

行政院及所屬各機關出國報告
(出國類別：開會及考察)

赴美國考察土石流防治工程 報 告

服務機關：交通部公路局

局長室：局 長 梁 樾

總工程司室：副總工程司 楊金澤

出國地區：美國

出國期間：八十九年十二月二十六日至
九十年元月八日

報告日期：九十年四月

赴美國考察土石流防治工程報告

目 錄

壹、 前言	1
貳、 行程.....	2
參、 考察土石流防治工程	5
肆、 考察橋梁檢測及管理系統	19
伍、 感言與建議	70

壹、前言

台灣地屬多山陡峭，地質大多屬於沉積岩及變質岩，其性質脆弱而易斷裂，另由於人口稠密，平地開發已趨飽和且社會經濟快速發展，造成山坡地陸續過度開發使用，破壞了原有之水土保持，故近年來每逢颱風期間，即不斷有土石流發生，其造成的災害不勝枚舉，尤其民國 88 年 921 集集大地震，中部地區有二千餘處山坡地崩塌，土質鬆動，如遇豪雨將最有可能發生土石流，其嚴重性可想而知。

本局有鑑於此，於 89 年度出國計畫，申請赴美國考察土石流防治工程，以收他山之石可以攻錯之效。承蒙上級重視核准，本局即派局長梁樾及副總工程司楊金澤赴美考察，在美國先考察加州洛杉磯地區土石流肆虐情形，不僅淹浸了街道，交通受阻、電力失去供電等災害，且造成多處邊坡坍方危及房屋住家安全。經在加州公路廳聽取工程人員簡報說明並赴現場勘察防治工程及研商防治對策。另針對美國洛杉磯、達拉斯、休斯頓、華盛頓及紐約等地區拜會相關單位及技術專業人員，對各州橋梁管理系資訊電腦化、監測、檢測及維修措施作深入探討，獲益匪淺，期能供國內有關橋梁管理系統之參考。

貳、行程

本次考察美國土石流防治工程之行程，梁局長自民國 89 年 12 月 26 日至民國 90 年 1 月 6 日止共計 12 天，接續參加在華盛頓舉行之 TRB2001 年(Transportation Research Board)國際會議；副總工程司楊金澤自民國 89 年 12 月 28 日至民國 90 年 1 月 8 日止共計 12 天。主要考察地點為洛杉磯、達拉斯、休士頓、華盛頓 D.C.及紐約等城市，分述如下：

第一天 89 年 12 月 26 日（星期二）

局長利用 89 年 12 月 24 日、25 日星期假日，先於 89 年 12 月 24 日由桃園中正機場搭乘 23 時 10 分華航 CI-008 次班機飛往美國洛杉磯，於當地時間 12 月 24 日下午 18 時 30 分抵達。

第二天 89 年 12 月 27 日（星期三）

局長在洛杉磯拜訪加州公路廳相關技術人員，討論該州土石流發生之原因及防治措施，並蒐集相關資料。

第三天 89 年 12 月 28 日（星期四）

副總工程司楊金澤於台北時間 89 年 12 月 28 日下午 18 時 30 分由桃園中正機場搭乘長榮 BR-012 次班機飛往美國洛杉磯，於當地時間 12 月 28 日下午 13 時 50 分抵達並與局長會合。

第四天 89 年 12 月 29 日（星期五）

上午拜會 State of California Department of Transportation Engineering Service Center. (Caltrans) 首先聽取有關加州橋梁建檔、管理之介紹，並參觀橋梁建檔資料室及電腦查詢系統之操作。

下午由該部門資深地質師 R.Gustavo Ortega 帶領前往洛杉磯海岸公路工地勘查有關公路邊坡坍塌滑崩落及防治工程，並於現場討論。

第五天 89 年 12 月 30 日（星期六）

參觀交通建設，並整理資料。

第六天 89 年 12 月 31 日（星期日）

由洛杉磯搭機飛往達拉斯。

第七天 90 年 1 月 1 日 (星期一)

由當地工程顧問公司之結構工程師何先生陪同，參觀興建中及現有之公路橋梁。由於德州地區並無地震、颱風等天然災害，地質情況亦較穩定，橋梁均偏重簡單、經濟且易於維護之型式設計；惟仔細勘查，仍有不少橋梁受天候影響局部產生腐蝕、破損、混凝土剝落及鋼筋外露之現象，當地公路主管單位依一般檢測程序及受損嚴重程度之優先順序，進行修補加固或橋梁重建。

第八天 90 年 1 月 2 日 (星期二)

由達拉斯搭機飛往休士頓，承當地專門承辦政府公路橋梁檢測業務之大德工程顧問公司 (TAITEX ENGINEERING CONSULTANT ENGINEERS) 董事長黃博英先生安排到該公司參觀，聽取簡報，雙方進行討論，會後該公司並提供相關橋梁檢測實務作業之資料。

第九天 90 年 1 月 3 日 (星期三)

上午由大德工程顧問公司黃先生陪同勘查休士頓附近之公路橋梁，並實地說明橋梁檢測作業之執行，雙方現場互相交換意見。
下午從休士頓搭機飛往華盛頓。

第十天 90 年 1 月 4 日 (星期四)

上午由 U.S.DOT 顏文暉博士陪同拜會華盛頓 D.C. 美國聯邦政府運輸部公路管理部門 U.S. Department of Transportation (DOT) Federal Highway Administration (FHWA)，由 FHWA Office of International Programs Director KING W.GEE 接待，梁局長與 Director KING W.GEE 就相關工程技術互相交換意見；隨後即前往郊區之 U.S.DOT Turner-Fairbank Highway Research Center (TFHRC) 參觀訪問並拜會 Office of Infrastructure R&D Director T.PAUL TENG, P.E. 聽取該中心組織功能及各類工程技術之簡報及參觀該中心之橋梁載重試驗、水工模型試驗、空氣動力風洞試驗、橋梁檢測等各項實驗室。

第十一天 90 年 1 月 5 日 (星期五)

上午繼續前往 U.S.DOT 拜會 FHWA Office of Bridge Technology Director. James D. Cooper, P.E. 就雙方之橋梁工程技術現況及未來

發展進行討論。中午由華盛頓搭機飛往紐約。

第十二天 90年1月6日(星期六)

參觀紐約近郊的重要橋梁，如 Manhattan Bridge, Brooklyn Bridge, Outer Bridge crossing RT.440 (State Highway), Raritan River Bridge (Garden State Parkway, Between ext125-127)。

第十三天 90年1月7日(星期日)

上午由紐約搭機前往華盛頓。下午分別參加在華盛頓 D.C.舉行的 TRB-2001 會議及 WCAT-2001 (華府華人運輸協會) 年會，會中除聽取各界之報告外，梁局長並針對台灣地區公路發展及 921 地震災後橋梁受損及重建工作提出報告，進行座談溝通。

第十四天 90年1月8日(星期一)

局長參加 TRB 國際會議，副總工程司楊金澤由華盛頓搭乘 08:10 美國 AA-77 班機飛往洛杉磯再轉搭 15:20 長榮 BR-11 班機返回台灣。

第十五天 90年1月9日(星期二)

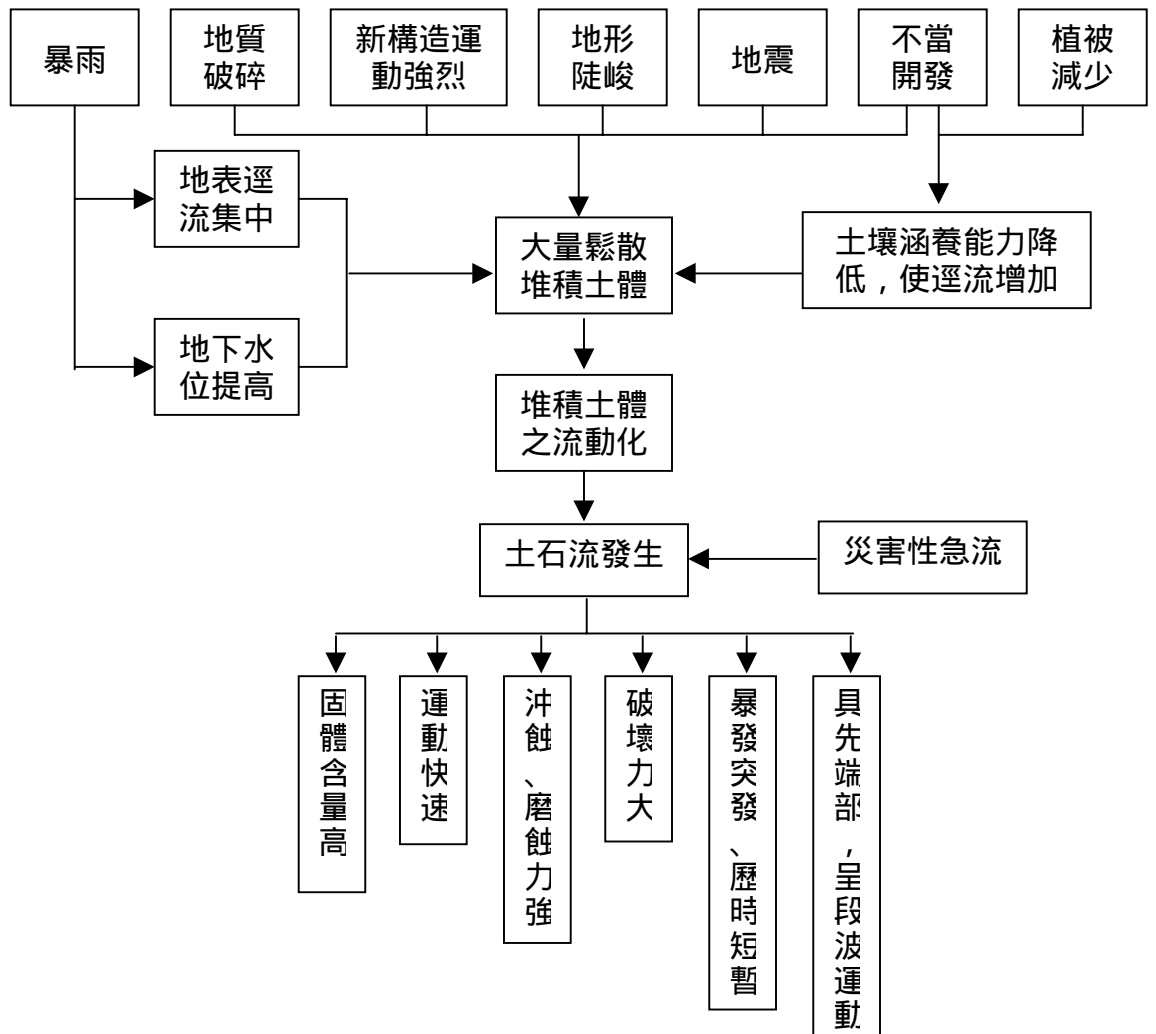
楊副總工程司於 21:50 飛抵桃園中正機場，結束本次考察訪問行程。(楊副總工程司於 90年1月9日休假一天)

參、參考土石流防治

一、土石流

1. 土石流成因

泥、砂、石與水混合所形成之高含砂流體，在重力作用下沿著自然坡面流動的現象，稱之為土石流(Debris flow)。土石流的外觀有如預拌混凝土，其主要特徵為流速快、泥砂濃度高、沖蝕力強、衝擊力大。土石流雖然在陸地表面、湖底或海底均可能出現，但台灣的土石流大多在豪雨期間發生在山坡地或山谷之中，它發生的基本概念及其運動特性可由下圖加以說明。



土石流體內除了水份以外，含有大量的泥、砂、礫石及巨石等固體物質，此類固體物質所佔有之體積濃度大約介於 27% 至 75% 之間，因此土石流體每立方公尺的重量約為 1,450~2,240 公斤，這也就是為什麼土石流的運動特性不同於土體的崩塌運動也不同於河道水流的輸砂現象，而是介於兩者之間。在分析土石流運動時，既不能把土石流視為純固體，也不能把它視為純流體，土石流具有部份固體及部份流體之特質。

土石流之流動型態與土石流內泥、砂、石之成份及其佔有比例有密切關係。當土石流內包含大量之細顆粒泥沙時(粒徑在 0.1mm 以下之泥沙佔總體積的 50% 以上時)，其運動行為以泥水本身的流動為主，較粗之泥沙夾在其中被泥水帶著走，此種情形又稱為泥流(Mud flow)，例如花蓮豐濱鄉新社村泥流、中國大陸雲南省蔣家溝泥流。反之，當土石流內細顆粒泥沙含量很小時(粒徑在 0.1mm 以下之泥沙，總其含量小於 10% 以下時)，土石流主要由粗顆粒砂石所組成，其運動過程包含大量砂石間的碰柱與磨擦，而泥水主要扮演潤滑及催化的角色，這種情形又稱水石流或礫石型土石流(Stony debris flow)，例如花蓮銅門村土石流、南投縣豐丘土石流。介於泥流與水石流之間者含有豐富之細泥及礫石的土石流稱為一般性土石流(Debris flow)，例如南投縣神木村土石流。

2. 土石流特性

- (1) 形成土石流之基本要件為豐富的鬆散土石、充份的水份及足夠大之坡度。豐富的鬆散土石提供形成土石流所需固態物質；充份的水份降低土石流內固態物質間的摩擦力與凝聚力，促使固態物質液化以助於流動；足夠大之坡度供給土石流流動所需之動力，使土石流克服其內部之摩擦力與凝聚力

後向低處流動，在流動過程中促使泥石與水高度混合並增加其流動性。

- (2) 土石流前端呈波浪狀並有巨石集中現象，而其後續部份礫石之大小及濃度均較小。
- (3) 一場土石流過程包含有發生區、流動區及堆積區。土石流發生區之坡度大於在 15° 至 30° 之間，流動區之坡度大約在 6° 至 15° 之間，堆積區之坡度大約在 3° 至 6° 之間。土石流常於坡度緩、寬度大之溪谷出口處形成扇狀堆積地。
- (4) 土石流陡漲暴落、歷時較短，一次土石流過程一般從幾分鐘至幾小時。在台灣地區由於坡度較陡且流程較短，一次土石流過程大約在十五分鐘以內結束，不利於進行土石流現場觀測研究；中國大陸雲南省蔣家溝泥流，一次土石流過程可達三小時，因此中國科學院在蔣家溝設有泥石流觀測站，觀測泥石流之發生及流動特性。
- (5) 土石流沿陡坡之流動速度每秒可幾公尺至幾十分尺，其表面流速明顯高於底面流速及平均流速，並導致土石流前端部集結巨石。
- (6) 土石流體內泥、砂、礫石及巨石等固體物質之體積濃度大約為介於 27% 至 75% 之間，土石流的容重大約每立方公尺 1,450~2,240 公斤。
- (7) 雖然土石流發生和危害都很突然，但也具有準週期性，然而其頻率受到土石流基本條件(豐富的鬆散土石、充份的水份及足夠大的坡度)和附加條件(激發、觸發及誘發)的影響，很難準確預報其發生頻率。然而準週期性是土石流預報及防治工程設計之依據，目前一般按激發條件的大小和頻率(如暴雨強度及頻率)來推估土石流發生的規模和頻率。
- (8) 由於土石流體組成粒徑非常不均勻，它的流動不穩定，有陣

流現象，當前端受阻而停止時其後續部份會因慣性而壅高，增加壓力迫使前端再次流動。

- (9)土石流泥位陡漲暴落且來勢兇猛，其運動有明確的直進性，遇到障礙物或通過彎道不易繞流或變向，而產生猛烈的沖擊作用或爬高現象，因此常常沖毀或掩埋各種設施，造成嚴重人員傷亡及財物損失。

3.土石流分類

- (1)土石流按照成因可分為(a)自然土石流及(b)人為土石流。自然土石流是由於綜合的自然條件所造成的土石流，而人為土石流是由於人為活動所引起的土石流。
- (2)土石流按照發生的地貌條件可分為河谷型土石流及山坡型土石流。河谷型土石流是指土石流的發生、運動和堆積過程在一條發育較為完整的河谷內進行，土石流所需之泥石材料主要來自於河床質。山坡型土石流是指土石流的發生和運動過程沿山坡或山坡沖溝中進行，而堆積過程發生在坡腳或沖溝出口與主河交匯處，土石流所需之泥石材料主要來自於坡面沖蝕。
- (3)土石流按照物質組成可分為(a)泥流、(b)水石流及(c)土石流。泥流是指土石流土體物質主要由黏土、粉土和砂所組成，很少礫石及卵石顆粒。水石流(又稱為礫石型土石流)是指土石流土體主要由大量的砂、礫石和卵石所組成，很少黏土及粉土顆粒。土石流是指土石流土體顆粒大小分佈很廣，由黏土、粉土、砂、礫石、卵石甚至巨石等各種粒徑的顆粒所組成。
- (4)土石流按照泥石來源可分為(a)滑坡土石流、(b)崩塌土石流、(c)溝床浸蝕土石流及(d)坡面侵蝕土石流。
- (5)土石流按照流體特性可分為(a)黏性土石流及(b)稀性土石流。

(6)土石流按照發生之型式可分為(a)激發類土石流(b)觸發類土石流(c)誘發類土石流。

(7)土石流按照動力學特徵可分為(a)土力類土石流及(b)水力類土石流。

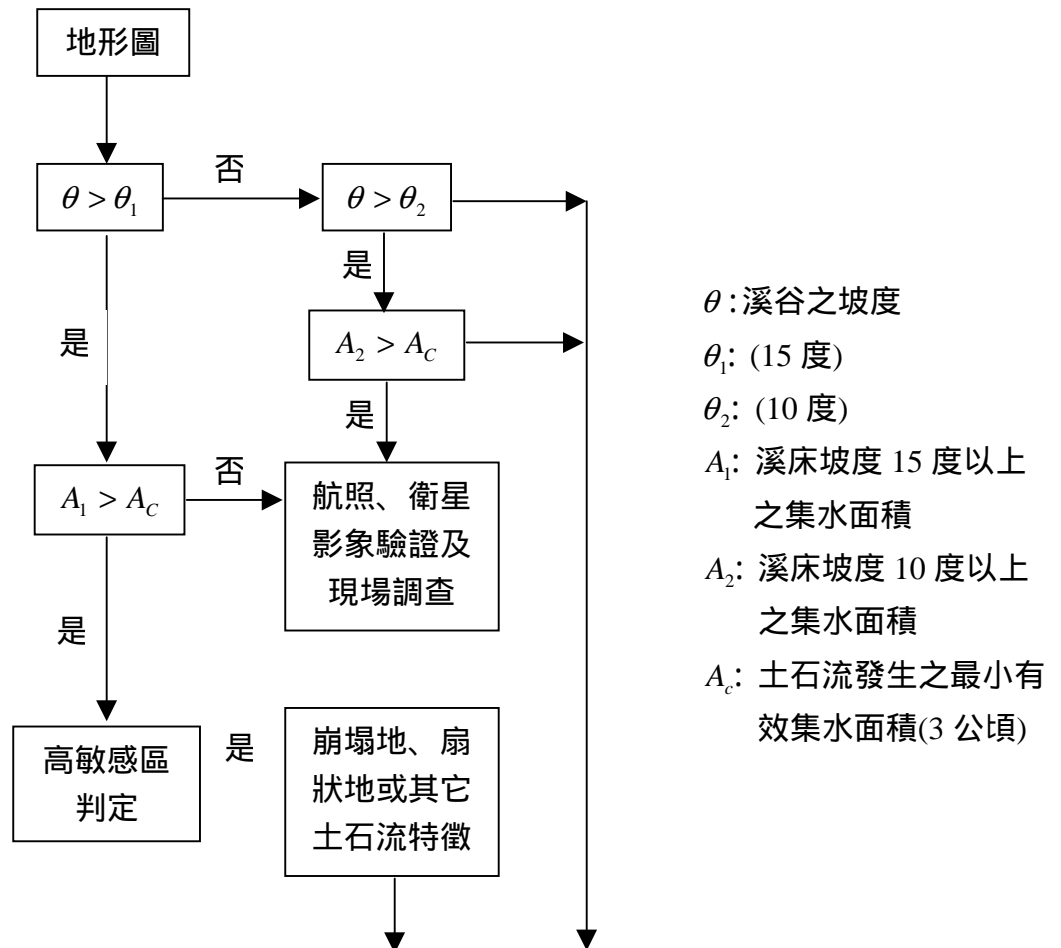
(8)土石流按照發育階段可分為(a)發展期土石流、(b)旺盛期土石流、(c)衰退期土石流及(d)停歇期土石流。

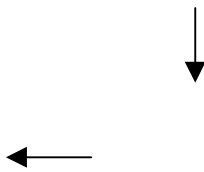
4.土石流危害方式

由於土石流規模、性質、地形條件和受害對象的不同，土石流危害也有所不同。常見土石流危害方式有：淤埋、沖刷、撞擊、磨蝕、堵塞、漫流改道、彎道超高、擠壓主河道等。

5.土石流危險溪流之判定

土石流危險溪流之判定是土石流防治措施中最重要的一環，準確的判定可以使防災措施達到預期的效果，進而防止土石流災害於未然。





否

低敏感區判定

非敏感區

民國 88 年 921 大地震造成中部地區二千餘處崩塌，此正是發生土石流最大之誘因，一旦遇上豪雨，極易形成土石流。

二、國內外發生土石流概況

1. 台灣地狹人稠，隨著社會經濟快速發展，近年來造成山坡地陸續大量的開發使用，破壞了原有之水土保持，且台灣之山脈地質大多屬於沈積岩及變質岩，其性質脆弱而易斷裂，再加以全年平均雨量高達 2,500mm。其中 78% 的降雨集中於五月至十月的颱風季，因此土石流不斷發生，其所造成的災害安例不勝枚舉。下表列出台灣地區近年來曾發生重大土石流之地區及其激發因素。民國 79 年 6 月花蓮縣銅門村受歐菲莉颱風的侵襲，發生嚴重的土石流，造成重大生命財產的損失。民國 83 年 7 月提姆颱風挾帶暴雨花蓮縣豐濱鄉登陸，造成泥性土石流，泥漿掩埋了新社村東興部落二十餘戶房舍，並沖斷花東海岸公路。民國 85 年 7 月 31 日至 8 月 1 日，強烈風台風賀伯自蘇澳登陸，挾帶著 15 級狂風及豪雨，致全省各地災情不斷，尤其是帶給南投新中橫沿線之水理鄉郡坑村、信義鄉豐丘村、同富村及神木村等，前所未有之土石流災害。此次土石流災害，造成新中橫沿線交通 通訊的中斷，房舍遭土石淹埋，死亡及失蹤人數 40 餘名，及近百人受傷之悲劇。土石流災害防治工作為台灣當前天然災害防治工作重要課題之一。土石流無論成因或災害防治措施均是多方面的，需要結合地質專家、水利專家及水土保持專家共同研擬防治方法，更需要政府單位及民間人士的共同努力來做好水土保持工作及災害防治措施，以減少土石流及其所帶來之災害。

發生時間	發 生 地 點	激發因素
68 年 10 月	台東縣泰安村	娜拉颱風
70 年 7 月	新竹縣芎林	莫瑞颱風
71 年 8 月	台北縣林口	西仕颱風
74 年 8 月	南投縣豐丘	尼爾森颱風
75 年 8 月	南投縣豐丘	韋恩颱風
78 年 7 月	彰化縣二水	豪雨
78 年 9 月	南投縣溪頭	豪雨
79 年 6 月	花蓮縣銅門村、榕樹村	歐菲莉颱風
79 年 9 月	花蓮縣紅葉村	黛特颱風
80 年 9 月	台東縣瀧橋、太馬里	耐特颱風
83 年 7 月	花蓮縣豐濱鄉新社村	提姆颱風
85 年 7 月 31 日 至 8 月 1 日	南投縣陳有蘭溪沿岸，如：神木村、同富社區、豐丘、郡坑、南平坑...等地區	賀伯颱風
85 年 8 月	屏東縣家水庫集水區	賀伯颱風
85 年 8 月	嘉義縣阿里山山區	賀伯颱風
85 年 11 月	花蓮縣豐濱鄉新社村	爾尼颱風
86 年 8 月 18 日	台北市天母	溫妮颱風
86 年 9 月 1 日	南投縣神木村	豪雨
87 年 5 月 9 日	南投縣神木村	橋孔堵塞潰決

2.美國加州地區亦常受暴雨及土石流的侵襲，而造成交通及水電系統的嚴重損害，以最近一次的土石流來看，美國加州地區今年 1 月 11 日即遭到 3 年來最嚴重的暴雨，大雨所造的土石流，不僅淹沒了街道，使交通秩序大亂，還讓數千戶住家失去電力供應。這場暴風雨是由來自阿拉斯加的冷鋒所造成，從海岸地區開始入侵加州，大雨和交通意外使高速公路車速緩慢，並造成加州海岸山積雪達 3 呎，而某些地區也降下約 178 公釐的大雨和冰雹，大雨所造成的土石流，迫使警方關閉加州北部與中部的部分道路。

3.現地參觀考察過程

洛杉磯西側海岸公路(Pacific Coast Highway NO.1)山側邊坡曾發生大規模坍塌，大量土石塌落影響下側公路交通並危及坡頂之住宅區，州政府公路廳花費鉅資清除土石，並採台階式開挖加植草處理工法穩定邊坡，四周再加設鋼纜網保護(見照片

一 ~ 三)。

加州海岸公路沿線風景優美，假日交通量甚大，山側邊坡土質極不穩定，常受暴風雨雪及溪流侵蝕而產生崩塌，部份路段以岩錨擋土牆加襯板工法保護(見照片八 ~ 十一)。

部分路段邊坡岩石風化崩落，以鋼纜編織成網後再以直昇機輔助吊掛固定，纜徑 0.5 吋，網目寬 6 吋。邊坡下方另加設混凝土板擋土牆防止落石危及公路安全，效果極佳，值得台灣地區類似邊坡防治之參考(見照片十六 ~ 二十二)。

三、土石流防治心得

綜合現場考察及資料討論，初步獲下述結論：

1. 工程建設如道路或橋樑，當其通過土質礫石台地邊緣或穿過山區之溪谷扇狀地形時，應預期考量土石流對道路與橋樑之影響。
2. 建立土石流危險溪流之資料庫，並配合地理資訊系統進行各項作業及整合，使管理與防災工作更能密合。
3. 防治對策
 - (1) 誘因防災：山腹工、溪床固定工
 - (2) 質的變換：梳子壩，透水木節壩，底向透水壩
 - (3) 能量減輕：防砂壩，固床工
 - (4) 導流：流流堤，流治工
 - (5) 抑制工：防砂壩，樹木帶
 - (6) 抑止工：土石流分散堆積地

針對土石流的發生段、輸送段、堆積段之不同特性，選擇及搭配適當的防治工法，乃為國內工程界須持續努力的方向。

4. 裝設預警系統

土石流潛在危險溪流為數眾多，想要在短期內以硬體措施對所有危險溪流進行整治，財力及人力上是不可能的事。因此發展預警系統，作為防災的先期措施，使土石流危害減輕或消除，從技術上是可行的，且經濟效益也很高，應是可進行的方向。



照片 (一)

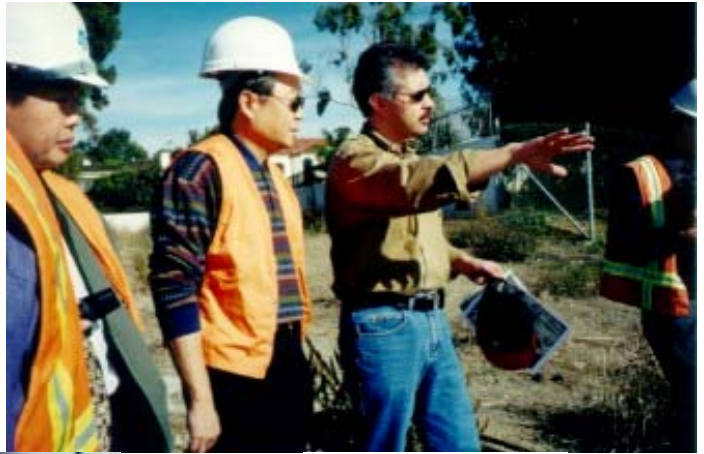


照片 (二)



照片 (三)

洛杉磯西側海岸公路(Pacific Coast Highway NO.1)山側邊坡曾發生大規模坍滑，州政府公路廳花費鉅資清除土石，並採台階式開挖加植草處理工法穩定邊坡，四周再加設鋼纜網保護。



照片 (四)



照片 (五)



照片 (六)



照片 (七)

加州運輸部資深地質師 R.Gustavo Ortega, 現場向局長及團員說明邊坡坍塌原因及防治工法。



照片 (八)



照片 (九)



照片 (十)

加州海岸公路沿線風景優美，假日交通量甚大，山側邊坡土質極不穩定，常受暴風雨雪及溪流侵蝕而產生崩塌，部份路段以岩錨擋土牆加襯板工法保護。



照片 (十一)



加州海岸地質邊坡不穩，惟海岸景觀甚佳，屬高級住宅區，常見住宅建築物以特殊基礎型式矗立於斜坡上。

照片 (十二)



海岸公路部分路段受海浪沖蝕，以大量拋石保護路基不被淘空。

照片 (十三)



部分邊坡風化受雨水沖蝕嚴重，以加強地下排水及設台階截流溝防治。

照片 (十四)



部分土質鬆軟之邊坡預留土石滑落之堆置區，事後再加以清除，可避免直接對交通產生影響。

照片 (十五)



照片 (十六)



照片 (十七)



照片 (十八)



照片 (十九)



照片 (二十)



照片 (二十一)



照片 (二十二)

部分路段邊坡岩石風化崩落，以鋼纜編織成網後再以直昇機輔助吊掛固定，纜徑 0.5 吋，網目寬 6 吋。邊坡下方另加設混凝土板擋土牆防止落石危及公路安全，效果極佳，值得台灣地區類似邊坡防治之參考。

肆、考察橋樑檢測及管理系統

一、橋樑檢測

1. 國內現有橋樑檢測

國內目前現有橋樑檢測其主要評估準則，發展較為齊全的應為針對橋樑目視檢查所作的劣化評等法，即 D.E.R.U.評等法與 A.B.C.D.評等法。

D.E.R.U.評等法為昭凌工程顧問公司為交通部國道高速公路局開發橋樑管理系統所制定的目視檢查評估準則，而 A.B.C.D.評等法則為財團法人中華顧問工程司為當時的台灣省住都局所編訂的「混凝土、鋼橋一般檢查手冊」，所制定的目視檢查評估準則，二者均有其他橋樑管理機關採用作為構件劣化的評等準則，並各有其特色與優缺點。

評估準則類別	檢測類別	檢測項目分類方式	劣化評等標準	橋況評估指標
D.E.R.U.評等法	目視檢查	依構件分為 20 項目，第 21 項為其他	分為 1~4 級	分為 CI, PI, FI, OPI 四種指標
	儀器檢測	分為 7 種檢測項目		
A.B.C.D.評等法	目視檢測	分為 8 大類及其細項分類	分為 A~D 級	無

所謂 D.E.R.U.評等法，就是將橋樑之劣化情形，分為劣化嚴重程度(Degree)、劣化範圍(Extend)及該種劣化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，並由檢查員依據劣化構件維修的急迫性(Urgency)作處置對策之評估建議。此種評等法有以下之特色：

- (1)可簡化檢測工作
- (2)特別考慮劣化對橋樑重要性的影響
- (3)減少填寫資料

(4)針對維修之急迫性提出維修之時程

(5)建議維修工法及經費概算

(6)可計算橋樑之各種分析指標，並作優選排列

A.B.C.D.評等之精神，主要是強調建立系統化、組織化的檢查架構，其為避免遺漏任何之檢查項目，故除將橋樑結構分為八大類外，每一大類則依構件又分為許多子項目，而每個子項目則以條列方式列出其破損項目或檢查項目，直接供檢查人員參照勾選損等級並記錄說明文字。此種評等法亦有下列特點：

(1)以條列方式列出破損項目，此即為現象檢查時應檢查的項目或檢查重點。

(2)評等之等級已包含損傷程度及應採取之對策原則，可簡化現場記錄之工作。

A.B.C.D.評等法判定標準

A：損傷輕微，需作重點檢查

B：有損傷，需進行監視，必要時視狀況補修

C：損傷顯著，變形持續，須加以補修

D：損傷顯著，有重大變形，須採緊急補修

N：無此項目或無法判斷結構物之損傷狀況

OK：上述以外之場合

2.美國現有橋樑檢測

美國聯邦公路總署，為符「運用有限經費，達到最佳效益」原則，目前以有效評分法評定橋樑接受重建或整建補助款之優先順序。其評分標準如下表：

評 分	狀 況	說 明
N	不適用	-
9	極佳	-
8	良好	沒有任何問題
7	一般良好	有輕微損壞
6	尚佳	部分結構構件顯示些許劣化現象
5	尚可	主構件大致良好，但有若干斷面損失、裂縫、材料剝離或河床沖刷的現象。
4	不佳	主構件有較大面積的損失、裂縫、材料劣化、剝離或河床沖刷現象。
3	極差	斷面損失、劣化、材料剝離或河床沖刷現象已嚴重影響主結構，且有局部的損壞。可能是鋼材出現疲勞裂縫，或是混凝土部分產生剪力裂縫的現象。
2	危急	主構件有明顯的劣化現象，鋼材有疲勞裂縫，或混凝土產生剪力裂縫，或下部結構因河流沖刷而有位移。除非橋樑有進行密集監測，否則橋樑於必要時須封閉，直到整修工作完成後方能再度使用。
1	極度危急	主構件有嚴重的劣化或斷面損失現象，或有明顯的垂直或水平變位，而影響橋樑之穩定性。故橋樑必須立即封閉，整後方能有限度地使用。
0	嚴重損害	橋樑必須封閉，且已無法修復。

有效評分法之考量參數

類別	項目說明	權重最大值	考量參數
S1	結構適切性及安全性	55%	<ul style="list-style-type: none"> ● 上部結構狀況 ● 下部結構狀況 ● 最大載重狀況 ● 箱涵狀況
S2	服務性及功能缺陷	30%	<ul style="list-style-type: none"> ● 是否為國防道路 ● 車道數 ● 平均每日交通量 ● 主橋寬度 ● 引道寬度 ● 引道幾何 ● 結構型式 ● 橋面版狀況 ● 橋面版尺寸 ● 橋面版上加載 ● 結構狀況 ● 水道適切性 ● 橋下淨高
S3	大眾使用需求性	15%	<ul style="list-style-type: none"> ● 是否為國防道路 ● 平均每日交通量 ● 改道距離
S4	特殊減分	13%	<ul style="list-style-type: none"> ● 改道距離 ● 交通安全設施 ● 結構型式

$$\text{Shfficiency Rating} = S1+S2+S3 - S4$$

有效評分法之評分範圍為 0~100 分，滿分者代表此一橋樑在結構上、服務性上皆為充分有效(entirely sufficient)，而零分者則為完全無效(entirely deficient)之橋樑。若橋樑之有效評分低於 50 分，可向聯邦政府申請重建(Replacement)或整建(Rehabilitation)經費，而有效評分介於 50 至 80 分者，則僅能

申請整建經費。

Sufficiency Rating Formula and Example

The sufficiency rating formula described herein is a method of evaluating highway bridge data by calculating four separate factors to obtain a numeric value which is indicative of bridge sufficiency to remain in service. The result of this method is a percentage in which 100 percent would represent an entirely sufficient bridge and zero percent would represent an entirely insufficient or deficient bridge.

An asterisk prefix is used to identify a sufficiency rating that was calculated even though some essential data was missing or coded incorrectly. The Edit/Update Program will substitute a value for the unusable data (which will not lower the rating) and calculate the sufficiency rating. The asterisk is dropped when the unusable data is corrected. It is normal that all culverts with Bridge Roadway Width, Curb-to-Curb - Item 51 coded '0000' will have an asterisk prefixed sufficiency.

Sufficiency Rating Formula

Structural Adequacy and Safety (55% maximum)

- a. Only the lowest rating code of Item 59, 60, or 62 applies

If Item 59 (Superstructure Rating) or
Item 60 (Substructure Rating) is

≤ 2	then	A = 55%
= 3		A = 40%
= 4		A = 25%
= 5		A = 10%

If Item 59 and Item 60 = N and
Item 62 (Culvert Rating) is

≤ 2	then	A = 55%
= 3		A = 40%
= 4		A = 25%
= 5		A = 10%

- b. Reduction for Load Capacity:

Calculate using the following formulas where
IR is the Inventory Rating (MS Loading) in tons
or use Figure 2:

$$B = (32.4 - IR)^{1.5} \times 0.3254$$

or

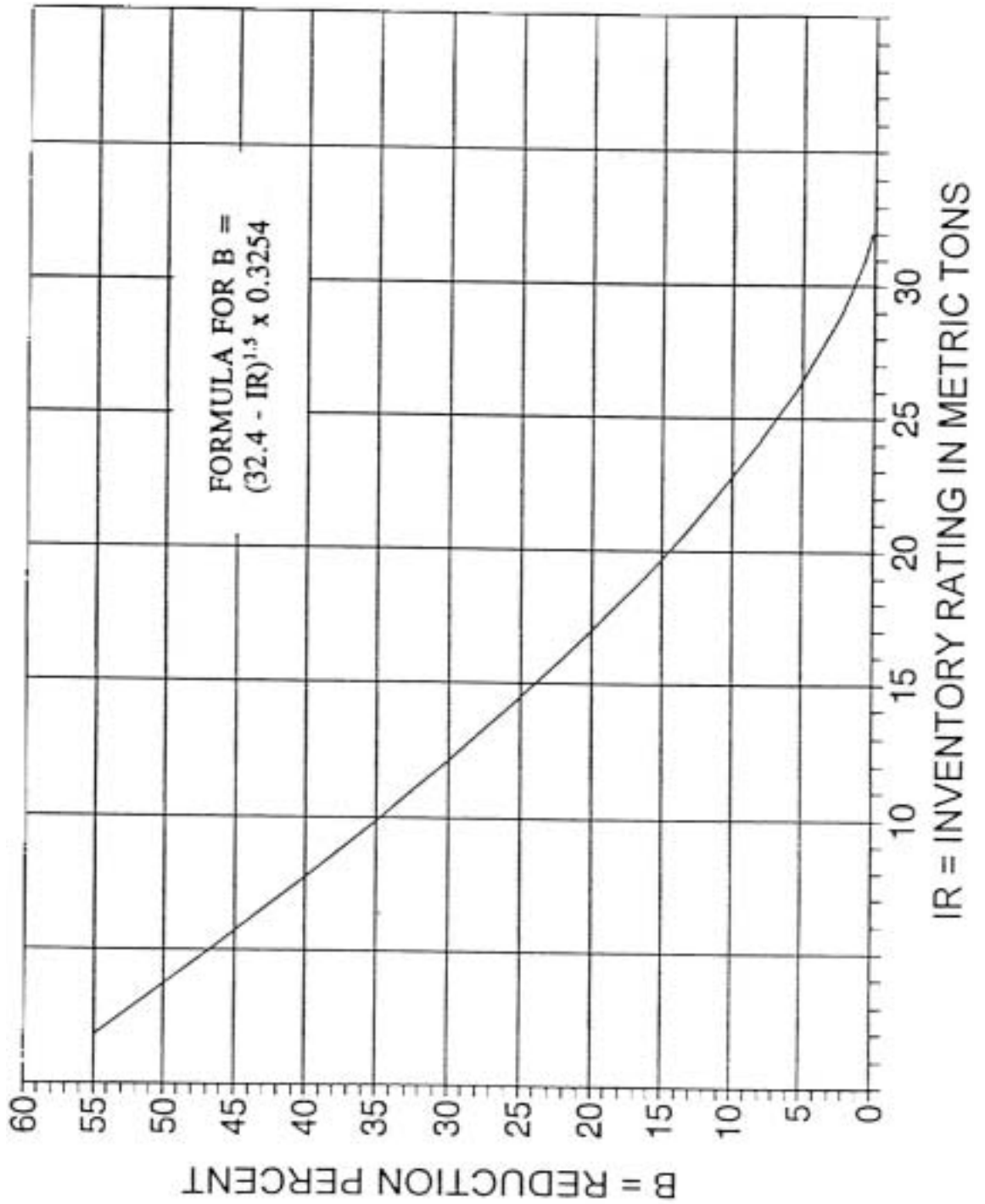
$$\text{If } (32.4 - IR) \leq 0, \text{ then } B = 0$$

"B" shall not be less than 0% nor greater than 55%.

$$S_1 = 55 - (A + B)$$

S_1 shall not be less than 0% nor greater than 55%.

FIGURE 2. Reduction for Load Capacity



2. Serviceability and Functional Obsolescence 30% maximum)

a. Rating Reductions 13% maximum)

If #58 (Deck Condition) is ≤ 3 then A = 5%
= 4 A = 3%
= 5 A = 1%

If #67 (Structural Evaluation) is ≤ 3 then B = 4%
= 4 B = 2%
= 5 B = 1%

If #68 (Deck Geometry) is ≤ 3 then C = 4%
= 4 C = 2%
= 5 C = 1%

If #69 (Underclearances) is ≤ 3 then D = 4%
= 4 D = 2%
= 5 D = 1%

If #71 (Waterway Adequacy) is ≤ 3 then E = 4%
= 4 E = 2%
= 5 E = 1%

If #72 (Approach Road Alignment) is ≤ 3 then F = 4%
= 4 F = 2%
= 5 F = 1%

$$J = (A + B + C + D + E + F)$$

J shall not be less than 0% nor greater than 13%.

b. Width of Roadway Insufficiency 15% maximum)

Use the sections that apply:

- (1) applies to all bridges;
- (2) applies to 1-lane bridges only;
- (3) applies to 2 or more lane bridges;
- (4) applies to all except 1-lane bridges.

Also determine X and Y:

$$X \text{ (ADT/Lane)} = \frac{\text{Item 29 (ADT)}}{\text{first 2 digits of \#28 (Lanes)}}$$

$$Y \text{ (Width/Lane)*} = \frac{\text{Item 51 (Bridge Rdwy. Width)}}{\text{first 2 digits of \#28 (Lanes)}}$$

*A value of 10.9 Meters will be substituted when item 51 is coded 0000 or not numeric.

- (1) Use when the last 2 digits of #43 (Structure Type) are not equal to 19 (Culvert):

If $(\#51 + 0.6 \text{ meters}) < \#32$ (Approach Roadway Width) $G = 5\%$

- (2) For 1-lane bridges only, use Figure 3 or the following:

If the first 2 digits of #28 (Lanes) are equal to 01 and

$$Y < 4.3 \quad \text{then} \quad H = 15\%$$

$$15 \left[\frac{5.5 - Y}{1.2} \right] \%$$

$$Y \geq 4.3 < 5.5 \quad H =$$

$$Y \geq 5.5 \quad H = 0\%$$

- (3) For 2 or more lane bridges. If these limits apply, do not continue on to (4) as no lane width reductions are allowed.

If the first 2 digits of #28 = 02 and $Y \geq 4.9$, $H = 0\%$

If the first 2 digits of #28 = 03 and $Y \geq 4.6$, $H = 0\%$

If the first 2 digits of #28 = 04 and $Y \geq 4.3$, $H = 0\%$

If the first 2 digits of #28 ≥ 05 and $Y \geq 3.7$ $H = 0\%$

- (4) For all except 1-lane bridges, use Figure 3 or the following:

If $Y < 2.7$ and $X > 50$ then $H = 15\%$

$Y < 2.7$ and $X \leq 50$ $H = 7.5\%$

$Y \geq 2.7$ and $X \leq 50$ $H = 0\%$

If $X > 50$ but ≤ 125 and

$Y < 3.0$ then $H = 15\%$

$Y \geq 3.0 < 4.0$ $H = 15(4 - Y)\%$

$Y \geq 4.0$ $H = 0\%$

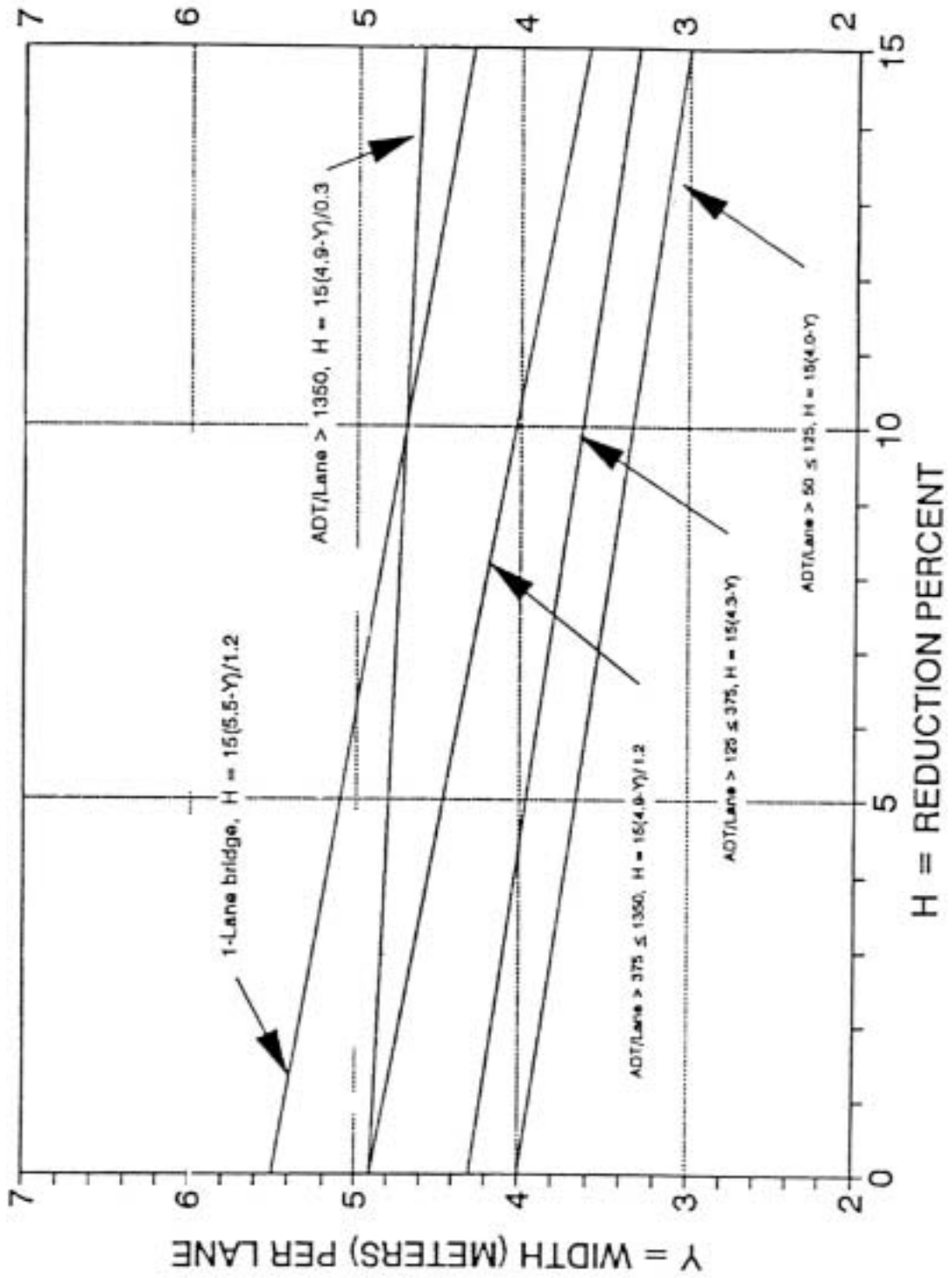
If X 125 but ≤ 375 and

$Y < 3.4$ then $H = 15\%$

$Y \geq 3.4 < 4.3$ $H = 15(4.3 - Y)\%$

$Y \geq 4.3$ $H = 0\%$

Figure 3. Width of Roadway Insufficiency



If $X > 375$ but ≤ 1350 and

$$3.7$$

then $H = 15\%$

$$Y \geq 3.7 < 4.9$$

$$H = 15 \left[\frac{4.9 - Y}{1.2} \right] \%$$

$$Y \geq 4.9$$

$H = 0\%$

If $X > 1350$ and

$$Y < 4.6$$

then $H = 15\%$

$$4.6 < Y < 4.9$$

$$H = 15 \left[\frac{4.9 - Y}{1.2} \right] \%$$

$$Y \geq 4.9$$

$H = 0\%$

$G + H$ shall not be less than 0% nor greater than 15% .

c. Vertical Clearance Insufficiency - (2% maximum)

If #100 (STRAHNET Highway Designation) > 0 and

$$\#53 \text{ (VC over Deck)} \geq 4.87$$

then $I = 0\%$

$$\#53 < 4.87$$

$I = 2\%$

If #100 = 0 and

$$\#53 \geq 4.26$$

then $I = 0\%$

$$\#53 < 4.26$$

$I = 2\%$

$$S_2 = 30 - [J + (G + H) + I]$$

S_2 shall not be less than 0% nor greater than 30%

3. Essentiality for Public Use (15% maximum)

a. Determine

$$K = \frac{S_1 + S_2}{85}$$

b. Calculate:

$$A = 15 \left[\frac{\#29(ADT) \times \#19(DetourLength)}{320,000 \times K} \right]$$

shall not be less than 0% nor greater than 15%.

c. STRAHNET Highway Designation:

If #100 is > 0 then B = 2%

If #100 = 0 then B = 0%

$$S_3 = 15 - (A + B)$$

S_3 shall not be less than 0% nor greater than 15%

4. Special Reductions (Use only when $S_1 + S_2 + S_3 \geq 50$)

a. Detour Length Reduction, use Figure 4 or the following:

$$A = (\#19)^4 \times 7.9 \times 10^{-9}$$

shall not be less than 0% nor greater than 5%

b. If the 2nd and 3rd digits of #43 (Structure Type, Main) are equal to 10, 12, 13, 14, 15, 16, or 17; then

5%

c. If 2 digits of #36 Traffic Safety Features) = 0 C = 1%
If 3 digits of #36 = 0 C = 2%
If 4 digits of #36 = 0 C = 3%

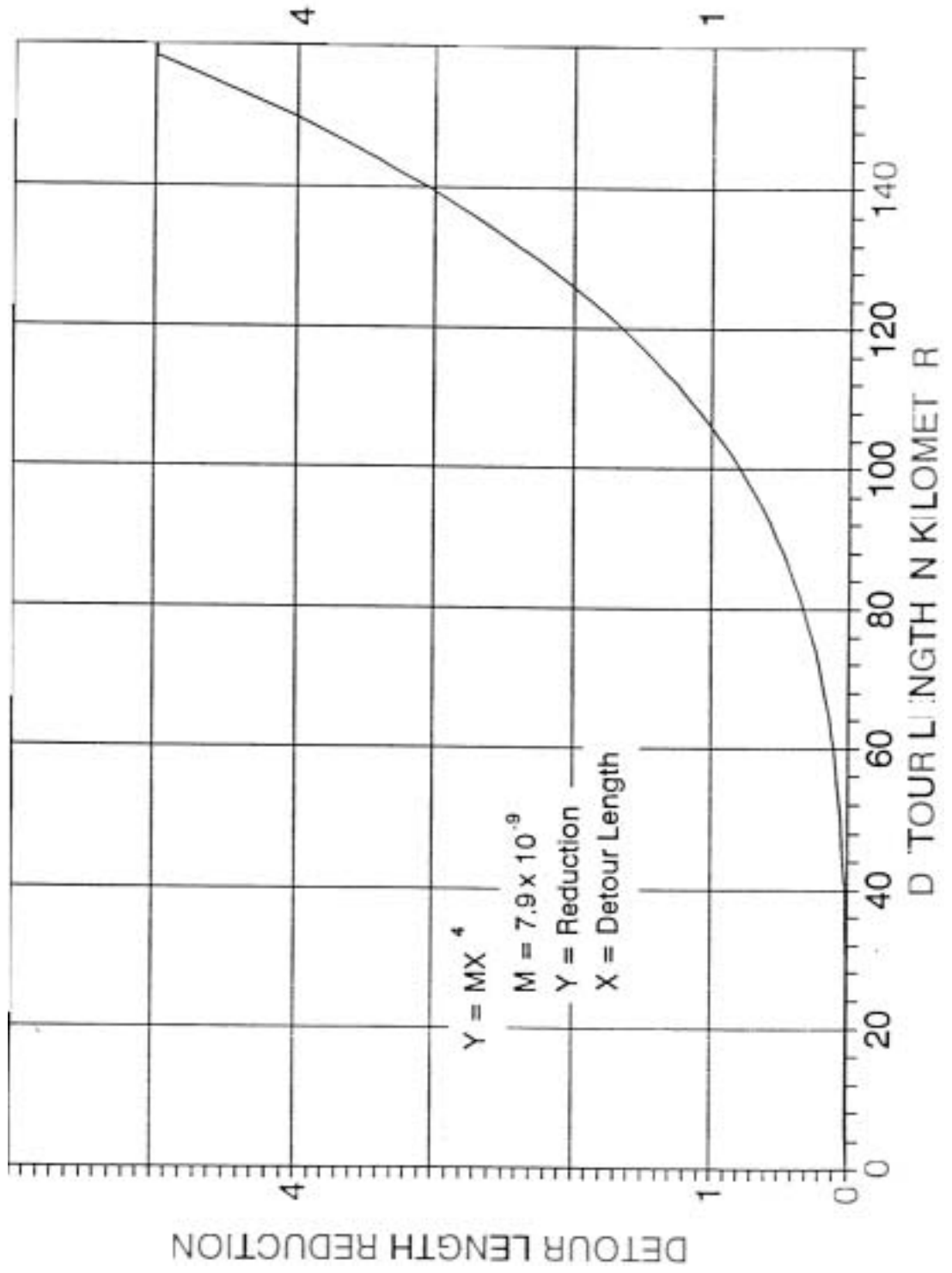
$$S_4 = A + B + C$$

S_4 shall not be less than 0% nor greater than 13%

$$\text{Sufficiency Rating} = S_1 + S_2 + S_3 - S_4$$

The Rating shall not be less than 0% nor greater than 100%

Figure 4. Special Reduction for Detour Length



EXAMPLE

Calculation of Sufficiency Rating

1. Structural Adequacy and Safety

$$A =$$

$$B = [32.4 - 19.8 \text{ metric tons}]^{1.5} \times 0.3254 = 14.6$$

$$S_1 = 55 - (10 + 14.6) = 30.4$$

2. Serviceability and Functional Obsolescence

$$A = 3\%, B = 1\%, C = 4\%, D = \text{NA}, E = \text{NA}, F = \text{NA}$$

$$J = (3 + 1 + 4) = 8\%$$

$$X = \frac{18500}{2} = 9250 \quad Y = \frac{7.9 \text{ m}}{2} = 3.95$$

$$(1) \quad \text{If } 7.9 + 0.6 < 12.2 \quad \text{then} \quad G = 5$$

$$(2) \quad \text{Not Applicable}$$

$$(3) \quad \text{Not Applicable}$$

$$(4) \quad \text{If } X = 9250 \quad \text{and} \quad Y = 3.95 \quad \text{then} \quad H = 15$$

$$G + H = 5 + 15 = 20 \quad (\text{however, maximum allowable} = 15)$$

$$I = 0$$

$$S_2 = 30 - [8 + (15) + 0] = 7.0$$

3. Essentiality For Public Use

$$K = \frac{30.4 + 7.0}{85} = 0.44$$

$$A = 15 \left[\frac{18,500 \times 12.8 \text{ Km}}{320,000 \times 0.44} \right] = 25.2 \quad (\text{however, max allowable} = 15)$$

$$B = 0$$

$$S_3 = 15 - (15 + 0) = 0$$

4 Special Reductions

$$S_1 + S_2 + S_3 = (30.4 + 7.0 + 0.0) = 37.4$$

$$S_4 = \text{NA}$$

$$\text{SUFFICIENCY RATING} = 30.4 + 7.0 + 0.0 =$$

EXAMPLE DATA

NATIONAL BRIDGE INVENTORY - - - - - STRUCTURE INVENTORY AND APPRAISAL DMS No. 2125-0501
10/15/94

```

***** IDENTIFICATION *****
(1) STATE NAME - YOUR STATE NAME          CODE 999
(8) STRUCTURE NUMBER
(5) INVENTORY ROUTE (ON/UNDER) - ON      = 131000440
(2) HIGHWAY AGENCY DISTRICT              03
(3) COUNTY CODE 075 (4) PLACE CODE 59767
(6) FEATURES INTERSECTED - SR 772, ROARING LION R. *
(7) FACILITY CARRIED - STATE ROUTE 44
(9) LOCATION - 9.7 KM SW. OF RICHMOND
(11) MILEPOINT/KILOMETERPOINT            0036.008
(12) BASE HIGHWAY NETWORK - PART OF NET  CODE 1
(13) LRS INVENTORY ROUTE & SUBROUTE     #000000277503
(16) LATITUDE 35 DEG 27 MIN 18.55 SEC
(17) LONGITUDE 081 DEG 05 MIN 50.65 SEC
(98) BORDER BRIDGE STATE CODE 888 % SHARE 40 %
(99) BORDER BRIDGE STRUCTURE NO. #ABC003790243009

***** STRUCTURE TYPE AND MATERIAL *****
(43) STRUCTURE TYPE MAIN: MATERIAL - STEEL
      TYPE - DECK TRUSS                    CODE 309
(44) STRUCTURE TYPE APPR: MATERIAL - STEEL
      TYPE - GIRDER & FLOORBEAM SYSTEM    CODE 303
(45) NUMBER OF SPANS IN MAIN UNIT        002
(46) NUMBER OF APPROACH SPANS           0004
(107) DECK STRUCTURE TYPE - CONCRETE C-I-P CODE 1
(108) WEARING SURFACE / PROTECTIVE SYSTEM:
      A) TYPE OF WEARING SURFACE - CONCRETE CODE 1
      B) TYPE OF MEMBRANE - NONE          CODE 0
      C) TYPE OF DECK PROTECTION - UNKNOWN CODE 8

***** AGE AND SERVICE *****
(27) YEAR BUILT 1948
(106) YEAR RECONSTRUCTED 0000
(42) TYPE OF SERVICE: ON - HIGHWAY-PEDESTRIAN
      UNDER - HIGHWAY-WATERWAY          CODE 56
(28) LANES: ON STRUCTURE 02 UNDER STRUCTURE 02
(29) AVERAGE DAILY TRAFFIC 019500
(30) YEAR OF ADT 1993 (109) TRUCK ADT 05 %
(19) BYPASS, DETOUR LENGTH 013 KM

***** GEOMETRIC DATA *****
(48) LENGTH OF MAXIMUM SPAN 0097.5 M
(49) STRUCTURE LENGTH 00312.0 M
(50) CURB OR SIDEWALK: LEFT 00.0 M RIGHT 02.5 M
(51) BRIDGE ROADWAY WIDTH CURB TO CURB 007.9 M
(52) DECK WIDTH OUT TO OUT 011.8 M
(32) APPROACH ROADWAY WIDTH (W/SHOULDERS) 12.2 M
(33) BRIDGE MEDIAN - NO MEDIAN CODE 0
(34) SKEW 00 DEG (35) STRUCTURE FLARED NO
(10) INVENTORY ROUTE MIN VERT CLEAR 99.99 M
(47) INVENTORY ROUTE TOTAL HORIZ CLEAR 07.9 M
(53) MIN VERT CLEAR OVER BRIDGE RDWY 99.99 M
(54) MIN VERT UNDERCLEAR REF - HIGHWAY 10.46 M
(55) MIN LAT UNDERCLEAR RT REF - HIGHWAY 06.2 M
(56) MIN LAT UNDERCLEAR LT 00.0 M

***** NAVIGATION DATA *****
(38) NAVIGATION CONTROL - BR PERMIT REQ CODE 1
(111) PIER PROTECTION - FUNCTIONING CODE 2
(39) NAVIGATION VERTICAL CLEARANCE 18.3 M
(116) VERT-LIFT BRIDGE NAV MIN VERT CLEAR ___ M
(40) NAVIGATION HORIZONTAL CLEARANCE 047.2 M

***** CLASSIFICATION *****
(112) MBIS BRIDGE LENGTH - YES
(104) HIGHWAY SYSTEM - ROUTE ON NHS 1
(26) FUNCTIONAL CLASS - OTHER PRIM ART URBAN 14
(100) DEFENSE HIGHWAY - NOT DEFENSE 0
(101) PARALLEL STRUCTURE - NONE EXISTS 0
(102) DIRECTION OF TRAFFIC - 2 WAY 2
(103) TEMPORARY STRUCTURE - NOT TEMPORARY -
(105) FEDERAL LANDS HIGHWAYS - NOT APPLICABLE 0
(110) DESIGNATED NATIONAL NETWORK - PART OF NET 1
(20) TOLL - ON FREE ROAD 3
(21) MAINTAIN - STATE HIGHWAY AGENCY 01
(22) OWNER - STATE HIGHWAY AGENCY 01
(37) HISTORICAL SIGNIFICANCE - NOT ELIGIBLE 5

***** CONDITION *****
(58) DECK 4
(59) SUPERSTRUCTURE 5
(60) SUBSTRUCTURE 6
(61) CHANNEL & CHANNEL PROTECTION 8
(62) CULVERTS 8

***** LOAD RATING AND POSTING *****
(31) DESIGN LOAD - N-15 OR N-13.5 2
(63) OPERATING RATING METHOD - LOAD FACTOR 1
(64) OPERATING RATING - MS-14 25.2
(65) INVENTORY RATING METHOD - LOAD FACTOR 1
(66) INVENTORY RATING - MS-11 19.8
(70) BRIDGE POSTING - POSTING REQUIRED 2
(41) STRUCTURE OPEN, POSTED OR CLOSED - P
      DESCRIPTION - POSTED FOR LOAD

***** APPRAISAL *****
(67) STRUCTURAL EVALUATION 5
(68) DECK GEOMETRY 3
(69) UNDERCLEARANCES, VERTICAL & HORIZONTAL 6
(71) WATERWAY ADEQUACY 8
(72) APPROACH ROADWAY ALIGNMENT 8
(36) TRAFFIC SAFETY FEATURES 1100
(113) SCOUR CRITICAL BRIDGES 8

***** PROPOSED IMPROVEMENTS *****
(75) TYPE OF WORK - REPLACE FOR DEFICIENCY CODE 311
(76) LENGTH OF STRUCTURE IMPROVEMENT 00317.0 M
(94) BRIDGE IMPROVEMENT COST $ 4,200,000
(95) ROADWAY IMPROVEMENT COST $ 300,000
(96) TOTAL PROJECT COST $ 5,000,000
(97) YEAR OF IMPROVEMENT COST ESTIMATE 1995
(114) FUTURE ADT 025600
(115) YEAR OF FUTURE ADT 2014

***** INSPECTIONS *****
(90) INSPECTION DATE 03/94 (91) FREQUENCY 12 MO
(92) CRITICAL FEATURE INSPECTION: (95) CF1 DATE
      A) FRACTURE CRIT DETAIL - YES - 06 MO A) 09/94
      B) UNDERWATER INSP - NO - ___ MO B) ___/___
      C) OTHER SPECIAL INSP - NO - ___ MO C) ___/___

```


2.德州橋梁評估制度

德州地區無地震及颱風之危害，地質狀況亦佳，公路橋梁以簡單、經濟及易於施工維護為主要考量(見照片二十五 ~ 四十一)。

由當地專門承辦政府公路橋梁檢測業務的工程顧問公司展示德州制式的橋梁評估表，該表由州政府統一制作，除沿襲 PONTIS 精神檢測橋梁結構各構件外，特別強高的是「渠道縱剖面及沖刷量測」至少再兩年量測一次，其成果供州政府決策者參考。

另外值得一提的德州的招標及評審制度，大量採用「選擇性招標」，可過濾不良顧問公司，以保持工程的品質，另評審不一定要面對面的進行，可以電話評審或遠距評審。

大德顧問公司提供的橋梁檢測資料，可供國內參考。

3.華盛頓 D.C.橋梁管理

拜訪美國聯邦政府與 Office of International Program Director KING W.GEE 就橋梁管理座談(見照片四十二 ~ 四十四)。

在 U.S. DOT Turner-Fairbank Highway Research Center (TFHRC) 拜會 Office of Infrastructure R&D Director T. PAUAL TENG, P.E 就橋梁管理互相交換意見(見照片四十五 ~ 四十七)。

在 Highway Research Center 聽取該研究中心之組織功能及各項橋梁工程技術簡報(見照片四十八 ~ 五十四)。

參觀水工模型試驗室，由 Hydraulic Engineer J. STERLING JONES 作說明(見照片五十五 ~ 六十一)。

拜會 James D. Cooper, P.E. 就雙方之橋樑工程技術現況及未來發展進行討論(見照片六十九、七十)。

4.紐約地區南端

Outer Bridge 為鋼構混凝土複合式橋樑，橋墩造型奇特(見照片七十一 ~ 七十四)，考察紐約地區鋼橋，大多因橋齡較長，且寒冬常須撒鹽，造成構材銹蝕，維修不易(見照片七十五 ~ 七十八)，台灣屬島國氣候，

整年濕度均高，鋼橋橋齡達 15 年以上時，銹蝕問題乃陸續產生，是否影響主要構材應做全面評估。

Bridge Inventory Record

District 12 County 080 Cont.-Sec. 0027-08 Structure 057 Route US 90A EB

Bridge Name Bullhead Bayou Bridge

Odometer Reading at beginning of Road _____ At Bridge _____ Milepoint 24.894

General Description 5-simple span concrete slab bridge on concrete substructure. 0 degree skew. Obsolete concrete post and beam railing with standard transitions and terminals. Non-standard guardfence (rail height < 2'-0"). Bridge is on a high-speed, paved road with a very high ADT (~12,000 vpd).

Clear Width between Curbs 27'-9" Approach Roadway Width Excluding Shoulders 24'

Type Deck & Surfacing Concrete deck with 5" ACP overlay

Vertical Clearance Unimpaired

Stringers: Spans 1 - 5

concrete slab Size 16" thick Number N/A

Spacing N/A Controlling Span Length (C-C Bearings) 19'-0"

Stringers: Spans _____

Size _____ Number _____

Spacing _____ Controlling Span Length (C-C Bearings) _____

Stringers: Spans _____

Size _____ Number _____

Spacing _____ Controlling Span Length (C-C Bearings) _____

Remarks Horizontal and vertical alignments are good. Deck and approaches are seldom overtopped by floodwaters. No encroachments. Plans are available.

Date Built 1942 Inventoried by Scott A. Moehlman

Advisory Speed 55 mph (speed limit) Date of Inventory June 8, 1995

Posted Load Restriction None Sheet No. 1 of 1 Sheets



Scott A. Moehlman
Matusek Engineering, Inc.
June 8, 1995

DISTRICT COUNTY CONTROL-SEC. 107 STRUCTURE 057 ROUTE 03 10A EB

CHANNEL PROFILE & SCOUR MEASUREMENTS

DATE: June 8, 1995 BRIDGE DESCRIPTION Bullhead Bayou Bridge

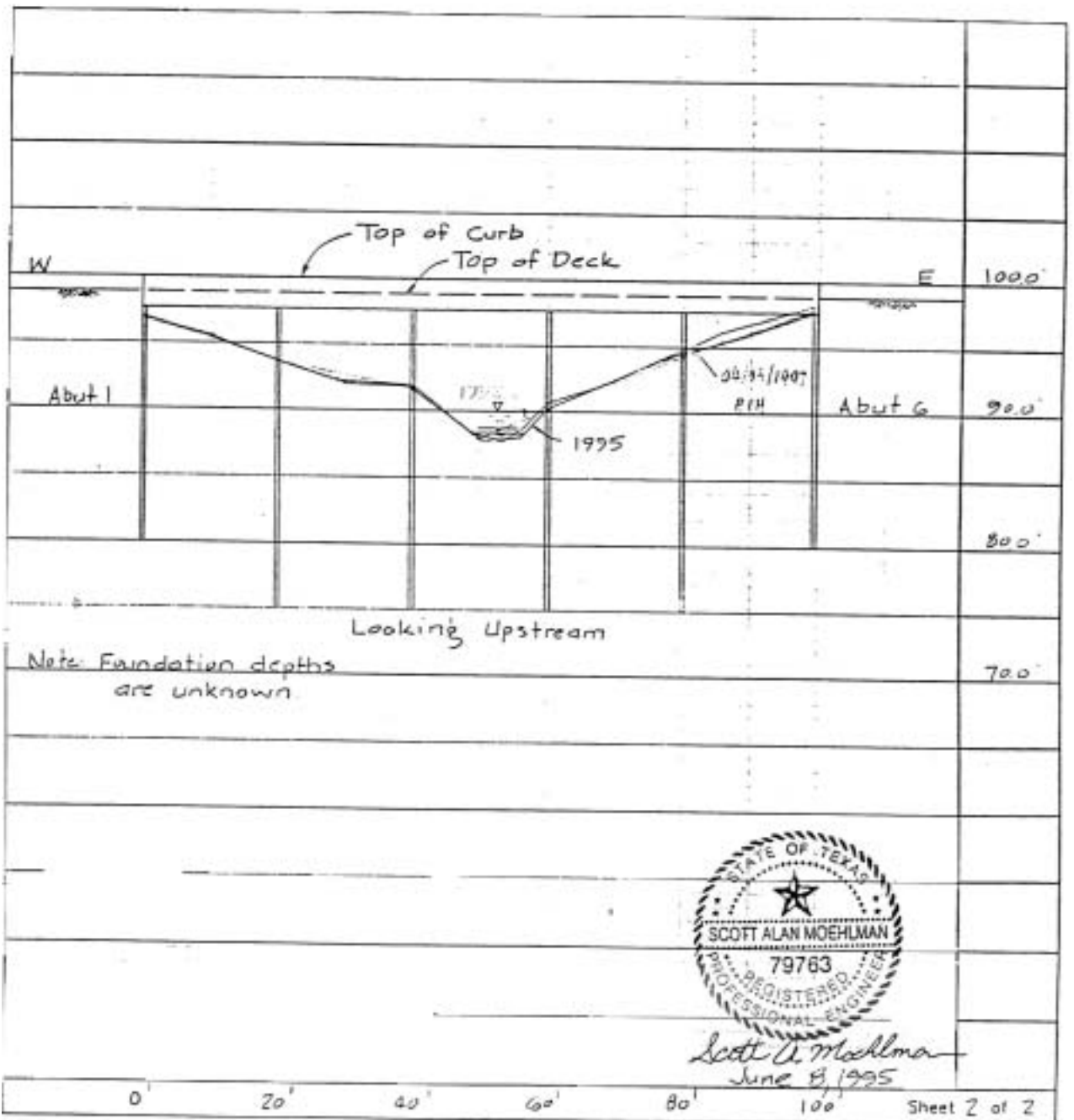
SHEET 1 OF 2

LOCATION	HORZ. DIST.	REFERENCE PT.		VERTICAL DISTANCE				
		UPPER	LOWER	YEARS/INITIALS				
				95 DWJ	1997 B.H.			
Abut No. 1 (w) Pt.	0'	D	G	3.2'	3.2'			
+10'	10'	D	G	4.5'	4.3'			
Bent 2	20'	D	G	6.1'	6.1'			
+10'	30'	D	G	8.0'	7.8'			
	40'	D	G	8.2'	8.0'			
	49'	D	G	11.7'	11.8'			
+13'	53'	D	G	12.1'	12.2'			
+13'	53'	D	F	11.5'	10.0'			
+16'	56'	D	G	11.7'	11.2'			
Bent 4	60'	D	G	9.7'	9.3'			
+10'	70'	D	G	7.6'	7.7'			
	80'	D	G	5.5'	5.2'			
	90'	D	G	4.0'	3.1'			
	100'	D	G	2.3'	2.1'			
Low Beam Deck		D	E	2.3'	2.3'			
		D	B	1.0'	1.0'			
5+5'	85'	D	G		3.8'			

- UPPER REFERENCE POINTS
- A. TOP OF RAILING
 - B. TOP OF DECK
 - C. WATER LEVEL
 - D. OTHER Top of curb

- LOWER REFERENCE POINTS
- E. TOP OF CAP
 - F. WATER LEVEL
 - G. CHANNEL
 - H. OTHER _____

CHANNEL PROFILE PLOT



Bridge Inspection Record

District 12 County 080 Cont-Sec 0027-08 Structure 057 Route US 90A EB

Description 5 Simple Span Concrete Slab Bridge Over Bullhead Bayou

Inspector's Signature [Signature] Date 04/06/97

- N - Not applicable
- 9 - Excellent condition
- 8 - Very good condition
- 7 - Good condition - some minor problems
- 6 - Satisfactory condition - minor deterioration of structural elements (limited)
- 5 - Fair condition - minor deterioration of structural elements (extensive)
- 4 - Poor condition - deterioration significantly affects structural capacity
- 3 - Serious condition - deterioration seriously affects structural capacity
- 2 - Critical condition - bridge should be closed until repaired
- 1 - Falling condition - bridge closed but repairable
- 0 - Failed condition - bridge closed but beyond repair



Enter a rating for each element of each component. The rating should equal or exceed the minimum rating listed to the left of each element. Component Ratings should equal the lowest rating of any element of the component. Fully supportive comments are to be made hereon or on attachments for all ratings of 7 or below.

Min.	Deck (Item 58)	Rating	
1	Deck-Rating	6	
6	Wearing Surface	8	
6	Joints, Expansion, Open	N	
6	Joints, Expansion, Sealed	7	2
6	Joints, Other	N	
6	Drainage System	6	3
6	Curbs, Sidewalks & Parapets	7	4
6	Median Barrier	N	
6	Railings	7	5
7	Railing Protective Coating	N	
7	Delineation (curve markers)	N	
	Other	N	

Min.	Superstructure (Item 59)	Rating	
0	Main Members - Steel	N	
0	Main Members - Concrete	6	1
0	Main Members - Timber	N	
0	Main Member Connections	N	
1	Floor System Members		
1	Floor System Connections		
5	Secondary Members		
5	Secondary Member Connections		
6	Expansion Bearings		
6	Fixed Bearings	6	
6	Steel Protective Coating	N	
	Other	N	
	Component Rating	6	

Comments: 1. Concrete flat slab has deterioration cracking and spalling with exposed rebars (see photo).

2. Joints are totally covered by asphalt overlay. Joint sealants were shown protruding on the side.

3. Deck side gutters and drainage holes were covered with sand, debris and weeds.

4. Curbs have minor cracking and spalling with exposed rebar due to insufficient cover.

5. Concrete rail and posts have spalls and cracks at connections with exposed rebars.

Comments: 1. Concrete slab has minor cracking on underside at drain holes due to corrosion of main steel. Flat slab also has minor spalling with exposed rebars due to deterioration of concrete (see photo)

Min.	Substructure (Item 60)	Rating
0	Abutment Caps	B
0	Above Ground	B
0	Below Ground or Foundation	B
0	Backwalls & Wingwalls	7
0	Intermediate Supports	
	Caps - Concrete	7
	Caps - Steel	N
	Caps - Timber	N
	Above Ground - Concrete	B
	Above Ground - Steel	N
	Above Ground - Timber	N
	Above Ground - Masonry	N
	Below Ground or Foundation	B
5	Collision Protection System	N
5	Steel Protective Coating	N
	Component Rating	7

Comments: 1. Concrete wingwalls have insignificant spalling.
2. Generally, interior bent concrete caps have minor cracking. The West interior bent cap has delamination and spalling with exposed rebar due to deterioration of concrete (see photo).

Min.	Channel (Item 61)	Rating
0	Channel Banks	B
0	Channel Bed	B
5	Rip Rap, Toe Walls & Aprons	N
5	Dikes	N
5	Jetties	N
	Other	N
	Component Rating	B

Comments:

Min.	Culverts (Item 62)	Rating
0	Top Slab	N
0	Bottom Slab or Footing	N
0	Abutments & Intermediate Supports	N
5	Headwalls & Wingwalls	N
	Other	N
	Component Rating	N

Comments:

Min.	Approaches (Item 65)	Rating
0	Embankments	B
4	Embankment Retaining Walls	N
0	Slope Protection	B
5	Roadway	B
6	Relief Joints	N
6	Drainage	B
6	Guardfence	7
7	Delineation	B
7	Sight Distance	B
	Other	N
	Component Rating	7



Comments: 1. Timber guardfence posts generally have moderate weathering and decay.

Min.	Miscellaneous	Rating
7	Signs	N
7	Illumination	N
7	Warning Devices	N
7	Utility Lines	N
	Other	N

Comments:

Bridge Appraisal Worksheet

District 12 County 080 Cont. Sec. 0027-08 Structure 057 Route US 90A EB

<p style="text-align: center;">Traffic Safety Features (Item 36)</p> <p>Obsolete Concrete Rail</p> <p>Bridge Railing (1st Digit) Rating — 0</p> <p>Transitions meet current standards</p> <p>Transitions (2nd Digit) Rating — 1</p> <p>Rail Height < 2'-3" +/-</p> <p>Approach Guardrail (3rd Digit) Rating — 0</p> <p>Terminals meet current standards</p> <p>Guardrail Terminal (4th Digit) Rating — 1</p>	<p>Date <u>Apr. 27, 1997</u></p> <p>BIH V 7.7</p> <p>Signature </p> 
<p style="text-align: center;">Structural Evaluation (Item 67)</p> <p>Superstructure Rating = 6 Substructure Rating = 7</p> <p>----- Table 1 ----- ADT > 5000 Inventory Rating = HS-20.0 ==> 8</p> <p style="text-align: right;">Rating — 6</p>	<p style="text-align: center;">Underclearances (Item 69)</p> <p>Stream or waterway crossing</p> <p style="text-align: right;">Rating — N</p>
<p style="text-align: center;">Deck Geometry (Item 68)</p> <p>----- Table 2C ----- Open Access Facility 2 Lanes, 1-Way</p> <p>Roadway Width = 27.7 FT ==> 3</p> <p>----- Table 2E ----- Arterial Route</p> <p>Vertical Clearance = 99 FT 99 IN ==> 9</p> <p style="text-align: right;">Rating — 3</p>	<p style="text-align: center;">Bridge Posting (Item 70)</p> <p>Operating Rating = HS-27.2 ==> 5</p> <p style="text-align: right;">Rating — 5</p> <p style="text-align: center;">Waterway Adequacy (Item 71)</p> <p>Arterials or major collectors. Bridge deck overflowing every 11 to 100 years.</p> <p style="text-align: right;">==> 6</p> <p style="text-align: right;">Rating — 6</p>
	<p style="text-align: center;">Approach Roadway Alignment (Item 72)</p> <p>----- Usual speed on route = 55 MPH</p> <p>Approach alignments are good. No speed reduction required ==> 8</p> <p style="text-align: right;">Rating — 8</p>

See reverse side for explanation of rating numbers.

Texas Department of Transportation

BRIDGE INSPECTION FOLLOW-UP ACTION WORKSHEET

DISTRICT Houston (12) COUNTY Fort Bend (080) HIGHWAY US 90A EB
 CONTROL 0027 SECTION 08 STRUCTURE NO. 057
 STRUCTURE NAME: BULLHEAD BAYOU BRIDGE
 REMARKS _____
 INSPECTOR Paul Hwang DATE 4/6/97

PART OF STRUCTURE	RECOMMENDED ACTION
Roadway - Wearing Surface	
Roadway - Deck	FLAT SLAB DECKING HAS DETERIORATION CRACKING, DELAMINATION AND SPALLS ON UNDERSIDE WITH EXPOSED REBARS, AND NEEDS EPOXY PATCHING.
Roadway - Other	DECKSIDE GUTTERS NEED CLEANING UP ALL THE SAND, DEBRIS, AND WEEDS. CONCRETE RAIL AND POSTS HAVE SPALL & CRACK AND NEED GROUT.
Superstructure - Main Members	FLAT SLAB HAS DETERIORATION CRACKS AND SPALLS WITH EXPOSED REBARS, AND NEEDS EPOXY PATCHING ON UNDERSIDE.
Superstructure - Bearings	
Superstructure - Other	
Substructure - Abutments	
Substructure - Bents & Piers	SPALLED AND DELAMINATED BENT CAPS NEED GROUTING WITH HIGH STRENGTH CEMENT.
Substructure - Other	
Channel & Channel Protection	
Retaining Walls	
Approaches	
Other	

Inspection Record - Field Inspection and Coding Elemental Data

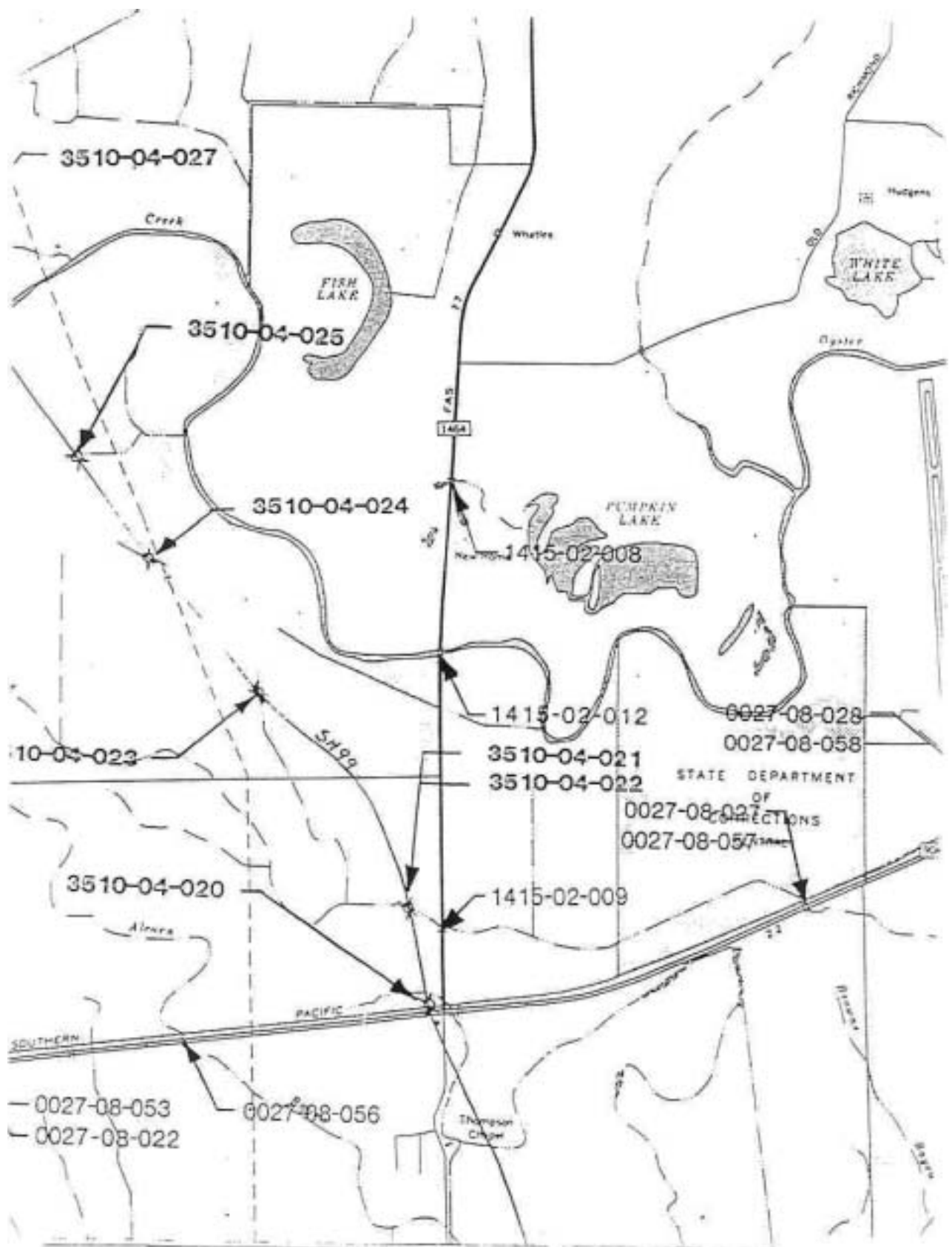
NDI 12 060 0 0027 08 057
 Location: 0.95 MI W OF SH 6
 Corres: US 90A EB
 Overlay: 12
 Length: 100 Deck Width: 32.7 Area: 3270 sq.ft.
 Inspector's Name: Paul Hwang
 Inspection Date: 4/6/97

Elem Num	Element Description	Units	Total Quantity	Condition State				
				1	2	3	4	5
30	Reinforced Concrete Spill Spans	EA	1	1	0	0	0	0
320	Bridge Rail - Metal	LF	200	200	0	0	0	0
340	Approach Rail - Metal	LF	475	475	0	0	0	0
60	ACR Overlay	EA	1	1	0	0	0	0
321	Approach Sub - Reinforced Concrete	EA	2	2	0	0	0	0
215	Subroad - Reinforced Concrete	LF	65	65	0	0	0	0
214	Road Cap - Reinforced Concrete	LF	131	44	0	0	0	0
205	Curbs or Pile Extension - Reinforced Concrete	EA	16	15	1	0	0	0
270	Wing Wall - Reinforced Concrete	EA	4	4	0	0	0	0
301	Pourable Joint Seal	LF	192	98	90	0	0	0
400	Grout - Unrebar at Concrete Decks and Slabs	LF	1	1	0	0	0	0
331	Bridge Rail - Reinforced Concrete	LF	200	200	0	0	0	0

General Comments:

- Element Comments:**
- 30 CONCRETE FLAT SLAB HAS DETEIORATION, CRACKING AND SPALLING WITH EXPOSED REBAR.
 - 320 CONCRETE RAIL AND POSTS HAVE SPALLS AND CRACKS AT CONNECTIONS WITH EXPOSED REBAR.
 - 340 WOODER GUARDRANCE POSTS GENERALLY HAVE MODERATE WEATHERING AND DECAY.
 - 60 GOOD CONDITION.
 - 321 GOOD CONDITION.
 - 215 GOOD CONDITION.
 - 214 GENERALLY, INTERIOR BENT CONCRETE CAPS HAVE MINOR CRACKING. THE WEST INTERIOR BENT CAP HAS DELAMINATIONS AND SPALLING WITH EXPOSED REBAR DUE TO DETEIORATION OF CONCRETE.
 - 205 GOOD CONDITION.
 - 270 CONCRETE WINGWALLS HAVE INSIGNIFICANT SPALLING.
 - 301 JOINTS ARE TOTALLY COVERED BY ASPHALT OVERLAY. JOINT SEALANTS WERE SHOWN PROTRUDING ON THE SIDE.
 - 400 CONCRETE SLAB HAS MINOR CRACKING ON INTERIOR AT DRAIN HOLES DUE TO CORROSION OF MAIN STEEL. FLAT SLAB ALSO HAS MINOR SPALLING WITH EXPOSED REBAR DUE TO DETEIORATION OF CONCRETE.
 - 331 CONCRETE RAIL AND POSTS HAVE SPALLS AND CRACKS AT CONNECTIONS WITH EXPOSED REBAR.





Date 4/06/97

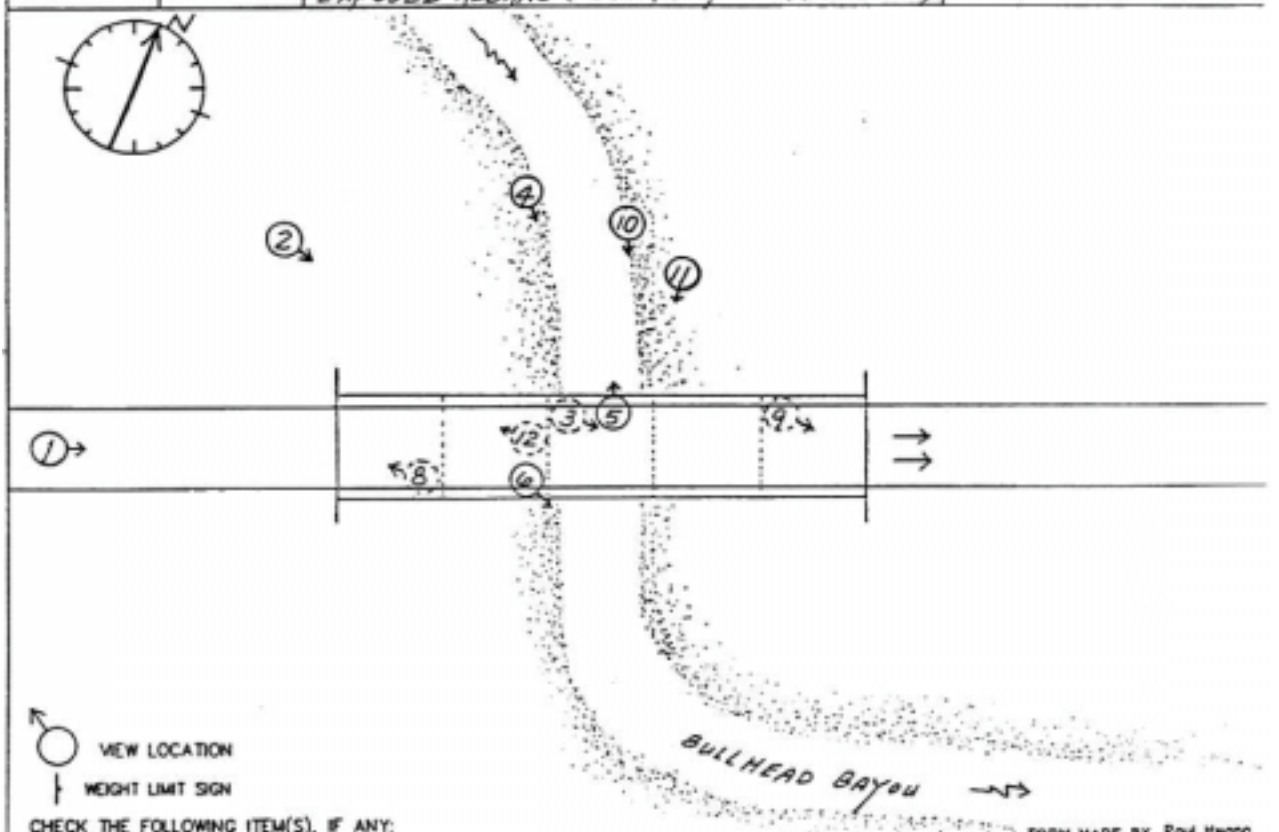
COUNTY FORT BEND (080)

Bridge 0027 08-057

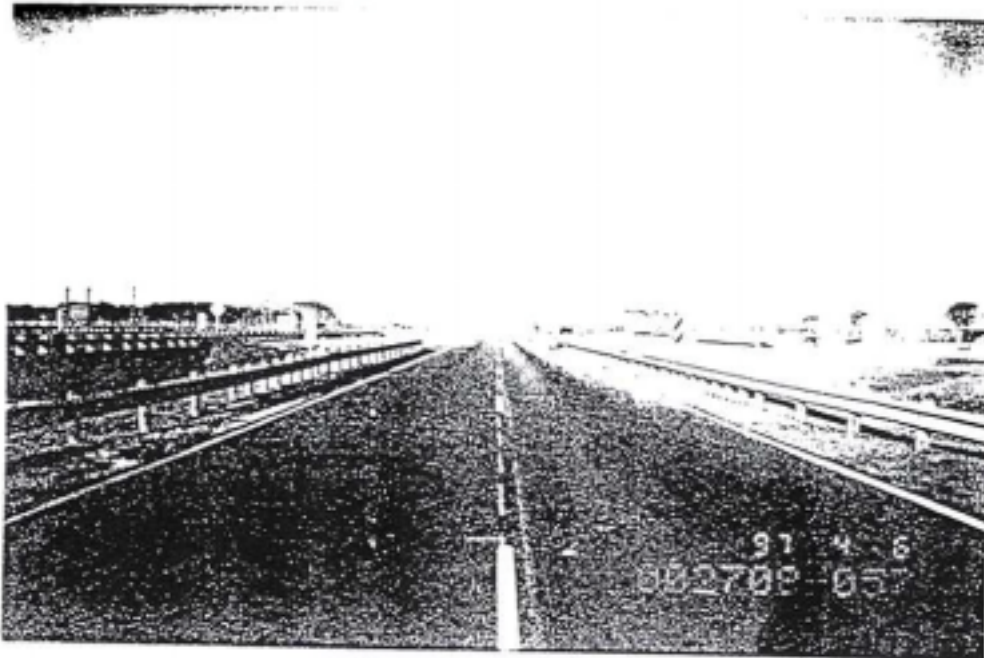
Roll # 30

Photograph Summary Sheet

NEGATIVE NUMBER	VIEW NUMBER	CAPTION	
27	1	ROADWAY OVER BRIDGE (Looking NE)	
28	2	SIDE ELEVATION (Looking SE)	
29	3	SUPERSTRUCTURE (Looking E)	
30	4	VIEW UNDER BRIDGE (Looking SE)	
31	5	VIEW FROM BRIDGE (Looking Upstream)	CONCRETE RAIL CRACKED (NW)
32	6	VIEW FROM BRIDGE (Looking Downstream)	CONCRETE RAIL POST CRACKED (SE)
	7	WEIGHT LIMIT SIGN (Looking)	N/A
33	8	W. ABUTMENT (" W)	
34	9	E. " (" E)	FLAT SLAB HAS DELAMINATION ON UNDERSIDE.
35	10	FLAT SLAB HAS CONCRETE DETERIORATION SPALL WITH EXPOSED REBARS (LOOKING SE)	
36	11	COLUMN/PILING HAS DRIFT IMPACT SPALL WITH 8% SECTION LOSS. BENT CAP CRACKED. CONCRETE RAIL POST SPALLED WITH EXPOSED REBARS	
37	12	BENT CAP HAS DELAMINATION AND SPALLS WITH EXPOSED REBARS (LOOKING W)	(LOOKING S)



CHECK THE FOLLOWING ITEM(S), IF ANY:
 COMPONENT(S) RATED 5 OR LOWER EVIDENCE OF SCOUR



DATE:

COUNTY:

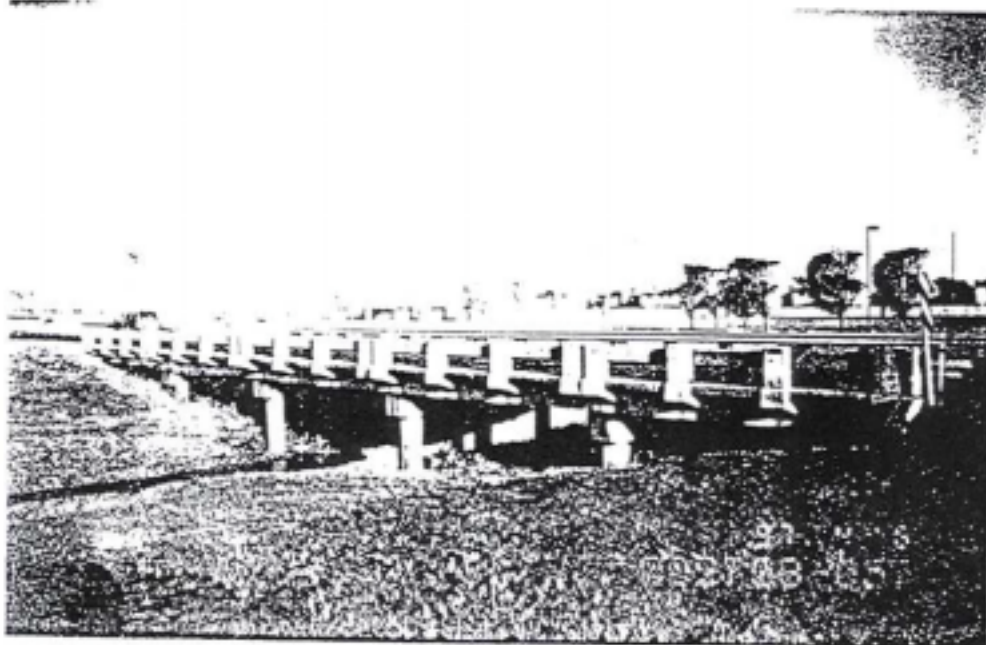
CONTRACT:

STRUCTURE:

Reservoir - West Head

Looking

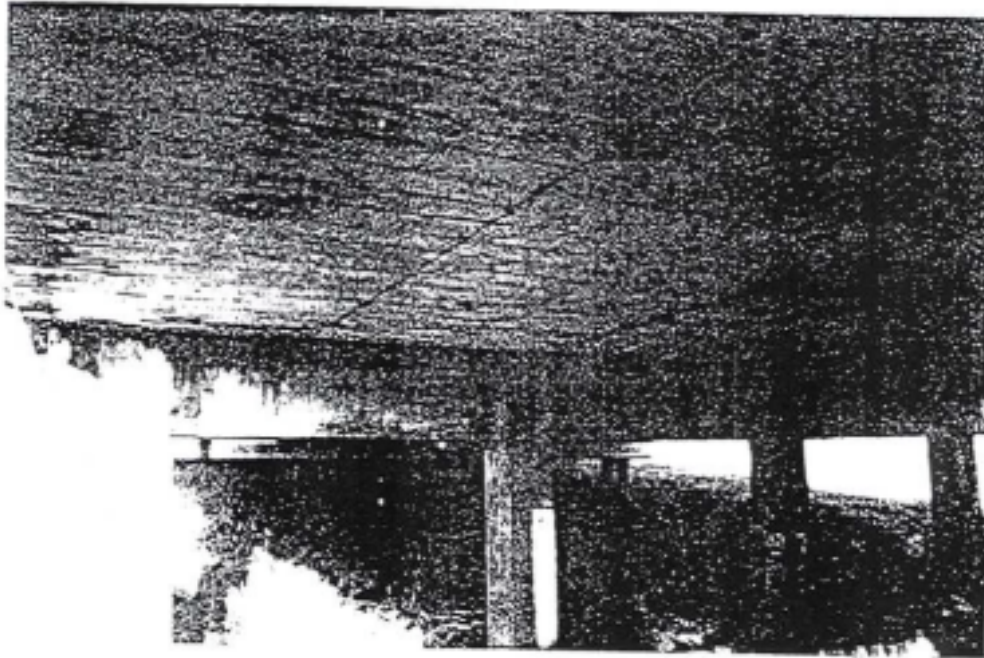
Net



Side Elevation

Looking

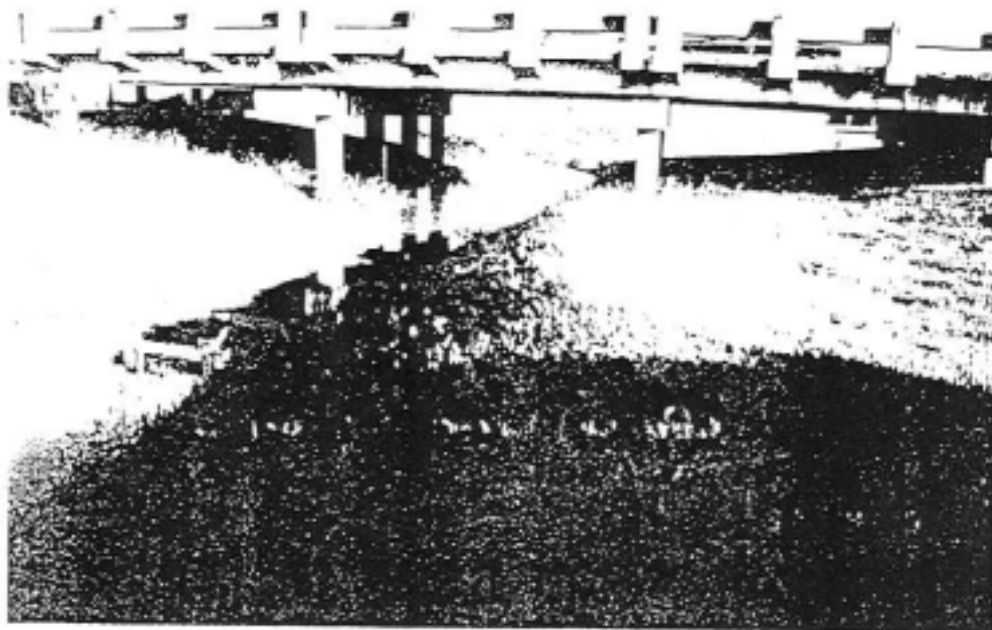
Net



DATE
COUNTY
CONT. SHEET
STRUCTURE

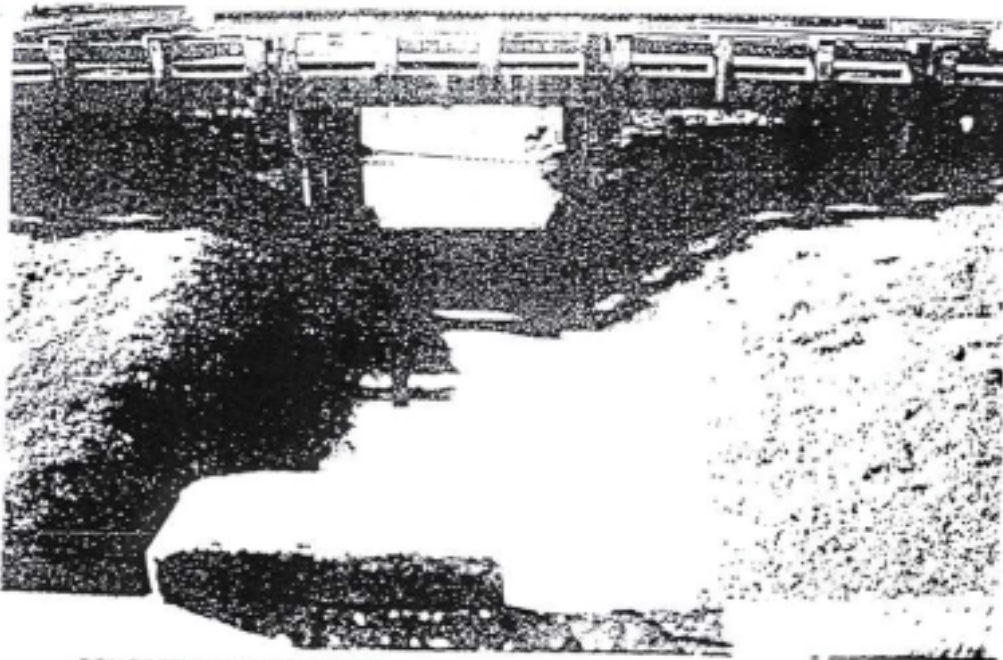
Superstructure
Looking E

NEG. 10 A.D.W.



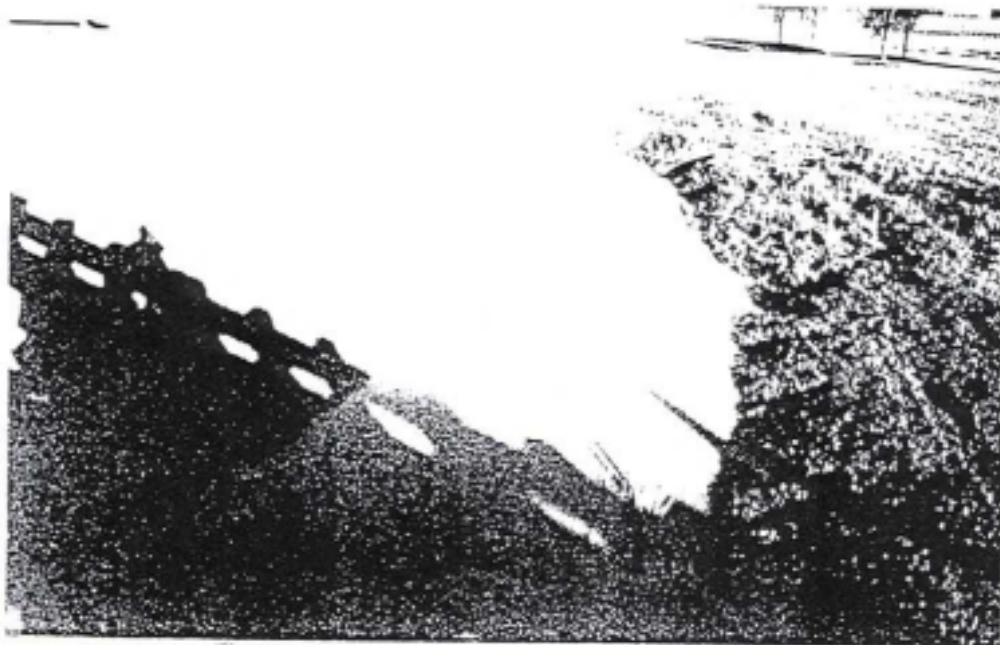
View Under Bridge
Looking SE

NEG. 11



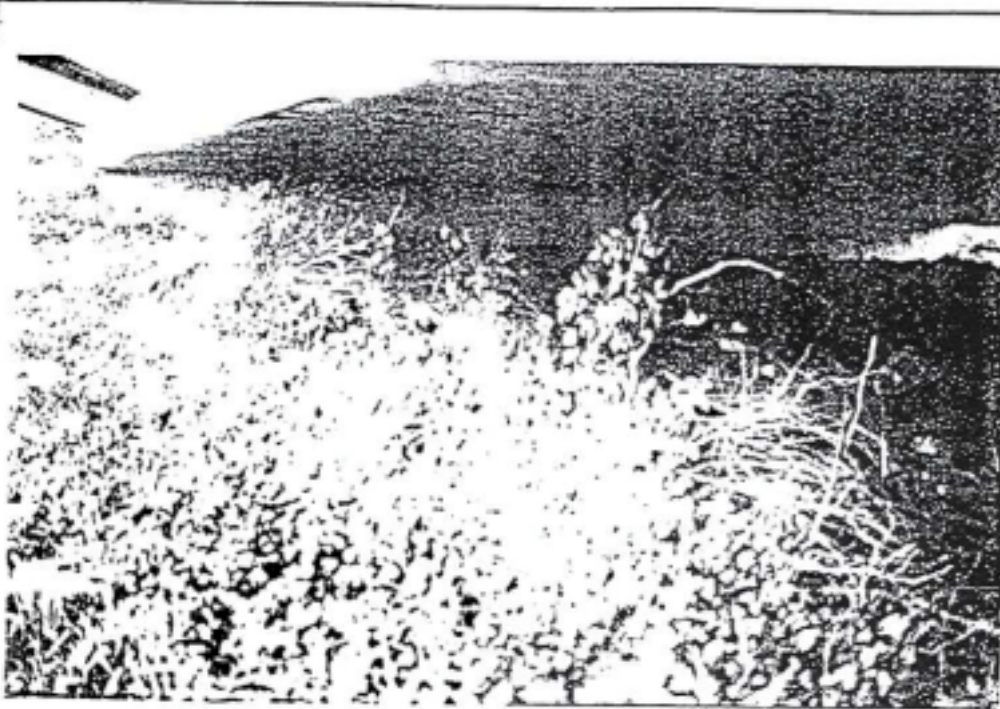
DAT
COUNTY
CON
STRUCTURE
Upstream View
Looking NW

CONCRETE RAIL CRACKED.



Downstream View
Looking SE
NEZ 11 1983

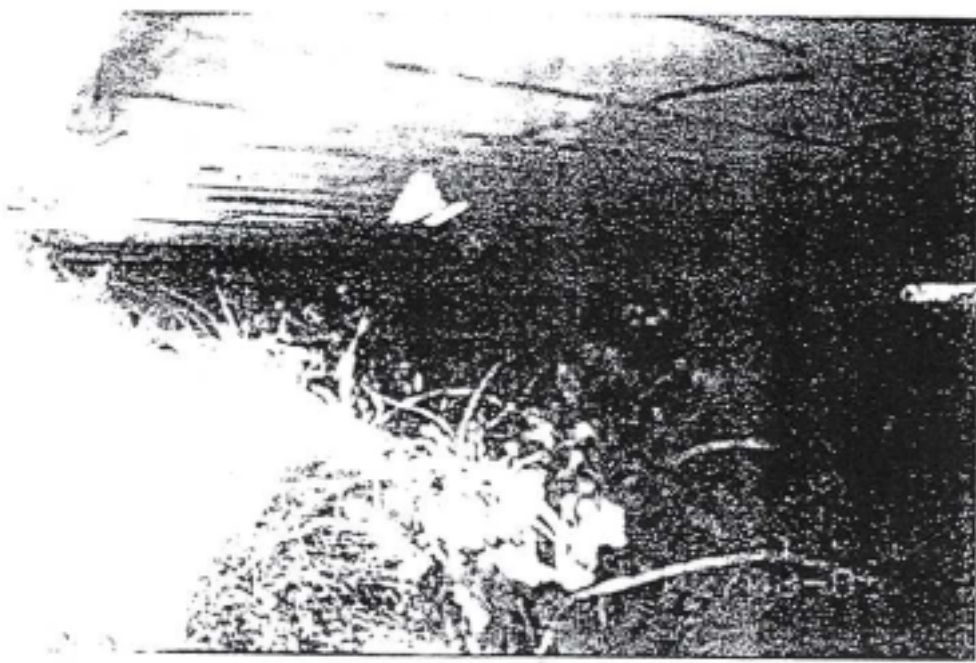
CONCRETE RAIL POST CRACKED.



DATE
COUNTY
CONTRACT
STRUCTURE

West Abattoir
Looking W

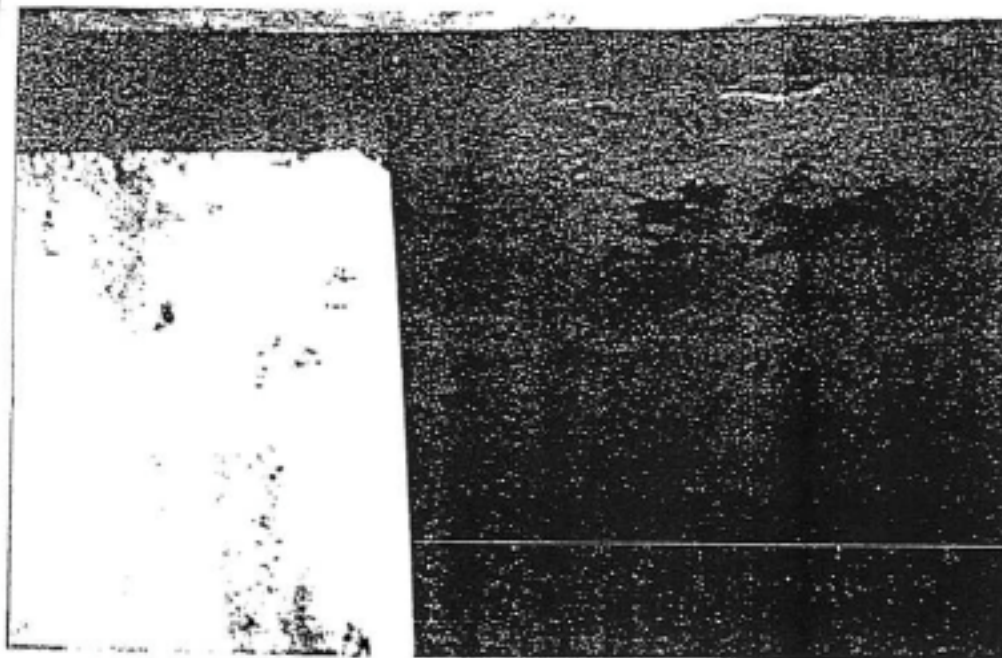
Page 4 of 5



East Abattoir
Looking E

Page 4 of 5

FLAT SLAB HAS DELAMINATIONS ON UNDERSIDE.

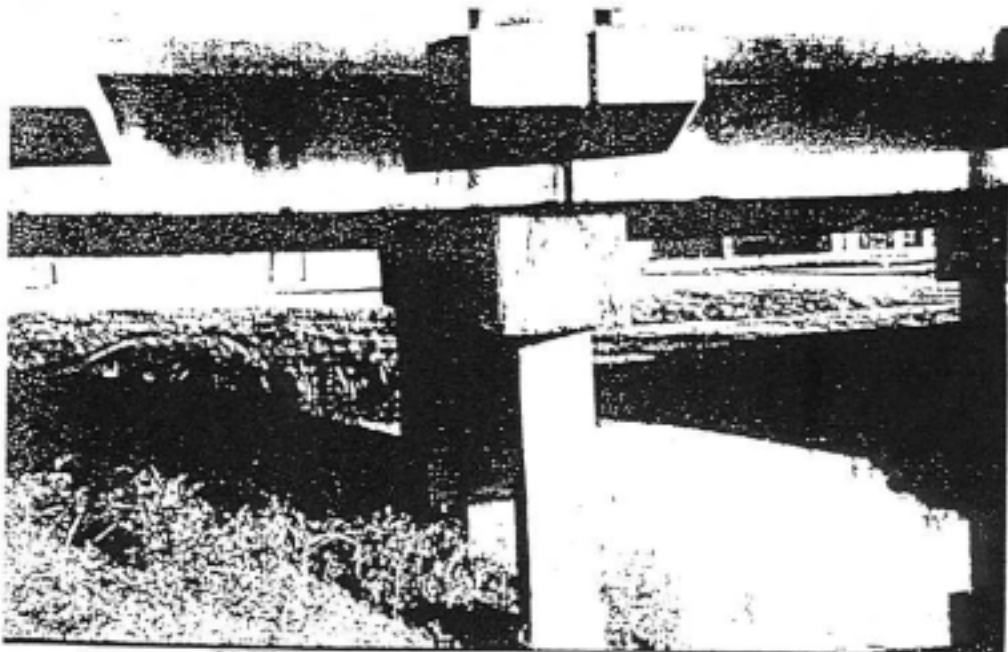


DA
COUNTY
CONT-SEA
STRUCTURE

Looking SE

Neg

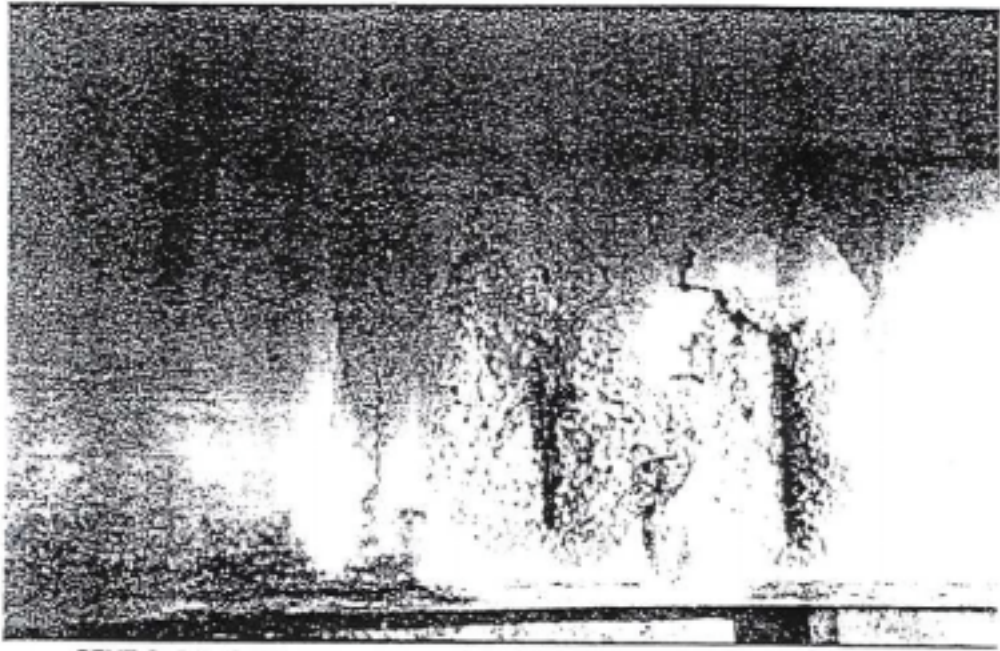
FLAT SLAB HAS CONCRETE DETERIORATION SPALL WITH EXPOSED REBARS.



Looking S

Neg

COLUMN/PILING HAS DRIFT IMPACT SPALL WITH 8% SECTION LOSS. BENT CAP CRACKED. CONCRETE RAIL POST SPALLED WITH EXPOSED REBAR.



DATE:
COUNTY:
CONT-SEX:
STRUCTURE:

Looking W

Net

BENT CAP HAS DELAMINATION AND SPALLS WITH EXPOSED REBARS.

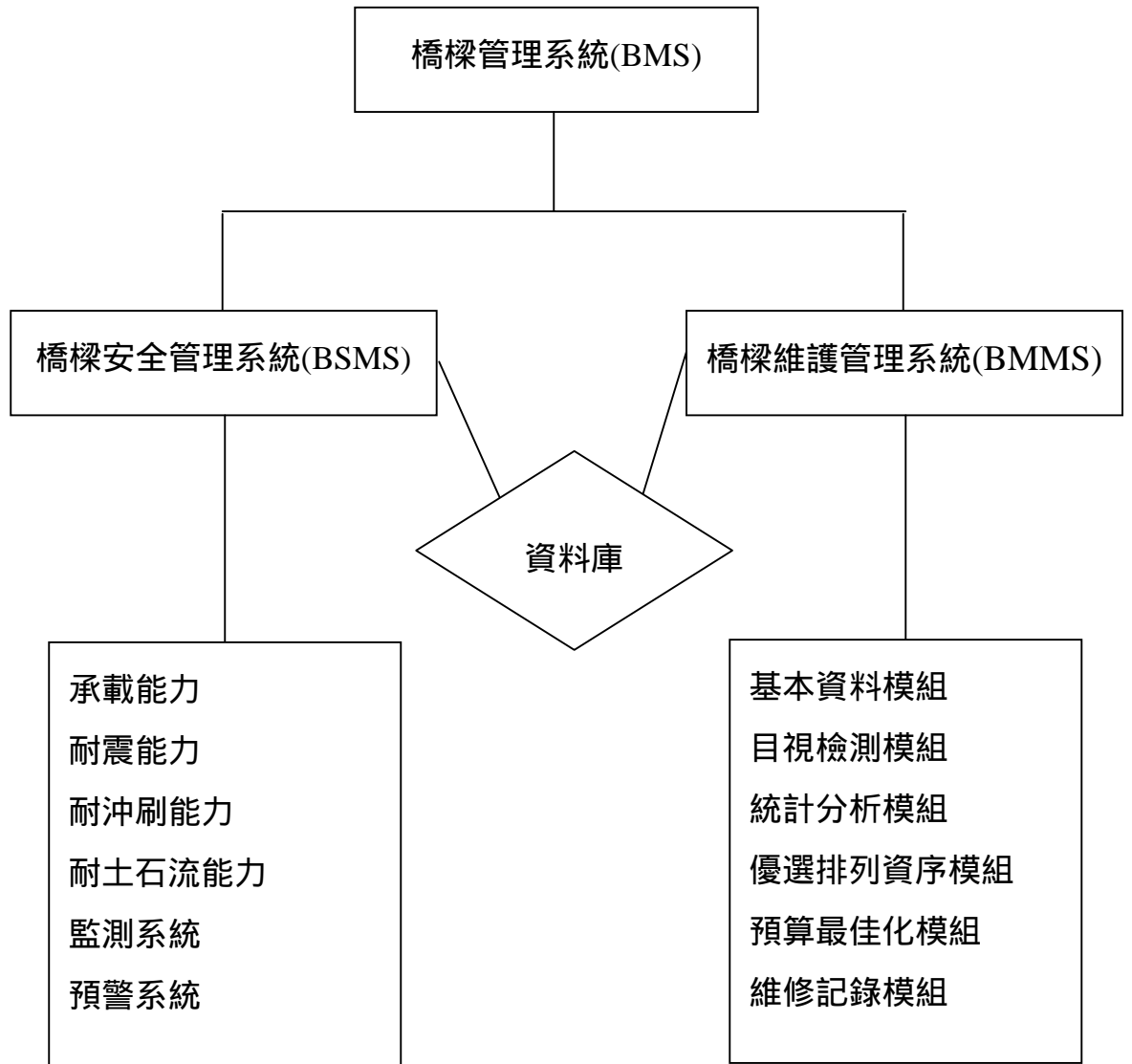
ITEM #	FIELD	CODE	ITEM #	FIELD	CODE	ITEM #	FIELD	CODE
(002-0)	DISTRICT	12	(104-0)	N H S		(104-0)	N H S	1
(003-0)	COUNTY	080	(106-0)	YR RECONSTR		(106-0)	YR RECONSTR	0000
(008-4)	CONTROL	0027	(106-1)	WIDENING CODE		(106-1)	WIDENING CODE	0
(008-5)	SECTION	08	(107-1)	DECK STR TYP MAIN S		(107-1)	DECK STR TYP MAIN S	1
(011-0)	MI-POINT	24894	(108-1)	MAIN SPAN WEAR SF		(108-1)	MAIN SPAN WEAR SF	688
(008-6)	STR. NO	057	(107-2)	STR. TYP MAJ APP SP		(107-2)	STR. TYP MAJ APP SP	NNN
(008-3)	DUPLI. RT OV	0	(108-2)	MAJ. APP SPN WEAR SF		(108-2)	MAJ. APP SPN WEAR SF	NNN
(005-1)	RT. STR FUNCT	1	(107-3)	STR. TYP MIN APP SP		(107-3)	STR. TYP MIN APP SP	NNN
(005-3)	RT. DESIGN	2	(108-3)	MIN. APP SPN WEAR SF		(108-3)	MIN. APP SPN WEAR SF	NNN
(005-2)	RMY. SYS	12	(109-0)	AADT TRK PERCENT		(109-0)	AADT TRK PERCENT	04
(005-4)	RMY. NO	0090	(110-0)	DESIGN NATION NETWK		(110-0)	DESIGN NATION NETWK	1
(005-5)	ROUTE DIR	0	(111-0)	PIER/ABUT PROTECT		(111-0)	PIER/ABUT PROTECT	Y
(011-18)	REF-HKR & DISP	0674	(112-0)	NBIS BRIDGE LENGTH		(112-0)	NBIS BRIDGE LENGTH	8
(004-0)	CITY CODE	00000	(113-0)	SCOUR CRITI BDG		(113-0)	SCOUR CRITI BDG	Q
(006-2)	CRIT BDG	7607	(113-1)	SCOUR VULNERABILITY		(113-1)	SCOUR VULNERABILITY	027700
(011-1)	MFT DATE(PRI)		(114-0)	FUTURE AADT		(114-0)	FUTURE AADT	15
(011-A1)	MFT DATE(IR)		(115-0)	YR OF FUTURE AADT		(115-0)	YR OF FUTURE AADT	0
(010-0)	RT. MIN VERT CLR	9999	(116-0)	MIN. NAVIG VERT CLR		(116-0)	MIN. NAVIG VERT CLR	76.6
(016-0)	LAT. (99D99.9')	29364	(119-0)	COST ORGIN CONSTR		(119-0)	COST ORGIN CONSTR	
(017-0)	LONG(99D99.9')	095399	(120-0)	DEFT / OHSO		(120-0)	DEFT / OHSO	
(019-0)	BYPASS LENGTH	01	(121-0)	SUFF. RATING		(121-0)	SUFF. RATING	
(020-0)	TOLL	3	(122-0)	X-REF PRI RT ID		(122-0)	X-REF PRI RT ID	
(021-0)	MAINT. RESPON	01	(123-0)	STR. FUNC PRI RT		(123-0)	STR. FUNC PRI RT	
(022-0)	OWNER	01	(124-0)	X-REF. IR ID		(124-0)	X-REF. IR ID	
(022-1)	MAINT. SECT NO	08	(125-0)	STR. FUNCT IR		(125-0)	STR. FUNCT IR	
(023-1)	PROJECT TYPE	00	(126-0)	DIST USE...080B 567U (PM)		(126-0)	DIST USE...080B 567U (PM)	N
(023-2)	CONT/SECT/JOB	002708024	(128-0)	OV. HEIGHT		(128-0)	OV. HEIGHT	
(025-0)	FUNCT. CLASS	43	(008-4A)	IR. CONTROL		(008-4A)	IR. CONTROL	
(027-0)	YR ORGIN BUILT	1942	(008-5A)	IR. SECTION		(008-5A)	IR. SECTION	
(028-1)	LANES ON STR	02	(011-A)	IR. MILEPOINT		(011-A)	IR. MILEPOINT	
(028-2)	LANES UNDER STR	00	(008-6A)	IR. STR NO		(008-6A)	IR. STR NO	
(029-0)	AADT	015000	(008-3A)	IR. DUPL. OVER		(008-3A)	IR. DUPL. OVER	
(030-0)	YR OF AADT	95	(005-1A)	IR. FUNCTION		(005-1A)	IR. FUNCTION	
(031-0)	DESIGN LOAD	024	(005-3A)	IR. DESIGNAT		(005-3A)	IR. DESIGNAT	
(032-0)	APPROACH WIDTH	0	(005-2A)	IR. HMY SYS		(005-2A)	IR. HMY SYS	
(033-0)	SKEN	00	(005-4A)	IR. HMY NO		(005-4A)	IR. HMY NO	
(034-0)	STR FLARED	010M	(005-5A)	IR. DIR		(005-5A)	IR. DIR	
(036-0)	TRAF SAFETY FEAT	4	(011-2B)	IR. REF-MKR/DISP		(011-2B)	IR. REF-MKR/DISP	
(037-0)	HISTORICAL SIGNIP	0	(047-A)	IR. HORIZ CLR		(047-A)	IR. HORIZ CLR	
(038-0)	NAVIG CNTRL	0	(010-A)	IR. RT. MIN VERT CLR		(010-A)	IR. RT. MIN VERT CLR	
(039-0)	NAVIG VERT CLR	000	(019-A)	IR. BYPASS LGTH		(019-A)	IR. BYPASS LGTH	
(040-0)	NAVIG HORIZ CLR	0000	(020-A)	IR. TOLL		(020-A)	IR. TOLL	
(041-0)	OPER STATUS	A	(026-A)	IR. FUNCT CLASS		(026-A)	IR. FUNCT CLASS	
(041-1)	LOAD TYPE	NNN	(030-A)	IR. AADT		(030-A)	IR. AADT	
(041-2)	LOAD IN 1000'-3	1126	(029-A)	IR. YEAR		(029-A)	IR. YEAR	
(042-0)	TYPE SERVICE	15	(100-A)	IR. DEF		(100-A)	IR. DEF	
(043-1)	MAIN SPAN TY...		(101-A)	IR. PAR		(101-A)	IR. PAR	
(043-2)	MAJ APP SPAN		(102-A)	IR. DIR		(102-A)	IR. DIR	
(043-3)	MIN APP SPAN		(103-A)	IR. TEM		(103-A)	IR. TEM	
(043-4)	CULVERT TYPE		(104-A)	IR. N		(104-A)	IR. N	
(043-5)	THURRE. TYPE		(109-A)	IR. AA		(109-A)	IR. AA	
			(110-A)	IR. DE		(110-A)	IR. DE	
			(114-A)	IR. FU		(114-A)	IR. FU	

二、橋樑管理系統

1.橋樑管理系統所涵蓋的內容有廣義與狹義之分。廣義之橋樑管理系統包括管理體制的建立、管理方法與準則的研擬，以及電腦管理系統的開發等，甚至應從橋樑生命週期的觀點，進行整體橋樑管理系統的研擬與開發。而狹義之橋樑管理系統則偏向於開發電腦化的橋樑管理資訊系統。

目前世界各國皆積極發展適合該國橋樑維護管理需求之系統化、制度化的橋樑管理系，一般涵括的範圍應為橋樑的整體管理體系與制度，以及實際執行的方法。包括從橋樑規劃、設計、興建到建造完成時基本資料與記錄(包含設計、施工資料、竣工圖、照片等)的整理與建檔保存作業，橋樑使用期間的日常維修養護工作、定期檢測業務，以及橋樑擴建或改善工程，乃至於檢測維護資料的建立與應用等，均為橋樑整體管理體系應涵括的工作。

開發電腦化橋樑管理資訊系統為發展橋樑管理系統必要之一項主要工作，可定名為橋樑管理資訊系統(BMIS)。可分為橋樑安全管理系統(BSMS)與橋樑維護管理系統(BMMS)二者在橋樑管理系統中具有相同重要性，其差異為橋樑安全管理系統著重於橋樑結構的安全與補強；而橋樑維護管理系統則著重於橋樑各構件材料的老化與維修。橋樑安全管理系統，對橋樑結構的穩定與安全有關，以利後續之因應對策研擬與補強預算編列。若發現橋樑在安全上有嚴重的問題，則應立即研擬因應對策，如採取緊急加固補強、設置監測系統或緊急通報系統等措施。若橋樑於定期或在災後進行檢測與評估後，非涉及到橋樑結構安全；而屬於橋樑各構件材料的老化與一般性的劣化維修，則移交由橋樑維護管理系統排入維護工作中。

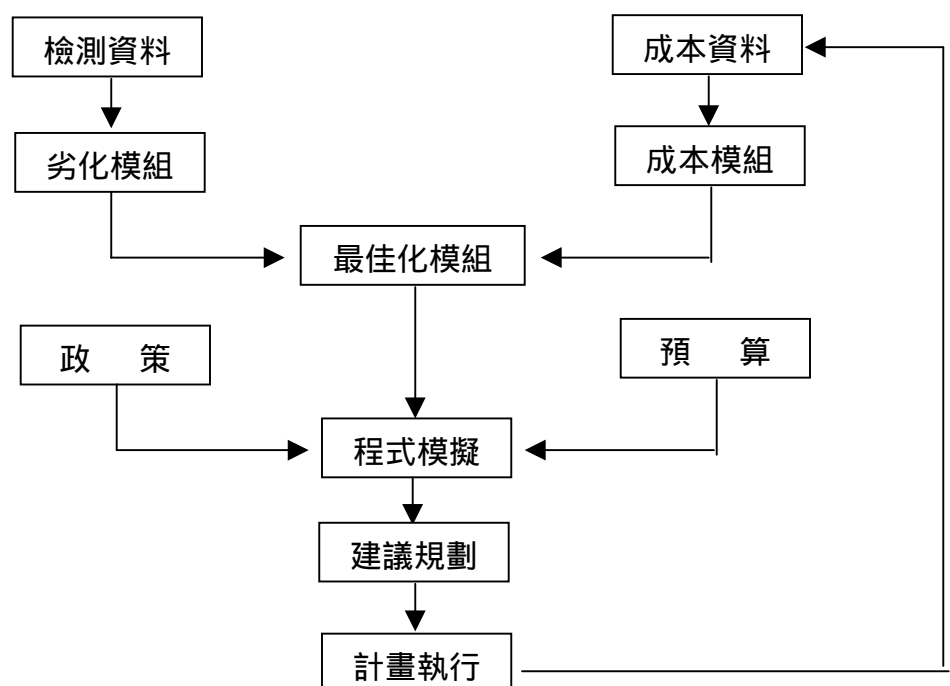


橋樑管理資料系統架構圖

2.全美境內約有超過 550,000 公路橋樑，而半數橋樑建於 1935 年前，其中百分之四十 橋樑有結構上的缺損或功能不彰，PONTIS 是一個完整的橋樑管理系統可用於輔助橋樑管理者建構橋樑資訊網，PONTIS 儲備了橋樑的載重與檢測資料，表格資訊網儲存，用於評估各橋樑需求的修繕政策，及建議各計畫優先性以期在有限經費下達到最佳的效益。PONTIS 是於 1989 受 FHWA 委託發展完成的，而 PONTIS 目前在 AASHTO 授權下被 40 多州的交通機關所使用。

PONTIS 是套完整的橋樑管理系統，使用者可於各階段輸入資料，PONITS 系統儲存了橋樑的載重資料及檢測資料，一旦輸入橋樑檢測資料，PONTIS 即可運用該資料做維修的判定及上報至聯邦政府，PONTIS 統合了公共安全、降低風險、使用者便利及預算、維護，計畫政策及收支控管等，同時 PONTIS 亦提供有系統地存取、修改橋樑資訊網中的資料功能，PONTIS 同時考量維修政策上的成本與效益及改善、更換上的投資。

PONTIS 模組架構





照片 (二十三)



照片 (二十四)

加利福尼州 Department of Transportation Division of Structure
Maintenance and Investigation 檔案室內所有管理的橋樑資料、建造、檢
測維修紀錄經長期完整建立後依序存放。



照片 (二十五)



照片 (二十六)



照片 (二十七)



照片 (二十八)



照片 (二十九)



照片 (三十)



照片 (三十一)



照片 (三十二)



照片 (三十三)



照片 (三十四)



照片 (三十五)



照片 (三十六)



照片 (三十七)



照片 (三十八)



照片 (三十九)



照片 (四十)

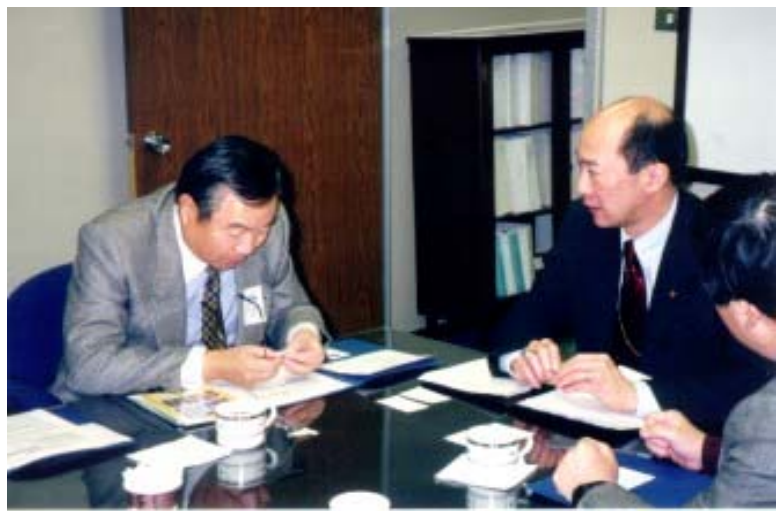


照片 (四十一)

實地勘查休士頓地區之公路橋樑，並由當地承辦橋樑檢測之顧問公司現場說明作業之執行及應注意之重點。圖中部分橋樑有混凝土剝落及鋼筋銹蝕之情形。



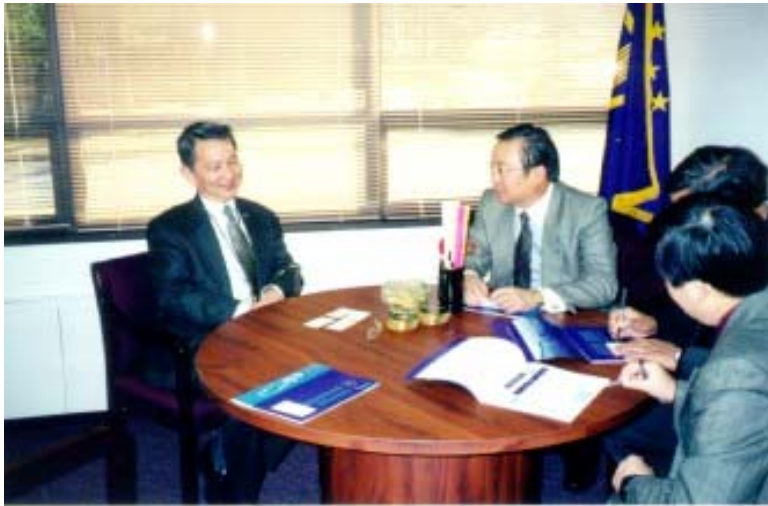
照片 (四十二)



照片 (四十三)



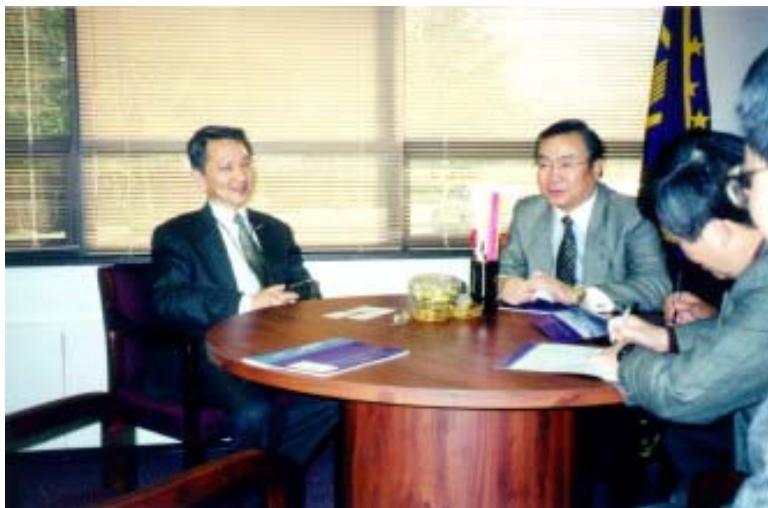
照片 (四十四)



照片 (四十五)



照片 (四十六)



照片 (四十七)



照片 (四十八)



照片 (四十九)



照片 (五十)



照片 (五十一)



照片 (五十二)



照片 (五十三)



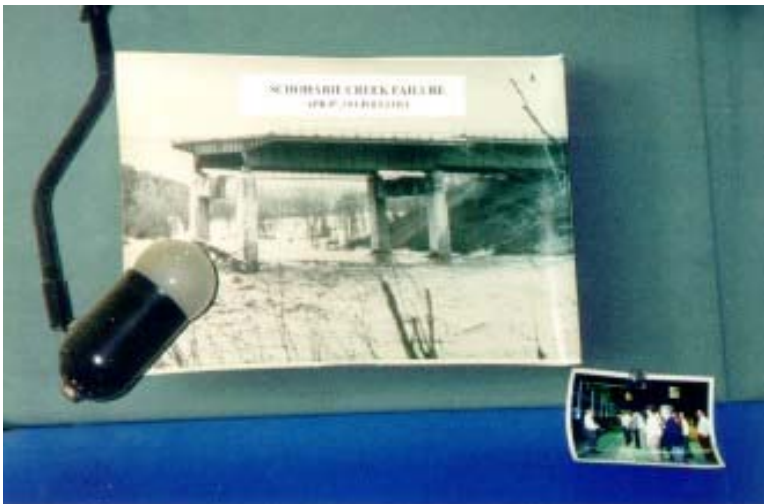
照片 (五十四)



照片 (五十五)

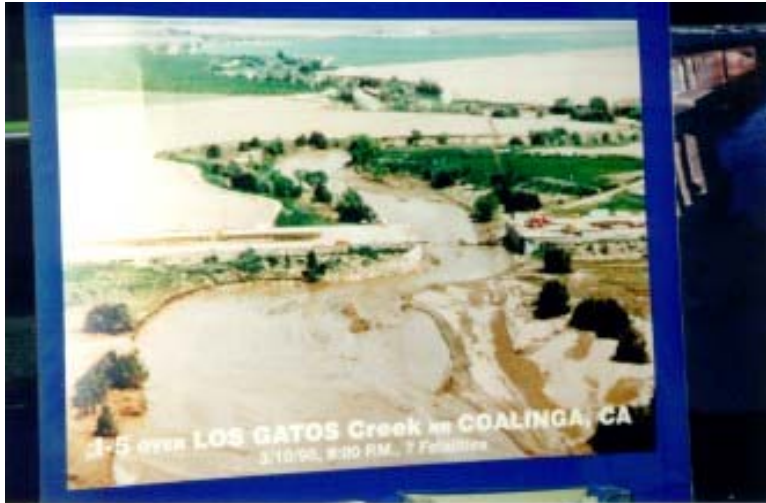


照片 (五十六)



照片 (五十七)

美國 SCHOHARIE CREEK 河
川橋 1987 年 4 月被洪水沖
毀，造成 10 人死亡。

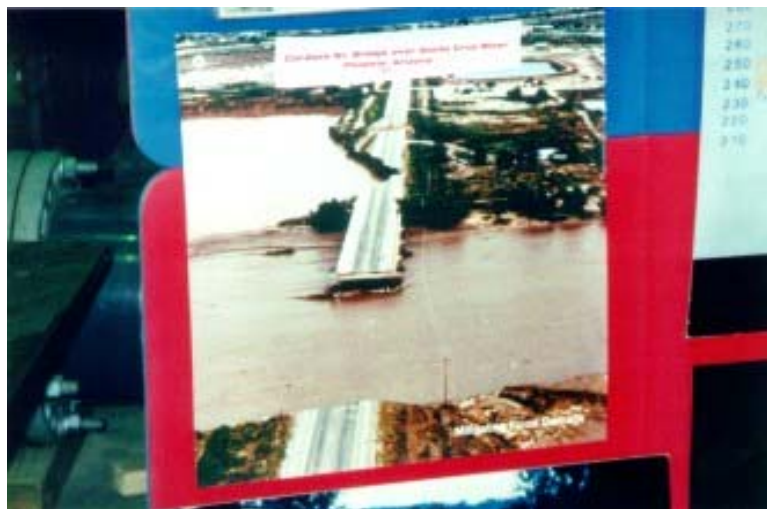


照片 (五十八)

加州公路橋樑遭洪水沖毀



照片 (五十九)



照片 (六十)

美國亞歷桑那州鳳凰城 Cardova ST. Bridge over Santa River 1985 年遭洪水沖毀



作為水工模型試驗之橋基
模型

照片 (六十一)



照片 (六十二)

橋梁載重試驗之製作試驗說明



照片 (六十三)



照片 (六十四)

橋梁檢測試驗說明



照片 (六十五)

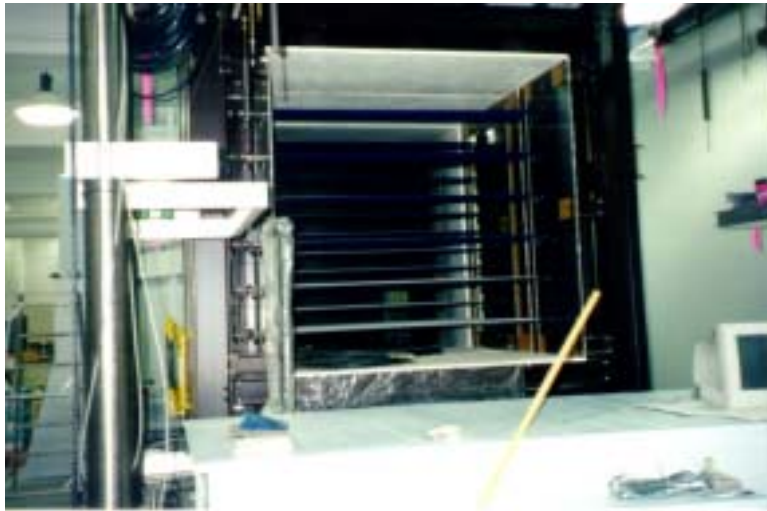


照片 (六十六)

空氣動力試驗之橋梁製作模型



照片 (六十七)



風洞試驗

照片 (六十八)



照片 (六十九)



照片 (七十)



照片 (七十一)



照片 (七十二)



照片 (七十三)



照片 (七十四)



照片 (七十五)

紐約地區常見之鋼橋，橋齡甚長，維修保養不易。



照片 (七十六)



照片 (七十七)



照片 (七十八)

約市南端 Raritan River Bridge, 為 Garden State Parkway (Between Ext 125-127) 跨越 Raritan River 之大橋，跨徑及高度均屬可觀，惟年代已久，正在進行橋樑加固補強施工中。

伍、感言與建議

- 一、台灣地質較脆弱且易斷裂崩塌，且山坡地又過度開發，水土保持失去平衡，每逢颱風地震均可能發生土石流，破壞力特強，故宜全面調查易造成土石流之地方，加以整治，並做監測預警系統，以維民眾生命財產安全。
- 二、美國對橋梁管理系統，包括基本資料、目視檢測、統計分析、修建之優先排列、預算編列、維修等各項紀錄之模組相當完整且具成效，其由下而上的管理系統可作為國內借鏡。
- 三、橋梁監測在於評估紀錄各橋梁構件是否安全，以適時提供預警，必要時並裝設監測預警系統，以確保人車安全。
- 四、國內橋梁劣化及外在因素已陸續顯現，以往橋梁「重新建、輕養護」之政策，宜予改變。
- 五、建議中央相關機關邀請各界專業人才研議「橋梁安全管理規劃」、「公路橋梁安全檢測」、「河床保護工法作業手冊」等，俾利相關橋梁管理單位有可遵循。