

出國報告（出國類別：開會）

參加國際橋梁隧道及收費公路協會  
(IBTTA)第 87 屆年會  
出國報告

服務機關：交通部高速公路局

姓名職稱：王鴻基 正工程司

派赴國家/地區：加拿大

出國期間：108.9.13~108.9.20

報告日期：108.12.2



## 行政院及所屬各機關出國報告提要

系統識別碼：C10802267

頁數：45

附件：無

出國報告名稱：參加 2019 年國際橋梁隧道及收費公路協會第 87 屆年會出國報告

出國計畫主辦機關：交通部高速公路局

出國人員：王鴻基

出國類別：其他

出國地區：加拿大哈里法克斯

出國期間：108 年 9 月 13 日至 9 月 20 日

報告日期：108 年 12 月 2 日

分類號/目：交通建設/交通運輸

關鍵詞：國際橋梁隧道及收費公路協會、IBTTA、電子收費、ETC

內容摘要：第 87 屆 IBTTA 年會於 2019 年 9 月 15 至 17 日在加拿大新斯科舍省 (Nova Scotia) 哈里法克斯(Halifax)舉行，本次年會以「收費業務的永續發展(Growing Your Toll Business in the Next Millennium.)」為主題，會中針對新科技、大數據及風險評估概念應用在公路橋梁資產管理之議題安排多場演講，介紹各國目前的實際執行狀況。此外，本屆年會另針對自駕車的技術進展對公路管理帶來的機會與挑戰安排多場專題演講，並將討論議題區分為 3 大主題以安排分組會議：1.科技與顧客(TECHNOLOGY/CUSTOMER)；2.交通運輸事業(THE BUSINESS OF MOBILITY)；3.世界動態(THE WORLD AROUND US)。本報告綜整參加本屆年會之過程與見聞，將會議期間所參與之技術參觀、專題演講及分組會議中講者案例分享以及各國目前的應對與準備情形等，分述於前言、行程紀要、技術參觀、會議過程等章節，並於最後提出心得與建議，作為國內未來高速公路收費、交通管理及橋梁維護作業等相關業務推動之參考。

## 目錄

行政院及所屬各機關出國報告提要.....	1
目錄.....	2
圖目錄.....	3
表目錄.....	5
壹、前言.....	6
一、IBTTA 簡介.....	6
二、參加會議目的.....	7
貳、行程紀要.....	8
一、與會代表.....	8
二、會議地點.....	8
三、行程概述.....	9
參、技術參觀.....	12
一、大提升計畫(The Big Lift)背景說明.....	12
二、現場參觀.....	13
三、大提升計畫(The Big Lift)施工方式簡報.....	17
肆、會議過程.....	22
一、開幕前會議.....	22
二、開幕典禮及專題演講.....	23
三、2019 年收費卓越獎.....	31
四、世界櫥窗.....	37
五、分組會議.....	38
伍、心得與建議.....	42
陸、附錄.....	45

## 圖目錄

圖 1 IBTTA 收費公路設施資料庫統計資料分布範圍.....	6
圖 2 IBTTA 第 87 屆年會舉辦會場.....	8
圖 3 青年專業理事會(Young Professionals' Council)活動照片 .....	10
圖 4 筆者於展覽會場與參展廠商合影照片.....	10
圖 5 IBTTA 本屆董事會主席 Christopher Tomlinson 開幕式致詞.....	11
圖 6 哈里法克斯市長 Mike Savage 致歡迎詞 .....	11
圖 7 Macdonald Bridge 主鋼纜除溼系統配置.....	13
圖 8 Macdonald Bridge 主鋼纜乾燥空氣打入主鋼纜懸索套管位置照片 .....	13
圖 9 Macdonald Bridge 南岸主鋼纜錨碇座機房照片 .....	14
圖 12 Macdonald Bridge 橋面人行道防自殺欄杆 .....	16
圖 13 Macdonald Bridge 橋面模組型伸縮縫.....	16
圖 14 垂直鋼纜與新設橋面接合部位 .....	17
圖 15 HHB 簡報解說大提升計畫施工過程 .....	17
圖 16 Macdonald Bridge 改建前照片(摘自 HHB 簡報) .....	18
圖 17 Macdonald Bridge 原有的橋面板結構系統(摘自 HHB 簡報) .....	18
圖 19 大提升計畫吊梁工作車照片(摘自 HHB 簡報).....	19
圖 20 大提升計畫吊梁工作車橫斷面照片(摘自 HHB 簡報).....	20
圖 21 舊橋面板切除後吊放至橋下駁船照片(摘自 HHB 簡報).....	20
圖 22 預鑄完成之新橋面自橋下駁船吊升銜接照片(摘自 HHB 簡報).....	21
圖 23 新橋面板與前跨橋面板銜接完成後即開放通車(摘自 HHB 簡報).....	21
圖 24 YPC 會議過程照片 .....	22
圖 25 HHB 公司 CEO Steven Snider(左)及 IBTTA 主席 Christopher Tomlinson 致詞.....	23
圖 26 Charles Fishman 專題演講.....	24
圖 27 MTA Bridges and Tunnels 公司所轄懸索橋位置.....	25
圖 28 結構元件風險評估矩陣圖 .....	25
圖 29 結構元件 RPN 數值與處理時機建議.....	28
圖 30 MAXIMO 軟體資產管理概念圖.....	29
圖 31 傳統人工作業與無人機進行橋梁檢測工作之差異 .....	30
圖 32 無人機進行橋梁檢測之作業流程 .....	30
圖 33 斯托伯爾特橋(STOREBÆLT BRIDGES)再投資預算指標 .....	31
圖 34 Transurban 公司經營管理路網範圍 .....	32
圖 35 Selmon West 延伸線計畫橋梁剖面圖 .....	33
圖 36 CUSIOP Hub 溝通理念.....	36

圖 37 世界櫥窗(World Showcase)各國代表合影 .....	37
圖 38 世界櫥窗(World Showcase)現場即興漫畫 .....	38

## 表目錄

表 1 出國行程表.....	9
表 2 大提升計畫(The Big Lift)推動過程 .....	12
表 3 Macdonald Bridge 基本資料表 .....	14
表 4 HHB 年度檢查報告資料卡 .....	27
表 5 HHB 採用風險優先數值 RPN 評估成果.....	28

# 壹、前言

## 一、 IBTTA 簡介

國際橋梁、隧道及收費公路協會（ International Bridge, Tunnel & Turnpike Association, 簡稱 IBTTA ) 成立於 1932 年，總部設於美國華盛頓特區(Washington, D.C. )，其成員來自於全球 26 個國家，超過 240 個公、民營機構，包括建築公司、工程公司、金融機構、顧問公司及設備製造商等。IBTTA 透過定期舉辦會議、論壇、研討會等場合，將成員聚集在一起分享創新的知識、想法與經驗，並將全球 71 個國家的收費公路統計資料，彙整蒐集後提供各國會員參考、應用，其統計資料之範圍與設施密度分布如圖 1 所示。

此外，在未來即將面對自動駕駛車輛的普及化、網路安全與 5G 高速通訊等議題時，IBTTA 也提供一個交流平台，讓各國收費公路管理單位、交通運輸同業以及對交通運輸基礎設施投資有興趣的投資者，可以分享這些新的挑戰所帶來的機會與願景。

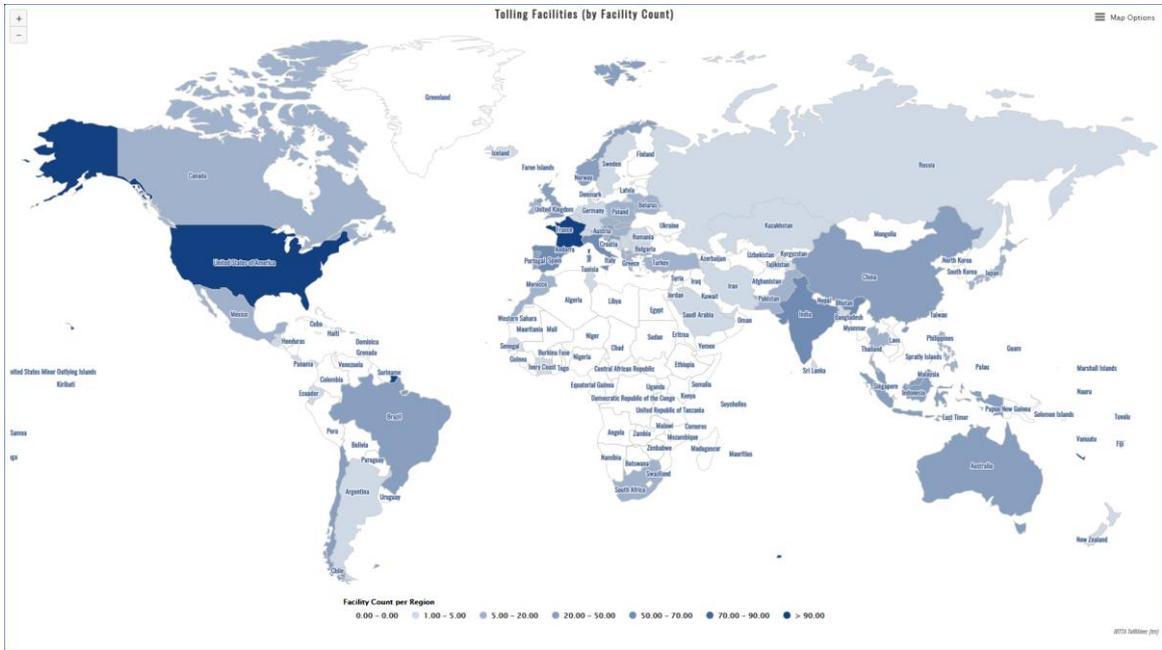


圖 1 IBTTA 收費公路設施資料庫統計資料分布範圍

## 二、 參加會議目的

第 87 屆 IBTTA 年會於 2019 年 9 月 15 至 17 日在加拿大新斯科舍省(Nova Scotia) 哈里法克斯(Halifax)舉行。本次年會以「收費業務的永續發展 (Growing Your Toll Business in the Next Millennium.)」為主題。今年年會在第 1 天安排技術參觀的對象為 1955 年完工的麥當勞大橋(Macdonald Bridge)，橋梁管理單位在每日上、下班尖峰時刻仍然維持大橋運作的情況下，利用夜間離峰時段施工的方式，逐段將嚴重鏽蝕的橋面板桁架系統及垂直吊索支撐系統分批更新置換，大幅度的延長這座高齡 64 歲的懸索橋壽命。

接下來的 2 天除了會場有各項電子收費(Electronic Toll Collection, ETC)產品、影像監視設備、動態地磅設備、自動化交通維持安全設備及資訊安全廠商等展覽攤位，展示各項先進設備產品及介紹後端資料安全管理系統，另安排多場演講針對公路橋梁資產管理、自駕車的技術進展對公路管理帶來的機會與挑戰等議題，介紹各國目前的應對與準備情形。

高公局為 IBTTA 的會員之一，本次奉派代表出席年會的目的，主要期望藉由參加年會的機會，瞭解國際收費公路創新科技的發展趨勢及他國公路橋梁的維護管理實務經驗，並將技術應用帶回國內，以作為未來公路橋梁維護管理業務推動之參考。

## 貳、行程紀要

### 一、 與會代表

本屆年會共有來自 19 個國家，561 位來自各國公營機構的收費公路管理單位、學者、顧問公司代表以及來自金融機構、交通運輸產業的設備廠商一起參與，其中以美、加兩國代表為主，約占全體出席代表的 9 成，東亞地區僅有我國、香港及日本派代表參與，各國與會單位及人員名單詳見附錄一。

### 二、 會議地點

本次年會選擇加拿大東岸新斯科舍省（Nova Scotia）的港口都市哈里法克斯（Halifax）舉辦，該市為一天然深水港，港口內陸上交通主要係依靠兩座跨港大橋（Macdonald Bridge 及 MacKay Bridge）連接，其中 Macdonald Bridge 係於 1955 年完工，2018 年剛剛完成橋面板桁架及垂直懸索系統的更新，橋梁管理單位為哈里法克斯港口橋梁公司（Halifax Harbour Bridges），亦即為本次年會主辦場合地主，會議第一天主辦單位即安排 Macdonald Bridge 的技術參觀行程。

其餘大會各項專題演講及贊助廠商產品展覽會場地則安排於哈里法克斯會議中心（Halifax Convention Center）舉行。

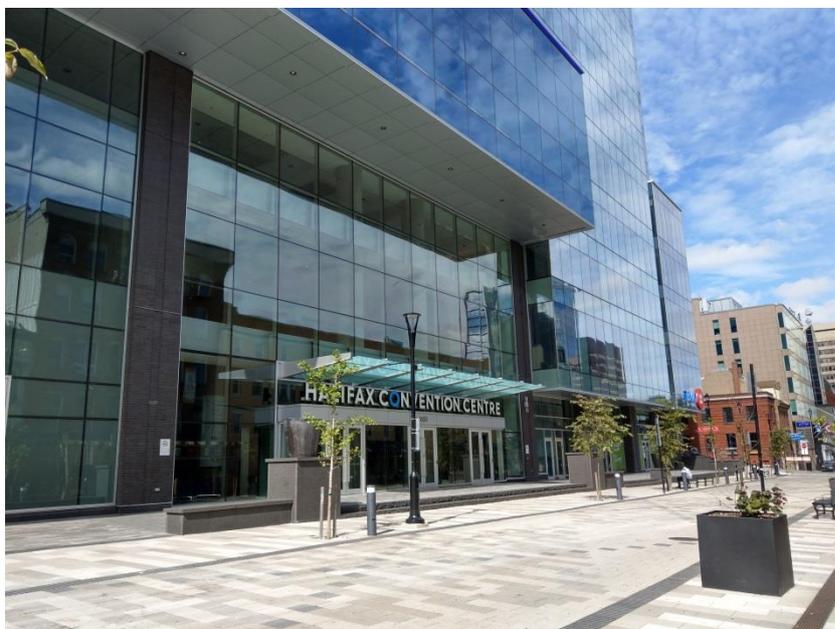


圖 2 IBTTA 第 87 屆年會舉辦會場  
(Halifax Harbour Bridges)

### 三、 行程概述

本次出國行程自民國 108 年 9 月 13 日至 9 月 20 日，包含往返交通時間共為期 8 天，主要行程為參加 9 月 15 日至 9 月 17 日第 87 屆 IBTTA 年會，除參加各場相關專題演講外，並參加大會所安排的技術參訪行程，觀摩橋齡達 64 年的懸索吊橋維護更新作業成果，行程整理如表 1 所示。

表 1 出國行程表

日期	地點	活動內容
9 月 13 日	桃園→加拿大多倫多	去程，搭乘長榮航空自桃園機場飛抵多倫多機場轉機
9 月 14 日	加拿大多倫多→哈里法克斯	1. 上午:自多倫多機場轉乘加拿大航空國內線至哈里法克斯 2. 下午:參加 IBTTA 新成立的青年專業理事會 (Young Professionals' Council)
9 月 15 日	1.哈里法克斯麥當勞大橋 2.哈里法克斯會議中心	1. 上午:技術參觀 2. 下午:參加主辦單位為新進會員及首次參加 IBTTA 會議的出席代表舉辦之非正式歡迎茶會。
9 月 16 日	哈里法克斯會議中心	1. 上午:大會開幕式及專題演講 2. 下午:頒獎典禮及世界櫥窗分享
9 月 17 日	哈里法克斯會議中心	1. 上午: 哈里法克斯市長歡迎致詞及 IBTTA 會務報告 2. 下午:分組研討會
9 月 18 日	加拿大哈里法克斯→多倫多	返程，自哈里法克斯機場搭乘加拿大航空國內線至多倫多轉機
9 月 19 日~ 9 月 20 日	加拿大多倫多→桃園	返程，搭乘長榮航空自多倫多機場飛抵桃園機場

展覽會場總計有超過 35 家參展廠商，其專業領域從區塊鏈軟體、無線射頻製造到各式交通工程設施及車輛均有，提供各國與會者在各場演講的空檔，可以互相交流、了解目前新科技的發展與應用進程(圖 3、圖 4)。

本屆年會 9 月 16、17 兩天，分別由本屆 IBTTA 董事會主席 Christopher Tomlinson(圖 5)以及當地哈里法克斯市長 Mike Savage (圖 6)致詞揭開當天活動序幕。



圖 3 展覽會場及參展廠商活動照片



圖 4 筆者於展覽會場與參展廠商合影照片



圖 5 IBTTA 本屆董事會主席 Christopher Tomlinson 開幕式致詞



圖 6 哈里法克斯市長 Mike Savage 致歡迎詞

## 參、技術參觀

IBTTA 本屆年會選擇舉辦地點為加拿大哈里法克斯，為加拿大東岸的港口都市，港口內有 2 座跨港大橋，分別為 1955 年完工通車的 Macdonald Bridge 及 1970 年完工通車的 MacKay Bridge，橋梁管理單位為哈里法克斯港口橋梁公司(Halifax Harbour Bridges，簡稱 HHB)，該公司董事會 9 名成員均由當地省政府及市議會指派，其性質類似我國的公法人。

### 一、大提升計畫(The Big Lift)背景說明

其中 Macdonald Bridge 因橋面鏽蝕問題嚴重，橋梁管理單位 HHB 公司自 2009 年開始推動橋面板更換及橋梁延壽計畫，稱之為「大提升計畫(The Big Lift)」，計畫推動過程如表 2 所示。

表 2 大提升計畫(The Big Lift)推動過程

時間	計畫進程
2010	董事會核准 Macdonald Bridge 橋面板更換計畫
2011	先期規劃作業
2013 年 12 月	設計成果定稿
2014 年 6 月	發包選商作業完成
2015 年 3 月	現場施工作業開始
2015 年 6 月	橋面人行道及自行車道封閉
2015 年 10 月	橋面板第 1 節塊吊裝
2017 年 2 月	橋面板最後 1 節塊吊裝
2017 年 6 月	橋面人行道及自行車道重新開放
2017 年 12 月	橋梁夜間封閉施工作業全部結束
2018 年第 1 季	計畫結束

本計畫除更換橋面板及其桁架系統、垂直吊索支撐系統外，亦針對主吊纜(Main Cables)安裝除溼系統，以控制主吊纜鋼索可持續保持在 40%的相對溼度環境下，減少主吊纜(Main Cables)的鏽蝕速度，其除溼系統配置方式如圖 7 及圖 8 所示；除此之外，本座吊橋的主塔、主吊纜及錨定系統均仍維持其原始狀態，本計畫為歷史上第 2 次在維持橋梁日間通行功能的條件下，利用假日及夜間施工方式，將懸索吊橋橋面板全面置換的工程。

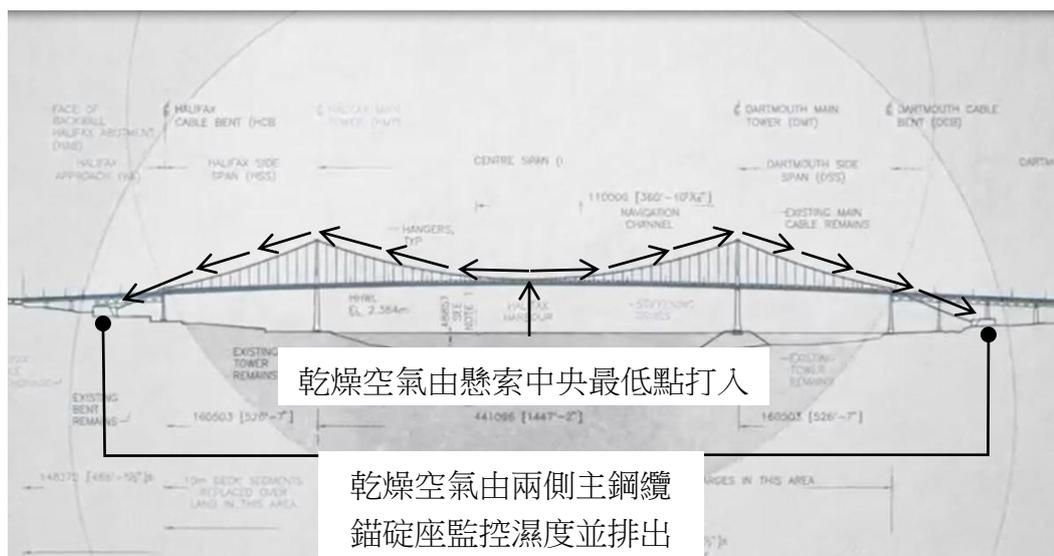


圖 7 Macdonald Bridge 主鋼纜除溼系統配置



圖 8 Macdonald Bridge 主鋼纜乾燥空氣打入主鋼纜懸索套管位置照片

## 二、現場參觀

本次主辦單位於年會第 1 天(9 月 15 日)早上即安排參觀完工後之 Macdonald Bridge 橋面板置換工程(The Big Lift)，該橋梁全長約 1.35 公里，橋面寬 11.5 公尺(採雙向各 1 車道，另有一調撥車道)，基本資料整理如表 3 所示。

與會代表分乘 2 輛遊覽車，第 1 站先至 Macdonald Bridge 吊橋南岸之錨碇基礎座機房參觀，可惜主辦單位為了安全理由，要求參觀者不可以拍攝機房內部設施及錨碇座狀況，無法以圖片展示這座高齡 64 歲吊橋鋼纜的維護狀況，以當日目視內部

設施情形，除機房混凝土表面有少部分肉眼清晰可見的非結構性裂紋外，錨碇座位置處的主鋼纜及保護套管表面並無任何鏽蝕現象，經當場請教負責維護管理大橋的 HHB 公司 Ahsan Chowdhury 總工程師表示，吊橋主鋼纜除了在 2010 年曾經打開一小段保護套管進行目視檢查外，並無安裝其他應力、應變或是振動監測設備，機房內亦僅看見溼度監測設備，控制鋼纜可以長期維持在相對濕度 40% 以下的環境。

表 3 Macdonald Bridge 基本資料表

建造日	1952 年
完工通車日	1955 年 4 月 2 日
橋長	1.35 公里
懸索橋跨度	主跨 441m，兩側邊跨各 160m
引橋段	北側 437m，南側 148m
橋塔	鋼構，92m 高
基礎	混凝土沉箱基礎
橋下航道寬度	110m
橋下航道淨高	51m
車道數	3
鋪面設計	主橋段採 5 公分厚環氧樹脂瀝青混凝土(Expoxy Asphalt) 引橋段採 5 公分厚高分子改質瀝青混凝土(PMA)
主吊索鋼纜	直徑 356mm(61 股 40mm 直徑鍍鋅鋼絞線)
垂直吊索鋼纜	直徑 54mm 鍍鋅鋼絞線



圖 9 Macdonald Bridge 南岸主鋼纜錨碇座機房照片

此外，在主鋼纜錨碇座機房內，發現除了吊橋主鋼索的錨碇座之外，另有平行主鋼索的裸鋼絞線，Ahsan Chowdhury 表示這是因為經過測量後發現，Macdonald Bridge 的兩座主橋塔，有向彼此傾斜的現象，因此在大提升計畫(The Big Lift)中，於錨碇座和邊跨墩柱之間增加了 2 條鋼纜，以避免兩座主橋塔之間的相向傾斜情形加劇，如圖 9、圖 10 所示。



圖 10 Macdonald Bridge 主鋼纜錨碇座與邊跨墩柱增設之拉固鋼索



圖 11 Macdonald Bridge 主橋橋面板(deck)系統更新後外觀(由南向北拍攝)

結束了錨碇座機房的參觀之後，主辦單位帶大家搭車至南岸引道橋，沿橋面步行約 1.35 公里，參觀完成後之橋面設施，如圖 12~14 所示，其中橋面欄杆的特殊造型設計引起筆者好奇，經 HHB 施工單位人員說明，係因為在橋面板更新計畫之前，曾經有路人從橋面跳下自殺，導致下方的加拿大軍方向橋梁管理單位提起求償訴訟，因此改建計畫中，特別沿著人行道外側增加了防止人員攀爬的橋欄杆。



圖 12 Macdonald Bridge 橋面人行道防自殺欄杆



圖 13 Macdonald Bridge 橋面模組型伸縮縫

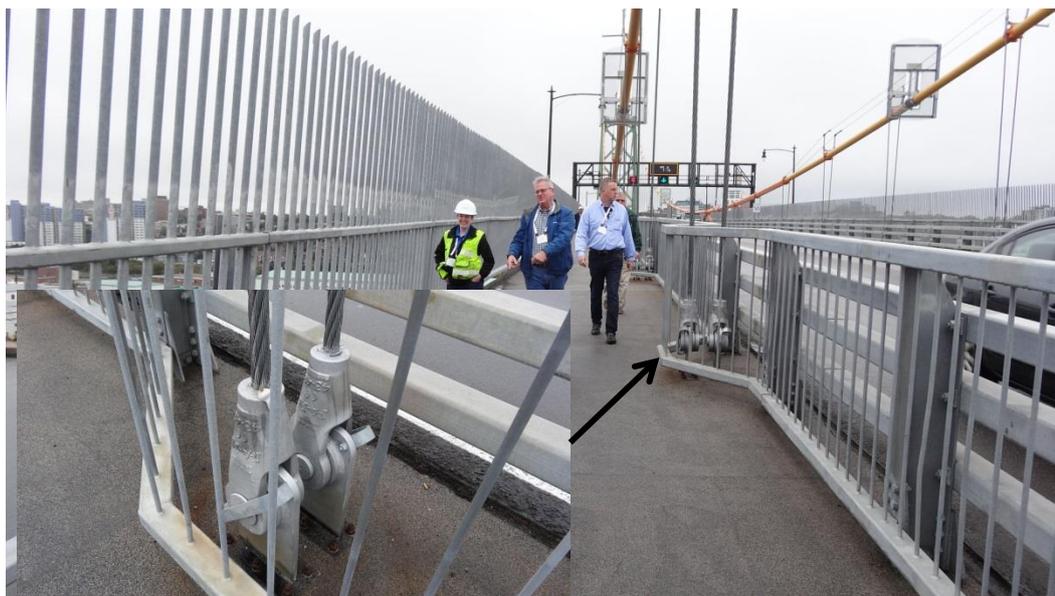


圖 14 垂直鋼纜與新設橋面接合部位

### 三、大提升計畫(The Big Lift)施工方式簡報

因為目前該計畫施工作業已經結束，不易想像當時的施工過程，所以主辦單位在一行人步行抵達橋梁北岸的 HHB 辦公室以後，即以簡報及影片介紹方式，說明大提升計畫(The Big Lift)的施工方式及過程。

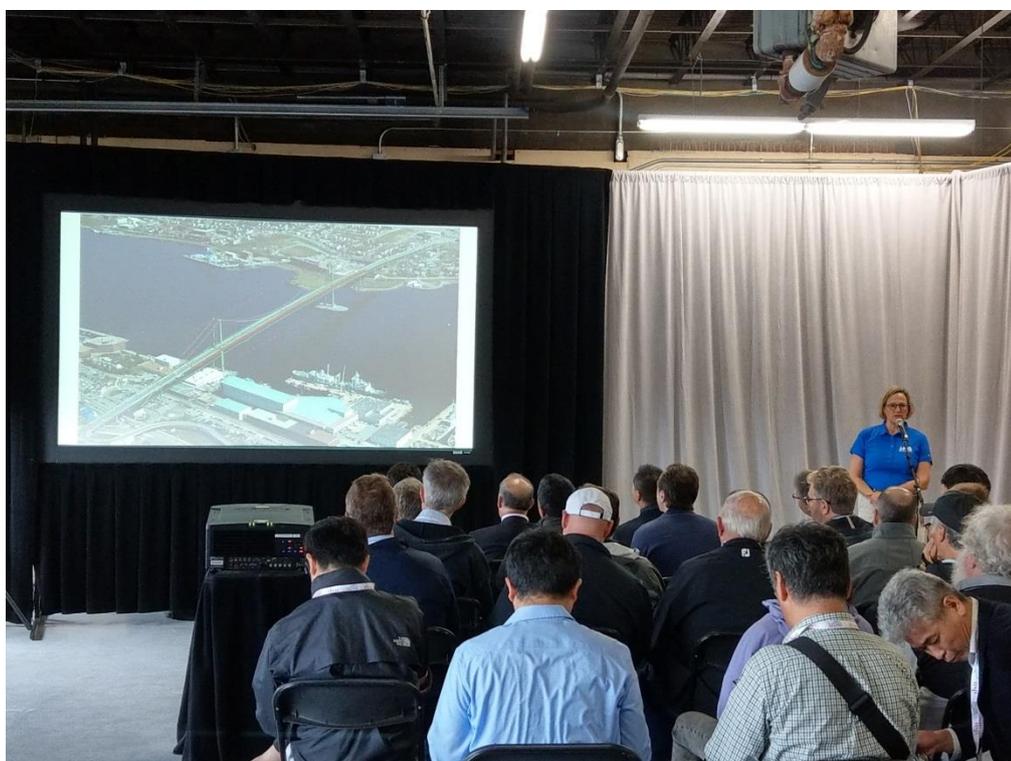


圖 15 HHB 簡報解說大提升計畫施工過程

圖 16 為 Macdonald Bridge 改建前的照片，大提升計畫即是利用夜間(19:30~翌日 05:30)及周末假日時段，將橋面板原有的下承式桁架系統(如圖 17 所示)，更新為圖 18 中的上承式桁架系統，日間仍持續開放往來車輛通行，施工期間僅須全程封閉橋梁兩側的人行道，以提供施工設備、機具及材料的置放空間。

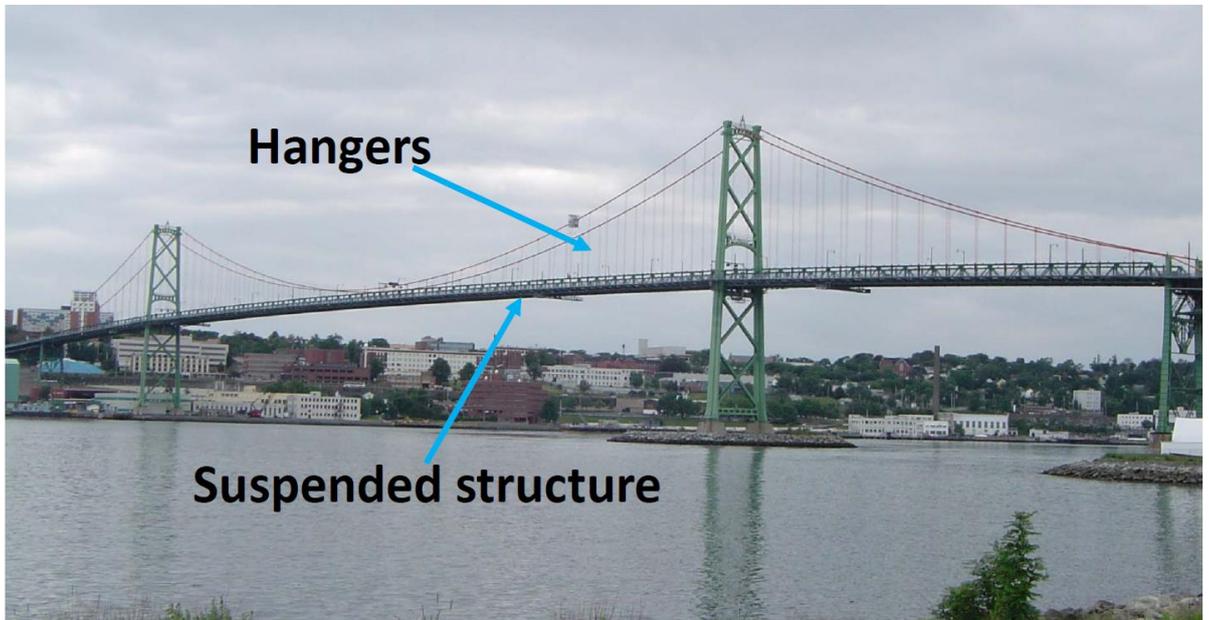


圖 16 Macdonald Bridge 改建前照片(摘自 HHB 簡報)

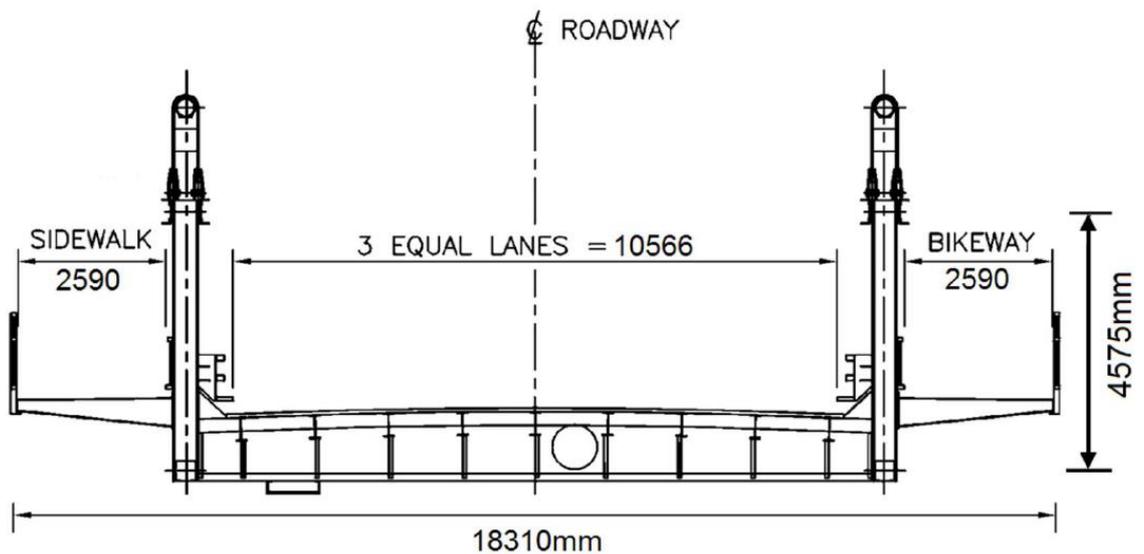


圖 17 Macdonald Bridge 原有的橋面板結構系統(摘自 HHB 簡報)

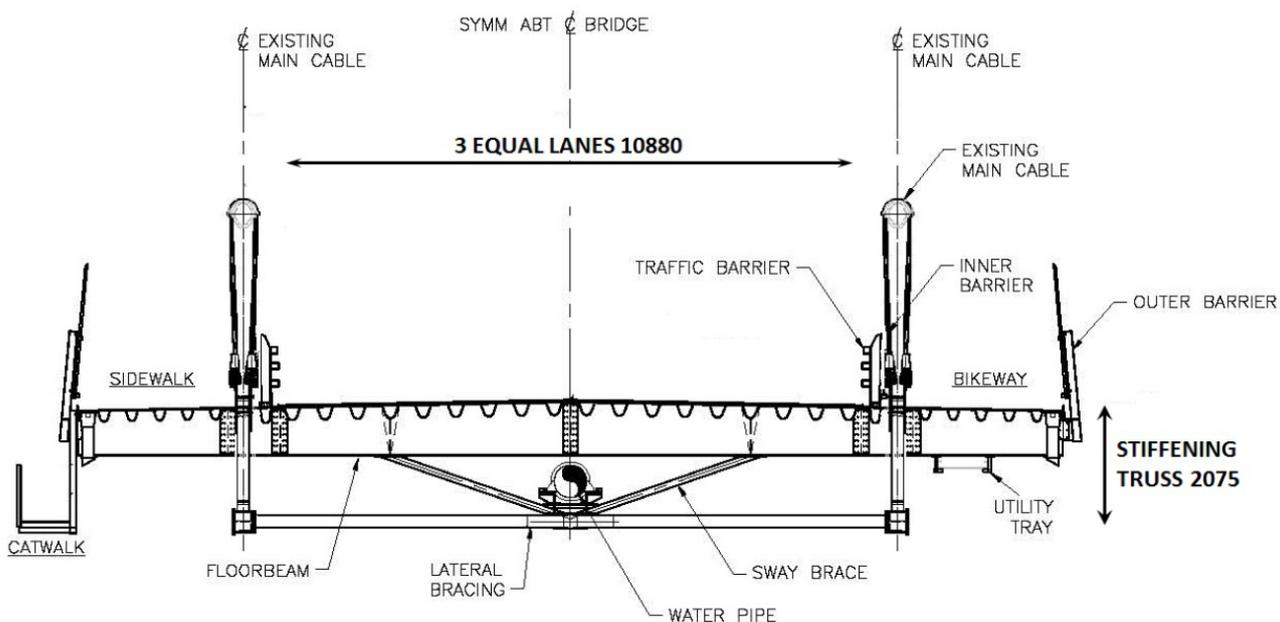


圖 18 Macdonald Bridge 更新後橋面板結構系統(摘自 HHB 簡報)

施工順序係由懸索橋北岸邊跨架設吊梁工作車(gantry)，工作車利用既有夾具將工作車自重及吊重傳遞至既有垂直鋼索，懸浮於既有橋面板系統上方，如圖 19、20 所示。



圖 19 大提升計畫吊梁工作車照片(摘自 HHB 簡報)

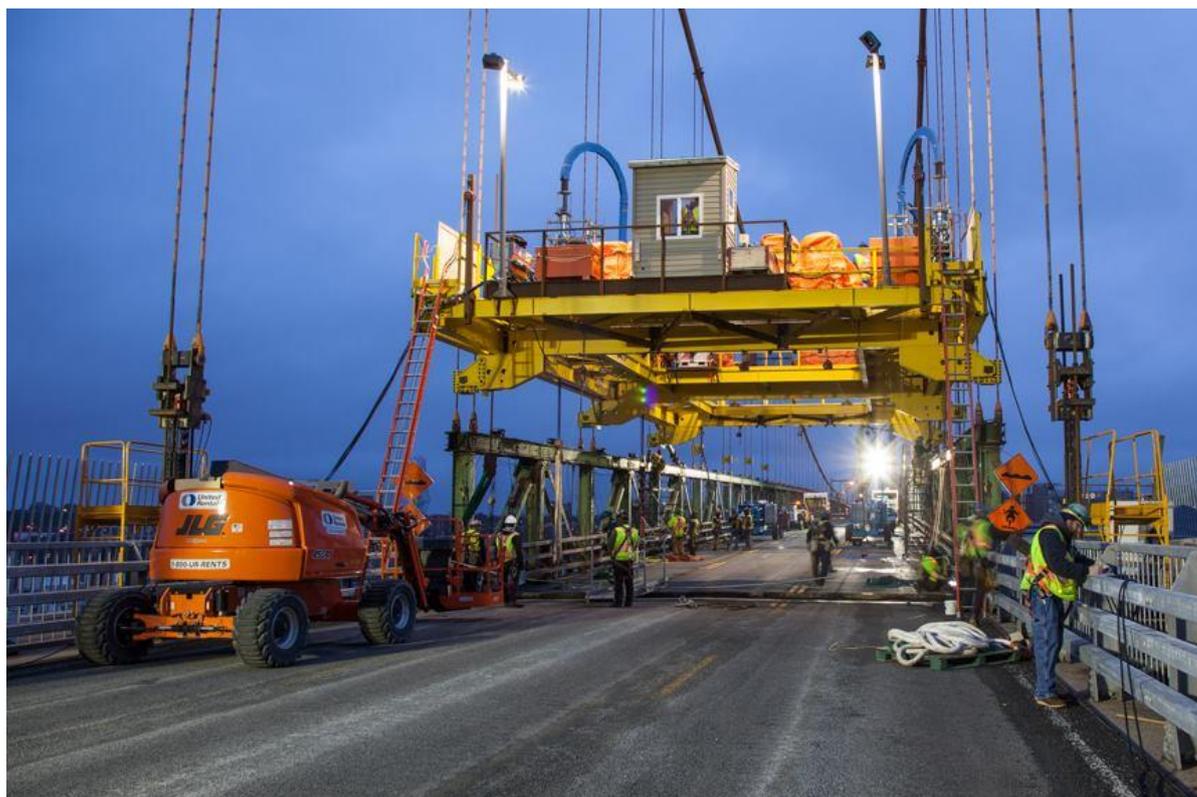


圖 20 大提升計畫吊梁工作車橫斷面照片(摘自 HHB 簡報)

夜間封閉時段，將一段長度約 10~20m 單元的舊橋面板切割後，吊掛於工作車上，緩緩下放置橋梁下方的大型駁船(barge)上，再利用工作車將已經預鑄完成的新橋面板單元自駁船上吊升，並與已吊裝完成之前跨橋面板焊接，俟橋面板銜接後即可開放車輛通行，如圖 21~23 所示。



圖 21 舊橋面板切除後吊放至橋下駁船照片(摘自 HHB 簡報)



圖 22 預鑄完成之新橋面自橋下駁船吊升銜接照片(摘自 HHB 簡報)

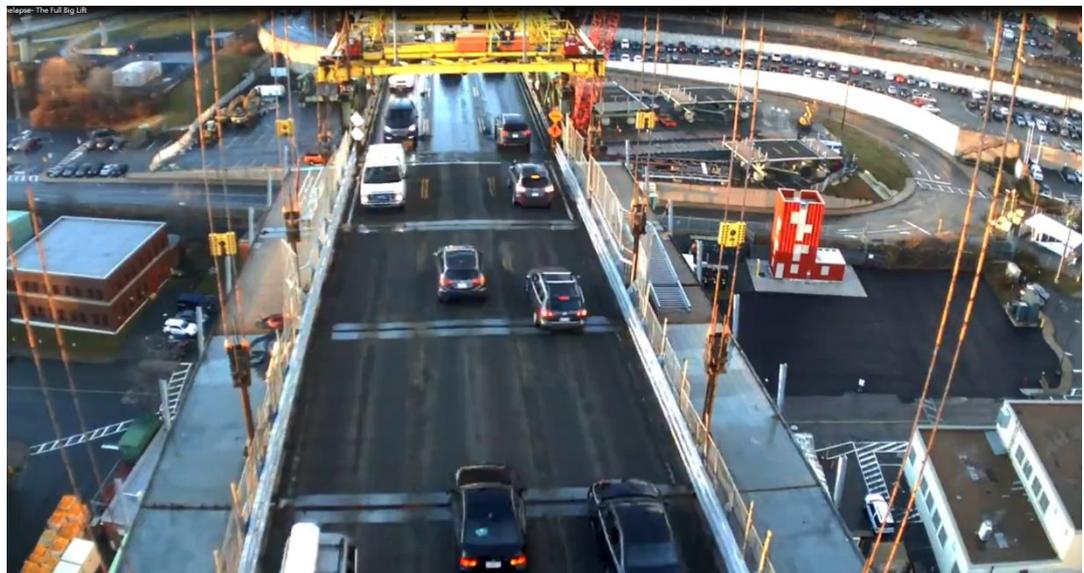


圖 23 新橋面板與前跨橋面板銜接完成後即開放通車(摘自 HHB 簡報)

如此以每周 2 單元的施工速率重複向南岸推進，於 2017 年完成全部 46 單元的橋面板置換工程。

HHB 公司於本計畫完成後，將施工過程中的照片紀錄彙整成冊，印製成一本攝影專輯，提供本次年會會員攜回，詳如附錄二。

## 肆、會議過程

### 一、開幕前會議

IBTTA 本屆年會於 9 月 14 日下午邀請所有與會代表參加新成立的專業青年委員會(Young Professionals' Council, 簡稱 YPC), 本會議主要希望在一個非正式的、輕鬆舒適的環境下, 替新一代的收費公路產業同儕們建立一個長久的社群合作關係, 在會議中藉由資深會員擔任導師(mentor)的方式, 介紹 IBTTA 可以帶給大家的資源, 並引導大家以腦力激盪的方式, 提供建議幫助 IBTTA 的永續發展以及年輕專業人才獲得經驗傳承, 具體的建議包括網路研討會(Informative Webinars)、內部同儕指導(Internal/Peer-to-peer mentorship)、大學校園拓點(University Outreach)、舉辦 YPC 獨立會議(YPC Independent Conferences)、提供口語簡報演說技巧練習機會(Opportunities to practice presentation and speaking skills)等。

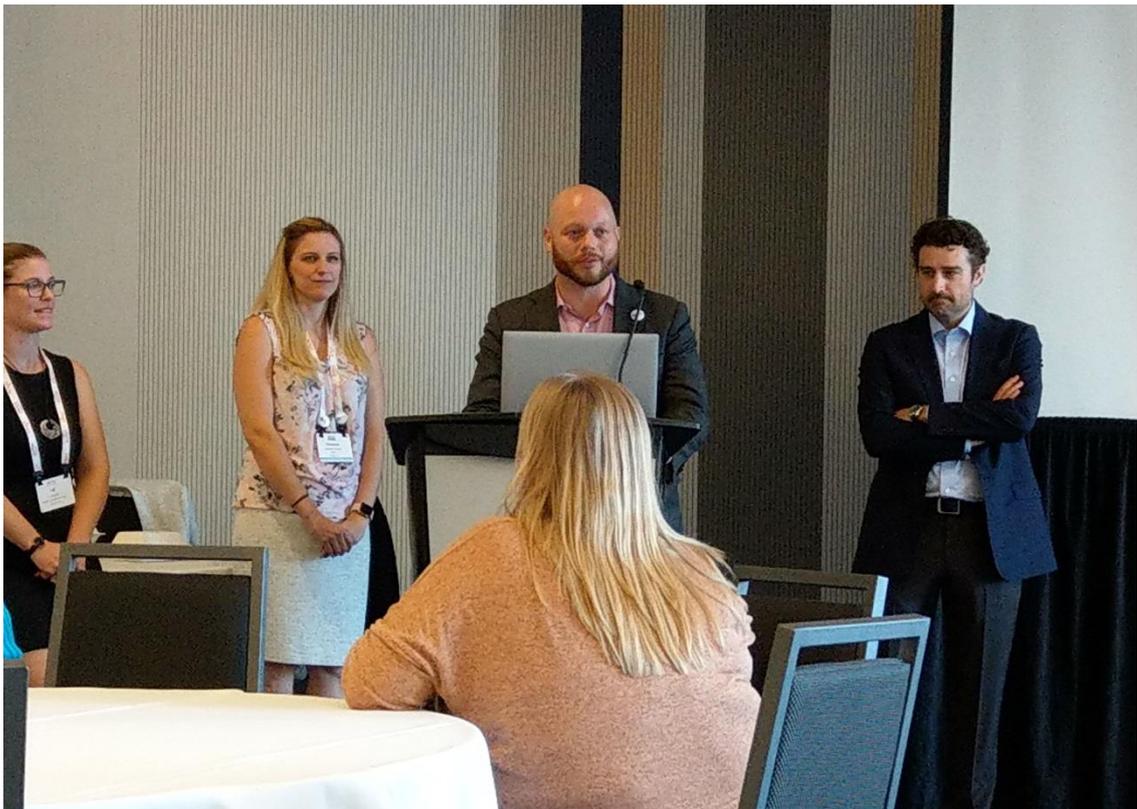


圖 24 YPC 會議過程照片

## 二、開幕典禮及專題演講

### (一)、開幕致詞

本屆年會於 9 月 16 日正式揭開，首先由 HHB 公司總經理兼執行長(CEO)Steven Snider 代表地主歡迎各國會員來到加拿大哈里法克斯(Halifax)，並說明本次年會已經是 IBTTA 第 4 次選擇在 Halifax 舉辦活動，接者由本屆 IBTTA 主席 Christopher Tomlinson 代表主辦單位歡迎各國代表及參展廠商的出席，並摘要說明了接下來兩天各項活動的重點。



圖 25 HHB 公司 CEO Steven Snider(左)及 IBTTA 主席 Christopher Tomlinson 致詞

### (二)、專題演講

接著主辦單位邀請美國前《華盛頓郵報》記者、北卡羅來納州羅利市《奧蘭多前哨報》和《新聞與觀察家》的記者兼編輯-查爾斯菲什曼 (Charles Fishman) 進行專題演講(Keynote Speech)，主講人曾贏得了無數獎項，包括三度獲得商業新聞界最負盛名的杰拉德·勒布獎 (Gerald Loeb Award)。

Fishman 以美蘇冷戰期間，世界兩大強權的太空競賽過程為主題，訴說在蘇聯首先以太空船載人進入外太空地球軌道並安全返回地球後，美國總統約翰甘迺迪隨即於 1961 年 5 月 25 日向美國國會提出了一項大膽、前衛而且非常昂貴的計畫--阿波羅計畫，將在 1970 年以前派遣太空人登陸月球後，再安全返回地球。在約翰甘迺迪提出此一大膽計畫的當下，美國國家航空暨太空總署(NASA)的載人火箭僅有 5 分鐘的太空飛行經驗，沒有人知道月球表面是什麼樣子，也沒有人知道太空人在過程中會遇到甚麼狀況，NASA 必須在短短的 8 年內，解決成千上萬個問題。

最終，NASA 成功的在 1969 年 7 月 20 日以阿波羅 11 號完成登陸月球的壯舉，演講過程中，Fishman 詳細的解說阿波羅計畫所面對到的各種困難，以及如何在充滿創新的不確定性以及時間壓力下，維持住阿波羅計畫前進的動力與方向，事實上，這樣的故事在我們現在的身邊也一直不斷的上演，例如我們所面對的氣候變遷議題

等，Fishman 或是阿波羅計畫的故事，正提醒我們該如何聚焦解決處理所面對到的各式各樣問題。



圖 26 Charles Fishman 專題演講

### (三)、 橋梁資產管理

由於大跨度懸索橋的施工造價及維護成本均相當高昂，許多老舊橋梁的維護費用甚至是隨著橋齡呈指數成長，IBTTA 今年針對要如何透過以風險評估為基礎的資產管理計畫，進行橋梁的維護管理工作，邀請了美國、加拿大、丹麥等國家的橋梁管理單位及顧問公司，介紹各地橋梁管理單位的維護作業以及資產管理計畫，以提供各國橋梁管理當局作為日後橋梁養護工程作業的參考。以下分別就各講者的簡報內容摘要說明如後。

#### 1. MTA Bridges and Tunnels 公司的資產管理演進

【主講人】：Justine Tietjen(簡報資料詳附錄三)

【單位】：紐約州紐約市 MTA Bridges and Tunnels 公司副總工程師

以交通量而言，MTA Bridges and Tunnels 公司是美國最大的橋梁和隧道收費機構，所轄管橋梁包含 4 座橋齡高達 55~83 年的懸索橋(銜接紐約市皇后區、布魯克林區)，

如圖 27 所示，其例行性的維護作業，如伸縮縫維修、油漆塗裝、橋梁墩柱清洗及排水疏通等工作，係採用契約外包方式委託辦理。



圖 27 MTA Bridges and Tunnels 公司所轄懸索橋位置

另外針對資產管理方式，則根據資產狀況的檢查結果、結構元件的風險分析、不同災害的危害度分析、新規範的適用行以及區域交通的需求等項目，訂定 20 年期的主計畫(Master Plan)，每隔 5 年則檢討更新主計畫內容。

資產狀況的檢查，除了依據聯邦政府強制規定每 2 年須辦理一次的例行性檢查外，並針對部分無法以目視評估的特殊重要元件安排特別檢查，例如懸索橋的主鋼纜狀況。

結構元件的風險分析，則是在資金有限的情況下，依據個別元件的風險評估結果，訂定風險優先數值(Risk Priority Number, RPN)，其數值之大小係由個別元件之重要性乘以脆弱性後決定，以針對 RPN 數值較高者優先進行維修、更新。

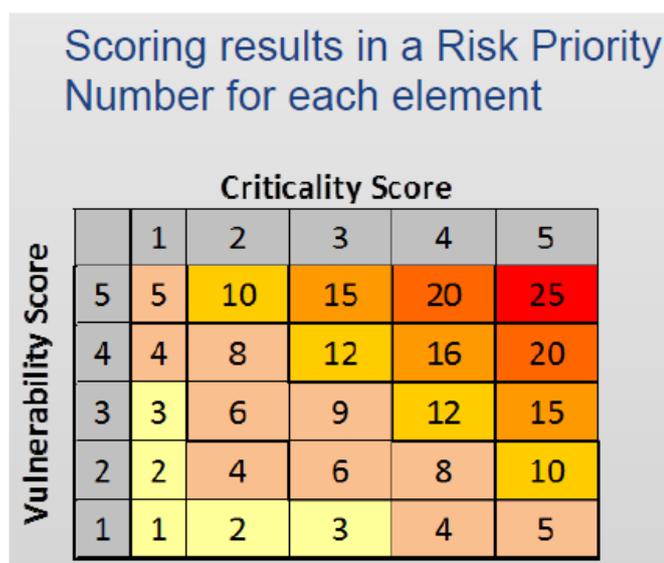


圖 28 結構元件風險評估矩陣圖

不同災害之危害度分析，則是考量橋梁受到不同種類天災、人禍的危害度評估，包括地震、颶風、車輛超載、火災、河道沖刷或船隻碰撞等因素之影響。

透過 20 年期主計畫的規劃以及每 5 年的滾動式檢討，MTA Bridges and Tunnels 不僅可以及時解決橋梁元件的惡化狀況，而且可以進行重大改善以消除結構功能上的過時設計，並適時改善當地區域的交通狀況。

## 2. 風險及資產管理

【主講人】：Barry Colford (簡報資料詳附錄四)

【單位】：AECOM 公司副總經理

目前各國橋梁、隧道、公路管理單位均面臨到越來越嚴峻的挑戰，包括設施的老化、氣候的變遷、環保意識的抬頭等等，要如何在人力、預算越來越受限的情形下，做更多的工作，便突顯了資產管理對各個國家公路橋梁管理者的重要性。

主講人首先定義何謂運輸資產管理，即是在全生命週期中，對交通運輸資產操作、維護、升級和擴充的系統化決策過程，特別是著重於利用充分的資訊，找出明確的目標進行資源的重分配，除了希望讓各項設施可以達到一定的服務水平外，也希望在資產的全生命週期下，達到支出成本最小化的目標。

講者介紹美國聯邦公路總署(FHWA)2005 年針對英國、紐西蘭、澳洲及加拿大等四國的公路管理單位，對路網資產管理的案例研究成果，說明各國現階段對風險及資產管理的處理方式。

### 英國

在英國推動資產管理最重要的動力之一，即是來自政府主管當局的運輸政策和會計程序的要求。

在過去的 25 年中，英國路網私有化亦使資產管理成為英國道路和橋梁管理的主要工具。關鍵績效指標(KPI)、風險分析和全生命週期成本計算則用來衡量績效並確定維護資源分配的優先順序。

### 紐西蘭

紐西蘭在路網管理的許多方面處於世界領先地位，良好的資訊和有效的管理至關重要，除了同樣採用關鍵績效指標(KPI)、風險管理和全生命週期成本計算等方法外，紐西蘭政府創新採用了以績效表現為基礎的維護合約，建立了一套以績效導向為主的資產管理決策架構。

### 澳洲

澳洲新南威爾斯公路路網管理採用外包方式管理，當需要辦理公路路網和道路容量的擴展時，則使用收益與成本分析比較來證明投資的合理性。

公路橋梁等基礎建設的資產管理，則依照資產的種類決定分析程序，並透過風險管理流程確定資產管理項目的投資優先順序。

### 加拿大

加拿大亞伯達省自 1990 年代中期，將公路橋梁設施管理外包給私人公司，資產管理計畫亦是透過風險評估分析，系統性的識別基礎設施弱點，並據以重新調整維護資源的分配。

FHWA 的個案研究得出的結論是，風險概念需要更有系統地納入美國資產管理工作中，風險評估及風險管理為資產管理的關鍵工作。

風險分析亦是採用風險優先數值(Risk Priority Number, RPN)，RPN 則是由脆弱性矩陣(Vulnerability Metrics)及重要性矩陣(Criticality Metrics)的乘積決定。此外，基礎設施的主管機關則可能希望將 PESTLE 可能包含的所有風險納入（政治 political，經濟 economic，社會 social，技術 technical，法律和環境 legal and environmental）。

### 3. 哈里法克斯港灣橋梁資產管理的過去、現在及未來

【主講人】：Ahsan Chowdhury (簡報資料詳附錄五)

【單位】：Halifax Harbour Bridges 公司總工程師

Halifax Harbour Bridges 公司轄管港口內兩座大型懸索橋及其引道，16 座輔助結構及收費設施(含建築)，以往該公司對其設施的管理養護方式可以分為以下 6 個步驟：

- A. 年度例行檢查或專案檢查:填寫檢查報告資料卡，建立橋梁資產基本資料。
- B. 建議維護作業內容:依據現場檢查結果，於檢查報告資料卡填寫維護建議及優先順序(如表 4 所示)。
- C. 詳細評估:針對較嚴重或是較重要之部分，進一步詳細評估，並率定後續須修復/翻新/置換之範圍。
- D. 提出資本支出計畫:針對須大幅度置換、更新之資本支出工作，擬定建設計畫並提出預算，提報董事會核定。
- E. 設計及發包。
- F. 展開現場之新建/修復/翻新/置換作業施工。

表 4 HHB 年度檢查報告資料卡

Number ID	Element	Location	Maintenance Recommendation	Maintenance Type	Priority
2018-AMM-3	Bearings	HAb (free)	Continue to monitor the bearings.	Monitor Condition	1-3y
2018-AMM-5	Bearings	H2 (fixed)	Reposition longitudinal restraints prior to undertaking vertical bearing replacements in the future (if required).	Bearing Repair	7y+
2018-AMM-10	Bearings	D3 (fixed)	Continue to monitor the bearings.	Monitor Condition	1-3y
2018-AMM-12	Bearings	D5 (free)	Continue to monitor the bearings.	Monitor Condition	1-3y
2018-AMM-16	Bearings	DAb (free)	Continue to monitor the bearings.	Monitor Condition	1-3y
2018-AMM-17	Expansion Joints	HAb, HCB, DCB, DAb	Clean debris from joint.	Bridge Cleaning	< 1y
2018-AMM-18	Expansion Joints	D5	Repair or replace the expansion joint gland.	Expansion Joint Repair	< 1y
2018-AMM-20	Expansion Joints	DCB	Monitor gland on north side.	Expansion Joint Repair	< 1y
2018-AMM-21	Girder Span Access	HGS b/w Pier H1 and HCB	Clean and repair coatings at welded connections.	Minor Steel and Coating Repair	4-7y
2018-AMM-22	Girder Span Access	Pier D5	Fix the access doorways at Pier D5.	Access Maintenance	1-3y
2018-AMM-23	Girder Span Access	HGS/DGS	Consider modifying floor hatches to facilitate safe operation.	Access Maintenance	1-3y

目前該公司針對各項橋梁元件的檢查、評估作業方式，已經逐漸修改為以風險分析為基礎的量化評分，由各橋梁元件的整體重要性因子(Global Importance Factor，GIF)，以及橋梁元件的危害衝擊加權指標(Weighted Average Defect Impact，WADI)，求得各元件的風險優先數值(Risk Priority Number，RPN)，即  $RPN=GIF*WADI$ ，並依據 RPN 數值建議維護處理時機，如圖 29 所示。

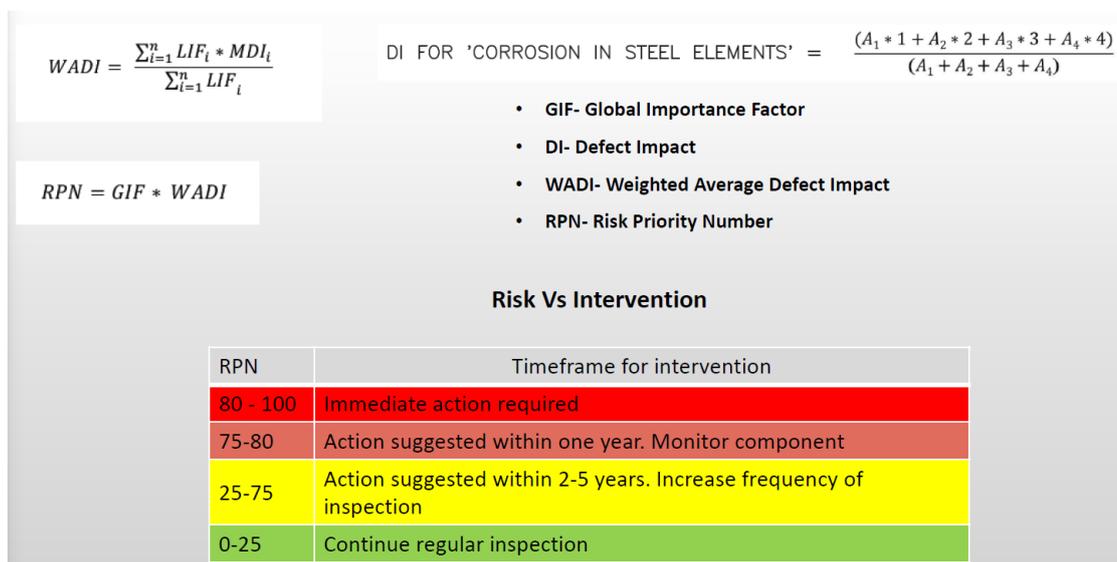


圖 29 結構元件 RPN 數值與處理時機建議

表 5 則為 2016 年與 2017 年改採用以風險評估為基礎的作業方式後，各元件檢查後的 RPN 數值與處理建議。

表 5 HHB 採用風險優先數值 RPN 評估成果

Date (dd/mm/yyyy)	Segments Inspected	GIF	WADI	RPN	Timeframe for Intervention
03/06/2016	H1	20	1.38	<b>27.60</b>	Action suggested within 2-5 years. Increase frequency of inspection
28/06/2016	M4	20	1.28	<b>25.60</b>	Action suggested within 2-5 years. Increase frequency of inspection
24/05/2017	D12	20	1.55	31.06	Action suggested within 2-5 years. Increase frequency of inspection
24/05/2017	1/2 D13	20	2.23	<b>44.62</b>	Action suggested within 2-5 years. Increase frequency of inspection
28/06/2017	M1	20	1.04	<b>20.80</b>	Continue regular inspection
24/05/2017	1/2 M2	20	2.29	<b>45.80</b>	Action suggested within 2-5 years. Increase frequency of inspection
28/06/2017	1/2 M2	20	1.00	<b>20.00</b>	Continue regular inspection
24/05/2017	1/2 M3	20	1.60	<b>32.10</b>	Action suggested within 2-5 years. Increase frequency of inspection
11/07/2017	D14	20	1.03	<b>20.51</b>	Continue regular inspection
11/07/2017	1/2 D15	20	1.01	<b>20.28</b>	Continue regular inspection
21/08/2017	1/2 D15	20	1.08	<b>21.63</b>	Continue regular inspection
21/08/2017	1/2 D16	20	1.12	<b>22.30</b>	Continue regular inspection
30/08/2017	1/2 M22	20	1.04	<b>20.79</b>	Continue regular inspection
30/08/2017	M23	20	1.01	<b>20.21</b>	Continue regular inspection

#### 4. 透過數位資產管理、數據和新科技優化總體擁有成本

【主講人】：Lars Fuhr Pedersen (簡報資料詳附錄六)

【單位】：Sund & Bælt 公司技術總監

Sund & Bælt 是一家由丹麥國有控股的工程公司，負責目前歐洲最大橋梁(世界的 3 大)-斯托伯爾特橋(STOREBÆLT BRIDGES)的營運管理，橋梁主跨徑長達 1624m，懸索橋橋塔高 254m，橋下船隻通航徑高 65m，施工期程 12 年，由政府擔保融資貸款興建，鐵路、公路共構使用，每年通行乘客約 2,500 萬人次，橋下通行船隻超過 25,000 艘。

主講者以該公司實際經營管理斯托伯爾特橋的經驗，介紹大數據資料處理、無人機、AI 人工智慧等各項新科技，將資產管理數位化、總體擁有成本 (Total Cost of Ownership, TCO) 最佳化的應用方式，並說明在該座橋梁資產管理上的實際應用效益。

TCO 基本上為幫助管理單位瞭解所擁有資產全生命週期支出成本的財務模型 (Financial Model)，Sund & Bælt 公司係採用 IBM 公司所開發的 MAXIMO 軟體，它是集企業資產管理系統、服務管理系統、IT 資產管理系統於一體的套裝軟體，透過 MAXIMO 軟體結合基本技術資料、營運維護成本、財務成本以及服務水準，幫助使用者掌握所擁有的資產狀況、將總體資本支出最佳化，並合理預估未來資本投資計劃的總體支出成本。

基本技術資料:包含資產編號(ID)、型式、位置(GIS)及重要性等資料。

營運維護成本:包含維護工單歷史、維護工單種類、維修成本等資料。

財務成本:包含興建投資成本、折舊等資料。

服務水準:包含火車班次頻率等資料。

MAXIMO 軟體運作概念如圖 30 所示。

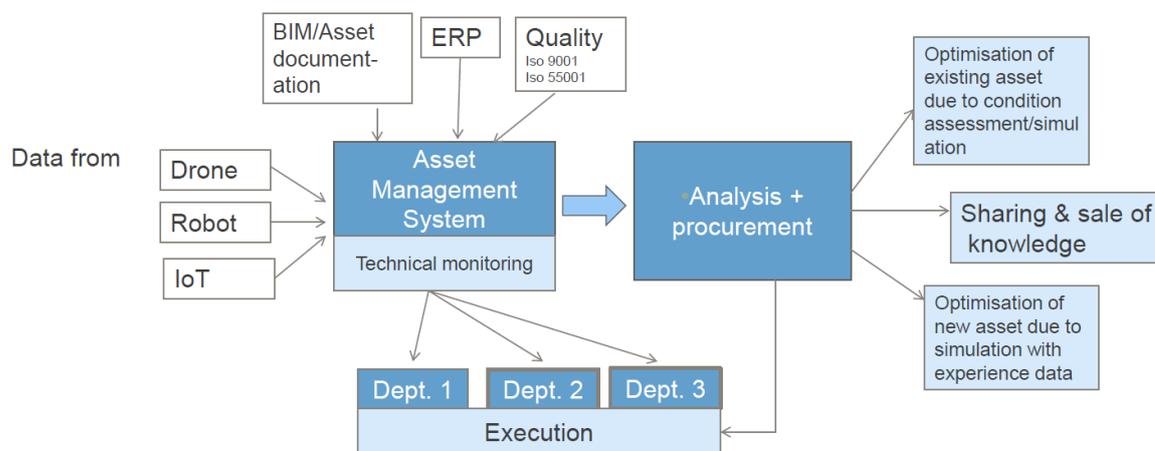


圖 30 MAXIMO 軟體資產管理概念圖

此外，透過無人機或是機器人等新科技應用於橋梁維護工作，亦可大幅減少人力成本的支出，增加維護作業的效率。

以橋梁檢測為例，以往採用人工作業方式，需要搭配大量的臨時設施及安全裝備，檢測完成後亦需要大量的時間將照片資料下載分類儲存，尤其是人員不易到達的深山、海上，更大幅度降低作業效率(如圖 31 所示)，現在改以無人機攝影，不僅人員作業之安全性較高，亦可以輕鬆建立橋梁的 3D 模型，亦可透過搭配 AI 人工智慧判釋照片，自動標註橋梁瑕疵位置及型式，作業流程如圖 32 所示。

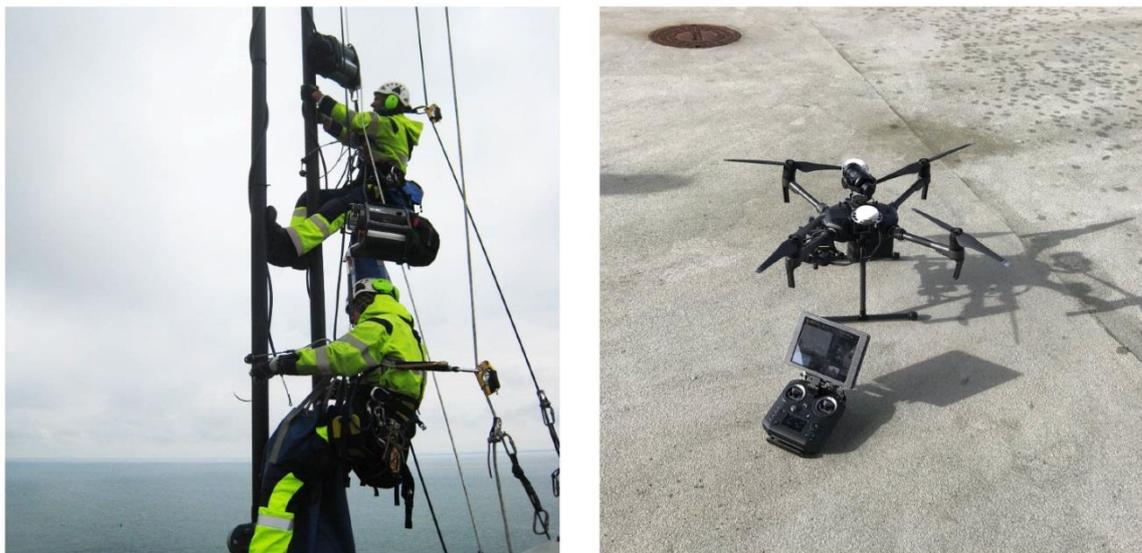


圖 31 傳統人工作業與無人機進行橋梁檢測工作之差異



圖 32 無人機進行橋梁檢測之作業流程

Sund & Bælt 公司透過這套企業資產管理系統以及各項新科技的應用，不僅大幅

減少了重複表單的填寫，亦可隨時輕鬆的在系統上進行 GIS 圖面與財務成本分析的介面整合，以斯托伯爾特橋(STOREBÆLT BRIDGES)的營運管理資料來看，相較於 2005 年的再投資預算(Reinvestment Budget)，現在已經大幅減少 45%，如圖 33 所示。

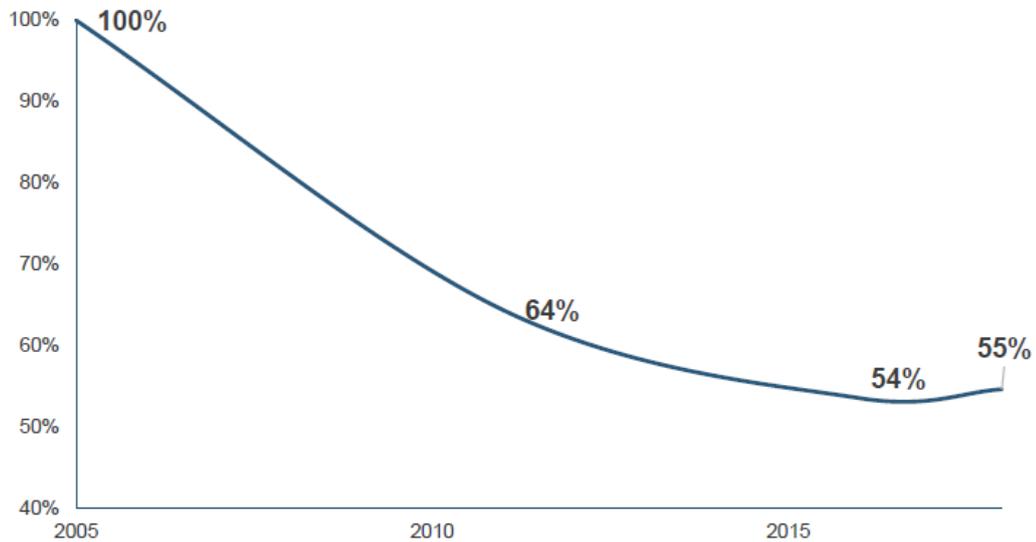


圖 33 斯托伯爾特橋(STOREBÆLT BRIDGES)再投資預算指標

### 三、2019 年收費卓越獎

2019 年收費卓越獎共分 6 類獎項：管理及財務獎 (Administration & Finance)、客戶服務及行銷推廣獎 (Customer Service & Marketing Outreach)、社會責任獎 (Social Responsibility)、技術獎 (Technology)、收費工程及維護獎 (Toll Operations, Engineering & Maintenance)，以及私部門創新獎 (Private Sector Innovation) 等，並再從上述各類技術獎之得主中，選出一個作為本年度之年度首獎 (The President's Award)。大會頒獎情形及得獎案例分享情形如下。

#### (一)、 管理及財務獎 (Administration & Finance)

得獎計畫: P3 Innovative Financing of the I-395 Virginia Express Lanes

得獎單位: Transurban North America

計畫概述:

Transurban 公司與維吉尼亞州交通廳(VDOT)為長期合作夥伴，共同努力解決其交通壅塞問題(維吉尼亞州東部銜接華盛頓 D.C.區域為全球 20 個最擁擠的城市之一)，目前維吉尼亞州內跨城市運輸的 I-495 及 I-95 快速公路(Express Lanes)長達 72 公里的動態收費路網即是交由 Transurban 公司維護管理，如圖 34 所示。

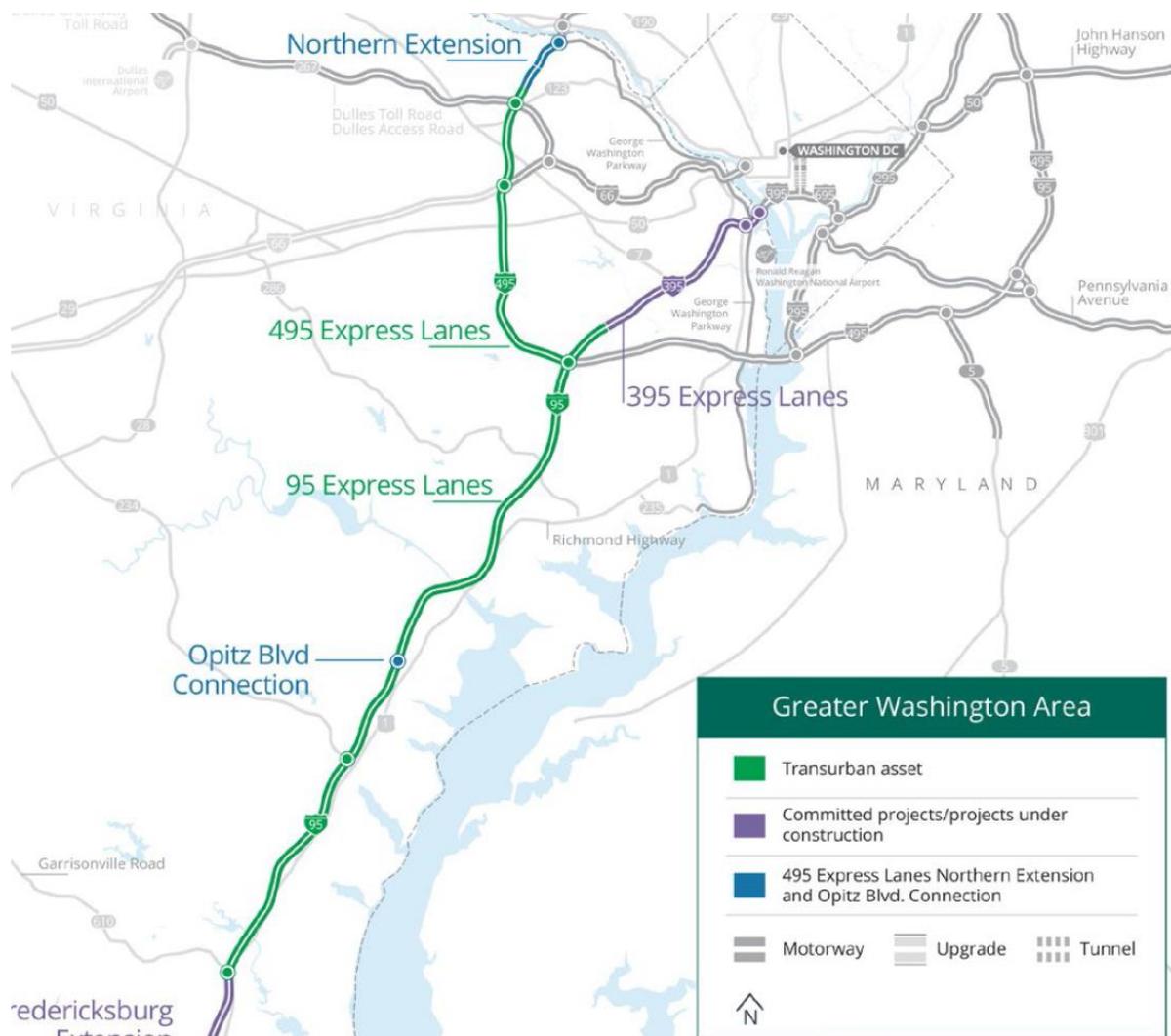


圖 34 Transurban 公司經營管理路網範圍

圖 34 中經過人口稠密區的 I-395 快速公路計畫原本已經遭到否決，在 Transurban 公司成功經營 I-495 及 I-95 快速公路的激勵下又再度復活。Transurban 針對 I-395 的開發，建造，運營和維護工作提出了完整周密的構想，並利用多方融資以及發行債券創新融資方式，成功獲得聯邦運輸委員會(Commonwealth Transportation Board)的批准，並於 2019 年第 3 季通車，本計畫不僅透過增設彈性調撥 HOV 車道改善了地區交通，也因為計畫的興建，增加當地 600 個工作機會與超過 5 億美金的經濟活動，另外除了增加每年 1500 萬美金的通行費收入外，由於 I-395 的通車，也大幅改善了 I-95 快速公路的壅塞狀況，使得信用評等機構標準普爾(S & P)和惠譽(Fitch)將 Transurban 公司所發行債券信用評級升級 1 等，亦增加了 I-395 計畫的財務價值。

## (二)、客戶服務及市場推廣獎(Customer Services & Marketing

### Out reach)

得獎計畫: Communication Planning, Outreach and Execution for the Selmon West Extension Project

得獎單位: Tampa Hillsborough Expressway Authority

計畫概述:

本屆獲獎單位為佛羅里達坦帕希爾斯伯勒高速公路管理局 (THEA)，獲獎計畫為 Selmon West 延伸線計畫，這是 25 年來第三次嘗試推動該計畫，以減少該州甘迪林蔭大道(Gandy Boulevard)沿線的交通擁塞，較早期的路線規劃須要大量拆除計畫道路沿線的房屋和企業，造成了地方社區居民的激烈反對。

當 THEA 於 2009 年重新啟動計畫時，工程師提出了沿既有甘迪林蔭大道(Gandy Boulevard)中線設置高架道路的方案，如圖 35 所示，以適應狹窄的道路並保持周圍建築物的完整性。

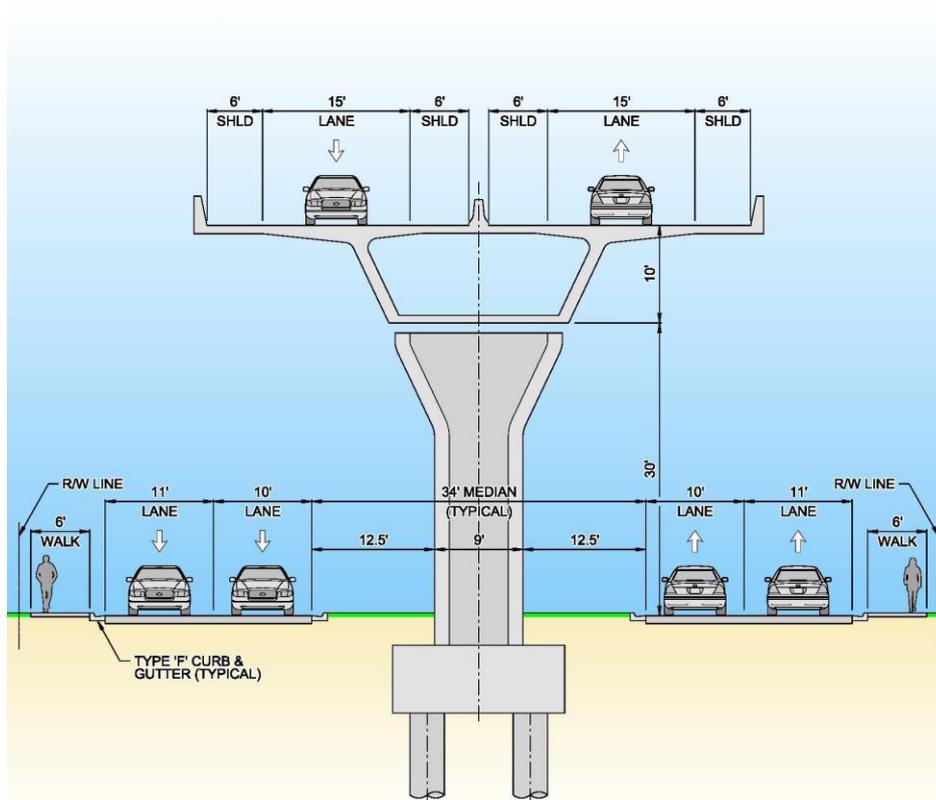


圖 35 Selmon West 延伸線計畫橋梁剖面圖

由於當時在 2008 金融危機之後，人口增長及交通需求減緩，且該計畫仍然使企業和社區居民感到緊張，因此持續被擱置。直到 2014 年，當地人口顯著增長加劇了

交通擁堵，並在發生重大颶風的情況下引發了人們對疏散準備工作的擔憂。THEA 藉此與當地領導人緊密合作，重新引入高架道路設計，此時 THEA 團隊改變了方法，改與當地居民及企業攜手合作，除了施工開始之前讓民眾得到充分的訊息和參與，並積極參與社區活動，例如舉辦行銷甘迪活動(Shop Gandy!)即是希望吸引更多顧客光顧 Gandy Boulevard，以幫助當地企業在 Selmon Extension 的建設過程中蓬勃發展，降低那些認為會受到施工負面影響的企業擔憂，THEA 因此慢慢得到了當地四個商會的認可，以及鄰近社區居民的支持

### (三)、 社會責任獎 (Social Responsibility)

得獎計畫: Wekiva Parkway (State Road 429)

得獎單位: Central Florida Expressway Authority、Quest Corporation of America、Florida Department of Transportation

計畫概述:

佛羅里達州中部每年有 250 萬以上的人口和 7200 萬遊客來此旅遊，因此需要完成 25 英里長的 Wekiva Parkway (429 號州際公路)，以緩解日益擁擠的區域公路網。

佛羅里達中央高速公路管理局 (CFX) 為此啟動了一個耗資 16 億美元的全電子收費公路計畫，該計畫將尖端的交通運輸科技與環境保護、社會創新相結合，幫助保護了具有生態重要性的威基瓦(Wekiva)河周圍的野生動植物和其他自然資源。

另外與佛羅里達州交通運輸廳 (FDOT) 第五區處以及佛羅里達州的收費公路企業合作，本計畫以 2004 年《威基瓦公園大道和保護法》為指導，該法規定了佛羅里達州以前從未見過的環境保護措施。根據該法律，CFX 和 FDOT 購買了原定用於開發的 3,400 英畝保護地，修建了 1.5 英里的野生動物橋梁以取代兩條小隧道，抬高了路面以減少車輛與野生動物的碰撞，並限制了環境敏感區的交流道數量，大幅幫助保護了威基瓦(Wekiva)河周圍的環境。

### (四)、 技術獎 (Technology)

得獎計畫: CAAR

得獎單位: Pennsylvania Turnpike Commission

計畫概述:

賓夕法尼亞州收費公路委員會(Pennsylvania Turnpike Commission, PTC)開發的新地理信息系統 (GIS) 結合互聯網(Web)的應用，可以幫助值班人員對賓夕法尼亞州收費公路上的交通流量和車行時間快速做出積極反應。

以往該單位的計算機輔助 (CAD) 調度系統資料庫僅用於追蹤賓夕法尼亞州收費公路的各個路段的消防車輛和救護車 (EMS)，賓夕法尼亞州收費公路委員會(PTC)的地理資訊分析團隊與交通(Traffic)、工程(Engineering)和運營(Operation)等部門(簡稱 TEO)共同開發了一套工具，以提高交通管理介面操作的視覺化。

賓夕法尼亞州收費公路委員會(PTC)與社群導航軟體 Waze、氣象預報軟體

AccuWeather、交通分析軟體 INRIX 和網路科技公司 Verizon 合作，以取得網路即時數據資料，搭配其開發的 GIS 應用軟體介面，可以即時顯示數據資料、CCTV 影像視頻、照片、氣象雷達影像、風、車行速度、天氣、交通狀況以及公路管理單位救災與搶修車輛位置。

這些整合後之視覺化數據資料可以幫助交通控制中心值班人員快速識別重大交通事故。使用此工具軟體，PTC 可以迅速的取得(Catch)資料、採取行動(Act)、分析(Analyze)和審查(Review)資訊，所以將此計畫簡稱 (CAAR)。

## (五)、收費營運及維護工程獎 (Toll Operations, Maintenance & Engineering)

得獎計畫: Customer Relationship Management System

得獎單位: Illinois Tollway

計畫概述:

2012 年，伊利諾伊州收費公路啟動了一項重大資本計畫，該計畫要建立一個新的客戶關係管理 (Customer Relationship Management, CRM) 系統，該系統必須能夠處理收入和通行費交易的增長。

此外，更進一步希望打造伊利諾州收費公路的第一條無現金公路，在芝加哥和伊利諾伊州羅克福德交流道之間，建置第一條 62 英里長的州際新無現金公路。本計畫從資本計畫開始之時起，該機構就一直在為收費業務的數量和複雜性的顯著增長做準備，預估到 2027 年，交易量預計將增長至少 45%，收入至少增長 50%。大量增加了後台需求。

為了應對挑戰，收費公路與埃森哲有限責任公司 (Accenture LLP) 簽訂了契約，購買了一套新的客戶關係管理(CRM)系統，該系統應用最新的業務規則、客戶自助服務功能、最新和先進的車道科技、增強的網路安全性，以及範圍更廣的外部合作夥伴，包括其他州的收費機構、信用卡公司和維護管理單位之間的操作溝通協議。

目前該系統已有超過 15 億美元的通行費和違規罰款收入，平均每天有 160 萬用戶和 280 萬筆通行費交易紀錄，其中 88% 以上是通過 I-PASS 或 E-ZPass 等電子化交易工具。

## (六)、私部門創新獎 (Private Sector Innovation)

得獎計畫: Central United States Interoperability Hub (CUSIOP Hub)

得獎單位: Electronic Transaction Consultants Corporation (ETC)

計畫概述:

由於美國收費公路的主管機關各州都不相同，甚至每一個州不同公路的維護管理及收費廠商都不一樣，因此跨州的公路管理及收費方式均不相同，如果沒有一套整合後的系統，民眾在各州之間的通勤，將衍生同一輛車上必須安裝多種收費裝置

的困擾，不利於未來推動全面電子化收費的目標。

為了解決前面提到的問題，德克薩斯中部地區交通管理局（CTRMA）、本德堡縣收費公路管理局（FBCTRA）、哈里斯縣收費公路管理局（HCTRA）、堪薩斯收費公路管理局（KTA）、俄克拉荷馬州收費公路管理局（OTA）、北德克薩斯收費公路管理局（NTTA）和德克薩斯交通局（TxDOT）等 7 個收費公路主管機關便組成了美國中部互操作性(Central United States Interoperability, CUSIOP)聯盟，委託電子交易顧問公司（Electronic Transaction Consultants Corporation, ETC）負責設計、開發、測試和建置符合美國國家各州跨區交易(National Interoperability, NIOP)的標準協定，以利未來各州的公路收費交易文件、報告內容與對帳紀錄可以輕易的整合交換。其理念為以各州為區域的樞紐，各區域樞紐與與全國各地的利益相關業者，皆遵循由 IBTTA 的互操作性委員會制定的國家標準，以達成為來推展至全國通用的目的，如圖 36 所示。

### 2017 - CUSIOP Hub (National Interoperability)

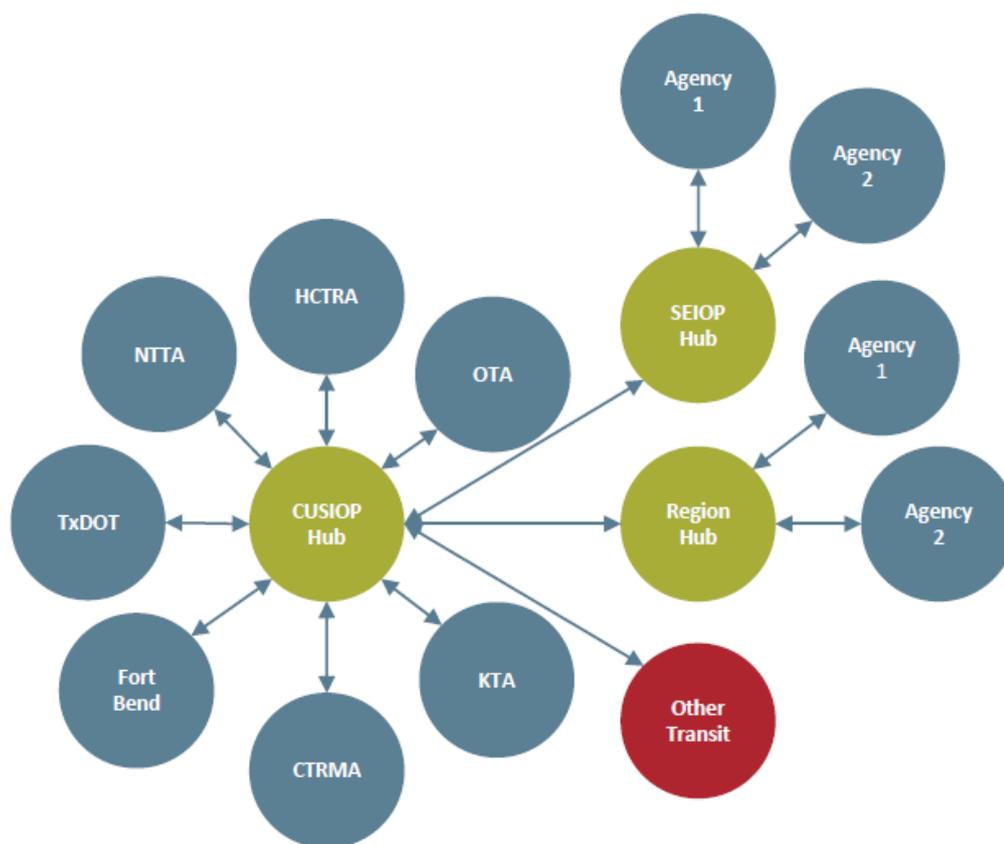


圖 36 CUSIOP Hub 溝通理念

這是第一個滿足國家互操作性（NIOP）新標準的多州樞紐架構，為美國其他地區也遵循這一標準做好了準備。此外，CUSIOP 未來亦可應用於其他不同領域，該平台可以擴展為處理來自非收費機構和服務的數據，例如交通，乘車共享和商業停車場，針對 AI 人工智慧和無人車的發展，定位裝置的應用是下一個需要發展的目標，

包含塞車狀態下的收費費率調整議題，將隨著新科技的進步而變得具有討論空間。

由於 CUSIOP 成員機構的領導和 ETC 的創新設計，使七個成員機構目前達到了國家標準的 95%，並且該系統有望在 2019 年末達到 100% 的相容性。迄今為止，CUSIOP 已處理了近 10 億筆交易和超過 10 億美元的收入。

#### 四、世界櫥窗

由於國際橋梁、隧道及收費公路協會（IBTTA）的前身為成立於 1932 年的美國收費橋梁協會（American Toll Bridge Association，ATBA），直至 1964 年才更名為 IBTTA，其中“I”(International)係期望能將全世界各國的收費公路橋梁管理經驗納入協會，讓協會可以更茁壯、資源更豐富，惟迄今其會員仍大多以美國各州的公路主管機關、營運管理機構為主，有感於此，法國 AETC 總裁 Alain Estiot 今年別出心裁的建議，在本屆 IBTTA 年會中邀請所有參與的國家，各指派一位代表，於 2019 年收費卓越獎頒獎典禮後，上台發表 3 分鐘的自由演說，以讓其他與會各國會員及參展廠商代表可以快速的認識各個會員國。

IBTTA 本屆年會另外邀請了專業的漫畫家，在各國代表上台演說的 3 分鐘時間裡，同時將演說的內容以漫畫形式呈現並投射於大螢幕中，這是一個有趣、創新且帶有一點幽默成份的體驗，雖說大會並沒有強制要求各國會員均派員參加，但是與會的 19 個國家中，有 16 個國家與會成員派出代表參加，因我國僅有筆者參加本屆年會，故由筆者代表上台報告。



圖 37 世界櫥窗(World Showcase)各國代表合影

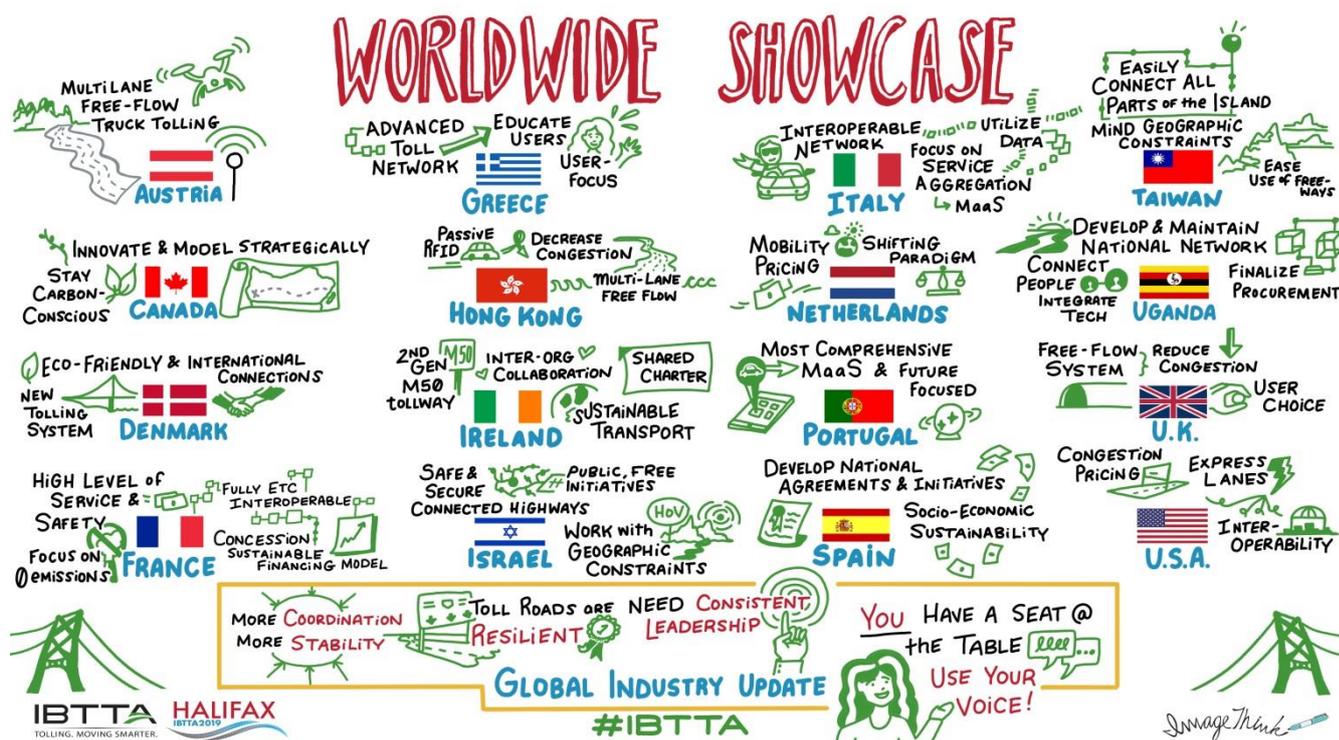


圖 38 世界櫥窗(World Showcase)現場即興漫畫

圖 38 即為漫畫家在各國代表演說完成當下所完成的即興漫畫作品，有關我國的介紹內容，位於畫面右上角位置。

## 五、分組會議

本屆年會分組會議分為 3 大主題：1.科技與顧客(TECHNOLOGY/CUSTOMER)；2. 交通運輸事業(THE BUSINESS OF MOBILITY)；3.世界動態(THE WORLD AROUND US)。以下針對筆者選擇參加之場次主題進行摘要說明。

### (一)、The Impacts of a Driverless Future

本場講座由美國馬里蘭州的交通運輸規劃專業公司 The Traffic Group, Inc.( TTG ) 創辦人兼執行長 Wes Guckert 依據美國目前的交通統計資料，提出自動駕駛車輛可能對未來交通運輸帶來的衝擊與影響。

#### 1. 車禍次數及死亡率下降

自 1899 年以來，美國已有超過 360 萬人死於車禍事故，至今每年仍有大約 8,000 名 16~20 歲的年輕生命死於車禍事件，在自駕車普及後，預估可減少 90%以上的死亡事故。

## 2. 公共運輸使用模式的改變

自動駕駛技術的普及可能改變公共運輸的使用行為，比起軌道公共運輸系統，自駕車在大量生產後，擁有成本低、時間短、彈性大的優勢，加以 Uber/Lyft 等網路運輸公司的崛起、都會區人口集中的趨勢、電子商務物流需求的成長，可能導致未來都會地區的交通壅塞情形難以改善。

但是對屬於封閉式道路、沒有紅綠燈、沒有機車與行人的高速公路而言，自動駕駛車輛的速度及安全性優勢會更加的明顯，當自駕汽車與共享方式結合運用，例如客運業者在交流道附近的轉運站推出自駕長途客運，甚至利用自動駕駛車輛專用車道，預計將可有效提升高速公路運具使用率，改善高速公路的塞車情形。

## 3. 停車空間釋出

自動駕駛車輛的普及，搭配網路運輸公司以及共享汽車的服務，將使買車的需求減少，減少都會區民眾對停車位的需求，原本住宅及商業區中的停車空間將可釋出轉為其他用途，城市中的車道數量與街道寬度也可縮減，路邊亦可減少停車格位，釋出的空間可以轉為人行道、腳踏車道或是綠帶用途。

### (二)、 Making the Robots Pay

本場講座由美國德州的電子收費公司 BancPass, Inc. 技術長 Glen Deitiker 針對自動駕駛車輛與共享汽車的發展趨勢，可能對未來交通運輸產業及公路收費帶來的衝擊，並提出他的建議。

#### 1. 汽車角色的變遷

講者引用彭博社的報導指出，隨著自動駕駛車輛的推出，個人擁有專屬私有車輛的觀念，已經逐步下滑，汽車數量即將達到尖峰。全球汽車製造大廠福特公司也表示，預估其新推出的自動駕駛車將會大賣，但是也預測這樣的榮景僅會持續 4 年。

2018 年中國有 5.5 億人口使用了超過 100 億次滴滴打車的服務，這數字是 Uber 全球服務次數的 2 倍，新世代年輕人對汽車的認知已經與以往不同，現在人們選擇的是交通服務，而不是擁有汽車。

當自動駕駛或機器人駕駛車輛的費用比自己(或請人)駕駛的費用更低時，自動駕駛出租車(Robot Taxi)將變得更普及，大家除了不必再負擔燃油及牌照稅負、保險費與汽車保養維修費用這些成本外，都會區的人也不必再為了找尋停車位煩惱，屆時汽車銷售數字將大幅度下降。

## 2. 公路收費業務的影響

目前汽車運輸服務的形態已經越來越多樣化，車主、租賃者、駕駛人與後座乘客之間的權利義務關係也會有越來越多的灰色地帶，尤其是當自動駕駛車輛出現以後，過路費的繳納責任要如何有效率的從汽車擁有人轉嫁到使用者身上，避免浪費太多時間、成本在催繳作業，甚至避免成為呆帳，便成為一項課題。

由於講者本身即為電子收費業者，針對這樣的趨勢，講者建議在未來可以利用以雲端為基礎的網路(區塊鏈)，提供車輛所有權人註冊，當汽車租賃給其他人駕駛時，可以透過手機 APP 綁定支付方式，將費用支付責任向下傳遞給駕駛人，當駕駛人載客(後座使用者)時，同樣透過手機 APP 綁定支付方式，將費用支付責任向下傳遞給後座使用者，如果後座使用者結束旅途離開車輛時，則將費用支付責任向上傳遞回駕駛人，以此方式將付費責任動態傳遞給每一段使用車輛的人，除了可以在技術上落實使用者付費的精神，當收到過路費帳單時，系統也可以即時決定繳費責任，減少催繳爭議及稽催成本。

### (三)、C-Roads Italy – First Steps Towards the Deployment of C-ITS

#### Technologies

歐盟已經啟動了一個名為 C-Roads 的計畫，它由歐盟成員國和道路運營商聯合推進，旨在測試和實施跨境協調及互用的 C-ITS 服務(協同智慧運輸系統)，允許道路上的車輛與其他車輛、交通標識、路邊基礎設施及其他道路使用者「通話」，進行資訊分享。例如，車輛緊急剎車時可自動向其他車輛發出預警；司機可以得知前方交通壅塞、避開道路施工路線、附近停車位等信息，還可以知道下一個綠燈所需要的等待時間。

本場講座係由義大利的電子收費公司 *Autostrada del Brennero SpA* 計畫經理 *Ilaria De Biasi* 主講，介紹義大利第一條高速公路(A22)邁向協同智慧運輸系統(C-ITS)道路的經驗與建議。

義大利 A22 高速公路全長 314 公里，含 30 座隧道(12.6 公里)及 144 座高架橋(31.2 公里)，設置 23 處收費站，22 個服務區，預計在 2017~2020 的 4 年期間，測試車輛與路側設施之整合(V2I)，以及車輛與車輛(V2V)間所形成網路之協同運作成效，以觀察車聯網(V2X)在實際高速公路上應用，及其對交通安全、交通運輸效率以及環境產生的衝擊。

C-ITS 的基礎建設中，最重要的部分即是通訊網路的建置，在義大利 A22 高速公路的 C-Roads 計畫中，網路建設標準係運用混合型通訊 4G 基地台(提供長距離通訊)，搭配已在歐盟測試多年，趨於穩定的 ETSI ITS-G5 DSRC(提供車輛與車輛之間以及車輛與交通設施之間的短距離即時通訊)。

另外在 A22 高速公路沿線設置了 53 處路側單元(Road Side Unit)，透過 DSRC 無線傳輸提供車輛與交通基礎設施(V2I)之間的資訊傳送與接收，並採用乙太網路供電技術(Power Over Ethernet, POE)，提供以安全為導向的資訊服務(即 C-ITS Day-1 Services)，包含以下各項：

## 1. 道路施工警示

即時提供道路施工資訊，包含移動式施工位置、車道封閉位置及數量、預估施工預警資訊等。

## 2. 危險路段提醒

提供資訊內容包含發生車禍事故路段、前方交通壅塞提示、車流量統計資料、天氣狀況提醒、道路狀況提醒(如天雨路滑、路面積雪結冰等)、注意行人或動物提示、路中障礙物即時通知等。

## 3. 車內指示牌(In-Vehicle Signage)

將路段速限的資訊、資訊可變標誌內容以及其他指示或限制牌面資訊傳送至智慧車輛內部顯示。

此外，A22 高速公路也是義大利第一條提供卡車自動跟車科技上路測試的公路，透過衛星導航及 DSRC 無線傳輸技術，以每 0.04 秒的頻率讓所有的車輛交換動態資訊，同步控制數輛卡車所組成車隊的加、減速，以避免發生追撞事故，並可大幅縮減車隊間跟車間距。

講者根據其實際執行經驗，提出道路管理單位在未來協同智慧運輸(C-ITS)道路發展的過程中，仍有許多艱困的挑戰需要克服：

- ◆ 未來路上的每一部智慧汽車，都代表了許多感測器，將提供大量的數據資料，如何同步、快速的處理這些資訊，以及回饋精確的數據資料給用路人(或車)便成為管理單位的挑戰。
- ◆ 每一部車輛所提供資訊的內容，都涉及個人資料，資料的所有權歸屬需要確認及保障。
- ◆ 大量資訊的交換過程中，除了個資保護的需求之外，許多資訊都與行車安全息息相關，網路安全議題將越來越重要。
- ◆ 未來智慧公路的運作，需要大量的依賴電子系統的穩定運作，如果系統不穩定甚至崩潰當機，勢必造成交通紊亂，甚至造成事故，因此系統崩潰當機的備援處理方案，也是管理單位需要正視的挑戰。

## 伍、心得與建議

- 一、國道 1 號高速公路自 1970 年代起陸續完工啟用迄今，公路橋齡已近 50 年，橋梁維護工程的份量與角色已益形重要，相較於早年以克服地形、地貌、斷層破碎帶等天然條件為主的新建工程而言，維護工程在施工過程中，須要盡量維持既有橋梁功能，減少對用路人的干擾，以降低對現有交通狀況的衝擊；本次年會主辦單位安排的技術參觀活動，即是加拿大哈里法克斯港口橋梁公司(HHB)，針對所轄橋齡逾 60 年的麥當勞大橋(Macdonald Bridge)進行風險評估後，所採取之主動式升級維護管理措施，施工過程中所面臨的最大挑戰，便是如何在一邊維持其每日上、下班尖峰時段及日間運輸功能的情況下，一邊進行橋面板及垂直吊索的更新，我國高速公路目前雖無相同橋型的懸索吊橋，但是 HHB 在維護工程進行過程中所面對的阻力，以及對工區周邊社區居民溝通的努力，均可作為未來高速公路維護工程的施工參考。
- 二、自從本(108)年 10 月 1 日發生南方澳斷橋事件後，我國橋梁維護與管理工作的重要性廣為各界所重視，此一議題亦恰為本屆年會中主辦單位所安排討論的主題之一，各國橋梁管理單位除了介紹各自在維護管理作業中如何運用大數據資料處理、無人機、AI 人工智慧等新科技之外，大家另外都同樣須要面對公路橋梁設施的逐年老化、氣候的變遷、環保意識的抬頭等外在環境變動的挑戰，要如何在人力、預算越來越受限的情形下，做更多的工作，幾乎是各個國家公路橋梁管理者的努力目標，因此以風險評估為基礎的資產管理計畫，進行橋梁的維護管理工作規劃，已是各國的趨勢，透過風險評估分析，系統性的識別基礎設施弱點，並據以重新調整維護資源的分配，除了希望讓各項設施可以達到一定的服務水平外，也希望在資產的全生命週期下，達到支出成本最小化的目標。
- 三、本次年會中，丹麥 Sund & Bælt 公司技術總監 Lars Fuhr Pedersen 在介紹該公司經營管理歐洲最大的斯托伯爾特跨海大橋(STOREBÆLT BRIDGES)的管理經驗時，說明如何透過建立平常維護管理基本資料庫的努力，將資產維護成本、財務成本管理數位化，以幫助管理單位瞭解所擁有資產全生命週期支出成本的財務模型，令人印象深刻，其中該公司以無人機攝影方式進行橋梁檢測，不僅可以建立跨海橋梁的 3D 模型，亦可搭配 AI 人工智慧判釋照片，自動標註橋梁瑕疵位置及型式，相較於以往採用人工作業方式，不僅人員作業之安全性較高，更大幅度增加作業效率，經查國內工研院亦有類似技術，或可做為本局後續針對跨河或是山區不易通達位置處之橋梁，進行橋梁檢測作業之參考。
- 四、自動駕駛車可說是近年當紅 AI 發展領域，全球科技業者及世界各大車廠，無不戮力研發自動駕駛車輛，爭相投入資源進行相關技術研究。高速公路封閉沒有紅綠燈的環境，尤其適合於無人車的行駛，當自動駕駛車的技術發展達到一定水平後，

民眾要求開放無人車上高速公路的聲量勢必越來越大，各國亦紛紛展開對自駕車出現的配套法規研擬，德國、新加坡等國已經修法允許自駕車在特定條件下上路，美國部分州亦已開放自駕車測試的法規，如何因應自動駕駛車輛對公路運輸帶來的衝擊，也是各國收費公路管理單位正共同面臨的課題，例如自動駕駛技術的普及可能使客運業者的成本與人為風險降低，是否將改變民眾對公共運輸的使用行為，另外如何營造友善自駕車的環境，如何利用自駕車的安全與效率特性對交通運輸帶來的好處，替公路管理單位與用路人創造雙贏的結果，應是公路主管機關未來不得不面對的課題。

- 五、目前自動駕駛車輛的研發，業界的重心放在如何讓車子去適應環境，係以車輛的軟、硬體設備適應現有的交通環境，並進行外部環境的辨識與決策，但是國際上智慧型運輸系統發展的趨勢已經慢慢走向物聯網(Internet of Things)概念的協同式智慧型運輸系統(Cooperative ITS, C-ITS)發展，以進行更高階交通控制，追求更安全、更順暢、更環保的智慧運輸服務，因此對智慧運輸公路基礎設施的需求勢必將逐漸增加，例如高速的通訊網路、穩定的電源供應、充分的路況資訊和高精確度的 3D 地圖等，以我國目前針對高速公路收費的費率差異，主要係以車型(小型車、大型車、聯結車)分類，而不是以所提供之服務項目收費，衡諸世界各國收費公路所共同面臨的困擾，均是在既有設施的收費過程中遭遇困難，如在新建道路上訂定收費標準，則會遇到相對較小的阻力，因此在面對未來智慧型運輸公路建置、養護過程可預見的大量資本投入，或可在智慧運輸公路建置與服務初期，即建立分級服務的使用者付費概念。
- 六、台灣現行規範車輛上路的《公路法》、《道路交通管理處罰條例》等相關法規，多以要求駕駛人全權負責車輛操控安全為法條精神，在未來自動駕駛車輛的普及後，目前道路交通事故的責任歸屬界線，恐將漸趨模糊並不易立即判定，駕駛人的定義亦將面臨爭議，在肇事責任尚未有法規制訂明確處理機制的情況下，公路設施、路況資訊提供的正確性與維護責任漸趨重要，尤其是當大部分的車輛都需要依靠 AI 人工智慧與公路基礎設施頻繁溝通，並且仰賴公路設施提供高速、穩定與正確的資訊而得以運作時，用路人對高速公路上各項設施穩定性的需求，將與捷運、高鐵等軌道運輸設施的穩定性一般重要，一旦設施故障、當機、斷電時，其對高速公路交通運輸管理的影響層面，將遠大於目前依賴人力駕駛的狀況，因此設施管理養護工作的角色與責任，在可預見的未來勢必愈來愈吃重。
- 七、未來的每一部自駕車本身即是許多感測器的結合，除了在行駛的過程中會一直不斷的製造數據資料外，亦將會蒐集、分析、傳遞大量其他車輛的資料與公路設施的路況、氣候等資訊，當然也會包含許多用路人的個人資訊，因此未來智慧公路在面臨巨量資料的快速處理需求時，有關於資通訊安全以及個人隱私保障等議題亦將愈來愈受到重視。在本次年會中，已有講者點出目前應用於金融貨幣的區塊鏈技術，具有開放透明、資料不易被入侵竄改、不會重覆交易等優點特性，應用於交通運輸業中的資料傳輸，將有助於資料同步與管理、有價文件數位化、流程

自動化等作業，並提升效益並降低管理成本，值得我國持續關注區塊鏈技術在交通運輸產業上的應用發展。

- 八、藉由本次參與 IBTTA 年會的經驗，除了可以觀摩其他國家對於收費公路維護管理的工程技術，也經由大會安排的各場次專題演講，可以了解國際間對於收費公路資產維護管理的不同做法、現階段全球關注的自動駕駛車發展課題、歐美先進國家智慧運輸(ITS)的發展進程、協同式智慧型運輸系統(C-ITS)道路實質推動的經驗，以及其他國家在面對下一世代創新科技應用時所做的準備。綜合而言，透過參與專業性國際會議，確實可達到蒐集國際間收費公路管理技術與應用經驗之目的，並提供全球科技發展趨勢對交通管理與增進交通運輸安全上之運用與願景，建議未來應可持續參與。

## 陸、附錄

- 附錄一 與會人員名單
- 附錄二 大提升計畫(The Big Lift)攝影專輯
- 附錄三 Evolution of Asset Management at MTA Bridges and Tunnels
- 附錄四 Risk and Asset Management
- 附錄五 Halifax Harbour Bridges-“Bridge Asset Management”-Past-Present and Future
- 附錄六 Optimizing TCO Through Digital Asset Management, Data and New Technologies