

出國報告（出國類別：考察）

赴美國考察橋梁檢測維修事宜

服務機關：交通部高速公路局

姓名職稱：副工程司 蒲金山

副段長 熊德維

派赴國家：美國

出國期間：95年11月10日至12月09日

報告日期：96年03月09日

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、洛杉磯、奧克蘭等地區之橋梁結構維修和調查部門，參訪單位有收費橋調查辦公室、北區調查辦公室、南區調查辦公室、特殊調查辦公室等。行程中參觀CalTrans工程材料試驗室、Bryte Bend Bridge、Schuyler Heim Bridge、Vincent Thomas Bridge、第八區60/91/215道路改善計劃工程、Richmond-San Rafael Bridge、San Francisco-Oakland Bay Bridge、San Mateo-Hayward Bridge、San Mateo-Hayward Bridge、Benicia-Martinez Bridge、Carquinez Bridge等橋梁檢查及維護之管理情形。

本次考察著重在橋梁之檢查 (Inspection) 與調查 (Investigation) 作業。因此，本報告旨在介紹 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計畫等。藉此瞭解 CalTrans在橋梁工程實務、評估檢測、養護等技術的發展情形，並且從中學習其經驗，藉由現場參觀之機會，瞭解 CalTrans在橋梁方面之結構維修與調查的實績，以做為本局未來推動與發展之參考。

這次考察過程中特別感謝 CalTrans 地震工程分析及特殊服務部

門主任盛力航先生聯絡相關單位及安排行程。

活動多

安排節慶音樂演出

【沙加極度報導】加州場前裝飾大裡、在州府連串的音樂為佳節增添

新年佳節，治實行活動更在當時的 (mes Rolph) 屬下等員及裝飾大型。這個傳統 1983 年，才在州府大廈型並經過州的聖誕樹，

刻意加以布燈結綵，為至聖誕夜前裡面每天都，在午餐休

息時間為大家演奏節慶音樂或歌頌節目。州府工作人員為大家費心安排的節目，包羅萬象，力求適合各年齡、階層及背景人士，包括吉他演奏、弦樂與歌唱、高中及大學學校合唱團、豎琴演奏、管樂與橫笛演奏、教會聖歌演唱團、軍樂隊表演、交響樂團演奏、手風琴演奏、少年兒童歌頌及維多利亞聖歌歌詠等。

這些節目每天由中午 12 時開始演奏一小時，而 12 月 2 日、9 日及 20 日適逢周末，為了讓更多觀眾有機會欣賞佳節音樂節目，特地加場並演出時間延長。

首府佳節慶祝節目，為加州博物館、加州公園部門、加州公共服務部及加州議會等機構大力協助及贊助下的有意義特別活動。

州府附近道路，多為單行道，更容易走錯而浪費時間，請由第 10 街開到 L 街交叉口的停車場，泊車後步行到 L 街州府入口處進去。除了必要攜帶物品，盡量少帶隨身東西，以便進去順利安檢。

中谷僑團活動

會熱鬧過冬至

【極度報導】即將來到眼鄉會 (GS) 晚會將於 12 行，台鄉會歡度冬至佳

氣中非常重半球全年中一天。許多日來過，有習俗。會舉辦「台鄉團提供聚會由台鄉會會全登照白攝

娘人的精神。「大船入港」、「難忘的鳳凰橋」及黑豹歌舞團的「今天不回家」等節目，載歌載舞。晚會將招募臨時演員共同演出，整晚將高潮疊起。

除豐盛晚餐外，冬至晚會安排了卡拉 OK (請自帶碟片) 及舞會，並有摸彩助興。請參加者準時於下午 5 時半入場。

冬至晚會舉辦地是麗寶樓餐館，地址是 2378 Florin Road, Sacramento。費用每位 25 元，購票請聯繫：黃員成 (483-9336)、吳美年 (685-4395)、莊錫麗 (366-1118)、劉碧如 (939-1863)、蘇素霞 (7395-1066)。

台灣工程師來取經

履行國道高速公路局與 CalTrans 合作項目

【通訊記者王瑜沙加極度報導】自 2002 年台灣國道高速公路局與加州交通運輸處簽署合作備忘錄，主要目的是藉由雙方公共工程執行及安全維護領域的人員互訪與交流，發展台灣於地庫工程實務、評估檢測、養護等技術。尋求確保台灣高速公路網安全，進一步提升高速公路橋樑結構，學習最先進設計、準則、技術，並建立高速公路結構的詳細標準。

今年台灣首次選派兩位具有實際現場操作經驗的工程師，熊德維與蒲金山，到加州州政府交通運輸處的橋樑部門，接受為期四周的訓練。熊德維在高速公路局服務 15 年，目前的職務為工務段副段長。蒲金山在高速公路局服務 25 年的橋樑工程師，職務為副工程司。在交通運輸處橋樑部門，資深華裔工程師盛力航，代表加州州政府負責接待、聯絡相關單位以及安排行程，讓台灣來的工程師備感親切。

訓練主要內容範圍為橋樑檢測維護、防止沖刷，及橋樑耐震評估與補強。針對橋樑座落區域之災害、結構元件與整體的益損性分析、評估管理、減低災害損失的計畫、耐震補強分析與設計方法準則的建立、設計步驟及詳細成果，建立橋樑安全及大位移監測系統。

蒲金山與熊德維兩位工程師已於 11 月 10 日抵達沙加極度，在三個不同的城市接受四周的訓練。前兩周在沙加極度，學習特殊橋樑檢測的方法以及橋樑的維護管理系統。第三周在洛杉磯，了解都會區混凝土橋樑檢測與維護的方法。第四周在舊金山，學習特殊鋼樑與鋼結構橋樑的檢測維修。兩位工程師對參與此訓練都感到非常榮幸，行程雖緊湊，但都表示不虛此行。他們說，希望學習美國模式的先進技術，將檢測方式與工務系統帶回台灣，培育人才，自行設計適合台灣交通的安全設施。



↑兩位台灣國道高速公路局的工程師——副工程司蒲金山 (左一)，工務段副段長熊德維 (右一)，在來加州接受為期四周的培訓期間，拜會加州交通運輸處橋樑部門的維護工程師 Barton Newton (中)。(通訊記者王瑜攝)

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)；結構維護報告自動化傳送系統(SMART)；橋檢查記錄資訊系統(BIRIS)；橋梁檢查報告(BIR)；聯邦公路管理部門(Federal Highway Administration 簡稱 FHWA)；橋梁書冊 (Bridge Books)；緊急事件操作中心(EOC)；交通管理中心(TMC)；工程服務部門(Division of Engineering Services 簡稱 DES)

目 錄

	頁 數
摘 要	I ~ III
目 錄	IV~IX
壹、出國考察之依據及目的	1.
1-1 依據	1.
1-2 考察目的	1.
貳、成員及行程	3.
2-1 考察成員	3.
2-2 行程	3.
參、參訪公路維修 (Division Of Maintenance) 部門考察	7.
3-1 CalTrans 之橋梁檢查與調查作業.....	7.
3-1-1 收費橋調查辦公室.....	10.
3-1-2 北區調查辦公室.....	11.
3-1-3 南區調查辦公室.....	12.
3-1-4 特殊調查辦公室.....	13.
3-1-5 架構分析與管理辦公室.....	15.
3-1-6 品質管理計畫組.....	16.
3-2 檢查類型與頻率	16.

3-2-1 檢查的類型	16.
3-2-2 檢查的頻率	18.
3-3 橋梁檢查報告內容	19.
3-4 橋梁檢查報告作業程序	20.
3-4-1 橋梁記錄保存.....	20.
3-4-2 橋梁檢查報告提交與遞交	21.
3-4-3 特殊橋梁資料庫工作	23.
3-4-4 橋梁重新組合與放棄	23.
3-4-5 中斷橋梁清單的程序	25.
3-4-6 ABME 裝備	25.
3-5 橋梁維修與調查之品質管理計畫	25.
3-5-1 維修與調查品質管理計劃目的.....	25.
3-5-2 品質控制計畫.....	26.
3-5-3 品質保證計畫.....	26.
3-5-4 有系統的 QA/QC 程序.....	27.
肆、參訪特殊調查 (Specialty Investigations) 部門考察.....	28.
4-1 參觀工程材料試驗室.....	28.
4-1-1 EPOCH 超音波探測裂縫檢查.....	29.
4-1-2 Spotcheck 紅色染料滲透裂縫檢查.....	30.

4-1-3 預力鋼腱拉力試驗·····	31.
4-1-4 其他試驗·····	31.
4-2 參觀 Bryte Bend Bridge·····	33.
伍、參訪北區結構維修與調查 (SM & I-North) 部門考察·····	38.
5-1 橋梁例行性檢查情形·····	38.
5-1-1 橋梁狀況文字敘述·····	38.
5-1-2 橋梁檢查報告的修正·····	39.
5-1-3 橋梁架構的狀況·····	39.
5-1-4 實地操作例行性檢查·····	41.
5-2 橋梁劣化損壞情形·····	41.
5-3 橋梁維修與調查之緊急應變計畫·····	43.
5-3-0 緊急應變計畫目錄·····	43.
5-3-1 緊急應變計畫的目的·····	45.
5-3-2 SM&I 人員的任務和責任 ·····	45.
5-3-3 SM&I 副主管·····	46.
5-3-4 辦公室主任·····	47.
5-3-5 資深工程師·····	49.
5-3-6 ABME/檢查工程師·····	50.
5-3-7 辦公室支援的人員·····	51.

5-3-8 緊急事件協調者.....	52.
5-3-9 地區緊急應變操作中心(EOC)/操作範圍.....	53.
5-3-10 洪水事件之應變.....	55.
5-3-11 SM&I 緊急事件應變細節的指示.....	57.
陸、參訪南區結構維修與調查 (SM & I-South) 部門考察.....	59.
6-1 參觀 Schuyler Heim Bridge	59.
6-1-1 橋梁舉升情形.....	63.
6-1-2 橋梁例行性檢查.....	64.
6-2 參觀 Vincent Thomas Bridge.....	66.
6-2-1 鋼橋油漆維護.....	69.
6-2-2 橋梁例行性檢查.....	70.
6-3 橋樑檢測之內視鏡儀器.....	72.
6-3-1 內視鏡及操作之 1	73.
6-3-2 內視鏡及操作之 2	74.
6-3-3 內視鏡及操作之 3	76.
6-4 參觀第八區 60/91/215 道路改善計劃工程.....	77.
6-4-1 預力箱型梁支承座.....	79.
6-4-2 60/91/215 立體交流道內增建跨越連絡道.....	80.
6-4-3 預力箱型梁之模板拆卸.....	81.

6-4-4 高速公路路側擋土牆(防音牆)牆面造景	82.
6-4-5 高速公路跨越橋兩側護欄牆面造景.....	84.
柒、參訪收費橋檢測 (Toll Bridge Investigations) 部門考察.....	85.
7-1 參觀 Richmond-San Rafael Bridge.....	85.
7-1-1 參觀橋梁.....	87.
7-2 參觀 San Francisco-Oakland Bay Bridge.....	90.
7-2-1 參觀橋梁.....	92.
7-2-2 新的東側段橋梁.....	94.
7-3 參觀 San Mateo-Hayward Bridge.....	101.
7-3-1 橋梁維護工作站.....	102.
7-3-2 鋼橋例行性檢查.....	102.
7-4 參觀 Dumbarton Bridge	107.
7-4-1 橋梁例行性檢查.....	108.
7-5 參觀 Benicia-Martinez Bridge.....	110.
7-5-1 橋梁例行性檢查之一.....	111.
7-5-2 巨型支承墊裝置	112.
7-5-3 鋼構橋梁油漆維護.....	112.
7-5-3 鋼橋例行性檢查之二.....	114.

7-6 參觀 Carquinez Bridge	117.
7-6-1 參觀橋梁.....	118.
捌、考察心得與建議事項	121.
8-1 考察心得	121.
8-2 建議事項	126.
玖、參考文獻	128.
附件、拜訪及接觸人士	129.

壹、出國考察之依據及目的

1-1 依據

美國加州運輸署(California Department of Transportation 簡稱 CalTrans)總工程司James E. Roberts 於八十九年十月拜訪本局，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，於九十一年八月二十九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契約。本考察案係依據交通部九十五年七月同意「赴美考察橋梁檢測維修」出國考察辦理。

1-2 考察目的：

依據雙方合作協議希望藉由公共工程執行及安全維護領域之人員互訪與交流，發展台灣於地震工程實務、橋梁評估檢測、橋梁養護等技術。尋求確保台灣高速公路網安全，提高安全執行，並保障公共投資之資本。提升公眾安全及公共工程之功能為目標，進一步提升包括高速公路橋梁結構最先進設計、準則、技術，並建立高速公路橋梁結構之詳細標準。

合作契約從九十一年九月至九十六年八月為止協議內容範圍為橋梁檢測維護、防止沖刷、既有橋樑耐震評估及補強，

針對橋梁座落區域之災害、結構元件與整體之損益性分析、評估管理、減低災害損失之計畫、耐震補強分析與設計方法準則之建立、設計步驟及詳細成果、建立橋梁安全及大位移監測系統。

本次參訪考察內容著重在橋梁檢測維護作業情形，考察一般混凝土橋梁檢測與維護的方法、橋梁維護管理系統、鋼結構橋梁檢測維護、特殊橋梁檢測等。其目的藉由美國加州運輸署(CalTrans) 於既有橋梁檢測維護方面之管理經驗，提供本局處理橋梁維護問題上參考與借鏡。



美國加州運輸署(CalTrans)

貳、成員及行程

2-1 考察成員

蒲金山 高速公路局南區工程處副工程司

熊德維 高速公路局大甲工務段副段長

2-2 行程

本次出國考察於 95 年 11 月 10 日出國，12 月 09 日返國，

全程 30 天，其行程內容詳如行程表：

行 程 表

	日期	星期	地 點	行 程 概 述
出 國 行 程 說 明	11/10	五	台北→舊金山→沙加緬度	去程
	11/11	六	沙加緬度	與CalTrans人員討論考查行程及相關事宜
	11/12	日	沙加緬度	準備資料
	11/13	一	沙加緬度	參訪特殊調查（Specialty Investigations）部門，見主管 Michael B. Johnson 研討例行性檢查與特殊檢查作業情形
	11/14	二	沙加緬度	在 office 查閱資料研討了解 CalTrans 橋梁檢查作業

出國行程說明	11/15	三	沙加緬度	參訪特殊調查 (Specialty Investigations) 部門之實驗室作業情形
	11/16	四	沙加緬度	參觀 Bryte Bend Bridge 鋼橋進入箱型梁內部，並研討橋梁特殊檢查重點
	11/17	五	沙加緬度	在 office 研討橋梁檢查維修之緊急應變計畫作業
	11/18	六	沙加緬度	整理及研讀資料
	11/19	日	沙加緬度	整理及研讀資料
	11/20	一	沙加緬度	參訪公路維修部門 (Division Of Maintenance)，見副署長 Barton Newton 研討橋梁檢查作業成效
	11/21	二	沙加緬度	參訪北區結構維修與調查 (SM & Investigations-North) 部門，見主管 Pete J. Whitfield 現場操作橋梁例行性檢查情形
	11/22	三	沙加緬度	Pete Whitfield 帶領參觀目前一些橋梁損壞情形
	11/23	四	沙加緬度	美國感恩節，整理及研讀資料
	11/24	五	沙加緬度	美國感恩節，整理及研讀資料
	11/25	六	沙加緬度	整理及研讀資料
	11/26	日	沙加緬度	整理及研讀資料

出國行程說明	11/27	一	沙加緬度→洛杉磯	(去程) 參訪南區結構維修與調查 (SM & Investigations-South) 部門，見主管 Kwan Y. Lam 研討鋼橋檢查及維修情形
	11/28	二	洛杉磯	到 Long Beach 參觀 Schuyler Heim Bridge 與 Vincent Thomas Bridge 研討特殊橋梁管理、檢測、維護重點
	11/29	三	洛杉磯	在 office 研討橋梁檢查之內視鏡儀器操作及功能
	11/30	四	洛杉磯	參觀第八區 60/91/215 道路改善計劃工程
	12/01	五	洛杉磯→沙加緬度	在 office 研討橋梁例行性檢查與維護 (回程)
	12/02	六	沙加緬度	整理及研讀資料
	12/03	日	沙加緬度→奧克蘭	去程
	12/04	一	奧克蘭	參訪收費橋調查 (Toll Bridge Investigations) 部門，見主管 Kenneth Brown 參觀 Richmond-San Rafael Bridge 與 San Francisco-Oakland Bay Bridge 特殊橋梁之阻尼器

出國行程說明	12/05	二	奧克蘭	參觀 San Mateo-Hayward Bridge 與 Dumbarton Bridge 現場研討鋼橋例行性檢測情形
	12/06	三	奧克蘭	現場參觀 Benicia-Martinez Bridge 鋼橋油漆維護工作情形；出海參觀 Carquinez Bridge
	12/07	四	奧克蘭	ABME 工程師於 Benicia-Martinez Bridge 現場實際操作鋼橋例行性檢測情形
	12/08	五	奧克蘭→舊金山→台北	回程
	12/09	六	抵達台北	回程

參、參訪公路維修 (Division Of Maintenance) 部門考察



副署長 Barton Newton

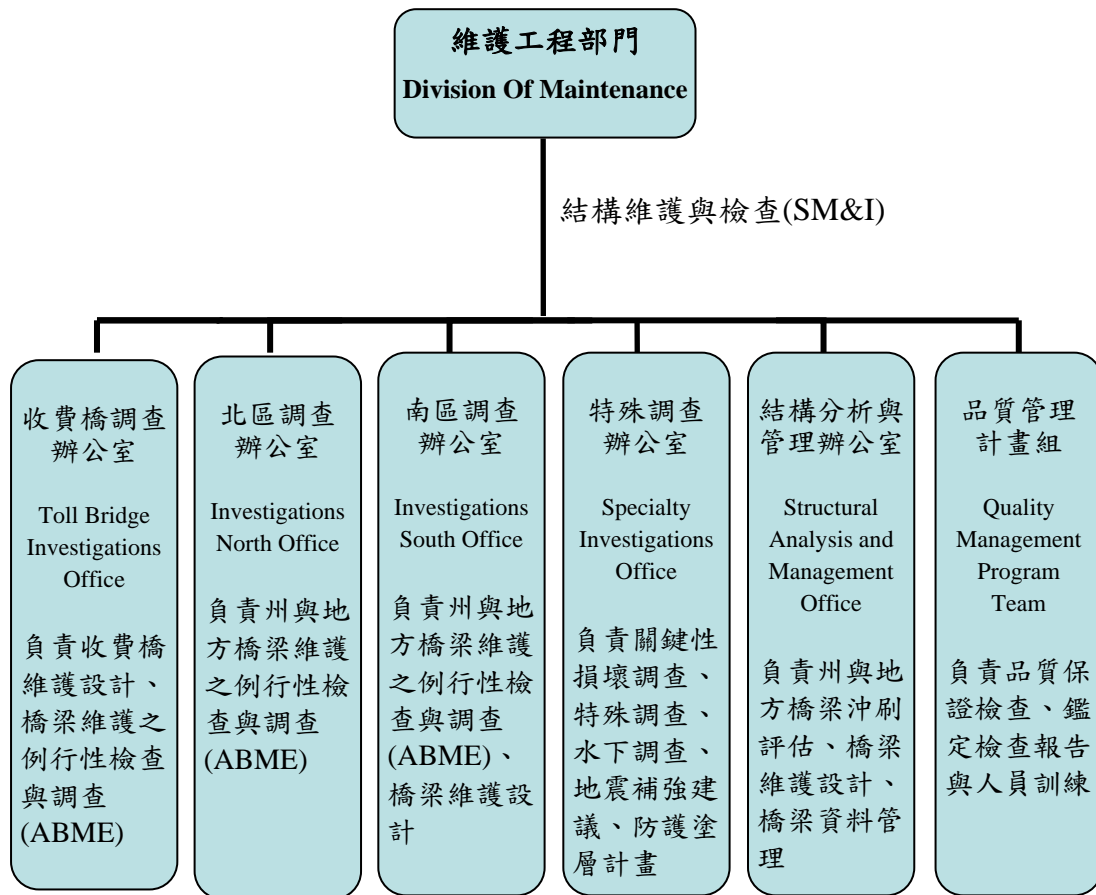
3-1 CalTrans 橋梁之檢查(Inspection)與調查(Investigation)作業

美國加州運輸署(CalTrans)負責維護州與地方政府擁有超過24,000座橋梁的安全和完整性。橋梁結構維修和調查的工作由運輸署結構部門負責管理。這根據聯邦規章進行檢查包括超過12,000座聯邦高速公路橋梁和地方政府擁有大約12,200座代管的橋梁，從事結構維修工作的建議案，確定所有橋梁的安全負載容量，審查和批准有關橋梁結構空間的租約許可案，提供橋梁維護計畫說明及估價，以及協調超過800座聯邦政府的鋼構橋梁防護塗層工作。

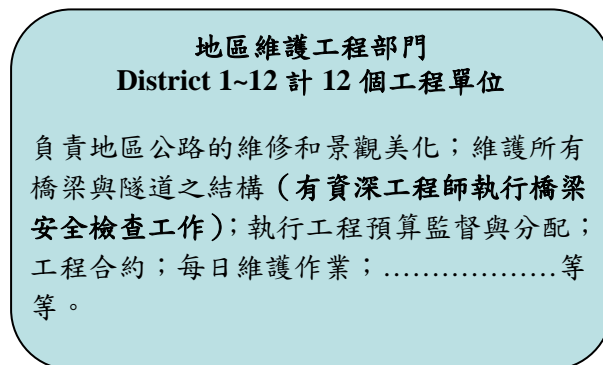
在州維護工程部門(Division Of Maintenance)指揮下橋梁結

構維修和調查工作須依照聯邦需求處理，橋梁每兩年需檢查一次。這部門根據聯邦要求執行例行性、水力、水下和關鍵損壞的調查工作，獲得現有的狀態數據，不斷更新紀錄，並且保持歷史紀錄。這些部門有指導橋梁受車輛的碰撞、火害、洪水、地震等橋梁結構損壞的調查及維修責任。另外，這部門有責任確定所有高速公路橋梁安全載重容量及交通運輸計畫，以及對橋梁維護計劃的說明和估價(PS&E)。

維護工程部門(Division Of Maintenance) 對於結構維修和調查(Structure Maintenance and Investigations 簡稱SM&I) 的組織有收費橋調查辦公室、北區調查辦公室、南區調查辦公室、特殊調查辦公室、架構分析與管理辦公室、及品質管理計畫組等六個單位。



橋梁結構之維護施工與監造



橋梁結構之維護調查與維修施工組織圖



收費橋調查辦公室



特殊調查辦公室



北區調查辦公室



南區調查辦公室



架構分析與管理辦公室



品質管理計畫組

3-1-1 收費橋調查辦公室

收費橋調查辦公室分成兩組

1. 工程設計組

準備有關灣區7座收費橋結構維護預算合約和有關所

有橋梁結構臨時附加的工程合約。進行特殊的研究與地震的分析和報告。

2. 調查和特殊的研究組

執行有關灣區7座收費橋與相關結構檢查和報告。為地區維修班和結構建造提供技術的幫助。



收費橋調查辦公室

3-1-2 北區調查辦公室

這個辦公室分成五個組分別負責在1、2、3、4、5、6 和 10等地區的所有聯邦及地方代理橋梁的檢查和報告。北區調查辦公室有一位資深專家執行下列功能：

這資深專家負責在 Contra Costa 縣代理的橋梁須依國家橋梁檢查標準(NBIS)計畫管理下執行橋梁檢查及提供技

術的監督。這資深專家也負責協調在北區調查人員的訓練和安全需求，扮演辦公室協調者，並且監控 SM&I 敏捷、習慣、養成、替換和運作方針。

3-1-3 南區調查辦公室



南區調查辦公室

這個辦公室負責在7、8、9、11 和12等地區所有聯邦及地方的代理橋梁的檢查和報告。另外，資深專家監督工程師調查橋梁的行動，審查洛杉磯縣提交每座橋梁檢查服務合約的報告。審查有關橋梁的侵佔和管轄申請。

3-1-4 特殊調查辦公室

1. 對全部州及地方的橋梁執行沖刷評估，審查地區橋梁維護工程師(Area Bridge Maintenance Engineer 簡稱 ABME)有關水力方面、堤岸保護或航道的穩定並且提出減害的建議，審查在溪流內採礦對橋梁的影響，並且審查顧問工程司的水力設計。另外，監視航道橫斷面變化和使調查結構之關鍵性沖刷範圍保持準確評估。他們進行航道穩定範圍的評估以及它怎樣與橋梁結構上的安全容量有關。
2. 水下調查資深專家是負責全部州的公共橋梁之水下浸泡的結構構件，並且保證這樣的結構水下調查時間不超過5年間隔。這位資深專家逐漸養成並且維持需要水下調查橋梁的清單、時間表和進行執行水下調查工作，並且招募調查潛水員及各式各樣的調查訓練。
3. 鋼結構資深檢查員執行關鍵性破壞的檢查，並且負責提供橋梁結構之關鍵性裂縫與疲勞傾向的維修、檢查、分析和

全部類型修復技術的建議。這個資深監督人保持在州與代理地方的公路上全部橋梁關鍵性破壞和有疲勞傾向的數據庫，保證那些關鍵性破壞和有疲勞傾向橋梁的調查規劃須符合檢查分配、頻率和標準，以及保持那些關鍵性破壞和有疲勞傾向橋梁綜合調查的時間表。

4. 地震資深專家提供對全部橋梁類型的地震補強系統執行、維修和檢查技術的建議。這工作包括關於所有新橋和現有橋梁耐震補強系統之類型與位置的發展和維護數據，預期橋梁失敗模式或結構系統使用消能裝置。額外的責任包括逕行估計橋梁的使用年限、地震後財產損壞估價查定的方法、關於地震執行評估資源的訊息公佈，以及檢查的估價、維修和維護費的系統。
5. 允許關於橋梁負載容量與運輸車輛載重政策的責任；提供總署在交通量變化分析的許可和重載車量的研究，以及交通衝擊結構之特別允許研究；提供現有的橋梁結構物荷重分析以支持結構施工和設計；依慣例計算綜合分析確定管轄範圍的橋梁活載重容量。執行分析確定現有橋梁結構損壞或劣化之活載重容量，並且承擔複合橋梁結構之損害機制的特別研究調查，並且確定結構本身潛在的條件與臨界

冲刷狀況下架構穩定性。

6. 防護塗層的資深專家管理全州範圍橋梁防護塗層計畫，並且協調超過800座高速公路鋼構橋梁防護塗層工作。負責發展並且保持協調全州範圍油漆計畫表與協調地區防護塗層之工作人員。資深專家檢查鋼結構確定油漆惡化的嚴重範圍與維修的準備工作，採集、監控和油漆維護紀錄包括預算資訊。

3-1-5 架構分析與管理辦公室

這個辦公室負責橋梁維護設計服務、修復工作的管理程序，並且管理橋梁資料和記錄。指導從橋梁檢查報告產生的工程計畫和數量的準備。保證工程顧問給SM&I維護設計的作為，如維修關係的技巧、提供在新技術和材料的使用上的建議。結構由自然災害產生或因交通事故損壞的分析與展開維修計畫。審查其他專業機構研究架構維修的新技術、材料、分析與評論的研究計畫。

負責使用橋梁管理資訊系統(PONTIS)軟體，並且預計未來橋梁的所有需求。對於結構維護報告自動化傳送系統(SMART)的發展與操作以及橋檢查記錄資訊系統(BIRIS)軟體應用的責任。

3-1-6 品質管理計畫組

SM&I 的職責除須確實履行品質保證之外，而且在國家橋梁維修工程師的直接監督下須接受指導與訓練。品質管理組堅持品質管理計畫是辦公室主要的功能，而且SM&I 的發展與管理必須訓練，不斷改進辦公室程序手冊，並且指導每一個辦公室獨立的品質保證檢查。

3-2 檢查類型與頻率

ABME工程師主要的行動和責任是針對橋梁、隧道和管道的檢查，以及提送各種的橋梁結構及檢查結果的報告。

3-2-1 檢查的類型

SM&I 處理橋梁檢查的類別分為5種：(1)例行性檢查【2年或4年】(2)關鍵性破壞的檢查(3)特殊的特徵檢查(4)水下的檢查 (5)其他的檢查。

1. 例行性檢查由兩種檢查組成，**最初的檢查**(第一次對管轄橋梁的檢查，或現在橋梁結構的構造方面有變化時) 和隨後的**定期計劃的檢查**。最初的檢查須依據聯邦和國家規章提供全部結構評估詳細目錄(SI&A)的數據，確定結構情況的基本資料，列舉任何存在的問題，和建立結構載重的能力。隨後定期計劃的檢查藉由觀測與測定方式確定橋梁

的物理性和功能的情況，從以前記錄狀況去確認任何變化，及證實橋梁載重的能力。這例行性檢查是利用永久的工作平台與行人穿越道實施橋面板、地面和水平面以上的檢查。對基礎的水下檢查是在低水位流速較慢的時期及發現破壞的跡象時實施。

2. ABME在橋梁檢查報告(BIR)中記錄一次例行性的檢查結果。當施做例行性橋梁檢查報告時，內容需包括：結構最初的檢查期間與最多10年間隔需拍照橋梁正面情況與橋端道路情況的照片，當結構體或接近橋的路面有改變時，需拍照損害或劣化情況、間隙圖示、河流段斷面圖和數據、構件檢查表格、工作建議、構件鑑定為關鍵性破壞的特徵。當BIR產生時，它包括以前所有的檢查報告的明顯確鑿的訊息並且可能有額外增加或者被修正的一些資料。
3. **關鍵性破壞的檢查，特殊的特徵檢查和水下的檢查**是近距離的檢查，對於例行性檢查程序中，一人或更多成員親自在水面以上或水下的檢查是無法立即查明及鑑定缺陷。這些檢查一般需要特別的裝備，例如在橋下檢查的設備，小船，交通管制和懸掛軌道。檢查員要有特別的技術例如檢查員對鋼結構檢查訓練之非破壞性的測試的技術可能被

要求。

4. **特殊的特徵檢查**是一個新型的或最近加入存在於橋梁內部的構件檢查，是用來確定所有以前熟知的那些橋梁，如鋼結構的例行性檢查(Group “A”)一樣，但不是那些目前被包括的關鍵性損壞檢查的類型。
4. **其他的檢查**是實施在結構有明顯損壞、結構已發展為特殊問題、或者結構被懷疑有問題。這些調查的範圍應該確定緊急限制結構的荷重或者關閉通行，監視改變的狀態，並且必要進入有效修復的標準。
5. **關鍵性破壞的檢查、特殊的檢查、水下的檢查、及其他的檢查**的結果也同樣放在橋梁檢查記錄之橋梁檢查報告內。這些檢查的範圍通常局限在架構的某些局部區域內或位置，並不是無所不包的。

3-2-2 檢查的頻率

每座橋梁例行性的檢查正常不能超過24個月，橋梁檢查間隔可能大於24個月，但不能超過FHWA所認可的48個月。

深入的檢查(關鍵性破壞、特殊的特徵檢查和水下的檢查)可能互相獨立的處理或結合例行性的檢查。關鍵性破壞的檢查間隔規定不超過24個月。水下的檢查間隔時間規定不能超

過5年，結構構件的水下檢查不可以超過 FHWA所認可的72個月。

明顯損壞的架構、架構已經發展具體的問題，或者被懷疑有問題的架構都可能要視需求來檢查而不是在建立在規定的頻率上，ABME將要基於問題的嚴重性確定檢查的頻率。

3-3 橋梁檢查報告內容

橋梁調查結果依橋梁檢查報告(BIR) 的方式提出報告，利用CalTrans 結構維護自動化的報告傳輸(SMART)系統書寫。SMART 是一種 Oracle 格式適合用於SM&I人員各自辦公室的網路存取各種不同橋梁結構的資料，其資料庫由運輸署維護。全部結構基本資料、構件狀況、橋梁狀況評估、工作歷史、和檢查結果多能在SMART系統裡看到。尤其對於特殊橋梁結構資料也可輸入到SMART系統中。

每一份完整陳報核可之橋梁檢查的報告應傳送給橋梁管理人(ABME)，那些文件資料掃描存放到橋梁檢查記錄系統(BIRIS)中，並且存放在橋梁書冊檔案裡。BIRIS經由內部網路存放橋梁維護計畫、檢查報告和其他有關文件。那是對於橋梁管理人需要有關橋梁和其他結構資料的主要來源。

橋梁檢查報告(BIR)有詳細維護目錄和有關結構的檢查訊息。這報告用來記錄結構的檢查結果，並且由以下幾個部分組成：標題和架構識別、建造訊息、載重容量和等級、在結構上的描述、下部結構的描述、主體狀態、鋼構件調查、構件檢查評估、工作建議、航道溝渠橫斷面、以及結構詳細目錄和評估表(SI&A)。這是一份綜合報告，包含聯邦公路管理部門(FHWA)需要作為全國橋梁結構目錄辨識的全部資料。

3-4 橋梁檢查報告作業程序

3-4-1 橋梁記錄保存

在1930年開始所有調查報告、溪流斷面圖、垂直空間圖、照片和其他有關國家的橋梁訊息都被收集裝訂活頁成冊。這些裝訂成冊的檔案稱為「橋梁書冊」(Bridge Books)並且放在SM&I辦公室的橋梁書冊檔案室管理。橋梁書冊安排整理如下：

1. 州橋梁：依照路線數目字增加整理歸檔，然後依照縣市和位置里程數整理歸檔。
2. 代理地方的橋梁：依照縣市字母順序整理歸檔，然後依照橋梁編號數目字增加整理歸檔。



橋梁書冊檔案室



橋梁書冊檔案室

3-4-2 橋梁檢查報告提交與遞交

ABME工程師對所負責管轄的橋梁或結構物每次從檢查日期後60天以內將提出一份書面報告。在檢查日期120天後，這份報告仍未交付時，監督人將採取進一步行動要

ABME工程師解釋並報告任何延遲提交的問題。

返回辦公室後ABME工程師立即開始將建立一批新的檢查經過資料在SMAR系統裡。橋梁檢查小組在任一州與地區橋梁被檢查時必須只有一批報告，ABME工程師可特別的考慮決定橋梁報告可單獨的或放在一批裡。這些的例子包括是關鍵性損壞的橋、有特殊的橋梁、臨界沖刷的橋梁等橋梁報告，並且須提出橋梁建議事項。

雖然橋梁檢查報告相似，但遞交過程州高速公路橋梁與代理地方橋梁是不同的。州橋梁報告沒有規律地提交給地區維護工程處。檢查橋梁的目錄有完整的報告於檢查時期由管理人員在每個月透過電子傳送到地區維護工程處。地區維護工程處指示從橋梁檢查記錄系統(BIRIS)列印報告。ABME工程師不須為州橋梁報告遞交文件。

1. 報告呈送卷宗

有幾個方式已可以幫助ABME經由辦公室傳送書面報告到最後的地方。橋梁報告呈送卷宗經由辦公室送給適當的人審查。報告呈送卷宗傳送途徑習慣依照報告的檢查類型。

2. 提送必須採取立即行動的記錄

經常由ABME工程師認為橋梁結構上的狀況在須要立即進行處理時，或者成為被通知有立即情況發生時。處理文件的程序如下：

- (1) ABME工程師把填寫的表格當面交給地區資深工程師，或是他不在時，任何資深工程師可代為處理。如果ABME工程師在外地，訊息可能利用傳真或是口頭方式傳給資深工程師代為謄寫到表格形式。
- (2) 資深工程師將表格轉到辦公室給主任簽名。
- (3) 辦公室主任於是將表格轉給州橋梁維護工程師簽名並且交給管理人員掃描存入BIRIS系統。
- (4) 執行秘書將表格傳真給 FHWA在加州橋梁工程師並轉交管理人員歸檔。。
- (5) 執行秘書將「立即處理的記錄」文件放在年度檔案夾中。

3-4-3 特殊橋梁資料庫工作

提供這種特殊橋梁表格可指導管理人員進行修改在SMART，BIRIS 及橋梁書冊內的橋梁記錄。當橋梁被放棄、替換、結合、或用其他方式改變橋梁數目時。

3-4-4 橋梁重新組合與放棄

重新組合與放棄產生時在橋梁記錄方面的一些改變。在一個州高速公路部分建造替代舊有的組合之後。經過幾個月可能穿越取代之前的部分，最後放棄地方代理橋梁。直到縣記錄放棄，維護剩餘舊橋是州政府的責任。受到影響的橋梁之後書寫橋梁檢查報告(BIR)時其他事件都必須承擔。

1. 對於僅是新建造的橋梁來說，ABME 工程師將分派橋梁編號給新結構在 SMART 系統中，並使用緊鄰橋梁書冊編號的下一個編號。
2. 現有的州結構放棄地方代理或惡劣傾斜而被取代最後放棄的橋梁，ABME 將分派新取代橋梁編號到放棄的結構橋書冊，再次使用緊鄰在合適的橋梁書冊編號的下一個編號。在一座新橋梁編號已經被分派之後， ABME 應完成「特殊的橋梁資料庫工作」的表格。
3. ABME 工程師將舊有梁編號寫在最後的橋梁檢查報告 (BIR)，以便於其它記錄能被照著改變，指出對其它代理的放棄。報告將顯示舊有和新橋編號、位置和名字。管理人員在BIRIS系統裡轉變橋梁檔案以及在橋梁書冊有新橋梁編號。

3-4-5 中斷橋梁清單的程序

當SM&I 已經決定一座橋將不再被檢查時，其原因是由於：改變所有權(聯邦擁有橋被聯邦代理機構擁有結構者檢查)、一座地方代理橋梁已經被關閉超過5年、或者其他原因。橋梁擁有人和任何其他對架構維修負責的都必須被通知。這個通知應以書面形式並且可能包括最後SM&I 進行的檢查的BIR遞交文件。在最後的橋梁檢查報告已經被送給橋擁有人之後，ABME將完成特殊的橋梁資料庫工作表單從橋梁目錄清單消除。

3-4-6 ABME 裝備

每一位ABME工程師的裝備由辦公室給予設置一套檢查裝備以進行區域內橋梁的調查之用。大部分這些裝備每一位ABME工程師親自合適(防水長統靴，安全帽，背心，連衣工作褲，測量捲尺等等)。另外，每個檢查辦公室分配車輛進行這些調查，分配輔助設備如一架折梯，手持電鑽，檢查鏡等等。專業的設備包括內視鏡，伸縮杆照像機，水準等提供每個調查辦公室使用。

3-5 橋梁維修與調查之品質管理計畫

3-5-1 維修與調查品質管理計畫目的

橋梁的檢查、載重的評估、和橋梁的目錄資料管理是整個橋梁維護運作的基礎。

在橋梁檢查期間資訊的獲得將用於確定需要的維護與維修，優先處理修復與替換、分配資源、新的改善橋梁設計與估價，維護改善與維修技術的評估，並且制定計畫的目的。

每一次橋梁檢查以及後來維護行動的一致性與準確性是很重要的，必須讓每個人瞭解並且不停地工作去體認我們顧客的需求和期待。

3-5-2 品質控制計畫

品質控制是由操作上的技術和行動構成的，當嚴格地執行為符合品質結果的要求。品質控制是由檢查者個人執行完成的其工作應符合結果或服務目標。

橋梁檢查的品質控制、載重評估、和高速公路橋梁的管理是在SM&I裡每日執行運作的職責。

3-5-3 品質保證計畫

品質保證是在整個橋梁檢查維護運作時，使用抽樣的方法證實或者測量檢查品質水準。這品質管理計畫的部分是為品質控制計畫的承諾提供完整取樣工作的程序。採取

樣品是由個人的橋梁檢查隊已完成部分，不涉及正在橋梁檢查中的工作。

這個品質保證鑑定組獨立審查完整的橋梁檢查成果報告、橋梁檢查報告文件的品質控制、每批橋梁檢查報告的狀況、橋梁檢查計畫目標日期等等。

這橋梁檢查鑑定組的焦點在從頭到尾洞察橋梁檢查報告的成果；觀看所有橋梁檢查過程的步驟和鑑定改善區域。

品質保證程序的目標是量測由SM&I 執行橋梁檢查工作的品質，鑑定橋梁檢查區域有那裡須要改正，並且鑑定檢查工程師是否需要額外的訓練。

3-5-4 有系統的 QA/QC 程序

橋梁檢查鑑定組的獨立審查與品質保證檢查的資深專家的報告地位很突出。這位品質保證檢查的資深專家將負責管理全州範圍橋梁的樣品檢查工作。

肆、參訪特殊調查 (Specialty Investigations) 部門考察



資深工程師 Paul E. Hartbower

4-1 參觀 CalTrans 工程材料試驗室



實驗室位於 Sacramento 第59街車站

4-1-1 EPOCH 超音波探測裂縫檢查

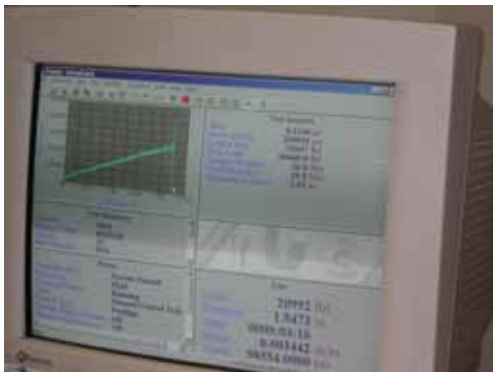


4-1-2 Spotcheck 紅色染料滲透裂縫檢查



Spotcheck 紅色染料液體滲透材料用於鋼板、鋼構配件、
焊接點等裂縫的檢查，鮮豔的紅顏色在日光下檢查很容易找
到表面的裂縫。尤其攜帶輕便性的要求是很理想的。

4-1-3 預力鋼腱拉力試驗



4-1-4 其他試驗



試驗項目樣品



人造橡膠試驗



螺栓試驗



樹脂鋼筋試驗



鋼棒試驗



鋼筋熱熔接試驗



鋼筋續接器試驗(一)



鋼筋續接器試驗(二)



焊接檢驗技能試板



LED試驗

4-2 參觀 Bryte Bend Bridge 鋼橋

Bryte Bend 橋梁位在I-80公路的路線上，在加州沙加緬度(Sacramento)附近的沙加緬度河流上方。橋梁是由兩個4,050英尺長的梯形鋼箱子組成，寬度36英尺。它平均單一跨長度約146.5英尺、高度為8.5英尺，主要跨度長度有370英尺和281.5英尺、高度為15.5英尺。在傾斜邊與垂直的延伸板網狀鋼桿件支撐合成混凝土的橋面板。 CalTrans 工程師徹底詳細檢查發現在梯形箱子的網狀鋼桿件底下橫向框架連接加勁版處有裂縫。



Bryte Bend 鋼橋



進入箱梁內部前利用 Micro MAX Pro 廢氣偵測



進入鋼箱梁內部之前

Micro MAX Pro 個人多項氣體偵測器

適合個人使用之多項氣體偵測器，功能最強具有單鍵簡單容易操作，及偵測器內部含採樣泵浦(可自行切換擴散或泵浦模式)，具開機自動歸零校正功能及顯示最後校正時間，檢測氣體項目可達13種，單機最多可裝5組檢測元件，儀器本身有安全防爆功能，具有數據儲存功能及可自行設定高/低警報點，操作時間可長達10~13小時。



箱梁內部檢查



底下橫向框架加勁版連接處有裂縫

CalTrans 委託西北大學的基礎設施技術研究所(ITI) 對現場3個裂縫使用音響放射測量技術和應變計監測方法確定裂縫的性質。應變計安裝於大梁網狀鋼構桿件靠近裂縫點附近。應變計安裝於每個試驗場所，數據以連續下載模式記錄。從結合的聲音發射和應變計試驗最終達到結論是裂縫正面臨在疲勞載重下增長。經過 CalTrans 工程師的討論得到在更長的時間段期間的統計獲得更顯著的實際應變資料。這量測工作在1994年6月完成，這期間 CalTrans 的分組會議中同意認為應變數據的分析有幫助確證該裂縫為疲勞裂縫。



箱梁內部檢查



箱梁內部檢查



音響放射測量技術和應變計監測(CalTrans提供)

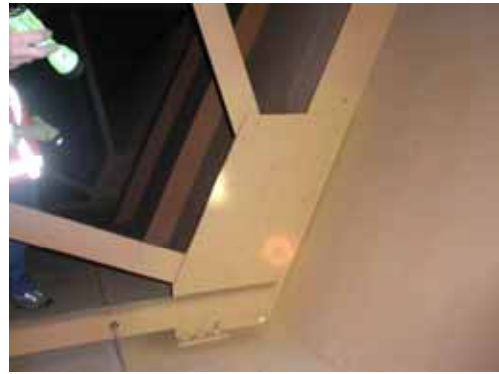


音響放射測量技術和應變計監測(CalTrans提供)



音響放射測量技術和應變計監測(CalTrans提供)

Bryte Bend橋梁 CalTrans對疲勞裂縫減輕處理使用二種補強設計方法。在橫斷架構A為底部邊緣裂縫附近的外面角落和中間增加護板，橫斷架構B為修改架構組成從斜的支撐臂與橋板處切斷和重新安裝另外的水平橫向構件。補強後應用音響放射測量技術測試，結果清楚顯示橫斷架構A補強設計處理顯著降低裂縫的活動，而橫斷架構B使用聲音放射技術在安裝前後觀察沒有重大不同。應變數據與這些研究的結果相符。橫斷架構B沒有減少應變而有些情況實際上增加應變，並且把它們從壓應變改變到張應變。這些試驗看起來橫斷架構A的修改在減輕疲勞過程中較為有效。



橫斷架構 A



橫斷架構 B

伍、參訪北區結構維修與調查 (SM & I-North) 部門考察



SM & I-North 主管 Pete J. Whitfield

5-1 橋梁例行性檢查情形

5-1-1 橋梁狀況文字敘述

橋梁檢查報告描述的部分是由ABME紀錄的，在一座橋梁檢查觀察的期間應該以文字的书寫方式記錄完整的描述，不但把它的缺陷和恶化狀況清楚地敘述，而且要让讀者不需要看見橋梁就知道它們的位置。鑑定缺陷原因，並提出可能涉及引起的相關問題，應就長期和短期研判對橋梁是有幫助的。橋梁狀況文字敘述的其他用途包括：

1. 提供結構上的行為的歷史、維修、以及ABME認為重要的追蹤並且週期性地不斷改進的任何訊息。

2. 從文字敘述資料轉換到結構數據的相等性。
3. 文字敘述資料分析的結果有如載重評估或沖刷的分析。

所有項目在特定標題下登錄，這樣是方便於 ABME 工程師、橋梁擁有人、和試圖在報告裡找到一定訊息的任何使用人。

5-1-2 橋梁檢查報告的修正

橋梁檢查時須攜帶前次完成的橋梁檢查報告，依報告文件之標題下修正橋梁資料，或者追蹤檢查其他的地方。這目的是在歷史的紀錄為基準下有何原因去作改變。鑑定項目的紀錄可能清楚地表示從這裡被改變到那裡；或者它們可能沒有那麼嚴重而是更一般性的情形。在報告文件中當一個橋梁結構被加寬，或者在結構裡有其他顯著的結構體改變發生時，是不須要更換文件的可在標題下修正即可。因為這些狀況修正說明變化是正常發生，不須要說明橋梁構件的狀況從何時改變的。不過，構件額外增加與刪除的數量改變必須記錄在文件上。

5-1-3 橋梁結構的狀況

所有可能引起危難的跡象、損壞或者值得提到的缺陷，與一般的劣化情況一樣說明它的狀況，但應充分清楚

地描述狀況，以方便另一個人在將來的檢查能夠容易注意發現，並且評估其指定的狀況的變化。

橋梁元件在狀況(Condition)等級2 或者更低時必須在文字敘述裡有一個支持的描述狀態，表示那元件是處於較低的狀況。所有重要的缺陷(由檢查隊的隊長決定)徹底的描述和定量例如關於它們的尺寸，位置和意義。

Condition 1 - Benign 良好

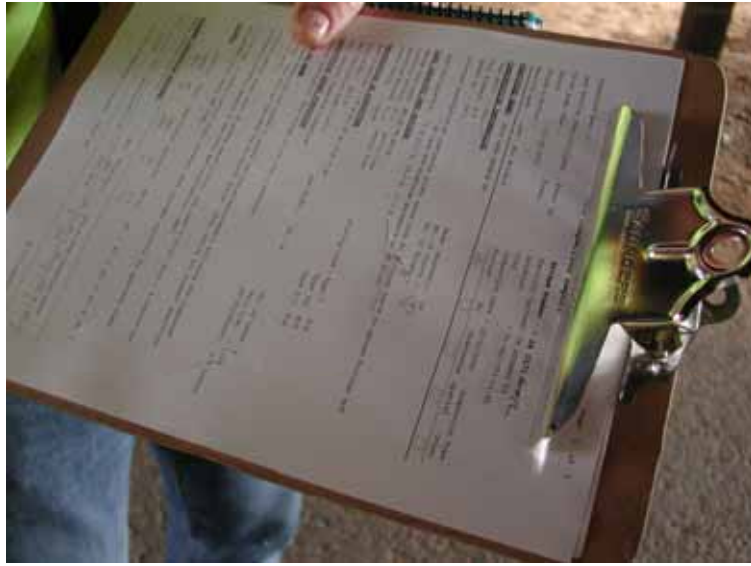
Condition 2 - Low 低

Condition 3 - Moderate 中等

Condition 4 - Severe 嚴重

橋梁檢查應該以文字書寫描述方式使將來容易檢查，日後能以記載狀況的條件進行討論缺陷重要性與原因。如果有些結構的部分處於未預料的環境而使得無法檢查，例如遇漲潮時橋梁元件應做不能檢查的說明，並且指出橋梁元件何時將被檢查。

5-1-4 實地操作例行性檢查



5-2 橋梁劣化損壞情形







5-3 橋梁維修與調查之緊急應變計畫

5-3-0 緊急應變計畫目錄

1.0 介紹

目的

2.0 SM&I 應變圖表

- 3.0 SM&I 人員的任務和責任：
- 3.1 SM&I 部門副主管：
- 3.2 辦公室主任：
- 3.3 資深人員：
- 3.4 ABME/檢查：
- 3.5 辦公室工作人員：
- 3.6 緊急協調者：
- 4.0 地區緊急事件操作中心(EOCs)/操作範圍：
- 5.0 國土安全：
- 6.0 洪水事件之應變：
- 7.0 SM&I 緊急事件回應細節的指示：

目的

責任

7.1 行動

協助部門與辦公室主任

全體工作人員

7.2 辦公室及支援行動

辦公室主任分析與管理的責任

辦公室調查的責任

7.3 行動範圍

辦公室調查的責任

現場檢查

封閉維修與臨時支撐

報告

通訊

8.0 附錄

5-3-1 緊急應變計畫的目的

這緊急應變計畫的目的在提供一個行動的目錄表，在國家公路系統上涉及結構災難性的事件時，給結構維護和調查(SM&I)人員使用。

應該體認到一個災難的條件可能實質上無法同於事前所被預期的那樣。因此保持機動靈活性並且隨時面臨處境適當的進入行動是非常重要的。

5-3-2 SM&I 人員的任務和責任

緊急事件的規模將控制應變反應。緊急事件準備的任務與責任完全不管緊急事件的規模和類型。

◆ SM&I 人員基本優先考慮的事和責任

- 立即安全/ 人民生命
- 員工家人安全
- 了解你的職務內的工作責任
- 了解這個緊急操作計畫概要中包括你、你的上級和下屬的任務和責任。

◆ 期望

- 檢查你及你的同伴和家人的立即安全
- 盡快與你的監督人聯繫和保持有規律的通訊
- 為擴大的領域工作或者辦公室責任作準備

5-3-3 SM&I 副主管：

緊急事件準備職責：

- ◆ 維持全國範圍的緊急事件管理體制和工程服務部門 (DES) 緊急操作計畫。
- ◆ 發展並且維持 (SM&I) 橋梁維護檢測之緊急事件應變計畫，並且保證全體人員完全了解他們的任務和責任。
- ◆ 參與地區維修、交通行控、和工程服務部門(DES)會議 建立並提升緊急操作程序。

在一次緊急事件期間：

- ◆ 與 SM&I 辦公室負責人聯繫
- ◆ 正式的聯絡急救服務部門(OES)；地區(OES)；交通管理中心(TMC)
 - 地區資源/全體人員等等
 - 橋梁狀態是開放/封閉
 - 專業的運輸需求 (直升飛機……等等)
 - 大的地圖、開放的路線、關閉路線、救生路線
 - 警衛部隊
- ◆ 正式的聯絡 DES –結構建造和設計；地區維修為：
 - 橋梁能量；橋梁維修/臨時便道
 - 開放/封閉一路線與橋梁
 - 緊急契約
 - 臨時橋梁
 - 臨時支撐和維修
- ◆ 管理可提供的資源應付緊急事件應變之需要

5-3-4 辦公室主任：

緊急事件準備職責：

- ◆ 維持全國範圍的緊急事件的管理體制和工程服務部

門(DES)緊急操作計畫

- ◆ 維持 SM&I 橋梁維護檢測之緊急事件應變計畫，並且保證全體人員完全了解他們的任務和責任
- ◆ 可參與地區維修、交通行控、和工程服務部門(DES)會議建立並提升緊急操作程序
- ◆ 維護並且分發員工電話/聯繫名冊

在一次緊急事件期間：

- ◆ 聯繫SM&I副主管
- ◆ 可以代替SM&I副主管行動
- ◆ 在成立地區 EOC 與 Sacramento 方面建立 SM&I 緊急操作
- ◆ 協調資深工程師與工作人員
- ◆ 聯繫緊急協調者
- ◆ 指定和指導該區域資深工程師去實施檢查工作
 - 透過該區域的資深工程師指揮人員
 - 回答有關橋梁的詢問或者對 Sacramento 的 SM&I 詢問
 - 優先順序處理緊急事件權並且使用 SM&I 資源實行維修

- 監看開放 / 關閉路線和報給區域資深工程師替代
路線

5-3-5 資深工程師：

特殊的責任可能多變化需依賴資深者維持辦公室的功能。下面的職責一般適用於大多數 SM&I 資深工程師。

緊急事件準備職責：

- ◆ 維持全國範圍的緊急事件管理體制和工程服務部門 (DES) 緊急操作計畫
- ◆ 維持 (SM&I) 橋樑維護檢測之緊急事件反應計畫
並且保證全體人員完全理解他們的認務和責任
- ◆ 維持員工電話/聯繫名冊和緊急事件通知方式
- ◆ 為員工緊急事件準備包括：
 - 員工的裝備和車輛
 - 員工應變和緊急事件檢查訓練
 - 專業的維護領域的調查設備

在一次緊急事件期間：

- ◆ 按需要聯繫人員和分配任務
- ◆ 給所有在檢查工作情況中特別的裝備以及展開施作

之檢查員的保險

- ◆ 領導及指揮區域檢查隊；由辦公室主管分派檢查人員
- ◆ 與橋梁維護人員和地區維修人員聯繫訊息
- ◆ 如果有需要，建立區域辦公室
- ◆ 報告並且反應給 SM&I 辦公室主任

5-3-6 ABME/檢查工程師：

緊急事件準備職責：

- ◆ 維持橋梁維護檢查(SM&I)之緊急事件應變計畫，並且保證全體人員完全了解他們的任務和責任
- ◆ 不斷改進緊急事件通知方式的需求
- ◆ 當今維持的紀錄經由資深工程師取得或由電話通知得到
- ◆ 為緊急事件作準備包括：
 - 人員區域設備和車輛
 - 完成雇用檢查員的應變和緊急事件檢查訓練

在一次緊急事件期間：

- ◆ 主要地震發生（大於 6.0 級）在結構上損壞的報告，直接報給各辦公室，準備二周範圍的分派任務
- ◆ 中度與較小事件（地震大小 5.0 級到 6.0 級和暴風雨和

洪水損壞) 給各辦公室指示和維護訊息

- ◆ 記錄全部最初損害報告到 SMART 橋梁管理系統中
- ◆ SM&I 橋梁維護檢查全體人員將檢查報告書報給地區緊急應變中心(EOC)，並且帶給地震後調查需求的方向
- ◆ 處理詳細的檢查並且把他們從測區帶回來的資料輸入 SMART 橋梁管理系統
- ◆ 貼上 SM&I 橋梁維護檢查之檢查標籤，並寫上適當的時間和檢查日期

5-3-7 辦公室支援的人員：

緊急事件準備職責：

- ◆ 維持 (SM&I) 橋梁維護檢測之緊急事件應變計畫，並且保證全體人員完全理解他們的任務和責任
- ◆ 不斷改進緊急事件通知方式需求
- ◆ 維護辦公室電話號碼表，支持軟體工具，標籤和形式
- ◆ 緊急事件準備包括：
 - 完成員工應變和緊急事件檢查訓練

在一次緊急事件期間：

- ◆ 主要地震發生 (大於 6.0 級) 時給各辦公室指示和維

護訊息

- ◆ 中度與較小事件(地震大小 5.0 級到 6.0 級和暴風雨和洪水損壞) 發生時給各辦公室指示和維護訊息
- ◆ 準備進行：
 - 辦公室之緊急事件維修職責：等級、計畫草案、等等
 - 提供在偏遠地區辦公室主任或者地區緊急應變中心(EOC)的支持
 - 監控電話與指導區域的問題
 - 輸入檢查數據到 SMART

5-3-8 緊急事件協調者：

特殊調查的辦公室負責人任主管命為架構維修和調查協調者。緊急事件協調者將準備要 SM&I 工程師對於有關橋墩的緊急事件作出回應，包括地震，洪水和國家安全問題。

在緊急準備過程中：

- ◆ 保持聯繫電話號碼表
- ◆ 安排緊急事件應變訓練
- ◆ 為潛在的緊急事件準備SM&I 領導人

- ◆ 為自願參加現場檢查者保持更新結構設計的目錄、卷圖的可用性，區域資訊傳達與訓練
- ◆ 緊急事件之暫時的橋梁清單
- ◆ 保持一種全州範圍的緊急管理體制
- ◆ 發展並且保持SM&I 緊急事件應變計畫
- ◆ 鑑定緊急事件應變需要並且建議改善
- ◆ 聯繫所有地區的 TMCs和EOCs並建立工作的關係
- ◆ 在緊急情勢之前確定地區EOC的能力

在事件期間：

- ◆ 掌握暫時的結構後備資源
- ◆ 幫助所有 SM&I 辦公室的主管和副局長的需要

5-3-9 地區緊急應變操作中心(EOC)/操作範圍：

每個 CalTrans 地區維護部門有一緊急應變操作中心(EOC)。一些地區緊急應變操作中心(EOC)主要不是操作緊急應變。在較大或較小事件發生期間地區緊急應變操作中心(EOC)可以成立運作。有關地區緊急事件所有訊息和指揮由這裡處理。如果地區的交通管理中心(TMC)已經被損壞時緊急應變操作中心(EOC) 將處理全部地區的交通管理中

心(TMC)的工作責任。SM&I 將橋梁維護與檢查緊急事件計畫送給辦公室主任到地區負責的緊急應變操作中心(EOC)。

在事件期間：

- ◆ 北區、南區或收費橋調查辦公室主任應設立一位 SM&I 緊急事件負責人建立地區緊急應變操作中心(EOC)
- ◆ 遵循 SMART 的緊急格式提出全部最初的基本損害訊息報告。在這個時期應拷貝列印報告的範圍使用。
- ◆ 第一個報告應透過行動電話或地纜線傳達薩克拉門托(Sacramento) SM&I 人員。
- ◆ SM&I 人員可以的話應直接把範圍訊息輸入 SMART。然後能從 SMART 產生應變摘要。
- ◆ 後續的餘震報告應給薩克拉門托 SM&I 人員，像最初報告一樣定期放在 SMART。
- ◆ 可以在發生事件的幾天/ 周以後由 ABME 作詳細調查報告，ABME 以正常方式輸入 SMART。
- ◆ 地區緊急應變操作中心(EOC)之 SM&I 負責人監控開放/關閉的路線。他們通知薩克拉門托及資深人員任何改變的路線的情況。
- ◆ 緊急事件分析和修復將由薩克拉門托(Sacramento)和

地區緊急應變操作中心(EOC)來協調。典型的維修、設計和施工由地區緊急應變操作中心(EOC)協調有效率地修復。

5-3-10 洪水事件之應變：

較大的洪水事件同樣以較大的地震方式來處理。

Sacramento 對於較小的事件成立指揮中心，而這地區緊急應變操作中心(EOC)是不會運作的。

ABMEs 對他們的地區應該知道沖刷的重要性，並且應該準備好對任何大小事件作應變。ABMEs 隨地震應變方式一樣的聯繫程序。

在大小洪水泛濫事件中，特殊調查辦公室的水力部門是高度複雜的工作。水力部門提供受影響的地區在沖刷上的訊息。他們能以之前檢查的結果過濾出某些橋梁，並且根據橋梁容易沖刷的部分安排進入檢查程序。

在一個事件中，或許水力工程師在檢查隊是個副手。當收集事件範圍的訊息做沖刷分析時，他們沖刷的專門知識是很有價值的。在準備對一次洪水事件，SM&I 的水力專業調查部門將全部橋梁的臨界沖刷登入目錄並且優先列舉順序。溪流斷面、最大允許洪流、先前沖刷的訊息、應變操

作中心所收集任何監測的數據檔案可分送給檢查組。

SM&I 的水力專業調查部門透過其他代理獲得事件進展或確實洪流訊息來預期洪流等級。這些訊息應考慮併列舉橋梁臨界沖的刷優先順序。

SM&I 特別調查評估隨時提供分析支持情況傳訊到

Sacramento 辦公室(在一個小的事件時)、或地區緊急應變操作中心(EOC) SM&I 主任(大規模事件時)。

洪水訊息的報告和紀錄應與地震事件類似。對於地區洪水損壞應以 SMART 的列印方式報告。當洪水位消退時結構上可能需做幾次檢查。

當全部架構完成檢查時，SM&I 應將檢查標籤應放置橋台 1 的護欄緊鄰橋梁名字或樁號或第一橋台右側護欄路線上頭。SM&I 的檢查標籤包括下列訊息：檢查的時間與日期；CalTrans SM&I 部門名字、Sacramento 指揮所聯絡電話號碼、檢查隊的大寫字首。

STRUCTURES  Caltrans MAINTENANCE & INVESTIGATION	EMERGENCY RESPONSE INSPECTION <i>Affix this sticker to the Right Bridge Railing next to the Bridge Name/Number location.</i>			
	DATE: _____	TIME: _____	BY: _____ AND _____	(INITIALS ONLY) (INITIALS ONLY)
	DATE: _____	TIME: _____	BY: _____ AND _____	
	DATE: _____	TIME: _____	BY: _____ AND _____	
<i>Any bridge concerns, contact: Structures Maintenance and Investigations - (916) 227-5631.</i>				

檢查標籤

5-3-11 SM&I 緊急事件應變細節的指示：

◆ 目的

這計畫的目的在於災難性的事件後提供給國家公路系統上與橋梁結構有關之結構維護和調查(SM&I)人員行動上的詳細目錄。

隨災難的條件應該認識到可能實質上不同於所被預期的。因此機動靈活性的維護並且在掌控手邊情勢適當的行動是很重要的。

一個 ABME 檢查隊的組成取決於這緊急事件的類型，可能由下列人員結合：地區橋梁工程師與一位設計工程師、或是水力工程師、或是關鍵損壞的檢查員、或是維護人員。

◆ 責任

在一次災難性的事件危及國家公路系統後，加州運輸署 CalTrans 主要目標是：

- 保證來往民眾的安全。
- 保護我們的設備免受另外的損害。
- 在我們的設備上迅速安全地恢復交通。
- 國家公路系統操作情況的損害範圍及時的維護和當

前的估價。

◆ 工程服務部門(DES)緊急應變計畫：

結構維修和調查(SM&I)是對於現有全部國家公路結構的緊急事件指導地區維護的應變。

◆ 結構維修和調查的辦公室具體的責任是：

- 對受衝擊地區立即進行迅速的調查並鑑定嚴重損壞的結構或者立即安排安全事務。這可能按需要徵招結構施工人員和其他部門人員的支援。
- 提供技術方針給地區維護緊急事件行動者，須要保證公眾安全並且防止另外對架構的損害。
- 處理受衝擊的地區全部結構的更詳細的調查，鑑定全部損壞結構並且記錄每個結構上自然與受損程度。建議維修工作並且提供維修成本的估計。
- 全部檢查的結構的維護資料文件、記錄有關作業情況的訊息、修復行動、損害的一般的描述和修復的概算。展開為上層管理單位和緊急操作中心的定期摘要報告。
- 在的地區緊急操作中心 EOC 建立一位緊急事件應變辦公室負責人。

陸、參訪南區結構維修與檢測 (SM & I-South) 部門考察



SM & I-South 主管 Kwan Y. Lam

6-1 參觀 Schuyler Heim Bridge

Schuyler Heim Bridge 在加州 47 號公路上是一座非常顯著的地標物，在西元 1946 年建造完成，總跨度 3,976 英尺。該橋在美國西海岸上是最大的垂直舉升橋梁。橋梁位於洛杉磯長堤和終端島的城市之間港口附近，並且為當地商業關鍵的交通要道。橋面正常位置時橋下垂直空間有 38 英尺、橋面最高舉升可達 163 英尺，橋下平面安全空間有 180 英尺(舉升跨度部分)。目前它明顯是上了年紀的橋，CalTrans 有意準備替換它。在橋上的交通主要載運港口貨物與貨櫃之載重貨櫃卡車。

因為橋梁承受重載貨運卡車，在 1997 年橋面板一次完整的替換新的焊接鋼格柵橋板，但是橋面之鋼格柵板承受重超載很容易損壞，因此目前問題仍然存在。以歷史觀點來看這種鋼的格柵板習慣用在可移動橋上，是因為它較為輕便的優點，但它也有缺點，它需要禁得起煞車抵抗，而且行車感覺舒適度並不是很好。



Schuyler Heim 橋梁在 47 號公路上左側的灰色的舉升的鐵路軌道橋梁載運貨物與貨櫃之運輸任務。



洛杉磯港口航道



焊接鋼格柵橋板



舉升的鐵路軌道橋梁



橋面舉升的鍊條軌道



橋梁舉升的機房



控制室



橫竿放下拉橋標誌（**DRAW BRIDGE**）發出響起警告聲音和燈號閃爍時，橋梁是禁止通行的。



禁止穿過橋梁的障礙桿及升起情形

6-1-1 橋梁舉升情形





6-1-2 橋梁例行性檢查





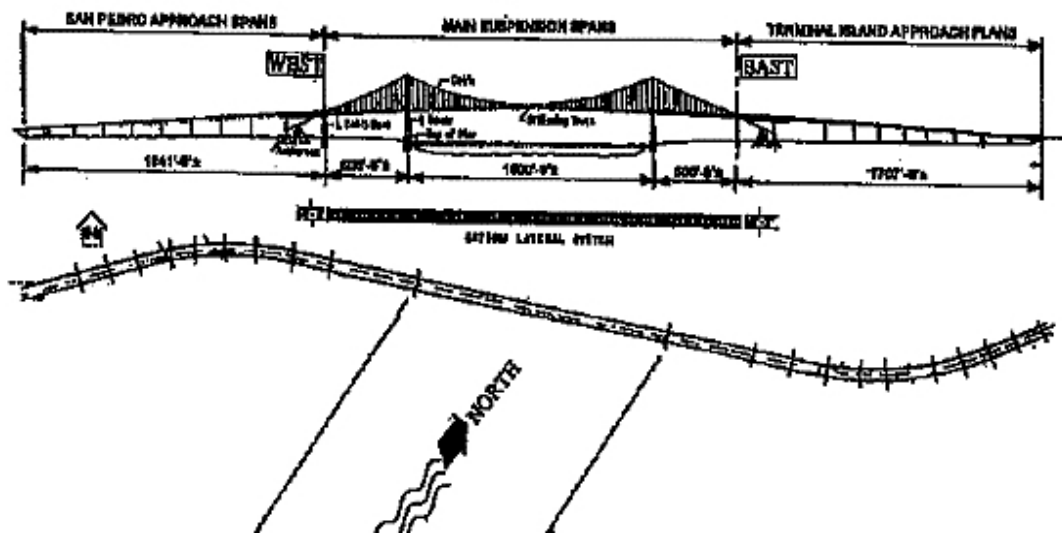


6-2 參觀 Vincent Thomas Bridge

Vincent Thomas Bridge 在洛杉磯縣 47 號公路上。在 1960 年 CalTrans 完成了橋的設計。當時橋梁分成兩份合約，一為基礎合約和另一個為上部結構建造合約。基礎合約在 1962 年完成，當時上部結構合約提早於 1964 年完成。

它是一座懸索吊橋，大約 6,062 英尺長，中間段主要由鋼纜懸索組成的橋跨長度大約 1,500 英尺，兩個懸索的每一邊跨度 506 英尺， San Pedro 聯絡橋段有 10 跨度長度大約 1,838 英尺和 Terminal Island 聯絡橋段有 10 跨度長度大約 1,712 英尺。在懸吊之間的橋面標準寬度是 52 英尺，有 4 個通行車道。這條海峽航道的橋下空間高度大約 185 英尺。

VINCENT-THOMAS SUSPENSION BRIDGE
SAN PEDRO - LOS ANGELES HARBOR



Vincent Thomas Bridge 立面與平面圖

主要橋跨的橋塔高度是 335 英尺，支撐在 HP 鋼柱基礎上。
橋塔是由兩根軸徑鋼構架組成。每根塔軸鋼構架向橋塔頂漸細。
每根塔軸放在一個 3 英寸厚的基礎板上，基礎板以錨定預力螺桿
方式固定在混凝土基礎上。

主要橋跨的懸吊的鋼索由 6 個口徑鋼索 4,028 冷抽鍍鋅鋼線
組成，含鍍鋅截面積有 121.5 平方英吋。垂直吊索的直徑較小，
高拉力鋼線深入懸吊鋼索裡面。懸吊結構之橋面結構部分由兩個
相隔 59 英尺間隔的加勁構架組成，橋面板構架中心與中心間距
是 31 英尺和一種弱的橫向支持的系統(K 構架類型)組成。



Vincent Thomas 橋梁(CalTrans 提供)



Vincent Thomas 橋梁

Vincent Thomas Bridge 橋梁在 Long Beach Harbo 港灣，橫過 Palos Verdes 斷層，這懸吊橋預期能抵抗加速度高達 2.0 g 地震事件的強烈動搖。經 CalTrans 分析證明縱向的構架強度須較高及橋塔是關鍵的容易受損。發現有幾個原因：主要視鋼索下錨處的地震反應；邊跨垂直和橫向的動搖；鋼索下彎曲和鋼索主幹下錨處的相對運動；以及邊跨構架的抵抗，在柱腳裡引起高的剪應力。這奇特的橋梁設計取決於風載和低估地震的荷載，這次耐震評估可適用於在加州沿海任何吊橋。

補強設計的旨在增強構件的弱處改變結構動態特性。橋梁補強內容包括塔基礎加固、保險結構安全的裝置在每個邊跨上、在橋塔與下錨處端部兩者之加勁構架應力的釋放以及黏性阻尼。

6-2-1 鋼橋油漆維護



油漆維護施工之吊籃



橋梁油漆維護工作站



鋼橋油漆施工情形(CalTrans 提供)





橋梁於墩柱附設檢查之升降電梯

6-2-2 橋梁例行性檢查







6-3 橋樑檢測之內視鏡儀器

攜帶輕便內視鏡伸縮望遠鏡影像檢查和監視工具，(如 Vision Stick™)是獨特的檢查和監視工具，可使用於橋梁檢查、車輛檢查、船艦檢查與鐵路客車檢查等等。在任何黑暗地區、明亮地區，或狹窄的與很難查看的空間(例如下水道，汽缸，油箱，井，地下室和分隔間)。各種內視鏡監視棒是桿上安裝攝影機並且有它自己的光源，可結合錄影監視器。在很多應用中可伸入查看1.5英寸小孔徑的能力。使用者可安全地監看到不易接近的地區，另外有無線傳訊調整，監視伸縮棒可從48英吋(4英尺)到10.5英尺。

6-3-1 內視鏡及操作之 1





6-3-2 內視鏡及操作之 2







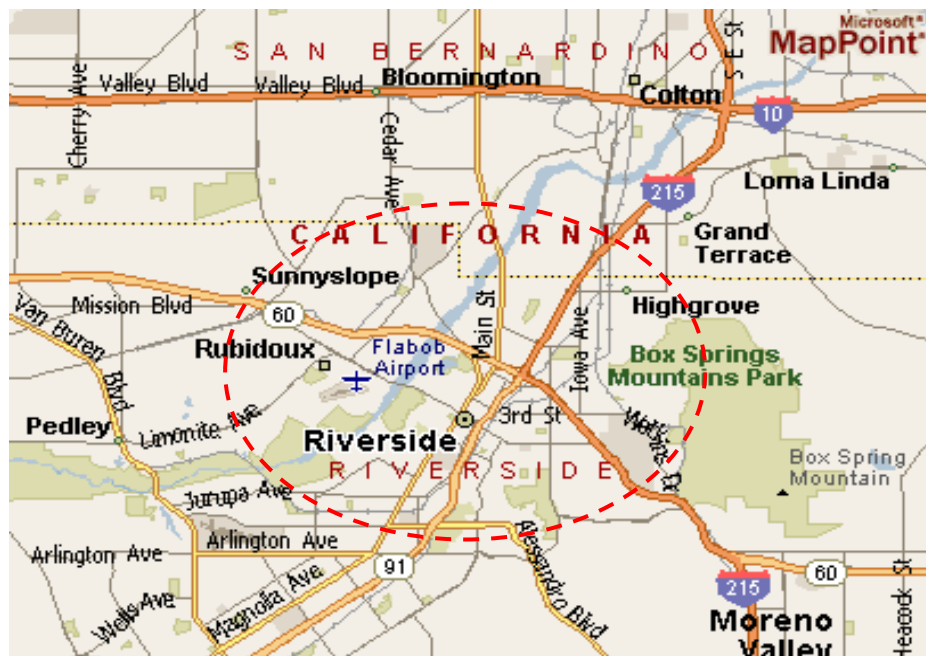
6-3-3 內視鏡及操作之 3



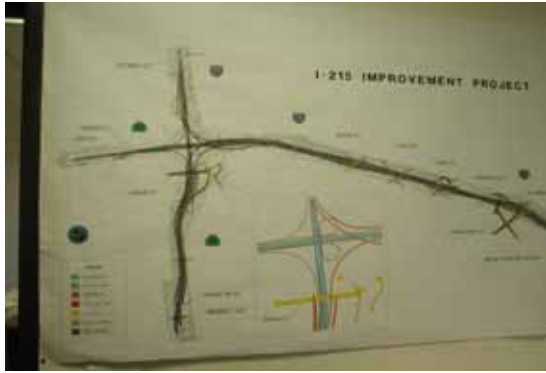


6-4 參觀第八區 60/91/215 道路改善計畫工程

改善計畫工程在 **Riverside** 與 **Moreno** 山谷城市的範圍內，
工程位置在州 215 號公路從 **Eucalyptus** 大街到 **Columbia** 大街的
路段；在 60 號公路從 Main 街到 Day 街的路段；並且在 91 號公
路從 University 大街到 60/91/215 立體交流道的路段。



60/91/215 道路改善工程地理位置



位置圖



60/91/215 立體交流道

工程合約在 2004 年 6 月 2 日簽訂。2004 年 10 月 3 日開工預
期 2007 年 4 月完成。工程預算為四億五千二百四拾五萬美元。

工程內容為60/91/215立體交流道內建造高速公路對高速公
路的連絡道；拓寬卡車爬坡車道並且在60/215立體交流道內提供
卡車跨越連絡道；改善高速公路主線和地區立體交流道；增建預
備車道並且延伸現有高乘載專用車道 (HOV high occupancy
vehicle)。

215號和91號和60號公路是內路地區主要路線在Riverside和
San Bernardino縣之間通勤者交通要道，並且在Los Angeles、San
Diego和Orange縣的商業活動中心之間。這內陸的大企業近二十
年加速成長和發展的特性，增加通勤者和內路地區交通要求。這
些增加的交通要求，以及不適當的現有的公路容量和過時的路線
幾何設計，已經導致在I-215路線以及第60號和91號公路系統上的
嚴重的交通擁擠和阻塞。在I-215路線以及第60號和91號公路在工

程區域內的交通運作情況高峰期間普遍惡化到服務水準F級，因此工程目的在於降低擁擠並且提升高速公路機動與安全性。

6-4-1 預力箱型梁支承座



6-4-2 60/91/215 立體交流道內增建跨越連絡道



6-4-3 預力箱型梁之模板拆卸





6-4-4 高速公路路側擋土牆(防音牆)牆面造景





6-4-5 高速公路跨越橋兩側護欄牆面造景



柒、參訪收費橋檢測部門考察

7-1 參觀 Richmond-San Rafael Bridge

橋梁長度為 5.5 英里(8.9 公里)於 1956 年通車。在那它建造完成時，它是世界上最長的橋梁之一。CalTrans 以投資債券的銷售收入金額為 6,200 萬美元，與來自 State School Land Fund 公立學校基金 468 萬美元的債款合作建造。當橋梁建造完成後比預算低 400 萬美元。

這橋梁是州 580 號公路的一部分，在舊金山灣區橋梁中最後替換以前渡船服務的橋梁。橋面有 2 車道和 1 個路肩；向西行的交通在上一層橋面，而向東行的交通在下一層橋面。

橋梁當中有二個主要的船隻航道的單獨跨度，主要的橋跨部份在低處升高，因此這座橋梁像是「雲霄飛車」(roller coaster)一樣的外貌，當地大眾就它的樣式就稱呼它為「雲霄飛車橋跨」。在它以低經費被完成之後，特別是與相鄰的金門大橋在工程、歷史、美學方面相比較的時候，很多人表示失望。



Richmond-San Rafael Bridge



橋梁分上下兩層橋面

最近這地區的橋梁進行大規模的地震補強計畫，這50歲的橋梁外貌正如它上了年紀一樣，這補強工作除在使用年限的耐震能力提升外，相關維修的工作一道進行。近年來有一些車輛的損壞報告是在行駛過下層橋面的時候，有如拳頭般大小的固體塊從上層板塊接合處掉下來。

因為這是使用中的橋梁，CalTrans 補強設計工程針對橋梁的來往交通須保持開放。對於社會經濟來說，工程進度效率和交通影響都會減低，現場大部分的複雜維修組裝與裝運的工作全由水面駁船到橋梁。為了降低行進中的交通衝擊主要的工作在夜間施工。CalTrans 必須在日間保持每個方向有兩車道的交通，在夜間每向車流減少為單線道。因此，一個橋面因施工作業需被完全關閉，而雙向交通轉移到另一橋面通行。

7-1-1 參觀橋梁



2. 橋梁上層板塊接合處以安全網接住掉落物塊保護行車安全



3. 阻尼器 (dampers by Taylor Devices)





在土木工程領域，高性能的液型阻尼器是從來自防禦有關建築物與橋梁結構的應用轉變過來的，主要針對地震或風暴。因為液型阻尼器的技術經過近數十年實行在結構上，已經證明可以完全信賴。

阻尼的觀念在一個結構系統能對各種各樣的工程學科有不同的意思。對土木工程師而言，阻尼可能意味著只參考震或風的振動頻譜，大多數認為一般的結構有 5% 阻尼幅度。對結構工程師而言，阻尼的意義是一個結構主要遭受衝擊震動和搖擺振動時內部的總壓力方面的變化，結構的阻尼幅度

是 2%、3%、4% 時常引起爭論，但是結構上的阻尼不超過 5% 的。另一方面，自從有機器以來機械工程師對阻尼是不在意的不須正視。機器應該沒有能量損失且有效地傳送力量和運動。因此，在一機器內需要阻尼通常表示工程設計有錯誤。

當液型的阻尼用在地震或風暴的保護時，結果可預計減少在結構裡的應力和撓度。這壓力和撓度的同時減少是液型阻尼器特點。最理想的性能視結構類型和性能需要的等級。選用阻尼器的等級是以減少壓力和撓度的臨界值從 10% 到 45% 是最理想的技術範圍。

7-2 參觀 San Francisco-Oakland Bay Bridge

橋梁位於州 80 號公路上在 San Francisco 與 Alameda 城市之間，橋梁長度為 23,000 英呎(4.5 英哩)。西側懸吊橋長度為 9,260 英呎，主橋跨長度為 2,310 英呎，橋下空間為 220 英呎，橋塔高度從海平面起 526 英呎。東側懸臂橋長度 10,176 英呎，主橋跨長度為 1,400 英呎，橋下空間為 191 英呎。橋墩最深水面以下 242 英呎；全高 396 英呎。為世界最大口徑之隧道，隧道寬 76 英呎、高 58 英呎、長度 1,700 英呎(546 公尺)。於 1936 年 11 月 12 日通車。工程費用為 7 千 7 百萬美元。交通路線分為上下兩層，上層為西向 5 車道、下層為東向 5 車道。

每日交通量為 270,000 輛。



San Francisco-Oakland Bay Bridge (CalTrans 提供)

運輸量的增加已經被迫進行另外的革新方案。在1971年，就鼓勵大眾使用高承載車道(HOV)、公共汽車、共乘制度的方案而使通行費收入有降低趨勢。在1973年，觀察收費站在上午6點到9點之間有超過一半以上的50,000名通勤者使用高承載車道，因此，在1975年3月統計這通行費的收入確實有下降。

另外，在灣區橋梁最重要的創新是安裝信號系統控制調節橋上的交通。經由車行路面傳感器之交通計量系統，連結一台主機電腦收集有關信號去調節共乘制度的車輛和公共汽車，在進入橋梁之前建議轉入繞道補充車道。交通計量系統被安裝之後，交通事故明顯降低百分之15。

在1989年發生芮氏規模7.1級的Loma Prieta地震中有一段橋梁損壞。橋桁架之上層橋板接合螺栓因剪斷引起一段橋板落在下部橋板上。地震證明儘管灣區橋梁的巨大結構和深的橋墩，在強大的地震期間仍容易受到損害，因此須要以補強的工作防止將來任何的損壞。



(CalTrans 提供)

7-2-1 參觀橋梁





7-2-2 新的東側段橋梁

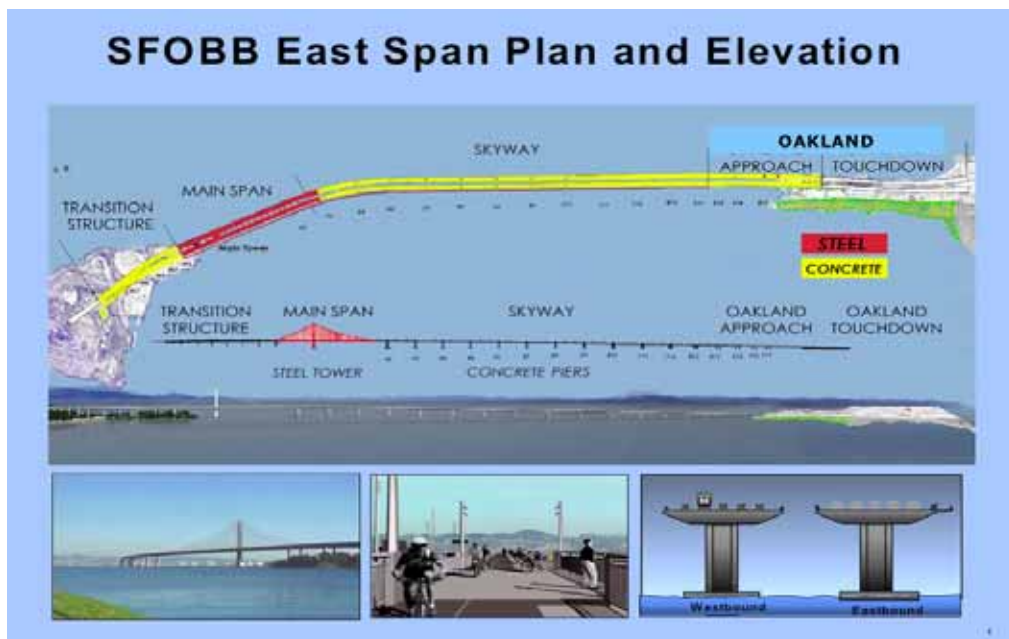
1989年10月17日 7.1級地震嚴重損壞 1930年雙層架構的結構，推倒上層的部分，使駕駛受傷死亡的悲劇，暴露出橋跨的弱點。Loma Prieta地震啟動了舊金山/奧克蘭市海灣橋的東側段橋跨已經不行的信息。

因此橋梁停止通車一個月，CalTrans 開始研究確定橋梁是否能禁得起另一場地震。地震的專家表示一場主要的地震肯定會來，很可能在今後30年內發生，考慮到它正處於離僅僅幾英里San Andreas和Hayward斷層的危害範圍，判定是一座不吉祥的橋梁。CalTrans確定西側的那段橋梁從San Francisco到Yerba Buena可以補強後禁得起主要地震，東側段橋梁須更澈底安全地建造一座新的橋梁比起補強更能節省成本。根據1930年規範設計建造的橋梁僅能抵抗最小的地震衝擊。那橋墩柱站立情況隨時間越來越脆弱，把橋梁以補強方式帶到現代標準將是相對太昂貴，以今天的交通水準是不可靠的和極其困難的。

當地震的安全是新的東側段橋梁主要考慮時，附加的交通安全問題也很重要。目前的架構不符當今的交通標準，新的東側段橋梁設計需符合達到當前的車行路肩、車道寬度、

停止視線距離，以及其他要素，實質幫助改進公眾安全。

新的2.1英里是兩側並肩的道路橋面板，每側橋面板有5個車道和緊急停車路肩。平行的道路勝過一個雙層架構的配置可獲得更強大地震的穩定度、經濟的建設和更有美學。位於橋的南方邊一條15英尺寬的單車步道及7個觀景的平台。Skyway 部分，在2006年夏天為完成計畫，橋面部分由28支混凝土鋼構橋墩支撐，這些橋面節塊部分在Stockton製做並且以駁船運送至橋址吊裝。













**SKYWAY
MILESTONE
ACHIEVED**

Last segments placed on the Skyway portion of the new Bay Bridge, completing 1.2 miles of the new East Span.

[Read the full story here](#)

7-3 參觀 San Mateo-Hayward Bridge

San Mateo-Hayward 橋是在美國舊金山灣區南方末端，它在 1967 年被改建為目前的橋梁，橋梁在州 92 號公路上橋面有 6 車道，是在 Foster 的城市和 Hayward 市之間。橋梁的總長度大約是 7.1 英里。它由多種橋跨的鋼梁構成的，上部主要架構由兩個鋼箱子梁組成，橋面澆注輕質混凝土。下部結構是由鋼與混凝土門架之墩柱組成建立在樁基礎上。目前橋梁經過耐震補強後能禁得起一場強大的地震。橋梁每天交通量大約 93,000 輛。



San Mateo-Hayward 橋(CalTrans 提供)

7-3-1 橋梁維護工作站



7-3-2 鋼橋例行性檢查













7-4 參觀 Dumbarton Bridge

橋梁位於州84號公路上在San Mateo 和Alameda之間的紐阿克與東帕羅奧多附近，橋梁架構為鋼箱梁與預力混凝土結構，橋梁總長度1.6英里，目前橋梁於1984年12月通車。

Dumbarton 橋梁是橫越舊金山灣最南端的橋。每天交通量平均超過 81,000 輛。橋面有 6 車道在橋的南側有一條 8 英尺寬的人行通道，用低的混凝土護欄與汽車車道隔開。



Dumbarton 橋(CalTrans 提供)



7-4-1 橋梁例行性檢查





7-5 參觀 Benicia-Martinez Bridge

Benicia-Martinez 橋在舊金山灣區是關鍵的重要橋之一，為地區對地震後緊急事件應變行動的必要橋梁，橋梁東側有一座平行的聯合太平洋鐵路橋。Benicia-Martinez 橋面有 6 車道每天交通輛平均為 100,000 車輛。橋梁長度為 6,156 英尺，混凝土橋墩支撐 10 個鋼構架跨度。為了適應發展與達到地震的安全標準，CalTrans 已經將現有的 Benicia-Martinez 橋加寬並且耐震補強。到目前為止是以大型隔震裝置用於耐震補強的橋梁，是考慮非常強烈近斷層地表運動的耐震設計，近斷層猛烈深土層效應影響導致地表頻譜加速度可越過 7g。

磨擦搖擺型支承墊被安置在混凝土橋墩頂上，直接放在道路橋桁構架底下，每座橋墩安裝 2 個支承墊，它是最大的地震的隔離軸支承，直徑為 13 英尺，重量為 40,000 英磅。它有 53 英寸的橫向位移容量，並且可承受 500 萬英磅設計的呆載重與活載重。

CalTrans 現正著手做第 2 條平行的新的橋梁，新的 Benicia-Martinez 橋橫越 Carquinez 海峽在 Benicia 的 Solano 縣和 Martinez 市之間。這 8,790 英尺長的橋梁架構沿著州 680 號公路為北向的車輛減輕擁擠，並且提供北加州作為重要路線。

新橋預定將在 2007 年春天可以完成。總工程費用約是 10.57 億美元。



(CalTrans 提供)

現有的 Benicia-Martinez 橋、鐵路橋、新建中的橋

7-5-1 橋梁例行性檢查之一





7-5-2 巨型支承墊裝置



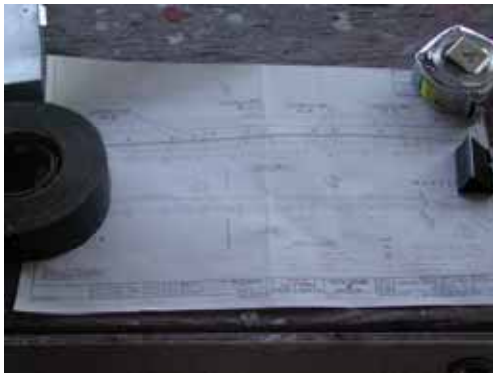
7-5-3 鋼構橋梁油漆維護







7-5-3 鋼橋例行性檢查之二







7-6 參觀 Carquinez Bridge

Carquinez 橋是指平行的兩座橋橫越Carquinez海峽連接 Vallejo市。橋梁位於州80號公路上，只針對向東行的交通收取通行費。其中最早一座鋼懸臂橋是在1927年5月21日通車，花費800萬美元建造，這是在舊金山灣區的第一個主要的橋梁。

一座相似的平行的橋於1958年在原先橋的旁邊建造完成，另外提供容納不斷增加的交通。原先的1927年橋提供為向西行的交通，新的1958年的橋提供為向東行的交通



(CalTrans 提供)

在 2003 年決議將老化的 1927 年的橋梁地震問題，以一座新的懸吊橋來替換它。這座新橋被命名為 Alfred Zampa Memorial 橋，為紀念舊金山灣地區橋梁工作的一名鋼鐵工人。這橋梁有行人道與單車步道為其特色，完成環繞整個海灣地區的單車小道。橋梁長度為 0.66 英里(1.06 公里)。橋在 2003 年 11 月 8 日完成並且在 11 月 11 日通車。這 1927 年的建造的橋

梁自 2003 年起進入拆除階段的過程中，將於 2007 年完成，



(CalTrans 提供)

7-6-1 參觀橋梁







捌、考察心得與建議事項

8-1 考察心得

(一)美國加州運輸署(CalTrans)負責維護州與地方政府約 24,000

座橋梁的安全及完整性，這橋梁之檢查(Inspection)與調查(Investigation)作業由運輸署結構維修和調查 (SM&I) 部門之收費橋調查辦公室、北區調查辦公室、南區調查辦公室、特殊調查辦公室、架構分析與管理辦公室、及品質管理計畫組等六個單位負責執行管理。

SM&I 每個部門提供橋梁檢查及調查、載重安全評估、維修(含鋼橋防護塗層工作)計畫與設計、維護說明及估價等工作。調查部門設有專業檢查人員約20人，均具有專業技能，故其橋梁維護方面頗具權威績效良好。其橋梁結構維修之施工與監督的工作是由地區維護工程部門District 1~12計12個工程單位負責的。

反觀國內對於橋梁之檢測、維修設計、發包採購及維護監督工作全部由道路主管機關的基層單位工程司負責。目前國內「橋梁檢測」工作僅相當於 CalTrans 的橋梁檢查(Inspection)作業。

CalTrans 之 SM&I 部門具有調查專業技能與設備可進行調

查(Investigation) 作業去鑑定缺陷原因，並研判長期與短期可能涉及引起的相關問題，這是對橋梁有幫助的。

(二) SM&I橋梁結構檢查類別分為5種：(1)例行性檢查(Routine) (2)關鍵性破壞的檢查(Fracture Critical) (3)特殊的特徵檢查(Special Feature) (4)水下的檢查(Underwater) (5)其他的檢查(Other)。

國內對於橋梁之檢測細度分為(1)一般檢測(2)詳細檢測；檢測時機分為(1)經常檢測(2)定期檢測(3)特別檢測；檢測方法分類為(1)非破壞性檢測(2)破壞性檢測。

CalTrans之橋梁檢查的ABME工程師的行動和責任範圍是針對橋梁、隧道和管道的檢查，主要以各種橋梁結構構件的特性作為檢查分類及檢查頻率，而且ABME也基於問題的嚴重性確定檢查的頻率。

(三) 例行性檢查是由**最初的檢查**(第一次對這座橋的檢查，或者現在橋梁結構的構造方面有變化時) 和隨後的**定期計劃的檢查**兩種檢查組成。定期之例行性檢查時間正常不能超過24個月，但不能超過FHWA所認可的48個月。主要在確定橋梁的物理性和功能情況，從以前記錄情況去確認任何變化，及證實橋梁載重的能力。

(四) **特殊的特徵檢查**是橋梁內部存在一個新型的或者最近才加入的構件檢查，是用來確定目前這些橋梁的情形，但不是那些目前所認定的關鍵性損壞檢查的類型。**其他的檢查**是實施在結構有明顯損壞、結構已發展為特殊問題、或者結構被懷疑有問題。這些調查的範圍應該確定緊急限制結構的荷重或者關閉通行，監視改變的狀態，並且必要進入有效修復的標準。

(五) CalTrans自1930年起對橋梁結構所有的檢查及調查報告、溪流斷面圖、垂直空間圖、照片和其他有關的橋梁訊息都被收集裝訂成冊稱為「橋梁書冊」(Bridge Books) 並且放在SM&I辦公室的橋梁書冊檔案室管理。

反觀國內目前僅有橋梁檢測評估管理系統 (BMS) 係採用D.E.R.U.評等方法，其特色是以0~4的數字來記錄檢查結果，經簡檢測紀錄達到快速、大量的檢測工作，因此對於檢查紀錄表格之版面安排做相當審慎的規劃與設計，每座橋21項檢查項目。

CalTrans 之ABME工程師依「構件等級檢查手冊」選擇任何橋梁 (一般橋梁、拱橋、鋼橋、懸吊橋、斜張橋……等等) 構件描述之屬性編號，評估橋梁元件狀況(Condition)等級的

維修方式及數量。

SM&I橋梁檢查報告由ABME以文字的書寫方式記錄完整的描述，不但把它的缺陷和惡化狀況清楚地敘述，而且要让讀者不需要看見橋梁就知道它的情況。橋梁檢查時須攜帶前次完成的橋梁檢查報告，依報告文件之標題修正橋梁檢查資料，或者追蹤檢查其他的地方。這目的是在歷史的紀錄為基準下有何原因去作改變。這紀錄可以清楚地表示鑑定項目從這裡被改變那裡。

SM&I部門並且執行水力、水下、關鍵性損壞及特殊的特徵檢查與調查工作，獲得現有橋梁的狀況資料，不斷地更新紀錄，並且保持橋梁歷史紀錄。

ABME工程師將橋梁檢查結果的報告依程序呈送報告文件審查，經審查簽名後交給管理人員掃描存入BIRIS系統（SMART）。並且開始建立一批新的檢查資料在SMAR系統裡。

CalTrans 結構維護自動化的報告傳輸（SMART）系統是由SM&I架構分析與管理辦公室負責資料庫的建立。維護全部結構基本資料、構件狀況、橋梁狀況評估、工作歷史、和檢查結果。

(六) 橋梁檢查的品質管理計畫組在審查鑑定檢查的品質，有資深專家使用抽樣的方法審查完整的橋梁檢查成果報告、橋梁檢查報告文件的品質控制、每批橋梁檢查報告的狀況、橋梁檢查計劃目標日期等，鑑定橋梁檢查區域內有那裡須要改正，並且鑑定檢查工程師是否需要額外的訓練。

(七) 攜帶輕便伸縮望遠鏡影像檢查和監視的內視鏡，可使用於橋梁檢查。在任何黑暗地區、明亮地區，或狹窄的與很難查看的空間(例如伸縮縫、箱型梁內部)。這監視棒桿上可安裝攝影機且有它自己的光源，並且結合錄影監視器。在應用中可伸入查看1.5英寸小孔徑的能力，使用者可安全地監看到不易接近的地區。

(八) 緊急應變計畫的目的在於地震或洪水災難性的事件後，提供給國家公路系統上與架構有關之結構維護和調查(SM&I)人員行動的詳細目錄。

一個災難的條件可能實質上無法同於事前所被預期的那樣，因此保持機動靈活性並且隨時面臨處境適當的進入行動是非常重要的。

在大小的洪水泛濫事件中，特殊調查辦公室的水力部門是高度複雜的工作。水力部門提供受影響的地區在沖刷上的訊

息。他們是以之前檢查的結果過濾出某些橋梁，並且根據橋梁容易沖刷的部分安排進入檢查程序。

8-2 建議事項

(一) 目前我國公路行政系統是層層階級管理的方式，而基層工程司仍須包攬工務技術、行政及管理等複雜的業務。綜觀層層階級管理的浪費人力與行政管理被重視下，使得公務機關之工務技術有逐年退化的趨勢。然而美國CalTrans 採用專業技術的方式管理全州公路橋梁，不論在技術、行政及管理上各部門都非常專業，其中橋梁維護檢查部門之檢查員每人負責約1000座橋梁，其專業技能與績效非常卓著，是國人值得學習的地方。

(二) 橋梁檢查應該以文字書寫描述的方式記錄使將來容易檢查，爾後可用記載檢查狀況的條件來討論缺陷是否重要與原因。將所有的檢查與調查報告、及其他有關橋梁訊息裝訂活頁成冊為「橋梁書冊」(Bridge Books) 集中放在橋梁書冊檔案室管理。

(三) 成立橋梁檢查鑑定組由資深的專家獨立審查與鑑定成果報告的品質，鑑定檢查工程師是否需要額外的訓練。

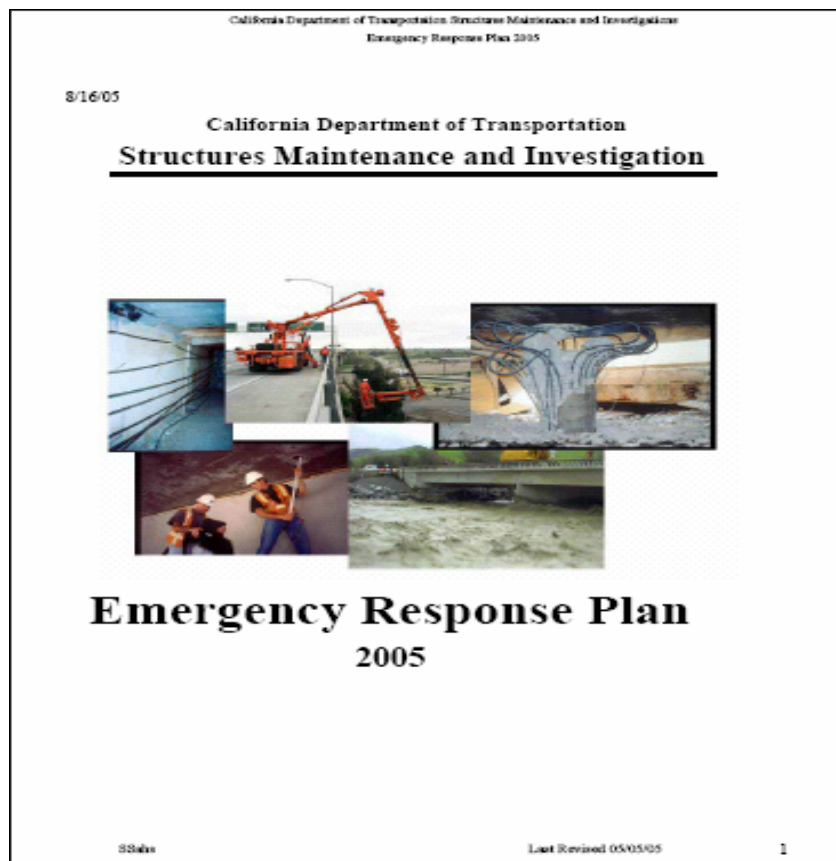
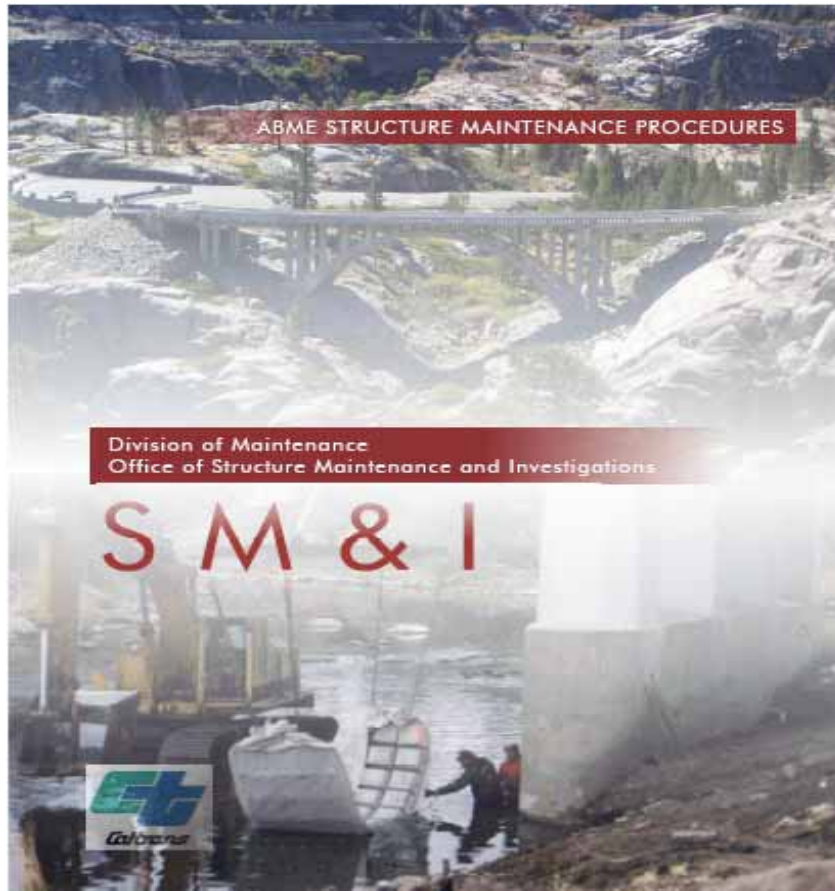
(四) 一個災難的條件實質上可能無法同於事前所被預期的那

樣，因此制定橋梁維修與調查之「緊急應變計畫」，可保持橋梁維修檢查的機動性，隨時進入救災行動是非常重要的。

(五) 橋梁進行大規模的地震補強計畫時，相關維修的工作應同時一起進行。

(六) 與CalTrans合作契約將於九十六年八月終止宜繼續雙方合作協議，藉由公共工程執行及安全維護領域之人員互訪與交流，交換營運管理及維修技術之經驗，尋求確保台灣公路網行車安全。

玖、參考文獻



附件、拜訪及接觸人士

State of California

Department of Transportation
Engineering Services
Office of Earthquake Engineering
1801 30th Street, MS 9-2/51
Sacramento, CA 95816



Li-Hong Sheng, P.E., Chief
Seismic Analysis and
Specialty Services Branch
li-hong_sheng@dot.ca.gov

(916) 227-8874
FAX (916) 227-8898
CALNET 8-498-8874



STATE OF CALIFORNIA

MICHAEL D. KEEVER, P.E.
Supervising Bridge Engineer
Department of Transportation
Division of Engineering Services
Structure Design Services & EQE
Office of Earthquake Engineering
1801 30th St., P.O. Box 168041, MS 9-2/71
Sacramento, CA 95816
Office (916) 227-8806 Cell (916) 549-9270
FAX (916) 227-8242 CALNET 8-498-8806
mike_leeve@dot.ca.gov



STATE OF CALIFORNIA

Department of Transportation
Robert A. Stott, Deputy Division Chief
Offices of Structure Design Services &
Earthquake Engineering

Division of Engineering Services
1801 30th Street, MS 9-2/71
P.O. Box 168041, Sacramento, CA 95816-8041
(916) 227-8728 CALNET 8-498-8728
FAX (916) 227-8242 Cell (916) 240-3790
rob_stott@dot.ca.gov



STATE OF CALIFORNIA
DEPARTMENT OF TRANSPORTATION
OFFICE OF SPECIALTY INVESTIGATIONS

Division of Maintenance
Structure Maintenance and Investigation, MS 9-1/21
1801 30th Street
Sacramento, CA 95816

Telephone (916) 227-8768
Cell (916) 799-9362
FAX (916) 227-6031
michael.b.johnson@dot.ca.gov

MICHAEL B. JOHNSON, P.E.
Office Chief

"CALTRANS IMPROVES MOBILITY ACROSS CALIFORNIA"



STATE OF CALIFORNIA

Paul E. Harbower, Level III
Lead Structural Steel Inspector (NDT)

Department of Transportation
Division of Maintenance—MS 9-1/91
Structure Maintenance & Investigations
1801 30th Street, P.O. Box 168041
Sacramento, CA 95816-8041

(916) 227-8233 CALNET 498-8233
Cell (916) 799-5503 Pager (916) 948-0321
FAX 227-9528 paul_harbower@dot.ca.gov

State of California

Department of Transportation
Division of Maintenance, MS 9-1/91
Structure Maintenance & Investigations
1801 30th Street
Sacramento, CA 95816



Mark Desrosiers
Structural Steel Inspector
(NDT)

(916) 227-9450
Calnet 8-498-9450
Cell (916) 799-5586
FAX (916) 227-8357
mark_desrosiers@dot.ca.gov



STATE OF CALIFORNIA
DEPARTMENT OF TRANSPORTATION

DIVISION OF MAINTENANCE
Structure Maintenance and Investigations, MS 9-1/91
1801 30th Street
Sacramento, CA 95816

Telephone (916) 227-8843
Cell (916) 798-7162
FAX (916) 227-8357 •
pete_whitfield@dot.ca.gov

PETE WHITFIELD, P.E.
Office Chief
Investigations North

State of California

Department of Transportation
Office of Structure Maintenance & Investigations, South
100 South Main Street, 3rd Floor
Los Angeles, CA 90012-3702



Office: (213) 897 2034
Calnet: 8-647-2034
FAX: (213) 897 2033
Email: kwan_lam@dot.ca.gov

Kwan Y. LAM,
Supervising Bridge Engineer
Office Chief

State of California

Department of Transportation
Division of Maintenance
Structure Maintenance and Investigation
100 South Main Street, 3rd floor
Los Angeles, CA 90012



Ruddy Pascua, P.E.
Area Bridge
Maintenance Engineer

(213) 897-2014
Cell (213) 479-5486
FAX (213) 897-2033
ruddy_o.pascua@dot.ca.gov



**STATE OF CALIFORNIA
DEPARTMENT OF TRANSPORTATION**

DIVISION OF MAINTENANCE
Structures, Maintenance and Investigations, MS 7
100 South Main Street, 3rd Floor
Los Angeles, CA 90012

Telephone (213) 897-0647
Cell (213) 479-8174
Fax (213) 897-2033
edwin_mah@dot.ca.gov

EDWIN P. MAH, P.E.
Area Bridge
Maintenance Engineer

State of California

Department of Transportation
District 7 – Div. of M&E/Structure
Maintenance and Investigation- South
100 South Main Street, 3rd Floor
Los Angeles, CA 90012



Bing Wu
Branch Chief

(213) 897-0874
Cell (213) 479-0649
FAX (213) 897-2033
bing_wu@dot.ca.gov

State of California

Department of Transportation, Headquarters
Structure Maintenance & Investigations
Mail Station: 18
111 Grand Avenue 94612/Mail; P.O. Box 23660
Oakland, CA 94623-0660



Allan S. Chow
Senior Bridge Engineer
Toll Bridge Investigations

(510) 286-0643
Calnet 541-0643
Fax (510) 286-0353
allan_chow@dot.ca.gov



**STATE OF CALIFORNIA
DEPARTMENT OF TRANSPORTATION**

DIVISION OF MAINTENANCE
Structure Maintenance & Investigations, MS 17
111 Grand Avenue, Oakland
Mail: P.O. Box 23660, Oakland, CA 94623-0660

Telephone (510) 286-0628
FAX (510) 286-0353

jeff.yang@dot.ca.gov

JEFF YANG, P.E.
Civil Engineer
Toll Bridge Investigations



District 4
Office of Structure
Maintenance & Investigations
Mail Station: 17
111 Grand Avenue
Oakland, CA 94612
Mail: P.O. Box 23660
Oakland, CA 94623-0660

Christopher Elbo, P.E.
Area Bridge Maintenance Engineer
Toll Bridge

510.286.1053
Calnet 8.541.1053
Fax 510.286.0353
christopher_elbo@dot.ca.gov



STATE OF CALIFORNIA

Department of Transportation
Shu-Shang Liu, P.E.
Senior Bridge Engineer
Office of Special Funded Projects
Division of Engineering Services
1001 30th Street, MS9-2/7G
P.O. Box 168041
Sacramento, CA 95816-8041

(916) 227-8919 CALNET 8-498-8919
FAX (916) 227-8683 shu-shang_liu@dot.ca.gov

State of California

Department of Transportation—District 7
Division of Operations
Office of ITS
Mail Station 15
100 South Main Street, Suite 100
Los Angeles, CA 90012



Allen Z. Chen, P.E.
Senior TEE
ITS New Technology

(213) 897-8922
CALNET 647-8922
FAX (213) 897-3639
allen_chen@dot.ca.gov



通訊記者
Correspondent

王瑜 Shirley Yu

5655 Skyway #221, Sacramento, CA 95829
Tel: (916) 391-6828
Fax: (916) 391-6825
Cell: (916) 390-2388
e-mail: shirleyyu22@yahoo.com



Teppitak Panmai, P.E.
Area Bridge Maintenance Engineer
Toll Bridge

District 4
Office of Structure
Maintenance & Inspections
Mail Station: 17
111 Grand Avenue
Oakland, CA 94612
Mail: P.O. Box 23600
Oakland, CA 94623-0600

510.286.0825
Calnet: 8.541.0823
Fax: 510.286.0553
teppitak_panmai@dot.ca.gov

State of California

Department of Transportation, MS 9-179
Division of Maintenance/Structure
Maintenance and Investigations
1801 30th Street
Sacramento, CA 95816



Shujun Wang, P.E.
Area Fracture Critical Engineer

(916) 227-8199
Cell (916) 716-8965
FAX (916) 227-8357
shojun_wang@dot.ca.gov



COUNCILMEMBER ED P. REYES
FIRST COUNCIL DISTRICT

MIKE FONG
FIELD DEPUTY

ROOM 410, CITY HALL
200 N. SPRING STREET
LOS ANGELES, CA 90012
(213) 473-7001
Fax: (213) 485-8907

LINCOLN HEIGHTS
DISTRICT OFFICE
163 S. AVE. 24, PM. 202
LOS ANGELES, CA 90031
(213) 485-0763
Fax: (213) 485-8908
Mike.Fong@lactv.org

駐洛杉磯台北經濟文化辦事處
洛杉磯華僑文教服務中心
Culture Center, Taipei Economic and Cultural
Office in Los Angeles (El Monte)

副主任
Deputy Director

顏國裕
Kuo Yu Yen

9443 TELSTAR AVENUE
EL MONTE, CA 91731

TEL: (626) 443-9999
FAX: (626) 443-7777
E-Mail: yenkuoyu@ccclaroc.org