

低衝擊開發與雨水利用之設計探討

陳賜賢

台灣省水利技師公會 榮譽理事長

摘要

過去的建築環境開發常採用不透水路面設計，使得大地喪失良好的吸水、滲透、保水能力，剝奪了土壤內微生物的活動空間，減弱了大地滋養植物的能力。當隨著都市發展，在尖峰降雨發生時會造成過多雨水逕流，形成都市洪水的現象。本計畫所提出之低衝擊開發設施，除考量國內外綠建築方案中的容水指標，研擬公共空間應有之貯留量基準外，並於公共空間進行示範性案例設計，才能有效抑制都市洪水，調節都市溫度，平衡土壤生態，如圖 1-1 所示。

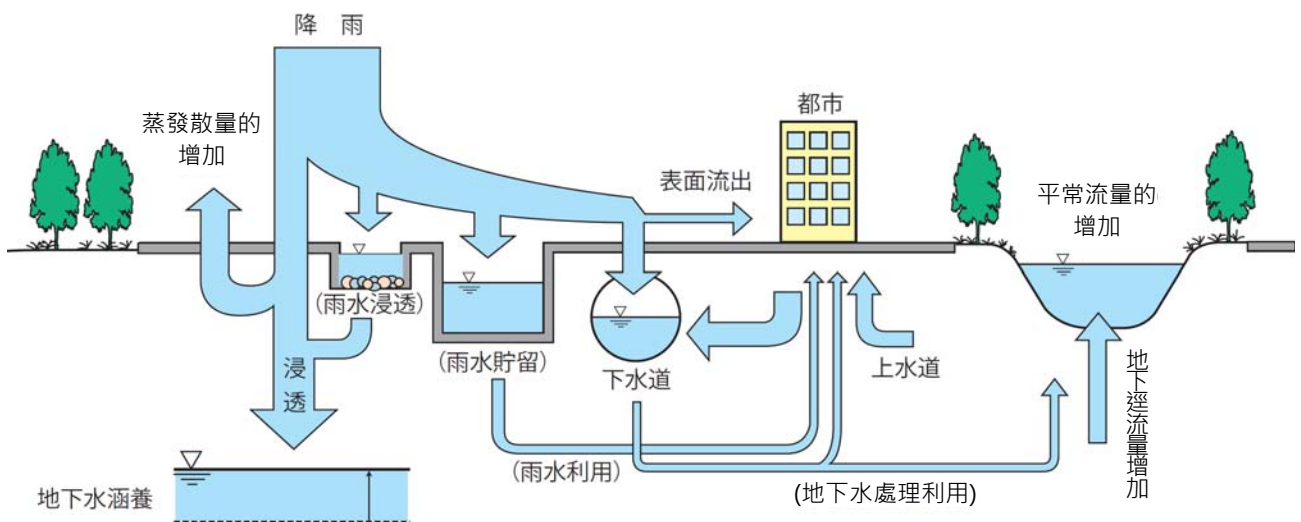


圖 1-1 低衝擊開發暴雨管理技術示意圖



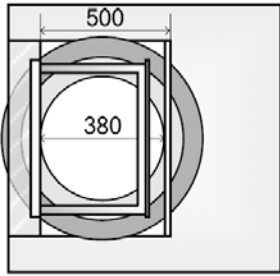
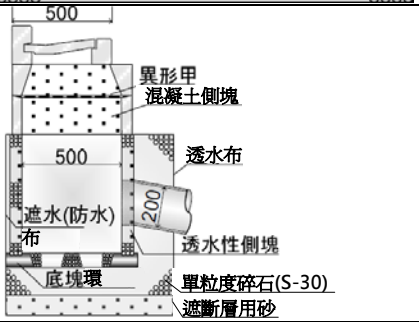
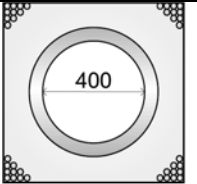
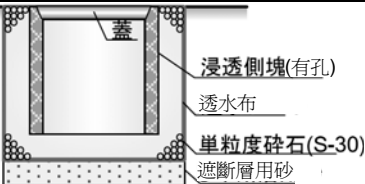
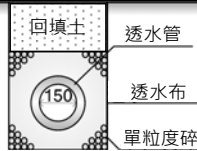
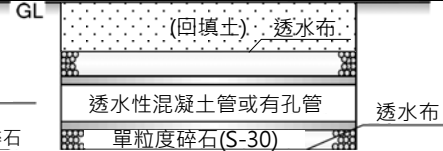
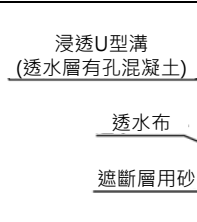
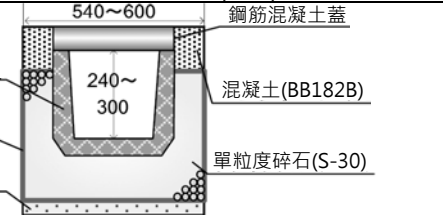
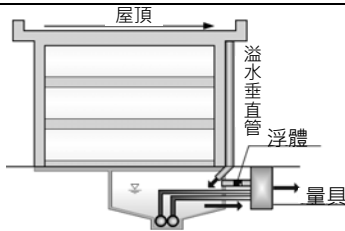
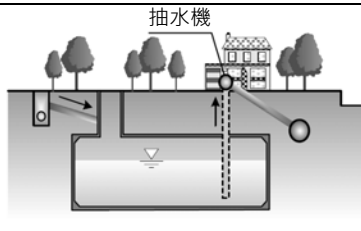
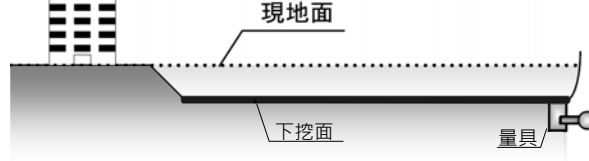
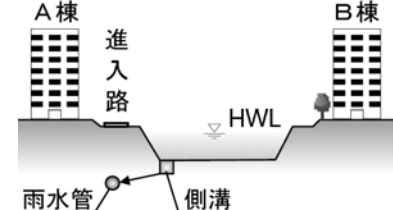
一、前言

「低衝擊開發設計」主要分為「直接滲透設計」與「貯留滲透設計」兩大部分。這兩大部分的設計概念及主要設施，大約可分述如表 1-1 所示：

《經驗交流》

低衝擊開發與雨水利用之設計探討

表 1-1 常用低衝擊開發單元設施簡介

設施分類	設施名稱	示意圖	
		步道用	車道用
	透水性路面		
直接滲透設施	道路滲水孔		
	滲透陰井		
直接滲透設施	滲透排水管		
	滲透側溝		
貯留滲透設施	屋頂貯留、地下貯留		
	校園貯留、公園貯留		
	棟間貯留 (中庭花園、停車場等)		

目前各國案例常用低衝擊開發設施，以滲透功能為主之設施可分為裸露土地綠化、透水路面、水平式的「滲透排水管」、垂直式「滲透陰井」，及屬於大範圍收集功能的「滲透側溝」；而以貯留功能為主之設施則為人工地盤花園、地面貯留及地下礫石貯留等三大類型。

增加土壤地面可增加雨水的直接入滲效果，通常用來作為種植植栽的綠地。雨水滲入綠地土壤可直接供給植物成長，對土壤的微生物活動及綠化光合作用有最大的助益。植物的根部活動又可活化土壤、增加土壤孔隙率，對涵養雨水之能力有所貢獻。因此綠化的自然土壤地面是屬於最為自然、最環保的雨水貯留設計。



「透水性路面」就是車道、步道、廣場等地面構造，其表層及基層均具有良好透水性能的路面。透水性能主要由表面材的乾砌間隙來達成，表層下的基層則由透水性十分良好的砂石級配構成。依地面的承載力要求，其表層材料及基層砂石級配的耐壓強度有所不同，但絕不能以不透水的混凝土作為基層結構以阻礙雨水之滲透，一般良好透水路面的透水性能均如同裸露土地。

「滲透排水管」是將基地內無法由自然入滲排除之雨水設法集中於管內後，然後慢慢往土壤內入滲至地表中，達到其輔助入滲的效果。其材料從早期的陶、瓦管、多孔混凝土管、有孔塑膠管進化為蜂巢管、網式滲透管、尼龍紗管至近期之不織布透水管等，它可利用毛細現象將土壤中飽和雨水引導入管內，再緩緩排除。外層的材料不僅須有足夠的抗壓強度，也須避免泥砂滲入造成淤積。



「滲透陰井」與「滲透排水管」的原理是類似的，都是利用內部的透水涵管來容納土壤中飽和的雨水，待土壤中含水量降低時，再緩緩排除。「滲透陰井」是屬於垂直式的輔助入滲設施，不僅有較佳的貯留滲透的效果，同時，亦可做為「滲透排水管」之間聯接的節點，截流且容納排水過程中產生的污泥雜物，以方便定期清除來保持排水的通暢。「滲透陰井」周圍覆蓋的級配層則是為了增加雨水貯留的空間，並且防止細小的泥沙造成管壁的阻塞現象。「滲透陰井」可與「滲透排水管」配合，運用於各類運動場、公園綠地以及土壤透水性較差的建築基地之中。

《經驗交流》

低衝擊開發與雨水利用之設計探討

「樹穴」與「滲透陰井」作用相似，例如雪梨市以似鵝卵石的特殊材料填平樹穴，將樹穴下的土全都包覆，但底部仍設有瀉水孔，下雨時雨水可從孔隙流下，讓樹獲得充分水分。此做法不僅可回收雨水二次利用，也不會妨害樹木生長，值得作為保水措施之借鏡。



「滲透側溝」則是收集經由「滲透排水管」及「滲透陰井」所排出的雨水，來組成整個滲透排水系統，同時，也可以單獨使用於較大面積的排水區域邊緣，來容納較大之水量，因此，「滲透側溝」的管涵斷面積也較「滲透排水管」及「滲透陰井」兩者為大。在管涵材料的選擇上，必須以透水混凝土為材料，或是將混凝土管涵設計為具有穿孔的型式，以利雨水入滲。

所謂「花園雨水截留設計」是在屋頂、陽台及地面等人工地盤上設計花園以截留雨水的設計。這些人工地盤花園的截留保水效果雖不如自然綠地，但在降雨時可利用土壤間隙暫時貯存雨量，可延遲暴雨時雨水逕流，減緩都市洪峰現象，以達到部分保水的功能。在土壤透水能力不佳或人工地盤過多的基地中，對於提升基地保水力極有所助益。



「雨花園」是建構一處蓄留雨水、減少徑流、運用量能的人工綠園地，應用花草樹木的浸潤吸收及天然生物的滲濾系統，降低汙染的水流進入溪流，並緩衝豪雨造成排水道暴洪危害。雨花園規劃設計必須注意要有足夠的集水與滲透的空間範圍，匯集管道及排流窪地的礫石土壤具有高度滲透率，搭配豐富的原生植栽以維持保土蓄水能力，攔截且惰化汙染物以降低對環境危害，並利用人造的滲透過濾陰井來緩衝豪雨時的洩洪。

「地面貯留滲透」就是讓雨水暫時貯存於水池、低地，再以自然滲透方式滲入土壤內的設計。地面貯留滲透設計有「景觀貯留滲透水池」與「貯留滲透空地」兩種。「景觀貯留滲透水池」常將水池設計成高低水位，低水位部分底層以不透水層為之，高水位部分四周則以自然滲透土壤設計，可暫時貯存高低水位間的雨水，隨後慢慢滲透至土壤，水岸四周通常種滿水生植物作為景觀庭園之一部份。「貯留滲透空地」通常利用停車場、廣場、草地之空間，設計成較低窪的高透水性地面，平時為一般的活動空間，雨時可暫時貯存雨水，待雨水以自然滲透方式滲入地下後便恢復原有空間機能，兼具防洪功能的生態透水設計。





「地下礫石貯留滲透」是在裸露土地的下方填入礫石材料，讓雨水暫時貯留於礫石間的孔隙之中，然後再以自然滲透方式入滲至土壤的方法。由於礫石的孔隙率較一般的砂土、粉土大，當暴雨時礫石的間隙便能貯留較大的水量，隨後再慢慢滲透回土壤之中，以同時達到貯留及滲透的保水功效。礫石部分堆砌後需進行夯實以確保路面承載性能，並且需覆蓋不織布以防止因表層土壤受到沖蝕而於礫石層中淤積。「礫石貯留滲透設施」的使用範圍相當地廣泛，於廣場、空地、停車場、學校操場等開闊區域設置，均具有相當良好的保水功效。同時，透過一些設計可將貯留的雨水做為洗車、澆花等雜用水等利用。

二、案例探討

以新北市淡水區新市三路旁之用地為例，設置低衝擊開發各單元設施以滲透、貯留等功能，減少暴雨所造成之地表徑流量並延遲洪峰來臨時間，預定施作位置圖如圖 1-2 所示，周遭環境如圖 1-所示，各單元設施初步佈置如圖 1-所示，各設施標準設計圖如表 1-2 所示。



圖 1-2 低衝擊開發施作位置圖

《經驗交流》

低衝擊開發與雨水利用之設計探討



圖 1-3 低衝擊開發建議施作位置範圍及空拍圖

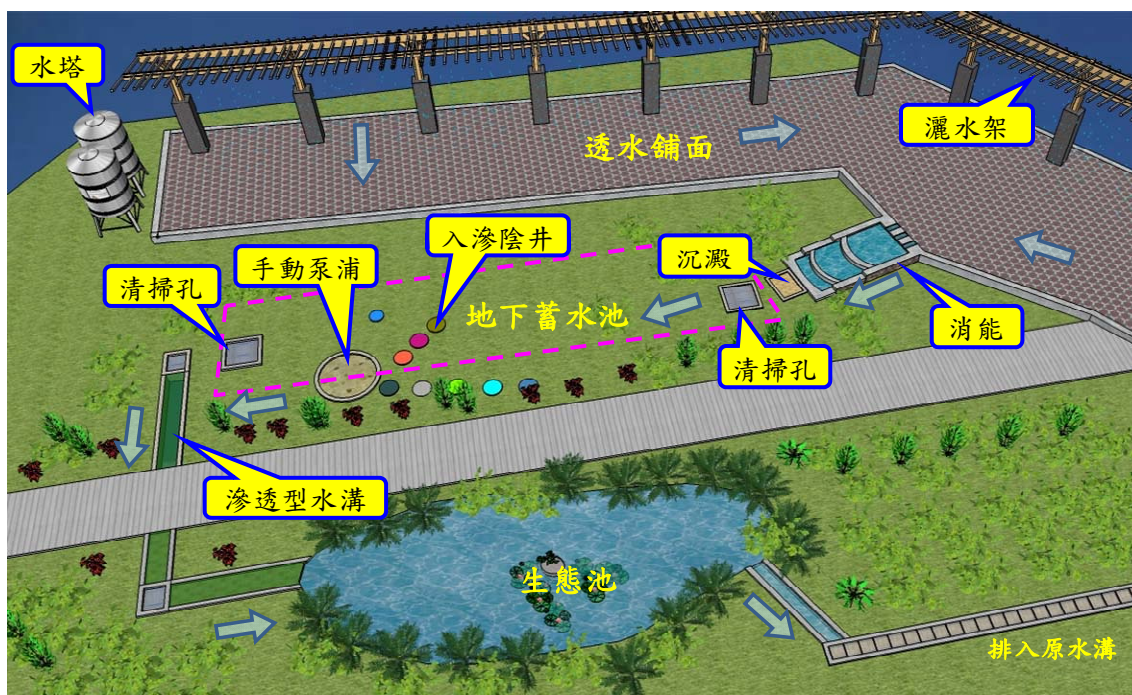
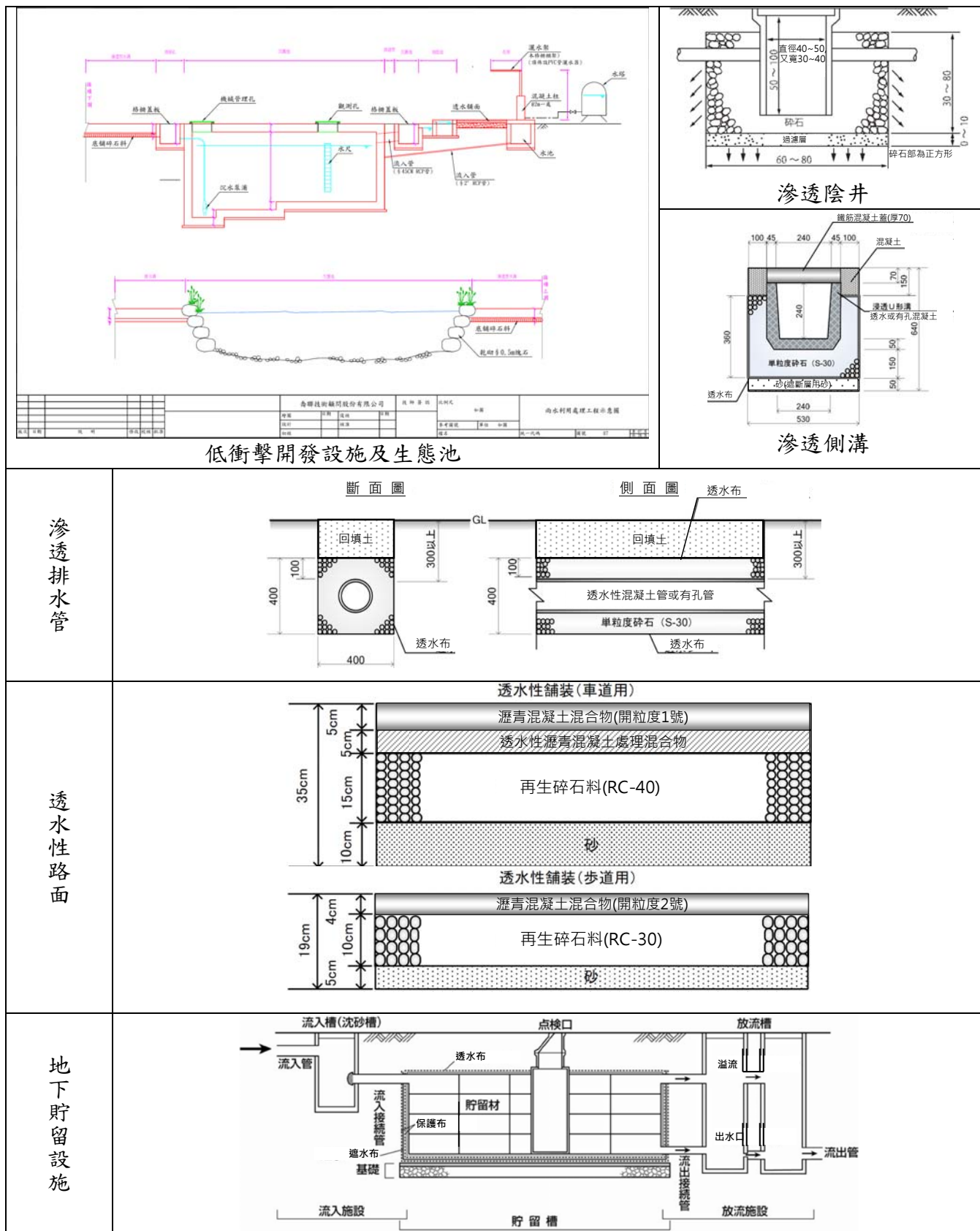


圖 1-4 低衝擊開發各單元設施佈置示意圖

表 1-2 低衝擊開發各單元設施設計簡圖



《經驗交流》

低衝擊開發與雨水利用之設計探討

三、設施單元試驗及效能評估

低衝擊開發(Low Impact Development, LID)的概念，是 1990 年代末期由美國東部馬里蘭州的喬治王子縣和西北地方的西雅圖市、波特蘭市同時創新開發出一種暴雨管理技術，許多的案例最早僅在美國執行，漸漸地才拓展到其他國家，開始被許多學者專家及相關政府機構所重視。而與我國水文特性相似之日本，近年更是大力發展此一技術以防暴雨所造成之洪災肆虐，故蒐集國外相關技術規範如表 1-3，以供本計畫設計參考。

表 1-3 國外低衝擊開發設施相關技術規範

國別	地區	文獻名稱
美國	喬治王子縣	Low-Impact Development Design Strategies
	西雅圖市	Stormwater Low Impact Development Practices
	長灘市	Low Impact Development(LID) & Best Management Practices(BMP) Design Manual
	洛杉磯	Low Impact Development Standards Manual
巴西	聖羅莎	Low-Impact Development Technical Design Manual
日本	福岡市	福岡市開発技術マニュアル
	世田谷區	世田谷区雨水流出抑制施設技術指針
	厚木市	厚木市雨水貯留施設設置基準
	藤澤市	藤沢市雨水貯留施設及び雨水浸透施設設計基準
	東京都北區	雨水流出抑制施設設置に関する指導要綱
	札幌市	札幌市雨水流出抑制技術指針
	越谷市	越谷市まちの整備に関する条例〈技術基準〉
	安城市	安城市雨水流出抑制施設設置技術基準
	廣島市	広島市雨水流出抑制技術マニュアル
	豐中市	豊中市開発行為等に関する手引き
	千葉縣	千葉県における宅地開発等に伴う 雨水排水・貯留浸透計画策定の手引の解説
	加須市	加須市住みよいまちづくり指導要綱
	大津市	大津市雨水貯留浸透施設設置基準
	東京都	東京都雨水貯留・浸透施設技術指針
	目黒區	目黒区雨水貯留・浸透施設技術指針
	名古屋市	名古屋市雨水流出抑制施設設計指針
深圳市	深圳市低冲击开发应用与研究	

不同設施單元試驗場地考量

低衝擊開發技術可以在不同的地區和不同的氣候條件下合理應用，如圖 1-所示。在流域範圍，如果將低衝擊開發與流域管理實踐結合，能取得流域性的環保和生態效果，其應用的效率取決於當地的條件和情況，但其應用不會受到空間的限制。在資源性缺水的城市，低衝擊開發的作用主要是對地下水進行補充，而在雨量充沛的城市，低衝擊開發的主要作用是防洪和減少水質污染。為了有效的利用低衝擊開發，設計前應當對土壤的滲透率進行評估，根據區域的面積大小、區域形狀、土壤特性、交通動線、開發型態等等進行調整，同時，地面坡度和地下水的深度也需要考慮在內。依各國規範記載，歸納出主要考量項目如表 1-4 所示。

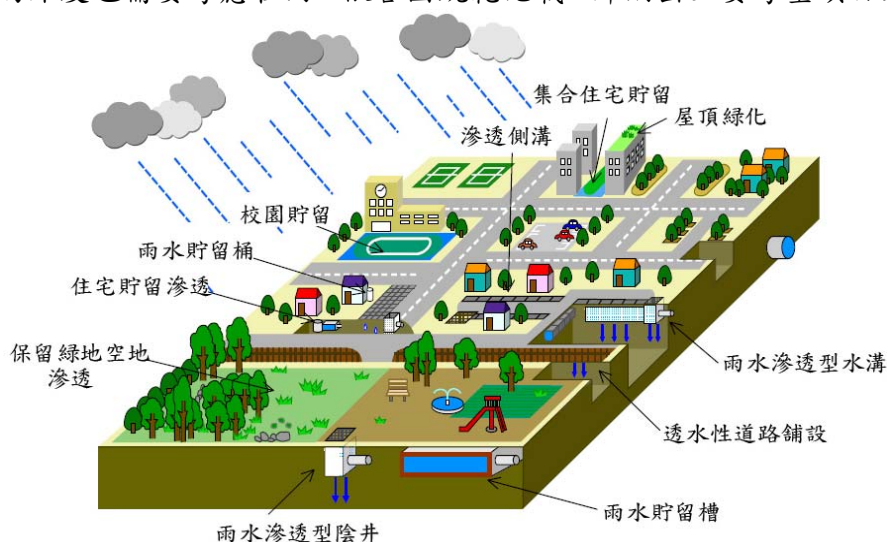


圖 1-5 不同場地佈置低衝擊開發設施示意圖

表 1-4 低衝擊開發設施設計考量項目一覽表

主要考量項目	相關設計要點	<p>場地可利用分佈示意圖</p>
設施規模之目標	流域設計貯留量	
設施佈設場所之土地利用	貯留水深上限、貯留時間	
地形、地質	放流設施設計高度、 放流口設計位置	
地下水位高程	貯留設施底面高度設計	
周圍河川、下水道之排水能力	容許放流量設計	
降雨強度曲線	計畫降雨波形設定	

在規劃配置不同類型之設施時，土壤的特性影響甚大，一般滲透性良好之砂質土壤基地（如台中市），採用裸露綠地或透水鋪面之直接滲透設計就有相對良好的滲透效果，但是在滲透性不良之黏質土壤基地（如台北盆地）則較無效果，這時反而以人工花園、地面貯留、地下礫石貯留之設計較有效果，因此貯留設計之成效完全視其土質之狀況而有不同的重點，各土壤地質適用設施如圖 1-所示。

《經驗交流》

低衝擊開發與雨水利用之設計探討

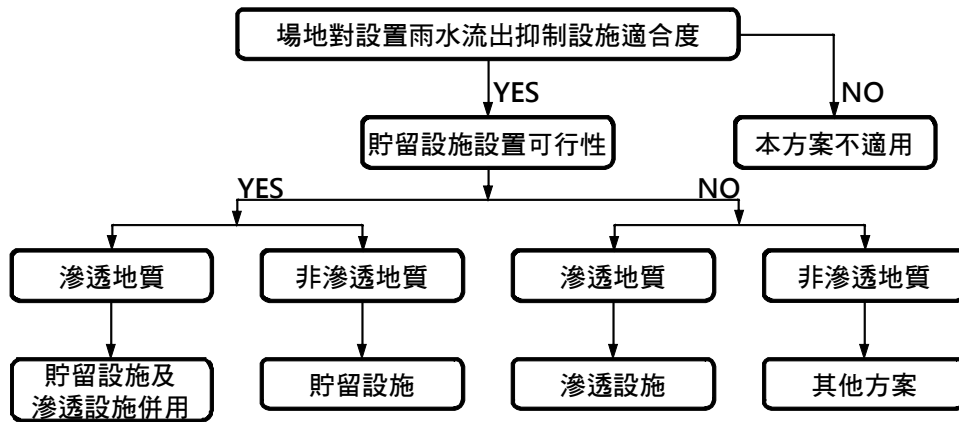


圖 1-6 不同場地佈置低衝擊開發設施設計流程圖

四、結論與建議

低衝擊開發在不同的氣候條件，不同的地區之降雨情境與設施材質代表性研選其處理效果也有所不同，但是根據目前的實驗資料可知：低衝擊開發可以減少約 30%~99%的暴雨徑流洪峰並延遲大約 5~20 分鐘的暴雨徑流洪峰時間，如圖 1-所示。必要貯留量設計主要考量周圍下水道排水設施所能容納之防洪保護標準重現期距，依目前我國都市下水道排水規定防洪保護標準重現期距為 10 年，故設計必要貯留量時，需依該地區 10 年降雨強度進行規劃，如圖 1-所示。

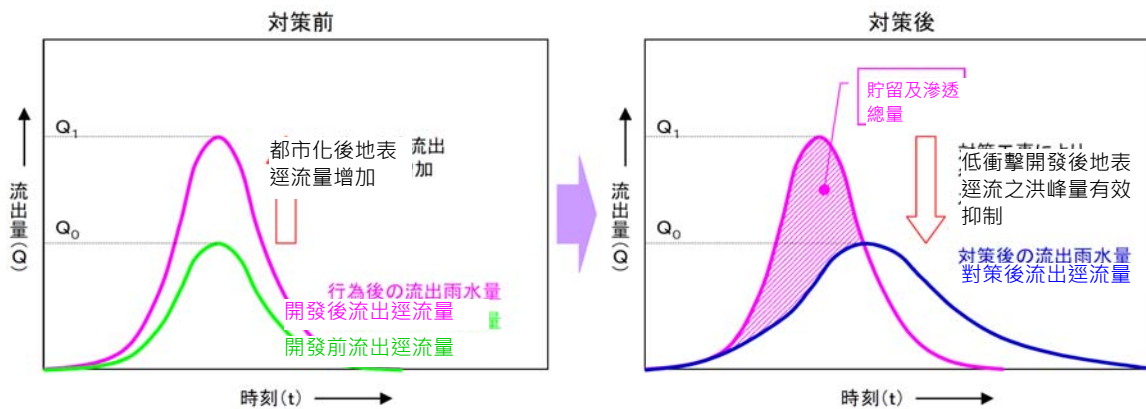
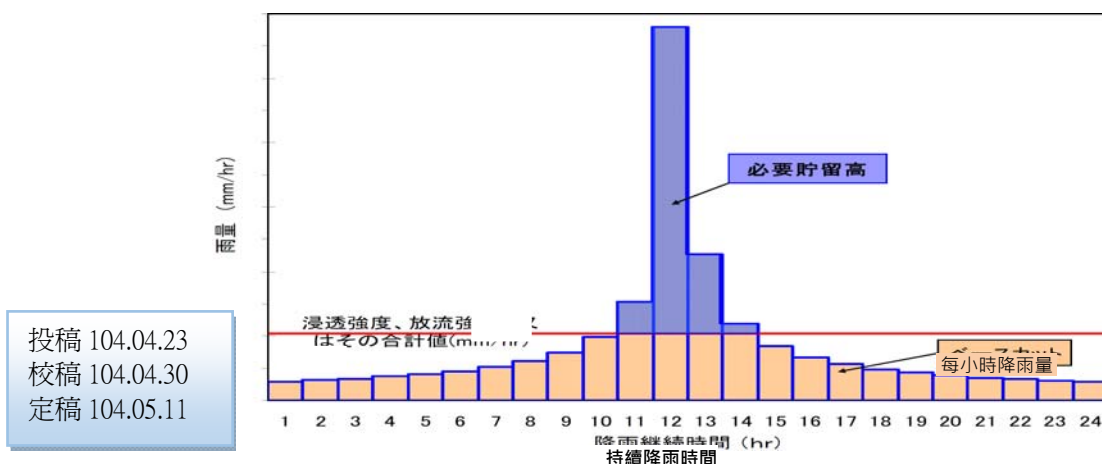


圖 1-7 低衝擊開發前後地表逕流變化圖



投稿 104.04.23
校稿 104.04.30
定稿 104.05.11

圖 1-8 降雨強度設計必要貯留容量