



# 低衝擊開發於都市基地 導入之建議與推動

蘇崇哲／營建署新市鎮組 組長  
潘嘉興／營建署新市鎮組 科長  
邱昱嘉／國立臺灣大學水工所 助理研究員  
林昱德／國立臺灣大學水工所 計畫研究專員  
陳葦庭／以樂工程顧問股份有限公司 執行長  
徐佳鴻／貳本規劃設計顧問股份有限公司 董事長

低衝擊開發（Low Impact Development）顧名思義，為在開發的同時能夠尊重環境、降低對環境的衝擊，達到開發前後之環境特性相近（相同）。

就其發展來源與沿革，由美國在喬治王子縣（Prince George's County, 1999）提出與推廣。主要概念延伸自最佳管理措施（Best management practices, 簡稱 BMPs），是美國環保署用於農地管理之規劃，其包含水土保持及水源保護範圍。在實施方法上，則有如農藥肥料減量、程序管制、小型基礎設施等排水改善方式，因為 BMPs 亦是透過逕流蒐集與控制達到相關水質管理功能，故也部分延伸至雨洪管理面向，為整體 LID 功能與目標建立了基礎。

目前有許多國家雖未必皆使用 LID 名詞，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。雖然定義之文字上有所差異，但其目的為減低暴雨逕流、淨化水質及提升生態效益與景觀功能等周邊效益者，皆可視為 LID 概念與設施。中國近來慣常以「海綿城市」稱之，主要取海綿快速入滲之意象。在台灣多以「韌性城市」為解決都市開發問題的手段。

目前我國營建署所稱之 LID，著重在都市區的土地利用或開發過程中，能夠維持或接近開發前的水文狀況。透過非工程與工程手段，達到就源處理之目標。參考營建署「水環境低衝擊開發設施操作手冊」，列出 7 種常見 LID 設施，有生態滯留單元、樹箱過濾設施、綠屋頂、植生溝、透水鋪面、雨水桶、滲透溝等，旨在減緩逕流、降低不可透水面積，增加地表滯洪、蓄洪、入滲、過濾等能力，促進生態系統的發展與水的自然循環。

## 雨水管理的面向

### 都市排水與河川治理

為了人們生活活動的便利，人們在都市地區使用大量的混凝土等不透水鋪面，提高土地地面的使用性。同時，為了將無法入滲的雨水排出，使用邊溝與

下水道系統等方式進行都市排水。根據營建署統計資料，我國至 106 年底全國下水道實施率為 73.71%，台北市下水道實施率為 96.70%。但即便以如此規模的下水道建設，在 107 年 0908 水災中仍面臨多處暫時的積淹水。



圖 1 今年九月八日於台北市淹水情形  
資料來源：東森新聞記者 / 陳俊宏攝

在災後檢討中認為主要原因是超過設計降雨強度的強降雨造成排水不及，因此在氣候變遷的影響下，舊有排水系統勢必進行更新或以其他方式補強。

而下水道的出口，則是區域排水或河川等水道。臺灣河川規劃與治理的理念，過往以「高水治理」觀念，方法採「築堤束水」為主，河川治理以劃定河川治理計畫線、訂定計畫水位，以作為堤防高度之參考依據。目前大部分重要河川治理規劃及計畫已於 1998 年完成，經各階段經建計畫，已完善相關設施並達防護效果。不過同樣的，在氣候變遷的影響下，過往的規劃與建設即將面臨挑戰，再加上都市開發的規模與區域擴大、排水效率提高等，均會加重河川治理的負擔。

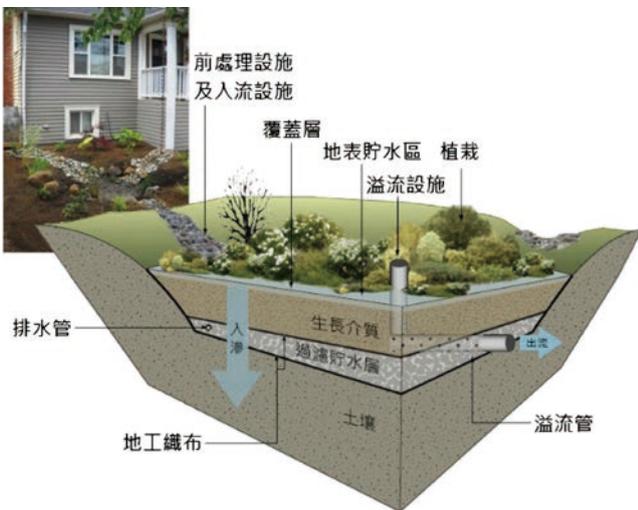


圖 2 LID 設施實景  
資料來源：www.dcesevice.org

## 生態改善與水質淨化

建築基地開發採用不透水鋪面設計，除造成大地喪失良好的吸水、滲透能力，使地表逕流增加，同時會使入滲量減少、保水量下降會減弱滋養植物及蒸發水分潛熱的能力，無法發揮大地自然調節氣候的功能，甚至引發居住環境日漸高溫化的「都市熱島效應」，也連帶影響都市區原有的生態系統。

我國自民國 88 年實施綠建築標章制度，其中有關基地保水指標，是政府首先將基地保水性能導入建築基地開發案的討論與實際推動。主要係以「環境保護」思維，推動初期藉由「基地透水設計」達到增加基地涵養雨水及循環能力、改善生態環境、調節微氣候、緩和都市熱島等目的。現在「建築技術規則」中也已正式編定綠建築專章，保水設施種類也增加，採用「滲透」與「貯集」兩項功能評估基地開發後之保水效果。綠建築專章中也納入雨水回收等相關規定，期待能更促進我國在水資源回收利用上的提升。

最後，都市雨水逕流也牽涉到水質改變的議題。人為活動所產生的汙染也會隨著降雨逕流透過下水道而排放至下游河川或水體，影響下游水體的水質與生態。為應對此一都市非點源汙染，我國環保署在民國 102 年，為減輕降雨冲刷地表、建築物所產生之逕流汙染對環境水體之衝擊，彙整非結構性及結構性最佳管理技術（Best Management Practices，以下簡稱 BMPs）等降雨逕流控制措施，供開發單位於規劃設計階段就可將降雨逕流汙染控制設施納入考量，使開發完成之地區於降雨時所產生之降雨逕流汙染獲得控制，以削減非點源汙染排放量。

## 都市低衝擊開發的定位

從低衝擊開發的發展歷史來看，低衝擊開發延伸自分散式、就源處理、水質淨化等脈絡，所以在都市區內相關環境改善目標如景觀、生態、都市熱島、水質等便能同步進行解決。LID 設施的基本概念，是將設施降挖為一在槽式的滯、蓄洪池，結合植物與土壤的功能，增加雨水逕流與地表土壤、植生接觸的機會與時間，可以一併達成國內如基地保水規範、BMPs 手冊與傳統景觀、綠覆率等要求。

經統計國內現行基地開發之樣態，在景觀區導入 LID 精神使其成為 LID 基地之後，平均可以達到 40 mm/m<sup>2</sup> 以

上之滯、蓄洪量，能充分滿足生態、環境等面向之雨水管理目標。其對應的降雨特性而言，應屬高發生率，短延時降雨為主，才能使 LID 設施做出最大的功能發揮。

而在洪水或淹水預防的角度來看，LID 鼓勵以景觀植生設施採用在槽滯、蓄洪的方式，一來限制了 LID 設施的總量，二來在槽滯洪並不能使有限的滯洪空間產生最大的功能發揮。因此在面臨如長延時、總降雨量高之事件，如颱風等，所能負擔的防洪、滯洪功能並不大，連帶對河川等水利防洪課題之改善也有限。但對於短延時的強降雨與都市下水道而言，影響則變得明顯，最主要的關鍵在於 LID 設施的容量與排放操作是否能提高到與降雨情形匹配，順利收納貯集降雨尖峰時產生的逕流洪峰（如圖 3）。

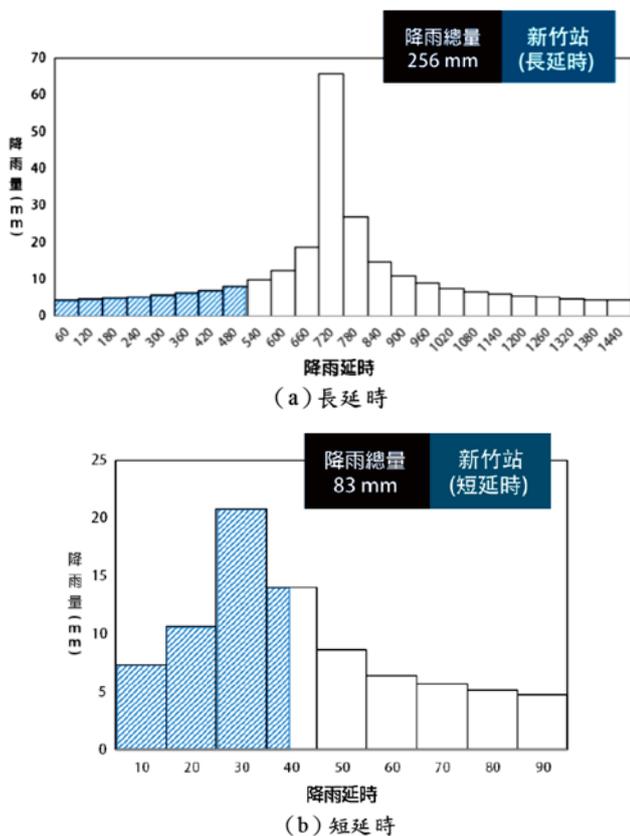


圖 3 LID 設施對應不同降雨延時之比例

## 都市低衝擊開發之推動情形

### 法令規範

LID 設施的推動在國內正如火如荼展開，幾乎人人都能朗朗上口，似已成為都市設計、建築工程、水利工程、景觀設計等學科顯學。但實際卻可發現採用者幾乎都是政府機構的公共工程，在民間企業僅少數

如遠東 T-PARK 通訊園區開發案有導入 LID 設施外，其餘甚少發現有導入 LID 設施的執行。探究原因，主要係現有法令規範或以水量為訴求，未有環境品質考慮，如：建築技術規則建築設計施工篇第 4 條之 3、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等；或以入滲透水為訴求，如：臺北市公共設施用地開發保水設計技術規範、新北市公共設施透水保水規範等，而兼具「質」與「量」之 LID 設施則尚缺乏建置法源的基礎。

換而言之，在現今法令要求下，分別使用保水設施與筏基或建物內雨水貯留達到建管法令有關雨水貯集滯洪與基地保水等規定，而非使用 LID 設施同時滿足此二類規定。

就理論面上，並無強制使用 LID 設施之必要，但實際上在過往林口特定區經驗中，卻遭遇維護管理失當導致機械故障，使其功能大幅折減。此外，雨水貯集設施之後續維護管理需一定經費，使得開發商與住戶在考量淹水風險、不利風水等原因下，多半在取得使照後即關閉閘門，使得雨水無法進入筏式基礎坑內，喪失貯流功能。

此外，雖然 BMPs 手冊中採納保水設施作為水質處理之手段，然而依據目前透水保水技術規範所規定之量體，在黏土質等低滲透率土壤之地區，僅要求 24 小時內 3 ~ 5 毫米之入滲量，與 BMPs 目標 15 mm 有相當差距，此一不匹配殊為可惜。故營建署「水環境低衝擊開發示範與推動計畫」（營建署，107 年）中即建議修正建築技術規則設計施工篇第 4 條之 3 新增第四款為：

四、雨水貯集滯洪設施得於四周或底部設計具有滲透雨水之功能，並得依本編第 17 章有關建築基地保水或建築物雨水貯留利用系統之規定，合併設計。且具入滲或雨水貯集功能之開放型設施貯水量不低於  $A \times 0.025 \text{ m}^3/\text{m}^2$ 。

此外，營建署為起示範與帶領之作用，亦正研擬所轄之高雄新市鎮、淡海新市鎮等地區之都市設計審議規範等規定，應強化規定公私有基地開發必須使用 LID 設施達  $A \times 0.035 \text{ m}^3/\text{m}^2$  以上。

而為了回應氣候變遷對降雨強度的增加與都市排水、下水道系統的影響，提出相關建議如人行道、安

全島等道路附屬設施可結合使用 LID 設施外，公共設施用地開發屬低建蔽率或免建照者，如公園、兒童遊戲場、公有機關、停車場、學校等區，應規範其有高標準之雨水貯集量等。於營建署「水環境低衝擊開發示範與推動計畫」（營建署，107 年）中也建議都市計畫法施行細則中加註第 36-1 條為：

都市計畫地區內公園、兒童遊戲場、機關用地、停車場、學校用地等公共設施用地於都市計畫書中應載明雨水貯集量要求。

### 工程示範

有感於營建署制定「水環境低衝擊開發設施作手冊」後，缺少實際工程案例回饋，尤其人行道透水鋪面為都市低衝擊開發之關鍵項目，故於高雄新市鎮辦理「高雄新市鎮綜合示範社區 14 條低衝擊開發人行步道實驗工程」，開闢 14 條人行步道，總面積 5,665 平方公尺，其面層配置、級配層選用等各異，旨在更加深入研究人行道透水鋪面的施工性、保水特性等。其中除了採用「水環境低衝擊開發設施操作手冊」建議之拵砌磚鋪面與透水瀝青鋪面外，亦採用管式工法透水鋪面，以協助國內先進工程技術之推廣。

目前 14 條人行步道工程已於 107 年全數完工，正進行後續使用階段之監測與研究。歸結施工時期之經驗，手冊所載工法、規範為可行，尤其是有關夯實與滾壓之要求，「水環境低衝擊開發設施操作手冊」中採施工管制之手段，規定施工方按照相關夯壓作業程序施工，即認可夯實作業合乎品質。根據本工程經驗，無細粒料之碎石級配如 C40 級配或 No.57 混凝土骨材級配在此施工法下，均可達到最大乾密度之 90% 以上。然而也發現國內施工規範對此仍有需要進行一些調整，例如針對 #57 與 C40 級配進行 CNS-14732 砂錐法工地密度試驗時，因為此類級配細粒料含量少，標準試驗砂大量的洩漏至礫石級配中，使試驗無法進行。營建署於後輔導廠商改採橡皮模法（ASTM-D2167 “Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by the Rubber Balloon Method”）完成工地密度試驗。但此試驗法亦未被國內相關規範引入，且國內 TAF 認證試驗項目並無此項，因此目前仍有賴工程主辦單位引導。

此外，營建署亦協調淡海新市鎮內新市國民小學，進一步進行 LID 開發示範工作。

新市國小創立於民國 97 年 7 月 25 日，是淡海新市鎮首第一所市立國民小學，校園面積約 2.6 公頃。於民



圖 4 淡海新市鎮新市國小實景

國 97 年籌備時即以「為臺灣蓋一所好學校」為目標，不論在校舍建築、環境營造、課程設計或教學研究上，皆以「人文、美學、健康、創新、永續」作為辦學發展方向。新市國小曾獲得教育部評選為永續校園優良案例，並取得內政部綠建築 9 項指標鑽石級候選證書，是一所兼具環保、低碳、生態、健康的優質學校。

本區規劃案依循「水環境低衝擊開發設施作手冊」建議之流程，蒐集新市國小校區周邊排水管線、鑽探、地下水位等資料，並辦理校內地形測量，完成基礎資料蒐集。規劃目標為提升學校原有筏基雨水貯集滯洪量約  $A \times 0.045 \text{ m}^3/\text{m}^2$  至  $A \times 0.080 \text{ m}^3/\text{m}^2$ ，並主要以低衝擊開發設施達成。

一般而言，LID 設施設置面積與其可處理地表逕流量不透水面積之面積比約 1:4 ~ 1:10。在設置位置考量上，由於 LID 設施的設置位置應視其與不透水地表所在位置之相對關係而定，故其挑選原則包括：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，是以需配合場址調查成果確認上述重要條件是否可行（如圖 5）。本案經現地測量後劃分子集水區如圖 6，再行檢算各子集水區中適當的 LID 設計量體與設施如表 1，最終完成規畫配置如圖 7。

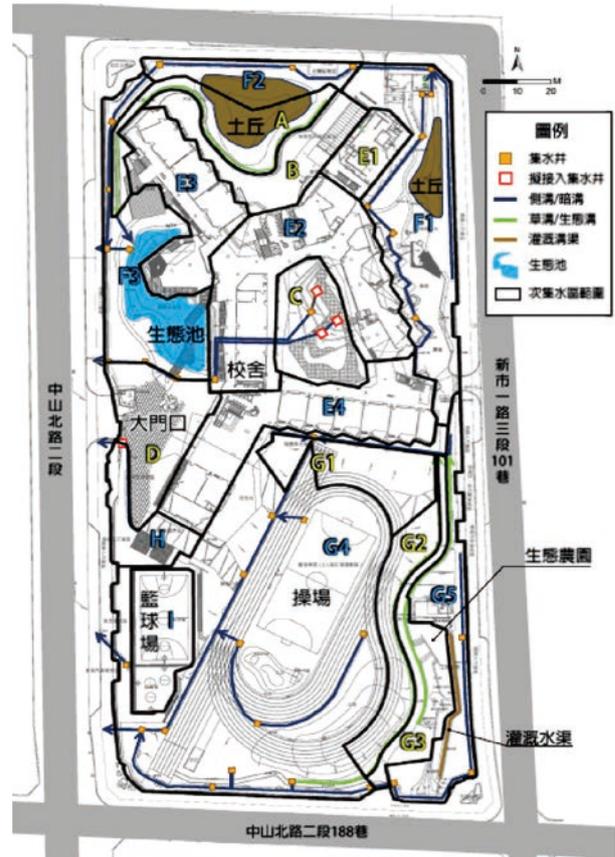


圖 6 新市國小子集水區配置圖

表 1 子集水分區 LID 設計量及設施表

項目		集水分區									
		A	B	C	D	E1	G1	G2	G3	G4	
集水分區總面積 (m <sup>2</sup> )		805	766	780	935	388	767	720	725	6284	
LID 設施 地作面積 (m <sup>2</sup> )	透水鋪面	-	190	-	398	-	-	-	270	-	
	生態滯留單元	-	-	233	-	-	284	-	-	-	
	植生溝	60 <sup>*2</sup>	-	-	-	-	-	78.6	-	-	
	綠屋頂	-	-	-	-	80	-	-	-	600	
設施面積總計		60	190	233	398	80	284	78.6	270	600	
LID 設施 參數	H: (表面)貯水 空間深度(m)	-	-	0.05	-	-	0.05	-	-	-	
	P: 孔隙率 (%/100)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.3	0.25	0.25	0.25	0.3	
	h1: 生長介質層 厚度(m)	0.30	-	0.45	-	0.15	0.45	0.3	-	0.25	
	h2: 過濾貯水層 厚度 / 級配基 層(m)	0.30	0.45	0.15	0.3	-	0.15	0.3	0.35	-	
	h3: 級配底基層 厚度(m)	-	0.30	-	0.15	-	-	-	0.15	-	
	L: 管保水層保 水體積(m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	0.05	-	-	-	0.05	
	適用計算公式 <sup>*1</sup>		式4	式3	式1	式3	式2	式1	式4	式3	式2
	單位面積保水 體積(m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )		0.150	0.1875	0.200	0.1125	0.095	0.200	0.150	0.125	0.095
V: 貯留量總計(m <sup>3</sup> )		9.0	35.6	46.6	44.8	7.6	56.8	11.8	33.8	54	
需貯留總量體 (m <sup>3</sup> )		33.6	34.5	33.6	40.7	17.5	33.6	31.1	31.2	273.06	
LID貯留量體檢核 (貯留量體>需求量體)		- <sup>*3</sup>	OK	OK	OK	- <sup>*4</sup>	OK	- <sup>*5</sup>	OK	- <sup>*6</sup>	
基地面積平均貯集達 0.080m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> 檢核		OK <sup>*7</sup>									

<sup>\*1</sup>: 適用計算公式如下說明：  
 式 1、雨水花園適用貯留體積公式： $V = P \cdot (h1+h2) \cdot A + H \cdot A$   
 式 2、綠屋頂適用貯留體積公式： $V = P \cdot (h1+h2) \cdot A + L \cdot A$   
 式 3、透水鋪面適用貯留體積公式： $V = P \cdot (h2+h3) \cdot A$   
 式 4、植生溝適用貯留體積公式： $V = P \cdot (h1+h2) \cdot A$   
<sup>\*2</sup>: A 集水分區之植生溝設置面積係採有效貯留面積 60 平方公尺，其實際設置面積為 120 平方公尺。  
<sup>\*3</sup>: A 集水分區主要地表逕流經植生溝流入下游生態池，植生溝可貯水約 27% 地表逕流。  
<sup>\*4</sup>: E1 分區現況即可透過地下筏基集水層頂地表逕流，設置綠屋頂僅為輔助集水地表逕流及示範之用。  
<sup>\*5</sup>: G2 分區植生溝主要地表逕流經植生溝流入下游雨水側溝，植生溝可貯水約 38% 地表逕流。  
<sup>\*6</sup>: G4 分區透過運動生態草皮集水地表逕流進入下方貯水箱，可貯水約 720 立方公尺。  
<sup>\*7</sup>: 植生溝提供保水量：60 m<sup>3</sup>、LID 提供保水量：300 m<sup>3</sup>、A 區植生溝貯集空間：8.8 m<sup>3</sup>、G2 植生溝貯集空間：6.2 m<sup>3</sup>、原有筏基：1000 m<sup>3</sup>、操場新增貯水箱：720 m<sup>3</sup> 共計 2095 m<sup>3</sup>，已達到全區 0.080 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> 之標準。

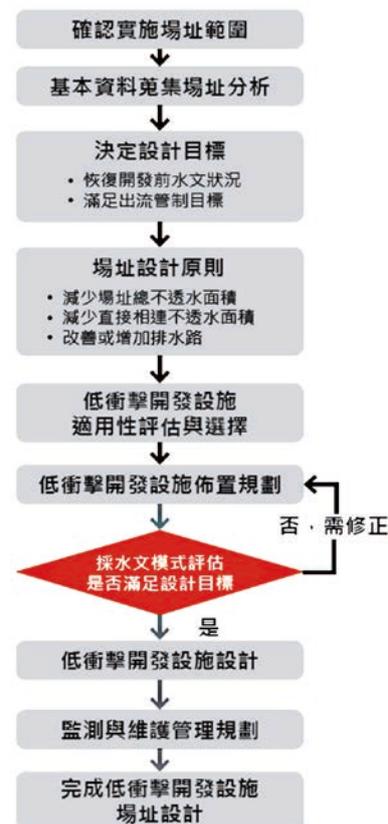


圖 5 LID 設計配置流程圖



圖 7 最終完成規畫配置圖

### 結語

近年來低衝擊開發概念已廣為在社會大眾間傳播，縣市政府除依循過往推動「雨水貯集滯洪」與「綠建築」之方向，調高各相關自治法令之外，也開始能更進一步擊劃低衝擊開發的都市，例如桃園蘆竹市宏竹里大華北街（第三期）道路改善工程，打造生態透水道路，並榮獲公共工程金質獎，可見低衝擊開發已開始在國內萌芽。

營建署身負落實都市計畫、創新營建管理、營造便捷的新生活環境之責，除持續精進 LID 工程技術外，也會持續探討如何與都市計畫體系、雨水下水道體系、環保生態體系之協調與整合，為低衝擊開發乃至未來的綠色基盤（Green Infrastructure）開創更多的機會與空間。

### 參考文獻

1. 臺北市政府因應 0602 水災災害應變處置作為暨復舊檢討工作總結報告，彙整單位：消防局
2. 「台灣重要河川規劃與治理」，水利規劃試驗所，106/09」
3. Fratini, C. F., Geldof, G. D., Kluck, J. and Mikkelsen, P. S. (2012), Three Points Approach (3PA) for urban flood risk management: A tool to support climate change adaptation through transdisciplinarity and multifunctionality. *Urban Water Journal*, 9(5), 317-331.
4. United States of America (2011), Clean Water Act of 2011. Public Law,
5. United States of America. (1990), Pollution Prevention Act of 1990. Public Law, (101-508), 13101-13109.
6. Whelans, C., Maunsell, H. G. and Thompson, P. (1994), Planning and management guidelines for water sensitive urban (residential) design. Department of Planning and Urban Development of Western Australia, Perth, Australia.
7. Woods-Ballard, B., Kellagher, R., Martin, P., Jefferies, C., Bray, R. and Shaffer, P. (2007), The SUDS manual (Vol. 697). London: Ciria.
8. 內政部建築研究所 (2012), 「氣候變遷下都市地區滯洪空間之規劃」。
9. 內政部建築研究所 (2012), 「社區及建築基地減洪防規劃手冊」。
10. 行政院環境保護署 (2013), 「降雨逕流非點源污染最佳管理技術 (BMPs) 手冊」
11. 內政部營建署委託研究報告 (2015), 「水環境低衝擊開發設施操作手冊編製與案例評估計畫」國立台灣大學編撰。
12. 內政部營建署委託研究報告 (2016), 「水環境低衝擊開發示範與推動計畫」國立台灣大學編撰。
12. 游景雲、邱昱嘉、陳葦庭、徐佳鴻、王順加 (2016), 「運用低衝擊開發於都市治水策略之探討」, 土木水利, 第四十三, 卷第五期。



桃園蘆竹市宏竹里大華北街道路改善工程