

出國報告（出國類別：研討會）

參加「2024 年國際公路橋梁研討會
（ESWP-IBC）」

服務機關：交通部公路局北區公路新建工程分局

姓名職稱：呂正安 副分局長

派赴國家/地區：美國/德克薩斯州 聖安東尼奧

出國期間：113.6.2~113.6.9

報告日期：113.6.24

摘要

西賓夕法尼亞州工程師協會透過事前將近 1 年的精挑研選論文及精心策劃，將當前先進的橋梁工程技術、優良工程實務等，透過國際橋梁研討會發表。

今（2024）年 6 月 3~5 日於美國德州聖安東尼奧舉行。研討面向多元、題材豐富，如設計分析面：「懸吊-復建設計」、「創新設計與分析-拱、基礎、鋼構、創新」等；施工及材料面：「創新施工技術」、「材料與研究」，另尚有法規應用面、檢測及科技應用面，甚至有「建築工程」及「鐵路」等。

研討會在多個演講廳同步進行，與會者可透過事先檢閱研討會 APP 選有興趣之課程。另可參觀特色州（德州）橋梁工程主題展，以及琳琅滿目的橋梁產品展等。透過聆聽、交流、參觀等，獲取先進的橋梁新知。

本研討會俱備知性、前瞻又多元，實為技術交流之重要平台，亦是從事橋梁工程者掌握橋梁工程最新脈動之良機，與會者成果皆豐碩。

目次

一、 目的	1
二、 過程	2
三、 2024 年 IBC 國際橋梁研討會	4
四、 心得及建議	26
附錄 2024 國際研討會時程表	28

一、 目的

(一) IBC 簡介

國際橋梁研討會 (The International Bridge Conference, IBC) 由西賓夕法尼亞州工程師協會 (Engineers' Society of Western Pennsylvania, ESWP) 主辦，提供豐富的橋梁工程技術、橋梁工程實務與相關廠商展示產品，為國際橋梁工程最新資訊與技術溝通的重要平台。

本研討會每年舉辦一次，第一屆研討會於 1984 年在美國賓夕法尼亞州匹茲堡舉行，今年(2024)6 月 3~5 日則於美國德克薩斯州聖安東尼奧河濱步道河心萬豪飯店(Marriott Rivercenter San Antonio, Texas USA) 會議中心舉行，並邀請州交通部 (Department of Transportation) 展示分享橋梁維護管理作為等，作為本屆研討會特色主題，內容十分精彩充實，可供主辦機關、設計顧問公司、施工營造廠商及養護機關等汲取精要受用無窮。

(二) 參與 IBC 研討會之目的

公路局為國內公路橋梁新建及養護機關，所轄省道橋梁逾 3000 座，攸關人民通行安全及便捷，始終追求全面技術提升，是公路局的使命，也是長期關注及努力的方向。

公路局近年持續辦理全球注目之淡江大橋、台 61 線新北至苗栗之平交路口高架化及蘇花公路改善等諸多重大橋梁新建工程。又每年養護橋梁方面，不僅需進行橋梁檢測、耐震評估，亦需辦理維修補強及索力監測等養護作業。而公路局是國內少數尚維持自辦監造的工程機關，又發行公路工程月刊，將精研優良的橋梁工程技術從實務面及寫作中傳承下來。而為因應多元挑戰，實有必要與國際橋梁工程發展接軌，以持續精進我國橋梁技術。

藉由參加 IBC 國際橋梁研討會，可一窺國際橋梁創新設計、工法、實務作法。課程含蓋如何加速橋梁施工、減少施工期間影響交通、受損橋梁修復策略及老舊橋梁如何維護管理等等重要課題。後續再就課題深入探討、多方交流及思索應用執行，則可擴展我國橋梁工程維護管理智能，也可提升橋梁工程全生命週期之效能。因而，參加 IBC 國際橋梁研討會，對於公路局，乃至我國橋梁工程長期發展，實有相當助益。

「歲月靜好，必有人負重前行」，公路局始終為民行靜好而努力不懈。故多年來秉持自辦監造、維持工程司辦理橋梁檢測、編輯發行公路工程，乃至派員遠赴美國研討會，為精進橋梁技術雖然辛苦且不易，然可達成民行便捷及安全之使命，公路局樂所當為。

二、 過程

(一) 行程規劃

2024 年 IBC 國際橋梁研討會核定出國時間為 8 天，研討會係在美國德州聖安東尼奧萬豪酒店舉辦，研討會期間為 6 月 3 日至 6 月 5 日計 3 天。

考量研討會地點係在美國中南部，直飛時間逾 15 小時，且時差約 12 小時，對於未曾長途飛行者，著實考驗久搭飛機之耐力；後疫情時代，通貨膨脹下機票價格飛漲，難得遠行 12,307 公里前往土木工程重鎮先進大國，為提高性價比，乃事前多方詢問中興大學水保系、陽明交通大學土木系等曾經留學美國的老師，汲取行程注意事項；另自行多方蒐集土木、橋梁工程等資料，雖十分耗神，可俾益遠行研討成果。

研討會在 6 月 3 日早上 8 點即展開精彩主題演講，因而須提早一天抵達，研討會結束後隔天離開，故參加研討會至少需規劃 5 天。又所剩 3 天作為往返時間已十分緊湊，故行程規劃上須儘可能節省時效，且採用邊研討會邊彙整資料製作報告，以利即時記下，供日後回國貢獻所聞所習。

行程規劃自 6 月 2 日前往德州聖安東尼奧，6 月 3 日至 5 日參加研討會，研討會後陸續整理資料文件，其後轉往舊金山機搭深夜班機返臺（6 月 9 日凌晨 4 點半到達）。

(二) 行程表

相關行程摘要如下表 1-1 參加 2024 年 IBC 國際橋梁研討會行程表。

表 1-1 參加 2024 年 IBC 國際橋梁研討會行程表

日期	起迄地點	行程摘要
6 月 2 日 (日)	搭機往聖安東尼奧	調整時差並搭美國國內班機飛往聖安東尼奧
6 月 3 日 (一)	德州聖安東尼奧河濱 步道河心萬豪飯店 會議中心	報到、參加橋梁研討會
6 月 4 日 (二)	德州聖安東尼奧河濱 步道河心萬豪飯店會 議中心	參加橋梁研討會、參觀特色州展覽及橋梁工程產品特展
6 月 5 日 (三)	德州聖安東尼奧河濱 步道河心萬豪飯店會 議中心	參加橋梁研討會
6 月 6 日 (四)	聖安東尼奧	彙整研討會資料
6 月 7 日 (五)	聖安東尼奧-舊金山	彙整研討會資料/搭國內線前往舊金山
6 月 8 日 (六)	舊金山-桃園	彙整研討會資料/舊金山待機/搭機
6 月 9 日 (日)	抵達桃園	返程

三、 2024 年 IBC 國際橋梁研討會

本次國際橋梁研討會在德州聖安東尼奧河濱步道河心萬豪酒店（Marriott Rivercenter San Antonio, Texas USA）舉辦，自 6 月 3 日至 6 月 5 日為期 3 天，研討會專題內容琳琅滿目及主題多元，含檢驗測試及修復策略、特殊荷載分析、創新施工技術、材料研究、復建設計、吊索修復設計、AASHTO LRFD 規範指南、既有橋梁及新橋之保護、ARC 設計及分析、結構監測及新興技術、無人機橋檢、BIM 智慧模型應用、拆除工程…等（詳附錄）。另會場有主題展覽德州轄區橋梁、隧道維護管理計畫及環境生態友善等作法，及橋梁相關產業廠商約有 86 家的產品展出。

主辦機關十分用心，除了建置研討會專屬網頁外，也事先開發手機應用程式 IBC App，將研討會相關訊息搜錄其中，供與會者可事先隨時隨地取得研討資訊。

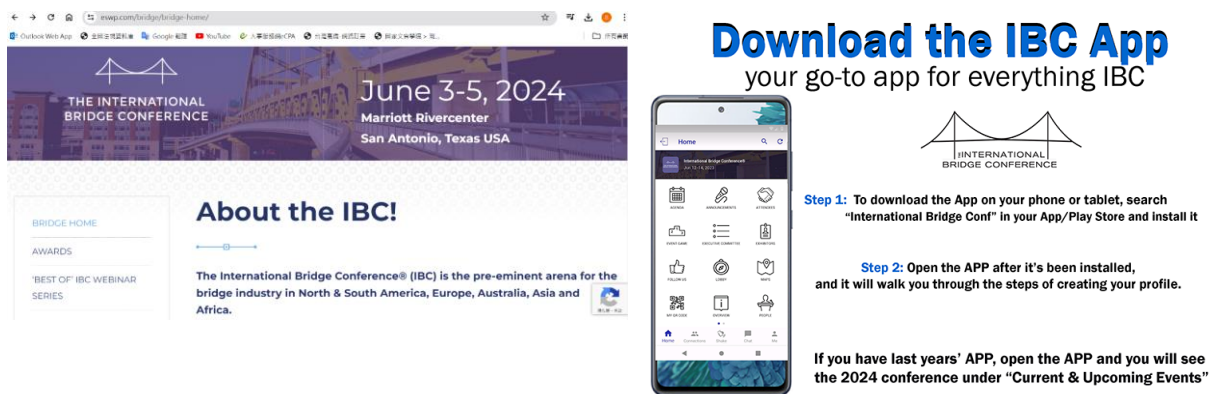


圖 3-1 IBC 研討會主辦方事先建置網頁（左）及開發手機 App（右）

把握難得出國研習且與各國先進交流機會，各研討主題皆為一時之選，然受限只有 3 天時間，故難免有衝堂情形。擇選課程上，以與國內橋梁相關性高、具創新性的或契合國際接軌的，儘可能參加，如：

1. 選取橋梁檢測及維修課題，有助探討台灣省道各式橋梁修復略之面向。
2. 交通工程事故造成橋梁重災之案例，係國內快速公路近年所遇之狀況，值得了解。
3. 創新之橋梁施工技術，可從工法中反饋台灣施工精進。
4. 市區橋梁如何兼顧地形地貌、景觀遊憩及生態低擾動等，實為有挑戰性的課題。
5. 還有新材料的使用、橋梁監測新興技術等，對於國內老舊橋梁眾多、型態各異等，都有值得汲取借鏡之良策。



圖 3-2 2024 年 IBC 國際橋梁研討會報到處（左）及研討會場導覽門架（右）

（一） 參加研討會專題

國際橋梁研討會論文專題豐富且同時段在不同場地發表，大會提供開發 App，包括大會相關資訊、即時公告事項及各專題內容概要，參與者可規劃參加各專題之時間及地點，並可設定提前提醒鈴聲，讓參與者可以不錯過時間並容易抵達各專題場地。茲就摘要說明參加各專題主要內容如下：

1. 主題課題（Keynote Session）

由重量級人士如 Michael Baker International 橋梁部門的高級副總裁 Brian M. Kozy 等 6 人主講，為 IBC 研討會之開場課程，期間無其他課程同步進行，以示崇敬之意。

本場 6 位講者大致以概念性闡述為主，如 Peter Sakai（日本移民，德州法官）談論德州司法、Craig Thompson（威斯康辛州交通部長）分享各項工程建設情形，其中有關橋梁工程課題者，主要廣泛地介紹如何協助德州約 56,000 座橋梁的設計、施工、檢查和維護(Graham Betti 技師)，以及 AI 人智慧學習技術應用於土木工程設計及監測等(Krishna Kumar 博士)。

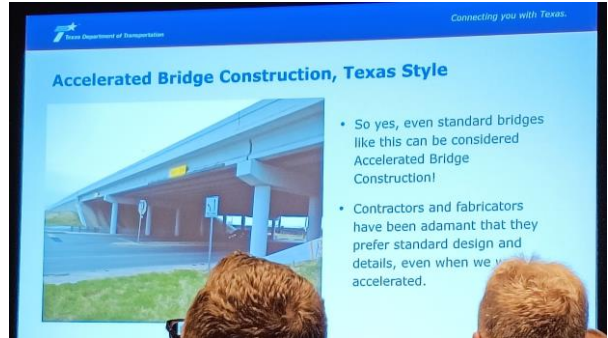
Kumar 博士藉由 AI 學習系統，建置學習主題(如：結構受損)，從而提升系統辨別力、累積資料庫、架構智慧化模型，逐漸將比對能力達到工程師的智慧，以節省工程師的作業。日後，可透過 AI 智慧系統，從結構受損模式中反推當初的受損過程，讓工程師知其然而得以治其本。

另值得一提的是，IBC 邀請 Roger Allen Polson 前來分享撰述德州公路之經驗。局成立 100 週年時，其所完成之紀念書籍。自 1989 起在德州交通部任職至 2012 年退休，Polson 目前擔任廣播員、作家及製片人，且專注在編輯德州公路發展。在德州公路局 100 年紀念，Polson 特別出版德州公路百年專書，供後人知路之所由來、路之美。書中從早

期開路的艱辛，搭配照片，呈現公路技術日新月異、路線變遷過程及道路景觀今昔對照，饒富公路文史之趣且深具教育啟發意義，可供臺灣借鏡。



(1) 大會主題講座 (講者 Peter Sakai)



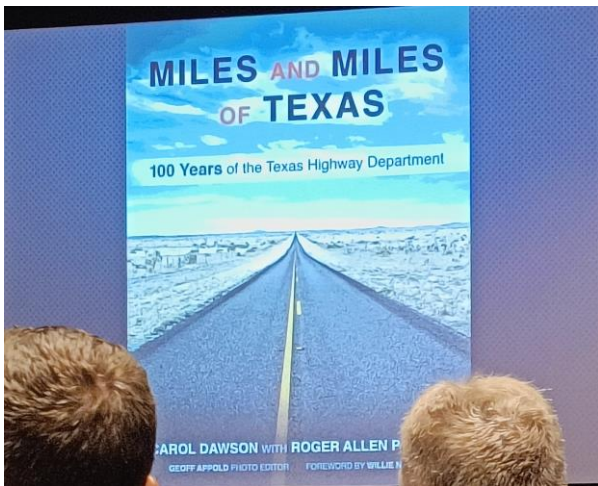
(2) ABC 加速橋梁施工之德州作法



(3) AI 應用於工程及監測



(4) 利用 AI 分類設施受損程度



(5) 德州公路 100 年專書



(6) 圖文並茂描述德州公路古往今來

圖 3-3 Keynote Session 講題多元

2. 特色州會議-德州橋梁保護

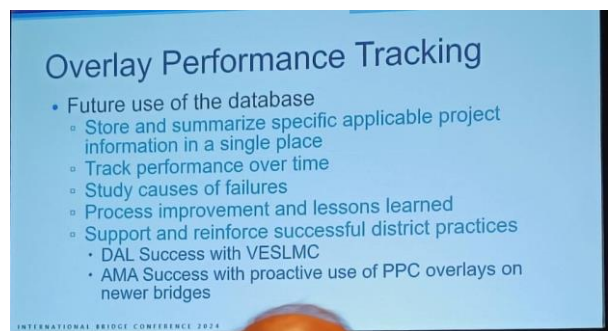
講者 Bettis 任職德州交通部，為確保全州約 56000 座橋梁的正常運作，策略上係思考如何強化橋梁周延防護，主要作為有：

- (1) 導入危害度分析橋梁劣化及處置順序
- (2) 發展一致性的處置對策及周期持續性維護。
- (3) 在既有經驗上，思考創新修復對策。
- (4) 在員工素質上，持續強化員工訓練。
- (5) 透過擴展顧問服務的面向及施工期間加強檢視等。

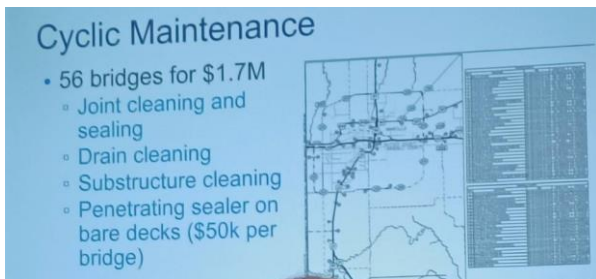
透過上述作為，可使橋梁維護優劣得所，且經費運用合宜有度，又可不斷創新提升維護成效，再透過契約面保存相關成果。再者，在桿件劣化修復上，常可見美國採用修復局部構件，如油漆工程非整跨油漆、索力更新工程非全橋改善等，皆以劣化程度分級之概念來進行修復，可將有限經費用在最需改善的構件上，此作法可供臺灣養護橋梁引以為鑒。



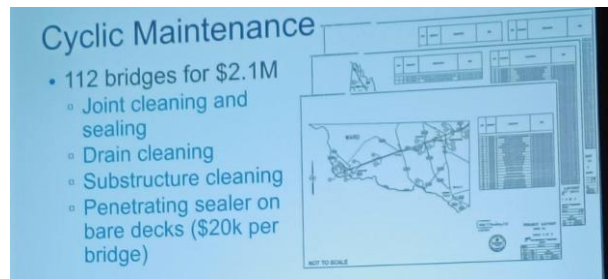
(1) 德州公路約 1%情況較差



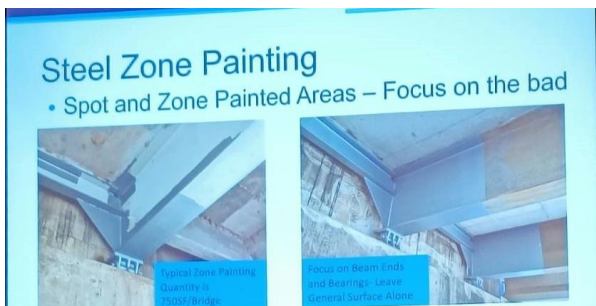
(2) 透過整體追蹤方式掌握橋梁性能



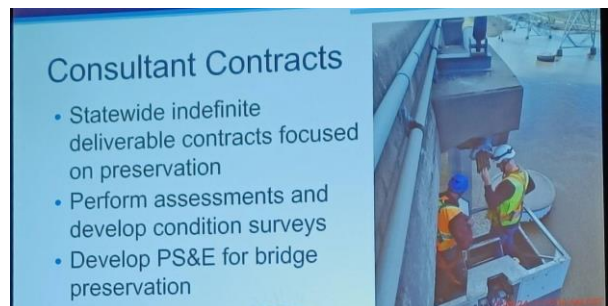
(3) 劣化程度較嚴重之例行養護經費



(4) 劣化較輕微之例行養護經費



(5) 先油漆劣化較嚴重之構件部位，非全跨重漆



(6) 透過顧問契約面提升橋檢成果

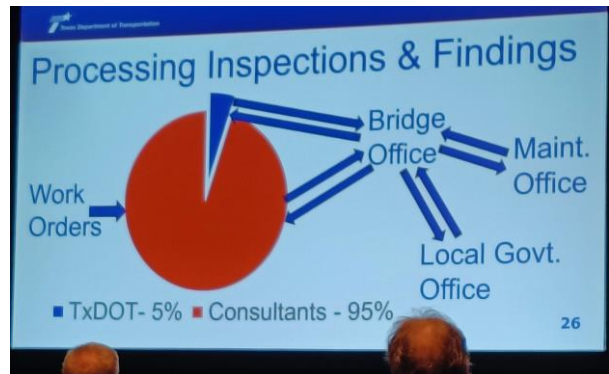
圖 3-4 德州橋梁保護之相關作為

3. 特色州會議-德州橋梁檢測計畫

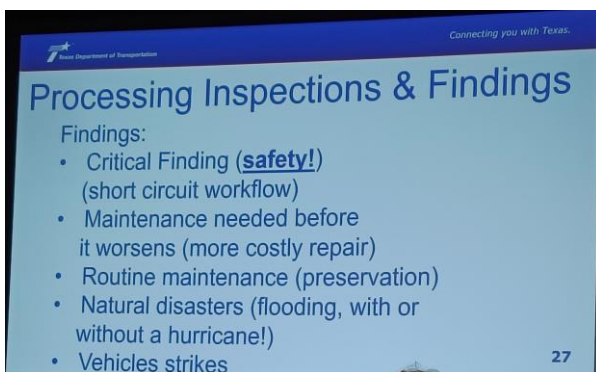
講者 Mark Wallace 任職德州交通部，具專業技師證照。該州橋梁數達約 56000 座，執行檢測工作主要係透過契約委託顧問公司執行（約 95%），但仍保留 5%由州政府自行辦理檢測。此點，與公路局目前的作法相似。因為橋梁為數很大，期許透過事先檢測，將安全攸關的構件在劣化加劇前，能事先發現而進行維修，確保抵抗外力或颱風等衝擊。另講者以多年經驗，建議廣泛搜集彙整橋檢資料（可應用無人空拍機），並以開放的態度來改善商業軟體，乃至應用 3D 建模等技術。講畢，就講者分享的橋檢計畫，本次奉派出國公路局代表呂主任工程司正安與講者做進一步的問答交流，獲在場美國及各國工程師點頭稱許；其制度設計上與公路局相仿，其仍保留 5%自辦檢測、無人機及 3D 建模技術之導入，皆有值得透過彼此交流而精進。



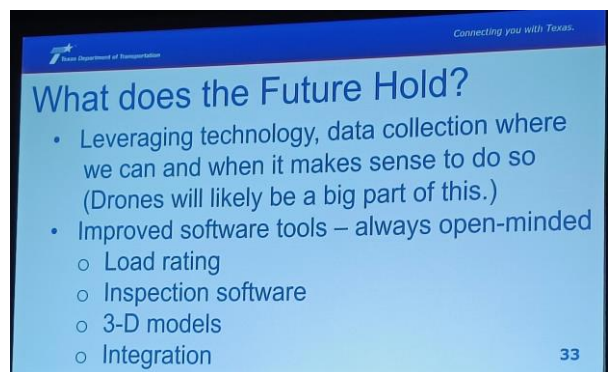
(1) 德州橋檢要求



(2) 透過政府訂約來辦理橋檢



(3) 橋梁檢測主要的成果



(4) 後續橋檢的重點



(5) 公路局中分局呂主任工程司（時任）與講者問答交流

圖 3-5 德州橋梁檢視相關作為

4. Waterloo Park Arc Bridge

該橋係為供行人通行，橋址經過水道及水池，且需穿越公園。設計者充分考量耐久性
及穩定性，主要設計對策有：

- (1) 為降低對公園生態之干擾，因而線形採曲線配置。
- (2) 為提升通行舒適，故縱坡配置平緩。
- (3) 為確保結構穩定，斷面採變斷面配置及搭配預力系統。
- (4) 為提升結構耐久性，故預力套管配置保護層相當充足，且利用圍束鋼筋均勻分
擔預力。
- (5) 為與當地景觀自然融合且減少挖填，橋台基礎採因地制宜，分兩階配置樁基礎。

另值得一提的是，為確保變斷面曲橋之使用穩定性及舒適性，設計者以結構分析軟體
做了詳細檢核變形、受力分析等。

完工後，簡潔精要的結構配置使整體造型十分優雅，設計理念兼顧地景環境融合，頗
值得國內市區公園橋梁設計參考。



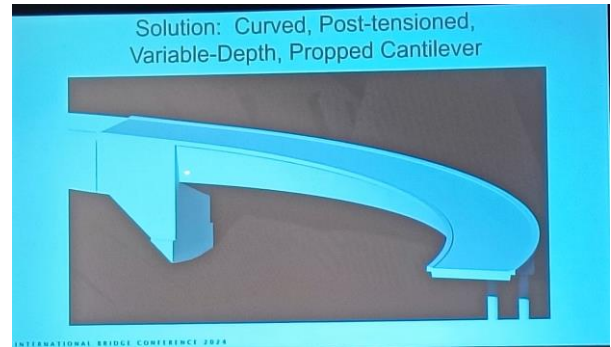
(1) 本案例由 3 位專業技師共同辦理



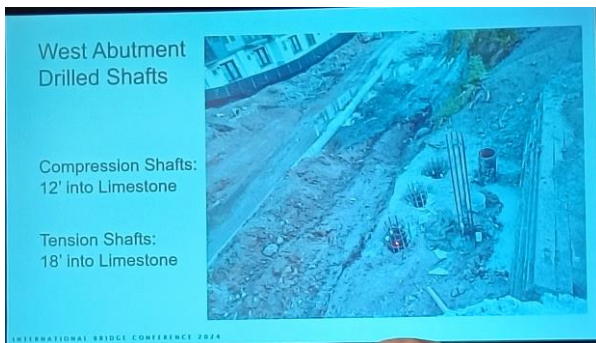
(2) 橋址環境有隧道等阻礙



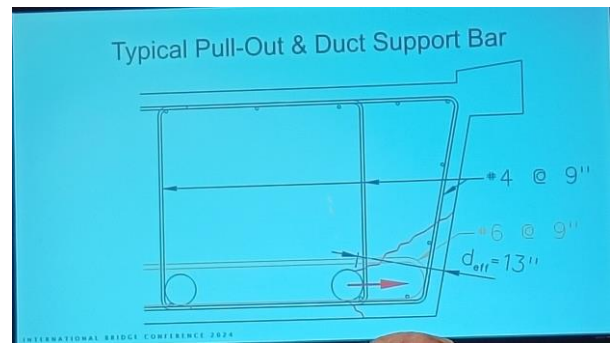
(3) 橋址經過公園環境



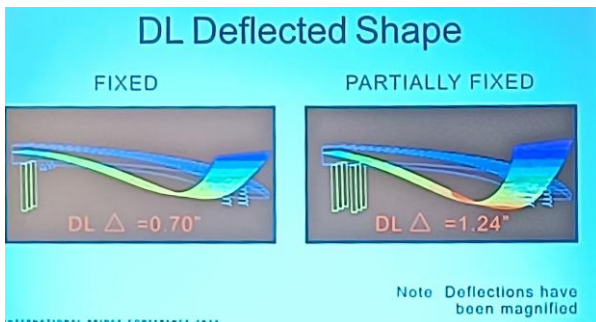
(4) 採用變斷面曲橋為設計方案



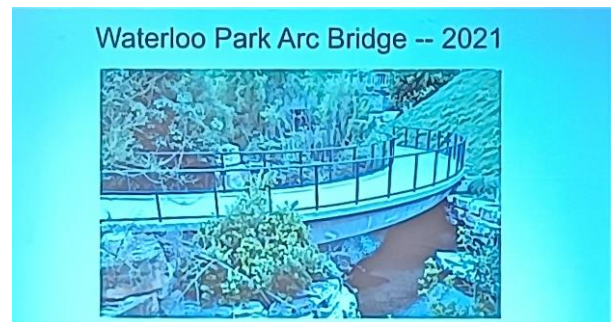
(5) 橋台基礎因地制宜兩階式施工



(6) 預力套管防護設計周延



(7) 進行詳細結構分析



(8) 曲橋確保景觀融合及人行舒適

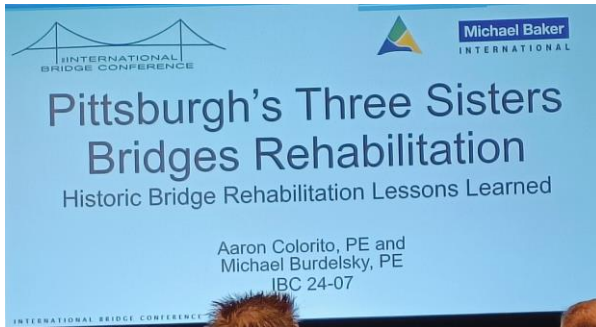
圖 3-6 公園橋梁面對生態、環境及人之最佳配置

5. 三姊妹橋修復工程 (Three Sisters Bridge Rehabilitation)

匹茲堡的三姊妹橋係全世界唯一採三座橋接鄰在一起的橋梁，橫跨 Allegheny River。本橋屬跨河橋，故橋址位屬水氣較高之環境，因而鋼構件容易生銹。美國橋梁管理制度似採危害度分析來排序修復順序及範圍，故可見，即使鋼加勁板等已銹蝕嚴重，修復時仍僅採局部維修，而非全跨皆維修。此點，確實與國內整修橋梁時常以橋跨為單元，顯有不同。美國所採作法，相對較經濟，但需對危害度排序詳實辦理，否則橋梁發生危害之風險相對較高；國內所採方式，相對保守卻也花費較高。

另修復後，一併改善燈光照明系統，且追求與環境融合，以增加城市景觀休憩重點。

此與國內地方政府常佈設橋梁燈光造景，作法上頗相似，只是從照片中來看，三姊妹橋之燈光工程相對簡潔有型，與國內色彩繽紛之作法，又有明顯差異。



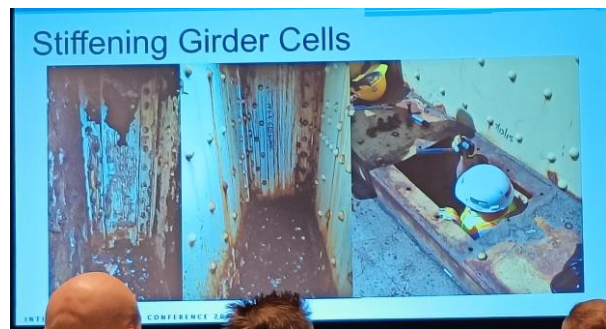
(1) 由兩位專業技師共同辦理



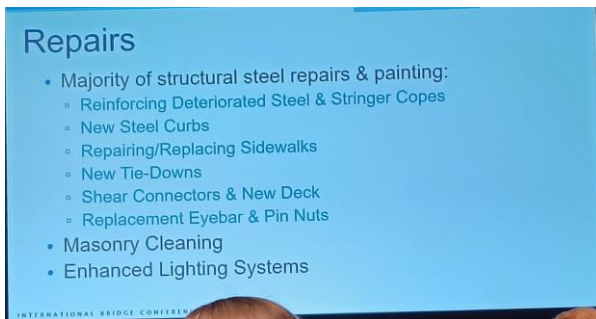
(2) 橋址環境屬濕氣重的區域



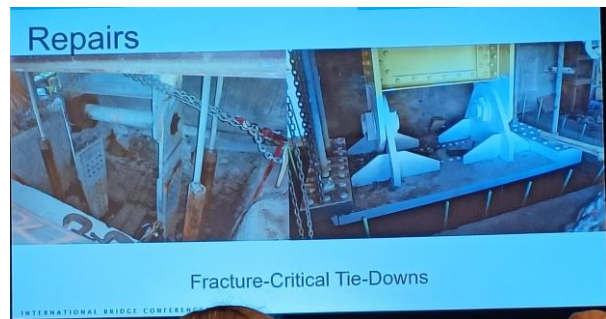
(3) 加勁板及緣石等局部銹蝕嚴重



(4) 規劃銹蝕嚴重處先處理



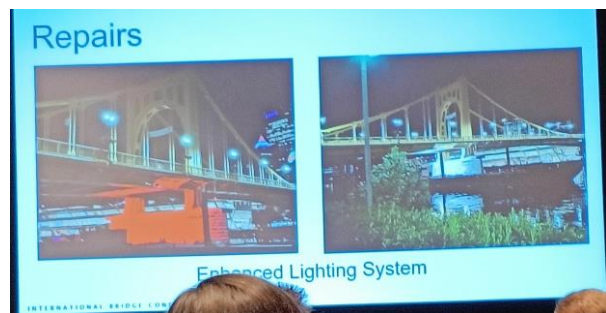
(5) 修復需考量除結構以外之重要工項
修復計畫



(6) 通常修復僅針對劣化嚴重處之構件



(7) 修復好鋼索接頭情形



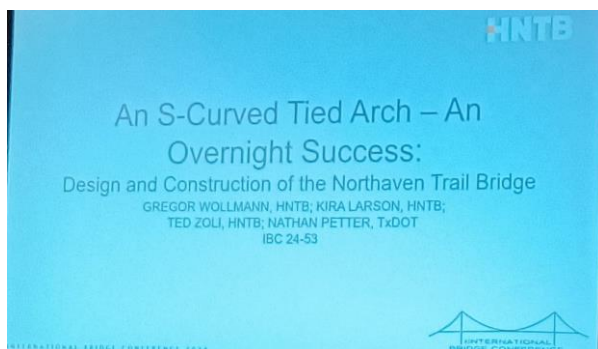
(8) 柔合地景的燈光修復

圖 3-7 賓州三姊妹橋的修復

6. Northaven Trail 人行天橋之設計及施工：

本橋位在達拉斯北部的 US75 中央高速公路上，係供自行車和行人通行，跨高速公路寬達 201 英尺，故設計採用拱橋且具 S 形彎曲的橋面板。又中央高速公路每天車流量約 25 萬輛，卻長期關閉 8 車道施工，顯不可行。故結構設計和施工，皆有相當之難度。

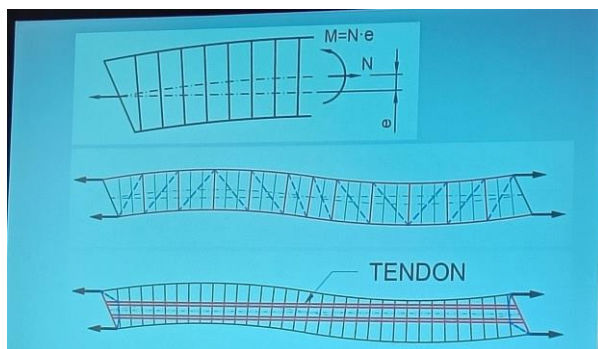
設計者導入橋面預力，且為減少施工期間對交通的衝擊，特別規劃在橋址約 1,000 英尺的空地建造整個鋼拱（包括混凝土橋面）。然後，利用一個夜間交通封閉期間，採用自走式模組化運輸車（SPMT）將 800,000 磅拱橋組立完成。本案例為典型加速橋梁施工（ABC）之典範，頗值得國台跨越快速道路、高速公路等車流量大之跨越橋設計施工參考。



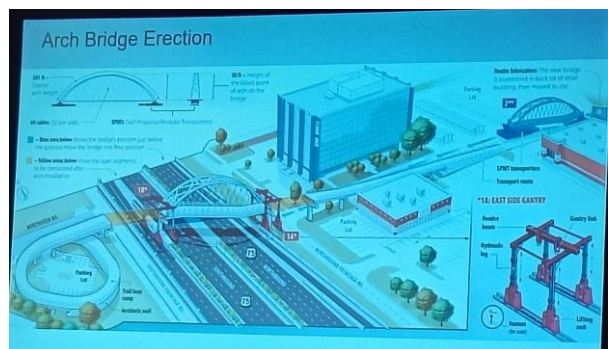
(1) 4 位作者共同完成本講題



(2) 橋址環境、交通分析及橋型模擬



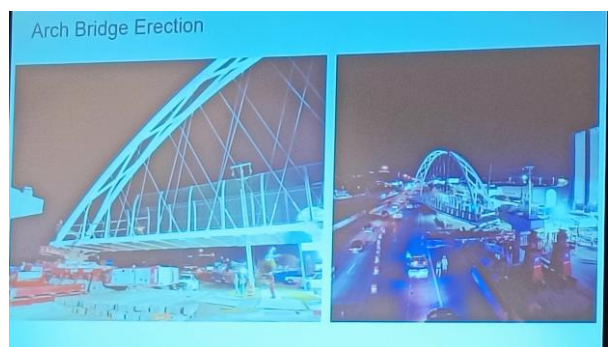
(3) 結構分析及配置橋面預力



(4) 規劃吊裝系統



(5) 利用橋址附近空地先組立橋梁



(6) 一夜封路完成所有吊裝工作



(7) 吊組橋梁完成情形



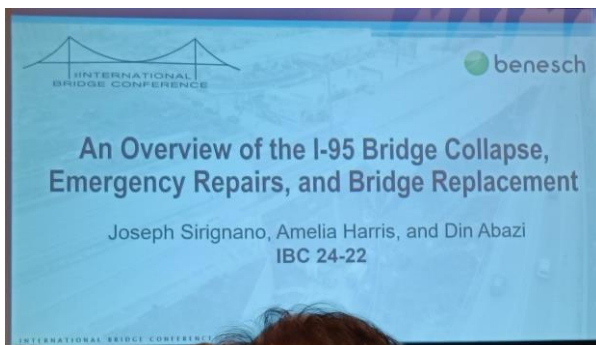
(8) 完成吊裝後之空拍

圖 3-8 Northaven Trail 人行天橋之設計及吊裝

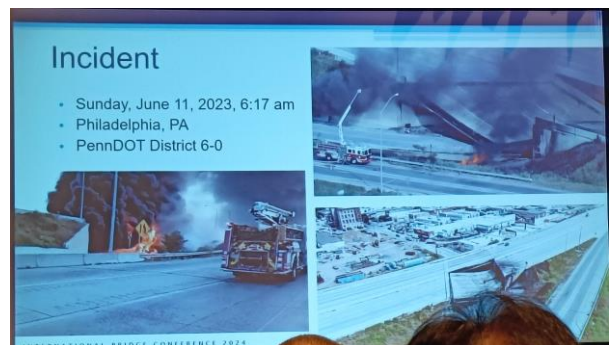
7. I95 橋梁崩塌之緊急修復與置換：

2023 年 6 月，每天承載 16 萬輛汽車的 95 號州際公路，於賓州費城科特曼大道出口匝道上發生一場激烈的卡車事故，導致橋梁倒塌。南行結構遭到嚴重破壞，而鑑於車流量甚大，故定訂快速檢測評估受損情形、緊急恢復通車（使用超輕泡沫玻璃骨材填充物、預製屏障和鐵絲牆在 12 天內設計和建造）以及永久性橋梁更換等作業（兩座單跨斜鋼橋）。

面對公路橋梁因交通事故受損，國內亦有相關案例，如 2023 年 3 月台 61 線苗栗通霄路段北溪橋，遭載運甲醇槽車翻覆起火，造成 5 支大梁因高溫而爆裂。緊急清除化學物質、檢測、緊急修復及復建等，如同本案例般進行。值得一提的是，美國案例所採之輕質材料、臨時及永久護欄型式、迅速定出各階段執行期程及策略等作法，皆可供國內借鏡。而簡報過程中，女工程師介紹搶修階段，圖（12），其他課程亦有女工程師簡報，顯見美國女工程師在工程界獨當一面者，為數不少。



(1) 本講題由 3 位作者完成



(2) 橋梁受災情形

Existing Bridge

- 8 steel plate girders, (16 Total)
- Concrete deck (Composite)
- 103' span
- 34° skew
- 3000' radius
- Superelevated
- Bifurcated median barrier
- 74'-7 3/4" width (SB & NB)
- 160,000 ADT

2'-0" dia. sewer
6'-0" x 9'-0" sewer

(3) 既有橋梁資訊

Finding a Solution

Restore I-95

- 4 Days, Sep. Contract
- Demo existing bridge
- 12 Days, Emergency Contract
- Construct temp. roadway
- Open I-95 at 75% capacity
- Update steel design
- Order and fabricate steel
- 3 Months
- Construction Stage 1
- Construction Stage 2
- 1 Year, G3 Contract

(4) 解決策略及期程

Southbound Bridge Inspection Findings

- Social media image of SB Bridge
- During fire: midspan sag ~9"
- During inspection: no significant sag

(5) 檢測發現橋梁下垂 9 英吋

Assessing Substructure Damage

- Concrete Cores
- Microcracks
- Assess Capacity
- Microscopic, petrographic & Fluorescent (UV) light examinations
- Fire spalled up to 6" to 7" of concrete
- Repair / replace depths = 1" to 4" with overall removal up to 9" from original face
- Compressive strength = 4700 psi to 6610 psi
- Estimated temperature in concrete = 300°F to 500°F

(6) 評估下部結構受損情形

Ultra-Lightweight Foamed Glass Aggregate

- 20 lbs/ft³, $\phi = 40^\circ$
- 8,000 CY produced from 8 million recycled glass bottles
- Ship by truck (100 CY) or even plane
- Non-toxic, non-flammable, non-porous, insulated
- Pennsylvania-made
- Available
- In use at adjacent/nearby sites

(7) 使用超輕質泡沫玻璃骨材

Gravix Barriers

- Precast units available (sitting in yard)
- MASH TL-4
- Bottom 4' of unit backfilled roadway subbase 2A to load integral moment slab
- Units were not cut, so additional diaphragm, backwall, and approach slab removal required

(8) 臨時護欄型式

Median Barrier

- Bifurcated 4.75"
- Cast with existing formwork
 - Only two forms available
- Turnaround time
 - 5 days 24/7, including weekend
- Strength (shipping) = 3,000 psi
 - 1-hour core breaks to accelerate segment delivery
- Strength (28 day) = 4,500 psi

(9) 永久護欄型式

Completed Temporary Roadway

(10) 就地完成臨時通行道路



(11) 永久通行道路第一階段完成



(12) 女工程師主講通行道路施工



(13) 永久通行道路完成

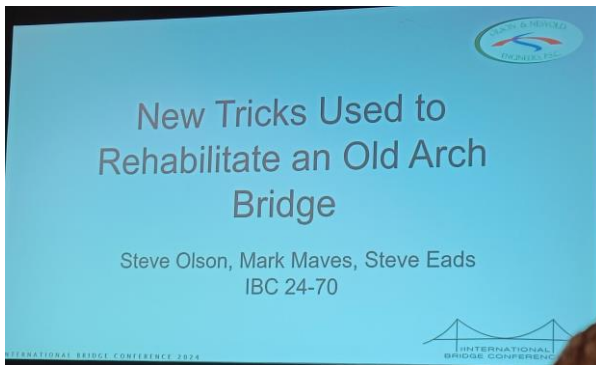
圖 3-9 I95 橋梁崩塌之處置

8. 修復舊拱橋的新技巧：

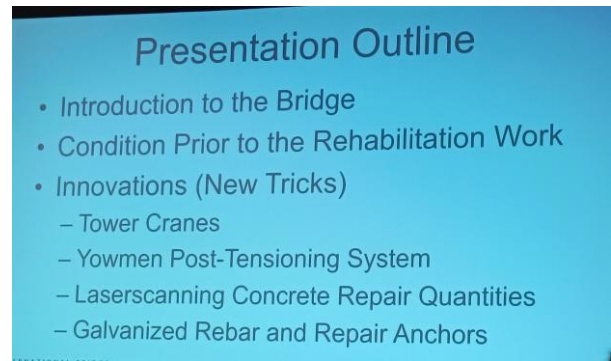
本講題係以修復拱橋為主，在修復專案特別使用了 4 項創新或「技巧」。其一，採用塔式起重機由主要河流碼頭支撐，以方便施工期間的各項吊組。其次，為了保留結構外觀之歷史造型，將不符合當今規範要求的拱肩柱，開發了一種稱為 YOWman 的外部後拉力系統，改善拱肋與現有或新拱肩柱之間細節，以提高橋梁荷載且降低施工成本。再者，為加快混凝土表面修復的測量，開發了一種使用手持式雷射掃描儀的系統；維修點位深度掌握、複雜的彎曲幾何形狀等，相較於手動測量既繁瑣又耗時，採用手持式雷射掃描器減少現場作業時間，並產生維修地點的數位記錄。第四，使用了用水泥漿錨固的鍍鋅鋼筋進行混凝土修復。

本案例特別之處，在於採用建築常用的塔吊系統，有效提升施工便利及加速施工。另本案例由 Olson 博士負責，為高學歷與實務結合，共同解決困難施工問題之典範。在國內，十分少見採用塔吊作為橋梁修復施工。若是有類似作業條件，主辦機關在設計審查階段，可提出供設計單位評估，或許提升工進外，應對作業安全亦有助益，畢竟近年國內曾

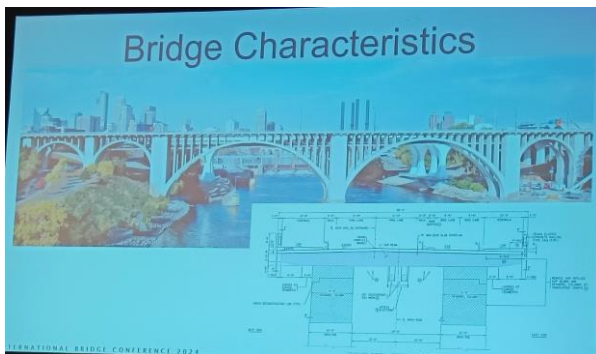
發生幾起吊車、起重機翻覆事件，因而損及人民生命財產，實不樂見。



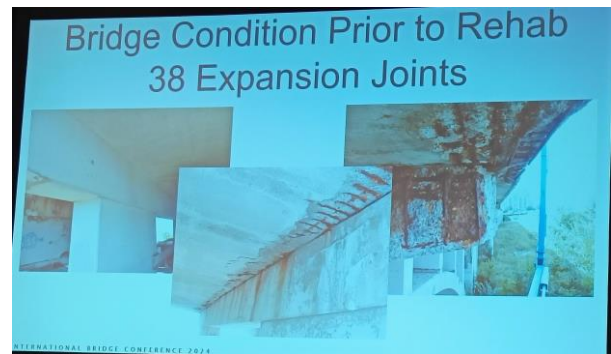
(1) 本講題由 3 位作者完成



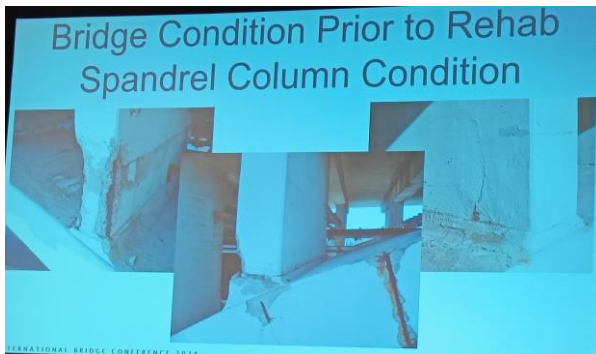
(2) 本案具 4 大創新 (技巧)



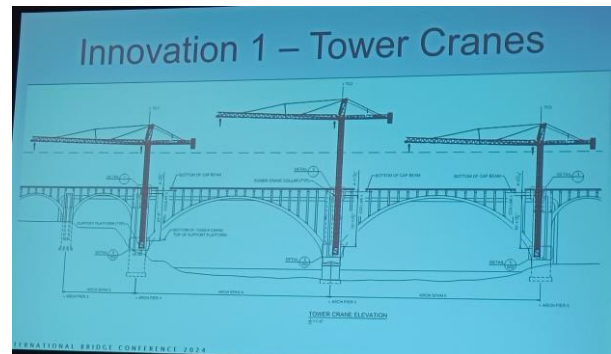
(3) 既有橋梁情形



(4) 修復前橋梁劣化情形



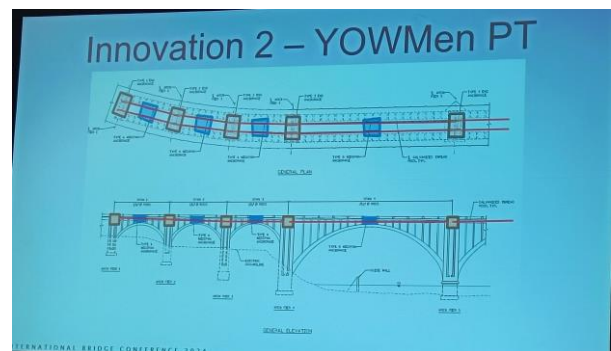
(5) 修復前拱肩柱劣化情形



(6) 規劃採用塔吊系統



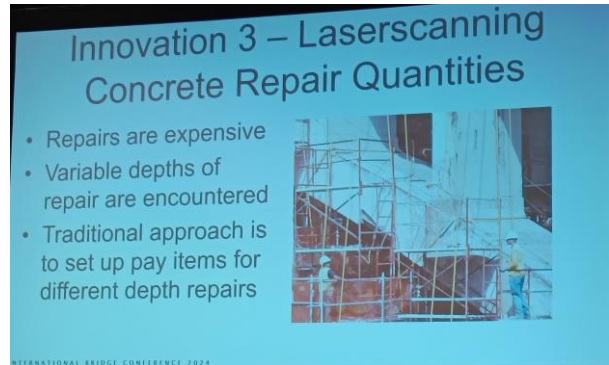
(7) 現地塔吊系統



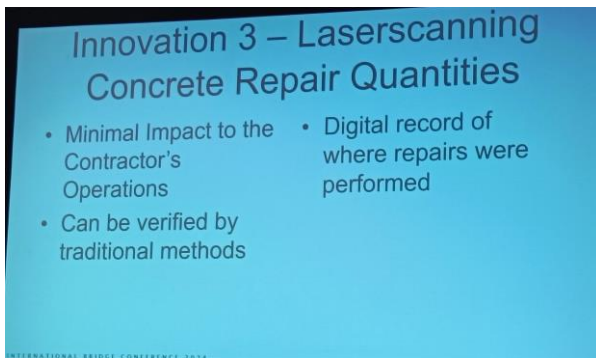
(8) 採用 YOWMen PT 系統



(9) 採用 YOWMen PT 系統改善情形



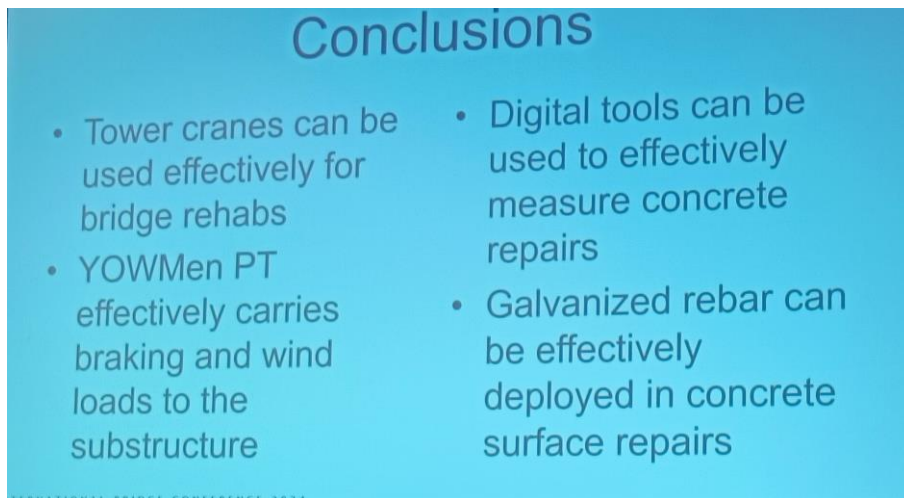
(10) 採用雷射掃描混凝土受損程度



(11) 雷射掃描較傳統量測可減時省力



(12) 採用鍍鋅修復錨座



(13) 4 項創新（技巧）之效用

圖 3-10 修復舊拱橋的創新作法

(二) 參觀德克薩斯州主題展覽

歷年 IBC 國際橋梁研討會，皆會安排特色州的展覽，供與會者了解該州最新的橋梁技術發展，非常值得一看。但因為展出期間通常會與緊密的課程衝堂，故僅能利用課餘時間前往參訪。

本次 IBC 國際橋梁研討會邀請德州展覽該州公路橋梁設計、施工、混凝土研究等工程應用實務，相當精彩。展出時間僅研討會前兩天（6 月 3 日及 4 日），且上午 11 時才開展，故僅可利用研討課程之空檔或中午休息時前往參觀。展出期間，皆有專責人員進駐在會場，以供技術交流。



圖 3-11 德州主題展覽會場指示牌（左）及展場內之解說人員（右）

在入口處之主展桌上，擺設電視設備等影音系統，主要介紹德州橋梁之全生命週期及橋梁監測系統等。

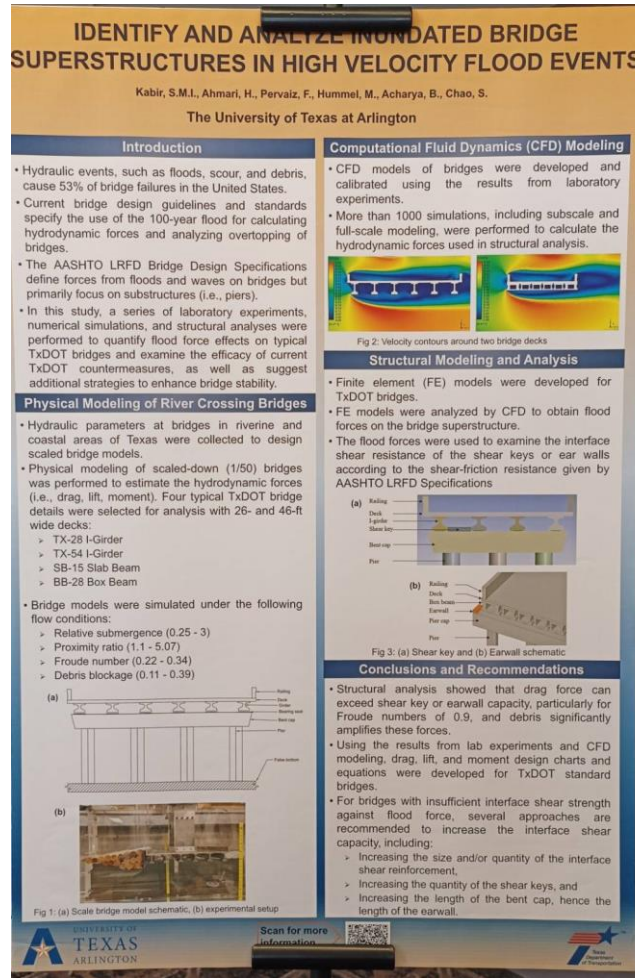
另其他刊版則介紹德州公路橋梁設計、施工、監測、維護，乃至創新研究等之相關主題，如混凝土橋梁機構、I-635 加速橋梁施工計畫（ABC）、橋梁上構遭受洪流沖擊的分析及解決對策。

仔細觀察到，加速橋梁施工大都仰賴預鑄式構件、現場組裝等方式，該州這技術發展卓越，愈臻成熟，對於市區車流頻繁的工程，如捷運、快速公路高架橋等，皆可參考。另橋梁上構遭受洪流沖擊，此類情形在早年是很少見且很難想像的，但極端氣候下，此乃必須面臨的課題，如國內台 8 線 77k 靈甫橋即曾經遭上邊坡土石沖淤滿橋下空間而沖擊上構橋面板，而國內設計尚未納入此種載重，此處，德州已做了深入研究及探討。

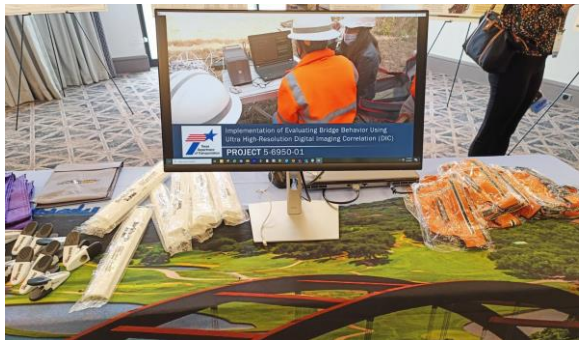
此外，還展示護欄防護設計及實測撞擊的研究，顯示德州交通部用心在人本交通，頗值得國內持續觀注，適時導入國內的公路系統。



(1) 如何利用 ABC 加速施工法



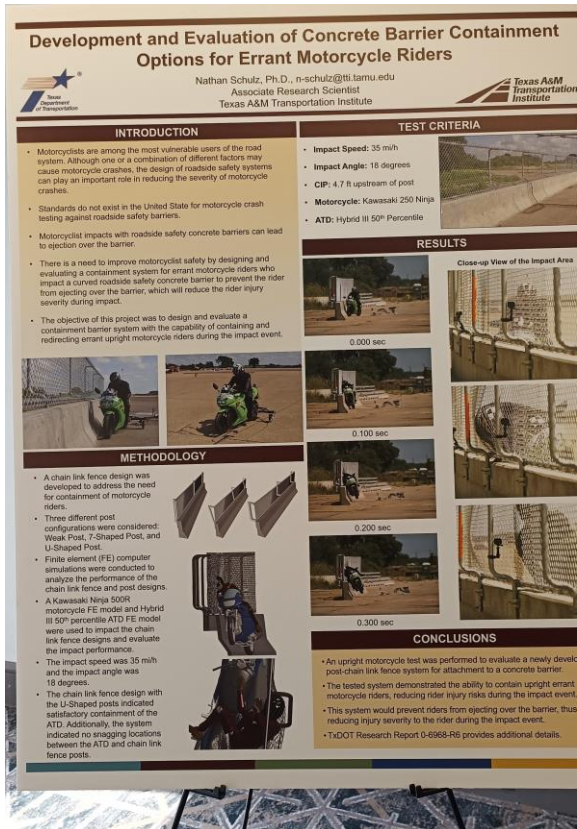
(2) 研究橋梁上構在高流速洪流下之行為



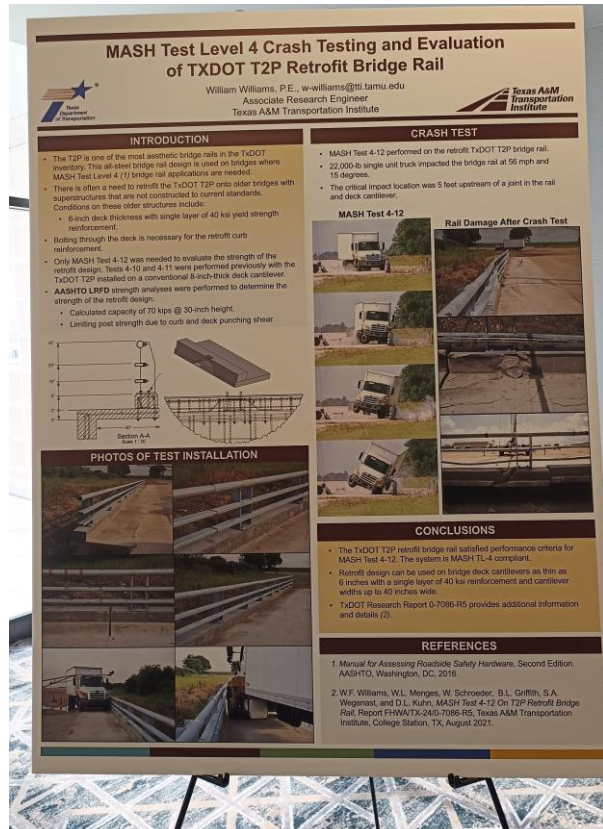
(3) 展間有影音設備



(4) 混凝土橋梁工程機構簡介



(5) 護欄防護機車測試



(6) 護欄防護汽車測試

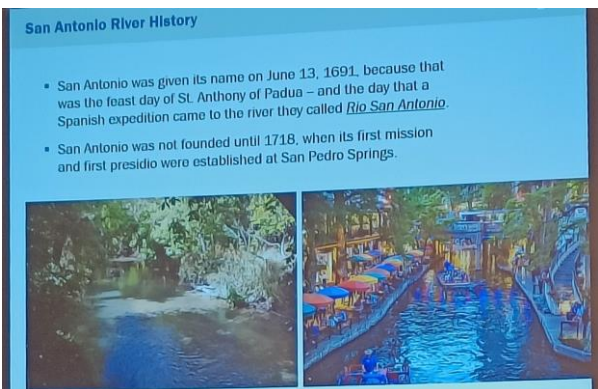
圖 3-12 德州橋梁工程展場

(三) 市區河道工程及橋梁工程

為讓參加研討會人員體驗聖安東尼奧當地生活及了解市區河道整治考量，IBC 主辦單位特別安排第一天下午六點及七點兩梯次，以搭船環河方式 (River Walk) 觀賞當地市景，並從中領略融入地景之跨河橋梁工藝，且事先於 17:15 由在地德州交通部之技師簡報說明環河步道闢建之由來。



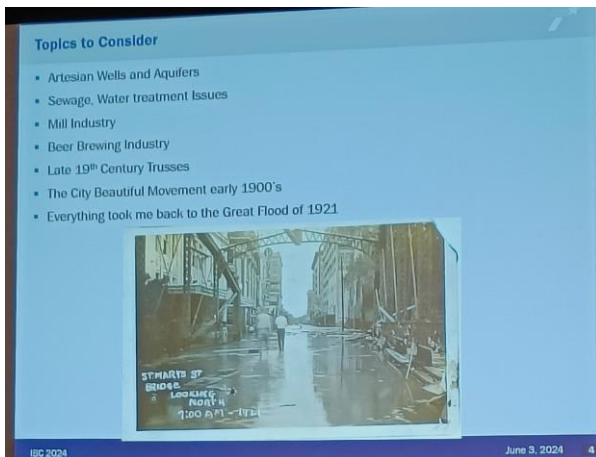
(1) Floumoy 技師主講



(2) 城市河道歷史



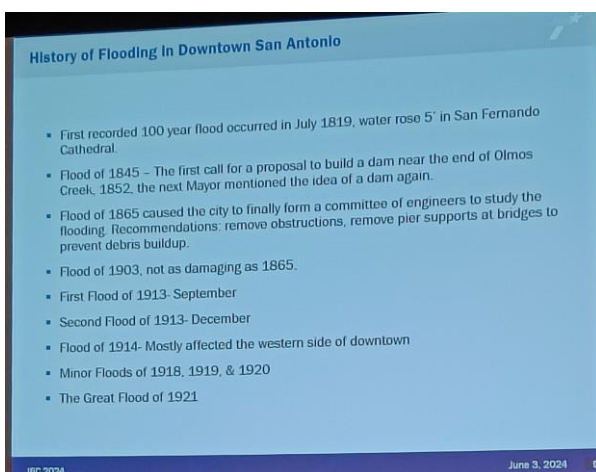
(3) 河道平面圖 摘自 <https://www.thesanantonioriverwalk.com/plan-your-trip/maps/>



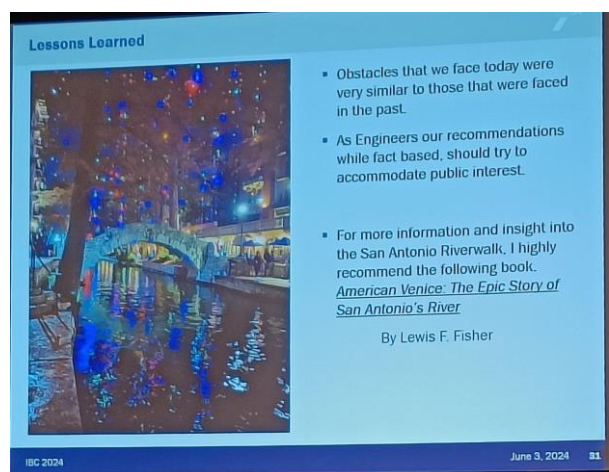
(4) 河道規劃考量



(5) 洪水泛濫情形



(6) 洪水泛濫史



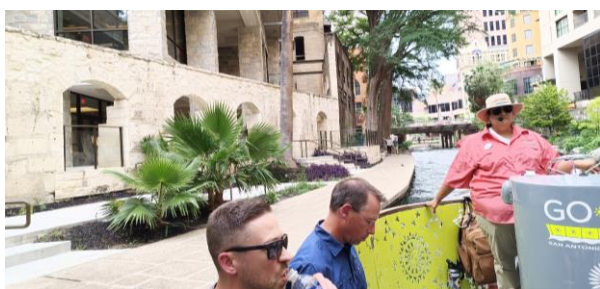
(7) 整治的心得

圖 3-13 德州在地專業技師講說聖安東尼奧 River Walk 的由來

藉由主辦單位安排參訪河道整治工程，特別觀察在地市區交通工程規劃，就城市發展、民生環境、工程特色等概要說明如下：

1. 河道整治工程

- (1) 聖安東尼奧氣候炎熱，類似台灣南部，且人口眾多。為解決河道泛濫損及民生民行，且為優化生活環境及調節氣候，當地政府排除用地、清除障礙、編列預算，整治出環繞市中心的河道，為城市景觀長期發展定出主軸。
- (2) 沿環市河道設置河心步道，步道旁緊鄰德州及墨西格風格之建築，與臺灣河道旁為道路，其後接建築物之佈置，顯有不同。而蜿蜒河道旁佇立色彩繽紛的商家，在每一轉角總有令人驚嘆的特色建築或公共藝術（如噴泉或雕像），為城市注入豐富多元的色彩及活力十足的動感元素，成為聖安東尼奧引以為傲的城市底蘊。
- (3) 導入遊船環市：遊客可搭船環市，觀賞沿線形形色色的景色、多元變化的橋型（拱橋、木造橋、鋼橋、桁架橋、混凝土橋...），又或觀賞多國風情的商家建築，新舊交錯而融合別緻，遠近高低而層次互映。



(1) 船上掌舵者講說人文地景



(2) 沿河德墨風格建築



(3) 沿河營造各式橋型皆與地景融合



(4) 與同船 IBC 研討會成員交流合影



(5) 沿河人行空間充足



(6) 跨河人行橋型多變且精巧



(7) 營造人河橋景融合



(8) River walk 夜間燈景簡約雅緻

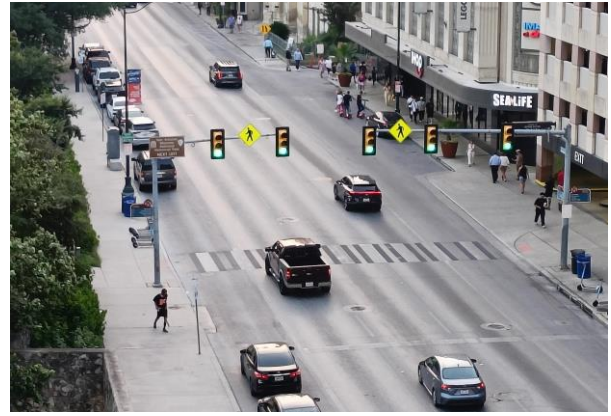
圖 3-14 River Walk 可採船遊、行旅或俯瞰

2. 交通工程

- (1) 車行規劃：車行空間、車道佈設充份考量都市機能，故大城市上、下班時段無擁塞情形。
- (2) 交通工程：每車道皆佈設號誌，用路人可明確辨識。另交通桿採用懸臂桿，腹地空間可供整合其他附掛牌面。
- (3) 行人通行：行人通行牌面附掛在號誌懸臂桿，且設置 2 面、平均分配在路幅 1/3 處，警示效果良好。
- (4) 行人穿越道路前，需按鈕以變換號誌燈色，再穿越斑馬紋通過。此舉可確保行人通行安全及車流順暢。
- (5) 道路兩側設置寬敞平順之人行道，利用腹地建置電動滑板車，供有加速通行需求之用路人使用。



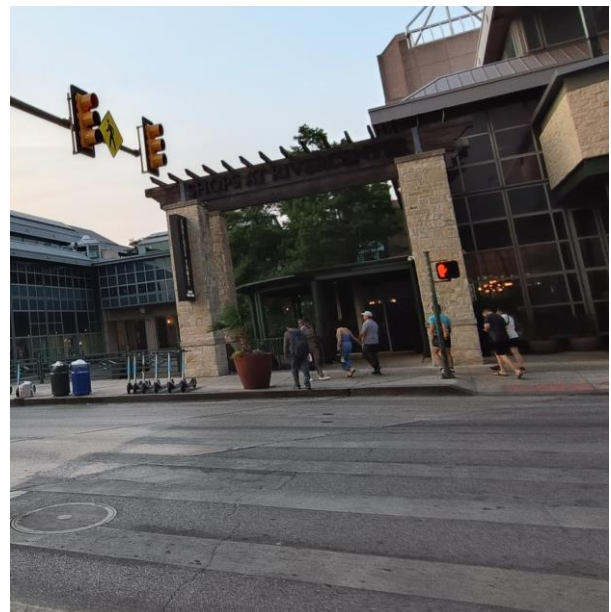
(1) 下班尖峰時刻未有壅塞情形



(2) 各車道皆配置號誌燈及 2 面行人穿越牌面



(3) 行人穿越按鈕



(4) 行人通行燈號

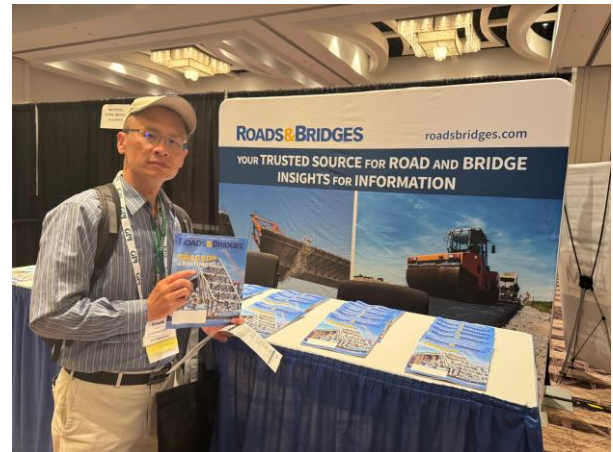
圖 3-15 德州聖安東尼奧的交通工程

(四) 橋梁工程產品特展

本次邀請 80 幾間橋梁著名廠商參展，有橋梁支承、預力系統、碳纖維鋼筋、耐震設施…，項目十分多元。且在 IBC App 裡，事先已建置參展專區，可供事先了解各參展廠商資料。因為展期僅 2 日，6 月 3 日及 4 日的 11 時至下午 6 時，故需自行利用時間前往有興趣的展區了解展覽內容，各區皆有廠商的駐點人員可供洽詢。



(1) 橋梁支承展



(2) 道路橋梁雜誌展



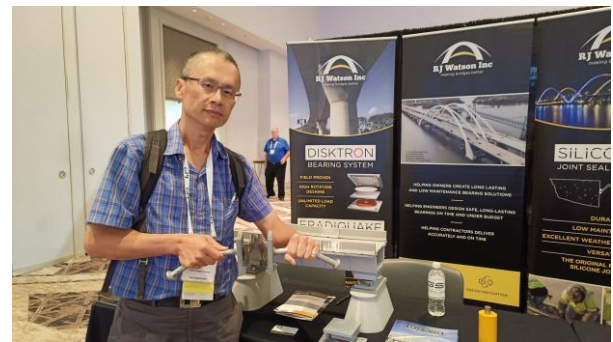
(3) 橋索動力阻尼系統展



(4) 碳纖維鋼筋展



(5) 橋梁補強材料展



(6) 橋梁伸縮縫展

圖 3-16 橋梁工程產品特展

四、心得與建議

(一) 心得

1. AI 智慧系統的開發有助建構智慧化模型，當能力漸達工程師的智慧時，可有效輔助工程師並節省時間；當 AI 智慧系統夠強大時，可從結構受損樣態中反推受損機制，收知其然而得以治其本之效。
2. 橋梁檢測雖委託顧問公司執行，但德州仍保留 5%由州政府自行辦理。為數 56,000 多座橋梁，攸關安全的構件在劣化加劇前需能事先發現而維修，故建立劣化危害度分級機制，以有效應用經費來進行構件維修，確保維持通行。
3. 養護單位除落實常態橋梁維護外，應多思考嚐試創新修復對策，並強化員工素質及擴展顧問公司服務面向，讓技術提升、工法對症下藥，如此可在有限經費下仍可有效處置橋梁養護事宜。
4. 利用線形、縱坡調整、預力配置、減少坡面開挖之基礎分階施作等巧思，再加上結構保護層有效配置，可在市區綠地中精妙地佈設人行路橋，不只景觀融合、生態低擾動且兼顧耐久性，頗值得應用推廣。
5. 加速橋梁施工（ABC）是未來之需求，如何設計更快速之施工方法，需發揮思考與創新。自走式模組化運輸車（SPMT）能將整跨預鑄橋梁，運送至定位後架設，大量縮短工期，將是配合環境之優選項目，惟其係屬大型施工機具，需先規劃準備。
6. 面對交通事故造成橋梁嚴重受損，首要進行快速檢測以評估受損情形，其後訂定緊急恢復通車（可試著使用合適材料，如超輕泡沫玻璃骨材填充物）期程及永久性橋梁更換等作業策略（半半施工、內外側車道修復優先配置規劃）及期程。
7. 具有生態性、景觀性、挑戰性之橋梁，皆可妥善規劃為公路特色園區，如蝙蝠橋、格倫大壩橋等，以提升公路附加價值，創造景觀遊憩人潮，為地方帶來觀光效益及提升國際知名度，如國內目前施工中的淡江大橋。
8. 人本交通的落實度，在美國十分普遍：旦有行人站在穿越線前，路上車輛在可視範圍內即會停等讓行；另為有效禮讓行人，在多車道路段，與號誌燈共桿之橫向懸臂上，會設置不止 1 面行人穿越牌面，提升警示效果；多車道上方會佈設對應的號誌燈，讓駕駛清楚辨識通行與否。

(二) 建議

1. IBC 橋梁研討會的主題多元，從橋梁管理、設計、施工、養護、AI、BIM 等，理論與

實務皆可，皆是國內行之已久的業務。而國內不乏創新、有挑戰性的議題，如淡江大橋的墩柱或大梁吊裝、中分局的東昇里匝道工程施工安全規劃、中橫便道 17.2k 鋼便橋加設碳纖維混凝土防護拱圈等。建議可組團參加，徵稿通常在當年 10 月，研討會在隔年 6 月舉辦，可藉此提升我國在橋梁工程界的知名度，以吸引更多優秀人員前來交流，促成工程外交。

2. 德州公路百年專書由其交通部退休員工撰寫，呈現筆路藍縷與熙來攘往的古今對照，饒富人文地景的悠揚韻味。不久的將來，公路局百年紀念，若有專書計畫，也可由局退休同仁撰寫，更貼近公路本色。
3. 建議可就橋梁自辦檢測方式及策略，如何應用無人機及 3D 建模技術等重要橋檢課題，適時與外國交通有關部門彼此交流，以求精進。在研討會只是獲取初步觀念，深入的探討有賴進一步的交流，此對於國內橋梁養護方面，應可獲致相當成效。
4. 聖安東尼奧的河心步道（River Walk）係由整治洪濫而來，其後蛻變為風光明媚、河岸商家林立、發展遊船環市等具觀光特色及高度商業價值的核心建設。有類似河道環繞或穿越市區的城鎮，建議可提報計畫借鏡河心步道的規劃，來活化河道功能及提升市容。

附錄 2024 年 IBC 國際橋梁研討會時程表

Monday, June 3, 2024		
8:00 – 10:00 AM	Keynote Session	
10:30 AM – 12:00 PM	Featured State Session 1	
10:30 AM – 12:00 PM	Proprietary Session 1	
11:00 AM – 6:00 PM	Exhibit Hall open with lunch at noon and an evening reception	
1:30 – 3:00 PM	Featured State Session 2	
1:30 – 3:00 PM	Proprietary Session 2	
3:30 – 5:30 PM	AASHTO COBS Special Session	
3:30 – 5:30 PM	State DOT Bridge Program Updates Special Session	
3:30 – 5:30 PM	T1 Steel – Inspection, Testing & Repair Strategies Special Session	
3:30 – 5:30 PM	Young Attendees Special Session	
3:30 – 5:30 PM	W01: Routine and Special Permit Load Analysis to Ensure Bridge Safety	
3:30 – 5:30 PM	W02: International Workshop Panel Discussion	
6:00 PM	Riverwalk Boat Tour – (ticket required to attend, inquire at registration desk)	
7:00 PM	Riverwalk Boat Tour – (ticket required to attend, inquire at registration desk)	
Tuesday, June 4, 2024		
6:15 AM	IBC Fun Run (more details coming)	
8:00 – 10:00 AM	Cable Stay Session	
8:00 – 10:00 AM	Innovative Construction Techniques Session	
8:00 – 10:00 AM	Materials & Research Session	
8:00 – 10:00 AM	Suspension-Rehabilitation Design Session 1	
8:00 AM – 12:30 PM	W03: COBS	
8:00 – 11:30 AM	W04: Ensuring Safety and Planning for what might seem unlikely during construction	
10:30 – 11:00 AM	Bridging The Gap Theatre	
10:30 AM – 12:00 PM	Construction Engineering Session 1	
10:30 AM – 12:00 PM	Design & Analysis Session	
10:30 AM – 12:00 PM	Design & Analysis-Innovation Session	

11:00 AM – 6:00 PM	Exhibit Hall open with lunch at noon and an evening reception	
1:30 – 3:00 PM	Construction Engineering Session 2	
1:30 – 3:00 PM	Design & Analysis-Foundations Session	
1:30 – 3:00 PM	Design & Analysis-Urban Interaction Session	
1:30 – 3:00 PM	Rehabilitation Design Session 1	
1:30 PM	Riverwalk Boat Tour – (ticket required to attend, inquire at registration desk)	
1:30 – 6:00 PM	W05: Structural Design with UHPC using AASHTO LRFD Guide Specification	
1:30 – 6:00 PM	W06: Bridge Preservation for Existing and New Bridges	
6:00 – 8:30 PM	IBC Awards Dinner – (ticket required to attend, inquire at registration desk)	

Wednesday, June 5, 2024

8:00 – 10:00 AM	Construction Engineering Session 4	
8:00 – 10:00 AM	Design & Analysis-Arch Session	
8:00 – 10:00 AM	Digital Delivery Session	
8:00 – 10:00 AM	Rail Session	
8:00 – 10:00 AM	W07: Emerging Technologies in Structural Health Monitoring	
8:00 – 9:00 AM	W08: UAS Applications for Bridge Inspections (NCHRP 12-122)	
9:00 AM – 12:00 PM	W09: BIM and Digital Twins: From 2D Deliverables to Intelligent Models	
10:00 AM – 12:00 PM	W10: International Workshop Project Showcase	
10:30 AM – 12:00 PM	Construction Engineering-Demolition Session	
10:30 AM – 12:00 PM	Design & Analysis-Steel Session	
10:30 AM – 12:00 PM	Rehabilitation Design Session 2	
10:30 AM – 12:00 PM	Segmental Session	