

108-072-0285

出國報告(出國類別:開會)

出席第 98 屆 TRB 年會報告

服務機關：交通部運輸研究所
姓名職稱：賴瑞應研究員、羅建明副研究員
派赴國家：美國
出國期間：108 年 1 月 11 日至 1 月 24 日
報告日期：108 年 3 月 22 日

出席第 98 屆 TRB 年會報告

著 者：賴瑞應、羅建明

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：10548 臺北市敦化北路 240 號

網 址：www.iot.gov.tw (中文版>圖書服務>本所出版品)

電 話：(02)23496789

出版年月：中華民國 108 年 3 月

印 刷 者：

版(刷)次冊數：初版一刷 13 冊

定 價：非賣品

行政院及所屬各機關出國報告提要

頁數：53 含附件：無

報告名稱：出席第 98 屆 TRB 年會報告

主辦機關：交通部運輸研究所

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：

交通部運輸研究所/孟慶玉/02-23496755

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

賴瑞應/交通部運輸研究所/港灣技術研究中心/研究員/04-26587170

出國類別：1.考察2.進修3.研究4.實習5.視察6.訪問7.開會8.談判
9.其他

出國期間：108 年 01 月 11 日至 01 月 24 日

出國地區：美國

報告日期：108 年 03 月 22 日

分類號/目：HO／綜合類（交通類）

關鍵詞：TRB，陸運，海運，交通運輸。

內容摘要：

美國運輸研究委員會(Transportation Research Board, TRB)每年1月份於華盛頓特區(Washington D.C.)舉辦年會暨研討會，會議內容涵蓋陸運、海運、空運及軌道各交通運輸議題，具前瞻性及全球性，為國際交通運輸界之重要資訊交流平台，相關議題可作為未來相關交通運輸議題研究與推動之參考；另外，也有來自世界各地相關運輸科技的參展廠商展示其最新之技術與研發成果，可提供國內未來運輸工程技術研發與應用之參考。

本(98)屆TRB年會於美東時間2019年1月13日至17日辦理，年會主題為：「結合智慧，永續和公平的未來交通運輸 (Transportation For a Smart, Sustainable, and Equitable Future)」。本報告摘錄年會中部分研討議題、參展廠商相關技術及論文等相關資料，並提出會後心得及建議。

本文電子檔已上傳至公務出國報告資訊網。

目錄

目錄.....	I
表目錄.....	II
圖目錄.....	III
第一章 前言.....	1
1.1 出國目的.....	1
1.2 行程概要.....	2
第二章 會議內容.....	3
2.1 年會概況.....	3
2.2 主要議題及議程.....	13
2.3 研討議題及展場廠商技術介紹.....	16
第三章 心得與建議.....	47
3.1 心得.....	47
3.2 建議.....	48

表目錄

表 1-1 出國行程紀要表	2
表 2-1 第 98 屆 TRB 年會會議議程表	13
表 2-2 第 98 屆 TRB 年會主要議題	14
表 2-3 保護系統型號	26
表 2-4 各類型保護系統適用環境	30

圖目錄

圖 2-1 TRB 會場位置圖	4
圖 2-2 Walter E. Washington Convention Center Level 2 & Level 3 配置圖	5
圖 2-3 Walter E. Washington Convention Center S Level & L Level 配置圖	6
圖 2-4 Marriott Marquis 場地配置圖	7
圖 2-5 註冊報到情況	8
圖 2-6 廠商展場概況	9
圖 2-7 海報展示概況	10
圖 2-8 論文發表及討論概況	11
圖 2-9 TRB 年會官方 Mobile APP	12
圖 2-10 分組討論	17
圖 2-11 各組討論成果分享	17
圖 2-12 會後合影	18
圖 2-13 傳統橋梁型式	19
圖 2-14 埋地橋	19
圖 2-15 埋地橋與傳統橋梁之優點比較	20
圖 2-16 埋地橋之適用範圍	21
圖 2-17 埋地橋與傳統橋梁建設費用比較	22
圖 2-18 大跨度埋地橋	23
圖 2-19 海洋腐蝕環境的樁柱保護方案簡報情形	24
圖 2-20 海洋環境下鋼筋混凝土樁腐蝕情形	25
圖 2-21 海洋環境樁暴露帶區分	25
圖 2-22 Tidal Jacket with Zinc Mesh 保護系統	26
圖 2-23 包覆於吸濕排汗織物的鋅陽極	27
圖 2-24 Tidal Plus Jacket 保護系統	28

圖 2-25 Galvashield DAS Jacket 保護系統內部	29
圖 2-26 Galvashield DAS Jacket 保護系統模組與完成圖	30
圖 2-27 軌道檢測車 EM-80	31
圖 2-28 主要設備高速 3D 雷射儀.....	33
圖 2-29 主要設備安裝於軌道車之情況	34
圖 2-30 部分檢測報告.....	34
圖 2-31 軌道檢測成果.....	35
圖 2-32 路面切割刨除.....	36
圖 2-33 噴灑黏層.....	36
圖 2-34 路面鋪築.....	37
圖 2-35 路面滾壓.....	37
圖 2-36 路面標線.....	38
圖 2-37 公路鋪面修護新技術施工流程	39
圖 2-38 熱噴塗鋅塗層的鋼橋腐蝕防護	40
圖 2-39 海事基礎設施的腐蝕管理.....	40
圖 2-40 挪威橋梁統計.....	41
圖 2-41 雙重塗層示意圖.....	42
圖 2-42 單一塗層與雙塗層鋼橋腐蝕防護成本分析	42
圖 2-43 海事基礎設施腐蝕管理推動架構	44
圖 2-44 鋼材的塗裝保護方式.....	44
圖 2-45 鋼筋混凝土和鋼材於不同曝露區腐蝕風險	45

第一章 前言

1.1 出國目的

美國運輸研究委員會(Transportation Research Board, 簡稱 TRB) 為隸屬美國國家研究協會之非營利私人機構。每年在首都華盛頓 D.C.所舉辦之年會會議更為國際間運輸學術與實務領域最大且最重要之研討會議，吸引美國及國際交通運輸專業人士參加，藉此年會加強學術界與實務界交流，促進交通運輸研究創新進步及研究成果之落實。今(2019)年更有世界各國專家學者 1 萬 3,000 人以上參加，會議場次近 800 場，學術及專業論文 5,000 篇以上之發表。

TRB 前身為 1920 年成立之美國國家公路研究諮詢委員會(National Advisory Board on Highway Research)，其主要係提供公路相關訊息和研究成果的交流機制。1925 年國家公路研究諮詢委員會改制為公路研究委員會(Highway Research Board, HRB)，設立宗旨為提供美國國家科學學院及國家工程學院有關交通運輸之研究成果。1974 年 HRB 改制為 TRB，其設立宗旨在透過客觀及跨學界的研究與資訊交流，促進交通運輸的創新與進步。

本次年會為第 98 屆年會，依慣例每年 1 月在美國華府(Washington D.C.)舉辦。會場集中在美國 Walter E. Washington Convention Center 及其緊鄰的 Marriott Marquis 飯店舉行，兩者間有室內通道連接，相當便利。

本所為我國官方主要負責交通運輸之研究單位，長期扮演交通部智庫的角色，除發揮對交通部業務橫向整合的政策協助功能外，更提供縱向執行的技術支援，其職掌除交通運輸政策研究、運輸系統規劃、運輸計畫研擬及運輸技術研發等相關事項外，亦包含國內外交通運輸研究之聯繫及合作事項等。為充分了解國外交通運輸近期研究成果、實務經驗、政策方向，以及未來運輸發展等趨勢，參加 TRB 年會有其必要性；爰此，本所每年均選派人員參與此盛會。本(108)年度由港灣技術研究中心賴瑞應研究員奉派代表出席 TRB 第 98 屆年會，羅建明副研究員自費公假協同前往。

1.2 行程概要

本次出國行程(含私人參訪)自民國 108 年 1 月 11 日至 1 月 24 日，為期 14 天(公假 10 天，休假 4 天)，主要行程為參加第 98 屆 TRB 年會，並順道參加由美國華人所舉辦之「2019 TRB 臺灣運輸專家學術交流會議(2019 TRB Taiwanese Transportation Professionals Technical Information Exchange，簡稱 TIE 會議)」。兩項會議均於美國首都華盛頓哥倫比亞特區(Washington, District of Columbia，簡稱華盛頓 D.C.)的「華盛頓會議中心(The Walter E. Washington Convention Center)」舉行，其中「第 98 屆美國運輸研究委員會年會(TRB 98th Annual Meeting)」會議期間自民國 108 年 1 月 13 日至 1 月 17 日(當地時間)，會議為期 5 天舉行；「2019 TRB 台灣運輸專家學術交流會(TIE 會議)」則於民國 108 年 1 月 13 日下午 17-19 時(當地時間)舉行，會議時間 2 小時。此次去程係經洛杉磯國際機場轉美國國內線班機至華盛頓 D.C.杜勒斯國際機場，返程由紐約甘迺迪國際機場返國。詳細行程內容如表 1-1 所示。

表 1-1 出國行程紀要表

日期	起訖地點	工作記要
1/11-1/12 (臺灣時間)	桃園機場→美國洛杉磯機場→華盛頓 D.C.	啟程，經洛杉磯國際機場轉美國國內線班機至華盛頓杜勒斯國際機場(Dulles International Airport)，轉乘 Silver Line Express Bus 至華盛頓捷運(Metrorail)之 Wiehle-Reston East 站，再轉捷運至住宿飯店。
1/13-1/17 (美東時間)	華盛頓 D.C.	參加美國第 98 屆 TRB 年會及臺灣運輸專家學術交流會議(TIE)。
1/18-1/22 (美東時間)	華盛頓 D.C.→紐約	進行美東私人參訪行程。
1/23-1/24 (臺灣時間)	紐約→桃園機場	返程，由紐約甘迺迪國際機場搭機返國。

第二章 會議內容

2.1 年會概況

美國 TRB 年會循例於 1 月份在美國華盛頓特區舉行，本(98)屆 TRB 年會會議亦於華盛頓特區美東時間 108 年 1 月 13 日至 17 日舉辦，內容主要包括專題研討會(Workshops)、論文研討會(Sessions)、海報研討會(Poster Sessions)、委員會議(Committees)及廠商展覽(Exhibits)等。年會於 Walter E. Washington Convention Center 及其緊鄰的 Marriott Marquis 飯店等 2 場地舉辦，地點集中，會場位置如圖 2.1 所示，Walter E. Washington Convention Center 場地配置圖如圖 2.2 及圖 2.3 所示；Marriott Marquis 飯店場地配置圖如圖 2.4 所示。註冊報到情況如圖 2.5 所示；廠商展場概況如圖 2.6 所示；海報展示概況如圖 2.7 所示；論文發表及討論概況如圖 2.8 所示。

年會保安方面，會場大廳及廠商展覽區門口常有人員現場檢視識別證，與會人員需配帶識別證方得准予進入。

本屆 TRB 年會雖只提供與會者大會手冊，無其他紙本資料，但有提供智慧型行動裝置 Mobile APP 軟體，與會人員可藉由 Apple 作業系統之 App Store 及 Android 作業系統之 Google Play 商店搜尋「TRB 2019」下載。藉與會者帳號(Email)及密碼，與會者可透過 Mobile APP 軟體線上查詢各會議摘要內容，另外，也可於 TRB 網站查詢 TRB 年會論文摘要。TRB 年會此舉可減少紙張之使用。

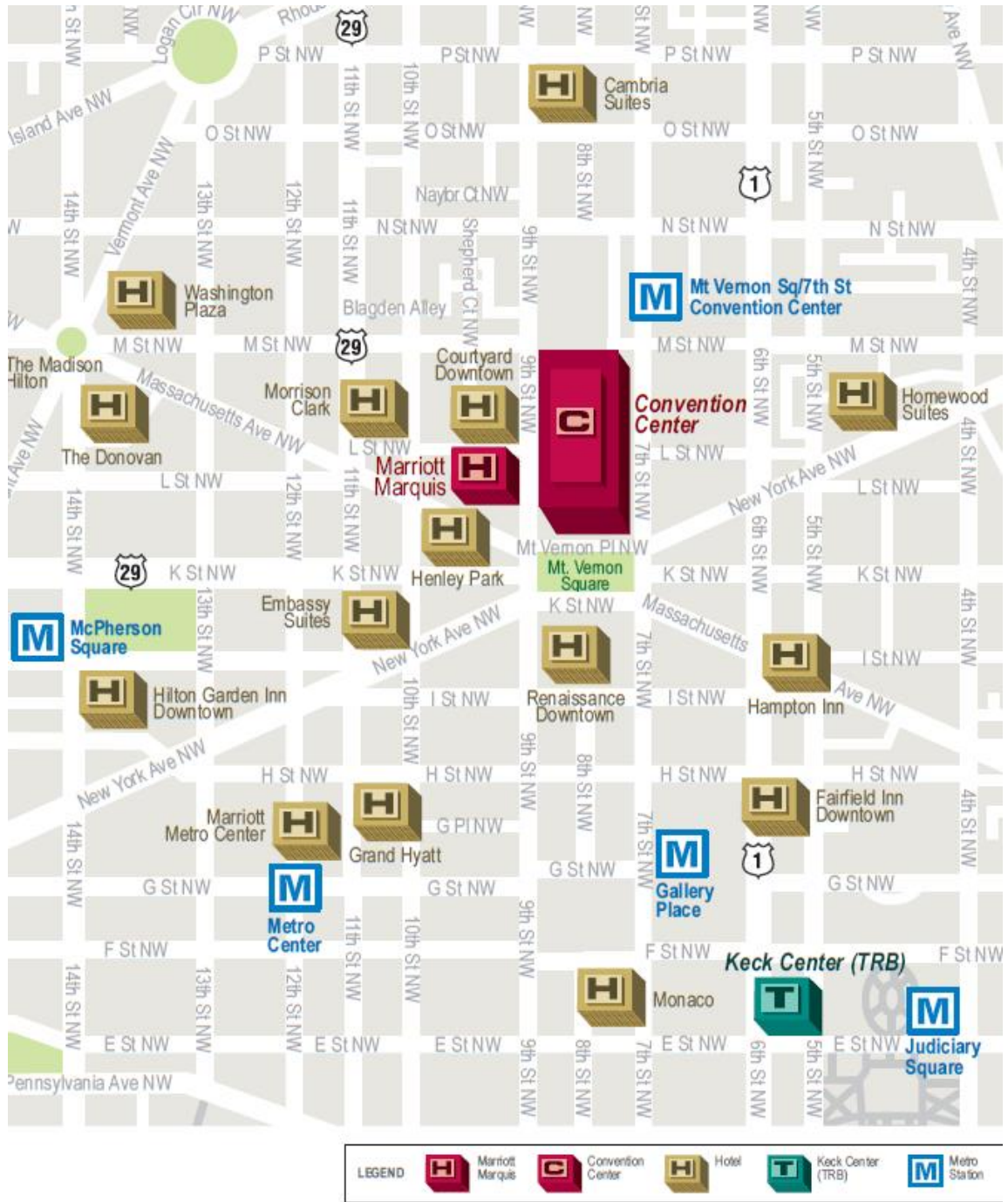


圖 2-1 TRB 會場位置圖

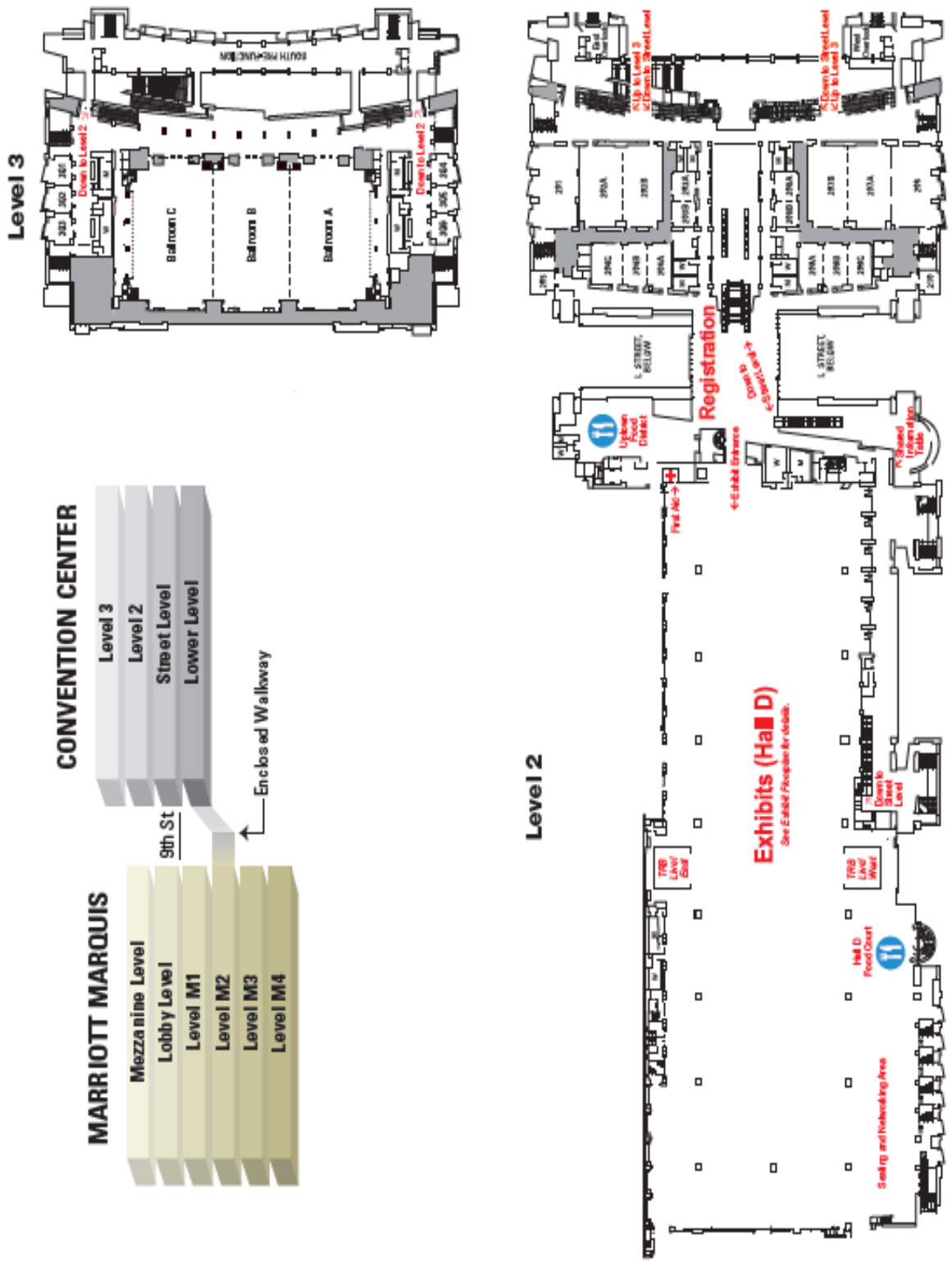


圖 2-2 Walter E. Washington Convention Center Level 2 & Level 3 配置圖

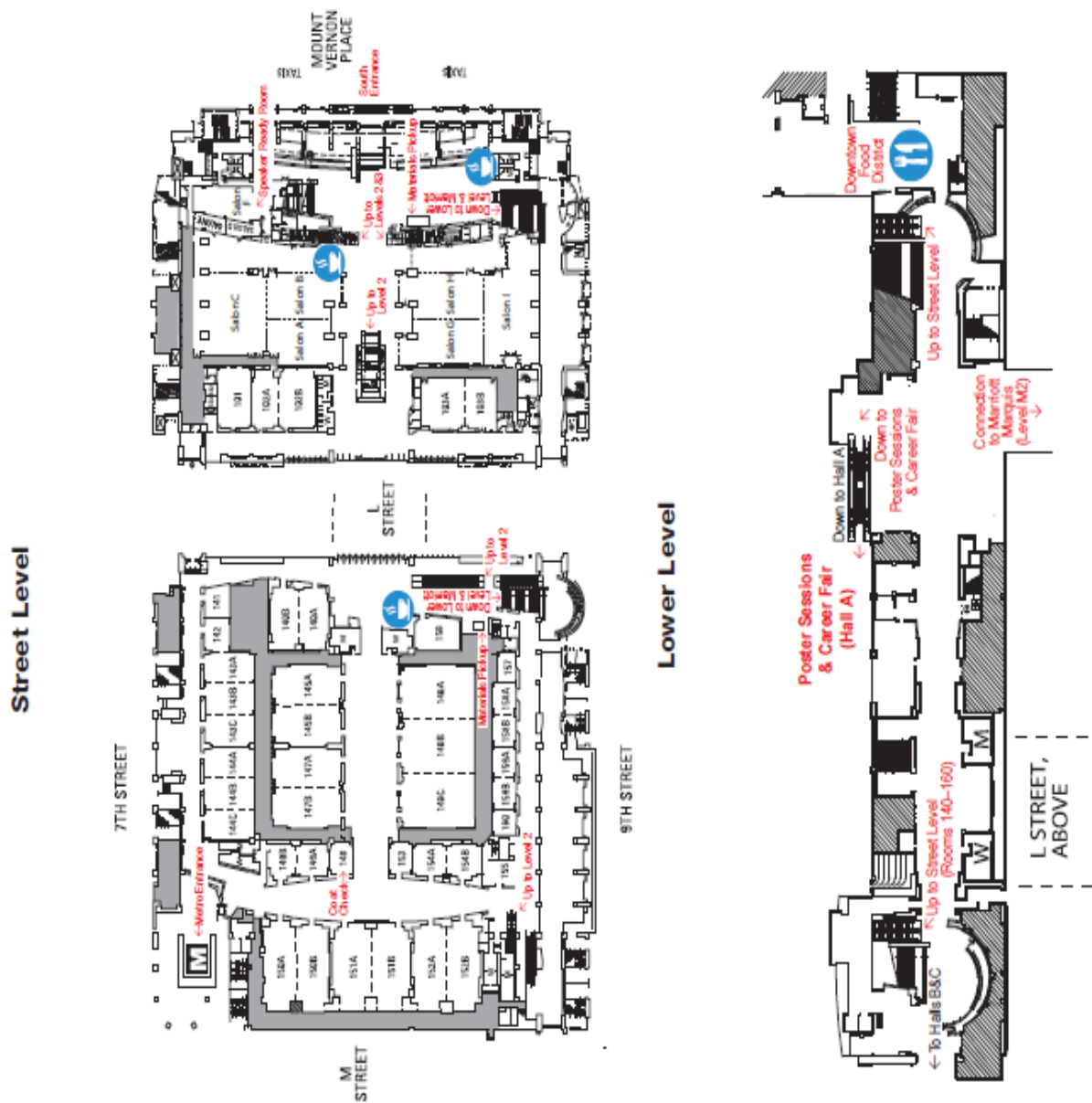


圖 2-3 Walter E. Washington Convention Center S Level & L Level 配置圖

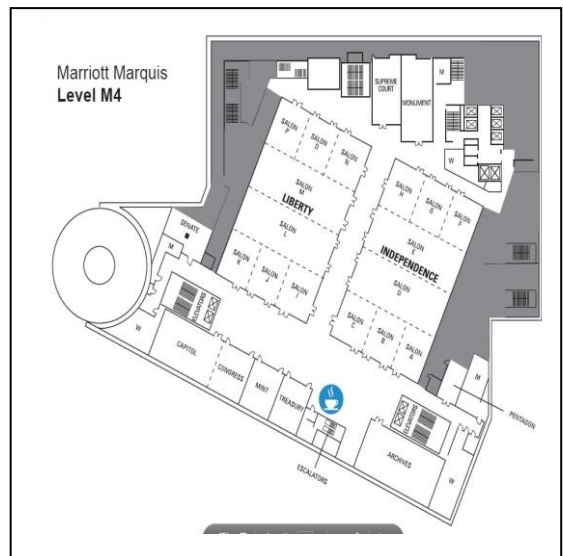
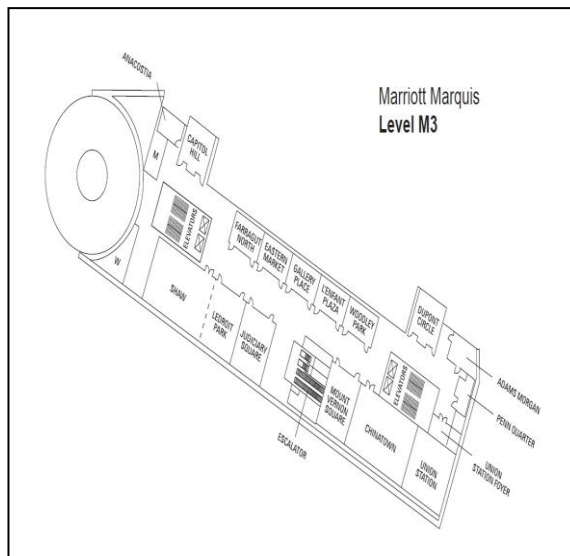
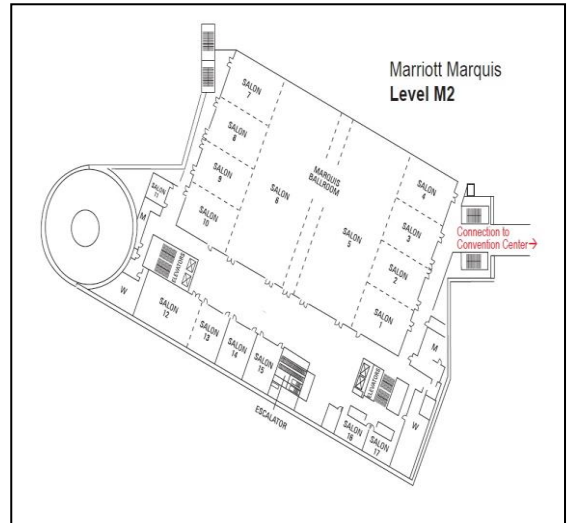
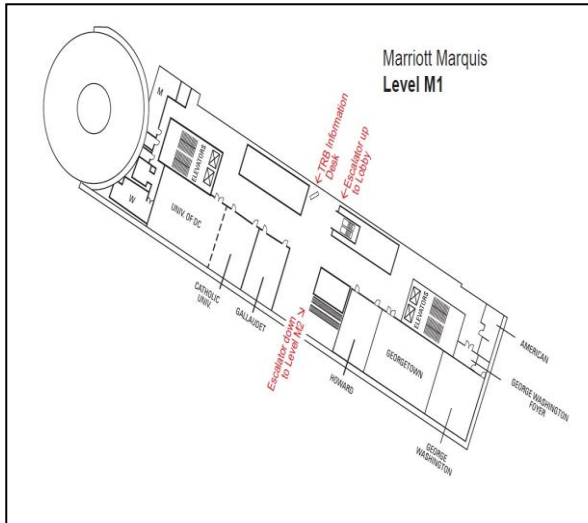
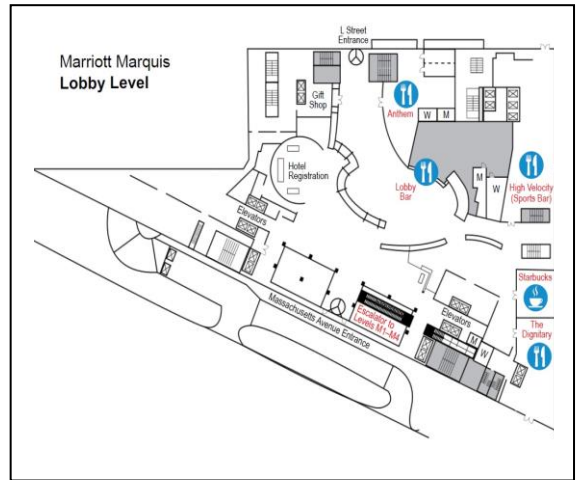
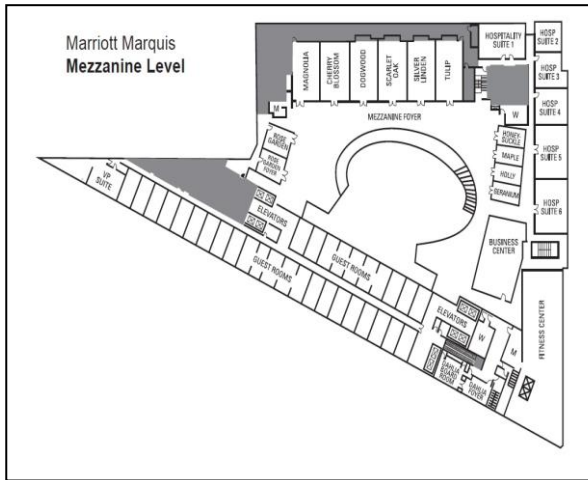


圖 2-4 Marriott Marquis 場地配置圖



圖 2-5 註冊報到情況

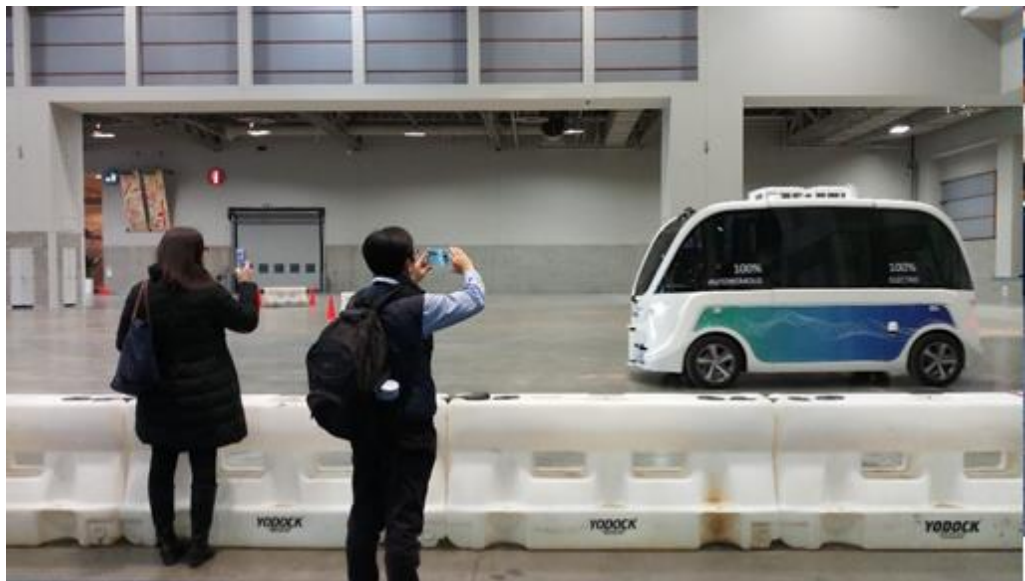


圖 2-6 廠商展場概況

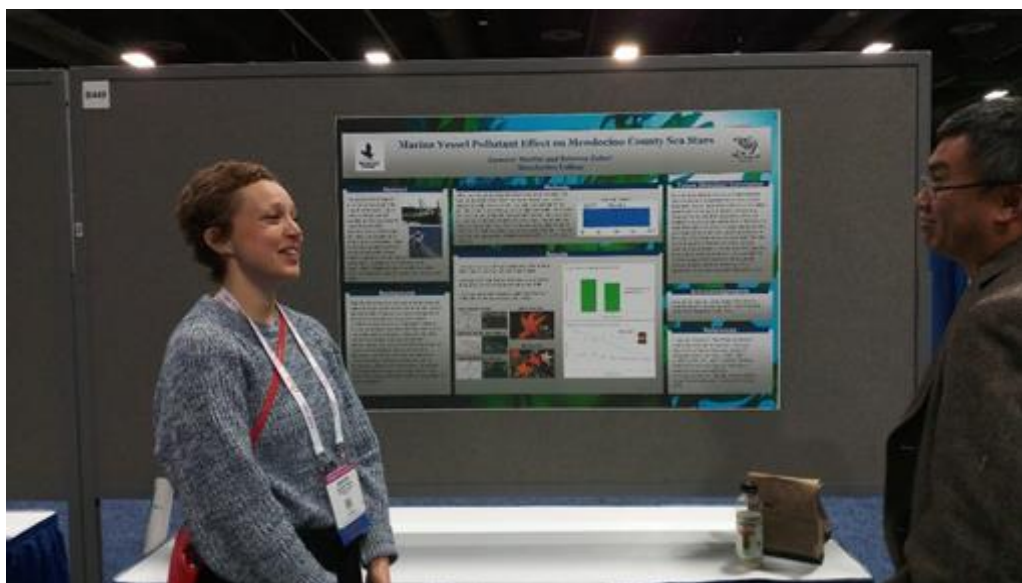
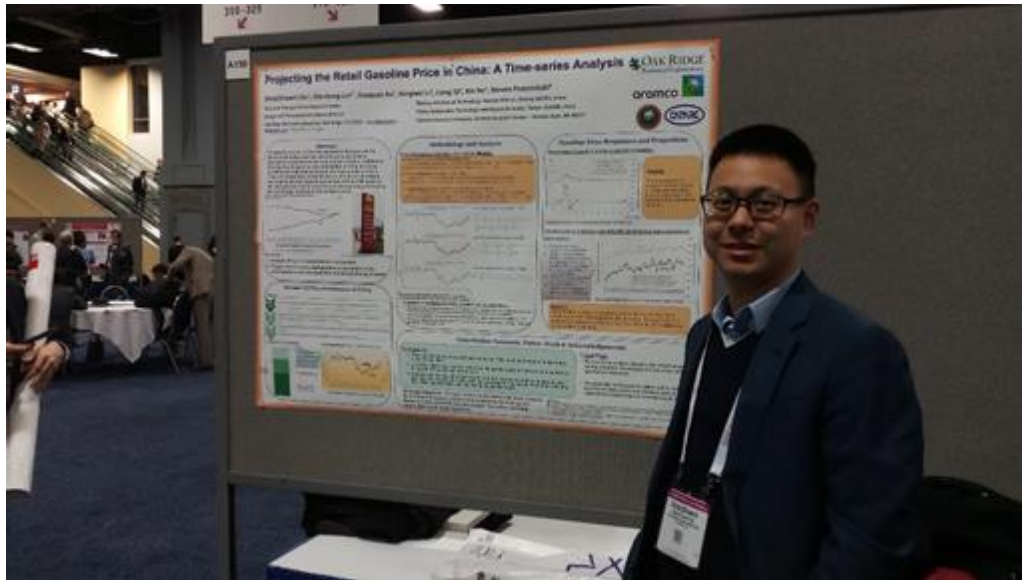


圖 2-7 海報展示概況



圖 2-8 論文發表及討論概況

Use the Mobile App!

- **Get full session details:** The app provides more detailed information than appears in this *Final Program*—including descriptions, individual presentation titles, and speaker names for all lectern sessions, poster sessions, and workshops.
- **See where you're going:** Click on the room name for any event or on the booth number for any exhibitor and you'll see exactly where it is on the floor plan.
- **Find what you're looking for:** Use the app's powerful search feature to locate any event, exhibitor, or presenter instantly by key word.
- **Build your personalized itinerary:** Look up any event and add it to your personal schedule.

To download the mobile app, go to the App Store or Google Play and search for "TRB 2019." When you run the app for the first time, you will be asked to enter your email address and you should enter the same email address to which your Annual Meeting registration confirmation was sent. Note: the app supports the following operating systems: iOS 10 to 12 on iPhone/iPad or OS 5 to 9 on Android.

Note: You can sync information from your personal itinerary in the mobile app with your personal itinerary in the online Interactive Program. See the instructions below.



圖 2-9 TRB 年會官方 Mobile APP

2.2 主要議題及議程

本次 TRB 年會議題涵蓋各類運輸模式(包含陸、海、空、軌道及複合運輸等)。今年年會主題為：「結合智慧，永續和公平的未來交通運輸 (Transportation For a Smart, Sustainable, and Equitable Future)」。會議議程詳如表 2-1。

表 2-1 第 98 屆 TRB 年會會議議程表

	Sunday January 13	Monday January 14	Tuesday January 15	Wednesday January 16	Thursday January 17
8 a.m.		SESSIONS POSTERS	SESSIONS POSTERS	SESSIONS POSTERS	
9 a.m.	WORKSHOPS	SESSIONS POSTERS	SESSIONS POSTERS	SESSIONS POSTERS	WORKSHOPS
10 a.m.		SESSIONS POSTERS	SESSIONS POSTERS	SESSIONS POSTERS	
11 a.m.		SESSIONS POSTERS	SESSIONS POSTERS	SESSIONS POSTERS	
Noon	Careers in Motion Networking Fair	EXHIBITS	EXHIBITS	Chair's Luncheon	
1 p.m.					
2 p.m.	WORKSHOPS	SESSIONS POSTERS	SESSIONS POSTERS	Chair's Luncheon	
3 p.m.	New Attendee Orientation	SESSIONS POSTERS	SESSIONS POSTERS	SESSIONS POSTERS	
4 p.m.		SESSIONS POSTERS	SESSIONS POSTERS	SESSIONS POSTERS	
5 p.m.	Exhibit Hall Opening and Reception	SESSIONS POSTERS	SESSIONS POSTERS	SESSIONS POSTERS	
6 p.m.		SESSIONS POSTERS	SESSIONS POSTERS	SESSIONS POSTERS	
7 p.m.		SESSIONS POSTERS Dinner Lecture	SESSIONS POSTERS		
8 p.m.		SESSIONS POSTERS	SESSIONS POSTERS		
9 p.m.		SESSIONS POSTERS	SESSIONS POSTERS		
10 p.m.	Young Professional Reception				
11 p.m.					

本年年會共區分 38 項主題，詳細主題名稱如表 2-2。各主題之論文與簡報，可於 TRB 網站，輸入帳號及密碼後免費查詢及下載。

表 2-2 第 98 屆 TRB 年會主要議題

項次	主題	
1	Administration and Management	行政與管理
2	Aviation	航空
3	Bridges and Other Structures	橋梁與其他結構
4	Construction	施工
5	Data and Information Technology	數據與資訊技術
6	Design	設計
7	Economics	經濟學
8	Education and Training	教育與訓練
9	Energy	能源
10	Environment	環境
11	Finance	財務
12	Freight Transportation	貨運
13	Geotechnology	地工技術
14	Hot Topic: Resilience and Sustainability	熱門話題：復原力與永續性
15	Hot Topic: Transformational Technologies	熱門話題：轉換技術
16	Hot Topic: Transportation and Public Health	熱門話題：運輸和公共衛生
17	Hydraulics and Hydrology	水利與水文
18	International Activities	國際活動
19	Law	法律
20	Maintenance and Preservation	維護與保存
21	Marine Transportation	海運
22	Materials	材料
23	Operations and Traffic Management	操作與流量管理
24	Pavements	鋪面
25	Pedestrians and Bicyclists	行人與自行車騎士

26	Pipelines	管道
27	Planning and Forecasting	規劃與預測
28	Policy	政策
29	Public Transportation	公共運輸
30	Rail	軌道
31	Research (about research)	研究
32	Safety and Human Factors	安全與人為因素
33	Security and Emergencies	保安與緊急狀況
34	Society	社會
35	Spotlight Theme: Transportation for a Smart, Sustainable, and Equitable Future	聚焦主題：結合智慧、永續和公平的未來交通運輸
36	Terminals and Facilities	場站設施
37	Transportation, General	一般運輸
38	Vehicles and Equipment	車輛和設備

2.3 研討議題及展場廠商技術介紹

針對此次年會主要參與的研討議題及參觀展場廠商展示的相關技術，摘錄可引進國內相關部屬機關未來施政參考的相關內容如下：

1. 臺籍運輸專家資訊交流會議

「臺籍運輸專家資訊交流會議」(Taiwanese Technical Information Exchange Meeting, 以下簡稱 TIE)為臺籍美國運輸界服務之學者專家，每年藉由 TRB 年會舉辦之際，選擇會場內一研討室與來自臺灣之與會者進行交流，透過這會議，大家可以互相認識，並交流所學與經驗，不僅可以獲得新知，也為日後臺美運輸界彼此互相協助與合作奠定良好的關係。以往 TIE 係由在臺人員及在美人員共同籌辦，但因臺灣前往參加 TRB 年會之人員每年大多不同，不像在美臺籍交通專家多數每年均會參加此會議，因此目前係由在美人員單獨籌辦，此次由任職於維吉尼亞交通運輸研究委員會的藍健綸博士籌辦，參加之臺籍運輸專家約 30 人，包括在美國學術界服務者，如加州大學柏克萊分校詹景堯教授、亞利桑那大學邱怡璋教授、紐澤西理工學院錢一之教授等，在美國政府部門服務者，如任職美國交通部之胡希曾小姐、聯邦公路管理局之陳玄仁先生、維吉尼亞交通局之陳如茵小姐等，在美國運輸產業界服務者，如 RST International, Inc. 負責人董尚義博士及 Citilabs 亞洲區主任鄭立宏先生等，以及在美國攻讀博碩士學位者；來自臺灣的與會人員包括在學術界服務者，如臺灣大學周家蓓教授與許聿廷教授，成功大學胡大瀛教授與楊士賢教授，在政府部門服務的筆者及一同前來 TRB 發表論文之臺大學生等。此次 TIE 之活動分三組討論，活動照片如圖 2-10~圖 2-12 所示。筆者參與第二組的討論，主要討論目前相關科技運用於交通運輸的情況，依筆者的工作性質，主要是從事交通運輸的防災研究，所以分享本所於公路坡地防災的經驗，如應用近景攝影測量技術配合無人飛行載具(UAV)研發公路邊坡崩塌預警系統，主持人詹景堯教授也分享人工智慧、物聯網與自動駕駛的最新發展。為增進臺美運輸界的交流，目前已成立 Taiwan TIE @TRB Line 群組及 Taiwanese at TRB 臉書群組，未來群組成員若有任何議題或需協助之處，都可透過群組尋求協助。



圖 2-10 分組討論



圖 2-11 各組討論成果分享



圖 2-12 會後合影

2. 研討議題「大跨度埋地橋的最新進展(Latest Advances in Large-Span Buried Bridges)」

這個場次研討會，主要研討近幾年大跨度埋地橋（跨度超過 50 英尺）的發展，並作為傳統橋梁(如圖 2-13 所示)的替代方案案例。主題包括「歐洲大跨度埋地橋梁進展」、「大跨度鋼埋地橋在北美取得進展」及「大跨度預製混凝土埋地橋進展」。埋地橋主要是橋梁結構與周遭的回填土壤結合，相互作用以支撐負載，如圖 2-14 所示。由於這種相互作用，橋梁結構通常更輕，且不需要橋臺，除非基礎土壤條件差，否則通常不需要深基礎。在許多情況下，由於通過回填料擴散車輛荷載的好處，埋地橋梁可以承載比傳統橋梁更重的荷載。在日後維護上，所需維護的構件與傳統橋梁比較，減少需要維護橋面、支承、接頭和其他構件的需求。



圖 2-13 傳統橋梁型式



圖 2-14 埋地橋

(1)埋地橋與傳統橋梁比較之優點如下(原簡報內容如圖 2-15 所示)：

a.無橋面板、節點及支承需要維護、修護或更換

因無橋面板、節點及支承等構件，在日後維護成本上，就比傳統橋梁減少維護、修護或更換的費用。

b.較低的基礎建設成本

因橋梁結構體輕，且不需要橋臺，除非基礎土壤條件差，否則通常不需要深基礎，爰此，其基礎建設成本較傳統橋梁節省很多。

c.能適用於複雜的地質條件及路線

因橋梁結構體輕，基礎地質條件要求較傳統橋梁要求低，較能適用於軟弱或複雜的地質條件，且結構型式可塑性高，能適用於複雜的路線需求。

d.橋梁基礎可以重複使用

未來改建時，原橋梁基礎可重複使用。

e.模組化施工、無須專業的施工人員、設計跟材料交貨期短、組裝僅需幾天或幾週及容易且便宜的運輸

橋梁結構由構件組成，相關構件可於工廠內製作完成後運送至現地模組化組裝施工，且施工人員的專業技術要求不高，設計至構件製作完成的交貨期程相對於傳統橋梁的期程低，現地施工組裝僅需幾天或幾週，相對於傳統橋梁施工期需幾個月，施工期程減少很多，且構件較輕，可以以一般卡車運送，且組裝無須重型起重設備。

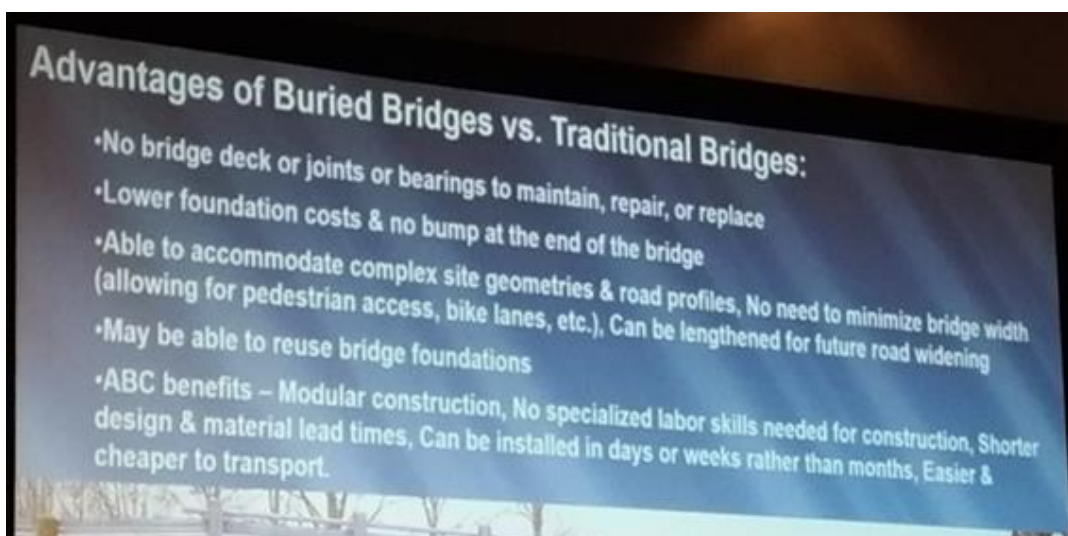


圖 2-15 埋地橋與傳統橋梁之優點比較

(2)埋地橋的未來適用範圍如下(原簡報內容如圖 2-16 所示)：

- a.既有橋梁的替換
- b.橋梁場址通行限制或偏遠的地區
- c.立體交叉複雜的路線
- d.有分段施工需求
- e.排水結構
- f.野生動物或水生動物經過之處
- g.經過環境敏感區域
- h.人行通道
- i.緊急、暫時或車輛改道
- j.任何短中長的橋梁跨距的橋梁方案

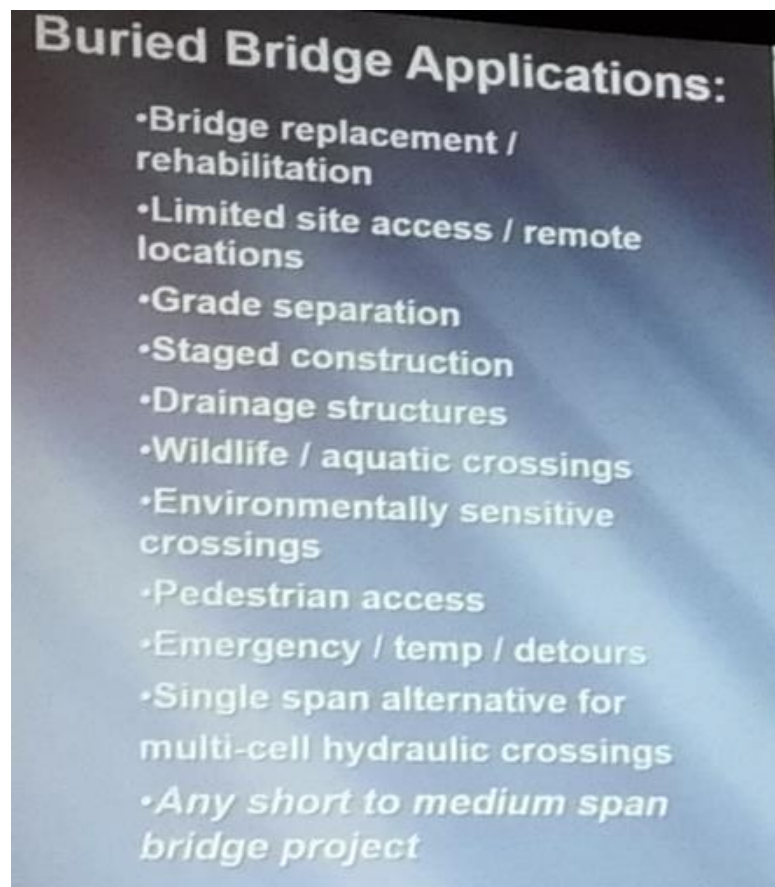


圖 2-16 埋地橋之適用範圍

由美國過去的埋地橋與傳統橋梁的建造費用比較案例發現(原簡報內容如圖 2-17 所示)，埋地橋較傳統橋梁的建造經費最少可以減少三成，最多可達到約 7 成之多。



Owner	Traditional Bridge	Buried Bridge	% Less Installed Cost
NBDTI	750k	250k	67%
BCMOTI	4.5M	3.0M	33%
Private	675k	362k	46%
ODOT	4.1M	2.6M	37%
ODOT	3.6M	1.1M	69%

圖 2-17 埋地橋與傳統橋梁建設費用比較

(3)埋地橋的最新發展狀況

由歐洲及北美的大跨度埋地橋最新的發展案例如圖 2-18 所示，埋地橋的最大跨度目前已可達到 30 公尺寬的長度，而鋼構埋地橋在防腐蝕技術的支援下，其設計使用年限也可以達到 100 年以上，但目前分析方法及相關設計法規較欠缺之情況下，影響未來埋地橋的推廣應用。

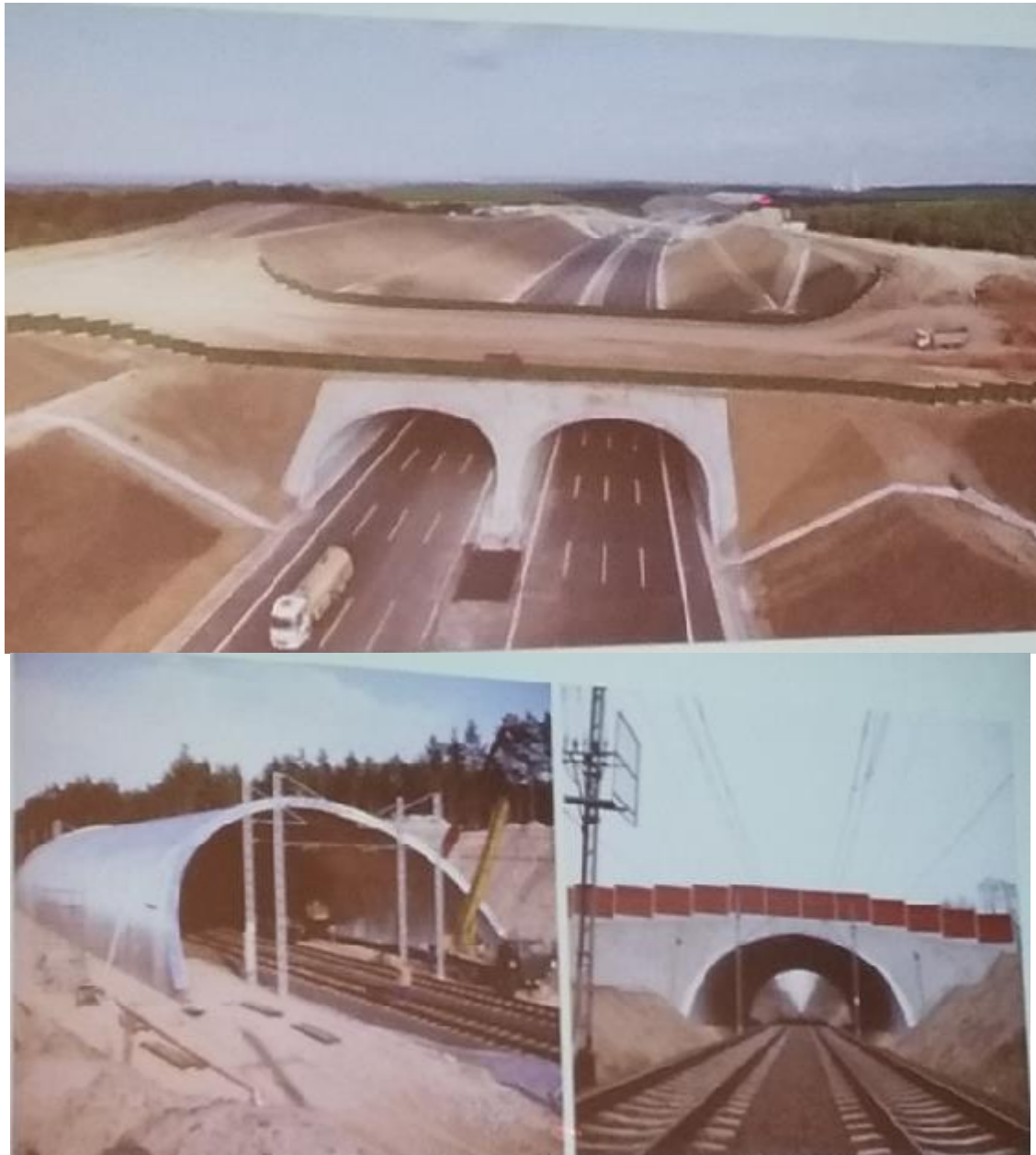


圖 2-18 大跨度埋地橋

小結：埋地橋依相關的研究顯示，比起傳統橋梁型式，具有構件簡單、承載能力高、施工容易快速、建設成本低、適用範圍廣及後續維護成本低等優點，是未來國內中小跨度(跨度小於 30 公尺)橋梁修復或替換可以考量的橋梁方案，鑒於目前國內對於此種型式的橋梁尚無相關規範可供規劃設計單位依循，為利未來的推廣應用，相關橋梁權管單位未來可以參考歐美先進國家的案例及規範，進行相關規範的擬訂，以供各界的應用。

3. 「水下結構檢查和維護小組委員會 (Underwater Structures Inspection and Maintenance Subcommittee)」

這個由「水下結構檢查和維護小組委員會」舉行的小組研討會，主要研討水下結構檢查和維護的議題，此次研討水下結構採用新材料的修復方法，由 Vector Corrosion 公司的 David Whitmore 先生介紹該公司的海洋腐蝕環境的樁柱保護方案，簡報如圖 2-19 所示，簡報內容摘錄如下。



圖 2-19 海洋腐蝕環境的樁柱保護方案簡報情形

暴露於海洋環境中的鋼筋混凝土柱或鋼樁，若無適當防護，會因海水中的氯離子產生嚴重的腐蝕破壞，如圖 2-20 所示。依不同高程之曝露環境條件，可將之區分為大氣區 (Atmospheric Zone)、飛沫區 (Splash zone)、潮差區 (Tidal zone) 及浸沒區 (Submerged zone)，如圖 2-21 所示，針對不同曝露區，需選擇適宜之防蝕工法，以有效減低腐蝕損壞風險；一般來說，大氣區採用塗層法或包覆法，飛沫區及潮差區依高程區分，高於平均水位面之構件，採用塗層或包覆法，低於平均水位面之構件採用陰極防蝕，浸沒區則採用陰極防蝕工法。

Vector Corrosion 公司提供 Galvashield 保護系統，為預力混凝土、傳統鋼筋混凝土和鋼樁和墩柱提供電化學陰極保護。Galvashield 保護系統在結構周圍放置 FRP 或模塊化 PVC 護套和電化學陽極，以形成保護性電流外殼。與傳統的混凝土護套，環氧樹脂灌漿護套、凡士林

和蠟帶以及玻璃纖維纏繞不同，Galvashield 保護系統提供持續的電流以解決鋼構腐蝕問題。



圖 2-20 海洋環境下鋼筋混凝土樁腐蝕情形

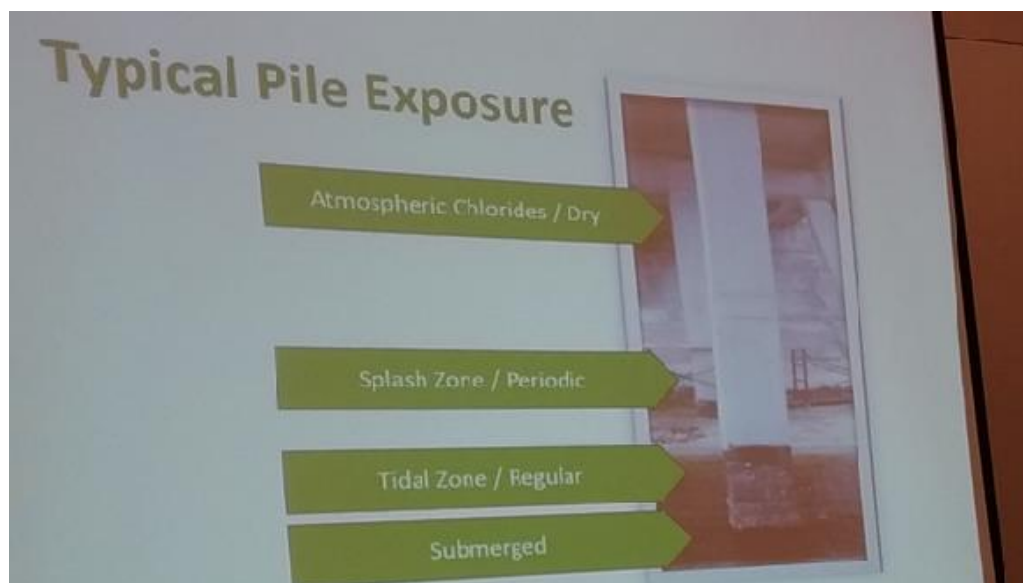


圖 2-21 海洋環境樁暴露帶區分

Galvashield 保護系統有多種型號和選項可供選擇，規格如表 2-3 所示，以適應不同腐蝕環境之應用，並可提供約 20 至 50 年以上的使用壽命。各類型說明如下：

表 2-3 保護系統型號

Jacket Model	Activation Method	Form Options	Anode Description
Galvashield Tidal Jacket	Saltwater	✓ FRP	Zinc mesh anode
Galvashield Tidal Plus Jacket	Saltwater	✓ FRP ✓ Modular PVC	Zinc anode strips inside wicking fabric
Galvashield DAS Jacket	Alkali pH>14	✓ FRP ✓ Modular PVC ✓ Removable Forms	Zinc anode strips inside self-activating mortar

(1)Galvashield Tidal Jacket 保護系統

使用高純度裸鋅陽極 - 適用於海水中的潮汐帶保護，如圖 2-22 所示。



圖 2-22 Tidal Jacket with Zinc Mesh 保護系統

(2)Galvashield Tidal Plus Jacket 保護系統

含有裸露的鋅陽極和吸濕排汗織物，如圖 2-23 所示，以提高潮汐區域以上的保護效果。利用 FRP 或模塊化 PVC 現場模板，如圖 2-24 所示。



圖 2-23 包覆於吸濕排汗織物的鋅陽極



Tidal Plus Jacket with Wicking Fabric Anodes (prior to jacketing)



Tidal Plus Jacket with Modular PVC Stay-in-Place Formwork

圖 2-24 Tidal Plus Jacket 保護系統

(3) Galvashield DAS Jacket 保護系統

採用激活的分佈式陽極，允許護套保護系統在所有暴露條件下發揮作用，包括海水，微鹹水，淡水和旱地（非海洋），如圖 2-25 所示。採用 FRP，模塊化 PVC 現場形式或可拆卸模板，內部充填導電混凝土，如圖 2-26 所示。



圖 2-25 Galvashield DAS Jacket 保護系統內部



*Galvashield DAS Jackets
Prior to Installation*



Galvanode DAS Jackets Installed

圖 2-26 Galvashield DAS Jacket 保護系統模組與完成圖

Galvashield Jacket 類型與適用暴露條件如表 2-4 所示。

表 2-4 各類型保護系統適用環境

Exposure Condition		Tidal Jacket	Tidal Plus Jacket	DAS Jacket
Saltwater	Tidal	✓	✓	✓
	Transitional		✓	✓
	Atmospheric			✓
Brackish Water				✓
Freshwater				✓
Dry Land				✓

小結：目前國內海洋環境的樁柱保護，海水面上主要以塗裝及包覆法來保護，水面下以犧牲陽極或外加電流保護，由研討會廠商展示的新保護方式，未來國內相關單位也可納入考量。

4. 軌道檢測系統

交通部臺灣鐵路管理局(以下簡稱臺鐵)為確保旅客及貨物運送的安全，依據「交通部臺灣鐵路管理局線巡查安全作業程序(106年)」規定，每週內，其中 1 天由各道班輪派人員徒步巡查轄區路線，或以電搖車、工程維修車巡查各道班轄區 1 次。若當地風力達七級以上或陣風 10 級以上時，得停止巡查，惟地區應變中心成立時，應依應變中心之指示辦理；另外 5 天每天由各分駐所監工區督導人員、技術領班、技術副領班輪流搭乘機(列)車巡查各分駐所轄區路線 1 次；其餘 1 天由各工務段養路主任、施工主任、產業主任、勞安主任、分駐所主任輪流搭乘機(列)車巡查各工務段轄區路線 1 次。隨著道工班同仁因年紀關係逐年退休，及臺鐵人事精簡及工班人員銜接斷層等問題，臺鐵自 1980 年開始引進軌道檢測車 EM-80(如圖 2-27 所示)，負責全臺軌道檢測工作，然使用自今，該檢測車已使用近 40 年，已超過當時設定的使用年限，有必要針對軌道檢測設備進行汰舊換新。



圖 2-27 軌道檢測車 EM-80

此次研討會展場有廠商(Pavemetrics 公司)展示相關檢測設備，該公司主要是專注於 3D 視覺系統的研發，其產品主要運用於運輸基礎設施的自動檢測，相關產品已在全球超過 35 個國家/地區使用，提供道路、跑道、鐵路和隧道等基礎設施的日常檢測使用。該公司的檢測技術結合了高速 3D 雷射和精密光學技術，可生成高解析度的 2D 影像和 3D

輪廓，檢測速度可達 100 km/hour，且白天或夜晚均可檢測。另外，該檢測系統結合龐大且不斷增加的自動數據處理資料庫，可以快速，客觀地檢測基礎設施。茲針對其雷射軌道檢測系統(LRAIL)摘要介紹如下：

(1)本系統可以擷取到 X 向和 Y 向達到 1 mm 解析度，垂直向達到 0.1 mm 解析度的 3D 軌道輪廓。

(2)本系統可以藉由分析 3D 輪廓，進行關鍵測量，例如軌道幾何形狀（傾斜，對齊，曲率等），並檢測關鍵缺陷（軌道表面缺陷和枕木的損壞）。

(3)系統特點

a.檢測速度可達 100 km / hour

b.同步 3D 幾何測量和高解析度影像

c.白天和夜間操作，不受陰影影響

d.全自動鐵路檢查：

(a)木製枕木（位置，傾斜角度，裂縫，缺少道釘）

(b)混凝土枕木（位置，傾斜角度，裂縫長度，裂縫深度，裂縫寬度）

(c)扣件檢查（位置，類型，錯位，缺失，覆蓋）

(d)軌道交叉處檢查（位置，磨損）

(e)開關檢查（位置，腳趾檢測，腳趾損壞）

(f)導軌表面損壞（切屑，裂縫）

(g)接點檢測和間隙測量

(h)軌距寬度，軌道傾斜，軌道之間的橫向水平，縱向水平

(i)Railhead 3D 輪廓和磨損

e.使用里程點與校正後之 GPS (x, y 和 z) 座標，自動對數據提供位置參考座標

f.儀器每個僅重 10 公斤，可安裝在車輛或專用檢查車上

g.堅固的組件且以密封的外殼保護

h.低功耗

i.數據經壓縮，以最小化儲存

其主要設備如圖 2-28 所示，安裝於檢測軌道車如圖 2-29 所示，檢測成果如圖 2-30~2-31 所示，產品規格如下

- 掃描頻率為 28,000 Hz
- 1 毫米橫向解析度
- 0.1 毫米垂直解析度
- 垂直解析度達 0.25 毫米



圖 2-28 主要設備高速 3D 雷射儀



圖 2-29 主要設備安裝於軌道車之情況

```
-----  
REPORT FOR RAIL INSPECTION  
-----  
Survey ID: 80916385  
Survey path: D:\Work\Data\LRAIL\  
  
-----  
SUMMARY  
-----  
===  
Number of gage measurements: 46  
Number of geometry profile measurements: 46  
Number of detected ties: 33  
Number of fasteners: 136  
Number of missing fasteners: 2  
Number of covered fasteners: 1  
Number of joints: 10
```

圖 2-30 部分檢測報告

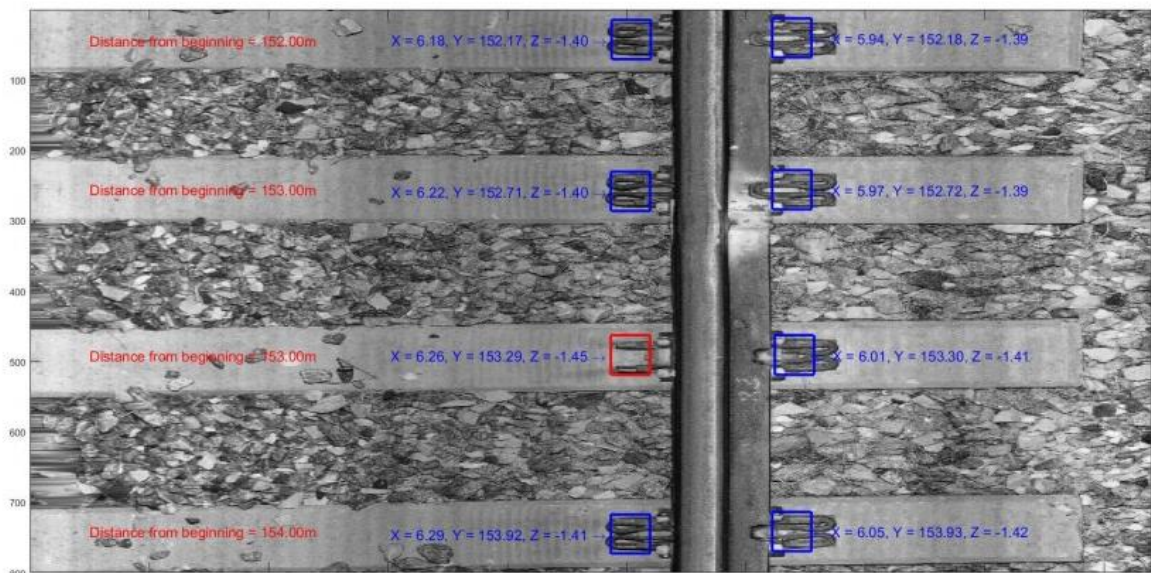
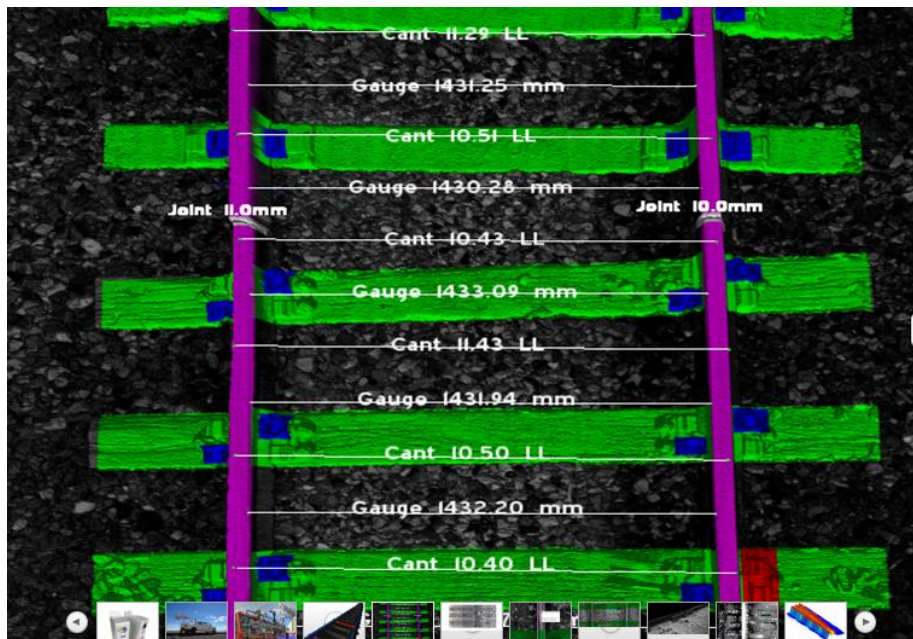


圖 2-31 軌道檢測成果

小結：臺鐵局因應人事精簡及檢測設備老舊問題，為提升未來軌道檢測效率，有必要進行相關設備之汰舊換新工作，未來可嘗試瞭解國內外軌道檢測之新技術及設備，並編列預算進行採購，以提升軌道檢測效率，滿足運輸安全的需求。

5. 公路鋪面修護技術

目前公路之鋪面修護施工作業流程，主要分為路面切割刨除、噴灑黏層、鋪築作業、滾壓作業及路面養護標線，如圖 2-32 至圖 2-36 所示。



圖 2-32 路面切割刨除



圖 2-33 噴灑黏層



圖 2-34 路面鋪築



圖 2-35 路面滾壓



圖 2-36 路面標線

此次展場有廠商(英達公路再生科技公司)展示其「公路醫生」系列之公路鋪面修護新技術，該技術以原本路面材料現場加熱翻鬆，並添加再生劑及新瀝青混合料(約原來瀝青之 10~15%)重新拌合夯實再利用，整個修補作業時間比傳統路面修補施工可節省至少一半時間，快速又有效率，相關施工程序如圖 2-37 所示。

與傳統道路養護施工比較，其優點如下：

(1) 環保

原路面材料 100% 循環再利用，避免刨除粒料處理之環保問題，且可減少石料之開採，達到節能減碳及環境永續的目的。

(2) 高效能

機組一體化施工，最高修護速度可達到每分鐘 4~6 公尺的公路鋪面，且設備機動靈活，可快速進場施作或撤離。

(3) 優質

翻鬆過程不損害原路面級配料，且確保再生層與下層的熱黏結，施工完成後無弱介面，解決傳統工法存在弱介面的問題。

(4) 干擾小

施工過程僅占用一車道，交通影響低，且無粉塵、低噪音，對市民生活干擾度低。



圖 2-37 公路鋪面修護新技術施工流程

小結：與傳統道路養護大多採用刨除重鋪，不僅工程耗時，並需花費大量人力、物力，施工過程產生大量瀝青刨除廢料，還伴隨粉塵、廢氣、噪音污染及影響交通等環境問題，該技術值得國內引進推廣。據廠商表示，目前臺北市及新北市已有營造廠商引進該公司設備投入國內公路鋪面修補的工程。

6. 研討議題「港灣設施與金屬結構物的腐蝕保護(Corrosion Protection of Metallic Structures and Marine Ports)」

此場次議題，主要針對金屬結構物與港灣設施的腐蝕保護進行探討。相關主題包括「熱噴塗鋅塗層的鋼橋腐蝕防護」(如圖 2-38 所示)及「海事基礎設施的腐蝕管理」(如圖 2-39 所示)相關內容摘要說明如下：。



圖 2-38 熱噴塗鋅塗層的鋼橋腐蝕防護



圖 2-39 海事基礎設施的腐蝕管理

(1)熱噴塗鋅塗層的鋼橋腐蝕防護

挪威位於北歐，東接瑞典，西臨北大西洋，北部進入北極圈，其東北端與芬蘭及俄國接壤。地形狹長，國土南北長達 2200 公里；丘陵、湖泊及峽灣交錯，平原較少，陸地面積為 323,802 平方公里。挪威國內橋梁約有 2 萬多座，鋼橋有 2,000 多座，且絕大部分大跨度橋梁為鋼橋，有很強的橋梁維護需求，簡報內容如圖 2-40 所示。



圖 2-40 挪威橋梁統計

本場次介紹雙重塗層(Duplex coating)系統(熱噴塗鋅塗層與漆塗層)於挪威橋梁防蝕工法之應用案例，其主要原理是金屬鋅塗層為底層，上層以漆塗料為頂層，如圖 2-41 所示，頂層漆塗料可以保護底層鋅免受初始腐蝕，而底層鋅同樣保護頂層漆塗料免受因金屬結構受刮擦或孔洞造成的底部腐蝕，兩種塗層之間的協同作用，所提供的金屬結構保護效果遠遠優於獨立使用的單一系統。依過去案例顯示，雙重塗層較單一塗層系統之維護週期長，概估雙重鋅塗層的壽齡是單獨塗層所提供的防腐蝕壽齡 2 倍以上。

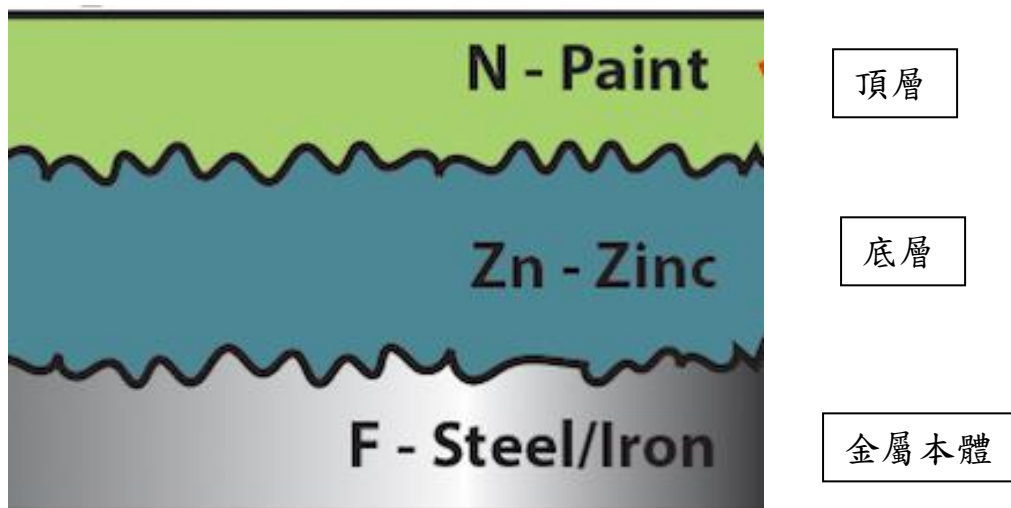


圖 2-41 雙重塗層示意圖

以 Brevik Bridge 為例(如圖 2-42 所示)，若以單一塗裝及 3 次塗裝之維護成本數據估算，自 1962 年至 2013 年約 50 年需要 260(USD/M²)；而自 1970 年至 2012 年約 42 年採熱噴塗鋅雙重塗裝及 1 次塗裝維護只需 120(USD/M²)，由此案例得知，雙重塗裝除了減少生命週期的維護頻率，也同時減少其維護成本。因此在橋梁生命週期防蝕成本分析上，雙重鋅塗層優於一般的單層塗層。

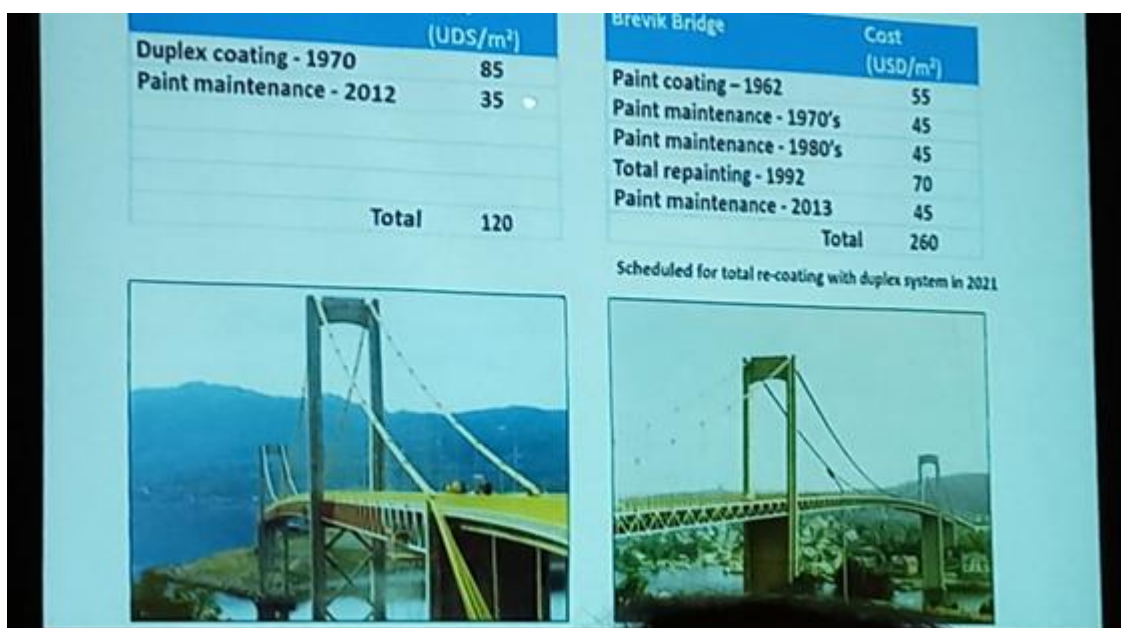


圖 2-42 單一塗層與雙塗層鋼橋腐蝕防護成本分析

小結：

- a.目前國內鋼橋材料防蝕採用油漆塗裝、熱浸鍍鋅、金屬鎔射、耐候鋼或其他防蝕材料等方式。
- b.雙重塗層(Duplex coating)系統其主要原理是金屬鋅塗層為底層，上層以漆塗料為頂層，以鋅塗層(底層)來說，其頂層之塗膜將水等物質隔離，使鋅腐蝕進行緩慢，另以塗膜(頂層)來說，底下之鋅層腐蝕慢，對本身損傷就少。這種雙重防蝕效果，使鍍鋅後再塗裝之耐蝕壽命，超過鍍鋅及塗裝各別壽命和之 1.5~2.3 倍，對於長期防蝕的環境是有效的方法之一。
- c.鍍鋅的防蝕結構物原則上可單獨使用，但在臺灣工業地區或臨海地區較高腐蝕性的環境，建議參考挪威的案例，鍍鋅後再塗裝或許可發揮更有效的防蝕效果。
- d.鍍鋅層以合金層及純鋅層與底材緊密接合，密著性良好，因而衝擊或摩擦等很難將其剝離。但如遇到極大力量衝擊，尤其是銳利角的衝擊時會有剝落的情形發生。鍍鋅層剝離時，可用塗裝或鋅熔射加以補修，國內油漆廠已推出很多種補修塗料。

(2)海事基礎設施的腐蝕維護管理

海事基礎設施在其使用年限期間存在著腐蝕相關的問題。這些設施遭受嚴酷的海洋環境和頻繁的使用，往往會降低鋼筋混凝土和鋼構件的耐久性，因此需進行設施之腐蝕維護管理。

海事基礎設施腐蝕部位與速率與其暴露環境有顯著之差異，一般暴露環境可區分為大氣區(Atmospheric Zone)、飛沫區(Splash Zone)、潮差區(Tidal Zone)及浸沒區(Submerged Zone)。大氣區之海上結構物整體皆暴露於大氣介質中，如日照、降雨...等，結構物整體多處於乾燥環境；飛沫區(Splash zone)及潮差區(Tidal zone)則反覆受到海浪潑濺及日照曝曬；結構物受乾濕循環交替作用影響甚大；浸沒區 (Submerged zone)之結構物整體皆長期浸泡於海水之中，然海水中存在大量氯離子，易造成金屬鈍化之破壞，故海洋環境是為高腐蝕之腐蝕環境。

因此對於港口和其他海事設施的業主和運營商而言，需要從策略性腐蝕維護管理計畫開始，除主動檢測相關設施外，也須依設施檢測的結果評估設施的殘餘壽齡，決定設施持續維護或拆除重建，如圖 2-43 所示。

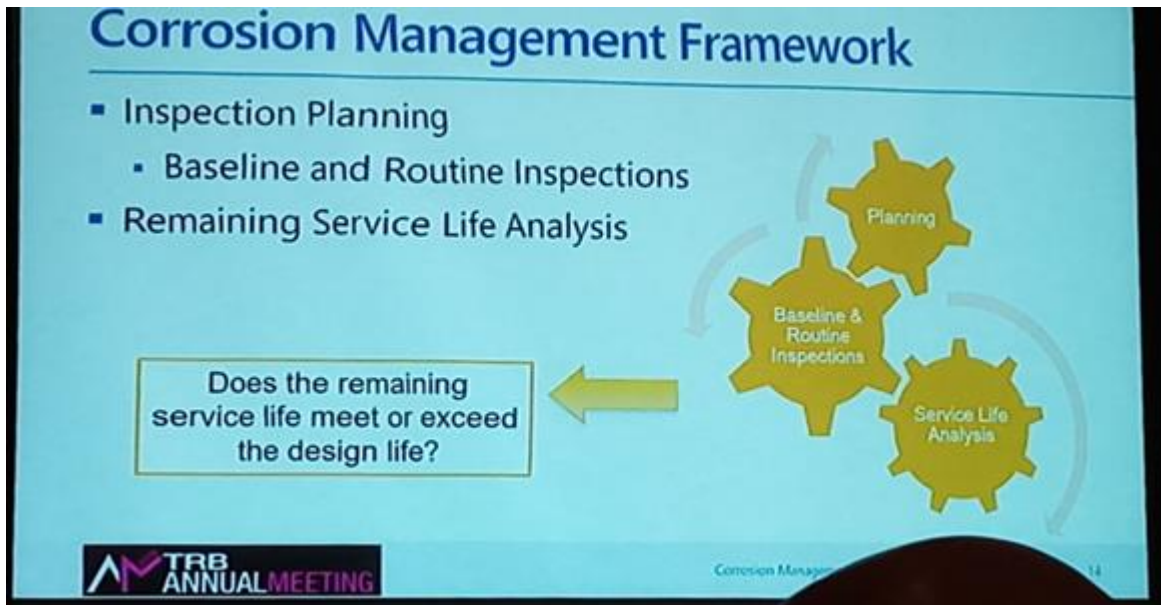


圖 2-43 海事基礎設施腐蝕管理推動架構

在擬定腐蝕維護管理計畫前，要了解一些關鍵項目：首先，確定存在哪些基礎設施構件，並且應該進行清點；其次，確認已有的建築材料和相關防腐措施，如鋼材的塗裝方式，如圖 2-44 所示。最後依暴露環境和使用狀況，進行腐蝕風險確認，如圖 2-45 所示，以供後續腐蝕維護計畫制定的參據。近年來，石油，天然氣和加工工業廣泛採用腐蝕維護管理計畫來維護各種設備、管道和其他需求。

Coatings for Steel

Coating Type	Examples	Suitable Zones
Barrier	Epoxies, polyurethanes	All
Inhibitive	Zinc phosphates	Atmospheric
Sacrificial	Zinc rich primers	Atmospheric
	Metalizing – zinc, aluminum or zinc-aluminum alloys	Atmospheric, Splash
	Hot-dip galvanizing	Atmospheric, Splash

圖 2-44 鋼材的塗裝保護方式

Zone	Steel	Concrete
Atmospheric	Low < 4 mpy	Low
Splash	High, > 20 mpy	High
Tidal	Low, < 4 mpy	Moderate
Submerged	Moderate, ~10 mpy (greatest risk 1 to 3 ft below MLW, "ALWC")	Low
Other contributors	Flow & turbulence	Oxygen availability

Source: Melchers, Robert E., and Robert Jeffrey. NACE CORROSION 2010 Conference. Paper No. 10223.

TRB ANNUAL MEETING

Corrosion Management of

圖 2-45 鋼筋混凝土和鋼材於不同曝露區腐蝕風險

小結：

- a. 在訂定腐蝕維護管理計畫時，需瞭解金屬結構物所處暴露環境(大氣區、飛沫區、潮差區、浸沒區)，再擬定腐蝕減緩方案。
- b. 建立腐蝕維護管理系統，以提升維護管理成效，並以每月、每季及每年定期例行性港口現場檢測來進行設施維護管理。
- c. 設施生命週期成本之評估，可先預測剩餘的使用年限，評估設施持續維護或拆除重建，以供後續維護費用或拆除重建預算編列的參考。

第三章 心得與建議

3.1 心得

1. 本所為官方主要負責交通運輸之研究單位，長期扮演交通部智庫的角色，除發揮對交通部業務橫向整合的政策協助功能外，更提供縱向執行的技術支援；為充分瞭解國外交通運輸近期研發方向、技術開發成果、落實應用經驗及政策發展方向等趨勢，參加 TRB 年會有其必要性。
2. 透過「臺籍運輸專家資訊交流會議」(Taiwanese Technical Information Exchange Meeting)，大家可以互相認識，並交流所學與經驗，不僅可以獲得新知，也為日後臺美運輸界彼此互相協助與合作奠定良好的關係。
3. 在 TRB 年會之海報展場，每一場次均有許多中國大陸研究生參展，而來自臺灣的研究生寥寥無幾，且由參加「臺籍運輸專家資訊交流會議」的出席人員觀察，來自臺灣的官方代表僅本所 2 位，學界包括教授及研究生似乎也未超過 10 位，顯示在參與國際研討會方面，國內產官學界似乎不如中國大陸來的積極。
4. 埋地橋(Buried Bridge)依相關的研究顯示，比起傳統橋梁型式，具有構件簡單、承載能力高、施工容易快速、建設成本低、適用範圍廣及後續維護成本低等優點，是未來國內中小跨度(跨度小於 30 公尺)橋梁修復或替換可以考量的橋梁方案。
5. 此次 TRB 展場廠商展示的公路鋪面修護新技術，該技術以原本路面材料現場加熱翻鬆，並添加再生劑及新瀝青混合料(約原來瀝青之 10~15%)重新拌合夯實再利用，整個修補作業時間比傳統路面修補施工可節省至少一半時間，快速又有效率，與傳統道路養護大多採用刨除重鋪，不僅工程耗時，並需花費大量人力、物力，施工過程產生大量瀝青刨除廢料，還伴隨粉塵、廢氣、噪音污染及影響交通等環境問題，該技術值得國內引進推廣。
6. 雙重塗層(Duplex coating)系統其主要原理是金屬鋅塗層為底層，上層以

漆塗料為頂層，以鋅塗層(底層)來說，其頂層之塗膜將水等物質隔離，使鋅腐蝕進行緩慢，另以塗膜(頂層)來說，底下之鋅層腐蝕慢，對本身損傷就少。這種雙重防蝕效果，使鍍鋅後再塗裝之耐蝕壽命，超過鍍鋅及塗裝各別壽命和之 1.5~2.3 倍，對於長期防蝕的環境是有效的方法之一。

3.2 建議

1. 建議本所在相關經費許可下，能持續派員參加 TRB 年會，瞭解交通運輸的發展趨勢，對後續本所提供交通部施政的協助與部屬機關運輸技術之支援會有助益。
2. 建議本所奉派參加 TRB 年會的同仁，均能參與「臺籍運輸專家資訊交流會議」，並加入 TIE Line 及 Facebook 群組，以奠定日後臺美彼此互相協助與合作的良好關係。
3. 由此次國外廠商展示的軌道檢測系統，該系統似乎已發展成熟至可應用的程度，而本所近年進行軌道扣件的本土化檢測技術研發，建議可參考國外的系統架構，以本土化的系統設備及所研發的人工智慧技術來組建本土化的軌道檢測系統。