

土木水利

The Magazine of The Chinese Institute of Civil and Hydraulic Engineering

December
2018

夢想和幸福 零距離的接軌

技術必須經得起考驗，專業來自於永不妥協的堅持，
夢想的城堡、幸福的家園，就座落在不遠的前方，
台灣世曦和您一起攜手而行，用築夢的心、關懷的情，
戮力建設出每一項希望的工程。



羅東水資源回收中心景觀生態池



南科入口意象景觀生態工程



www.ceci.com.tw

ISSN 0253-3804



NT\$350



Volume 45, No. 6

社團法人
中國土木水利工程學會 發行
CIVIL AND HYDRAULIC ENGINEERING

低衝擊開發
實踐經驗

專輯

木鐸集

土木工程與
社會

107年年會暨
2018土水國際論壇

特別報導

土木水利

社團法人中國土木工程學會會刊



夢想和幸福 零距離的接軌
台灣世曦工程顧問股份有限公司

先進工程

- 混凝土工程
- 鋼結構
- 運輸工程
- 鋪面工程
- 資訊工程
- 工程管理
- 非破壞檢測
- 先進工程

永續發展

- 永續發展
- 國土發展
- 水資源工程
- 大地工程
- 海洋工程
- 環境工程
- 景觀工程
- 綠營建工程
- 能源工程
- 天然災害防治工程
- 工程美化
- 營建材料再生利用

國際兩岸

- 國際活動及亞洲土木工程聯盟
- 兩岸活動
- 亞太工程師

教育學習

- 工程教育
- 終身學習
- 土木史
- 工程教育認證
- 大學教育
- 技專院校
- 學生生活動

學會活動

- 學會選舉
- 學術活動
- 土木法規
- 介紹新會員
- 專業服務
- 學會評獎
- 學會財務
- 年會籌備
- 會務發展
- 會士審查
- 公共關係 [工程倫理]

出版活動

- 中國土木工程學刊
- 土木水利雙月刊

分會

- 土木學會
- 土木南部分會
- 土木中部分會
- 土木東部分會

發行人：王昭烈

出版人：社團法人中國土木工程學會

主任委員：劉格非 (國立臺灣大學土木工程系教授、編輯出版委員會主任委員兼總編輯)

定價：每本新台幣350元、每年六期共新台幣1,800元 (航郵另計)

繳費：郵政劃撥00030678號 社團法人中國土木工程學會

會址：10055台北市中正區仁愛路二段一號四樓

電話：(02) 2392-6325 傳真：(02) 2396-4260

網址：<http://www.ciche.org.tw>

電子郵件信箱：service@ciche.org.tw

美編印刷：中禾實業股份有限公司

地址：22161新北市汐止區中興路98號4樓之1

電話：(02) 2221-3160

社團法人中國土木工程學會第二十三屆理監事 (依姓氏筆劃排序)

理事長：王昭烈

常務理事：陳仲賢 楊偉甫 歐來成 歐善惠

理事：朱旭 余信遠 吳瑞賢 宋裕祺 沈景鵬 林呈 林其璋

胡宣德 胡湘麟 高宗正 張荻薇 許泰文 陳彥伯 黃兆龍

廖學瑞 劉沈榮 劉恒昌 謝啟萬

常務監事：呂良正

監事：李元唐 李建中 周功台 陳清泉 楊永斌 薛春明

中國土木工程學會任務

1. 研究土木工程學術。
2. 提倡土木水利最新技術。
3. 促進土木水利工程建設。
4. 提供土木水利技術服務。
5. 出版土木水利工程書刊。
6. 培育土木水利技術人才。

土木水利雙月刊已列為技師執業執照換發辦法之國內外專業期刊，土木工程、水利工程、結構工程、大地工程、測量、環境工程、都市計畫、水土保持、應用地質及交通工程科技師適用。

中國土木工程學會和您一起成長！

「低衝擊開發實踐經驗」專輯 (客座主編：許少華教授)

- 📖 專輯序言：低衝擊開發在台灣以及鄰近地區的實踐經驗 許少華 2
- 📖 低衝擊開發於都市基地導入之建議與推動 蘇崇哲／潘嘉興／邱昱嘉／林昱德／陳葦庭／徐佳鴻 3
- 📖 回收環保塑膠應用於低衝擊開發與最佳管理作業的工程應用討論 邱德維 9
- 📖 海綿城市低衝擊開發應用於河川整治工程 — 以葫蘆墩圳為例
周廷彰／徐瑞旻／陳宏安／莊文南 14
- 📖 應用雨花園削減道路地表逕流非點源污染效能評估 何嘉浚／王韻瑾 26
- 📖 採用綠色雨水基礎設施將高密度老舊社區改造成為適應氣候變化的彈性社區
— 鎮江市江濱新村二區老小區海綿改造案例 陳慧／余年／叶向強／仲笑林／張月恒 33
- 📖 通過可持續城市排水系統的設計與管理來保障未來世代水資源：
生物生態排水系統 (BIOECODS) — 馬來西亞的經驗
Chun Kiat Chang / Nor Azazi Zakaria / Aminuddin Ab Ghani / Hui Weng Goh 41

木鐸集：土木與文明

- 📖 土木工程與社會 洪如江 53

107年年會特別報導

- 📖 107年年會大會 隆重舉行 光彩奪目 61
- 📖 2018 CICHE International Forum 國際交流 好評不斷 73
- 📖 107年會工程論壇 多元豐富 美不勝收 82
- 📖 走讀高雄 感謝高雄市政府各單位大力協助 81
- 📖 感謝107年年會 贊助名單 封底裡

第23屆理事長  暨全體理監事 向大家拜年



圖文設計：程苡榕



低衝擊開發 在台灣以及鄰近地區 的實踐經驗

專輯序言



水利規劃試驗所舊正辦公區的
雨花園中施作後的礫石槽露頭



礫石槽露頭經景觀施工包裹後的
水規所舊正辦公區的雨花園造型

專輯客座主編 許少華 / 逢甲大學水利工程與資源保育學系 教授

近年來「永續、環保、生態」等觀念已漸漸進入人心，慢慢蔚為潮流。傳統的土木水利工程設計與施工漸漸接受了此一潮流的挑戰與因應。低衝擊開發（Low impact development, LID）也就應運而生。相類似的改變在不同國家有不同的稱呼。LID 是在美國的稱呼，也有稱為「綠色基礎設施（green infrastructure）」，在中國大陸就叫「海綿城市（spongy city）」，在馬來西亞則有「永續都市排水（sustainable urban drainage, SUD）」的名稱。不同的名稱當然也有其內涵上的差異，但其共通之處，則是想調整以往的灰色建設（grey infrastructure）的缺陷，而能對環境更為友善，促進生態的多樣性，考慮到水質的改善，乃至於對人類的景觀價值與親水性等等。LID 在台灣的進程，雖然沒有像在中國大陸那般砸下鉅額的國家經費，但漸漸地也一步一腳印地在成長。因應台灣的需求，產官學界都有長進。內政部營建署於 2015 年已出版「水環境低衝擊開發設施操作手冊」，其內容針對透水鋪面、綠屋頂、生態滯留單元、雨水桶、植生溝、滲透陰井等等 LID 設施有較詳細的規範建設，然其大多數照片並非是台灣的案例。主要是當時在台灣地區的 LID 實踐仍是很有限的，只好借用他山之石。2016 年的土木水利雙月刊也曾經以「生態工程專輯」針對低衝擊開發在台灣的發展進行了報導。時至今日，又已兩個年頭過去了，很值得土木水利界的先進與後起之秀們再一次細心檢視 LID 在台灣的進展，並應更進一步看看週遭國家的特色。

因此之故，本期特地從產官學界的角度來看 LID 的施工材料、地方政府之工程實例、以及嚴謹的學術評估等等。其中包含國產材料之現地應用，台中市政府水利局於葫蘆墩圳工程之實例，雨花園削減道路逕流污染之效能評估，並特邀稿中國大陸江蘇省鎮江市一老舊社區之改造案例，以及馬來西亞如何從理科學的檳城校園出發，漸漸推廣至吉隆坡附近新城鎮的規劃、設計與施工。

編者也曾接受水利規劃試驗所與台中市政府的委託，設計了適合於卵礫石地質的礫石槽工法。目前已應用在水規所舊正辦公區的雨花園、仁化工業區的滯洪池、靜宜大學東側的紅土滯洪池、台中市後火車站的台糖生態湖濱公園、以及若干中部的綠地。希望將來 LID 能成為土木水利工程界的共識，材料能自產，經費很合理，效能廣為大家所稱許。



靜宜大學東側的紅土滯洪池中施作後的礫石槽露頭



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。

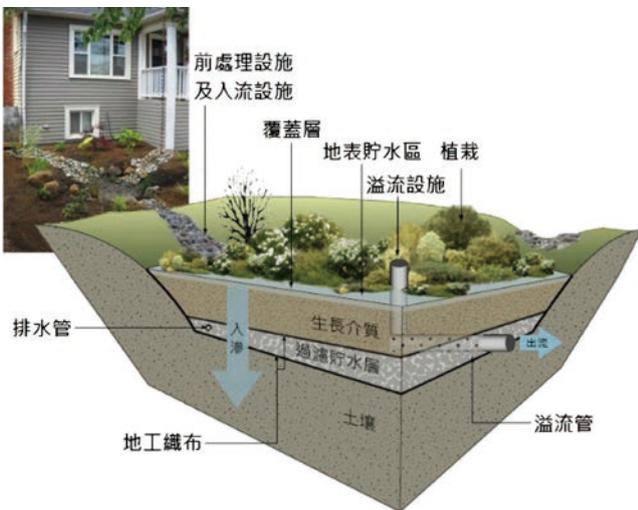


圖 2 LID 設施實景
資料來源：www.dcesevice.org

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/m² 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）。

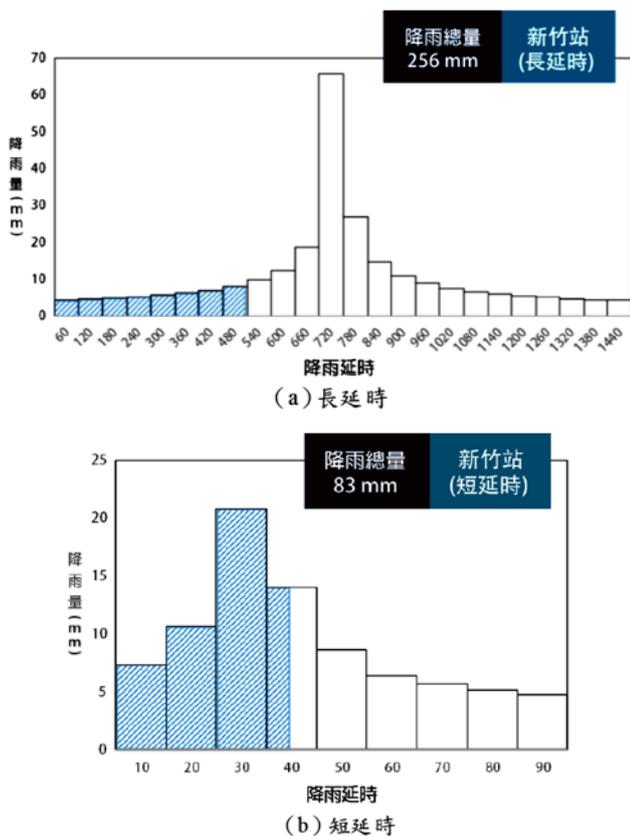


圖 3 LID 設施對應不同降雨延時之比例

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」建議之拚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。

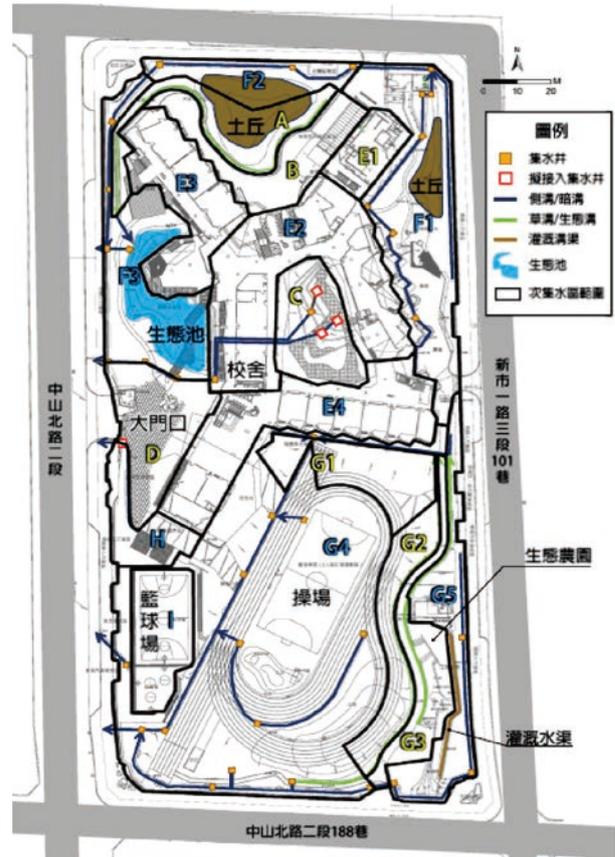


圖 6 新市國小子集水區配置圖

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 ²)	805	766	780	935	388	767	720	725	6284	
LID 設施地作面積 (m ²)	透水鋪面	-	190	-	398	-	-	270	-	
	生態滯留單元	-	-	233	-	-	284	-	-	
	植生溝	60 ^{*2}	-	-	-	-	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	0.3	
	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 ³ /m ²)	-	-	-	-	0.05	-	-	-	0.05
	適用計算公式 ^{*1}	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 ³ /m ²)	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 ³)	9.0	35.6	46.6	44.8	7.6	56.8	11.8	33.8	54	
需貯留總量體 (m ³)	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)	- ^{*3}	OK	OK	OK	- ^{*4}	OK	- ^{*5}	OK	- ^{*6}	
基地面積平均貯集達 0.080m ³ /m ² 檢核	OK ^{*7}									

^{*1}: 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: $V = P \cdot (h1+h2) \cdot A$
^{*2}: 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。
^{*3}: 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。
^{*4}: 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。
^{*5}: 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。
^{*6}: 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。
^{*7}: 植生溝提供保水量: 60 m³、LID 提供保水量: 300 m³、A 區植生溝貯集空間: 8.8 m³、G2 植生溝貯集空間: 6.2 m³、原有筏基: 1000 m³、操場新增貯水箱: 720 m³ 共計 2095 m³，已達到全區 0.080 m³/m² 之標準。

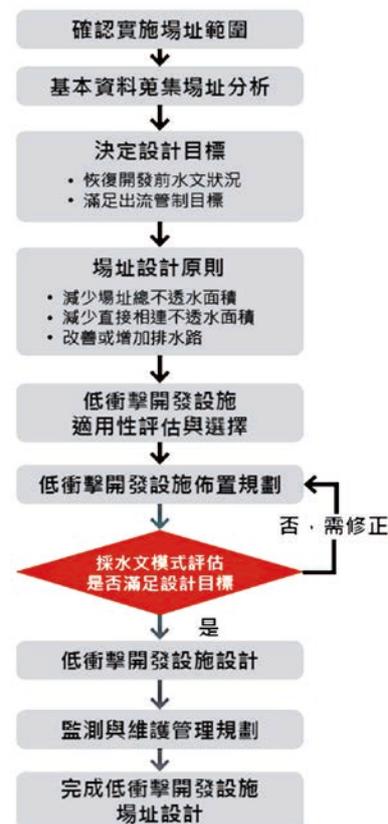


圖 5 LID 設計配置流程圖



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



回收環保塑膠應用於低衝擊開發與最佳管理作業的工程應用討論

邱德維／良澤塑膠有限公司、築綠生態有限公司 專案經理

近年來全球不論開發中國家、已開發國家，為提升國家經濟成長，全球均有嚴重的都市化現象，也因此大量的混凝土運用在建築物、道路、土木、水利等構造物中，造成過去原有能透水、截流、如海綿般大地被不透水面取代，造成是的水文循環狀態改變 (Burian & Pomeroy^[1])，又因氣候變遷造成的極端氣候，常出現超過既有排水系統所設計能承受的暴雨強度，以至於內撈事件頻傳，因此透過低衝擊開發技術以遲滯、滲透、暫存等種種設計方式，能分擔部分的暴雨所產生之逕流，減輕排水系統的壓力，多樣式的低衝擊開發設計方式皆可參考內政部營建署出版的「水環境低衝擊開發設施操作手冊」(內政部營建署^[2])，而低衝擊開發相關的產品也相繼而生，其中，本章特別介紹結合回收塑膠(聚丙烯 polypropylene，縮寫：PP 或聚乙烯 polyethylene，縮寫：PE，又稱為環保塑膠)衍生的低衝擊開發等工法。

透水鋪面 (Pervious Paving)

目前市面上已有相當多透水鋪面材料，包含透水磚、透水混凝土、透水瀝青、植草磚等，都廣泛應用在台灣各個工程場域上，透水鋪面透水機制大致分為兩類，第一類透過鋪面高空隙率，讓水透過空隙入滲至路基，第二類則是鋪面本身無透水的功能，而是透過鋪面與鋪面間的空隙，讓水入滲至路基。

透水鋪面的優點有以下幾點：(1) 能將地表逕流水滲透於土壤，降低洪峰流量，(2) 減緩熱島效應，(3) 有效移除非點源污染的總懸浮固體 (Total Suspended Solid) 但並無明顯能去除氨氮、重金屬等非點源污染物，而在美國某些州的規範標準要能達到總懸浮固體 80% 的去除率 (Massachusetts Department of Environmental Protection^[3])，(4) 透過入滲補充地下水，(5) 透過植草磚面能綠美化廣場地區。在工程應用上的缺點則有以下幾點，(1) 為較需經常性的維護，

(2) 多數透過多孔性的特性產生透水的效果，也常會因孔隙有堵塞而需定期維護，(3) 因透水造成底層掏刷而造成不均勻沉陷甚至面層破裂，(4) 因多孔性質強度較一般硬鋪面弱，常出現面層破損或斷裂之問題。而透水鋪面適合應用的地點多為軸次當量較低車行道路面及人行道路路面，而其設計不僅須考量到現地地質條件、水文條件、使用條件下所需符合的強度設計、性能設計以及保水滲透量之設計，詳細之設計可參考內政部營建署委託社團法人中華鋪面工程學會所出版的「市區道路透水性鋪面使用手冊」(內政部營建署^[4])，在台灣工程應用上仍有許多透水鋪面的設計因並未確實考量以上種種之條件，產生鋪面破損嚴重、保水量不足甚至從路面與側溝介面處湧出等狀況為改善透水鋪面常見的問題。

由於透水鋪面的普及，也針對上述透水鋪面的種種問題進而改善，並出現了多樣式的工法，其中一種

就是使用回收環保塑膠成形的設計工法。此工法常見的如一體成形的植草地坪、管式透水鋪面等如下圖 1、圖 2 所示，上述的此種工法特點為以下：(1) 不同以往常見透水鋪面，直接由現場澆置混凝土而成，其強度能達到硬鋪面之強度 ($210 \text{ kgf/m}^2 \sim 350 \text{ kgf/m}^2$)，因此其承载力較一般透水鋪面來的佳，(2) 因成形方式為現場澆置一體成形如同連續基礎，不會因透水特性導致底層掏刷或土砂流失而產生嚴重的不均勻呈現，因此較傳統的透水鋪面的使用壽命長及維修成本低，(3) 不同模具成形的鋪面各有其更優良之特性，如管式透水鋪面則有極佳的透水性，能快速將面層的逕流導入底層或保水層，甚至也能有極佳的降低熱島效應之效果；或一體成形的植草地坪不同於一般植草地坪，能提供連續且完整的植草空間，有效的提高植草的存活率及更佳的美化景觀，(4) 使用的成形模具多為回收的環保塑膠且可再重覆多次使用，對於地球環境更為友善環保。



圖 1 一體成形的植草地坪



圖 2 管式透水鋪面應用於停車場

雨水貯集、滯洪、滲透設施 (Stormwater Retention & Detention Facility)

於民國 102 年開始內政部營建署於建築技術規範明訂，基地開發面積超過 300 平方公尺則需設置雨水貯集滯洪設施，並於民國 102 年至今，從中央到地方、從基地面積 300 平方公尺到大至開發面積超過 2 公頃，訂定了多個不同因應土地開發而需設置雨水貯留滯洪設施或保水設施等規範，更於今年五月二十九日直接修法水利法，明立「逕流分擔、出流管制」專章，明確表明因應氣候變遷，在都市發展、重大建設接需擬定「逕流分擔、出流管制」之計畫，目的就是要發展出韌性、永續的海綿城市，上述所提的相關規範細則及比較可參考「執行中之排水計畫（書）法規及格式說明」（凌邦輝^[5]）及「土地開發排水計畫書實務檢討與精進研究」（王順加^[6]），在此就不多加敘述。

因此台灣工程應用上，有許多乾、溼式滯洪池的設計應用、地下式混凝土結構的滯洪設施或直接使用建築物的筏式基礎作為雨水貯集滯洪設施，一般地上的乾式或溼式的滯洪池設施，設計所需的滯洪量大，但考量安全問題深度又不宜太深，因此所需腹地廣大，對於土地開發成本效益而言較差，且後期維護管理需投入人力及經費以免蚊蟲滋生或有安全疑慮之問題；而地下室混凝土雨水貯集、滯洪設施，不僅大量使用混凝土，更增加許多碳排放，與現今環保意識抬頭，有較大的衝突，且地下式混凝土雨水貯集、滯洪設施較不易設計成滲透型以補助地下水，但有時因現地條件下，仍需以混凝土方式為最後設計應用。

因應工程應用所需，許多環保塑膠材質之材料也相繼應用於工程上，一般常見的包含地上式的雨水桶（如圖3）、地下式的雨水桶（如圖4）及塑膠蓄水貯集框架（又稱雨水積磚，如圖5），其中，地上式的雨水桶有以下幾點特性：(1) 管配件搭配容易、容易做串聯、並聯相關應用，(2) 工廠加工，現地組裝，因此工期短，(3) 因是地上型雨水桶，需一定的腹地空間，(4) 雨水桶之容量較為有限，無法貯留大量雨水，(5) 無法直接應用於回收地表逕流水，(6) 較容易影響至整體景觀設計，因上述之特性，地上型雨水桶較常應用於屋頂的雨水回收系統中或配合泵浦來貯集雨水，後端應用多為補助澆灌用水等。

地下式的雨水桶的特點如：(1) 管配件搭配容易、容易做串聯、並聯相關應用，(2) 預鑄式雨水桶，現地組裝、工期快，(3) 雨水桶強度有限，埋設深度有限，(4) 雨水桶容量較為有限，腹地需求較大，(5) 埋設地下較不影響地表景觀設計，因此其應用較為小量的雨水貯留設計，常見應用在橋梁下方，收集橋梁路面的水，以減少逕流水。



圖3 地上式雨水回收桶（嘉義縣環保局提供）



圖4 地下式雨水回收桶



圖5 塑膠蓄水貯集框架
（圖來自良澤塑膠股份有限公司）

塑膠蓄水貯集框架近年來較多應用於不同類型式計案場，其特性 (1) 結構性強，(2) 埋設深度較深，(3) 重複組裝特性，(4) 孔隙率高（90%~96%），(5) 可設計貯留型、滲透型或混合型，(6) 單一元件組裝，可配合現地形狀配置，因此設計雨水貯留滲透設施應用區域較廣，從公園、廣場、停車場、遊憩場、學校、道路等，設計雨水貯留滯洪量也從1立方公尺至上萬立方公尺皆有，且因組合特性，容易配合現地條件做形狀上的調整，也是在近幾年來越來越廣泛應用在各個不同工程應用中，歐美地區將塑膠蓄水貯集框架（國外稱三明治結構、國內稱薄層集水）應用於人行道、腳踏車道下方的空間，利用此材料的特性，不僅因90%高空隙率，可於高密度都市區建造人行道下方的大型滯洪空間（如圖6、圖7），更減少碎石級配的使用量，減少了山區、河川土砂開挖，有時更將人行道下方滯留的水用於臨路旁路樹或綠帶澆灌用水，以提高城市對洪澇乾旱的韌性及適應力。此材料之應用、試驗及規範皆可參考下水道協會於106年6月所出版的「雨水貯留滲透設施（塑膠製品）技術手冊_第三版」（台灣下水道協會^[7]）。



圖6 塑膠蓄水貯集框架（三明治結構）應用
（圖來自 Permavioid 官方網頁）



圖7 薄層集水應用
（圖來自築綠生態有限公司）

植生滯留槽 (Bioretention)

美國於 1987 年提出最佳管理作業 (Best Management Practices)，目的在於污水管制和處理，原先用於工業廢水及污水下水道管制，爾後才發展至暴雨產生的非點源污染及溼地管理，此觀念也被涵蓋應用在低衝擊開發 (Low Impact Development) 內，其中植生滯留槽及樹穴的概念，(1) 能達到少量減少地表逕流量，(2) 能有效的去除氮氮、總磷、TSS、BOD、COD 等非點源污染，(3) 能將雨水入滲補充地下水，(4) 能美化街景，此些工程設計被廣泛應用於歐美等地。

於台灣地區，近年也有下凹式的植生滯留槽的設計，但仍不普遍應用，可能原因如下：(1) 台灣水文環境與歐美地區大不相同，「一雨成撈、不雨成旱」常是台灣降水的寫照，植生滯留槽能滯留的逕流量有限，且很難降低洪峰流量，因此效益較歐美地區小，(2) 下凹式設計因有明顯高低差，容易造成行動不便地者、年長者或或行人不慎跌倒，造成行進安全疑慮，(3) 為維護植生滯留槽之美觀，需較大量的維護管理機制，(4) 台灣地狹人稠，都市地區並不容易有適合之處設置。

於台灣工程應用上，使用塑膠材料也被開發應用為模組化的植生滯留槽，其一是應用於台灣河川上游集水區處，許多茶園、果園的出留口處，設置模組化之植生滯留槽，透過植生滯留槽能有效處理氮氮、總磷、TSS、BOD、COD 等特性，將初期夾帶農藥或磷肥的地表逕流水等非點源污染，進行水質處理後再排放，將下游的水庫、河川優養化程度降低 (何嘉俊^[8])。另一則是將植生滯留槽地下化、模組化，並應用於都市地區，而此回收環保塑膠材料之應用又稱為「樹穴結構模組」(Soil Structure Module)，此設計是將植生滯留槽的概

念轉成為地下化概念如圖 8，其中，樹穴結構模組內會回填植生用的土壤或雨水過濾用的介質土壤，回填處預留雨水滯留層，以達到雨水滯留滲透，另外，此設計在處理非點源污染中的氮氮、總磷、TSS、BOD、COD 之效能亦有相當優良的表現 (Cheung *et al.*^[9])。

樹穴設施 (Tree Box)

歐美地區在樹穴的工程應用上，有三種不同方式，第一類為常見的混凝土樹穴 (如圖 9)，此工程應用能提供非點源污染的處理及少量的逕流水滯留，但能提供行道樹根系生長空間有限，因此已較少再有此工程應用。

第二類為樹穴結構模組 (Soil Construction module) 應用於在樹穴與人行道空間設計 (如圖 10、圖 11)，此設計有效利用雨水來強化樹木健康狀況，並在此過程中提供許多雨水逕流的解決方案，如第四節所述能減少地表逕流、處理路面上非點源污染，更用於處理 (1) 減少都市區行道樹浮根的問題，浮根問題常因樹穴鄰近土壤被夯實至 95% 以上或用混凝土圍住，使得根系無適合的生長空間，因此根系鑽入底層與面層之間生長，導致鋪面被根系破壞，此應用將鬆土回填至樹穴結構模組內，讓根系有合適的發展空間也減少浮根問題，(2) 因行道樹有適當地生長空間，因此可以減少人行道上的樹穴面積，讓行人空間更大及景觀更一致，(3) 也讓樹木能更易茁壯，於 North Carolina State University 研究中也明顯的表示此應用對樹木生長有良好的表現 (NCSU^[10])，(4) 更能有效降低都市熱島效應。

第三類為使用塑膠蓄水貯集框架 (Soil Structure Module) 在樹穴的應用 (如圖 12)，設計目的：(1) 要將鋪面的集中荷重轉成均布荷重減輕應力對樹根的損

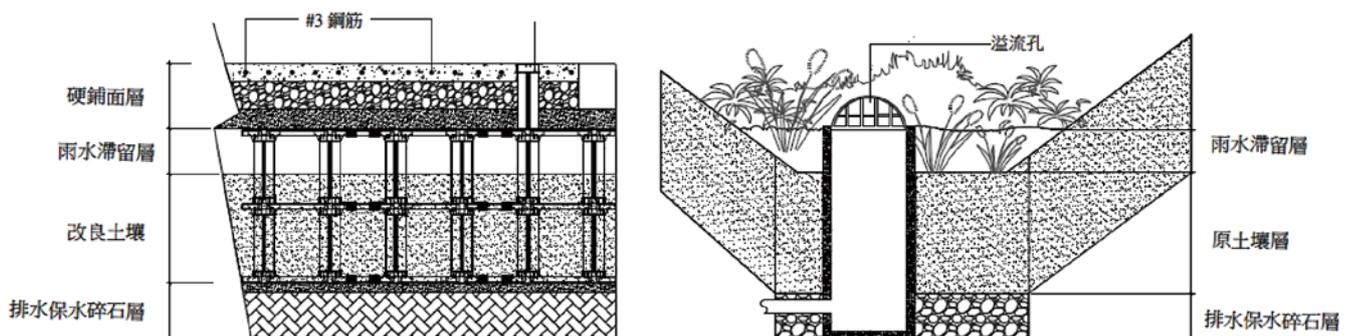


圖 8 傳統植生過濾槽與地下植生過濾槽比較圖 (圖來自築綠生態有限公司)



圖 9 混凝土樹穴



圖 10 樹穴結構模組 (來自 Silva Cell 官方網站)



圖 11 樹穴結構模組
(來自築綠生態有限公司)



圖 12 塑膠蓄水貯集框架 (薄層集水)
(來自 Permavoid 官方網站)

害，(2) 營造空氣層讓空氣與水能更好的交換，讓植物根系生長更好，(3) 營造出阻根層，不讓根系破壞鋪面等優勢。

總結

台灣近年在水環境議題上不論在規範、工程應用上都不斷在提升和精進，工程應用中也因應水環境議題提供出最佳的解決方案，回收環保塑膠材料的應用也在工程應用上提出許多附加不同價值的解決方案，包含透水鋪面的應用、雨水貯集、滯洪、滲透設施的應用或是處理非點源污染上植生滯留槽、樹穴等，但在百花齊放的工程應用設計，如何真正合適的應用於不同工程環境，仍需產、官、學共心合作，提出更完整的評估規範和從業人員能力提升，才能幫助台灣水環境遇到的種種問題更完善的處理，這樣的經驗和技術累積成台灣科技，更能推廣至全球，讓台灣在全球水環境議題上能發光發熱。

參考文獻

1. Burian, S.J., and Pomeroy, C.A. (2010), "Urban Impacts on the Water Cycle and Potential Green Infrastructure Implications", *Urban Ecosystem Ecology*, 55, pp. 277-296.
2. 內政部營建署 (2015), 「水環境低衝擊開發設施操作手冊」。
3. Massachusetts Department of Environmental Protection, "Massachusetts Stormwater Handbook".
4. 內政部營建署 (2015), 「市區道路透水性鋪面使用手冊」。
5. 凌邦暉 (2017), 「執行中之排水計畫 (書) 法規及格是說明」, 學術天地, 排水計畫專題, 第 1-24 頁。
6. 王順加 (2017), 「土地開發排水計畫書實務檢討與精進研究」, 學術天地, 排水計畫專題, 第 25-37 頁。
7. 台灣下水道協會 (2018), 「雨水貯留滲透設施 (塑膠製品) 技術手冊 第三版」。
8. 何嘉俊、張峰毓 (2016), 「以植生滯留槽控制農業非點源污染」。
9. Cheung, P., and R. Anderton (2017), "The Queensway Sustainable Sidewalk Pilot Project", *Proceedings of the 6th Annual TRIECA Conference*. 22 March 2017.
10. NCSU (2017), "Soils Beneath Suspended Pavements: An Opportunity for Stormwater Control and Treatment" Presented by Jonathan L., pp. P.E. 



海綿城市 低衝擊開發應用於 河川整治工程 — 以葫蘆墩圳為例

周廷彰／行政院農業委員會水土保持局保育治理組 組長，前臺中市政府水利局 局長

徐瑞旻／臺中市政府水利局 科長

陳宏安／臺中市政府水利局 副工程司

莊文南／禹安工程顧問股份有限公司 總經理

為邁向永續打造海綿城市，臺中市推動海綿城市政策，將都會區水環境帶入一個嶄新的階段。臺中是水的城市，有大甲溪、大安溪、烏溪等水系流貫其中，臺中市政府著手河川整治改善，在防洪安全前提下，改善水質、提供遊憩空間，包括柳川、筏子溪、綠川、軟埤仔溪…等。豐原也是因水而繁榮，葫蘆墩圳各支幹線密佈，提供農業用水，大甲溪的水豐富了豐原這塊土地，葫蘆墩圳（東汴幹線）原為灌溉水路，民國 69 年因地方發展之需求，分期分段將三豐路至博愛街段加蓋為停車場，至今已三十餘年，豐原地方人士成立「臺中市繁榮葫蘆墩促進會」，多年致力於豐原地方文化的深耕暨葫蘆墩圳掀蓋整治理想的推動，並經由市府培力計畫的努力推動進行「掀蓋」作業，讓民眾對未來願景充滿期待。故「以人為本，從水開始」、「還河於民，還地於河」，在確保葫蘆墩圳確保防洪排水之機能下，水利機能、水域安全，維護水質、水量，並以原生植栽強化自然生態品質，以水域掀蓋打造區域環境藍帶之美，串連周邊景觀特色、人文歷史、生態環境等，達到遊憩之目標，重現水清魚現之美。

透過工程及管理相關策略，可減輕降雨沖刷地表、建物所產生之逕流污染對環境水體之衝擊，採降雨逕流非點源污染最佳管理技術（Best Management Practices，簡稱 BMPs），使開發完成之地區於降雨時所產生之降雨逕流污染獲得控制，以削減非點源污染排放量，本工程採用透水磚步道、生態草溝、植生過濾帶、雨水花園、透水混凝土鋪面及雨撲滿，增加入滲面積，減緩初期保育逕流，降低非點源污染，落實水環境營造之海綿城市。

前言

葫蘆墩圳（東汴幹線）原為灌溉水路，民國 69 年因地方發展需求，分期分段將三豐路至博愛街段加蓋為停車場，迄今已三十餘年，自 99 年 10 月 12 日豐原居民齊聚仁社，成立「臺中市繁榮葫蘆墩促進會」，並參考韓國清溪川發起「繁榮葫蘆墩水岸花都」的美夢，重現葫蘆墩圳的「藍川綠岸」水岸花都幸福居。另自發性辦理『水岸花都臺中市豐原區葫蘆墩圳流域掀蓋再造景觀競圖』比賽，臺中市政府亦在民國 102

年提出「臺中市豐原區軟埤坑溪、葫蘆墩圳（東汴幹線）及早溪環境營造計畫」^[1]，秉持開放政府、全民參與以及公、私協力的原則，落實道路廣場鋪面透水化、提高綠覆率、增加都市貯留滯洪能力、再生水多元利用、復育保護水環境棲地、營造親水遊憩環境等，使具備「再生水潔淨」、「韌性水安全」、「友善水空間」等三大目標，勾勒出永續、安全、生態的豐原地區水環境藍圖（圖 1），俾利實現水岸願景，還原給豐原「母親之河」，讓文化與經濟得以重生！

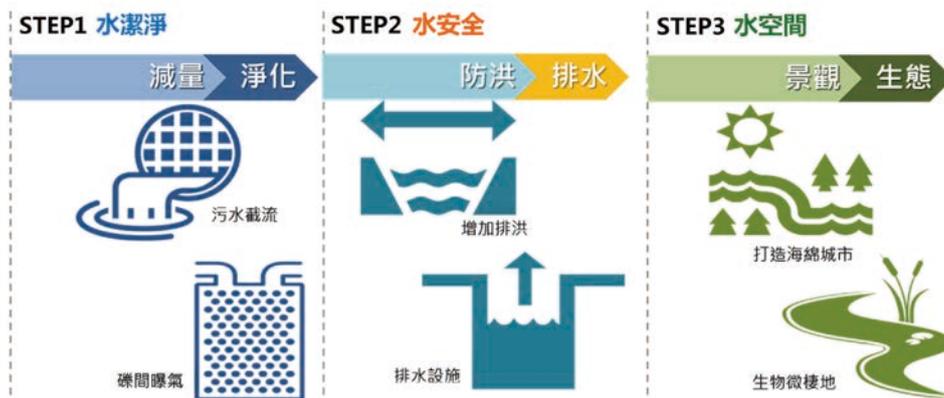


圖 1 葫蘆墩圳河川整治暨景觀營造工程目標圖

邇來我國社會極為重視環境保護、永續再生及都市綠活之概念，當年河川加蓋的方式顯然非時勢所趨，它使人與水關係疏離，亦降低對水之關心與感情。世界上偉大的城市多伴隨著一條美麗的河川，因而在盡可能降低對河防安全的影響，確保防洪排水之機能目標下，以水域掀蓋打造區域環境藍帶之美，於水資源能永續提供穩定多元之水源，建立成一個民眾可親水且具有豐富多樣水環境生態之永續城市，串連周邊景觀特色、人文歷史、生態環境等營造多樣化的風貌，達到「親水觀賞」之目標，讓昔日糕餅、米食之鄉的豐原重現「水漾、水聲、水清」三水風華之宜居、宜遊的幸福城市。

海綿城市 三大目標

豐原地區(41.1845平方公里)地狹人稠寸土寸金，根據臺中市政府2018年10月統計資料顯示，豐原市人口(166,867人)密度已達每平方公里4,050人。由於都市擴張不透水鋪面增加，不僅涵養水源能力降低，更可能使地表逕流增加；因都會區人口集中所導致的土地使用改變(圖2)，於氣候變遷極端事件的影響，於生態永續、防洪安全及都市發展各個層面整體考量下，更使水環境政策推動日趨艱鉅。

近年來全球各大都會區飽受氣候變遷極端氣候威脅挑戰，豐原地區高度開發人口密集，在氣候變遷早

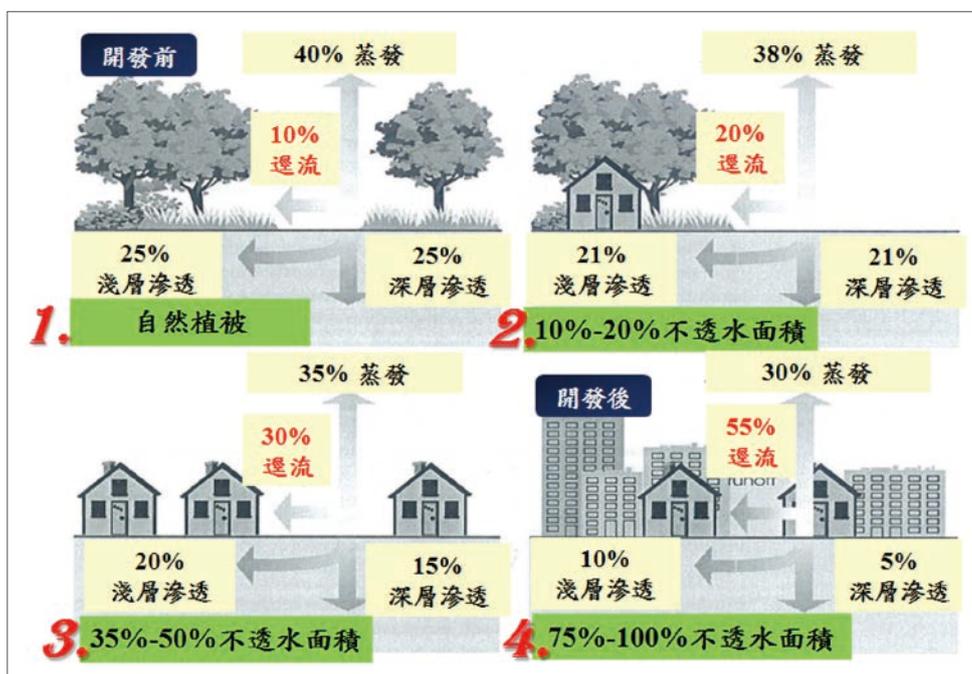


圖 2 土地開發之衝擊圖

澇等極端事件挑戰下亦無法倖免，為解決都市保水透水不足熱島效應問題日趨嚴重、洪氾風險增加、長期水資源供給日趨緊張、並提供民眾多元親水空間及復育都會區水環境生態棲地，臺中市政府積極推動海綿城市政策，以「再生水潔淨」、「韌性水安全」、「友善水空間」勾勒出豐原地區水環境的三大目標，透過工程面、管理面、法制面等相關措施，並納入開放政府、民眾參與及公、私協力等理念，研訂相關推動策略及執行計畫，由市政府各權責機關落實推動：

目標一「再生水潔淨」

被稱為「看不見的建設」的污水下水道，臺中市政府水利局積極推動全市普及化，目前共規劃 19 處污水處理建設。豐原水資中心整體工程分 3 期，經費需要百億，處理量最大的「豐原水資源回收中心」（圖 3）第一期工程完工後，每日可處理 1 萬 8,000 噸生活污水，增加用戶接管數約 1 萬 7,000 戶，後續再延續建設用戶接管及相關污水下水道工程。中心採多樣性設計，除既有污水處理功能，基地內開放 2,600 坪的鄰里公園，設置休閒廣場、景觀池及綠地等設施，供休憩空間，兼具美觀與功能性。臺中治水成果已達到「不缺水、不淹水、喝好水、親近水」四項水治理的最高境界。

而在打造豐原水岸花都，除豐原葫蘆墩圳軟埤仔溪整治、葫蘆墩圳河川整治暨景觀營造工程，經過花博園區的改造後，創造更多可利用的再生水循環利用；再加上豐原水資中心三期整治完工後，可達到每日處理量 5 萬 4,000 噸，接管戶數達 4 萬 5,000 戶，更可提供中科等工業使用。



圖 3 豐原水資源回收中心規劃藍圖

目標二「韌性水安全」

氣候變遷所引致的極端氣候事件於世界各地持續地增加，未來極端氣候的挑戰不僅難以減緩並將更為嚴峻。其較過去以工程治理手段為主的水環境政策，更強調於都會區如何與水共存，以預防性的調適策略，強化都市面對極端氣候的韌性，在提升都市面對旱澇災害的容受度與回復力的同時，並能更進一步創造長期都市發展與生態環境共存的雙贏價值。其中恢復市區雨水入滲土地並蒸散於大氣的再生水循環，不僅可改善都市微氣候降低熱島效應影響，減緩夏季空調排熱所造成之負面循環，並可提供額外降低降雨地表逕流、減少都市能源需求、以及恢復環境生態的附加效益；同時調整公共建設施政理念，於一定程度上採取工程手段持續提升防洪排水保護標準之外，更落實災害風險管理，以開放政府理念公布災害潛勢資訊，建立民眾知災避災離災觀念，更進一步透過立法等措施促進公私協力防災，將災害可能造成的損害降至最低，打造一個具韌性、水冷散熱並整體規劃打造豐原地區成為韌性城市（圖 4）。

目標三「友善水空間」

由於都市持續擴張加上氣候變遷影響，都市及其周邊水棲地環境遭受污染破壞日益嚴重，不僅使民眾親近河川水域休閒遊憩場域減少，更造成了嚴重的生態多樣性問題及濕地水棲地環境急遽消失。

配合我國濕地保育法施行，強化都市水環境保護及水棲地復育，落實濕地功能分區及明智利用精神，植栽配置及考量各分區之特色以及整體景觀美質，配置開花、耐候性佳、原生植栽方便日後維護管理。



圖 4 韌性水安全 — 海綿城市

在通道及廣場周邊設置優型喬木如青楓、樟樹、黃連木，使步行空間更為舒適。種植灌木草花使整體空間呈現多層次並增加誘蝶誘鳥之可能性，使圳道工程更為自然友善。水岸、水生、浮水植栽選用台灣原生、氣候適宜、鄉土植栽做為校園教學、提供底棲生物棲息之功能，以強化都市水環境保護及水棲地復育，持續推動河川水質監測與水污染違規污染稽察取締，期能恢復葫蘆墩圳之生態多樣性；並持續推動河川溪溝親水環境營造及服務品質提升工作，並評估提升臺中市水環境教育中心能量，進一步透過河岸水域親水活動、水環境教育宣導及在地志工培力推廣，活絡民眾親水遊憩及愛川觀念，縫合大臺中河川水域與市區間之文化歷史紋理，營造對民眾及生物皆親水生態的友善水空間城市（圖 5）。

葫蘆墩圳工作執行成果

再生水潔淨

污水處理

臺中市污水下水道接管率超過 18%，豐原區為臺中市北部重要核心，因應工商業的發展及人口逐漸增加，有必要增設水資源中心，提升在地居民的生活品質，市府水利局積極推動豐原污水下水道系統建設，

其中兼具多樣性功能的豐原水資源回收中心完工後，將搭配後續分支管網及用戶接管工程，能增加用戶接管約 1 萬 7,000 戶，提升臺中市用戶接管率，經水資源回收中心處理後，並可大幅提升河川水質，同時有效改善居家環境衛生。

豐原區污水下水道系統第一期實施計畫之範圍為鐵路以東至豐原大道，面積約 398 公頃，工程內容包括污水處理廠、污水主次幹管、分支管網及用戶接管工程，其中主次幹管及分支管網總長約 23 公里（圖 6）。豐原污水下水道系統建設，主次幹管工程一、二、三標已陸續展開施工，水資中心也已完成，未來可收集並淨化豐原大道內鐵路以東範圍生活污水，讓 4 萬 5,000 人受益。

污水截流

依據「臺中市豐原區污水下水道系統第一期修正實施計畫」報告，民國 105 年^[2]目前豐原區豐原大道內鐵路以西區域之污水系統設置期程為民國 110 年至 114 年，且計畫區周邊已規劃之污水管線沿三民路佈設，現況葫蘆墩圳兩側晴天污水由側溝排入葫蘆墩圳，因灌溉需求水量大，且周遭無閒置用地或多餘公有地可資利用，計畫區水體分類介於乙～丙類區間亦優於灌溉丁類水體，能改善水質空間效益不大，短期佈設截流溝與

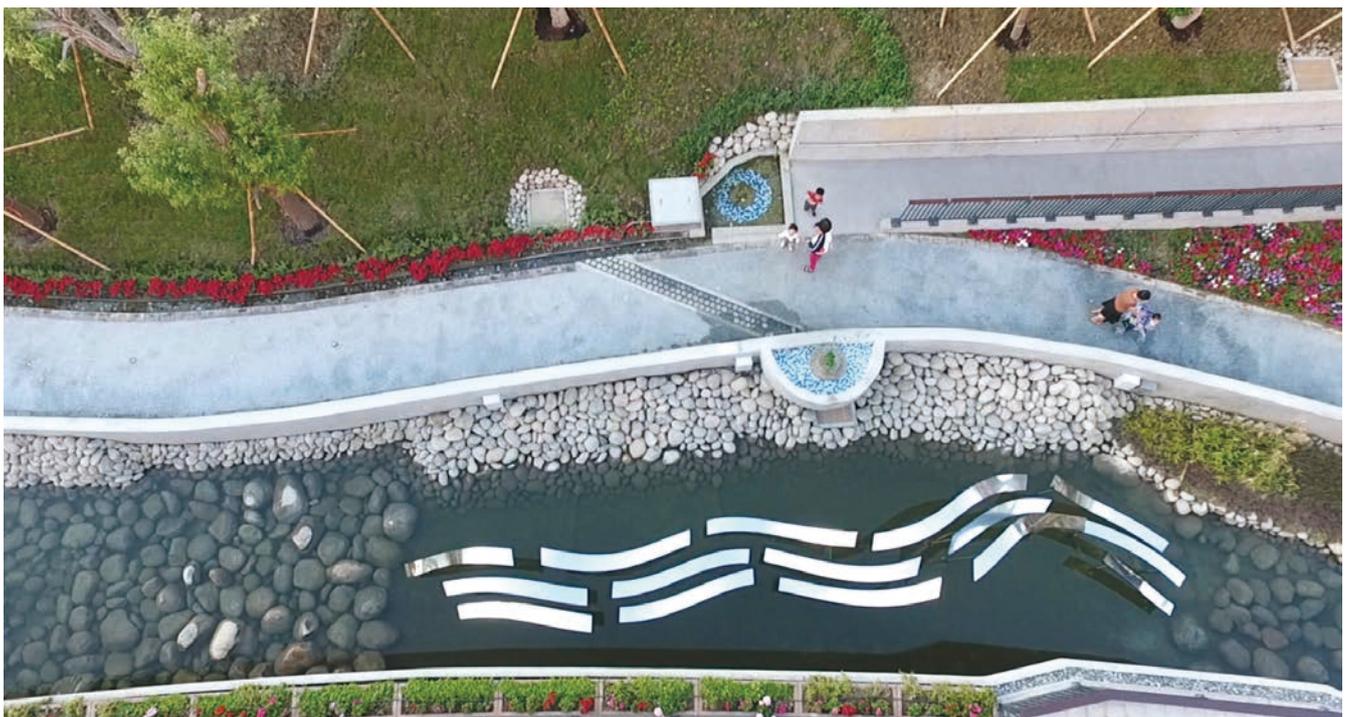


圖 5 友善水空間圖

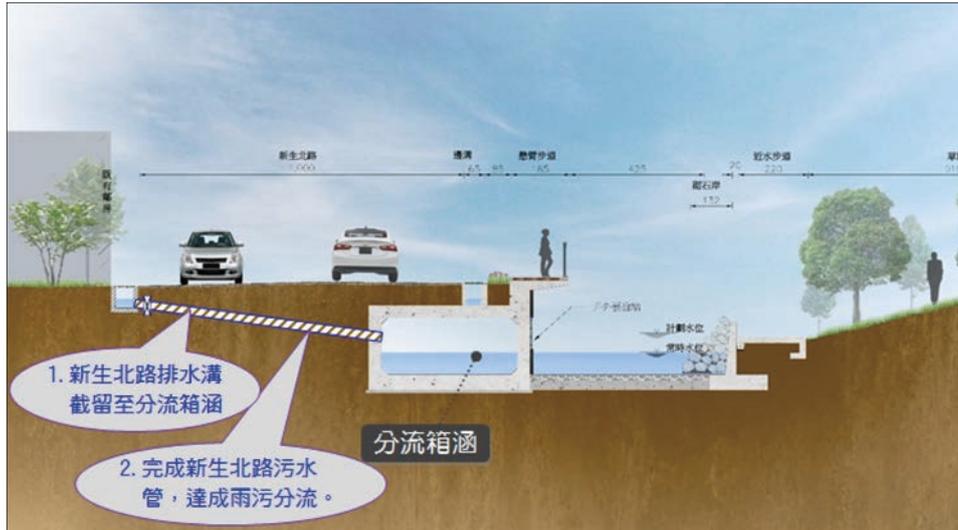


圖 8 污水截流溝分流示意圖

圳頂角潭制排水門，將灌溉水量排往軟埤仔溪後流回大甲溪，此時東汴幹線則為匯集市區雨水下水道的排水路，屬灌排兩用設計渠段，其近水觀賞與防洪保護標準之設計原則說明如下：

- (1) 上述報告之計畫用地範圍，除防洪安全設計並因地制宜、整體考量，擬訂適當之灌排水路設計方案，在安全前提下兼顧生態保育、環境景觀、近水休憩、水源利用及配合圳路断面設施佈設等附帶功能。
- (2) 設計保護標準：頂角潭水門最大放水量 11.56 cms，且市區同時發生 25 年重現期距短延時降雨之流量為 2.45 cms，合計流量 14.01 cms，計畫流量採 14.01 cms 來模擬演算。



- (3) 採重力排水為原則，計畫區掀蓋渠段將維持營造約 55 ~ 91 cm 高之水體供圳路近水觀賞外，多餘洪峰水量則利用左岸分流箱涵排放至下游。
- (4) 攔水堰採固定堰施做，旁另增設傾倒式閘門，於颱風期間可倒伏增加通洪断面。
- (5) 配合兩岸行車交通道路高程銜接，降低行車道路高程俾利交通行車安全。
- (6) 配合未來豐原區微笑單車（已完成豐原高商、豐原地政事務所、豐原廟東夜市、豐原火車站及豐原高中…等）建置，設計規劃保留其行人或自行車空間與機能。

低衝擊工法 (LID)

另透過道路及廣場等人行空間環境改善，採透水高壓磚、多孔隙瀝青混凝土、生態草溝及雨水花園等綠色公共工程 (圖 9)，取代既有都市高度開發所產生之不透水鋪面等灰色公共工程，透水鋪面於降雨時雨水可入滲土壤，減少地表逕流及路面積水，提升用路安全，並於夏季晴天時，涵養於土壤或植栽之水份可蒸散於大氣，調節都市環境微氣候。

另為減輕降雨冲刷地表所產生逕流污染對環境水體之衝擊，本工程採用結構性最佳管理技術 (Best Management Practices, 簡稱 BMPs) 等降雨逕流控制措施，供設計階段即將降雨逕流污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污染獲得控制，以削減非點源污染排放量 (表 1 ~ 表 3)，本工程設置項目包括生態草溝、雨水花園、透水磚、透水混凝土及雨撲滿等。經計算，收集面積約為 4,108 m²，降雨



圖 9 非點源污染控制圖

表 1 水質污染消減量表

集水設施及面積							
單元/ 面積m ²	入滲 型水 撲滿	透水磚	生態草溝	植生過濾 帶	雨水花園	貯留型 水撲滿	透水混凝土 鋪面
設施 面積	232	1110	185	780	283	355	550
收集 面積	1200	1110	185	780	283	4000	550
結構性 BMPs 項目	面積(m ²)	設施貯存體 積(m ³)	設施入滲體積 (m ³)	收集體積 (m ³)	削減總懸浮 固體量(kg)	削減總磷量 (kg)	削減硝酸鹽量 (kg)
透水混凝土鋪面	550	11.550	9.900	21.450	0.529	0.001	0.001
透水磚	1110	23.310	19.980	43.290	1.067	0.003	0.003
入滲型水撲滿	232	4.872	4.176	9.048	0.223	0.001	0.001
生態草溝	185	0.000	1.388	1.388	0.034	0.000	0.000
植生過濾帶	780	0.000	46.800	46.800	1.154	0.003	0.003
雨水花園	283	84.900	5.094	89.994	2.218	0.006	0.005
貯留型水撲滿	355	674.500	0.000	674.500	19.561	0.043	0.039
總計	3495	799.132	87.338	886.470	24.786	0.057	0.052

表 2 降雨逕流污染物濃度表

土地型態	污染物		
	懸浮固體 (mg/L)	總磷 (mg/L)	硝酸鹽 (mg/L)
屋頂	21	0.13	0.32
高速公路/ 高運量道路	261	0.40	0.83
中運量道路	113	0.33	0.58
住宅區街道/ 低運量道 路	86	0.36	0.47
遊樂園等	60	0.46	0.47
大型停車場	120	0.39	0.60
小型停車場	58	0.15	0.39

表 3 結構性 BMPs 設施污染物削減率表

結構性BMPs項目	懸浮固體(%)	總磷(%)	硝酸鹽(%)
透水性鋪面	85	85	30
入滲池	85	85	30
地下入滲床	85	85	30
入滲溝	85	85	30
雨花園	85	85	30
入滲乾井	85	85	30
過濾設施	85	85	30
植生溝	85	85	30
植生過濾帶	30	20	10
入滲堤	60	50	40
綠屋頂	85	85	30
雨水貯集系統	100	100	100
人工濕地	85	85	30
溼式滯留池	70	60	30
乾式滯留池	60	40	20
水質過濾設備	60	50	20
水岸緩衝帶修復	65	50	50

逕流體積 (15 mm) 約為 736.12 m³，逕流污染量，懸浮固體量可消減 24.78 kg (削減率 58.08%)，總磷量：0.0057 kg (削減率 51.18%)，硝酸鹽：0.052 kg (削減率 18.06%)。

雨水貯留 (雨撲滿) 設施

近年來全球氣候變遷降雨強度加大，為避免加劇都市雨水下水道系統之負荷，故本工程參酌「臺中公園日月湖清淤暨排淤設施規劃設計監造案」，導入逕流分攤概念，構築「海綿城市」，將人造城市，轉化為能夠吸存水體、過濾空氣及過濾污染物質之超級大海綿，達到降溫、防洪、抗旱等效益，解決人造生態阻絕水域與生態之問題，邁向真正的生態與低碳城市。

利用葫蘆墩圳灌溉水源，營造近水觀賞水域空間，惟水利會於每年 11 月至隔年 1 月歲修期間，採「斷水 5 天，通水 5 天」輪距供水方式影響，供水量較小且受上游住家生活污水匯入恐影響水質，故工程採用雨撲滿設施 (貯流與入滲 2 種形式) (圖 10)，將降雨逕流透過地表入滲至雨撲滿蓄積，另可供涵養水源、調整周邊氣候並於葫蘆墩圳歲修期間供應水圳水量之備用水源。

於右岸通學道下方關設 (雨撲滿) 貯留設施予以蒐集、儲存，再利用，其位於計畫工區右側豐原國小通學步道，汛期時由周邊截流溝蒐集雨水引導至雨撲滿，以貯留雨水並減少地表逕流量，雨水貯留設施之體積約佔 950 立方公尺，雨撲滿有效蓄水量以蓄水率 95% 計算，合計有效總蓄水量約為 902 噸，可挹注歲

修斷水期水圳之水量之用，整體施工流程及施設位置分別如圖 11 至圖 12 所示：



圖 10 雨水貯留 (雨撲滿) 圖



圖 11 雨水貯留設施 (雨撲滿) 施工流程圖



圖 12 雨水貯留設施 (雨撲滿) 區位圖

茲將雨撲滿效益說明如下：

(1) 澆灌效益

平時儲備水源可作為周遭植物及花木澆灌使用。

(2) 再利用效益

95% 以上之空隙率使雨水再利用及基地保水。

(3) 節能減碳效益

每年可供計畫區景觀用水 9,020 噸以上（以每年儲水 10 次計）；減少約 1,111 公斤二氧化碳排放量（依據台灣自來水公司統計資料，104 年度每度（噸）用水排放二氧化碳約相當於 0.154 公斤；以每年儲水 9,020 噸，採 80% 之運作效率計算，每年可蒐集再利用雨水約為 7,216 噸）。

(4) 綠色建材

使用再生環保素材（100% 回收聚丙烯），減少炭排放，資源有效利用。

友善水空間

河川加蓋的方式不僅使水圳與人們生活的距離漸行漸遠，也同時泯滅了人們在地關懷的情感。今時，

經濟發展之餘，人們對於地方文化的重視以及兒時生活印象的念想，轉而著重於當年擯棄的自然與生活。也因此，各界針對各個都市的發展重新進行了通盤的審視，在配合如今都市生活轉型以及提升良好生活品質為前提下，將封蓋的水域再次打開，以自然水域的藍帶之美串連周邊的地方特色、人文意象、景觀環境等元素，創造出嶄新的城市風貌。

在配合河圳堤防安全考量的前提下，確保水域開蓋後灌溉防洪排水等機能，並賦予水圳親水與近水的原始意涵。因此從整條河圳之歷史廊道進行規劃，讓昔日富春鄉、豐葦之原、葫蘆墩圳大溝的意象回歸豐原人們的生活。配合花卉博覽會之進行，針對整體水岸規劃出花卉廊道之意象。當水匯回了豐原、當豐原遇上了花博、當花卉結合了水景，提出豐原、水岸、花卉交會交織而成的景觀規劃概念。

景觀設計理念

民國 69 年由於經濟日益成長，豐原車站地區停車需求日漸增加。而將葫蘆墩圳水路加蓋為停車場（圖 13）。在近日環境保護、永續發展、都市綠活等想法日益興盛之下，將三豐路至博愛街葫蘆墩圳分段分期進



圖 13 葫蘆墩圳未掀蓋時情況

行開蓋，將自然水岸景觀結合都市空間強化地方特色與生活，採自然、懷舊的豐原老水圳臺中的起源，葫蘆墩圳一路陪我們走過從長年的記憶一起，重現「百年大圳母親之河」。

本工程意象將三個區段分別以豐富之源、幸福花園、綠木之森之概念，配合各區區位、環境、以及使用行為評估設計，在空間配置上強調特色性、空間之轉變、亮點景觀之塑造，葫蘆墩圳掀蓋後景觀圖 14 所示。

全齡步道系統

通用設計係以滿足多數人使用需求為設計理念，其以無障礙設計為基礎，考量各年齡層及多數使用者需求。且通用設計是積極主動的，並非僅為了滿足特定人士需求的設計技術。最常見 7 大原則，如表 4。

因此本工程為提升友善通行使用之權益並增加通行無礙休憩活動空間，故增設全線人行動線系統為全齡步道路徑，將全區休憩廣場設置為無障礙活動空間。如圖 15 所示。



圖 14 葫蘆墩圳掀蓋後景觀圖

表 4 全齡步道系統原則表

使用的公平性	設計應適應許多不同種類使用者，對任何使用者都不會造成傷害或使其受窘。
適應性的使用方法	設計應涵蓋了多數人的喜好及能力，考慮不同使用者的使用步調及弱勢使用者的使用權利。
簡單易學、符合人性直覺	減少不必要的複雜設計，並以符合使用者之期待與直覺為目標，避免不必要之曲折路線。考慮具識字能力及不同語言程度的使用者，於指標系統及相關資訊指示牌加強圖示呈現方式。
提供多管道媒介的訊息及明確的資訊	使用不同的溝通方法與模式（圖片，語音，觸覺）來表達必要的訊息，提供之訊息應該與周遭環境產生適當對比，將必要訊息之「可辨識性」最大化。
容錯設計（可回復功能）	設計應將意外發生率降至最低，安排適當的元素。
省力之設計	設施應讓使用者可以保持自然的身體姿勢，符合人體工學。
考量使用者適當的尺寸與使用空間	應提供充足空間讓殘障者使用輔具或其他個人支援。設施可長久使用並具經濟性，且材料對人體及環境無害。

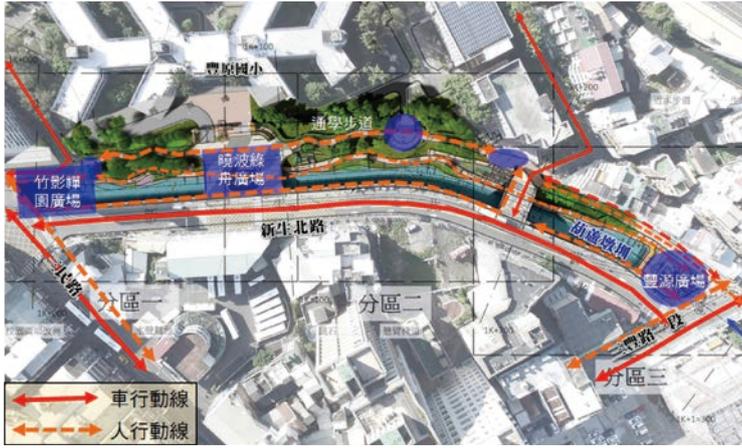


圖 15 葫蘆墩圳掀蓋後全齡步道系統圖

景觀設計理念

本案以圳道意象將三個區段分別以豐富之源、幸福花園、綠木之森之概念，配合各區區位、環境、以及使

用行為評估進行設計。在空間配置上強調特色性、空間之轉變、亮點景觀之塑造，並輔以照明配置，以活動區域切分出高照度之通道及廣場；考量植栽生長及生態穩定，水生植栽區以自然照度為基準。橋梁及水景落瀑以投射燈及地燈營造出特色照明。豐源廣場區域燈光明照主要以迎客廣場照明為主，水景落瀑配合頭色燈光營造水圳層次、及川流之美感。童趣水樂園之照明集中於通學步道及入口廣場區域，緩坡之高程轉換區域也是照明重點，配以高照度之高燈以保持梯階及橋下空間之舒適度。校門意象配合校園內大門照明及廣場地燈之鋪面變

化，型塑校門夜間之入口意象。通學道路口及親水步道之連結為主要照明區域，配合高燈及低照燈營造安全舒適的入口感受，整體景觀設計配置如圖 16 所示。



圖 16 葫蘆墩圳掀蓋後整體景觀圖



圖 17 豐原海綿城市願景圖

展望

葫蘆墩圳是所有豐原人生命中，最深刻的記憶，它像一條母親河，串連起每個住在這個城市的人們～驕傲與感情，然因都市化造成都市圳路加蓋為停車場，迄今已三十餘年，造成人們疏離，豐原自先民入墾，一路發展都與葫蘆墩圳有關，如果能恢復親水空間，搭配特色產業，就能發展觀光文化，將為豐原經濟注入活水，臺中市政府於民國 102 年提出將三豐路至博愛街葫蘆墩圳開蓋，回復原有水岸生態景觀，但因鄰近居民對於開蓋後相關配套措施仍存疑慮的情況下，開蓋計畫暫時停滯，豐原需要翻轉契機，而鐵路高架化後停車問題已有替代方案，結合 2018「臺中世界花卉博覽會」活動，因此調整葫蘆墩圳第一期工程三豐路至三民路（約 300 公尺）進行「掀蓋」作業，並確保葫蘆墩圳確保防洪排水之機能下，水利機能、水域安全，維護水質、水量，並以原生植栽強化自然生態品質，以水域掀蓋打造區域環境藍帶之美，並以歷史文化做為再出發利基，重現親水空間，使糕餅、漆器等傳統特色產業、文化進駐圳路兩岸，展現文化老街面貌，使豐原重新崛起的文化城市，達成文化復興、經濟重生目標。

為減輕降雨沖刷地表、建物所產生之逕流污染對環境水體之衝擊，採降雨逕流非點源污染最佳管理技術（Best Management Practices，以下簡稱 BMPs），使開發完成之地區於降雨時所產生之降雨逕流污染獲

得控制，以削減非點源污染排放量，本工程採用透水磚步道、生態草溝、植生過濾帶、雨水花園、透水混凝土鋪面及雨撲滿，增加入滲面積，減緩初期保育逕流，降低非點源污染。

經調查民眾意見與地方說明顯示，計畫考量 (1) 採「行人安全性」為主要考量，調整近水步道自廣場及橋梁下方穿越，維持步道連續性；(2) 三民路橋改建俾利縮減梁深，可增加通洪斷面，調整附掛纜線，增加護欄安全美化設施；(3) 配合百年學校，採「豐原國小、圳路景觀整體性」、「圍籬低矮化、可透視設計」與「圍籬裝飾具當地意涵」等三方面進行細部設計；(4) 活動廣場提供鄰近居民親子休閒娛樂的地方，亦可依不同時令、季節做廣場變化，可定期舉行市集、街頭藝人表演或戶外鄰里活動空間，俾利帶動觀光人潮，吸引住民親近葫蘆墩圳，重新連結土地與居民的情感記憶，逐步落實海綿永續城市理念，打造水太多時能吸納涵養水源、水太少時能多元永續供給水源、且能讓生物宜居民眾親水的優質海綿城市（圖 17）— 豐原地區。

參考文獻

1. 台中市政府水利局，中華民國 102 年 1 月，「臺中市豐原區軟埤坑溪、葫蘆墩圳（東汙幹線）及早溪環境營造計畫」。
2. 台中市政府水利局，中華民國 105 年 10 月，「臺中市豐原區污水下水道系統第一期修正實施計畫」。
3. 台中市政府水利局，中華民國 106 年 5 月，「葫蘆墩圳河川整治暨景觀營造工程（細部設計報告）」。



應用雨花園削減道路地表逕流 非點源污染之建議與推動

何嘉浚／國立臺灣科技大學 營建工程系 副教授

王韻瑾／交通部公路總局養路組 副組長

暴雨沖刷道路、停車場及廣場等地面而形成道路地表逕流，且逕流雨水中往往夾雜著因車輛的運行而累積於地面之懸浮固體、有機物質、重金屬、營養鹽及油脂等污染物質並進入承受水體中造成污染，稱之為道路非點源污染。於國外常利用低衝擊開發設施（LID）來控制並削減道路非點源污染，其中植生滯留槽為最被廣泛應用的設施之一，且因其同時具有雨水淨化及景觀營造的功能，故又稱之為雨花園。為了解雨花園的污染去除成效，本研究選定交通部公路總局第一區養護工程處於新竹段台3線 86.2k 之雨花園為案例，進行四場次的雨水水質採樣，經調查結果顯示，雨花園對於重金屬中的鉛（Pb）去除成效最高，平均削減率約為 51.9%、總鉻（Cr）約為 31.3%、鎘（Cd）則約為 22.4%。入流水中之營養鹽類則以總磷（TP）及磷酸鹽（ PO_4 ）較高，氨氮（ NH_3-N ）的濃度較低，經雨花園淨化過後之平均削減率，分別為總磷 56.1%、磷酸鹽 60.0% 及氨氮 40.8%；另外，雨花園對於水中懸浮固體（SS）去除亦有良好的成效，其平均削減率可達 73.4%。經由本研究之水質採樣調查結果顯示，雨花園可以有效去除道路非點源污染，尤其是懸浮固體及營養鹽。

前言

道路由不透水鋪面建造而成，道路的所在位置、土地利用、養護作業、交通量等，都會產生許多污染物，於晴天未降雨時，污染物會在道路累積，直到暴雨來臨時，降雨會沖刷不透水表面造成逕流，逕流會帶出大量之污染物，並排入雨水下水道，進而進入河川，增加水體污染負荷。Kayhanian *et al.*,^[1] 表示非點源污染是透過地表逕流，並且挾帶污染物流入水體中，道路在晴天時，落塵、垃圾、廢棄物及其它污染物會累積在道路、排水溝等不透水面，當降雨來臨時，因為雨水沖刷路面而產生逕流，降雨初期所產生之逕流，通常會產生濃度較高或污染量較高之逕流，即所謂「初期沖刷」（First Flush）現象。Kim *et al.*,^[2] 表示道路為非點源污染的重要貢獻之一，因為道路表面之不透水性，會因大自然的沉降、車輛活動等污染

來源累積於地表面，並隨著降雨將污染物質直接沖刷進入承受水體中。Drapper *et al.*,^[3] 表示都市非點源污染物與雨水常見的污染物質及主要來源包括沉澱物、營養鹽、需氧物質、重金屬、有毒物質及細菌。然而，道路逕流污染會因周圍土地利用、日常養護作業、車輛類型及交通量的不同而產生不同程度的污染影響。

為有效控制非點源污染，最佳的方法是採取源頭控制之策略，控制非點源污染的方法以及措施，即為「最佳管理作業」（Best Management Practices, BMPs）；再者，為降低極端降雨所引致的災害，並符合生態永續建構技術的發展，美國馬里蘭州喬治王子縣於 90 年代提出「低衝擊開發（Low Impact Development, LID）」的觀念（Prince George's County^[4]），並將其運用於暴雨逕流管理，LID 主要策略就是在地區開發的同時，採用近自然工法的技術，透過入滲、停留與蒸發的方法避免因開

發而產生的暴雨逕流及污染衝擊，進而達到低碳與生態營造的目的，意即以生態系統為根基的暴雨水管理技術（內政部營建署^[5]）。若能具備暴雨逕流管理並同時達到污染削減目的之設施，一般稱之為 LID/BMPs，而植生滯留槽主要為引導地表逕流雨水並入滲至槽體設施內部，藉此達到降低暴雨逕流及減緩洪峰到達時間，並且藉由槽體內部人工鋪設之天然材料，將入滲雨水過濾淨化，可去除之污染源如重金屬、磷、總凱氏氮、氨氮和硝酸鹽等，故植生滯留槽屬於 LID/BMPs 的其中一項設施，且因其同時具有景觀美化的功能，故又可以稱之為雨花園（Rain Garden）。

有鑑於此，交通部公路總局第一區養護工程處新竹工務段於民國 104 年 7 月在台 3 線 86.2k 隙地內試辦二座「雨花園」，藉以減輕降雨沖刷地表所產生的逕流非點源污染對環境水體的衝擊，以利於控制降雨逕流並削減污染貢獻量。該二座雨花園完工操作至今已逾三年，其對於污染的削減成效及目前的表現行為，實有賴進行現地水質採樣檢測方可得知，因此本研究特進行現地之暴雨逕流採樣水質檢測，據此評估雨花園對於道路非點源污染削減之可行性及其效益。

雨花園對於道路地表逕流之污染削減成效回顧

由於雨花園具有暴雨逕流控制與景觀營造的雙重優點，因此已被廣泛的使用，最主要用於道路附屬設施（如中央分隔島、停車場、人行道及道路旁空地）及建築社區的庭院、公園、綠地及建築物間的畸零地等。雨花園所需的空間及形狀很具有彈性，而且槽體內部的填料可依需求來調整，因此使用上相當方便，由於設施兼具維修方便及可提供民眾休憩等優點，在國外非常受到歡迎並已完全結合且落實於社區整體開發。

植生滯留槽雖然已被廣泛的使用，但仍有一些使用上的限制與要求，於規劃設計時應審慎考量，包括（City of Edmonton^[6]）：

1. 植生滯留槽不同於滯洪池，無法處理大面積的排水。
2. 設施可能被逕流水中的懸浮顆粒阻塞而降低其入滲效能，故必要時應設置預處理系統。
3. 一般而言，設施所需面積約為總集水面積的 5% ~ 20%。
4. 設施不宜設置於太陡削的邊坡，以免因邊坡沖蝕而

產生災害，一般而言，坡度不宜大於 20%。

5. 若設置於停車場內，則可能會減少停車場之有效停車數量。
6. 視設施所在地區而異，植生滯留槽的設置成本有可能會高於傳統之暴雨逕流處理設施。

雨花園為結合滲透和生物滯留之過濾設施，通常被利用作為暴雨管理，可降低洪峰流量高達 96%（Trowsdale and Simcock^[7]），且其佔地面積較小，僅占流域之 5 ~ 20%，適用於空間有限之地區。雨花園同時兼顧了綠化景觀美學，其大多設置於公路、道路、橋梁、停車場，並且可以有效地降低水質污染，例如：懸浮顆粒、有機物和重金屬，甚至可以降低 60% 之營養物質（USEPA^[8]）。

Luell *et al.*^[9] 為處理橋墩暴雨逕流，於北卡羅萊納州 540 號公路橋墩下，設置兩處分別處理不同的降雨強度之雨花園（詳圖 1），第一處為 31 m（長）× 6 m（寬）之大槽，可處理之降雨量為 25 mm，第二處為 22 m（長）× 4 m（寬）之小槽，可處理之降雨量為 8 mm，設施配置詳圖 2；雨花園之土壤介質層厚度 0.51 m，材料為 2.9% 的砂礫，86.8% 砂，7.8% 的粉土和 2.5% 的粘土混合而成。研究時間為期一年，大槽共蒐集二十四筆資料，小槽則有二十九筆，其入出流之平均濃度及削減率如表 1 所示，經分析二槽的數據得知大槽淨化水體的效益優於小槽。

Templeton *et al.*^[10] 於南卡羅萊納州高速公路，設置雨花園之評估與現地試驗，由於南卡羅萊納州交通局規定高速公路之逕流水需先通過處理後才可排放至雨水下水道系統，故該局希望藉由設置雨花園淨化高速公路之暴雨逕流水。槽體規模為長 7.6 m、寬 6 m、深 1.2 m，內部設計由上至下為 5 cm 草皮、30 cm 土壤、

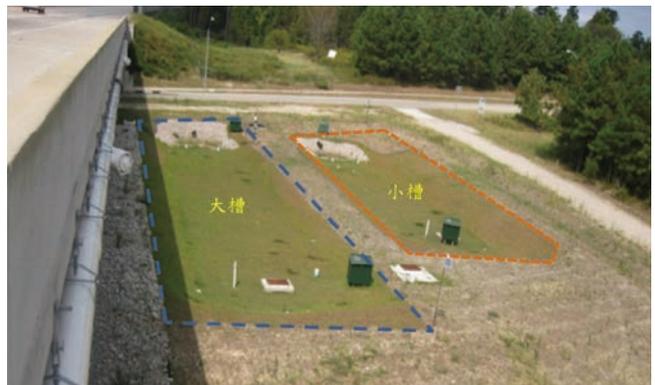


圖 1 北卡羅萊納州 540 號公路橋墩下之雨花園完工圖（Luell *et al.*^[9]）

表 1 二處雨花園之污染削減成效 (Luell *et al.* [9])

污染物	入流水濃度 (mg/L)	大槽		小槽	
		出流水濃度 (mg/L)	污染削減率 (%)	出流水濃度 (mg/L)	污染削減率 (%)
總凱氏氮 (TKN)	0.54	0.32	41	0.42	22
硝酸鹽氮 (NO ₃)	0.34	0.08	76	0.14	58
總氮 (TN)	0.86	0.40	53	0.54	37
氨氮 (NH ₄ -N)	0.08	0.04	56	0.04	47
總磷 (TP)	0.11	0.11	7	0.13	-10
總懸浮固體 (TSS)	49.0	20.0	58	26.0	47

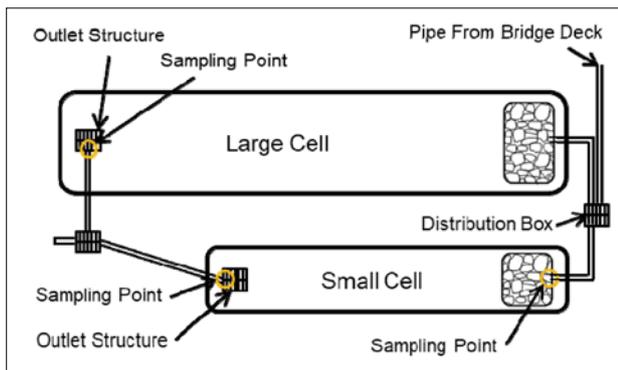


圖 2 北卡羅萊納州 540 號公路橋墩下之雨花園配置圖 (Luell *et al.* [9])

30 cm 碎木屑及 60 cm 礫石。經設置一年後進行水質採樣分析，得知該設施對於正磷酸鹽 (PO₄) 的平均削減率為 4.8%、硝酸鹽氮 (NO₃) 為 72.7%、鋅 (Zn) 為 95.0%、銅 (Cu) 為 44.7%。

Brown *et al.* [11] 於北卡羅萊納州納什維爾，建置兩個不同深度的雨花園，分別為 0.6 m 深及 0.9 m 深，兩組雨花園的土壤介質層以砂質壤土為主，為期一年的實驗結果顯示對總懸浮固體 (TSS) 而言，0.9 m 深的槽體污染去除成效為 82%，較 0.6 m 深的槽體 (71%) 表現為佳；至於對總氮 (TN) 的削減效果兩個槽體皆不理想，約僅為 19~21%，而對氨氮 (NH₃-N) 的削減率均可達 77~78%，但雨花園深度與 NH₃-N 的削減效果無關；再者，雨花園對於總磷 (TP) 的削減普遍成效不佳，但若將雨花園槽體深度由 0.6 m 提高至 0.9 m 則對 TP 的削減能力可以由 10% 增加至 44%。

由前述的國外研究可以得知雨花園對於暴雨逕流之道路非點源污染，具有良好的污染去除成效，何嘉浚等人 [12] 亦曾利用雨花園來削減坪林茶園農業非點源污染，實驗結果得知對於懸浮固體 (SS) 有 70~76% 的削減率，NH₃-N 約有 50~70% 的削減率，TP 則約為 59~63% 的削減率，然對於國內採用雨花園來削減道路非點源污染的效能研究仍付之闕如。

研究場址說明

交通部公路總局第一工程處為落實削減都會區公路之非點源污染負荷量，因此選擇省道台 3 線 86.2k 路權範圍內隙地設置 LID/BMPs 設施 — 雨花園二座。首先依據環保署於 2013 年 9 月 25 日頒布「降雨逕流非點源污染最佳管理技術 (BMPs) 手冊」[13]，規劃設計雨花園尺寸、規格、植栽種類等，依據該手冊之建議，本道路場址採用入滲溝與雨花園兩種結構型式均為可行，且其對懸浮固體及總磷之削減率均高達 85%，而硝酸鹽之削減率均為 30%，均有良好的效益；惟因考量施作之可能性、施作空間、污染物削減率及成本效益等，故本案採用雨花園，其設計剖面詳圖 3。

本道路工程開發長度為 200 公尺，路寬為 20 公尺，依據「降雨逕流非點源污染最佳管理技術 (BMPs) 指引 (2013)」[14] 規定至少需處理暴雨初期 15 mm 之降雨量，故計算本工程之暴雨逕流控制量為 60 m³；今設計 60 m (長) × 2.5 m (寬) × 1.3 m (深) 之雨花園，系統平均孔隙率為 0.4，平均入滲率為 10⁻⁵ m/s，頂層設計儲水深為 0.15 cm，經計算本工程設計之雨花園可控制暴雨逕流量約為 91.2 m³，符合技術指引規範之逕流控制量 (王韻瑾 [15])。

俟選定設施場址並完成雨花園配置設計之後，便開始依下列步驟施工：(1) 基地位置之土方挖除並清除土方中大型石塊、(2) 將基地底部壓實並設置 10 cm 之 PVC 透水管、(3) 底部回填 35 cm 厚之礫石層、(4) 依序回填 10 cm 厚之清石層及 15 cm 厚之粗砂層、(5) 鋪設不織布提供微生物生長及隔絕沃土層掉落至粗砂層而阻塞、(6) 回填 50 cm 厚之沃土層、(7) 種植植栽、(8) 完工並整理路面逕流雨水入流之流路，施工過程如圖 4。

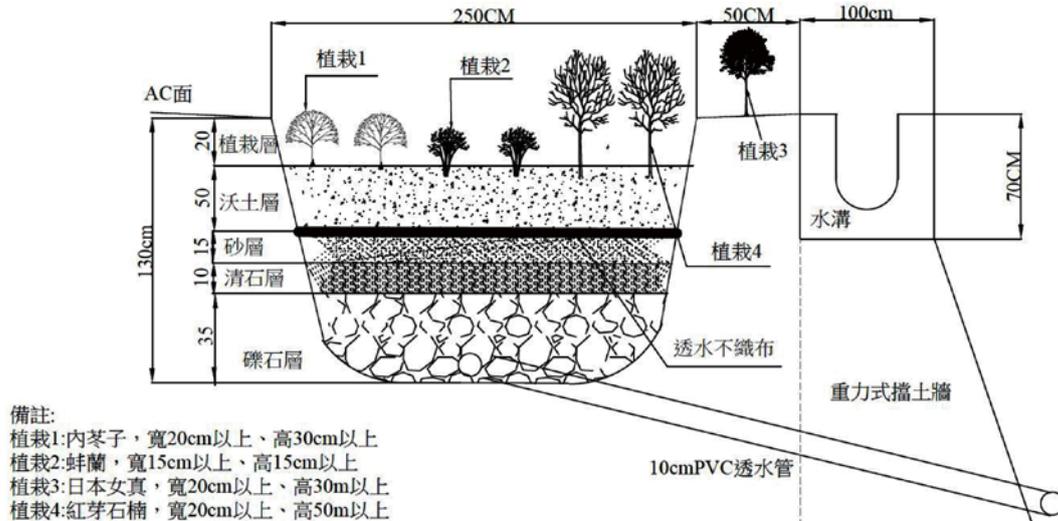


圖 3 雨花園設計剖面圖 (王韻瑾 [15])



(a) 施工前現況



(b) 基地場址開挖



(c) 設置 PVC 透水管



(d) 底部回填礫石層



(e) 回填清石層及砂層



(f) 鋪設不織布



(g) 回填沃土層



(h) 植栽



(i) 完工初期

圖 4 雨花園施工流程照片 (王韻瑾 [15])

污染去除效能評估

為了解上述雨花園對道路逕流雨水之污染削減效能，本研究採取雨花園於雨天產生暴雨逕流時之入流水及出流水水樣進行水質的檢測，並從二者的水質污染濃度變化來得知雨花園對道路逕流雨水的污染削減成效。

於研究期間共採集四場次的雨天採樣，在降雨期間，分別於道路逕流入流處及雨花園下方排水管之出流處連續採集三筆水樣，每筆採樣間隔時間為 15 分鐘，因此本計畫共計採集 24 點次的水樣，所採集的水樣進行之水質調查項目包括水溫 (T)、氫離子濃度指數 (pH)、導電度 (EC)、溶氧量 (DO)、總磷 (TP)、氨氮 (NH₃-N)、磷酸鹽 (PO₄)、懸浮固體 (SS)、鉛 (Pb)、總鉻 (Cr) 及鎘 (Cd)，由於污染物濃度會隨著降雨強度及延時的不同而有所差異，基本上以採得暴雨初期沖刷時之水樣為有效水樣，然暴雨初期沖刷的「初期」於許多文獻中並未明確定義其時間，根據林鎮洋等人^[16]指出，採樣之目的在於做污染削減效能的評估，若以少數幾次暴雨污染調查推估雨花園的污染削減，其採樣事件應需能代表調查區域之平均降雨型態，由於所能監測的暴雨事件有限，故在確定是否對某一暴雨事件取樣時須滿足下列條件：

1. 確保採樣時之降雨能夠產生足夠之逕流，當次降雨事件之累積降雨量至少應在 10 mm 以上，平均值正負 25% 以內為主，且於 24 小時內採集水樣。
2. 為有效採集暴雨逕流污染，故於該次暴雨採樣前 48 小時需不得有超過 10 mm 以上之降雨。
3. 選擇暴雨事件時，亦應注意事件之雨量強度及延時之代表性。

雨天採樣方法以人工採樣進行之，於採樣後填具採樣記錄表，並將水樣送至檢驗單位進行水檢驗，若遇風

雨過大無法於採樣後立即送至檢驗公司，則應將樣品保存於冰箱內，並於水樣保存期限內送至檢驗公司進行檢驗，若水樣保存超過期限，則視為無效水樣。

經整理本研究所採集的 24 筆水樣 (包含 12 筆入流及 12 筆出流)，其檢測結果與討論說明如下：

重金屬

表 2 為本研究 24 筆調查水樣之重金屬平均濃度及污染削減率，若以入、出流的污染濃度變化來探討雨花園對於重金屬的污染去除效益，得知本雨花園對於鉛 (Pb) 的去除成效最高，介於 40.6% ~ 57.6%，平均去除率約為 51.9%；總鉻 (Cr) 的去除成效次之，介於 25.9% ~ 54.2%，平均去除率約為 31.3%；鎘的去除成效最低，介於 15.1% ~ 31.9%，平均去除率約為 22.4%。

另比較美國三處公路 (Wu *et al.*^[17])、德國三處公路 (Stotz^[18])、法國一處公路 (Legret and Pagotto^[19]) 及本計畫之道路暴雨逕流雨水重金屬濃度 (詳圖 5)，發現台灣道路所產生的地表逕流雨水中，重金屬鉛的濃度與美國道路相近且略高於法國，但卻低德國甚多，研判應為台灣主要採用無鉛汽油，故道路逕流雨水中含鉛濃度低；道路總鉻之來源主要為車體之鍍金與烤漆及煞車皮，台灣道路逕流雨水之總鉻低於法國甚多，美國與德國則均未檢測；而對於道路鎘的來源主要為車輛之蓄電池及輪胎表面，其濃度表現中，美國未檢出，而台灣與 1987 年之德國檢測數據相近但卻高於法國甚多，研判可能為本路段屬鄉村公路，老舊之農業機具行駛頻繁且蓄電池滲漏所致。由於本研究僅採集四場降雨，且未進行本路段用路人之載具調查及採樣，若欲更進一步確認道路逕流重金屬污染濃度與用路人載具的關聯性，建議後續應進行更多次的雨天採樣，並進行更深入的統計分析，方可以確立其關聯性。

表 2 雨花園對於重金屬之污染去除成效

採樣場次	鉛 (Pb)			總鉻 (Cr)			鎘 (Cd)		
	入流 (mg/L)	出流 (mg/L)	削減率 (%)	入流 (mg/L)	出流 (mg/L)	削減率 (%)	入流 (mg/L)	出流 (mg/L)	削減率 (%)
I	13.57	6.53	51.9	31.77	23.53	25.9	3.50	2.97	15.1
II	15.83	7.50	52.6	2.4	1.10	54.2	5.33	4.23	20.6
III	18.51	7.84	57.6	9.62	5.40	43.9	6.17	4.91	20.4
IV	10.36	6.15	40.6	6.16	4.29	30.4	4.92	3.35	31.9
平均	14.57	7.01	51.9	12.49	8.58	31.3	4.98	3.87	22.4

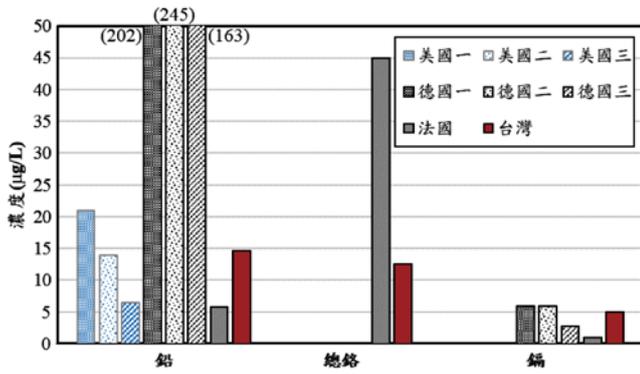


圖 5 入流水與出流水之 SS 濃度金屬圖 (場址 A)

營養鹽

表 3 為本研究暴雨逕流水質檢測結果，若以入、出流的污染濃度變化來探討雨花園對於營養鹽的污染去除效益，得知本雨花園對於各種營養的去除成效差不多，四場降雨事件中， PO_4 的去除成效表現最佳，去除成效介於 48.1% ~ 86.2%，平均削減率約為 60.0%；TP 的去除成效次之，介於 47.3% ~ 69.5%，平均削減率約為 56.1%； NH_3-N 的去除成效最低，其原因在於道路逕流雨水中之氮濃度偏低，致使其污染削減率亦偏低，其值介於 19.4% ~ 49.5%，平均削減率約為 40.8%。

懸浮固體

表 4 為雨花園對於懸浮固體之污染去除成效，由檢測數據可以得知四場入流水中 SS 的濃度介於 25.83 mg/L ~ 48.43 mg/L，平均濃度為 35.28 mg/L；出流水的濃度則降為 8.14 mg/L ~ 10.70 mg/L，平均濃度為 9.39L，其平均去除率約為 73.4%，由此可知雨花園對於 SS 的去除成效頗佳。

由王韻瑾^[21]的研究結果可以得知，道路逕流非點源污染之營養鹽濃度與交通流量、車輛類型、城市或鄉村道路、道路清掃頻率及空氣品質有關，本研究路段因屬於交通流量低之郊區道路，故計畫採樣檢測所得之營養鹽濃度較其它研究所採之都市型道路濃度為

低 (表 5)，今比較表 5 中三位台灣研究者與本研究所採集的水樣營養鹽濃度相比，本案例路段因位處於新竹峨眉的郊區，砂石車流量低且空氣污染少，因此水中懸浮固體 (SS) 濃度較都會型道路或高速公路低；再者，本計畫氮氮 (NH_3-N) 濃度亦相較於其它台灣研究者為低，然而總磷 (TP) 濃度則不亞於甚至高於都會型道路或高速公路，推測其原因應為本路段周遭大都為農田，農民施灑之肥料或農業機械運送肥料之過程，均可能有部份肥料散落於道路路面或路邊，並隨著降雨而流入雨花園中，因此本計畫採集入流水時，其水中總磷濃度偏高。

表 4 雨花園對於懸浮固體 (SS) 之污染去除成效

採樣場次	懸浮固體 (SS)		
	入流 (mg/L)	出流 (mg/L)	削減率 (%)
I	48.43	10.70	77.9
II	25.83	9.63	62.7
III	39.21	8.14	79.2
IV	27.66	9.09	67.1
平均	35.28	9.39	73.4

表 5 雨花園對於懸浮固體 (SS) 之污染去除成效

研究者 (年份)	採樣地點	SS (mg/L)	NH_3-N (mg/L)	TP (mg/L)
鄧宇傑 (2010) ^[20]	台灣 建國高架橋	120.5	2.84	0.218
	坪林交流道	55.8	0.57	0.097
王韻瑾 (2014) ^[21]	台灣 忠孝橋	437.4	1.40	0.210
	華江橋	148.4	3.24	0.650
	台 64 線	416.9	1.06	0.350
黃家勤 (2002) ^[22]	台灣 國道 1 號	59.0	1.6 (TN)	2.470
Wu et al. (1998) ^[17]	美國 高架橋	283.0	0.83	0.430
	高速公路	93.0	0.67	0.520
	聯絡道	30.0	0.52	0.470
Stotz (1987) ^[18]	德國 公路一	137.0	-	0.250
	公路二	181.0	-	0.350
	公路三	252.0	-	0.310
本研究	台灣 台 3 線 86.2k	35.28	0.125	0.328

表 3 雨花園對於營養鹽之污染去除成效

採樣場次	氨氮 (NH_3-N)			總磷 (TP)			磷酸鹽 (PO_4)		
	入流 (mg/L)	出流 (mg/L)	削減率 (%)	入流 (mg/L)	出流 (mg/L)	削減率 (%)	入流 (mg/L)	出流 (mg/L)	削減率 (%)
I	0.103	0.083	19.4	0.370	0.195	47.3	0.865	0.449	48.1
II	0.093	0.047	49.5	0.272	0.110	59.6	0.774	0.107	86.2
III	0.141	0.075	46.8	0.321	0.098	69.5	0.817	0.394	51.8
IV	0.164	0.091	44.5	0.349	0.171	51.0	0.704	0.315	55.3
平均	0.125	0.074	40.8	0.328	0.144	56.1	0.790	0.316	60.0

至於本研究採水樣時於現場立即進行檢測之水溫 (T)、氫離子濃度指數 (pH)、導電度 (EC) 及溶氧量 (DO)，因入流水與出流水並未見明顯的差異性，故不在本文之討論中。

結論與建議

1. 本研究路段屬於低車流量之郊區道路，從水質採樣結果與前人之研究結果相比，本路段之重金屬、懸浮固體及氨氮濃度均低於都會區之道路及高速公路，而總磷濃度則略高，由此可知道路暴雨逕流非點源污染濃度與交通流量、車輛類型、城市或鄉村道路、道路清掃頻率及空氣品質有關。
2. 利用雨花園來削減道路暴雨逕流非點源污染可以獲致不錯的效果，其中對於營養鹽及懸浮固體的削減效果較佳，重金屬中則以鉛的削減效果最佳，總銻次之。
3. 由於油脂亦是道路暴雨逕流的重要污染源之一，而本研究著重於重金屬及營養鹽與懸浮固體的削減表現，對於利用雨花園來削減油脂的去除成效，將是未來本課題可以斷續研究的重點方向。
4. 經本研究之現場調查亦可以發現，有部份路段因緊鄰農路，農具之出入往往夾帶土壤並散落於道路上，如此一來可能造成暴雨逕流中含有較高濃度之 SS，若欲於此等路段設置雨花園，則建議應於設施入流口設置簡易之沉砂或攔阻設施，以降低高濃度 SS 阻塞雨花園之風險。

參考文獻

1. Kayhanian M., Stenstrom M. K., Lau S. L., Lee H. H., Ma J. S., Ha H., Kim L. H. and Khan S. (2001), "First Flush Stormwater Runoff from Highway," American Society of Civil Engineers World Water and Environmental Resources Congress, Orlando, Florida, May 20-24.
2. Kim L. H., Kayhanian M., Zoh K. D. and Stenstrom M. K. (2005), "Modeling of highway stormwater runoff," Science of the Total Environment, Vol. 348, No. 1-3, pp. 1-18.
3. Drapper D., Tomlinson R. and Williams P. (2000), "Pollutant Concentrations in Road Runoff: Southeast Queensland Case Study," Journal of Environment Engineering, ASCE, Vol. 126, No. 4, pp. 313-320.
4. Prince George's County, Low-Impact Development Design Strategies, Strategies: An Integrated Design Approach, 1999.
5. 內政部營建署 (2015)，水環境低衝擊開發設施操作手冊編製與

案例評估計畫，國立台灣大學執行。

6. City of Edmonton (COE), Low Impact Development Best Management Practices Design Guide Edition 1.1, City of Edmonton, Alberta, December 2011.
7. Trowsdale S. A. and Simcock R. (2011), "Urban Stormwater Treatment using Bioretention," Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 397, pp. 167-174.
8. USEPA. Controlling nonpoint source runoff pollution from roads, highways and bridges. Report EPA-841-F-008a, USA. 1995.
9. Luell, S. K., Hunt, W. F., Winston, R. J. (2011), "Evaluation of undersized bioretention stormwater control measures for treatment of highway bridge deck runoff." Water Science & Technology, Vol. 64, No. 4, pp. 974-979.
10. Templeton, S., Privette C. V., Weeber B. L., Sharma R., Post C., Hayes J. "Evaluation and Demonstration of the Use of Processed Forest Biomass in Bioretention Cells along the South Carolina's Highway." Research Report RR06-02, Final Report to South Carolina Forestry Commission, Clemson University, Clemson, SC, May. 2006.
11. Brown, R.A., Hunt, W.F., and Skaggs, R.W. (2011), Long-term Modeling of Bioretention Hydrology with DRAINMOD. Project #70255. Water Resources Research Institute of the University of North Carolina, N.C. State University, Raleigh, N.C., 1-113.
12. 何嘉浚、張峰毓 (2016)，以植生滯留槽控制農業非點源污染，土木水利，第 43 卷，第 5 期，第 12-18 頁。
13. 行政院環保署 (2013)，降雨逕流非點源污染最佳管理技術 (BMPs) 手冊。
14. 行政院環保署 (2013)，降雨逕流非點源污染最佳管理技術 (BMPs) 指引。
15. 王韻瑾 (2015)，國內首創公路非點源污染 BMPs 設施 — 雨花園，臺灣公路工程，第 41 卷，第 8 期，第 2-35 頁。
16. 林鎮洋、何嘉浚、陳秋楊、溫清光、范致豪、張智華、徐宗宏、楊文龍 (2010)，非點源污染最佳管理措施手冊彙編，行政院環保署。
17. Wu, J. S., Allan, C. J., Saunders, W. L. and Evett, J. B. (1998), "Characterization and Pollutant Loading Estimation for Urban and rural Highway Runoff." Journal of Environmental Engineering. Vol. 124, No. 7, pp. 584-592.
18. Stotz G. (1987), "Investigations of the Properties of the Surface Water Run-Off from Federal Highways." Science of the Total Environment. Vol. 59, pp. 329-337.
19. Legret, M. and Pagotto, C. (1999), "Evaluation of Pollutant Loadings in the Runoff Waters from A Major Rural Highway." Science of the Total Environment. Vol. 235, No.1-3, pp. 143-150.
20. 鄧宇傑 (2010)，公路逕流之非點源單位污染負荷研究，碩士論文，國立台北科技大學土木與防災研究所，台北。
21. 王韻瑾 (2014)，都會區公路非點源污染調查及 BMPs 削減效益評估，博士論文，國立台北科技大學土木與防災研究所，台北。
22. 黃家勤 (2002)，公路逕流污染調查與控制方法研究，行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告，NSC91-2211-E-214-003。



採用綠色雨水基礎設施將 高密度老舊社區改造成為 適應氣候變化的彈性社區 — 鎮江市江濱新村二區老小區海綿改造案例

陈 慧 / 中機國際工程設計研究院有限責任公司 副總經理

佘 年 / 廣州大學海綿城市建設工程研究所 教授、中機國際工程設計研究院有限責任公司 技術總監

叶向強 / 廣州大學海綿城市建設工程研究所 工程師

仲笑林 / 中機國際工程設計研究院有限責任公司 景觀設計師

张月恒 / 廣州大學海綿城市建設工程研究所 工程師

鎮江市是中國海綿城市第一批的試點城市之一，是 30 個試點城市中唯一的以老城區為主的示範城市。示範區 22 平方公里基本上為老舊的高密度居住區、棚戶區，以及部分商業區，地表不透水率為 83% (圖 1)。與其他的試點城市不同，鎮江市一開始就是以問題為導向，以解決內澇和水環境問題為建設目標，利用海綿城市建設的契機，將示範區內的防澇標準提高到有效應對 30 年一遇的強降雨，並將示範區內的四河一湖 (古運河、運糧河、玉帶河、虹橋港和金山湖) 的水質標準提升為地表水 III 類。

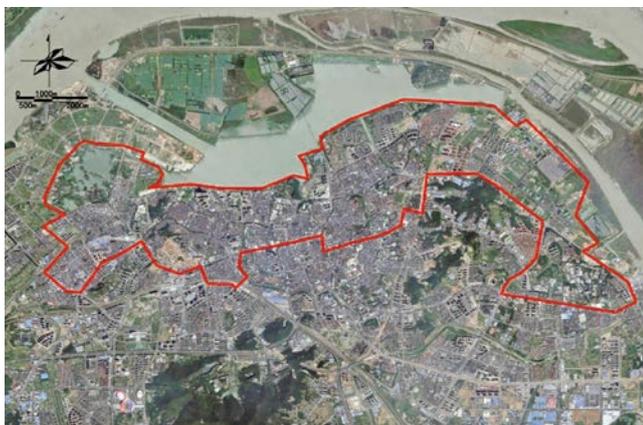


圖 1 鎮江市海綿城市建設試點範圍

鎮江市示範區位於城市的核心區域，有著名的金山寺、西津渡、北固山等千年古跡，也有以鎮江火車

站、大市口為中心的繁華商業區。但是由於近 40 年來的高速發展，人口和不透水地面的增加大大超過了基礎設施的建設速度，內澇成為市區的主要問題之一。另外四條河流上有 60 幾個排口，大多數為雨污合流制排口，雨污合流制溢流 (Combined Sewer Overflow, 簡稱 CSO) 是四河一湖的主要污染源。近年來的觀測資料顯示，示範區內有 48 處積水點，其中江濱新村二區 (以下簡稱江二社區) 是每年都會遭到不同程度的內澇，這主要是由於該社區地勢低窪，周邊為雨污合流制，雨水輸送標準僅為一年一遇，大雨時，周邊街道雨水徑流會順勢匯入社區，增加社區的雨污排放負荷，導致污水溢流到地面。圖 2 為 2015 年 6 月 29 日特大暴雨期間江二社區海綿改造前內澇的情景。



圖 2 2015 年 6 月 29 日特大暴雨期間的江二社區內滯情景

由於社區建於 1970 年代，沒有合理的規劃，基礎設施落後且破舊。社區內供水管漏損嚴重，雨水管、污水管混接普遍（圖 3）。

另外，社區沒有正規的停車場所，綠化景觀帶無人維護，常常被私家車違章停放，有些綠地甚至成為垃圾堆放場，建築物年久失修，外立面老舊脫落（圖 4）。

雖說江濱新村二區位於鎮江市的黃金地段，但由於上述原因，大部分年輕人都不願居住此地，留在社區的幾乎全是老人和孩子，而且社區內又沒有合適的休閒、娛樂及交流空間。

選擇江濱新村二區進行「海綿」改造是鎮江市的海綿城市建設的一次重大嘗試，因為這是第一次採用綠色雨水基礎設施（Green Stormwater Infrastructure，簡稱 GSI）解決老舊小區的內澇及雨污合流制溢流問題，更重要的的是，通過這個示範工程，改變人們對綠色雨水基礎設施的看法，不少人至今仍認為綠色雨水基礎設施僅僅能解決小雨問題，不能解決中到大雨的問題，將水質控制容積（Water Quality Volume，簡稱 WQv）與低沖擊開發（Low Impact Development，簡稱 LID）混為一談。因此，江濱新村二區的海綿改造對示範區內 40 多個類似小區的提升改造具有重大的指導意義。

改造策略

海綿城市建設在中國是一個新的概念，而社區的居民大多數是退休的低收入群體和小孩，對海綿城市的建設理念缺乏瞭解，但他們極為渴望對小區的居住條件進行改善，而對如何改善又非常敏感，因此如果採用單一目標的傳統工程手段去改造，大拆大建，勢必造成擾民及不被居民接受的局面，很難達到示範工程的效果。所以，在制定改造方案前，必須清楚瞭解居民們的訴求。通過一系列調查和分析，居民們的訴求主要分為下麵幾個方面：(1) 停車空間嚴重不足，(2)



圖 3 江濱新村二區改造前基礎設施破舊、雨水污水管道混接普遍

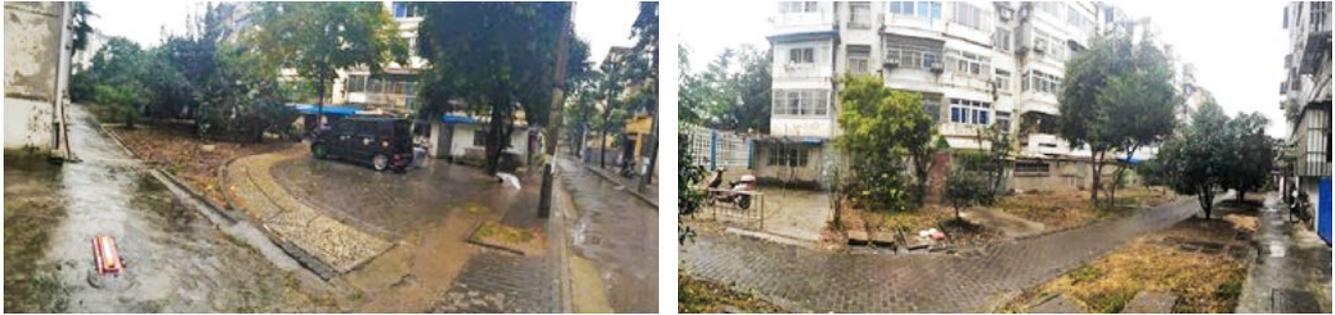


圖 4 江濱新村二區改造前的髒亂差

內澇嚴重，(3) 基礎設施舊損，(4) 樓體外立面老化、脫落嚴重，(5) 室外環境髒亂差，(6) 缺乏公共空間。

根據現場調查分析和綜合居民們的訴求，江濱新村二區的改造採用了海綿+的方式來完成，即海綿改造+老舊小區改造（圖5），交互設計，一同施工。海綿改造設計方案在滿足雨水控制目標一小雨不積水、大雨不內澇的同時，最大化的結合海綿設施對小區的基礎設施，如鋪裝、管網、綠地進行改造。並且，在改造中增設許多戶外交流和活動場所，以增進居民交流，體現海綿城市建設的社會人文價值。

方案設計

江二示範區方案設計期間，設計師進行了多次現場踏勘，因地制宜的確定雨水管理措施，方案設計過程中積極徵求居民、居委會、物業等的意見，確定最終方案，達到海綿城市建設目標的同時滿足居民生活、休憩的需要。圖6為方案設計流程。

由於海綿改造牽扯到多個學科，給排水、景觀、建築結構、水電等專業的互相配合是項目成功的關鍵。圖7為方案設計過程中的互動、交流、實驗和測試。

宅間場地是本項目最大的室外空間，也是此次設計的重點。在保證消納設計降雨調蓄量的基礎上，增加了透水鋪裝材質的室外活動空間。人性化的保留了一部分有生活氣息的居民自己設計的小花園。圖8為宅間場地的平面佈置。

雨水花園和透水鋪裝是江二社區海綿改造用得最多的工具，在方案設計中，設計師根據現場調研，將屋面雨水通過斷接處理的雨落管排入雨水花園中。場地雨水，一部分通過滲透鋪裝下滲，多餘部分形成徑流流入就近的雨水花園中。雨水花園發揮削峰調蓄、淨化雨水的作用（圖9）。



圖 5 海綿改造採用景觀+N個元素的策略



圖 6 江二示範區改造設計流程



圖 7 方案設計過程中設計人員的互動

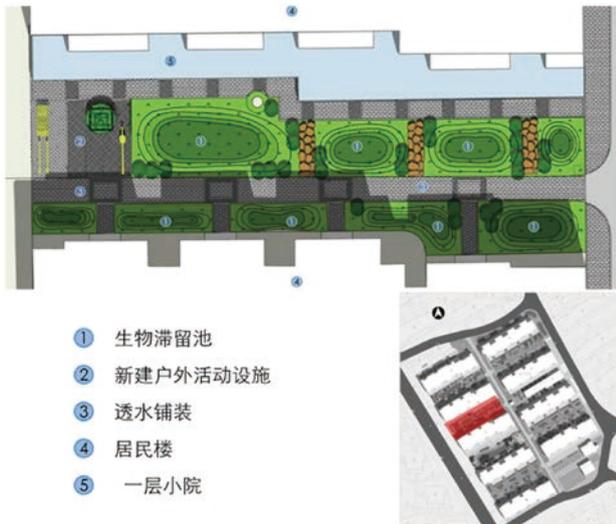


圖 8 宅間場地平面佈置圖

LID 方案的整體佈置是通過模擬計算最終確定的。設計模型採用美國 EPA 的 SWMM。設計步驟為：首先模擬改造前小區在 30 年一遇暴雨時的狀態，確定所有的積水點、積水深度和積水時間。然後模擬 LID 初始佈置後 30 年一遇暴雨時的狀態，根據模擬的積水深度、

時間對 LID 佈置進行修正和調整，直到最低的積水點在 30 年一遇暴雨的情況下，積水深度不超過 15 cm，時間不超過 30 分鐘為止。圖 10 為模型建造和模擬結果。在 30 年一遇暴雨的情況下，採用 LID 可以削減 48% 的徑流，徑流系數總改造前的 0.87 降低到 0.46。積水點由 14 個減為 7 個，溢流量從 2,600 立方米減為 62 立方米。圖 11 為改造前後積水點的模擬。

施工過程

(1) 停車場施工過程

停車場、生態植草溝、調蓄池組合設計是本方案的一個特色，更好的進行雨水的「滲、滯、蓄、淨、用、排」，具體施工工程如圖 12。

(2) 雨水花園施工過程

雨水花園嚴格按照圖紙要求進行施工，使其有效地進行雨水的滲透，並且能夠有效的去除雨水徑流中的懸浮顆粒、有機污染物等，通過合理的植物配置，給居民帶來新的景觀和視覺感受。



圖 9 小區 LID 的典型做法

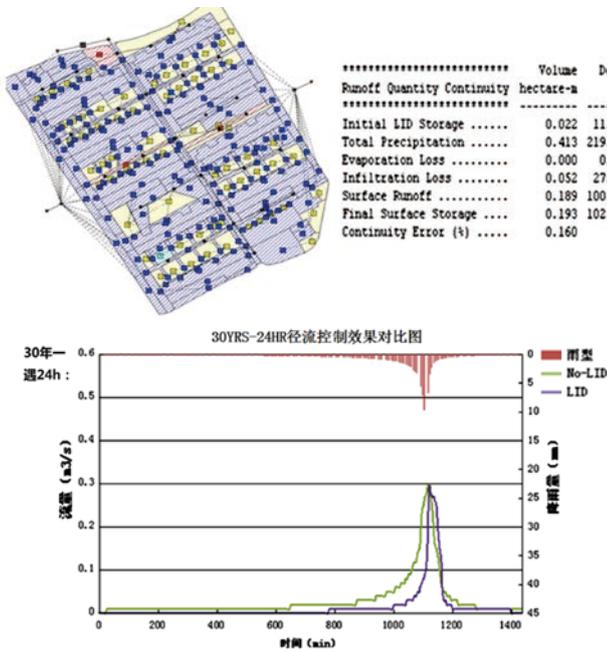


圖 10 江二社區 SWMM 模型和 30 年一遇暴雨模擬結果



圖 11 在 30YR-24HR 一遇暴雨期間改造前後積水點對比

原地面測量

土方开挖

开级配碎石施工及埋设盲管

PPP模块安装

混凝土试块检验

透水混凝土施工

1:4硬性水泥砂浆施工

透水砖铺设

养护管理

开放停车

01 场地开挖	02 集水坑开挖	03 开挖完成	04 集水PP模块安装
05 透水波纹管打孔	06 碎石清洗	07 透水盲管与碎石垫层	08 人工土壤回填
09 透水混凝土配比	10 透水混凝土浇筑	11 透水混凝土养护	12 透水效果检验
13 陶瓷透水砖铺砌	14 普通面包砖铺砌	15 特殊路牙砌筑	16 生态草沟植物栽植

圖 12 停車場施工過程



圖 13 雨水花園施工過程

建成效果

(1) 建設成本

江二示範區改造主要分海綿城市改造和建築節能及建築出新改造兩大塊，其中海綿改造總投資約 305.9 萬元，建築節能改造及建築出新約 797.1 萬元。

表 1 江二示範區投資情況匯

名稱	計量單位	單價 (元)	數量	小計 (萬元)
雨水花園 (結構層)	m ²	450	2741	123.3
植物景觀	m ²	300	2741	82.2
透水鋪裝				
透水停車場	m ²	700	600	42
透水人行道	m ²	300	1062	31.9
雨水立管	m	150	712	10.7
調蓄池	m ³	2500	20	5
原有現場拆除	項	3000	36	10.8
其它				
	建築節能改造及建築出新			797.1
合計				1103

(2) 建成前後對比

江二示範區在 22 km² 示範區海綿改造工程中，起到了典型示範的作用，帶動周邊的居住小區進行海綿升級改造，形成老小區改造示範區。



圖 14 停車場改造前後對比



圖 15 宅間綠化改造前後對比

圖 16 改造後的航拍圖



(3) 環境效益

2015 年小區改造完成後，至今經歷了兩次大暴雨的考驗。24 小時降雨量分別為 138 mm 和 125 mm，沒有明顯積水。



圖 17 改造前後下暴雨的狀況對比

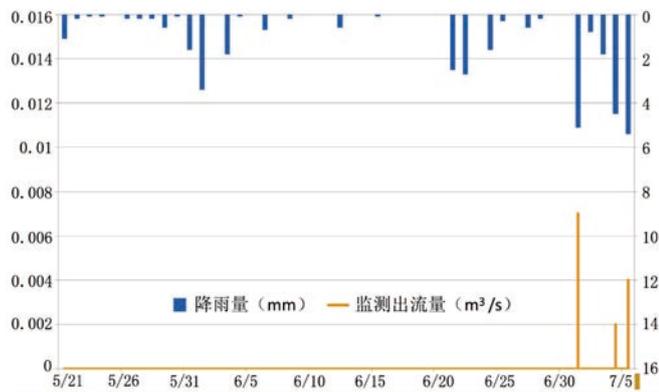


圖 18 降雨量與監測出流量統計

對鎮江市 2016 年 05 月 21 日至 2016 年 07 月 05 日（每五分鐘進行一次數據統計）降雨量進行監測，這段時間降雨深度達到了 320 mm，管網內水位和流量均接近 0，7 月 1 號、4 號、5 號當日降雨量超過 100 mm，監測站點所在排水管網里水位和流量才開始有明顯變化，說明瞭江二示範區的海綿設施發揮了應有的功能，雨水徑流得到了有效的控制。

經過兩年的監測數據顯示：95% 的雨水徑流可以在小區內就地消納；98% 的污染物被 LID 設施去除掉。

(4) 社會效益

親民的室外空間設計：通過海綿改造，小區不僅實現了對於雨水的生態化處理，同時將破舊的小區美化、翻新，實現了新生。在設計中採用最小化介入模式，最少的介入群眾的生活，讓群眾根據自己的生活習慣決定自己周邊的室外空間。這樣同時激活了群眾的維護室外空間的積自覺性，降低管養難度。



圖 19 親民的室外空間設計與 GSI 的功能相結合



圖 20 舒適的社交場所

舒適的社交場所：環境提升的同時，吸引居民參與公共場地之中。悠閑的午後，坐在樹蔭攀談家常，走在濃陰靜靜漫步，小朋友在綠色中漫游嬉戲。

優雅的生活環境：
我們在植物的設計上選用有季相變化的開花植物。品種選擇適應雨水花園的耐旱耐澇植物；在種植風格上採用地維護的較自由式種植；效果是居民們能夠感受四季的變化和美麗。



圖 21 優雅的生活環境



圖 22 老人和孩子的「幸福天堂」

幸福安全的活動空間：改造後小區的停車位增加了，環境改善了，年輕人也經常帶著孩子回來看望老人，孩子和老人有一種特殊的幸福感。🏡



通過可持續城市排水系統的設計與管理 來保障未來世代水資源：生物生態 排水系統 (BIOECODS) — 馬來西亞的經驗

Securing Water for Future Generations through Sustainable Urban Drainage Design and Management: Bio-ecological Drainage System (BIOECODS) - Malaysian Experiences

Chun Kiat Chang / 馬來西亞理科學大學河流工程及城市水利研究中心 研究員、註冊土木工程師
River Engineering and Urban Drainage Research Centre (REDAC), Engineering Campus, Universiti Sains Malaysia.

Nor Azazi Zakaria / 馬來西亞理科學大學河流工程及城市水利研究中心 教授

Aminuddin Ab Ghani / 馬來西亞理科學大學河流工程及城市水利研究中心 教授

Hui Weng Goh / 馬來西亞理科學大學河流工程及城市水利研究中心 資深講師

近年來，馬來西亞受到嚴重水資源短缺，特別是在超級城市地區。儘管大馬以往的排水系統設計傳統上將其視為廢水處理的一部分，但現今的城市排水系統已逐漸演變成一個不可或缺的重要基礎設施，可為子孫後代在獲取水資源方面發揮關鍵的作用。本文介紹了馬來西亞理科學大學工程系分院大約 20 年曆史的生物生態排水系統 (BIOECODS)，系統為城市排水設計提出了可持續概念。生物生態排水系統於 2002 年完成，是馬來西亞可持續性排水系統的國家試點和展示項目。該系統試圖解決馬來西亞常見的三大問題，即水災，河流污染和水資源短缺。本文介紹了以滲透性、在源頭收集及減緩水流量三大特點的生物生態排水系統的概念，組成部分和功能。本文也簡要地總結了該系統在馬來西亞理科學大學工程系的性能。生物生態排水系統完全符合馬來西亞城市雨水管理手冊 (MSMA) 的要求，也就是側重於控制城市雨水徑流的流量和質量。生物生態排水系統實施的成功證明，通過創新，馬來西亞城市雨水管理手冊可以在不影響整體建築成本，美學和功能的情況下成功實施。事實上，該系統為城市雨水管理，公共設施和整體美學增加了更多的增值服務。在過去幾年中，生物生態排水系統也被用於水資源的再利用，展示了城市雨水管理在確保未來水資源方面的巨大潛力。

Abstract

In recent years, water supply shortage has been severely felt in Malaysia, especially in ultra-urban cities. Despite conventionally a system to dispose unwanted excess water, urban drainage has gradually evolved into an infrastructure that would potentially play a pivotal role in securing water

for the future generations. This article takes a look into the approximately 20-year old Bio-ecological Drainage System (BIOECODS) in the engineering campus of Universiti Sains Malaysia that has put forward the sustainable concept of urban drainage design. BIOECODS, completed in 2002, has become a national pilot and show piece project in promoting SUDS in Malaysia. BIOECODS attempts to solve

three major problems commonly encountered in Malaysia namely flash floods, river pollution, and water scarcity. The concept, components and functions of BIOECODS which combine infiltration, delayed flow, storage and purification as pre-treatment of stormwater are presented herein. Performance of the system in the USM Engineering Campus is also briefly summarised. The BIOECODS is fully complied with the Urban Stormwater Management Manual for Malaysia (MSMA) requirements which focus on the control of both the quantity and quality of urban runoff. The success of the BIOECODS implementation proved that with innovation, MSMA can be successfully implemented without compromising on the overall project cost, aesthetic, and function. In fact, the system adds in more value-added services for stormwater management, public amenity, and overall aesthetic. In the last few years, BIOECODS has also been used for water reuse, demonstrating the huge potential of stormwater management in securing water resource for the future.

Background

Rapid urban growth in Malaysia over the last 30 years has resulted in increased stormwater flow into receiving waters, increases in flood peaks, and degraded water quality. Traditionally, stormwater management focuses on easing flooding through drainage of stormwater runoff from the urban areas to receiving water bodies. The conventional stormwater drainage has been designed to provide the fastest possible transport (rapid disposal approach) of stormwater runoff out of the catchments into receiving waters. The design philosophy of the conventional drainage system is based on solving localised floods either by transferring excessive flows in drainage system downstream by upgrading the drainage system or relieving localized problems by constructing storm overflows. The consequence of removing the stormwater from the land surface so quickly is to increase volumes and peak rates of flow discharge and finally overloading conventional drainage system. This results in a greater runoff that generally requires expensive enhancement of drainage network to reduce severity and frequency of flooding in urban areas. This also results in a higher pollutant washoff from the urban areas leading to deteriorate water quality in the receiving water bodies (Zakaria *et al.*, 2003; Zakaria *et al.*, 2004; Ab. Ghani *et al.*, 2004).

The conventional rapid disposal approach has reached a limit and that there is a demand for alternative technologies. Therefore there is a need to seek holistic and sustainable solutions not only to mitigate existing flooding problems and water quality degradation but also prevent the occurrences

of such problems in new areas to be developed. With the increasing understanding of non-point source pollution, which has traditionally included stormwater sources, a holistic design of urban stormwater management systems needs to incorporate the multiple purposes of controlling major and minor floods, as well as stormwater pollution. Government allocations to resolve the current structural work under flood mitigation works such as construction of dam and reservoir, deepening and widening of rivers, increase from time to time. In the Ninth Malaysian Plan (2005-2010) alone, over 70% of the RM 5.3 billion budget granted for Department of Irrigation and Drainage (DID) Malaysia was allocated exclusively for flood mitigation works (DID, 2009a). DID estimates that RM 10 billion is required to upgrade the conventional drainage system made up of concrete channels and channelized rivers to overcome the flash flood enigma. On the other hand, RM 828 million is being spent on flood mitigation projects to conduct clearing clogged drains by local councils. Conventional drainage also contributed to river pollution. During rain event, domestic waste such as solid waste and garbage will easily be carried by water into open drain and subsequently into rivers. Frequent occurrences of flash flood in urban areas result in an average annual loss of RM 100 million in Malaysia.

Water Conservation through Sustainable Urban Drainage System (SUDS)

In general, sustainable urban drainage system (SUDS) is an approach to manage stormwater in developments that replicate the natural drainage regime and characteristics. Runoff is collected and stored to allow natural treatments to occur at source prior to infiltration or controlled release into receiving waters. SUDS blends into the landscape surrounding the development and carry out water treatment with the aim to prevent pollution, flood control, groundwater recharge and environmental enhancement. Runoff is treated using enhanced natural mechanism such as filtration, infiltration, biological uptake, and settlement. It is important to understand how these techniques work together to provide the aims of sustainability in the most practical, cost effective and beneficial way (CIRIA, 2007).

SUDS emphasizes on holistic approach to stormwater management, meeting the multi-objectives of runoff quantity, quality, public amenity aspects and biodiversity (Fig. 1), rather than just quantity aspect of conventional approach. SUDS uses the concept of the stormwater management train, illustrated in Fig. 2. The management train starts with prevention or good house-keeping measures for individual

premises, and progresses through to local source control, larger downstream site and regional controls. Water could flow straight into a site control but as a general principle it is better to deal with runoff locally, returning the water to natural drainage system as near to the source as possible. Only if the water cannot be managed on site should it be conveyed elsewhere. This concept of treating and storing water locally is very beneficial for water conservation and has a huge potential on water reuse. Just as rainwater harvesting technique, SUDS can be successfully used to provide water source for non-potable use. The increased green area and enhance infiltration facilities are also important to soil moisture replenishment and ground water recharge at local level.

In response to the needs for paradigm shift the way stormwater is managed, the Malaysian government has launched the Urban Stormwater Management Manual for Malaysia or MSMA (DID, 2000) incorporating the latest development in stormwater management that is known as

control-at-source approach. From January 2001 onwards, all new development in Malaysia must comply with new guideline that requires the application of treatment devices or facilities (known as Best Management Practices (BMPs)/ Low Impact Developments (LID) in United States of America or Sustainable Urban Drainage System (SUDS) in the United Kingdom) to control stormwater from the aspect of quantity and quality runoff to achieve zero development impact contribution. This concept of treatments will be able to preserve the natural river flow carrying capacity. The new manual draws on various approach of BMPs/LID/SUDS now being widely applied worldwide to control the quantity and quality of runoff through detention/retention storage, infiltration facilities, engineered waterway which are capable attenuate flow. The goal of this manual is to provide guidance to all regulators, planners and designers who are involved in stormwater management. It identifies a new direction for stormwater management in urban areas in Malaysia.

Urban Stormwater Management Manual for Malaysia 馬來西亞城市雨水管理手冊

In Year 2011, a new-look manual, i.e. the 2nd Edition of MSMA has been anticipated and developed through contributions of professionals from the Malaysian Government as well as private professionals and foreign experts. The second edition, which includes revision of design criteria and improved design calculation methods, had contribute greatly to the continual growth of sustainable urban drainage design in Malaysia. The Manual has been updated to serve as a source of information and to provide guidance and reference pertaining to the latest best practices for engineers and personnel (DID, 2011).

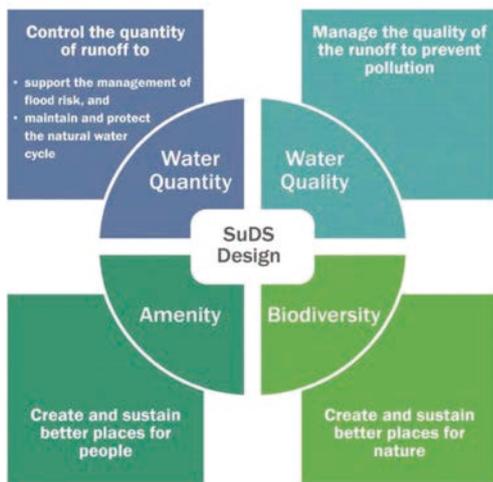


Fig. 1 The four pillars of SuDS design (CIRIA, 2017)

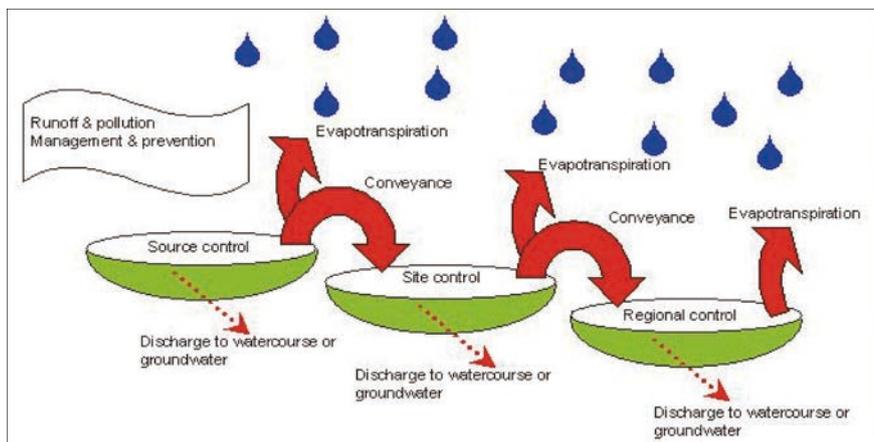


Fig. 2 The Treatment Train Concept for Stormwater Management (CIRIA, 2007)

The MSMA 2nd Edition was prepared covering mainly administration, quantity control design, quality control design and conveyance design. The manual draws on various approaches of stormwater facilities now being widely applied worldwide to control the quantity and quality of runoff through detention storage, which are the core elements of achieving one of the major stormwater quantity control criteria. Stormwater conveyance systems (minor and major) shall be planned, analysed, and designed in order to provide acceptable levels of safety for the general public and protection for private and public property based on design storm average recurrence interval (ARIs). Quality control facilities or Best Management Practices (BMPs) such as bioretention, wetlands, water quality pond, etc. shall be planned, analysed and designed to protect the environmental values of the receiving water that receives discharges from the site. The goal of the manual is to provide guidance to all regulators, planners and designers who are involved in stormwater management.

MSMA 2nd Edition identifies a new direction for stormwater management for urban areas in Malaysia (DID, 2011) to:

- Control nuisance flooding and provide for the safe passage of less frequent or larger flood events;
- Stabilise the landform and control erosion;
- Minimise the environmental impact of runoff;
- Enhance the urban landscape and ecology; and
- Ensure the safety of the public.

The stormwater management concept has been embodied in the concept of ecologically sustainable solution to the flooding and pollution problems using the “control at source” and “treatment train” approach, as well as aimed at ensuring that development can occur without long-term degradation of natural resources and the environment.

Control at Source

Urbanisation of a catchment will always increase the quantity of stormwater runoff. The level of runoff quantity control required is dependent on the type of development proposed, new development or redevelopment. Under the implementation of DID manual (DID, 2009b) and MSMA (DID 2000; 2011), it was expected that there shall be no increase in flood discharge and frequency to the downstream catchments resulting from the urban development. Flow control requirements are stipulated as the following (DID, 2011): Runoff quantity control requirements for any size of development or re-development project is “Post development peak flow of any ARI at the project outlet must be less than or equal to the pre-development peak flow of the corresponding ARI ($Q_{post} \leq Q_{pre}$)”. Direct discharge without control (rapid disposal) from the sub-development to the

drain systems or waterways is not permitted. Such high peak discharge was to be reduced by introducing control-at-source facilities such as detention ponds and on-site detentions at strategic locations before it discharges into the river.

Stormwater Treatment Train

The stormwater treatment train represents an ecological approach to stormwater management and has proven effective and versatile in its various applications. The stormwater treatment train was designed with sequential components that contribute to the treatment of stormwater, by minimise the amount of pollution entering the downstream waterways. The components of the stormwater treatment train system were designed to treat stormwater runoff for water quality benefits and to reduce stormwater runoff peaks and volumes. This alternative approach to stormwater management not only has the potential to reduce infrastructure costs, but it also reduces maintenance costs. In addition, there is also a substantial benefit to downstream catchments. By treating stormwater where it falls on the land, responsible landowners are reducing their contribution to downstream flooding and sedimentation.

Green and Sustainability

Sustainable agenda is structured by Malaysia’s aspiration for reduction of carbon emission and develop low carbon cities. Realizing this, implementation of green infrastructure and also provision of green areas (open space and parks) as part of low carbon city initiative to ensure the development becomes a low carbon emission development and thus meeting the national agenda of reducing 40% of carbon emission per gross domestic product (GDP) by 2020.

Bio-Ecological Drainage System (BIOECODS) 生物生態排水系統

The applicability of the design approaches are being tested initially with the national pilot and show piece project of MSMA at Engineering Campus, Universiti Sains Malaysia (USM) with the construction of Bio-Ecological Drainage System (BIOECODS) completed at the end of the year 2002. BIOECODS (Zakaria *et al.*, 2003; Ab Ghani *et al.*, 2004; Ab Ghani *et al.*, 2008; Zakaria *et al.*, 2011; Zakaria *et al.*, 2017) offers an exemplary model for urban stormwater management under tropical climates by implementing a source control and treatment train approach for stormwater management as suggested in the MSMA. BIOECODS is made up of several important components that ultimately form an efficient stormwater treatment train that control runoff quantity and preserve runoff quality. The BIOECODS

is designed to provide time for natural processes of sedimentation, filtration and biodegradation to occur, which reduces the pollutant loads in stormwater runoff. In addition, BIOECODS blends easily into their surrounding, adding considerably to the local amenity and/or local biodiversity (Ab. Ghani *et al.*, 2008).

The USM Engineering Campus is located in Seberang Perai Selatan District, Pulau Pinang. The area of the campus is about 320 acres and made up of mainly oil palm plantation land and is fairly flat. The USM Engineering Campus project has taken a series of measures to reduce runoff rates, runoff volumes and pollutant loads by implementing a source control approach for stormwater management as suggested in the MSMA. This include a series of components namely ecological swale, on-line underground storage, and dry ponds as part of the BIOECODS that contribute to the treatment of the stormwater before it leaves the campus (Fig. 3). This system was designed to combine infiltration, delayed flow, storage and purification as pre-treatment of stormwater before discharging to constructed wetlands. In addition to source controls, these measures include integrating large-scale landscapes into the development as a major element of the stormwater management system. The concept of the BIOECODS is to integrate with the Ecological Ponds for further treatment of the stormwater runoff. In combination, these increase runoffs lag time, increase opportunities for pollutant removal through settling and biofiltration, and reduce the rate and volume of runoff through enhanced infiltration opportunities.

Ecological Swale

In order to reduce the drainage footprint of the BIOECODS, as well as to provide additional water treatment, a dual layer conveyance system is introduced. While

the surface of the swale is generally not much larger than conventional drain, the total cross section area of the system provides much larger water storage and treatment function than a normal conventional drainage can offer. The surface layer resembles a grassed channel or a swale. Typical swale design, gentle side slope, low gradient and shallow depth applied to this layer. The underground layer, consist of a geosynthetic module enclosed in geotextile. It is connected to the surface layer via a layer of river sand or infiltration media. Figure 4 presents a cross-sectional view of the said ecological swale. Four types of ecological swales were constructed in USM Engineering Campus, namely building perimeter swale, Type A, Type B and Type C depending on the number of modules available underneath the swale.

As runoff builds up on the surface, it is first infiltrated into the sand layers and then the underground modules. This infiltration provides both quantity and quality treatments to the runoff. First, the infiltration delays flow after which the infiltrated water is stored in subsurface modules. Only after the pool of water generates enough energy will it flow downstream within the module. Along the module, water is loss to adjacent ground through exfiltration of water from the side or bottom of the module. This water will percolate through the ground and either retained as soil moisture or recharge ground water. On the surface, ecological swale attenuates flow by providing larger surface friction through the grass way than the smoother concrete channel.

For water quality treatment, three important processes are involved. First, as water flows into the ecological swale from impervious surfaces, grass on swale surface acts as filter media to trap out particulate pollutants. The aerobic condition of the soil promotes hydrocarbon breakdown. The second treatment involved is the infiltration of water through sand layer and into the module. Infiltration filters out particulates



Fig. 3 Aerial View of USM Engineering Campus 馬來西亞理科大馬工程系分院

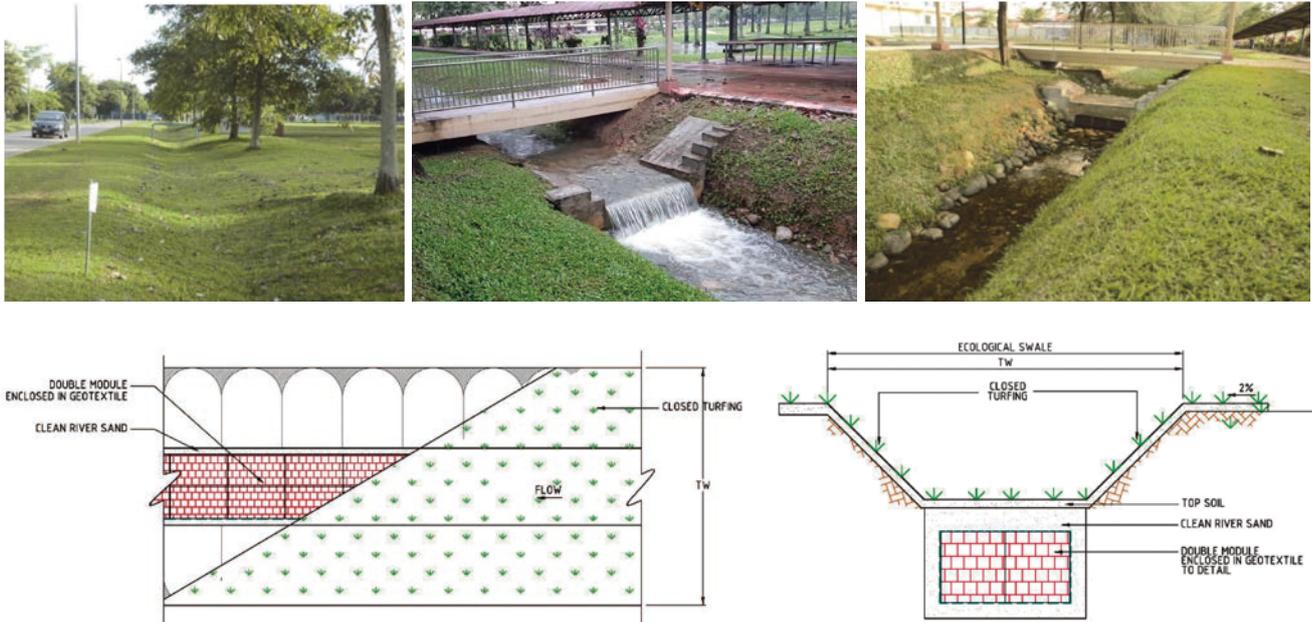


Fig. 4 Ecological swale

and some smaller solid nutrients that attached to them. The geosynthetic module is manufactured such that the internal structure of the module helps to break up water flow, creating turbulence and therefore increase dissolve oxygen. Finally, both the surface and subsurface flows will combine again by both discharging into the ponds and wetlands system.

Dry Pond

The excess stormwater is also stored on the dry ponds constructed with a storage function. The dry pond is essentially an On-Site-Detention (OSD) pond, which has been integrated with the ecological swale to temporarily store the stormwater runoff. The modular storage tank is placed beneath the detention basin where the stormwater is drained out by infiltration (Fig. 5). The outflow path of the storage module is connected to the ecological swale at the

lowest point, in order to drain the dry pond system in less than 24 hours. Dry ponds diffuse flow conveyed by swales and the reduced stormwater velocities enable more effective sedimentation, infiltration and evaporative water treatment. The landscape lands are able to infiltrate a substantial portion of the annual surface runoff volume due to the increased soil permeability that is created by the deep and fibrous root systems of the landscape vegetation.

Detention Ponds

Wet pond and detention pond are the community facilities of the BIOECODS (Fig. 6). They are primarily designed for attenuating runoff from developed areas through regulated outlet structures. The facility is typically designed to limit discharge to the pre-development stage, while storing water temporarily.



Fig. 5 Dry pond

Wetlands

With respect to the need for water quality improvements, wetlands (Fig. 7) is designed as a community treatment facility. As much as 90% of the total volume of annual stormwater runoff will flow through an area supporting growing plant material. Contaminants are removed either by direct absorption into plant tissues (soluble nutrients) or by physical entrapment and subsequent settlement on the wetlands bed. Apart from water quality, the wetlands is also designed as a habitat area for biodiversity conservation within a development, supporting species such as small mammals, birds, fish, reptiles and plants.

Wading River

Wading river (Fig. 8) is designed to convey stormwater from the wetlands to recreational pond before discharging to Kerian River. Meanders have been restored in wading river by using graded sediments and gravel. The wading river has two components, i.e. main channel and flood plains. The very large boulders are placed at several locations along the river bank to prevent bank erosion.

Recreational Pond

The end product is expected to improve the aesthetic value for surrounding areas with the existence of the “Crystal Clear Blue Water Lake” (Fig. 9) via physical treatment and biological treatment at the most downstream end of the drainage system. The water level is maintained in the recreational pond by a 600 mm diameter pipe culvert (Fig. 10) discharging into Kerian River. Fig. 11 show the activities at the recreational pond.

Construction of BIOECODS

Materials

Despite its innovative design, the construction materials used to construct a BIOECODS system is rather common and easily available. Common construction materials such as geotextile, river sand, top soil and cow grass are widely used in constructing the system. The only unique material used is the geosynthetic module. Initially designed as underground storage unit in overseas, it has been used innovatively to



Fig. 6 Wetpond (left) and detention pond (right)



Fig. 7 Constructed wetlands



Fig. 8 A meandering wading river upstream of the recreational pond



Fig. 9 Recreational pond



Fig. 10 Check valve used to provide flow in one direction only through a culvert



Fig. 11 Activities in the USM engineering campus

form an underground drainage network in BIOECODS. Despite the module relatively high price in a decade ago, the continuing popularity and more common use in Malaysia has saw this product being manufactured locally, significantly reducing the cost of material.

Construction Methods

The construction of ecological swale is very simple and does not require highly skilled labours. First, a trench will be dug using backhoe to desired depth after setting out. The trench is then backfilled with river sand to create a desired gradient for the subsurface drain. Then a geotextile is layered onto the sand. Geo-synthetic module is arranged side by side on the geotextile to form a continuous conduit, before the modules are wrapped up in the geotextile. The trench containing the enclosed module is then being backfilled with river sand up to desired invert level. It is then topped up with a thin layer of top soil to sustain vegetation growth. Finally, cow grass is turfed on to the depression to create the surface drainage, i.e grass swale (Fig. 12). The entire process involves very minimal machinery. On a daily average, a team

of semi-skilled labour of four persons can easily construct 60 - 80 metres of ecological swale. Fig. 9 shows the site condition and working procedure of constructing an ecological swale. The construction of dry ponds are very similar to the ecological swale, which involves dual layer system, i.e. underground detention storage units (also using enclosed geosynthetic module) and surface depression which is turfed. Other BIOECODS components, i.e. detention ponds and wetlands are constructed using typical industry methods.

Performance of BIOECODS

Flow Attenuation and Flood Reduction

Since its establishment, BIOECODS has been closely monitored for its hydrological and hydraulic performances. The first BIOECODS system in USM engineering campus has been monitored with sophisticated water quantity and quality equipments to record its performance during rainfall events continuously for almost a decade now. The most significant benefit of BIOECODS is its ability to reduce flow peak and flow volume. The retardation in ecological



(a) A trench is dug with backhoe and layered with river sand



(b) Module is laid in the trench and wrapped in geotextile



(c) Trench is backfilled with enclosed module buried within



(d) A swale is shaped and topped up with top soil before being turfed



(e) Ecological swale after completion

Fig. 12 Work flow of an ecological swale construction

swale and detention in dry pond, wet pond, detention pond and wetlands have enable BIOECODS to successfully create a stormwater system that mimics natural condition, hence reducing flood risks. Fig. 12 shows flow attenuation with detention pond during an event. These are all genuine records gauged by the site monitoring systems. Tables 1 and 2 provide further examples of flow attenuation in swale and pond respectively.

More detailed observations are recorded in Ainan *et*

al. (2004). The performance of ecological swale was also verified using computer model by Abdullah *et al.* (2004) using XP-SWMM. In both cases, the authors found that the system performed admirably to attenuate flow from the catchment. Recently, a water balance analysis by Ayub *et al.* (2010) confirmed that the BIOECODS system actually increases groundwater recharge through infiltration. During drier days, percolated surface water eventually ‘resurface’ to supply much needed base flow to sustain plants and ecology.

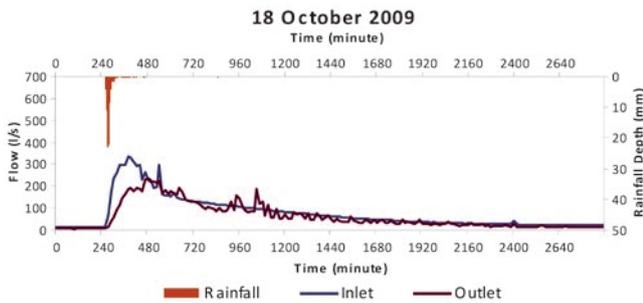


Fig. 12 Example of Flow Attenuation by Detention Pond.

Water Quality Improvements

Apart from water quantity, water quality control of BIOECODS is also being constantly monitored through in-situ test as well as laboratory testing for the common water quality parameters. The final discharge from the system are most of the time conform to Class IIB of National Water Quality Standard published by Department of Environment. It is worth mentioning that the use of this system significantly reduce the pollutant loads especially particulate pollutants, i.e. sediment. For the entire system, TSS was non-detectable, indicating that even if sediments were washed into the system, they are trapped very early on by the ecological swale networks. With the use of detention ponds and wetlands, most biological activities are concentrated in this area, the biological load is rather higher, but still in Class IIB limit. However, the discharge from wetlands is significantly of better quality, indicating the success of biological treatment occurring within the ponds and wetlands. Mohd Sidek *et al.* (2004a) and Ayub *et al.* (2005) provide more detailed presentation of the water quality treatment results of BIOECODS.

Other SUDS Projects

Other SUDS projects that REDAC has been involved

with include the BIOECODS facility as follow:

- Tanjung Rambutan Hospital at Ipoh, Perak;
- Health Clinic at Taiping, Perak,
- Campus of Universiti Malaysia Kelantan (UMK) at Bachok, Kelantan;
- Student Village, University of Automotive Malaysia (IUCAM), Pekan, Pahang;
- Astaka Park and field at Petaling Jaya, Selangor;
- Raban Lake Resort at Lenggong, Perak;
- The Residency of the Governor of Penang at Georgetown, Penang;
- District Police Headquarter at Pasir Mas, Kelantan;
- Kwasa Damansara Township, Selangor (2230 Acres) (Fig. 13).

REDAC has received many visitors from Malaysia and also international visitors such as from the UK, USA, Japan, Australia, Thailand, Indonesia, Vietnam, Hong Kong, India, etc (Fig. 14).

Conclusions

The introduction of Urban Stormwater Management Manual for Malaysia, or MSMA, changed the stormwater management landscape in the country. However, with the increasing need of meeting demands for green technologies and climate change, stormwater engineers are facing a stiffer challenge to produce effective and sustainable drainage system. This requires the need to inject new technologies or innovation into the design of drainage facilities. The Bio-ecological Drainage System or BIOECODS was introduced in 2001. Adopting the concepts of integration, control-at-source and sustainability, BIOECODS paved the way for a promising development in drainage design in Malaysia that fulfils the MSMA criteria. Through innovation in design, the designers introduced the ecological swale,

Table 1 Example of ecological swale performances for frequent rainfall events (Zakaria, 2011)

Precipitation Event	Average Rainfall Intensity (mm/hr)	Estimated (ARI)	Peak Flow (l/s)		Total Runoff Volume (m ³)		Percentage of Reduction (%)	
			Inlet	outlet	Inlet	outlet	Peak Flow	Runoff Volume
24/6/2003	11	3 months	128	91	418.5	246.6	28.9	41.1
30/8/2003	14.5	3 months	59	26	388.8	123.6	55.9	66.6
8/9/2003	13.8	5 years	195	176	4043.1	3043.2	10.0	24.1

Table 2 Example of detention pond performances for frequent rainfall events (Zakaria, 2011)

Rain Event	Total Time (mins)	Rainfall Depth (mm)	Rainfall Intensity (mm/hr)	Peak Flow (m ³ /s)		Volume (m ³)		Percent of Reduction (%)	
				Inlet	outlet	Inlet	outlet	Peak Flow	Volume
14/4/2007	40	23.5	35.3	0.041	0.032	2,214	1,777	21.95	19.74
16/4/2007	70	23.2	19.9	0.034	0.026	1,545	1,200	23.53	22.33
18/10/2009	65	84.6	78.1	0.335	0.235	23,919	18,365	29.85	23.22
11/11/2009	155	171.5	66.4	0.689	0.289	38,859	18,870	50.65	51.44

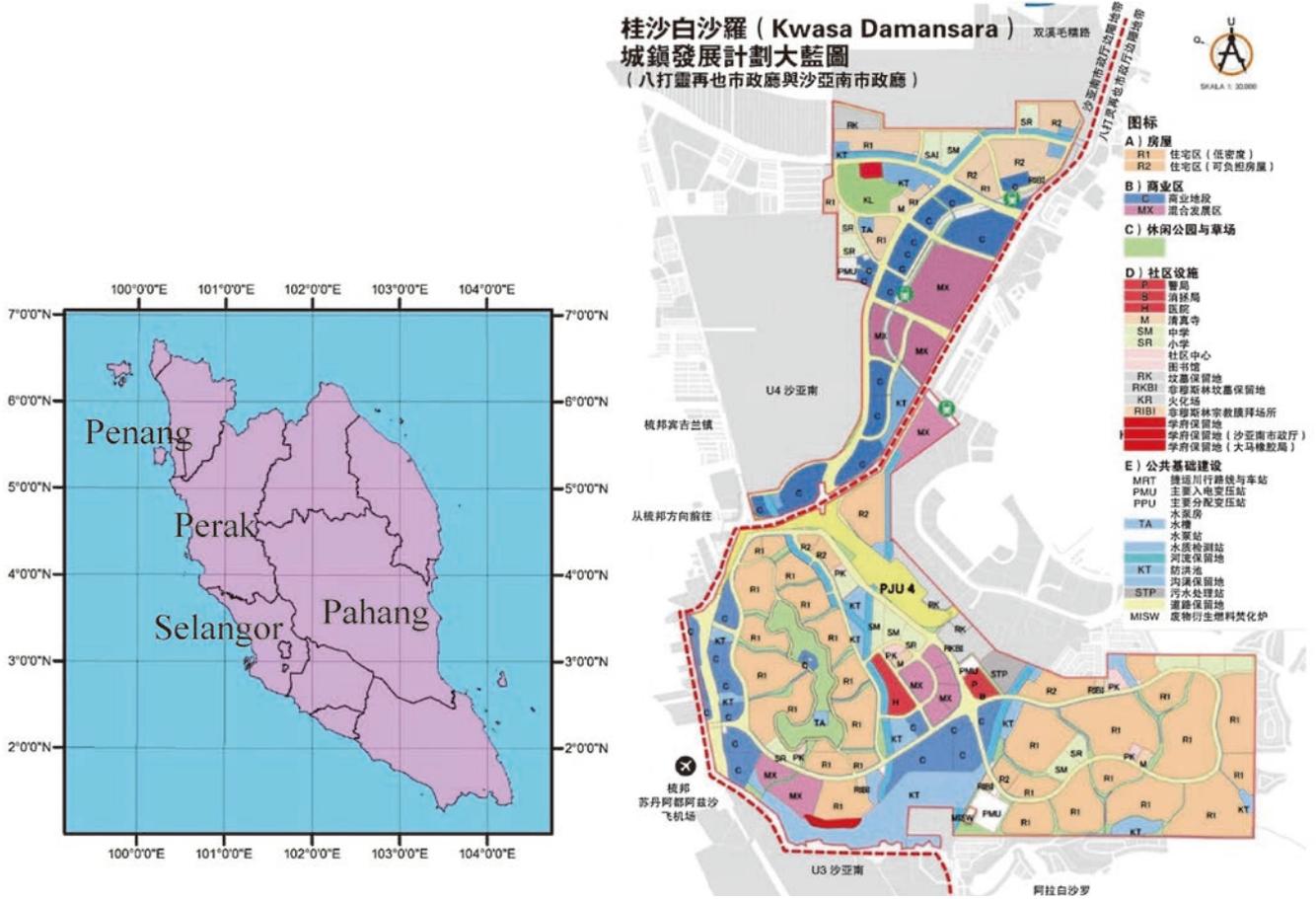


Fig. 13 Kwasa damansara township development master plan (Mohd Noh *et al.*, 2017)



(a) Professor Joseph Lee, University of Hong Kong

(b) Professor Larry Roesner, Colorado State University, USA

(c) Professor Collin Grant, University of Bath, UK

Fig. 14 International visitors to BIOECODS, USM engineering campus

a dual layer conveyance system that minimize drainage footprint but provide additional water quantity and quality treatment. Other components such as dry ponds, wet ponds and wetlands are further evidences of the integration of stormwater facilities into surrounding landscape, adding significant values to otherwise worthless open spaces. The project also overturned the stigma of increased cost due to innovative drainage. Final construction costs proved to be slightly cheaper than a conventional drain. A series of continuous research and monitoring also found that stormwater is effectively controlled in quantity and quality. The system is a living proof for feasibility and multi-benefits of MSMA implementation. BIOECODS also testified that the current stormwater management concept is ready to face the challenges of climate change.

馬來西亞城市雨水管理手冊 (MSMA) 改變了該國的雨水管理格局。然而，隨著滿足綠色技術和氣候變化日益增長的需求，城市水利工程師面臨著設計有效和可持續排水系統的嚴峻挑戰。這需要在排水設施的設計中註入新技術或創新。生物生態排水系統於 2001 年推動。生物生態排水系統採用一體化，源頭控制和可持續發展的概念，符合馬來西亞城市雨水管理手冊標準的排水設計準則。通過創新的設計，水利工程師引入了滲透性窰渠，這是一種雙層排水系統，可以大幅度地減少排水量，同時提供額外的水數量和質量處理。其他組成部分，如乾積水池，蓄水池和濕地，進一步證明了排水設施與周圍景觀的融合，為其他無用的開放空間增添了重要價值。該項目還推翻了由於創新排水而增加成本的問題。事實證明，最終的建築成本比傳統的鋼骨水泥排水系統更便宜一些。一系列持續的研究和監測還發現，雨水的數量和質量得到有效的控制。該系統是馬來西亞城市雨水管理手冊實施的可行性和多重效益的證明。除此之外，生物生態排水系統也證實，目前的雨水管理概念已準備好迎接氣候變化的挑戰。

References

1. Ab. Ghani, A., Zakaria, N.A., Abdullah, R., Yusof, M. F., Mohd Sidek, L., Kassim, A. H. & A. Ainan. (2004). Bio-Ecological Drainage System (BIOECODS): Concept, Design and Construction. 6th International Conference on Hydrosience and Engineering (ICHE-2004), May 30-June 3, Brisbane, Australia.
2. Ab. Ghani, A., Zakaria, N.A., Chang, C.K. & Ainan, A. (2008). Sustainable Urban Drainage System (SUDS) – Malaysian Experiences, 11th International Conference on Urban Drainage, August 31 – September 5, Edinburgh, UK.
3. Abdullah, R., Zakaria, N.A., Ab. Ghani, A., Mohd Sidek, L., Ainan, A. & Wong, L.P. (2004). BIOECODS Modelling Using SWMM. 6th International Conference on Hydrosience and Engineering (ICHE-2004), May 30-June 3, Brisbane, Australia.
4. Ainan, A., Zakaria, N.A., Ab. Ghani, A., Abdullah, R., Mohd Sidek, L., Yusof, M. F. & Wong, L.P. (2004). Peak Flow Attenuation Using Ecological Swale and Dry Pond. 6th International Conference on Hydrosience and Engineering (ICHE-2004), May 30-June 3, Brisbane, Australia.
5. Ayub, K.R., Mohd Sidek, L., Ainan, A., Zakaria, N.A., Ab. Ghani, A. & Abdullah, R. (2005). Storm Water Treatment using Bio-Ecological Drainage System. Special Issue Rivers'04, International Journal of River Basin Management, IAHR & INBO, Vol. 3, No. 3, pp. 215-221.
6. Ayub, K.R., Zakaria, N.A., Abdullah, R. & Ramli, R. (2010). Water Balance: Case Study of A Constructed Wetland As Part of the Bio-Ecological Drainage System (BIOECODS). Water Science & Technology, pp. 1931-1936.
7. Construction Industry Research and Information Association or CIRIA (2007). The SUDS Manual. CIRIA, London, UK.
8. Construction Industry Research and Information Association or CIRIA (2017). The SUDS Manual. CIRIA, London, UK.
9. Department of Irrigation and Drainage or DID, (2000). Urban Stormwater Management Manual for Malaysia (MSMA). DID, Kuala Lumpur.
10. Department of Irrigation and Drainage or DID, (2011). Urban Stormwater Management Manual for Malaysia (MSMA), 2nd Edition. DID, Kuala Lumpur.
11. DID (2009a). Compendium: Data and basic information of DID. DID, Kuala Lumpur.
12. Departments of Irrigation and Drainage or DID. (2009b) DID Manual. Vol.2: River management. Ministry of Natural Resources and Environment Malaysia, Kuala Lumpur.
13. Mohd Noh, M.L., Othman, M.R., Hashim, N., Abu Hashim, H., Zakaria, N.A. & Chang, C.K. (2017). Sustainable Urban Stormwater Management Towards Achieving The New Urban Agenda for Sustainable Development. 37th IAHR World Congress-Managing Water for Sustainable Development - Learning from the Past for the Future, Kuala Lumpur, Malaysia. 13 – 18 August.
14. Mohd Sidek, L., Ainan, A., Zakaria, N.A., Ab. Ghani, A., Abdullah, R. & Ayub, K. R. (2004a). Stormwater Purification Capability of BIOECODS. 6th International Conference on Hydrosience and Engineering (ICHE-2004), May 30-June 3, Brisbane, Australia.
15. Mohd Sidek, L., Takara, K., Ab. Ghani, A., Zakaria, N.A., Abdullah, R. & Desa, M.N. (2004b). A Life Cycle Costs (LCC) Assessment of Sustainable Urban Drainage System Facilities. 1st International Conference on Managing Rivers in the 21st Century: Issues & Challenges, September 21-23, Penang, Malaysia, pp. 329-343.
16. Mohd Sidek, L., Ab. Ghani, A., Zakaria, N.A., Desa, M.N. & Abdullah, R. (2006). An Assessment of Stormwater Management Practices in Malaysia. Bulletin Institution of Engineers Malaysia, pp 8-19, IEM, Kuala Lumpur.
17. Zakaria, N.A., A. Ab. Ghani, Abdullah, R., Mohd. Sidek, L., Kassim, A. H. & A. Ainan. (2004). MSMA- A New Urban Stormwater Management Manual for Malaysia. 6th International Conference on Hydrosience and Engineering (ICHE-2004), May 30-June 3, Brisbane, Australia.
18. Zakaria, N.A., Ab. Ghani, A., Abdullah, R., Mohd Sidek, L. & Ainan, A. (2003). Bio-Ecological Drainage System (BIOECODS) for Water Quantity and Quality Control. International Journal of River Basin Management, IAHR & INBO, Vol. 1, No. 3, pp. 237-251.
19. Zakaria, N.A. (2011). Green Ways of Optimising Natural Resources with Effective Planning for Sustainable Development. 2nd Annual GreenTech Asia Conference: Optimising Green Water & Waste Management for Sustainable Future, September 26-27, Kuala Lumpur.
20. Zakaria, N.A., Ab. Ghani, A. and Chang, C.K. (2017). Bio-Ecological Drainage Systems (BIOECODS) An Alternative Sustainable Approach To Overcome Water Related Issues, Hydrolink No.2/2017, pp. 42-43.





洪如江／國立臺灣大學土木工程學系 名譽教授、中國土木水利工程學會 會士

導 論

土木工程，使用龐大資源（尤其指金錢），經常引起各種社會力的角逐，而政治力量的介入，也是常事。

但我們要問：土木工程的推動誰得到最大利益？工程完工後的成品歸誰用？工程費用有沒有全數用在工程？

民國 88 年的 921 強烈地震時，293 所中小學校舍全面倒塌，幸好地震發生在凌晨 1 點 47 分，否則將有上萬師生遇難。被稱為「豆腐渣工程」的校舍，是因為教育界的社會力薄弱而致校舍投資不足？還是因為有相當大比例的工程費用被貪官污吏攔截而偷工減料？

全世界，目前約有 16 億人居住在簡陋的棚屋或難民營（refugee camp）之中，參考 FT Weekend, 24 NOVEMBER / 25 NOVEMBER 2018。

台灣，炒地皮的富豪爭建摩天大樓，空屋數量高達 86 萬餘宅之多；但大量年輕人，卻因買不起房屋而不敢結婚的奇異社會現象，少子化更成為國安危機。

原始社會的土木工程

人類原始社會，巫師（或祭司）權力最大，祭壇（圖 1 和圖 2）與祭司官邸（圖 3）就是最重要的工程建設，甚至於在祭壇進行活人血祭，獻給巫師所說的鬼神。這類祭壇工程的古蹟，不少還存在於世界各地。中南美洲的金字塔形祭壇尤其壯觀。

神權高漲之國，其神廟必然龐大而且精美，參見土木水利工程雙月刊洪如江（105 年 8 月「土木工程與



圖 1 馬雅古文明城堡金字塔（Castillo）型態的祭壇（洪如江攝於 Chichen Itza）



圖 2 墨西哥中部高原古文化 Teotihuacan 城邦雨蛇神廟的祭壇遺址 (洪如江攝)



圖 3 墨西哥中部高原區 Teotihuacan 古文明祭司官邸蝴蝶宮 (Palace of Quetzalcoatl) 大門 (洪如江攝)

埃及古文明的生與死」)、(105 年 10 月「土木工程與馬雅古文明的生與死」)、(106 年 4 月「土木工程與吳哥古文明的生與死」) 三文。

相對於祭壇與神廟，平民只能住在簡陋的棚屋或茅草屋 (圖 4)。



圖 4 馬雅古文明，平民只能住茅草屋 (洪如江攝於今墨西哥 Chichen Itza 古蹟區)

皇權高張時代的土木工程

皇權高張的時代，龐大的「皇宮」(甚至於后宮)與王府，必然龐大、精美、甚至於奢侈。例如俄羅斯聖彼德堡的沙皇村 (圖 5 和圖 6)、「冬宮」(圖 7)與「夏宮」(圖 8 和圖 9)，法國的「羅浮宮」與「凡爾賽宮」(圖 10)，秦始皇的「阿房宮」，元、明、清三代所經營的北京「紫禁城」(圖 11 和圖 12)，等等。

北京紫禁城，先為元大都，明成祖動用二、三十萬民工及軍工，費時 14 年 (西元 1406 ~ 1420) 擴建，南北長 961 m，東西寬 753 m，全城面積 72 萬 5 千平方公尺，建築面積約 15 萬平方公尺，護城河寬 52 m，城牆高 12 m，牆內殿宇，在明初有 1630 餘座，在清乾隆時期有 1800 座，現存 2631 座，房屋 8704 間 (四根房柱所形成的空間) (參考「維基百科：故宮」。老百姓住的是「胡同」。



圖 5 俄羅斯聖彼得堡沙皇村部分宮殿（洪如江攝）



圖 6 俄羅斯聖彼得堡沙皇村宮殿局部（洪如江攝）



圖 7 俄羅斯聖彼得堡冬宮（洪如江攝）



圖 8 俄羅斯聖彼得堡夏宮正面（洪如江攝）



圖 9 俄羅斯聖彼得堡夏宮局部（洪如江攝）



圖 10 法國凡爾賽宮一景 (徐國華攝)



圖 11 北京紫禁城內部一景 (洪如江攝)



圖 12 北京紫禁城午門，砍殺大臣的地點，紅色外表展示皇帝至高無上的威權 (洪如江攝)

中國幾千年歷史之中，絕大部分的皇帝，居然需要三宮、六院、無數的妃子、宮女、宦官，居住在龐大的宮殿之中，極盡享受之能事。貴族們在京城大建王府。

皇權與神權結合在一起之國，除了皇宮之外，必建「皇陵」(甚至於后陵)；其中，最為惡名昭彰的包括古埃及法老王的「金字塔」、秦始皇的陵墓(及兵馬俑坑)、等等。這些陵墓，從工程技術與工程美學而言，千古傑作；但傾全國之力，且費時數十年所興建之無比龐大的工程，只是為了放置一具皇帝(或皇后)屍體及殉葬黃金及珠寶，難免民窮、國衰，甚至於亡國。

信仰相關的土木工程

至於各大宗教與民間信仰的「教堂」、「寺」、「廟」，深具慰藉人心與穩定社會的功能，常能屹立至於永遠，無視於改朝換代。義大利翡冷翠，聖母百花大教堂，永遠是市民的信仰中心，不需要摩天大樓湊熱鬧。台北市的龍山寺，結合佛教與民間信仰，也常常是台北市長競選者演講測驗人心向背的場所。

參見土木水利工程雙月刊 107 年 2 月，洪如江，思想及宗教信仰與土木工程。

展現以力服人的土木工程

近代的獨裁者，為了閱兵及接受數以十萬甚至於百萬群眾歡呼，以及為了向國內外示威，必建大廣場與非常寬、直、且長的大道，方便龐大的部隊、坦克、與尖端兵器接受檢閱。其中，德國希特勒時代的紐倫堡（檢閱納粹黨軍）大廣場、莫斯科的紅場（檢閱紅軍）（圖 13），最為著名。

民主時代的土木工程

民主時代，工程建設的主軸轉向：

- 國民住宅，例如新加坡的住者有其屋
- 維生系統，例如自來水、瓦斯、電力、等等
- 防災工程，例如堤防、滯洪池、防潮閘、排水系統、城市防災公園
- 基礎建設，例如海港、機場、公路、鐵路（包括城市捷運系統）、學校、醫院、圖書館、博物館、市場、下水道、公園綠地、開放空間、等等

但即使是在所謂的民主時代，工程的種類、投資額度、工程位置的選擇，「社會力」（包括政治力）角力的現象，也還是非常明顯。例如，美國紐奧良遭颶風豪雨侵襲，災情慘重，防災工程顯然不足且欠缺維修，與該城居民多屬貧窮之人有關；這種事情，不可能發生在富人城市或社區。

許多巨無霸城市中摩天大樓型態的豪宅，如雨後春筍地冒出來，中、低收入市民被擠開，或居住於文明國家少見的貧民窟（圖 14 和圖 15），貧富鴻溝於是形成，顯然不利於社會的安定。



圖 13 莫斯科紅場，蘇聯獨裁者接受歡呼、閱兵恐嚇老百姓的地方，如今成為觀光景點（洪如江攝）



圖 14 台北市，摩天大樓式的豪宅風起雲湧，貧民窟依舊（洪如江攝）



圖 15 台北市，摩天大樓式的豪宅風起雲湧，貧民窟依舊（洪如江攝）

交通運輸工程與社會

高速公路為誰而建，具有不同的社會意義。並不富有的國家，投入龐大資源建設高速公路，若路上只見雙 B 或更高貴的轎車奔馳，這條高速公路是為富人而建，該國缺乏社會公平正義，因為花的是全國納稅人的錢，而使用者是少數的富翁。若在高速公路上看到許多貨櫃車或貨運大卡車，這條高速公路是為貨暢其流而建，經濟繁榮可期。若在高速公路上看到許多長途客運車，這條高速公路的主要利用者是社會大眾。從行駛在高速公路上不同車種的比例，可以看出一個國家的經濟發展與財富分配的情形，進一步可以看出這個國家的社會結構。

歐、亞各國，興建大量的高速鐵路。但美國至今尚無高速鐵路；主要是美國社會力強大的四大企業（石油業、鋼鐵業、汽車業、與營造業）遊說國會，壓迫聯邦政府撥出鉅款，補助各邦建設大量高速公路。

台北捷運系統，輪椅族可以由市區地表人行道經無障礙系統直達車箱（圖 16）。台灣高速鐵路高雄站，方便殘障人士自駕機動輪椅進出車站與車廂（圖 17）。

台北市，近來劃出許多腳踏車專用道及行人專用道，把尊嚴還給市民。世界上許多大橋，多在兩邊留有行人專用道。這些，既是人文關懷的表現，也是社會公平正義的伸張。

城市中的金融城

一個國家的政治首都，常是它的財經首都，例如巴黎、倫敦、東京、新加坡、台北市。但少數超級大國，財經首都不是它的政治首都；而且，財經之都不

只一個，例如美國的紐約、舊金山、洛杉磯，中國的上海、廣州、香港、等等。

這些財經首都，多能夠在科技產業與文化產業，遙遙領先全世界的大多數城市，而成為全球化（globalization）網絡（network）中的重要節點（node），而且多能夠發揮全球性及即時性的影響。

但是，在這些財經首都之中，能肩負這種全球性與即時性影響者，通常集中在它的一個或少數幾個小區域之內；例如紐約的華爾街，倫敦的舊城（The City），東京的銀座，新加坡的銀行區，成為城市中的**金融城**，它的一舉一動，對世界財經的影響，只能用「翻雲覆雨」來形容。金融城以外的其他區域，與全球化的關係很少，即使有，也只是分散的、局部的，其重要性偏低。因此，在這些財經首都之中，也會形成不同階級（尤其指貧富差距）的社會。

台北市博愛特區三棟建築並排的社會意義

日治時代在今之博愛特區所建的三棟建築，有它的重大社會意義。中間威風凜凜的紅色總督府（今之總統府，圖 18），代表威權統治；其時，台北市的其他建築高度不得超過總督府。左側的台灣銀行（圖 19），以極為堅強耐久的天然石材所建，民間有「台灣銀行永遠不會倒」的說法。右側的法院（今之司法大廈，圖 20），外表柔和親切，但堅固程度不輸總督府。其意義在於：治權的穩固，左需堅強的貨幣、金融、與財政，右需公正且親民的司法。台灣銀行總行的位置接近商業中心（今之衡陽路及西門），司法大廈鄰近學校（今之北一女、東吳大學城區部、等等），皆有其社會意義。參見本文最後一節 誌念。



圖 16 乘坐輪椅的殘障人士，可以從地表人行道經無障礙系統直達地下捷運車廂（洪如江攝）



圖 17 台灣高速鐵路高雄站，殘障人士自駕機動輪椅進出車站與車廂（洪如江攝）



圖 18 總統府，日治時代治權象徵的總督府（洪如江攝）



圖 19 台灣銀行總行，堅強與耐久石材所建，象徵意義：治權（總督府）要穩固，左手必須有堅固的貨幣、金融、與財政（洪如江攝）



圖 20 司法大廈：治權（總督府）要穩固，右手必須有公正親民的司法（洪如江攝）

政府辦公大樓顏色的社會意義

日治時代在台灣所建而尚在使用的辦公大樓，不少採用紅色外表，展示威權，例如上述的總督府（今之總統府，圖 18）、台南市警察局（圖 21）。

台北市政府警察局大安分局（圖 22）與台北市政府警察局大安分局和平東路派出所（圖 23）的外表，不再以紅色外表展示威權，而以白色展示親和力及潔淨。

柏林圍牆的社會意義

當蘇聯（1922 ~ 1991）於二次大戰後佔領東歐期間，與西方同盟國（美、英、法）分治柏林。東柏林（1945 ~ 1990）的社會與西柏林的社會，對比強烈，東柏林民眾紛紛逃往西柏林。東柏林當局在 1961 年 8 月 13 日開始建立柏林圍牆，但不少東柏林人翻牆逃往

西柏林，其中，約 200 人在翻牆時被射殺。1989 年 11 月 9 日，東柏林政府宣佈准許東柏林人自由前往西柏林，在之後的數週之內，柏林圍牆被百姓拆除。1990 年 10 月 3 日，德國統一成為民主國家。

「柏林圍牆」這醜陋的土木工程，正好凸顯兩個社會的不同。200 東柏林人，為爭取民主自由而翻牆、而犧牲生命，是歐洲人秉持「生命誠可貴，愛情價更高，但為自由故，兩者皆可拋」的傳統精神。

結 論

龐大而不偉大的土木工程，例如金字塔、雨蛇神廟、鱷魚神廟、極度奢華的皇宮與陵墓、等等，常耗費龐大資源，排擠國家安全、國民生活、教育、科技、文化、社會福利、等等方面所急需的資源。而且，相對於其他工業產品，土木工程多堅固耐久，不



圖 21 台南市警察局辦公大樓（洪如江攝）



圖 22 台北市政府警察局大安分局外表早已改成白色（洪如江攝）



圖 23 台北市政府警察局大安分局和平東路派出所白色外表（洪如江攝）

是使用一兩次就丟的東西。因此，工程如有過量，成為「蚊子館」一類的閒置工程、或不當（甚至於有害）的所謂「豆腐渣工程」，都違反社會的公平與正義。台灣九二一大地震災後的校園重建工程，重視結構安全及防災，也重視各族群文化與生活方的多樣性，值得其他國家災後校園重建的參考。

就算工程建造得毫無瑕疵，也要看這個工程是誰的利益而建。是為富翁而建？還是為社會大眾的利益而建？工程完工之後的成品歸誰用？台灣，空屋數量高達 86 萬餘宅之多；但大量年輕人，卻因買不起房屋而不敢結婚的奇異社會現象，少子已經成為國安危機。全世界，目前約有 16 億人居住在簡陋的棚屋或難民營（refugee camp）之中。社會公平正義的淪喪，發生在世界上的許多國家。

土木工程師，在從事規劃、設計、施工、與維護土木工程的每一個階段，必須都能夠照顧到「社會的公平與正義」，再加上對經濟發展及生態環境的重視，土木工程才是「永續工程」，也是「文明工程」。但面對世界性社會的奇異現象，首先應該效法新加坡及大部分歐洲民主國家的「住者有其屋」政策。

誌 念

本文「台北市博愛特區三棟建築並排的社會意義」之意念，得自黃季陸老師在「三民主義」一課（民國 42 年）之中的講解；黃季陸老師，曾任國父孫中山先生秘書，並根據國父意旨協助起草三民主義文稿（惜毀於陳炯明砲火）；在擔任台大土木系「三民主義」一課之時，專任內政部長，為陳誠院長推動土地改革的執行者。黃老師上課，從比較大的寬度及高度講解民族主義、民權主義與民生主義等等相關議題的發展史、當代思潮、及前景；至於教本（國父三民主義講稿），由學生自行閱讀，每週一講為原則，並在課堂中與學生互相討論。

參考文獻

1. 「維基百科：故宮」。
2. 洪如江，2018/08，「土木工程與城市文明」，土木水利，第四十五卷第四期。
3. 洪如江，2018/10，「土木工程與經濟」，土木水利，第四十五卷第五期。
4. 羅融，2004，台灣的九二一重建校園，遠足文化。
5. FT Weekend, 24 NOVEMBER / 25 NOVEMBER 2018. 



107年年會大會 隆重舉行 光彩奪目

各位貴賓、會員，大家早安

首先謝謝大家百忙中來到高雄，參加中國土木水利工程學會 2018 年年會。

土木水利工程之發展歷史悠久，不但帶動人類文明與發展，且深深影響人民生活與未來。例如今年年會的主辦地——高雄，這幾年高雄隨著國家經濟發展與社會變遷，已由港灣、重工業為主的城市，逐漸發展成為亞洲新灣區，是個兼具活潑快樂、動力便捷的都市，我們看到近幾年高雄鐵路地下化、捷運與輕軌的智慧交通系統完工通車，中鋼總部大樓、衛武營都會公園、高雄展覽館、新光碼頭、海洋文化及流行音樂中心……等等綠色的、高科技的建築——新建起來，已將高雄建設為一個全智慧且有特色的再生城市，這也是本次會議主題定為「智慧工程、特色城市」的原因，我們希望藉由這次年會將新高雄行銷於世界各地。

近年來，極端氣候是我們土木水利界所面臨的最大挑戰，大家知道除了異常的強降雨外，台灣因位處菲律賓板塊及歐亞板塊交界上，颱風、地震等天然災害極多，因此，近幾年來我們學會不遺餘力的在推動災害防治工作，例如：今年 2 月 6 日花蓮地震後，學會即於 2 月份雙月刊出版花蓮地震特輯，研思如何從法規制度、耐震工程技術來落實危險、老舊建築物之加速重建或補強，並辦理多場研討會，受到政府及工程界廣大的迴響。此外，學會亦借鏡國際間的案例，來喚醒國內對公共工程的維護管理與防災上省思，例如：今年 8 月 14 日義大利 Morandi 橋梁倒塌意外，學會即邀集專家辦理研討會，並於學會 10 月之雙月刊，針對該橋梁之崩塌、國內同類型橋梁面臨之問題，進行分析與探討。今天上午，我們也很榮幸邀請到海洋委員會主委黃煌輝教授以「土木水利環境災害與對策」為專題，來與各位分享他個人多年經驗與研究成果，希望大家能居安思危。

當然，除了傳統土木建設外，面臨新時代的科技，如 AI 人工智慧、大數據分析等，我們「土木人」亦須思考與因應新技術的衝擊和應用，這年來我們舉辦不少智慧科技在土木水利工程應用的活動，期望我們工程技術能隨著智慧化的發展，而更先進、更具挑戰，達到永續發展的目標。

另外，今天下午議程也相當精采，除了學生工程創意競賽與學生 BIM 競賽得獎發表外，還有四個重要的子題發表，分別是重大土木工程包（含軌道工程）的介紹、台灣能源工程未來之發展、水利防災工程及綠營建工程新技術，些都是我們台灣工程界所面臨的重要課題。說到軌道工程，我在此向各位報告一個好消息，本學會所推薦鐵道局『桃園機場捷運計畫』在本屆的 ACECC（亞洲土木聯盟）獲得了最佳工程獎（Project Award），另外，我們推薦李建中博士亦獲得個人最佳成就獎（Achievement Award），將於明年 4 月在東京 ACECC 年會中頒獎，這兩項大獎不僅顯示我國的工程受到國際社會的肯定，亦更提高我國工程人員的國際社會地位。

今天非常感謝高雄市政府能夠與學會共同主辦這次的年會。另外中國鋼鐵股份有限公司、高雄市政府工務局與水利局、柏林股份有限公司能夠協助合辦年會，特別是中鋼公司提供國際會議廳，讓今天的會議得以順利舉辦；此外還有三十多個團體及單位慷慨贊助年會活動，非常謝謝大家的贊助與熱情參與，使今天的年會活動得以順利推動，也祝福所有參加貴賓，身體健康、萬事如意。

理事長

王 昭 烈

2018.12.07

大會專題演講

土木水利環境災害與對策



黃煌輝先生 / 海洋委員會主任委員
財團法人成大研究發展基金會董事長
國立成功大學名譽教授

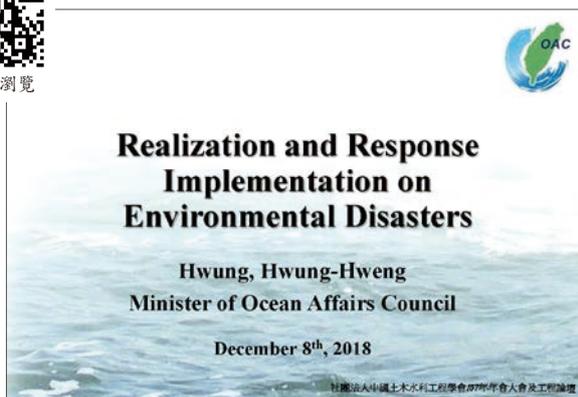
專題演講摘要

傳統的土木水利工程建設都著重於硬體工程的安全與功能的利用，鮮少注意到週遭環境變遷或人為災害所引發的破壞。然而近幾十年來地球環境受到人類活動的影響，逐步引發各種環境變遷與災害。為讓土木水利工程能永續安全使用，實需在規劃設計前深入檢視相關可能的環境災害作為因應，期能將環境災害影響降低。

環境災害是必然的現象，早期因為人類活動範圍較小，而未察覺。然因人類生活需要而擴大活動範圍時，必然會遭受環境災害之侵襲。以往土木水利工程師口頭上習慣掛著「防災」的口號，如今面對環境災害的侵襲實應修正為「減災」的思考。在人類生活環境能容忍的範圍內，以維持人類生活的正常運作。因此新一代的土木水利工程師應特別注意工程規劃設計前必需檢視可能面對的環境災害，以利達到最適的工程目標（包括成本效益、安全維護與環境保育）。



檔案瀏覽



大會專題演講內容發入深省

終身特殊貢獻獎

「為者常成、行者常至」座右銘成為鐵工局局



董萍將軍生平介紹

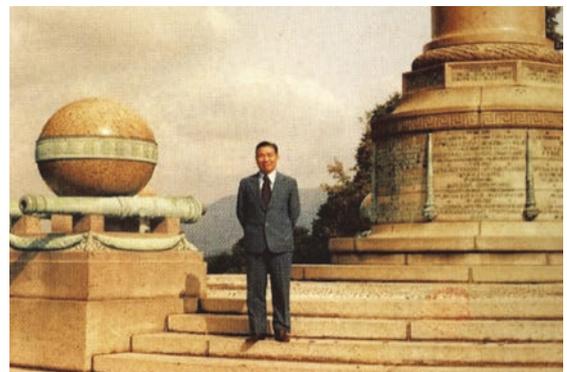
董萍將軍 / 浙江鄞縣人

學歷：

哈佛大學商學院高級管理班 (AMP)
美國陸軍後勤管理學校
陸軍三軍大學將官班
陸軍官校第七分校（西安）第 17 期炮科



董萍將軍簡歷



軍旅生涯：民國 68 年 10 月在美國西點軍校紀念塔前

民國 69 年初，董萍將軍獲得蔣經國總統首肯後，從軍職轉換角色擔任臺灣鐵路管理局局長。於臺灣鐵路管理局局長任內執行首要兩項建設計畫：
一、宜蘭線（台北至蘇澳）鐵路雙軌化。
二、花東線（花蓮至台東）鐵路拓寬。

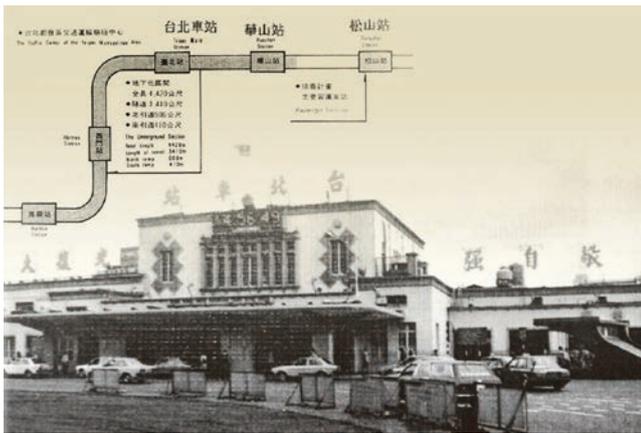


民國 70 年鐵路局長任內視察東線拓寬工程



民國 70 年 10 月在鐵路局長任內接見全國第一位女列車長林美玉

民國 72 至 82 年間擔任臺北市區地下鐵路工程處處長，任內完成自華山站至萬華站全長 4.2 公里路線，及台北車站地下化改建工程。



台北車站地下化改建工程



民國 78 年陪同交通部張建邦部長及台北市吳伯雄市長主持鐵路地下化松山專案開工典禮



民國 78 年 9 月總統府資政孫運璿先生參加台北車站地下化通車典禮



民國 81 年 8 月行政院長郝柏村先生主持鐵路地下化「松山專案」通車典禮

於高速鐵路工程籌備處處長任內，籌備規劃第一條高速鐵路，完成期中規劃作業。工程總經費 4,000 億元，工期 8 年。



民國 75 年興建萬華臨時車站啟用



民國 72 年交通部台北市區地下鐵路工程處成立掛牌儀式



民國 76 年率領主管人員巡視松山專案工地現場



「為者常成、行者常至」座右銘成為鐵工局局訓

退休後擔任中國工程師學會「工程倫理委員會」首任主任委員，為加強推動工程倫理之實踐，特宣佈推廣四大工程師信條：

1. 工程師對社會的責任：
守法奉獻：恪遵法令規章保障公共安全增進民眾福祉
尊重自然：維護生態平衡珍惜天然資源保存文化資產
2. 工程師對專業的責任：
敬業守分：發揮專業知能嚴守職業本分做好工程實務
創新精進：吸收科技新知致力求精求進提昇產品品質
3. 工程師對業雇主的責任：
真誠服務：竭盡才能智慧提供最佳服務達成工作目標
互信互利：建立相互信任營造雙贏共識創造工程佳績
4. 工程師對同僚的責任：
分工合作：貫徹專長分工注重協調合作增進作業效率
承先啟後：矢志自勵互勉傳承技術經驗培養後進人才

榮譽獲勳

- | | |
|------------------|----------|
| 78年交通部頒發 | 一等交通專業獎章 |
| 81年行政院頒發 | 三等功績獎章 |
| 82年行政院頒發 | 一等功績獎章 |
| 102年交通部第14屆金路獎頒發 | 終身成就獎 |
| 107年中國土木水利工程學會 | 終身特殊貢獻獎 |



107年由本學會王理事長頒贈董萍將軍「終身特殊貢獻獎」



頒贈儀式簡單隆重，全體來賓合影留念

107年度土木水利工程獎章 學術研究類 得獎人：黃世建先生



黃世建先生

財團法人國家實驗研究院國家地震工程研究中心主任
國立台灣大學土木工程學系教授

事蹟介紹

一、全國既有建築結構耐震評估與補強工作之推動

1. 國家地震工程研究中心接受教育部委託成立「老舊校舍補強整建專案辦公室」，對全國公立高中職以下校舍全面進行耐震評估與補強。於98年至106年期間計畫主持人任內，已完成耐震補強與重建之校舍約7,000棟，108年可完成8,517棟，約占全國公立高中職以下校舍之32%。

2. 主持內政部營建署之「單棟大樓階段性補強技術手冊及示範案例規劃設計監造」擬對全國老舊建築提供排除軟弱底層之階段性耐震補強選項。

二、鋼筋混凝土建築結構設計規範之修訂

1. 主導土水學會於97年將土木401-96規範捐贈內政部營建署，經審議通過於100年6月公告為「混凝土結構設計規範」。

2. 98年至103年曾擔任美國混凝土學會ACI 318規範委員會委員，此為ACI 318委員會唯一之國際代表。

3. 擔任ACI 318規範委員期間，協助中國土木水利工程學會、台灣混凝土學會與ACI台灣分會，於102年與美國混凝土學會簽約翻譯ACI 318-14鋼筋混凝土建築規範。

三、鋼筋混凝土結構耐震行為研究與技術開發

1. 針對台灣既有鋼筋混凝土建築，發展非韌性配筋結構之耐震評估與補強技術。

2. 發展台灣老舊含牆住宅建築之耐震評估與補強技術。

3. 推動超高強度鋼筋混凝土結構技術，研發超高強度鋼筋及超高強度混凝土，應用在超高層建築。

107 年度土木水利工程獎章 程禹傑出工程師獎 得獎人：陳仲賢先生



陳仲賢先生
財團法人中興工程顧問社執行長

事蹟介紹

一、克服工程困難之事蹟及領導工程團隊之績效

1. 編列 / 通過「石門水庫及集水區整治計畫特別預算」，有效改善石門水庫濁水及百姓停水威脅。
2. 研提「淹水地區水患治理計畫」，提升河川治理成效。
3. 恢復鯉魚潭水庫閘門功能，化解大臺中地區缺水危機。
4. 民國 91 年 ~ 94 年統籌辦理基隆河整體治理計畫之前期計畫，除堤防整治外，其最重要的工程為『員山子分洪計畫』。
5. 民國 91 ~ 92 年臺灣北部面對有史以來最嚴重的旱災，陳仲賢先生擔任中央抗旱中心副召集人，統籌有效調度水資源妥適因應，協調水資源調度聯繫。
6. 民國 91 年起，辦理基隆河初期治理計畫，把基隆河保護標準提高到十年。
7. 民國 91 年開始，推動「大高雄地區自來水水質改善計畫」，建造南化連通管引道，直接改進水質端的水質，讓整個大高雄地區的水質大幅改善。
8. 民國 70 年進行『南化水庫可行性規劃』，讓南化水庫成為國內從規劃、設計、施工完成時間最短的一個水庫。

二、制訂創新的政策措施 確保水源品質 造福民眾

1. 主導訂定「溫泉法」，於民國 93 年 6 月立法院三讀通過，民國 94 年 7 月開始施行。本法案之通過讓溫泉行業可永續經營發展並確保溫泉品質，帶動地方經濟以及保障國民的健康。
2. 落實「水源水質保護區回饋政策」，完成相關法令規定，讓受限者有合理的補償，並確保水源水質保護區的乾淨、安全。
3. 推動東部深層海水的取水工程計畫，帶動民間自行投資深層海水產業。
4. 民國 100 年起，積極推動新北市透水保水的海綿城市理念，並完成新北市「透水保水自治條例」。

107 年度當然會士 呂良正先生



呂良正先生
財團法人台灣營建研究院院長
國立臺灣大學土木工程學系教授

成就簡述

呂教授為美國康乃爾大學理論與應用力學博士，臺灣大學土木工程學系教授，專長為結構工程，目前為臺灣營建研究院院長，中華工程教育學會秘書長兼認證委員會執行長，曾任中國土木水利工程學會理事長及中華民國結構工程學會理事長。

自 2012 年開始服務於 IEET 以來，竭力精實認證所需材料和提升認證制度品質，並積極服務國際同儕和促進國際合作。在台大土木系主任六年任期，主導並和系上教授共同推動課程改革，以提升學生工程實作能力，最主要成果是一系列實作課程的規劃和開授：大一（上）必修的「土木工程概念設計」及大一（下）必修的「土木工程基本實作」（奠基石：Cornerstone）；大二（下）必修的「結構與流體實驗」（核心石：Keystone）；大三、大四必修的「土木工程設計實務課程」（頂石：Capstone），簡稱為實作課程三部曲，此一系課程為國內及國外推動實作課程之學習對象。

在中國土木水利工程學會理事長任內，不僅大力促進學會業務的質和量提升，也同時加強學會人才培育和財務健全，最重要的是積極推動多項提升土木領域名聲和福祉的工作及國際合作，例如土木基本法的架構擬定、土木產業白皮書的編訂與推動。

現擔任臺灣營建研究院院長，致力於領導營建產業進一步發展及技術水準提升，近期並積極籌設創立台灣循環經濟學會，期以此引領新一代土木工程新思維和永續發展。呂教授任教 24 年餘，已經培育碩、博士近 90 位。發表期刊著作 50 餘篇，研討會論文 100 餘篇。

107 年度當選會士 李元唐先生



李元唐先生
台灣世曦工程顧問股份有限公司副總經理

成就簡述

李元唐副總經理任職中華顧問工程司／台灣世曦工程顧問公司近 38 年，從基層工程師做起，即展現過人之專業技術能力與領導統御才能，更因其個性主動積極、勇於任事的處事態度，深獲同仁愛戴及長官賞識，獲得提拔肩負更大責任。曾參與、主辦及督導同仁辦理許多國家重大且深獲各界肯定與矚目之公共建設，成績斐然，獲獎無數。

李君多年來亦將自身累積之專業回饋社會，除受邀至業主及大學土木系進行技術講座，其本身亦擔任台灣軌道工程學會、中國土木工程學會之理事及中華民國工程技術顧問商業同業公會監事，亦應邀參與與其所學相關的各類相關規範之編修，且長期結合理論與實務發表相關論文，將個人之土木工程專業技術，融合產、官、學界於一身。

107 年度當選會士 胡宣德先生



胡宣德先生
國立成功大學土木工程系教授

成就簡述

擔任本學會第 20、21 屆資訊委員會委員；第 22 屆會員大會代表、理事、南部分會委員會主任委員、學生

活動委員會主任委員、學術與教育委員會副主任委員、評獎委員會 — 獎學金小組委員；第 23 屆會員大會代表、理事、土木水利學刊委員會主任委員（中國土木工程學刊總編輯）、評獎委員會 - 論文小組召集人、評獎委員會 — 獎學金小組委員、兩岸交流委員會委員、學術與教育委員會委員、服務委員會委員、學生活動委員會委員、南部分會委員會委員。尤其擔任中國土木工程學刊總編輯時，將學刊出刊次數由一年四期加倍為八期（2019 年起），增大學刊之影響力。

推動國內土木工程教育之國際化，促成國立成功大學與美國伊利諾大學香檳分校簽訂雙聯學士及碩士學位協約。並完成印尼 Maranatha Christian University、Universitas Diponegoro、Universitas Sriwijaya 及 Universitas Atma Jaya Yogyakarta 四所大學與國立成功大學簽訂 3+2 雙聯學士、碩士學位協約，增加台灣對東南亞國家未來之影響力。

107 年度當選會士 黃炳勳先生



黃炳勳先生
台灣世曦工程顧問股份有限公司土建事業群資深協理

成就簡述

負責或參與重要建設，如第二高速公路、東西向及西濱快速公路、高雄港聯外高架、金門大橋、省道老舊橋梁改建等工程，對於新橋型及新工法之創新及推廣，不遺餘力，認真負責且成效卓著，相關成果曾多次獲得工程會「金質獎」、中國工程師學會「工程優良獎」及「工程論文獎」、結構學會「結構工程技術獎」及「結構工程論著獎」等殊榮。個人亦於 101 年獲中國工程師學會「傑出工程師獎」。

擔任本學會會員代表、編輯出版委員會副主任委員（20 屆），及混凝土工程委員會委員（21 屆迄今），長期參與混凝土規範之編修；另外尚擔任其他學、協、公會之理事，熱心公益。

107 年中國土木工程學會論文獎

考慮系統功能影響之橋梁補強工程效益研究 (刊載於中國土木工程學刊第 29 卷第 4 期)



姓名：邱建國先生
學歷：日本東京大學博士
現職：台科大營建工程系教授



姓名：宋裕祺先生
學歷：國立臺灣大學土木工程博士
現職：台北科大土木工程系教授



姓名：劉光晏先生
學歷：國立臺灣大學土木工程系博士
現職：國立成功大學土木工程系副教授



姓名：程瑞忠先生
學歷：台灣科技大學碩士
現職：荔承精密股份有限公司工程師



姓名：陳柏湧先生
學歷：台灣科技大學碩士
現職：國泰營造工程師

摘要：

計算橋梁補強效益時，首先了解橋梁面對災害時之損傷機率，本研究於定義損傷等級時，除原本橋柱耐震性能外，亦加入元件或構件檢核，檢核項目依補強規範建議如：防落長度、支承剪力、基礎拉拔力等，因此各損傷等級皆由數個檢核項目決定，其損傷發生機率需以系統可靠度方法進行運算。本研究亦考量不同損傷狀態修復時之功能回復，以反映補修時程中之交通容量變化而計算其對應之社會成本。本研究以益本比計算補強效益時，將考慮功能性提升對效益之影響，並以益本比決定補強效益高低與成本回收年限，最後進行案例研究以了解本方法之實用性。



雷射定位質點影像流速與水位整合量測系統 (刊載於中國土木工程學刊第 29 卷第 3 期)



姓名：林聖峯先生
學歷：台南大學數位學習科技碩士
現職：國家實驗研究院台灣海洋科技研究中心助理研究員



姓名：張文鑑先生
學歷：國立臺灣大學土木工程學系博士
現職：國家實驗研究院國家高速網路與計算中心研究員



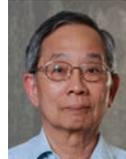
姓名：蔡惠峰先生
學歷：美國愛荷華大學土木與環境工程博士
現職：國家實驗研究院國家高速網路與計算中心資深研究員



姓名：廖泰杉先生
學歷：中原大學電子工程博士
現職：國家實驗研究院儀器科技研究中心研究員



姓名：賴進松先生
學歷：美國加州大學柏克萊分校土木與環境工程學系博士
現職：臺灣大學水工試驗所研究員兼研發組組長



姓名：羅俊雄先生
學歷：國立臺灣大學土木工程學系博士
現職：國立臺灣大學土木工程學系所教授
國立臺灣大學終身特聘教授

摘要：

本研究提出雷射定位質點影像流速與水位整合量測系統，其係平行投射四點矩形排列之雷射光於水面上，提供 PIV 流速影像辨識之參考尺度，同時並偏角投射第五點雷射光於水面上，以利用雷射點位移來偵測水位變化，因此，本系統能達到流速、水位之整合量測。本研究目前已利用宜蘭牛鬥橋建置的雷射定位攝影量測系統，量測獲得牛鬥橋常流量以及麥德姆颱風高流量之水位與流速變化，經與其他量測值比較分析，顯示本系統之雷射定位與 PIV 演算法具有良好的精確度，能有效量測到洪水期間高、低流速與水位的流況，具有實務應用的可行性。



陸上風力發電機組興建工程受風不確定性因素影響之工期預測模式 (刊載於中國土木水利工程學刊第 29 卷第 2 期)



姓名：郭斯傑先生
學歷：美國德州大學奧斯汀校區博士
現職：國立臺灣大學土木系教授



姓名：陳榮興先生
學歷：國立臺灣大學土木工程系博士
現職：台北市政府技監



姓名：丘佳欣女士
學歷：國立臺灣大學土木工程系碩士
現職：新工處幫工程司

摘要：

風力發電具備低污染及低成本之優點，為具潛力的再生能源之一，且台灣風力資源充沛，故風力發電機組興建工程將在台灣積極開發推動。目前工程界實務上對於受天候影響之工期預估大多是根據經驗法則以概估方式處理。本研究引用陸上風力發電機組興建工程工址區域之歷史風速資料，藉由分析各級風對各受風敏感之作業項目的直接生產力影響，再結合經模糊隸屬函數量化處理之專家經驗，建立一受風影響之工期預測模式，並以「桃園蘆竹風力發電機組興建工程」為例，測試此工期預測模式之成效，期能提供排程人員更為可靠之工期預測與排程參考。



垂直孔爆破試驗引致振動之量測與分析 (刊載於中國土木水利工程學刊第 29 卷第 3 期)



姓名：黃俊鴻先生
學歷：國立臺灣大學土木系博士
現職：國立中央大學土木系教授



姓名：鄧源昌先生
學歷：國立中央大學土木系博士
現職：國家地震工程研究中心專案助理研究員



姓名：歐怡岑女士
學歷：國立中央大學土木系碩士
現職：臺南市政府工務局幫工程司



姓名：柯永彥先生
學歷：國立臺灣大學土木系博士
現職：國立成功大學土木系助理教授

摘要：

為避免隧道開炸對既有工程結構物與鄰近聚落之影響，本研究設計與執行「新烏山嶺引水隧道工程」之前導爆破試驗。前導試驗模擬此隧道工程鑽炸法單孔爆破及多孔延遲爆破之最大裝藥量來進行，量測並分析爆炸時於距爆破點不同距離處之鄰近自由場、邊坡、水工結構物與舊引水隧道所引致之振動量。根據其波形、振幅隨距離衰減關係、富氏譜以及反應譜，探討並比較其振動量與振動特性。依據量測分析結果，進而評估新建隧道採鑽炸法開挖時所產生之振動影響，可作為擬定新隧道施工開炸程序、既有工程結構物之安全監測以及施工期間各項減振與隔振對策之參考。



GPU 加速數模於二維穩態不可壓縮穴流之研究 (刊載於中國土木水利工程學刊第 29 卷第 2 期)



姓名：謝東洲先生
學歷：國立交通大學土木工程學系碩士
現職：國立交通大學土木工程學系水利組博士候選人



姓名：葉克家先生
學歷：美國愛荷華大學土木及環境工程系博士
現職：國立交通大學土木工程學系教授

摘要：

圖形處理器 (graphic processing unit, GPU) 源自於處理電腦遊戲大量貼圖運算，現今透過計算統一架構 (compute unified device architecture, CUDA) 能夠有效的運用其高度計算能力、儲存器帶寬於科學計算方面。在水利方面所面臨的大量計算問題，如集水區淹水演算、三維水理及動床演算等，數據規模大小已經達到 TB 甚至於 PB 量級，對計算效能構成了嚴峻的挑戰。本研究藉 GPU 以有限差分法求解二維穩態不可壓縮穴流，評估 GPU 加速於數值模擬之效益。本研究以 nVidia GeForce GTX 480、GTX 970 作為平行計算之 GPU 設備，CPU 方面選用 Intel® Core™ 2 i7-4790 進行串行計算，在長寬比為 7，網格點數達 257×1793 時，加速成效介於 13 ~ 20 倍加速效果。



SEM 與 SSNMR 應用於鹼活化混合爐渣膠結材料微觀結構分析 (刊載於中國土木水利工程學刊第 29 卷第 1 期)



姓名：鐘文煥先生
學歷：國立中央大學土木工程系博士
現職：潤泰精密材料股份有限公司專案課長



姓名：黃偉慶先生
學歷：美國普渡大學土木工程系博士
現職：國立中央大學教授

摘要：

鹼活化混合爐渣為爐石粉與還原渣混合後經由鹼活化劑活化所形成的膠結材，具有良好的強度發展與較佳的抗化學侵蝕能力，是一種具有發展潛力的綠建材。本研究依一定比例混合爐石粉與還原渣，並以兩種不同濃度的鹼活化劑製成鹼活化混合爐渣，藉由掃描式電子顯微鏡 (scanning electron microscopy, SEM) 以及固態核磁共振光譜儀 (solid-state nuclear magnetic resonance spectroscopy, SSNMR) 進行微觀分析。實驗結果顯示，鹼活化混合爐渣多為非結晶型化合物，隨著齡期與鹼活化劑濃度增加而更加緻密。漿體內的鋁原子大多與矽化合物共同架構成低鈣矽比的 C-A-S-H 膠體，因鋁原子位於膠體穩定架構內部，故針對鋁化合物不利的化學侵蝕作用無法造成顯著的影響，說明了鹼活化漿體抗化學侵蝕較佳的部分原因。



107年中國土木工程學會學生獎學金

曾養甫獎學金 家源獎學金 朱光彩獎學金



陳律安
國立臺灣大學
土木工程系



馬瑞怡
淡江大學
土木工程系



蕭宇東
國立中興大學
土木工程系



林秉緯
國立成功大學
土木工程系



謝子謙
國立臺灣科技大學
營建工程系



中國土木工程學會獎學金



林芳宇
國立交通大學
土木工程系



黃婕瑜
中原大學
土木工程系



曾文佐
朝陽科技大學
營建工程系



詹豐銘
淡江大學
水資源及環境工程系



黃富群
建國科技大學
土木工程系



廖奕樵
國防大學理工學院
環資及工程系



李坤哲
國立暨南國際大學
土木工程系



高典群
國立高雄應用科技大學
土木工程系



王詠世
高苑科技大學
土木工程系



許凱翔
國立臺北科技大學
土木工程系



連怡華
國立高雄大學
土木與環境工程系



曾凱慶
陸軍專科學校
土木工程科



余沛涵
國立雲林科技大學
營建工程系



李傑祐
中華大學
土木工程系



呂承穎
國立臺灣海洋大學
河海工程系



歐宸宇
義守大學
土木與生態工程系



潘俊霖
國立宜蘭大學
土木工程系



陳晉德
陸軍軍官學校
土木工程系



2018 學生 BIM 軟體應用競賽

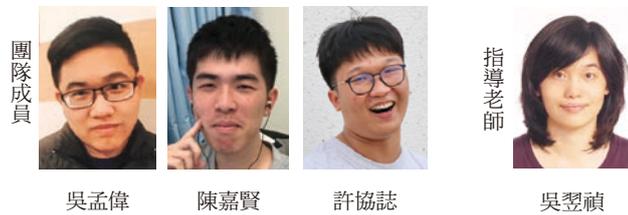
第一名 我們有 BIM Ver.2

淡江大學 土木工程學系



第二名 Carpe Diem

國立高雄科技大學 土木工程系



第三名 中原 BIM 小組

中原大學 土木工程學系



佳作一 BIM 肩作戰

國立臺灣科技大學 營建工程系



佳作二 BIM 駕齊驅

國立臺北科技大學 土木工程系



2018 全國大專院校工程創意競賽頒獎



金獎 杜杜寺

國立臺灣大學 土木工程學系

邱文心、隊員：吳軒竹、陳修源、張秉鈞
導師：陳柏華
國立臺灣大學土木工程學系 副教授
主題：Smart Wanhua



銀獎 手把手，UNICORN

國立臺灣大學 土木工程學系

楊東益、施凱智、蔡昉容、張家偉、陳漢穎
導師：李天浩
國立臺灣大學土木工程學系 副教授
主題：相伴智慧共同成長



銀獎 平凡之路

國立臺灣大學 土木工程學系

蔡柔玫、邱晨、趙奕翔、王思涵、張洵濤
導師：詹澄潔
國立臺灣大學土木工程學系 助理教授
主題：智慧垃圾運輸系統

感謝本次工程創意競賽技術諮詢委員

業師姓名	公司	職稱	專長
劉力旗	亞新工程顧問股份有限公司	技術經理	環境工程
郭怡婷	中興工程顧問股份有限公司	計畫主任	環境工程
林沂賢	亞新工程顧問股份有限公司	正工程師	軌道運輸
王緒堯	台灣世曦工程顧問股份有限公司	計畫經理	公路工程
桂國福	亞新工程顧問股份有限公司	交通技師	交通工程
王思涵	中興工程顧問股份有限公司	工程師	交通工程
陳宜民	中興工程顧問股份有限公司	工程師	BIM
蕭富慈	台灣世曦工程顧問股份有限公司	正工程師	BIM

業師姓名	公司	職稱	專長
許維倫	中興工程顧問股份有限公司	工程師	結構工程
王元度	中興工程顧問股份有限公司	工程師	大地工程
林啟豐	台灣世曦工程顧問股份有限公司	協理	機電工程
顏正宗	中樑工程顧問股份有限公司	工程師	機電工程
陳炳宏	台灣世曦工程顧問股份有限公司	計畫經理	專案管理
林怡成	亞新工程顧問股份有限公司	水利技師	水利工程
李維欣	中樑工程顧問股份有限公司	工程師	景觀工程



日本 JSCE 理事長 Mr. Yasu HAYASHI 代表外賓致詞



蒙古 HASE 代表 Mr. ODBAYASAKH Bataa



韓國 KSCE 代表 Prof. Hong Gyoo Sohn Vice-President



高雄市政府工務局蔡長展局長開幕致詞



陳哲生總經理（柏林公司）是年會籌備委員會主委更是此次年會的最大推手



土木水利工程獎章



各式獎牌琳琅滿目



黃煌輝主委進入會場，左至右第一排陳哲生主委、蔡長展局長、第二排高宗正理事、歐善惠常務理事



王理事長和陳哲生主委



感謝中工會南部分會陳金標秘書長幕後大力協助





2018 CICHE International Forum 國際交流 好評不斷



張武訓秘書長致詞



高雄市政府工務局
黃志明副局長致詞

Welcome Messages

Ladies and Gentlemen

Welcome to Taiwan and thank you for attending today's forum. Especially, I would like to thank Kaohsiung City Government and China Steel Corporation for co-hosting this forum and providing such a nice place for our activities.

Also, I would like to thank our honorable guests from abroad, including Professor Okada from JSCE, Professor Sohn from KSCE, Professor Yeung from Hong Kong University, Professor Wang from ASCE-Hong Kong, Mr. Bataa from MSCE, and all their delegation members.

Smart Engineering and Urban Features are the main topics of this forum. "How to apply modern technologies to create a smart city" has been a global trend for the past decade. Currently Kaohsiung City developments are the best example of these new technologies. From underground railway project to MRT, light rail system, to Kaohsiung National Stadium, Kaohsiung Exhibition Center, Maritime Cultural & Popular Music Center, the New Kaohsiung Train Station, ..., etc. are all implement the BIM, green, intelligent technologies into the project. And Kaohsiung already reborn from the harbor-heavy industrial intensive city into 21 century's green, smart and hazard prevention city. When you are free, please take some time for a site visit.

This morning we will have 5 keynote speeches to present you their viewpoints and achievements on smart engineering and urban related issues. And in the afternoon, we will have more than 24 presentations in 6 sessions, including Smart Engineering, Mega Civil Engineering, Energy, Disaster Prevention, Hydraulic Projects and Technologies and Young Engineer Sessions.

I am sure, through this forum, all the attendants from abroad and Taiwan can share their new ideas and technologies to help creating a better life for the public.

Again, I would like to thank you all for attending today's event and I hope you do enjoy your stay in Taiwan.

Best wishes to everyone!



Wang, Jaw-Lieh

President

Chinese Institute of Civil and Hydraulic Engineering

December 7, 2018

各節議程及簡報已公布於土木網站，掃描 QR code 即可連結。
若手機連結不到簡報，請修改 設定 / 應用程式 / 雲端硬碟 / 預設開啟 / 開啟支援的連結 / 不要在此應用程式中開啟

Keynote Lectures



Urban Space Redesigned for Inclusive and Livable Cities — Kaohsiung Experience



Ching-Fu Chen

Distinguished Professor & Department Chair
Department of Transportation and
Communication Management Science
National Cheng Kung University, Taiwan

Expertise

Urban mobility, urban sustainability, economic analysis, tourism management

Abstract

In recent years, the concept of “livable city” has spread all over the world. For many countries, the pursuit of economic growth is no longer the only indicator of progress; on the contrary, the ability to improve people's well-being through urban construction is becoming more and more prominent. This has also become the most concerned policy issue for the Kaohsiung City Government. We have developed parks and other green spaces, creating ecological wetlands and the largest green spaces in the country for everyone to enjoy. We built a 1,030 km bicycle route and built a friendly green network.

In order to expand the existing inland free trade port area, the municipal government is building a “Kaohsiung Asia New Bay Area” from a macro perspective, turning Kaohsiung into a new economic window for Taiwan. Its five major architectural projects with Kaohsiung's new vision showcase the charm and character of this ocean city.

When the railway undergrounding project completed, 15.37km long and up to 71.3hectares of corridors will connect 24 green lands such as Jhouzih Wetlands Park, Lotus Pond and Zhongdu Wetlands Park, which includes green corridors, waterways, bike paths and pedestrian walkways with diversified flowers and trees along the route.

This is Kaohsiung's experience, and we have done our best to build it and be proud of it.

Some Aspects of Water-Supply Heritage 水道（自來水）土木遺の諸相



Masaaki Okada 岡田昌彰

Professor
Dept. of Civil and Environmental
Engineering, Kindai University, Osaka

Expertise

Technoscape (landscape of technology, such as industrial landscape, civil-engineering landscape, etc), industrial archaeology, and heritage studies

Abstract

Water-supply is one of the major roles of civil engineering and plays the critical role for people's daily lives. Water supply facilities, such as purification plants, dams, water towers or reservoirs have contributed for building present cities, however, people are inclined to take water supply itself for granted and did not pay enough attention to their social or cultural importance. This lecture collects case studies in Japan and Taiwan and will discuss on what significant facilities, water supply systems, and even “landscape” the precursors have established, and how we can reuse the precious legacies as civil engineering heritage.

In terms of adoptive, or cultural reuse of industrial, and civil engineering heritage, Taiwan is one of the forerunners and has many excellent case studies which have been internationally known through TICCIH (The International Committee for the Conservation of the Industrial Heritage) Congress in Taiwan, held in 2013. This lecture would offer significant opportunity for engineers both of Taiwan and Japan to learn from each other's cases and philosophies.

Engineering and Socio-Economical Aspects of the Hong Kong-Zhuhai-Macao Bridge



Albert T. Yeung 楊德忠

Associate Professor, Department of Civil
Engineering, University of Hong Kong,
Hong Kong
Adjunct Professor, College of Mining
Engineering, Taiyuan University of
Technology, Taiyuan, Shanxi, China

Expertise

Civil engineering, geotechnical engineering, environmental engineering, foundation engineering, electrokinetics, ground improvement, contaminated site remediation

Abstract

The Hong Kong-Zhuhai-Macao Bridge, being situated in the waters of Lingdingyang (伶仃洋) of the Pearl River Estuary, is a mega sea-crossing infrastructure project in the Pearl River Delta of China. It consists of a series of bridges, sub-sea tunnels, viaducts and artificial islands connecting the Hong Kong Special Administrative Region (“Hong Kong”) (香港), Zhuhai City of Guangdong Province (廣東省) (“Zhuhai”) (珠海), and the Macao Special Administrative Region (“Macao”) (澳門), three major cities situated on the Pearl River Delta of China. The Hong Kong-Zhuhai-Macao Bridge will shorten the travel times among these three cities and benefit the economic development of the Pearl River Delta region significantly. The functions of the Hong Kong-Zhuhai-Macao Bridge Project are: (1) to meet the demand of passenger and cargo interflows among Hong Kong, Mainland China (particularly the western Pearl River Delta region) and Macao; (2) to establish a new land transport link between the east and west banks of Pearl River; and (3) to enhance the economic and sustainable development of the three major cities in the Pearl River Delta region. The opera-

tion of the bridge has just been commenced very recently. In this keynote lecture, the background of the mega project, and the engineering, in particular the geotechnical engineering and environmental engineering, and socio-economical aspects of the design, construction and operation of the bridge will be presented.

Smart Sensing of Infrastructure based on Waves



Jong-Sub Lee

Vice Dean and Professor
School of Civil, Environmental and
Architectural Engineering, Korea University

Expertise

Geo-characterization using waves, non-destructive testing and evaluations, in-situ geo-characterization, pile foundation

Abstract

For the sensing of the infrastructure especially geo-infrastructures, which cover tunnel, rock slope, soil slope (or excavation) and pile foundations, waves including elastic and electromagnetic waves are introduced. For the construction of geo-infrastructures, rock bolts, pipe roof support system, or soil nails have been commonly used. In addition, the steel cages are required for the pile installation. The integrity of rock bolt, pipe roof support system, or soil nail has been evaluated based on elastic waves at high frequency and low frequency. As the elastic wave should be continuously generated for the sensing of the infrastructure, alternative method may be required. As an alternative method, electromagnetic wave is adopted. Note that the electromagnetic wave can be used for the integrity evaluation of the rock bolt, pipe roof support system, and soil nail. Furthermore, as the response of the electromagnetic wave of rock bolt, pipe roof support system, or soil nail can continuously monitored, the rock bolt, pipe roof support system, or soil nail can be used as a sensor itself. This presentation demonstrates that waves may be effectively used for the integrity evaluation and the sensing of the infrastructure.

Moving Towards Smart, Green, and Resilient Cities



Shen-Hsien Chen

President
Sinotech Engineering Consultants, Inc.

Expertise

Smart, green, resilient and sponge city planning, water resource management & planning, construction management, hydrology

Abstract

The increase in greenhouse gas concentration has led to global warming and extreme weather all over the world. A convincing proof for climate change in Taiwan is that the frequency of extreme weather events is increasing. The interval between extreme rainfall and extreme drought has been about 20 years before, but it is currently shortened to less than 5 years. "Smart city" is the direction that must be taken in the face of climate change and sustainable development. During the past decade, many smart city solutions have been developed in Taiwan for government agencies, enterprises and individuals to collect all the data through the integration of information and communication technology and internet-of-things technologies to respond to various challenges, analyze and make smart decisions to improve efficiency. Smart cities require building collaborative teams of practitioners across disciplines. Architect and engineering consultants play a key role in the success of the smart city solution. In this presentation, we will discuss the global challenges we are facing, challenges and opportunities for building the smart city, and present what we have done in the past and what we are doing presently and in the near future for building the smart, green, and resilient cities. As technology continues to evolve, value-added applications for the smart city have unlimited possibilities. It is believed that the works to get city smarter, greener, and more resilient never end. Success lies in people working together with a common vision of sustainable development in our industry, society and beyond.

Session 1: Smart Engineering Projects & Technologies



KAOHAUS Reward Feedback Regulations to Green Building Policy Implementation Results in Kaohsiung



Joseph Yen-yi Li

Associate Professor
ShuTe University, Taiwan

Abstract

In response to the trend of "sustainability", "green" and "health" in the global environment, To provide green building improvement for new and existing buildings to promote green building technology. Through green building technology research and promotion, Guide buildings in Kaohsiung to promote green building improvement. Since 2008, the Kaohsiung City Government started the research based program from the Urban Development and Urban Design, which try to identify both the climatic and urban structure in a sustainable way. In the year of 2011, the Bureau of Public Works promote the Kaohsiung LOHAS House Program, and encourage the Place-based autonomous regulations.

From the perspective of building management, the development trend of statutes is formulated. From execution to orientation, to revise the exclusive regulations in more suitable areas. Enhance recognition, identification, self-awareness and futuristic nature of buildings on the ground. It also has the vision of localization and expansion of the international outlook. It proposes specific environmental benefits to promote Kaohsiung's policy. Policy benefit correlation analysis factor, achieving the goal of policy sustainability.

The Trends in Development of Smart Transportation



Shang-Min Yu
Project Engineer
CECI Engineering Consultants, Inc., Taiwan

Abstract

The rapid development of urbanization has led to the emergence of conflicts, therefore, many countries have begun to pay attention to and invest resources to build smart cities, and hope to solve problems through information and communication technologies to meet people's daily needs. Throughout the development of smart cities in the world, the application of smart transportation is an important breakthrough.

In this presentation, the importance of smart transportation is indicated from the perspective of smart city development. Since smart transportation development is closely related to technological development, several key technologies that affect the development trend of smart transportation, such as Big Data, Internet of Things, Machine Learning and Autonomous Vehicle are introduced from the viewpoint of Hype Cycle for Emerging Technologies. And then the renovation that pushing the smart transportation transformed from system-oriented into integrated service-oriented is described. Finally, a conclusion is drawn to clarify the future development trend.

Physics-Based Coseismic Landslide Simulation Using SEM and MPM Methods



Gang Wang
Professor
Hong Kong University of Science and Technology

Abstract

Realistic prediction of coseismic landslides is crucial for the design of key infrastructure and to protect human lives in seismically active regions. Coseismic landslides are complicated nonlinear, progressive, large-deformation processes triggered by ground shaking. To date, analytical methods for estimating

coseismic landslides have been based on highly simplified models. With the advancement of computational technology, there is an opportunity to develop a physics-based model to study the complex failure process of coseismic landslides. On the regional scale, Spectral Element Method (SEM) is efficient in modeling a 3D wave field in complex topography. Regional scale landslide hazards are therefore simulated by combining 3D SEM wave simulation with Newmark displacement analysis. The study indicates that the landslides are significantly influenced by near-fault characteristics and topographic amplification of ground motions, as well as hydrogeological conditions of subsurface soils. On the local scale, the progressive slope failure process and post-failure large-deformation behavior, including triggering, runoff and deposition of landslide masses, is simulated by Material Point Method (MPM). Several benchmark cases are presented to demonstrate the efficiency of the numerical methods, including a case study of Hongshiyuan landslide in the recent 2014 Ludian earthquake.

Session 2: Mega Projects



Development of Kaohsiung Maritime Industry: An Overview of the City's Assistance to the Yacht Industry



Ying-Pin Lin
Director General
Marine Bureau, Kaohsiung City Government

Abstract

1. History of Taiwan yacht industry
2. Current development
3. Estimated development plan
4. Future direction.

MRT EPC Turnkey Project



Vincent Li
Head of Marketing and Sales of Infrastructure
Dept., Sales General Manager
CTCI

Abstract

1. Introduction of CTCI company profile and the references in MRT EPC Turnkey Project.
2. Introduction of the scope of work, equipment, interface management, system commissioning and experiences of MRT Power Supply System Turnkey Project.
3. Introduction of interface management, system commissioning and experiences MRT Systemwide E&M Turnkey Project
4. The tendering strategy of system E&M Project.

Transit Oriented Development — Planning and Implementation



Kelvin P.F. Tsang

Associate Director
Ove Arup & Partners Hong Kong Ltd.

Abstract

The practicing engineers are subject to the boundary conditions and constraints from planning approval. Since early millennium, the speaker starts involving from the residential and commercial property development study as funding sources for railway development as part of financial study. We fulfill and also set out from constraints for future development. Some completed studies are implemented on site into the reality and to fulfill the challenges, some are being developed.

In the recent years, planning study engaged by the government which request the engineering support to demonstrate the feasibility before submitting for planning approval. Various constraints in planning and implementation stage would also demand engineering skills in redevelopment of some government facilities as part of revenue generation exercise.

Session 3: Offshore Wind Energy



The Renewable Energy Plans of Taiwan Power Company



I-Cheng Chen

Director
Department of Renewable Energy, Taiwan
Power Company

Abstract

In the past few years, in order to meet the 20 percentage of electricity come from the renewable energy sources in Taiwan, more attention has been paid to the renewable energy development. Even Taiwan Power Company is committed to the development of renewable energy such as the Hydro-power Power, PV Station, Onshore and Offshore Wind Farm Construction. This presentation will address on the renewable energy plans of Taiwan power company.

This presentation introduces the profile of the Taiwan Power Company and our national energy policy and then will address on Taiwan Power Company renewable plans including grid on renewable energy projects and under construction plans of wind, PV and geothermal power plants will be illustrated.

Offshore Wind Industry Development and Opportunities in Taiwan



Tsung-Wen Huang

Chief, Metal Industries Research &
Development Center (MIRDC)
Chief Secretary, Taiwan Wind Industry
Association (TWIA)

Abstract

Taiwan strait possesses abundant high quality wind resources due to its unique geographic structure. However, it also encounters with strong typhoon and earthquake. The geological formation of seabed is also weak in weight supporting strength. The development of offshore wind power in Taiwan strait is consequently a mission of big challenge and opportunity. Taiwan's offshore wind power industry is still at its very beginning stage. We need great supports from abroad to overcome all those obstacles in order to turn the rich nature resource into treasure.

The future promising collaboration topics:

1. Offshore Wind Farm Development Experience sharing-
 - Strategy: industrialization policy, localization roadmap
 - EIA solutions: navigation, fishery, environmental studies and consultancy
 - Infrastructure and service: harbor layout, EPCI contract, etc.
2. Offshore Wind Turbine Components Manufacturing and Service-
 - Equipment: typhoon and earthquake-proof design and manufacturing technology
 - Service: Spare parts and O&M
3. Marine engineering-
 - Contract : foundation, cable and turbine installation
 - Equipment: CTV/Tugboat/Support vessel/Workboat/Barge, advanced offshore installation equipment

The Development of Taiwan's Offshore Wind Power Components & Parts Industry



Yuan-Liang Hsu

Assistant General Manager
Wind Power Construction Department
Wind Power Business Development Committee

Abstract

According to the statistics of WWEA, World Wind Energy Association, the capacity of wind power installed has reached 539.6 G by the end of 2017. The power generated is equivalent to the output of four hundred nuclear generators.

Taiwan landscape is small in area and densely populated, however, there is abundant in wind resources in the surround-

ings water. Offshore wind is potential and forward-looking green industry, which is well worth it for being developed in Taiwan.

Under the lead of CSC and MIRDC, twenty first local manufacturers got together in September, 2016 and Wind Team Alliance was formed for the purpose of becoming global component suppliers. Factory survey, capability gap identification and filling gap action plan for each team member was finished.

Next, the practical action of each team member is moving from survey and plan to technical transfer, R&D and facility investment. It is hoped the goal of becoming component suppliers can be achieved in the near future by the combination of industry, official and university and the strategic alliance with wind turbine suppliers and their technical guidance and support.

Taiwan Offshore Wind Marine Construction Status and Offshore Wind Turbine Installation



Kurt (Kuen-Cherng) Guo
Deputy Director
CDWE Preparatory Office CSBC Corporation, Taiwan

Abstract

1. Overview and Current status of Taiwan Offshore Windfarm.
2. Offshore Windfarm construction cost share.
3. Wind Turbines Transportation and Installation.
Incl. Installation Process, Marine Spread, Storage and Pre-assembly Site.
4. Construction work Workability and Safety Assessment
Incl. Weather Restrictions, Lifting Operations, Harbor Assessment, Site Investigation
5. Marine Warranty Survey, (MWS)
MWS are required for safe execution of offshore Transportation and Installation (T&I) works, The insurance can only be activated after the relevant COA(Certificate of Approval) is issued to the installation contractor.

Session 4: Disaster Prevention Engineering



Recent Development of Life-Cycle-Based Disaster Prevention/Mitigation of Bridges in Taiwan



Yu-Chi Sung
Professor and Dean
National Taipei University of Technology
Director, National Center for Research on Earthquake Engineering

Abstract

In the past few decades, more attention has been paid to longevity of infrastructure. In Taiwan, the earthquake, flood, wind and material deterioration are the major disasters to the bridges during their life cycle and how to prevent/mitigate multi-disasters has been an important issue for bridge engineering.

This presentation introduces some researches and practical engineering applications on disaster prevention/mitigation to the bridges in the past few years in Taiwan. Some practical efforts on structural inspection/monitoring and maintenance/retrofit of the existing bridges together with some innovative technologies to decrease disaster-loss will be illustrated.

Intelligent Natural Disaster Prevention



Ko-Fei Liu
Professor
Department of Civil Engineering, National Taiwan University

Abstract

Natural disaster caused by rainfall such as flood, landslide and debris flows are common experience in Taiwan. Taiwan already has a firm disaster prevention system established. Precision prediction and intelligent response system is the present goal. This report briefs the advancement in intelligent response in Taiwan.

Retrospect of 1999 Chi-Chi Earthquake



Lap-Loi Chung
Research Fellow and Deputy Director
General
National Center for Research on Earthquake Engineering

Abstract

In 1999, a devastating earthquake attacked central Taiwan. More than two thousand people were killed. Taiwan lies between Philippine Sea Plate and Eurasian plate. Thousands of earthquakes occur in Taiwan every year. People in Taiwan have to live with earthquakes. It is impossible to eliminate earthquake disasters but it is possible to minimize if some measures are taken. In this presentation, accomplishment in earthquake disaster reduction since Chi-Chi earthquake is introduced.

Session 5: Water & Material Development



Innovative Thinking on Water Resources in an Industrial City



Stephen Chu

Section Chief
Director General's Office Water Resources
Bureau, Kaohsiung City Government

Abstract

Include of I. Introduction II. Water Supply and Demand Planning III. Reclaimed Water in Kaohsiung IV. Conclusion

1. Introduction:

- The largest port in Taiwan and the 12th largest container port in the world.
- Important industrial area, mainly for basic and chemical industry, accounting for 60 percent of the industrial output of the city.
- 8 main rivers in Kaohsiung
- 5 dams in Kaohsiung

2. Water Supply and Demand Planning:

- Public water supply and demand in Kaohsiung City
- Roadmap of public water supply and demand in Kaohsiung City
- Multi-Water Resource Program in Kaohsiung City

3. Reclaimed Water in Kaohsiung:

- Recycling-effluent of sewage treatment plant to become a novel water resource
- 6 model cases in Taiwan
- Recycle effluent from Fengshan Sewage Treatment Plant
- Preliminary Reclaimed Water Design
- Draw investment in BTO model
- Facility Optimization Evaluation

4. Conclusion:

- Recycle sewage for sustainable water resources
- The reclaimed water is the basis of the continuous development when facing the water scarcity problem
- Fengshan project was launched last month; the Linhai project is currently under contract negotiation process and expected to be contracted this year.

Time-Dependent Behavior of Carbon Dioxide-Hydrate Bearing Soils



Hiromasa Iwai

Assistant Professor
Nagoya Institute of Technology, Japan

Abstract

Recently, not only Methane hydrates (MHs), but also carbon dioxide hydrates (CDHs), have been attracting attention from the viewpoint of CO₂ storage in the form of CO₂-hydrates. It is essential, therefore, to investigate the mechanical behavior of gas hydrate-bearing sediments, especially time-dependent characteristics. In the present study, we carried out a series of undrained triaxial compression tests with a step-changed strain rate to understand time-dependent behavior of CDH. From the test results, CDH-bearing sand clearly exhibits strain rate dependency with an increase in hydrate saturation. It is interesting to note that hydrate saturation's dependency on strength does not appear in cases where the strain rate is quite slow.

Development of Hydrological Calculation and Review Platform — Taoyuan Drainage Plan as an Example



Hsuan-Yu Lin

Engineer
Water Resources & Hydraulic Engineering
Department, Sinotech Engineering Consultants, Ltd.

Abstract

Due to land use change from agriculture to urbanization, it has significantly impacted the regional water environment. The increment of impervious surfaces reduces the infiltration into soils, and increases the peak flow of surface runoff and decreased the time of concentration. Hence, assessing the impact of land use change on hydrological processes is important for both runoff distribution and runoff control management. Therefore, this project is proposed to develop the Smart drainage toolbox (SDT) for analyzing how the land use varied affects the water environment through the rainfall-runoff model and geographic information analysis for Taoyuan government. The SDT is composed of five-module, which are hydrology analysis, flow capacity analysis, runoff increment analysis, flood reducing facilities, and runoff control examination module. The flood reducing facilities consist with both public infrastructures (such as detention pond, pump station, drainage gate) and low impact development (such as rain garden, green roof, grass swale) facilities. The SDT can assist the Taoyuan government in reviewing the land development project proposed by the land developer, and help the decision maker for choosing suitable flood reducing facilities. Furthermore, the SDT toolbox is combined with the numerical model with fast computations capability. Also, the state-of-the-art numerical scheme allows computing with high-resolution information. The combination of the SDT and the numerical model can be used for flooding simulation and evaluating the impact of the land development project on the catchment scale. In conclusion, the combination of the SDT and the numerical model is expected to be useful to identify which control facilities can be used for the land development project.

Enhancement of Self-Compactability of Fresh Concrete by Finer Air Bubbles



Anuwat Attachaiyawuth
Lecturer
Faculty of Engineering, Sriracha Campus,
Kasetsart University, Japan

Abstract

The authors have developed a bubble-lubricated Self-Compacting Concrete (SCC) and named it “Air-enhanced Self-Compacting Concrete (air-SCC)”. The level of self-compactability of air-SCC was similar to that of conventional SCC by making use of ball-bearing effect of entrained air bubbles. The purpose of the development of air-SCC was to make SCC a standard concrete so that the reliability of concrete structures with which designed performance may be attained in spite of the skill of its construction workers. No other material than ordinary Portland cement was in use. The unit cement content in air-SCC was around 370kg, similar to that of conventional concrete and it was effective in reducing the unit cost of SCC. Air bubbles with smaller diameter were suitable for enhancing self-compactability. A mixing method in which not all the material are to be poured into the mixer and high dosage of air-entraining agent were effective in making air bubbles finer.

Session 6: Young Engineers Dynamics



Enhancement of Self-Compactability of Fresh Concrete by Higher Adhesion of Mortar to Coarse Aggregate



Haruka Onishi
Candidate for Master
Graduate School of Kochi University of
Technology, Japan

Abstract

Self-compacting concrete with high water to cement ratio for no high strength may cause segregation between coarse aggregate and mortar during flowing through obstacle. Higher adhesion of mortar with coarse aggregate of a new type of segregation-inhibiting agent attained higher level of self-compactability. An index for the adhesion was proposed with the ratio of the funnel speed of the standard SCC mortar to that of the thinner funnel. A correlation between the index for the adhesion of mortar and the level of the self-compactability of fresh concrete including the mortar was verified.

RECP and Vegetation Growth Effect on the Manning's Coefficient for Grass Ditch

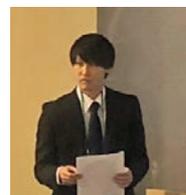


Khayelihle Thabo Motsa
Masters student
National Pingtung University of Science and
Technology, Taiwan (NPUST)

Abstract

A laboratory study is conducted to analyze the effects of vegetation growth with Rolled Erosion Control Products (RECPs) on the Manning's coefficient (n) in a grass ditch. Three types of vegetation are used in this study; Bahia, Carpet and Centipede grass. Sandy silt soil obtained from a local river bank is used for testing. The indoor test channel is rectangular in cross section with dimensions of 0.6 m wide, 0.6 m high, and 24 m long with an adjustable channel bed of 0 ~ 7 %. The grass is planted in stainless steel boxes and the test soil conditions include vegetated soil bed and vegetated erosion control mated covered soil bed with grass seed density of 25g/cm². ASTM D6460 test method is used to conduct the tests. One flow condition, three different vegetation types at different growth stages, and one type of RECP is used in the study. Testing is done in three stages; four weeks, eight weeks and sixteen weeks after planting with each test lasting for 30 minutes. An Acoustic Doppler velocimeter is used to measure the velocity and the Manning's equation to determine the roughness coefficient (n). A 90 HP flow pump capacity and 1% slope channel is used for testing. A software (Image J) is used to determine the area coverage of the vegetation in each of the test samples before testing. The Manning's coefficients increase as the grass grow and using RECP slightly increase the value. As the vegetation grows the rate of soil loss decreases. In all the conditions the Soil Loss Rate recorded is less than 1%. Using RECP with vegetation reduces the rate of soil loss.

Development of Simple Testing Method of Ordinary Concrete for Acceptance at Jobsite

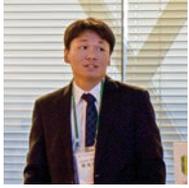


Shota Fukuda
Candidate for Master
Graduate School of Kochi University of
Technology, Japan

Abstract

A simple testing method for acceptance of ordinary concrete at jobsite was developed for replacing slump test, in which concrete is filled into an upset cone hanged from the outlet of the pump or the shoot of the agitator truck. Concrete with sufficient slump value was supposed to flow through the cone while concrete with insufficient slump value was supposed to stop. The outlet of the cone with the diameter of 10 cm and 13 cm was suitable for slump of 18 cm for buildings and 12 cm for public works respectively. Either the air content or the grading of coarse aggregate did not affect the test result

Influence of Sediment Particle Size for Ultrasonic Instrument in Hydraulic Dredging Monitoring



Je-Chian Chen

Ph.D. candidate

National Pingtung University of Science and Technology, Taiwan (NPUST)

Abstract

Sedimentation directly affects the water supply of the reservoir and also has a significant impact on the environment. Conventional methods of hydraulic dredging use a mechanical pump to supply the driving power to remove deposited sediment

from a reservoir. In this study, an ultrasonic instrument was used to monitor the sediment concentration during hydraulic dredging and the amount of dredging was calculated so that it was possible to know how much sludge had been removed from the reservoir. However, the application of ultrasonic instrument in hydraulic dredging monitoring project still needs to be verified. Therefore, the purpose of this study was to understand the influence of the ultrasonic instrument when the sediment particle size changes and the feasibility of the ultrasonic instrument in hydraulic dredging monitoring. From the result, sediment particle size does affect the measurement of the ultrasonic instrument. However, the sediment with smaller size has no influence on sediment concentration measurement, and its slightly affects the concentration monitoring of ultrasonic instrument when the sediment concentration is low. The ultrasonic instrument is used to calculate the sediment particle size, and the results are used to correspond to the drying concentration, so that the accuracy has an increasing trend.



走讀高雄 感謝高雄市政府各單位大力協助

12月8日特別為外賓安排高雄市政建設以及高雄指標性建設參訪。行程豐富緊湊，外賓對於高雄整體建設印象深刻，讚嘆連連！

走讀高雄行程景點：

高雄展覽館、C11 真愛碼頭、海洋文化及流行音樂中心、C7 軟體園區站、衛武營國家藝術文化中心、寶業里滯洪池、澄清湖給水場

特別感謝各單位之協助：

高雄市政府、高雄市政府工務局、高雄市政府水利局、高雄市政府交通局、高雄市政府海洋局、高雄市政府捷運工程局、柏林股份有限公司、中國鋼鐵股份有限公司、台灣自來水公司第七區管理處澄清湖給水廠





107年會工程論壇 多元豐富 美不勝收

各節議程及簡報已公布於土水網站，掃描 QR code 即可連結。
若手機連結不到簡報，請修改 設定 / 應用程式 / 雲端硬碟 / 預設開啟 / 開啟支援的連結 / 不要在此應用程式中開啟

工程論壇一 土木工程

跳動的亞洲新灣區在高雄



林廖嘉宏
高雄市政府工務局工程企劃處 / 正工程師

高雄亞洲新灣區的高雄展覽館、高雄市立圖書館總館、港埠旅運中心、海洋文化及流行音樂中心及高雄水岸輕軌被視為最具指標的五項建設，也勢必將帶動相關關聯產業的發展，但是，建設不應該只被視為工程執行的必然結果，而是應該更深入的瞭解，它整合了什麼事情，它組成了什麼樣的系統工項，以及經歷過了什麼樣的協調過程，才讓亞洲新灣區成為高雄下一代可期望的發展願景。因為，唯有瞭解它背後所代表的意義、目地、功能及組成，才能有系統的詮釋亞洲新灣區的未來，一同努力打造高雄的特色城市。本次講題，講者嘗試以這樣的觀點及案例說明，智慧工程的定義不應只是在科技資訊的進步，而是需要更有系統整合所有思考的細節。

大臺北鐵路地下化工程完工後，對於促進都市整體發展、改善市區交通延滯等均有顯著效益，爰政府廣續推動高雄鐵路地下化等建設計畫，以建構大高雄生活圈便捷及快速之軌道運輸系統，同時也改善了噪音、震動等環境問題，提昇生活品質。

高雄鐵路地下化計畫自推動以來，歷經了用地取得困難、與捷運 R11 站共構及過愛河段隧道工程等多項重大挑戰，透過成立中央地方溝通平台，不斷的協調整合，在中央和地方的攜手合作下，終於在 107 年 10 月 14 日通車啟用。

高雄鐵路地下化計畫結合輕軌、捷運及高鐵，將使兼具都會捷運、中長程的軌道運輸路網更加完善，配合縫合沿線都市發展紋理，展現高雄百年來重大之地貌進化，而工程經驗的累積，亦有助未來鐵路工程之推動與執行，完備軌道運輸路網，提供民眾更便利的綠能運輸。

高雄車站關鍵工程暨特殊工法介紹



吳冠益
中興工程顧問股份有限公司 / 計畫經理

鐵路地下化的推動及經驗分享 (以高雄鐵路地下化計畫為例)



溫代欣
交通部鐵道局 / 主任秘書

高雄車站始自民國 90 年起即已展開鐵路地下化的先期工程，包括臨時前後站、中博臨時高架橋的興建與願景館的遷移等，91~97 年期間又於站區內進行了捷運 R11 臨時站的興建工程，後續於 98 年站區內第一個施工標案動工，迄今已過了 18 個年頭。期間，由 98 年開始至現在約 9 年的施工期間內經歷了各式各樣的施工難題，包括一、因應高雄機檢段無法如期遷出，而高雄車站地下化施工在即，以脫鉤方案而進行的 9 次軌道切

換；二、捷運先行啟用狀態下，於緊臨的潛盾隧道間進行約 33 公尺深開挖施工，並將營運中的捷運站體部分移除與新站站體共構；三其他，如願景館遷移、橋梁托底、中博地下道內之連續壁施工等。

桃園機場第三航廈設計階段資訊 應用策略



盧祥偉
台灣世曦工程顧問股份有限公司
BIM 整合中心 / 副理

桃園機場啟用至今已踏入第 39 年，因應航空時代旅客激增，擴建航廈為前瞻而有效率的問題解決手段。第三航站區建設計畫為目前國內最大規模，同時亦為台灣的重要工程標竿。從而，身為全新國家門戶，如何讓工程更快、更好、更安全，引入建築資訊建模 BIM，似乎是在千頭萬緒的工作中，能有效解決複雜問題的重要管理手段。惟 T3 計畫龐大的工程在工作分組上分為：機場功能規劃、建築造型與請照及景觀、土建及交通工程、建築結構工程、環評作業及永續工程、機電與公共設施、資訊通訊系統、特殊系統、專案管理資訊系統、建築資訊模型、投標策略及計畫控管等 11 個專業分組，專業間的整合議題不計其數，如何能真正的落實 BIM 方法以改善乃至全面優化工程的各專業，將簡述桃園機場第三航廈主體工程於設計階段如何實踐 BIM 資訊應用。

工程論壇二 能源工程

能源政策執行建廠工程報告



江明德
台灣電力公司核能火力發電工程處 / 處長

近年受經濟持續成長及極端天候影響，用電屢創新高，為因應未來用電需求，台電持續推動電源開發

計畫，今年計有通霄新 1、2 號機、大林新 1、2 號機、林口新 3 號機等新型高效率發電機組上線，未來配合天然氣達 50% 能源占比政策，台電亦積極推動自行興建液化天然氣接收站及自購天然氣，109 年起有協和新 1、2 號機、大潭 7~9 號機、通霄新 3 號機、台中新 1、2 號機及興達新 1~3 號機等低污染燃氣複循環機組陸續商轉。台電配合國家整體發展，依循政府採購法順利完成各建廠工程，將可提昇電廠整體效率及競爭力，降低單位發電之污染排放。

全球綠能科技發展



王人謙
工業技術研究院 / 副所長

能源發展與經濟民生、產業發展、環境保護等面向環環相扣，更是國家發展的最重要基礎之一。近十年國際化石能源價格波動加劇、加上在因應氣候變遷之溫室氣體減量全球共同協議行動的大環境與氛圍下，加速了各類低碳能源開發及相 科技的競逐與發展。如同國際社會所遭遇的永續能源發展挑戰，臺灣也面臨能源開發與轉型的轉捩點。目前我國能源供給 98% 仰賴進口，其中化石能源更占 89% 以上。此外，臺灣的電力系統是孤島型獨立系統，在面對日益多變的國際能源供需情勢、因應全球氣候變遷之減碳趨勢下，我國所面臨的挑戰將遠較於其他國家更加嚴峻。

工研院一直以來以技術本質進行專業分析，提供政府綠能開發之政策建議，同時配合產業需求，協助致力於綠能科技的研發。本演講除介紹全球能源商業化現況與技術發展趨勢外，亦將針對工研院在綠能科技研發與整合進展加以說明。其中包含高效率太陽光電、離岸風電開發、地熱發電、生質能運用、二氧化碳捕獲與封存、海洋能開發、電網級創新儲能等技術之發展與應用。此外，工研院亦透過技術研發與系統整合設計，將綠能科技應用於實際案例中，以優化技術性能及建構技術產業化的驗證系統，期能成為台灣綠能產業的重要推手。

分散式綠色區域電網發展趨勢介紹



陳彥豪
財團法人台灣經濟研究院研究一所
研究員兼任副所長

全世界以集中式發電而發展之電力系統已超過 100 年，整體之調度與佈建均是以大型集中式發電廠為中心，台灣亦不例外。政府推動 2025 年達成非核家園政策，提高綠能發電比例，可預期台灣將經歷重大的能源與社會轉型工程。未來能源系統必須整合各種型態電源，以用戶為中心，利用資訊通訊技術結合再生能源、電能儲能系統、智慧電表等設備，搭配最佳化能源管理，促進節能、降低尖峰負載，以更有效率方式建構智慧綠色能源系統。配合電業法修正、國家綠電市場開放、發展分散式電網等目標，台灣需發展「分散式電力供應系統驗證平台」所對應驗證之區域能源整合技術研究項目、運作方式、法規機制、商業模式。

台灣中油公司綠能佈局與轉型



李順欽
台灣中油股份有限公司 / 總經理

全世界以集中式發電而發展之電力系統已超過 100 年，整體之調度與佈建均是以大型集中式發電廠為中心，台灣亦不例外。政府推動 2025 年達成非核家園政策，提高綠能發電比例，可預期台灣將經歷重大的能源與社會轉型工程。未來能源系統必須整合各種型態電源，以用戶為中心，利用資訊通訊技術結合再生能源、電能儲能系統、智慧電表等設備，搭配最佳化能源管理，促進節能、降低尖峰負載，以更有效率方式建構智慧綠色能源系統。配合電業法修正、國家綠電市場開放、發展分散式電網等目標，台灣需發展「分散式電力供應系統驗證平台」所對應驗證之區域能源整合技術研究項目、運作方式、法規機制、商業模式。

工程論壇三 2018 學生工程創意競賽優勝發表



杜杜寺 / 金獎

國立臺灣大學 土木工程學系



手把手，UNICORN / 銀獎

國立臺灣大學 土木工程學系



平凡之路 / 銀獎

國立臺灣大學 土木工程學系



工程論壇四 水利工程及防災



氣候變遷下的都市防洪調適對策



李心平
成功大學防災研究中心 / 副主任

台灣因地理位置的特性在夏季易受颱風及豪雨的侵襲，加上區域環境特性及高密度的開發，一但有劇烈降的情勢出現時常有淹水的災情傳出造成民眾生命與財產的損失。近年來受到全球氣候變遷的影響，短延時、強降雨的天氣型態日趨顯著，災害發生的頻率

與規模不斷的提升，民眾對於政府單位的防災要求也相對應的提高，使得管理機關進行防汛應變工作的挑戰加劇；在國家預算及工程可使用土地的限制下，如何利用軟體及硬體措施提升都會區防洪能力以因應未來氣候變遷的挑戰是每個城市不得不面對的挑戰，本次講題將以如何透過防災策略的調適以提升城市的耐災能力作探討，以供與會人員未來面對氣候變遷威脅下不同防災對策的擬定以減低災害可能的損失。

台灣伏流水開發現況



黃貞凱
黎明工程顧問股份有限公司 / 總經理

本演講從伏流水簡介開始，說明伏流水的定義、相關法令及其影響，進而介紹常見的伏流水取水型式：包括「寬口井、輻射井、水平式集水管、集水廊道」等國內常見的伏流水取水型式及代表性案例。同時說明開發伏流水可能遭遇的問題：例如：選用時機、開發場址評估、重要分析參數等。同時透過伏流水開發案例介紹伏流水工程近期發展，最後就開發伏流水的優勢、對水資源開發提出建議。

氣候變遷下水庫管理及延壽



連上堯
經濟部水利署南區水資源局 / 局長

全球氣候變遷造成極端降雨事件發生頻率增加，除威脅民眾生命財產安全，水利工作也面臨更多挑戰。臺灣地區早年完成的水庫多未設置排砂設施，而超大降雨易致水土複合災害、蓄水設施淤積嚴重、蓄

水量大減，為了滿足各標的用水需求，水庫管理者除了要更精細調配水量，防洪減淤甚至恢復庫容亦充滿挑戰。未來兼顧水庫安全及滯洪以對下游減災，運用預留之滯洪空間調蓄充足水資源並適時排砂，允為水庫管理及延壽最重要之工作。

工程論壇五 綠營建

營建產業循環經濟發展策略



黃榮堯
財團法人臺灣營建研究院推廣處 / 處長
營建產業循環經濟推動辦公室 / 執行長

營建產業帶動各項民生經濟發展，但每年需耗用大量天然地球資源如砂石、水泥、鋼筋、木材、石化塑膠等。循環經濟是以資源妥善循環利用的創新思維，以最少的自然資源投入、最少的廢棄物排放以及最小環境危害或破壞的方式來創造發展經濟，其已成為國際間地球永續發展的熱門議題。在政府已將循環經濟納入五 + 二施政政策下，本講題將探討如何將循環經濟理念導入營建產業發展之策略，以及營建產業將如何發揮產業特性，在國家循環經濟政策推動扮演重要關鍵角色！

綠道路評估系統



張行道
國立成功大學土木工程學系 / 教授

政府近年實施節能減碳政策，經濟部管轄下的製造行業，在能源使用上有較多的措施。雖然基礎建設也被提到，但只有綠建築實施有所成效。一個城市的

建設由建築物與道路組成，要降低熱島效應，只是綠建築不夠，還需要綠道路，道路連接建築物，使節能減碳政策完整。美國近年發展綠道路評估系統，類似綠建築評估之作法，以檢查表列出評估項目，包括環境與水、施工活動、材料與資源、鋪面技術等，認證道路設計與施工之永續性。

跨域永續之三新二益 ~ 循環經濟之工程則理與實



陳立憲
國立臺北科技大學土木工程系 / 教授

西濱快速公路八棟寮至九塊厝工程碳盤查



周武雄
環興科技股份有限公司 / 技術經理

為落實國家工程排碳評估與減碳政策，公路總局於 101 年建立工程碳管理循環架構，開始推動道路工程碳管理工作。西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程包括 WH7-A、WH77-B 及 WH77-C 三標，主要工程內容為高架橋梁，全長約 8.45 公里，因應公路總局工程碳管理構想，於 101 年開始進行施工建造階段之碳盤查作業。

全工程歷經近 5 年的盤查工作，先於 105 年取得國內公共工程之道路工程碳足跡查證聲明書首例 (WH77-A 標)，並於 107 年取得全工程 (不分標別) 查證聲明書，為國內首次取得全工程碳足跡查證聲明書之道路新建工程。經由盤查取得施工建造階段之盤查數據，建立我國橋梁工程本土化資料，包含主要工程材料排放係數、機具及工項之單位排碳量；並由營運管理階段之排碳量估算，完成本工程完整生命週期排碳量之成果。

工程論壇六 2018 學生 BIM 軟體應用競賽優勝發表



我們有 BIM Ver.2 / 第一名

淡江大學 土木工程學系



Carpe Diem / 第二名

國立高雄科技大學 土木工程系



中原 BIM 小組 / 第三名

中原大學 土木工程學系



BIM 肩作戰 / 佳作

國立臺北科技大學 土木工程系



BIM 駕齊驅 / 佳作

國立臺灣科技大學 營建工程系





茲附上廣告式樣一則
請按下列地位刊登於貴會出版之「土木水利」雙月刊

此致
社團法人中國土木工程學會

「土木水利」雙月刊
廣告價目表

(費率單位：新台幣元)

刊登位置	金額 (新台幣元)	敬請勾選
封面全頁 彩色	60,000	
內頁中間跨頁 彩色	80,000	
封底全頁 彩色	50,000	
封面裏/封底裏 全頁彩色	40,000	
內頁全頁 彩色 (直式)	30,000	
內頁半頁 彩色 (橫式)	15,000	
內頁 1/4 頁 彩色 (直式)	8,000	
折扣	3期9折， 4期以上8.5折	

刊登月份：

46.1 46.2 46.3 46.4 46.5 46.6 共 次
(2月) (4月) (6月) (8月) (10月) (12月)

註：稿件請提供設計完稿之廣告稿；
相片、圖片等請提供清楚原件或電腦檔。

上項廣告費計新台幣 元整

隨單繳送請查收摺據
請於刊登後檢據洽收

機構名稱： (請蓋公司印)
商號

負責人：

地址：

廣告聯絡人：

電話：

廣告訂單聯絡：社團法人中國土木工程學會 電話：(02) 2392-6325 email: service@ciche.org.tw

98-04-43-04

郵政劃撥儲金存款單

收款帳號	0 0 0 3 0 6 7 8	金額 新台幣 (小寫)	仟	萬	拾	萬	仟	佰	拾	元
------	-----------------	-------------------	---	---	---	---	---	---	---	---

通訊欄 (限與本次存款有關事項)

報名費
 繳納 _____ 研討會
報名費 _____ 元

繳納會費
 常年會員年費 1,200 元
 初級會員年費 300 元

訂閱土木水利雙月刊，一年六期
 國內·會員 新台幣 300 元
 國內·非會員及機關團體 新台幣 1,800 元
自第 _____ 卷第 _____ 期起，_____ 年期雙月刊 _____ 份

訂閱中國土木工程學刊，一年四期
 國內·會員 新台幣 800 元
 國內·非會員及機關團體 新台幣 1,800 元
 國外·個人 美金 40 元
 國外·機關團體 美金 100 元
自第 _____ 卷第 _____ 期起 _____ 年期學刊 _____ 份

收款戶名	社團法人中國土木工程學會	
姓名	寄款人	
地址	主管：	
電話	經辦局收款戳	

虛線內備供機器印錄用請勿填寫

◎ 寄款人請注意背面說明
◎ 本收據由電腦印錄請勿填寫

郵政劃撥儲金存款收據

收款帳號戶名	
存款金額	
電腦紀錄	
經辦局收款戳	

◀ 社團法人中國土木工程學會 ▶

信用卡繳納通知書

姓名		款 別 註：入會時請先填入會申請書，傳真學會審查，我們會立即通知您，資格符合時請繳費， <u>入會費一人僅需繳交一次</u>	報名費 <input type="checkbox"/> 繳納_____研討會 報名費_____元
會員證號碼			繳納會費 <input type="checkbox"/> 常年會員年費 1,200元 <input type="checkbox"/> 初級會員年費 300元
身分證號碼			訂閱土木水利雙月刊，一年六期 <input type="checkbox"/> 國內·會員 新台幣 300元 <input type="checkbox"/> 國內·非會員及機關團體 新台幣 1,800元 自第__卷第__期起，__年期雙月刊__份
卡 別	<input type="checkbox"/> VISA <input type="checkbox"/> MASTER CARD <input type="checkbox"/> JCB		訂閱中國土木水利工程學刊，一年四期 <input type="checkbox"/> 國內·會員 新台幣 800元 <input type="checkbox"/> 國內·非會員及機關團體 新台幣 1,800元 <input type="checkbox"/> 國外·個人 美金 40元 <input type="checkbox"/> 國外·機關團體 美金 100元 自第__卷第__期起__年期學刊__份
信用卡卡號			白天聯絡電話
信用卡簽名欄最後三碼			通信地址
信用卡有效期限	(月 / 年)		
信用卡簽名			
繳費金額			

回覆請利用傳真：(02) 2396-4260 或 email：service@ciche.org.tw

回覆後請務必電話：(02) 2392-6325 確認，謝謝！

郵政劃撥存款收據

注意事項

- 一、本收據請詳加核對並妥為保管，以便日後查考。
- 二、如欲查詢存款入帳詳情時，請檢附本收據及已填妥之查詢函向各連線郵局辦理。
- 三、本收據各項金額、數字係機器印製，如非機器列印或經塗改或無收款郵局收訖章者無效。

請寄款人注意

- 一、帳號、戶名及寄款人姓名地址各欄請詳細填明，以免誤寄；抵付票據之存款，務請於交換前一天存入。
- 二、每筆存款至少須在新台幣十五元以上，且限填至元位為止。
- 三、倘金額塗改時請更換存款單重新填寫。
- 四、本存款單不得黏貼或附寄任何文件。
- 五、本存款金額業經電腦登帳後，不得申請撤回。
- 六、本存款單備供電腦影像處理，請以正楷工整書寫並請勿摺疊。帳戶如需自印存款單，各欄文字及規格必須與本單完全相符；如有不符，各局應婉請寄款人更換郵局印製之存款單填寫，以利處理。
- 七、本存款單帳號與金額欄請以阿拉伯數字書寫。
- 八、帳戶本人在「付款局」所在直轄市或縣(市)以外之行政區域存款，需由帳戶內扣收手續費。

交易代號：0501、0502現金存款 0503票據存款 2212劃撥票據託收

本聯由儲匯處存查 600,000 束 (100 張) 94.1.210 × 110mm (80g/m² 模) 保管五年 (拾大)

年會晚宴別開生面的健康舞，氣氛熱絡，大家歡聲不斷！



Baby shark, doo doo doo doo doo doo



日本的學生只花了一個晚上的練習就上手~



人人笑逐顏開



大家一起來運動

107 年年會 感謝各單位之大力協助

感謝 以下主辦、合辦、協辦單位

主辦：中國土木水利工程學會、高雄市政府

合辦：中國鋼鐵股份有限公司、高雄市政府工務局、高雄市政府水利局、中國工程師學會高雄市分會、柏林股份有限公司

協辦：中國土木水利工程學會南部分會、台灣世曦工程顧問股份有限公司、以及所有贊助單位

感謝 提供贈品贈予參加年會的學員及貴賓

柏林股份有限公司 - 紀念筆

台灣世曦工程顧問公司 - 2019 桌曆、筆記本



感謝 以下單位提供

台灣世曦工程顧問股份有限公司高雄辦事處 - 提供精明幹練的人力 -

國立高雄應用科技大學 - 提供充滿活力的工讀生 -

中國鋼鐵股份有限公司 - 提供優良的場地、完善的設備 -

中鋼公寓管理維護公司 - 提供 24 小時的場地諮詢 -

107 年年會 感謝辛勞的工作人員，認真的你們最美、最帥



倪惠妹祕書長



張鈺輝副祕書長



感謝台灣世曦高雄辦事處
同仁全程協助



~ 美麗的祕書處們 ~



感謝國立高雄應用科技大學的工讀生們

感謝 107 年年會 贊助

贊助名單 (依筆劃排序)

中國鋼鐵股份有限公司
中華工程股份有限公司
中華民國土木技師公會全國聯合會
中華民國鋼結構協會
中興工程顧問股份有限公司
日勝生活科技股份有限公司
台北市土木技師公會
台北市結構工程工業技師公會
台北市瑠公農田水利會

台南市結構工程技師公會
台灣世曦工程顧問股份有限公司
台灣省土木技師公會
台灣電力股份有限公司
交通部公路總局
交通部高速公路局
交通部臺灣鐵路管理局
交通部鐵道局
行政院農業委員會水土保持局

亞新工程顧問股份有限公司
泛亞工程建設股份有限公司
財團法人中華顧問工程司
財團法人中興工程顧問社
高雄市結構工程工業技師公會
新北市政府工務局
經濟部水利署
經濟部水利署南區水資源局
福清營造股份有限公司

臺北市府捷運工程局
臺灣石門農田水利會
臺灣花蓮農田水利會
臺灣屏東農田水利會
臺灣桃園農田水利會
潤弘精密工程事業股份有限公司
聯合大地工程顧問股份有限公司

現場花藝布置贊助名單 (依筆劃排序)

上益營造有限公司
中國工程師學會
中華民國大地工程技師公會
中華民國大地工程學會
中華民國全國建築師公會
中華民國結構工程技師公會全國聯合會
中華民國鋼結構協會

台北市土木技師公會
台北市結構工程工業技師公會
台南市土木技師公會
台南市結構工程技師公會
台灣省土木技師公會
台灣省水利技師公會
社團法人中華鋪面工程學會

社團法人台灣省結構工程技師公會
社團法人台灣營造工程協會
社團法人桃園市土木技師公會
社團法人新北市土木技師公會
社團法人新北市結構工程技師公會
社團法人臺中市土木技師公會
皇昌營造股份有限公司

桃園市結構工程技師公會
財團法人中華顧問工程司
高雄市結構工程工業技師公會
築遠工程顧問有限公司
聯鋼營造工程股份有限公司



108 年校園開講

寒假過後，展望未來下學期即將到來，有鑑於台灣土木界青年人對於未來的不確定性，加之我國政策時而多變（如近期工程會改組事件），令青年人無所適從，故中國土木水利工程學會之青年工程師委員會，特別規劃「校園開講」活動。

目的：走進校園與青年學子對談，演講內容含括「青年職涯規劃（公職 / 業界求職）、職場能力、海內外市場分析、工程技術新知、法律自保、口才訓練、面試技巧」等就業實務議題，增進青年就業方向規劃與發展職場能力，並引發投入工程領域的興趣。

主辦單位：中國土木水利工程學會青年工程師委員會

推薦課題與講師名單

項次	課 題	講 師	備 註
1	傳統建築 3D 點雲掃描與 BIM 建模初步解析 • 簡介 3D 點雲掃描與 BIM 建模。 • 傳統建築 3D 點雲掃描與 BIM 建模之應用。	黃正翰 財團法人臺灣營建研究院 產業資訊組組長	
2	公務工程生涯經歷與分享	夏明勝 交通部技監 楊熾宗 高速公路局北區分局副分局長	
3	業界工程生涯經歷與分享	楊培堅 大彥工程顧問公司 / 總經理 劉 珊 台灣世曦工程顧問公司 / 副理	
4	工程業界新知 / 如何準備技師考試	柯崑鐘 結構 . 土木 . 大地 . 水保技師	
5	耐震工程技術新知 / 耐震領域之前瞻性 / 其他耐震相關議題	社團法人中華結構安全耐震補強協會	邀請後，再由本委員會推派合適人選
6	工程人員常見的法律陷阱 / 多元職涯發展	謝彥安 謝彥安律師事務所主持律師	
7	魅力口才表達 / PPT 簡報達人技巧	經驗豐富之業界講師群	邀請後，再由本委員會推派合適人選
8	成功面試技巧	經驗豐富之業界講師群	邀請後，再由本委員會推派合適人選
9	建築材料技術新知 / 建築標章認證	林俊煒 建築材料顧問 / 工程師	

108 年最新規劃，歡迎各級學校或團體洽詢安排演講

聯絡人：青年工程師委員會主任委員謝彥安 (email: yen.an@hotmail.com、手機：0975-228-238)