

出國報告（出國類別：開會）

參加 2023 國際橋梁會議報告

服務機關：交通部高速公路局

姓名職稱：蔡宗描 副組長

派赴國家/地區：美國/華盛頓特區、馬里蘭州

出國期間：112年6月10日至6月17日

報告日期：112年7月17日

公務出國報告摘要

頁數：24

報告名稱：參加2023國際橋梁會議報告

主辦機關：交通部高速公路局

連絡人/電話：蔡宗描/02-29096141#2102

出國人員：蔡宗描副組長

出國類別：開會

出國地點：美國

關鍵詞：橋梁、運輸、交通

內容摘要：

2023 國際橋梁會議 (IBC) 於 2023 年 6 月 12~14 日在美國國家港灣蓋洛德國家渡假會議中心酒店舉行，吸引來自美國和國外近千名橋梁管養單位、工程師、高階決策者、政府官員、橋梁設計師、施工廠商和設備供應商參與，會議舉行計分「技術研討會(Technical Sessions)」、「工作坊(Workshops)」、「廠商展覽會(Exhibits Hall)」、「特色州展示區(Featured State Session)」、「委員會議及頒獎(Committees)」及「工程參訪(IBC Tour)」等 6 部分。除參考議程參與相關研討會，並藉由會議期間搭乘華盛頓特區及馬里蘭州鐵路及巴士，體驗美國大眾運輸系統發展狀況並提出相關心得。

目 次

一、前言.....	1
二、目的.....	2
三、行程.....	2
四、研討會紀要.....	4
五、心得及建議事項.....	23

一、前言

國際橋梁會議 (IBC) 是北美、南美、歐洲、澳大利亞、亞洲和非洲橋梁領域的傑出舞臺，由西賓夕法尼亞州工程師協會籌備，每年吸引來自美國和國外近 1000 多名橋梁管養單位、工程師、高階決策者、政府官員、橋梁設計師、施工廠商和供應商參與，也為橋梁行業各個方面的成員提供繼續教育和網路訓練機會 (會前即開放 2 項線上互動課程)，並表彰頒發傑出的個人和專案獎。

本次研討會於 2023 年 6 月 12 日~14 日在美國國家港灣蓋洛德國家渡假會議中心酒店舉行，會議舉行計分「技術研討會(Technical Sessions)」、「工作坊(Workshops)」、「廠商展覽會(Exhibits Hall)」、「特色州展示區(Featured State Session)」、「委員會議及頒獎(Committees)」及「工程參訪(IBC Tour)」等 6 部分。其中委員會議須符資格者始參加，頒獎晚會及工程參訪則須於註冊時付費報名參加，本次會議僅另參加工程參訪行程。

本次研討會標榜為綠色永續(Green)的研討會，全程未提供論文集或電子檔，部分研討會課程也基於保護智慧財產權不允許拍照或錄影，研討會雖開發 APP 作為議程期間資訊掌握及參與人員之互動使用，但相關技術文件內容至今皆空白，在研討會內容資料取得上極為不易。



圖 1-1 蓋洛德國家渡假會議中心酒店及報到情形

二、目的

國際橋梁會議(IBC) 業已舉辦 37 屆，今年在美國國家港灣蓋洛德國家渡假會議中心酒店舉行，為橋梁工程實務界之最新資訊與技術溝通的重要平臺，提供大量技術論文，研討會和各種橋梁相關廠商產品及技術展示，交流橋梁工程規劃、設計、施工營運等各方面經驗，參與年會可與世界各地橋梁工程專家交流，提升國內橋梁工程水準。

我國國道橋梁比例愈來愈高，以目前推動之國道 7 號計畫為例，全長 23 公里，橋梁工程即達 21 公里，比例高達 91.3%，橋梁工程規設及維管之技術格外重要，希望藉由參加國際性橋梁工程研討會吸取歐美等先進國家之技術新知及經驗，提供本局後續橋梁工程規劃設計施工營運養護之參考，提升國內橋梁工程技術及品質，爰循例編列預算參與本研討會議。

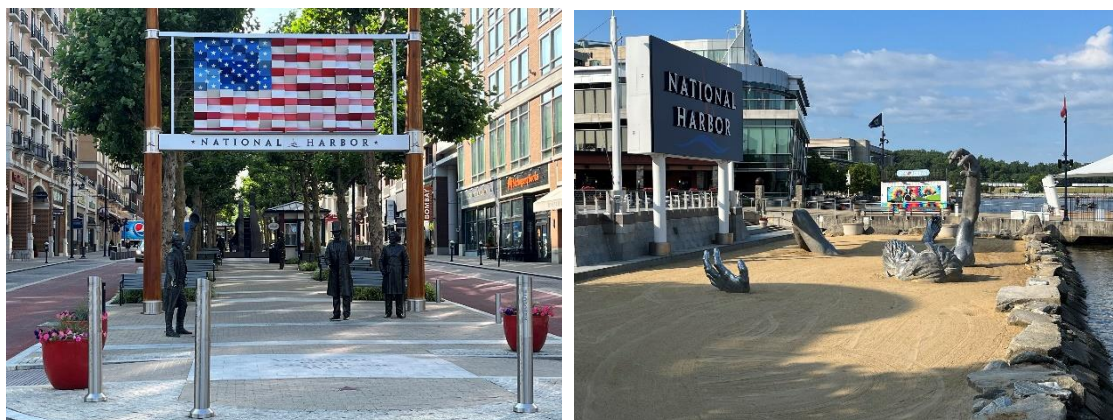


圖 2-1、今年會場位於美國國家港灣區

三、行程

本次研討於 2023 年 6 月 12 日至 14 日舉行，有關大會之全程議程表詳如表 3-1。依「行政院及所屬機關軍公教人員因公出國搭乘本國籍航空班機作業規定」，在本國籍航空公司班機到達地點，應一律搭乘本國籍航空公司班機，因國內並無直飛美國馬里蘭或華盛頓特區之班機，爰選定本國籍長榮航空公司之桃園國際機場飛舊金山之班機再轉美國國內聯合航空之班機來回，全程共 8 天，本人參加 6 月 12 日至 14 日研討會部分，主要包含「技術研討會(Technical Sessions)」、「工作坊(Workshops)」、「廠商展覽會(Exhibits Hall)」、「特色州展示區(Featured State Session)」及「工程參訪(IBC Tour)」等 5 部分。

2023 IBC Schedule-at-a-Glance

MONDAY, JUNE 12, 2023		
8:00 – 10:00 AM	CONSTRUCTION SPECIAL SESSION	ANNAPOLIS 1/2/3
8:00 – 10:00 AM	NEW TECHNOLOGIES SPECIAL SESSION	BALTIMORE 3/4/5
8:00 – 10:00 AM	EMERGENCY RESPONSE SPECIAL SESSION	CHERRY BLOSSOM BALLROOM
8:00 – 10:00 AM	YOUNG ATTENDEES SPECIAL SESSION	BALTIMORE 1/2
10:15 AM – 12:00 PM	KEYNOTE SESSION	CHERRY BLOSSOM BALLROOM
11:00 AM – 6:00 PM	EXHIBIT HALL OPEN	WOODROW WILSON BALLROOM
1:30 – 4:30 PM	PROPRIETARY SESSION	BALTIMORE 3/4/5
1:00 – 4:30 PM	FEATURED STATE SESSION	CHERRY BLOSSOM BALLROOM
1:30 – 4:30 PM	REHAB/MAINTENANCE, PART 1	ANNAPOLIS 1/2/3
1:30 – 5:00 PM	W01: INTERNATIONAL WORKSHOP	BALTIMORE 1
1:30 – 2:30 PM	W02: A DISCUSSION OF ETHICS IN ENGINEERING USING CASE STUDIES	BALTIMORE 2
6:30 – 8:30 PM	IBC AWARDS DINNER – (TICKET REQUIRED TO ATTEND, INQUIRE AT REGISTRATION DESK)	CHERRY BLOSSOM BALLROOM
TUESDAY, JUNE 13, 2023		
8:00 – 10:00 AM	DESIGN, PART 1 SESSION	ANNAPOLIS 1/2/3
8:00 – 10:00 AM	FOUNDATIONS SESSION	BALTIMORE 3/4/5
8:00 – 10:00 AM	PEDESTRIAN/SPECIAL PURPOSE BRIDGES SESSION	CHERRY BLOSSOM BALLROOM
8:00 AM – 12:00 Noon	W04: COMBINED WORKSHOP	BALTIMORE 1
8:00 AM – 12:00 Noon	W03: COBS	BALTIMORE 2
10:30 AM – 12:00 Noon	INSPECTION AND EVALUATION SESSION, PART 1	ANNAPOLIS 1/2/3
10:30 AM – 12:00 Noon	ABC SESSION	BALTIMORE 3/4/5
10:30 AM – 12:00 Noon	DIGITAL DELIVERY/BIM/3D MODELING SESSION	CHERRY BLOSSOM BALLROOM
11:00 AM – 6:00 PM	EXHIBIT HALL OPEN	WOODROW WILSON BALLROOM
1:30 – 3:30 PM	IBC TOUR OF THE FREDERICK DOUGLASS MEMORIAL BRIDGE (TICKET REQUIRED TO ATTEND, INQUIRE AT REGISTRATION DESK)	BUS LOOP
1:30 – 5:00 PM	CONSTRUCTION/ERECTION SESSION, PART 1	ANNAPOLIS 1/2/3
1:30 – 5:00 PM	DESIGN SESSION, PART 2	BALTIMORE 3/4/5
1:30 – 5:00 PM	REHAB/MAINTENANCE SESSION, PART 2	CHERRY BLOSSOM BALLROOM
1:30 – 5:30 PM	W05: BIM – COMBINED WORKSHOP	BALTIMORE 1
1:30 – 4:30 PM	W06: FOUNDATION REUSE FOR SUSTAINABILITY AND ACCELERATED CONSTRUCTION	BALTIMORE 2
4:30 – 5:30 PM	W07: ENGINEERING ETHICS – AND THE QUESTION IS?	BALTIMORE 2
WEDNESDAY, JUNE 14, 2023		
8:00 – 10:30 AM	DESIGN SESSION, PART 3	ANNAPOLIS 1/2/3
8:00 – 10:30 AM	RAIL BRIDGES SESSION	BALTIMORE 3/4/5
8:00 – 10:30 AM	RESEARCH SESSION	CHERRY BLOSSOM BALLROOM
8:00 – 11:00 AM	W08: UPCOMING PROFESSIONAL OPPORTUNITIES	BALTIMORE 1
8:00 AM – 12:30 PM	W09: COMBINED WORKSHOP	BALTIMORE 2
9:00 AM – 1:00 PM	EXHIBIT HALL OPEN	WOODROW WILSON BALLROOM
11:00 AM – 12:30 PM	ALTERNATIVE DELIVERY SESSION	ANNAPOLIS 1/2/3
11:00 AM – 12:30 PM	INSPECTION AND EVALUATION SESSION, PART 2	BALTIMORE 3/4/5
11:00 AM – 12:30 PM	CABLE SUPPORTED BRIDGES SESSION	CHERRY BLOSSOM BALLROOM
1:30 – 3:00 PM	INSPECTION AND EVALUATION SESSION, PART 3	ANNAPOLIS 1/2/3
1:30 – 4:30 PM	CONSTRUCTION/ERECTION SESSION, PART 2	BALTIMORE 3/4/5
1:30 – 4:30 PM	REHAB/MAINTENANCE SESSION, PART 3	CHERRY BLOSSOM BALLROOM
1:30 – 5:00 PM	W10: OPTIMIZED AND EFFICIENT BRIDGE DESIGN (MULTIPLE PRESENTATIONS)	BALTIMORE 1
1:30 – 5:00 PM	W11: DESIGN OF FIBER-REINFORCED POLYMER (FRP) COMPOSITES BRIDGES	BALTIMORE 2

表 3-1 研討會議程表

四、研討會紀要

本次大會計分「技術研討會(Technical Sessions)」、「工作坊(Workshops)」、「廠商展覽會(Exhibits Hall)」、「特色州展示區(Featured State Session)」、「委員會議及頒獎(Committees)」及「工程參訪(IBC Tour)」等 6 部分，研討會於演講廳進行，大會設置數個演講廳進行不同主題的演講，參與者可自由選擇聆聽；中庭則為特色州展示區；展示廳則包含相關工程顧問公司、營造廠商、材料設備供應商及設計、分析軟體廠商等擺設產品展示，參與者可於展示廳參觀各廠商所展示之相關產品並進行交流活動。

技術研討會共分主題演講(Keynote Session)、快速工法(ABC)、替代方案(Alternative Delivery)、斜張橋(Cable Supported Bridges)、設計(Design)、施工(Construction)、特殊施工(Construction Special Session)、基礎設施(Foundations)、檢查及評估(Inspection and Evaluation)、數位化 3D 建模(Digital Delivery/BIM/3D Modeling)、緊急處理(Emergency Response Special Session)、新技術(New Technologies Special Session)、行人/特別目的橋梁(Pedestrian/Special Purpose Bridges)、鐵路橋梁(Rail Bridges)、所有權(Proprietary)、維修/維護(Rehab/Maintenance)、研發(Research)、年輕與會者特別演講(Young Attendees Special Session)、特色州(Featured State)等內容，發表 106 篇專題。

本次研討會標榜為綠色永續(Green)的研討會，全程未提供論文集或電子檔，部分研討會課程也基於保護智慧財產權不允許拍照或錄影，僅於年會後接受申請發給參與研討會時數證明，欲取得論文內容則須另外付費並待 2023 年秋季後下載論文集 PDF。因研討會分多廳進行，且第 2 天參加工程參訪行程，僅就主題演講、研討會、工程參訪及廠商展示等參與之研討會過程，摘要說明。

(一)主題演講(Keynote Session)

主題演講主持人為 Kevin Duris，演講者包括 Joseph Hartmann、Steve Harelson、Charles H. Thornton 及 Alison Premo Black 等 4 位講者。

Kevin Duris 為本次研討會總主席，也是專業執行估算師，其服務的公司(Trumbull Corporation)總部位於賓夕法尼亞州匹茲堡，是大西洋中部各州重型公路和重型土木建築服務領域的傑出行業領導業者。

Joseph Hartmann 目前擔任 FHWA 橋梁和結構辦公室主任，負責制定和實施聯邦法規、政策和技術指南，作為橋梁和隧道項目等設計依循，以提高國家的

安全性和執行設計；Steve Harelson 於 2019 年 10 月至 2023 年 1 月期間擔任科羅拉多州交通部 (CDOT) 的總工程師。他負責綜合交通項目開發，包括規劃、工程、設計和施工，2023 年初退休；Charles H. Thornton 於 1997 年當選為美國國家工程院院士、1999 年被任命為美國土木工程師學會榮譽會員、2001 年榮獲《工程新聞記錄》卓越獎、2002 年胡佛獎章獲得者、2003 年班傑明·富蘭克林土木工程獎章、2005 年當選為國家建設研究院院士、2006 年當選為美國建築師協會榮譽會員；Alison Premo Black 為 ARTBA 的高級副總裁兼首席經濟學家，她負責監督該協會的交通投資中心、交通研究和教育部門，審查美國聯邦和州交通融資和投資模式，包括交通建設行業經濟概況、州橋梁狀況概況、聯邦援助高速公路概況和年度執行模式預報。

各主講人分就參與經驗提出橋梁工程的願景，但會中仍聚焦在聯邦政府計畫及經費投資概況。



圖 4-1 主題論文演講會場

依美國聯邦政府的統計，2022 年橋梁工程主要集中在 10 個州，包括加州 (California)、德州 (Texas)、路易斯安那州 (Louisiana)、佛羅里達州 (Florida)、北卡羅萊納州 (North Carolina)、伊利諾州 (Illinois)、印第安那州 (Indiana)、紐約州 (New York)、賓夕法尼亞州 (Pennsylvania) 及新澤西州 (New Jersey)，前 10 州之橋梁工程預算幾佔美國橋梁工程市場之 55% 以上 (如圖 4-2)。預估美國聯邦政府持續在公路工程

的經費挹注，將使市場規模由 2021 年的 482 億美金，成長至 2026 年的 721 億美金(如圖 4-2)



圖 4-2 美國 2022 年前 10 大橋梁工程分布圖及規模成長預測

在資金的投入部分，根據統計，2022 年 57%的聯邦政府資助的公路橋梁工程預算用於重建工程(如圖 4-3)

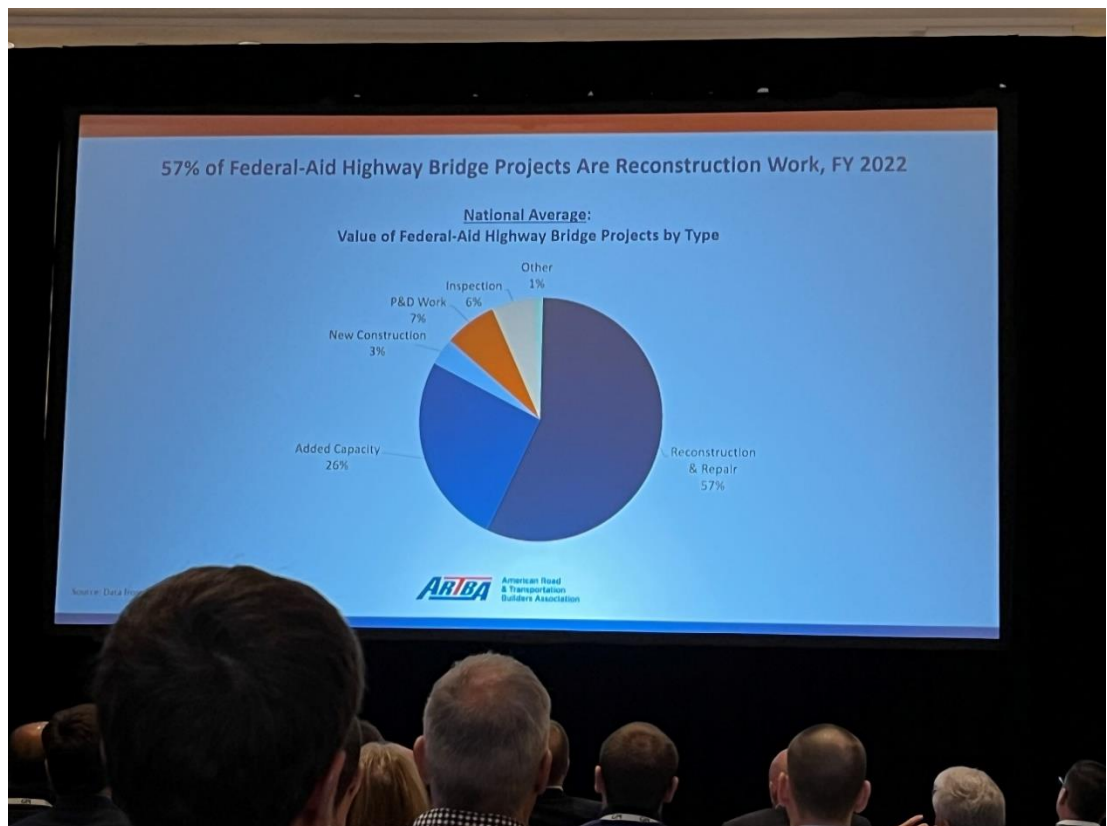


圖 4-4 美國聯邦政府挹注橋梁經費使用型態圖

(二)建造特別研討(Construction Special Session) – 超高性能混凝土之施工法及設備(UHPC- Construction Methods/Equipment)

超高性能混凝土 (Ultra-high performance concrete, 簡稱 UHPC)為近年國際土木工程快速崛起之新型營建材料。本次論文由德拉華州(Delaware) 交通部官員 Nick Dean 及 Michael McDonagh(WSP USA), Lawrenceville、 Zachary Haber、 Dave Czachorowski 等多位學界及業者共同發表。

會議大致介紹美國超高性能混凝土面層施工市場、基本施工步驟和所需設備及當前進行的研究。並由特拉華州交通部 (DelDOT) Nick Dean 分享其使用超高性能混凝土覆蓋層的案例，並由承包商分享在德拉華州橋梁上施作超高性能混凝土覆蓋層的經驗。

超高性能混凝土覆蓋層的施工能否成功，對設備和施工方法的選擇至關重要。傳統的振動整平機無法推動堆積在整平板前增厚的超高性能混凝土，因此需要工人使用手動工具協助，才能在使用整平板進行整平前將超高性能混凝土鋪展至適當的厚度，所以傳統的混凝土橋面整平機(Conventional concrete bridge deck finishing machines)不太適用，常見問題包括超高性能混凝土粘在螺旋鑽和滾筒上以及超高性能混凝土表面撕裂。因此研發自動化橋面施工的整平工具機(Automated bridge deck finishing machines)，且已多處在使用。

圖 4-5 為傳統施工機具，圖 4-6 為自動振動鋪築機，圖 4-7 及 4-8 為施工案例。



圖 4-5 傳統的振動熨平機



圖 4-6 自動振動鋪築機



圖 4-7 德拉華紀念橋施工案例(研磨前)



圖 4-7 克萊本佩爾大橋上鋪設案例

(三)特色州研討(Featured State Session)

本次特色州以科羅拉多州(Colorado)為主題，除進行研討會外，該州交通部亦於會場中庭展示相關計畫解說圖片。



圖 4-8 科羅拉多州交通計畫展示

論文研討部分由該州交通部官員 Michael Collins、Patrick Holinda、Tyler Weldon、Keith Farquhar、Dianna Litvak、Robert Hays、Stacia Sellers、Stephen Harelson、Roland Wagner、Clint Krajnik 等多位參與計畫者分別發表文章。

1.全州橋梁和隧道企業

2009 年，科羅拉多州立法機構成立橋梁企業 (Bridge Enterprise)機構，以解決全州範圍日益增長的橋梁等級偏低的問題。隨後，企業的範圍擴大到解決 2021 年科羅拉多州複雜隧道設施日益增長的維修和維護問題。

2.隧道資產計畫

2016 年，科羅拉多州交通部(CDOT)制定了隧道特定資產計畫，建立隧道類別所需的資本投資並提供資金，共有 20 條隧道、長約 37,494 英尺納入管理。這個計畫利用檢查數據來確定資產的生命週期、確定所有者和運營需求，並支持資產建模以創建資本項目清單。

3.環境合規性和管理歷史運輸資產

歷史悠久的橋梁和高速公路是 CDOT 的重要資產。 CDOT 進行了多次全州歷史橋梁調查，建立全州高速公路清單，以確定 CDOT 擁有的重要交通資源。本次會議中重點介紹歷史性橋梁計畫以及該州獨特高速公路特徵，包括穿過格倫伍德峽谷、韋爾山口和艾森豪威爾隧道的 70 號州際公路路段。



Innovation



Statewide Bridge and Tunnel Enterprise

The mission of the Enterprise is to improve the safety and efficiency of the state transportation system by accelerating the repair, reconstruction, and replacement of poor-rated bridges and repairing, maintaining, and enhancing tunnels in a strategic, timely, and efficient manner using dedicated fee revenues. By leveraging the Enterprise, CDOT has effectively managed its aging bridge population and reduced the number of poor-rated bridges statewide. Since the Enterprise's inception in 2009, Colorado's bridge performance metrics have improved significantly with the percentage of state-owned deck area in "poor" condition decreasing from nearly 10% to 4%.

The Enterprise was also successful in accelerating the replacement of the "30 worst" bridges statewide, including the Central 70 Viaduct which accounted for nearly 30% of the state's poor deck area. These program goals were achieved by employing various innovative approaches and infusing dedicated bridge revenues from fees on vehicle registrations, special fuel, and retail deliveries to address more than 200 bridge rehabilitation or replacement projects.



Scan or visit bit.ly/CDOTBTE for more information

Innovative Financing - In 2010, Bridge and Tunnel Enterprise issued \$300M in bonds through the Build America Program. Through this initiative, 89 total poor-rated bridges were addressed, including the majority of the "30 worst" bridges identified in 2009. This program capitalized on favorable market conditions following the Great Recession and accelerated the recovery of Colorado's economy through job creation.

Minimized impacts to the traveling public through the use of ABC

Expanded the use of innovative project delivery at CDOT

Implemented key performance indicators to maintain accountability

Capitalized on favorable market conditions



\$300M BOND PROGRAM

Addressed 89 total bridges (50% increase vs plan)

Assisted with recession recovery by creating jobs statewide

Accelerated the replacement of the "30 worst" bridges

Improved stakeholder collaboration

Innovative Project Delivery - In early 2018, a tractor trailer crashed into CD 59 over I-70, severely destroying one of three pier columns and damaging another. After assessing the damage, CDOT engineers determined that it was necessary to replace the bridge, which was previously rated in poor condition. CM/GC project delivery was utilized to accelerate the project and open the replacement bridge to traffic in approximately two months, resulting in the fastest bridge replacement project ever completed in Colorado using conventional construction methods.



Bridge Bundling - The Ilex project employed bridge bundling to address several high-priority bridge needs in the City of Pueblo, including the rehabilitation of a historic truss bridge on US 50 Business over the Arkansas River, the replacement of the northbound and southbound I-25 viaducts in downtown Pueblo, and the replacement or rehabilitation of six other bridges. The combination of bridge bundling and design-build project delivery allowed the Enterprise to capitalize on economies of scale and accelerate the replacement of several of the worst bridges in Colorado.



Accelerated Bridge Construction - Pecos over I-70 utilized accelerated bridge construction and CM/GC delivery to reduce the construction phase duration. Improve safety, and limit impacts to the traveling public in a heavily congested area near the I-25/I-70 interchange. This was Colorado's first use of a self-propelled modular transport which allowed the project to reduce the original construction schedule of 24 months to 7 months with a weekend full closure to roll in the new bridge.



Scan here to see the 60 second time-lapse video. 

Innovative Materials - The CDOT Region 2 CBC and CMP Program is utilizing Cortech Aluminum Box Culverts in several locations to provide cost savings, schedule acceleration, and a reduction in estimated maintenance and life-cycle costs when compared to some conventional construction methods. This design-build project, which was awarded a \$12.5M discretionary grant through the FY2018 USDOT Competitive Highway Bridge Program, will replace 17 poor-rated bridges and culverts throughout rural southern and central Colorado.



圖 4-9 科羅拉多州州際橋梁及隧道事業介紹

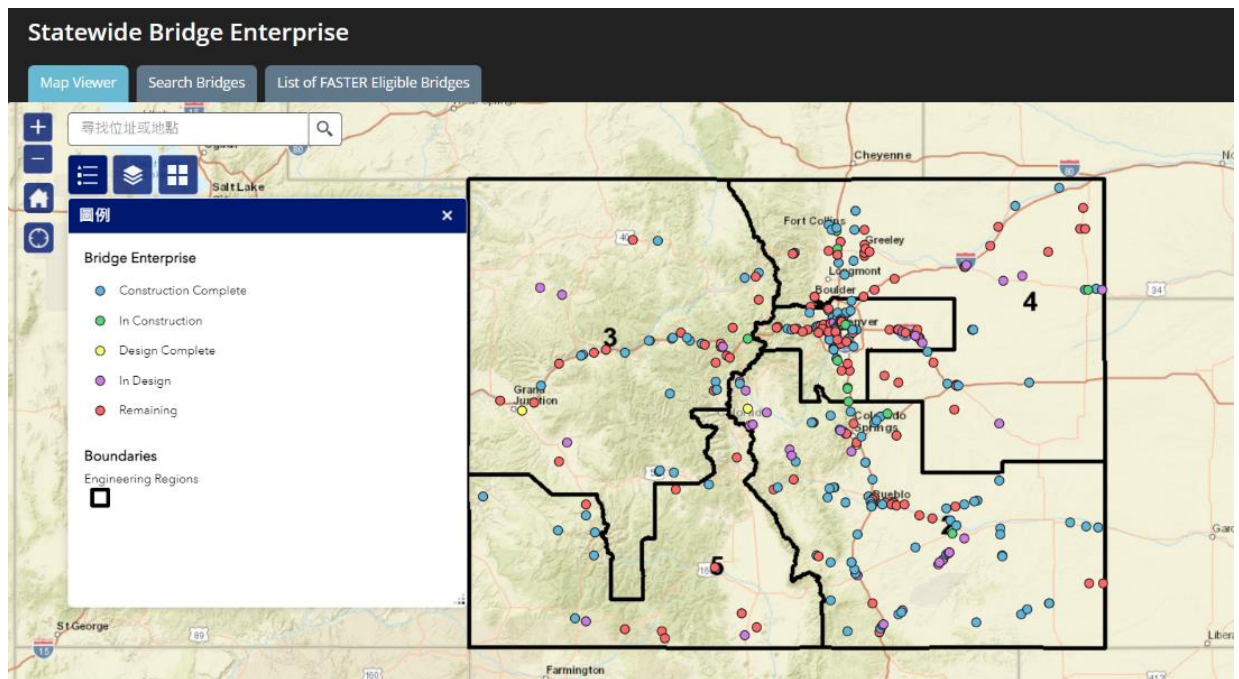


圖 4-10 科羅拉多州橋梁及隧道分布(資料來源 Colorado DOT GIS)

4.州際 70 號公路中心段的大型計畫

本次演講介紹 CDOT 州際 70 號公路(I-70)中心段兩個大型計畫，第 1 個計畫是拆除布萊頓大道和科羅拉多大道之間已有 50 多年歷史、2 英里長的高架橋，將這段州際公路降低到地面以下，並在原路面建設佔地約 4 英畝的公園，除了解決橋梁結構缺陷的問題，同時確保工程對公眾和環境的影響最小化，並回應路線經過社區的承諾。該計畫是科羅拉多州有史以來最大的交通計畫。為滿足不斷增長的人口的需求並提升運輸效能，目標是到 2035 年將通過該走廊的旅行時間減少三分之一到二分之一，並透過重新設計路肩和高架橋以減少碰撞事故來提高安全性。路線兩側的斯旺西和伊利里亞社區，原因道路而隔離在兩側，原道路位置改建的公園將兩社區連通，公共空間也將設有一個小型圓形劇場、一個戲水公園、一個運動場、遊樂區以及農貿市場和社區活動的空間。

該計畫是科羅拉多州交通部 (CDOT) 根據立法交由高性能運輸企業 (HPTe) 和科羅拉多大橋企業 (CBE) 與 Kiewit Meridiam Partners LLC (一家由主要基礎設施開發商和投資者 Kiewit Development Company 與全球股權投資公司 Meridiam) 成立的特殊目的公司所投資興建，並取得 30 年的特許經營權。

第 2 個計畫則是改建 I-70 弗洛伊德山路段，該走廊是科羅拉多州和全國的經濟動脈，從長青市西部到愛達荷斯普林斯東部，長約 8 英里路段的山區路廊。

I-70 為著名的環保公路，由於峽谷的地理限制和施工安全/可達性的考量，該計畫透過精細的設計及重新調整 I-70 公路和臨近道路線形，在最新國家環境政策法規規定下通過環境評估 (EA)。



圖 4-11 I-70 丹佛段改建地下化



I-70 Floyd Hill: Winding Bridge's Through Colorado's Mountains

The I-70 Floyd Hill project will improve eight miles of the interstate in the Mountain Corridor from west of Evergreen to eastern Idaho Springs. To improve safety and provide for more reliable travel times, the Project will improve horizontal curves; widen westbound I-70 to add a third, tolled lane; add an eastbound auxiliary lane to reduce conflicts with slow-moving truck traffic in the uphill section; construct a missing two-mile section of the frontage road between interchanges; improve intersections; and provide an ADA-compliant Greenway trail along Clear Creek. Early projects include two wildlife crossings and roundabouts at two intersections.

To tackle this challenge in a mountainous environment, CDOT implemented the Construction Manager/General Contractor (CM/GC) delivery method for this \$700M project. By partnering with the designer, Atkins/HDR, and the contractor, Kraemer North America, over 10,000' of bridges are in development to optimize cost and facilitate constructability. The result will be iconic structures that harmonize with the landscape as they traverse this sensitive environment.



Scan or visit: cdot.gov/projects/i70floydhill/ for more information

Project complexities and risks warranted a CM/GC delivery method. With CDOT, the contractor, and designer working collaboratively, the team has found solutions to facilitate construction and reduce costs.



Stakeholder engagement is crucial to the Floyd Hill project as it will improve the Clear Creek Greenway trail in addition to traffic flow and safety.



Improving safety and increasing travel time reliability through this steep and narrow landscape required creativity and ingenuity by the project team. The result is an iconic project that harmonizes with the landscape and the communities it serves.



The I-70 Floyd Hill Project followed a Context Sensitive Solutions (CSS) process. All I-70 Mountain Corridor projects follow a distinct CSS. As part of the CSS process, various groups are formed to work closely with the project team and assist with project decision-making. These groups review and evaluate alternatives, review environmental impacts, and discuss mitigation. The groups are made up of a Project Leadership Team (PLT), a Technical Team (TT), and Issue Task Forces (ITFs) for issue-specific topics.

圖 4-12 I-70 弗洛伊德山路段橋梁改建

5. 科羅拉多格蘭德大道大橋

格蘭德大道大橋坐落在科羅拉多洛基歷史悠久的度假小鎮格倫伍德溫泉的山脈，現有橋樑由九跨、三鋼混凝土橋墩基礎組成。垂直和水平間隙不足，承載能力只有 55%，且不是標準的 12 英尺車道，也沒有路肩，橋樑功能已不敷使用，因此進行改建。主要進行橋面拓寬，改善了橋面和大樑的負載，並在河兩岸闢建自行車道和人行道。

Community

COLORADO
Department of Transportation

The Community Vision for CO 82 Grand Avenue Bridge

The Grand Avenue Bridge project is nestled in the Colorado Rocky Mountains in the historic resort town of Glenwood Springs. Delivery of this project involved extensive community collaboration throughout the environmental, design and construction phases which resulted in improved connectivity and mobility for pedestrians and bicyclists, architectural design elements which connected the character of the historic districts on each side of the bridges, and new public gathering spaces on the pedestrian bridge and a plaza under the new highway bridge.

A time capsule containing items from community partners was installed in one of the bridge pier columns at the projects ribbon cutting ceremony. The time capsule won't be opened until 2085.

Scan for more information

The community celebrated the November 2017 bridge opening, after a 84-day full closure (up to 95 days were allowed), by walking across the bridge from the north side to downtown Glenwood Springs.

The previously unused space under the end span was designed to dampen noise and maximize light exposure to develop a community gathering space for outdoor dining and social area.

The bridge closure detoured 30 000 vehicles onto local roads, impacting hospitals, emergency services and school districts. Student were bussed to Hotel Colorado, walked across the pedestrian bridge and four blocks to their school.

The Grand Avenue Bridge wasn't just a project. It was a long term vision to improve safety, enhance a resort community and encourage multi-modal transportation.

The Downtown Development Authority contributed to development of the bridge aesthetic that resembles the historic district and nearby train depot, developing a context sensitive and timeless vision.

圖 4-13 科羅拉多格蘭德大道大橋改建

6. 格倫伍德峽谷復原力

科羅拉多州的山路容易受到極端天氣的影響，如火災、土石流、雪崩和岩崩等情況，穿過格倫伍德峽谷的 I-70 公路也不例外。2020 年格倫伍德峽谷遭到灰熊溪大火之襲擊，2021 年發生土石流，每次泥石流都會導致 I-70 公路關閉數天。本次演講呈現當地所應用的工程來維持此州際公路的通行安全。

圖 4-13 科羅拉多州多格蘭德大道大橋改建

Innovation

COLORADO
Department of Transportation

Vail Pass and Glenwood Canyon: Exceptional Segments of I-70

Vail Pass and Glenwood Canyon travel through fragile alpine environments and were considered cutting edge environmental highway projects when they were completed in 1978 and 1992. Both routes were designed during the early years of the National Environmental Policy Act (NEPA) and exemplified the importance of context sensitive design well before this phrase became an accepted part of highway planning.

As part of the mitigation for Section 106 compliance, in-depth historic context reports were developed for these environmentally sensitive routes. These evaluations helped CDOT with the environmental compliance required for transportation projects on the corridors, which include maintenance projects, bridge repairs, new signs, lights, and ITS, as well as repairs to the roadways and bridges from rockfall, mudslide events, and fires.

Reverse Curve Tunnel carries westbound roadway of I-70 through Glenwood Canyon, eastbound lanes are below. The tunnel is 690-feet long.

The final link of the I-70 corridor through Glenwood Canyon.

I-70 ft within the narrow Glenwood Canyon on terraced walls, viaducts, and overhanging bridges.

Segmental, concrete box girder viaducts on tall, open piers minimized visual effects to the landscape.

Vail Pass segment of I-70, fifteen miles of highway that summits at 10,662 feet.

Landscape architecture designs on Vail Pass included curved retaining walls designed to blend into the surrounding environment.

Bridges such as this steel box girder on Vail Pass minimized impacts to the terrain, and were stained with a pink hue.

Scan or visit meadhunt.com for more information about these highways

圖 4-14 格倫伍德峽谷復原工程

(四)工程參訪(IBC Tour)

本次 IBC 安排參訪弗雷德里克道格拉斯紀念橋(Frederick Douglass Memorial Bridge)，該橋位於華盛頓特區(如圖 4-15)，跨阿納科斯蒂亞河(Anacostia River)，是座造型極為優美的流線形拱橋。

原橋址舊橋於 1950 年 1 月 14 日啟用，當時名為南國會大廈街大橋，1965 年 10 月 18 日透過投票，命名為「弗雷德里克道格拉斯紀念橋」，以紀念廢奴主義領袖弗雷德里克道格拉斯。因這座舊橋使用已超過 70 年須進行改建，經過評選後擇定由 South Capitol Constructors (Kiewit Corporation、Corman Construction 和 URS Corporation 的合資廠商)設計和建造這座新橋梁。



圖 4-15 弗雷德里克道格拉斯紀念橋位置

新的弗雷德里克道格拉斯紀念大橋距離原來的舊大橋約二十英尺，拱橋外型非常具有流線感，且拱結構也非常特殊，拱肋是由 6 角型的鋼構單元漸變大小組合而成，主橋為 3 跨拱橋、4 處行人觀景台，橋面配置 6 車道，兩側設置人行和自行車車道，2017 年施工，2022 完工通車。

這座橋連接阿納科斯蒂亞河兩側，為進入白宮、國會大廈等政經中心的重要橋梁，肩負門戶意象，除了主橋外，4 處觀景台（橋兩側各兩個）提供阿納科斯蒂亞海濱的廣闊視野，東南河岸也新闢一條濱海大道連接到公園和城市的步道網路。兩端連接的南國會大廈街及 Suitland Parkway 的部分地區及其與 295 號州際公路的交匯處也進行重建。



(圖片來源：<https://en.wikipedia.org/>)



(圖片來源：<https://www.asce.org/>)



圖 4-15 弗雷德里克道格拉斯紀念橋

(五)廠商展示

本次研討會於會場提供廠商展示區，參加展示單位包含政府部門、貿易聯合會代表(Trade Association)、製造商(Manufacturer)、顧問業(Consultant)、軟體廠商(Software)、營造業者(Contractor)、媒體(Media)等，共布置 77 個攤位。

為便於參與研討會人員間的辨識，報到時發給名牌均加以區別，如 IBC 大會總主席、IBC 會員、主講人、與談人、政府部門人員、各類廠商代表等等，同時研討會 App 也可提供各攤位位置查詢。



圖 4-16 廠商展示區

(六)華盛頓特區及馬里蘭國家港灣區交通

本次會議係於馬里蘭州國家灣區舉行，該區鄰近華盛頓特區，且本次轉機抵達的華盛頓杜勒斯(Washington Dulles)機場就在華盛頓特區，機場進出可搭乘地鐵、巴士、計程車、Uber、Lyft，惟會場距離市中心較遠，故議程期間嚐試搭乘巴士，以下就搭乘交通工具之發現略為說明。

1.華盛頓特區收費公路採差別費率

華盛頓特區公路系統發達，但尖峰時間仍有壅塞的問題，因此針對拓寬的路段收取通行費，形成同一路廊有收費及不收費之分，可快速通行(Express)部分才收費，且必須有電子票證，不同路段收取的費率也不同(如圖 4-17)。

2.華盛頓特區地鐵及票卡系統

華盛頓特區地鐵共有 6 條路線，以不同顏色區別，分為紅、橘、藍、綠、黃、銀，在路線交會處可轉乘，服務範圍涵蓋 2 個機場與各大景點，路線圖如圖 4-18，各站入口皆有售票機，可根據需求購票。華盛頓都會區交通局也針對搭乘大眾運輸需求發行 SmarTrip 卡，也有專屬的 SmarTrip App，功能類似臺灣的悠遊卡，可儲值，有實體卡(如圖 4-19)及電子卡(mobile pay)兩種選擇，電子卡須結合 iOS Apple Wallet 及 Android Google Wallet 使用，SmarTrip 卡在華盛頓都會區地鐵(Metrorail)、巴士(Metrobus)皆可使用。另針對短期及通勤族使用者也提供 1、3、7 天及 1 個月等不同的費率(Pass Option)，其中 1 個月的費率票就類似臺灣目前正執行中的 Tpass 。



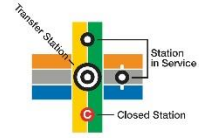
圖 4-17 收費公路採差別費率

M System Map

wmata.com
 Information: 202-637-7000 | TTY: 202-962-2033
 Metro Transit Police: 202-962-2121 | Text: MYMTPD (696873)

- Legend**
- RD Red Line • Glenmont / Shady Grove
 - OR Orange Line • New Carrollton / Ballston-MU
 - BL Blue Line • Franconia-Springfield / Downtown Largo
 - GR Green Line • Branch Ave / Greenbelt
 - YL Yellow Line • Huntington / Mt Vernon Sq
 - SV Silver Line • Ashburn / McLean & Ballston-MU / Downtown Largo

- Station Features**
- P Parking
 - H Hospital
 - A Airport
- Connecting Rail Systems**
- MARC
 - AMTRAK



Effective: Saturday, June 3 – Sunday, June 25, 2023

No between Ballston-MU and Vienna
 No between Ballston-MU and McLean
 Free shuttle service available at closed stations



Metro is accessible.

Map is not to scale

- No Smoking
- No Eating or Drinking
- No Animals (except service animals)
- No Audio (without earphones)
- No Littering or Spitting
- No Dangerous or Flammable Items



圖 4-18 DC 地鐵路網及票卡

3. 華盛頓特區巴士(Metrobus)

本次會議地點馬里蘭州國家灣區並無地鐵可到達，但 DC 都會區有多條巴士路線可到達會場(圖 4-19)，筆者於議程期間均以 SmarTrip 卡搭乘地鐵(Metrorail)及巴士(Metrobus)，地鐵及巴士依離尖峰有不同的費率，但基本上較計程車、Uber、Lyft 等便宜許多，筆者觀察地鐵僅在鄰近都會區中心站點乘客較多，在馬里蘭州內乘客不多。巴士車頂設有閃黃燈極易辨識，巴士附有自行車架也很特別，而且所有公車皆為高度可調式公車，方便身障人士上下公車。另公車站的顯示系統採太陽能且以電子紙顯示，搭配公車路線即時系統，不論用手機或網路查詢公車資訊，即使站距不短，但準確度極高(圖 4-20)。

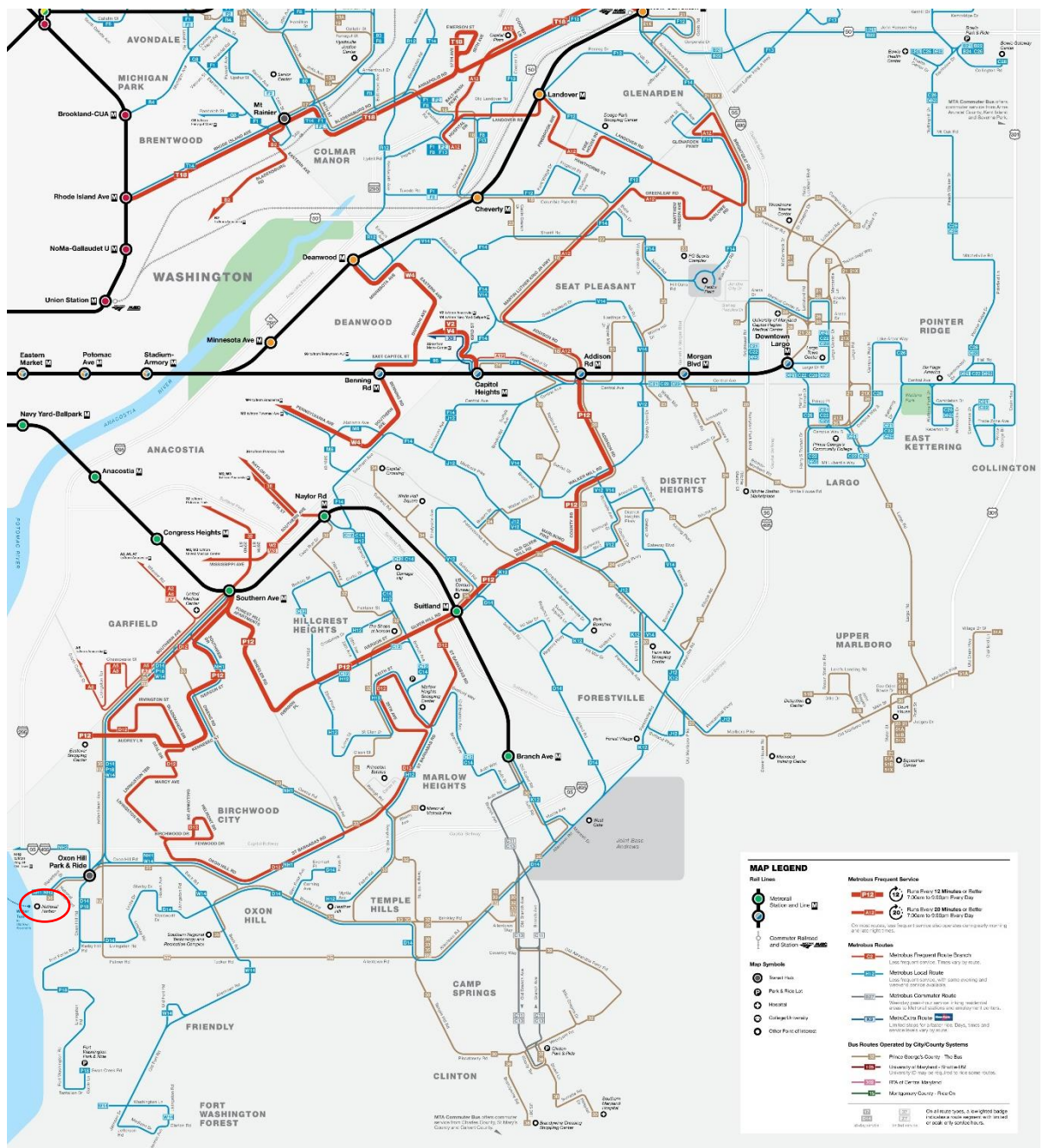


圖 4-19 馬里蘭州國家灣區巴士路線圖



圖 4-20 馬里蘭州國家灣區巴士及站牌顯示

五、心得及建議事項

筆者很榮幸能奉派前往美國參加本次國際橋梁協會(IBC)所舉辦之 2023 年 IBC 研討會，茲將此行之心得感想列述如后：

(一) 運用科技增加參與者互動

本次研討會提供參與者下載 APP，增加參與者互動，同時提供即時訊息通知及會場資訊，值得國內相關單位辦理研討會參考(如圖 5-1)。

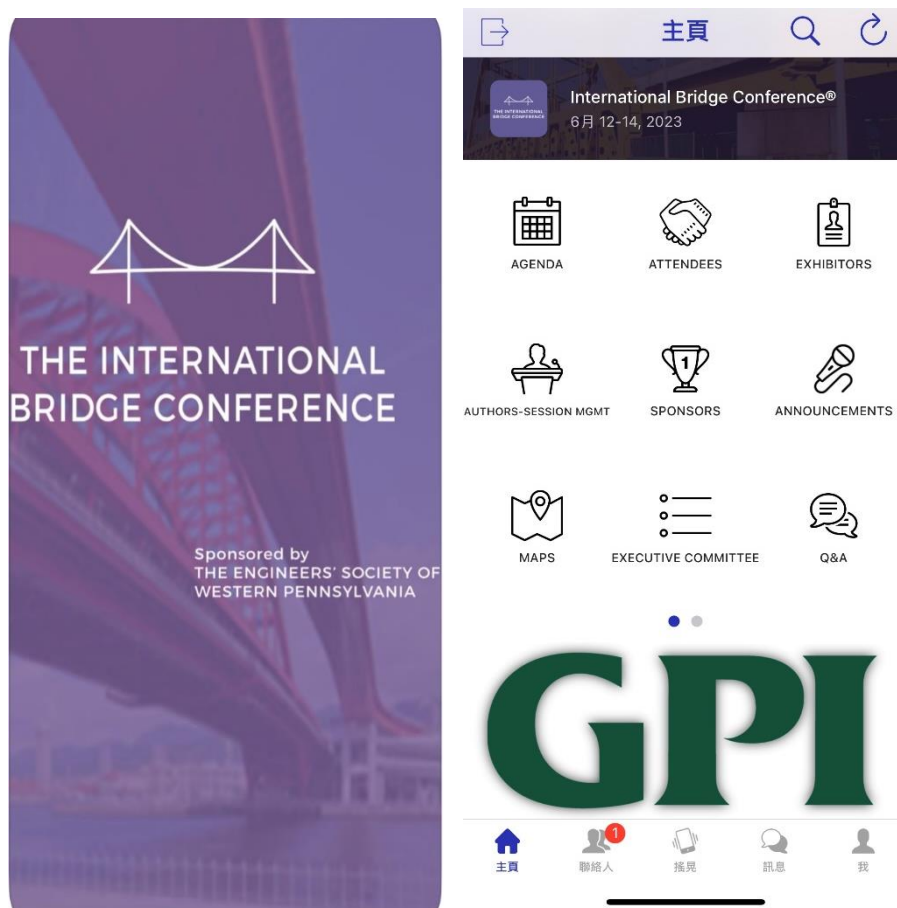


圖 5-1 研討會 APP

(二) 橋梁改建及重建愈顯重要

美國為公路運輸為主的國家，境內公路路線四通八達，橋梁佔比也愈來愈高，尤其是早期建設的公路橋梁，已達 50、60 年以上，許多橋梁不論在結構強度或路寬上都有改建的必要，因此聯邦政府持續投資在橋梁重建上，也帶動橋梁工程的技術發展，以本次參訪的新弗雷德里克道格拉斯紀念大橋為例，就是將舊大橋改建，且運用新技術將新橋設計得美輪美奐，

是特區近年來最大的橋梁工程。國內國道 1 號橋梁自民國 67 年通車以來，也近 40、50 年，其間雖歷經耐震補強，但部分路段因河川沖刷也有改建的需求，後續勢將面對橋梁拓建、重建的課題，預期也將加重國道基金的負擔。

(三) 超高性能混凝土應用漸受矚目

超高性能混凝土具有傑出力學與耐久性能，掀起當代營建材料的革命，美國聯邦政府也投入許多經費進行研究，愈來愈多使用的案例，包括路面、結構修補及替換，國內也逐漸討論此新材料之應用，目前本局推動的國道計畫如楊頭段拓寬工程也將超高性能混凝土之使用納入橋梁新材料評估，希望能利用此材料的特性，可大幅縮減斷面與材料用量，有效減少長期維修成本，減少碳排放量。

(四) 公路差別費率的施行值得學習

就筆者此行的觀察，美國貧富差距極為明顯，但政府提供不同路線、運具、費率(Pass)供人民選擇，一條公路廊帶可以收費與不收費並存，希望節省時間者走收費路段，透過交通管制可較快速到達，且依離、尖峰收取不同費率。臺灣民眾不論長、短程旅次，普遍喜用國道，造成局部路段交通量過大、經常性壅塞，國道採電子收費後，除未能落實使用者付費，而有橫向國道不收費、20 公里免費里程，隨交流道愈來愈密集，也讓免收費旅次愈來愈多。國外差別費率的作法或許是紓緩國道局部壅塞的解方。