

出國報告（出國類別：考察）

2017 年橋梁檢測維護技術考察報告

服務機關：交通部臺灣區國道高速公路局

姓名職稱：林嘯廷 正工程司

吳松旺 副工程司

派赴國家：美國

出國期間：106 年 10 月 11 日至 20 日

報告日期：107 年 1 月 8 日

公務出國報告摘要

頁數：24

報告名稱：2017年橋梁檢測維護技術考察報告

主辦機關：國道高速公路局

連絡人/電話：林嘯廷/(02)29096141轉2261、吳松旺/(04)26820666轉3208

出國人員：林嘯廷正工程司、吳松旺副工程司

出國類別：考察

出國地點：美國

出國期間：106年10月11日至20日

分類號/目：H0/綜合類（交通）

關鍵詞：美國加州運輸署(California Department of Transportation 簡稱 CalTrans)；橋梁檢測（Bridge Inspection）

內容摘要：

本次考察地點為美國加州運輸署(CalTrans)位於洛杉磯地區之橋梁計設中心南區辦公室及南加州維修部門結構調查辦公室，並參觀加州1號公路(California State Route 1) Alamitos Bay Bridge、San Gabriel River Bridge、Queensway Bridge 及 Vincent Thomas Bridge 檢測作業與 Gerald Desmond Bridge Replacement Project 新建工程。

本考察報告主要介紹此次觀摩 CalTrans 在橋梁新建工程、評估檢測及養護作業之技術發展情形，及介紹 CalTrans 橋梁計設中心與維修部門結構調查辦公室之制度與執行，並就參訪 CalTrans 辦理橋梁檢測及新建工程之見聞，提出心得與建議，作為本局橋梁檢測、維護及未來業務推動之參考。

目 錄

一、 目的.....	1
二、 行程.....	5
三、 參訪過程.....	5
1. 拜訪橋梁計設中心南區辦公室	5
2. 拜訪南加州維修部門結構調查辦公室	6
3. 參觀加州 1 號公路(California State Route 1) Alamitos Bay Bridge 及 San Gabriel River Bridge	7
4. 參觀 Queensway Bridge 檢測作業.....	9
5. 參觀 Gerald Desmond Bridge Replacement Project 新建工程.....	10
6. 參觀 Vincent Thomas Bridge 檢測作業.....	11
四、 參訪照片	12
五、 心得.....	20
六、 建議.....	23

一、目的

國道高速公路局(以下簡稱本局)與美國加州運輸署(California Department of Transportation 以下簡稱 CalTrans)簽訂合作協議書之緣由，係加州運輸署總工程司 James E. Roberts 於 2000 年 10 月拜訪本局，談及可與該署簽訂合作協議書，以提升雙方橋梁管理技術。經本局將合作協議案報請交通部同意後，於 2002 年 8 月 29 日由加州運輸署署長(Jeff Morales) 與本局局長梁越正式簽訂合作協議 (Agreement on The Mutual Collaboration between California Department of Transportation and Taiwan Area National Freeway Bureau, Republic of China)，建立雙方合作關係，期程自 2002 年至 2007 年止，共計 5 年。

其後為持續加強雙方互助合作關係，仍將合作期程予以延長於：

- (一) 2007 年至 2012 年，共計 5 年，由交通部蔡堆部長列席指導，赴美簽訂合作協議，並參與合作計畫討論。
- (二) 2012 年至 2017 年之 5 年合作協議，藉由 2011 年 9 月於臺灣舉辦之「第七屆臺美公路與橋梁工程研討會」期間，邀請交通部毛治國部長列席指導，由本局曾大仁局長與加州運輸署代表進行合作協議之換約。
- (三) 2017 年至 2022 年之 5 年合作協議，藉由 2016 年 10 月於臺灣舉辦之「第十一屆臺美公路與橋梁工程研討會」期間，邀請交通部范政務次長植谷列席指導，由本局趙興華局長與加州運輸署代表進行合作協議之換約(圖 1)。



圖 1 2017 年至 2022 年臺美合作協議換約儀式

依該技術合作協議書，雙方可藉資訊交流及人員互訪方式，增進彼此之橋梁管理技術（包括橋梁檢測、維修、補強、營運管理等）交流：

- (一)資訊交流：技術合作與諮詢、召開技術交流會議、允許雙方工程司參加雙方為提升技術之特定會議及訓練、參與雙方提供之實務作業。
- (二)人員互訪：提供交流人員訓練課程，包括允許臺灣之工程司觀摩加州運輸署相關單位訓練、安排參訪雙方高速公路之現場設施、拜訪雙方工程機關人員。

本次考察主要目的在於藉由派員觀摩 CalTrans 在橋梁新建、評估檢測及養護等技術的發展情形，從中學習其經驗，瞭解 CalTrans 在橋梁方面之新建、結構維修與調查作業情形，作為本局相關橋梁業務未來推動與發展之參考。

此次考察行程，特別感謝 CalTrans 南區結構調查辦公室(Office of Structure Investigations - South) 趙青(CHING CHAO)主任聯絡相關單位及行程安排。

美國加州運輸署與中華民國臺灣區國道高速公路局
共同合作協議(第 3 號修正)

依據 2002 年 8 月所簽訂之原共同合作協議第 7 條條文，此次修正再延長 5 年時程之原共同合作協議，從 2017 年至 2022 年。藉由本協議，加州運輸署與中華民國臺灣區國道高速公路局建立了互助合作關係。此次協議經由雙方於公共建設績效、安全及維護領域之交流活動，而著重於兩機關之耐震工程實務知識、橋梁檢測與維護技術。

在這 2017 年至 2022 年的 5 年期間，雙方代表同意在橋梁之耐震工程實務、檢測與維護技術領域上，進行相關技術資訊交流、舉辦研討會、分享研究成果及工程實務切磋等。

原共同合作協議所有內容(含附件)仍維持有效。

於見證下，以下簽名經充分授權，簽訂此次協議。

AGREEMENT

On

The Mutual Collaboration

Between

California Department of Transportation

And

Taiwan Area National Freeway Bureau

Republic of China

(Amendment No. 3)

Per Article No. 7 of the original Mutual Collaboration Agreement established in August 2002, this amendment extends the original agreement for an additional five-year period from 2017 to 2022. This agreement, by and between the California Department of Transportation and the Taiwan Area National Freeway Bureau of the Republic of China, establishes a mutual cooperative relationship. The agreement focuses on the knowledge of earthquake engineering practices and bridge inspection and maintenance technology of the two institutions by pursuing exchange activities in the field of infrastructure performance, safety, and maintenance.

During the five-year period from 2017 to 2022, both agencies agree to work collaboratively to exchange technical information, sponsor workshops, share research, and compare engineering practices in the areas of bridge earthquake engineering practices, bridge inspection and maintenance technology.

All other provisions of the original Mutual Collaboration Agreement (Attached) remain in force.

IN WITNESS WHEREOF, the undersigned being duly authorized, have signed this agreement.

二、行程

本次出國計畫係配合臺美雙方協商之日期，於 106 年 10 月 11 日出國，10 月 20 日返國，全程 10 天，其行程內容詳表 1。

表1、行程表

日期	星期	主要行程概述	夜宿
10/11	三	台北搭機至洛杉磯	機上
10/12	四	拜訪橋梁計設中心南區辦公室	洛杉磯
10/13	五	拜訪南加洲維修部門結構調查辦公室	洛杉磯
10/14	六	整理考察資料	洛杉磯
10/15	日	休假	洛杉磯
10/16	一	參觀加州 1 號公路(California State Route 1) Alamitos Bay Bridge 及 San Gabriel River Bridge	洛杉磯
10/17	二	參觀 Queensway Bridge 檢測作業 參觀 Gerald Desmond Bridge 新建工程	洛杉磯
10/18	三	參觀 Vincent Thomas Bridge 檢測作業	洛杉磯
10/19	四	洛杉磯搭機返回台北	洛杉磯
10/20	五	抵達台北	機上

三、參訪過程

1. 拜訪橋梁計設中心南區辦公室

CalTrans 的新建工程專案計畫部門 (Project Delivery) 下設有施工(construction)、設計(Design)、工程服務(Divison of Engineering Services)、環境分析(environmental analysis)、計畫管理(Project

Management)及路權與土地調查(Right of Way & land surveys)等六個單位。

此次經安排參訪工程服務部門之橋梁設計中心南區辦公室(DES/Structure Design Office of bridge design South)並與 FRANK WEI 主任進行交流，經介紹說明該中心目前約有 30 餘人，主要係承辦聯邦政府及州政府轄管高速公路之新建工程橋梁設計，因該中心人力有限，對於大型專案或特殊橋梁亦採委外顧問公司辦理，並由該中心負責審查委外辦理案件所提出之設計圖說。該主任任職 CalTrans 前，曾任職於私部門之設計顧問公司，因此對於公私部門之設計作業運作甚為熟稔，對於公部門擁有自辦設計部門，認為可增進公部門對於緊急案件之處理應對能力及提高審查委外設計書圖之品質，甚為重要，此與本局並無自辦設計單位之作法並不相同。

2. 拜訪南加州維修部門結構調查辦公室

CalTrans 的結構維護及調查部門 (Structure Maintenance and Investigations)區分為 5 個辦公室，分別為北區結構調查辦公室(Office of Structure Investigations -North)、南區結構調查辦公室 (Office of Structure Investigations - South)、特殊調查辦公室 (Office of Specialty Investigation)、結構設計及分析辦公室 (Office of Structural Design and Analysis)、收費橋結構調查辦公室 (Office of Structure Investigations -Toll Bridges)、特殊調查及橋梁管理辦公室 (Office of Specialty Investigation and Bridge Management)。CalTrans 位於沙加緬度，負責全加州地區橋梁特殊老化斷裂及水下檢測工作，也負責管理維護橋梁管理系統 (the Bridge Management System, PONTIS)、橋梁檢測資訊系統 (the Bridge Inspection Records Information System, BIRIS)及結構維護自動報告傳送系統 (The Structure Maintenance Automated Report Transmittal System SMART)，負責所有橋梁歷史維護檔案之管理及保

存，也負責州際橋梁的維護管理。

此次與南區結構調查辦公室（Office of Structure Investigations - South）主任 CHING CHAO 訪談，就各橋梁檢測及維護管理情形進行意見交換，CHING CHAO 主任並介紹轄區內混凝土橋受油罐車爆炸後，受火災損壞後經檢測判定拆除重建案例，及介紹一般橋梁檢測與維護辦理狀況。

3. 參觀加州 1 號公路(California State Route 1) Alamitos Bay Bridge 及 San Gabriel River Bridge

美國公路係由四個不同的層級組成，這四個層級是州際高速公路（Interstate Highways）、美國國道（US Highways）、州內高速公路（State Highways）以及郡內公路（County Highways），各級公路編號標誌如附圖 2 所示。速限方面各州對於車速規定不盡相同，以州際高速公路而言，在都市區附近原則上約每小時 50~65 英里（約 80~105 公里），在郊區約每小時 65~80 英里（105~129 公里）。

美國加州 1 號公路(California State Route 1)是屬於州內高速公路（State Highways）等級，是北美最受歡迎的自駕旅行路線之一，曾被美國國家地理雜誌評為一生中不可錯過的 50 個景點之一。路線從北部舊金山，一路蜿蜒向南，直到洛杉磯南部，穿越了加州整個西部海岸線。不過加州 1 號公路只有少部分都會區附近的路段符合高速公路標準，而其他部分則為基本的雙向兩車道公路，並不符合高速公路的標準。

	
<p>州際高速公路（Interstate Highways）</p>	<p>美國國道（US Highways）</p>
	
<p>州內高速公路（State Highways）</p>	<p>郡內公路（County Highways）</p>

圖 2 美國公路編號標誌

此次係參觀加州 1 號公路被稱為太平洋海岸公路（Pacific Coast Highway, PCH）路段的 Alamitos Bay Bridge 及 San Gabriel River Bridge 兩座跨河橋，CalTrans 陪同人員表示 Alamitos Bay Bridge 建造於約 1930 年代左右，早期係以木材為橋墩構築，後來於 1959 年改建為鋼筋混凝土橋，1967 年拓寬，因迄今不符現行耐震規範，CalTrans 已計畫將其改建。另該橋下河道為遊艇通行航道，因此如何防止遊艇撞擊樁式橋墩及下部結構的水下檢測是為重點，而該部門對於此橋目前仍維持 2 年一次例行性的橋檢頻率，且相關橋檢資料保存完整。

另參觀 San Gabriel River Bridge，該橋橋檢曾因既有護欄未達現行規範安全標準，而建議將護欄拆除改建，以增進行車安全，惟部

分人士認為該橋年代久遠，護欄樣式深具歷史價值而予以反對，於是該護欄仍保留了舊有樣式而未予拆除改建，此文化古蹟保留與交通建設之衝突亦頗值得深思。

4. 參觀 Queensway Bridge 檢測作業

此行適逢 Queensway Bridge 進行橋梁檢測，本座橋梁相關屬性資料如表 2。

表 2 Queensway Bridge 相關屬性資料表

橋頭座標	33.759985°N 118.199294°W	橋梁位置	Long Beach, California
橋尾座標	33.759985°N 118.199294°W	跨越河川	Los Angeles River / Queensway Bay
橋梁設計 型式	Orthotropic deck steel box girder	材質	steel
橋梁長度	1,200ft (366m)	橋梁寬度	46ft (14m)
墩數	4	淨高	45ft (13.7m)
最長跨距	500ft (152m)	跨數	3 spans

該橋梁跨越 Los Angeles River，本次係進行鋼橋底板及腹板目視檢測及 fracture critical 檢測，該檢測需使用橋梁檢測車以進行跨河段之檢測，此種檢測方式與本局過河段之檢測作業相同，均須出動橋梁檢測車進行近距離之目視檢測。

Queensway Bridge 位於洛杉磯灣區，其上部結構為 3 跨單向雙車道之鋼結構橋梁，連結洛杉磯貨櫃區及長灘地區，由於為跨河區域之鋼構橋梁，容易產生鋼構鏽蝕，本次洽逢特殊調查及使用橋梁檢測車進行該橋鋼結構老裂化情形檢測。與本局相較，檢測車較為不同的是，美方除操作手可操作橋梁檢測車外，其橋梁檢測人員亦

可於工作台上獨立操作橋梁檢測車輛，此可增加橋梁檢測作業效率。另為辦理橋檢所作封閉外車道之交維措施嚴謹確實，對於維持交通通行及工作人員安全已作周延考量。

5. 參觀 Gerald Desmond Bridge Replacement Project 新建工程

位於加州長灘地區 Gerald Desmond Bridge(簡稱舊橋)建造完成於 1968 年已服務約 50 年之久，主要任務為負責連結長灘港口大量的貨櫃車輛，橋梁下方則為頻繁的貨櫃船隻往來，本次參訪 Gerald Desmond Bridge Replacement Project(簡稱新橋)為加州政府為改善現有橋梁服務性不足及提升橋下淨高而改建，其差異比較如表 3 及圖 3。

表 3 Gerald Desmond Bridge 改建前後差異比較表

改建前後 橋梁名稱	Gerald Desmond Bridge	Gerald Desmond Bridge Replacement Project
設計型式	through arch bridge	Cable-stayed bridge
橋梁材質	鋼橋	鋼筋混凝土
橋梁長度	5,134ft (1,565m)	8,800ft (2,682m)
橋梁高度	250ft (76m)	515ft (157m)
最長跨度	527ft (161m)	1,000ft (305m)
橋下淨高	155ft (47m)	205ft (62m)

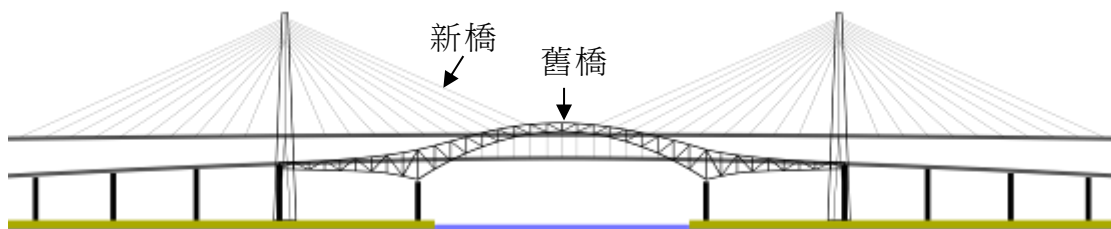


圖 3 Gerald Desmond Bridge 改建前後立面差異比較

New Gerald Desmond Bridge 預計於 2018 完工啟用，屆時原 Gerald

Desmond Bridge 將進行移除，未來新建橋梁將成為長灘及南加州的新地標，也是美國高度最高的斜張橋，由上表可看出橋下淨高提升，有助於未來長灘港口吞吐貨運量更大規模的貨船。

該新建橋梁採雙塔柱斜張橋設計，最大跨徑達 1,000ft (305m)、塔柱最高達 515ft (157m)、橋下淨高可達 205ft (62m)，車道數亦提升為雙向六車道，同時兼具行人步道及自行車道等功能，除具備貨運運輸功能外亦具備景觀及休憩機能。

該橋與周邊港灣環境融為一體，採超大跨徑，橋型雖大，卻不遮掩週遭港灣風景，其跨河挑高之高度，更可容納未來貨運船隻日益增大的規模於其下通行，其與景觀融合、橋梁整體佈設與落墩之規劃理念，值得國內橋梁規劃單位借鏡。

6. 參觀 Vincent Thomas Bridge 檢測作業

Vincent Thomas Bridge 位於洛杉磯灣區，於 1963 年完工通車，橋梁總長 1,847 公尺，最長跨徑 457 公尺，橋塔柱高度 111 公尺，橋梁淨空高度 56 公尺，銜接 San Pedro 與 Terminal Island，如今為洛杉磯與長灘地區銜接要道，每日交通量達 32,000 輛。

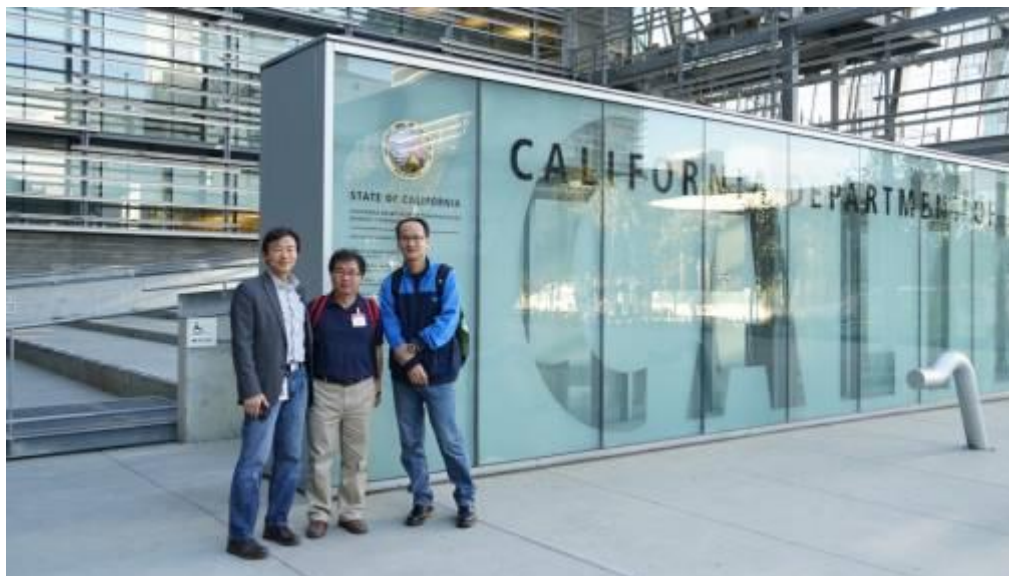
本次係針對吊橋鋼索表面披覆油漆進行目視檢測，頻率為 2 年 1 次進行全面鋼索、橋面及鋼橋結構檢測，檢測過程須全程攀爬鋼索進行作業，檢測過程可謂之相當嚴謹及詳細。

過程中亦相互交流，我方在橋梁檢測上運用無人飛行載具(UAV)進行檢測作業經驗，其優點除可增進檢測效率外，亦可增進人員於目視檢測不易看到之處，美方檢測人員亦表示日後可思考該方式之運用。

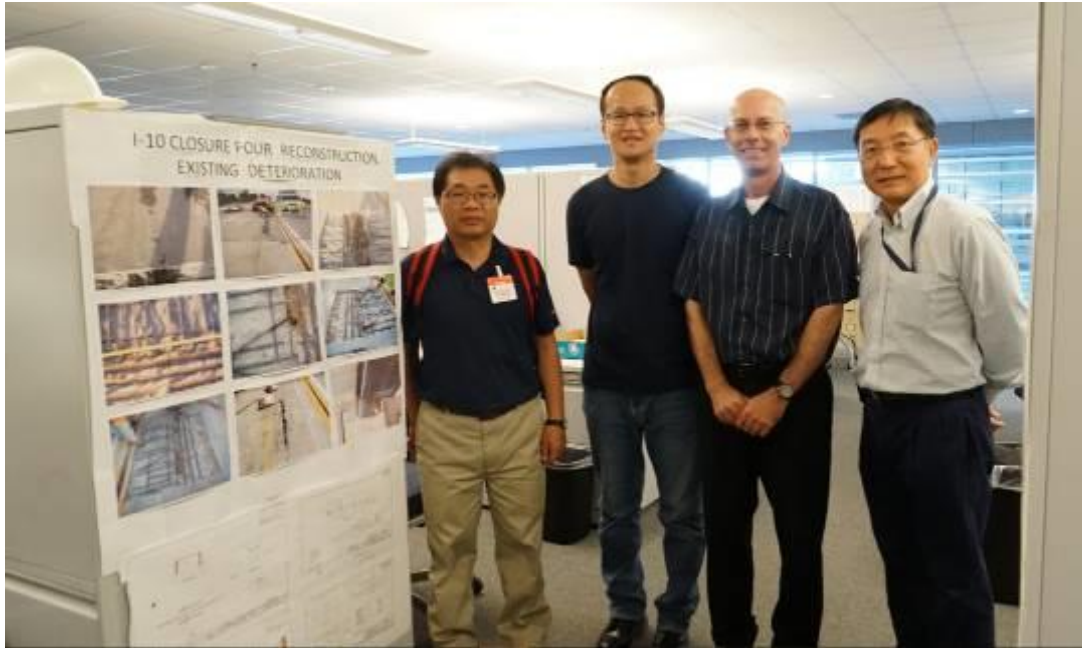
四、參訪照片



拜訪橋梁計設中心南區辦公室



拜訪南加州維修部門結構調查辦公室



拜訪南加州維修部門結構調查辦公室



南加州維修部門結構調查辦公室橋檢報告保存情形



參訪洛杉磯 Alamitos Bay Bridge



參訪洛杉磯 San Gabriel River Bridge



洛杉磯 Queensway Bridge 橋梁實際檢測情形



洛杉磯 Queensway Bridge 橋梁實際檢測情形



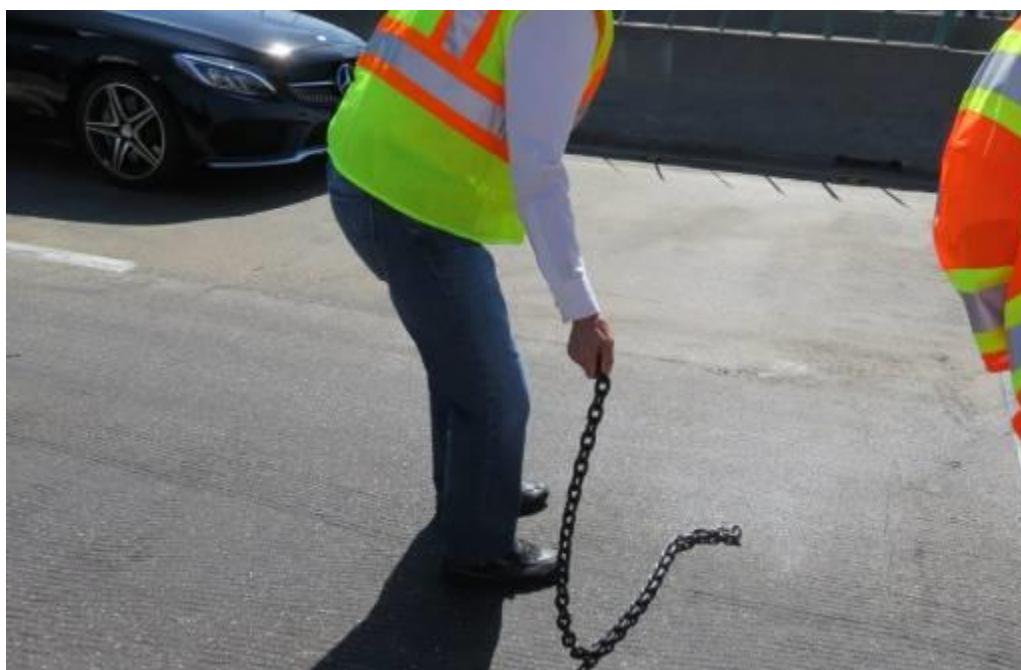
洛杉磯 Queensway Bridge 橋梁檢測前討論



New Gerald Desmond Bridge 新建工程參訪情形



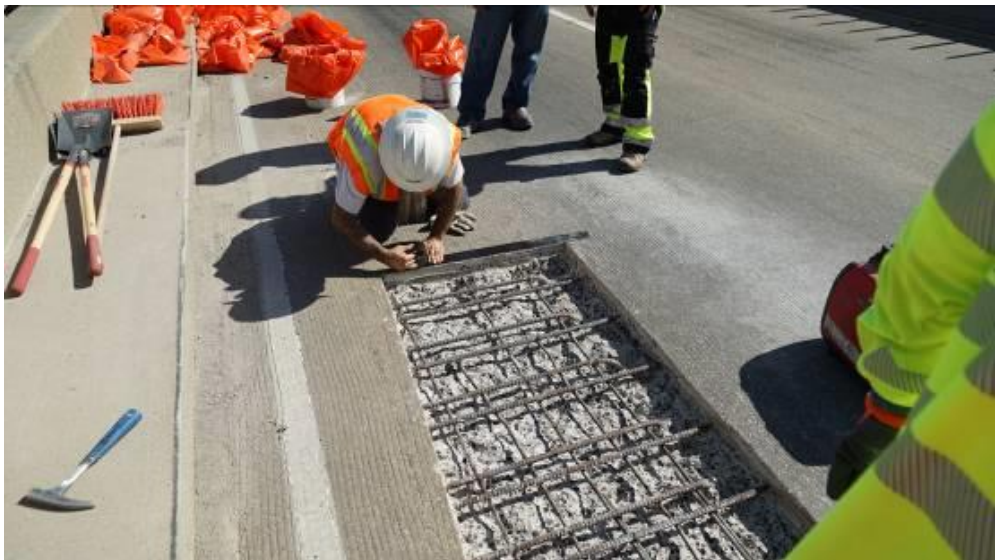
New Gerald Desmond Bridge 新建工程參訪情形



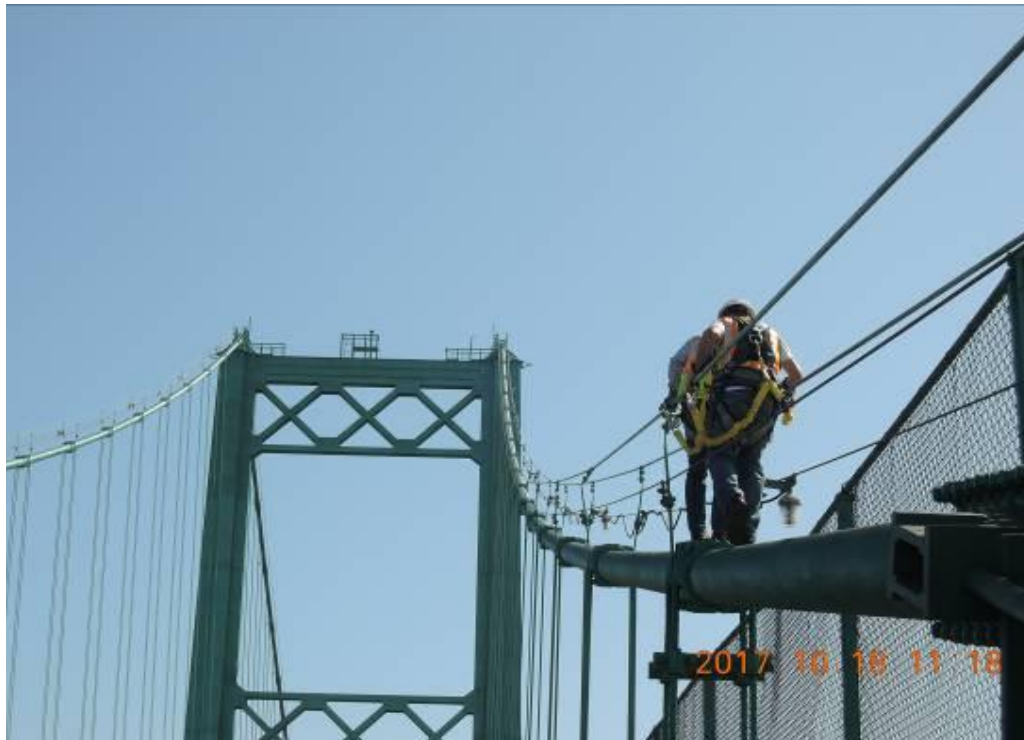
Vincent Thomas Bridge 橋梁檢測作業情形



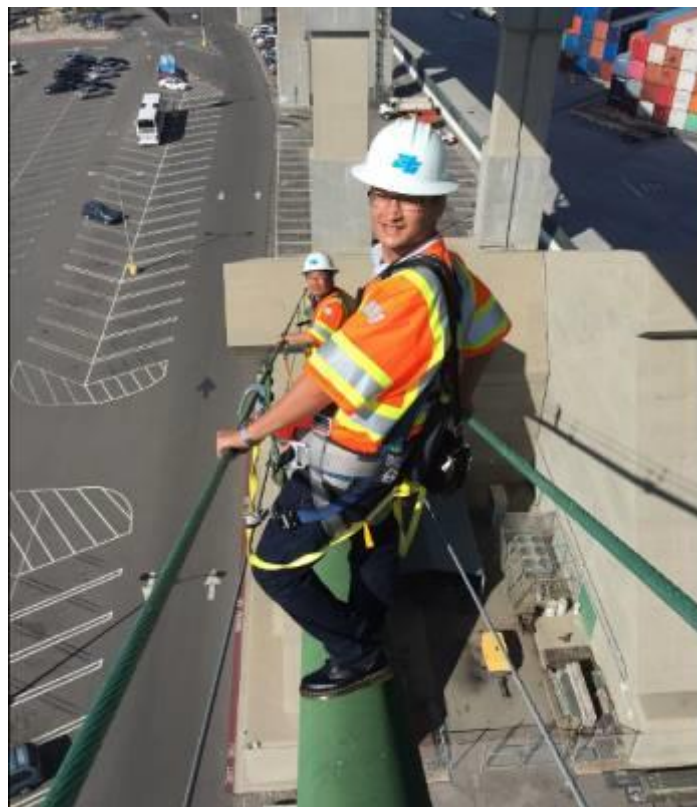
Vincent Thomas Bridge 橋梁檢測作業情形



Vincent Thomas Bridge 橋梁維修作業情形



Vincent Thomas Bridge 橋梁鋼索檢測作業情形



Vincent Thomas Bridge 橋梁鋼索檢測作業情形

五、心得

- (一) 目前在美國與台灣無正式外交情形下，美國加州運輸署與本局能持續簽訂官方技術交流合作協議，實為難能可貴，本局於 2016 年 10 月邀請該署人員來台參加「第十一屆臺美公路與橋梁工程研討會」，並進行 2017 年至 2022 年共 5 年期協議換約，未來本局將能依據該協議內容，加強與該署進行資訊交流、人員互訪，以提升高速公路工程及養管技術。因此未來雙方如何落實進行相關議題之互訪合作，是重要的業務推動課題。
- (二) CalTrans 對於所轄州際公路及代管郡、縣之橋梁，於編制內置有專責人員，自行辦理橋梁檢測作業，反觀國內小而美的政府組織思維下，於本局編制內，並無法有足夠人力辦理橋梁檢測作業，而僅能採勞務承攬方式，將工作編列年度預算，依政府採購法發包委外辦理，其結果每年都會有不同的廠商得標承攬，不同的得標廠商及其從業人員對於檢測工作，其工作經驗難以傳承，且橋梁檢測人員對每一座橋梁的熟稔程度亦不一致，無法像 CalTrans 由同一組人員長期從事某一區域橋梁檢測工作，來得熟悉且深入，此部分在本局人力無法增加人力的情況下，未來如何加強廠商及本局人員之專業技能、經驗傳承與執行績效，值得再思考。
- (三) CalTrans 所作出之橋檢報告，除作為橋梁維修或改建優先順序之參考外，美國聯邦政府亦會抽檢一定比率橋檢報告加以檢視，並作為聯邦政府預算經費編列及核撥州政府之依據。本局經管橋梁雖無由上級機關編列或補助經費而抽檢橋檢報告之制度，但上級機關對於本局經管橋梁將會實施年度外部督導考評，因此如何加強外部稽核機制以提升橋檢作業品質，值得本局重視。
- (四) CalTrans 橋梁檢測係採用 NBI(National Bridge Inventory)檢測評

量系統，和本局現行使用之 D.E.R.U(Degree, Extend, Relevancy, Urgency)評估系統不同，二者相較基本精神差異不大，且均以目視檢測為主，而從 NBI 系統之 SI&A 表格與 D.E.R.U 表格中基本資料比較，SI&A 表格中之基本資料較為詳細，故整體而言 D.E.R.U 系統有大而化之、簡便快速之優點，而 NBI 系統則有較為詳細及精確之優點。然使用 NBI 檢測評量需要較多人力去執行。以目前本局規定，一般橋梁每 4 年至少應檢測 1 次，特殊類型橋梁，每年應檢測 1 次，如遇有颱風、地震、大豪雨、火災或車撞等狀況時，需作橋梁特別檢測，相較美國聯邦政府規定 2 年作 1 次之定期檢測，兩方頻率有別，如採用美國之檢測方法恐有人力不足問題。另本局約於 1994 年代所建立 D.E.R.U 橋梁檢測系統，歷經二十餘年本土化之修正及吸取各橋檢系統之優點，本系統已符合國內環境之使用需求，然此次參訪過程中，對於美方橋檢人員執行所轄橋梁之熟捻及敬業態度，悉能依照規定落實橋檢任務，其相關橋檢報告書亦完善有序的保存，均值得我們學習。

- (五) 參觀 Vincent Thomas Bridge 針對該吊橋鋼索表面披覆油漆進行檢測，該橋塔柱高達 111 公尺，最長跨徑 457 公尺，橋梁淨空高度 56 公尺，檢測方式係由檢測人員行走於吊橋主鋼索上進行目視檢測，該檢測方式費時、費力又具一定風險，因此未來如何運用無人飛行載具 (Unmanned Aerial Vehicle; UAV) 進行檢測作業，經討論雙方均認為可行且為未來趨勢，因此未來如何運用 UAV 進行橋梁檢測之技術，雙方之發展及運用值得本局關注。另該檢測結果，如需再進行油漆塗裝，該署亦會於施工下方佈設防護網，避免油漆飛噴下方人車或落於下方水域影響環境，其對環境保護之用心亦值得肯定。
- (六) 參觀 Vincent Thomas Bridge 路面檢測作業，該署檢測人員係以鐵鍊及鐵錘敲擊剛性路面檢測鋼床版與混凝土間有無剝離現象，鑑於國內為顧及行車舒適性，一般均在橋面版上加鋪 AC，

致無法作到如上之檢測。然國內大跨度之鋼橋，多數為鋼箱型式之橋梁，為確實掌握橋面版之結構狀況，維護行車安全，並落實預防式養護，未來能否編列相關費用，並要求檢測工程師定期進入箱梁內進行檢測，亦值得本局參考。

- (七) CalTrans 對於橋梁檢測紀錄，現行仍以書面報告書方式紀錄儲存，該署並已開發橋梁檢測管理系統，朝橋檢人員於現場檢測時，能以手機或平板筆電直接將檢測資料輸入及傳輸至雲端儲存，該系統預計近期可開發完成使用。本局目前對於橋梁檢測紀錄，已於 104 年完成「全生命週期橋梁管理系統」上線使用，106 年開發完成第二代全生命週期橋梁管理系統，且已有上述功能，綜觀橋梁管理系統開發進程，並不遜於 CalTrans，惟該署開發完成之橋梁管理系統，仍值得本局作為後續精進改善時參考。
- (八) 參訪過程中，行經洛杉磯地區高速公路，發覺本局對於高速公路路容景觀維護並不遜色於 CalTrans 的維護水準，洛杉磯地區因氣候關係高速公路兩旁植生不易，因此綠化普遍不佳，景觀單調，或因維護路段眾多，局部路段清潔度與本局相較略有落差，惟在氣候不良的天然環境下，仍能維持一定綠美化程度，該署的維護用心仍值得肯定與學習。
- (九) 洛杉磯地區很多高速公路採用混凝土剛性路面，此次參訪行經道路，甚多混凝土剛性路面採用順行車方向之刨磨處理，解決路面平坦度及摩擦力不足問題，成效甚佳，值得學習，國內高速公路部分路段採剛性路面，於新工階段曾採用橫向掃紋處理，後續養護階段考量噪音較大等缺點，已改善為採順行車方向之微刨方式處理，惟後續對於小面積版塊損壞修補，受限於數量較少，機具引用不易，修補版塊仍採用橫向掃紋處理，造成縱向及橫向掃紋同時存在，執行效果不甚理想，未來仍值得加以探討與參考。
- (十) 美國高速公路路網四通八達，其連絡道銜接地區公路便捷，

市區道路呈棋盤式規劃，整體公路路網層級銜接有序，結構完整。在洛杉磯地區因軌道作為客運輸運並不發達，大部份均需仰賴公路作為客運運輸，因此高速公路除了平時負擔客、貨運輸之外，更兼具軍事國防與救災的用途。在加州因天候影響，常有焚風或因人為不慎等因素造成山林大火，在天災臨時，高速公路可以提供民眾最快速的方式撤出某特定區域，因此在防救災方面扮演著重要的功能與角色，而其市區道路採棋盤式規劃，對於救災而言，亦甚有幫助，此均值得借鏡與重視。

六、建議

- (一) 加強工程主辦機關及承攬廠商橋檢人員教育訓練：台灣現行橋梁檢測評估與維修人員訓練，係依據「交通部公路橋梁檢測人員資格與培訓要點」辦理，由交通部運輸研究所委託學術單位聘請國內專家、學者進行初訓二天，回訓一天之課程訓練，初訓課程內容包含「公路養護規範」、「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」有關橋梁檢測及維護管理章節之介紹、臺灣地區橋梁管理資訊系統操作、「公路鋼筋混凝土結構橋梁之檢測及補強規範」之混凝土橋梁目視檢測實務與規範介紹及半天的現地實橋檢測訓練。回訓課程內容包含橋梁檢測新技術、橋梁檢測相關發展趨勢及橋梁檢測常見缺失與成因探討等。惟橋梁檢測工程主辦機關囿於人力不足，既有人力偏重從事工務行政，缺乏實際從事檢測實務經驗，而承攬廠商係經公開招標承攬，其案源不確定，而無法長期或大量培養橋梁檢測人力，致經驗傳承困難。爰透過理論及實務並重的課程安排，持續辦理橋梁檢測人員之教育訓練，或採自辦檢測方式抽驗委外檢測成果之訓練方式，俾提升國內公路橋梁檢測質量及健全橋梁維護管理制度。

- (二) 配合無人飛行載具(UAV)之發展，加強應用於橋梁檢測作業：橋梁檢測諸多項目係由目視檢測完成，而現行橋梁無論下部結構或上部結構均越來越高趨勢，傳統目視檢測、利用望遠鏡觀測甚至橋檢車檢測等已不易達到貼近日視檢測(如斜張橋、脊背橋等特殊橋梁)，本局工務段雖已購置 UAV 用於橋檢作業，惟顧及國道車流量大，不慎摔機仍可能傷及無辜人車，故仍偏重用於河床地形地貌及河道變化之觀測，故配合 UAV 之發展，並加強應用於橋梁檢測作業。
- (三) 特殊橋梁檢測作業之精進與觀摩學習：橋梁規劃應具有前瞻性及全生命週期管理之思維，對於重大或特殊性、具有地標性或門戶意象之橋梁，除符合橋梁應具備之基本功能外，更可創造為觀光景點，帶動區域之經濟發展。以 New Gerald Desmond Bridge 而言，該橋設計與長灘地區港灣環境融為一體，採超大跨徑跨越航道，其跨河段之淨高，除可讓超大型船隻由底下通過外，其優美的斜張橋梁造型更是船隻進入長灘港區重要的門戶意象，未來更將成為長灘地區重要觀光景點，並帶動該地區之經濟發展，其規劃理念值的借鏡。另該斜張橋梁型式與本局國道 3 號高屏溪斜張橋型式相同，未來完成後(預計於 2018 年底前完工)該橋梁對於檢測設施之規劃(如維護梯道佈設等)、檢測項目、檢測方式、檢測頻率等，可作為國內斜張橋梁檢測作業之參考，故後續與 CalTrans 交流時，該橋於營運階段之維護管理亦可納為深度觀摩學習對象。