

出國報告（出國類別：國際會議）

2023國際道路協會(IRF)年會

服務機關：交通部高速公路局北區養護工程分局

姓名職稱：林炳松分局長

派赴國家/地區：美國/鳳凰城

出國期間：112年11月12日至11月19日

報告日期：112年12月15日

系統識別碼：C11100782

公務出國報告摘要

頁數：21

報告名稱：2023年國際道路協會(IRF)年會

主辦機關：交通部高速公路局

連絡人/電話：林炳松/(02)2791-2366

出國人員：林炳松分局長

出國類別：國際會議

出國地點：美國

出國期間：112年11月12日至11月19日

分類號/目：H0/綜合類（交通）

關鍵詞：交通、運輸、鋪面

內容摘要：

2023年國際道路協會(IRF)年會(IRF Global R2T Conference & Exhibition)於民國112年11月14日至11月17日在美國鳳凰城召開，依據IRF執行長C. Patrick Sankey的說明可知，本次論壇主題為道路未來之綠色、公平、智能和集成，本次研討會在鳳凰城的亞利桑那大學(世界上最重要的創新科技學校之一)舉行，藉由本研討會議學習和分享有關最新技術和解決方案，促成研究人員分享研究成果，各管理部門建立正確業務聯繫並展示其創新和服務的機會。

研討會議從11月14日理監事大會開始，11月15日是正式開幕及研討會議，11月16-17日上午也有二天的論文發表及研討會議，11月17日下午則是技術參訪，參觀坦帕市的交控中心。總計有46個場次，大約二百篇論文發表。

另外，展覽會場中，也參觀了冷拌再生瀝青料的回收應用、橋梁劣化自動化檢查評估系統、滾輪型護欄、無人機應用於橋檢等攤位。

開會期間也抽空體驗鳳凰城及吐桑市的大眾運輸(輕軌)，順便拜訪亞歷桑納大學土木工程與力學系吳耀然教授的實驗室，了解了最新的交控資料運用技術，或許可供國內未來公路建設及交通改善的參考。

目次

壹、目的	2
貳、出國行程	3
參、大會活動	9
一、研討會	9
二、現場展覽攤位	9
肆、其他見聞	15
伍、心得與建議	21

壹、目的

2023年國際道路協會(IRF)年會(IRF Global R2T Conference & Exhibition)於112年11月14日至11月17日在美國鳳凰城，由國際道路聯合會主辦。本次大會以「道路的未來：綠色、公平、智能」為主題，藉由涵蓋科學與技術研討、成果與產品展示、實務應用等面向，目的是為讓各國交通領域之專家做相關交流，互相了解目前道路工程各項創新及技術發展，並提供國際化的交流平臺。

本次大會除舉行主題論壇及專題論壇外，並設有廠商產品展覽及舉行2023 IRF頒獎儀式，就道路主管機關而言，這個研討會是一個絕佳的學習新科技及解決方案的機會。就研究型學者而言，這個研討會是一個絕佳分享研究成果的平台，就私人企業而言，這個研討會是一個絕佳的拓展業務並展現創新科技的機會。

而專題論壇方面，主題論壇涵蓋以下幾個面向：

1. 道路的資產管理及路面維護
2. 新材料及新工法
3. ITS的新科技
4. 道路使用收費課題
5. 大眾運輸減碳議題
6. 道路零死亡
7. AI在運輸資產管理的應用

等7大領域共46個場次論壇

由於國際道路協會(IRF)年會(IRF Global R2T Conference & Exhibition)有其重要性，故此次國內相關產官學界均有派員參加，產業界有金和泰股份有限公司及華三營造公司、中興工程顧問公司，公務機關有高公局及運安會、新北市政府新工處等，學界有台大周家蓓教授及高科大土木系蘇育民教授，這次有幸能跟部分人員共同組團前往，並於會場見到國內所有報名參加之人員，異地相逢，大家彼此寒暄互動熱烈。

另藉本次出國參加研討會的空檔，前述部分人員(台大周家蓓教授及高科大土木系蘇育民教授、新北市政府新工處鄭立輝副處長、中興顧問公司廖惠美經理等，及本人)亦參訪了位於吐桑市的亞歷桑納州立大學吳耀然教授的實驗室(吳教授是台大周家蓓教授的碩士指導學生，為目前國內年輕一輩少數留在美國任教的學者，且其手上的研究計畫與資源不少)，了解了最新的交控資料運用技術。

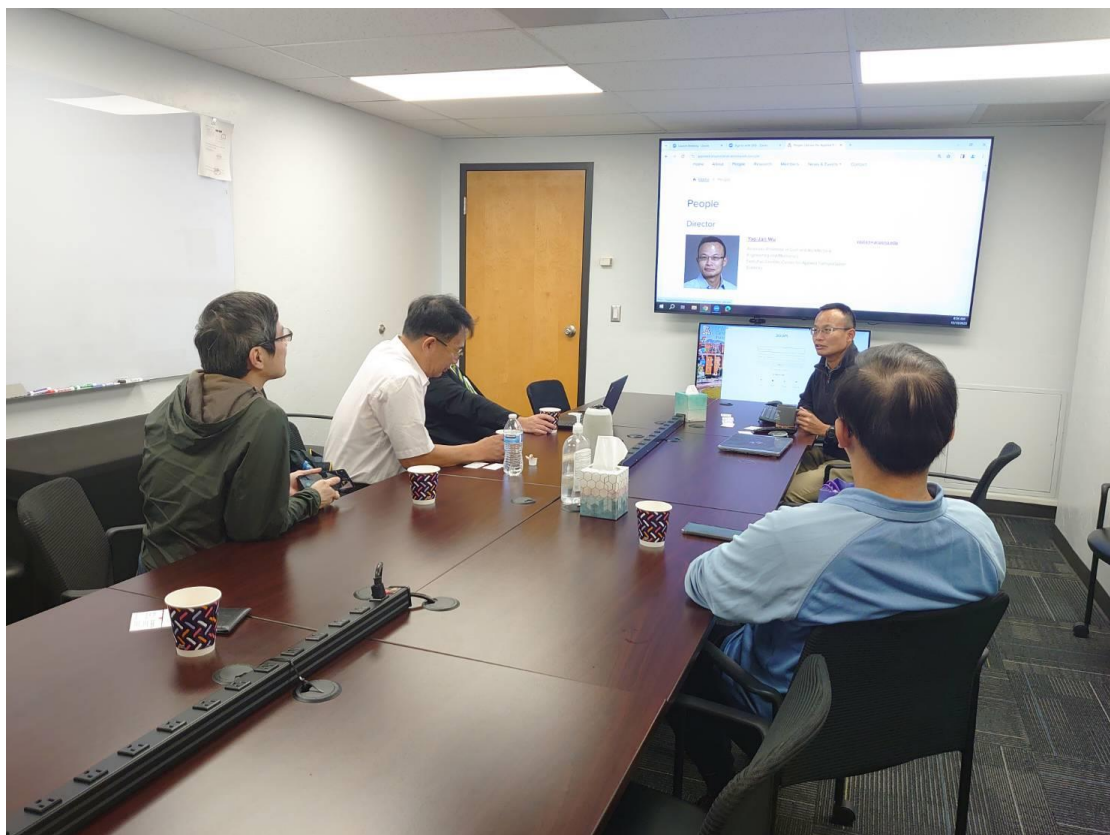
另外，前述一行人亦利用空檔去參訪台積電位於美國鳳凰城的工地，目前該工地正全面趕工中，亦有部分廠商已開始營運，惟我們因無管道且未事先申請，故只能於工地周邊環視一圈，並與幾個台灣過去的工程師恰巧在路上相遇，稍作聊天後即離去。

貳、出國行程

本次會議地點於美國鳳凰城，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 112 年 11 月 12 日至 11 月 19 日，共計 8 天，詳細行程如下表。

日期	星期	行程	內容
11 月 12 日	日	桃園至舊金山 舊金山至鳳凰城	去程
11 月 13 日	一	鳳凰城	市區交通建設參觀
11 月 14 日	二	吐桑市	專題討論、參觀實驗室、參觀亞利桑那大學交通實驗室
11 月 15 日至 11 月 17 日	三四五	鳳凰城	大會開幕式 大會主題論壇 大會專題論壇 大會展覽會場
11 月 18 日至 11 月 19 日	六日	鳳凰城至舊金山 舊金山至桃園	返程

相關活動照片及說明如下



參觀亞歷桑納大學土木建築工程與力學系吳耀然教授的實驗室



參觀亞歷桑納大學吳耀然教授的實驗室附屬交控中心



亞歷桑納大學仙人掌地標前合影



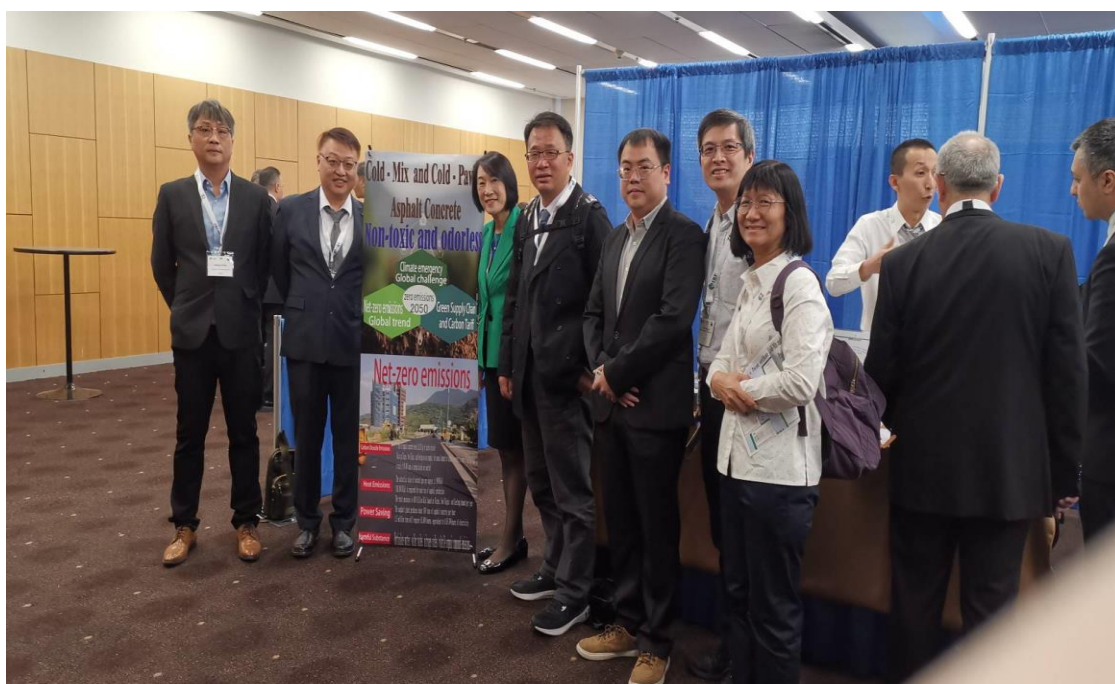
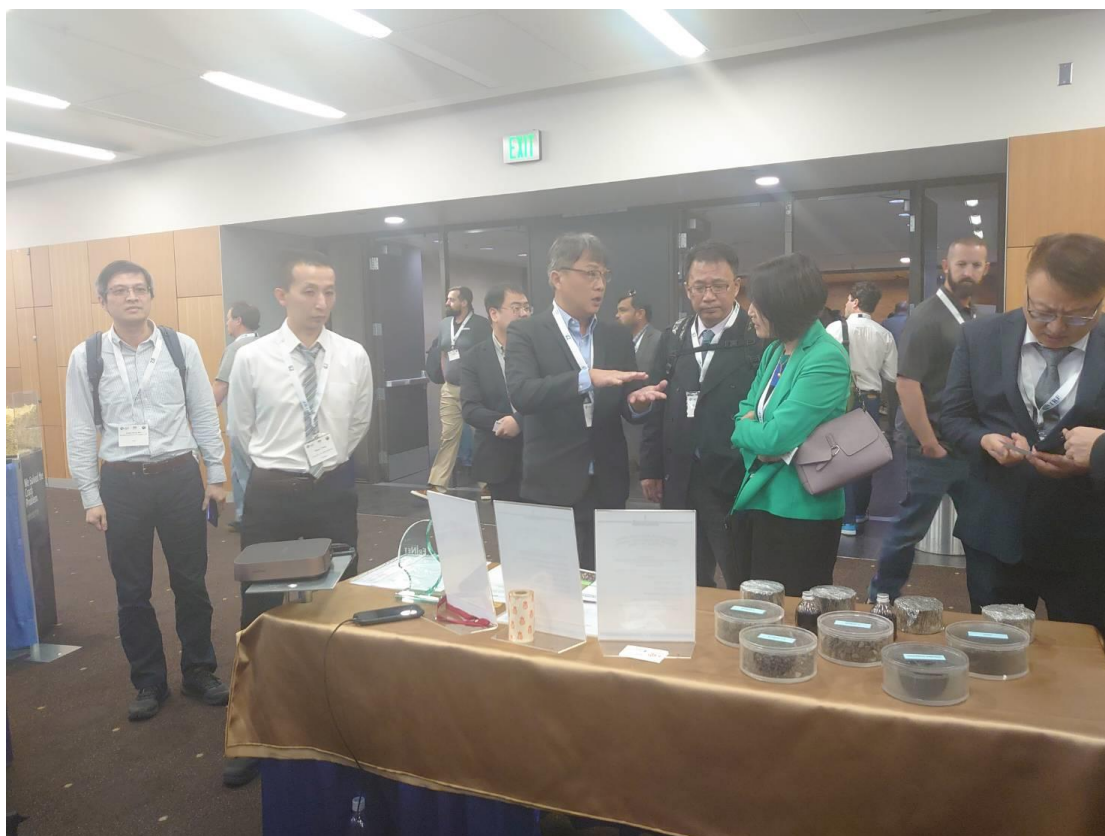
台灣代表團與大會籌辦人員合影
(右一為中興顧問廖惠美經理、右二為運安會曾仁松調查官、右三為周家蓓教授、左一為中興顧問經理、左二為新北市新工處鄭立暉)副處長、左三為高科大蘇育民教授)



台灣代表團與大會主席及籌辦人員合影



大會會場及開幕時盛況



周家蓓教授及其他與會人員於金和泰實業的攤位前仔細聆聽解說

參、大會活動

本次大會活動主要可分為研討會、展覽及導覽等3大部分，說明如下：

一、研討會

大會活動開幕式之主題論壇：題目為通往現代化公平交通系統的途徑，減碳至零碳運輸對於氣候變化至關重要，需要世界各國交通領域人員共同來努力。

這次投稿的主題包括如下：

1. 資產管理：路面或橋梁的管理系統、AI的應用、維運管理技術
2. 道路零死亡：AI應用於道路安全、道路安全的診斷、護欄安全性的進化、高抗滑材料的應用。
3. 交通管理系統的進化、ITS應用於氣候變遷。
4. 新材料新技術的發展，超高速能混凝土的應用、瀝青混凝土配比(溫伴、橡膠瀝青應用等)、碳足跡的探討、瀝青回收料應用。
5. 收費與運輸需求管理:收費定價、貨運使用道路之收費策略、里程收費的影響、市區道路收費策略。
6. 道路維護工作區的安全，特別是在發展中國家，大量的道路修復並沒有伴隨著相應的安全措施和培養道路維護施工安全的觀念。

二、現場展覽攤位

展覽概述說明下：

本次參展廠商主要為美國廠商，亦有部分如墨西哥、日本廠商，展示攤位約20家，其中1家為臺灣廠商金和泰實業，主要是展出冷拌瀝青再生料的成效等。其餘參展產品為道路設施GIS系統、道路鋪面自動化檢查評估系統、滾輪型護欄、橋面板裂縫偵測技術等相關廠商。

茲就筆者業務，相關攤位內容回國後經分析探討說明如下：

1. ETI滾動導向護欄系統

滾動導向護欄系統是經MASH所核准的 TL3/TL4 下一代護欄，它結合了可吸能之聚物乙烯-醋酸乙烯酯 (EVA) 製成的旋轉桶和專有的鋼護欄。除了 MASH 碰撞測試 TL3 和 TL4 外，滾動導向護欄系統還通過了 EN1317 碰撞測試 H1 和 H2，並且獲得了 CE 認證。

滾動導向護欄的建造以模組化設計，由 D 形鋼軌、架設 EVA 減震筒的圓形鋼柱和車架導軌組成，在發生事故後，可以更換單個零件而不會影響整個系統，從而降低維護成本。

2. NEXCO WEST USA公司的結構裂縫檢測

傳統上，由合格的工程師使用錘測、鏈條拖曳和目視檢查進行橋面板裂縫或損害等評估，但需要大量的現場人力、經驗和車道封閉等成本。NEXCO WEST USA公司以掃描方法對道路路面檢測，可以節省總時間達 20% 到 30%。

其原理為如果橋面板有裂縫，利用紅外線掃描檢測混凝土橋板相關技術的結果，在裂縫處的溫度會有不規則的變化，藉此來判斷裂縫產生的情況，想像一下若是鋼筋在橋板內腐蝕，可能會產生膨脹進而產生裂縫，因此在紅外線下，因為空氣甚至水滲入因鋼筋腐蝕而生成的縫隙，在紅外線影響上就會比整個橋板溫度略低，而容易被偵測跟觀察到。在美國，所有橋板上並不會有瀝青混凝土的加鋪，全部橋板都是剛性路面加縱向鋸槽，因此可以透過西日本公司這項技術來做檢測與監測，然而在臺灣，因為我們把所有的混凝土橋板都加鋪瀝青混凝土，因此在橋板上就很難看得到底部混凝土橋板的狀況，其實很多路面表面上的破損，很有可能都是橋板上的問題，比如鋼筋腐蝕，台灣的部分公路確實是看到某些地方一而再再而三的路面破壞反覆在橋梁段上發生。

其檢查項目特點如下：

- (1)提高公路施工人員的安全，減少在工作中喪生的人數
- (2)對老化的基礎設施有效檢測
- (3)DTSS 可以於 70mph 的速度執行檢測
- (4)準確的紀錄及客觀的報告

3. 瀝青路面維護工程使用縱向黏合劑的案例經驗—美國底特律Crafco公司研究單位

多車道公路在鋪設瀝青鋪面時需分次鋪設與滾壓，以及不同時期鋪設之新舊瀝青鋪面，均會產生鋪面縱向施工縫，常為鋪面相對弱面易產生損壞之處。一旦出現裂縫，多為縱向裂縫且延續相當長度，對道路鋪面平整度與後續鋪面結構強度影響較大，對高速行駛的高速公路用路者而言，行車舒適度降低且肇事風險增加；對道路主管機關而言，為維修鋪面需增加交通維持範圍與時間，形成較大交通衝擊容易引發民怨。

道路鋪面破壞常發生於新舊瀝青鋪面交接面，因交接面之材料鋪設密度與壓實度不易均勻、易有孔隙，加以新舊瀝青膠結不佳有裂隙、水分易滲入，有時僅 1~2 年就提早發生縱向裂縫，破壞道路鋪面。由於高速公路交通量通常較大，鋪面一旦發生裂縫容易迅速擴大損害範圍，若於施工時即以黏合劑膠結瀝青鋪面縱向施工縫，降低產生裂縫機率，將有助於延長鋪面壽命、減少維修次數、降低施工風險，並提升整體交通安全與效益。

依據美國底特律 Crafc0 公司研究單位蒐集美國瀝青技術中心(National Center for Asphalt Technology)在 1995-2001 期間於 5 大州 (賓州、科羅拉多、密西根、威斯康辛、紐澤西)進行研究，若未針對道路鋪面縱向施工縫進行加強處理，容易因水分、溫度、粒料剝料等行程破壞。後續賓州與科羅拉多州有分別進行 6 年及 5 年的實驗，發現施作縱向黏合劑防止鋪面提早破壞的效果最佳，切齊施工縫的效果次之，早鋪鋪面加強滾壓效果較差。而目前紐澤西州交通局已規定道路鋪面鋪設時，均需使用縱向黏合劑，延長鋪面服務績效。

目前國內推動中的高速公路拓寬工程、交流道改善工程、相關維護工程等，將陸續面臨新舊瀝青鋪面鋪設與維護管理課題，因此瞭解美國道路之維護方法與實務經驗，可作為後續相關工程規劃設計與施工實務之參考。

4. 台大周家蓓教授團隊的熱聚酯標線抗滑與反光雙重性能之研究

道路標線對用路人交通安全有關鍵影響，尤其近年來屢有天雨標線易滑與老舊標線夜間反光不足等意外事故，因此相關單位均修訂施工規範提升標線抗滑性，並落實至實際道路工程中，以降低天雨路滑意外風險，全面性增進道路交通安全。

因道路常用熱聚酯標線之材料，玻璃珠含量與抗滑粒料之物理特性不同，道路標線不易兼顧反光與抗滑的雙效性能；且現行施工規範中，主要針對標線抗滑性提出 BPN 值的規定，標線反光性能僅以玻璃珠含量為主，但兩者的材料配比如何取得平衡，並使標線抗滑性與反光性可維持較佳耐久性，則需要進一步探討與驗證。

目前國內相關單位多已要求標線之抗滑值自 50BPN 提升至 65BPN，且交通部施工規範也要求施工 2 週內抗滑值應有 50BPN 以上，惟實務上發現施工半年後抗滑值多有衰退，有可能降至 45BPN 以下，無法達到規範規定之抗滑功效。

本次研討會中，周教授提出其團隊研究成果，將標線材料的內摻與外撒配比分成多種實驗方案，2016 年實際於台大校園內進行現地施工，針對實驗組與對照組的性能追蹤持續數月，另外於 2016~2018 年實際於省道台 66 線、台 4 線、台 1 線、台 7 線等進行試辦工程，了解標線長久的性能表現，而得出增進反光和抗滑性等雙性能之優化型標線。其中，標線中之玻璃珠與抗滑粒料的粒徑類似，可得到最佳雙效功能；反光性能之起始鋪設初值/最終值約 1.65 倍以內，抗滑功能仍有良好成效；而施工初期的 8~10 個月內，材料性質好壞將影響標線成效；標線單位重量中，玻璃珠含量約 22~25%的雙效功能表現最好；施工設備的好壞也影響標線實際成效。

據了解，優化型標線成本仍高於目前市場上常用之熱聚酯標線成本，且尚待實際公路試辦作業，方能確保該優化型標線是否可進一步推廣。惟若該優化型標線可通過更多教規模試辦工程之實證成效，將有利於後續相關施工規範修訂，並有效提升國內交通標線效能，促進整體交通安全，若進一步可以取代反光標記等設施，將可大幅提高施工人員的安全。

5. 臺灣金和泰實業之再生冷拌瀝青混凝土材料

傳統瀝青混凝土為熱拌，施工中耗費大量電、熱及產生碳排放，且刨除之AC渣量體龐大無法再生利用，對環境造成不少汙染。金和泰實業使用被刨除料AC渣回收再利用，用界面接著劑與水性樹脂做接合，不需要燃燒，碳排放量與熱排放量幾乎接近於零，為循環經濟下最環保的再生材料。

金和泰實業本項產品亦參加本年度(2022)IRF GRAA 競賽獎，獲得資產保全與養護管理類之獎項。

本局為配合政策，已著手進行此類試鋪研究，日前已於工務段內的道路場域中試鋪，藉以判斷其功率及強度，並請中央大學就是否通過相關試驗來做驗證，未來若成效良好，將推廣至中南分局相關場域，為國道的路面再生料去化作出一定程度的貢獻。

NEW 兩項新型態道路鋪面材料
減輕道路工程環境負擔

冷拌再生環保新型材料
(Central Plant Recycling Cold Mix Asphalt Concrete) :
100%瀝青混凝土刨除料+硬化劑+環保藥劑
百分之百回收瀝青刨除料
解決瀝青刨除料堆置問題

冷拌新骨材鋪面新型材料
(Cold Mix Concrete pavement material) :
100%新粒料(密級配)+硬化劑+環保藥劑
無添加瀝青
可供缺乏瀝青生產設備之國家使用

生產鋪築, 全程不使用熱源


廠內試鋪作業流程

於民國111年4月完成場內試鋪作業，過程如下圖，選定實驗室最佳級配進行配料，經過拌合、下料、鋪設、壓實完成路面鋪設，最後進行取樣試驗。



取樣試驗-結論

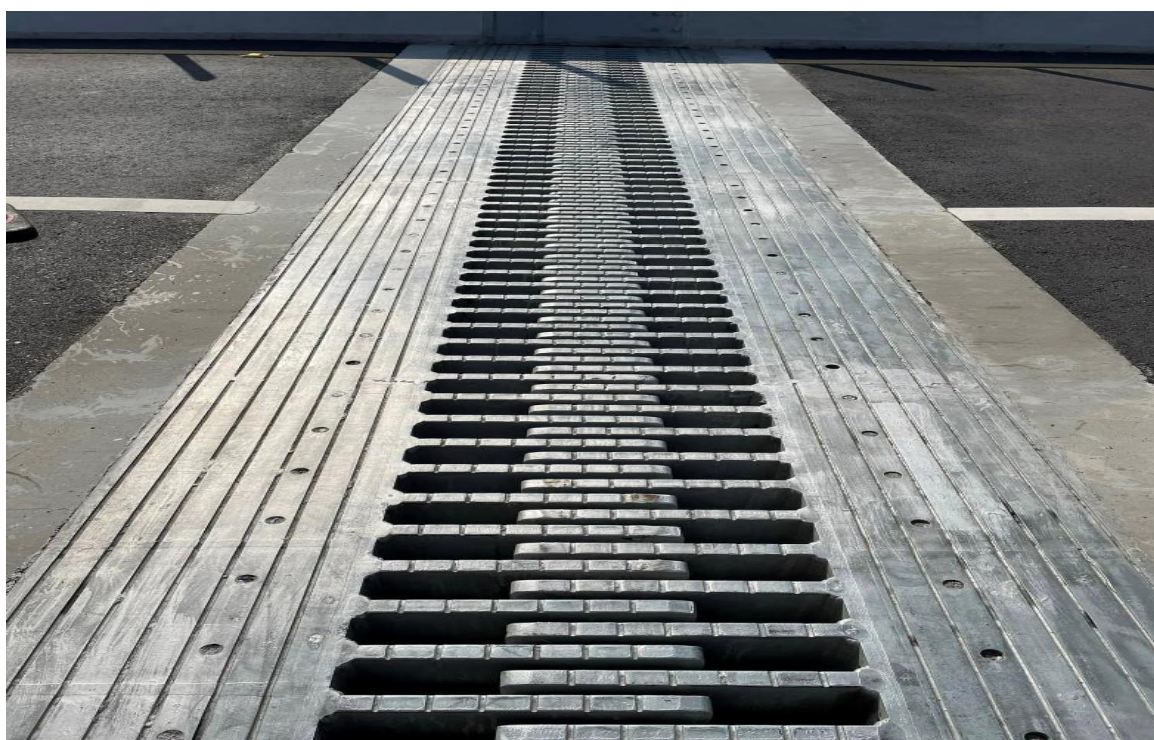
將上述試驗結果與熱拌瀝青混凝土做比較，可發現冷拌工法之馬歇爾試驗穩定值、輪跡試驗次數不僅大於規範值，更優於熱拌工法之試驗結果。

	熱拌3/8" 瀝青混凝土	熱拌3/4" 瀝青混凝土	冷拌新骨材面層	冷拌再生料面層
 馬歇爾測試	規範值≥1800lbf	規範值≥1800lbf	暫無規定	暫無規定
試驗值	3600lbf左右	3800lbf左右	4000lbf以上	3600lbf以上
漢堡輪機車碾試驗	試驗溫度60°C、深度達12.5mm、滾壓次數12000次以上			
試驗值	7000~8000次	15000次	15000次	16000次

6. 高科大蘇育民教授介紹超高性能混凝土的特性與成效分析

相較於國外 UHPC 的盛行，國內於近年來才漸漸推行 UHPC 於實務中。臺南都會區北外環道路率先於國內橋梁工程採用超高性能混凝土，用於取代傳統伸縮縫中容易受損之高強度無收縮砂漿。考量 UHPC 相較於傳統混凝土具有超高強度、高韌性與優異抗衝擊能力等特色，應用於工程上可降低結構鋼筋用量、混凝土用量及增加耐久性，可大幅降低長期維修成本，該工程選三處之橋面伸縮縫採用 UHPC 取代高強度無收縮混凝土 (420 kgf/cm²)，其中所採用之 UHPC，抗壓強度 7 天達 1,200 kgf/cm²；28 天達 1,400 kgf/cm² (CNS 1010)，28 天抗彎強度 300 kgf/cm² (CNS 1233)，28 天電阻抗 (AASHTO T358-15) 大於 300 kΩ-cm，不僅可完全忽略生命週期中受侵蝕之可能性，且同時兼具自充填能力 (流動性高於 60 公分) 與高力學性質。

超高性能混凝土設計透過減少孔隙率、改善微結構及提高均質性來優化其性質，原料選用、製備程序及養護方式對 UHPC 的性能皆有顯著影響。超高性能混凝土已具備相當完善的科學研究且有充足的國際科學文章佐證，出色的力學、良好的韌性及卓越的耐久性，皆證明 UHPC 具備潛力，此材料不僅僅是衝擊傳統混凝土的思維，更具有與鋼材料競爭的能力。此外，UHPC 能提升構建之服務年限，大幅度降低修繕成本，可歸類於永續綠色建材。



肆、其他見聞

一、本次會場所在地**鳳凰城**（英語：Phoenix），又譯**菲尼克斯**，是美國亞利桑那州的首府和最大城市。鳳凰城於 1881 年 2 月 25 日被註冊為城市，當時鳳凰城在納瓦霍語中被稱為「Hoozdo」，意為炎熱之地；在西阿帕契語中被稱為「Fiinigis」。鳳凰城位於常年乾枯的鹽河兩岸。鳳凰城人口超過 160 萬，擁有美國第十大會區，也是美國最大州府。鳳凰城氣候乾燥，年平均溫度居全美主要城市之首。就世界範圍而言，也只有波斯灣附近的一些城市，如沙烏地阿拉伯的利雅德和伊拉克的巴格達年均溫度超過鳳凰城。根據 1991 年至 2020 年數據，鳳凰城平均每年有 111 天的溫度超過 37.8 °C（100 °F），從六月到九月幾乎全部時間都在此列。1990 年 6 月 26 日，鳳凰城的溫度達到了 50 °C（122 °F），這是有氣象記錄以來最熱的一天。夏季夜間最低氣溫經常超過 26.7 °C（80 °F），七月的夜間平均最低氣溫為 29.2 °C（84.5 °F）。歷史上最高的最低溫度為 36 °C（96 °F），出現在 2003 年 7 月 15 日。2023 年 7 月 18 日，鳳凰城市已連續 19 天超過 43.3°C 的高溫，打破了 1974 年創下的連續高溫紀錄。乾燥的沙漠空氣使初夏的氣候尚可接受，但七月前後季風帶來的水汽將大大增加空氣中的濕度從而使人感到悶熱。大部分情況下，鳳凰城的冬天比較和暖。

2020 年 5 月 15 日，全球最大半導體晶圓代工廠**台灣積體電路製造公司**發表在亞利桑那州鳳凰城設立晶圓廠的計畫。台積電在聲明文中表明這項計畫是在與美國聯邦政府及亞利桑那州的共同理解和支持下決定設分廠。台積電亞利桑那州廠占地約 445 公頃，工程總投資金額約 400 億美元，為美國史上規模最大的外國直接投資案之一。2021 年 4 月動工，2022 年 12 月 6 日舉行首批機台設備到廠典禮，預定 2024 年開始生產晶圓，這次有幸剛好到台積電正在趕工的工地看看，發現正如火如荼地趕工，廠區工人車輛不斷穿梭，果真是台灣的指標大公司。



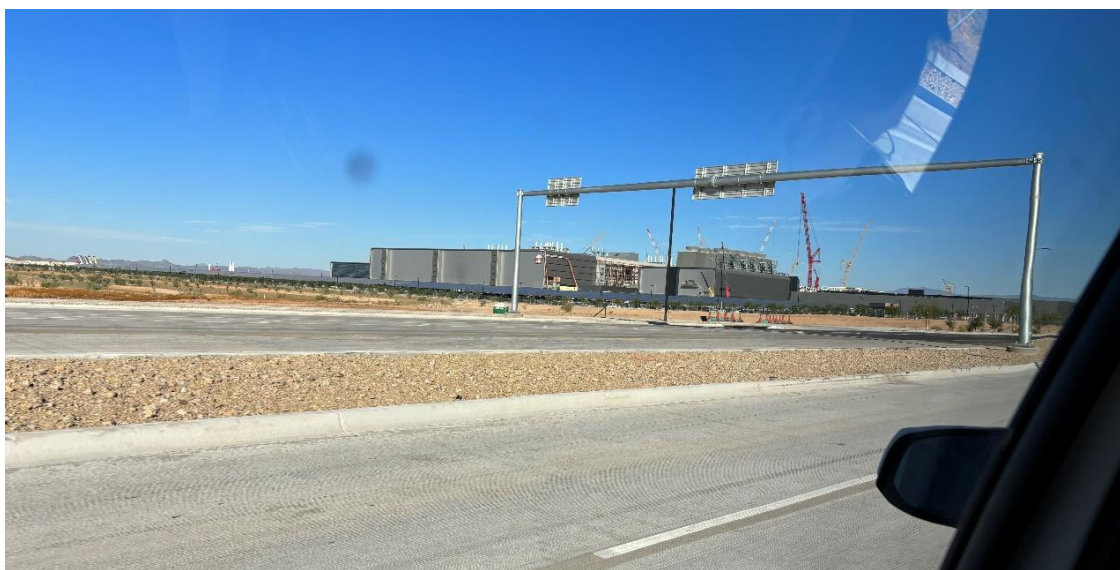
周家蓓教授及其他與會人員於台積電廠區前合影



因應充足日照，廠區停車場都是太陽能板，結構型式利用 H 型鋼柱。



二、亞利桑那州隨處可見的高速公路沙漠景觀，幾乎無綠化



三、市區中的綠建築，避開太陽直射方向



四、高乘載專用道二人以上即可通行



五、路上隨處可見的滑板車，掃信用卡即可使用



伍、心得與建議

1. 民國四十九年（一九六〇）交通界人士應國際道路協會（INTERNATIONAL ROAD FEDERATION）之敦促，籌組中華民國道路協會（CHINA ROAD FEDERATION）簡稱 CRF，於民國五十年（一九六一）三月廿日正式成立，迄今已逾六十年。首任理事長林則彬先生，現任理事長為交通部公路局局長陳文瑞先生。
2. 高公局一直是國際道路協會的團體會員之一，實屬難得，近年來高公局的相關工程亦屢有獲獎，績效卓著，如 104 年國道一號五股楊梅段拓寬工程及 105 年高速公路電子收費案均為獲獎案例，故台灣相關交通單位及產官學等，仍有必要多去類似場合，了解現行先進國家在交通領域的新科技及研究成果，以回饋國內公路實務採用。
3. 氣候變遷對於全球的交通系統正在發揮影響作用，越來越多的極端氣候，如短時強降雨、暴風雪或是極端高溫、紫外線等，都在影響交通基礎設施，氣候變遷的影響範圍包括鄉間小路到國道公路的鋪面，這個研討會也探討氣候變遷對於小島或是開發中國家交通運輸系統的影響，值得與會人員深思，確實有必要進行一些節能減碳的因應作為。