

出國報告（出國類別：開會）

2019 國際橋梁研討會(ESWP) 報告書

服務機關：交通部公路總局第三區養護工程處

姓名職稱：王慶雄 主任工程司

派赴國家/地區：美國/Maryland(馬里蘭州)

出國期間：108年6月8日至108年6月15日

報告日期：108年9月3日

摘要

美國西賓州工程學會(Engineers' Society of Western Pennsylvania, ESWP)舉辦2019年第36屆國際橋梁研討會(The International Bridge Conference, 以下簡稱IBC), 為國際橋梁界年度盛會, 本次會議研討時間為三日(6月10日~6月12日)於美國馬里蘭州(MD)國家港灣(National Harbor)舉辦, 與會過程可瞭解近期橋梁工程實務界及理論面最新資訊, 尤其在施工、設計及養護維修等技術, 可藉由相互工程技術研討, 進而提升工程技術水準。特別選定了華盛頓州交通管理局(Washington State Department of Transportation, WSDOT)作為本屆『精選地區專題講座』, 在此, 可瞭解該州對於公路沿線生態物種努力保護的績效; 另外, 關於該州橋梁管理及老舊橋梁更新計畫之推動相關規劃作為, 作為國內借鏡之參考。

再者, 本年度特別舉辦工地參訪行程, 以阿靈頓紀念大橋(Arlington Memorial Bridge)重新改建橋梁工程為主軸, 可近距離瞭解國外工地管理及工程控管等實務作業, 深入工地現場觀摩學習。而且研討會議進行期間, 現場各展覽廠商提供橋梁設計/管理顧問公司、材料供應商(鋼索、不銹鋼鋼筋、鍍鋅鋼筋、FRP工法、土工合成織物材料及工法...等)、橋梁施工新技術、橋梁維護及檢測最新技術...等相關產品及軟體構件之商品擺設參觀, 與會者與展示廠商進行技術交流及資訊互換。

報告目錄

摘要.....	I
報告目錄.....	II
圖目錄.....	III
壹、目的.....	1
貳、出國行程紀錄（台灣至美國馬里蘭州國家港灣）.....	1
參、ESWP 2019 國際橋梁會議.....	3
一、研討會地點-國家港灣(National Harbor).....	3
二、精選地區專題講座(Featured State Session).....	3
三、主題演講(Keynote Sessions).....	5
四、技術講座(Technical Sessions).....	7
五、專題研討會(Workshops).....	9
六、阿靈頓紀念大橋改建參訪(the Arlington Memorial Bridge).....	11
七、橋梁相關產業展覽(Exhibition).....	16
肆、得與建議.....	19

圖目錄

圖 1	華盛頓州魚類通道計畫 (左)及橋梁之 ABC 工法展示版(右).....	4
圖 2	華盛頓州預力混凝土橋梁(左)及橋梁檢查方法展示版(右).....	4
圖 3	2019 年第 36 屆國際橋梁大會開幕典禮會場.....	6
圖 4	技術會議(Technical Sessions)演說聆聽現況.....	8
圖 5	馬里蘭州歷史公園桁架橋撞擊損壞及修復後全載重試驗.....	10
圖 6	專題研討會(Workshops)聆聽現場照片	10
圖 7	阿靈頓紀念大橋原全景照(左)及鋼桁架拱橋型式(右).....	11
圖 8	阿靈頓紀念大橋地理位置圖.....	11
圖 9	阿靈頓紀念大橋現場施工照片(一)	12
圖 10	阿靈頓紀念大橋現場施工照片(二)	13
圖 11	阿靈頓紀念大橋現場施工照片(三)	14
圖 12	阿靈頓紀念大橋現場施工照片(四)	15
圖 13	阿靈頓紀念大橋現場施工照片(五)	15
圖 14	展覽廠商研討交流之合影紀念照.....	17
圖 15	鋼筋自動化綁紮機器展示會場.....	18
圖 16	展覽會場精選地區專題講座看板交流.....	18
圖 17	展覽會場佈設及人員參訪實況.....	19
圖 18	公路植栽區域裸地覆蓋木屑.....	21

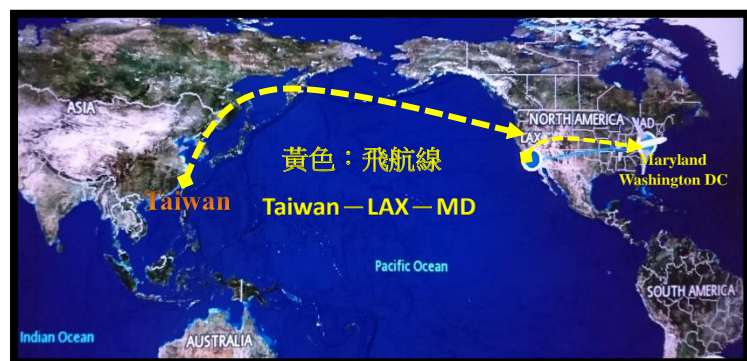
壹、目的

奉派參加美國西賓州工程學會(Engineers' Society of Western Pennsylvania, ESWP)舉辦2019年第36屆國際橋梁研討會(The International Bridge Conference, 以下簡稱IBC), 為國際橋梁界一年一度的盛會, 本次會議地點在美國馬里蘭州(MD)國家港灣(National Harbor), 與會過程可瞭解近年橋梁工程實務界及理論面最新資訊, 而且相互交流工程技術及相向溝通研討, 會議期間亦可參觀本次橋梁國際研討會展示會場及演講廳佈置, 參展機構多達100個以上, 未來國內辦理類似國際研討會時可作為參考及借鏡; 另外, 本年度特別舉辦工地參訪行程, 以阿靈頓紀念大橋(Arlington Memorial Bridge)重新改建工程為主軸, 更可近距離瞭解國外工地管理及工程控管等實務作業。

本次研討會相關主題包含專題講座(Keynote Sessions)、精選地區專題講座(Featured State Session)－美國華盛頓州交通管理局為主軸及該州近年工作重點之刊板介紹說明、技術交流(Technical Sessions)、研討會(Workshops)及橋梁相關產業展覽(Exhibition)等活動, 發表論文及技術講座題目則含括: 橋梁規劃設計、施工、維護、創新觀念、檢測技術與儀器、評估及修復問題與永續經營等, 透過參與此研討會, 可蒐集、吸收、交流國際間最新橋梁工程實務之相關資訊及技術。

貳、出國行程紀錄(台灣至美國馬里蘭州國家港灣)

出國心情寫實: 人生地不熟, 第一次前往這麼遙遠國家－美國, 內心著實徬徨不安, 人生一大挑戰, 從行程計劃、航班轉機交通規劃、食宿安排等問題, 都需要前期花很多心思及心力。光想如何踏上美國國土就是一大挑戰, 否則一旦到馬里蘭州(MD)國家港灣(National Harbor), 相信難題絕對接踵而至, 也因為有前期詳細規劃安排, 整體而言, 參加研討會過程順利, 如今平安歸國, 回想算是滿大膽的, 也因為有此機會只許往前不能退縮, 讓我擁有這一切寶貴經驗, 也讓我體認世界之大, 以及通訊、資訊是如此發達及快速, 相信這一切的回憶在我人生紀錄裡, 已深刻烙印在心中, 謝謝我國家政府所給的機會。



本次參加 2019 年國際橋梁研討會(IBC)及參訪行程，自 109 年 6 月 8 日至 6 月 15 日止共 8 天。自台灣桃園國際機場出發後先抵達美國西岸洛杉磯，於洛杉磯隨即轉機至美國華盛頓杜勒斯機場，再搭乘美國國內地鐵、公車至研討會所在地-馬里蘭州 (MD) 國家港灣(National Harbor)-蓋洛德國家度假會議中心(The Gaylord National Resort and Convention Center)，自 6 月 10 日至 6 月 12 日參加研討會完畢後，隔日 6 月 13 日於華盛頓停歇，短暫停留期間再次私下造訪 6 月 11 日之阿靈頓紀念大橋(Arlington Memorial Bridge)工地及順道訪華盛頓特區內道路施工狀況，之後搭機返台，行程摘要說明如下：

- **108 年 6 月 8~9 日-(台灣時間 6 月 8~9 日第 1、2 日)**
 - ◆ 行程地點：桃園機場~洛杉磯機場~轉機華盛頓杜勒斯機場
 - ◆ 工作摘要：路程（飛機、地鐵、公車及行走）

- **108 年 6 月 10 日-(台灣時間 6 月 10~11 日第 3 日)**
 - ◆ 行程地點：蓋洛德國家度假會議中心
 - ◆ 工作摘要：上午報到主題講座，Workshops 聆聽交流、參訪展覽會場

- **108 年 6 月 11 日-(台灣時間 6 月 11~12 日第 4、5 日)**
 - ◆ 行程地點：蓋洛德國家度假會議中心
 - ◆ 工作摘要：Workshops 聆聽交流、下午工地參訪(Arlington Memorial Bridge)

- **108 年 6 月 12 日-(台灣時間 6 月 12~13 日第 5、6 日)**
 - ◆ 行程地點：蓋洛德國家度假會議中心
 - ◆ 工作摘要：Workshops 聆聽交流、參訪展覽會場及技術交流

- **108 年 6 月 13、14 日-(台灣時間 6 月 14~15 日第 7、8 日)**
 - ◆ 行程地點：華盛頓特區城市參訪
 - ◆ 工作摘要：城市參訪、再次參訪(Arlington Memorial Bridge)

- **108 年 6 月 15 日~-(台灣時間 6 月 16~17 日第 9、10 日回國)**
 - ◆ 行程地點：華盛頓杜勒斯機場~洛杉磯機場轉機~桃園機場
 - ◆ 工作摘要：路程（轉機等待及時差）

參、ESWP 2019 國際橋梁會議

一、研討會地點-國家港灣(National Harbor)

第 36 屆國際橋梁會議 (IBC) 於 2019 年 6 月 10 日至 12 日在馬里蘭州國家港口的蓋洛德國家度假村和會議中心舉行，地點位於美國馬里蘭州-國家港灣(National Harbor) 是一個佔地 350 英畝度假勝地，國家港灣這個位置是越過華盛頓特區的波多馬克河 (Potomac River)；亦是一個位於美國華盛頓特區馬里蘭州喬治王子縣的港口。該區域鄰近杜勒斯機場及雷根機場，交通便利性高，而且 2018 年同時也是在該地點舉辦國際橋梁年度盛會。IBC 匯集了來自美國和國外近 1,000 多名橋梁所有相關之工程師、政府官員、橋梁設計師、營建管理、施工人員及材料商等從業人員；今年也有超過 20 個不同的國家代表，以及來自美國的 40 多個州共同參與。

二、精選地區專題講座(Featured State Session)

本次精選有特色地區，大會選定了華盛頓州交通管理局 (Washington State Department of Transportation, WSDOT) 作為精選地區專題講座，在此可學習該州對於生態物種保護的努力，另外關於橋梁管理及老舊橋梁更新計畫之推動相關作為，現場展示看板說明目前該州執行重點事項如圖1及圖2所示，簡述如下：

【WSDOT 魚類通道計畫】

華盛頓州很幸運擁有內陸海域和許多溪流流域，同時擁有歷史悠久的野生鮭魚群。過去在土地上建造了公路橋梁系統至今已有 100 多年，惟在許多溪流中形成了魚類通道障礙。本演講介紹了 WSDOT 魚類通道計畫，以及 WSDOT 如何通過積極改善河流中障礙，來幫助恢復鮭魚群種迴游之策略。

【華盛頓州的浮橋】

近 80 年來，華盛頓州一直是浮橋設計和建造的領導者；他們自稱第一座浮橋於 1940 年開建。本演講介紹浮橋的簡史，多年來遇到的一些挑戰，以及最新浮橋設計施工項目的概述。(網路搜尋：全球最長浮橋 通車--蘋果日報 20160415，美國華盛頓州於西雅圖附近興建長 2.4 公里「全世界最長浮橋」)

【WSDOT 橋梁設計和加速橋梁施工的創新】

本演講重點介紹最近 WSDOT 的創新，包括：1.在橋柱中使用超彈性形狀記憶合金和高性能混凝土，以提高抗震彈性。2.在橋梁柱和深基礎中使用混凝土填充鋼管。

3.使用預製節塊體結構，以加速橋梁施工，並提高長期性能。4.尋求橋梁設計和施工的創新，以滿足震後功能要求。

【WSDOT Bridge 資產管理 - 經驗教訓】

本演講概述 WSDOT 的 Bridge Asset Management 10 年計劃，並提供一些經驗教訓。WSDOT 擁有 3,322 座橋梁，連接不同地形的道路和從西部通過喀斯喀特山脈之特有橋梁。WSDOT 交通路網包含各種橋梁類型，包括浮橋、可移動橋梁、鋼桁架、鋼筋/預應力和後張混凝土以及木橋。

【深入阿拉斯加之路高架橋更換計劃】

這座擁有 65 年歷史的高架橋將由一條四車道的 99 號高速公路隧道，以及 Sodo 和南湖聯合交匯處取代，99 號高速公路阿拉斯加高架橋是一座建於 20 世紀 50 年代且易受地震影響的高架混凝土結構。本演講重點介紹項目主要結構構件的設計和施工，以及世界上最大的隧道鑽掘機。



圖 1 華盛頓州魚類通道計畫 (左)及橋梁之 ABC 工法展示版(右)



圖 2 華盛頓州預力混凝土橋梁(左)及橋梁檢查方法展示版(右)

三、主題演講(Keynote Sessions)

上午 10:15 - 歡迎和開幕評論；由會議主席 **Stephen Shanley** 主持



斯蒂芬自 2001 年以來一直在阿勒格尼縣公共工程部工作。他的職業生涯始於該縣，擔任橋梁工程的助理經理。他被提升為橋梁工程經理，隨後晉升為工程部副主任。在擔任臨時主任期間於 2015 年 1 月晉升為公共工程總監。會議主席代表大會歡迎全球各界橋梁不同領域工程師參與本年度盛會，相信研討交流可以讓彼此提升橋梁專業。

上午 10:25 - 華盛頓州交通運輸部長羅傑米勒



2016 年 8 月，Roger Millar 被州長 Jay Inslee 任命為交通運輸部長。Millar 負責監管一個多式聯運系統的管理機構，負責確保人員和貨物安全有效地運輸。除了建設、維護和運營國家公路系統外，WSDOT 還負責國家渡輪系統，並與其他機構合作維護和改善當地道路、鐵路和機場，以及支持駕駛的替代方案，如公共交通、自行車和人行步道。

上午 10:50 - **Greg Andricos**，PE，總裁兼首席運營官



他擁有超過 25 年工程師、估算師和建設施工的豐富經驗。目前負責監管第四代家族總承包商 Wagman 的土木企業、材料和大地工程。2018 年，他的團隊在 11 個州以及哥倫比亞特區開展了各種工作，包括設計建造、總承包商、分包商和材料生產商。熱衷於尋找創新方法來提供複雜公共工程建設使用，同時採用一流安全思維實踐於工地管理。

上午 11:15 - **Aileen Cho**，加利福尼亞州長灘工程新聞記錄交通高級編輯



Aileen Cho 在 Engineering News-Record 工作了 22 年，擔任高級編輯。她對機場、港口、運輸、高速公路和橋梁的報導，已經獲得了商業出版物和工程學會的許多獎項。2015 年，她乘坐 1949 年的 Hudson 旅行全國各地，為 ENR 參觀了建築標案和公共工程部門。2016 年，她已經開始這次旅行 16 個機場相關報導。她也曾在“洛杉磯時報”和“紐約時報”上發表過文章。

上午 11:40 - Shay Burrows，PE，華盛頓特區 FHWA 安全和管理團隊負責人



Shay Burrows 是華盛頓特區聯邦公路管理局橋梁與結構辦公室安全與管理團隊的部門負責人。他於 1993 年獲得機械工程學士學位，1996 年獲得土木工程理學碩士學位。他也是賓夕法尼亞州的註冊專業工程師。Burrows 先生於 1996 年加入聯邦公路管理局，並在 2014 年加入橋梁與結構辦公室之前，先在新罕布什爾州，密西西比州，科羅拉多州，新澤西州和資源中心提升其結構工程知識和經驗。在他目前從事橋梁和隧道檢查，管理和聯邦資助計劃領域提供國家領導和計劃指導。最近的成就包括實施國家隧道檢查計畫和基本性能的橋梁檢測計畫。於會中分享工作經驗及相關檢測。



圖 3 2019 年第 36 屆國際橋梁大會開幕典禮會場

由圖 3 開幕照片可看到參與者熱情參加，開幕現場佈置簡單樸實，參加人員逐一就位後，由大會主席先致歡迎詞，感謝今日大家共同與會，期許一年一度國際橋梁盛會可給與每位參與者有豐富收穫，藉由相互交流提昇彼此橋梁專業技能，進而確保社會大眾交通安全通行。隨後，由四位主題演講者演說約 25 分鐘，就其領域工作經驗及從事作業之心得分享；有公共部門針對橋梁管理、檢測之研究探討並執行經驗分享；另外，有民間企業佼佼者對於從事橋梁相關議題心得交流。

四、技術會議(Technical Sessions)

技術會議一直是IBC的核心，與會者可以觀看，聆聽和了解計畫展示各種主題。技術講座(Technical Sessions)係邀請國際專家學者進行演講，與會者可借由技術講座吸收最新資訊及技術，課堂約30分鐘，與會者可自由選擇聆聽，講座內容包括橋梁設計、施工、檢測等相關議題。

摘要本次會議其中新興技術講座：

IBC 19-73: A New View for Bridge Inspectors IBC 19-73：橋梁檢查員的新觀點

本演講 FHWA 明尼蘇達分部一直致力於推動本區計畫，他們使用無人機來彌補橋梁檢查的工作。MN 部門一直專注研發負擔得起的無人機，可以成為團隊領導和檢查人員的工具。這項工作已經確定了一種符合成本效益的無人機系統，可以以 3,000 美元左右的價格購買。這項工作還確定了第一人稱視覺護目鏡（許多休閒無人機的配件）如何有機會大大提高無人機彌補檢查的現場能力。通過使 FPV 護目鏡的佩戴者，能夠以非常大的屏幕格式，以高清晰度觀看無人機視頻圖像來改進現場。FPV 護目鏡直接連接到無人機的視頻輸入，為橋梁檢查員提供了第一人稱視覺效果，相當於他們檢查組件的 3 英尺近距離。

IBC 19-74: Seeing beyond the Surface – Underwater Visualization using 3D Sonar IBC 19-74：水面下使用 3D 聲納進行水底可視化

如何充分檢查和維護難以看到的東西？橋梁檢查員經常需要找出河流表面下方的東西。通常，我們轉向專業潛水員提供有關水下情況的訊息。但潛水檢查並不能完全提供有關橋梁損壞情形和河床地形變化的狀況。為了克服這些限制，MnDOT 採用了創新的 3D 聲納設備，以提供詳細的水下影像。這種檢測技術，讓我們現在可以看到以前隱藏的河床地形和水下橋梁結構。該報告包括幾個案例研究，以討論水下橋梁檢測的 3D 聲納學影像的能力和局限性的問題。案例研究提供了該技術不同應用的示範。水下聲納學影像已被證明，對於各種應用的橋梁檢查員和所有者俱有實際價值及數據解讀。

猶他州交通運輸部（UDOT）開始研究基於模型的設計和施工方法，以便更好的利用公路設計軟體、施工和自動化機器引導所帶來的效率。在 2018 年，UDOT 使用該模型作為法律文件，宣傳了其第一個橋梁試驗項目。本演講概述了實施過程，對項目完成的影響，以及 UDOT 針對橋梁和結構試點項目的 BIM。

本演講討論由 AASHTO COBS 技術和軟體技術委員會 (T-19) 和愛荷華州 DOT 試點項目，帶領橋梁與結構 BIM 計劃。愛荷華州 DOT I-80 / I-380 是美國第一個利用 BIM 數字模型代替傳統計劃橋梁的設計、投標及建造工程。橋梁 BIM：從設計到施工的綜合方法，隨著越來越多的承包商和政府組織要求在即將開展的項目中使用 BIM 方法，Bentley 建議採用涵蓋規劃，設計和進一步施工的綜合方法。在聯合 3D 模型中表示的這種集成方法保證了訊息的交換，而沒有任何格式轉換，隨後可能丟失有價值的或關鍵的資訊。

BIM(Building Information Modeling) 建築資訊模型於建築工程已有相當程度的發展，但國內 BIM 技術於非建築物之橋梁道路等土木工程之應用，則僅於起步階段。如何以某橋梁工程為例，說明如何於設計階段導入建築資訊模型之模型建置與應用，且對於模型建立時所遭遇之困難提出討論，並期待國內有更多的土木工程導入 BIM 技術之應用，除能刺激相關 BIM 軟體開發商針對應用於非建築之土木工程 BIM 程式開發，更能藉由 BIM 技術之成熟運用，協助土木工程師於設計效率及品質之提昇，甚至進一步達到施工、完工養護、後續面臨可能之橋梁修復，進而結合橋梁管理系統，達到公路橋梁全生命週期之管理。



圖 4 技術會議(Technical Sessions)演說聆聽現況

五、專題研討會(Workshops)

2019年度橋梁國際會議Workshops專題研討會，本次共計13場次，每場次進行最長時間約為4小時，每場次中各題目講座僅有30分鐘，其包含演講者說明及現場與會人員發言及雙向溝通，研討題目可說琳琅滿目，參加者可依各自興趣隨機進入場次內聆聽，而本次Workshops題目主軸整理有：鋼橋設計之實務方法與應用工具、合成織物FRP應用之新設計規範、橋梁燈光美學、BIM橋梁應用全生命週期、橋梁承载力與伸縮縫之探討、橋梁後立法預力系統之灌漿、聯邦公路管理局(FHWA)橋梁安全設計說明、國際新興橋梁技術簡介、人行陸橋及特殊橋梁之探討、橋梁沖刷預防之理論探討...等等議題。因為受限時間原則每場次30分僅作原則性說明，而深入理論架構及實務應用，須再參閱大會會議結束後收集各講者文章發行。

摘要幾則參加聆聽後，內容如下：

永久板樁牆系統 - 賓夕法尼亞州收費公路，MP 40.84 WB

本報告關於一個 1,573 英尺長、永久性、有價值板樁擋土牆系統工程，建造為一個階段而不是兩個階段（不需要臨時支撐）-為因應賓夕法尼亞州收費公路的堤防/道路擴建所採用。它由包括壁面的Z形板樁組成，壁板由類似形狀的板樁束制，用作垂直平面的連續連接，即通過三通連接器連接到壁面的夾片，其提供抵抗作用在牆壁上的側向載荷的阻力，與國內板樁作為臨時系統不同。

橋墩抗震強化的碳纖維強化聚合物（carbon fiber reinforced polymer）案例研究

對於現有三跨橋梁的設計-建造抗震改造，圓形橋墩需要額外的剪力強度和圍束力。設計師最初設想使用焊接鋼護套來加強現有的橋墩。鋼護套的設計厚度為3/8“，這是 FHWA 地震改造手冊所要求的最小值。鋼護套的高成本和結構物流促，使設計者考慮將碳纖維強化聚合物（FRP）護套用於現有的橋墩。碳纖維強化聚合物（FRP）的初步設計顯示，不僅能提供所需的剪力強度和圍束力，而且與焊接鋼夾套相比，FRP 的成本效益更高。本文描述了在選擇 FRP 代替鋼護套，FRP 護套的設計和 FRP 改造的建設過程中的決策過程。此外，還介紹了 FRP 材料，可用於 FRP 強化的設計規範，並提供了有關如何在現有橋梁修繕的施工，文件中詳細說明 FRP 施工的方針。

IBC POS 19-07：MD 355 在 Monocacy River 緊急維修

2017 年 12 月 6 日一輛垃圾車撞倒在莫諾卡西河上歷史公園桁架橋，橋梁側邊末端構架嚴重損壞，並且前兩個頂部水平構件被推移，使得主桁架的幾個垂直構件被切斷。幸運的是，這個事件沒有發生災難性的損傷，但是橋梁的剩餘載重容量是未知的，因此，橋梁通行路線立即被封閉(如圖 5 所示)。



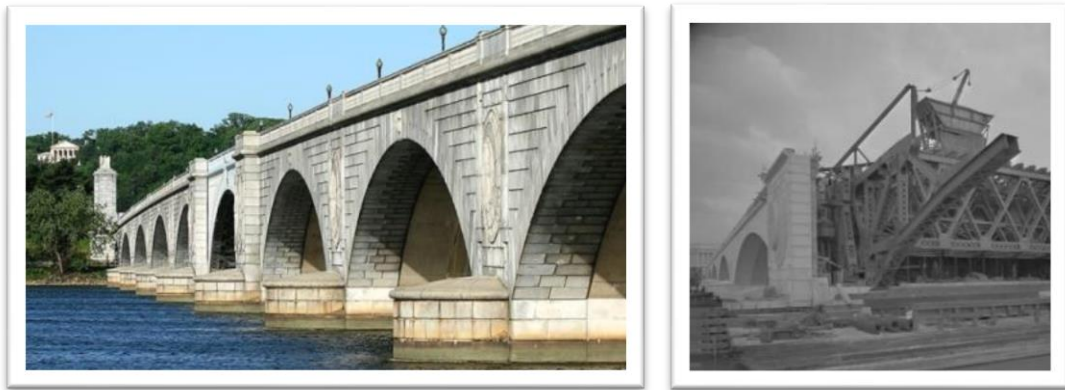
圖 5 馬里蘭州歷史公園桁架橋撞擊損壞及修復後全載重試驗

原則在考量後續分析、設計、施工及測試需要時間，馬里蘭州交通管理局 (MDOT)-SHA 公告維修需要 60 天才能完成。這將進一步加劇 I-270 上的交通擁塞，因為每天有 12,000 輛車在 MD 355 上使用這座橋作為 I-270 的替代道路。MDOT-SHA 意圖盡快讓這座橋重新投入使用。組建了由 MDOT-SHA，GPI，PDI Sheetz，Wilton Corporation 和 AECOM 組成的項目團隊，以最快時間恢復橋梁服務，僅在 36 天後提前開放橋梁通行，本文概述了處理此緊急情況時遇到的操作、設計和施工挑戰。深入探討了公共宣傳、團隊裝配、3D 建模、製造、施工、創新設計、頂升框架和車輛全載重試驗(如圖 5 所示)等過程，相關界面配合得宜，讓橋梁修復提前開放，大大降低因交通壅塞衍生之社會成本。



圖 6 專題研討會(Workshops)聆聽現場照片

六、阿靈頓紀念大橋改建參訪(the Arlington Memorial Bridge)



摘錄<https://eswp.com/bridge/program/tuesday-pm/>

圖7 阿靈頓紀念大橋原全景照(左)及鋼桁架拱橋型式(右)

美國首都華盛頓的阿靈頓紀念大橋（Memorial Bridge）橫越波多馬克河，連接林肯紀念堂和阿靈頓國家公墓入口，平日上下班車潮不斷，假日與旅遊旺季期間遊客絡繹不絕。圖7為該橋梁之雄偉氣勢全景，外觀為花崗岩大理石，而圖8為該橋所在地理位置。全橋長約630公尺、全寬約30公尺，興建於1932年擁有6條3公尺寬的行車道和2側各約6公尺寬之自行車和人行道。自建立至今有80多年的歷史，但經年累月造成橋體之鋼材嚴重腐蝕。整個維修工作於2018年9月展開，預計2021年完成，本次修繕經費約2.27億美元。橋上通往首都華盛頓特區入口的車道停止使用，將持續至明年重新開通。



圖8 阿靈頓紀念大橋地理位置圖

象徵「英勇」和「犧牲」的黃金騎士塑像座立於紀念橋東端，從林肯紀念堂高處遠眺，可望見國會大樓、國家紀念碑、國家廣場與紀念橋，而另一端是國家公墓，全區充滿陽剛氣息，200多年的美國歷史盡收眼底。

該橋的建造是為了增添國家首都的新古典主義設計，包括10個鋼筋混凝土拱門，其中心有一個雙葉鋼拱形跨度，其中大部分是用花崗岩方石。國家公園管理局與聯邦公路管理局協調，開始實施歷史上最大的交通改善工程之一，修復這座橋梁。該項目採用設計-建造之採購，應為統包商之概念，並於2017年交付於Kiewit-AECOM團隊。到目前為止，設計基本完成，正在進行施工。該項目包括修復橋梁主要上部結構體，包括混凝土橋墩、拱門和橋面板，並使用預製混凝土橋面板加速施工進度。還包括用新的鋼製固定跨度上部結構更換雙葉開口跨度，修復和保護整個橋梁外觀華麗花崗岩，以及橋梁外部其他美學或結構工作。

參加這次旅行，首先至Kiewit現場辦公室聽取橋梁修復簡報，初步瞭解工程概況，再進行各項危害告知、身穿反光背及安全帽，隨即步行橋梁改建現場，再由現場工程師進行工地導覽解說，瞭解整個改建的困難、工序安排及交通管制等問題。本人將以照片作為重點式項目介紹及說明該州重大工程管理之重點。



圖9 阿靈頓紀念大橋現場施工照片(一)

本次參訪照片由本人親自拍攝記錄，依工地工程師導覽解說排列說明，圖9-①為進入工地現場辦公室聆聽工地設計、施工及交通維持動線規劃說明，同時進入復建工地前危害告知宣導及應注意配合事項，而圖9-②是阿靈頓國家公墓引道端之行車動線規劃及參訪路線之安排，井然有序。圖9-③為參訪人員依路線步行至工地現場並身穿反心背及安全帽現況，最後來到橋面板之左側人行道上通行狀況，再由圖9-④可清楚瞭行車動線規劃，同時以號誌作控管，分尖離峰改變行車動線，配合實際交通量需求，達到行車順暢度。



圖10 阿靈頓紀念大橋現場施工照片(二)

由圖10-①、②可清楚觀看到原舊橋左側上部結構鋼桁架之鋼材鏽蝕嚴重，尤其節點處螺栓處鏽蝕更嚴重，原因可能現場塗裝較不易而防蝕效果不佳，另外，因鄰河濕度高，水氣聚集螺栓群週邊，提高鏽蝕機率大。再由圖10-③、④可瞭解原舊橋梁之鋼桁架為連續整體結構，為維持改建過程維持右側交通通行需求，須要將上部結構作適當切割及結構重點轉移，因此，該跨處於河道設置12支基樁作為支撐施工構台，同時再利用鋼構架重撐支撐住右側舊鋼桁架橋梁，載重力量再轉移至施工構台，再由12支基樁承受右側橋梁，來達到半半施工改道之需要。

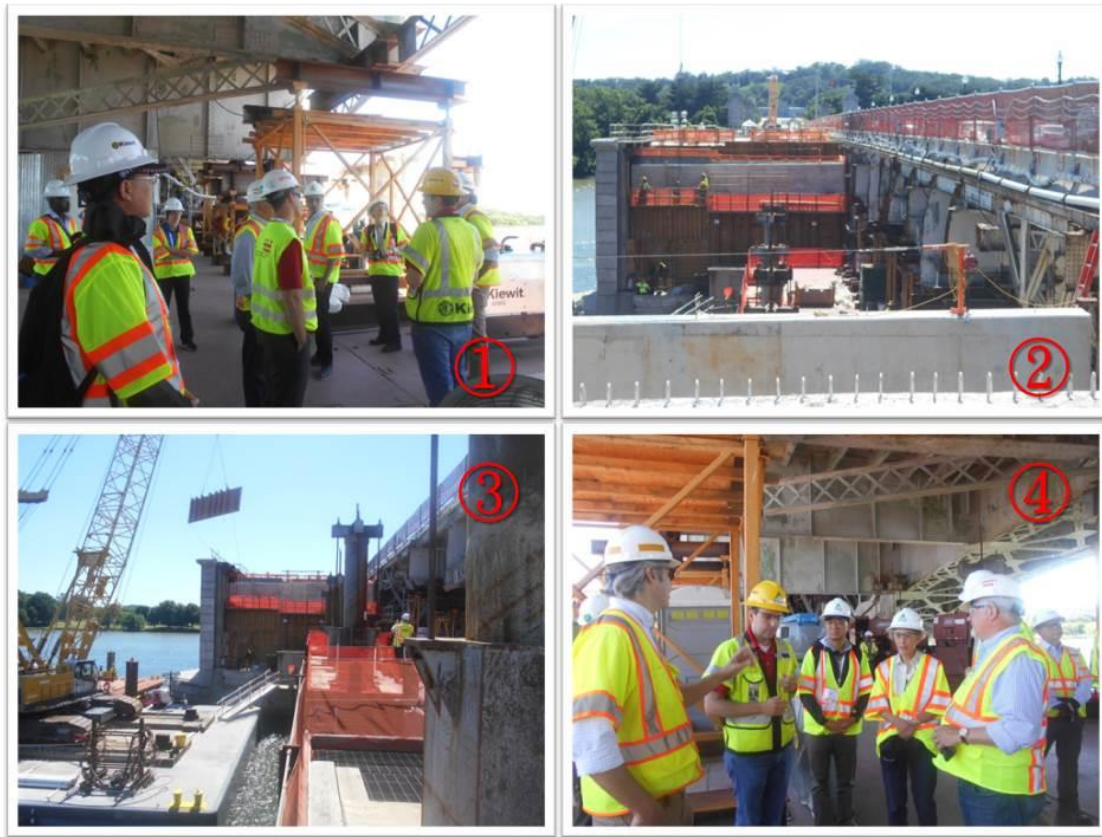


圖11 阿靈頓紀念大橋現場施工照片(三)

圖11-①可看到現場Kiewit工程師的解說，由本照片亦可看到重型鋼構架支撐舊橋之情形，亦解說力量之轉移，另外利用千斤頂調整水平面均勻受力。圖11-②係由完成橋面板上方拍攝另一端帽梁施工構台及完成照片，由本照片可得知本橋梁橋墩並無拆除重作，而是使用原舊橋墩；圖11-③展示是施工構台及施工船作業情形，圖11-④為參與討論瞭解改建過程工序安排及現場人員提問題之研商交流。

圖12-①可清楚看到帽梁混凝土平整度及表面完整性，而圖12-②為橋梁板上部份模板施工時臨時遮陽罩，以保護施工人員避免曝曬陽光下；另外，圖12-③之照片看得到橋面板平整度及垂直度，都在同一直線上，可觀察到工地對於品質管理及要求之嚴格，而且本標案橋面板採預鑄混凝土結構面板進行現場吊放組裝，達到橋梁加速施工之要求，而圖12-④照片考量河道尚有船隻運行，為避免誤闖工區，利用鋼管浮桶作為臨時性阻隔，以確保工區安全。

圖13-①是移動性防墜器，施工人員於高空作業，臨時作為安全母索使用，而且移動性高便於施工人員使用，圖13-②為林肯紀念端之引道，原則該區域進行華盛頓特區市中心，不管封閉設施及相關路況資訊揭露清晰，車輛動線井然有序，隱約可看到「英勇」和「犧牲」的黃金騎士塑像座立於紀念橋東端。圖13-③可看

到橋梁外觀為花崗岩大石為原橋梁建材，在本次復建過程仍須全數保留恢復，而目前施工區域為舊橋鋼桁架開拱處，而且下部結構橋墩基礎保留使用未重建，重點在於上部結構之置換工程為重點項目，另外圖13-④為施工防護網作為圍籬使用，讓工區與通行道路內外分離。

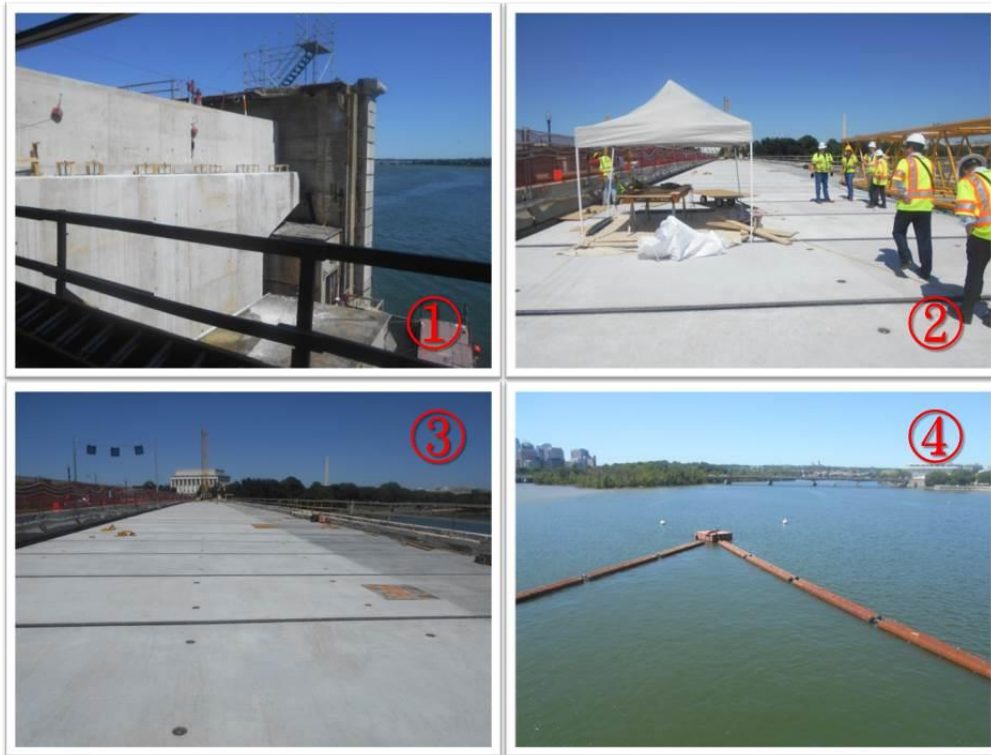


圖12 阿靈頓紀念大橋現場施工照片(四)



圖13 阿靈頓紀念大橋現場施工照片(五)

七、橋梁相關產業展覽(Exhibition)

IBC展覽廳提供工程設計/管理顧問公司、材料供應商(鋼索、不銹鋼鋼筋、鍍鋅鋼筋、FRP、地工合成織物材料...等)、橋梁施工新技術、橋梁維護及檢測...等相關產品及軟體構件之商品擺設，與會者可與參與展示廠商作技術交流，本屆參展家數超過100家並連續參展3日，包括軟體設計公司、勞安設備供應商、橋梁施工上下設備供應商、鋼棒材料供應商、鋼筋防腐蝕供應商、斜張橋之鋼絞線纜供應商、工作車供應商等等。與同行交流，了解橋梁行業的實用和創新解決方案。

摘錄展覽會場與國內橋梁較有相關之廠商資訊，供未來有需要可查詢之用，另外展示佈置及現場可詳圖16、17所示。

網站：www.acmanet.org

ACMA 是世界上最大的複合材料貿易協會。致力於為工程師提供有關基礎設施應用之 FRP 複合材料的資訊，同時展示產品包括 FRP 橋面、梁柱及橋墩補強方法，另外，有關結構形狀和混凝土修補，於該公司可獲得相當訊息供規劃施工之用。

網站：www.NoScour.com

橋墩和橋台的沖刷是跨河橋損壞的常見原因。分析沖刷和設計永久性設施，PROVEN 流線型防止渦流的產品，有效沖刷預防橋墩和橋台局部和收縮沖刷，該公司致力於沖刷研究程式研發，如規劃階段橋墩有沖刷之虞，可應用該公司相關產品先行模擬，瞭解未來河道之變遷對於橋梁之影響。

網站：www.cmcmmi.com

Contractors Materials Company 位於俄亥俄州辛辛那提市，是一家擁有 112 年曆史的公司，專門從事供應和製造用於建築業的混凝土增強產品。Contractors Materials Company 擁有最先進的技術和設備能夠生產連續不銹鋼鋼筋長度為 #3~ #11 鋼筋，最高可達 60'，以及製造設計需要之鋼製品。

網站：www.nanokote.com

PRIMO GUARD Concrete +，一種突破性的奈米技術產品，在歐洲、東南亞地區有著良好的記錄，現在在美國。通過使用奈米材料展示最新進展，PRIMO GUARD Concrete + 為混凝土橋梁和公路基礎設施提供長壽命保護包括隧道。專利的單塗層直接技術，

這種高性能塗料可防止惡劣天氣和除冰化學品/鹽類，並具有特有抗塗鴉阻力，易於清潔/清除。

網站：www.openbrim.org

OpenBrIM 平台包括完全參數化的詳細 3D 建模，高級 3D 有限元素分析，強大的結構設計模塊，2D / 3D 繪圖生成，映射，檢查管理，健康監控，文檔管理等，它提供真正彙整企業級資訊建模（BIM / BrIM）AEC 行業平台在 PNL。另外，致力於專業，高效地滿足客戶的需求。係為軟體開發與管理性質之公司。

網站：www.stalite.com

Carolina Stalite Company 生產高性能，高強度輕質骨材用於結構混凝土。採用 Stalite 輕質骨料生產的混凝土具有設計靈活性，減少結構物自身靜載重，可加長跨度，具有更好的防火等級，更小尺寸的結構構件，同時減少的鋼筋成本，降低工程經費。可完全水化作用，減少自身收縮及早期開裂，降低滲透性和延長使用壽命。

網站：www.fatzer.com，如圖 14 所示

FATZER 專注於鋼絞線材料開發、製造，應用於橋梁結構、索道、採礦作業之優質鋼絞線工業。公司有著悠久歷史，FATZER 被公認為領先的繩索製造商。

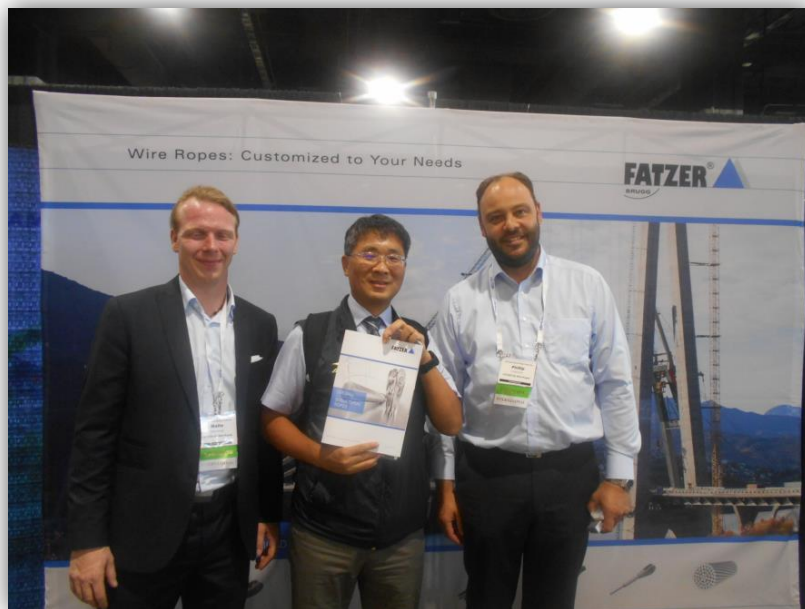


圖 14 展覽廠商研討交流之合影紀念照



圖 15 鋼筋自動化綁紮機器展示會場

這次展覽中大型機具有橋梁檢測車，外型輕盈，檢測範圍可及性較傳統檢測車優越，功能性亦較好，較特別是看到鋼筋自化綁紮機器如圖 15 所示，但實地瞭解適用較平面鋼筋排列時，就想法而言，是滿有創意的但實務應用上，可能尚無法有效應用於各角度鋼筋排列時之綁紮，如果能進一步開發手持式鋼筋綁紮器，或許應用之廣度可能更佳，也較符合營建現場之鋼筋綁紮需要性。



圖 16 展覽會場精選地區專題講座看板交流



圖 17 展覽會場佈設及人員參訪實況

肆、心得與建議

- 一、很榮幸有機會參加國際研討會，但心中興奮又徬徨，主要實在研討地點太遙遠將近1萬2000公里遠，且人生地不熟，單身前往時，是一種精神壓力及馬拉松式耐力的考驗，但回國後，相對仍然有許多方面成長，見識國際研討會進行模式及場地佈置，都可以作為未來辦理之借鏡。反覆思考，如何讓見習績效更能大大提昇，個人認為還是建議未來若有機會，應該建議二人以上成團前往較為有效率，而且成員組成有產、官、學同行會更佳；相信收穫成果及吸收新資訊，一定遠大於個人前往之摸索。或許二者模式經驗體會不同。
- 二、國際橋梁舞台台灣應該適度找機會亮相及宣揚橋威，參訪後總覺得目前橋梁推動作業、重視程度及資訊化，不亞於各界。而當然新技術、新材料及新工法都要能因地制宜，例如大型景觀橋、ABC工應用、不銹鋼鋼筋應用等等資訊，各國面對法令層面及環境條件皆有不相同之處，但對於本國有利的，是可以借鏡應用的。另外，觀察到公路之道路品質也因國情不同，而有不同養護模式，以本次參訪橋梁之道路，倒覺得對於道路平整度及坑洞修補似乎不如公路總局積極，或許當地沒有機車都是客車以上車輛是主因，所以用路人交通

工具也會影響交通管理單位處理事務之心態。另外，猜想可能如果不是很嚴重影響行車安全性，刨除路面重鋪可能就儘可能不施工，以防止刨除料之瀝青混凝土材料去化問題衍生。

三、參加研討會，總覺得目前世界潮流在推動橋梁規劃設計、施工、管理等階段，其實台灣都有一定程度推行，但礙於經費、區域性及規模性，因此橋梁量體無法與世界大國相比，但就區域性及惡劣環境而言，我們的橋梁工程亦有一定水準，尤其，當晚參加世界大橋競賽頒獎，就連想到國內淡江大橋應該有朝一日也可以參賽，甚至發表推動規劃、設計及施工感言發表。

四、本次參加聽到Accelerated Bridge Construction method簡稱ABC工法，根據美國交通部表示約25%的橋梁需要修理或重建。加速橋梁建造（ABC）採用創新的規劃、設計、材料及施工方法，以減少交通衝擊、封閉及建造時間，用於擁擠公路交通路網是一個理想方法。ABC法比傳統的橋梁施工更安全、更高效率，因為它消除了與附近交通有關的危險因素，並避免了在高空工作的需要，它可以最大限度地減少傳統施工方法所帶來的交通壅塞現象。雖然加速橋梁建造通常比其他施工方法需要更多資金，但考慮到減少對當地用路人及整個社會的影響，這是一種可行極高的方法。可以認識到加速橋梁施工與傳統橋梁施工之間的區別，以及決定哪種方法更適合特定目標的過程。相信未來台灣尚有許多都會區橋梁改建或新建，其實於規劃設計推動階段，應可研議使用，進行相關工法之價值工程比對，對於地小人稠的地區，該工法是選項之一。

五、本次研討會內容遍及規劃設計、施工階段及營運管理等面向，當然一座橋梁缺一面向都不行，因此，如何於前期規劃設計就需考量未來養護管理等問題，所以導入橋梁全生命週期是趨勢也是重要一環，關於有講題提到BIM(Building Information Modeling) 建築資訊模型應用於橋梁系統內，建議BIM 技術漸趨成熟運用，國內應可嘗試應用於橋梁設計，甚至進一步於施工管理應用及通車養護使用，甚至後續面臨可能之橋梁修復，進而結合橋梁管理系統，達到公路橋梁全生命週期之管理。

六、工程技術應該因地制宜選擇較佳方案，但橋梁新產品、新檢測技術是日新月異研發中，藉由參加國際橋梁研討會除透過各項演講主題或研討，瞭解各國橋梁工程實務界近期最新資訊與技術，本次研討後，初步心得原則各國新技術或指標性橋梁工程，相信台灣也可以辦得到，但須配合整體大環境等因素，惟橋梁檢測新技

術及新產品，是可採用於國內橋梁維修或管理內，但相關採購法令如何突破，同樣也是須進一步探討釐清。

七、第一次參加國際研討會，參觀了各廠商展示會場及演講廳佈置，及整體會議進行流程，是本人從來沒有的經驗，如以自助午餐進行交流研討及參觀會場，倒覺得滿新鮮，採一種簡便輕鬆方式各方交流，相信可作為未來國內辦理類似國際研討會借鏡。

八、阿靈頓紀念大橋工地實務參訪，瞭解到國外整體規劃設計及採購流程，另外關於工地管理及工程品質要求高，施工精準度都是前期規劃，然在於施工管理真正落實執行，才能達到如此水準。尤其，預鑄結構構件之使用，先於工廠製造可維持一定品質，讓工地進行精準組裝，可快速施工及達到高品質。整體工法規劃對當地交通衝擊影響對小及縮短工期，應用了ABC工法。

九、在馬里蘭州、華盛頓哥倫比亞特區公路路旁或公園植栽園區，沿途所見喬木、灌木及花圃，其周圍土壤裸地及樹穴部分多採木屑鋪蓋，除可防止塵土飛揚，而且有效保護表土避免沖刷流失，同時具有保濕之水土保持，如圖所示，以天然素材活化再再利用，這種保護環境回歸自然作法，可應用於國內公路植栽。尤其，國內於8、9月颱風期間常有許多風倒木，應可活化再利用。



圖18 公路植栽區域裸地覆蓋木屑