

JW 生態工法落實海綿城市實踐生態文明

陳瑞文

JW 生態工法發明人

社團法人台灣永續生態工法發展協會理事長

摘要

住建部推動「海綿城市」，並先後推出多個海綿試點城市。但是，由於多次豪大雨，各地海綿城市仍頻繁出現淹水事件，引起廣泛質疑。因此利用本次論壇將特別提出運用 JW 生態工法打造「JW 生態海綿城市」，以區別其他海綿城市的工法手段及材料運用的不同。JW 生態海綿城市是直接打開地表的毛細孔，利用透水透氣的功能，達到小雨不積水，大雨不內澇的效益。此外，結合地下管廊，具有水資源回收功能又可讓水體不黑臭，而 JW 生態工法的自動空調效果，有效緩解熱島，並讓空氣不揚塵也同時過濾空氣及車輛排放的污染物同時捕捉二氧化碳等永續環境的效益。更且，創造地下生態系統，可讓水泥鋪面成為都市綠色農場，改善糧食安全帶給城市綠美化，直接強化城市生態功能。使用 JW 生態工法海綿城市之效益，將杜絕排水溝惡臭，減少城市髒亂及蚊蠅、老鼠等孳生，因此能夠顯著改善公共衛生、提升民眾健康、防止傳染疾病發生。讓 JW 生態工法所建構的 JW 生態海綿城市，實踐住建部所期望的城市大海綿，更能有效改善城市病，同時提升城市安全、永續、經濟、健康、樂活的生活品質，具體實踐生態文明。

關鍵詞：JW 生態工法、JW 植草鋪面、與草木共榮、改變水泥風貌、創造 JW 生態海綿城市、生態文明。

一、引言

海綿城市其師法於美國低影響開發的概念(LID)，但是美國推動 LID 至少 15 年，至今仍頻繁出現淹水災情，顯示其中問題重重，包括各類預期功能無法永續、經費高、難以維護...等再加上氣候變遷加劇，強降雨、乾旱兩極化等環境影響，更突顯出美國早期規劃 LID 的方式，已無法因應大自然的變遷需求，更甚者其副作用會加劇環境的惡化。

而台灣於 2013 年底編列 6 年 660 億打造海綿城市，著重於國土防災及國土規劃之排水治水補助，未來於及都市開發需有配套排水系統，讓開發與治水兼具。

2014 年末，中國住房和城鄉建設部(2014)提出《海綿城市建設技術指南——低影響開發雨水系統構建》，強調加大城市逕流雨水源頭減排，優先利用自然排水系統，建設生態排水設施，充分發揮城市綠地、道路、水系等對雨水的吸納、蓄滲和緩釋作用，使城市開發建設後的水文特徵接近開發前。強調將城市建設成海綿一樣，在適應環境變化和應對自然災害等方面具有良好的彈性，下雨時吸水、滲水、蓄水、淨水，需要時將儲存的水釋放並加以利用，提升城市生態系統功能和減少城市洪澇災害的發生。更且先後推出 30 個海綿試點城市。預期在 2020 年，20%的城市建成區要達到 70%的降雨就地消納和利用；到 2030 年，80%的城市建成區要達到 70%的降雨就地消納和利用。

然而於 2016 年中，檢視已推行一年的海綿城市試點，經評估後，30 個海綿城市試點共有 19 個城市發生內澇，占比 63%(《中國經濟週刊》，2016)。這其中包括北京、天津、重慶等直轄市，還包括福州、武漢、濟南、南寧等多個省會城市。海綿城市試點一年，成效似被質疑，部份專家學者認為需 5-10 年才能顯見成效，然以降雨就地消納和利用的要求為例，是否需 5-10 年才見成效，或於 5-10 年間後需再花費更高經費並重新建置或維護才能達成成效要求？我們需正視海綿城市建設方式的方法與手段是否需有新思維的提昇並作調整。

二、JW 生態工法

“JW 生態工法”被看作是“會呼吸的大地彩衣”又稱會呼吸的路面，如圖 1，其主要概念是將城市內不透水的人工鋪面如道路、人行道、廣場等，改變成為高透水且地上下空氣可以循環對流的鋪面，形成天然大地“空調系統”，符合推進海綿城市建設的指導意見的要求。

以台灣實蹟位於(如圖 2a)為已鋪設 13 年的台北科技大學校園 JW 道路，為台灣推動綠色廳舍暨學校改善計劃之基地透水工程之其中一項。該道路完工於 2003 年，有校園重型車進出通道，至今仍保留高承重、高透水、高透氣、高儲水、高富含地下生態系統等功能，而且長期保持平整，完全不需要修補更新。而週邊同期施作的透水鋪面，均需常常修補或者已更換數次，如圖 2b。另位於新北市汐止區禮門里會呼吸的道路(圖 3)，為新北市府全力支持興建。利用該道路之下原排水溝設置地下儲水庫，水資源回收高達 220%(陳等,2013)，與柏油路面差異可降溫 20 度(聯合報，2013)。另設教學解說看板，為台灣環境教育與外賓訪問重地。

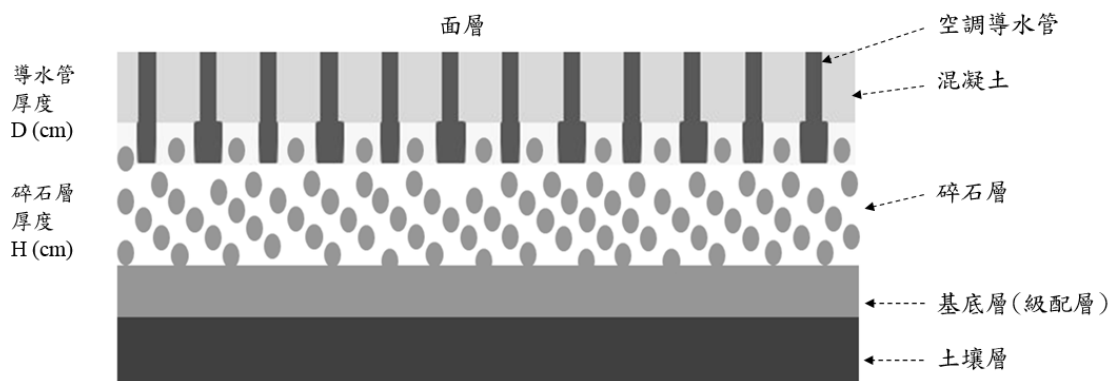


圖 1： JW 生態工法鋪面的概念示意圖。

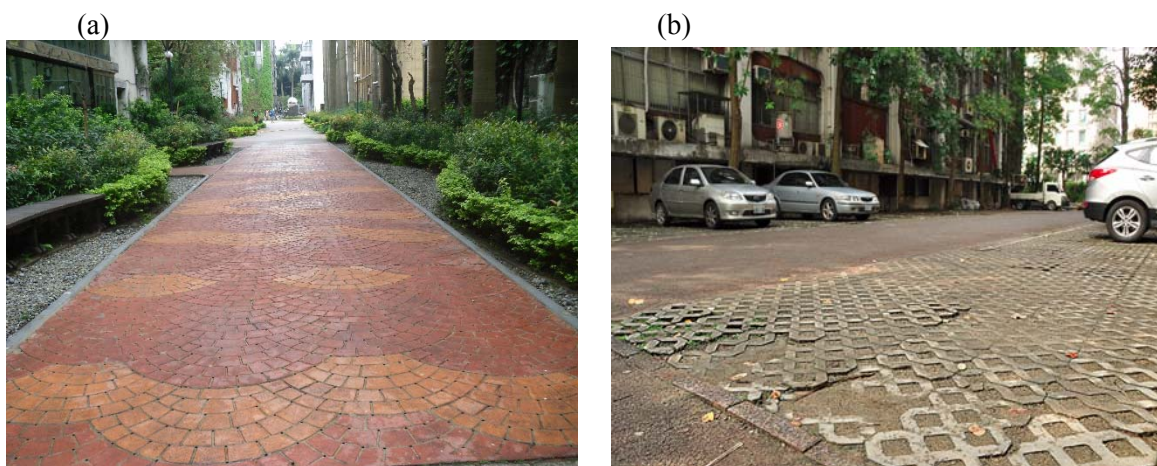


圖 2：(a)台北市台北科技大學(2003~)JW 生態工法道路
(b)台北市台北科技大學停車植草磚

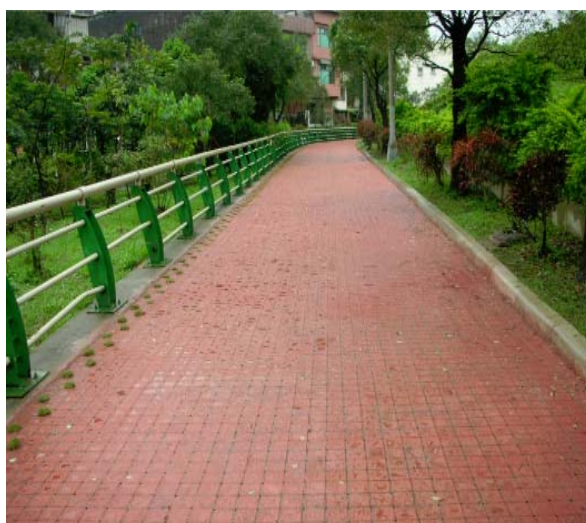


圖 3：汐止區禮門里 JW 低碳生態道路(2012~)

三、以 JW 生態海綿城市實踐生態文明

1. 高透水、生態豐富

2014 年以 JW 生態工法鋪面實施於福建省住房和城鄉建設廳如圖 4。針對通行道路和停車場，規劃為海綿城市透水鋪面示範專案，依當地強降雨、洪澇頻發與都市熱島的極端氣候環境，以透水鋪面的選擇和應用，有效改善地表雨水的逕流，同期實施項目有四類：透水瀝青、拼接式植草鋪面及 JW 生態工法會呼吸的鋪面及 JW 生態植草鋪面四種均施作於 JW 生態工法鋪面兩側。



圖 4 JW 生態工法透水鋪面-福建省住房和城鄉建設廳

運用 JW 生態工法道路鋪面下之碎石層，如圖 5，能於暴雨來襲時，大量的雨水先快速的經由導水管進入碎石層及級配層，此兩層即形成臨時地下水庫，因此基地保水為原有透水鋪面的六倍，加入 JW 中空體生態球後最高可達 15 倍以上，可彌補土壤自然透水率的不足，讓土壤有時間慢慢吸收回補地下水，而降雨時，可避免水災發生。

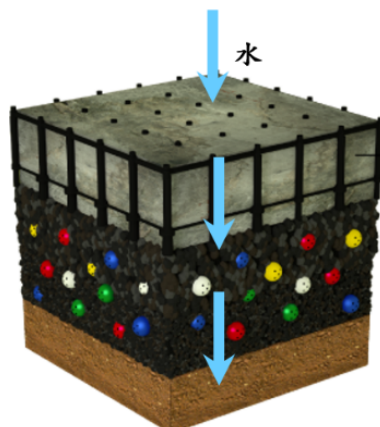


圖 5 JW 生態工法剖面圖

2016 年現場實測透水狀況，發現透水瀝青表面因孔隙阻塞，用 1 公升的水可在表面產生約 2 公尺以上的逕流(圖 6b)，而在拼接式植草鋪面植物生長困難鋪面也經常更換(圖 6c)。

JW 生態工法植草鋪面的植物茂盛根系發達，由於根系向碎石層無限延伸發展，碎石層中有水有空氣能讓微生物有很好的生長空間，當空氣或雨水的污染物進入 JW 植草磚鋪面入滲至碎石層，由微生物透過分解轉化成有機碳，提供給植物養分，使植物生長茂盛，形成 JW 鋪面下生態微濕地，歷經兩年，植物生長茂盛，同期植草磚對照組植物生長不良，如圖 7 a. b。

該項目完工兩年來沒有任何損壞龜裂的情形，對照組透水瀝青已損壞修補重鋪數次。JW 生態工法的海綿道路透水鋪面具可持續性達 10 年不損壞，依產品壽命 10 年的效益評比總造價僅為一般傳統鋪面的 1/2~1/4。透水路面主體架構，利用 PP 塑膠回收，取代鋼筋，節能減碳，同時化廢為寶。

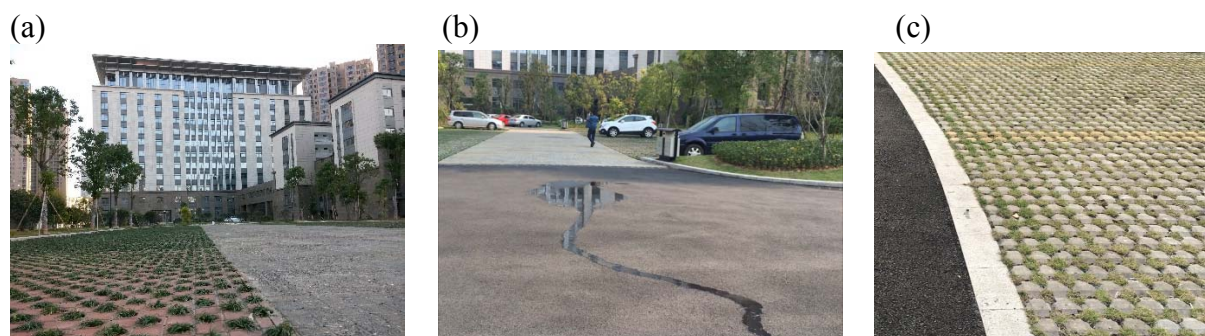


圖 6 福建省住房和城鄉建設廳 (a) JW 生態工法透水鋪面與植草鋪面 (b)透水瀝青鋪面、(c)拼接植草鋪面



圖 7a JW 植草鋪面植物



圖 7b 其它植草磚鋪面植物

JW 生態工法植草鋪面可供重車停放(圖 8a)，或種植各類蔬菜(圖 8b)，在城市內，就可形成都市生態農場。其菜根可長 30 公分以上，而種植灌木、喬木，植物生長茂盛，在 JW 生態工法生長的植物經台灣 SGS 檢測為有機無毒，甚至於大馬路交通頻繁旁種植之蔬菜，其重金屬(如鉛、鎘)均低於標準值。以雞冠花為例：JW 鋪面所種植植物較一般土壤種植之植物約高 50%以上(圖 8c)，成效驚人，若廣泛使用於農業，則可創造農業經濟價值，節省資源並創造城市生態農園。



圖 8：(a) JW 生態工法植草鋪面停車場 (b) JW 鋪面蔬菜植栽區
(c)在 JW 鋪面上種植雞冠花持續生長超過 180cm



圖 9：使用 JW 生態工法，將左邊的水泥地改變為右邊的蔬菜農地。

2. 高透水高儲水及高承載

JW 生態工法可有效防治水旱災害發生及水資源運用及管理，經實測在暴雨時，JW 鋪面仍維持表面不積水無逕流，透水率達 1,500mm/hr~12,000 mm/hr，約福州 8 年總降雨量，(福州年平均降雨量約 1,359 毫米)一小時降至 JW 鋪面均被吸收。基地保水功能更是傳統路面的六倍以上，直接降低水旱災害發生。

而實蹟施作於深圳市鹽田港貨櫃停車場，施工地點地質屬軟弱土質，基於貨櫃車停放行走需高承載道路(圖 10a)但又需顧及基地透水保水功能兼備條件下(圖 10b)，而

JW 生態工法能同時滿足該功能需求，同時又能解除暴雨來臨產生內澇之狀況並直接改善地區淹水，並利用碎石層及中砂層進行淨化總體水質達到高度淨化之指標，可使回收之雨水能再利用於該基地之澆灌、洗車等次級用水用途。該工程可儲存 400 噸以上雨水，結合地下管廊設施，使鋪面下成為大面積滯洪池，讓雨水留在鋪面的原處，減少沖刷，改善低窪區的淹水沖擊。



圖 10 JW 生態工法施作於深圳市鹽田港貨櫃車進出口高承載高透水道路

3. 緩解熱島效應

位於福建省建設廳 JW 生態工法透水鋪面經多次於現場測得的溫度，在夏天大氣溫度攝氏 30°C 時，太陽同時照射在 JW 鋪面與透水瀝青上，JW 鋪面一般維持在 35°C 以下，而透水瀝青均在 50°C 以上，差異約 15°C 以上，當大氣溫度愈高，兩種類型的鋪面差異愈大。若以未來全球暖化的高溫趨勢，未來都市熱島將勢必更明顯；以臺灣案例實測在大氣溫度 39°C 時，其兩種類型鋪面溫差達 21°C 以上足以說明。由此說明，鋪面材料使用類型不同，使用愈久，效益差異愈大。據台灣 2016 學者研究，熱島效應強度每增加 1°C，65 歲以上長者自殺死亡率將提高 5.49%，使用 JW 生態工法鋪面，則能讓都市熱島有顯著改善，夏天不悶熱，進而減少冷氣使用及電量使用，節能減排。除此之外 JW 鋪面在冬天可除冰，有效改善積雪結冰現象。體現 JW 生態工法已達成海綿城市”熱島有緩解”的顯著效益。

4. 淨化水質及空氣並吸附空氣污染物

JW 生態工法鋪面還可以有效吸附空氣中污染物如霾、揚塵、空氣污染物如汽車尾氣產生之二氧化碳，科研證實 20 分鐘吸附達 40~78%，若以整天並長期大面積使用，將有效過濾空氣，同時藉由地下生態系統分解空氣及雨水污染物，進而可讓總體水質達到高度淨化的指標(水體不黑臭)。此外，城市將不再需要排水溝，也就不再會因為排水溝內有機物厭氣發酵而釋放出臭味，以及成為蚊蠅、病媒蚊的溫床，這些效益除將顯著改善大眾健康，也將根絕登革熱等傳染疾病的蔓延。

顯然，空氣品質改善，整體的健康、交通安全、情緒提升、業績提高等無形效益，整體效益無可估量。

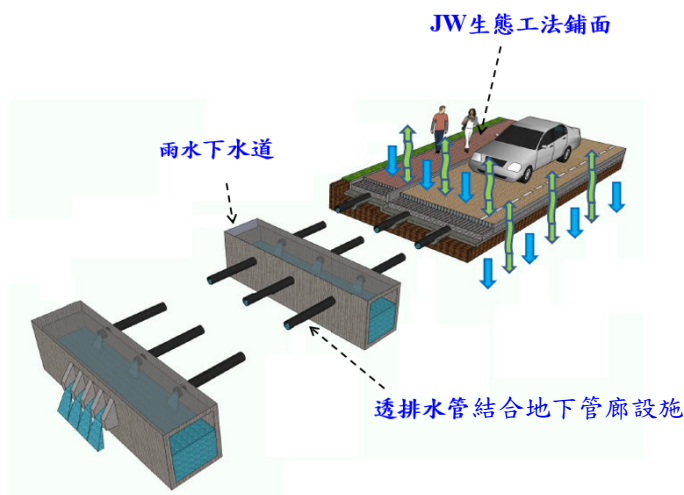


圖 11：JW 生態工法鋪面下之碎石層可儲存雨水，同時安置透排水管或結合地下管廊設施，增加雨水回收功能。

四、結論

JW 生態工法可達成海綿城市建設「小雨不積水、大雨不內澇、水體不黑臭、熱島有緩解」的目標，已具體實踐習主席提倡的「綠水青山就是金山銀山」的生態文明新時代，讓建設過後的土地恢復自然生態，並提供全國各地有關海綿城市的新選擇新方向，以節約的方式創造綠色低碳、環保的時代，並結合 PPP 模式投入項目及基金進行建設合作，或依專案生命週期的投資建設模式。經科研及實績證明 JW 生態海綿城市具有全方位提供城市修補及修復改善環境效益，並於可持續性優於其他海綿城市建設選項，讓環境治理及大氣污染、水污染、都市熱島、水旱災害等防治能於建設 JW 生態海綿城市完成時同時達成，創造安全、永續、生態、環保、健康、樂活的可持續性的 JW 生態海綿城市。在全面降低洪災、高溫、霾害衝擊，與構建蓬勃發展的生態系統下，實踐生態文明作出重要貢獻。

參考文獻

- 台灣醒報，2014：6 年 600 億治水 打造海綿城市
<http://tw.news.yahoo.com/6年600億治水-打造海綿城市-103402148.html>
- 中國住房和城鄉建設部，2014：《海綿城市建設技術指南》。
<http://jieshui.kscein.gov.cn/HtmlEditorUploadFile/2014-12/201412161605542805.pdf>
- 中國經濟周刊，2016：全國 30 個海綿城市試點，19 城今年出現內澇
<http://www.ceweekly.cn/2016/0905/163283.shtml>
- 李維峰、鄭瑞濱，2004：「JW 防災空調導水鋪面工法推廣」計畫案成果報告。財團法人臺灣營建研究院。62 頁。
- 柳中明、陳瑞文、陳起鳳、劉銘龍、陳明烈、陳瑞成、蕭香娟、陳世勳、陳庭豪，2012：「因應氣候變遷，創造海綿城市—由建設海綿社區、海綿工業區著手」，2012 年 5 月 14 日發表於「低碳生活部落格」。http://lowestc.blogspot.tw/2012/05/blog-post_8603.html。
- 陳仲賢、傅玲玉、陳瑞文、陳庭豪，2013：道路儲水防洪實踐—新北市汐止區禮門里茄苳溪畔低碳會呼吸的道路。第十七屆海峽兩岸水利科技交流研討會。2013 年 11 月 14~15 日。台灣，苗栗。<http://pc183.hy.ntu.edu.tw/crossstrait/history-17-4.php>
- 傅玲玉，2013：會呼吸道路之地下水質檢驗分析。台灣新北市汐止禮門里報告。
- 康艷兵、田孟晉，2004：提高空調房間設定溫度的節電效果分析。中國能源，26，28-31。
- 聯合報，2013：有用!會呼吸的路比柏油少 21 度。2013.08.10，B1 版，記者盧禮賓／汐止報導。<https://zh-tw.facebook.com/JWeco?fref=nf>
- 中時電子報，2016.08.21：熱島效應溫升 1°C 老人自殺死亡率增 5.49%
<http://www.chinatimes.com/newspapers/20160821000954-260102>
- Chen, J. W., 2004: Maintenance and improvement in the ecological environment of the island: The design and application in high bearing structure pervious pavement. *The International Conference on the Islands of the World VIII*, November 1-7, 2004. Kinmen Island, Taiwan.
- Demographia, 2015: *Demographia World Urban Areas*, 11th Edition. 135pp. January, 2015.
<http://www.demographia.com/db-worldua.pdf>
- Liu, C. M., J.-W. Chen, C.-F. Chen, M.-L. Liou, M.-L. Chen, J.-C. Chen, H.-C. Hsiao, S.-S. Chen, T.-H. Chen and F.-S. Tsuei, 2012a: “Change a city to a super sponge for absorbing water, lowering temperature, preventing disasters and reducing carbon emission”, *Low-Carbon Forum of Urban and Regional Development Attention*, Shenzhen, Guangdong, China, April, 23-24, 2012.
- Liu, C. M., J.-W. Chen, J.-H. Tsai, W.-S. Lin, M.-T. Yen and T.-H. Chen, 2012b: Experimental studies of the dilution of vehicle exhaust pollutants by environment-protecting pervious pavement, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 62:1, 92-102.
- Liu, C. M., J. W. Chen, Y. S. Hsieh, M. L. Liou and T. H. Chen, 2014: Build sponge eco-cities to adapt hydroclimatic hazards. In: Leal Filho, W (ed) *Handbook of Climate Change Adaptation*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. doi:10.1007/978-3-642-40455-9_69-1.
http://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-642-40455-9_69-1