

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書

【出國類別：技術交流】

## 交通建設考察出國報告書

服務單位：交通部臺灣區國道高速公路局

出國人員：許鈺漳 北區工程處處長

黃紹翔 工務組副工程司

出國地點：美國

出國期間：100年11月14日至100年11月27日

報告日期：101年2月16日

# 出國報告提要

報告名稱：考察美國加州運輸署(CalTrans)橋梁之檢查(Inspection)與維護管理

主辦機關：交通部臺灣區國道高速公路局

出國人員：許鈺漳 北區工程處處長

黃紹翔 工務組副工程司

出國類別：技術交流

出國地區：美國

出國期間：100年11月14日至100年11月27日

報告日期：101年2月16日

分類號目：H1/交通建設

關鍵字：美國加州運輸署(California Department of Transportation 簡稱

CalTrans)；檢查(Inspection)；調查(Investigation)；結構維修與調查

(Structure Maintenance and Investigations SM&I)；國家橋梁檢查標準

(NBIS)；地區橋梁維護工程師(Area Bridge Maintenance Engineer 簡

稱 ABME)

內容摘要：

本次考察地點為美國加州運輸署(CalTrans)公路維修部門在沙加緬度、舊金山、洛杉磯等地區之橋梁結構維修和調查部門及工程現場，參訪單位有南區調查辦公室、特殊調查辦公室等，工程現場觀摩部分，計觀摩CalTrans水下檢測小組於Gualala River Bridge及Russian River Bridge檢測作業情形、Antoich Bridge Bridge耐震補強施工、the New Bay Bridge新建工程、Vincent Thomas

Bridge隔震器使用及維修狀況、Queens Way Bridge鋼結構橋梁裂隙檢查及維護之管理情形。

本次考察美國加州運輸署(CalTrans)橋梁之檢查(Inspection)與調查(Investigation)作業情形及相關部門。因此，本報告介紹 CalTrans 橋梁結構維修與調查部門制度及其執行面、橋梁維修和調查之品質管理計畫、橋梁檢查類型與頻率、橋梁檢查報告作業程序、橋梁維修與調查之緊急應變等。藉由觀摩 CalTrans在橋梁新建及補強工程實務、評估檢測、養護等技術的發展情形，從中學習其經驗，瞭解 CalTrans在橋梁方面之結構維修與調查的實績，作為本局橋梁檢測、維護未來推動與發展之參考。

此次考察過程中特別感謝 CalTrans 地震工程部門盛力航先生聯絡相關單位及行程安排。

# 目 錄

壹、	目的	4 ~ 7
貳、	行程	8 ~ 9
參、	參訪過程	9 ~ 14
肆、	參訪照片	15 ~ 23
伍、	心得	24 ~ 28
陸、	建議事項	29 ~ 32

## 壹、目的

本局與美國加州運輸署(California Department of Transportation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89年10月拜訪本局，談及可與該署簽訂合作協議書，以提升雙方橋梁技術。經本局將合作案報請交通部同意後，於91年8月29日由加州運輸署署長(Jeff Morales) 與本局前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 )，建立彼此合作之伙伴關係，期程自民國91年至96年止，共計5年。其後為加強合作關係，延長合作時間由民國96年至101年，共計5年，由交通部蔡前部長堆列席指導，赴美簽訂合作協議，並參與合作計畫討論，近期民國101年至106年之5年合作協議，藉由100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。

此次橋梁考察目的在於藉由派員觀摩 CalTrans 在橋梁新建及補強工程實務、評估檢測、養護等技術的發展情形，從中學習其經驗，瞭解 CalTrans 在橋梁方面之橋梁新建、結構維修與調查的作業情形，作為本局相關橋梁業務未來推動與發展之參考。

## 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 2 號修正)

依據 2002 年 8 月簽訂之共同合作協議第 7 條條文，此次修正擴大原共同合作協議，由 2012 年至 2017 年共 5 年期。藉本協議，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，聚焦於發展地震工程實務、檢驗及維護技術。

於 2012 年至 2017 年的 5 年期間，雙方代表同意在下列領域交換技術資訊、舉辦研討會、分享研究成果及比較工程實務之交流。

1. 緊急應變處理
2. 提昇強震區橋梁建造技術
3. 擋土結構管理系統
4. 結構狀況長期監測

5. 自充填混凝土之應用
6. 沖刷監測、減災和管理
7. 地震設備之使用，檢查和維修

原協議所有內容(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. 2)**

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 2012 to 2017. 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 development of earthquake engineering practices and 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 2012 to 2017, both agencies agree to work collaboratively to exchange technical information, sponsor workshops, share research, and compare engineering practices in the following areas:

1. Emergency response management.
2. Accelerated bridge construction techniques in high seismic regions.
3. Earth retaining structure management systems.
4. Long term structural performance monitoring.
5. Use of self-consolidating concrete.
6. Scour monitoring, mitigation and management.
7. Use, inspection and maintenance of seismic devices.

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.



## 貳、行程

Local Date	Weekday	Activity	Focus item
		Departure, Taipei	on road
14-Nov	Mon.	Arrival at Sacramento International Airport	
15-Nov	Tue	10:00AM-5:00 PM Observe underwater inspection at Gualala River Bridge (Br# 10 0108).	對危險或重點監控橋梁之管理及技術（檢、監測與保護措施及防災應變）、橋梁受損後之維修與重建案例
16-Nov	Wed	8:00 AM- 9:00 AM Bridge Management & Emergency Response. 9:00 Am-5:00 PM Observe underwater inspection at Russian River Bridge (Br# 20C0155) near Santa Rosa.	
17-Nov	Thu	9:30 AM Antoich Bridge Bridge retrofit, rehaboilitation	
18-Nov	Fri	9:30 AM Tour the New Bay Bridge SAS	
19-Nov	Sat	Depart from Sacramento to LA	
20-Nov	Sun		Rearrange collected material
21-Nov	Mon.	Steel bridge inspection, Vincent Thomas Bridge (Br# 53 1471)	鋼橋檢測維修
22-Nov	Tue	Fracture Critical Inspection (Queens Way Dr. Br# 53C0551LR)	

23-Nov	Wed	SMI LA Office	輕質或特殊橋梁維修與重建案例
24-Nov	Thu	Thanksgiving	Rearrange collected material
25-Nov	Fri	Depart from LA international	on road
		Arrived Twiwan on 11/27	

## 參、參訪過程

### 一、觀摩水下檢測小組作業情形

CalTrans的水下檢測係源於1950年代，自1978年至1987年隸屬於加州水資源部，1988年美國國家橋梁檢測標準NBIS(National Bridge Inspection Standards)要求進行橋梁水下檢測，1988年CalTrans因應NBIS，正式成立水下檢測部門。水下檢測部門依據FHWA(Federal Highway Administration)規定，其領隊須符合註冊專業技師或至少5年橋梁檢測經驗、NICET(The National Institute for Certification in Engineering Technologies)第3或第4級橋梁安全檢測人員認證且須經過the National Highway Institute 80小時訓練課程，其潛水人員須符合FHWA認證80小時廣泛橋梁檢測訓練課程或FHWA認證24小時水下橋梁檢測訓練課程，CalTrans的水下檢測潛水限制為可見度0~30英尺、水流速低於3英尺/

秒、水溫為華式40~90度、高度於0~7000英尺、平均潛水深度為25英尺、於不須減壓設備之限制下進行。

此次觀摩水下檢測小組於Gualala River Bridge及Wohler Bridge作業情形，Gualala River Bridge及Wohler Bridge位於北加州，Gualala River Bridge為預力鋼筋混凝土橋梁、Wohler Bridge為聯邦101號公路上、跨越Russian River的鋼桁架混凝土橋梁，均非長跨越行水區域之跨河橋梁，故該水下檢測小組不須以船舶運送裝備及人員，此次水下檢測小組共5員參與檢測工作，其中含領隊1員、潛水檢測人員2名、協助人員2名。

## 二、拜訪特殊調查及橋梁管理辦公室

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** )、結構設計及分析辦公室 ( **Office of Structural Design and Analysis** )、特殊調查及橋梁管理辦公室 ( **Office of Specialty Investigation and Bridge Management** )、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** ) 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。

此次與特殊調查及橋梁管理辦公室主任 MICHAEL B.JOHNSON 訪談，就各橋梁管理系統之資料內容及加州地區橋梁特殊老化損壞、維護情形進行意見交換，MICHAEL B.JOHNSON 並提出鋼結構橋梁檢測維護案例資料，介紹損壞發生原因及維護狀況。

### 三、考察 Antioch Bridge 橋梁耐震補強工程

Antioch Bridge 設計係基於 1971 年 San Fernando 地震發展之設計規範，1978 年完工通車，全長 9437 英尺，跨越 San Joaquin 河，銜接 Contra Costa 郡東北的 Antioch 及 Sacramento 郡，平均每日交通量為 15000 輛，現階段耐震補強工程主要工作為：1.更換全部現有 PTFE 支承為隔震支承。2.興建第 41 墩柱基礎座。3.增設鋼支柱加固補強第 12 至第 31 墩柱。4.接近第 7、14、25、32 墩柱之中央鉸鏈增設剪力樺。5.移去第 42 墩柱至第 71 墩柱間現有剪力牆，所有墩柱外層增加鋼外支承套管。6.興建 Antioch 岸至第 11 墩柱之臨時支撐架。7.興建第 22 至第 38 墩柱、第 41 墩柱至第 71 橋台間臨時連絡道。

### 四、考察 New Bay Bridge 橋梁新建工程

Bay Bridge 於 1936 年 11 月 12 日通車，跨越舊金山灣連接奧克蘭和舊金山。設計初期共提出高鋼桁架式、懸臂跨度、平衡跨度、懸吊索橋等 14

種設計型式，考量舊金山灣區自然環境因素，最後東端採懸吊索橋、西端採懸臂式橋梁設計，目前每天運載大約 270,000 輛車。橋梁包括兩個主要區段以連接中央海島 Yerba Buena，西部區段終止在舊金山，包括兩座吊橋，兩座吊橋間以一塔式的端點連接；東部區段終止在奧克蘭，包括從 Yerba Buena 海島至奧克蘭，由一個雙重懸臂式橋梁所構成。

New Bay Bridge 橋梁西部區段以補強改善，東部區段則完全重建，包含世界最長的自錨錠支承橋，預計將於 2013 年完工，總造價 6.3 億美金，為美國歷史上最大型的公共建設工程之一，參訪時鋼塔柱已完成，正進行纜索安裝及最後單元上部結構場鑄施工作業。

## 五、考察 Golden Gate 吊橋

Golden Gate 吊橋跨越舊金山灣臨太平洋，位於舊金山島北端，連接舊金山與沙里多。金門大橋竣工於 1937 年，主跨 1280 公尺，邊跨各 343 公尺，橋塔高達 227 公尺，基礎嵌入岩層 7.6 公尺，以提供足夠之地震力造成破壞。橋面總寬約 25 公尺，其中 18 公尺車道及兩側各 3.5 公尺之人行步道，當地政府將吊橋之人行步道與兩側河畔之遊憩景點串聯，使 Golden Gate 吊橋成著名景點之地標。

Golden Gate 興建於 1933 年，耗費四年半之工期，由於橋型優美及其巨大之規模，至目前仍為世界亟具代表性之鋼纜吊橋，Golden Gate 吊橋橋面版係由兩側主要懸纜懸吊支撐，懸纜直徑 927 公釐，堪稱最巨大之懸吊纜索，每條纜索約 2.3 公里長並包含 27572 條細鋼絲，鋼絲總長度可繞行

世界三周。錨碇端之岩盤臨近地面使基礎不須深開挖。

Golden Gate 吊橋與環境融為一體，採超大跨徑，橋型雖大，卻不遮掩週遭海景，其跨河挑高之淨空，更可容納船隻於其下運行無阻，非以機械抬啟橋梁之方式因應，其景觀融合、縱斷高程佈設與落墩之考量模式，值得國內橋梁規劃單位借鏡。

## 六、考察 Vincent Thomas Bridge 橋梁補強作業

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。

第 1 階段耐震補強工作於 1980 年完成，包括纜索加強、橋墩基座剪力樁及梁側支撐、貓道建設工作，檢修昇降機於墩柱 9 及 15、設置於 1992 年。由於第 2 階段耐震補強工作設置之油壓阻尼器於設置使用後，部分發生嚴重漏油情形，本次考察行程特地實地勘查油壓阻尼器使用情形、另適逢鋼柱及上部結構鋼梁進行油漆養護作業，亦同時考察油漆養護作業執行狀況。

## 七、考察洛杉磯 Queens Way Bridge 橋梁檢測情形

洛杉磯 Queens Way Bridge 位於洛杉磯灣區，上部結構為鋼結構之 3 跨度單向雙車道橋梁，銜接洛杉磯貨櫃區及長灘地區，由於為近海洋區域之

鋼結構橋梁，易發生鏽蝕問題，適逢殊調查及橋梁管理辦公室（Office of Specialty Investigation and Bridge Management）派橋梁檢測車及人員進行該橋鋼結構老化斷裂情形檢測，藉此機會，實地參與鋼結構橋梁之目視檢測工作，本次檢測作業工作重點在於目視確認鋼結構是否有裂縫情形存在，檢測人員藉由橋梁檢測車，儘可能接近、對於疑似裂縫區域以輕便手持工具清除污垢，目視檢查是否為裂縫產生。

#### 肆、參訪照片



與特殊調查及橋梁管理辦公室主任 MICHAEL B. JOHNSON 訪談



水下檢測小組於 Gualala River Bridge 作業討論情形





橋梁檢測車於 Wohler Bridge 作業情形



水下檢測小組於 Wohler Bridge 進行檢測作業情形



與水下檢測小組拍攝於 Wohler Bridge 進行檢測作業情形



參訪 Antoich Bridge 專案工務所

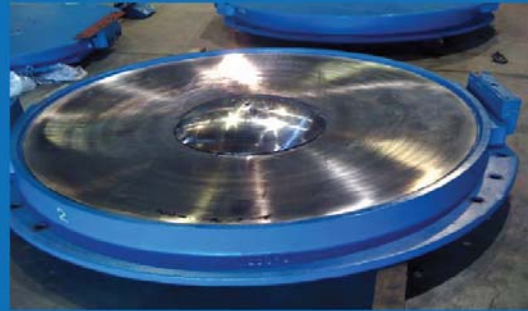


Antoich Bridge 橋梁支承墊更換施工情形



Antoich Bridge 橋梁支承墊更換完成情形

## Replace Existing Bearings



Friction Pendulum Bearings



13 

Antoich Bridge 橋柱耐震補強更換之隔震支承

## Seismic Retrofit Strategy Pier Column Bracing



Antoich Bridge 橋柱耐震補強墩柱補強



Antoich Bridge 橋柱耐震補強施工現場訪視情形



考察 New Bay Bridge 施工作業情形



舊金山 New Bay Bridge 上部結構施工作業情形



洛杉磯觀摩 Vincent Thomas Bridge 鋼構橋梁檢測作業



洛杉磯 Queens Way Bridge 橋梁檢測情形



洛杉磯 Queens Way Bridge 橋梁檢測情形



考察美國加州舊金山 Golden Gate Bridge



考察美國加州舊金山 Golden Gate Bridge



## 伍、心得

- 一、在美國與台灣無正式外交情形下，加州運輸署與臺灣高速公路局簽訂官方技術交流合作協議，實為難能可貴，未來高公局依據協議內容，加強與該署進行資訊交流、人員互訪，以提升高速公路技術。高公局 100 年 9 月邀請該署人員來台參加「2011 年第七屆臺美公路與橋梁工程研討會」，並進行 2012 年至 2017 年共 5 年期協議簽訂、換約儀式，未來雙方如何進行相關議題具體合作方式，是重要的業務推動課題。
- 二、在美國加州，州際公路系統有超過 12,000 座的橋梁，外加 11,500 座的都市和郡縣橋梁，每座橋梁至少每兩年定期檢測一次，老舊橋梁檢測的更頻繁；這些工作均由運輸署專責的結構養護單位自行執行，反觀本局由於養護人力不足，無法以專責人力長期負責橋檢工作，橋梁檢測工作只能配合年度預算編列，按年度發包委外辦理，每年都會有不同的顧問公司與從業人員參與檢測工作，其工作經驗之傳承不易，橋梁檢測人員對每一座橋梁的熟稔程度不一，無法像 CalTrans 由同一組人員長期從事該區域橋梁的檢測工作，來得熟悉且深入瞭解橋梁使用、維護狀況，此部分在本局人力無法增加的情況下，如何有效經驗傳承與執行，應思考在政府採購法規定下如何執行，方能具有 CalTrans 的執行成效。
- 三、美國加州自從 1971 年 Sylmar 地震襲擊洛杉磯區域以來，政府部門持續不

間斷的進行耐震補強工作。現在執行中的耐震補強工作，為 1989 年的 Loma Prieta 地震後，確認需強化至耐震安全標準之橋梁。由政府部門委任耐震諮詢委員會（Seismic Advisory Board）的外部工程師及科學專家們，對於耐震安全政策、標準和技術性的工作提出建言，並藉助由個別地震及結構學專家所組成的專案審查小組（Peer review panels），來審查一些複雜的主要補強計畫。本局進行中的耐震補強工程，係依據政府採購法，由外聘專家學者與本局內派委員，組成評選委員會方式，評選出優勝顧問公司，在耐震補強工程初步設計工作及細部設計執行階段，邀請外部學者專家參與設計審查工作。該部分審查雖建立外部學者專家審查機制，惟外部學者專家之資格是否符合橋梁耐震補強工程需要，建議應由國家實驗研究院國家地震研究中心建立學者專家名單，供各級橋梁管理機關辦理橋梁耐震補強工程時參考，以引進先進耐震補強觀念，並確認耐震補強工程設計品質。

四、CalTrans 的水下檢測作業已有 50 餘年歷史，亦建立完整的水下檢測部門及設備，台灣高速公路橋梁目前估計約 30 餘座橋梁須進行水下檢測工作，考量高速公路橋梁的水下檢測需求及經濟效益、人力情形，並無建立水下檢測部門需要，可以發包委託廠商方式辦理，惟台灣目前並無兼具潛水與橋梁工程專業之執行廠商，應以委託專業潛水廠商、由高速公路局採購、提供水下攝影及即時影像傳輸設備，同時結合潛水與橋梁工程專業人員知能，為執行高速公路橋梁水下檢測之可行方案，同時應先進行小規模之試辦，以測試此種執行方式之成效，才加以擴大採用。

五、Antoich Bridge 設計使用的隔震支承台灣尚無使用經驗，該機構設計簡易，若美國加州歷經地震考驗確認該隔震支承使用符合隔震需求，可引入台灣進行使用，惟相關防落橋機制亦需一併考量。

六、New Bay Bridge 橋梁新建工程，係重新選線進行橋梁新建工程，興建過程中舊橋仍維持通行，因此施工中得以維持既有交通服務水準，台灣高速公路橋梁及箱涵目前亦面臨須配合河川整治或地方道路通行改建問題，改建施工時如何持續維持高速公路行車順暢，須同時考量經費、工程技術、媒體宣導、嚴正執法等作為，方能順利完成行車順暢與改建目標，此部分在台灣高速公路拓寬已累積相當之工作經驗，惟此 New Bay Bridge 橋梁重新建造，建造期間維持舊橋通行之策略，對於老舊橋梁改建時，交通狀況與現有問題之解決，及橋梁結構型式、跨徑等，可有彈性選擇空間，值得借鏡。

七、Bay Bridge 舊橋及美國加州諸多桁架式鋼結構橋梁，由於構件及接點數量龐大，造成日後橋梁檢測及維護工作繁雜，因此箱型梁構造之鋼結構橋梁應為新建鋼結構橋梁工程之優選型式。

八、Golden Gate 吊橋為世界著名地標，足見橋梁不只是運輸功能的結構物，經過與自然景觀結合、增加遊憩配合設施，橋梁亦可提供居民、遊客遊憩需要，高速公路橋梁亦可選擇適當位置施設，使兼具運輸及遊憩功能，國

道 3 號西湖服務區跨越高速公路橋梁為目前國內高速公路具代表性橋梁。

九、Vincent Thomas Bridge 橋梁使用油壓阻尼器於設置使用後，部分發生嚴重漏油情形，該油壓阻尼器漏油，均係於日常使用情形下，油壓阻尼器因受風情形，頻繁的承載並產生位移，致使加速老化損壞，故油壓阻尼器之設計能量應足以抵抗地震力以外的日常外力加載、不產生位移，方能有效防止老化損壞問題。

十、Vincent Thomas Bridge 橋梁於油漆養護作業進行過程，以 PVC 包覆工作區域，以免油漆空漂污染環境，此部分需付出相當可觀之經費，另於耐震補強工作進行墩柱上方，使用導排施工污水之導排管線，將污水導排收集，顯示美國於施工過程中對於環境保護的用心，值得借鏡學習，未來台灣在鋼橋油漆時，環境保護臨時工程執行方式、規定與經費之增列等，均應仔細規劃。

十一、此次觀摩 CalTrans 在 Queens Way Bridge 橋梁目視檢測鋼結構於張力區域是否發生裂縫情形之檢測作業情形，惟此次觀摩行程未見 CalTrans 在鋼結構橋梁張力螺栓或鉚釘接合位置執行檢測作業狀況，台灣現行於鋼結構橋梁張力螺栓或鉚釘接合位置之檢測作業，依據交通部頒「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範」，係以目視檢查方式辦理，未來如何以儀器檢測確認張力螺栓或鉚釘鬆弛情形及定期固緊張力螺栓及鉚釘，此應為鋼結構橋梁巡查、檢測及養護的重要課題。

十二、參訪過程中，行經舊金山及洛杉磯地區高速公路，本局對於高速公路路面維護成效並不遜色於 CalTrans 的維護水準，且常見舊金山及洛杉磯地區高速公路部分路段路面已刨除鋪面、未完成面層加鋪前，即開放使用，顯見本局對於用路人舒適的使用需求目標達成更為用心。而其瀝青混凝土路面常見到裂縫存在，但裂縫均已以柏油填封處理，減少水份侵入路基，造成路面損壞，此部份 CalTrans 的維護用心值得肯定與學習。

十三、加州高速公路路面很多採用混凝土鋼性路面，此次參訪行經之道路，甚多混凝土鋼性路面採用刨磨處理，解決路面平坦度及車行於鋼性路面之摩擦力不足問題，其成效甚佳，值得學習，國內高速公路前曾以微刨方式處理，惟受限於數量較少，機具引進不易，執行效果不佳，未來應值得加以探討與引用。

## 陸、建議事項

本次前往美國加州考察橋梁工程業務，期間與美國加州運輸署部門主管、橋梁檢測人員訪談，實際了解美國加州橋梁管理業務、橋梁檢測作業，對本局橋梁管理業務推動及改善，頗有助益。

### 一、本局橋梁檢測人員訓練制度及橋梁檢測成果品質的提升：

美國在聯邦標準規範（Code of Federal Regulations，CFR）中的高速公路篇，列有國家橋梁調查標準（National Bridge Inspection Standards）一節，該規範（CFR）近幾年（1995，1997，1998）均有修訂，一直為美國目前所遵行。該規範中對高速公路的興建、維護、檢查、管理等，均有詳細規定。

橋梁檢測人員的資格與認證，在美國（如Kansas）為政府主管單位與民間單位合作，採用「Bridge Inspector's Training Manual 90」為教材之基礎，進行為期兩週的訓練課程。完成課程必需滿足NBIS 綜合訓練課程的要求，此課程是依據NBIS 手冊所設計的。訓練課程涵蓋了下列幾個主題：1.橋梁檢測計劃(Bridge inspection programs)2.橋梁基本知識(Review of basic concepts)3.勞工安全(Safety)4.檢測文件(Inspection documentation)5.橋面版、木構件、鋼構件與混凝土構件、橋梁關鍵破裂構件、支承、基礎、沖刷、水下檢測管涵等橋梁相關各項目的檢測與評估(Inspection and evaluation of: Bridge decks,

Common timber, steel and concrete superstructures, Fracture critical bridge members, Bridge bearings, Substructures, Waterways, Underwater inspections, Culverts )，方能取得橋梁檢測人員資格，配合工作經驗的累積，再獲得擔任橋梁檢測小組負責人的資格，透過教育訓練與認證制度，有效控制橋梁檢測作業的品質。

台灣現行橋梁檢測評估與維修人員訓練，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30小時課程訓練，課程包括橋梁檢測員之基本、橋梁構件與力學、橋梁構件劣化與耐久性評估、橋梁構件損害原因探討、橋梁安全性評估、目視檢測與評估、非破壞性檢測與評估、橋梁振動檢測、橋梁養護與維修、橋梁結構之補強與加固、橋梁管理系統、檢測實習、橋梁檢測業務與綜合討論等課程，綜觀其課程設計，雖然以橋梁檢測業務人員為訓練對象，其中包含許多橋梁理論、養護與維修階段課程，該部分建議應另行劃分為橋梁管理進階課程，橋梁檢測業務人員訓練課程仍應比照美國訓練課程設計，以橋梁各部件檢測實務方式規劃，方能符合橋梁檢測業務人員職務需要，另各課程亦應有課程標準及授課內容規定，以有效累積傳承經驗，避免由於各期授課講師各依其專長見解發揮，導致受訓人員觀念差異。

橋梁檢測成果品質的提升部分，CalTrans 橋梁檢測成果係依據地區橋梁維護工程師結構維護程序書 ( ABME STRUCTURE MAINTENANCE PROCEDURES ) 規定，進行橋梁檢測，並依其格式

規定，製作橋梁檢測報告書 ( BRIDGE INSPECTION REPORT )，對於報告書製作章節、格式、照片附圖格式均有詳盡規定，本局橋梁檢測，則將橋梁相關構件區分為21部分，其中第1 至第11 項為一般檢測項目，亦即橋樑的整體性(全橋性)與橋樑兩端的項目，第12 至第20項檢查項目則針對每一座橋墩與橋孔逐跨進行檢視，第21 項為其他，以 D.E.R.U.評等法，將橋樑之劣化情形，分成劣化的嚴重程度(Degree)、劣化範圍(Extend)及該種劣化情形或現象對橋樑結構安全性與服務性之影響度(Relevancy)三部份加以評估，並由檢查人員依據劣化構件維修的急迫性(Urgency)作處置對策之評估建議，能簡化建立資料並適合於資料之電腦化儲存，但對於檢測瑕疵之紀錄留存、追蹤維護處理情形、前數次檢測與本次檢測成果比較，則欠缺詳細準則規定，造成各委託廠商之報告書品質差異頗大問題，此部分建議應編訂報告書格式標準，俾供各單位遵照執行。

## 二、加州運輸署與臺灣高速公路局合作協議後續推動：

高速公路局與加州運輸署簽訂之合作協議，目前以工程技術合作為主軸，以派員至加州進行工程技術考察、邀請加州運輸署人員到訪發表專文方式，推動合作協議，未來可朝向擴大至交通管理技術、財務管理、環保及 BOT 等議題之交流與合作，雙方以互邀參與內部訓練課程、交換交流議題報告及研究案成果文件等方式，以擴大合作協議效益。

## 三、台美公路工程技術研討會

美國聯邦公路總署、加州運輸署與台灣公路單位、各大工程顧問公司共同舉辦之「台美公路工程技術研討會」，由臺美雙方輪



值於台灣與美國召開，經由台美雙方專家學者及官方代表參與盛會，以增進台美雙方合作情誼，並交流雙方最新研究議題成果，本局應藉由該研討會舉辦機會，吸收公路工程技術發展方向，並作為委託研究及相關業務推展參考。