

出國報告（出國類別：開會）

## 2025年運輸研究委員會(TRB)年會

服務機關：交通部高速公路局

姓名職稱：林佳煜主任工程司

派赴國家/地區：美國/華盛頓DC

出國期間：114年1月3日至1月11日

報告日期：114年2月17日

## 公務出國報告摘要

頁數：18

報告名稱：2025年運輸研究委員會(TRB)年會

主辦機關：交通部高速公路局

連絡人/電話：林佳煜/(02)29096141轉2103

出國人員：林佳煜主任工程司

出國類別：開會

出國地點：美國

出國期間：114年1月3日至1月11日

分類號/目：H0/綜合類（交通）

關鍵詞：交通、運輸、鋪面

內容摘要：

2025年運輸研究委員會 (TRB, Transportation Research Board) 年會於114年1月5日至9日在美國華盛頓特區的Walter E. Washington 會議中心及萬豪侯爵酒店(Marriott® Hotels)盛大舉行。TRB是美國國家科學院管理的研究組織，每年一月份都會在華盛頓舉行大型研討會，為期5天。每年年會皆吸引了來自世界各地，數以千計的交通運輸專業人士。研討會主題包羅萬象，舉凡交通運輸之委員會議、研討會、學術論文海發表、廠商產品展覽。藉由交通運輸界之政策制定者、管理人員、從業人員、研究人員以及政府、行業和學術機構等人員或代表發表與研討，並就全世界所關注之交通議題、工程技術發展、車載傳輸等議題提供各項創新及技術發展的國際化交流平臺。

# 目次

壹、目的.....	2
貳、過程.....	3
參、大會活動.....	5
一、研討會 .....	5
二、廠商產品展覽.....	12
肆、其他見聞.....	16
伍、心得與建議.....	22

## 壹、目的

2025年TRB(Transportation Research Board)年會於114年1月5日至9日在華盛頓特區的Walter E. Washington會議中心，TRB年會吸引了來自世界各地的數千名運輸專業人士。目的為交通運輸界提供各項創新及技術發展國際化的交流平臺。

本次年會期間舉辦的各種活動，包括400場TRB常務委員會議、650多場專題研討會、4,000個學術論文海報發表、為期3天交通相關之廠商產品展覽及求職招聘會，可讓參加者充分了解全球交通發展趨勢及成果。

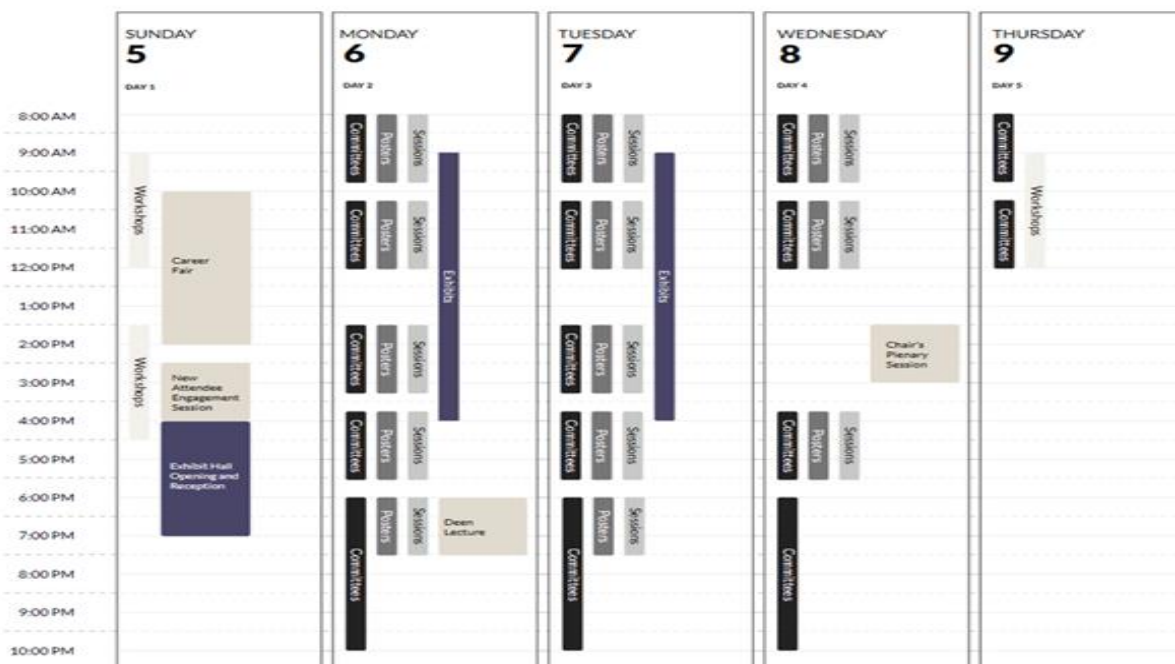
本次專題研討會分別於1月5日至9日舉辦實體會議，1月6日至8日舉辦線上會議，研討會主題依交通運輸類別分為1.行政和管理、2.航空、3.橋梁和其他結構、4.建設、5.數據和資訊技術、6.設計、7.經濟學、8.教育與培訓、9.能源、10.環境、11.金融、12.貨運、13.岩石工程、14.國際活動、15.法律、16.維護和保存、17.海上運輸、18.材料、19.運營和流量管理、20.路面、21.行人和騎自行車的人、22.規劃和預測、23.政策、24.公共交通、25.軌道、26.安全和人為因素、27.安全和緊急情況、28.社會、29.聚焦會議、30.航站和設施、31.一般運輸、32.車輛和設備等32類主題，約650場次的論壇。

## 貳、過程

本次會議地點於美國華盛頓DC，本局參加人員行程表係依主辦單位排程時間出席與會，出國期間自2025年1月3日至1月11日，共計9天，詳細行程如下表。

日期	星期	行程	內容
2025年1月3日~ 2025年1月4日	五 六	桃園-紐約 紐約-華盛頓DC	去程
2025年1月5日~ 2025年1月9日	日 ~四	華盛頓DC	專題研討會 廠商產品展覽 學術論文海報發表 求職招聘會
2025年1月10日~ 2025年1月11日	五~ 六	華盛頓DC-紐約 紐約-舊金山 舊金山-桃園	返程

**Schedule at a Glance**  
January 2025

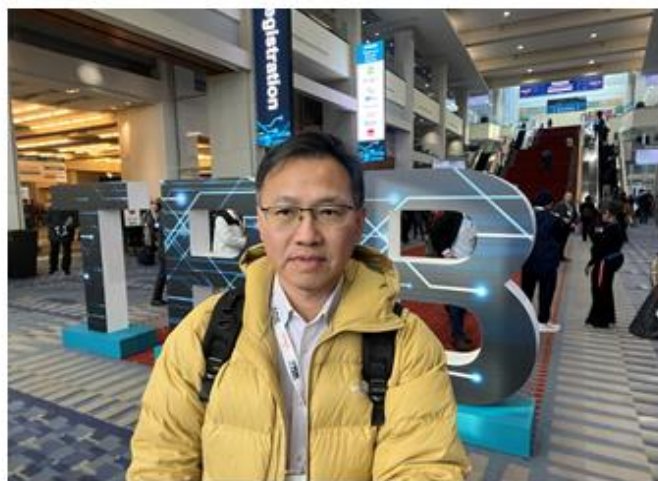


會議排程

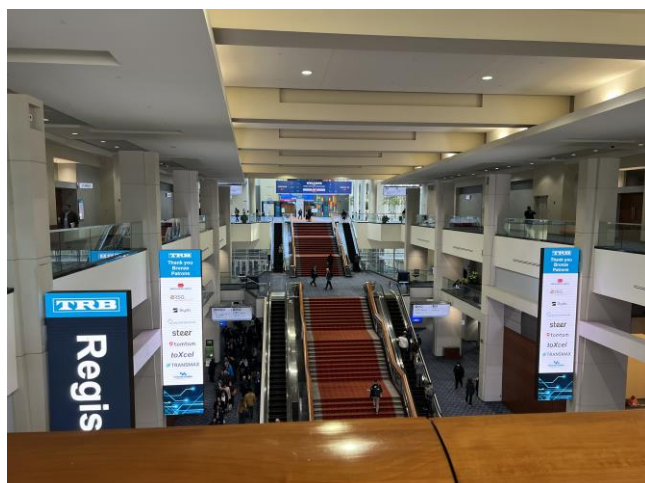




報到會場



筆者於大會報到處



大會現場



研討會



學術論文海報發表



廠商產品展覽

## 參、大會活動

本次大會活動主要可分為專題研討會、廠商產品展覽與學術論文海報發表等3大部分，說明如下：

### 一、專題研討會

研討會依性質可分為實體及線上論壇2種，並依交通運輸專業分工分為32類，筆者依據興趣及涉及工作相關內容參加下列2類3項議題之研討會：

橋梁和其他結構類：

- (一) 「安全橋梁的地震研究和實踐進展(Advances in Seismic Research and Practices for Safe and Secure Bridges)」
- (二) 「預製混凝土在交通基礎設施可持續性中的作用方法和挑戰(The Role of Precast Concrete in the Sustainability of Transportation Infrastructure: Approaches and Challenges)」

建設類：

- (三) 「別讓瀝青回收嚇跑RAP(Don't Let Asphalt Recycling Scare the RAP Out of You)」

茲就所參加之研討會內容概述及心得說明如下：

- (一) 「安全橋梁的地震研究和實踐進展(Advances in Seismic Research and Practices for Safe and Secure Bridges)」

地震對橋梁結構的安全性和使用功能影響深遠，特別是環太平洋地震帶，橋梁的設計、檢查與維護顯得尤為重要。研討會探討了地震對橋梁的影響，震前建立橋梁管理及快篩系統、震後檢查與損壞分類，以及快速就地震規模對橋梁安全影響快速分類，並總結了於震前及震後維護的關鍵重點。

地震帶來的震動可能對橋梁結構造成嚴重損壞，包括墩柱開裂、梁體位移、支座損壞以及橋台滑動等問題。特

別是中高度地震，可能導致橋梁整體坍塌，進而中斷交通和影響救援效率。因此，研究地震前橋梁分類、建立系統，對震後快速減災及了解橋梁概況具有重要意義。

橋梁管理系統就橋梁震後檢查與損壞分類等下列事項納入，於震後快速且準確地評估橋梁損壞程度，是確保公共安全的第一步。

#### 1. 橋梁震後檢查部分：

- ◆外觀檢查：檢查橋梁表面裂縫、墩柱傾斜、支座脫落以及梁體偏移等問題。
- ◆結構檢查：利用無損檢測技術，如超聲波測試和紅外成像，評估內部結構損傷。

#### 2. 震後橋梁損壞可分為以下類型：

- ◆輕微損壞：僅表面裂縫或輕微變形，對橋梁使用功能影響較小。
- ◆中度損壞：局部結構受損，如墩柱開裂或支座移位，可能影響橋梁承載能力。
- ◆嚴重損壞：結構變形明顯或承載能力大幅下降，需要立即封閉並進行修復。

#### 3. 地震規模對橋梁的影響：

- ◆較大規模的地震會產生更強的地震波，導致更大的結構應力。
- ◆地基條件也對橋梁的抗震表現產生顯著影響。
- ◆設計地震力應考慮不同地震規模及地質條件對橋梁結構的影響。

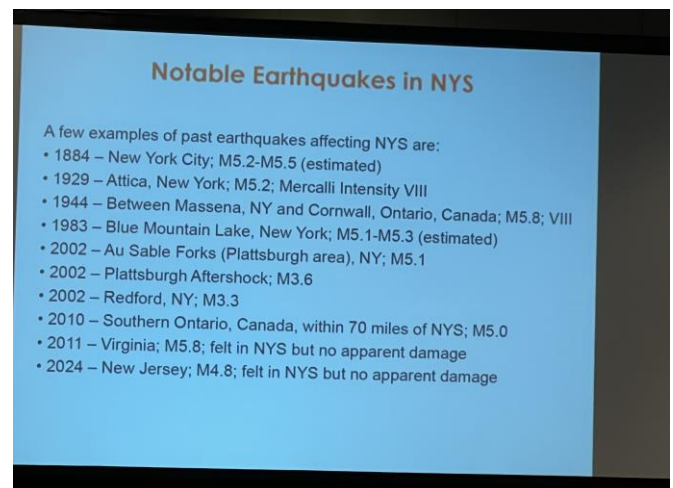
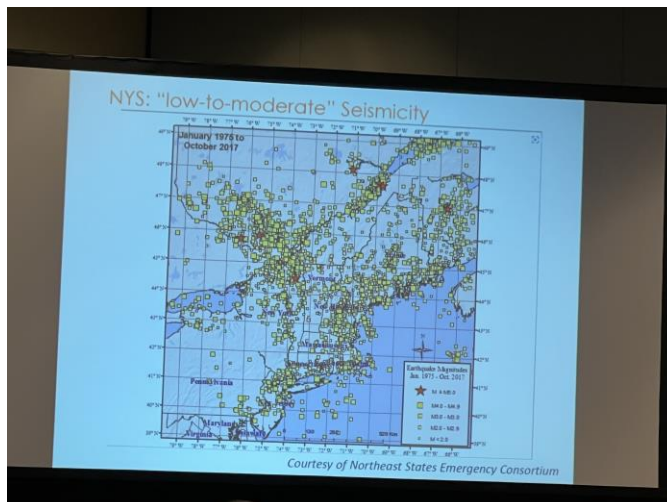
#### 4. 橋梁震後維護與使用功能影響：

- ◆震後維護工作的核心是恢復橋梁的結構功能和交通功能。維護計劃應根據損壞分類進行，輕微損壞可採取補強措施，如灌漿修復裂縫；而中重度損壞則需要更全面的加固或重建。
- ◆另外震後橋梁使用功能的恢復取決於維修工作的效率

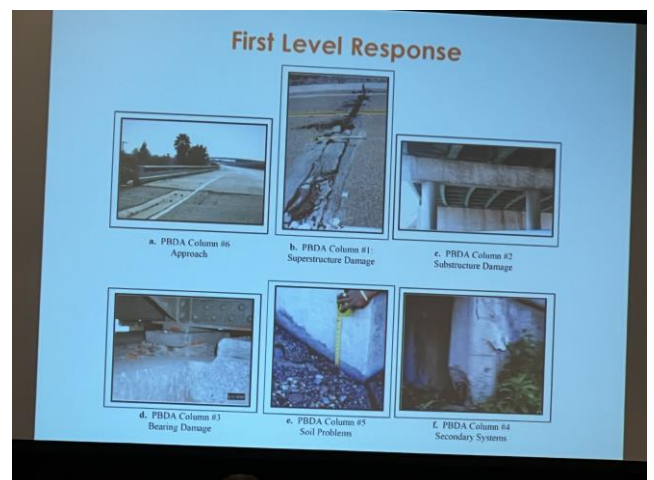
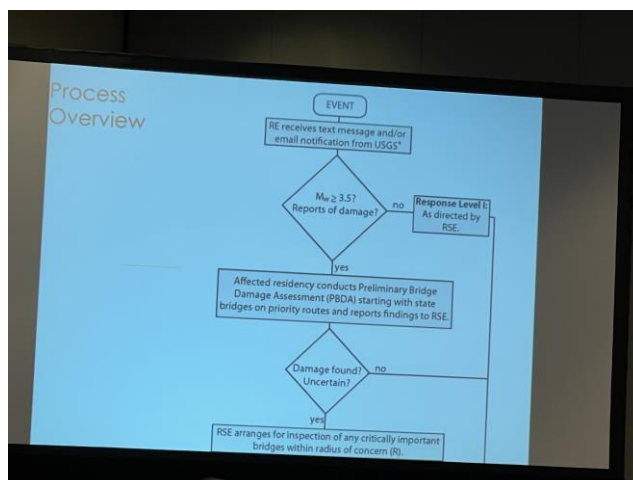


和品質。一些橋梁可能需要暫時限制車輛通行，影響交通運輸和經濟活動。因此制定快速反應的維修方案，並優化施工技術，減少對社會的影響。

地震對橋梁的安全性與使用功能具有重大影響，研究地震作用下橋梁結構的動態響應以及震後快速檢查與分類方法，是提升橋梁抗震性能的重要途徑。未來，應加強橋梁抗震設計標準的制定，並推廣高效的震後維修技術，確保橋梁在地震後能迅速恢復功能，為社會穩定運行提供可靠保障，就本研討會分享美國目前研究成果，就筆者看來，因美國發生地震頻率未如我國高，依目前我國橋梁管理單位所建立之橋梁管理系統功能已不亞於國外。



研討會簡報照片



研討會簡報照片

(二) 「預製混凝土在交通基礎設施可永續性中的作用：方法和挑戰 (The Role of Precast Concrete in the Sustainability of Transportation Infrastructure: Approaches and Challenges)」

此節將探討預鑄混凝土在交通基礎設施中的應用、挑戰及其對環保和節能減碳的貢獻。預鑄混凝土是指在工廠內按照設計要求預先製作成型，然後運輸到施工現場進行安裝的混凝土構件。因生產過程主要包括模具設計、原料配比、澆築成型、養護和檢測等步驟，故相較於現場澆築，具有以下幾個主要效益：

1. 品質穩定性：工廠內生產的環境可控，能確保構件的尺寸和強度符合設計要求。
2. 縮短工期：預製構件可在現場施工同步進行，有效縮短建設時間。
3. 降低成本：重複使用模具及集中生產降低了材料浪費和人力成本。
4. 提高安全性：現場施工量減少，降低工地安全風險。
5. 環保與節能減碳：使用低碳水泥或其他膠結材料，環保且碳排放減少具有顯著作用。
6. 材料高效利用：通過精準設計與生產，減少了原材料的浪費。
7. 能源消耗減少：工廠化生產過程使用高效設備，能源利用率更高。
8. 減少碳足跡：預鑄混凝土壽命長，耐久性高，減少了後期維護和重建需求，間接降低碳排放。

儘管預鑄混凝土的優勢明顯，其在實際應用中仍面臨一些挑戰，特別是在運輸和安裝環節：

1. 運輸限制：預鑄構件通常尺寸較大且重量可觀，運輸過程需專用車輛並受到道路承重能力和交通規範的限制。
2. 現場安裝精度：安裝過程中需高精度吊裝設備與技術人員，確保構件無縫對接。
3. 成本增加：長距離運輸和現場安裝設備投入可能提高建設成本。

筆者依研討內容摘要綜整，倘預鑄混凝土於國內使用，其後續優點及可能面臨問題如下：

1. 數位化施工：可於目前規劃及設計部門正推動之BIM（建築資訊模型）技術結合，提升預製構件設計、生產與安裝的效率。
2. 符合環保發展方向：研發新型綠色混凝土配方和循環利用技術，進一步降低對環境的影響。
3. 無法大幅降低生產成本：受限國內市場規模，恐難降低生產成本。
4. 大構件就無法運輸：受運輸限制，大構件無法載運。



研討會簡報照片

（三）「別讓瀝青回收嚇跑 RAP (Don't Let Asphalt Recycling Scare the RAP Out of You)」

隨著道路建設與養護需求的增加，大量瀝青混凝土廢料的產生給環境帶來了巨大的壓力。瀝青混凝土回收利用已成為環保及節能問題，其通過對回收刨除後之瀝青混凝土的再生利用，不僅可以降低原材料的消耗，還能減少廢棄物處理的環境負擔。

本研討會討論RAP的特性、再生利用技術、混合比率以及其使用效益，以推廣回收利用再生瀝青混凝土。

RAP的核心在於將舊有的瀝青混凝土廢料經過破碎、篩分等過程處理，然後按照適當比例摻入新拌瀝青混合料中，用於新道路的建設與維修。熱瀝青混合物RAP是目前

主流技術之一，能有效恢復瀝青的粘結性並提升混合料的性能。

瀝青混凝土回收須遵循嚴格的規範，包括回收料的分級、儲存和摻配比例的控制。在制定回收使用方案時，需要綜合考量RAP中老化瀝青的性質以及再生劑的選擇，確保再生瀝青混凝土的品質穩定。

再生瀝青混凝土混和料的性能受RAP摻配比例影響顯著。目前研究及使用之摻配再生瀝青混合料之比例約在20%-50%範圍，其性能接近於純新料，但隨著RAP比例增加，瀝青混合料的抗裂性與耐久性可能會下降。為了提高再生瀝青混凝土的性能，使用適量的再生劑可以有效軟化老化瀝青，使其恢復適當的粘結能力。

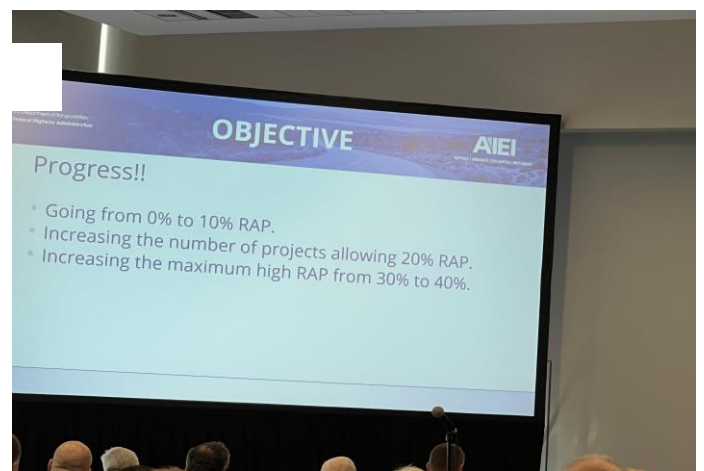
在道路工程是使用上，因各級道路之交通量不同其混合比率的選擇應根據交通量、工程需求與施工條件進行優化。例如，高速公路等對耐久性要求較高的工程適合採用較低比例RAP，而城市道路等對經濟性要求更高的場合則可考慮提高RAP比例。

再生瀝青混凝土的使用效益體現在經濟與環境兩方面。從經濟角度看，RAP的使用可減少天然瀝青和骨料的需求，降低原材料成本。同時，減少廢料處理的運輸與填埋成本，進一步提升施工效率與整體效益。另從環境角度看，瀝青混凝土回收使用能顯著降低建設過程中的碳排放，並有效減少廢料堆積對土地資源的佔用，並減少採礦與瀝青製造過程對自然資源的消耗，也促進了永續發展的目標。

再生瀝青混凝土的應用優勢明顯，但仍面臨一些挑戰，如RAP第1次回收及第2次回收料如何管理及確保分類確實、RAP老化問題導致性能下降、再生劑選擇與配比的技術難點等。未來應加強對再生劑與新型添加劑的研究，同時完善相關標準與規範，推動再生技術的規模化應用。

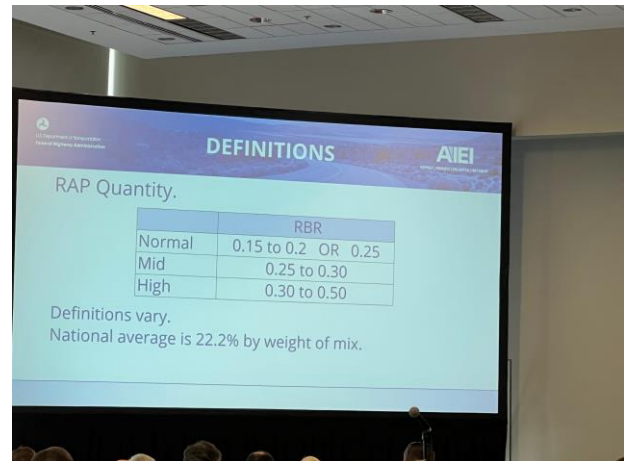
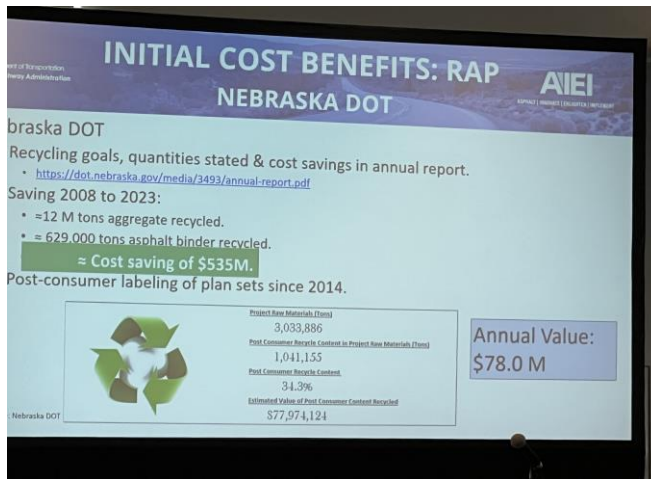
筆者依研討內容，倘於國內使用其後續優點及可能面臨問題說明如下：

1. 符合世界環保發展方向：國內每年刨除後瀝青混凝土無法充分再利用，部分瀝青廠之回收料已堆積如山，大量去除廢料去化問題。
2. 可大量降低砂石料開採：除有益環境問題外，可減少砂石料開採，對生態有利。
3. 技術已漸成熟：目前RAP利用、配比(國內約20~40%)等國內技術也逐漸成熟，惟需推廣使用。
4. 再生RAP單價高：因拌合添加劑等，目前單價比新瀝青混凝土貴，造成推廣阻力高。
5. 可多面向使用於級配層：可考量使用於道路之回填層，增加使用面向。
6. 如何確保回收品質：後續倘大規模使用後，如何避免第1次、第2次、甚至第3次回收料混和，以確保RAP品質及使用壽命是相當大的挑戰。



研討會簡報照片





研討會簡報照片

## 二、展覽

### (一) 展覽概述

本次參展廠商來自各國，展示攤位約40~50攤，參展產品主要為道路設施GIS納入AI科技、橋梁檢測設備與道路鋪面自動化檢查評估系統等相關廠商。



展示攤位

茲就筆者目前業務相關攤位內容說明如下：

#### 1. MST-BAR玻璃纖維聚合物鋼筋(GFRP)

是種玻璃纖維聚合物鋼筋，依廠商資料其MST-BAR<sup>®</sup>比鋼筋輕4倍，強度高3倍，不導熱、不導冷、不導電，大大減少工作場所的傷害，安裝時間和人員數量減少一半，不需要維護或維修，並且比它加固的混凝土使用壽命更長。





MST Rebar Inc.公司展示攤位

## 2. 聯邦公路管理局(FHWA)研究--使用協作駕駛自動化(CDA)的輕型車輛施工區管理(WZM)

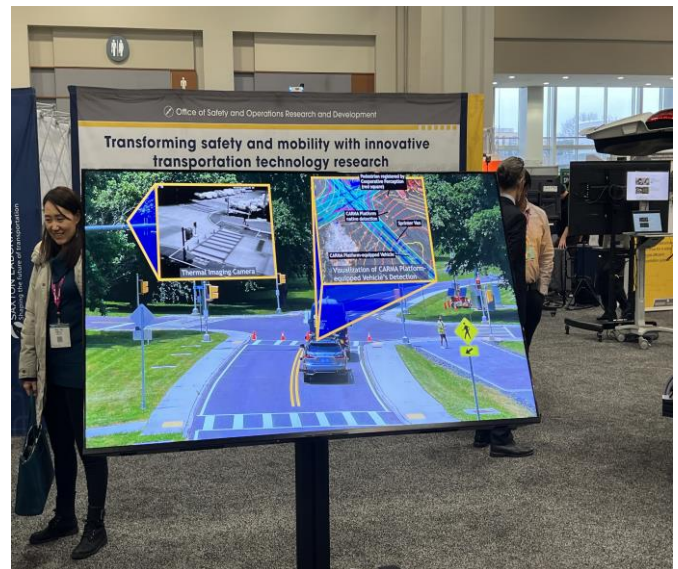
自2013年以來，施工工作區死亡人數增加了61%。這些策略將提高自動駕駛汽車的感知能力並規劃其連動。由於實施臨時交通管制，工作區對自動駕駛系統的導航造成了挑戰，因一些系統可能會使用先前為其駕駛環境創建的道路地圖。施工工作區域經常改變車道配置、擾亂車道標記並遮擋其他車輛和行人，這可能會對自動駕駛感知和導航系統造成挑戰。

研究計畫係以施工區管理(WZM)使用案例示範了雙車道雙向道路中的CDA，其中施工區已關閉其中一條車道，其測試原理為交通號誌將其SpaTa訊息傳送到V2X集線器，V2X集線器將訊息轉發到RSU，以便將它們廣播到車輛。車輛處理這些接收到的SPaT訊息並更新其軌跡，以停在相關的停止欄處或繼續行駛。測試結果如下：

1. 車輛可以對從配備V2X集線器和RSU的交通號誌接收到的SPaT訊息做出適當的回應。自動駕駛汽車可接受的反應包括在綠燈亮起時繼續通過交通號誌燈，或減速停車並等待號誌燈變為綠色後再繼續行駛。
2. 在穿過工作區時，車輛可以遵循與CARMA雲中創建的TCM中描述並由V2X中心廣播的車道幾何形狀相匹配的路徑。
3. 車輛不在工作區域內時可以保持20英里/小時的正常速

度限制，而在工作區域內時可以降低15英里/小時的速度限制，如CARMA雲中創建並由V2X中心廣播的TCM中所述。

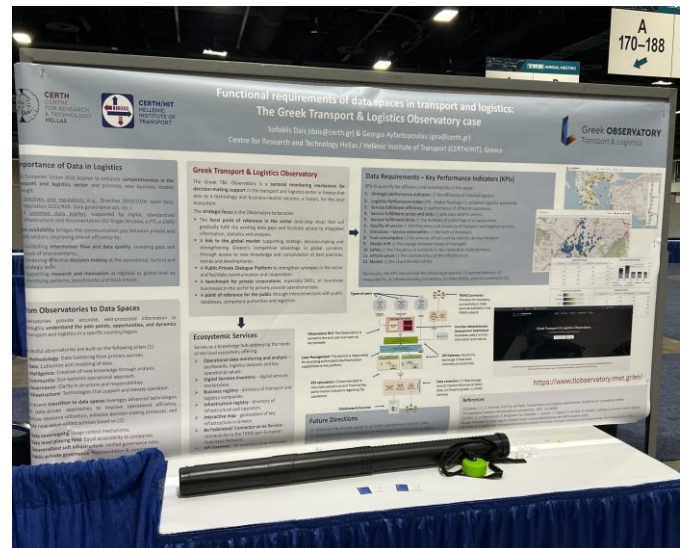
在所有測試運行中，涉及系統能夠正確地相互傳達訊息。更具體地說，配備V2X集線器並連接到CARMA雲的RSU成功廣播了TCM和SPaT訊息，並且AV接收並處理了這兩種訊息類型。這一結果使自動駕駛汽車能夠對交通號誌做出適當的反應並在工作區域中導航。



聯邦公路管理局(FHWA)研究海報

### 三、學術論文海報發表

學術論文海報發表為提供學術單位發表論文，分多天多場次張貼展示，每一場次張貼展示時間約105分鐘，因屬學術論文，爰筆者未詳細了解發表之內容。



其他主題海報



## 肆、其他見聞

- 一、 美國工程施工品質及施工細節執行情形佳，以所見之臨海之鍍鋅鋼構結構，相關銜接之細部均無鐵銹顏色，足以證明施工品質及細節甚佳。

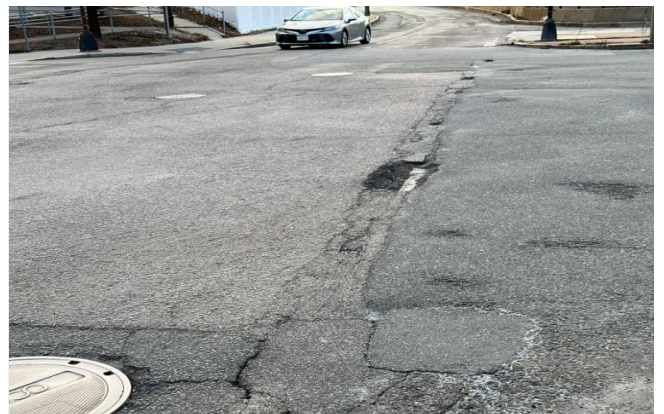


鍍鋅鋼構結構施工品質

- 二、 經觀察美國地大且基礎設施發展早，許多交通基礎建設已使用30~50年，甚至達50年以上，因經費不足基礎設施養護不甚理想，爰美國拜登政府方於2021年底通過美國基礎建設法案（IIJA），其預算高達1.2兆美元（新台幣33.4兆元）藉以改善美國道路、橋梁、管路、港口和網際網路連線。以下照片為所觀察之道路、橋梁老化損壞情形。此節情況於國內屬少見案例，可知國內交通基礎設施之維護作業執行的相當不錯。



主要橋梁鋼梁銹蝕



主要道路路口充滿坑洞



主要橋梁柱混凝土嚴重剝落及鋼筋外露銹蝕嚴重

三、 洲際道路中央分隔帶護欄與跨越橋橋墩配置，空間充分結合利於車道配置或道路拓寬。此節於國內工程之道路拓寬或改善可學習。



洲際道路中央分隔帶護欄與跨越橋橋墩空間充分結合

四、 洲際道路中央分隔帶未設置防眩板

經過多條洲際道路(含市區段)其中央分隔帶均未設置防眩板，又回國後以GOOGLE街景又查了美西與日本多條洲際道路或高速公路之情形如下：

- (一) 美西洲際道路與美東相同，均未設置防眩板。
- (二) 日本於大都會區多數高速公路之街景圖亦無設置中央分隔帶防眩板，部分中央混凝土護欄較高，僅小部分高速公



路有設置防眩板或防護柵，且有設置防眩板間格約5-7公尺一塊。

(三) 另查德國與法國高速公路街景圖，倘為中央分隔帶為混凝土護欄大部分一無設置防眩板。

後經查閱美國AASHTO相關規範其對中央分隔帶之對向車道眩光問題，說明為設計者需考量，可採局部加高護欄方式辦理，爰可看到所節錄之部分照片中央混凝土護欄有局部加高約20~40公分。另日本之規範道路附屬物設置基準有說明可設置防護柵可防眩光。

依各國相關規範及設置情形，國內高快速道路之防眩板是否設置過密可減量，或可考慮如美國或日本部分採混凝土加高20-40公分研議。



美東I190公路無防眩板，但加高護欄



GOOGLE街景美東I95無防眩板



GOOGLE街景美西I405公路無防眩板



GOOGLE街景美西I280公路無防眩板





GOOGLE街景日本3號國道無防眩板



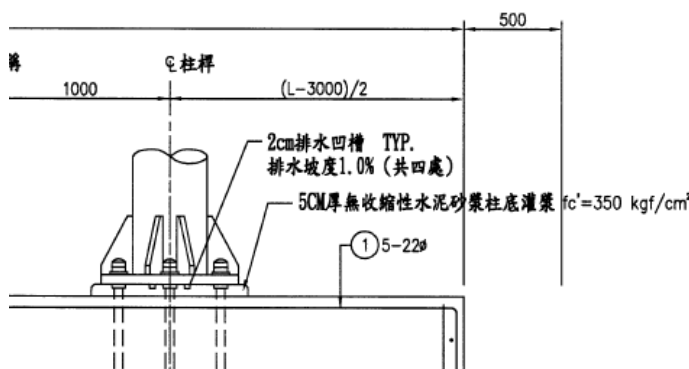
GOOGLE街景日本5號國道無防眩板，但加高護欄

## 五、交通門架基座與基礎螺桿施工細部

國內交通門架之基座與基礎螺桿固定後係以無收縮水泥填滿，並留設2公分排水凹槽。

經觀察I95洲際公路諸多交通門架其於基座與基礎螺桿固定後不再澆注無收縮水泥。就施工筆者認為，因螺桿裸空長度短(無側撐長度)可承受壓力大，不致造成螺桿之挫曲破壞，倘螺桿之防蝕處理良好下，其整體排水表現較佳，無排水凹槽阻塞問題，且工序簡單。

另經觀察國內私人工程牌面基座亦有如美國作法，照片如附。爰筆者認為本項之施工細節可依設施之重要程度納入施工考量。



國內交通門架施作圖



I95公路門架與基礎連結



I95公路門架與基礎連結



國內大型牌面基礎

#### 六、路堤(塹)上設置高度達5~7公尺之預鑄型混凝土隔音牆

筆者經過I80公路觀察其路堤(塹)段外側有設置高度達約5~7公尺以上之預鑄型混凝土隔音牆，且長度達數百公尺以上。

因國內一般隔音牆高度大多小於4公尺，材質主要有金屬隔音牆，少量使用空心磚或鋼筋混凝土結構。因金屬隔音牆倘高度大於4公尺甚至達7公尺時，其造價增幅驚人。倘於路堤(塹)如無承載力限制，改設鋼筋混凝土之隔音牆結構，其施高度可達10公尺，設置費用可大幅降低，且後續養護成本亦相對低廉。

查目前國內國道1號汐五高架下方因主線之反射噪音，造成部分路段因兩側居民陳情於橋梁正下方已有施作倒吊型金屬吸音板案例。因倒吊型金屬吸音板施作費高，且後續橋梁檢測及維護困難。次查國道1號汐五高架下方之橋梁淨高主要約10~11公尺以下，倘改善預鑄型或現場澆鑄鋼筋混凝土隔音牆，並配合橋梁下方施作約2公尺倒吊式金屬牆片，則可建構1道高10~12公尺高隔音牆，將作為施作倒吊型金屬吸音板替選方案，另附上松山機場外側高度約達9公尺之造型隔音牆照片。

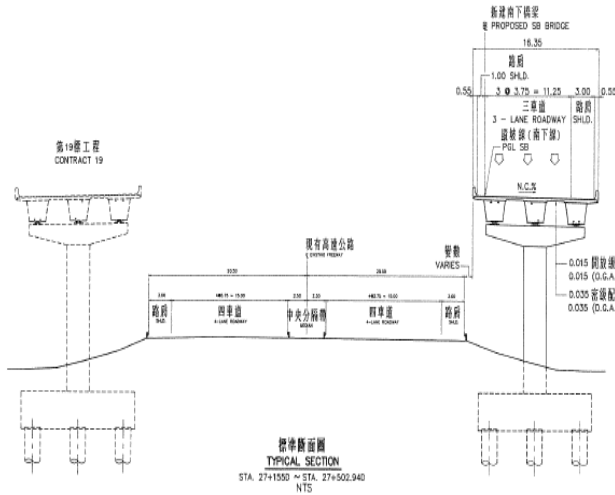




I80公路隔音牆



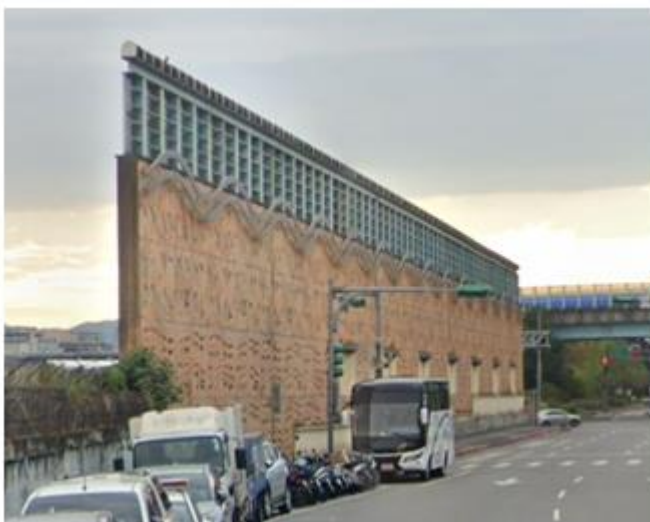
I80公路隔音牆



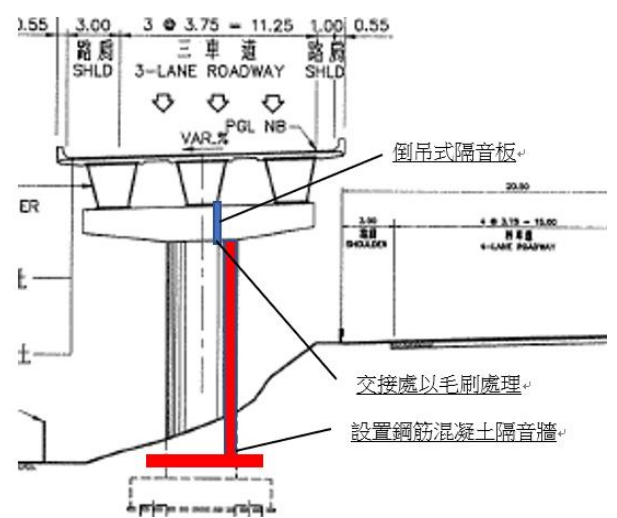
國1汐五高架斷面



國1汐五高架下方之倒吊型金屬吸音板



松山機場隔音牆



建議設置方案

## 伍、心得與建議

- (一) 減碳工法及再生資源使用為世界之趨勢，後續道路工程對設計、施工及營運納入考量。
- (二) 隨著自動駕駛或半自動駕駛車輛增加，因(半)自動駕駛車輛之設計盲點或尚未成熟，於道路工程之施工區域交通事故反增加，道路管理單位希望藉由V2X車聯網，可接收和發送交通訊息，藉由獲取周圍車輛的位置、速度、方向、制動等訊息，提前預測潛在的碰撞風險，並採取預防降低速度，可減少交通事故。
- (三) 國內每年刨除後瀝青混凝土無法充分再利用，部分瀝青廠之回收料已堆積如山，因RAP技術已漸成熟(國內配比約20~40%)需推廣使用，可考量使用於道路之回填層，增加使用面向，或於一般地區道路或高速公路之聯絡道使用。
- (四) 有關防眩板之設置，可參考各國相關規範及設置情形，就國內高快速道路之防眩板是否設置過密可減量，或可考慮如美國或日本部分採混凝土加高20-40公分研議。
- (五) 交通門架基座與基礎螺桿施工細部認為本項之施工細節可依設施之重要程度納入施工考量。
- (六) 國道1號汐五高架下方因主線之反射噪音，設置倒吊型金屬吸音板。因倒吊型金屬吸音板施作費高，且後續橋梁檢測及維護困難。後續可考量以現場澆鑄鋼筋混凝土隔音牆，並配合橋梁下方施作約2公尺倒吊式金屬牆片，將作為施作倒吊型金屬吸音板替選方案。