

捷運環狀線高架路線段與人工地盤之生態永續觀點

徐廣達¹ 林淑晴²

摘要

捷運環狀線第 1 階段工程高架路段為十四張 (Y7) 站至新北產業園區 (Y19) 站，加以環狀線十四張 (Y7) 站 (含南機廠) 用地上方配合土地開發大樓而建造大面積的人工地盤，如何能達到生態永續，是一項艱難的課題。在設計階段即將綠建築 9 大指標適當地導入設計理念中，其中基地保水指標、生物多樣性指標及綠化量指標須由景觀綠化工程承擔大部分責任，為捷運工程完成後營造新的綠地，使環境恢復自然力，期許生態永續經營。

關鍵詞: 環狀線、景觀設計、生態永續、人工地盤、高架橋

Eco-sustainable Points of Views on Viaduct and Green Decking on Circular Line Phase I

Kuang-Ta Hsu¹ Shu-Ching Lin²

Abstract

It is a difficult task to achieve ecological sustainability for the Circular line Phase I elevated sections between Station Y7 and Station Y19 and a large artificial ground area above South Depot. The ground area was established in conjunction with land development buildings. At the beginning of the design stage, nine indicators of the green building evaluation system were incorporated in basic design principles. Three of the nine indicators—on-site water retention, biodiversity, and greenness—are the major scope of green landscaping. After completion of MRT construction, the newly created green space will restore a natural environment via eco-friendly measures and sustainable management.

Keywords: Circular line, landscape design, eco-sustainable, artificial ground, viaduct

¹ 中興工程顧問股份有限公司景觀師

kuangta@mail.sinotech.com.tw

² 臺北市政府捷運工程局土木建築設計處副工程司

zeus@trts.dorts.gov.tw

一、前言

捷運環狀線係為中運量系統，已施工中之捷運環狀線為第1階段工程，該範圍包含大坪林(Y6)站至新北產業園區(Y19)站，除大坪林(Y6)站屬地下車站外，其餘13座車站皆為高架車站，高架路段總長計約15.47公里，加以環狀線十四張(Y7)站(含南機廠)用地上方配合土地開發大樓而建造大面積的人工地盤約94,800平方公尺，對於以大眾運輸功能為優先的高架段捷運工程，如此龐大的結構體，皆造成都市環境及生態景觀很大的衝擊，故如何能達到生態永續，在大臺北都會區寸土寸金的環境係為一項艱難的課題。

本篇將以導入綠建築9大指標之設計理念、生態永續效益、設計落實等章節說明捷運環狀線高架路線段與人工地盤之生態永續觀點，並藉環狀線於十四張農業區之捷運設施，包括：十四張(Y7)站(含南機廠)、高架車站及跨河高架路線段等，說明落實之生態永續設計案例。

二、導入綠建築9大指標之設計原則

環狀線第1階段工程在設計階段即將綠建築9大指標適當地導入設計理念中，其中基地保水指標、生物多樣性指標及綠化量指標由景觀綠化工程承擔大部分責任，為捷運系統完成後營造新的綠地，使環境恢復自然力，期許生態永續經營。此部分在生態永續的觀點上則屬接力賽的最後一棒，在計畫的每個環節應檢視對環境衝擊減至最小，因此，環狀線高架段及人工地盤在生態永續設計手法運用四項原則：

(一) 應避免且儘量避免對自然環境擾動：

在歷經可行性評估、環境評估及綜合規畫等階段的檢視，由十四張(Y7)站至秀朗橋(Y8)站高架段跨越新店溪，都免不了行經尖山保護區，惟於細設階段為避免擾動左岸之尖山保護區及順向坡，並避開尖山遺址與水土保持等問題，經細設廠商進行水理分析，若採斜交方式跨越新店溪之高架墩柱，預估所造成之壅水高度仍可符合法規規定；且為避免落墩墩柱數量太多影響水流，以大跨徑鋼箱型橋為設計，使工程對自然環境擾動減至最小。

(二) 珍惜綠化資源減緩都市熱島效應：

因工程避免不了遷移之路樹，在施工之前需將現有路樹計畫移植至需要綠化的地區，環狀線第1階段工程範圍全線移出的路樹總計約有1,800株喬木，且在捷運高架路段興建後，許多路段受限橋面下方淨高及陰暗、無雨水等問題而減少種植喬木，預定高架路段下方分隔島能夠新植的喬木統計約760株，雖較原有路樹減少許多，惟以複層式栽植方式多植耐陰性灌木計約260,000株，加以未來於南機廠人工地盤上方之綠化，由土地開發投資人設置2.5公頃綠地，預計未來綠化成果將更為豐盛。

(三) 垂直壁面的綠化：

車站站體的垂直壁面，受陽光照射後，因吸收幅射熱使室內的溫度大幅提升，十四張(Y7)站位置因位處於開發密度低的農業區，透過建築外牆的綠化和室內的植生牆，除營造綠意盎

然使人愉悅的環境，亦可軟化視覺景觀與周邊環境結合，並且減少幅射熱，為生態環境盡一份力量。

(四) 透水材料及雨水回收珍惜水資源：

高架段下分隔島除綠化外，對於無法綠化的高架路線下方及人行道皆採透水性鋪面，讓都市有限的土地能予以涵養雨水；並且在用地面積較大的車站如：十四張（Y7）站車站設置地下雨水回收槽，收集出口入屋頂及觀景平台之雨水，以供植栽澆灌使用。

三、綠色地衣重新詮釋十四張農業地景

十四張是大台北地區僅存的農業區之一，「張」為面積單位「張犁」之簡稱，昔日為瑠公圳的支圳—大坪林圳所灌溉。十四張站的設計發想，源自於如何以地衣的概念導入與連結十四張農業地景的記憶於大面積人工地盤之上，能夠在都市與捷運站體、機廠等附屬設施間介入一以綠化為主的界面，提供不同風貌的綠意（公園綠地、溼地、草坡、兒童遊戲觀景平台）、在陽光（遮陽、隔熱、採光）、空氣（導入夏季風、阻擋冬季風、排煙、通風）、水（遮雨、雨水收集再利用）等方面，建立十四張地景的新詮釋（如圖1）。地盤本身集綠化、通風、遮雨、遮陽、雨水排水與收集的多功能皮層，因此稱之為「地衣」，取其「大地的衣裳」之意，期待扮演新生大地之角色。於是，人工地盤綠化為本站重要的設計觀念與技術，如何適當地導入「綠建築」的生態永續觀點，為設計過程中重要的目標。

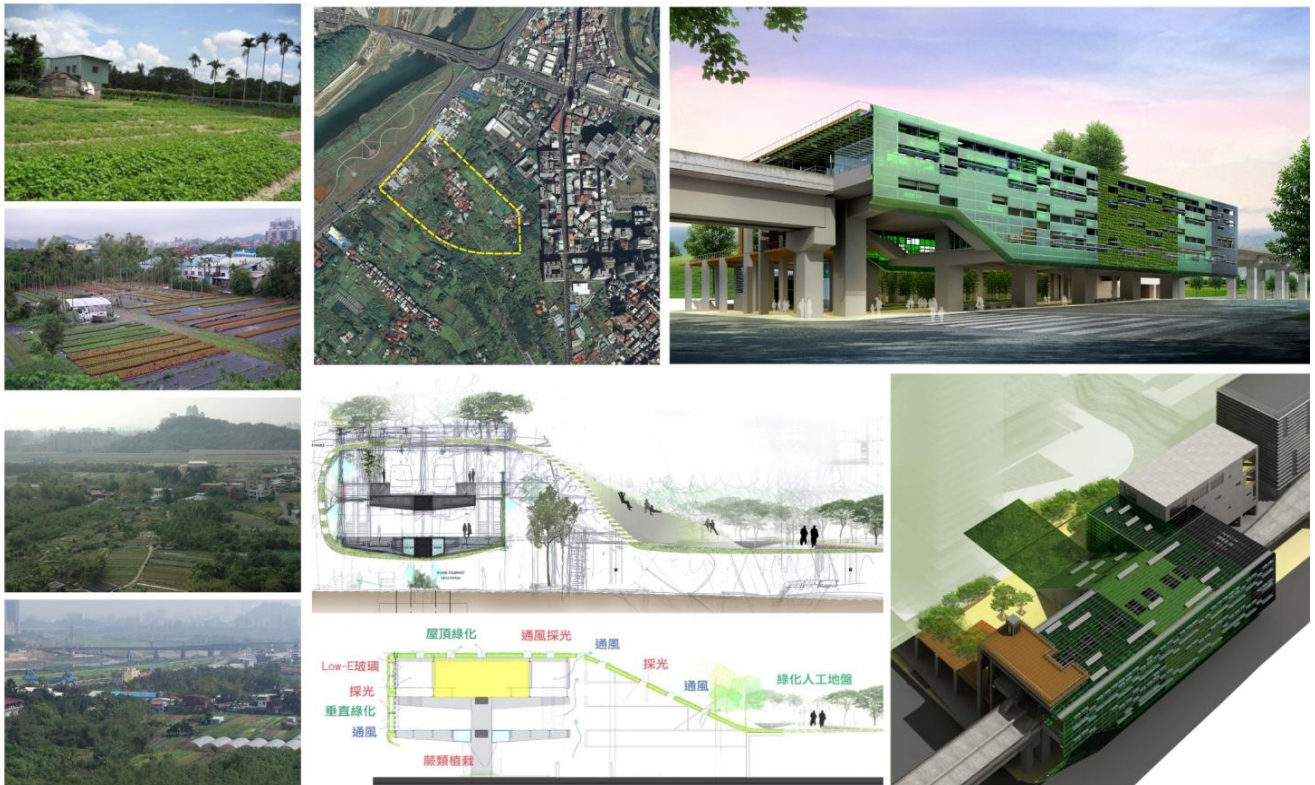


圖 1 十四張站綠色地衣詮釋農業地景之構想

四、人工構造物綠化的生態永續效益

(一) 降低都市熱島效應

都市過度人工化、水泥化會導致所謂的都市熱島效應。根據成功大學建築研究所的實測結果，台灣都會區和郊區的夜間空氣溫差可高達3~4°C。都市異常的溫度上升主要的原因，來自於大樓和柏油馬路的太陽光蓄熱、城市內部林立的大樓空調設備排出的熱空氣、樹木的減少所產生的城市圓頂效應。

透水鋪面、人工地盤綠化和垂直綠牆是現在公認降低都市熱島效應最有效的方法。人工地盤綠化的植栽層可以減少人工鋪面曝曬於烈日下，減低水泥屋面的吸熱，植栽葉面的蒸散作用又可調節周遭空氣的溫溼度。經實測，在綠化屋頂上方約30公分處的夜間空氣溫度，比裸露的水泥屋頂上方平均低約2°C。就表面溫度而言，綠化屋頂的表面溫度比一般屋頂最多可低約19°C，顯示確可大幅降低都市熱島效應（如圖2）。

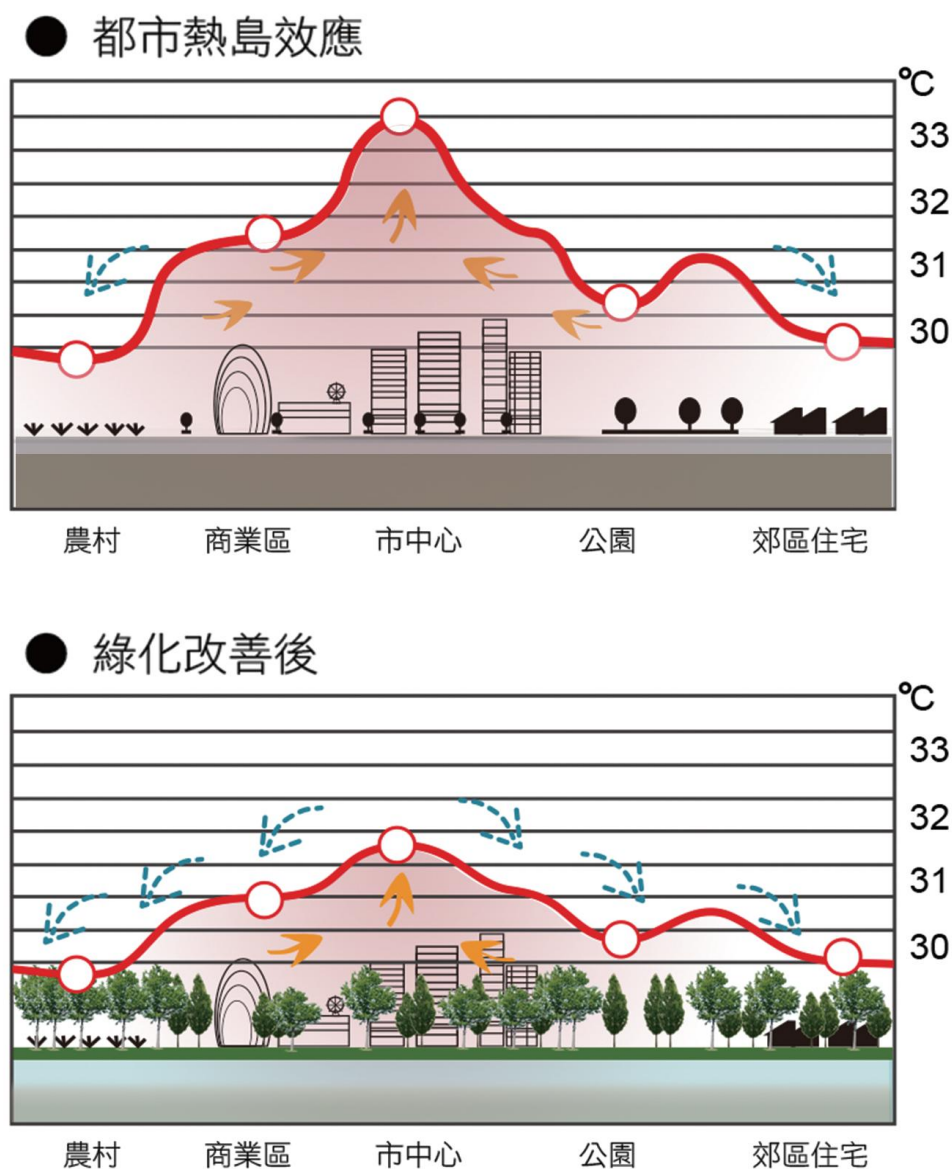


圖 2 都市熱島效應與綠化改善後溫度變化示意圖

(二) 增加城市棲地，健全都市生態綠網

都市環境的人工化造成生物的食物來源、棲息地、生育區等減少，無法維持適當的棲息環境，造成都市裡生物種類減少。在都市水泥叢林的環境中，若建築物的屋頂人工地盤能夠綠化，成為都市平面綠地的延伸，不但使得都市綠地面積增加，更可成為都市裡的生態跳島，小動物得以自由遷徙，而有助於都市裡物種交流與棲地的形成。瑞士的巴圖爾市將「綠屋頂」作為城市生物多樣性重要策略，根據其研究顯示，這些「微棲地」可提供100多種甲蟲和蜘蛛的生長環境。



圖 3 都市水泥叢林的台北市

(三) 減少都市洪水

氣候變遷，暴雨成為常態，不透水鋪面無法停滯雨水。所有屋頂牆面、馬路與地面的水，在第一時間搶著排入排水管溝，因而造成都市排水系統的額外負荷，排水不及導致都市洪水現象。綠化屋頂的人工地盤由於有土壤層，可以吸收降雨並延遲暴雨進入都市排水系統的時間，能減輕都市下水道的負擔，在暴雨時將雨水先儲存起來，有如一座小型滯洪池，讓地面水先排走，減少洪害又能增加基地保水。據內政部建築研究所的報告，屋頂綠化可使保水量提高約17%，能降低洪峰流量，並延緩約20分鐘的雨水排放，在都市防洪上有重要貢獻(如圖3)。

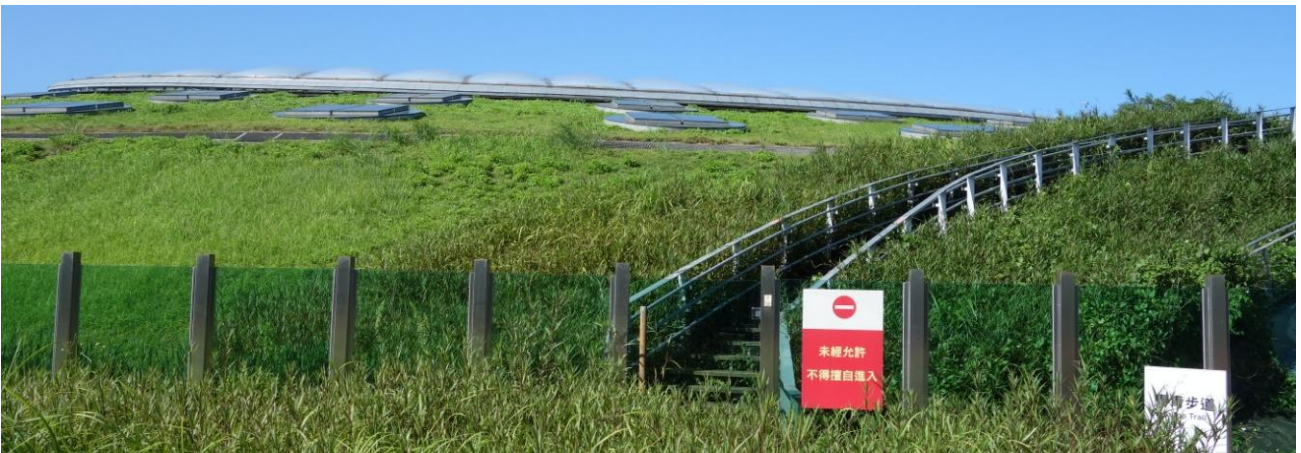


圖 4 台北花博夢想館的屋頂綠化

(四) 建築隔熱節能，減碳、固碳

屋頂的人工地盤綠化由於有土壤層覆蓋在表面上（如圖4），可以增加熱阻成為建築隔熱的一部分，留滯在土壤內的水分更可提高土壤的熱容量，延緩熱量進入室內的時間；植物葉面提供的日射反射與遮蔽效果，也使得土壤層的表面溫度遠低於裸露的一般屋頂，因此可以大幅減低室內日間的空調耗電量，有助於空調節能。而大部份的綠色植物，經光合作用，可吸收二氧化碳，轉為有機酸與醣類來儲存。因此只要植物持續成長，也就會繼續吸收固定二氧化碳。

根據台北市錫鎰基金會的研究，四平方米草地形同一台一噸冷氣的冷卻效果。綠屋頂施作的地方，屋頂溫度顯著維持在三十度上下，而裸露的屋頂溫度可以高達五六十度，難怪頂樓的房間在夏天根本無法舒適居住。根據台大園藝系張育森老師研究，做了綠屋頂可以使樓板溫度相差20度以上，而室內溫度則可以降低3-5度（如圖5）。

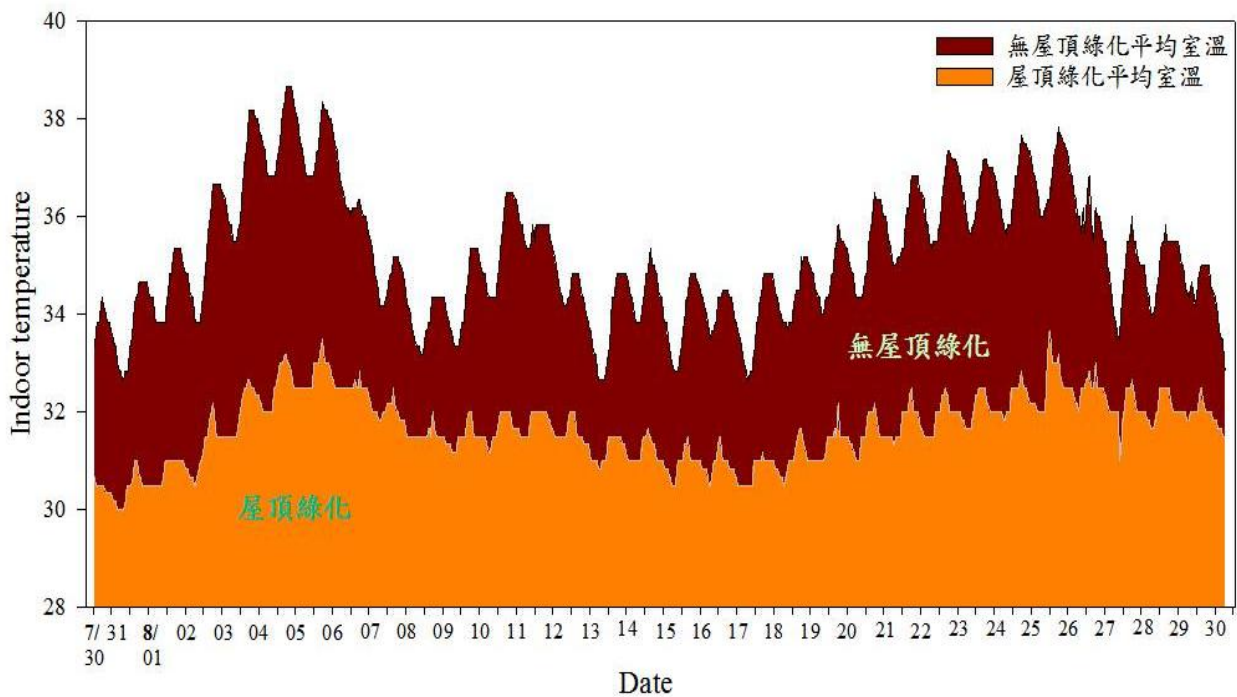


圖 5 有無屋頂綠化的平均室溫比較

五、十四張站人工地盤綠化的設計落實

一般建物的屋頂綠化所須考量的微氣候及植物立地條件，包括無遮蔽、全日照、水分來源有限、僅靠淺層栽培介質保水功能，無地下水補充、風力較樓底層強等，但本案以工程手段提供植物不亞於地面的生長環境，如覆土深度達2米。因此，本案的人工地盤綠化是我們可以把綠地歸還給自然的一種補償方式，藉以平衡開發所帶來的負面影響，同時也是一種對生物生態較為友善的發展模式，可以同時保有優質的生活環境以及永續的環境利用。

(一) 植物生長基盤的構築

在垂直組成上，自上而下大致上可分為植栽層、介質層、過濾層、(蓄)排水層、阻根層、防水層等幾個部分(如圖6)：

1. 植栽層 (plant layer)：種植植栽的表面層。
2. 介質層 (substrate layer)：指滿足植物生長條件要求，具有一定的有機質含量、通氣排水性能、保水、保肥能力和體積穩定的土壤層。自然土壤容重一般都在 1.0g/cm^3 以上，不宜用於人工地盤，適合的栽培介質於風乾和飽和水狀態下容重分別在 0.5g/cm^3 、 0.8g/cm^3 左右。
3. 過濾層 (filtration layer)：用於阻止介質進入排水層的材料層，本案採用既能透水又能過濾的聚酯纖維不織布材料。
4. (蓄)排水層 (water retention/drainage layer)：用於蓄存少量水分並能迅速排出介質的多餘水分而設置的材料層。
5. 阻根層 (root barrier layer)：阻絕植物根系分泌根酸分解破壞防水層。本案以 5cm 厚 PC 層作為防水保護層。
6. 防水層 (waterproof layer)：用於防止雨水和灌溉水滲漏入樓板結構的隔離層。

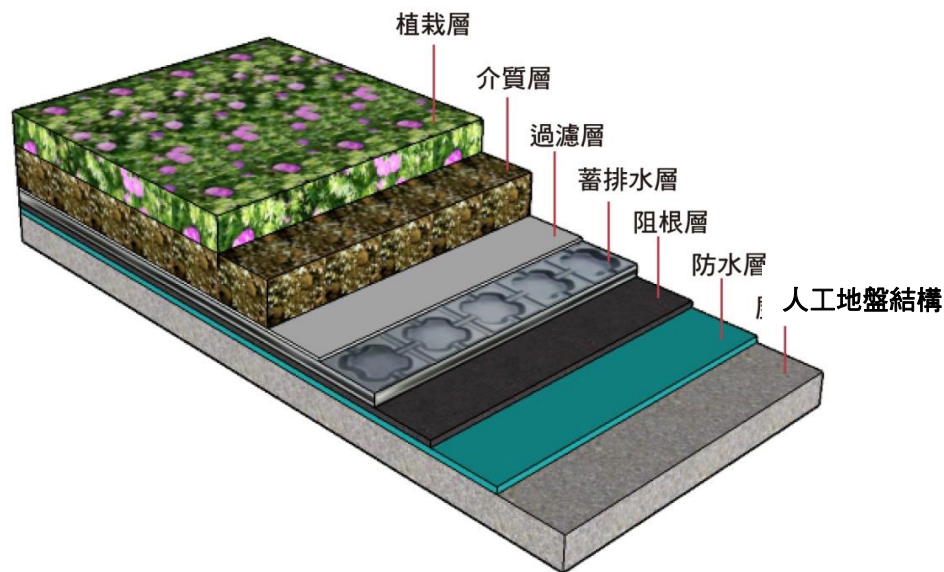


圖 6 人工地盤植物生長基盤的基本構成

(二) 植物多樣性與生態複層

本案為創造多樣化生物棲地條件，採取多樣性、多層次立體綠化手法，在喬木下方種植灌木、草花、地被等。尤其在車站穿堂層戶外平台，營造一處大小喬木（烏心石、水黃皮、黃連木、流蘇）、灌木（樹蘭、台灣黃楊、觀音棕竹、錫蘭葉下珠）、草花（腎蕨、粗勒草、玉龍草）密植混種的生態複層區。

(三) 原生植物的應用

因應Y7站穿堂層戶外平台位在建築物北向遮蔭處，植栽選種以耐陰易於養護、適合當地自然條件的原生種為主要考量，分別為喬木：江某、光臘樹、流蘇、桂花、烏心石、水黃皮、黃連木；灌木：樹蘭、台灣黃楊、觀音棕竹等樹種；地被：玉龍草、地毯草等（如圖7）。

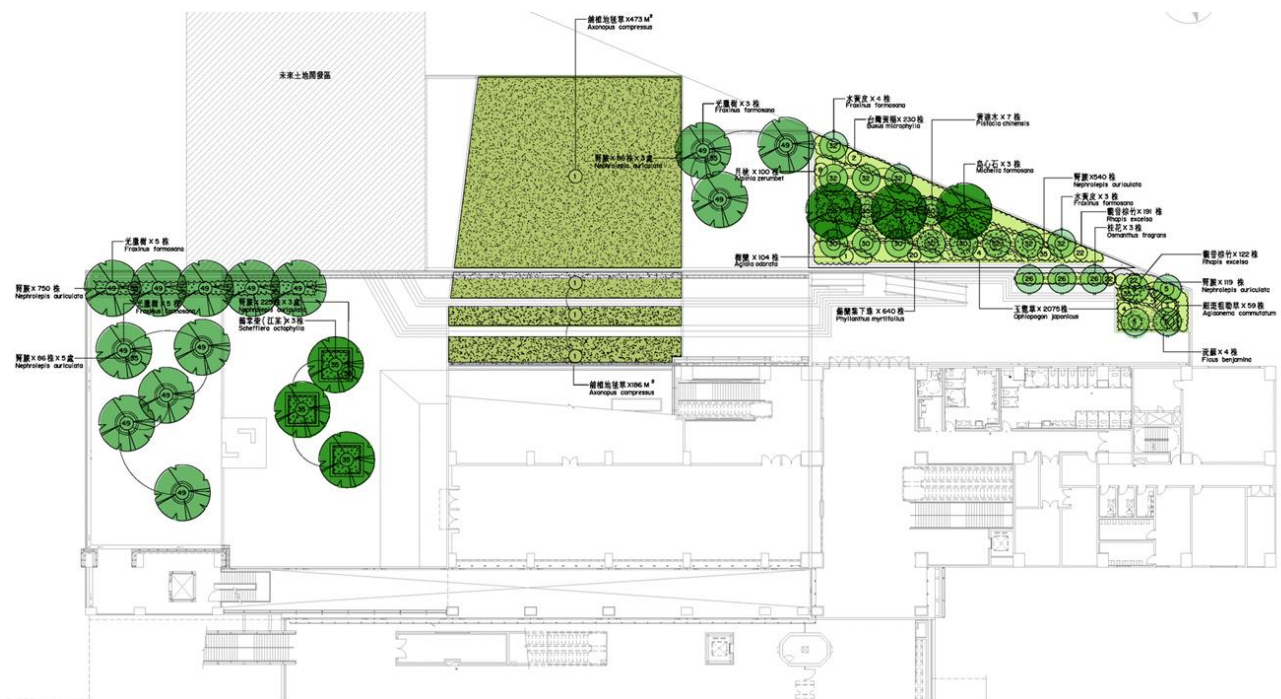


圖 7 Y7 站穿堂層植栽配置圖

(四) 基地保水—雨水貯留、回收

據德國研究，10公分厚的土壤介質，可以吸收高達35公釐的雨水。本案在人工地盤上設計綠地花園，利用土壤孔隙之含水性能來截留雨水的設計，綠化區覆土深度高達2米，除提供植物根部充分的生長空間，同時大符提昇基地保水機能。另外，利用站體屋頂及人工平台收集雨水，將所收集雨水導入車道上方集水槽，做為分隔島植栽區與人工平台綠化區景觀澆灌使用。

六、高架路段綠化的設計落實

環狀線第1階段工程係沿著既有道路興建高架路軌，如前述因工程無法避免影響路樹，故在生態永續的議題上係有2階段的任務：

(一) 高架結構體施工前之移植工程：

如前述在施工之前將現有路樹移植至需要綠化的地區，換言之對原有綠色環境是不得不選擇的破壞行為，本局由淡水線興建開始即累積相當多的移植工程經驗，在大台北都會區路樹移植最困難的問題，是受樹地點的選定，所幸環保意識的抬頭、相關法令制定亦更為齊全，環狀線因位於新北市政府管轄範圍，路樹的移植需符合「新北市樹木保護自治條例」第13條規定：「行道樹或其他樹木因工程施工或都市計畫需要遷植者，應檢附包含目的、日期、地點及方法等資料之施工計畫，報本局核准後始得為之。前項核准遷植之樹木，區公所應追蹤其生長情形，並報本局備查。其他樹木得請求本局提供遷植用地。」，屬新北市路樹，移植地點需在新北市境內，環狀線路樹移植工程除由施工廠商提送施工計畫書由新北市農業局審核同意、移植地點亦由新北市農業局協助提供。

(二) 高架結構體完工後之綠化工程：

未來環狀線高架路段興建後，許多部分因高架橋下方淨高限制、陰暗及雨水無法降落土面等問題而減少種植喬木，並以複層式栽植方式多植耐陰性灌木，行人穿越的分隔島頭或過於陰暗的區域則採透水性佳的鋪面等為原則，各區段標的設計說明如下：

1. DF111—高架段係位於新店區南機廠退縮 20 米道路，並跨越環河道路及新店溪、銜接至中和區秀朗橋引道。

因應植栽綠化區域分佈於高架橋下遮蔭處，故新植植栽選種以耐陰易於養護之常綠原生種為主要考量；另以就地移植之耐陰性既有植栽：竹柏、含笑、桂花、七里香、楊桐等搭配。20 米道路東側則利用向陽面腹地就地移植陽性的既有植栽：棕櫚、梅、杏、山櫻花，以及既有之二株大喬木—榕樹及朴樹，同時延續民權路既有行道樹種植小葉欖仁，可保留並呼應十四張農業區當地居民的空間紋理與記憶，運用高壓混凝土鋪面的連續，整合人行道/站區視覺與空間環境，鋪面色彩與材質與車站建築設計相呼應，使車站周邊腹地呈現整體感（如圖 8）。

2. DF112—高架路線係由中和區成功南路與景平路口、沿八里新店快速道路，轉至板南二路，由於板南二路路幅窄，採雙層疊式高架結構。

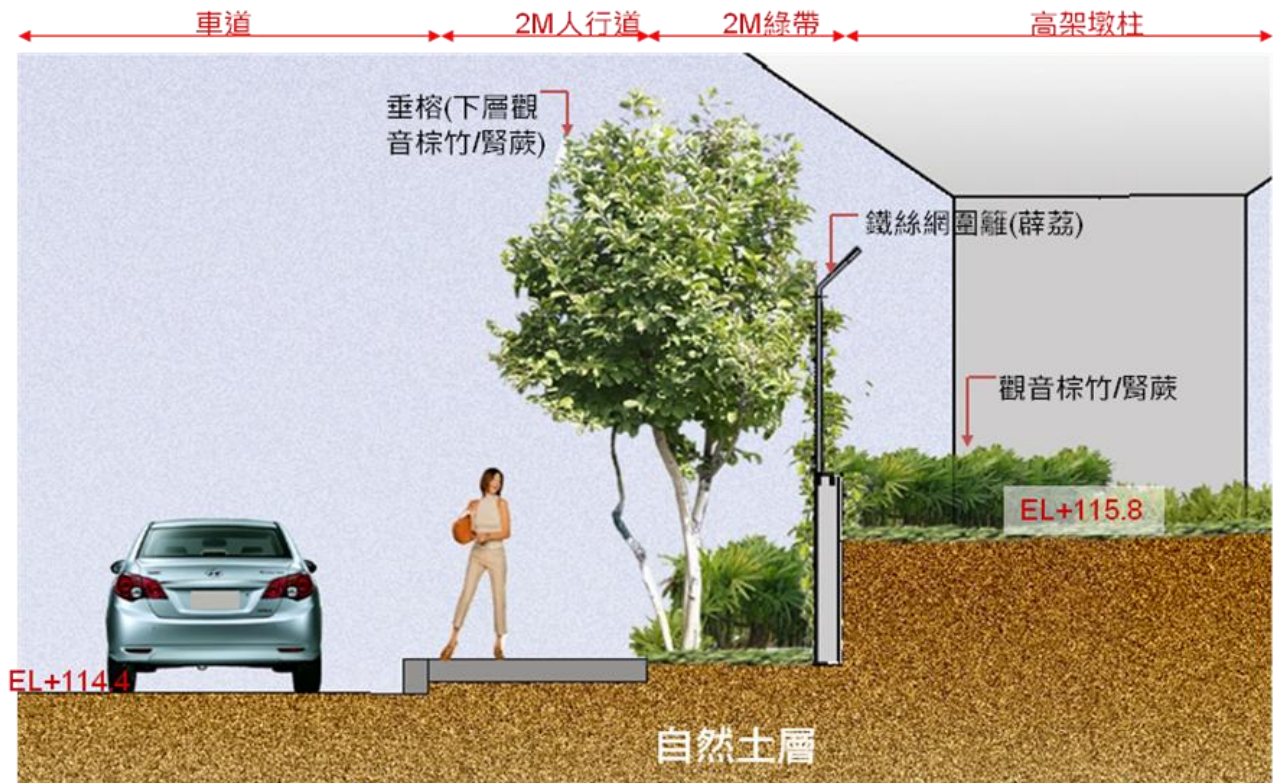


圖 8 車道/4M 人行道(含 2M 綠帶)/圍牆剖面示意圖

考量新北市路段普遍綠化程度較低，橋下儘量配置植栽減少硬面，提高整體綠化量。另車站下方以及與台 64 線共構段下方，因日照及雨水不足，以溪石、卵石鋪面搭配耐候性強之鵝掌藤，相同路段植栽種類及配置形式之設計手法皆相同，且以易維護並可整體修剪之灌木為主，種類則採耐陰、耐候性強（但仍需定時澆水），採用的灌木及草花種類包括：鵝掌藤、斑葉鵝掌藤、黃金金露花、女貞、月橘、彩葉山漆莖、變葉木、小蚌蘭、蔓花生等（如圖 9）。



圖 9 疊式高架路段分隔島綠化模擬圖

3. DF113—高架段沿板橋區中山路、板新路、縣民大道、至民生路與文化路口跨越八里新店快速道路，沿民生路、環河路、思源路至五工路。

設計手法採複層植栽配置，增加植栽的豐富性，樹種多採耐空氣污染、耐陰性、開花的地被，灌木則採增加色彩變化，誘蝶誘蜂植物生態性植物；日照不足的分隔島搭配卵石步道鋪設，減少植物生長不易之問題，鋪面設計為強調與周圍景觀協調性與整體性，選用透水性、高強度、耐磨、止滑、可回收或具自然材質之鋪面，例如：高壓混凝土磚，以利日後管理維護。分隔島島頭 10 公尺不能植高的喬木及灌木，並考量行人穿越，故設置透水鋪面及低矮草花植物（如圖 10）。

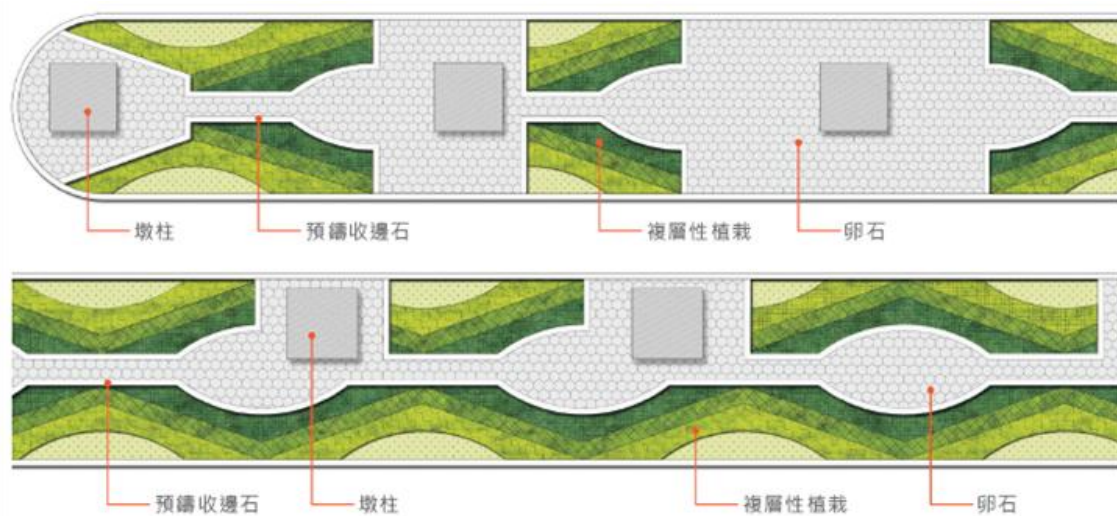


圖 10 思源路、幸福路、中山路段卵石鋪面步道設計平面圖

七、結語

環狀線第一階段工程於100年開工至今已有3年多，許多高架結構墩柱及人工地盤等工程都陸續看見雛形，預期完工後在以興建捷運設施為優先的工程目的下，環狀線工程範圍有限的空地提供綠化確為技術性課題，惟利用高架結構下方及人工地盤的綠化技術，增加綠化功能。未來綠化完成後將重新塑造新北市的都市景觀，我們也預期人工地盤上新增的綠地、分隔島的植栽綠化，將提供昆蟲或小動物的棲息地，並且涵養都市地下水及減少都市熱島效應，以達成生態永續及經營永續的終極目標。

參考文獻

1. 臺北市政府捷運工程局，(民 101)「臺北都會區環狀線第 1 階段工程 DF111、DF112 及 DF113 設計標(新店區中央段 11 號等 185 筆-DF111-Y7 車站)都市設計審議報告書」。
2. 黃國倉 (民 100)「綠建築的屋頂綠化」，科學發展月刊，第 460 期，頁 48-53。
3. 台灣綠屋頂暨立體綠化協會 (民 103)「天空之園」，頁 22-46。
4. 臺北市政府捷運工程局，(民 103)「臺北都會區大眾捷運系統環狀線第一階段工程捷運高架橋梁景觀造型審議報告書」。