

出國報告(出國類別：其他公務)

參加 2019 國際道路研討會全球道路成就獎
(GRAA)頒獎典禮暨發表瀝青磚研究及考察美
國道路、橋梁工程出國計畫

服務機關：交通部公路總局

姓名職稱：陳彥伯 局長

黃三哲 副總工程司

溫宏發 主任工程司

洪明澤 科長

曾乙庭 正工程司

高任璋 幫工程司

派赴國家：美國(奧蘭多、拉斯維加斯、舊金山)

出國期間：108年11月14日至108年11月24日

報告日期：109年1月

參加 2019 國際道路研討會全球道路成就獎(GRAA)頒獎典禮暨發表

瀝青磚研究及考察美國道路、橋梁工程出國計畫

摘要

為推動永續公共工程及落實環境保護措施，我國陸續制定相關辦法與原則，期能完整掌握公路工程溫室氣體排放狀況，以全生命周期觀點進行碳管理。然而，推動低碳工程仍缺乏完整且本土化之排放係數，本局為此於「西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程」導入碳足跡盤查作業與生命週期碳管理，透過實際盤查與第三方查證，了解工程與碳排放量之關係，建立工程材料與高架道路工項排放係數，並做為未來公路工程碳排放評估之參考。

「西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程」是臺灣永續與低碳工程之標竿計畫，更是第一個獲得 ISO/TS 14067：2013 碳足跡查證聲明之工程，並以「西濱快速公路八棟寮至九塊厝工程碳管理及環境減輕策略」榮獲國際道路協會(International Road Federation, IRF) 2019「全球道路成就獎」(Global Road Achievement Awards, GRAA)環境減輕類首獎肯定，並依 IRF 要求提交相關工程說明與高畫質照片，以製作大會手冊使全球與會專家學者了解本工程計畫成果，另亦提供高畫質介紹說明影片，於頒獎典禮現場撥放予參加觀禮專家學者，後續刊登於 IRF 官方網站向世界介紹本工程計畫成就，頒獎典禮於 2019 年 11 月 20 日假美國拉斯維加斯熱帶花園酒店舉行，並於現場宣布得獎者與頒發獎座。

本局瀝青磚相關研究成果投稿國際道路協會(IRF)，經接受並邀請本局至 2019 IRF Global R2T Conference & Exhibition 國際會議，發表研究成果，會議於 2019 年 11 月 19 日~22 日假美國拉斯維加斯熱帶花園酒店舉行。

本次行程主要係赴美國參加 IRF 頒獎典禮領取獎項及國際會議，發表瀝青磚研究成果，並考察美國道路、橋梁設計(施)及參訪當地建設等。

目次

一、前言.....	3
二、行程略述.....	3
三、參訪記要及心得建議(佛羅里達州).....	6
(一)佛羅里達州州際公路及收費公路.....	6
(二)佛羅里達大學.....	12
(三)參訪陽光高架橋.....	16
(四)參訪佛羅里達州交通廳材料試驗所.....	19
(五)佛羅里達大學拜訪張翼民教授.....	30
四、參訪記要及心得建議(內華達州拉斯維加斯).....	32
(一)國際會議.....	32
(二)發表瀝青磚研究.....	37
(三)頒獎典禮.....	38
五、參訪記要及心得建議(加州舊金山).....	41
(一)考察金門大橋.....	41
(二)參訪奧克蘭新海灣大橋.....	44
六、結論.....	47

參加 2019 國際道路研討會全球道路成就獎(GRAA)頒獎典禮暨發表瀝青磚研究及考察美國道路、橋梁工程出國計畫

一、前言

為推動永續公共工程及落實環境保護措施，我國陸續制定相關辦法與原則，期能完整掌握公路工程溫室氣體排放狀況，以全生命周期觀點進行碳管理。然而，推動低碳工程仍缺乏完整且本土化之排放係數，本局為此於「西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程」導入碳足跡盤查作業與生命週期碳管理，透過實際盤查與第三方查證，了解工程與碳排放量之關係，建立工程材料與高架道路工項排放係數，並做為未來公路工程碳排放評估之參考。

「西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程」是臺灣永續與低碳工程之標竿計畫，更是第一個獲得 ISO/TS 14067：2013 碳足跡查證聲明之工程，並以「西濱快速公路八棟寮至九塊厝工程碳管理及環境減輕策略」榮獲國際道路協會(International Road Federation, IRF) 2019 全球道路成就獎(Global Road Achievement Awards, GRAA)環境減輕類首獎肯定，並依 IRF 要求提交相關工程說明與高畫質照片，以製作大會手冊使全球與會專家學者了解本工程計畫成果，另亦提供高畫質介紹說明影片，於頒獎典禮現場撥放予參加觀禮專家學者，後續將於 IRF 官方網站刊登向世界介紹本工程計畫成就，頒獎典禮於 2019 年 11 月 20 日假美國拉斯維加斯熱帶花園酒店舉行，並於現場宣布得獎者與頒發獎座。

本局瀝青磚相關研究成果投稿國際道路協會(IRF)，業經接受並邀請本局參加 2019 IRF Global R2T Conference & Exhibition 國際會議，發表相關研究成果，會議於 2019 年 11 月 19 日~22 日假美國拉斯維加斯熱帶花園酒店舉行。

利用此次機會，參訪佛羅里達州交通廳材料試驗所(State Materials Office of Florida Department of Transportation, SMO of FDOT)，兼具檢測及研發功能的材料試驗所，設有「鋪面平整度/結構性能抗滑能力檢測實驗室」，及具備「重載加速試驗(Heavy Vehicle Simulator, HVS)的現地試驗路段」，以進行不同結構設計及材料加速荷載試驗，評估各種材料及設計在現地的適用性，並與當地州政府及專家學者相互交流學習相關道路工程技術及研究成果。考察美國省道等級及高速公路等級之公路，了解美國公路的發展現況，以及美國著名橋梁設計、施工、維護管理等技術，與當地道路、景觀設施及周邊地景之融合，可作為未來橋梁設計施工營運及類似景觀計劃設計執行參考。

二、行程略述

本次行程自 108 年 11 月 14 日起、至 11 月 24 日返臺，共歷時 11 日。整個行程自臺北出發後，先至美國佛羅里達州奧蘭多展開州際公路 I-75 及 I-95、收費公路、陽光高架橋、佛

羅里達州交通廳(Florida Department of Transportation, FDOT)材料試驗所(State Materials Office, SMO)參訪行程，期間並以駕車方式分別於白晝及晚間經由州際公路與收費公路參訪美國地區道路及陽光高架橋，此外並廣續配合行程參訪佛羅里達大學校園設施等現況，並於 11 月 19 日由佛羅里達州奧蘭多搭機轉赴內華達州拉斯維加斯。

於美國內華達州拉斯維加斯，11 月 19 日~22 日參加國際道路協會(IRF)舉辦國際會議「2019 IRF Global R2T Conference & Exhibition」，領取 2019 全球道路成就獎(GRAA)環境減輕類首獎獎座，並發表瀝青磚相關研究成果，並於 11 月 22 日由內華達州拉斯維加斯搭機轉赴加州舊金山。

於美國加州舊金山，參訪金門大橋與新奧克蘭海灣大橋，及其周邊配套措施，了解如何搭配鄰近橋梁建設，創造地標景點，吸引觀光駐足提高收益，增加政府收入減輕財政負擔的整體規劃成果。

詳細之行程內容如表 1 所示。

表 1. 行程表

日期	行程	行程內容	備註
108.11.14(四)	臺北→佛羅里達 (奧蘭多)	去程	
108.11.15(五)	佛羅里達	上午：參訪美國州際公路 I-75 及收費公路的公路設計以及路側安全設施。 下午：參訪佛羅里達大學土木系相關研究與教學實驗室。	
108.11.16(六)	佛羅里達	上午：聯邦公路 US Route 301 剛性路面試驗道路段(因封閉無法前往)。 下午：現勘聯邦州際公路 I-95 進行現地就高速公路等級公路在美國的發展現況。	
108.11.17(日)	佛羅里達	上午：參訪陽光高架橋。 下午：州際公路 I-75，沿途對美國州際公路及附屬設施進行現地勘查。	
108.11.18(一)	佛羅里達	上午：佛羅里達州交通廳研究交流及參訪。 下午：佛羅里達大學拜訪 Dr. Mang Tia 以及土木系其他同仁老師，作學術實務交流。	
108.11.19(二)	佛羅里達(奧蘭多)→拉斯維加斯	上午：去程搭機。 下午：國際會議。	
108.11.20(三)	拉斯維加斯	1. 國際會議。 2. 發表瀝青磚研究。 3. 頒獎典禮。	
108.11.21(四)	拉斯維加斯	國際會議。	
108.11.22(五)	拉斯維加斯→舊金山	國際會議。	
108.11.23(六)	舊金山→臺北	1. 考察金門大橋。 2. 考察新奧克蘭海灣大橋。	
108.11.24(日)	舊金山→臺北	回程	

三、參訪記要及心得建議(佛羅里達州)

(一)佛羅里達州州際公路及收費公路

美國公路系統主要分為四個，分別為州際高速公路(Interstate Highways)、美國國道(U.S.Highways)、州內高速公路(State Highways/Route)及郡內公路(County Highways/Route)，各級公路有明顯的設計分別，行車速度限制也不同。

州際高速公路又稱「艾森豪威爾國家州際及國防公路系統」(Dwight D. Eisenhower National System of Interstate and Defense Highways)，其建造目的是最大限度地提高汽車行駛的安全性以及駕駛效率，故州際高速公路上的車速是同一地區各條公路上最高的。州際高速公路標誌為盾形藍底白字，編號原則以一或二位數為主，南北向為奇數、東西向為偶數，編號由西向東，由南向北增加(如圖 1 左)。

美國國道是州際高速公路建成前的主要公路系統，因建成時間早，在修建過程中沒有統一標準，現在成為州內及地區間的交通要道。美國國道標誌為盾形白底黑字，編號原則南北向奇數、東西向偶數，方向與州際高速高路相反，由東向西遞增，由北向南遞增。

州內高速公路由每個州自行建造管理，路標各州也有不同設計，如佛羅里達州即以該州外型作為路線編號標誌(如圖 1 右)。

郡內公路由郡政府管理建造，因屬地方公路設計標準較低，惟部分繁忙地區郡內公路，採用與州際公路、國道或州內高速公路相同設計標準。



圖 1. 州際高速公路(左：I-75)與佛羅里達州高速公路(右)路線編號標誌

佛羅里達州主要道路路線圖如圖 2 所示，本次於佛羅里達州以州際高速公路 I-75 及 I-95 及收費公路為主要通行道路，往來奧蘭多(Orlando)與蓋恩斯維爾(Gainesville)。



圖 2. 佛羅里達州主要道路路線圖

75 號州際公路(Interstate 75, 簡稱 I-75 是美國州際公路系統的一部份, 共跨越 6 州。南端在佛羅里達州海厄利亞(邁阿密近郊), 北至密西根州蘇聖瑪麗, 全長 1,786.47 英里 (2,874 公里)。I-75 在佛羅里達州的路線計 470.808 英里(757.69 公里), 呈現出一個「L」型。沿途經過佛羅里達大沼澤地, 因此此路段也被稱為鱷魚小徑(Alligator Alley)及溼地大道(Everglades Parkway)。

本次實地駕車勘查 I-75 公路, 沿路路側及附屬設施確實考量州際公路交通量大、車速快等交通特性, 路側清除區範圍充足, 較少其他危險因素或障礙物, 足以提供失控、衝出路外之車輛安全緩衝空間; 中央分向區除設置分向之護欄外, 亦提供清除區。另設置懸臂桿標誌或門架設施處, 其桿柱皆設置於護欄外側, 維持護欄之連續性(如圖 3)。



中央與路側清除區範圍充足



門架設施桿柱設置於護欄外側

圖 3. I-75 公路設施

護欄之搭接與護欄之末端處理亦為路側安全設施之重要部分，於 I-75 公路沿線可明顯看到當不同種類護欄搭接時，W 型鋼板護欄(雙波梁)先漸變為三波梁之鋼板後，才搭接至混凝土護欄；護欄之末端除貼有反光紙及斜向展開外，亦可普遍看到加裝簡易型緩撞設施，可吸收車輛撞擊時之能量，降低車輛及乘客之損傷程度。另匝道鼻端皆會設置碰撞緩衝設施，提供適當之容錯空間，維護用路人安全(如圖 4)。



鋼板護欄與混凝土護欄搭接處理(一)



鋼板護欄與混凝土護欄搭接處理(二)



鋼板護欄與混凝土護欄搭接處理(三)



匝道鼻端設置碰撞緩衝設施(一)



匝道鼻端設置碰撞緩衝設施(二)

圖 4. 護欄搭接與末端處理

95 號州際公路(Interstate 95, 簡稱 I-95)是美國州際公路系統的一部份, 共計跨越 15 州, 是美國東岸的交通大動脈, 位於東北部的路段更是因為大量的使用量而被稱為東北走廊。北起緬因州與加拿大的邊界上, 南至佛羅里達州邁阿密, 大體上與大西洋岸平行, 全長 1,925 英里(3,098 公里), 是系統中第五長, 也是南北線最長的。I-95 在佛羅里達州的路線長 382.009 英里(614.784 公里), 為佛羅里達州內在大西洋岸主要的州際高速公路。

佛羅里達收費公路系統(Florida's Turnpike System), 於 1950 年代中期開始建置, 利用收費方式減緩道路之壅塞程度, 目前已達 500 英里, 由佛羅里達州交通運輸部所屬的 Florida Turnpike Enterprise 管理, 依不同路線每英里約收取美金 0.06~0.13 元, 於收費站可採現金繳費或採電子收費, 並於上游設置預告標誌, 提醒用路人將駛進收費路段。由於屬於收費公路, 道路維護狀況相對完善, 每天約有 200 萬車輛利用收費公路來往奧蘭多與東部沿海的重要城市, 其特色係標線採類似油漆塗料方式塗佈於道路上, 並添加反光材料使其於夜晚發揮良好反光標示性(如圖 5)。



收費公路預告標誌



收費站收費車道



收費公路 Turnpike 反光設施與標線 (一)



收費公路 Turnpike 反光設施與標線 (二)

圖 5. 佛羅里達收費公路

(二)參訪佛羅里達大學

佛羅里達大學(University of Florida, 簡稱 UF)是位於美國佛羅里達州蓋恩斯維爾(Gainesville)的一所公立研究型大學，建校可於 1853 年，全球排名約為 100 名。

佛羅里達大學(UF)為佛州歷史最悠久的學校，亦是美國規模最大，學術領域也最全方位也是入學人數最多的學校之一，學生合計超過 5 萬人，設有 16 個學院和 200 多個研究教育中心，100 多種大學學位及 200 多種研究所學位。另該校亦是美國全國大學體育協會(National Collegiate Athletic Association, NCAA)的成員，且不只學術研究出色，體育成績也是極其優異，大學運動隊的吉祥物為短吻鱷 Albert (又稱 Gator)，是該校重要的校園文化之一，校園內也有販賣吉祥物物品(衣服、帽子、襪子等)專賣店，對於學校的知名度提高及相關營業收入都有很大的幫助(如圖 6~圖 8)。



圖 6. 佛羅里達大學校門及學校招牌



圖 7. (左)佛羅里達大學校門合照(右)佛羅里達大學行政大樓



圖 8. 佛羅里達大學美式足球場與吉祥物短吻鱷(GATOR)

佛羅里達大學材料科學與工程系(Department of Materials Science & Engineering, 縮寫 MSE)研究生招收 MS、與 PhD 學生，主要分核工程、材料科學與工程兩個專業領域，於美國大學中排名第 18 名，名列前茅(如圖 9)。



圖 9. 材料科學與工程系

佛羅里達大學有特色的建築物包含世紀塔，亦有一些是由校友、系友或贊助者所提供資金建造系館及圖書館(如圖 10、圖 11)。



圖 10. 世紀塔



圖 11. 校友贊助建築物及圖書館

佛羅里達大學為提供學生安全的用路環境，於校內巴士站附近及行人穿越道線附近皆有友善設施。校內巴士站上游導引自行車由外側往內側騎乘，以供巴士停靠；巴士站下游設置行人穿越道線及觸控設施及標誌，提醒車輛停等禮讓行人穿越道路；於路段中之行人穿越道前後，依聯邦法規設置警告標誌，牌面較台灣採用更高反光亮度材料，且設有行人穿越按鈕及爆閃燈，強烈警示車輛注意前方行人通行，要求車輛須停等供行人穿越。此類行人友善設施皆可確實要求車輛禮讓行人，供行人安全穿越道路，部分行人穿越道亦與減速台結合設置，減少道路設施，亦有採用平面行人穿越線，搭配道路標線劃設束縮，創造道路縮減的視覺意象，使駕駛人自然減速通行(如圖 12)。



校內巴士站附近標線導引設施(一)



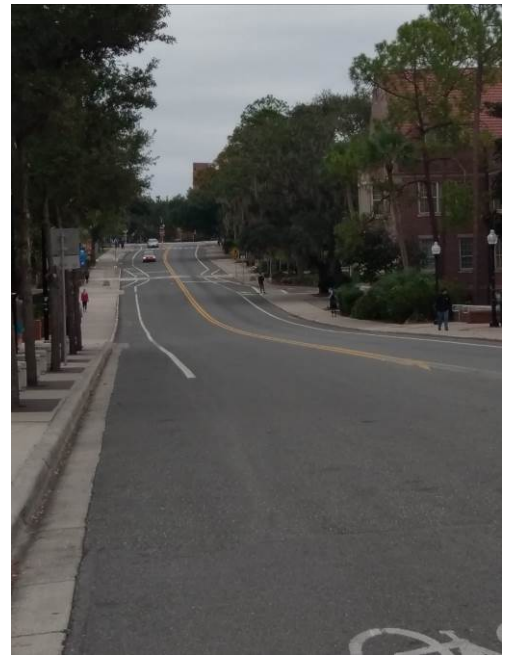
校內巴士站附近行人穿越警示設施(二)



行人穿越道前後警示標誌



行人穿越道與減速台結合設置



行人穿越道，車道縮減標線設計

圖 12. 校內安全、友善之用路環境

(三)參訪陽光高架橋

陽光高架橋(Sunshine Skyway Bridge) 位於美國佛羅里達州坦帕灣，屬於 275 號州際公路(I-275)及 19 號高速公路(US 19)共線路段，連接佛羅里達州皮尼拉斯郡的聖彼得堡市與馬納蒂縣的 palmetto 市(如圖 13)。

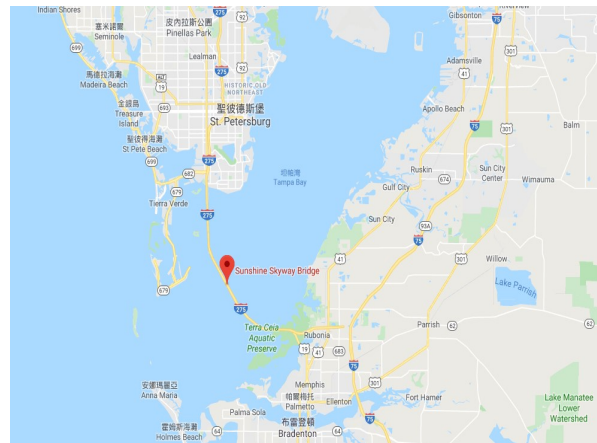


圖 13. 陽光高架橋位置示意圖

工程由費格與馬勒工程集團(Figg & Muller Engineering Group)設計，美國橋梁公司(American Bridge Company)承建，工程總經費為 2.4 億美元。於 1982 年起建，於 1987 年 1 月 11 日竣工、4 月 20 日開放通車，取代 1980 年部分毀壞的舊橋，後於 2005 年更名為鮑勃·格雷厄姆陽光高架橋。經統計每天約有 52,000 輛車行駛通行，由佛羅里達州交通廳負責營運維護。

陽光高架橋是世界上最長的預鑄預力混凝土斜張橋，全長約 5.5 英里(8.85 公里)，主跨長 1,200 英尺(366 公尺)，中央主跨高 193 英尺(58.8 公尺)，由 42 根連續的斜拉鋼纜支撐，兩側各有 21 根，並用 9 英寸直徑的鋼管包覆。主跨寬 40 英尺，由 300 多個預製混凝土段組成，採單索面設計，使用路人可一覽海灣美景。鋼纜套管採亮黃色塗裝，以代表其所在地佛羅里達州(佛州亦被稱為陽光州)，該橋優美的外形與炫麗的景觀，自竣工後即成為佛羅里達州的地標。



圖 14. 陽光高架橋(左為新橋、右為舊橋、取自網路)

最初的陽光高架橋建於 1954 年，工程造價約 2,200 萬美元，主要是為了解決「Bee Line Ferry(蜜蜂線渡輪)」穿越坦帕灣車輛日益漸增的問題。到 1971 年，因為交通量迅速增加，須增設南下線。工程於 1967 年動工、1971 年完工通車，工程造價約 2,500 萬美元。於 1980 年 5 月 9 日因暴風雨致使一艘貨輪「Summit Venture」撞上南下線橋墩，造成主跨橋梁倒塌掉落在坦帕灣，35 人喪生，僅剩北上線維持通行，直到新的高架橋完成。於 1980 年代，正在建造穿越聖彼得堡的 275 號州際公路。最初計劃將陽光高架橋排除在州際公路之外。但由於該橋的車流量已大大增加，因此納入州際公路被認為是必須的。但因為 1954 年和 1971 年建造的跨度都不符合州際標準，因此決定建造新橋以取代舊橋。新橋於 1987 年開放通車，新橋橋面較舊橋寬一倍，以提供更多的車輛通行，陽光高架橋是世界上最長的混凝土斜張橋，為避免船隻撞橋墩事件重演，橋墩周圍被稱為“海豚”的大型混凝土屏障所包圍可承受 87,000 噸船的撞擊，以保護橋墩免受油輪，貨船等撞擊(如圖 14)。

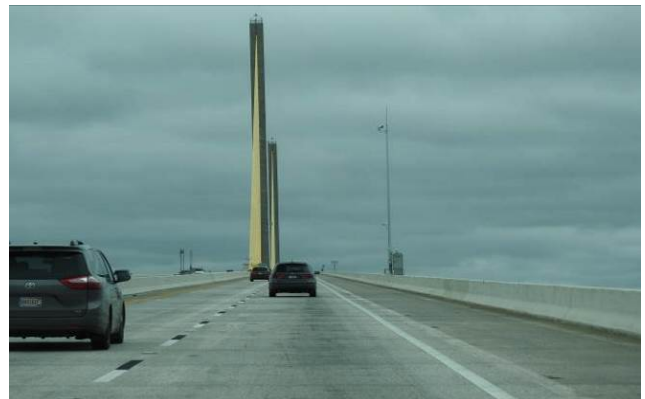
原舊橋於新橋完成後拆除，並保留部分橋梁做為觀景及休憩平台，讓人們能瞭解知道新舊橋梁的歷史，參訪當下有許多人利用舊橋梁作為休憩釣魚之用，當地政府也於舊橋出入口設置收費亭，收取部分費用，以供橋梁維護之用(如圖 15)。



陽光高架橋近影(主跨長 366 公尺)



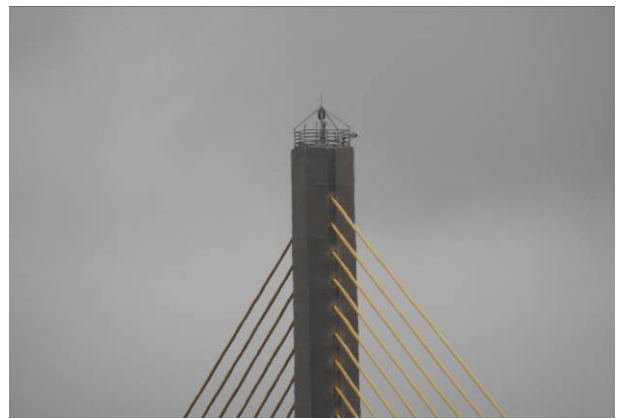
駛向陽光高架橋



橋面未設置人行或自行車道



覽索設置震動抑制設施



橋塔頂部結構細部



保留舊橋作為觀景及休閒平台(一)



保留舊橋作為觀景及休閒平台(二)

圖 15. 陽光高架橋設施

(四)參訪佛羅里達州交通廳材料試驗所

超過 70 年來，佛羅里達州交通廳材料試驗所(State Materials Office of Florida Department of Transportation, SMO of FDOT)一直是國家和國際公認材料測試和研究的領導者，主要任務為確保州運輸材料的品質，並為安全、耐用和經濟的運輸系統提供技術專長，也有責任為該州不斷變化的運輸需求開發未來的解決方案，為了實現這一目標，有來自世界各地的研究人員、教職員工和學者協助解決這些重要需求(如圖 16)。

美國國家公路和運輸官員協會(American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO)認可佛羅里達州交通廳材料試驗所已符合 ISO/IEC 17025 測試和校準實驗室能力通用要求有關的所有必要標準，佛羅里達州交通廳材料試驗所是第一個獲得 ISO 認證的州實驗室，並且是美國僅有的四個獲得此認證的組織之一。



圖 16. 參訪佛羅里達州交通廳材料試驗所

1. 參訪團隊單位(公路總局、中興顧問公司及高雄科技大學)簡報

- (1) 本局黃副總工程司三哲簡報：就本局組織及工作項目介紹，讓佛羅里達州交通廳材料試驗所對交通部公路總局有初步認識。介紹本局養護超過 5,000 公里的公路、4,000 座橋梁和 300 座隧道，也負責管理和監督計程車司機、公共汽車、交通違規、汽車稅和公路運輸，還開發和管理技術培訓課程和駕駛學校。因為本局業務涵蓋監理單位，在場佛羅里達州交通廳材料試驗所感到非常特別及有趣(如圖 17)。



圖 17. 公路總局黃副總工程司三哲簡報

- (2) 中興工程顧問股份有限公司黃副總經理崇仁簡報：介紹中興工程顧問股份有限公司組織及業務。該公司總資本額新台幣 1,359,800,670 元(約 400 萬美元)，2010 年至 2018 年的平均年收入超過 1 億美元，員工人數約 1,500 人。主要業務包含結構物全生命週期，含括調查研究、計劃、設計、施工監理、項目管理及測試與試用(如圖 18)。



圖 18. 中興工程顧問有限公司黃副總經理崇仁簡報

- (3) 高雄科技大學林教授彥宇簡報：主講「Carbon Footprint Inventory for Roads: The Taiwan Experience」(道路碳足跡盤查：台灣經驗)，介紹這次獲得 IRF 之 GRAA 獎主要研究過程，並說明碳足跡盤查要點、方法，及目前臺灣正在進行碳足跡盤查道路，臺灣在碳足跡盤查經驗上目前是世界名列前茅(如圖 19)。

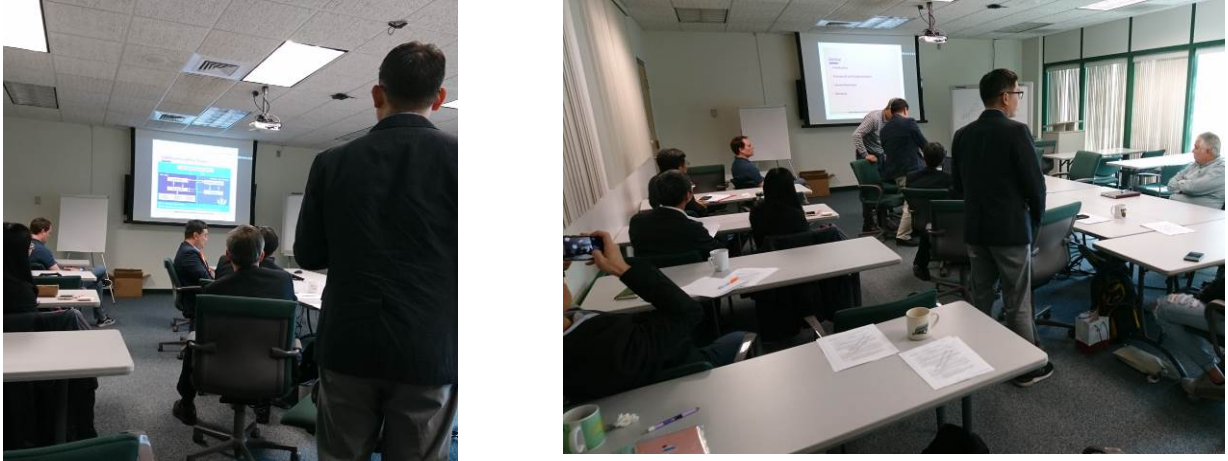


圖 19. 高雄科技大學林教授彥宇簡報

2. 實驗室參訪

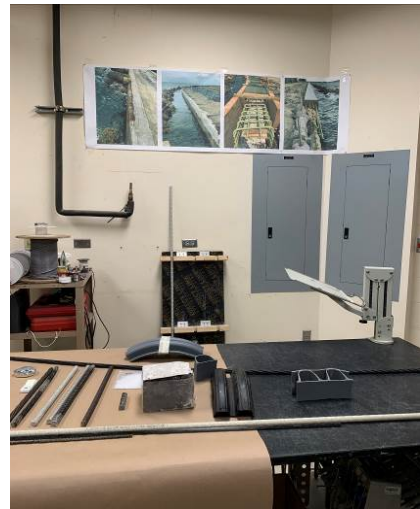
佛羅里達州交通廳材料試驗所主管及相關實驗室負責人帶領大家參訪腐蝕與耐久性實驗室、結構實驗室、水泥混凝土實驗室、化學實驗室、瀝青實驗室、粒料實驗室及土壤暨岩石實驗室。

參訪過程除看到一般熟悉的實驗設備外，亦有看到特別的研究或設備；比如腐蝕與耐久性實驗室進行中的研究「玻璃纖維做成的鋼筋」、水泥混凝土實驗室之水泥混凝土新試驗方法試體(類似抗劈裂能力)、化學實驗室之反光標誌及標線反光效能試驗設備、瀝青實驗室之鑽心試體吹乾設備、粒料實驗室之粒料粒形分析設備及土壤暨岩石實驗室之模擬岩石透水性試驗設備，都是非常新穎而實用的研究與設備，值得我們後續學習研究與增設相關設備，以利提高工程材料試驗品質(如圖 20~圖 26)。

(1) 腐蝕與耐久性實驗室



介紹玻璃纖維棒等新式取代鋼筋設備



鋼筋實驗室可進行材料檢驗種類



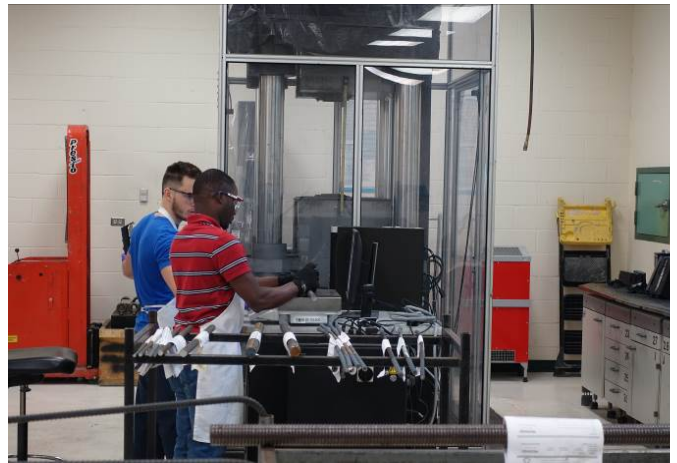
新式取代鋼筋材料實際應用狀況

圖 20. 腐蝕與耐久性實驗室

(2)結構實驗室



鋼筋彎曲試驗



鋼筋拉力試驗

圖 21. 結構實驗室

(3)水泥混凝土實驗室



圓柱試體抗壓設備



水泥混凝土試體養治室



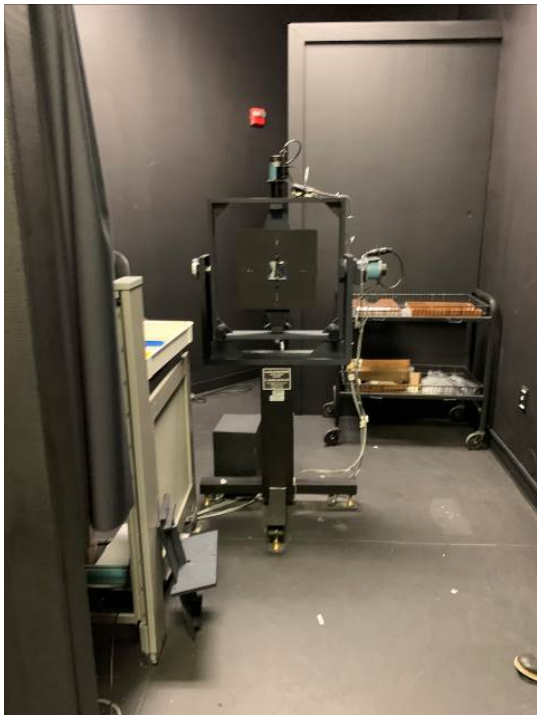
水泥混凝土新試驗方法試體(類似抗劈裂能力)



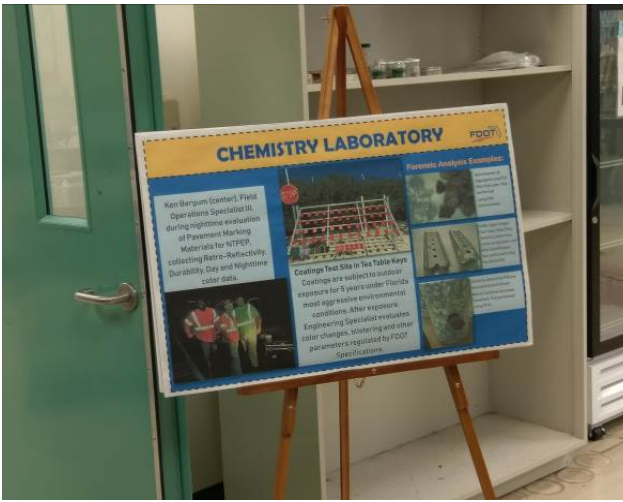
蘇教授育民參與研究之試體

圖 22. 水泥混凝土實驗室

(4)化學實驗室



反光標誌及標線反光效能試驗設備



化學實驗室主要業務介紹

圖 23. 化學實驗室

(5) 瀝青實驗室



瀝青膠泥試驗區(洗油後瀝青含量及篩分析設備)



動態剪切流變儀設備



漢堡輪跡車轍試驗儀



鑽心試體吹乾設備



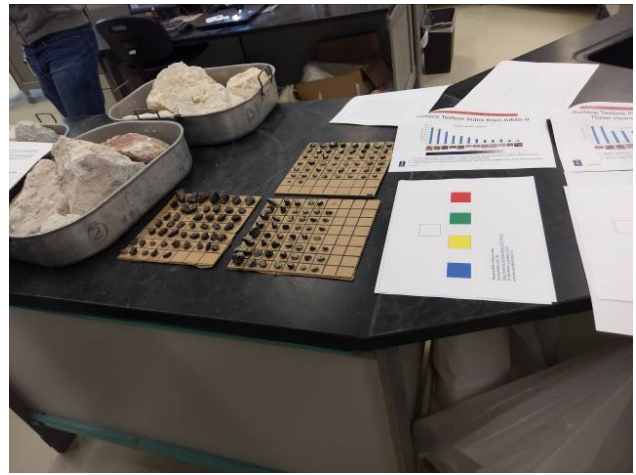
鋪面各層別(基層、底層及面層)模型



間接張力強度試驗設備

圖 24. 瀝青實驗室

(6) 粒料實驗室



粒料粒形分析設備



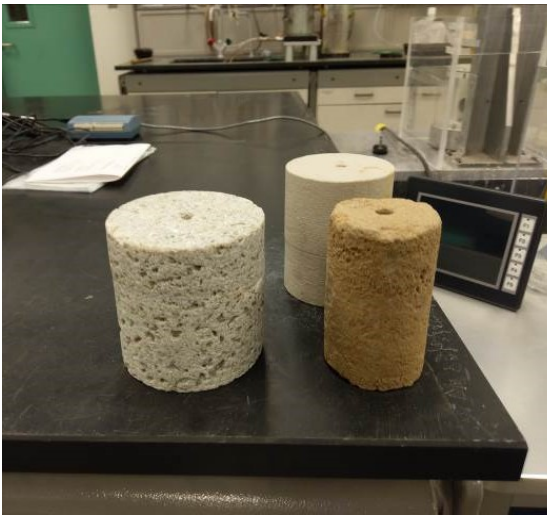
佛羅里達州粒料種類(石灰岩、砂岩...等)



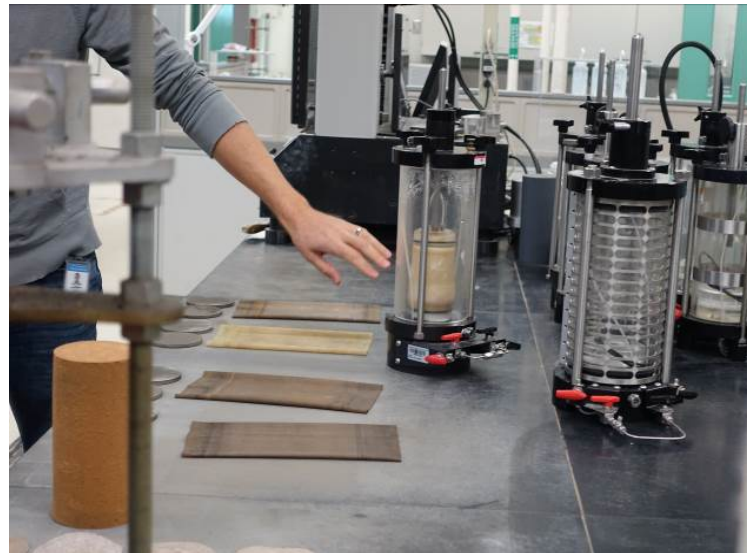
濕式洛杉磯磨損試驗設備

圖 25. 粒料實驗室

(7)土壤暨岩石實驗室



模擬岩石透水性試驗設備

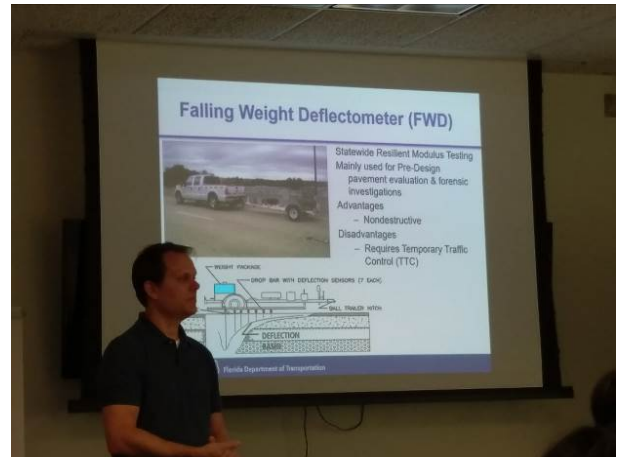
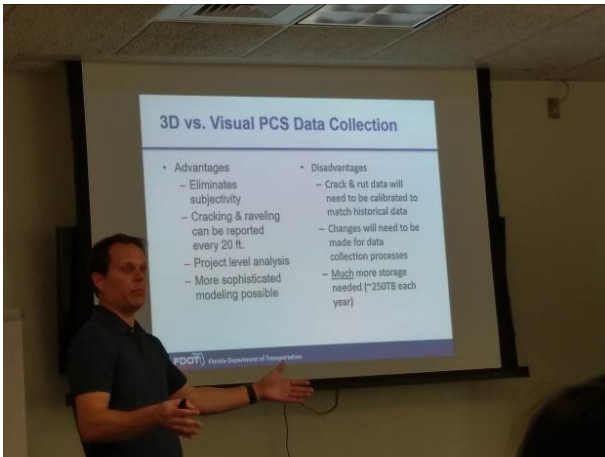


土壤相關試驗設備

圖 26. 土壤暨岩石實驗室

3. 佛羅里達州交通廳材料試驗所各單位說明

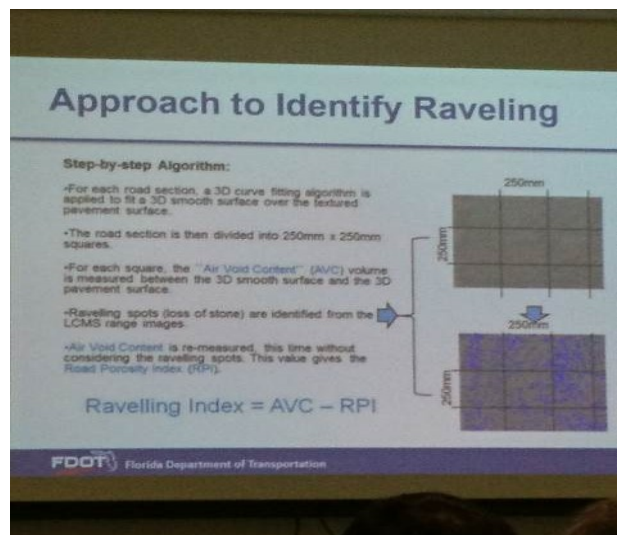
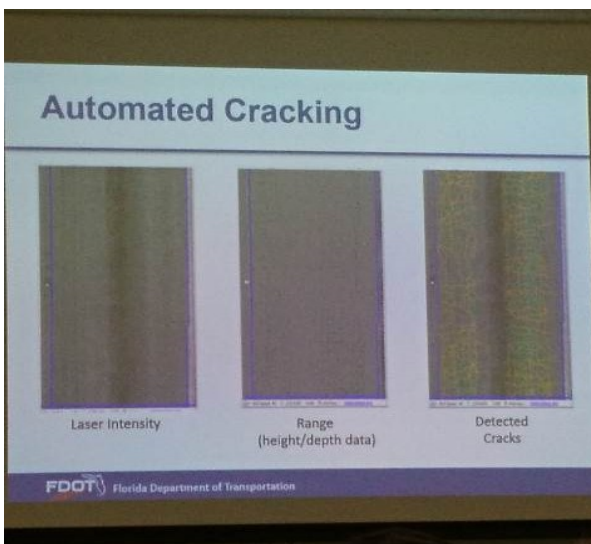
佛羅里達州交通廳材料試驗所針對目前研究特點進行相關說明與介紹，材料檢驗方面為介紹落錘試驗 (FWD)，主要用途為給予鋪面一個落錘力量，再接收鋪面回彈能力。另外特別在鋪面檢測系統方面，發展非常全面，已包含鋪面厚度、裂縫檢測及國際糙度(IRI) 檢測。使用附掛式透地雷達(GPR) 檢測鋪面厚度可達到非破壞檢測效果，亦可找出鋪面厚度不足處，再予以改正；使用影像分析系統來分析及統計鋪面裂縫狀況，利用最新分析程式進行分析，是結合科技與鋪面檢測最好案例，值得學習與效法(如圖 27)。



落錘試驗(FWD)介紹



檢測車相關設備及檢測介紹(厚度與檢測項目)



檢測車相關設備及檢測介紹(裂縫攝影分析)

圖 27. 佛羅里達州交通廳材料試驗所研究人員簡報

4. 問題與討論

參訪最後與佛羅里達州交通廳材料試驗所人員進行相關問題與討論，於戶外「重載加速試驗(Heavy Vehicle Simulator, HVS)」的模擬現地試驗合影，並邀請他們有機會到臺灣做學術交流，以提升本局工程素養(如圖 28)。



圖 28. (左)問題與討論(右)合影

(五)佛羅里達大學拜訪張翼民教授

佛羅里達大學土木與河海工程系張翼民教授(Professor Mang Tia)為國際知名華裔鋪面學者，任教超過 30 年，培育許多知名的鋪面專業人士，國內知名教授如邱教授垂德、蘇教授育民，及本局材料試驗所陳前所長式毅、本局陳前副總工程司朝信等人(如圖 29)。



圖 29. 張教授翼民(中)傑出教學與研究能力深獲肯定

張教授翼民於 1976 年取得麻省理工學院機械工程碩士，1976 年取得麻省理工學院土木工程學士，1978 年取得普渡大學土木工程碩士，1982 年取得普渡大學土木工程博士。專長領

域包含水泥混凝土和瀝青混凝土材料、剛性和柔性鋪面及監測儀器設備。本次特別拜訪張教授，係因其多年來與佛羅里達州交通廳(FDOT)合作的經驗，有很多佛州交通廳的計畫，諸如溫拌瀝青(Warm Mix Asphalt)、橡膠瀝青(Asphalt Rubber Binder, ARB)及聚合物改質瀝青(Polymer Modified Asphalt, PMA)等最新技術於佛州交通廳應用的經驗，希冀藉由拜訪張教授了解佛州更新的鋪面材料與研究(如圖 30)。



圖 30. 佛羅里達大學拜訪張教授翼民

參訪張教授翼民目前指導的學生及研究試驗室，發現正在進行無規範研究之反射裂縫模擬，且有許多試驗設備都相當先進與新穎，超級鋪面迴轉壓實機用於進行超級鋪面(Superpave)配合設計，瀝青鋪面分析儀則進行乾式車轍試驗，以確保鋪面品質(如圖 31)。



反射裂縫模擬設備



超級鋪面迴轉壓實機(Superpave Gyrotory Compactor, 簡稱 SGC)



瀝青鋪面分析儀(Asphalt Pavement Analyzer, 簡稱 APA)

圖 31. 先進試驗設備

四、參訪記要及心得建議(內華達州拉斯維加斯)

(一) 國際會議

「IRF Global R2T Conference & Exhibition」，由國際道路協會(International Road Federation, IRF)辦理，為每年辦理之國際研討會，本年度會議期間為 2019 年 11 月 19 日至 22 日，在美國內華達州拉斯維加斯熱帶花園酒店召開。本次大會主題為「ROAD TO TOMORROW」，共計有超過 150 位、60 個以上國家之專家、學者，共同分享包含道路、橋梁、隧道、安全、智慧運輸之研究成果與維護管理經驗，透過國際合作交流解決各國共同面對的道路交通問題。會議議程包含年會大會、領袖會議、專題演講、研討會、展覽會、技術參觀等項目，由於多項議程時間重疊，因此本次出席會議以發表本局瀝青磚研究成果、研討會及展覽會為主(如圖 32~圖 34)。

國際道路協會(IRF)係一結合公私部門致力於道路發展，以會員及相關組織力量，促進社會及經濟成長之國際性非營利組織，總部設在美國華盛頓特區。自 1948 年創立以來，透過超過 70 個國家、遍及 6 大洲的公、私部門聯繫合作，共同規劃發展國際性的合作計畫，在不同特性的運輸體系提出最佳作法及產業解決方案。



圖 32. (左)會議地點-熱帶花園酒店(右)報到處

SCHEDULE OF CONFERENCE PROGRAM

C Technical Tour & Social Program **E** Executive Session **L** Plenary Session **M** Meetings **N** Networking
P Partner Session **S** Safe Roads by Design **T** Technical Session **X** Exhibition **W** Workshop

NOVEMBER 19 • TUESDAY

10:00-11:30	Trinidad 3	M	General Assembly (By invitation to IRF Members)
10:00-16:00	Exhibit Hall	X	Exhibition Set-up
12:00-17:00	Trinidad 10	M	Global Leadership Seminar: Future of Road User Charging
14:00-17:00	Trinidad 3	W	Applied Knowledge: MASH Implementation-Myths and Realities
14:00-17:00	Trinidad 5	W	Applied Knowledge: Roadway Analytics: Making Our Roadways Safer, Longer Lasting, and Less Congested
15:00-16:30	Trinidad 4	M	IREF Board of Directors (By invitation to IREF Directors)
17:00-18:00	Trinidad 4	M	IRF Board of Directors (By invitation to IRF Directors)
18:00-19:30	Exhibit Hall	X	Exhibit Open
18:00-19:30	Exhibit Hall	C	Delegate & Exhibitor Reception

NOVEMBER 20 • WEDNESDAY

07:15-08:15	Trinidad 9	M	IRF Executive Committee Meeting (By Invitation Only)
08:00-17:00	Exhibit Hall	X	Exhibition (08:00-17:00)
08:00-09:45	Trinidad 1	L	Opening Ceremonies
09:45-11:15	Trinidad 1	L	Opening Roundtable: How are Transportation Agencies Adapting their Communication to a Changing Landscape?
11:30-13:30	Exhibit Hall	N	Exhibit Only Hours & Lunch (Exhibit Hall)
12:00-13:15	Trinidad 1	P	Bringing Transformative Change to Southern Nevada (with RTC Southern Nevada)
12:00-13:15	Trinidad 4	T	TS4.1: Human Factors in Road Safety
12:00-13:15	Trinidad 5	T	TS5.1: Traffic Scenario Modeling
13:30-15:00	Trinidad 5	E	Building Resilient Roads - New Technologies & Applications
13:30-15:00	Trinidad 3	E	Easing Urban Congestion
13:30-15:00	Trinidad 1	S	Safe Roads by Design: Global Activities for Road Safety
13:30-15:00	Trinidad 6	T	TS1.1: Advances in Bridge Design & Condition Assessment
13:30-15:00	Trinidad 4	T	TS2.3: Pavement Data Collection Systems
15:00-16:00	Exhibit Hall	N	Break & Refreshments in Exhibit Hall
16:00-17:30	Trinidad 3	E	Asset Management: Supporting Road Investments Decisions
16:00-17:30	Trinidad 5	P	Partner Session: Strengthening the Perceived Value of ITS (with TTS Italia)
16:00-17:30	Trinidad 4	T	TS1.3: Highway Development Programs
16:00-17:30	Trinidad 6	T	TS3.2: Green Pavements - 1
16:00-17:30	Trinidad 10	T	TS4.4: Road Safety Programs & Applications
16:00-18:00	Trinidad 2	S	Safe Roads by Design: Advances in Work Zone Safety
17:30-18:30	Trinidad 3	M	IRF Asset Management Committee (Open House)
19:30-22:00	Trinidad 1	N	Gala Dinner & IRF Awards Ceremony

NOVEMBER 21 • THURSDAY

07:00-08:30	Trinidad 4	M	IRF ITS Committee (Open House)
07:30-09:30	Trinidad 9	M	IRF Road Safety Committee (Open House)
08:00-17:00	Exhibit Hall	X	Exhibition (08:00-17:00)
09:00-10:30	Trinidad 3	E	Bridge Maintenance: Strategies & Innovations
09:00-10:30	Trinidad 1	E	Connected & Autonomous Vehicle: Are Our Road Networks Ready?
09:00-10:30	Trinidad 6	T	TS3.3: Green Pavements - 2
09:00-10:30	Trinidad 4	T	TS4.3: Road Traffic Crash Analysis
09:00-10:30	Trinidad 5	T	TS6.4: Urban Mobility, Planning & Development
10:30-11:00	Exhibit Hall	N	Break & Refreshments in Exhibit Hall
11:00-12:30	Trinidad 3	E	Next Generation Traffic Management I
11:00-12:30	Trinidad 2	E	Road User Charging: From Vision to Application
11:00-12:30	Trinidad 5	P	Advances in Pavement Preservation Methods & Techniques
11:00-12:30	Trinidad 1	S	Safe Roads by Design: Speed Management & Enforcement
11:00-12:30	Trinidad 4	T	TS1.2: Bridge Maintenance Strategies
12:30-14:00	Exhibit Hall	X	Poster Displays
12:30-14:00	Exhibit Hall	N	Exhibit Only Hours & Lunch (Exhibit Hall)
14:00-15:30	Trinidad 3	E	Next Generation Traffic Management II
14:00-15:30	Trinidad 1	S	Safe Roads by Design: Can Big Data Deliver Road Safety?
14:00-15:30	Trinidad 6	T	TS2.1: Asset Management Strategies - 1
14:00-15:30	Trinidad 2	T	TS3.4: Resilient & Durable Pavements
14:00-15:30	Trinidad 5	T	TS4.5: Urban Road Safety
14:00-15:30	Trinidad 4	T	TS7.1: Advances in Railway and Tunnel Research
15:30-16:00	Exhibit Hall	N	Break & Refreshments in Exhibit Hall
16:00-17:15	Trinidad 2	P	Urban Cooling and Cool Pavements (Streets LA)
16:00-17:30	Trinidad 3	E	Artificial Intelligence for Highway Design & Management
16:00-17:30	Trinidad 1	S	Safe Roads by Design: Driver Behavior Related to Improved Signs and Markings
16:00-17:30	Trinidad 4	T	TS6.1: Smart City Strategies & CAV

NOVEMBER 22 • FRIDAY

09:00-10:30	Trinidad 1	S	Safe Roads by Design: National Safe Road Case Studies & Countermeasures
09:00-10:30	Trinidad 4	T	TS2.2: Asset Management Strategies - 2
09:00-10:30	Trinidad 6	T	TS3.1: Asphalt Performance Evaluation
09:00-10:30	Trinidad 5	T	TS6.3: Smart City Applications
10:30-11:00	Exhibit Hall	N	Break & Refreshments in Exhibit Hall
11:00-12:00	Trinidad 1	L	Closing Plenary Panel: a Vision to 2030
13:00-16:00		C	Technical Tours

圖 33. 議程



開幕典禮



圖 34. 開幕典禮及圓桌會議

研討會有多個專業主題，包含道路安全、智慧交通、資產管理、鋪面科技應用與管理、橋梁設計與管理、公路發展、道路交通事故分析等議題，臺灣亦有多位學者參與本次研討會並發表文章，一起共襄盛舉 IRF 年度盛事(如圖 35)。

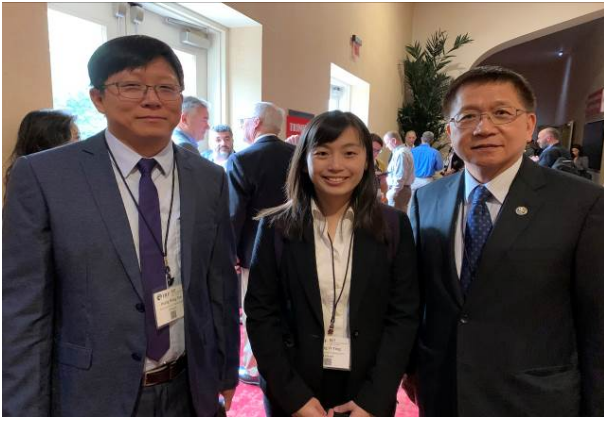


圖 35. 與學者合影

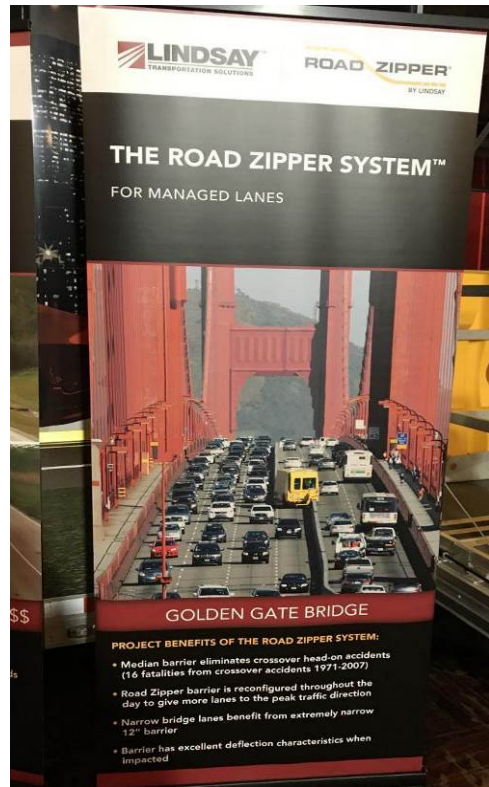
展覽會現場，包含鋪面檢測、安全防護及鋪面研究、交通維持設施、緩撞設施、金屬護欄、移動式護欄、彩色標線等廠商，於各自之攤位為有興趣者進行解說(如圖 36)。



展覽會場廠商擺設(一)



展覽會場廠商擺設(二)



展覽會場廠商擺設(三)

圖 36. 展覽會

(二) 發表瀝青磚研究

瀝青磚研究主題於 108 年 11 月 20 日 17 時~17 時 30 分發表，由本局材料試驗所洪科長明澤負責簡報說明，研究主題為「Laboratory Evaluation Of Asphalt Concrete Bricks Containing Basic Oxygen Furnace Slag」(含轉爐石之瀝青磚實驗室評估)(詳附錄 3) (如圖 37、圖 38)。



圖 37. 瀝青磚研究主題簡報發表



圖 38. 發表人員合影

問題與討論時，聽眾提出 2 個問題：

1. 為什麼選擇轉爐石為製作瀝青磚材料? 已有進行並完成新料瀝青混凝土及 RAP(瀝青混凝土刨除料)製作瀝青磚之研究，為擴大瀝青磚研究及應用面向，新研究材料為轉爐石。
2. 磚體尺寸(直徑 4 英吋或 6 英吋)似乎太小，可否有擴大機會，較符合美國鋪面坑洞現況。臺灣目前主要使用在鋪面品質保證(QA)鑽心後遺留的孔洞進行填埋，在臺灣主辦機關及廠商也有定期路面巡檢機制，不會讓坑洞擴大到 30cm 以上。

(三) 頒獎典禮

交通部公路總局「西濱快速公路八棟寮至九塊厝工程碳管理及環境減輕策略」榮獲國際道路協會(International Road Federation, IRF)全球唯一的 108 年度「全球道路成就獎」(Global Road Achievement Awards, GRAA)環境減輕類首獎，並在 108 年 11 月 20 日於美國拉斯維加斯舉行之 IRF 國際道路協會國際會議中頒發，由交通部公路總局陳局長彥伯及設計單位中興工程股份有限公司習副總經理良孝代表領獎。

本次獲得 IRF「GRAA 全球道路成就獎」是政府、設計與執行團隊共同努力的成果，亦是對設計、執行團隊及國內工程界給予的榮耀與鼓勵，同時也將臺灣推動永續公共工程落實環境保護措施，及全生命周期觀點進行的碳管理之成就，介紹給世界各國代表。

此次獲獎工程是臺灣第一個獲得 ISO/TS 14067 碳足跡查證聲明之公路工程，此工程從規劃設計階段便導入環境減輕措施，如綠化植被、地下水入滲、既有紅樹林保護與棲地補償等，並檢討工程施作與後續車流轉移所產生之排放量，公路總局更分析不同設計對碳排放之影響，如路線調整、替代材料、結構體減量等手段。經透過實際盤查成果發現，工程之材料碳排放量占比雖高達 94%，機具與運輸各約占 6%，但透過以飛灰、爐石粉取代水泥、加勁擋土牆取代一般擋土牆、機具運用最佳化、場電取代柴油發電機及多孔隙瀝青混凝土取代密級配瀝青混凝土等措施，並配合交通量的轉移、樹木與植被的種植，可減少約 164 座大安森林公園年吸附量，發揮減碳最大效益。

藉由完整的碳足跡盤查作業，了解工程碳排放量，據以施行減碳及環境保護措施，減少碳排放量及減輕環境衝擊，已成為其他工程單位導入碳管理之圭臬，而相關成果(本土化工程碳排放資訊)亦將回饋行政院環保署國家碳足跡系數資料庫及後續工程設計參考，使臺灣碳管理制度及碳排放參數資料更臻完備。進而可有效制定減碳策略、達成整體工程生命週期減碳及環境減輕目標。

本次獲獎獎項是臺灣工程首次榮獲此項大獎，希望藉由西濱快速公路工程卓越的成果，除了讓臺灣工程建設得以躍登國際舞台外，也讓世界看見臺灣、認識臺灣，相關得獎介紹短片，IRF 將長期公布於官網 <https://www.irf.global/graa/>(如圖 39)。



(右至左) 公路總局陳局長彥伯、國際道路協會主席 H.E. Abdullah A. Al-Mogbel、中興工程股份有限公司習副總經理良孝於頒獎典禮領獎合影



公路總局陳局長彥伯(右 4)、中興工程股份有限公司副習總經理良孝(右 5)與工程團隊於 IRF 國際道路協會國家會議領獎後合影



各獎項獲獎代表合影



(左至右)中興工程股份有限公司黃副總經理崇仁、公路總局陳局長彥伯、國際道路協會總裁 C. Patrick Sankey、中興工程股份有限公司習副總經理良孝頒獎典禮合影



IRF 2019 GRAA 環境減輕類獎座

圖 39. 獲獎合影

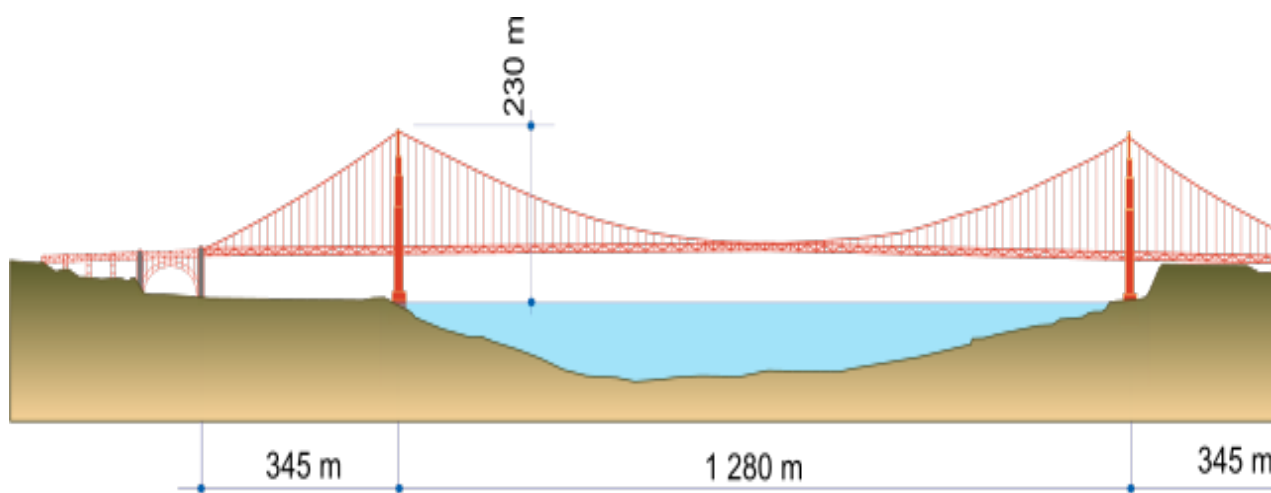
五、參訪記要及心得建議(加州舊金山)

(一)考察金門大橋

金門大橋(Golden Gate Bridge)是美國舊金山的地標，其跨越聯接舊金山灣和太平洋的金門海峽，寬約 1,900 公尺，南端連接舊金山的北端，北端接通加州馬林縣。金門大橋主跨長 1,280.2 公尺，邊跨 345 公尺，主鋼索直徑 92.7 公厘、重 6,412 公噸，由 27,000 根鋼絲絞成，錨碇於兩岸錨碇座，橋下淨高約 67 公尺，橋面寬 27.5 公尺，採雙向 6 車道配置，橋身呈褐紅色，橋塔高 342 公尺，其中高出水面部分約為 227.4 公尺，全橋總長度約 2,737.4 公尺，建成時曾是世界上跨距最大的懸索橋。

金門大橋橋身的顏色又稱為國際橘，此因建築師艾爾文·莫羅認為此色既和周邊環境協調，亦可使大橋在金門海峽常見的大霧中顯得更醒目。金門大橋於 1933 年 1 月 5 日動工、1937 年 4 月完工、同年 5 月 27 日開放行人通行。

為吸引觀光駐足及創造休憩空間，金門大橋旁設有遊客中心及戶外展示廣場，分別展示建造過程，運用展示設施說明結構設計，與金門大橋相互呼應，並設置紀念品商店及休憩中心，提供往來旅客購置紀念品及休憩空間，為遊客提供紀念與回憶，創造地標景點，也為政府增加收入減輕財政負擔，整體規劃設施有值得學習及效法之處(如圖 40)。



金門大橋立面圖(取自網路)



金門大橋(舊金山側)對面為馬林郡



遊客中心廣場



橋纜直徑模型(一)



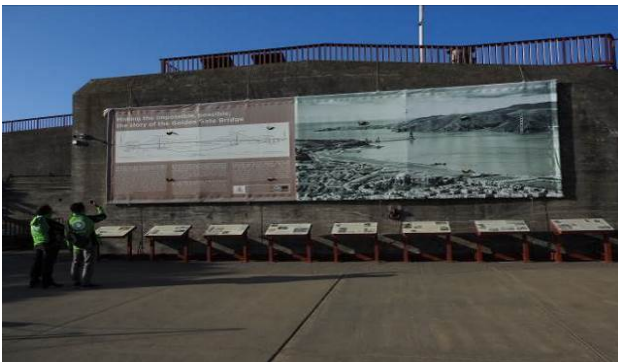
橋纜直徑模型(二)



展示建造歷程設施(一)



展示建造歷程設施(二)



工程介紹導覽看板



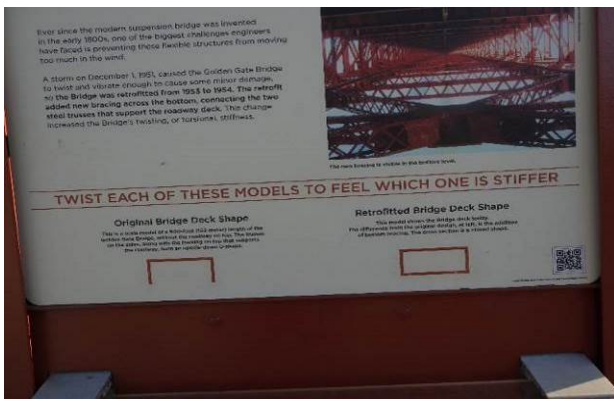
不同塔高模型感受塔高對主懸索受力影響



風力(壓)說明設施



導覽說明看板



結構勁度展示模型(一)



結構勁度展示模型(二)



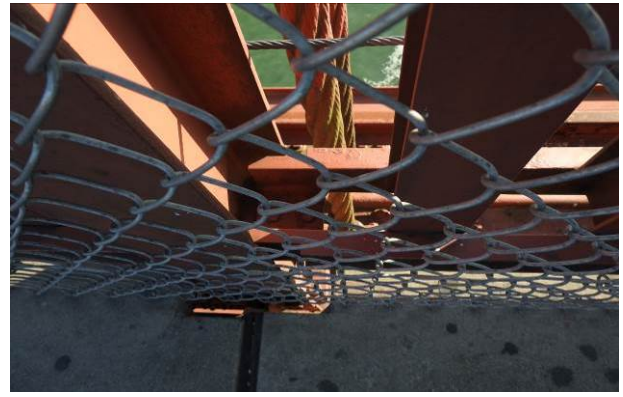
現場討論相關設施



人行及自行車道與欄杆增設安全網



現場討論橋梁設施



鋼纜採裸露油漆防護

圖 40. 考察金門大橋相關設施

(二)參訪奧克蘭新海灣大橋

舊金山-奧克蘭海灣大橋(San Francisco-Oakland Bay Bridge)位於美國舊金山灣區，連接舊金山、芳草島(Yerba Buena Island)及奧克蘭的橋梁，當地多簡稱為海灣大橋(Bay Bridge)，又稱為灣區大橋，正式名稱為 James Sunny Jim Rolph Bridge。海灣大橋由 Ralph Modjeski 設計，1936 年 11 月 12 日完工通車，是橫跨全美國的 80 號州際公路一部份。這座橋由兩部分組成，舊的西段連接舊金山市區到芳草島，較新的東段連接芳草島到奧克蘭。西段是一座由四座橋塔組成的雙懸索橋，共有六個橋跨，橋寬 20 公尺，主跨度 700 公尺；東橋則是由一座懸臂橋、五個桁架結構橋面與 14 跨的桁架公路組成，其中海灣大橋於芳草島上由四個部分組成：分別先由 98 公尺的混凝土高架橋連結西橋，緊接著 160 公尺的隧道段，在經由 241 公尺混凝土高架橋，連接 356.5 公尺的鋼桁架橋至東橋。

因舊金山灣深約 30 公尺，且底部為深厚的軟弱土層，以當時的技術，懸索橋如使用兩座橋塔以上，則穩定性較差；但若僅使用兩座橋塔，則主跨長將超過當時技術的限制，故最終決定將西橋中間設置一座混凝土錨碇座，分別建造兩座懸索橋。另東橋則是由懸臂橋與桁架橋組成，其最特別的是橋墩基樁係使用原始森林的花旗松精心製造而成的長木樁，貫入至灣底承載力較高的土層，組成橋墩樁基礎。最初海灣大橋上層橋面規劃雙向六車道，並僅限車輛通行；下層橋面規劃有 3 條卡車專用車道與兩條鐵路軌道，直至 1958 年為止。現橋面重新配置為上層單向 5 車道向西，下層單向 5 車道向東，且雙向通行皆需收費，直至 1969 年，現已改為僅西向收費。

在 1989 年地震，東橋其中一跨上層橋面掉落至下層橋面，導致橋梁關閉一個月。爾後為了避免海灣大橋因地震造成損壞，進行耐震評估及補強工程，經評估後因東橋無法達到現今耐震要求，最後決定拆除重建，而西橋則是進行耐震補強。2002 年起，東橋開始進行重建工程，建造一條聯絡道連接自錨式懸索橋(新海灣大橋)至芳草島。新海灣大橋由美國 T.Y. LIN

設計並於 2013 年 9 月 2 日建成，造價超過 64 億美金。新海灣大橋為單塔雙索面自錨式懸索橋，橋跨度 385+180 = 565 公尺，橋寬 77.8 公尺，塔高 160 公尺。其橋側設置人行與自行車道，串聯中央芳草島及東岸奧克蘭市，並在東岸保留部分舊橋設施，改造成提供休憩與觀光空間，吸引往來人們駐足欣賞(如圖 41)。



海灣大橋俯視圖



西側雙懸索橋



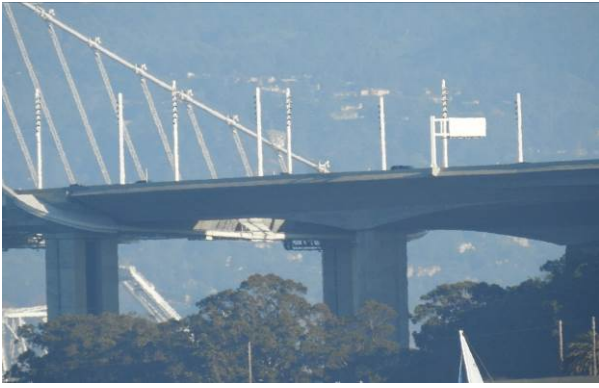
東側新懸索橋



新奧克蘭海灣大橋(東側新建段)



橋塔頂部結構細部



海灣大橋錨碇段



箱梁下方設置維修檢測桁架



保留部分舊橋為觀景平台



寬廣的人行及自行車道



現場討論交換意見



參訪團隊於新海灣大橋前合影

圖 41. 參訪海灣大橋

六、結論

本次出國參加 2019 國際道路研討會全球道路成就獎(GRAA)頒獎典禮，發表瀝青磚研究之外，亦配合考察了美國佛羅里達州、內華達州拉斯維加斯及加州舊金山的道路橋梁建設，在基礎交通建設及周邊配套措施等作業上均有實質豐碩的收穫，參考國外優質的經驗，提升道路行車安全，創造道路橋梁建設的附加價值，增進觀光旅遊需求，活絡經濟發展，亦可降低道路橋梁營運維護的負擔，對於本局後續優質道路橋梁工程及周邊配套建設的全生命週期概念推展將有重大助益。

藉由本局「西濱快速公路八棟寮至九塊厝工程碳管理及環境減輕策略」卓越的成果，是對設計、執行團隊及國內工程界給予的榮耀與鼓勵，同時也將臺灣推動永續公共工程落實環境保護措施，及全生命周期觀點進行的碳管理之成就，介紹給世界各國代表，讓臺灣工程建設得以躍登國際舞台外，也讓世界看見臺灣、認識臺灣，未來本局將持續努力，精進相關減碳作業及環境生態的永續發展，為近年來劇烈環境變遷的氣候，盡一份心力。

另發表本局材料試驗所瀝青磚研究，主題為「Laboratory Evaluation Of Asphalt Concrete Bricks Containing Basic Oxygen Furnace Slag」(含轉爐石之瀝青磚實驗室評估)，除讓世界了解臺灣的研究與發展，亦與各地學者相互交流學習，期望未來能將國外傑出的研究與經驗逐步導入臺灣，尤其在近年來劇烈環境變遷的氣候條件下，如何以最經濟的成本資源投入，建置最完善的交通建設網路，將是持續努力的目標。

本次獲獎及參訪行程之安排，感謝國立高雄科技大學蘇育民教授(亦為中華民國道路協會理事及青年工程師委員會主任委員)、林彥宇教授及中興工程顧問有限公司團隊，讓臺灣碳足跡盤查經驗得以嶄露在國際舞台上，亦讓此次參訪行程圓滿達成。

新聞稿

讓世界看見臺灣-西濱快獲頒「全球道路成就獎」

本局「西濱快速公路八棟寮至九塊厝工程碳管理及環境減輕策略」榮獲國際道路協會(International Road Federation, IRF)全球唯一的 108 年度「全球道路成就獎」(Global Road Achievement Awards, GRAA)環境減輕類首獎，並在 11 月 20 日於美國拉斯維加斯舉行之 IRF 國際道路協會國際會議中頒發，由本局局長陳彥伯及設計單位中興工程股份有限公司副總經理習良孝代表領獎。

本次獲得 IRF「GRAA 全球道路成就獎」是政府、設計與執行團隊共同努力的成果，亦是對設計、執行團隊及國內工程界給予的榮耀與鼓勵，同時也將臺灣推動永續公共工程落實環境保護措施，及全生命周期觀點進行的碳管理之成就，介紹給世界各國代表。

此次獲獎工程是臺灣第一個獲得 ISO/TS 14067 碳足跡查證聲明之公路工程，此工程從規劃設計階段便導入環境減輕措施，如綠化植被、地下水入滲、既有紅樹林保護與棲地補償等，並檢討工程施作與後續車流轉移所產生之排放量，公路總局更分析不同設計對碳排放之影響，如路線調整、替代材料、結構體減量等手段。經透過實際盤查成果發現，工程之材料碳排放量占比雖高達 94%，機具與運輸各約占 6%，但透過以飛灰、爐石粉取代水泥、加勁擋土牆取代一般擋土牆、機具運用最佳化、場電取代柴油發電機及多孔隙瀝青混凝土取代密級配瀝青混凝土等措施，並配合交通量的轉移、樹木與植被的種植，可減少約 164 座大安森林公園年吸附量，發揮減碳最大效益。

藉由完整的碳足跡盤查作業，了解工程碳排放量，據以施行減碳及環境保護措施，減少碳排放量及減輕環境衝擊，已成為其他工程單位導入碳管理之圭臬，而相關成果(本土化工程碳排放資訊)亦將回饋行政院環保署國家碳足跡系數資料庫及後續工程設計參考，使臺灣碳管理制度及碳排放參數資料更臻完備。進而可有效制定減碳策略、達成整體工程生命週期減碳及環境減輕目標。

本次獲獎獎項是臺灣工程首次榮獲此項大獎，希望藉由西濱快速公路工程卓越的成果，除了讓臺灣工程建設得以躍登國際舞台外，也讓世界看見臺灣、認識臺灣，相關得獎介紹短片，IRF 將長期公布於官網 <https://www.irf.global/graa/>。



(右至左) 公路總局陳局長彥伯、國際道路協會主席 H.E. Abdullah A. Al-Mogbel、中興工程股份有限公司習副總經理良孝於頒獎典禮領獎合影



公路總局局長陳彥伯（右 4）、中興工程股份有限公司副總經理習良孝（右 5）與工程團隊於 IRF 國際道路協會國家會議領獎後合影

ENVIRONMENTAL MITIGATION

WEST COAST EXPRESSWAY: BA-DONG-LIAO TO JIU-KUAI-CHOU PROJECT SINOTECH ENGINEERING CONSULTANTS, LTD. & DIRECTORATE GENERAL OF HIGHWAYS, MOTC, TAIWAN

West Coast Expressway: Ba-Dong-Liao to Jiu-Kuai-Chou Project is an elevated highway that goes across an environmental sensitive coastal and wetland area in southern Taiwan. The Directorate General of Highways (DGH), MOTC, studied the environment impacts thoroughly and concluded the needs of developing comprehensive carbon management and environment mitigation in the phases of planning, design, and construction to combat global warming and carbon emissions. DGH worked with Sinotech Engineering Consultants Ltd. and proposed a framework of carbon management and developed strategies of environment mitigation for the Project.

During construction, DGH and Sinotech set up the inventory boundary, the inter-organization interface, and an on-line inventory information system. Training sessions and regular on-site counseling were accommodated for contractors, subcontractors and suppliers. Suppliers of main materials including cement, reinforcing bar, asphalt concrete were requested to conduct carbon inventory for their own products. Moreover, international forum and seminars were held to consolidate the local carbon management framework of roadways. Through true inventory and third-party verification, DGH and Sinotech verified the carbon emission estimation and obtained data of engineering materials and roadway construction activities.

Environment mitigation strategies were developed throughout the project as well. Environmental monitoring and mitigation, green design, and low-carbon design were considered. Green and low-carbon designs included reinforced earth wall, groundwater infiltration, green belt design, and porous asphalt concrete pavement. The carbon emissions by different design alternatives, such as alignment, substitute materials and structure options, were further analyzed. In addition, habitat monitoring and corresponding compensations were put into the design and construction. Underwater cultural heritage was surveyed thoroughly before construction due

to the project site is considered one of the earliest developed areas in Taiwan.

The outcome of the Ba-Dong-Liao to Jiu-Kuai-Chou Project achieved the first construction project that has acquired ISO/TS 14067 and PAS 2050 assessment, established carbon footprint product category rules (CFP-PCR) of roadways and bridges, and provided guideline for the framework of construction carbon management. The carbon emission of the project reduced 22% of concrete by substituting cement with fly ash and ground-granulated blast-furnace slag, 88% of retaining wall by constructing the reinforced earth wall, and 50% of pavement by utilizing porous asphalt concrete pavement. Moreover, detailed unit emissions in main lane, ramp, pile, foundation, pier and superstructure were disclosed and capable of serving as great references for future projects. In summary, the West Coast Expressway: Ba-Dong-Liao to Jiu-Kuai-Chou Project not only preserved the environmental sensitive area with multiple environment mitigation strategies, but also engaged the very first carbon management system for in roadways and bridges in Taiwan.



Yen-Po Chen

Director General of DGH, MOTC, Taiwan

“The Directorate General of Highways (DGH)—a roadway agency of the Ministry of Transportation and Communication is proud to build, maintain, and connect roadways for motorists in Taiwan. The West Coast Expressway: Ba-Dong-Liao to Jiu-Kuai-Chou Project with joint efforts of Sinotech Engineering Consultants Ltd. was the first completed project that passed ISO/TS 14067 and PAS 2050 assessments and utilized the strategies of environment mitigation. Winning the IRF 2019 Global Road Achievement Award in environment mitigation truly inspires us to endeavor more efforts to implement low-carbon emission and environmental mitigation thinking to future roadways and other infrastructures.”

Laboratory Evaluation Of Asphalt Concrete Bricks Containing Basic Oxygen Furnace Slag

MING-TSE HUNG, SUNN-JER HWANG, YEN-PO CHEN, and YU-MIN SU



Materials Testing Institute
Directorate of General Highways
Ministry of Transportation and Communications

Speaker: Mr. Ming-Tse Hung
Section Manager

November 20, 2019



Outline

1 Introduction

2 Development of
Asphalt Concrete Brick

3 Conclusion

4 Acknowledgement



Introduction

- **Background**

- Moisture susceptibility is a major issue pertaining to Hot Mix Asphalt (HMA) pavement. The moisture can infiltrate and diffuse to the structure of asphalt mixture.
- The excessive moisture causes degradation of cohesive strength of asphalt binder and loss of the adhesion bond between aggregate and binder.

2



Introduction

- **Background (CONT'D)**

- As such deterioration progress, it results in distresses of stripping, cracks, and potholes.



Cracks

(Photo from Pavement Interactive)



Large Pothole

(Photo taken by DGH)

3



Introduction

- **Background (CONT'D)**

- In Taiwan, moisture susceptibility is identified as the primary pavement distress, owing to the hot and humid climate in summer.
- Monsoon (Plum) rainfalls, typhoons, and thunder storms provide more than 2000 millimeters in terms of precipitation every year which worsen the moisture damages on the roadways.

4



Introduction

- **Background (CONT'D)**

- Potholes can be developing rapidly after the extensive rainfalls.



Pothole due to moisture susceptibility
(Photo taken by DGH)

5



Introduction

● Background (CONT'D)

- The emergency patching tasks are usually applied quickly by the contractors.
- However, poor patching can induce more cracks and potholes and it endanger the safety of motorists.



Example of poor patching
(Photo taken by DGH)

6



Introduction

● Background (CONT'D)

- Engineers and professionals in the Directorate of General Highways, MOTC stride to find a better way to repair cracks and potholes effectively.



Severe pothole and good patching
(Photo taken by DGH)

7



Introduction

- **Background (CONT'D)**

- A research project was commissioned to carry out since 2014 and the research objective was to evaluate the feasibility of utilizing the innovative “Asphalt Concrete Bricks” to be evaluated in the laboratory and in the field.



Asphalt Concrete Bricks, ACB
(Photo taken by DGH)

8



Development ACB

- **Research Scope**

- The development of “Asphalt Concrete Bricks” were divided into two stages:
 - ✓ Process of manufacturing the ACB was investigated;
 - ✓ In-Situ evaluations on ACB was studied.

9



Development ACB

- Process of manufacturing the ACB (CONT'D)

➤ ACB specimens can be customized with various diameters and thickness with virgin or recycled materials.



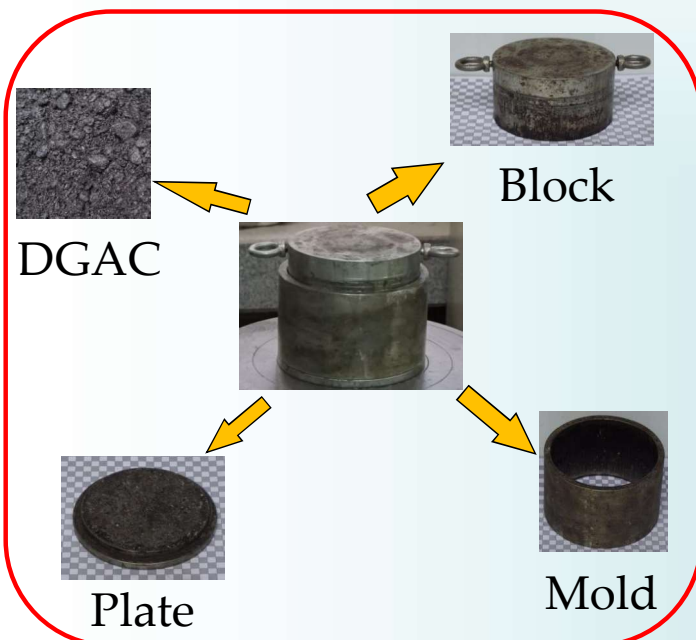
10



Development ACB

- Process of manufacturing the ACB

➤ ACB can be compacted by concrete compression machine or the regular Marshall compacting device.



11



Development ACB



- Laboratory evaluation consisted of three performance tests to assess the engineering properties of DGAC mixture containing either crushed stone and BOF slag, namely:
 - Indirect tensile (IDT) strength in lieu with ASTM D6931,
 - Resilient modulus (M_R) in lieu with ASTM D7369, and
 - Rutting test in lieu with AASHTO T324.

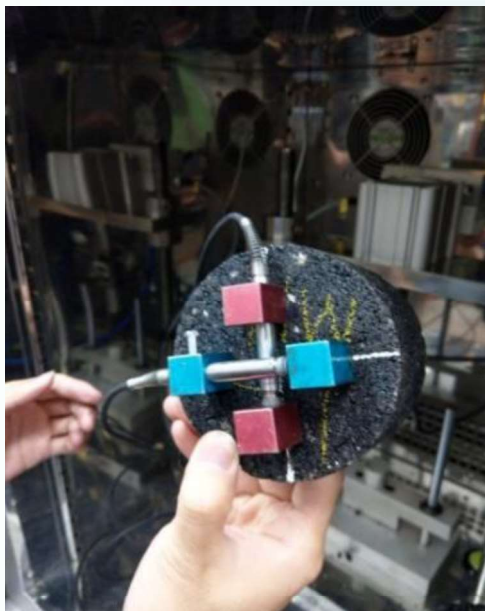
12



Development ACB



- Resilient modulus and indirect tensile strength were evaluated.



13



Development ACB



- The IDT strength in average of the mixture containing BOF slag show **slightly lower** than that of crushed stone mixture;
- The testing results of M_R in average display essentially **higher in BOF slag** than that of crushed stone mixtures.

Crushed Stone		BOF Slag	
IDT (kpa)	M_R (kgf/cm ²)	IDT (kpa)	M_R (kgf/cm ²)
1,072	6,744	968.2	8,113

14



Development ACB



- Rutting potential by the Hamburg Wheel Tracking Device was tested.



15



Development ACB



- The testing condition was to submerge the slab into hot water bath with constant "50°C".
- Two thresholds of the rutting test were considered: either count the number of wheel tracking passes when the rut depth reaches to 12.5-mm, or measure the rut depth when the passes reach to 20,000.

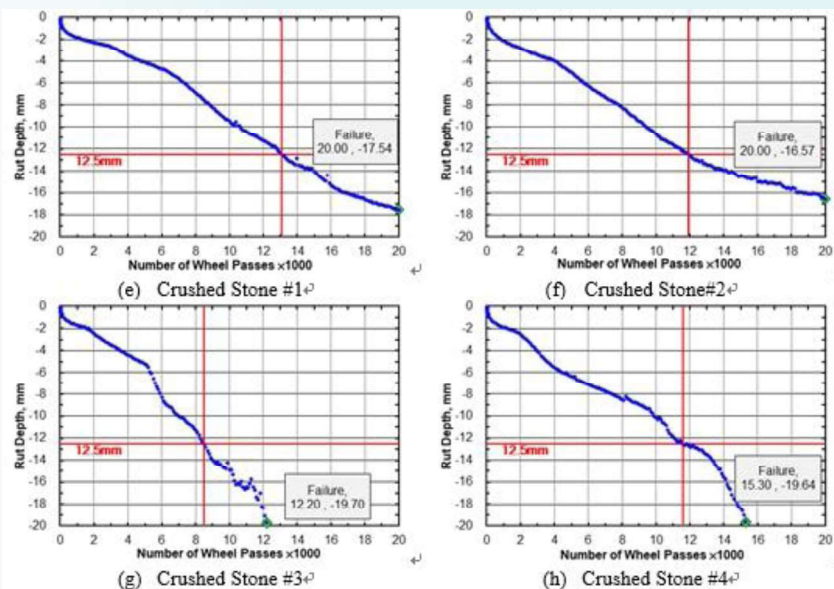
16



Development ACB



- Rutting potential by the Hamburg Wheel Tracking Device were estimated
- Most of the **crushed stone** mixture met the 12.5-mm rut depth on or before the number of passes reached to 13,000.

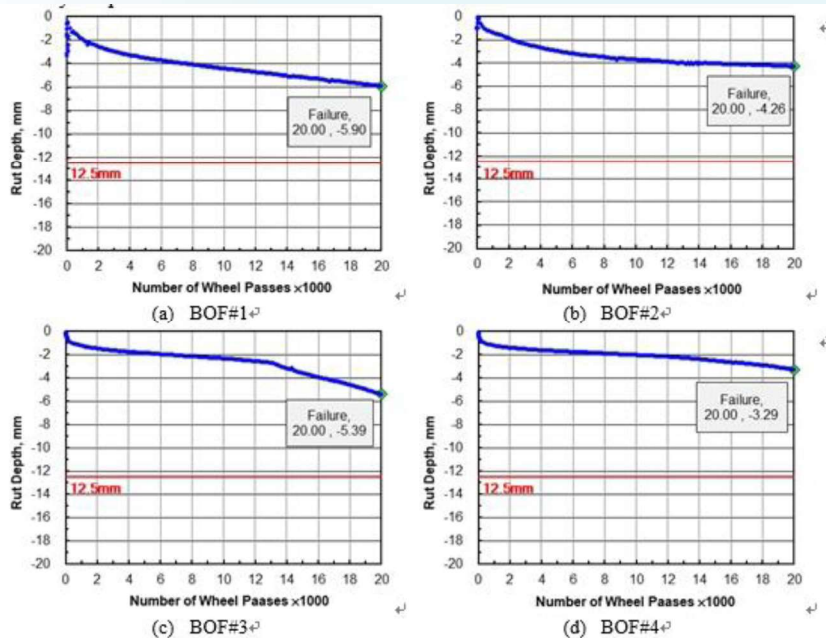


17



Development ACB

- The rut depth of crushed stone and BOF slag mixtures were among 16.57 to 19.70 and 3.29 to 5.90-mm respectively, when the number of passes reached to 20,000.



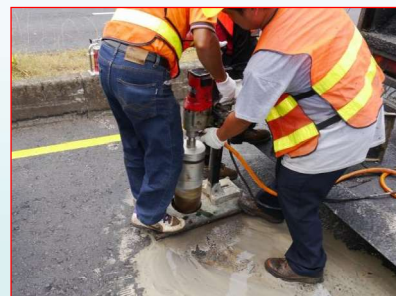
18



Development ACB

- In-Situ evaluations on ACB

Remove excessive materials around the pothole



Clean and dry out the pothole



19



Development ACB



- In-Situ evaluations on ACB (CONT'D)

Leveling the bottom of the pothole



Padding with the emulsified binder



20



Development ACB



- In-Situ evaluations on ACB (CONT'D)

Installing ACB to the Pothole



Leveling ACB with the surface layer.



21

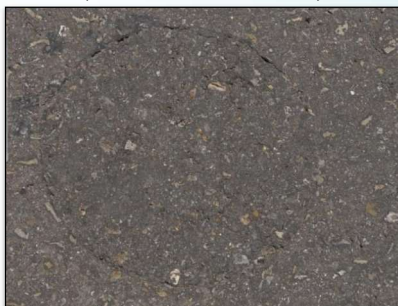


Development ACB

- In comparison with the regular patching materials, the pothole filled by ACB provides better patching efforts.



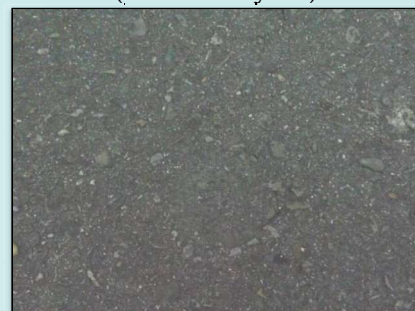
Regular patching materials
(After four months)



ACB
(After four months)



ACB
(After one year)



ACB
(After three years)

22



Development ACB

- There is a short clip to introduce how to install ACB as follows:



23



Development ACB



- **In-Situ evaluations on ACB (CONT'D)**

- On March 2017, there were 3651 ACB specimens that have been installed to the DGH district throughout Taiwan.
- All ACB have well performed onsite so far and NONE of them has shown signs of further more moisture damages.

24



Conclusion



- To sum up, the utilization of asphalt concrete brick is an innovative way to repair the potholes and cracks on the roadways which not only improve the serviceability but also safety for the motorists.
- ACB can be customized to fit and repair various sizes of potholes.
- ACB is easy to produce in-house and convenient to install on the roadways.
- ACB warrants durable pothole repairing, saves budgets, and improve the safety of motorists.

25



Conclusion

- The IDT strength in average of the mixture containing BOF slag showed slightly lower than that of crushed stone mixture, but the testing results of MR in average displayed essentially higher in BOF slag than that of crushed stone mixtures.
- This rutting test results showed an advantage of utilizing BOF slag in the DGAC mixture to improve the rutting potential in the laboratory.

26



Acknowledgement

- The engineers of Material Testing Institute of the Directorate of General Highways appreciated of the support and approvals from the Ministry of Transportation and Communications, MOTC, in this study.



27

Thank you very much!



**Materials Testing Institute
Directorate of General Highways
Ministry of Transportation and Communications**



For more information, please
contact with:

Mr. Ming-Tse Hung
(honminjay@thb.gov.tw)