效能。

* 相關設施單元設計原則可參考內政部營建署「水環境低衝擊開發設施操作手冊編製與

案例評估計畫」總結報告第陸章。

整體設計原則

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

滲透側溝及滲透陰井

3

低衝擊開發設施設計原則

整體設計原則

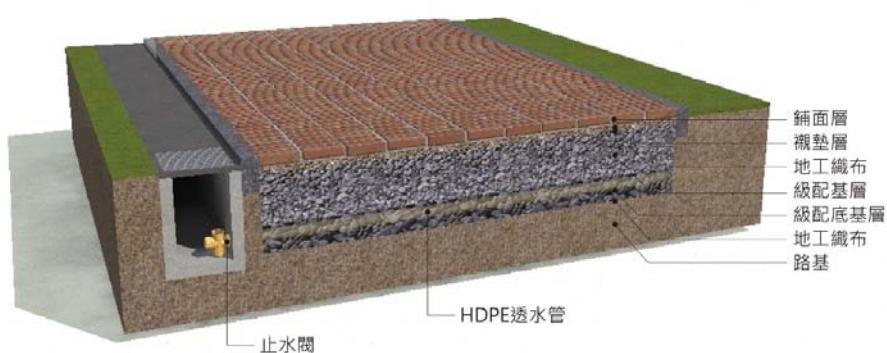
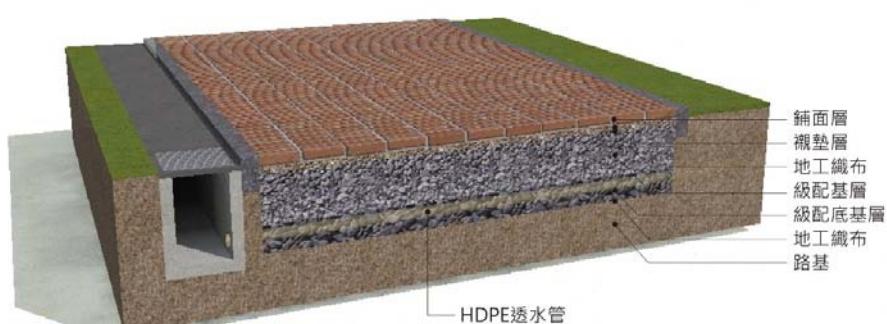
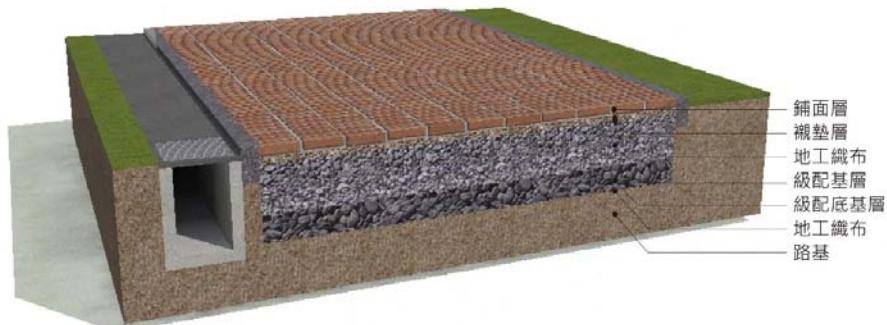
本章主要說明各項 LID 設施基本之設計原則、設施標準結構與材料、注意事項及維護管理等，內容除參考國外相關 LID 設施技術手冊外，亦參考國內與 LID 設施相關之技術手冊，如環保署「降雨逕流非點源污染最佳管理技術 (BMPs) 手冊」、內政部建築研究所「屋頂綠化手冊」及營建署「透水性鋪面養護工法參考手冊」等。是以本章內容雖與上述各手冊內容有差異，惟仍不致於產生衝突或影響設施功能，故建議設計者除參考本手冊外，亦可依據現地狀況及自身需求參考其他技術手冊。

排水型式適用性

LID 設施的排水型式會與周遭土地使用類型、活動特性與路基土壤特性等因素有關，共有完全滲透型、部分滲透型與不滲透型等 3 種，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 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，且地基土壤之滲透綠介於 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，結構底層亦應鋪設不透水織布，另需於排水管出口設置轉接頭或閥門控制滲透與貯存水體的排除時間（需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，故以此種型式較為適用。

低衝擊開發設施設計原則



整體設計原則

適用場所

LID 設施整體而言較適用於高度開發之都市地區，適用場所包含停車場、庭院、公園、道路及都市間的公共設施空間，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。設施之選用優先順序需視需求而因地制宜，並非僅以成本及效能為考量因素。在同一個區域中，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。

設施對應集水面積

LID 設施之深度越深，其貯留效益越高，但仍應考量成本效益、施工方便性及與排水系統之連接，在無特殊需求下，整體深度以 1 公尺內為佳。另考量設施的處理能力與效益，設施面積與其對應之集水面積比例建議介於 1:4 至 1:10 之間。

排水管出口

排水管出口應以銜接陰井為主，以利後續的維護管理，且高程也較易配合。若因高程因素導致設施排水管難以配合現地排水系統，在不考慮改變現地或排水系統高程時，建議可將排水管改採下列方式之一進行處理：

- (1) 延伸至較下游區域連接陰井；
- (2) 導引至貯留調節池；
- (3) 以溢流方式排入道路側溝；
- (4) 以壓力系統進行抽排導入雨水下水道系統。

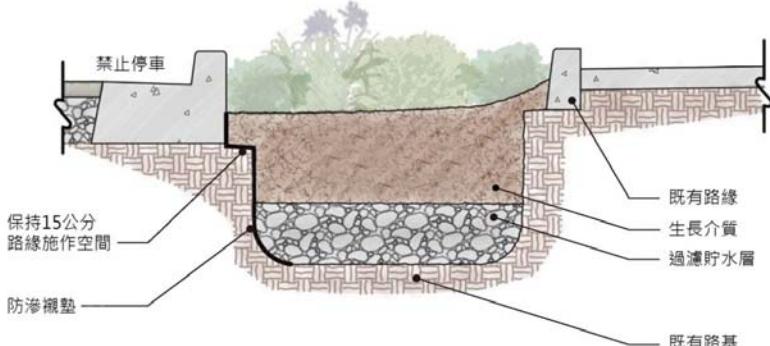
監測管

設置監測管之目的在透過觀測水位變化情形，瞭解設施運作情形，並評估其功能。管壁需打孔，管體採透明壓克力材質且需延伸至設施底部，外部包覆透水地工織布以防止顆粒進入。

分隔設施

當滲透型 LID 設施與重要結構設施（如重要道路或建築物）相鄰或為避免污染地下水質，需設置分隔設施限制其橫向與垂向滲透，例如在設施底部與周圍均鋪設不透水地工織布，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，可利用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（粘土襯墊或土工膜襯墊，且須配合使用排水管系統）分隔兩邊的土層來限制橫向滲透（如下圖）。



有防滲襯墊的生態滯留單元示意圖

整體設計原則

出流控制

設施設置初期入滲率高致使出流量較大，可透過裝設閥門維持貯留效果，惟將使維護管理較困難，故僅設置於配合監測井之排水管出口處，其餘則裝置口徑 0.5~1.0 公分之轉接頭（若為系統共用者，尺寸需配合調整）。當設施整體透水效益隨時間因阻塞降低時，再移除轉接頭以延長設施的生命週期。

設施最終入滲率與孔隙率要求

透過試驗成果*，LID 設施的級配層孔隙率需不低於 25%，並將最終入滲率設計介於 5~8 公分 / 小時，使貯水區水量可於每次暴雨事件過後的 8~12 小時內排乾，以利設施能持續發揮功能。

地下管線

臺灣人行道下方一般常埋設電力、電信、自來水、瓦斯...等管線，LID 設施設置將受限於管線上方覆土深度及管線易腐蝕程度，前者可於鋪面下方採透水混凝土或非連接型鋪面等硬底結構設計，後者則可於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。

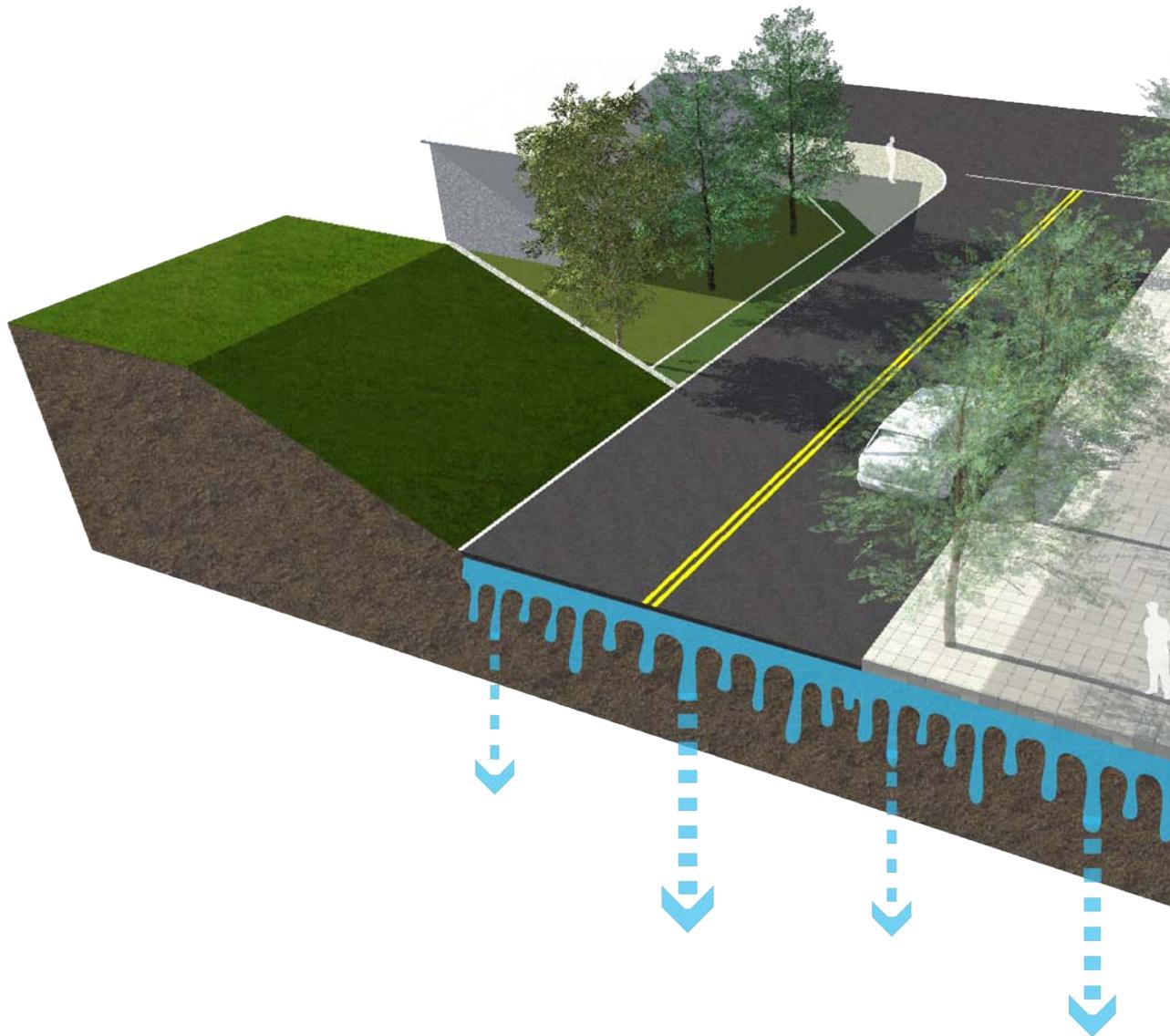
* 可參考內政部營建署「水環境低衝擊開發設施操作手冊編製與案例評估計畫」總結報告。

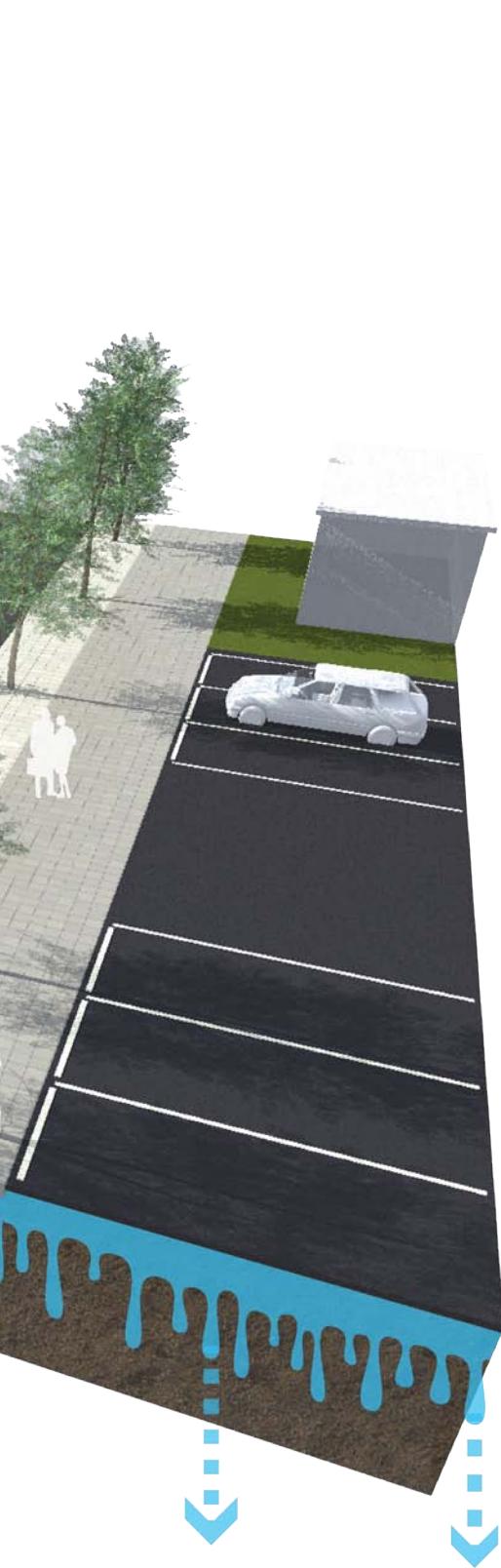
設施功能檢查

- 1、以量化方式確認 LID 設施之滲透機能，例：於排水管出口利用計量容器量測固定時間內的滲透杯數，確認固定時間內的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與設施的滲透機能。

透水鋪面

PERMEABLE PAVEMENTS







透水混凝土



灌木

植栽

灌木

透水混凝土



植栽

造土

透水鋪面

PERMEABLE PAVEMENTS

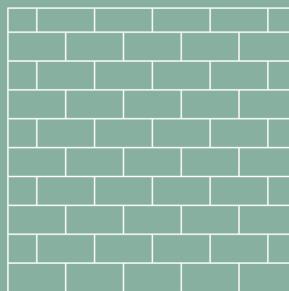


資料來源：Stormwater Management Guidance Manual

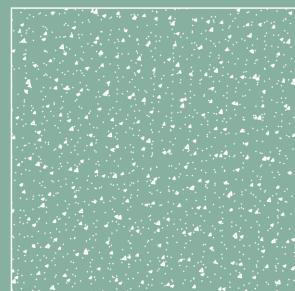


資料來源：PerviousConcrete, Inc.

透水混凝土磚



透水混凝土鋪面



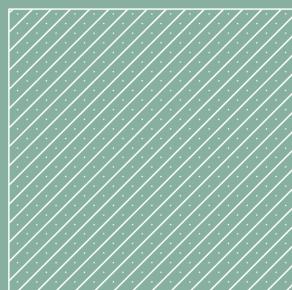


資料來源 : IncParker Pacific Inc

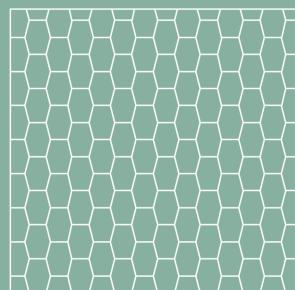


資料來源 : E-Landscape Specialty Solutions, LLC

多孔隙瀝青鋪面



非連續拼接或鏤空鋪面



透水鋪面 PERMEABLE PAVEMENTS

設施單元訂定

設施說明

透水鋪面 (permeable pavement) 係將透水性良好之材料或高孔隙率之級配應用於面層與底層，使雨水直接通過多孔性人工鋪面滲入路基土壤，利用滲透和表面蒸發處理地表逕流，讓水可還原於地下，減少施作排水設施，並減輕排水系統的負擔。依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。另有利用鋪面與鋪面間隙透水之非連續拼接或鏤空鋪面，例如俗稱植草磚之混凝土格框鋪面 (concrete grid pavements) 。分別說明如下：

透水鋪面類型：

- (1) 透水混凝土磚
- (3) 多孔隙瀝青鋪面
- (2) 透水混凝土鋪面
- (4) 非連續拼接或鏤空鋪面

透水混凝土磚

為使用水泥、粒料、摻和物、化學添加劑及其他無機物質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。

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。

多孔隙瀝青鋪面

具高孔隙率之排水性材料，又名開放級配瀝青混合料（因為除去傳統密級配瀝青混合料中之中等粒料骨材），其空隙率約 20% 左右，能使降於鋪面上的水由大量的孔隙迅速滲透至路基，避免在鋪面上形成水膜，減少行車打滑與水沫飛濺的現象，甚至可降低噪音。

非連續拼接或鏤空鋪面

為目前最常見之鋪面磚，常見之植草磚即屬此類，但易與透水混凝土磚混淆。非連續性拼裝塊狀鋪面通常多為不透水，其鋪面之間的間隙填入細砂，鋪面下採用透水性底層（如無細骨材混凝土、砂土層），鏤空鋪面則直接提供植被生長的環境及水流入滲，可供人車行走而不至造成植物壞死。

公共工程委員會所列之管式透水鋪面，係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，同屬利用間隙入滲貯水，故亦劃歸於本類項下。



透水混凝土鋪面



非連續拼接鋪面

透水鋪面 PERMEABLE PAVEMENTS

透水鋪面適用性：

- ▲ 都市高密度開發地區
- ▲ 停車場及低交通量的道路
- ▲ 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

適用性

透水性鋪面之強度較一般道路或排水性路面低，故適合用於荷重條件較溫和（低、小、輕）的行人步道、自行車道、廣場或公園等開放空間；在適當維護下，亦可設置於停車場及低交通量的道路。臺灣由於人行道寬度較不足，比起其他 LID 設施，更適合施作透水鋪面。

透水混凝土鋪面之抗壓強度較傳統混凝土路面低，載重力受限，雖可用於車流較大之區域，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應用於高速公路多年，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採用；透水混凝土磚一般適用於人行步道、公園或廣場等區域。

設計原則

完整之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（在要求較佳水質狀況下，可用過濾貯水層取代）、地工織布、排水管等。

各層設計原則說明如下：

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設施，其材料、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	<p>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 ($5,000 \text{ psi}$) 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 ($7,000 \text{ psi}$) 以上。</p> <p>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 $1/3$。</p> <p>C、透水性鋪面若有 5~10 公分之路緣，可防止水流擴散，提升入滲效益。</p> <p>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 $1.5\text{~}2\%$，縱坡度應小於 8%。</p> <p>E、透水鋪面之滲透係數 k 值應大於 10^{-2} 公分 / 秒，而孔隙率應大於 15%。</p>

透水鋪面結構：

- ▲ 鋪面層：6~15 公分
- ▲ 排水管：直徑 5~15 公分
- ▲ 襯墊層：3~5 公分
- ▲ 地工織布
- ▲ 級配基層：15~45 公分
- ▲ 級配底基層或過濾貯水層：15~25 公分

透水鋪面 PERMEABLE PAVEMENTS

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 公厘細砂或 2~4 公厘粗砂（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 公厘）。

設計厚度 襯墊層厚度一般約介於 3~5 公分，建議不大於 5 公分為宜。

設計注意事項 材料應採經過水洗，潔淨乾燥，且質地堅硬之粒料。

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 20% 之回收建材。

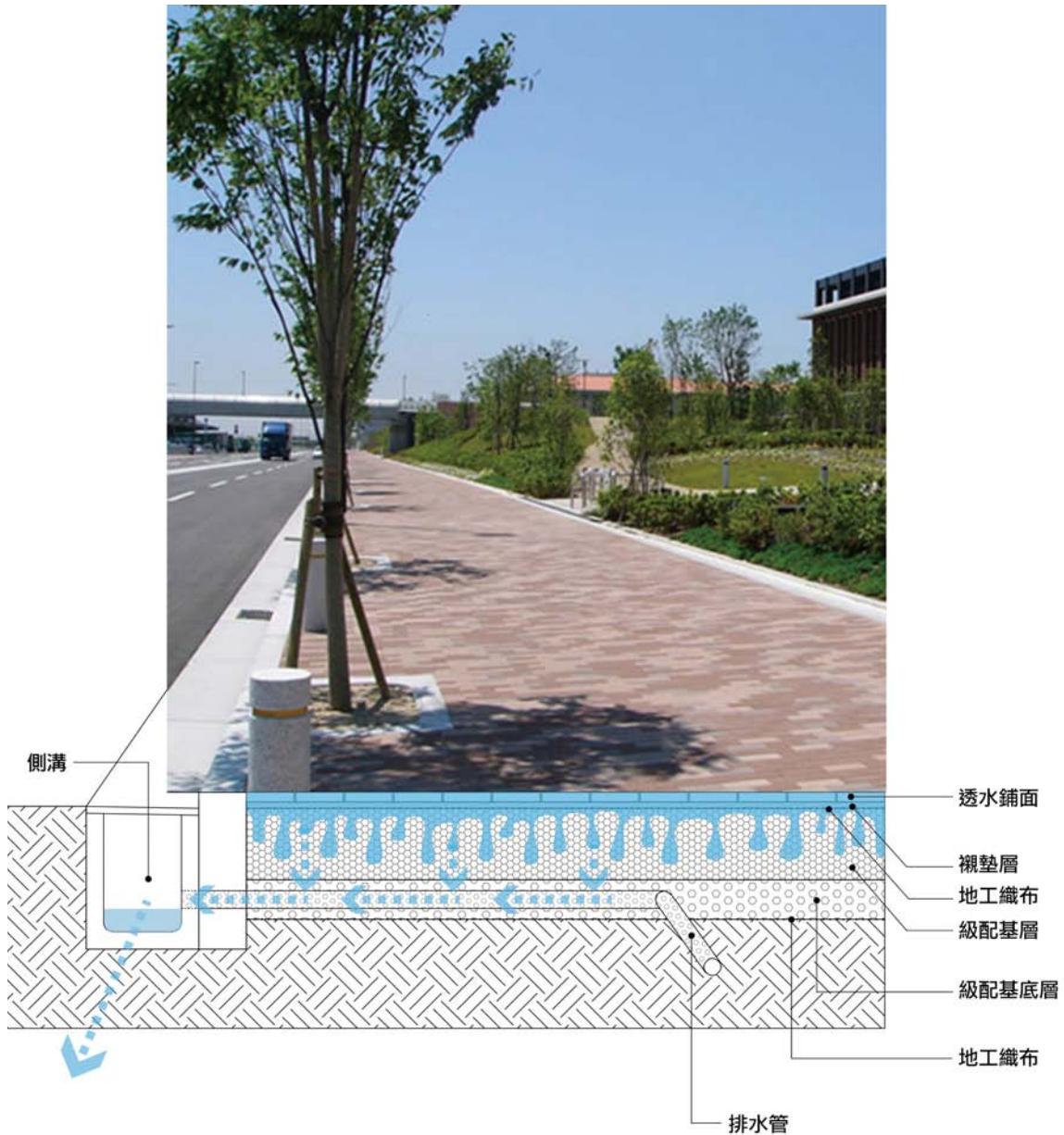
設計厚度 級配基層設計厚度應同時滿足逕流貯存量及結構承載要求，設計厚度越大其保水量與承載能力較高，但仍需因地制宜。美國科羅拉多州丹佛地區「都市暴雨管理技術手冊（USDCM, 2011）」及奧勒岡州波特蘭地區「都市暴雨管理技術手冊（SWMM, 2014）」均建議級配基層厚度應為 15 公分以上。因此層為主要貯水區，考量臺灣降雨量大且保水需求較高，故建議設計厚度應介於 15~45 公分之間。

設計注意事項 A、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。

B、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。

低衝擊開發設施設計原則

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。



透水鋪面 PERMEABLE PAVEMENTS

ASTM 規範粗骨材標準尺寸表

Size No.	Nominal Size Square Openings	4"	3 1/2"	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"
		100mm	90mm	75mm	63mm	50mm	37.5mm	25mm
1	3 1/2" to 1 1/2"	100	90~100	-	25~60	-	0~15	-
2	2 1/2" to 1 1/2"	-	-	100	90~100	35~70	0~15	-
24	2 1/2" to 3/4"	-	-	100	90~100	-	25~60	-
3	2" to 1"	-	-	-	100	90~100	35~70	0~15
357	2" to No. 4	-	-	-	100	95~100	-	35~70
4	1 1/2" to 3/4"	-	-	-	-	100	90~100	20~55
467	1 1/2" to No. 4	-	-	-	-	100	95~100	-
5	1" to 1/2"	-	-	-	-	-	100	90~100
56	1" to 3/8"	-	-	-	-	-	100	90~100
57	1" to No. 4	-	-	-	-	-	100	95~100
6	3/4" to 3/8"	-	-	-	-	-	-	100
67	3/4" to No. 4	-	-	-	-	-	-	100
68	3/4" to No. 8	-	-	-	-	-	-	-
7	1/2" to No. 4	-	-	-	-	-	-	-
78	1/2" to No. 8	-	-	-	-	-	-	-
8	3/8" to No. 8	-	-	-	-	-	-	-
89	3/8" to No. 16	-	-	-	-	-	-	-
9	No. 4 to No. 16	-	-	-	-	-	-	-
10	No. 4 to 0	-	-	-	-	-	-	-

3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 8	No.16	No.50	No.100
19mm	12.5mm	9.5mm	4.75mm	2.36mm	1.18mm	0.3mm	0.15mm
0~5	-	-	-	-	-	-	-
0~5	-	-	-	-	-	-	-
0~10	0~5	-	-	-	-	-	-
-	0~5	-	-	-	-	-	-
-	10~30	-	0~5	-	-	-	-
0~15	-	0~5	-	-	-	-	-
35~70	-	10~30	0~5	-	-	-	-
20~55	0~10	0~5	-	-	-	-	-
40~85	10~40	0~15	0~5	-	-	-	-
-	25~60	-	0~10	0~5	-	-	-
90~100	20~55	0~15	0~5	-	-	-	-
90~100	-	20~55	0~10	0~5	-	-	-
90~100	-	30~65	5~25	0~10	0~5	-	-
100	90~100	40~70	0~15	0~5	-	-	-
100	90~100	40~75	5~25	0~10	0~5	-	-
-	100	85~100	10~30	0~10	0~5	-	-
-	100	90~100	20~55	5~30	0~10	0~5	-
-	-	100	85~100	10~40	0~10	0~5	-
-	-	100	85~100	-	-	-	10~30

透水鋪面 PERMEABLE PAVEMENTS

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，級配底基層設計厚度應同時滿足逕流貯存量及結構承載要求，設計厚度越大其保水量與承載能力相對較高。因級配底基層亦為主要貯水區，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，不一定需進行此區的設計，但須增加級配基層厚度。

設計注意事項 A、同級配基層前兩點設計注意事項。

B、級配底基層的底部應為平面，俾使逕流能均勻地滲透過整個表面。如果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。

過濾貯水層 (filter gravel course)

功能 若對水質處理有較高的需求，可以過濾貯水層取代級配底基層，置於級配基層的下層，主要可過濾自鋪面表層流至底層所夾帶的雜質，具有控制滲透速率與過濾水質功能。

材料選用 建議採公共工程委員會第 02726 章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。過濾貯水層之貯水能力不如級配底基層，故欲提高貯水能力，可替換為級配底基層。

設計厚度 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)」，建議過濾貯水層設計厚度採 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。

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，以確保可在一定時間內將級配基層貯水區及級配底基層貯水區的貯留水量導引至排水系統，以維持設施之入滲及貯水能力，避免設施排水過慢，難以在降雨場次較為密集時發揮貯留功能。
材料規定	需為多孔排水管。
設計尺寸	本手冊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，原則約每 5 公尺設置 1 條多孔排水管。
設計注意事項	<ul style="list-style-type: none">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。

地工織布 (geotextile)

功能	主要功能包括排除水份、過濾、加勁及防止土料流失、預防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，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（例：石質儲水槽）覆蓋在較細粒的原生土壤上時，地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。
----	---

透水鋪面 PERMEABLE PAVEMENTS

材料規定

地工織布應符合公共工程委員會第 02342 章地工織物之規定。

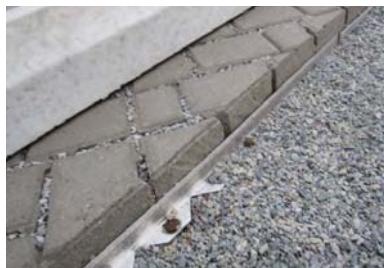
設計注意事項

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。

整體設計注意事項

邊緣固定設施

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有金屬、塑膠細條及混凝土，其中以混凝土材質最佳，如鑄式混凝土路緣。



透水鋪面的金屬邊緣



透水鋪面停車格周邊的混凝土路緣

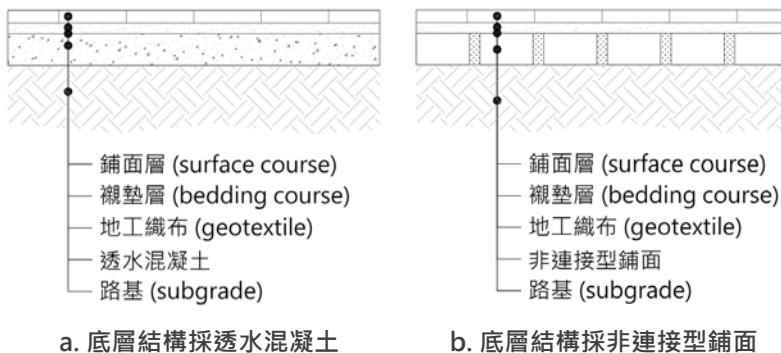
資料來源：Low Impact Development Stormwater Management Planning and Design Guide (2010)

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）

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。

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，以改善不均勻沉陷與級配層夯實不良等種種問題。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。



施工注意事項

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」之施工規定，且需保持適當密度與透水機能。

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」及第02722章「級配粒料基層」及第02794章「透水性鋪面之一般要求」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次靜態壓實）。設備操作員應避免急加速、急剎車及在壓實層上面的急轉彎，以使基底表面不受擾亂。

透水鋪面 PERMEABLE PAVEMENTS

地工織布

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

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、防止機器設備及人員進入鋪設中的襯墊層，以維持襯墊層表面的均勻。

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」之施工規定。

基本設計圖

人行道透水鋪面

表面以透水磚鋪設，主要結構組成由下而上為路基、地工織布、級配底基層、級配基層、地工織布、襯墊層及透水磚，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，因為兩者的厚度會反映於承載力及貯水能力，故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，且最少都不應低於 15 公分；襯墊層厚度建議為 5 公分；透水磚厚度則建議為 6~8 公分，以提供足夠之承載力。



人行道透水鋪面

資料來源：www.phillywatersheds.org

停車場透水鋪面

分為停車格及車道，前者由下而上主要結構組成為路基、地工織布、級配底基層、級配基層、地工織布、襯墊層及植草磚（或透水瀝青）；後者之組成結構與前者相似，但因車行較頻繁，最上層改用耐損度較高的多孔隙瀝青。

停車場需要更高之承載力，故級配底基層需 15~30 公分，級配基層需 15~60 公分，因為兩者的厚度會反映於承載力及貯水能力，建議級配底基層以 30 公分、級配基層以 60 公分為佳，最少都不應低於 15 公分；襯墊層建議為 5 公分，植草磚（空隙回填沃土及植草）則建議至少為 10 公分，以提供足夠承載力。

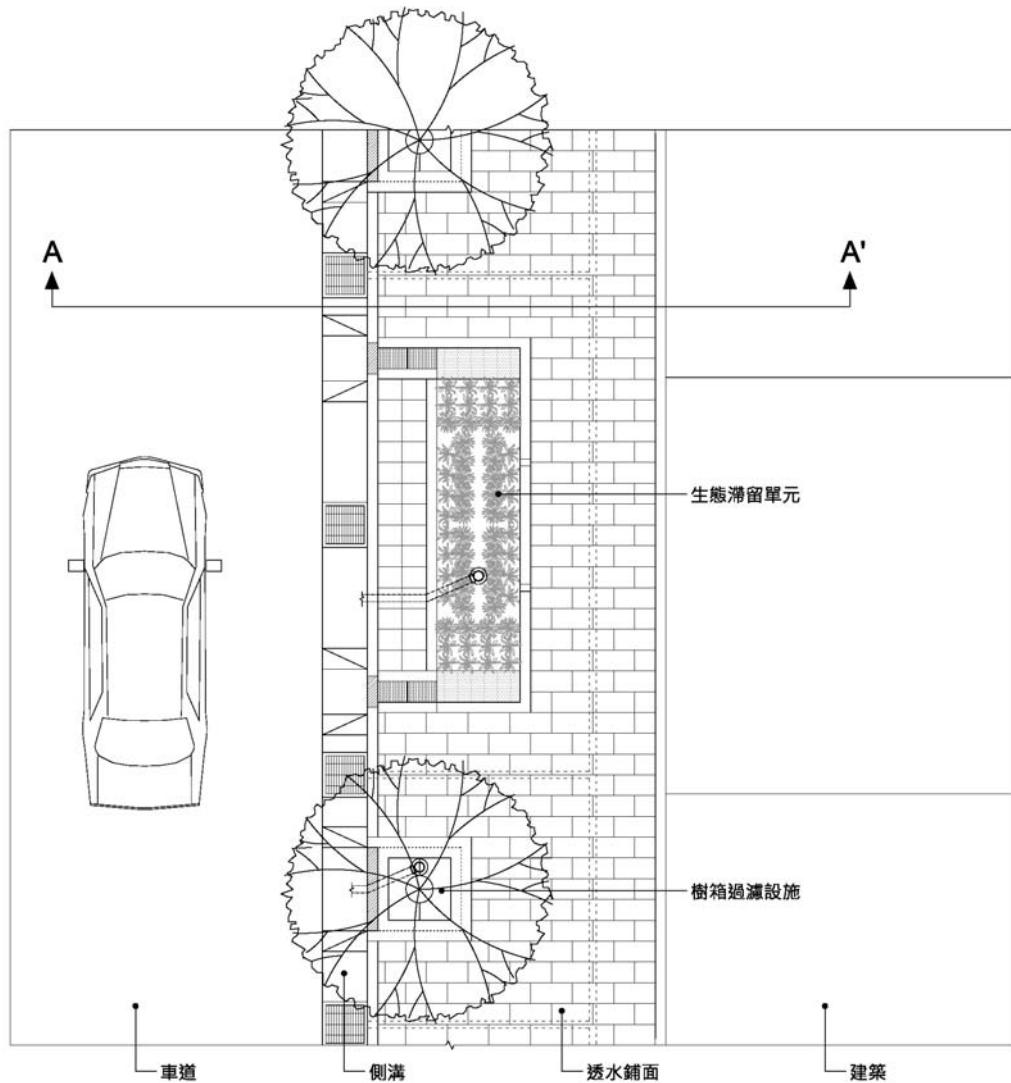
停車格邊緣設計連續路緣石，並於路緣石外側之級配基層上鋪設約 15 公分厚之礫石，當產生瞬間暴雨而透水鋪面滲透不及時，積水便可從路緣石溢流進外側礫石區，快速下滲進基層及底基層貯留，防止逕流漫溢。



停車場透水鋪面

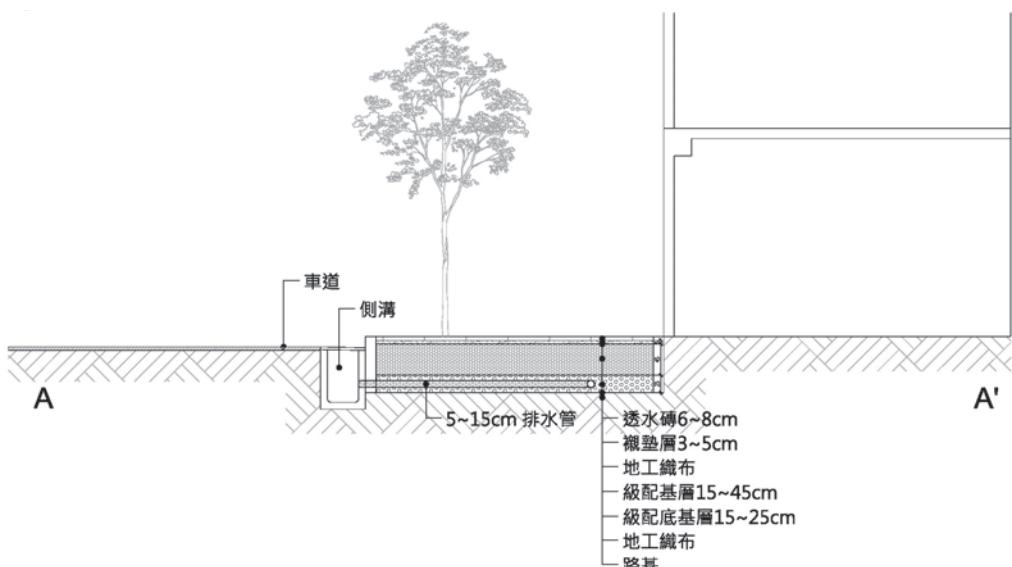
透水鋪面

PERMEABLE PAVEMENTS



透水鋪面 (人行道) A-A' 平面配置圖

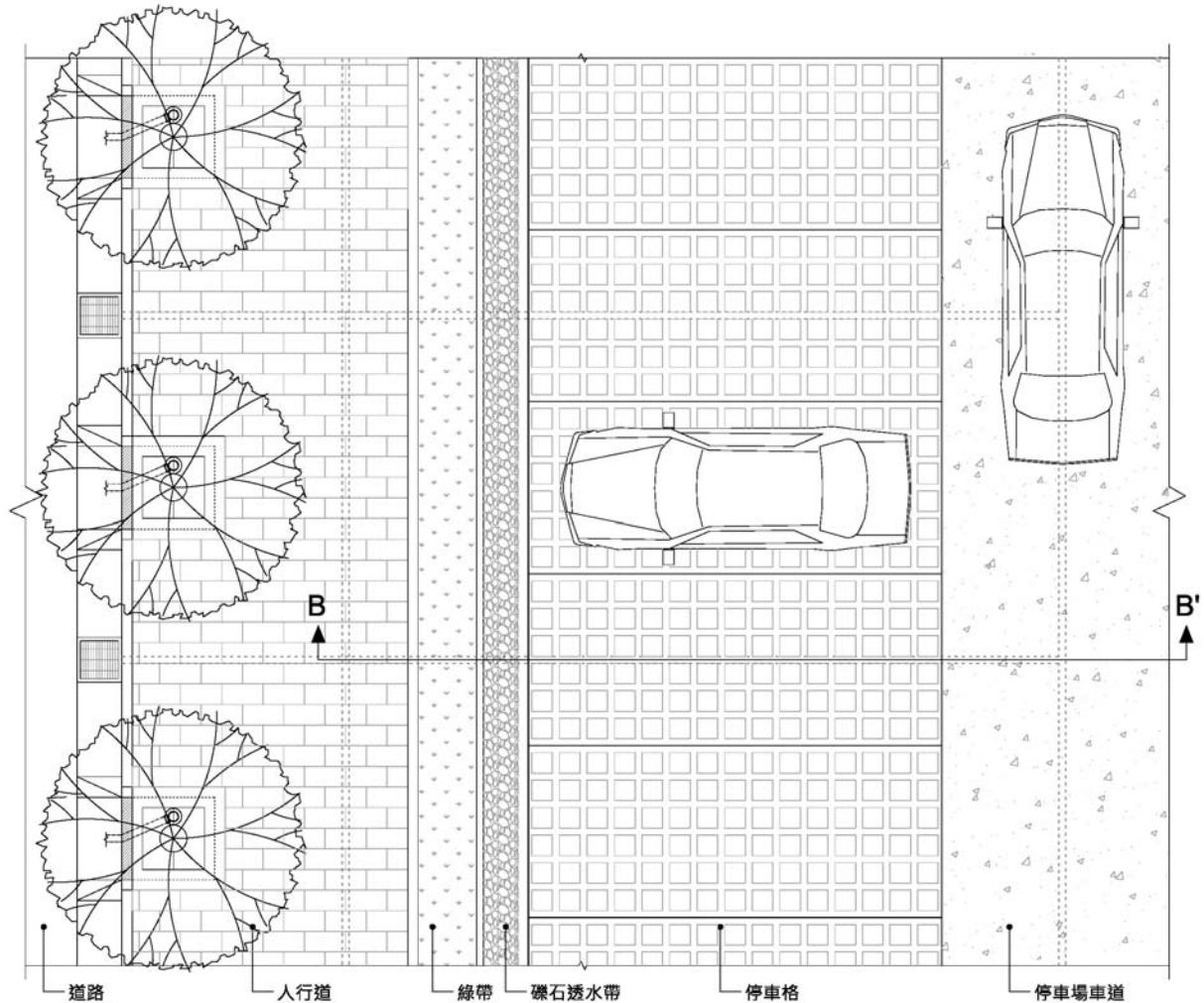
低衝擊開發設施設計原則



透水鋪面 (人行道) A-A' 剖面圖

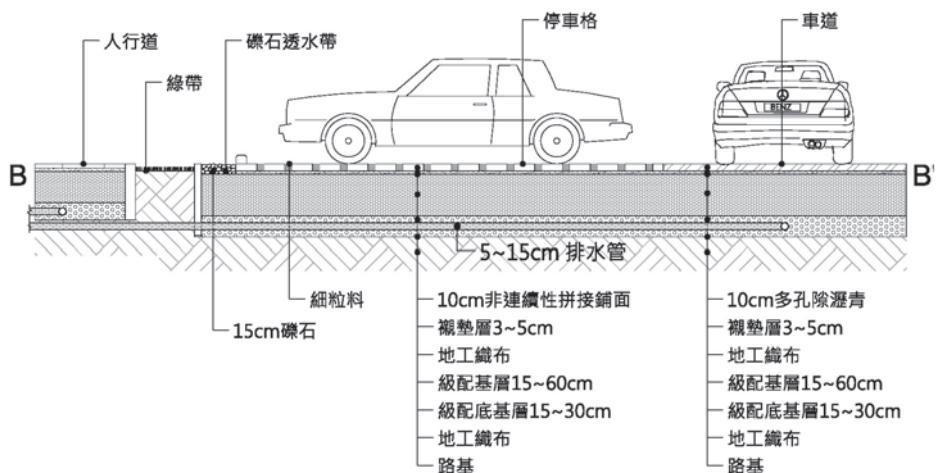
透水鋪面

PERMEABLE PAVEMENTS



透水鋪面 (停車場) 平面配置圖

低衝擊開發設施設計原則



透水鋪面 (停車場) B-B' 剖面圖

透水鋪面

PERMEABLE PAVEMENTS

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下表所示。每平方公尺透水鋪面約2,000~3,000元左右，視結構深度、材質及類型會有所變化。

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($\phi 10cm$)	m	1.00	500	500
地工織布(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。

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($\phi 10cm$)	m	1.00	500	500
地工織布(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。

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 ($\phi 10\text{cm}$)	m	1.00	500	500
地工織布 (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。

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 ($\phi 10\text{cm}$)	m	1.00	500	500
地工織布 (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。

透水鋪面 PERMEABLE PAVEMENTS

生命週期

透水性鋪面在適當安裝和維護下，其使用壽命約可達 15~20 年。

維護項目、頻率與成本

維護項目

在完工及開放使用後，透水性鋪面的效用隨時間遞減，其空隙率及排水能力會隨車輛碾壓及灰塵石屑堵塞而降低，適時實行養護作業，可使鋪面維持一定服務水準並延長使用壽命。

本手冊參考公共工程會施工規範第 02794 章「透水性鋪面之一般要求」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：

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：先利用小螺絲起子或刮刀清除第 1 塊需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，需先將襯墊層的砂耙鬆才可移除，移除的砂可再使用，惟應注意砂中若有混合其餘材料，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，可利用挖土機或是人工方式進行挖除，其挖除範圍亦如同襯墊層之範圍，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。

透水鋪面 PERMEABLE PAVEMENTS

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。

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。

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。

維護頻率

- (1) 舉面完工後前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) 舉面應於每年雨季來臨前檢測透水性，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。較佳維護時機分別為早春(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。

維護成本

高壓水柱沖洗之成本：30元/平方公尺。

綠屋頂

GREEN ROOF





綠屋頂

GREEN ROOF

設施單元訂定

設施說明

綠屋頂 (green roof) 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，其效益有：改善淨化水質、利用生長介質及貯水區貯存雨水並透過植物蒸散排去 (多餘雨水透過暗渠或溢流口經由建物排水系統排除) 、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，而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。型態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是影響因素。國內近年綠屋頂之發展已逐漸興起，相關案例如照片所示。



粗放型綠屋頂



精養型綠屋頂

資料來源：newinteriorhome.com

茲就各類型綠屋頂分別說明如下：

粗放型綠屋頂

粗放型綠屋頂多屬輕量系統，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，屬低維護需求且有效率的暴雨管理系統。

精養型綠屋頂

精養型綠屋頂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。

半精養型綠屋頂

半精養型綠屋頂為前兩者之組合，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的雨水，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一座花園。

綠屋頂類型：

粗放型：生長介質層較薄，多種植草本及地被植物

精養型：生長介質層較厚，植栽包含草本植物到小型喬木，較具觀賞價值

半精養型：粗放型及精養型之組合

綠屋頂

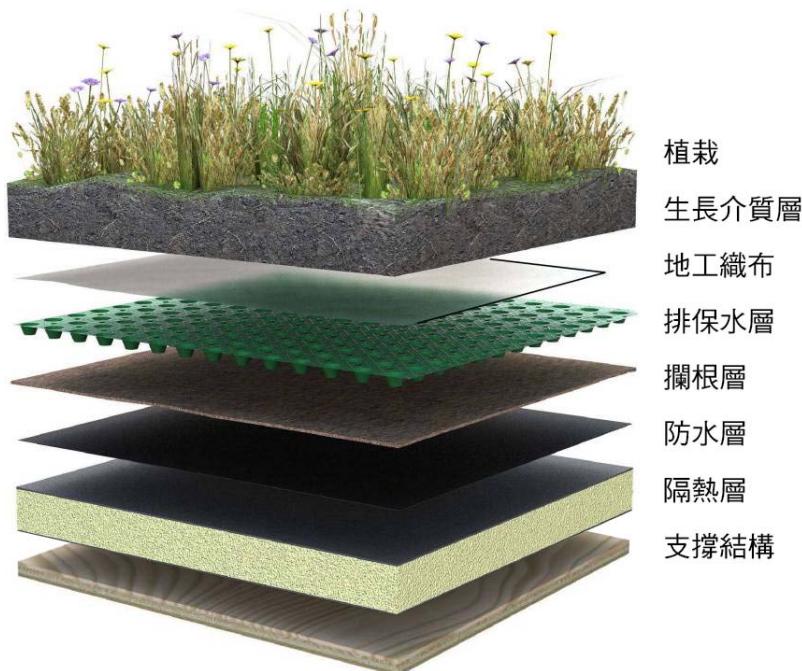
GREEN ROOF

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。

設計原則

完整之綠屋頂設計結構由上往下依序為：植栽層、生長介質層、地工織布、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：



綠屋頂組成結構剖面示意圖

資料來源：impressivemagazine.com

基本組成結構：

- ▲ 植栽
- ▲ 生長介質層
- ▲ 地工織布
- ▲ 排保水層
- ▲ 攔根層
- ▲ 防水層
- ▲ 支撐結構

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

植栽選擇以低矮灌木(如：柃木屬、赤楠屬、黃楊屬、福建茶、楓港柿、栒子屬、偃柏)、草坪、地被植物等為主，具多樣性且限制少，並可遵循生物多樣性原則。在屋頂結構載重許可下可適量種植小喬木，嚴格控制大喬木。



福建茶 *Ehretia microphylla* Lam. 偃柏 *Juniperus procumbens* (Endl.)

B、粗放型綠屋頂

植栽以能適應嚴苛生長環境且不需太厚的生長底層之種類為優先，因為具有耐候性、淺根結構與水平生長習性，像是地被植物、多肉植物、部分開花性草本植物、球根、苔蘚植物、野花與其他多年生植物等，其中以長生草屬、景天科、匍匐百里香、蔥、草灰竹桃屬和菊科為常用植物。



匍匐百里香 (唇形花科) 石板菜 (景天科佛甲草屬)

綠屋頂

GREEN ROOF

一般粗放型綠屋頂之植栽選擇要點（張育森，綠屋頂的環境效益與相關技術探討，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：

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。

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。



銀紋沿階草（百合科沿階草屬） 斑葉到手香（唇形花科刺蕊草屬）

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。

綠屋頂

GREEN ROOF

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。

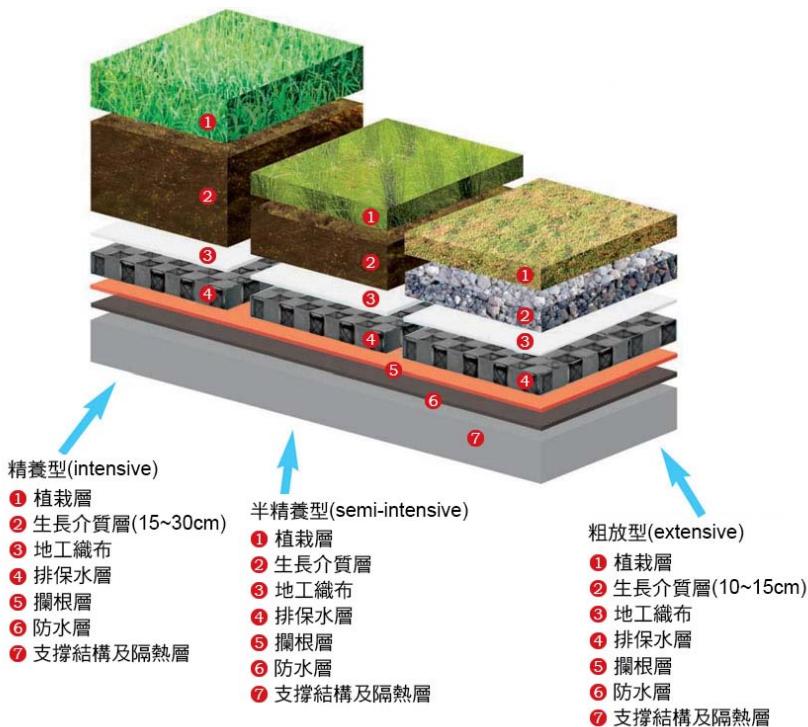
A、綠屋頂建議選用的生長介質特性包括以下 4 點：

- (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載力較低，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 g/cm^3 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 g/cm^3 及 0.8 g/cm^3 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，利用工、農業廢棄物進行資源化再利用成為生長介質是最佳方式。

B、綠屋頂生長介質為達到比重在 0.8 g/cm^3 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

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；主要還是以生態或景觀需求樹種決定覆土厚度。



綠屋頂生長介質層厚度示意圖

資料來源：www.arsystems.co.uk

綠屋頂

GREEN ROOF

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%。

地工織布 (geotextile)

功能 材料 選擇

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。

一般採用聚苯乙烯或聚丙烯纖維不織布。

設計 注意 事項

A、地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，一般地工織布約 5~10 年會被根系穿透，則需考量置換。

排保水層 (drainage layer)

功能

當生長介質層的水份飽和，多餘水份會貯集於排保水層，當飽和後則水份會釋出。此層一般以硬質的杯狀塑料排保水板來代替，平時可蓄積水份避免植物過度乾旱，降雨過多時水份則沿特殊設計溝槽排出，兼顧保水與排水，並可增加生長介質底部的曝氣量，有時亦具有攔根效果，可保護防水層。



排保水層 (Drainage layer)

資料來源：blog.sscottarboretum.org

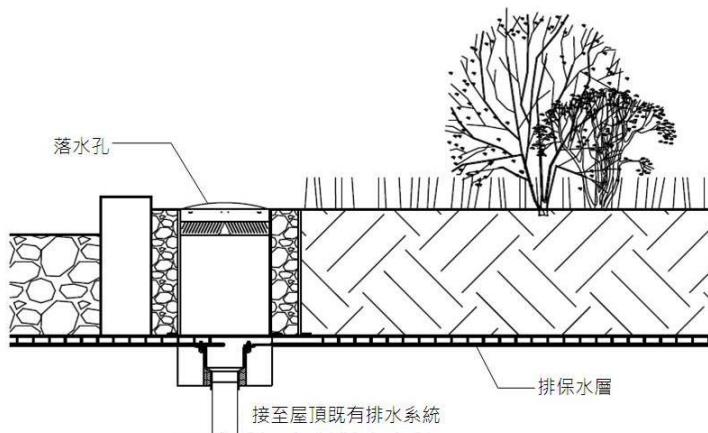
材料選用	包括各種顆粒狀介質（如：碎石、泡沫板、塑膠）或金屬的模距化單元（如：排保水板）。此層應根據屋頂排水溝情況設計，可選用單凸型、模組式、組合式等形式的排保水板或直徑大於 0.4~1.6 公分的陶石。
設計厚度	排水層設計厚度取決於屋頂結構的承重負載力及暴雨洪水保留需求。一般排保水板厚度約 4~5 公分；若採用碎石，則厚度宜鋪設 5 公分以上。
設計注意事項	<p>A、屋頂綠化排水系統必須與原屋頂排水系統連接，不得改變原屋頂排水系統。</p> <p>B、屋頂綠化應預留地面排水管線，設置落水頭，並保留檢修管道。落水頭排水口必須保持沒有碎屑或植物，並利用不鏽鋼板分離生長介質及覆蓋屋頂排水孔的礫石。鋼板穿有小孔，提供生長介質排水。設計示意圖如下圖所示。</p>



綠屋頂落水口

沖孔鋼板

資料來源：Urban Storm Drainage Criteria Manual



綠屋頂排水口與保排水層銜接設計示意圖

綠屋頂

GREEN ROOF

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、聚氯乙烯 (Polyvinylchloride, PVC) 、厚瀝青或攔根塗料等。



攔根層 (Root barrier)

資料來源：www.deeproot.com

防水層 (waterproofing membrane)

功能 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) 或聚氯乙烯 (PVC) 。

B、多層

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

(B) 雜排聚丙烯 (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。



防水層 (Waterproofing membrane)

資料來源：www.understandconstruction.com

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：

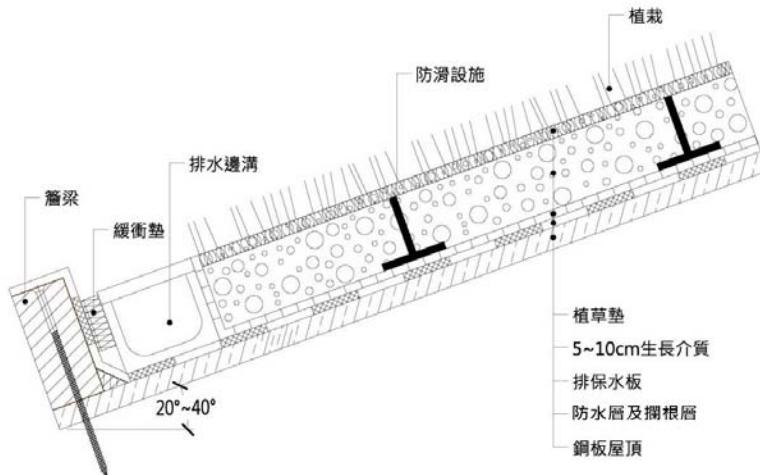
- A、可利用梁柱或牆壁支撐最大負荷的地方。
- B、綠屋頂之重量一旦超過 80 公斤 / 平方公尺，應需要結構工程師的專業諮詢。
- C、粗放型綠屋頂一般為厚度約為 8~15 公分，其重量不超過約每平方公尺約 165 公斤 / 平方公尺。
- D、精養型綠屋頂之屋頂結構承載能力應 ≥ 450 公斤 / 平方公尺 (營業性屋頂花園 ≥ 600 公斤 / 平方公尺) ；而粗放型屋綠屋頂之屋面承載能力應 ≥ 300 公斤 / 平方公尺。
- E、各類型植栽每平方公尺平均承載參考值如下：草皮約 20 公斤、草花約 40 公斤、灌木約 60 公斤、小喬木 (高度 3 公尺) 約 50 公斤 / 每株，依樹種而有差異。

綠屋頂

GREEN ROOF

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) 綠屋頂係被設計來截留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) 如果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，如下圖所示。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。



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) 精養型綠屋頂可依據生長介質設置滴灌或噴灌系統，如果灌溉系統使用暗管，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，同時提升植物對灌溉的依賴性，因此地下式灌溉是較好的選擇。

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：

(1) 綠屋頂施工工法可大略區分為兩種：

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。

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，厚度一致。

(3) 攔根層在生長介質層下，排保水層之上，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。

綠屋頂

GREEN ROOF

- 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。其以 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。



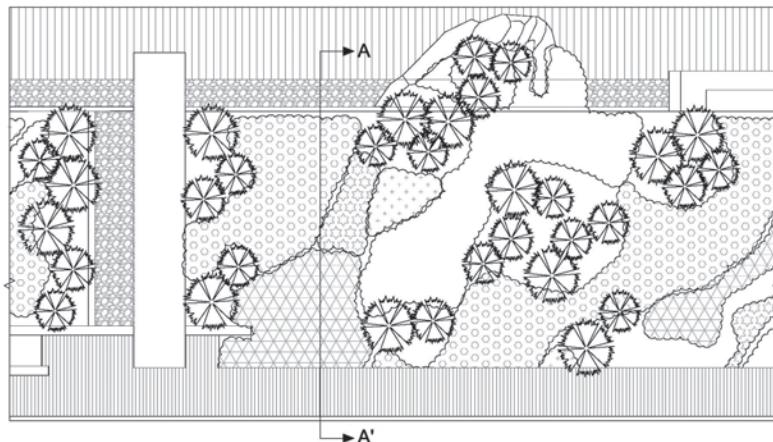
資料來源：intermountainrooftscapes.com

基本設計圖

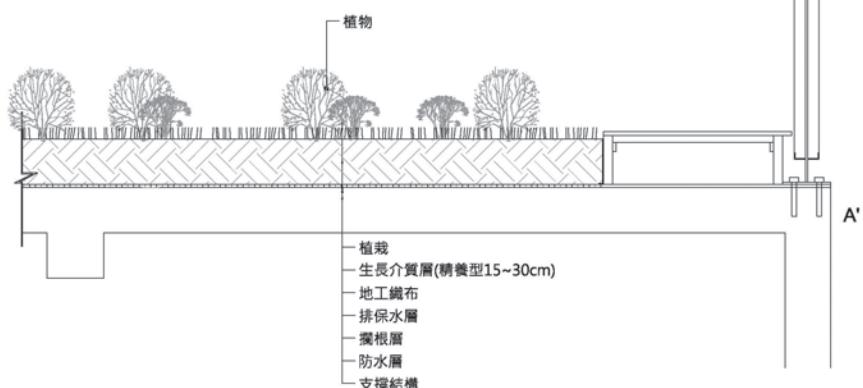
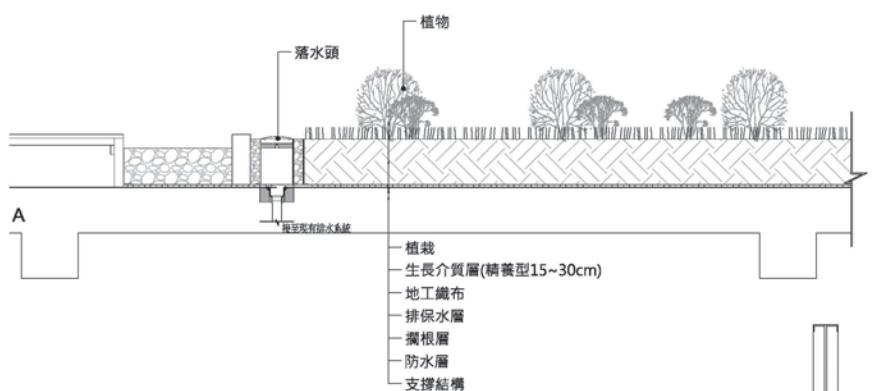
精養型綠屋頂基本設計如右圖所示。

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。



綠屋頂平面配置圖



綠屋頂 A-A' 剖面圖

綠屋頂

GREEN ROOF

建置成本分析

綠屋頂成本分析如下表所示。每平方公尺綠屋頂約 3,000~9,000 元左右，視採用類型、植栽種類及材料有所變化。

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
地工織布 (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。

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
地工織布 (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。

維護項目、頻率與成本

維護項目與頻率

灌溉

- A、綠屋頂完成第一年，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（例如在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。

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，前兩年的除草特別重要，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即進行病蟲害維護。

綠屋頂

GREEN ROOF

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、精養型每年兩次定期施肥，粗放型則為每年一次。
- E、每年一次施肥時，確認生長過程中所需之可溶性含氮量。

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，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。

維護成本

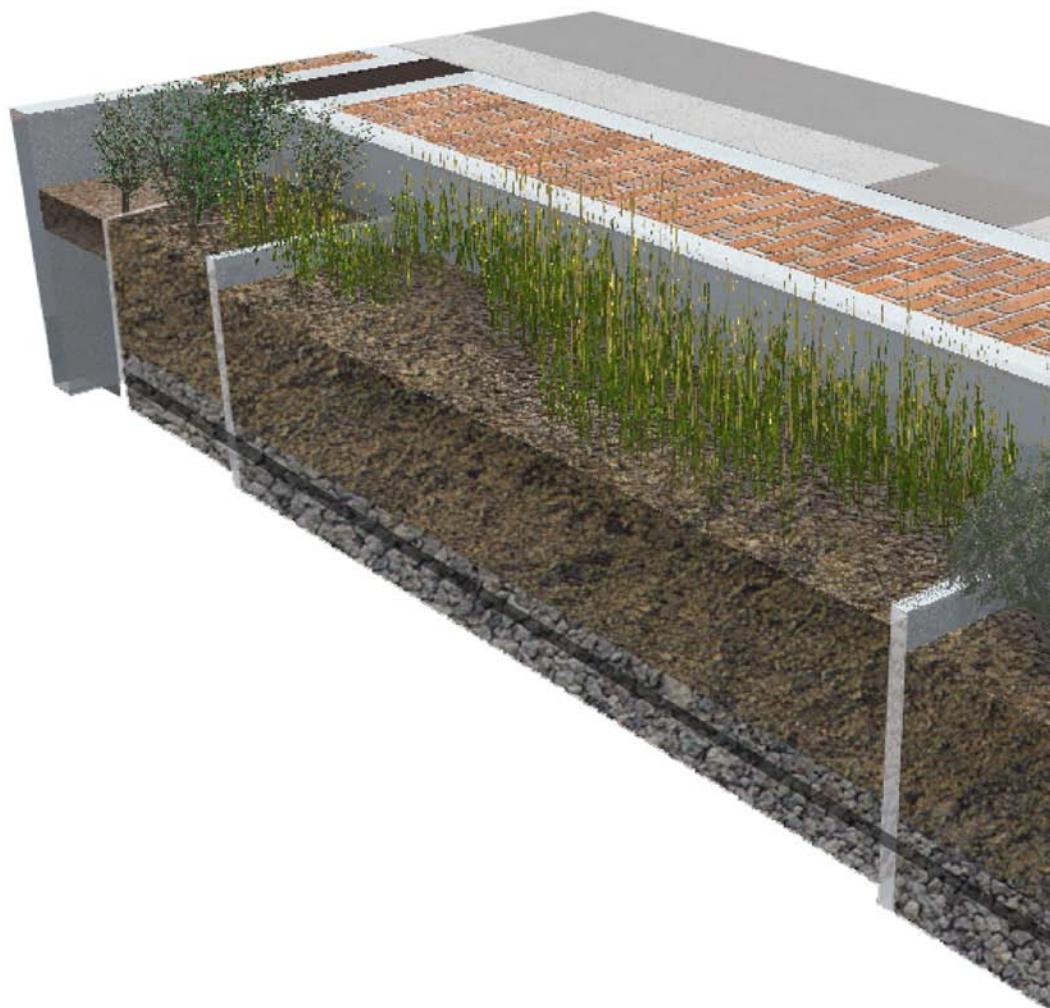
- (1) 前 2 年應至少每季修剪及清除雜草 1 次，而後應每年進行 1 次，每次 5,000~6,000 元。
- (2) 每 5~8 年更換滴灌系統馬達，每次 10,000 元。



資料來源：greenbuildingelements.com · www.irishfencing.com

生態滯留單元

BIORETENTION CELL





生態滯留單元 BIORETENTION CELL

設施單元訂定

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，依據設置之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，如右表所示。

類型：

形式依施作地點(如：道路及停車場分隔島、公共或建物景觀設施、人行道或路緣樹坑)而異。

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。

適用區域：

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。

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，就國內目前道路型態而言最為適用，道路雨水分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。	

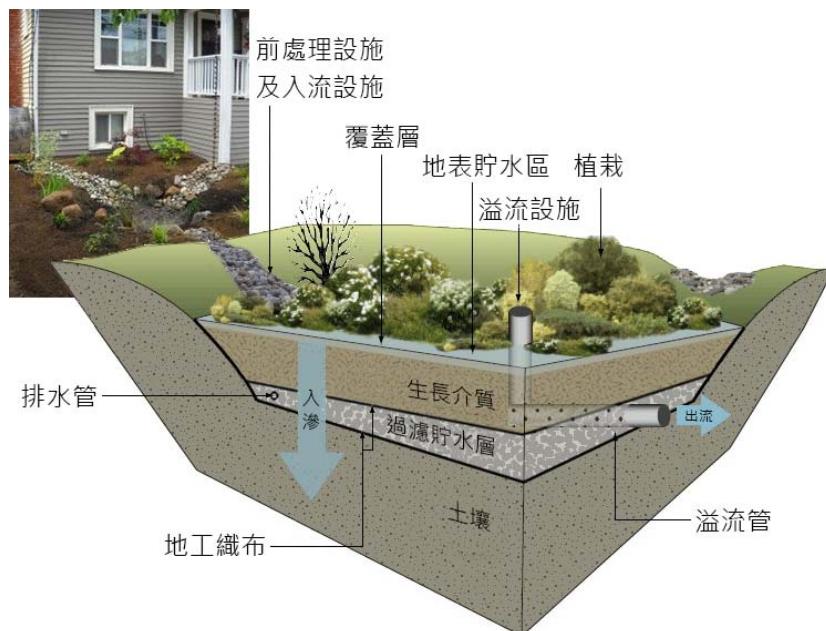
生態滯留單元 BIORETENTION CELL

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，分別說明如下：

基本組成結構

- ▲ 植栽
- ▲ 生長介質層
- ▲ 過濾層
- ▲ 排保水層
- ▲ 擋根層
- ▲ 防水層
- ▲ 支撐結構



生態滯留單元設計圖

資料來源：www.dceservices.org

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：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。



無路緣式入流設施

資料來源：olympiawagov

B、路緣切口式：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。



路緣切口式入流設施

資料來源：www.briannalehman.com

生態滯留單元 BIORETENTION CELL

型式

C、排水溝渠式：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。



排水溝渠式入流設施

資料來源：drystonegarden.com · Green Girl Land Development Solutions LLC

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。

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。



集水池式前處理設施



開放式前處理設施

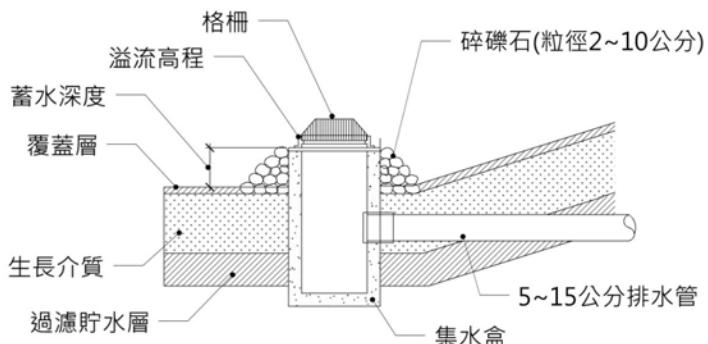
資料來源：www.wrrcvt.edu · njaes.rutgers.edu

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	<p>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。</p> <p>B、生態滯留單元之蓄水排乾時間應不超過 8~12 小時。</p> <p>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，並進行生物分解及汙染沉澱。</p>

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	<p>一般有垂直豎管與溢流堰 2 種型式：</p> <p>A、設置於生態滯留單元內之垂直豎管，溢流之水量會經由排水暗渠進入道路排水系統。</p> <p>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。</p>
設計注意事項	<p>A、溢流設施結構設計必須能有效排除設計流量。</p> <p>B、溢流高程應至少有 15 公分。</p>



溢流設施結構示意圖

生態滯留單元 BIORETENTION CELL

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：

- 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、粗砂級配可參考下表 或符合 ASTM C-33 之級配。

粗砂級配參考表

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

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。

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、建議可採公共工程委員會第 02726 章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 型級配或採用第 96 頁之「粗砂級配參考表」。 B、若欲提高過濾層貯水能力，則可採粒徑約 50 公厘之碎石。
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。

地工織布 (geotextile)

功能	主要功能包括排除水份、過濾、加勁及防止土料流失、預防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，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，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。生態滯留單元之地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	地工織布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地工織布易造成堵塞，故不宜採用，應採用非織造針刺或單絲織造地工織布。

排水管 (underdrain)

功能	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，故設置排水管於級配底基層，確保在一定時間內可有效將級配基層與級配底基層雙貯水區的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，避免貯留水量僅能藉路基入滲及蒸發散排除，難以在降雨場次較密集時發揮貯留功能。
----	---

生態滯留單元 BIORETENTION CELL

材料規定	需為多孔排水管。
設計尺寸	本手冊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	<ul style="list-style-type: none">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，以及作為觀測并以監測降水量。

覆蓋層 (mulch layer)

功能	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或減少表面沖蝕。生態滯留單元不一定需有覆蓋層。
選用材料	<ul style="list-style-type: none">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	<ul style="list-style-type: none">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 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，因此不推薦將覆蓋物用於生態滯留區；樹皮基本上是無菌的，會抑制植栽建立。

植栽 (vegetation / plant)

功能 美化景觀及水質淨化。

植物選擇條件 本手冊生態滯留單元之植栽種類以小型喬木、灌木及草本植物為主，說明如下：

- A、土壤水分條件：因設施內的土壤水分狀況會從飽和（單元底部）到相對乾燥（單元邊緣），或是降雨貯水與陽光曝曬交替，故植物需選擇能適應乾濕交替的物種，如翠蘆莉、射干等。
- B、植物根系：篩選植物的大小和抗風性時，應考慮周圍建物狀況，若臨近有地下設施，應挑選植物根系深度不會破壞地下設施者。開縫或穿孔管應距離樹根超過 1.5 公尺以上（當空間允許時）。
- 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。

生態滯留單元 BIORETENTION CELL

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，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，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。



小型攔水消能設施 - 混凝土結構 / 石塊堆砌

資料來源：SvR Design Company

施工注意事項

- (1) 若生態滯留單元的植栽工作延遲（例如：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。

基本設計圖

加長型樹坑

一般設置於人行道，其平面及剖面標準斷面如第 102 頁示意圖所示，乃是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。

路緣擴展型

通常設置於人行道擴展於道路區域內，其平面及剖面標準斷面如第 104 ~ 107 頁示意圖所示，雨水逕流直接經由路緣切口進入地表貯水區，可兼顧降低車速和路邊停車控制之目標。

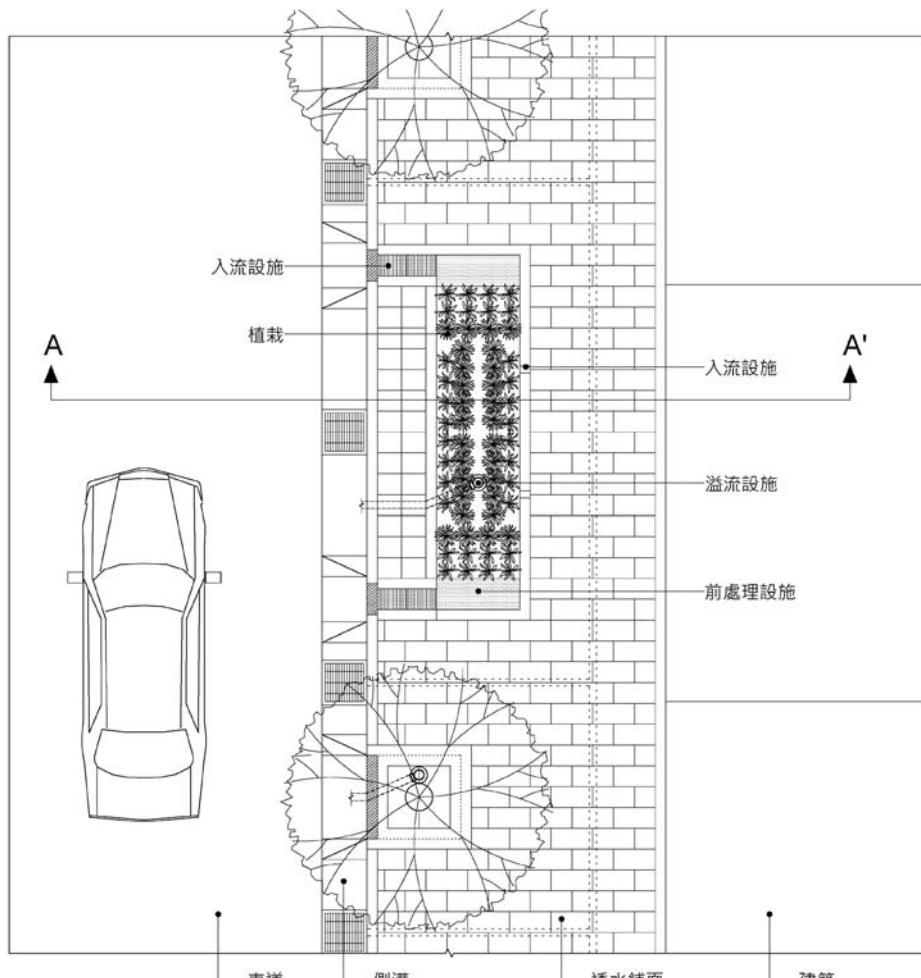
分隔設施型

一般設置於停車場，其平面及剖面標準斷面如第 108 ~ 109 頁示意圖所示，雨水逕流直接經由切口或採漫地流方式進入地表貯水區。

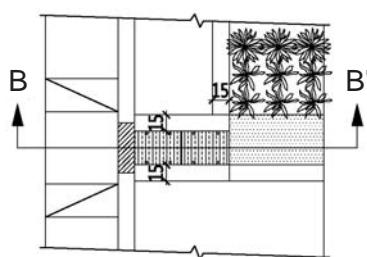


資料來源：www.hoklife.com

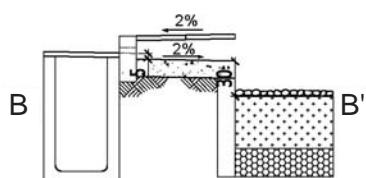
生態滯留單元 BIORETENTION CELL



加長型樹坑生態滯留單元平面圖



入流設施詳圖



入流設施 B-B' 剖面圖

建置成本分析

生態滯留單元之成本分析如下表所示。每平方公尺生態滯留單元約5,000~8,000元左右，視結構深度、植栽種類及材料有所變化。

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
地工織布 (TH=2mm)	m ²	1.00	25	25
過濾貯水層・碎石級配 (TH=25cm)	m ³	0.25	900	225
HDPE 透水管 (φ10cm)	m	1.00	500	500
地工織布 (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≥30 · W≥20)	株	8.00	105	840
射干 (H≥20 · W≥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。

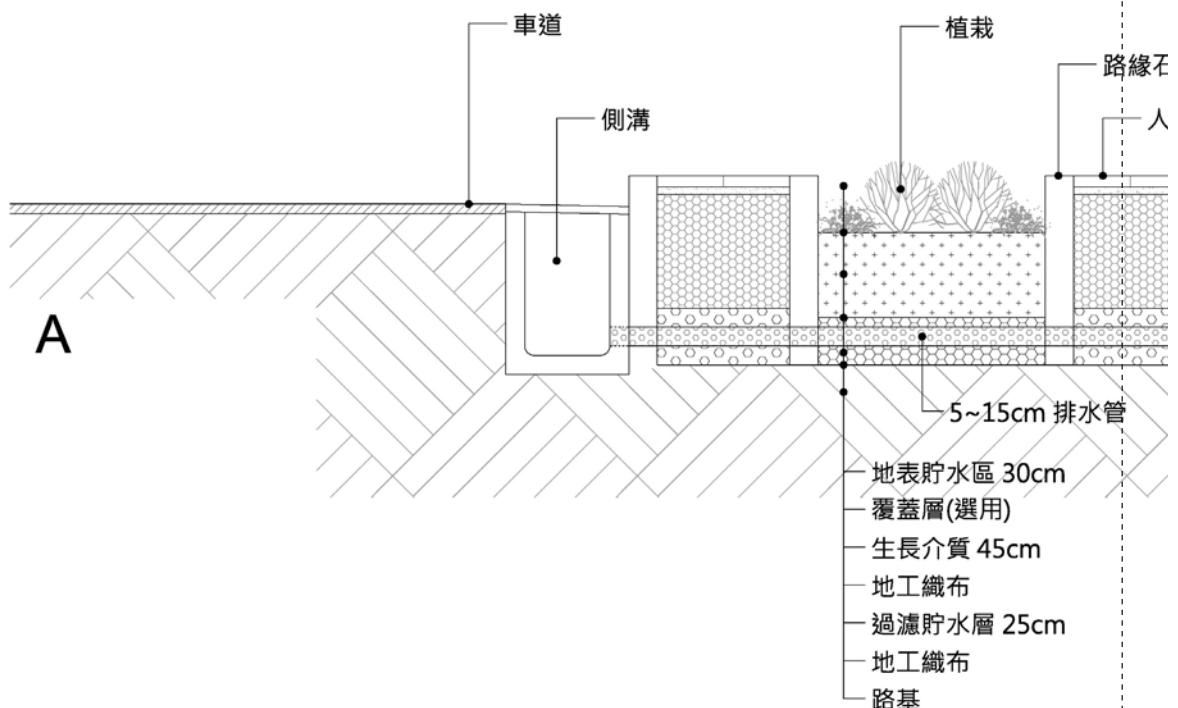
生態滯留單元（厚）成本分析表

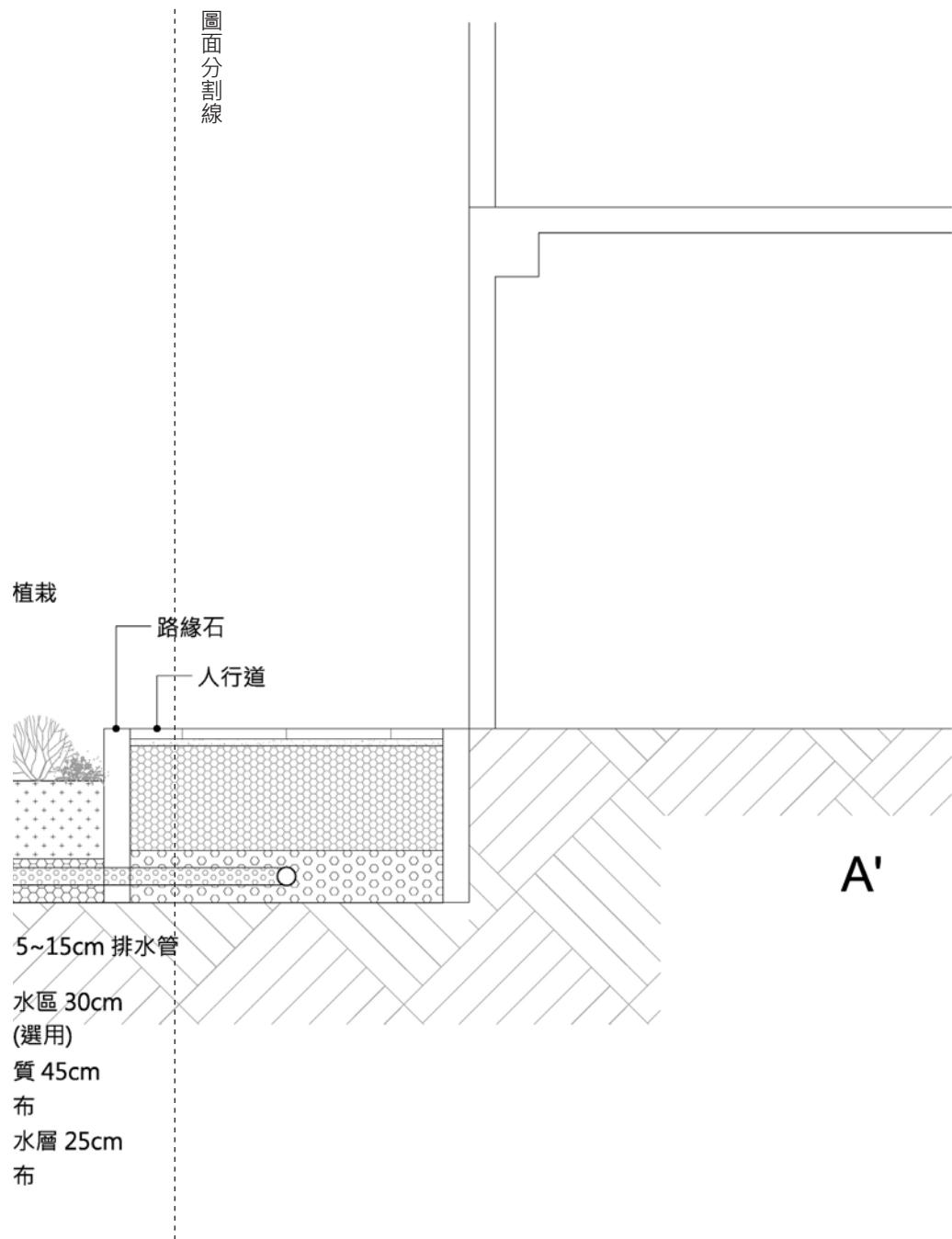
工料名稱	單位	數量	單價（元）	複價（元）
210kg/cm ² 混凝土	m ³	0.36	2,700	972
地工織布 (TH=2mm)	m ²	1.00	25	25
過濾貯水層・碎石級配 (TH=30cm)	m ³	0.30	900	270
HDPE 透水管 (φ10cm)	m	1.00	500	500
地工織布 (TH=2mm)	m ²	1.00	25	25
生長介質 (TH=60cm)	m ³	0.60	3,500	2,100
翠蘆莉 (H≥30 · W≥20)	株	8.00	105	840
射干 (H≥20 · W≥10)	株	8.00	127	1,016
技術工	工	0.40	2,500	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。

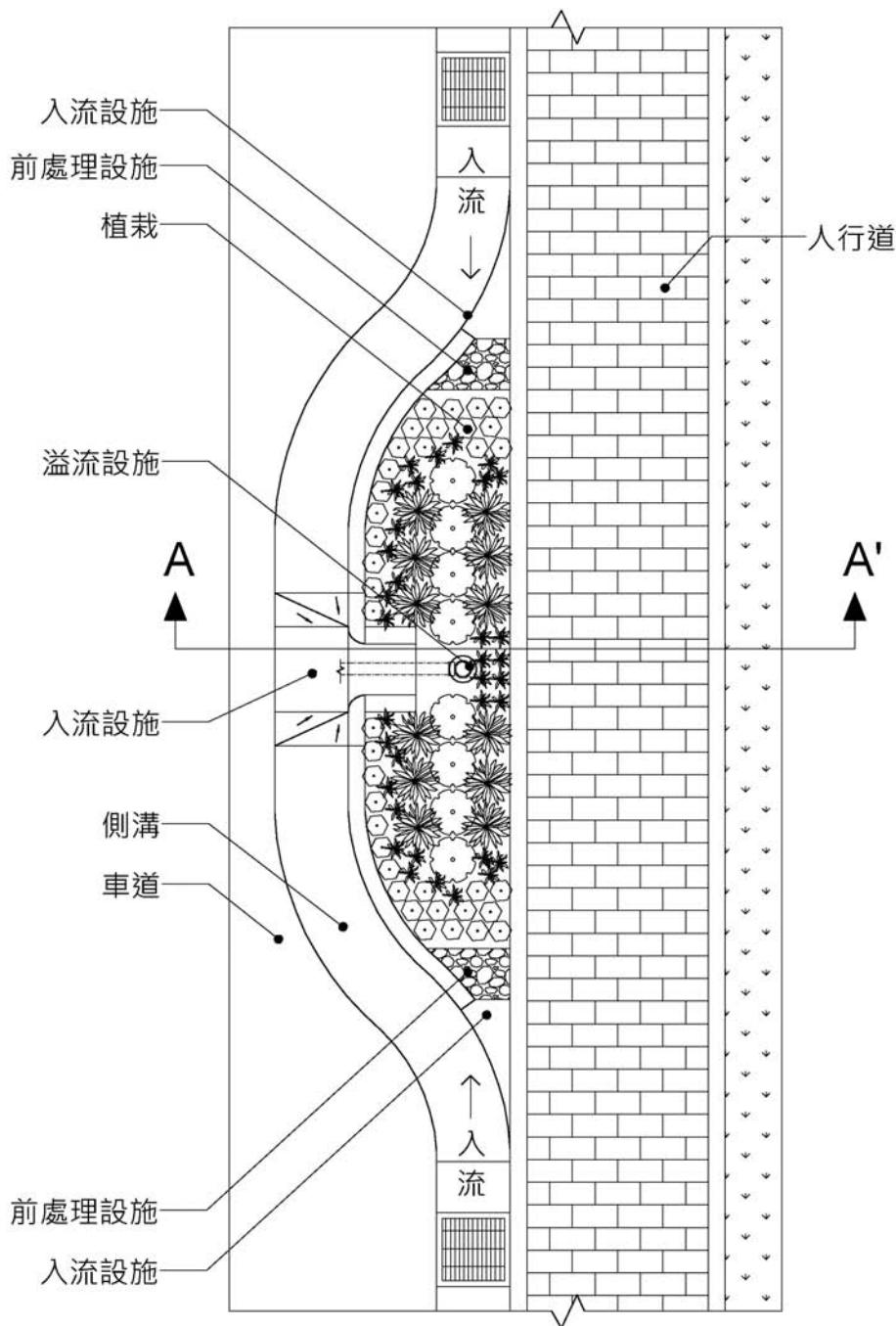
生態滯留單元 BIORETENTION CELL

圖面分割線

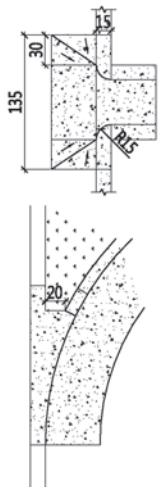




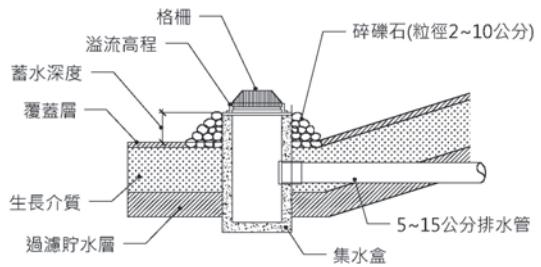
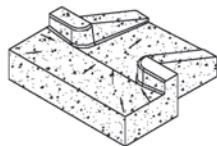
生態滯留單元 BIORETENTION CELL



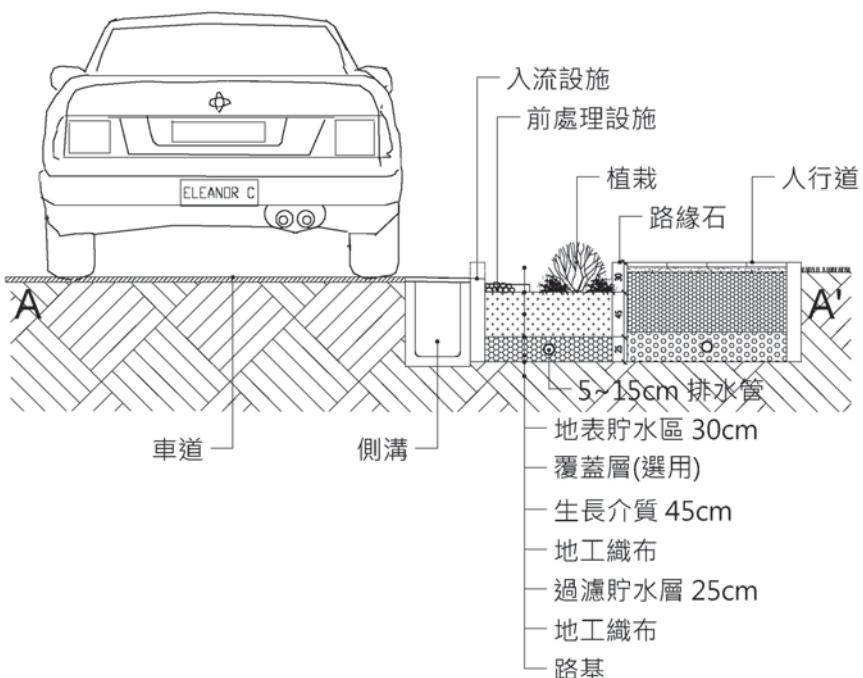
路緣擴展型生態滯留單元平面圖



入流設施詳圖

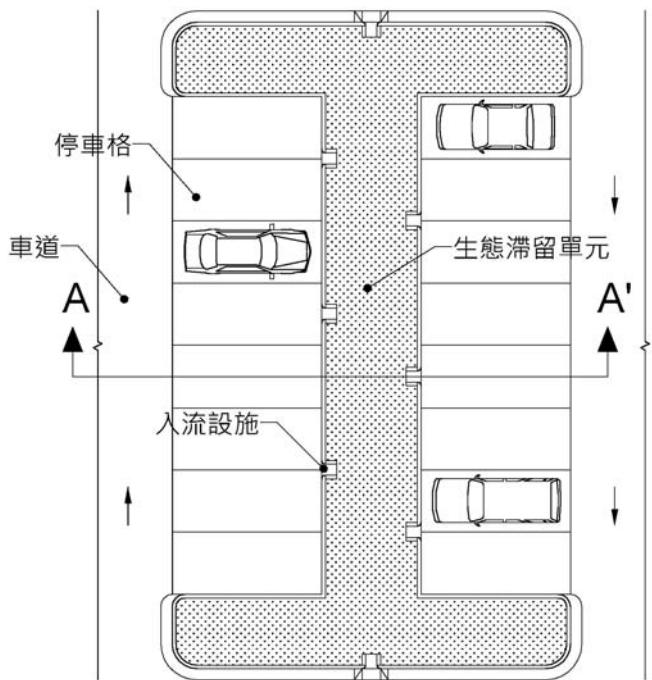


溢流設施詳圖

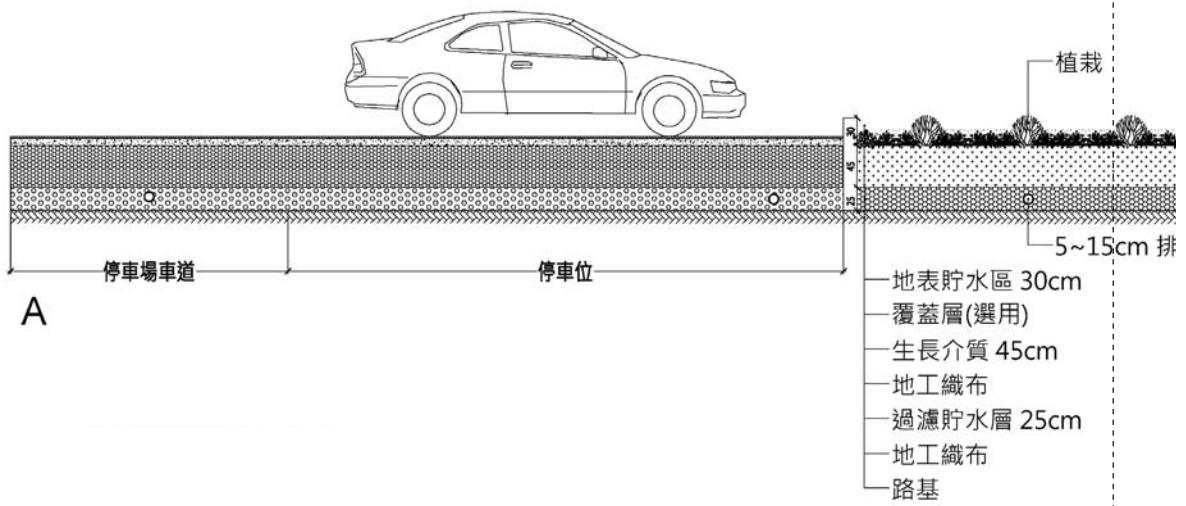


路緣擴展型生態滯留單元剖面圖

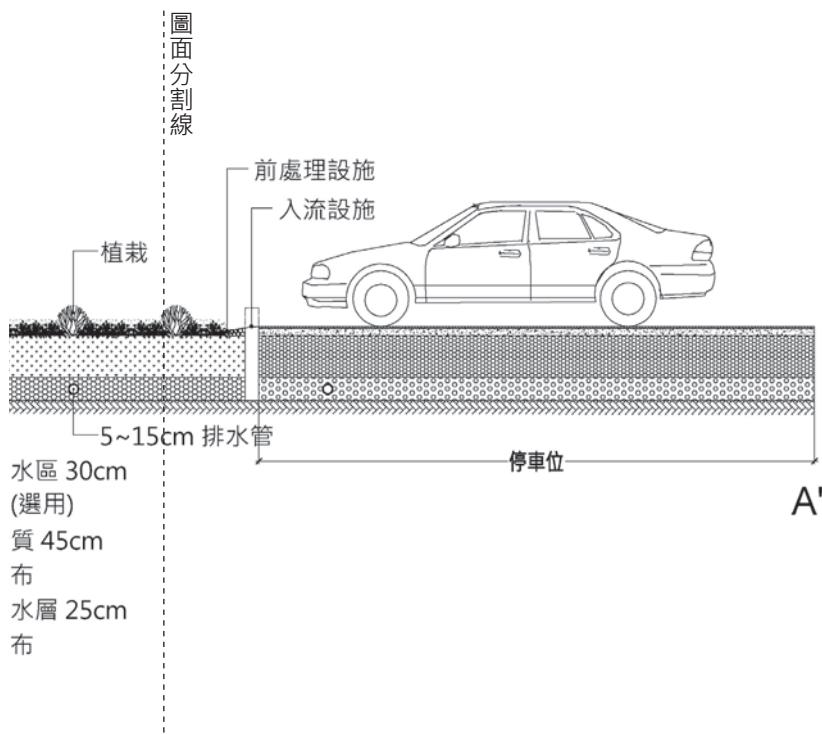
生態滯留單元 BIORETENTION CELL



圖面分割線



低衝擊開發設施設計原則



生態滯留單元 BIORETENTION CELL

生命週期

如果設計和維護適當，生態滯留單元約 25 年方需進行一次大規模修復，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。

維護項目、頻率與成本

維護項目與頻率

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。設施完成前三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) 溉水：一般應盡量選擇耐旱植物，僅在長期乾旱期間才需要澆水。
- (2) 沖蝕控制：每年檢查 1 次設施沖蝕情形，當發生沖蝕，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，當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、穩定性與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。每年評估 2 次植物健康狀況並視需要進行治療，必要時更換生病及死亡植物，若特定植物有很高的死亡率，評估原因並更換合適品種。

- (5) 除草：應採人工除草而非除草劑並定期清除入侵植物，除草與調查時間的安排應與園藝週期一致。若選擇的植栽生長良好且可排除雜草，可降低除草頻率。
- (6) 營養物和農藥：會降低生態滯留區域的汙染物處理能力及水體所能負荷的汙染物，故不應投入。
- (7) 覆蓋層：若有重金屬沉積（例：集水區中含有加油站或高交通量道路），應每年更換，而住宅區的污染通常較不嚴重，故僅需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。

維護成本

依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，通常每100平方公尺約1,000~1,200元。

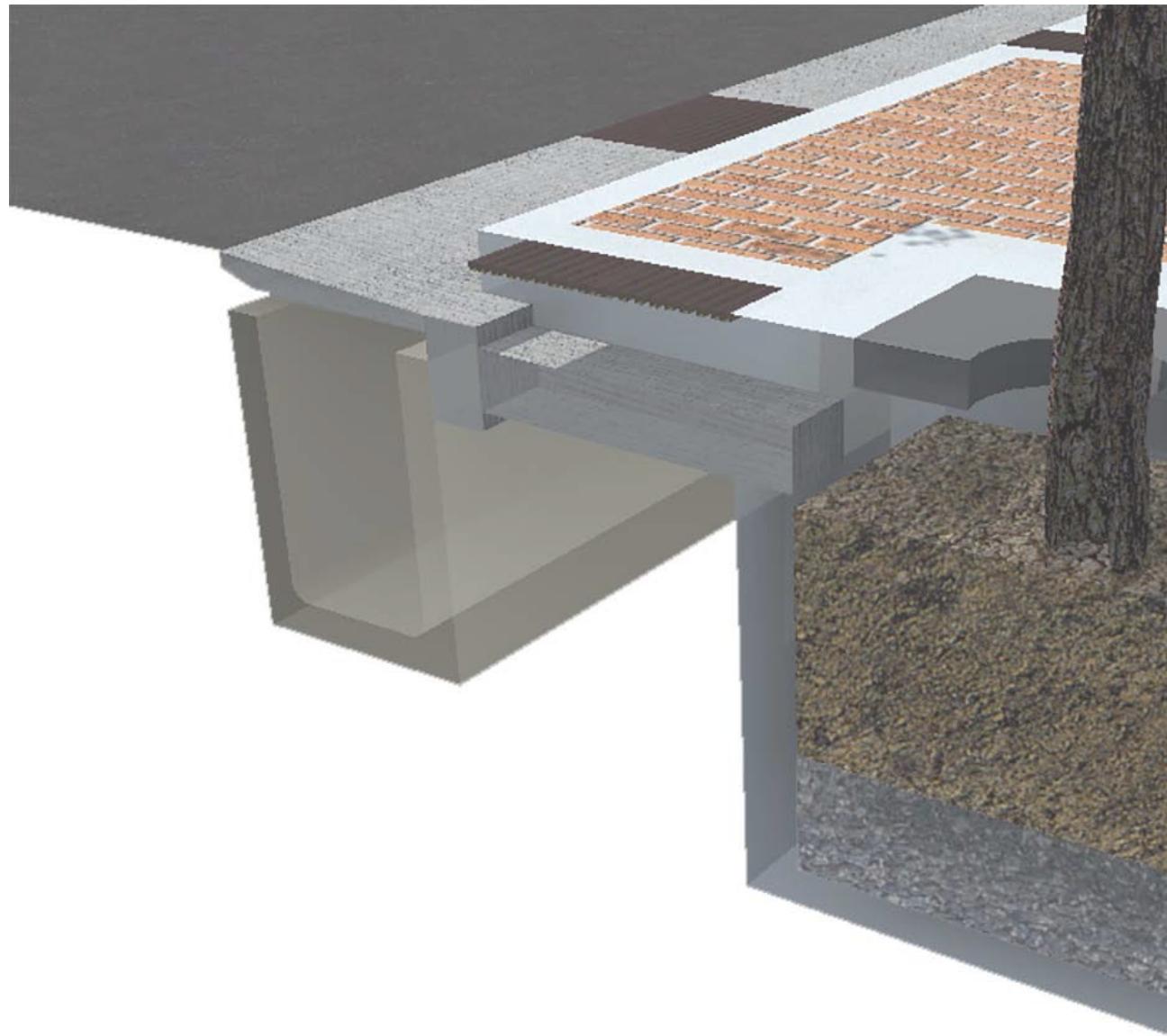


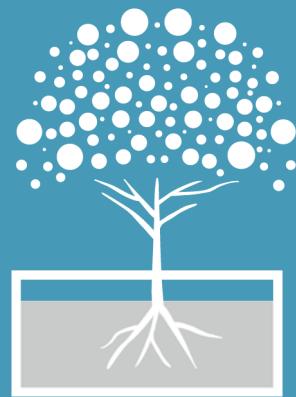
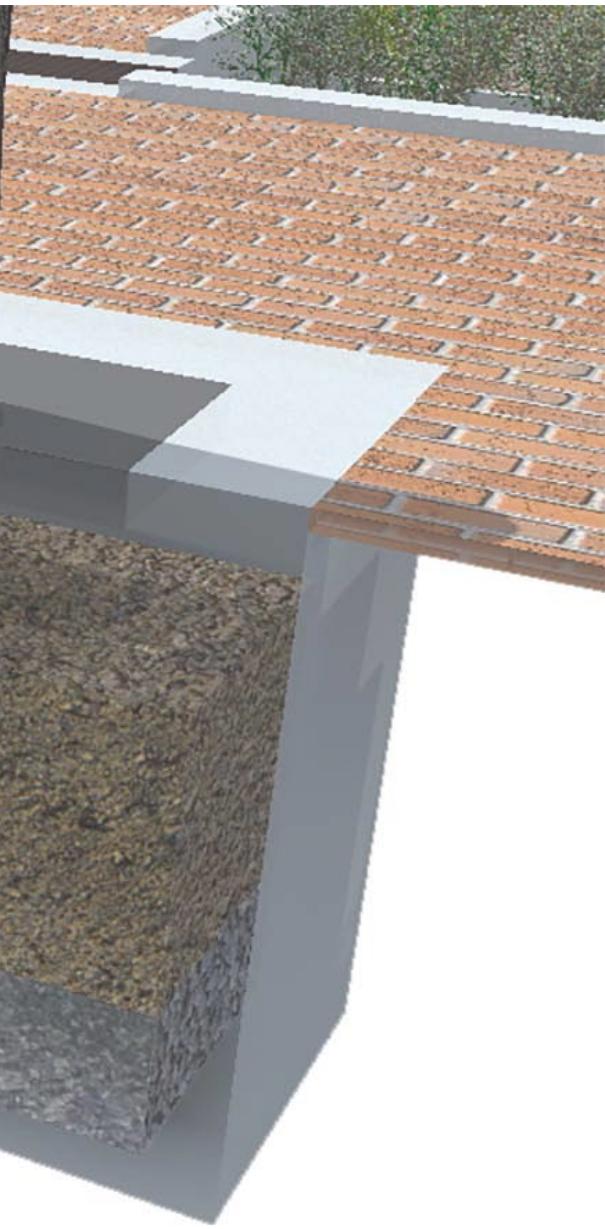
生態滯留單元示意圖

資料來源：由手冊編制團隊自行拍攝

樹箱過濾設施

TREE BOX FILTERS





樹箱過濾設施 TREE Box FILTERS

設施單元訂定

設施說明

樹箱過濾設施 (box tree filter) 為 1 個箱型生態滯留單元，通常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，再經過植物與生長介質進行過濾及貯存，最後由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。



樹箱過濾設施

資料來源：DEP Montgomery County, MD

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。

適用地點

現場條件受限之場址，如：停車場及人行道

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。經參考相關技術設計手冊及規範，各層設計原則說明如下：



樹箱過濾設施組成結構剖面示意圖

資料來源：由手冊編制團隊自行繪製

基本組成結構：

- | | | |
|----------|---------|--------|
| ▲ 預鑄混凝土箱 | ▲ 表層貯水區 | ▲ 地工織布 |
| ▲ 柵欄護蓋 | ▲ 覆蓋層 | ▲ 排水管 |
| ▲ 入流設施 | ▲ 生長介質 | ▲ 植栽 |
| ▲ 溢流設施 | ▲ 過濾貯水層 | |

樹箱過濾設施 TREE Box FILTERS

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 預鑄箱體有方形及圓形，以前者較常見。方形一般不小於1.2公尺 × 1.2公尺，僅能種植小型喬木；圓形直徑應至少為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。



預鑄混凝土箱 (pre-cast concrete box)

資料來源：www.conteches.com · www.reno.gov

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。



柵欄護蓋 (grate)

資料來源：由手冊編制團隊自行拍攝

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	開口尺寸隨入流設施大小而異，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。

溢流設施 (overflow facilities)

功能	通常採用溢流豎管作為出流設施。當遭遇瞬間暴雨時，多餘水量透過溢流豎管排入下水道系統，避免植物根部浸泡過久。
材料選用	聚氯乙烯 (Polyvinylchloride, 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。

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。

樹箱過濾設施 TREE Box FILTERS

- 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，並進行生物分解及汙染沉澱。

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 | <ul style="list-style-type: none">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。 |

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。除需維持足夠滲透率以排除表層貯水量，亦應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 | <p>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：</p> <ul style="list-style-type: none">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、粗砂級配可參考第 96 頁之「粗砂級配參考表」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。

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。
設計厚度	A、建議可採公共工程委員會第 02726 章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，或第 96 頁之「粗砂級配參考表」採用之粗砂級配。 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。

地工織布 (geotextile)

功能	主要包括排除水份、過濾、加勁及防止土料流失、預防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；而當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地工織布。
----	--

樹箱過濾設施 TREE Box FILTERS

材料規定 地工織布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地工織布易堵塞，建議採用非織造針刺或單絲織造地工織布。

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，以確保可在一定時間內將級配基層貯水區及級配底基層貯水區的貯留水量導引至排水系統，以維持設施之入滲及貯水能力，避免設施排水過慢，難以在降雨場次較為密集時發揮貯留功能。

材料規定 需為多孔排水管。

設計尺寸 建議多孔排水管設計尺寸採 5~15 公分。

設計注意事項 A、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、安裝坡度最少應有 0.5%。

植栽 (vegetation /plant)

功能 美化景觀及水質淨化。

植物選擇條件 建議以小型喬木為主，且挑選能適應乾濕交替的樹種。不建議採用大型喬木，因容易破壞設施結構。

整體設計注意事項

- (1) 在沒有高度重金屬污染的地方使用地被覆蓋。
- (2) 密集的地被可提高土壤結構性，在大雨事件時增加土壤介質層結構穩定性，並抑制雜草生長及提升美觀。
- (3) 設置觀測井及清潔孔觀測暴雨事件後的排水歷程。

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。

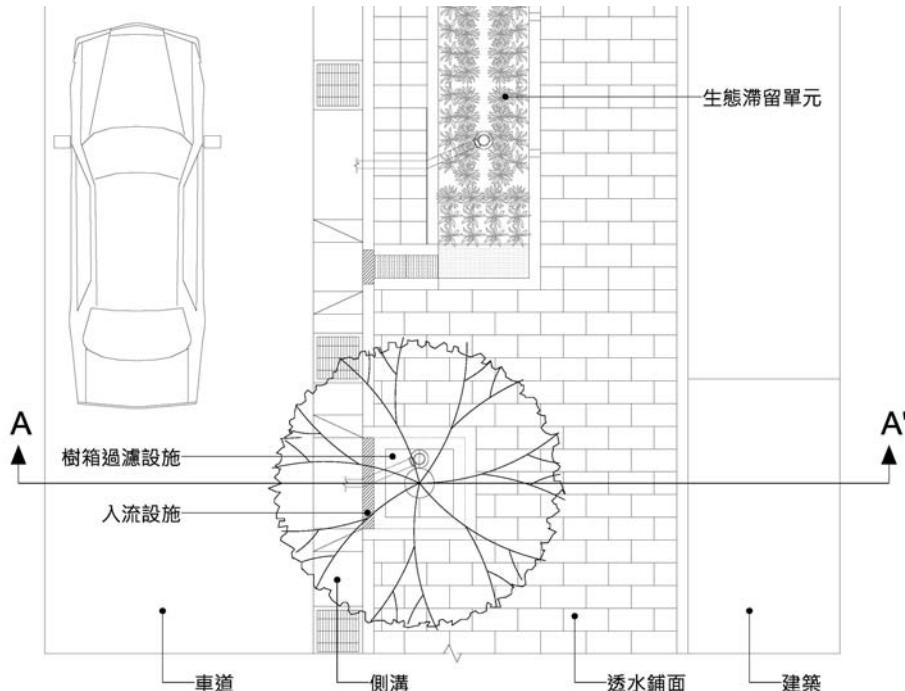


資料來源：Neponset River Watershed Association · Kitsap County

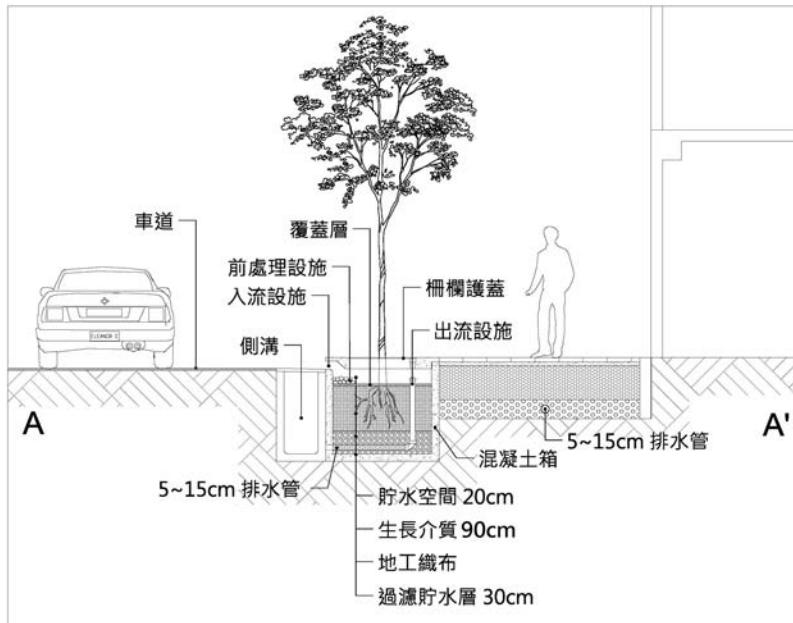
基本設計圖

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第 122 頁示意圖所示，其藉由道路側之開口及柵欄護蓋之空隙蒐集雨水逕流。

樹箱過濾設施 TREE Box FILTERS



樹箱過濾設施基本設計平面圖



樹箱過濾設施基本設計 A-A' 剖面圖

建置成本分析

樹箱過濾設施之成本分析如下表所示。每座約 20,000~30,000 元左右，視材料、結構深度及植栽有所變化。

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	2.30	2,700	6,210
地工織布 (TH=2mm)	m ²	2.25	25	56
過濾貯水層 · 碎石級配 (H=30cm)	m ³	0.68	900	612
地工織布 (TH=2mm)	m ²	2.25	25	56
生長介質 (TH=90cm)	m ³	2.03	3,500	7,105
φ10cmHDPE 管 (含配件)	m	1.50	200	300
φ10cmHDPE 透水網管 (含配件)	m	1.45	500	725
鑄鐵蓋板	式	1.00	4,000	4,000
工資	式	1.00	450	450
零星工料與損耗	式	1.00	49	49
苗木費	棵	1.00	1,500	1,500
運費	棵	1.00	150	150
種植費大工	工	0.10	1,600	160
種植費小工	工	0.10	1,200	120
新植灌水	式	1.00	10	10
衫木 H120 cm · ψ=6 cm *3 支	式	1.00	340	340
有機肥	kg	2.00	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。

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。

樹箱過濾設施 TREE Box FILTERS

維護項目、頻率與成本

維護項目與頻率

(1) 灌溉：乾旱期需適時灌溉。

(2) 植被與生長介質管理：

A、每年進行1~2次修剪，並至少耙鬆表面土壤2次以確保良好滲透性。

B、每年至少進行1次樹木檢查，當枯萎或病蟲害嚴重時需重新種植。

C、每5~10年更新生長介質以維護滲透性與污染去除效率，當污染情形嚴重時需立即更換。

(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。

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。



樹箱過濾設施

資料來源：由手冊編制團隊自行拍攝

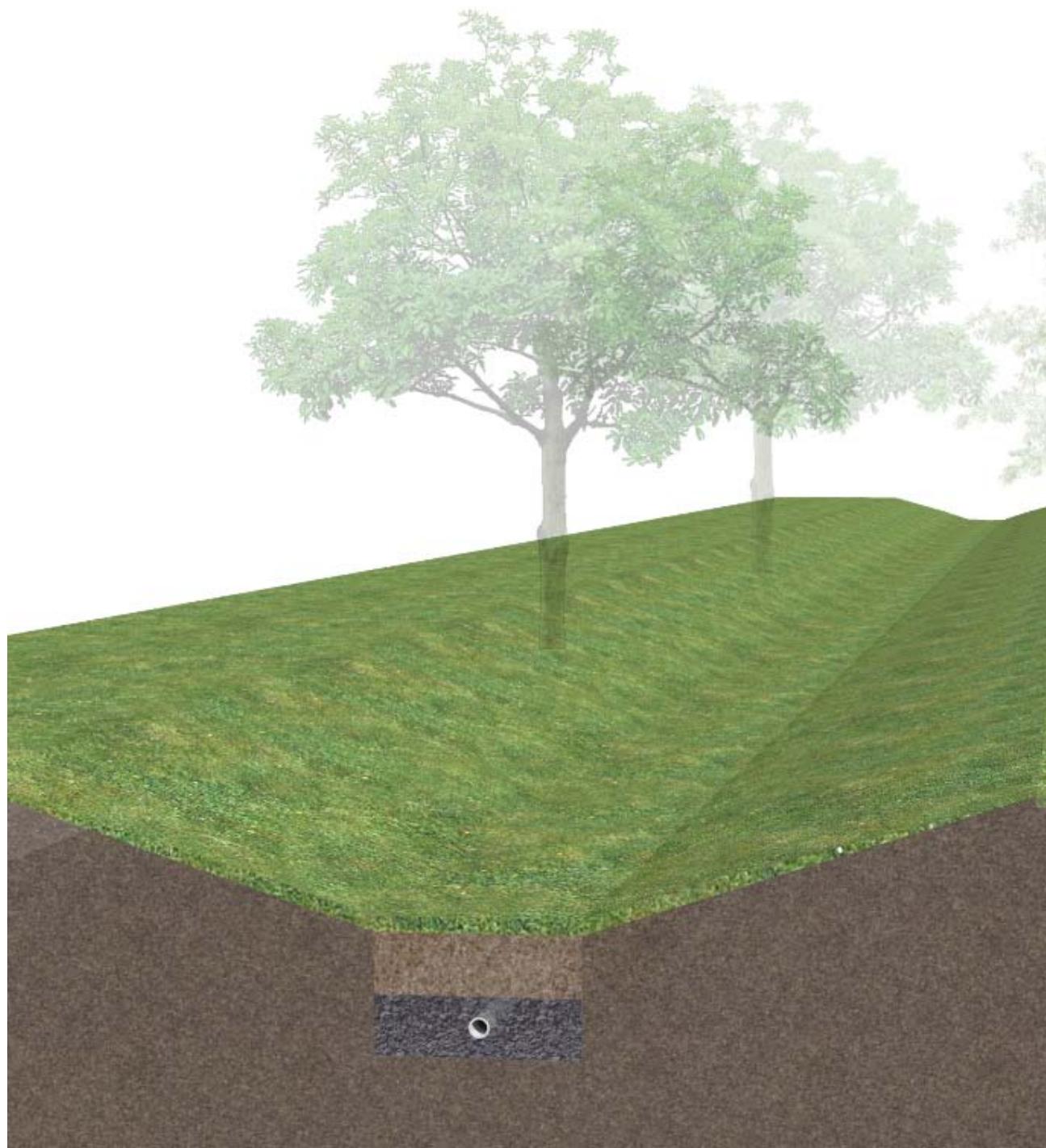
低衝擊開發設施設計原則



資料來源：www.riqualificazioneurbana.com · www.montgomerycountymd.gov

植生溝

GRASS SWALES





植生溝 GRASS SWALES

設施單元訂定

設施說明

植生溝 (grass swale) 指寬淺且有地被植物或草皮之溝渠。主要功能為水體傳輸，在運移過程中水體可入滲土壤以減少地表逕流量，亦可透過地被植物之吸附及過濾來改善水質。

植生溝一般分為乾式溝 (dry swale) 及草溝渠 (grassed channel)，前者可被視為滲透溝，因具有植被、生長介質、過濾貯水層及多孔排水管等結構，設計複雜者有時會被視為線型生態滯留單元；而後者僅單純具有植被，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。



植生溝 (grass swales)

資料來源：getdlibs.uga.edu

適用性

植生溝適用於道路、停車場、庭院、公園及都市間的公共設施空間。惟設置在道路時，不建議置於車流量大及重要道路（污染源過多）而應以社區道路為主，因其仍具滲透保水功能，為避免弱化道路路基承載力，產生不均勻沉陷，故需配合設置側向滲透阻隔設施（如防滲襯墊）。

適用地點

停車場、庭院、公園、道路及都市間中適合線型結構的公共設施空間

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、地工織布、排水管、植栽、覆蓋層。各項結構說明如下：

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%，1~2% 則為最佳坡度。

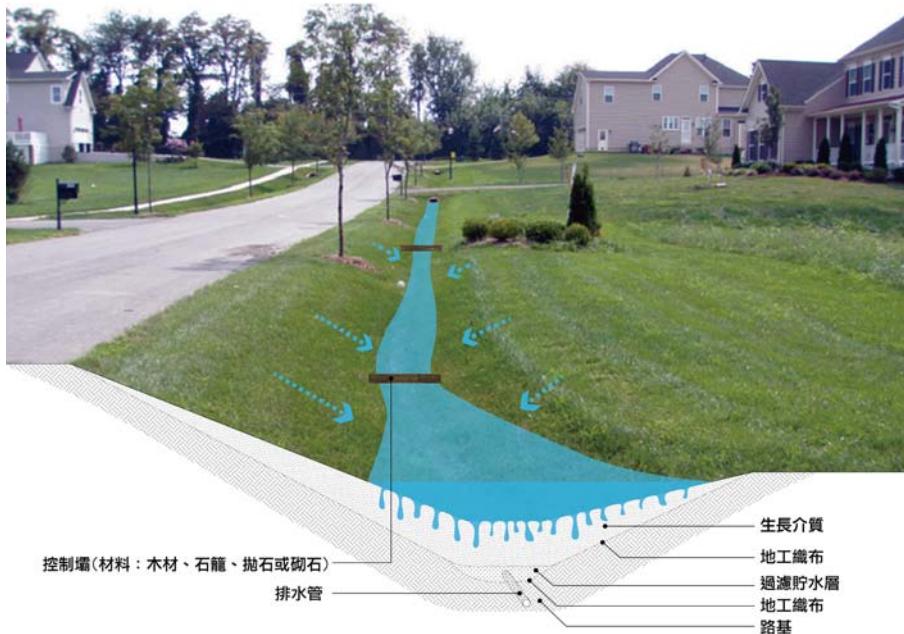
設計注意事項

- 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。

基本組成結構

- ▲ 植生溝槽體
- ▲ 過濾貯水層
- ▲ 入流設施
- ▲ 地工織布
- ▲ 前處理設施
- ▲ 排水管
- ▲ 生長介質
- ▲ 植栽

植生溝 GRASS SWALES



植生溝組成結構剖面示意圖

資料來源：由手冊編制團隊自行繪製

入流設施 (inflow facilities)

功能 | 蒐集雨水逕流。

型式 | 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。前二者之水流方向與溝體垂直，後者則與溝體平行。

前處理設施 (pre-treatment facilities)

功能 | 具有沉澱、過濾及消能功能，設置於植生溝逕流入流處，可避免雨水逕流流入時，造成植生溝溝體沖蝕或帶入過多污染物與沈積物，導致植生溝效能下降。

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：

- 型式**
- A、無路緣式：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，如下圖所示。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：一般可在路緣切口或排水管渠入口處，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。



側向前處理設施

資料來源：Urban Storm Drainage Criteria Manual

- 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，寬度至少應大於 3 公尺，且應採較緩和側坡 ($H:V=3:1$) 才能發揮較佳的效果。

生長介質 (growth media)

- 功能**
- 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、粗砂級配可參考第 96 頁之「粗砂級配參考表」或符合 ASTM C-33 之級配。

植生溝 GRASS SWALES

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、建議可採公共工程委員會第 02726 章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，或採用第 96 頁之「粗砂級配參考表」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。

排水管 (underdrain)

功能	因過濾貯水層下方即為路基，而路基土壤之入滲速度一般會低於表層設計土壤之入滲速度，故於過濾貯水層裝置排水管，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	建議多孔排水管設計尺寸採 5~15 公分。
設計注意事項	A、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、安裝坡度最少應有 0.5%。 C、使用時不要加上過濾套，以免容易造成阻塞。

地工織布 (geotextile)

功能	主要包括排除水份、過濾、加勁及防止土料流失、預防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；而當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，使各土層保持其穩定性，達穩固設施之目的。植生溝之地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。
材料規定	地工織布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。

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	可優先選用較高和較密集，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。



假儉草

百慕達草

植生溝 GRASS SWALES

整體設計注意事項

(1) 縱向坡度如大於 3% , 需考量每隔適當間距設置控制壩 (check dam) 調整坡度。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或木材或耐水的樹種) 、石籠、拋石或砌石 , 其下游面宜設置拋石堆消能。



控制壩 (check dam)

資料來源：由手冊編制團隊自行繪製

- (2) 較平坦的邊坡可增加濕周 , 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。
- (3) 如無高流量暴雨分流設施 , 其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 , 以期在暴雨期間可安全的傳輸水體。
- (4) 底部應距離最高地下水位至少 50 公分。
- (5) 溝內水體應於 24~48 小時內排除。
- (6) 可連結至另具有防洪、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) 可在最下坡端點底部設置觀測井，觀測暴雨事件後的排水歷程。觀測井為10~15公分的加蓋穿孔豎管，並與排水管連接。



植生溝示意圖

資料來源：由手冊編制團隊自行拍攝

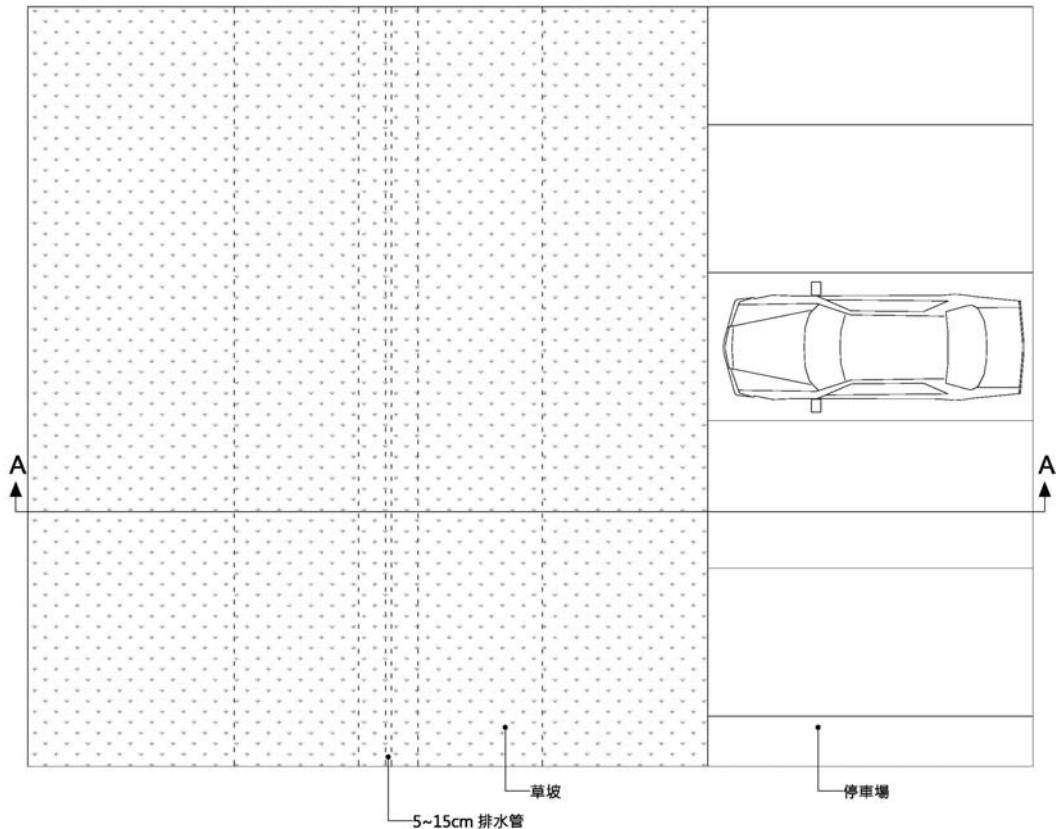
施工注意事項

- (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，可使用暫時性的草皮或抗沖蝕植生網覆蓋，穩定槽體，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) 除非另外規定，植生溝應距離建築基地及公共管線至少3公尺。

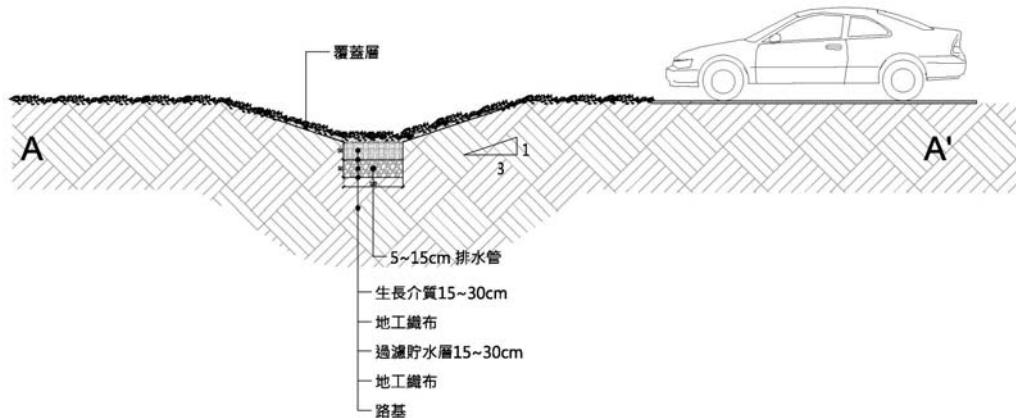
基本設計圖

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第136頁示意圖所示。

植生溝 GRASS SWALES



植生溝基本設計平面圖



植生溝基本設計 A-A' 剖面圖

建置成本分析

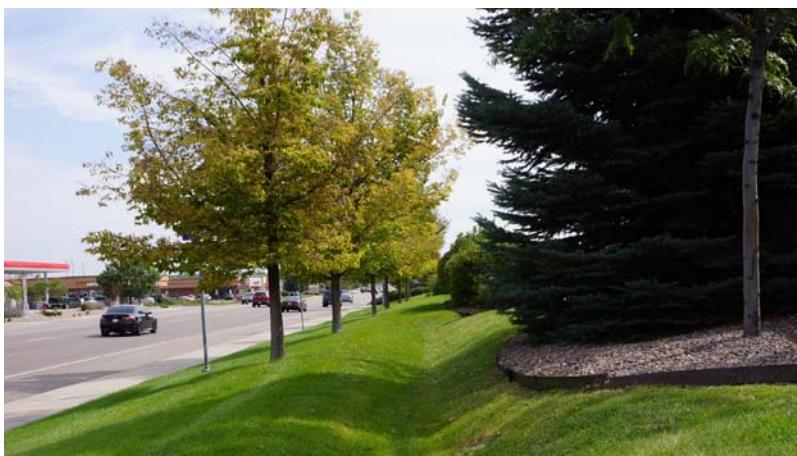
植生溝之成本分析如下表所示。每平方公尺約 4.000~5.000 元左右，視材料及結構深度有所變化。

植生溝成本分析表

工料名稱	單位	數量	單價 (元)	複價 (元)
地工織布 (TH=2mm)	m^2	1.60	25	40
過濾貯水層・碎石級配 (TH=30cm)	m^3	0.30	900	270
HDPE 透水管 ($\phi 10cm$)	m	1.00	500	500
地工織布 (TH=2mm)	m^2	6.04	25	151
生長介質 (TH=30cm)	m^3	0.30	3,500	1,050
地被植物	m^2	5.39	150	809
技術工	工	0.50	2,500	1,250
零星工料及損耗	式	1.00	20	20
總價 (元 /m)				4,090

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。



道路植生溝示意圖

資料來源：由手冊編制團隊自行拍攝

植生溝 GRASS SWALES

維護項目、頻率與成本

維護項目與頻率

(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，若必須需割草，視季節及現場狀況需求修剪植栽，原則約每年 1~2 次。



植生溝維護管理示意圖

資料來源：www.plantoregon.com

- 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、當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）。



停車場植生溝示意圖

資料來源：由手冊編制團隊自行拍攝

維護成本

依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。

雨水桶 RAIN BARRELS





雨水桶 RAIN BARRELS

設施單元訂定

設施說明

雨水桶 (rain barrel) 屬於小型雨水收集系統，主要收集並貯留來自屋頂之雨水逕流。通常位於地面上，其貯留水量可供花園灌溉或沖廁使用，且貯留體積可根據不同的物理環境、設置目的和管理要求而異，本手冊係以地面型雨水桶設計為主。



雨水桶



資料來源：www.rosielandscapes.co.uk · www.adolfostarosta.com.br

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。

適用地點

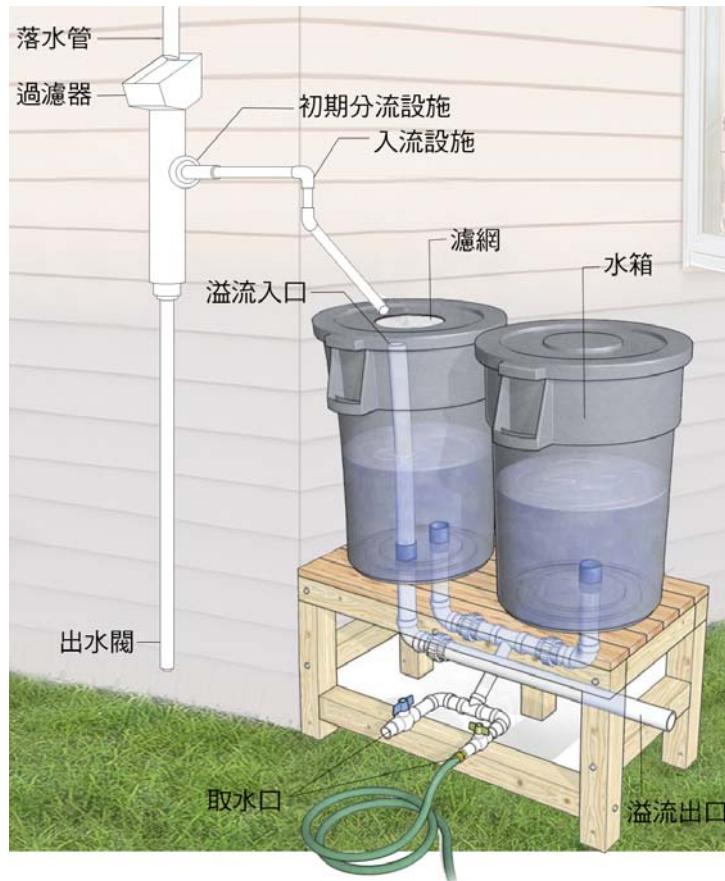
高度都市化且土壤入滲能力低或是無開放空間可設置入滲設施之地區。

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。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：

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** | 應使用不易腐蝕之材質，如 PVC、乙烯、鋁或鍍鋅鋼等，或其他具同樣功能之材料。



雨水桶結構示意圖

資料來源：<https://swampfoxgreen.wordpress.com/water/>

雨水桶 RAIN BARRELS

設計 大小

尺寸大小應配合屋頂落水孔。

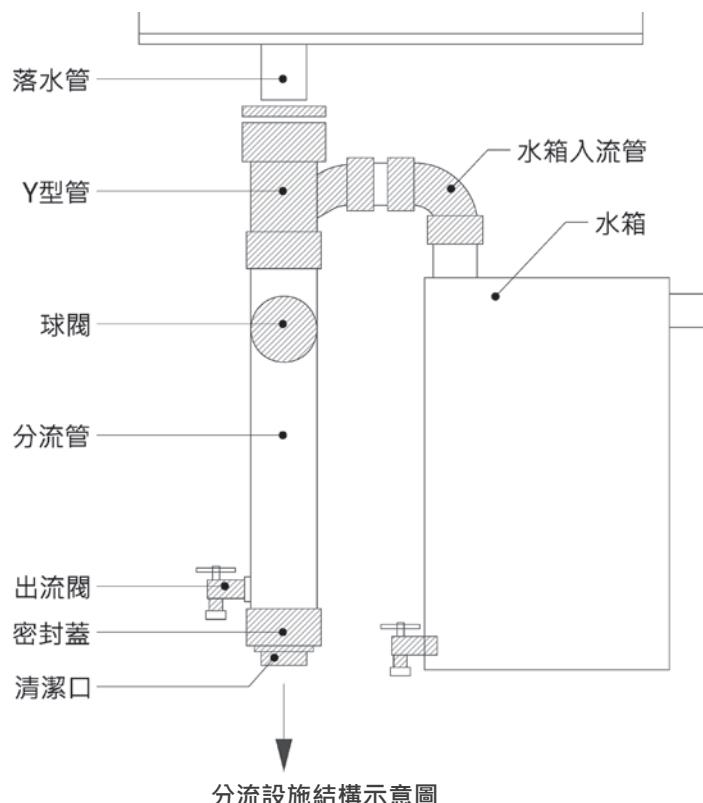
設計 注意 事項

- A、因雨水是微酸性，應避免使用易被腐蝕之管材，若有需要，內部可塗一層環氧漆。
- B、屋頂落水孔應安裝格柵，防止較大雜物（例如：樹葉）進入。

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。



- 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、視需分流的逕流量決定設計尺寸，一般分流室容量以每平方公尺的集水面積約 0.5 公升設計。

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**
- 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 200 公升圓筒狀水桶，日本為 150~300 公升，德國為 300~500 公升，澳洲因缺水問題，以 3,000 公升最常見。
- 設計
注意
事項**
- A、取水口至少應距底部 15 公分，供沉澱物沉降空間。
 - B、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、體積較大者於底部設置排放口，可排空蓄存水量以利雨水桶清洗維護。

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流口。
- 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。

雨水桶 RAIN BARRELS

整體設計注意事項

(1) 雨水桶採多個連結時，可於頂部設置連結管，以溢流方式逐個補充其它雨水桶；或於底部設置連結，使所有雨水桶水位一致，視各案雨水使用與分配方式設置。



底部連結式雨水桶

資料來源：www.instructables.com/id/Rain-Barrels-1



上部連結式雨水桶

資料來源：www.ankenyrealestateservice.com

(2) 落水管與雨水桶連接型式有兩種，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。



落水管出口直接連結雨水桶

落水管出口在雨水桶外部上方

資料來源：plantcaredtoday.com · workingparentsmagazine.com

(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) 贯集之雨水可供澆灌、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：

雨水桶 RAIN BARRELS

- A、重力系統：多僅作為澆灌用水，最常見方式是在桶底裝設水龍頭或出流筏。在結構允許情況下，雨水桶若可放在屋頂，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：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) 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) 若對貯集水體有較高水質要求，可於落水管加裝過濾設施過濾雨水。

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。

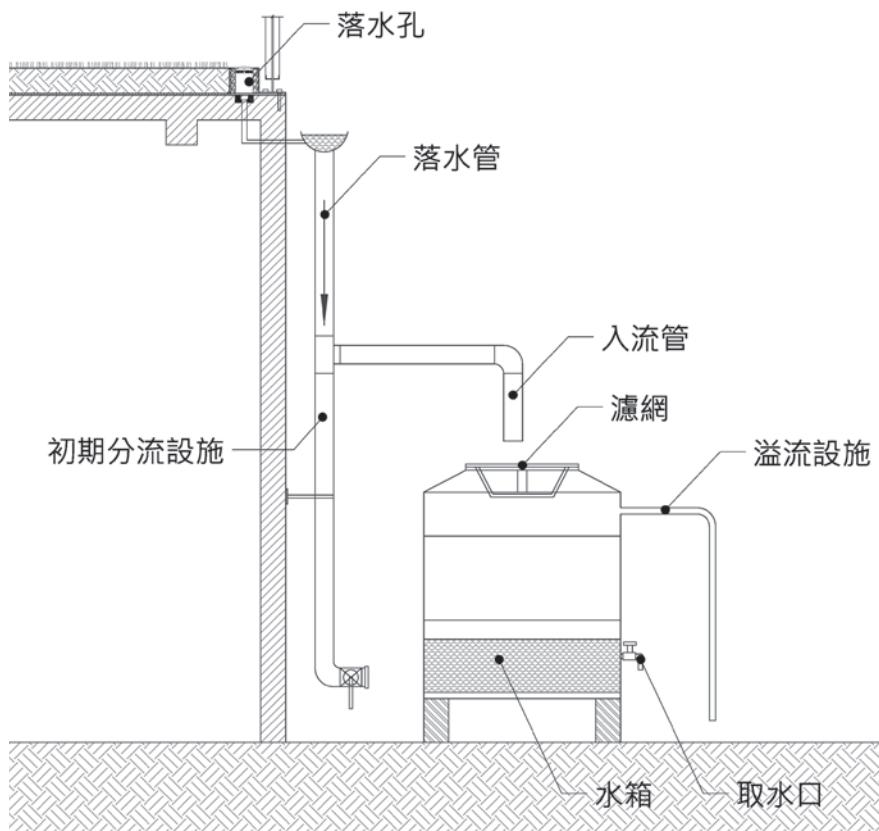


雨水桶應放置在水平墊襯上

資料來源：www.gradybarrels.com

基本設計圖

雨水桶一般收集屋頂之逕流水體，其標準設計如下圖所示。



雨水桶剖面圖

雨水桶 RAIN BARRELS

建置成本分析

雨水桶之成本分析如下表所示。其價格會因材質、容量而異。

雨水桶成本分析表

工料名稱	單位	數量	單價 (元)	複價 (元)
300 公升造型雨水桶	個	1.00	12,000	12,000
分流及過濾設施	組	1.00	8,000	8,000
管線工料	式	1.00	3,000	3,000
總價 (元 / 座)				23,000

註：雨水桶之價格會因材質、容量及設計方式有所變動，特別是過濾設施之有無。

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	1.00	17,000	17,000
分流及過濾設施	組	1.00	8,000	8,000
管線工料	式	1.00	3,000	3,000
總價 (元 / 座)				28,000

註：雨水桶之價格會因材質、容量及設計方式有所變動，特別是過濾設施之有無。

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	1.00	9,000	9,000
管線工料	式	1.00	3,000	3,000
總價 (元 / 座)				12,000

註：雨水桶之價格會因材質、容量及設計方式有所變動，特別是過濾設施之有無。

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。

維護項目、頻率與成本

維護項目與頻率

整體系統應至少每半年（春季與秋季）進行 1 次檢查。一般維護方式說明如下：

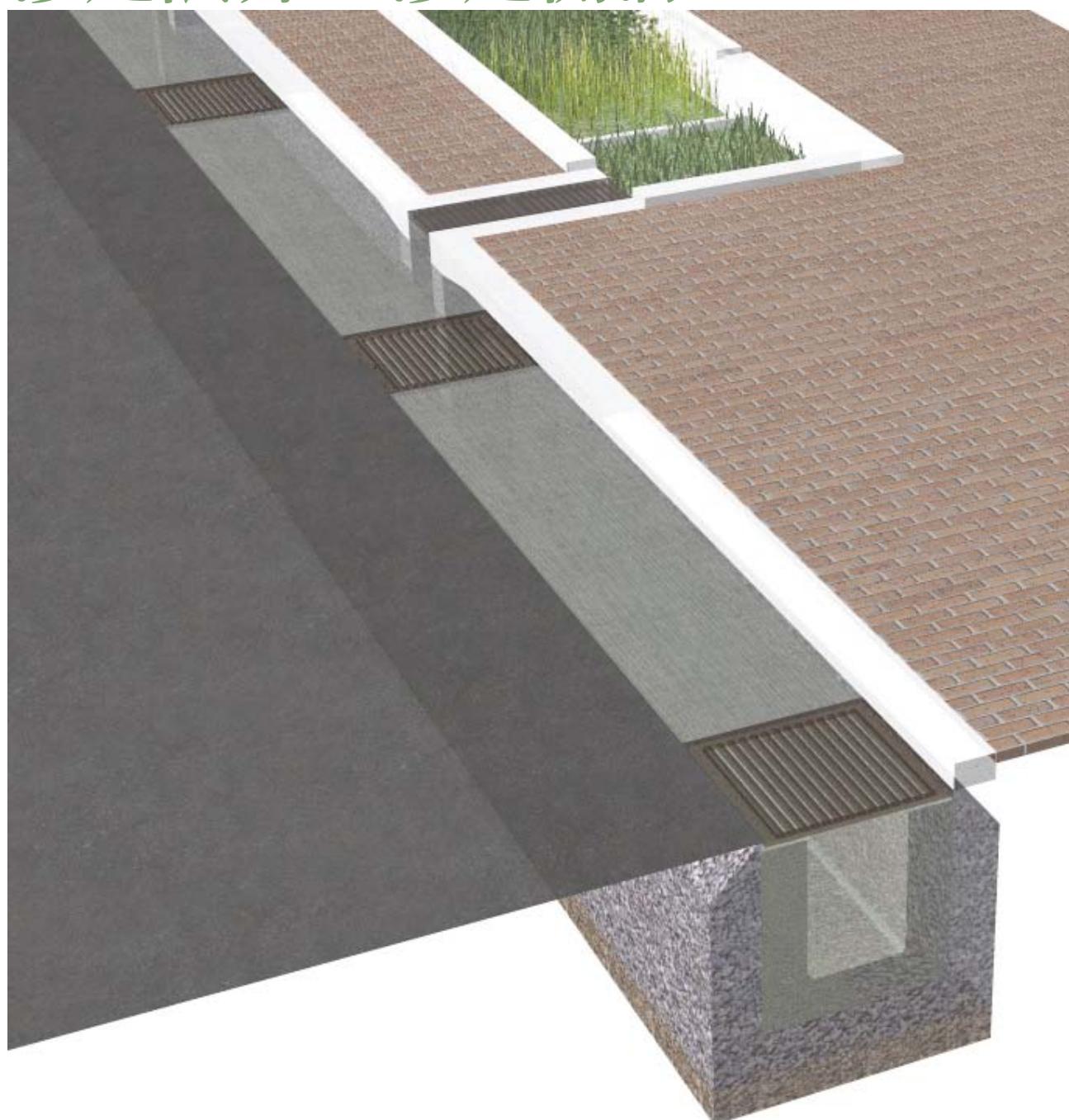
- (1) 屋頂落水孔應保持良好狀態，定期清除樹葉、淤泥與碎石。
- (2) 初期逕流分流設施應定期檢查與清洗。
- (3) 遇到強大豪雨前將雨水桶中貯集水體預先排除，並開啟溢流裝置出流閥。
- (4) 雨水桶每季應以 0.2~0.5ppm 漂白水濃度進行氯化消毒。

維護成本

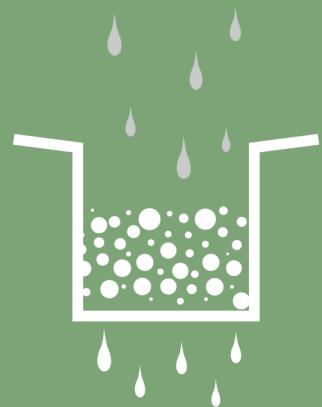
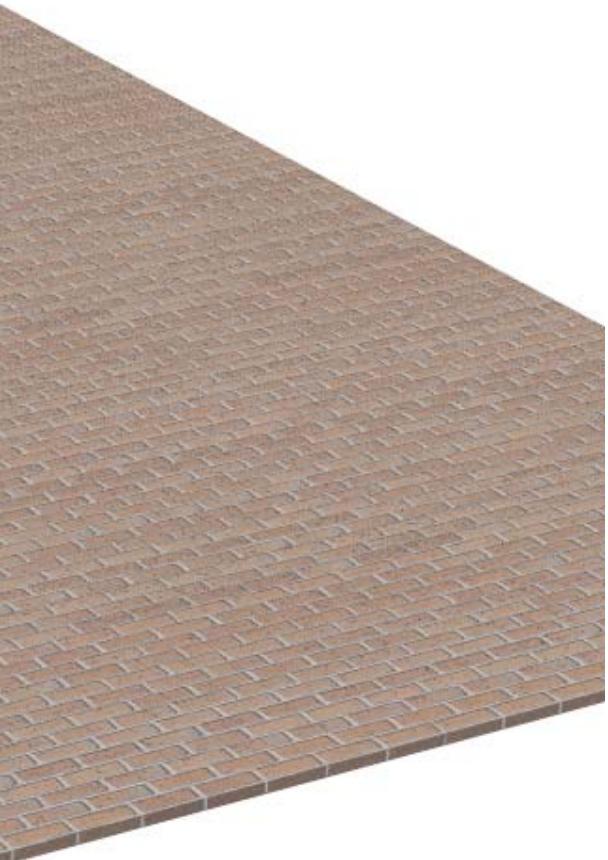
主要維護項目為內部清洗，一般 200 公升左右小型雨水桶可自行清洗；若屬 3~5 噸之大型雨水桶，每次檢查及維護費用約 1,000~2,000 元。

滲透陰井 / 滲透側溝

INFILTRATION WELL



SWALE/INFILTRATION GUTTER



設施單元訂定

設施說明

滲透側溝 (infiltration gutter) 是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。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。



滲透側溝

資料來源：舖裝工事茨城.com



滲透陰井

資料來源：Image Bali Arsitek dan Kontraktor

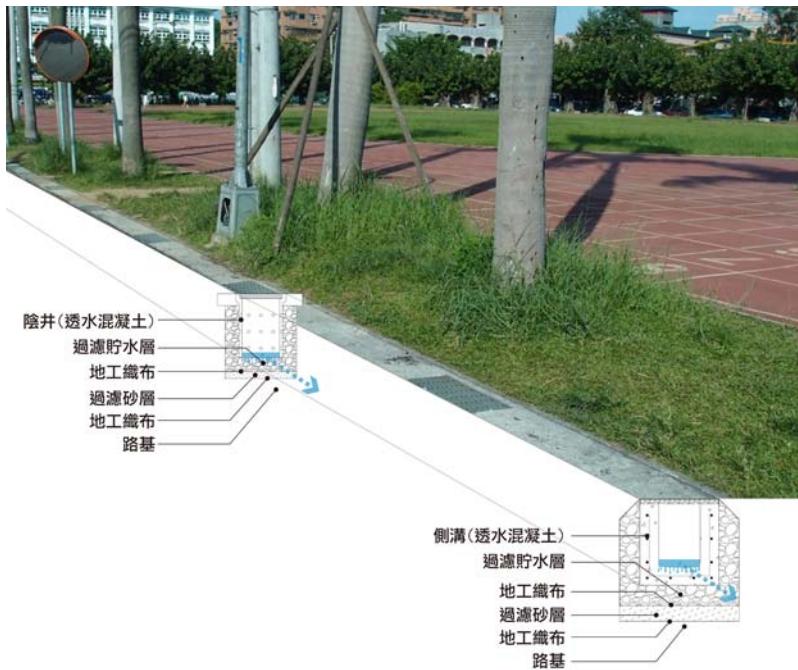
滲透陰井 (infiltration well) 為一垂直式輔助入滲、地下貯留設施，與滲透側溝同樣以透水材料製作陰井本體，並以碎石材料填充周圍。逕流透過排水系統或地表入口柵欄進入陰井後，可暫時貯留並使部分逕流量滲透至底部與四周的土壤。

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，適用取代原本的道路排水系統或基地開放空間（如：社區開放空間、建築物周圍、街道、人行道、停車場、庭院等）。因兩者仍以水體傳導為主要功能，然為避免道路路基含水造成承載力弱化，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。

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、過濾貯水層及地工織布，如下圖所示。各單元設計原則說明如下：



滲透側溝及滲透陰井組成結構斷面示意圖

資料來源：由手冊編制團隊自行繪製

基本組成結構

- ▲ 滲透側溝或滲透陰井結構本體
- ▲ 過濾貯水層
- ▲ 過濾砂層
- ▲ 地工織布

滲透陰井 / 滲透側溝

INFILTRATION WELL

滲透側溝及滲透陰井結構本體

功能 | 贯留與傳輸水體。

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 | A、滲透側溝可以採用現場製作或是預鑄形式。

注意事項 | 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。

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、建議可採公共工程委員會第 02726 章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，或採用第 96 頁之「粗砂級配參考表」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汙染。

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 | 5~10 公分。

地工織布 (geotextile)

功能	側面地工織布可避免邊坡的土砂阻塞過濾貯水層，而平行分隔各層的地工織布可以提升汙染物去除並減少溝渠底部汙染物負荷量，減少維護頻率。
材料選用	地工織布應符合公共工程委員會第 02342 章地工織物之規定，並應可防撕裂、穿刺或其它破壞。
設計注意事項	<p>A、應全面包覆過濾貯水層及過濾砂層，故應鋪於過濾貯水層與土壤或過濾砂層的接觸面，以及過濾砂層及土壤中間。</p> <p>B、應採用非織造針刺或單絲織造地工織布。</p> <p>C、應在每一面相互重疊，重疊接縫至少應有 30 公分。</p>

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：坡度會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，滲透側溝具較佳運作能力，坡度最多不可大於 20%。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。

滲透陰井 / 滲透側溝

INFILTRATION WELL

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、地工織布（側邊及下方）

(A) 地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地工織布，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。

滲透陰井 / 滲透側溝

INFILTRATION WELL

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。

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第 162 ~ 163 頁示意圖所示。

生命週期

維護良好的狀況下，有效生命週期是大約是 10~15 年，取決於維護情況、地工織布的材料選用以及滲透設施需要負擔的泥沙沉積量。

建置成本分析

滲透側溝及滲透陰井之成本分析如下表所示。

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	207
地工織布 (TH=2mm)	m^2	2.23	25	56
過濾砂層	m^3	0.08	1,000	80
地工織布 (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	6	6
總價(元/m)				2,658

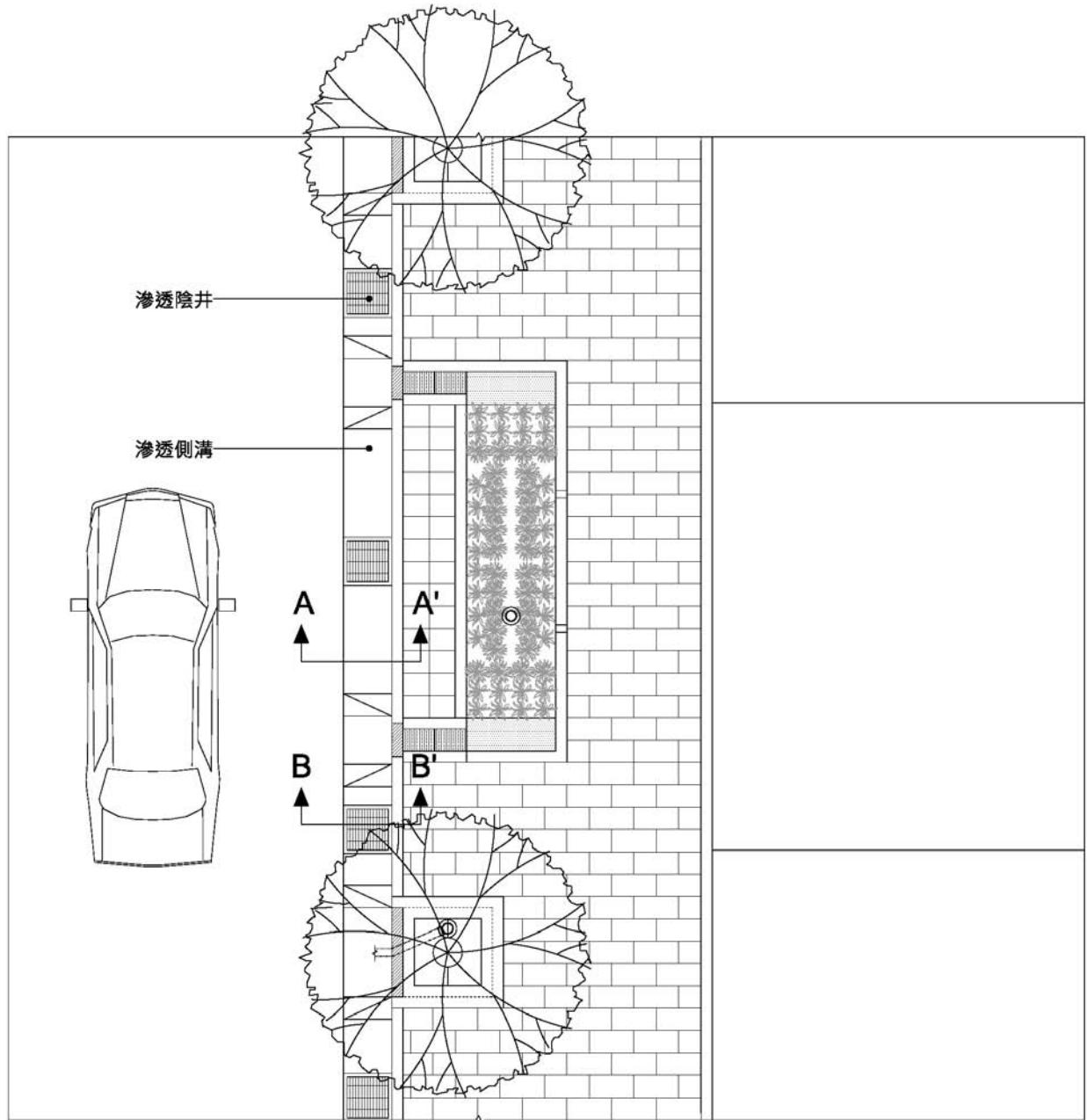
滲透陰井成本分析表

工料名稱	單位	數量	單價(元)	複價(元)
陰井	m^3	0.22	6,500	1430
過濾貯水層・碎石級配 (TH=10cm)	m^3	0.20	900	180
地工織布 (TH=2mm)	m^2	1.69	25	42
過濾砂層	m^3	0.04	1,000	40
地工織布 (TH=2mm)	m^2	0.53	25	13
技術工	工	0.50	2,500	1,250
零星工料及損耗	式	1.00	5	5
總價(元/m)				2,960

滲透陰井 / 滲透側溝

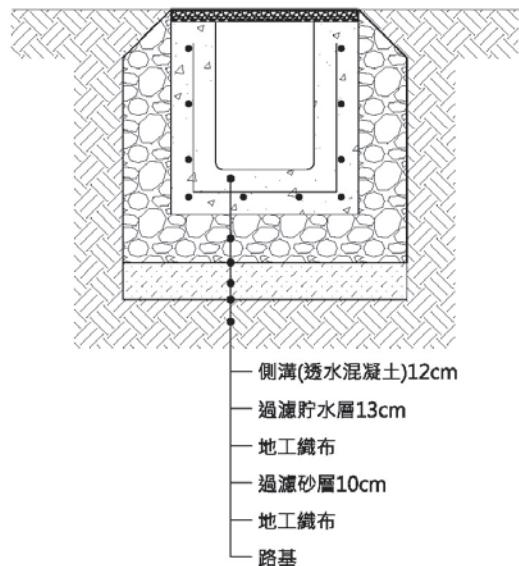
INFILTRATION WELL

滲透側溝及滲透陰井基本設計圖

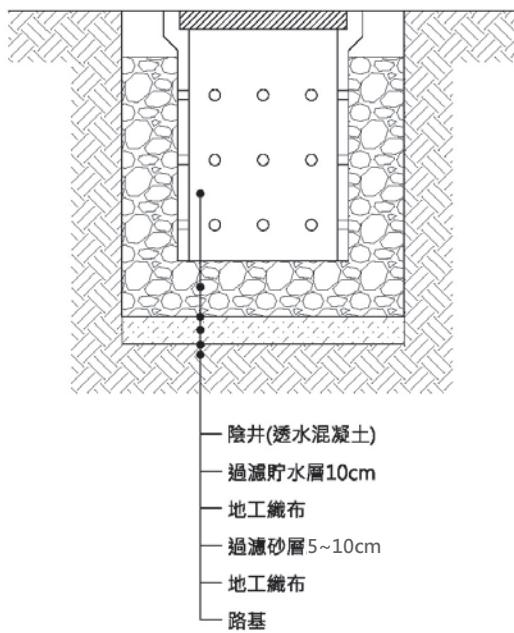


滲透側溝及滲透陰井平面配置圖

LL/INFILTRATION GUTTER



滲透側溝剖面圖



滲透陰井剖面圖

低衝擊開發設施設計原則

維護項目、週期與成本

維護項目與頻率

(1) 檢查：啟用之第一年應進行多次檢查，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：

A、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。

B、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。

C、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。
若無法修補則替換或重新設置。

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。

設施保水量
保水指標
永續環境生態指標

4

水環境低衝擊開發設施評估指標

水環境低衝擊開發設施評估指標

LID 設施導入都市空間的最大目標為發揮源頭管理，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。因此，指標操作在兼顧保水及環境永續考量下，應同時隱含保水量（量）及環境環境（質）永續表現。考量指標訂定後之操作執行應能最大化使用族群，友善不同專業領域（建築、景觀、水利與都市設計），使 LID 設施之推廣能產生最大效益。

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，以利不同專業領域業管人員、開發單位參考與遵循。
- (2) 應兼顧開發基地之保水量體及環境永續要求。
- (3) 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，以提升可操作性。
- (4) 應考量與現行法規之關係，在實務推動上相輔相成。

承上，本手冊將水環境低衝擊開發設施評估指標分為 2 類：

- (1) 保水指標：依開發基地內各類 LID 設施累計之保水積分予以計算。
- (2) 永續環境指標：基地地面層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。

本指標係基於開發基地內 LID 設施保水貯留以及洪峰消減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。

設施保水量

本手冊涵蓋之低衝擊開發設施，其建議之深度如“各類設施保水量估算公式表”所示，設施保水量為保水指標計算之基礎，設計者若採用不同深度時而導致單位保水量發生變化，應重新計算相對應之 LID 保水指標。

各類設施保水量估算公式表

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	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	$V=H \times a + P \times h \times a$	$V=H \times a + P \times h \times a$	$V=P \times h \times a + L$	$V=P \times h \times a$	$V=P \times h \times a$	$V=H \times a$	$V=P \times h \times a$
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 P:25%	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或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。						

水環境低衝擊開發設施評估指標

保水指標

評估指標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。計算式如下所示：

$$WS = \sum_{i=1}^n PV_i \times La_i \geq A$$

式中，WS：水環境低衝擊開發設施保水指標；

i：第 i 類低衝擊開發設施；

PV_i：第 i 類低衝擊開發設施保水積分（分 / 平方公尺）；

La_i：第 i 類低衝擊開發設施設置面積（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」，保水積分應大於開發區或建築基地評估面積 A，例：依各類設施保水量估算公式一覽表之結構尺寸，在建築技術規則第 4-3 條所定之 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，當標準改變則其積分將隨之變動（參閱第 171 頁「各類低衝擊開發設施保水積分推估表」）。由上述對應關係，可簡易便捷地設計組合不同 LID 設施，以評估建築基地可否滿足目標保水量體之需求。

故保水積分主要視基地目標保水量決定，不受基地大小、坐落區域配置、開挖率之限制，可供設計者以較簡易之方式評估基地內利用多少 LID 設施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，受設施系統與其集水面積間連接方式之影響，應透過相關設計手法達成，並以模式模擬驗證，以確認設施功能可發揮。

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. 單位面積保水量採第 169 頁「各類設施保水量估算公式及保水量一覽表」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。

同一種 LID 設施，不同影響變因（例：調整孔隙率及貯水層深度）會產生不同保水量，具變動可能性，故本手冊僅提供 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調整。

惟目前建築技術規則第 4-3 條規定新建、改建或增建建築物應設置雨水貯留設施，其貯留量體為 0.045 立方公尺 / 平方公尺，故需審慎思考其與本手冊建議之基地保水量體之關係。

本手冊參酌 78 個都審案例（臺北市、新北市、臺中市及高雄市）之各類土地使用分區保水量分析成果，將保水量標準訂定為「建築技術規則之雨水貯留量 + 各土地使用分區之 LID 保水量容受度」。各類土地使用分區保水量容受度分析成果如下表所示。

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	商四、商五	
LID 設施保水量 容受度分析	60mm	50mm	40mm	50mm

水環境低衝擊開發設施評估指標

永續環境生態指標

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，唯此透水面積非一定指落水可下滲至原土壤能力之面積。



因LID設施具減洪、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的之目標，故水環境低衝擊開發設施評估指標亦應將「基地地面層亦應達到一定透水面積以滿足永續生態環境」列入考量。

永續環境指標之評估指標計算式如下所示。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。

$$SE = \sum_{i=1}^n LV_i \geq S_d \times A_d$$

式中，SE：水環境低衝擊開發設施永續環境指標；

i：第i類低衝擊開發設施；

LV_i：第i類低衝擊開發設施保水量（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）。

本手冊列舉生態滯留單元 / 雨水花園、綠屋頂、植生溝、樹箱過濾設施、透水鋪面、雨水桶與滲透側溝 / 滲透陰井等 7 種 LID 設施。前 5 項兼具保水能力與其他多元生態功能，後 2 項嚴格而言較不具維護永續環境之功能（無法入滲涵養地下水、進行景觀營造與調節微氣候）。基此，在減低開發所伴隨環境衝擊考量下，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透過具永續生態價值之 LID 設施實踐，以突顯 LID 設施功能。

因不同土地使用分區之建蔽率並不相同，代表各自可供施作之法定空地比例亦不相同，而 LID 設施容受力分析成果顯示不同使用分區之基地保水容受度介於 40~60 毫米，故推動初期建議「永續環境指標保水量（原各分區容受力的 80%）」分別為：住宅區 48 毫米、其他商業區 40 毫米、商四及商五商業區 32 毫米、產業專用區 40 毫米（如下表所示）。

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	
			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	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 / 生態滯流單元							
	樹箱過濾設施							
	綠屋頂	≥ 80%	4.8cm	≥ 80%	4.0cm	≥ 80%	3.2cm	≥ 80%
	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								

水環境低衝擊開發設施評估指標

範例

以 1 個基地面積 1,000 平方公尺新建案為例（如右圖所示）。採用第 169 頁「各類設施保水量估算公式及保水量一覽表」與第 174 頁「低衝擊開發設施保水量及永續生態表現規範一覽表」進行 LID 設施之配置，觀察上述規定是否合宜。

住宅區之永續環境保水量要求為 48 立方公尺，經由計算，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，總保水量可達到 48.68 立方公尺，符合住宅區之永續環境保水量要求。

若將綠屋頂之生長介質由 10 公分置換成 30 公分，則其保水量可達 22.1 立方公尺，而地面層設施對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。

基地面積：1000m² 建蔽率：50%

設計建蔽率：40% 開挖率：68%

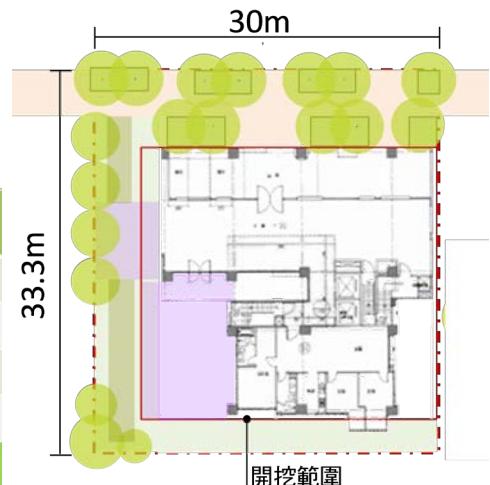
屋頂面積：380m²

屋頂綠化面積： $380m^2 \times 45\% = 170m^2$

需保水量： $1000m^2 \times 0.06m = 60m^3$

生態LID設施需保水量： $1000m^2 \times 0.048m = 48m^3$

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	



本手冊提出之水環境低衝擊開發設施評估指標，兼顧開發基地整體出流觀點與生態環境，故包含保水指標外與永續環境指標，以避免開發商僅採用保水效益高而永續環境效益低之設施（如雨水桶），或利用建築物筏基儲水，減少施作地面或屋頂具生態效益之 LID 設施面積。在符合保水指標及永續環境指標之要求下，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。

建築基地操作示範建議
道路與公共開放空間操作示範建議

5

案例示範

- 民生社區
- 淡海新市鎮

案例操作示範

LID 的設計思維應依不同尺度（適用於全區、私有土地或公共地區開發）而有不同的 LID 設施導入原則，其共同目標為：

- (1) 徹底了解該地物理及生態條件：土壤屬性、水文模式、基地內部與附近的所有自然資源
- (2) 專注於抑制雨水逕流
- (3) 就源處理
- (4) 融合土地使用功能以創造多功能地景

本章首先介紹 LID 導入新舊建築基地之設計原則及須知，透過建築基地導入 LID 設施案例操作示範試算保水量及永續生態指標，確認導入後可帶來之保水效益，接著說明道路與公共開放空間導入 LID 設施的原則。

建築基地操作示範建議

本節將說明新建與既有社區建築基地導入 LID 設施原則及須知，並以淡海新市鎮第 1 期建築基地示範試算與檢討 LID 保水量及永續生態指標。適用對象包括一般民眾、專業者及政府機關。

設計原則

都市設計審議地區建築基地適用原則

適用於都市設計審議地區的基地，代表所有新建建築基地與既有社區都適用於此原則。

開挖率及建蔽率為影響 LID 設施導入建築基地的重要原因，二者決定基地面積的室內範圍多寡，進而直接影響雨水下滲入土的程度。

低建蔽率及開挖率是 LID 導入基地的最佳條件。高建蔽率加上低地下開挖率會比低建蔽搭配高地下開挖率適合，因大面積的屋頂有機會導入綠屋頂等 LID 設施。其他像是加裝保水板等細節設計手法仍可讓高建蔽及開挖率的基地有機會導入 LID。



不同階段的建築基地開發應考量以下不同原則：

新建建築基地（建照與都審申請階段）

做為建築設計師、景觀設計師與業主於討論階段時的考量依據，也可供各縣市政府考量檢討都市設計審議規範是否應納入設置 LID 設施：

- (1) 新建工程設有筏基者，依建築技術規則第 4-3 條之雨水貯集量規範，將之優先規劃置於筏式基礎坑。
- (2) 排出建築基地或進入筏式基礎坑之雨水，均應經過生態過濾設施（例：雨水花園、綠屋頂、透水鋪面）以確保水質。
- (3) 對於降雨產生之地表水，基地應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，尤其適用於公園、學校...等大型公共設施用地，亦可運用於都市活動人潮相對較多之廣場空間。

▲ 設置具優化入滲與貯水功能之 LID 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：

應優先設置於基地內相對下游區位，以擴大集水面積，且應盡量垂直逕流（坡降）方向設計，以提高設施之集水面積。

案例操作示範

▲ 保水設施佈設限制要素：

- 地下水位小於 1 公尺之建築基地不宜設置具入滲與貯水機制之保水設施。
 - 避免設置於加油站或車流大（雙向四線道）之區域。
- ▲ 受限於開挖率之建築基地，可選擇植生綠牆、開挖上方保水板、雨水桶等其他設計手法。

(4) 基地干擾最小化，如果於地下水充足之地區則不鼓勵設置地上 LID 設施。

(5) 建築配置需有策略性整體思維並了解基地的地理水文，例如利用開放空間分散地表逕流，並使之能順利導入下游設施。

現況建築與既有社區（都更階段）

現況建築及既有社區須遷就既有建築設計及使用條件，因暴雨洪水管理將牽涉整合各種地景，故既有社區的各種現存限制條件可能帶來最複雜的挑戰。除考量前述原則外，下列程序為既有社區導入 LID 的操作建議步驟，後文以座落於民生社區之街廓為例：

(1) 檢討基地 LID 設施導入容受空間，包括：公私有界線確認、地下室開挖範圍確認及既有開放空間配置檢討等。

(2) 在導入 LID 設施時需尊重並保存既有開放空間及其功能。



由手冊編制團隊自行繪製



既有社區示範計算 - 以民生社區為例

案例操作示範

導入 LID 保水量試算操作說明

透過淡海新市鎮第 1 期集合住宅都市設計審議案例，計算建築基地之保水量作為績效評估操作之基礎。

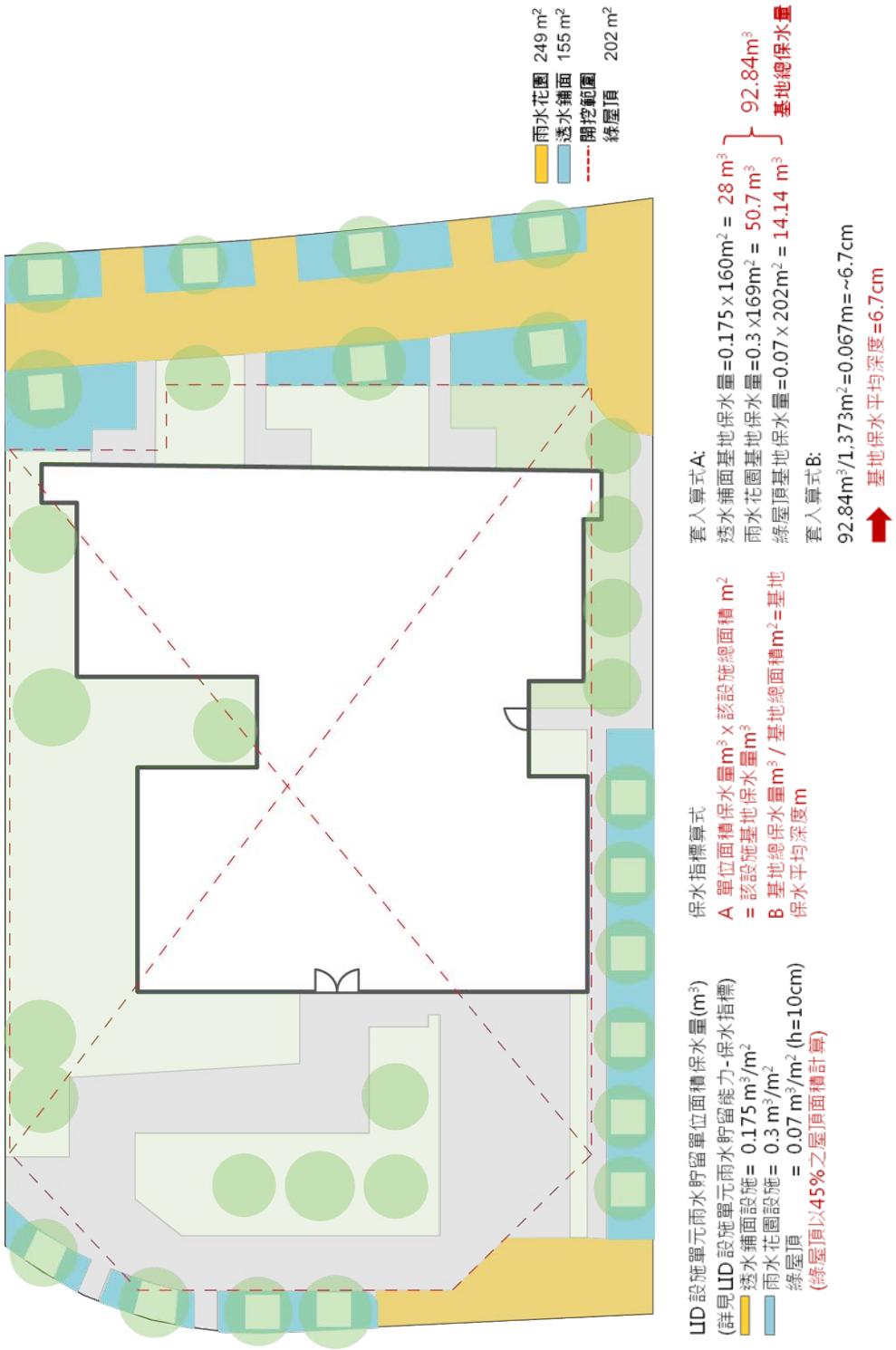
案例背景：

集合住宅大樓	
使用分區	住五
基地面積	1373.42m ²
建築面積	467.13m ²
樓板面積	8308.35m ²
建蔽率	35/34.01%
容積率	320/319.96%
樓層數	14/3
樓高	46.4m



資料來源：由手冊編制團隊自行繪製

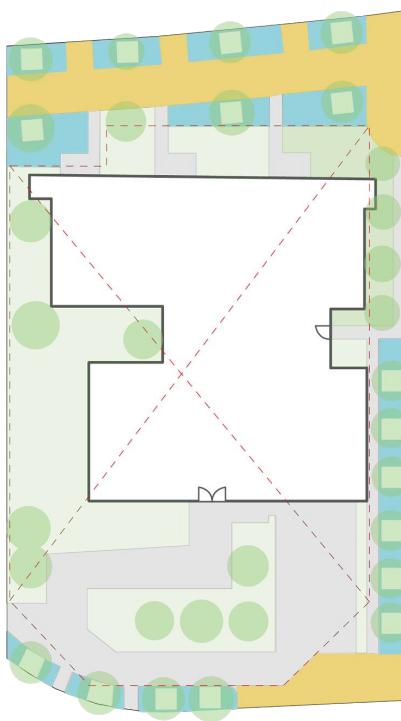
保水深度試算：



由手冊編制團隊自行繪製

案例操作示範

永續生態指標試算：



透水鋪面基地保水量 = $0.175 \times 160\text{m}^2 = 28\text{m}^3$

雨水花園基地保水量 = $0.3 \times 169\text{m}^2 = 50.7\text{m}^3$

綠屋頂基地保水量 = $0.07 \times 202\text{m}^2 = 14.14\text{ m}^3$

基地總保水量 = 92.84m^3

套入算式 B:
 $92.84\text{m}^3 / 1,373\text{m}^2 = 0.067\text{m} = \sim 6.7\text{cm}$

基地保水平均深度 = 6.7cm

由手冊編制團隊自行繪製

分區	住宅區		商業區		產業專用區		5cm
	透水鋪面	保水深度	透水鋪面	保水深度	透水鋪面	保水深度	
LID保水量容受度分析							
	6cm		5cm		4cm		
LID設施	雨水蓄水池						
	綠屋頂	$\geq 80\%$	4.8cm	$\geq 80\%$	4.0cm	$\geq 80\%$	4.0cm
	透水鋪面						
	雨水桶						
	滲透則溝/滲透隙井						
	其他設施：非露天式基礎坑之貯存空間/非露天式基礎坑之地下蓄留空間						

LID 設施導入建築基地符合操作型指標及永續生態指標

道路與公共開放空間操作示範建議

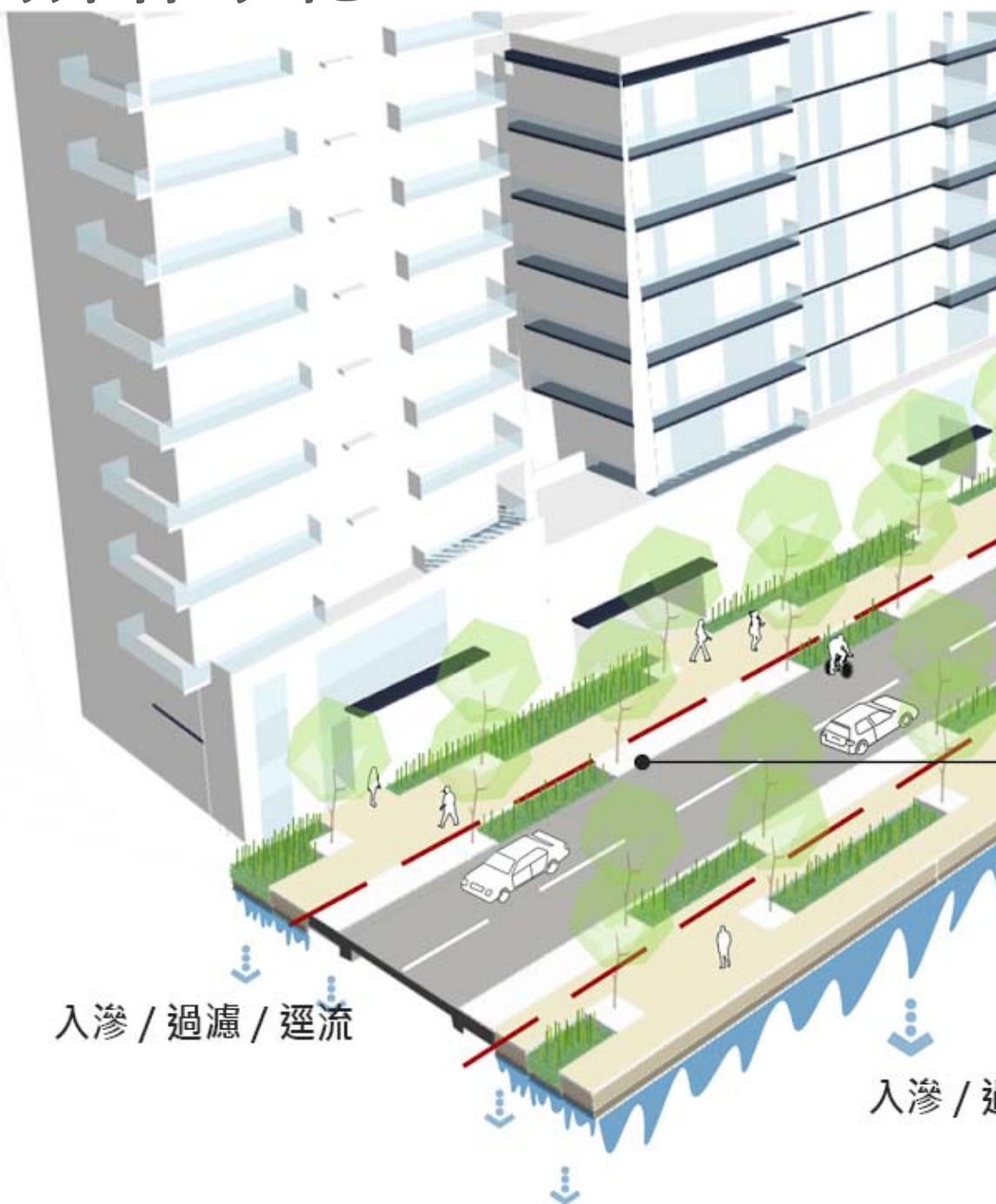
本段落將說明 LID 導入道路與公共開放空間的設計原則及需考慮事項。

案例將以淡海新市鎮第 2 期之道路與公共開放空間做為設計操作示範，提供使用者對街道與公共空間設計更多想像空間。

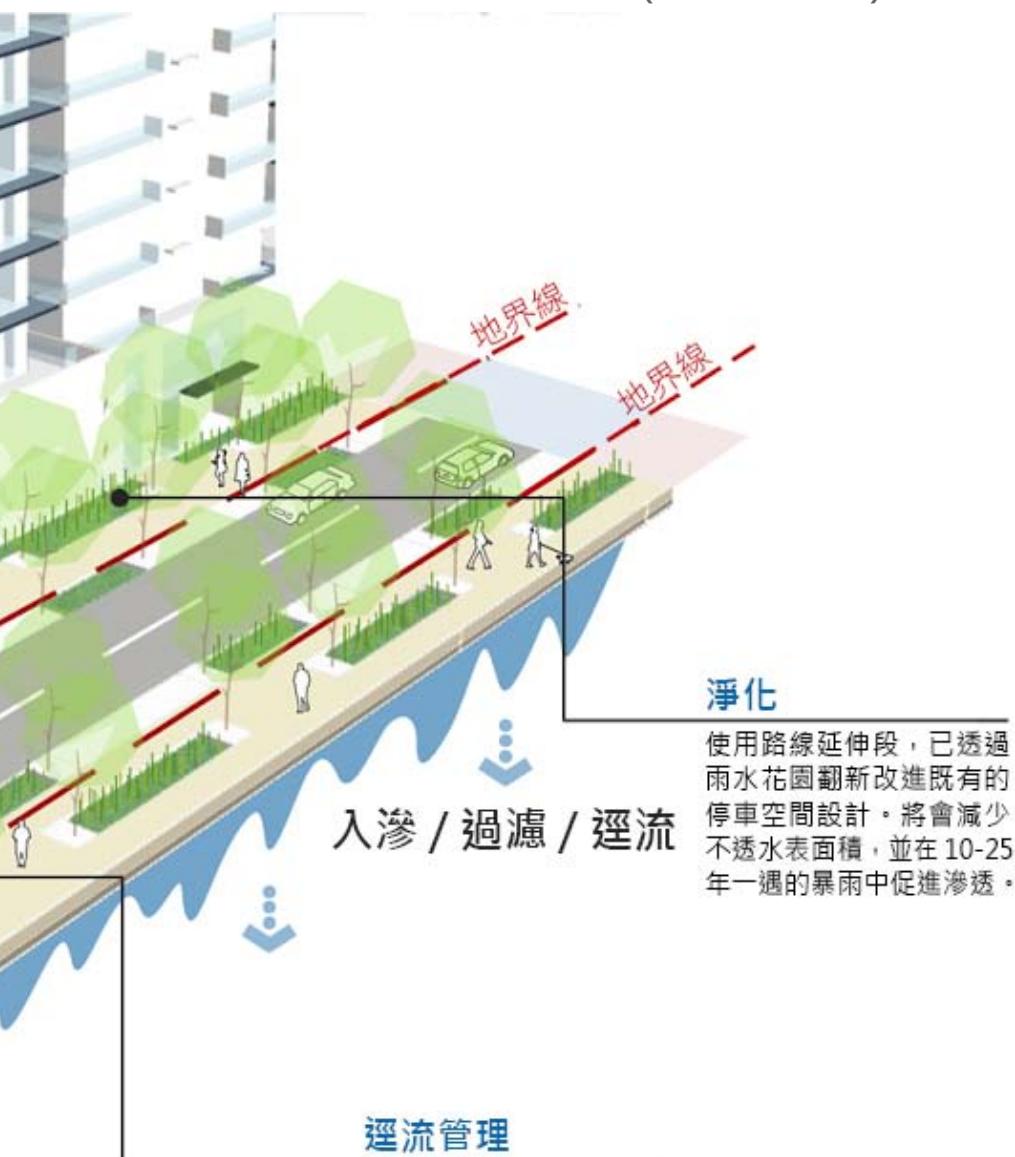
因臺灣與國外的街道在土地權屬上有相當的差異，國外大部份的人行道空間屬公有路權，而我國受限於區段徵收、市地重劃等土地開發方式，有泰半的人行道空間係屬私人協作產生。此示範案例主要是以公共空間的街道進行示範，故是以「公私合營角度探討設計的可能性」做為規劃設計原則。車道寬度設計係依循「淡海新市鎮特定區計畫第 2 期發展區第 1 開發區景觀綱要計畫暨都市設計審議規範」之建議內容進行，而車道與兩側私有土地退縮部分之規劃如下圖所示。



案例操作示範



低衝擊開發街道 (LID Streets) 規劃示意圖



逕流管理

設置路緣石開口，得讓暴雨洪水流入路緣延伸段或其他低衝擊開發設施。

過濾 / 遷流

資料來源：由手冊編制團隊自行繪製

案例操作示範

導入道路設計原則

街道導入 LID 設施設計主要操作原則包括下列各點：

(1) 考量工程界面，尊重路權範圍線產生之施工及工期差異。

- ▲ 考量施工方便性，LID 設施的尺寸應以施工機器的尺度進行考量。
- ▲ 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，主要係考量避免具下滲功能的 LID 設施在日後對管線共管空間產生影響，且車道空間的水質污染相對較嚴重，亦不適合配置 LID 設施。
- ▲ 以公私合營理念整併路權及退縮空間內的人行道與腳踏車道空間設計，提升效率，將餘裕空間調整為綠化空間，建構 LID 設施導入基礎。
- ▲ LID 設施上方不建議種植喬木，避免降低效率及破壞設施。

(2) 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。

(3) 自行車道寬度建議應依照各計畫道路調整所需大小。

35 公尺計畫道路路幅為四線車道搭配輕軌，建議道路兩邊分別設置寬度 2.5 公尺雙向自行車道，避免自行車跨越，降低安全性風險，其他道路依道路服務等級配置單向自行車道或進行車道空間整併規劃。

(4) 雙向四線道以上考量道路車量偏多，加重逕流污染，不適合使用 LID 設施，故建議此種道路兩側退縮唯處理退縮內之雨水逕流；雙向四線道以下則建議處理車道上之雨水逕流。

依上述規劃設計原則，說明各型街道引入 LID 設施之設計內容如下：

35 公尺計畫道路

35 公尺計畫道路為景觀道路（兩側多為非住宅之土地使用規劃，且道路中間常有景觀設施空間），通常車道數及車流量較大，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、遮蔽視線。在優先尊重大型喬木生長空間考量下，喬木栽植空間不配置 LID 設施。兩側都市活動空間配設 LID 設施，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。

目前示範範圍內的車道現況為四線車道加上輕軌，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。

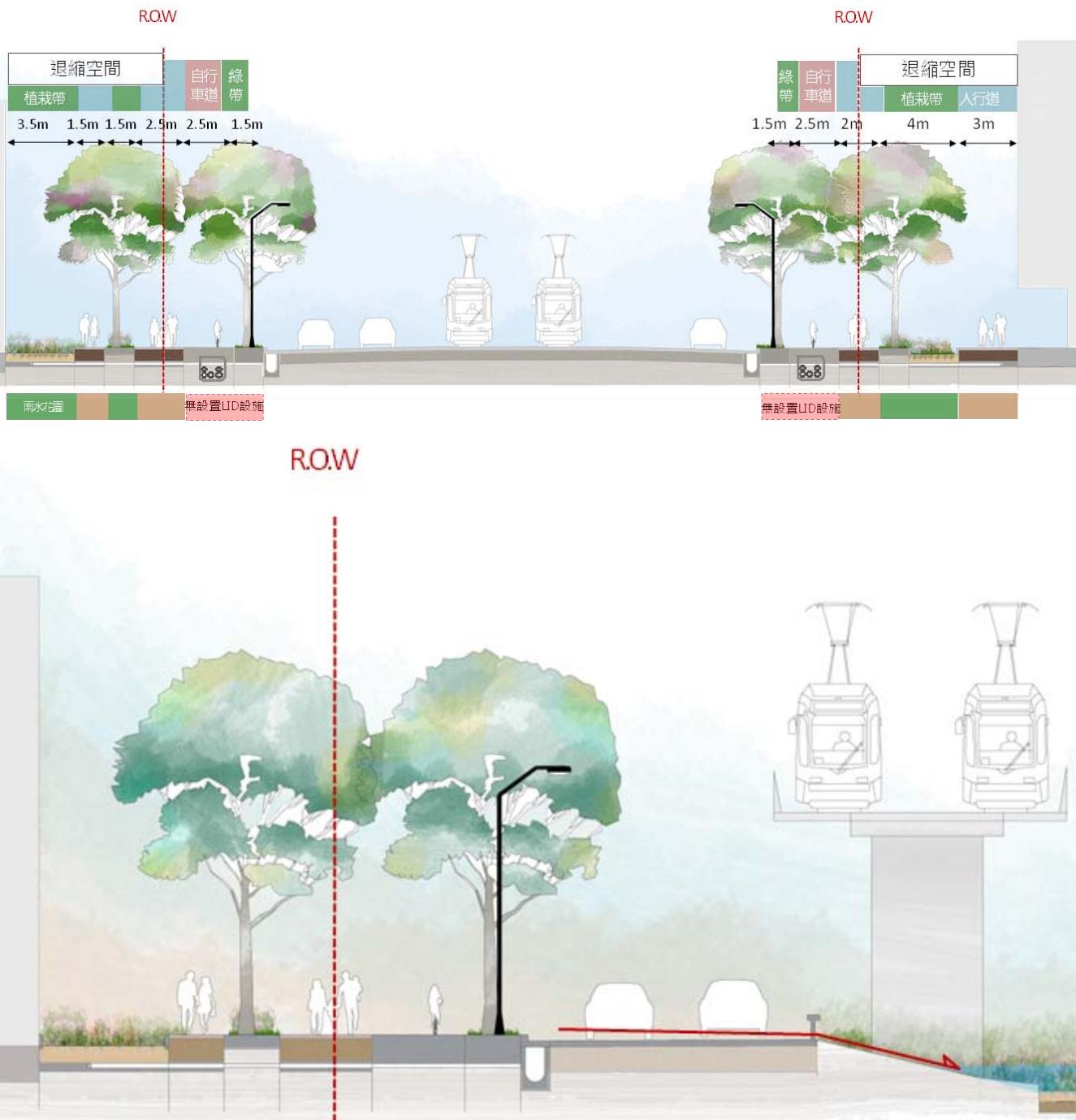
另由於區內 35 公尺計畫道路多由輕軌及車道空間所佔據，與國內常見景觀道路不同，從而建議參考丹麥哥本哈根 ØRESTAD 社區內於高架捷運或道路下方設置大型植生草溝收集其上方落水案例。



丹麥哥本哈根 ØRESTAD 社區

資料來源：由手冊編制團隊自行拍攝

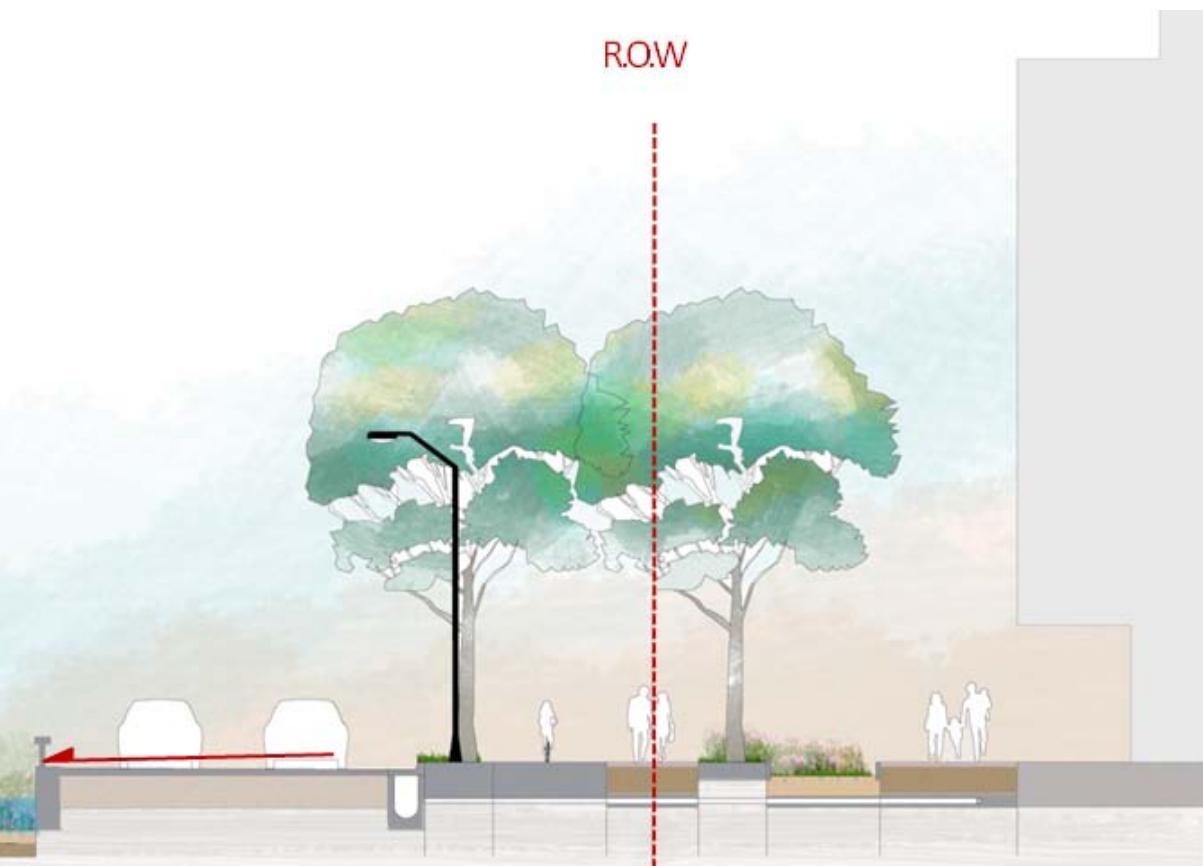
案例操作示範



◀ 35 公尺道路設計示範一

▼ 35 公尺道路設計示範二

透過上述高架陸橋或軌道下方設置草溝方式設計，可降低排水溝負擔，進而降低雨水下水道工程投資，並增加入滲效果；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，均可以有類似做法。



案例操作示範

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。



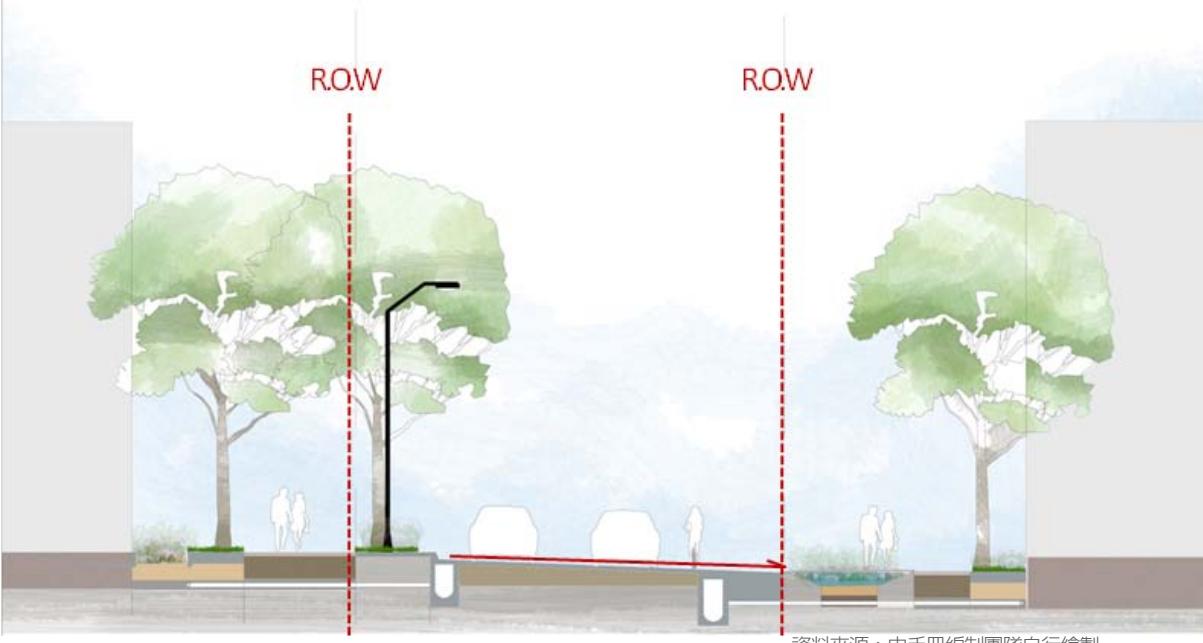
資料來源：由手冊編制團隊自行繪製

20 公尺道路設計示範

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。此種道路的社區性質最高，臨道路兩側的用地通常以住宅或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，且創造之靜謐氣氛將使車速更加緩慢。

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：範圍內臨第 1-1 種住宅區的類郊區或小型公園之綠帶空間可規劃草溝收集道路雨水，降低排水溝負擔，並增加入滲的機會。而 12 公尺道路屬於社區收集道路，自行車可直接靠右側路邊行駛，故建議無須配置自行車道，多餘空間可供雨水花園或人行道使用。公園兼兒童遊樂場用地部分因退縮空間較寬廣，則有機會設置具有景觀及教育性高的 LID 設施。



資料來源：由手冊編制團隊自行繪製

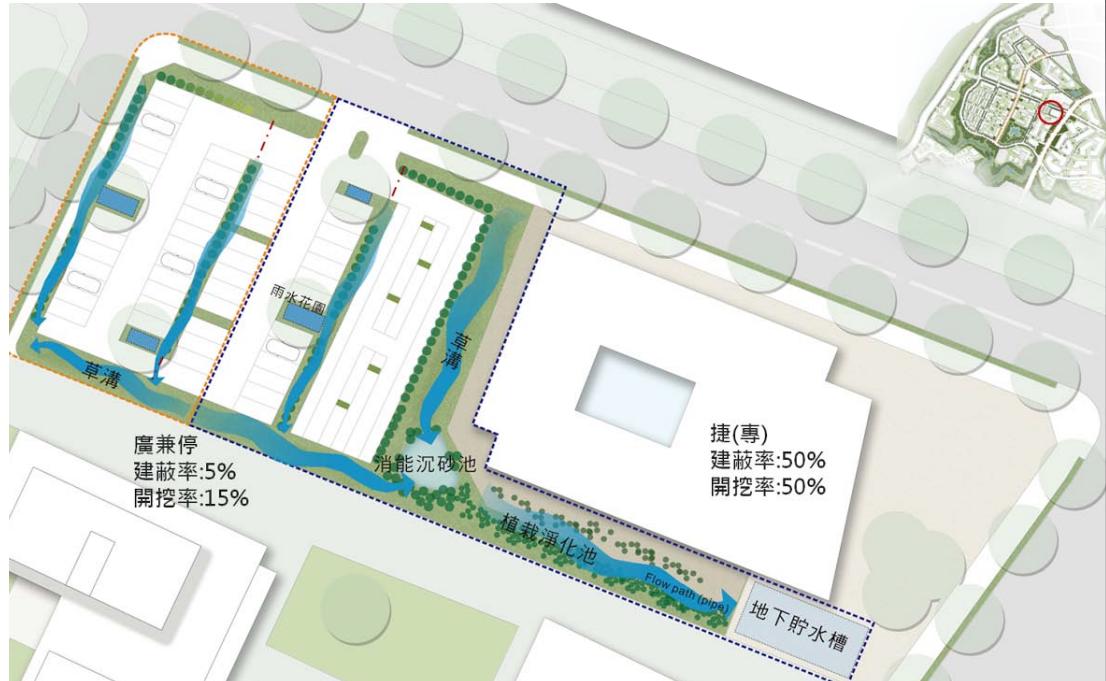
12 公尺道路設計示範

案例操作示範

LID 設施導入公共開放空間說明

淡海 2 期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。結合兩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、美化環境及再生水使用的可能性。

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：草溝）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）。因結合兩基地的能夠擁有更大的漫延面積，使雙方都能夠容受更大的下雨強度，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之外，儲存過濾後的雨水，並再利用於捷運專用地的澆灌及沖廁等，可降低營運成本。



參考文獻

1. 淡海新市鎮雨水、污水、自來水系統規劃報告，台灣省政府住宅及都市發展局，民國 84 年
2. 臺北市工程施工規範，民國 93 年
3. 雨水資源再利用，水利會訊第 11 期，陳賜賢，民國 97 年
4. 市區道路及其附屬設施技術研發計畫，內政部營建署，民國 97 年
5. 建築基地保水設計技術規範修正規定，內政部營建署，民國 101 年
6. 高雄市綠建築自治條例，民國 101 年
7. 透水保水設施規劃參考手冊，新北市水利局，民國 101 年
8. 綠屋頂的環境效益與相關技術探討，張育森，民國 101 年
9. 實現透水城市研究計畫 (2/2)，新北市水利局，民國 102 年
10. 社區及建築基地減洪防洪規劃手冊，內政部建築研究所，民國 102 年
11. 降雨逕流非點源汙染最佳管理技術 (BMPs) 手冊，行政院環境保護署，民國 102 年
12. 臺南市建築基地雨水貯集滯洪設施技術手冊，臺南市政府水利局，民國 103 年
13. 東京都雨水貯留・浸透施設技術指針，東京都綜合治水對策協議會，2009
14. 綠屋技術規範，臺灣綠屋頂暨立體綠化協會，網路資源
15. 德國完善之雨水回收再利用系統綠建築 - 水資源指標必要之規劃設置，網路資源

参考文献

16. 雨水流出抑制施設技術指針・大田区・2008
17. 公共施設における一時貯留施設等の設置に係る技術指針・東京都都市整備局・2011
18. Design of Stormwater Filtering Systems, the Center for Watershed Protection, Richard A. Claytor and Thomas R. Schueler, 1996.
19. Storm Water Technology Fact Sheet-Infiltration Trench, United States Environmental Protection Agency, 1999.
20. Maryland Stormwater Design Manual, Maryland Department of the Environment, 2000.
21. Minimum Design Criteria for Implementation of Certain Best Management Practices for Storm Water Runoff Treatment Options, NPDES, 2001.
22. Guidelines for the Planning, Execution and Upkeep of Green-roof sites, The Roof-Greening Working Group, 2002.
23. UNIFIED FACILITIES CRITERIA (UFC) - Design: Low Impact Development Manual, United States Department of Defense, 2004.
24. Introduction to the German FLL-Guideline for the planning, execution and upkeep of green-roof sites, Peter M. Philippi, 2005.
25. Green Infrastructure Strategy, Cambridgeshire Horizons, 2006.
26. How to get cost reduction in green roof construction, Peter Philippi, 2006.
27. Permeable Interlocking Concrete Pavements, Interlocking Concrete Pavement Institute, David R. Smith, 2006.
28. Pennsylvania Stormwater Best Management Practices Manual, Pennsylvania Department of Environmental Protection, 2006.

參考文獻

29. COOL & GREEN ROOFING MANUAL, N.Y.C Department of Design and Construction(DDC), 2007.
30. Stormwater Management Manual for Western Australia: Structural Controls, Department of Water, 2007.
31. Low Impact Development (LID) Guidance Manual, Brunswick County, 2008.
32. Landscape architecture and the challenge of climate change, Landscape Institute, 2008.
33. Rainwater Tank Design and Installation Handbook, Australian Government, November 2008.
34. Stormwater Management Manual, the City of Portland Oregon, 2008.
35. Bacterra Advanced Bioretention Technology, filterra, Robert F. Kelly and Mindy Ruby, 2009.
36. Design review: Principles and practice, CABE, 2009.
37. Green infrastructure: connected and multifunctional landscapes, Landscape Institute, 2009.
38. Green Infrastructure Guidance, Natural England, 2009.
39. Green roofs for stormwater runoff control, United States Environmental Protection Agency, Robert D. Berghage, David Beattie, Albert. R. Jarrett, Christine Thuring, Farzaneh Razaei, Thomas P. O' Connor, 2009.

參考文獻

40. Look at Integrated Management Practices and Design Considerations, CONTECH Engineered Solutions, 2009.
41. NYC Green infrastructure plan: a sustainable strategy for clean waterways, NYC Environmental Protection, Michael R. Bloomberg, 2009.
42. VIRGINIA DCR STORMWATER DESIGN SPECIFICATION, Virginia Department of Environmental Quality, 2009.
43. Water Sensitive Urban Design Guidelines, Melbourne Water, 2009.
44. A Temperature and Seasonal Energy Analysis of Green, White and Black Roofs, S. R. Gaffin, C. Rosenzweig, J. Eichenbaum-Pikser, R. Khanbilvardi, T. Susca, 2010.
45. Filterra Bioretention Systems: Technical Basis for High Flow Rate Treatment and Evaluation of Stormwater Quality Performance, John Lenth and Rebecca Dugopolski, 2010.
46. Green infrastructure by design, Chris Blandford Associates, 2010.
47. Installation Instructions for CULTEC Stormwater Management Systems, CULTEC, 2010.
48. Infiltration Trenches and Dry Wells, Metropolitan Area Planning Council, 2010.
49. Low Impact Development: a design manual for urban areas, UACDC, 2010.
50. Low impact development stormwater management planning and design guide, Credit valley conservation, 2010.

參考文獻

51. Making it home: the power of landscape to create good housing, Landscape Institute, 2010.
52. New Jersey Stormwater Best Management Manual, State of New Jersey, 2010.
53. Urban Storm Drainage Criteria Manual, Urban Drainage and Flood Control District, 2010.
54. Water Sensitive Urban Design Technical Manual - Greater Adelaide Region, Government of South Australia, 2010.
55. Draft Notional Planning Policy Framework, Department for Communities and Local Government, London, 2011.
56. Harris County Low Impact Development & Green Infrastructure Design Criteria for Storm Water Management, Arthur L. Storey, Jr., P.E, 2011.
57. Low Impact Development Stormwater Management Planning and Design Guide, CREDIT VALLEY CONSERVATION, 2011.
58. The Natural Choice: securing the value of nature, HM Government, 2011.
59. Technical Guide: Permeable Interlocking Concrete Pavement, Willow Creek permeable pavers, 2011.
60. Why Invest in Landscape?, Landscape Institute, 2011.
61. Biofiltration Swale Design Guidance, Caltrans, 2012.

参考文献

62. Industry Guidelines for Permeable Interlocking Concrete Pavement in the United States and Canada, David R. Smith, 2012.
63. Low Impact Development : Technical Guidance Manual for Puget Sound, WSU Puyallup Research & Extension Center and Puget Sound Partnership, 2012.
64. Missouri Guide to Green Infrastructure: Integrating Water Quality into Municipal Stormwater Management, Missouri Department of Natural Resources, 2012.
65. WRIA 9 Stormwater Retrofit BMP Cost Assumptions, King County Project Management Team Meeting, 2012.
66. Assessment of Life Cycle Costs for Low Impact Development Stormwater Management Practices, Tim Van Seters, Christy Graham, Lisa Rocha, Mariko Uda and Chris Kennedy, 2013.
67. Eastern Washington Low Impact Development Guidance Manual, AHBL and HDR, 2013.
68. Installation Instructions for CULTEC Landscaper Series, CULTEC, 2013.
69. Site Development Design Manual, the Whole Building Design Guide, 2013.
70. Stormwater Best Management Practices: Guidance Document, Boston Water and Sewer Commission, 2013.
71. Maine Stormwater Best Management Practices Manual, Maine, 2014.

參考文獻

72. Stormwater Management Guidance Manual, Planning & Research
Philadelphia Water Department, City of Philadelphia, 2014.
73. Green Roof Handbook, Conservation Technology.
74. Low Impact Development Guidebook, Nashua Regional Planning
Commission.
75. Post-Construction Stormwater Management in New Development
& Redevelopment, United States Environmental Protection
Agency.
76. Structural BMP Specifications for the Massachusetts Stormwater
Handbook, Massachusetts.
77. Water sensitive urban design life cycle costing data, Melbourne
Water.
78. Water sensitive urban design engineering guidelines (superseded)
and fact sheets, Brisbane City Council.

國家圖書館出版品預行編目 (CIP) 資料

水環境低衝擊開發設施操作手冊 / 劉格非總編輯

-- 臺北市：營建署，民 104.09

面；公分

ISBN : 978-986-04-6111-4 (平裝)

1. 水資源管理 2. 環境規劃

554.61

104020009

政府出版品統一編號 (GPN) : 1010401890

著作權所有 · 翻印必究

編輯群 (依姓氏筆畫序)

出版單位 : 內政部營建署

出版日期 : 中華民國 104 年 12 月

總召集人 : 許文龍

副召集人 : 王榮進、吳金和、童健飛

顧 問 : 李鴻源、郭純園

策 劃 : 王東永、於望聖、洪啟源、蘇崇哲

執行策劃 : 林俊次

總 編 輯 : 劉格非

編輯顧問 : 王秀娟、王藝峰、林文欽、陳志偉、許少華、張嘉玲、
廖朝軒、蔡綽芳

執行主編 : 邱昱嘉

編 輯 : 吳庭羽、胡通哲、徐佳鴻、陳怡潔、陳葦庭、張富銘、
游景雲、劉宏仁、劉金花、劉禹其、潘麒帆、蕭寓心、
賴耿辰

校 稿 : 李岱璇、林昱德

