

第六章 高速公路橋梁延壽評估案例

6.1 草擬橋梁延壽評估作業程序

本研究為了橋梁延壽評估於將來現場執行單位便利使用，本章節將綜合第三、四、五章論述，將整體橋梁延壽專案評估建立一完整之作業流程以及各項流程中所需執行項目、實際執行工作、需求資訊以及使用者層級觀念，以條列式方式列出，目的使使用者能快速上手而利用，將由下小節一一敘述：

6.1.1 工作目標界定

本研究定義橋梁延壽為「評估橋梁歷史紀錄與橋梁現況，進而確保橋梁在使用者制定之功能門檻值內的服務水準達到安全需求而進行的工作。」。執行作法為在橋梁維護管理工程觀念下，研擬延壽評估流程，確定橋梁進行維護、整治的時機，進而發展健全橋梁延壽紀錄之系統。為本研究最大執行目標。

根據本研究執行方向以及結合維護管理觀念，本研究列出在實際延壽過程中，認為所需準備之工作項目、執行方法與需求資料和建議使用者的條件，如下表 6.1 所示。

表 6.1 本研究橋梁延壽評估專案工作項目表

維管階段	延壽階段	工作項目/所需資料	使用者層級
資料建檔	橋梁資料建檔	1.基本資料(所在位置、橋梁編碼、結構型式)	維護、管理層級
		2.設計圖說、幾何圖說	維護、管理層級
		3.歷年 DERU 資料	維護、管理層級
		4.歷年養護項目、預算	維護、管理層級
		5.橋梁補強、拓寬資料	維護、管理層級
		6.相關研究報告	維護、管理層級

序選分析	結構初步檢測	1.BMS 系統 DERU 資料	維護、管理層級
		2.服務性構件 PI 值(CH. 4)	維護、管理層級
		3.結構性構件 PI 值(CH. 4)	維護、管理層級
	現況評估	1.重要性評分表格(附錄二)	維護、管理層級
		2.地震潛勢評分表格(附錄一)	維護、管理層級
		3.沖刷潛勢評分表格(附錄一)	維護、管理層級
		4.耐久性評分表格(附錄一)	維護、管理層級
		5.地震判斷流程圖(CH. 4)	維護、管理層級
		6.沖刷判斷流程圖(CH. 4)	維護、管理層級
		7.耐久性判斷流程圖(CH. 4)	維護、管理層級
		8.混凝土詳細檢測流程圖(CH. 4)	維護、管理層級
		9.歷史災損報告	維護、管理層級
		10.歷史檢測報告	維護、管理層級
	可能維修選項	1.本研究判斷流程圖(CH. 4)	維護、管理層級
		2.選取維修構件	維護、管理層級
決定維修策略	1.橋梁綜合性指標表格(CH. 4)	維護、管理層級	
	2.非破壞檢測技術(後續研究)	維護、管理層級	
	3.新工法技術、預算(後續研究)	維護、管理層級	
策略規劃	維修優選	1.維修最佳化模式(CH. 5)	管理層級
		2.檢測時程最佳化(後續研究)	管理層級
		3.建立生命週期成本曲線(CH. 5)	管理層級
	預算限制考量	1.歷年養護預算	管理層級
		2.當年養護預算	管理層級
3.生命週期成本分析(後續研究)		管理層級	
維修計畫最佳化	--	管理層級	
執行驗效	執行	1.進行維修	維護層級
		2.績效評估(後續研究)	管理層級

6.1.2 評估步驟

依據上表 6.1 所示，擬定橋梁延壽評估流程如圖 6.1 所示。

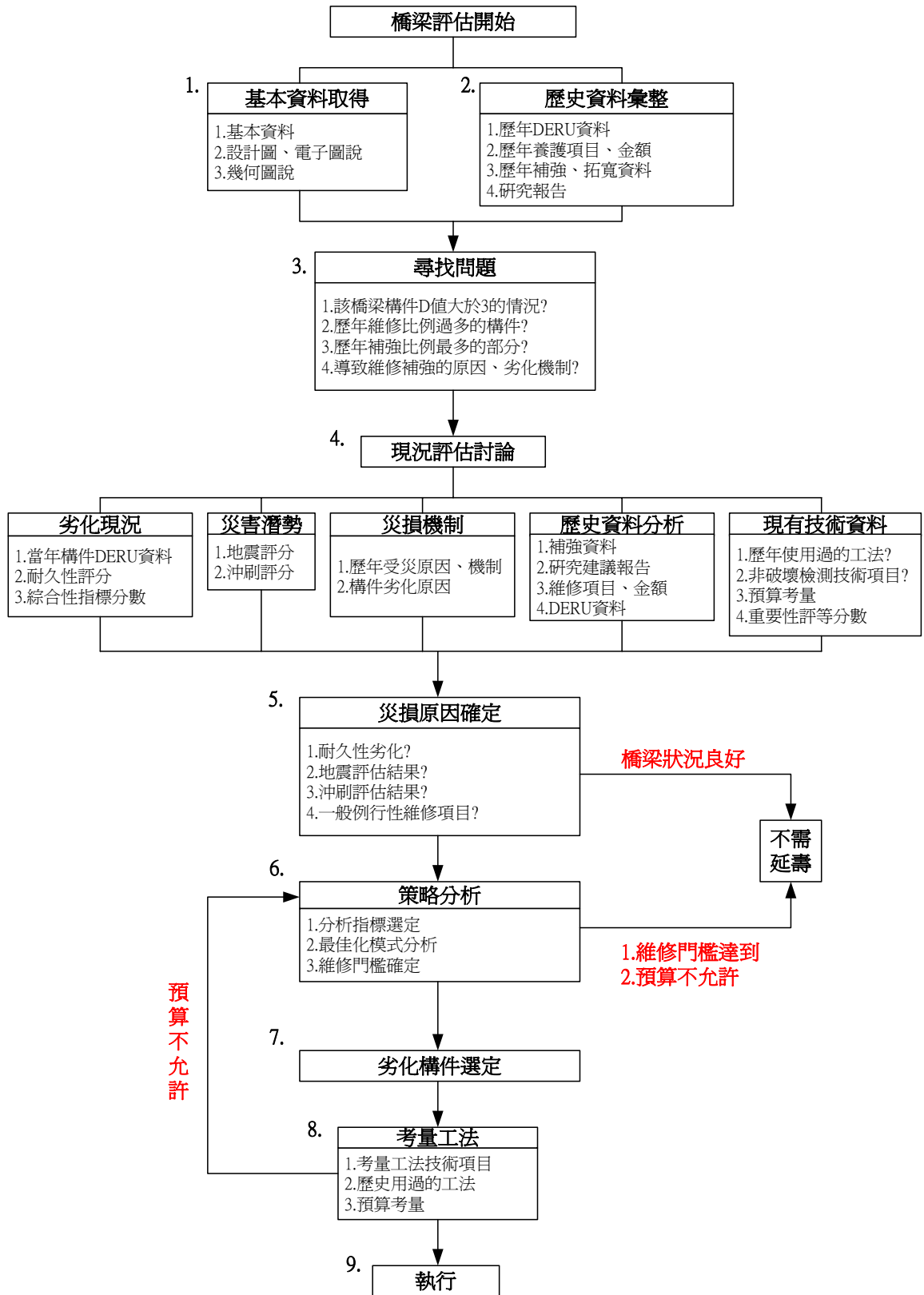


圖 6.1 案例評估流程步驟圖

評估步驟流程：

1.基本資料取得

收集橋梁基本資料，包括所在位置、結構型式、建造年代...等。其欄位可參考本研究之整理編碼表 4.4 所示，不足者可利用橋梁管理系統內欄位說明補齊；並且收集該分析橋梁設計圖、施工圖與竣工圖等，目的了解該座橋梁之所在區域、使用工法、構件結構型式作為日後分析之用。本研究為考量現場使用人員的便利性，在每一步驟製作延壽評估基本檢定表。其基本資料檢定表如下表 6.2 所示：

表 6.2 基本資料檢定表

	資料收集項目	檢定(有其資料者打 V)
1.基本資料	1.BMS 橋梁基本資料欄位	<input type="checkbox"/>
	2.橋梁基本資料編碼表(本研究加入表 4.4)	<input type="checkbox"/>
	3.設計圖	<input type="checkbox"/>
	4.施工圖	<input type="checkbox"/>
	5.竣工圖	<input type="checkbox"/>
	6.各構件幾何圖說	<input type="checkbox"/>
	7.其他 _____	<input type="checkbox"/>

2.歷史資料彙整

歷年檢測資料可利用 BMS 內所提供之歷年 DERU 資料，並收集 BMS 內歷年該座橋梁構件維修項目與數量，金額必須現場工務段人員提供，除歷年檢測維修資料收集外，並彙整該橋梁歷年有維修補強工程報告或檢測報告，或者相關之研究報告。目的輔助了解該座橋梁歷年受災原因以及劣化項目，以供後續分析之用。其歷史資料檢定表如下表 6.3 所示。

表 6.3 歷史資料檢定表

		資料收集項目	檢定(有其資料者打 V)
2.歷史資料	1.BMS 歷年 DERU 檢測資料		<input type="checkbox"/>
	2.BMS 歷年維修項目資料、數量		<input type="checkbox"/>
	3.BMS 歷年維修項目金額		<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有
	4.歷年補強拓寬報告		(1)
			(2)
			(3)
			(4)
			<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有
	5.相關研究報告		(1)
			(2)
			(3)
			(4)
6.其他 _____		<input type="checkbox"/>	

3.尋找問題

此步驟主要尋找的問題可分為：(1)該橋梁構件 D 值大於 3 的情形；(2)歷年維修比例過多的構件；(3)歷年維修補強工程的項目為何；(4)導致補強維修的原因、劣化機制。其問題檢定表如下表 6.4 所示。

表 6.4 橋梁問題檢定表

3.尋找問題	初步評估問題(歷年)	檢定(有其資料者打 V)		
	3.尋找問題	1.有無 D 值大於 3 構件	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有	
構件編號			構件	D 值
2.有無維修比例過多構件(BMS)		<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有		
		維修編號	維修項目	維修比例
3.歷年補強工程最多之問題		構件位置	補強原因	補強方式
4.初步判定受損機制	耐久性	地震	沖刷	
4-1 鋼筋腐蝕				
4-2. 材料老劣化				
4.3 耐震能力不足				
4.4 沖刷問題				
5.其他				

4.現況評估討論

此步驟為延壽評估之主要工作項目，施行的工作可分為五大細項：

(1) 劣化現況

討論當年目視檢測資料構件劣化的情形，檢視方法為求快速，僅檢視 D 值大於 3 構件即可；並且做耐久性評分表格，以及服務性、結構性 DERU 值之 PI 值，初步了解構件劣化情形。

(2) 災害潛勢

對該橋梁作地震、沖刷潛勢評分，了解該座橋梁災害潛勢之現況。

(3) 災損機制

依據上述資料分析後，初步討論該座橋梁劣化原因、災損機制，釐清為橋梁本身結構性問題，還是因所處環境造成，並配合歷史資料綜合判定。

(4) 歷史資料分析

結合步驟一、二所收集之資料，針對補強報告、檢測報告、維修構件記錄以及相關研究報告，和上述評分結果，綜合討論該座橋梁的現況。

(5) 現有技術資源

在綜合上述災損評估後，考量歷史所針對該座橋梁所使用過的工法、金額；以及如需做進一步詳細評估，所需使用的非破壞檢測技術為何；並且作一重要性評等分數。

其現況評估檢定表如下表 6.5 所示。

表 6.5 現況評估檢定表

4.現況評估	1.劣化現況	項目		評分
		結構性構件 PI 值		
		服務性構件 PI 值		
	耐久性評分			
	2.災害潛勢	項目	評分	等級
		地震潛勢評估		
		沖刷潛勢評估		
	3.災損機制	構件位置	受災/劣化原因	
	4.現有技術資源	檢測構件	檢測技術	預估費用(元)
	5.優選排列	項目	評分	等級
重要性評等				
綜合性指標				

5. 災損原因確定

經由步驟四之初步評估後，依據材料耐久性分數、地震潛勢分數、沖刷潛勢分數、重要性評等分數以及 DERU 值、歷年報告和研究，確定災損原因。其災損原因檢定表如下表 6.6 所示。

表 6.6 災損原因檢定表

5. 災損原因	判定維修(本研究評估流程 ch4)			
	<input type="checkbox"/> 無需維修		<input type="checkbox"/> 有需維修	
	構件名稱	災損項目	原因	維修類別
				一般性維修
				需詳細檢測
	其他			

6. 策略分析

此依步驟主要工作為，在步驟五確定災損原因後，建立綜合性指標，建立最佳化模式分析，以及在此步驟使用者必須考量如做維修時之最佳門檻為何，最後定出符合該座橋梁生命週期成本上之最佳化維修門檻。其策略分析檢定表如下表 6.7 所示。

表 6.7 策略分析檢定表

6. 策略分析	最佳化模式分析	使用者界訂門檻 _____		
		分析指標	分析年度	最佳門檻
		地震評分		
		綜合性指標		
	最佳檢測時程分析	檢測技術	檢測頻率	最佳時程

7. 劣化構件選定

如決策者決定進行維修，此時選取欲做維修或補強的橋梁構件。

8. 考量工法

在維修構件選定後，此時可參考過去維修補強的紀錄之工法，以及現行有無新技術工法的選用，預算的考量，最後綜合評估出獄維修構件之方法。

9. 執行

綜合上述評估後，最後進行執行預算編列，進行維修或補強。其延壽執行檢定表如下表 6.8 所示。

表 6.8 延壽執行檢定表

計畫工程	養護單位：_____ 所在縣市：_____		
	維修/檢測/補強內容		
	<input type="checkbox"/> 詳細檢測 <input type="checkbox"/> 一般性維修 <input type="checkbox"/> 補強 <input type="checkbox"/> 置換 <input type="checkbox"/> 重建 其他 _____		
	構件/橋梁	項目	預估金額
	分期計畫		
	年度	工程項目	所需經費
	總計		
	填表人		

綜合上述，本研究結合上述各表，整理成橋梁延壽評估流程檢定表，如下表 6.9 所示，目的是便於工程師在執行橋梁評估時能快速上手。

表 6.9 橋梁延壽評估總表

受檢橋梁		填表時間			
養護單位： _____ 所在縣市： _____					
維修/檢測/補強內容					
<input type="checkbox"/> 詳細檢測 <input type="checkbox"/> 一般性維修 <input type="checkbox"/> 補強 <input type="checkbox"/> 置換 <input type="checkbox"/> 重建 其他 _____					
計畫工程	構件/橋梁	項目	預估金額		
	分期計畫				
	年度	工程項目	所需經費		
	總計				
	填表人				
	評估流程				
1.基本資料	資料收集項目		檢定(有其資料者打 V)		
	1.BMS 橋梁基本資料欄位		<input type="checkbox"/>		
	2.橋梁基本資料編碼表(本研究加入表 4.4)		<input type="checkbox"/>		
	3.設計圖		<input type="checkbox"/>		
	4.施工圖		<input type="checkbox"/>		
	5.竣工圖		<input type="checkbox"/>		
	6.各構件幾何圖說		<input type="checkbox"/>		
	7.其他 _____		<input type="checkbox"/>		
2.歷史資料	資料收集項目		檢定(有其資料者打 V)		
	1.BMS 歷年 DERU 檢測資料		<input type="checkbox"/>		
	2.BMS 歷年維修項目資料、數量		<input type="checkbox"/>		
	3.BMS 歷年維修項目金額		<input type="checkbox"/>		
	4.歷年補強拓寬報告	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 (1) _____ (2) _____ (3) _____ (4) _____			
		5.相關研究報告	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 (1) _____ (2) _____ (3) _____ (4) _____		
			6.其他 _____		<input type="checkbox"/>
			3.尋找問題		檢定(有其資料者打 V)
			初步評估問題(歷年)		<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有
	1.有無 D 值大於 3 構件	構件編號	構件	D 值	
2.有無維修比例過多構件(BMS)	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 維修編號 維修項目 維修比例				
3.歷年補強工程最多之問題	構件位置	補強原因	補強方式		

	4.初步判定受損機制	耐久性	地震	沖刷	
	4-1 鋼筋腐蝕				
	4-2. 材料老劣化				
	4.3 耐震能力不足				
	4.4 沖刷問題				
	5.其他				
4.現況評估	1.劣化現況	項目		評分	
		結構性構件 PI 值			
		服務性構件 PI 值			
		耐久性評分			
	2.災害潛勢	項目		評分	等級
		地震潛勢評估			
		沖刷潛勢評估			
	3.災損機制	構件位置	受災/劣化原因		
	4.現有技術資源	檢測構件	檢測技術	預估費用(元)	
5.優選排列	項目		評分	等級	
	重要性評等				
	綜合性指標				
5.災損原因	判定維修(本研究評估流程 ch4)				
	<input type="checkbox"/> 無需維修 <input type="checkbox"/> 有需維修				
	構件名稱	災損項目	原因	維修類別	
				一般性維修	
				需詳細檢測	
	其他				
6.策略分析	使用者界訂門檻				
	最佳化模式分析	分析指標	分析年度	最佳門檻	
		地震評分			
		綜合性指標			
	最佳檢測時程分析	檢測技術	檢測頻率	最佳時程	

6.2 圓山橋

圓山橋位於中山高速公路 23K+876.809，跨越基隆河，其立面圖如圖 6.2 所示。本橋全長 671m，跨徑配置為 75m + 150m + 142.5m + 142.5m + 118m + 43m，橋面總寬為 34.6m。本橋採節塊懸臂式施工，上部結構為三室預力混凝土箱型樑，下部結構為鋼筋混凝土構造物， P_A 、 P_B 、 P_E 採用預力混凝土基樁， P_N 、 P_S 採用反循環鑽掘樁， P_C 、 P_D 採用掘井式基礎。

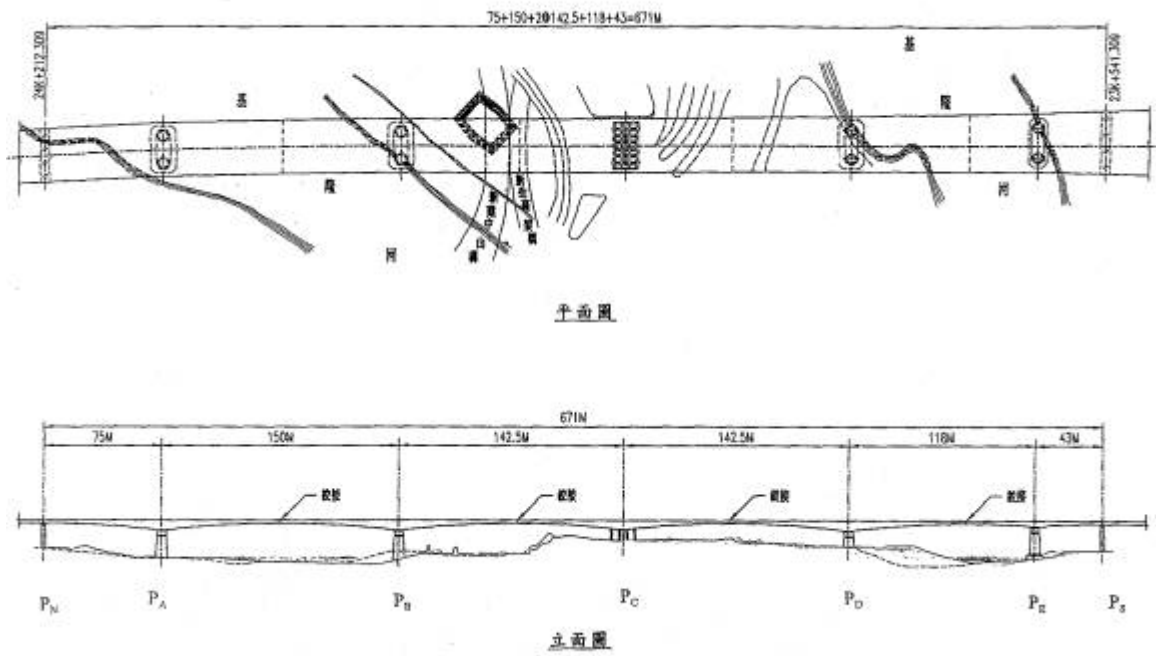


圖 6.2 圓山橋平面、立面圖

本研究將根據維護管理四大步驟以及上節所述流程評估該橋，而此次研究著重於橋梁延壽評估流程示範，因而以下案例介紹著重於第一、二步驟資料建檔、序選分析部份；第三步驟策略分析本研究採之最佳化模式分析以及執行驗收最後階段，將再最後一節結合四座案例橋綜合示範。

6.2.1 資料建檔

步驟 1. 基本資料收集

橋梁基本資料依據台灣地區橋梁管理系統與現地工程師所提供之資料，填表方式依據本研究所建置之編碼評估表格，所需之欄位與資料如下：

1. 管理機關：交通部國道高速公路局
2. 工程處：北區工程處
3. 工務段：內湖工務段
4. 公路編號：國道一號
5. 道路方向：南北向
6. 里程數：023K+877~024K+548 (總長 671m)
7. 服務功能：主線車道
8. 所在位置：基隆河
9. 建造年代：1977 年
10. 設計規範：交通部公路橋梁工程設計規範(民國 49-76 年)
11. 設計原則：無韌性設計
12. 地盤種類：台北盆地

橋梁結構形式依據圓山橋施工報告書與竣工圖，結合本研究所建置之編碼表格所需欄位資料如下：

1. 主梁材質：預力鋼筋混凝土
2. 上部結構：多跨箱型橋
3. 伸縮縫：壓縮式伸縮縫
4. 支承型式：無
5. 止震塊：無
6. 橋墩型式：單柱式
7. 橋台型式：樁排架式

8. 基礎型式：直接基礎
9. 結構工法：懸臂場鑄預力混凝土節塊推進工法

依據上述資料所建立之編碼表格，如附錄一所示。由附錄中可知圓山橋基本資料、結構形式、結構工法編碼如下：

1. 基本資料(等級一)編碼：N0010ABR-023877- R-77-B-N-4
2. 結構形式(等級二)編碼：PC-S-1BB-CJ-NO0-U-CTPB-F-FS

步驟 2. 歷史資料彙整

歷史資料彙整主要區分為橋梁歷史目視檢測資料、歷年修復資料與歷年補強資料：

一、目視檢測資料

目視檢測資料擷取台灣地區橋梁管理系統中自 1997 年 1 月到 2004 年 11 月，一年分兩筆檢測資料，共計 8 筆資料，由於資料並不是每年都記錄詳細，且依據現場工程師說法，每次檢測並不是每個構件均有施作，所以取得相當不易。本研究分析方法為提取橋梁 20 個構件歷年有紀錄之 D 值，作一彙整分析。各構件項目與 D.E.R. 評等方法見表 6.10 與表 6.11 所示。

表 6.10 D.E.R 評等法目視檢測項目

項次	檢查項目	項目分類	項次	檢查項目	項目分類
1	引道路堤	A、B 兩端	12	橋墩保護設施	逐橋墩
2	引道護欄	A、B 兩端	13	橋墩基礎	逐橋墩
3	河道	單項	14	橋墩墩體	逐橋墩
4	引道路堤保護措施	A、B 兩端	15	支承墊	逐橋墩/橋台
5	橋台基礎或沉箱	A、B 兩端	16	止震塊/防震拉桿	逐橋墩/橋台
6	橋台	A、B 兩端	17	伸縮縫	逐橋墩
7	翼牆/擋土牆	A、B 兩端	18	主構件(大樑)	逐橋孔
8	摩擦層	單項	19	副構件(橫隔樑)	逐橋孔
9	橋面版排水設施	單項	20	橋面版、鉸接版	逐橋孔
10	緣石及人行道	單項	21	其他	單項
11	欄杆及護欄	單項	備註：如為連續橋面，則無伸縮縫項目		

表 6.11 D.E.R 評等法之評估準則

	0	1	2	3	4
程度(D)	無此項目	良好	尚可	差	嚴重損害
範圍(E)	無法檢測	小於 10%	小於 30%	小於 60%	超過 60%
影響性(R)	無法判定重要性	微	小	中	大
急迫性(U)	無法判定急迫性	例行維護	3 年內	1 年內	緊急處理維修

各構件歷年之 D 值整理分別分為 D=1~D=4 依上部、下部構件將歷年有檢測資料紀錄的，如圖 6.3~圖 6.10 所示，圖中 x 座標為各構件名稱；y 座標為歷年時間；z 座標為各構件在當年 D 值所佔的比例。

1. 圖中顯示圓山橋各構件檢測資料 D=1(系統內定值)、D=2 所佔比例居多，但會隨著年期增加而數量遞減，這與定期或不定期之維修修復有關。

2. 在 D=2(劣化程度尚可)統計中，上部構件橋面版與伸縮縫在 1997~2002 年間劣化有逐年下降之趨勢，這意味著此構件劣化程度反應在其他的劣化程度中(有可能在 D=1 或 D=3 中)，不過在 2003 年之後，此劣化現象又有上升之趨勢(如圖 6.5)；下部構件橋墩墩體之劣化程度就有逐年下降的趨勢。
3. D=3(劣化程度差)的比例，上部結構均落在伸縮縫與橋面排水設施兩構件中；伸縮縫從 2001~2003 年間劣化程度的比例似乎較高且沒有下降的趨勢，而橋面排水設施因屬橋梁附屬設施，在 2000 年時，幾乎有全面劣化的情形。而下部構件，以歷年來看，橋墩墩體是發生次數最多的也代表著圓山橋大多的檢測問題均發生在伸縮縫與橋墩墩體方面的。
3. 圓山橋在歷年的檢測資料來看，是沒有發生 D=4(嚴重裂化)的情形，可能這與有做定期檢測維修修復工有關，而降低嚴重裂化的發生性。

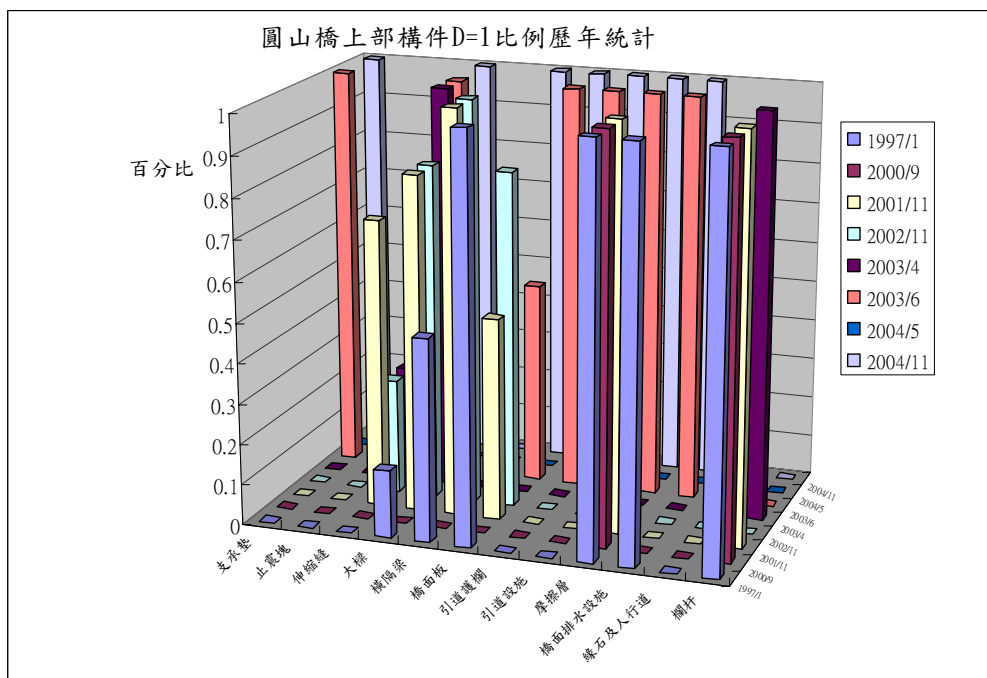


圖 6.3 圓山橋歷年 D=1 上部構件統計圖

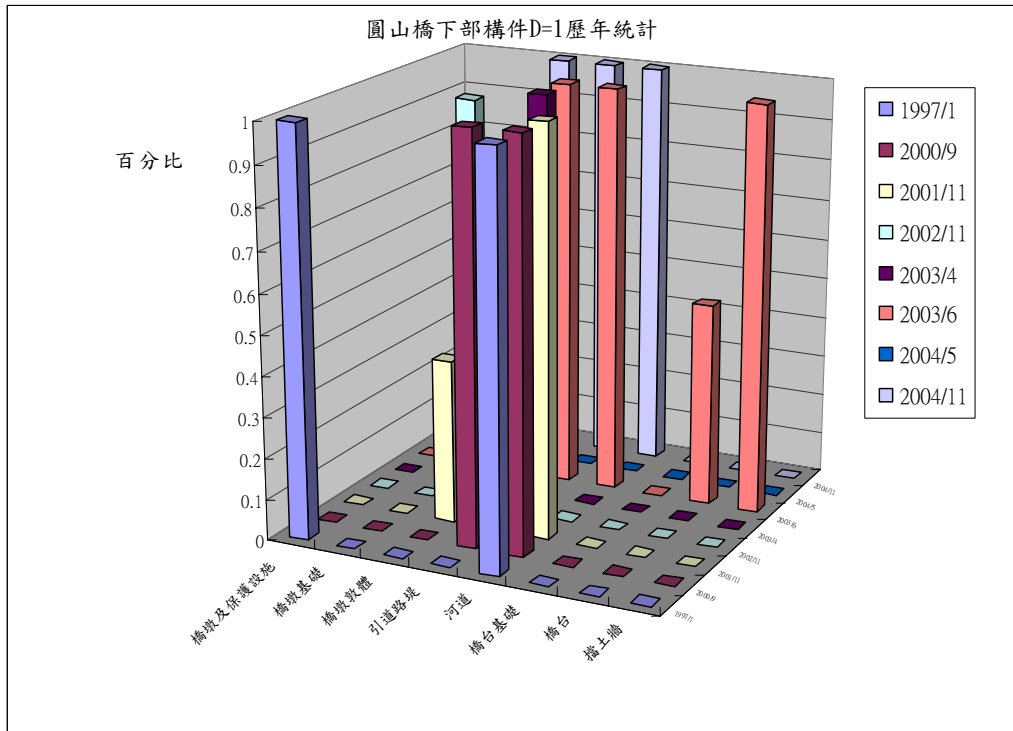


圖 6.4 圓山橋歷年 D=1 下部構件統計圖

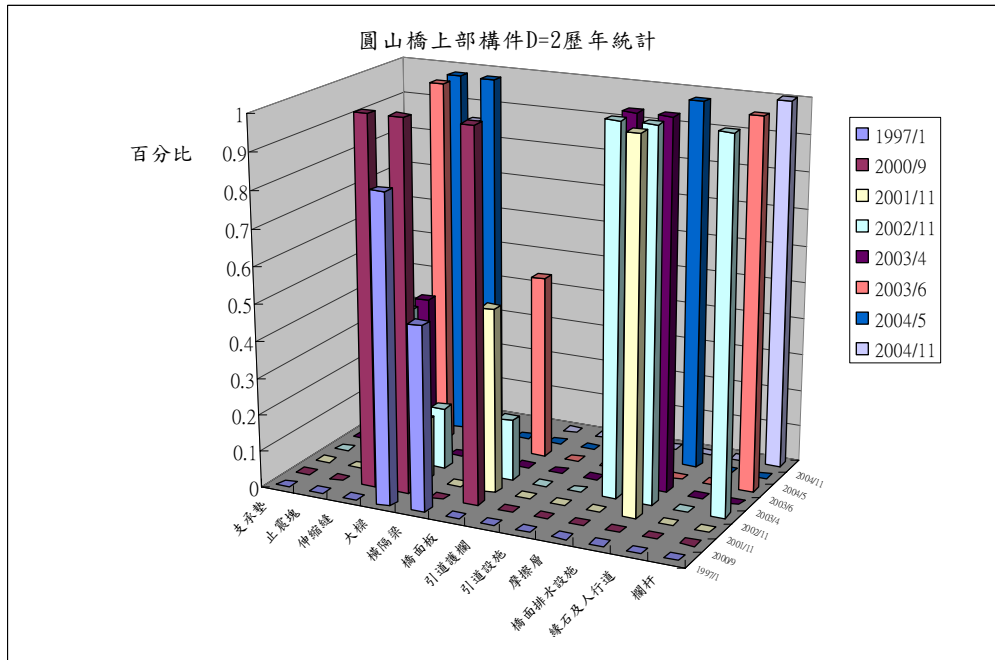


圖 6.5 圓山橋歷年 D=2 上部構件統計圖

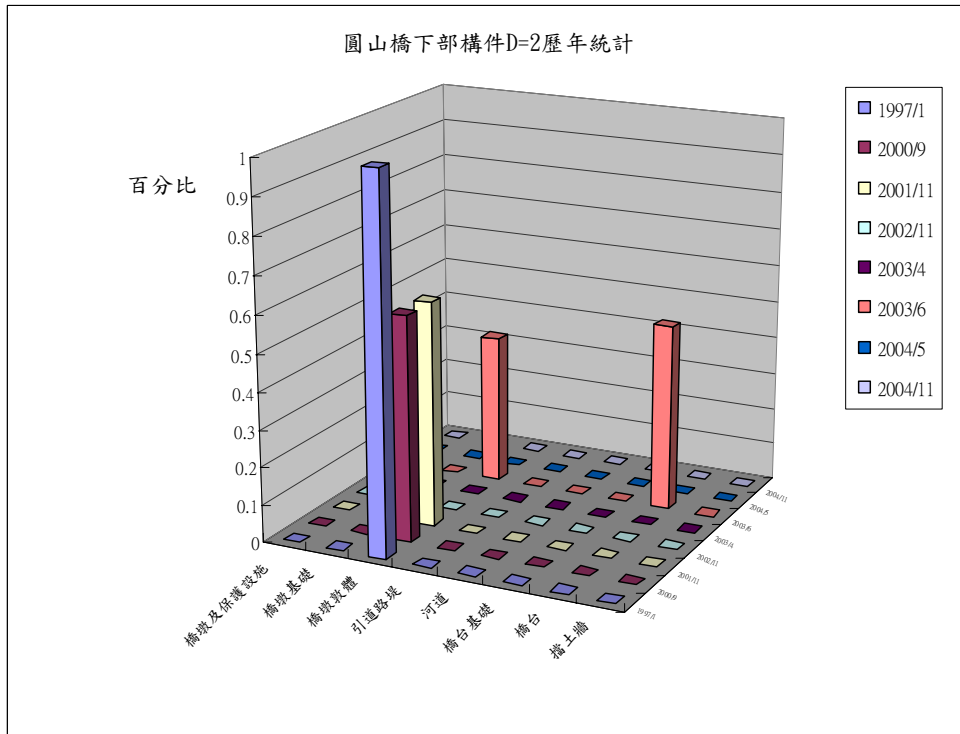


圖 6.6 圓山橋歷年 D=2 下部構件統計圖

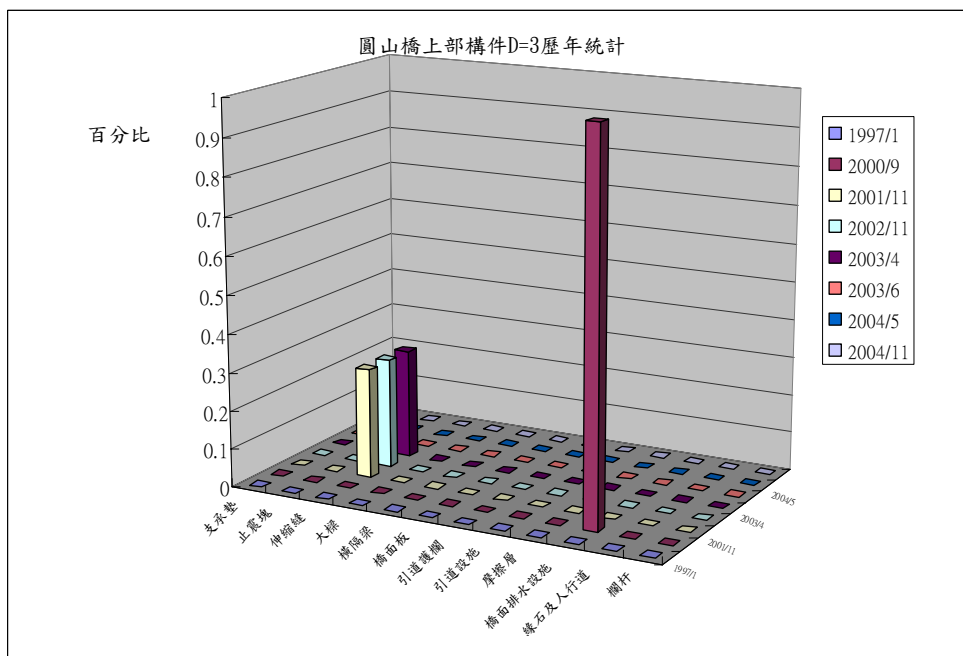


圖 6.7 圓山橋歷年 D=3 上部構件統計圖

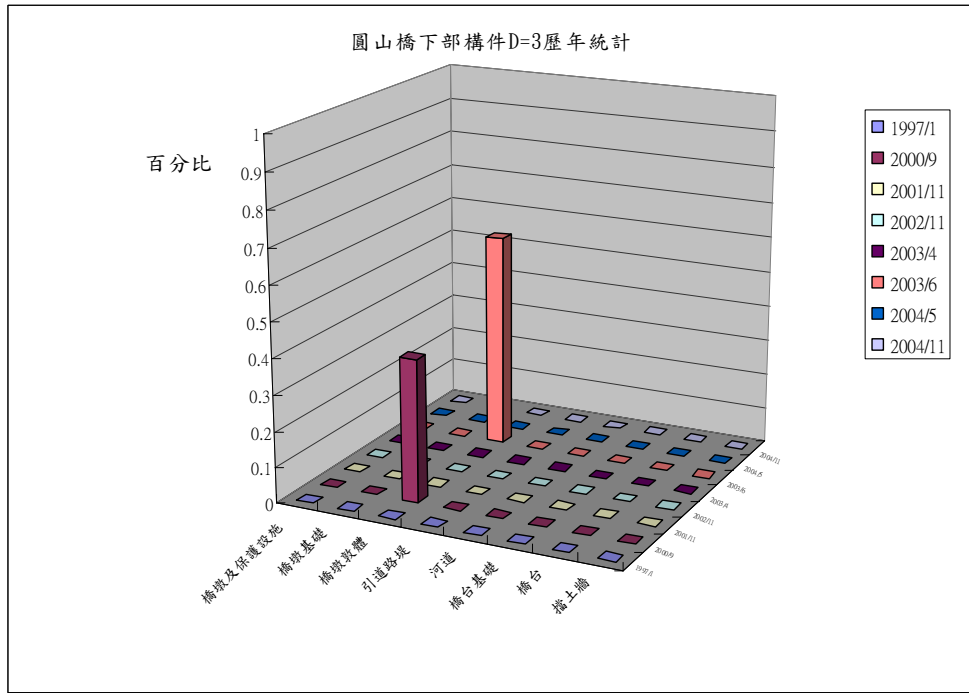


圖 6.8 圓山橋歷年 D=3 下部構件統計圖

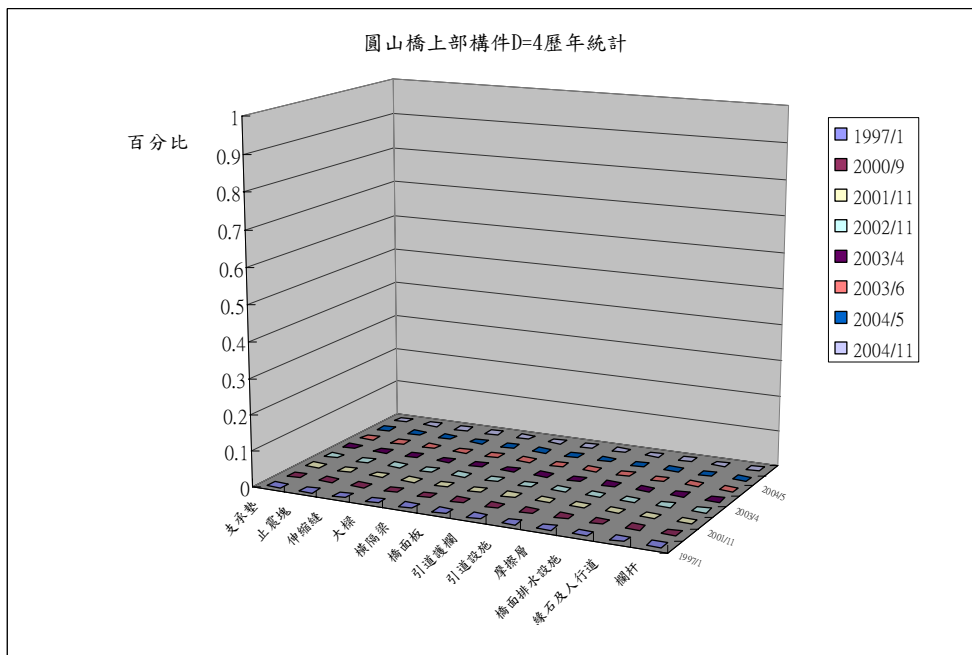


圖 6.9 圓山橋歷年 D=4 上部構件統計圖

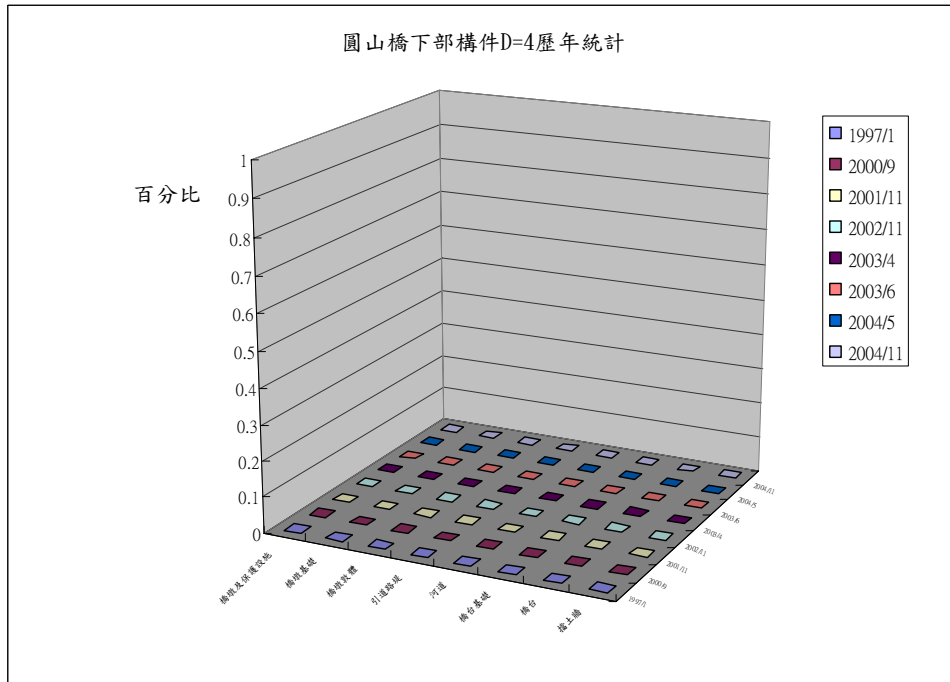


圖 6.10 圓山橋歷年 D=4 下部構件統計圖

二、歷年修復資料

圓山橋橋梁歷年修復資料，主要收集台灣地區橋梁管理系統中歷年圓山橋有紀錄的構件修復資料，從 1997 年至 2004 年，共計六個年度資料統計。其各構件歷年統計見圖 6.11 所示，圖中 IPXX 代表著構件編碼(為橋梁管理系統內定值)，從 IP06~IP20 構件敘述見表 6.12 所示，其完整之構件及修復工法之編碼敘述，參考附錄三所示。X 軸代表構件編碼，Y 軸代表年期，Z 軸代表某一構件在當年度的維修次數。此一統計可大略看出圓山橋歷年例行性維修在哪一構件維修比例較高。進而推出此橋梁受損與劣化的原因，圖中顯示除附屬設施護欄不算，橋墩、大樑、橫隔樑與伸縮縫在每一年的維修次數在橋梁 20 構件中都佔了很大的比例，且在最近的 2004 年，大樑的維修次數在當年是最高的。由此發現圓山橋劣化問題大多發生在上部結構。再者，如將

歷年檢測統計與維修統計將上述構件作一綜合分析，發現所有劣化狀況均在前一年維修後有所改善。

表 6.12 橋梁管理系統構件編碼敘述

編碼	IP06	IP09	IP11	IP14
敘述	橋台	上部結構排水	護欄/欄杆	橋墩/墩柱
編碼	IP17	IP18	IP19	IP20
敘述	大樑	橫隔樑	橋面版	伸縮縫

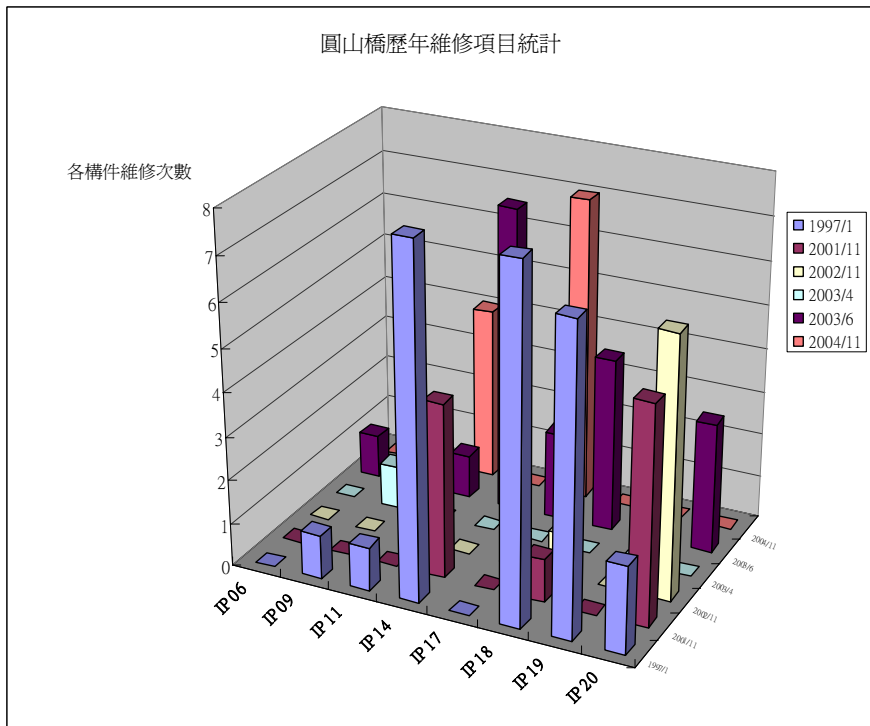


圖 6.11 圓山橋歷年構件例行性維修統計

如果將歷年來(1997~2004 年)每個維修構件所維修的項目做一統計，見表 6.13，發現歷年來維修工次數最多的為橋墩墩柱的裂縫修補，其次為橫隔樑的裂縫修補，再來是橋面版的裂縫修補，由此看出圓山橋歷年來大多數的例行性維修為裂縫修補，代表橋梁劣化的回復為例行性維修的重點，且維修構件的項目大多發生在橋梁的主要構件上(橋墩墩柱、橫隔樑、橋面版等)。

表 6.13 圓山橋 1997~2004 年維修工統計

圓山橋 1997~2004 年維修工統計				
構件項目	構件	維修工	名稱	數量
IP06	橋台	02	背牆補強	1
IP09	上部結構排水設施	01	清理淤塞的洩水孔	2
IP11	護欄/欄杆	01	剝落混凝土修補	6
IP14	橋墩/柱	01	修補混凝土	5
		02	修補寬度大於 0.3mm 的裂縫	10
		03	塗刷保護層	1
		05	修補寬度大於 0.3mm 之裂縫	2
		09	其他	1
IP17	大樑	21	更換伸縮縫	2
		22	更換填縫膠	2
		25	阻塞清除	5
IP18	橫隔樑	01	修補混凝土	2
		02	修補寬度大於 0.3mm 的裂縫	9
		03	塗上保護塗料	3
IP19	橋面版	01	修補混凝土	1
		02	修補寬度大於 0.3mm 的裂縫	8
		03	塗上保護塗料	1
IP20	伸縮縫	01	修補混凝土	6
		03	塗上表面密封塗料	1
		04	防水處理	6

三、歷年補強工程彙整

由於早期公共工程所建立之竣工資料、修補資料等多為紙本且並無電子化的觀念，導致年代久遠資料多所遺漏或當初建檔資料已不可考，所以本研究在收集橋梁歷史資料時，有眾多困難之處。因而本研究乃根據各橋梁所屬工務段所提供現有存查零星的歷史資料，試圖拼湊出各案例橋梁完整的歷史生命週期表現，包含歷史補強資訊、有無改建或拓寬工程、有無受嚴重之災害等。

本研究整理之圓山橋生命週期史大事紀要表，如表 6.14 所示。圓山橋於民國 66 年 12 月完工開放通車後，於 67 年 7~9 月間發現 Ja-b

及 Jd-e 鉸接處之伸縮縫有受擠壓而損壞的情形，至 68 年夏季該伸縮縫受擠壓損壞之程度有擴大之勢，且懸臂梁下垂亦有顯著之增加，但各橋墩柱均未發現沉陷及傾斜現象。經多次觀察判斷為完工後因預力混凝土之乾縮、潛變及鋼鍵之鬆弛等導致鉸接處之過度下垂。但於 69 年 2 月份之檢測其最大下垂量已超過原有之預拱比設計標高低達 13cm。為避免情況再度劣化，高公局曾進行下列改善措施：

1. 民國 69 年夏季前先調整 Ja-b 及 Jd-e 伸縮縫之有效伸縮量。
2. 民國 69 年底辦理預留鋼鍵之補施預力以抬高樑端改善下垂情形。惟由於預留量偏低，效果不彰，實際僅抬高 14~19mm。
3. 民國 72 年辦理加鋪瀝青混凝土以改善路面縱坡，增加行車舒適性。
4. 期間雖有補施預力，並配合辦理橋面縱坡調整，但 Ja-b 原施工有 20.1cm 之預拱，從民國 67 年 2 月起開始監測截至民國 81 年止，已反下垂 42.8cm，其總下垂量達 62.9cm，惟似已有趨於穩定之勢。

5. 橋梁頂高方案(本方案最後高公局未實施)

由於圓山橋之結構型式其中央下垂為必然現象，但由其伸縮縫與鉸接構造為雄雌構造，依其構造具有伸縮量及旋轉之限制，安全滑動量應以 15cm 為限度，而目前鉸接處之脫開量已達到安全限度，地震的安全性堪慮。所以高公局於民國 82 年委請日本構造橋梁研究所進行橋梁補強工程，並提出四個方案：

- (1) 鉸接處利用千斤頂頂升後改成鋼接合並施加預力。
- (2) 鉸接處做成鋼接合並施加預力及橋面加鋪 AC。
- (3) 鉸接處做成鋼接合並施加預力但橋面不加鋪 AC。
- (4) 僅以加鋪 AC 調整橋面縱坡。

從鋪修效果及結構上而言，顯然第一方案的千斤頂頂高並鋼接為最佳方案，但由於施工較難且工程費較貴，經日本與高公局商討結果，沿用鉸接處做成鋼接合並施加預力但橋面不加鋪 AC 之第三方案處理。

6. 橋梁拓寬工程(此乃圓山橋高架路段，不屬於橋梁本體)

民國 85 年，高公局為了因應當時的汐止與五股段之擁塞情形，將原有之圓山橋加以拓寬，工程範圍自圓山交流道東側，經台北市三號公園，跨越基隆河、濱江公園、北安路、中山北路、圓山飯店之進出道路後，再次跨越基隆河最後經承德路橋及其部份匝道。本段橋梁大部分設於現有圓山橋之兩側，並與之並行。

而由於之前圓山橋上部結構為橋墩兩邊平衡懸臂架設，並於跨徑中央懸臂末端設置鉸接，使各橋墩與其兩側之箱梁結合，成唯一完整單元。而新的圓山橋結構系統則採用長跨徑懸臂式節塊混凝土箱型梁橋，為三孔至六孔連續鋼構橋，此種連續鋼架系統增加了結構體之靜不定度以抵抗橫向或縱向所產生的地震力。此計劃驗證了懸臂式工法在人口以及交通量頻繁的地區施工的可行性，以及紓緩了大台北地區的交通量。

7. 圓山橋重新檢測與補強工程

民國 87 年 4 月，圓山橋鉸接處由於長期下垂量已達到 62.9cm，高公局乃委請昭凌工程顧問公司研擬補強方案，其工作規劃與結果如下：

(1) 依實際施工過程分析橋梁結構行為

(2) 現場應力量測

依試體求得強度為 578kg/cm^2 ，遠大於設計強度之 350kg/cm^2 。

(3) 伸縮縫間距量測

圓山橋伸縮縫間隙原設計值 4cm，當下垂量超過預期時，由於伸縮縫位處於懸臂梁尾端，其變形旋轉角度亦大於預期，導致伸縮縫間隙成上窄下框的八字形，在部分地方甚至造成兩相鄰懸臂梁頂版互相碰重擠在一起而不留伸縮縫，在 69 年時，曾對 Ja-b 及 Jd-e 兩處當時頂版已有碰撞現象之伸縮縫加以調整伸縮量，並配合當時施拉預留鋼鍵工程一並檢討，為當時調整後之伸縮縫間距並未有明確紀錄。而此次量測結果，在 Ja-b 及 Jd-e 兩處伸縮縫皆已閉合，底部拉開現象；而在 Jb-c 及 Jc-d 兩處則都有拉開現象，頂部拉開量較小，底部拉開量較大，已達 18.7cm，而在斷面中央處，Jb-c 約拉開至 14cm，較原設計 4cm 以拉開 10cm 之多。

(4) 橋面版高程量測

其當時檢測及結構分析後之結論如下：

- (1) 下垂量過大原因難以確定，無法單以潛變效應說明，但下垂量已趨於緩和，預估最大可能繼續下垂量在 Ja-b 處，為 6cm。
 - (2) 箱梁並無明顯劣化現象。
 - (3) 伸縮縫最大間距雖已達 18.7cm，但分析地震力及溫度冷縮的效應最大變形約在 7cm 左右，因此當地震來臨應不致有脫開的情形，但還規劃加落裝置。
 - (4) 結構安全應能符合原設計需求，且亦符合新版耐震設計規範之要求。
 - (5) 規劃下垂監測系統。
 - (6) 為徹底改善行車舒適性，應將圓山橋鉸接結構改為連續性結構為最佳。但最後是以調整縱坡方式加以改善，此外在懸臂梁鉸接處加設防止垂直相對位移之外接裝置並進行安全監測。
8. 民國 89 年委託台灣西武聚合股份有限公司做「國道一號圓山橋伸縮縫整修工程」。

9. 安全監測計畫

礙於橋梁下垂量過大原因難以確定，以及伸縮縫最大間距已達 18.7cm，高公局於民國 89 年十月委請昭凌工程顧問公司進行安全監測，針對圓山橋鉸接處下垂量、水平位移及橋墩應力變化進行安全監測。計畫由 89 年 11 月起至 94 年 5 月為止，共計五年時間長期監測，截至本研究收集最近一期報告為 92 年度五月之第五次期中報告，從開始安裝至當時，已有兩年六個月。其結果鉸接處之最大垂直變位由前次 1.3cm 略增加為增加 1.5cm，顯示垂直變位已趨於穩定；鉸接處相對水平變位位移量均很小，不及 1cm，顯示鉸接處水平位移量已趨於穩定；結構體應變監測值雖略有微增加之趨勢，但其值仍不大，顯示目前橋梁並無結構之安全性問題。

表 6.14 圓山橋生命週期大事紀要表

	時間	大事紀要
施工期 約三年	民國63年9月	圓山橋新建工程開工
	民國66年12月	圓山橋新建工程完工
正常使用期 約三年	民國67年2月	開始進行水準檢測紀錄,當時中央下垂量已達40cm之多
	民國67年間	委託台大地震中心監測地震狀況
	民國69年夏季	調整鉸接 J_{ab} 及 J_{dc} 處伸縮縫之寬度
	民國69年底	實施預留鋼鍵之施預力,僅抬高14-19mm
	民國71年10月	水準檢測紀錄結束
營運及延壽處理期 約二十三年	民國72年	為縱坡調整加鋪瀝青混凝土
	民國82年	委請日本構造橋樑研究所實行橋台抬高工程(未實施)
	民國86年	汐止五股段高架拓寬工程(為高架路段不屬於橋梁本體)
	民國87年4月	委請昭凌工程顧問公司重新檢測及鋼箱補強
	民國88年5月	昭凌工程顧問公司重新檢測及鋼箱補強完成
	民國89年6月	再委請昭凌工程顧問公司監測鉸接點之變化 鉸接處最大下垂量為63cm
	民國93年10月	現今
	民國94年5月	預計昭凌工程顧問公司監測鉸接點之變化完工時間

6.2.2 序選分析

步驟 3. 尋找問題

圓山橋可經由前述之橋梁基本資料、歷年檢測資料、歷年修補資料、以及歷年補強資料的統計與補強報告中，可得知：

1. 以現有的橋梁管理系統(TBMS)功能來說，目視檢測資料只能提供在橋梁現況資訊不透明下，一個對橋梁基本的觀察量化值，而無法提供真實橋梁劣化或損壞進而喪失橋梁功能的實際數據，以至於決策者還必須盡一步做詳細檢測或分析才能真正了解橋梁發生問題的所在。所以單一看歷年檢測資料統計只能找出橋梁構件中，哪一構件在歷年來劣化次數最多，但至於造成此劣化的原因，TBMS 無法提供。
2. 以本研究所統計出圓山橋歷年檢測資料，發現歷年來劣化最為嚴重比例佔最高的構件為伸縮縫與橋墩墩體；再與維修資料比對下橋墩墩柱、橫隔樑與橋面版之裂縫修補為維修工比例最高，看似只是作一般例行性的維修，並無特別之處；所以兩者似乎找不出其共通之處可作為判斷橋梁受損原因之後，以致於要去推斷受災潛勢或劣化機制，更是難上加難，更別說提出修補方案。
3. 在收集歷年圓山橋之補強報告後，發覺此橋梁最大問題在於伸縮縫之異狀以及下垂度比設計值過大的問題，由此也可證明伸縮縫為歷年來劣化比例最高的原因，其發生問題可能的原因有(參考民國 84 年「高速公路工程與管理研討會論文集」)：
 - (1) 施工時因限於設備而未精確辦理混凝土潛變與乾縮之試驗。
 - (2) 本工程混凝土曾摻用 Mighty 150，並使用磨細水泥可能影響乾縮及潛變。

- (3) 為配合全橋之工期及高速公路基內段通車，Pa 及 Pe，於懸臂完成後，未如其他各墩有等待時間，隨即辦理鉸接作業，更增加各墩材齡之不一致性，影響各鉸接點下垂量。
- (4) 承受正彎矩之附加鋼健，由原設計之配合施工先後採不同配置，改為各墩柱均一配置，亦可能影響鉸接端之撓度。
- (5) 使用水泥量偏高(早期 500kg/m³ 後期 475kg/m³)，可能導致潛變乾縮偏大。
- (6) 工程完成後交通量偏高及超載。

所以經由前述收集的歷史資料，初步了解圓山橋的歷史背景。至於對圓山橋現況分析以及提出方案，本研究將沿用第四章所擬定之延壽評估策略流程，來進行後續分析。

步驟 4.現況評估

由於本為第四章所提及的基本資料模組，屬於基本資料建構方面在前節已詳細說明，在此不贅述；本章節僅對構件潛勢模組、構件劣化模組以及修復補強工法建議模組，作一流程說明。

一、構件潛勢模組分析流程

此模組是以橋梁構件為導向來評估橋梁對於災害潛勢的高低，模組架構示意圖見圖 6.12：

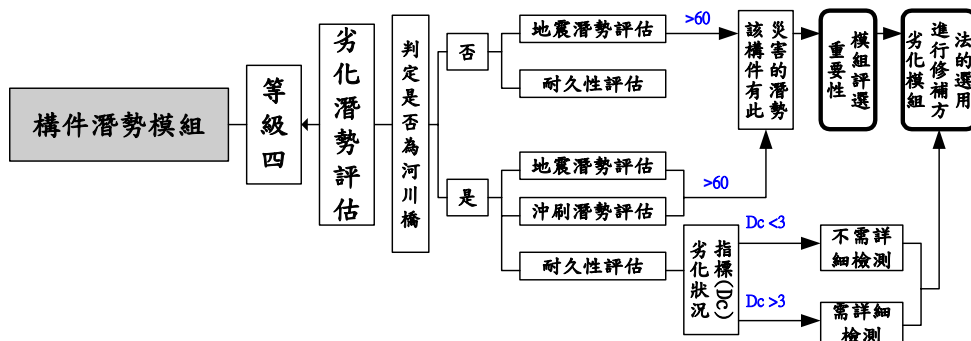


圖 6.12 構件潛勢模組示意圖

1. 判斷是否為河川橋

圓山橋依據 6.1.1 節所建立之基本資料，因跨越基隆河，所以為跨越河段之河川橋，所以經由圖 6.12 判斷，必須進行地震、沖刷、耐久性評估。

2. 地震潛勢評估

在進行地震評估時(詳細評估流程見圖 6.13)，所利用的評估項目，乃是根據交通部公路總局「橋梁重要程度等級之建立」^[40]災害易損性表格，加以篩檢而得出，目的在於評估快速與計算方便，重點是希望構件能夠確實反映出地震潛勢。

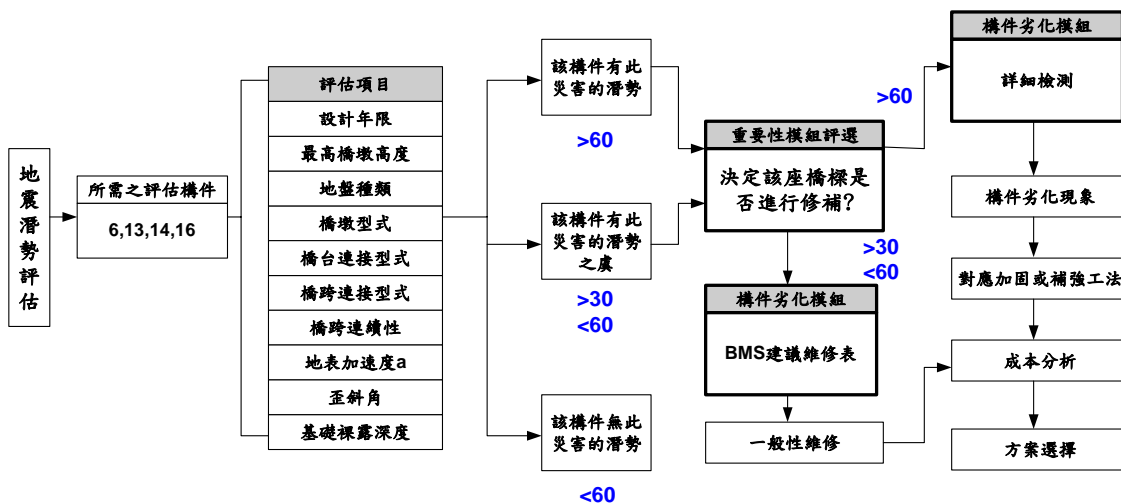


圖 6.13 地震潛勢評估流程

其中構件欄位的編號為橋梁管理系統之構件編號(可見表 6.10)，而評分時，乃根據橋梁振動單元為一單元，本研究案例採用圓山橋 P_A 橋墩處之振動單元為示範，其評分結果為 48.49 分(詳細評分項目分數見附錄一)，代表該振動單元有地震災害潛勢之虞，必須進入服務功能性(重要性)模組評選決定是否進行修補。而由於此模組為管理者之決策模組，為了示範案例之流暢性以及高公局國道橋梁的不可替代性，在此先行假設重要性評選結果認定要修，而進入構件劣化模組之 TBMS 建議維修表。

3. 沖刷潛勢評估

沖刷潛勢評估(詳細評估流程見圖 6.14)，所利用的評估項目，乃利用交通部公路總局「橋梁重要程度等級之建立」^[40]災害易損性表格，目的在於評估快速與計算方便，重點是希望構件能夠確實反映出沖刷潛勢。

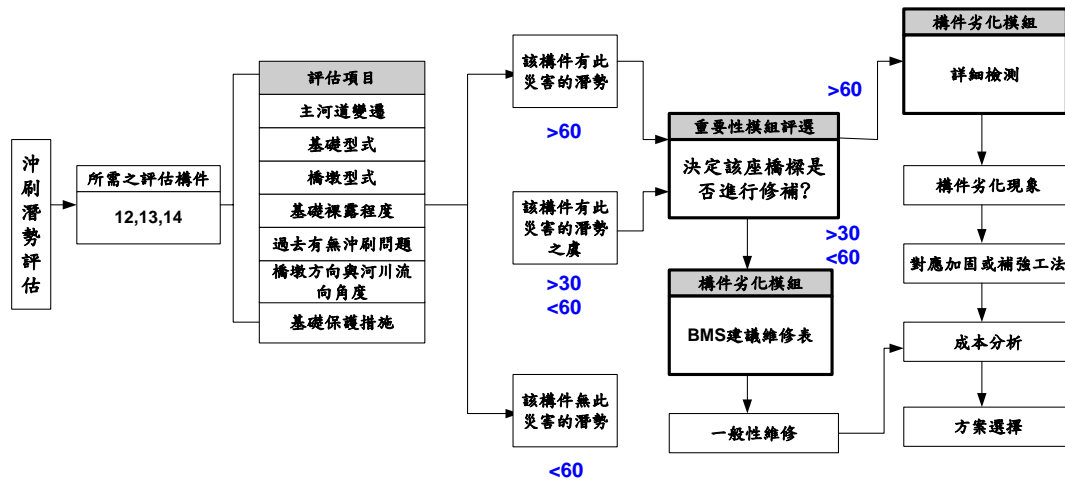


圖 6.14 沖刷潛勢評估流程

其中構件欄位的編號為橋梁管理系統之構件編號(可見表 6.10)，而評分時，乃根據橋梁振動單元為一單元，本研究案例採用圓山橋 P_A 橋墩處之振動單元為示範，其評分結果為 38.4 分(詳細評分項目分數見附錄一)，代表該振動單元有沖刷災害潛勢之虞，必須進入重要性模組評選決定是否進行修補。而由於此模組為管理者之決策模組，為了示範案例之流暢性以及高公局國道橋梁的不可替代性，在此先行假設重要性評選結果認定要修，而進入構件劣化模組之 TBMS 建議維修表。

3. 耐久性評估

耐久性評估分為兩部份進行：

(1) 一是利用台灣地區橋梁管理系統之目視檢測資料中之 D 值(劣化程度)作為判斷的指標 D_c ，原因在於計算方便與資料取得方便，其計算方式如下：

$$D_c = \frac{\sum_{i=1}^{20} IC_i \times W_i}{\sum_{i=1}^{20} W_i}$$

$$I_i = \sum_{k=1}^n \frac{D_k}{4} \times 100$$

$$IC_i = \frac{I_i}{n}$$

W_i =各構件權重
 li =單一構件D值狀況指數權重
 i =第i個構件
 n =構件數目

其流程見圖 6.15 所示。最終得出評估值 D_c 之評分， D_c 大於 60 值即需要作進一步詳細檢測，小於此值則不需作詳細檢測，但在修補工法上的選擇與判斷也有不同。

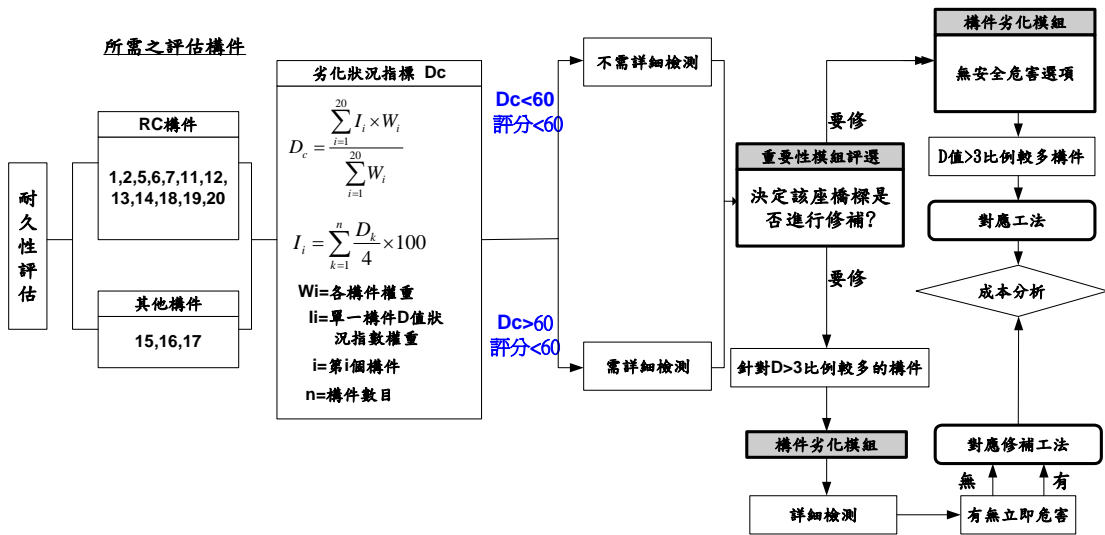


圖 6.15 耐久性評估流程

本研究攫取圓山橋最近一年(2004 年 11 月)之檢測資料如下表 6.15，其中只選取振動單元之主要構件，不包含附屬設施(第 1~11 項)。

表 6.15 圓山橋 2004 年目視檢測表

橋梁一般檢測評估狀況報告表															道路名稱: 國道 1 號		中心樁號: 23k+462											
橋梁名稱: 圓山橋			檢測單位: 捷統工程顧問股份有限公司						橋梁地點: 23k+462			結構型式: 箱型橋																
檢測日期: 2004/11/12			檢測員: ----						橋孔數: 6			橋梁長度: 671																
建造日期: 66 年月									橋梁淨寬: 13.1																			
橋墩號	12.橋墩保護設施			13.橋墩基礎			14.橋墩墩體/帽梁			15.支承/支承墊			16.止震塊/拉桿			17.伸縮縫			橋台號	18.主構件(大樑)			19.副構件(橫隔樑)			20.橋面版/絞接版		
	D	E	R	D	E	R	D	E	R	D	E	R	D	E	R	D	E	R		D	E	R	D	E	R			
A01										1						1			S01	2	1	1	1			1	0	0
A02										1						2	2	2	S02	2	1	1	1			1	0	0
P01							1			1						2	1	1	S03	2	1	1	1			1	0	0
P02							1			1						2	2	2	S04	2	1	1	1			2	1	1
P03							1			1						2	2	2	S05	2	1	1	1			1	0	0
P04							1			1						2	2	2	S06	2	1	1	1			1	0	0
P05							1			1						2	2	2										

(資料來源：台灣地區橋梁管理系統)

所以依據各構件之權重及 D 值，得出劣化狀況指標 $D_C=27.56$ ，及初步認定無立即危害且不需做詳細檢測欄位。

(2)耐久性除對目視檢測作一初步評估外，也利用耐久性評估表格進行評分(見附錄一)，分數愈高，代表耐久性愈差，其評分結果為 33.88，代表目前耐久性無虞，只需做定期檢測。

二、構件劣化模組分析流程

分為兩大子欄位：歷史資料迴歸分析欄位與 RC 構件耐久性詳細檢測欄位。其模組架構如圖 6.16 所示。

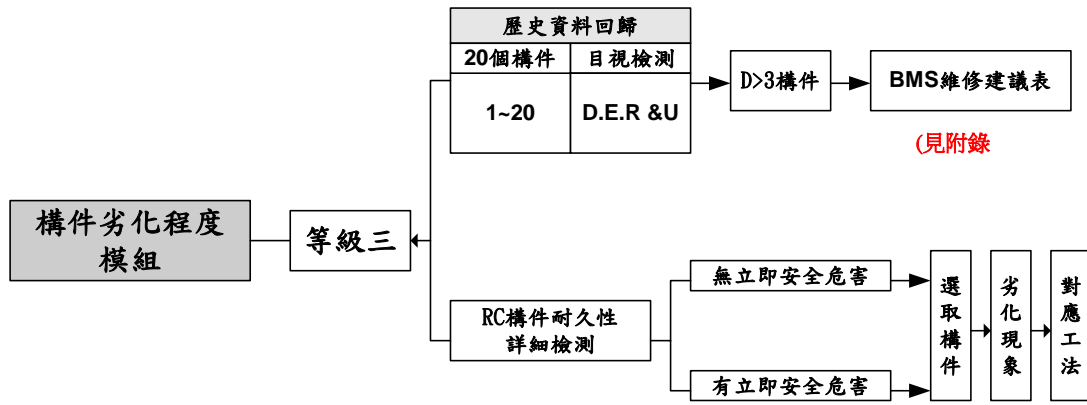


圖 6.16 構件劣化模組

由於災害潛勢模組針對地震、沖刷與耐久性評估結果得知，地震分數 48.49、沖刷 38.4、耐久性 $D_c=27.56$ 、分數 33.88，認為均不需做詳細檢測且該災害潛勢不至於影響橋梁的安全性，且由表 6.15 得知，所有構件 D 值均無大於 3，所以本研究根據流程認定圓山橋在當年構件狀況良好，不需做任何修復工作，只需做一般定期性的檢測即可。

步驟 5. 災損原因確定

由於根據本研究評估流程，自然災害潛勢分析目的在於只是對橋梁各構件做潛勢分析，為預防性之延壽對策，而對於構件本身只是認為有該災害潛勢發生的可能，但對橋梁並不是直接造成損害，所以並無立即的安全危害。而真正會對橋梁造成安全性或舒適性的危害，應該是從各構件的劣化現象來判斷(例如：鋼筋外露、裂縫大於 0.3mm 等)，但以現有 TBMS 資料(目視檢測資料)所能提供之資訊有限來看，本研究只能初步利用 D 值，認定構件的劣化程度。

且由於評估結果認定圓山橋截至 2004 年，橋梁狀況尚為良好，在配合橋梁歷史補強報告結論，也可得知雖然圓山橋曾經有過因為施工不當造成混凝土乾縮以及預力鋼健配置不良，而造成在鉸接處有嚴

重下垂之問題，但在幾次的修補工程以及長期的監測下，其下垂量已趨於穩定，且預估未來最大下垂樑不至於超過 6cm；而水平位移量也不及 1cm，無落橋之危險。綜合上述，可得知本橋橋之安全性無虞，但還必須靠長期的監測，方能掌握結構體的問題。

在橋梁舒適性與使用人的效益來說，依據本研究統計之歷年檢測資料以及修復資料來看，圓山橋在橋面版、伸縮縫以及摩擦層的數據都顯示劣化情形好轉(從 2001 年後 D 值均無超過 3)，代表著舒適性無虞。

後續步驟根據 6.1 節所述流程之第 6~9 步驟，屬於策略規劃階段，將至 6.6 節一併敘述。

6.3 淡水河橋

國道一號淡水河橋位於中山高速公路台北縣三重市至台北市重慶北路間，跨越淡水河橋兩岸成東西向。起始於國道里程 25K+637 迄於 26K+382 止，全長 745m，橋面寬度 42m，車道數為雙向共八車道。上部結構為預力 I 型合成簡支樑，共 20 跨。P2~P18 下部結構為框架式橋墩墩柱，其直徑 1.8m，共計 102 支；P1 及 P19 為牆式橋墩。基樁型式為八角形預力混凝土基樁，直徑 1m，共計 772 支。其幾何圖形見圖 6.17 所示。

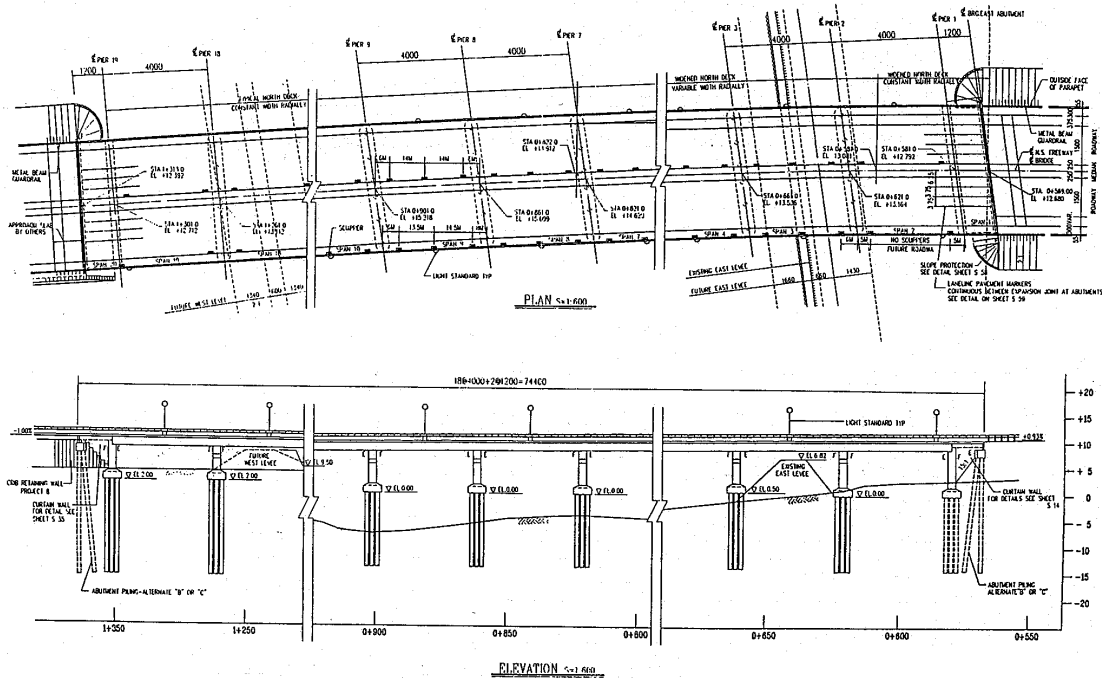


圖 6.17 淡水河橋平面、立面圖

6.3.1 資料建檔

步驟 1. 基本資料收集

橋梁基本資料依據台灣地區橋梁管理系統與現地工程師所提供之資料，填表方式依據本研究所建置之編碼評估表格，所需之欄位與資料如下：

1. 管理機關：交通部國道高速公路局
2. 工程處：北區工程處
3. 工務段：內湖工務段
4. 公路編號：國道一號
5. 道路方向：南北向
6. 里程數：026K+010~026K+754 (總長 744m)
7. 服務功能：主線車道
8. 所在位置：淡水河

9. 建造年代：1976 年
10. 設計規範：交通部公路橋梁工程設計規範(民國 49-76 年)
11. 設計原則：無韌性設計
12. 地盤種類：台北盆地

橋梁結構形式依據竣工圖，並結合本研究所建置之編碼表格所需欄位資料如下：

1. 主梁材質：預力鋼筋混凝土
2. 上部結構：多跨 I 型梁橋
3. 伸縮縫：齒型縫
4. 支承型式：合成橡膠支承
5. 止震塊：有
6. 橋墩型式：多柱式
7. 橋台型式：懸臂式
8. 基礎型式：直接基礎
9. 結構工法：預力 I 型梁工法

依據上述資料所建立之編碼表格，如附錄一所示。由表中可知淡水河橋基本資料、結構形式、結構工法編碼如下：

1. 基本資料(等級一)編碼：N0010A-BR-026010-R-76-B-N-4
2. 結構形式(等級二)編碼：PC-S-1IB-FP-EB1-U-CBCA-F-FS

步驟 2. 歷史資料彙整

歷史資料彙整主要區分為橋梁歷史目視檢測資料、歷年修復資料與歷年補強資料：

一、目視檢測資料

目視檢測資料擷取台灣地區橋梁管理系統中自 1996 年 10 月到 2004 年 11 月，一年分兩筆檢測資料，共計 8 筆資料，本研究分析方法為提取橋梁 20 個構件歷年有紀錄之 D 值，作一彙整分析。

各構件歷年之 D 值整理分別分為 D=1~D=4 依上部、下部構件將歷年有檢測資料紀錄的，如圖 6.18~圖 6.25 所示，圖中 x 座標為各構件名稱；y 座標為歷年時間；z 座標為各構件在當年 D 值所佔的比例。

1. 圖中顯示淡水河橋各構件檢測資料 D=1(系統內定值)、D=2 所佔比例居多，但會隨著年期增加而數量遞減，這與定期或不定期之維修修復有關。
2. 在 D=2(劣化程度尚可)統計中，上部構件橋面版與伸縮縫在 1996~2004 年間劣化趨勢統計中，在 8 次的紀錄中有兩次的先升後降之趨勢(圖 6.20)，由於 D=2 比例多代表著所有統計次數均落在此劣化程度中；比例少代表著反應在其他的程度中(D=3 或 4)，這意味著橋面版與伸縮縫每年的劣化狀況時好時壞，而不是逐年轉好的情形(也就是逐年比例升高的情形)。而此一現象在下部構件中橋墩墩體也有發生類似的情形。
3. 根據 D=2 觀察後，在 D=3(劣化程度差)的比例，發現上部結構伸縮縫與橋面版兩構件；從 1996~2004 年間劣化程度的比例似乎較高且沒有下降的趨勢，而下部構件中橋墩墩體與橋台，幾乎均有劣化程度差的情形。
3. 淡水河橋在歷年的檢測資料來看，發生 D=4(嚴重裂化)的情形，在 2003 年時橋墩墩體有發生嚴重裂化之情形。至於當年是否進行修復工作已至於在 2004 年比例降低，必需從歷年修復工法統計中比較得出。

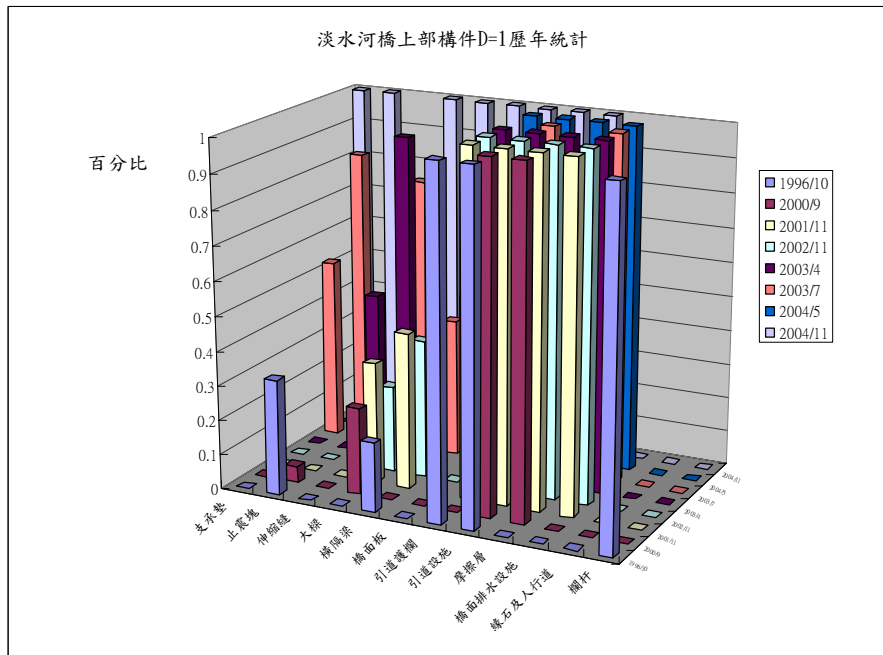


圖 6.18 淡水河橋歷年 D=1 上部構件統計圖

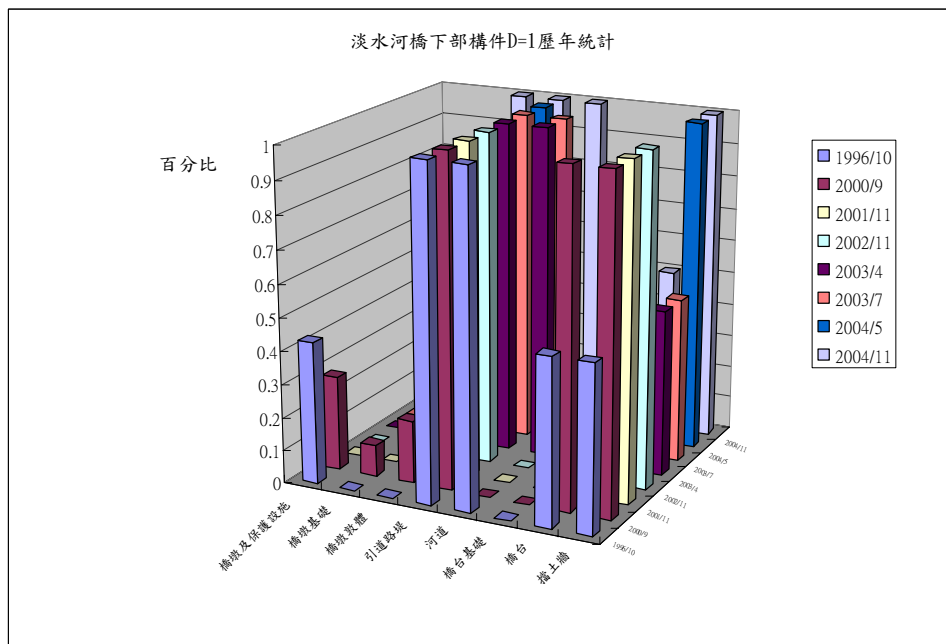


圖 6.19 淡水河橋歷年 D=1 下部構件統計圖

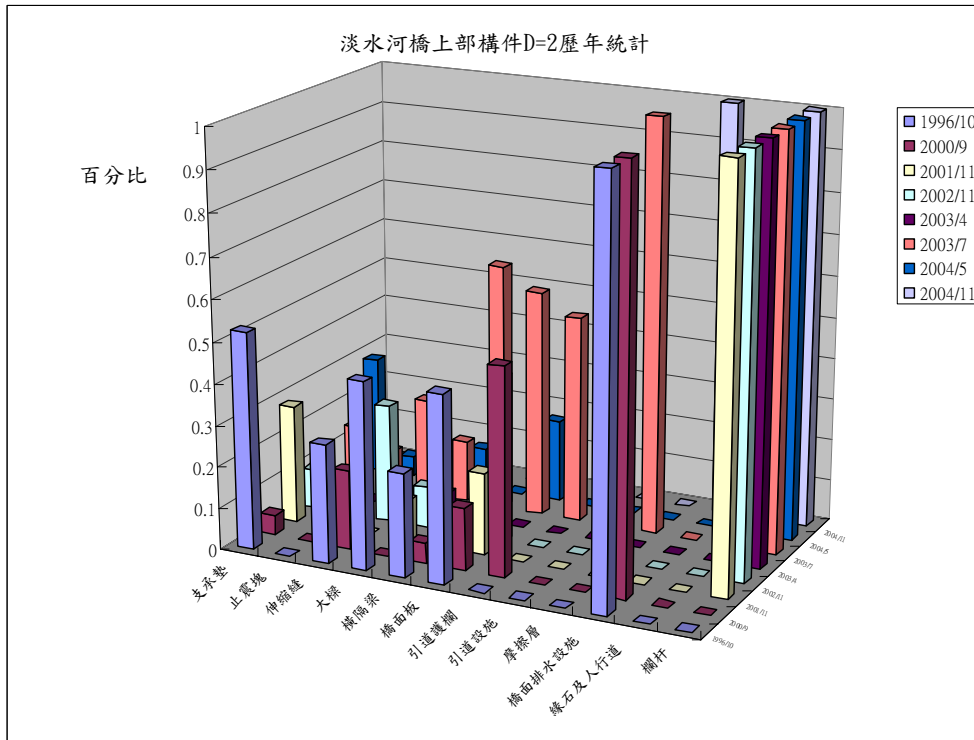


圖 6.20 淡水河橋歷年 D=2 上部構件統計圖

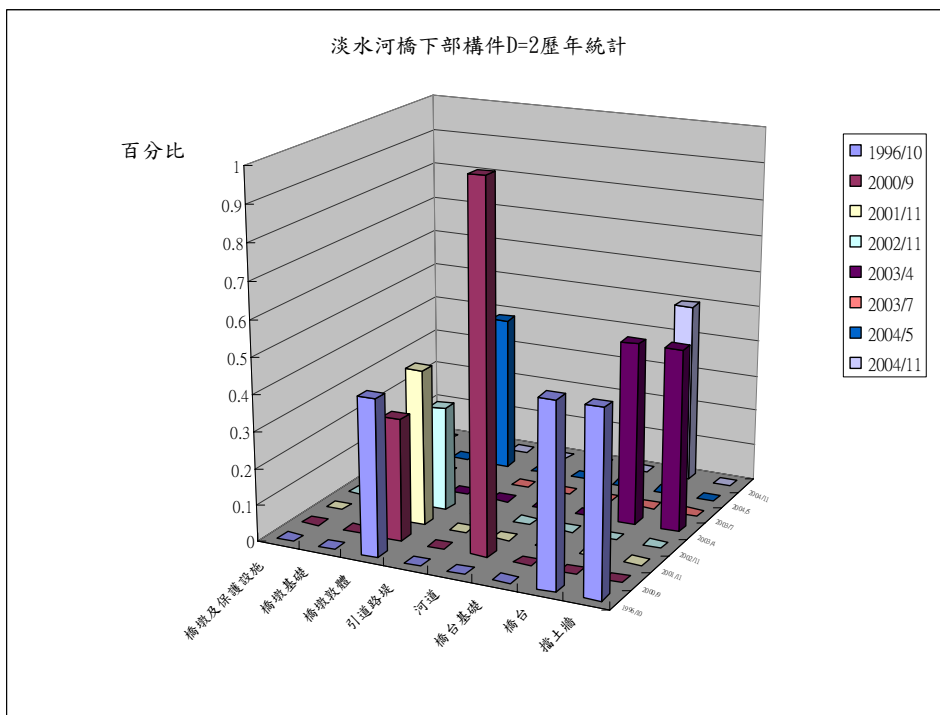


圖 6.21 淡水河橋歷年 D=2 下部構件統計圖

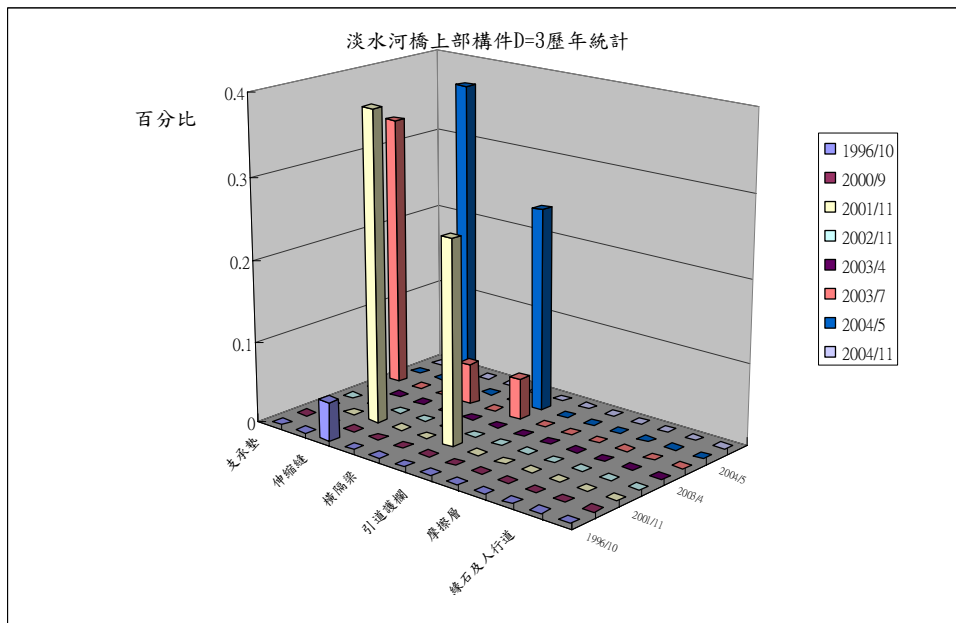


圖 6.22 淡水河橋歷年 D=3 上部構件統計圖

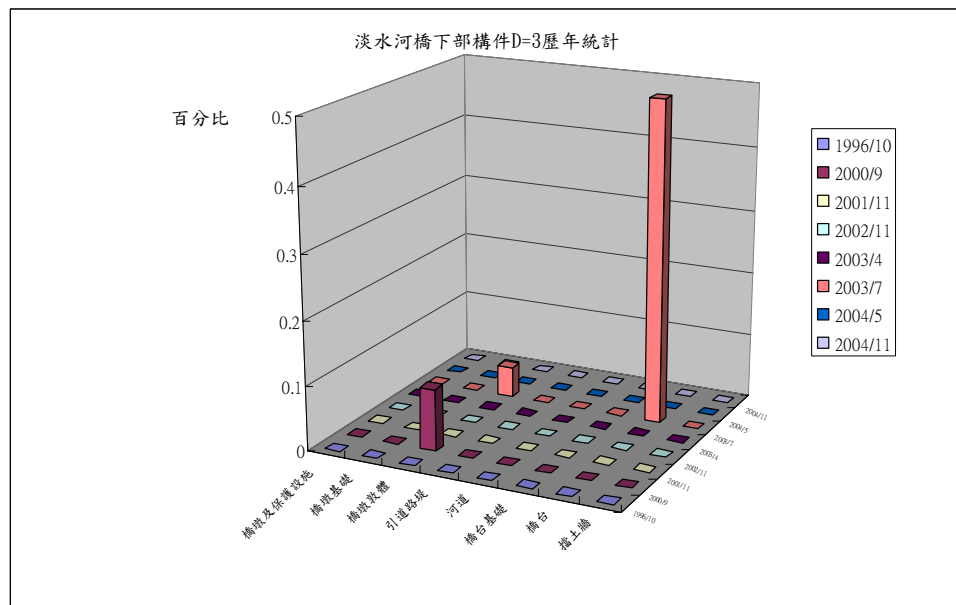


圖 6.23 淡水河橋歷年 D=3 下部構件統計圖

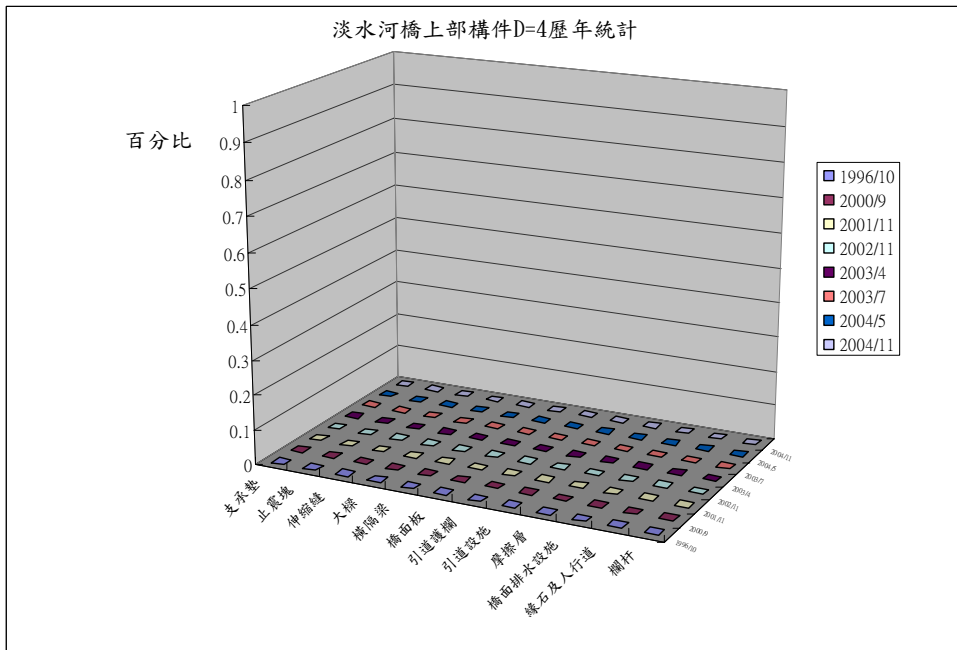


圖 6.24 淡水河橋歷年 D=4 上部構件統計圖

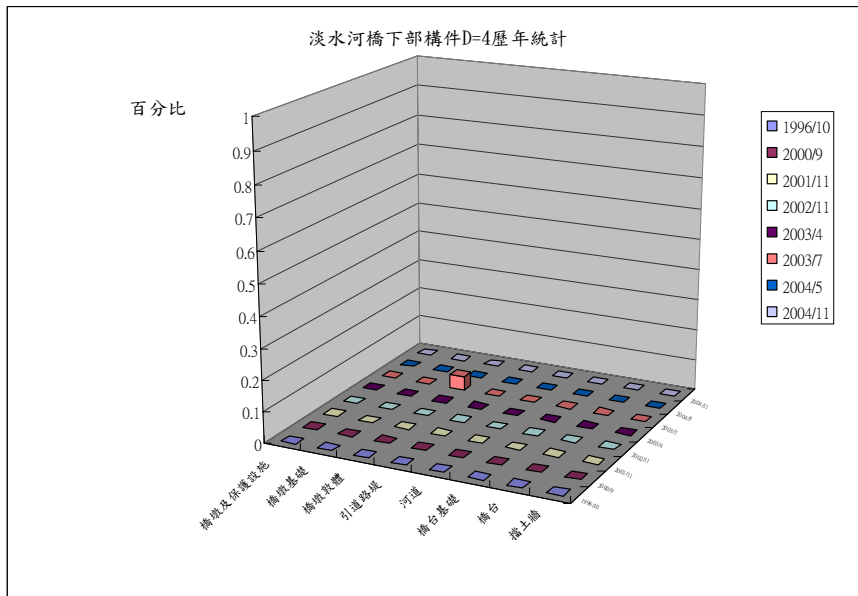


圖 6.25 淡水河橋歷年 D=4 下部構件統計圖

二、歷年修復資料

淡水河橋梁歷年修復資料，主要收集台灣地區橋梁管理系統中歷年淡水河橋有紀錄的構件修復資料，從 1996 年至 2004 年，共計八個年度資料統計。其各構件歷年統計見圖 6.26 所示，圖中 IPXX 代表著

構件編碼(為橋梁管理系統內定值)，從 IP02~IP20 構件敘述見表 6.16 所示，其完整之構件及修復工法之編碼敘述，參考附錄三所示。X 軸代表構件編碼，Y 軸代表年期，Z 軸代表某一構件在當年度的維修次數。此一統計可大略看出淡水河橋歷年例行性維修在哪一構件維修比例較高。進而推出此橋梁受損與劣化的原因，圖中顯示附屬設施歷年來均有零星的維修，而橋墩、支承墊、橋面版與伸縮縫的維修數量從 1996 年到 2003 年均有遞增的成長，代表著淡水河橋在這些構件上的劣化情形與維修次數一年比一年嚴重。再者，如將歷年檢測統計與維修統計將上述構件作一綜合分析，發現所有劣化狀況發生時在對其構件做一修補，雖在下一年劣化狀況會有所改變，但之後其劣化狀況又再度提昇，橋梁劣化狀況似乎沒有太多的改善。

表 6.16 橋梁管理系統構件編碼敘述

編碼	IP02	IP06	IP07	IP08
敘述	引道護欄	橋台	擋土橋	摩擦層
編碼	IP09	IP11	IP14	IP15
敘述	上部結構排水	護欄/欄杆	橋墩/墩柱	支承墊
編碼	IP16	IP17	IP18	IP19
敘述	止震塊	大樑	橫隔樑	橋面版
編碼	IP20			
敘述	伸縮縫			

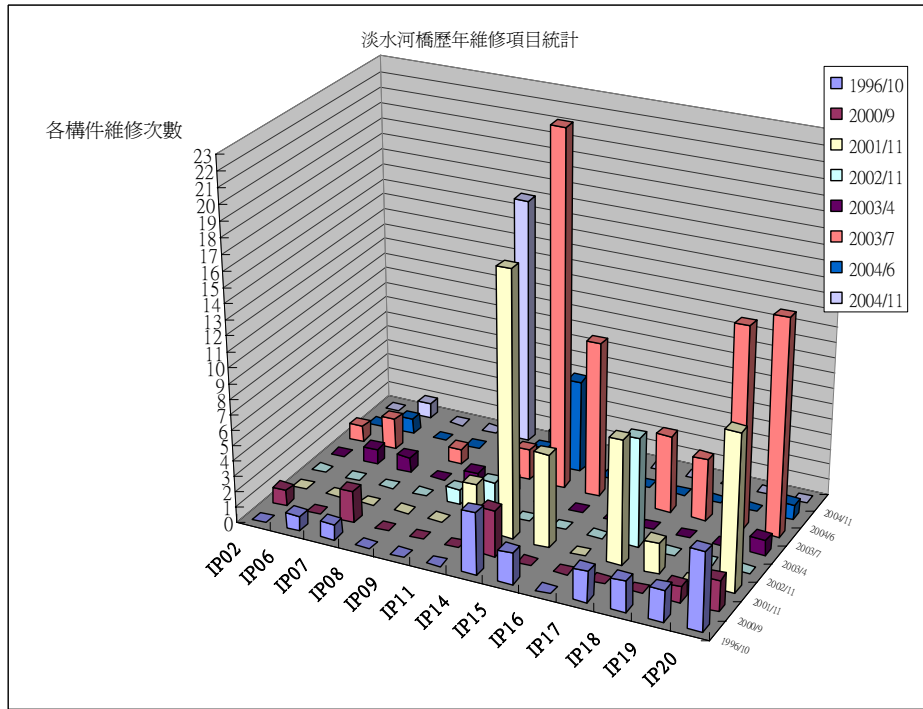


圖 6.26 淡水河橋歷年構件例行性維修統計

如果將歷年來(1996~2004 年)每個維修構件所維修的項目做一統計，見表 6.17，排除附屬設施不算，發現歷年來維修工次數最多的為橋墩墩柱的裂縫修補，其次為橋面版的路面混凝土修補，再來是伸縮縫的混凝土修補，由此看出淡水河橋歷年來大多數的例行性維修數量比圓山橋要多，且大多數為路面平整度的混凝土修補，代表淡水河橋路面劣化的狀況較為嚴重，且維修構件的項目大多發生在橋梁的用路人的舒適度上(橋墩墩柱、伸縮縫、橋面版等)。

表 6.17 淡水河橋 1996~2004 年維修工統計

淡水河橋 1996~2004 年維修工統計				
構件項目	構件	維修工	名稱	數量
IP02	引道護欄	01	整理保養	1
		03	其他	1
IP06	橋台	02	修補混凝土	1
		03	修補寬度大於 0.2mm 的裂縫	3
		04	其他	2
IP07	翼牆/擋土牆	01	修補混凝土	1
		02	修補寬度大於 0.2mm 的裂縫	1
		05	更換填縫膠	2
IP08	摩擦層	02	橋面版摩擦層修補	1
IP09	上部結構排水設施	01	清理淤塞的洩水孔	18
		06	修補受損排水管	1
IP11	護欄/欄杆	01	剝落混凝土修補	3
		03	金屬欄杆的防蝕保護	4
		04	金屬欄杆換新	1
		06	其他	2
IP14	橋墩/柱	01	修補混凝土	13
		02	修補寬度大於 0.3mm 的裂縫	23
		03	塗刷保護層	5
		04	其他	12
IP15	支承墊	01	清理保養	9
		02	更換支承	9
IP16	止震塊	01	清理保養	2
IP17	大樑	03	修補基座無收縮水泥	3
		21	其他	8
		22	更換填縫膠	11
IP18	橫隔樑	01	修補混凝土	7
		03	塗上保護塗料	1
IP19	橋面版	01	修補混凝土	18
		02	修補寬度大於 0.3mm 的裂縫	1
		03	塗上保護塗料	2
IP20	伸縮縫	01	修補混凝土	12
		02	修補寬度大於 0.3mm 的裂縫	4
		03	塗上表面密封塗料	10
		04	防水處理	7

三、歷年補強工程彙整

本研究根據淡水河橋梁所屬工務段所提供現有存查零星的歷史資料，試圖拼湊出各案例橋梁完整的歷史生命週期表現，包含歷史補強資訊、有無改建或拓寬工程、有無受嚴重之災害等。

淡水河橋生命週期史大事紀要表，如表 6.18 所示。淡水河橋於民國 68 年完工開放通車後，由於位於台北都會區，近年來交通量大增及車輛超載情形嚴重，以至於橋面版產生大量裂縫及磨耗層磨損剝落等嚴重現象，則高公局開始進行下列改善措施：

1. 淡水橋橋梁檢測

民國 80 年高工局委請昭凌顧問工程公司進行淡水河橋一般性檢測，希望利用此檢測結果，作為後續補強工程之依據。其檢測結果如下：

(1) 混凝土橋面版目視檢測結果

部分橋孔混凝土橋面版表面有大量明顯裂縫，南下車道第 1 孔至第 5 孔，裂縫走向為平行於車行方向，裂縫平均長度 30~50cm，寬度介於 0.1mm~2mm，少數較長裂縫達 200cm；第 6 孔至第 20 孔裂縫走向改變為垂直於車行方向；部份橋孔有方形網狀裂縫約 11cm×11cm 之範圍；且局部橋面版鋼筋外露，但是橋面有許多因磨耗而產生的坑洞，大多數坑洞曾經以樹酯砂漿填補過，但是部份維修過的地方又開始產生裂縫，橋面版底部則有少量的裂縫和白華。

(2) 混凝土鑽心試體及分析結果

- a. 淡水河橋混凝土中水泥將所佔比例體積偏高，佔總體積 36%(良好混凝土約佔 27%)。
- b. 骨材粒徑分佈不良，缺少粒徑 2~8mm 的骨材。
- c. 水灰比 0.6~0.65 偏高(一般標準為 0.4~0.45)。

- d. 混凝土骨材分析結果，為泥岩及砂岩含有大量的黏土，會因大氣相對濕度而產生體積變化，增加混凝土的乾縮。
- e. 試體裂縫延伸至試體高度的一半或完全貫穿，裂縫已碳化，表示為舊有裂縫，已開裂很長的時間。
- f. 裂縫起始於混凝土表面而往內部發展，且介於表面裂縫間之混凝土尚維持完整而未受損，這顯示裂縫係因初期乾縮所形成。

2. 橫隔樑補強工程

橫隔樑補強工程為民國 80 年開始實行，82 年完工，主要方法在每孔 1/3 及 2/3 跨徑處將隔樑加以增厚並施加預力來補強，目的以增加大樑承受的活載重能較有效的平均分配到其他大樑上，其詳細之工程內容，可參考民國 81 年「中山高速公路淡水河橋劣化專案研究報告」內容。其補強方式的確能抑止裂縫的成長，成效良好。

3. 橋面版補強工程

橋面版補強工程為民國 82 年開始實行，87 年完工，主要方法利用水刀將舊有橋面版刨除 2cm 厚並植筋後再加鋪 7cm 的鋼纖混凝土，目的在於加強橋面版的勁度、耐磨能力及防水效果。

4. 基樁完整性檢測

鑒於民國 88 年 921 地震造成諸多橋梁受損，高工局為了了解淡水河橋之耐震能力，委請健峰工程顧問股份有限公司進行基礎完整性檢測，其工作項目包含了基本目視檢測、河床沖刷深度量測、水中基礎觀測、橋墩樁帽頂部高程量測、河床沖刷影響評估、鋼筋混凝土保護層厚度及腐蝕速率檢測、中性化、抗壓、氯離子檢測、基樁全長完整性檢測、基樁承载力評估、土壤液化潛能評估、沉陷評估以及最後維修補強設計建議等。可說是以淡水河橋來說，歷年來進行最大規模及完整的基樁的評估報告。

其檢測結果如下：

- (1) 目視檢測發現基樁頂部有裂縫的情形約佔總基樁數的 5% 左右；且基樁頂部之裂縫深度尚未達保護層厚度。
- (2) 水中基樁檢測結果發現，受損基樁大多為混凝土剝落及裂縫，並無發現有鋼筋外露之情形，部分受損基樁雖產生劣化現象，但尚未嚴重影響橋梁整體安全性。
- (3) 混凝土保護層厚度並無不足之情形，也無中性化現象，其抗壓強度均在設計強度 240kg/cm^2 以上。在鋼筋檢測發現有極大機率已產生腐蝕，建議進行鋼筋防腐蝕工程。
- (4) 雖進行橋墩頂部高程水準測量，但由於無過去資料進行比對，只能建檔供以後之用。
- (5) 河床沖刷量測結果與設計值比較，河床下降約 2~3m；在沖刷潛能上，尚無安全之顧慮，若要確保未來沖刷加深，建議採用河床加固工法。
- (6) 在承載能力方面，本橋梁在基礎平時使用下，應無安全顧慮，但在地震力發生時，其耐震能力略嫌不足，僅能抵抗 0.069W 的地震力，建議需進行基礎補強作業。
- (7) 土壤液化潛能方面，在地表下 30m 以內之部份土層，在地震時有液化的可能，在基樁耐震能力已有不足情形下，建議進行補強作業。

表 6.18 淡水河橋生命週期史

時間	大事紀要
民國64年	淡水河橋新建工程開工
民國68年	淡水河橋新建工程完工
民國78年	橋面板產生大量裂縫及磨耗層剝落現象 委請昭凌作一般性檢測
民國80年	委請昭凌進行橫隔梁維修補強工程
民國82年	橫隔梁維修補強工程竣工
民國87年	橋面板維修補強工程竣工
民國90年10月	委請健峰工程顧問公司進行基樁完整性檢測
民國94年5月	現今

施約
工四
期年

正
常
使
用
期
約
十
年

營
運
及
延
壽
處
理
期
約
十
六
年

6.3.2 序選分析

步驟 3. 尋找問題

淡水河橋可經由前述之橋梁基本資料、歷年檢測資料、歷年修補資料、以及歷年補強資料的統計與補強報告中，可得知：

1. 以現有的橋梁管理系統(TBMS)功能來說，目視檢測資料只能提供在橋梁現況資訊不透明下，一個對橋梁基本的觀察量化值，而無法提供真實橋梁劣化或損壞進而喪失橋梁功能的實際數據，以至於決策者還必須盡一步做詳細檢測或分析才能真正了解橋梁發生問題的所在。所以單一看歷年檢測資料統計只能找出橋梁構件中，哪一構件在歷年來劣化次數最多，但至於造成此劣化的原因，TBMS 無法提供。
2. 以本研究所統計出淡水河橋歷年檢測資料，發現歷年來劣化最為嚴重比例佔最高的構件為伸縮縫與橋面版；再與維修資料比對下橋墩墩柱與橋面版之裂縫修補和修補混凝土為維修工比例最高，由此統計可發現橋面版與伸縮縫是淡水河橋歷年來最重要的維修構件之一。
3. 在收集歷年淡水河橋之補強報告後，發覺此橋梁最大問題在於橋面版有廣泛的磨耗與損壞劣化的現象。由此也可證明橋面版為歷年來劣化比例最高的原因，其發生問題可能的原因有(參考民國 84 年「高速公路工程與管理研討會論文集」)：
 - (1) 橋孔跨徑(40m)與梁深(2.0m)比為 1：20(正常數值為 1：15~1：18)，上部結構顯得比較細長與柔軟。
 - (2) 混凝土橋面版設計厚度僅 17.5cm，同時沒有鋪設 AC 磨耗層，大樑間距 2.5m。且混凝土長期乾縮，橋面版裂縫擴大，減低橋面版在複合梁中承受壓應力的能力。

- (3) 隔梁與大樑的連接僅以二根 $\phi 19\text{mm}$ 鋼筋於隔梁下方與自大樑伸出之 $\phi 25\text{mm}$ 螺栓搭接，而該螺栓端部並未埋入大樑足夠之長度內，僅與預埋大樑內之螺帽連接，接頭處易於轉動，連接效果不佳。
- (4) 上部結構預力大樑，同時採用先拉預力工法與後拉預力工法，其設計容許預力損失包括彈性縮短、乾縮、潛變及鋼料鬆弛。先拉法考慮 13.5%，後拉法考慮 13.7%，該項估計值偏低。
- (5) 車輛超載嚴重。

步驟 4.現況評估

所以經由前述收集的歷史資料，初步了解淡水河橋的歷史背景與受損狀況。至於對淡水河橋現況分析以及提出方案，本研究將沿用第四章所擬定之延壽評估策略流程，來進行後續分析。

由於本為第四章所提及的基本資料模組，屬於基本資料建構方面在前節已詳細說明，在此不贅述；本章節僅對構件潛勢模組、構件劣化模組以及修復補強工法建議模組，作一流程說明。

一、構件潛勢模組分析流程

此模組是以橋梁構件為導向來評估橋梁對於災害潛勢的高低，模組架構示意圖見圖 6.26：

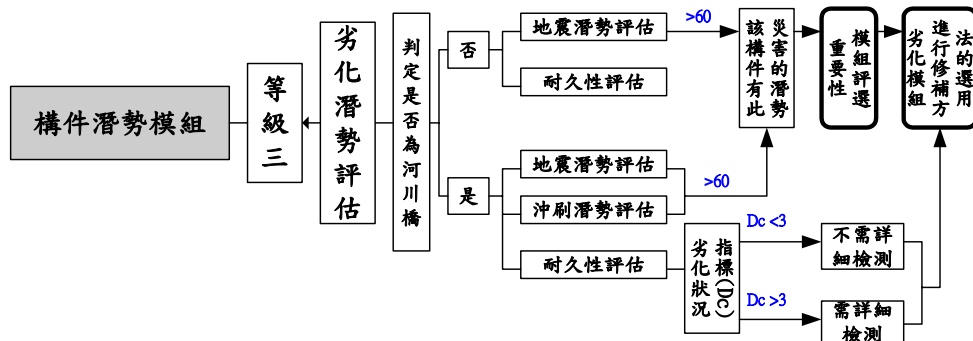


圖 6.27 構件潛勢模組評估流程

1.判斷是否為河川橋

淡水河橋依據 6.2.1 節所建立之基本資料，因跨越淡水河，所以為跨越河段之河川橋，所以經由圖 6.27 判斷，必須進行地震、沖刷、耐久性評估。

2.地震潛勢評估

地震評估流程見圖 6.28，所利用的評估項目，乃是根據現行橋梁對於耐震評估表格加以篩檢而得出。

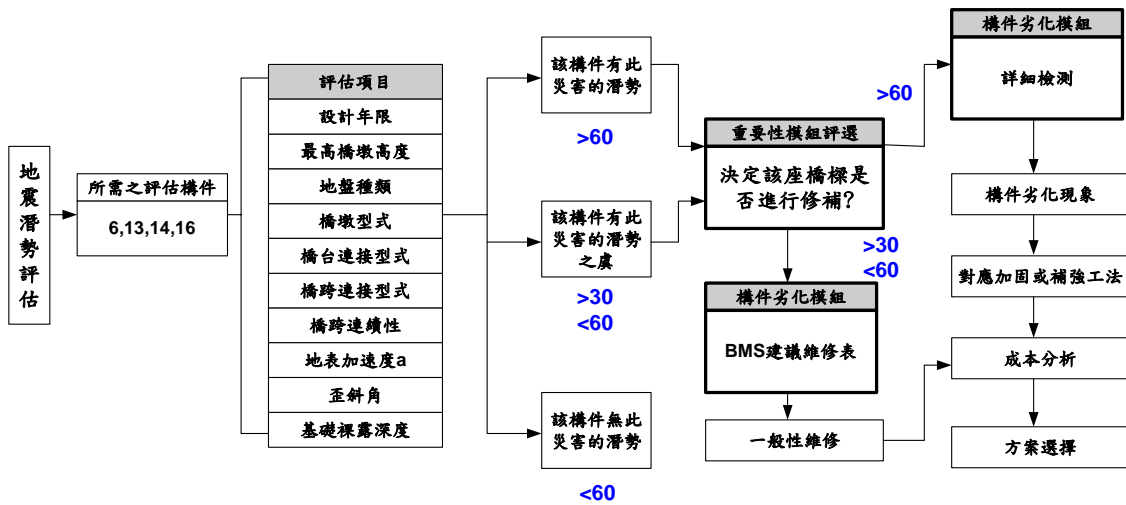


圖 6.28 地震潛勢評估流程

其中構件欄位的編號為橋梁管理系統之構件編號(可見表 6.10)，而評分時，乃根據橋梁振動單元為一單元，本研究案例採用淡水河橋跨河段 0+821~0+901 段之一處振動單元為示範，其評分結果為 74.85 分(詳細評分項目分數見附錄一)，代表該振動單元發生地震災害潛勢的機率偏高，必須進入構件劣化模組中詳細檢測選項作進一步的分析。

3.沖刷潛勢評估

沖刷潛勢評估(詳細評估流程見圖 6.29)，所利用的評估項目，乃利用沖刷潛勢評估表格。

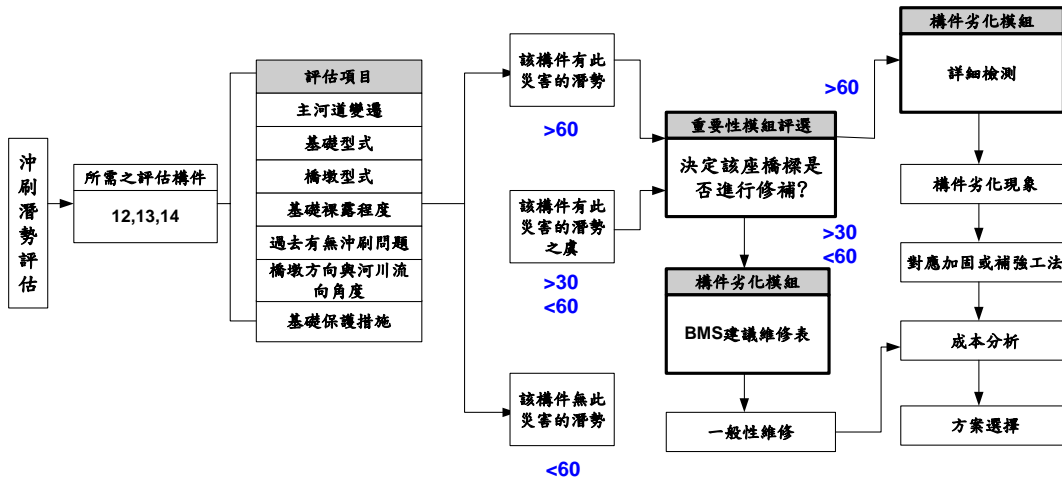


圖 6.29 沖刷潛勢評估流程

其中構件欄位的編號為橋梁管理系統之構件編號(可見表 6.10)，而評分時，其評分結果為 36.9 分(詳細評分項目分數見附錄一)，代表該振動單元有可能發生沖刷災害潛勢，但機會不大，根據流程必須進入構件劣化模組之 TBMS 建議維修表做進一步分析。

4. 耐久性評估

耐久性評估分為兩部份進行：

- (1) 一是利用台灣地區橋梁管理系統之目視檢測資料中之 D 值(劣化程度)作為判斷的指標 D_c ，原因在於計算方便與資料取得方便，其計算方式如下：

$$D_c = \frac{\sum_{i=1}^{20} IC_i \times W_i}{\sum_{i=1}^{20} W_i}$$

$$I_i = \sum_{k=1}^n \frac{D_k}{4} \times 100$$

$$IC_i = \frac{I_i}{n}$$

W_i =各構件權重
 li =單一構件D值狀況指數權重
 i =第i個構件
 n =構件數目

其流程見圖 6.30 所示。

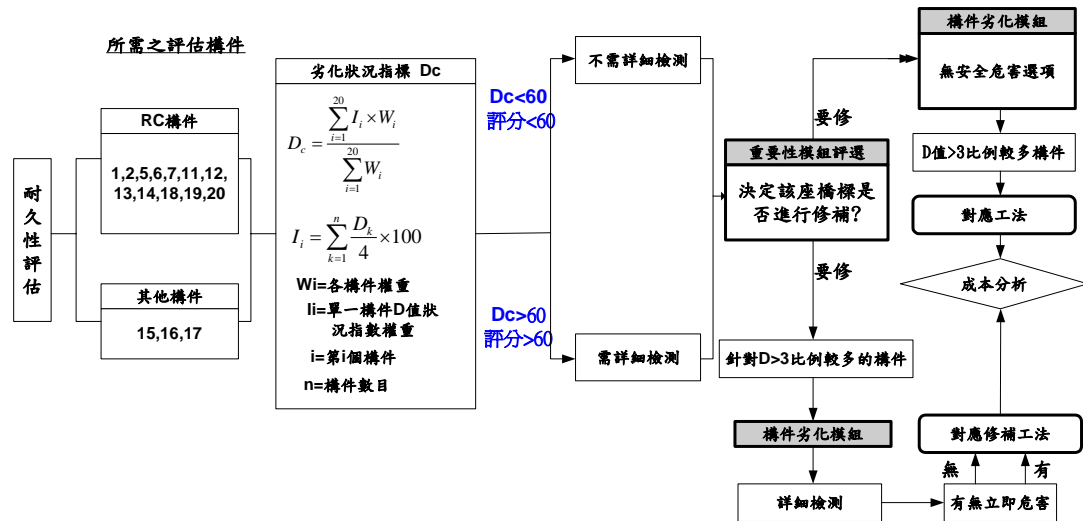


圖 6.30 耐久性評估流程

本研究攫取淡水河橋最近一年且資料紀錄較為完整(2004 年 5 月)之檢測資料如下表 6.19，其中只選取振動單元之主要構件，不包含附屬設施(第 1~11 項)。

表 6.19 淡水河橋 2004 年目視檢測表

橋梁一般檢測評估狀況報告表															道路名稱: 國道 1 號 中心樁號: 26k+010													
橋梁名稱: 淡水河橋					檢測單位: 內湖工務段					橋梁地點: 結構型式: 梁式橋																		
檢測日期: 2004/5/31					檢測員: ---					橋梁淨寬: 26k+010																		
建造日期: 65 年 4 月					橋孔數: 18			橋梁長度: 744																				
橋墩號	12.橋墩保護設施			13.橋墩基礎			14.橋墩墩體/帽梁			15.支承/支承墊			16.止震塊/拉桿			17.伸縮縫			橋台號	18.主構件(大樑)			19.副構件(橫隔樑)			20.橋面板/絞接版		
	D	E	R	D	E	R	D	E	R	D	E	R	D	E	R	D	E	R		D	E	R	D	E	R			
A01														3	4	2	S01											
A02																	S02	1			1				2	1	1	
P01							2	1	1	2	1	1	2	1	1	3	4	2	S03	1			1			2	1	1
P02							2	1	1									S04	1			1				2	1	1
P03							2	1	1									S05	1			1				2	1	1
P04							2	1	1	2	1	1				3	4	2	S06									
P05																		S07										
P06																		S08										
P07																		S09										
P08																3	4	2	S10									
P09																		S11										
P10																		S12										
P11																		S13										
P12																3	4	2	S14									
P13																		S15	2	1	1	1				3	4	3
P14							2	1	1									S16	1	1	1	1				3	4	3
P15							2	1	1									S17	2	1	1	1				3	4	3
P16							1			2	1	1				3	4	2	S18	1			1			3	4	3
P17							2	1	1	2	1	1						S19	1			1				3	4	3
P18							2	1	1	2	1	1						S20										
P19							2	1	1	2	1	1				3	4	2										

(資料來源：台灣地區橋梁管理系統)

所以依據各構件之權重及 D 值，得出劣化狀況指標 $D_c=49.34$ ，及初步認定無立即危害且不需做詳細檢測欄位，但由於其值已超過 30 分，則必須依構件實際劣化現象進入劣化模組之 TBMS 建議維修表。

(2)耐久性除對目視檢測作一初步評估外，也利用耐久性評估表格進行評分(見附錄一)，分數愈高，代表耐久性愈差，其評分結果為 52.08，其值低於 60，代表目前耐久性雖無虞，但建議作進一步詳細檢測。

二、構件劣化模組分析流程

分為兩主子欄位：歷史資料迴歸分析欄位與 RC 構件耐久性詳細檢測欄位。其模組架構如圖 6.31 所示。

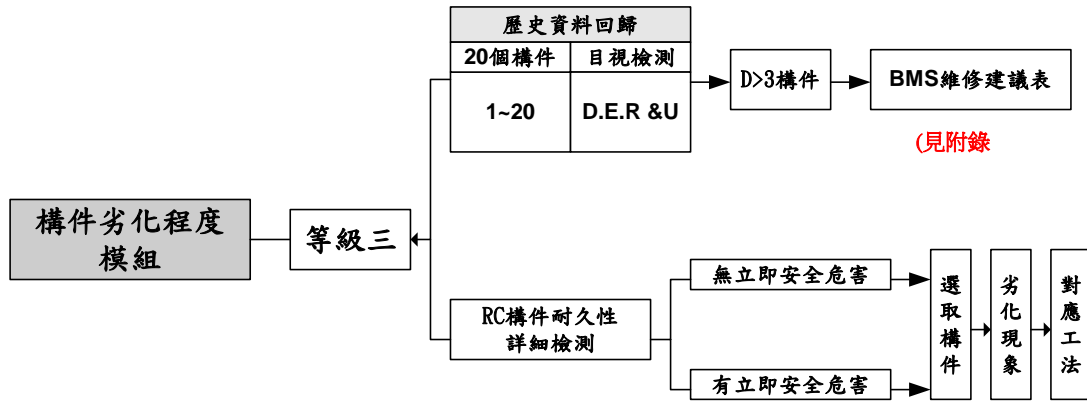


圖 6.31 構件劣化模組

由於災害潛勢模組針對地震、沖刷與耐久性評估結果得知，地震分數 74.85、沖刷 36.9、耐久性 $D_c=49.34$ 、分數 52.08，發現此橋梁之耐震能力稍嫌不足，必須做進一步的探討和注意(但無“立即”的安全危害)；而至於沖刷和耐久性目前雖較無安全性的危害潛勢，只需做一般例行性的維修。且由表 6.19 得知，淡水河橋在所有構件中 D 值大於 3 者為伸縮縫構件，代表著雖然整體振動單元耐久性無虞，但在單一構件之劣化現象來說，是較為嚴重而需進行修補建議的。

步驟 5. 災損原因確定

根據本研究評估流程，自然災害潛勢分析目的在於只是對橋梁各構件做潛勢分析，為預防性之延壽對策，而對於構件本身只是認為有該災害潛勢發生的可能，但對橋梁並不是直接造成損害，所以並無立即的安全危害。而此次評估結果發現本橋之耐震能力稍嫌不足和耐久性的問題，應該進行進一步詳細檢測與耐震補強的工作，但礙於本研

究是以評估橋梁現況以及延壽策略研擬為導向，其詳細檢測的工作礙於計劃時程與目的，只能根據現有的歷史評估報告作一建議。根據歷史補強報告(民國 90 年「中山高速公路淡水河橋基礎完整性檢測報告期末報告」)中提及，造成耐震能力不足的原因，可能有兩者：

1. 基礎因跨越淡水河橋，受到潮汐帶來的海水影響，海水中的氯離子易侵入基礎在潮差帶之混凝土內部，而產生腐蝕；且由當時檢測試驗發現氯離子的含量過高以及有極高的鋼筋腐蝕機率，建議可進行鋼筋防腐蝕工程來避免鋼筋持續腐蝕而降低基礎強度。
2. 在基樁抵抗地震力時，其強度恐已有不足，由基樁承载力分析得知，在地震力超過 0.069W 時，其最大壓應力會超過容許應力。建議對基樁進行基礎補強工程。

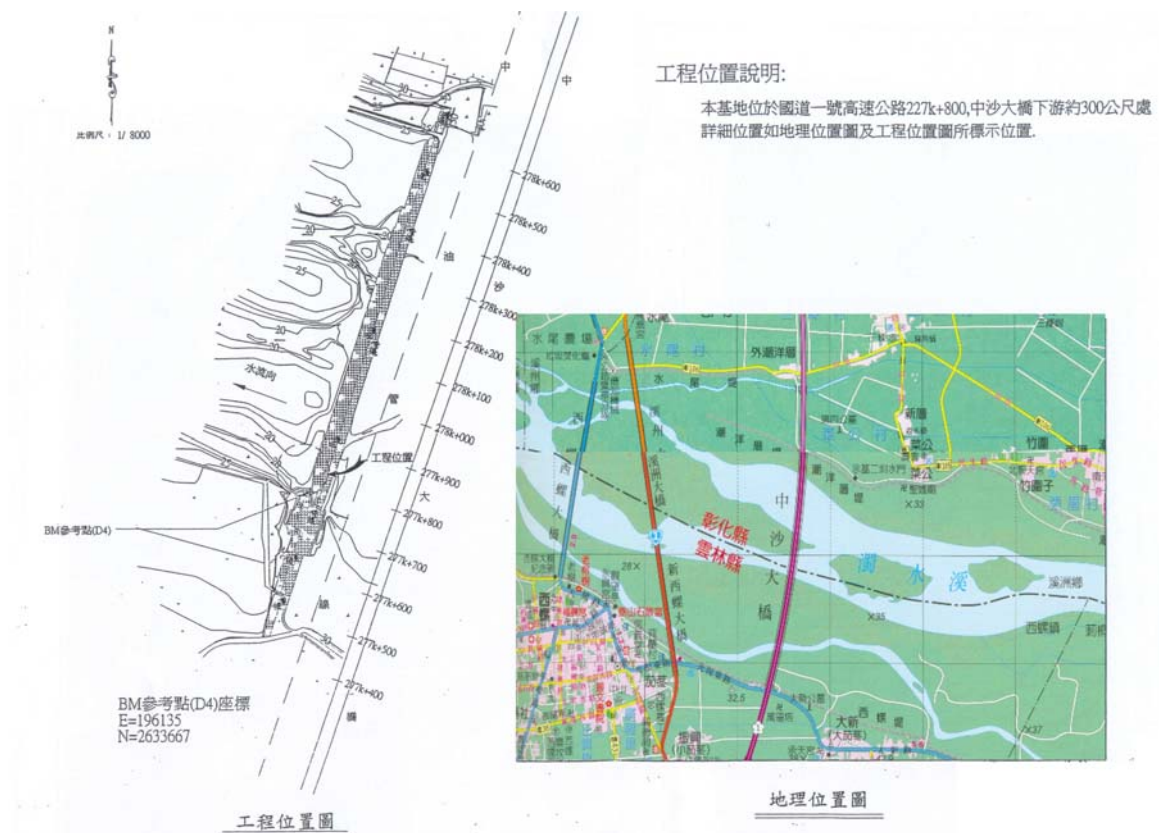
而依據上述狀況，修補工法可歸納於鋼筋腐蝕與基礎補強兩方面進行，而所對應之維修工法可參考第四章之表 6.22 與表 6.23 所示。表中顯示鋼筋腐蝕工法計有：還鹼工法、脫鹽工法以及陰極防蝕工法。基礎補強工法計有：增設基樁、基腳工法、鋼板圍束工法、基礎跟加固等。而依據當時報告建議工法為陰極防蝕工法以及增設基樁工法。其個別報價分別為 76,300,000 元與 145,500,000 元。

再者，真正會對橋梁造成安全性或舒適性的危害，應該是從各構件的劣化現象來判斷，且由於評估結果發現淡水河橋檢測資料中伸縮縫的 D 值大於 3，問題較為嚴重，但在進一步了解伸縮縫的劣化現象時，礙於 TBMS 資料所能提供之資訊有限，且無法提供構件的劣化現象描述，在與現場檢測人員訪談後得知，當年伸縮縫出現 D 值超過 3 之原因為由於歷時夏季，伸縮縫因為熱漲冷縮效應，造成填縫劑外露，對於整體橋梁並無太大損害。

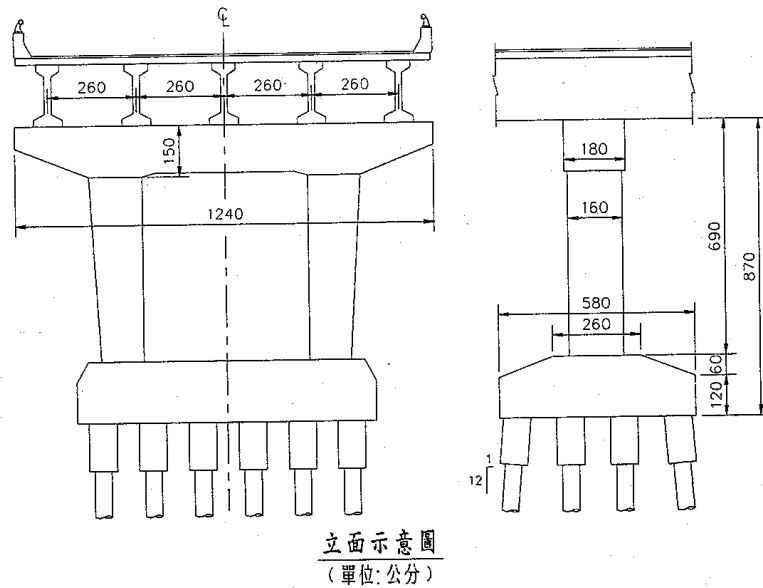
後續步驟根據 6.1 節所述流程之第 6~9 步驟，屬於策略規劃階段，將至 6.6 節一併敘述。

6.4 中沙大橋

中沙大橋位於彰化及雲林兩縣交界處，跨越濁水溪，為高速公路中部極為重要橋梁之一。係於民國 67 年完工通車，分為南下及北上兩座獨立橋梁，總長度 2344.94m，共有 67 個橋孔，每孔間距為 35m；橋梁上部為預力 I 型簡支樑，下部結構為混凝土鋼架式橋墩及樁基礎。樁帽設計高程為+29.2m，每個樁帽下端均有 24 支摩擦層，基樁長度為 24m，中沙大橋幾何圖形如圖 6.32 所示。全線橋面設計高程相同，橋墩高度均為 8.4 公尺，預力大樑為簡支，橋面版以鉸接方式連接成三孔連續。防止地震落橋設計包括每個橋台及橋墩設置鋼筋混凝土止震塊，以及於伸縮縫每處均設置防震拉條。大樑直接放置於加強人造橡膠支承墊上，無防震剪力鋼棒。



(a) 平面圖



(b) 立面圖

圖 6.32 中沙大橋平面、立面圖

6.4.1 資料建檔

步驟 1. 基本資料收集

橋梁基本資料依據台灣地區橋梁管理系統與現地工程師所提供之資料，填表方式依據本研究所建置之編碼評估表格，所需之欄位與資料如下：

1. 管理機關：交通部國道高速公路局
2. 工程處：中區工程處
3. 工務段：斗南工務段
4. 公路編號：國道一號
5. 道路方向：南北向
6. 里程數：227K+428~229K+772.94 (總長 2344.94m)
7. 服務功能：主線車道
8. 所在位置：濁水溪
9. 建造年代：1978 年

10. 設計規範：交通部公路橋梁工程設計規範(民國 49-76 年)

11. 設計原則：無韌性設計

12. 地盤種類：第三類地盤

橋梁結構形式依據竣工圖，並結合本研究所建置之編碼表格所需欄位資料如下：

1. 主梁材質：預力鋼筋混凝土
2. 上部結構：多跨 I 型梁橋
3. 伸縮縫：齒型縫
4. 支承型式：合成橡膠支承
5. 止震塊：有
6. 橋墩型式：多柱式
7. 橋台型式：半重力式
8. 基礎型式：PC 基樁
9. 結構工法：預力 I 型梁工法

依據上述資料所建立之編碼表格，如附錄一所示。由表中可知中沙大橋基本資料、結構形式、結構工法編碼如下：

1. 基本資料(等級一)編碼：N0010P-BR-227428-R-78-B-N-3
2. 結構形式(等級二)編碼：PC-S-1IB-FP-EB1-U-CBSG-F-PC

步驟 2. 歷史資料彙整

歷史資料彙整主要區分為橋梁歷史目視檢測資料、歷年修復資料與歷年補強資料：

一、目視檢測資料

目視檢測資料擷取台灣地區橋梁管理系統中自 1996 年 10 月到 2004 年 11 月，一年分兩筆檢測資料，共計 7 筆資料，並分為中沙大橋南向與北向兩方向分別統計。本研究分析方法為提取橋梁 20 個構件歷年有紀錄之 D 值，作一彙整分析。

各構件歷年之 D 值整理分別分為 D=1~D=4 依上部、下部構件、南向、北向將歷年有檢測資料紀錄的，南向如圖 6.33~圖 6.40 所示，北向如圖 6.41~圖 6.48 所示。圖中 x 座標為各構件名稱；y 座標為歷年時間；z 座標為各構件在當年 D 值所佔的比例。

南向(圖 6.32~圖 6.39)

1. 圖中顯示中沙大橋各構件檢測資料 D=1(系統內定值)、D=2 所佔比例居多，但會隨著年期增加而數量遞增，這與定期或不定期之維修修復有關。
2. 在 D=2(劣化程度尚可)統計中，上部構件中有支承墊、大樑、橫隔樑與橋面版在 1996~2004 年間劣化趨勢統計中，在 7 次的紀錄中有逐年比例下降之趨勢(圖 6.35)，由於 D=2 比例少代表著反應在其他的程度中(D=3 或 4)，這意味著這些構件每年的劣化狀況時好時壞，而不是逐年轉好的情形(也就是逐年比例升高的情形)。而此一現象在下部構件中橋墩墩體與橋墩基礎也有發生類似的情形。
3. 在 D=3(劣化程度差)的比例，發現上部結構中之摩擦層在 2000 年時有全面劣化之現象，支承墊與大樑兩構件在 1996 年間劣化程度的比例似乎較高且大樑與橫隔樑在 2004 年都還有較差的劣化現象，而下部構件中橋墩墩體與橋台，幾乎每年均有劣化程度較差的情形，且橋台是幾乎為全面劣化的情形。橋墩基礎在 2004 年也都有劣化程度較差的情形。
3. 中沙大橋在歷年的檢測資料來看，發生 D=4(嚴重裂化)的情形，在 1996~2003 年間上部結構大樑和橋面版有發生嚴重裂化之情形。至

於當年是否進行修復工作已至於在 2004 年比例降低，必需從歷年修復工法統計中比較得出。

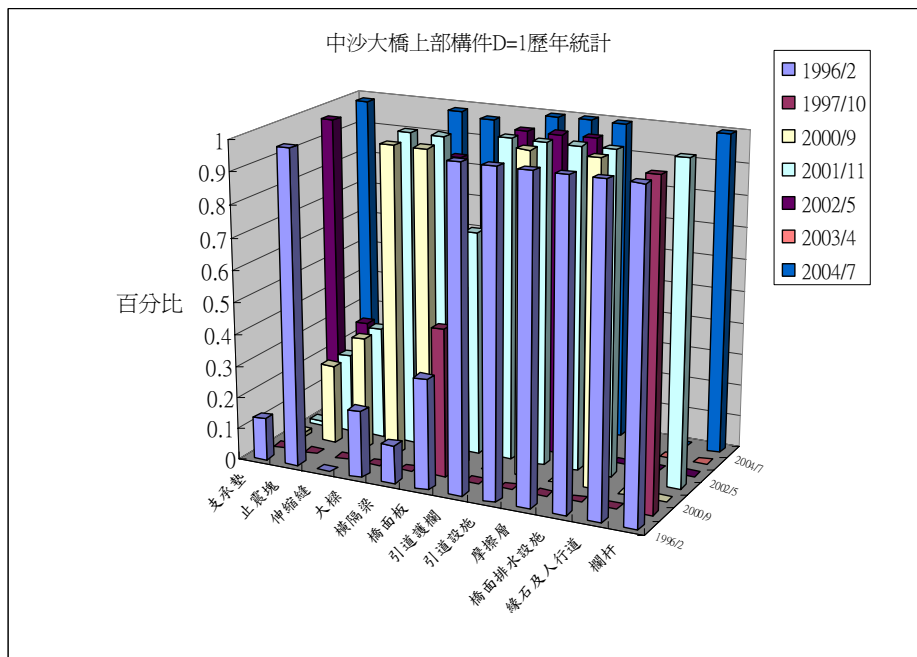


圖 6.33 中沙大橋南向歷年 D=1 上部構件統計圖

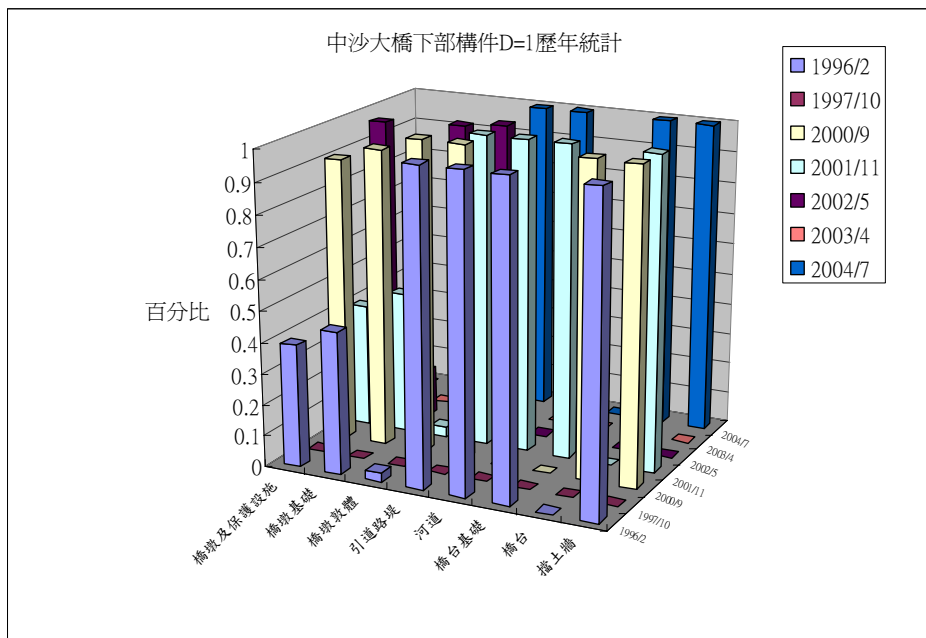


圖 6.34 中沙大橋南向歷年 D=1 下部構件統計圖

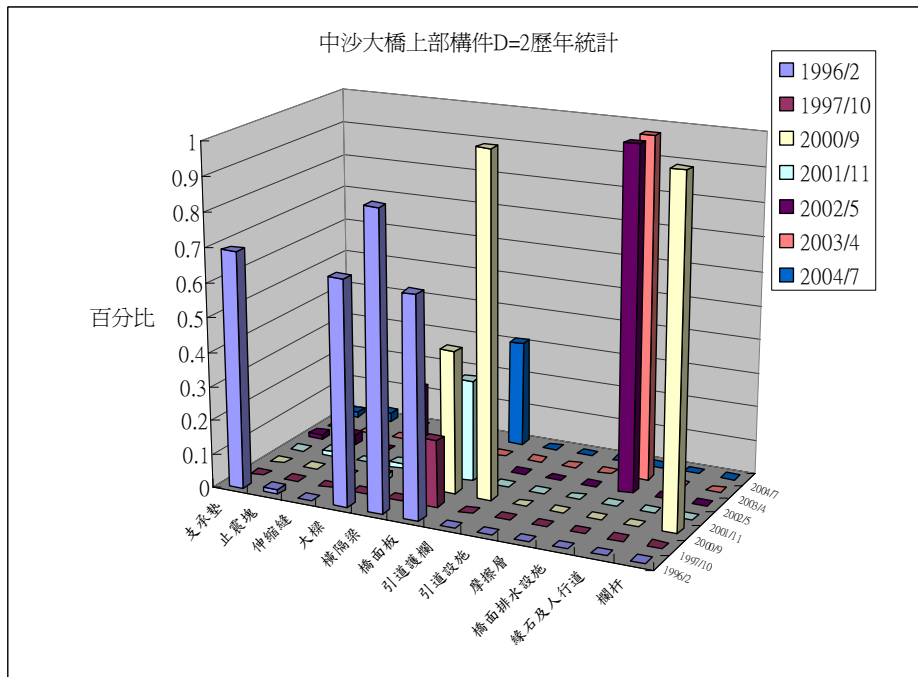


圖 6.35 中沙大橋南向歷年 D=2 上部構件統計圖

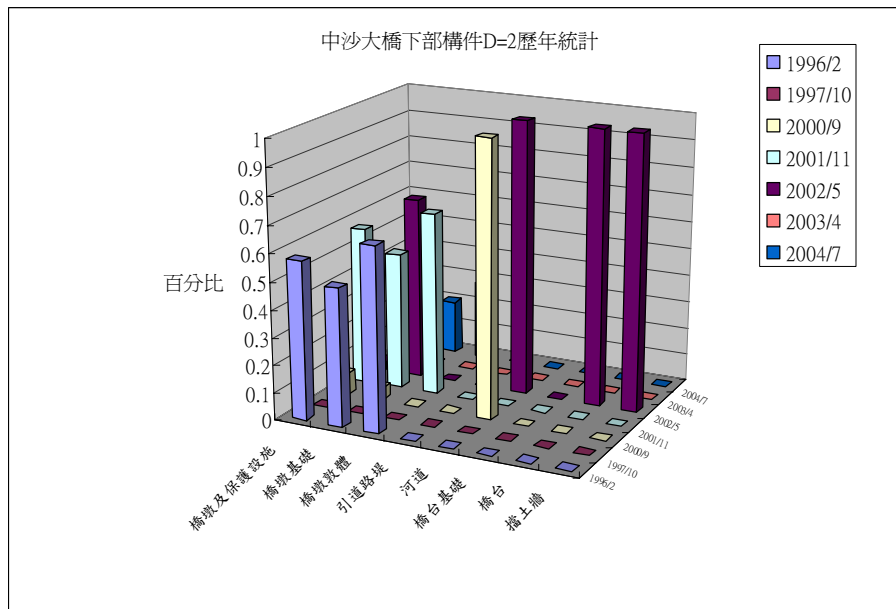


圖 6.36 中沙大橋南向歷年 D=2 下部構件統計圖

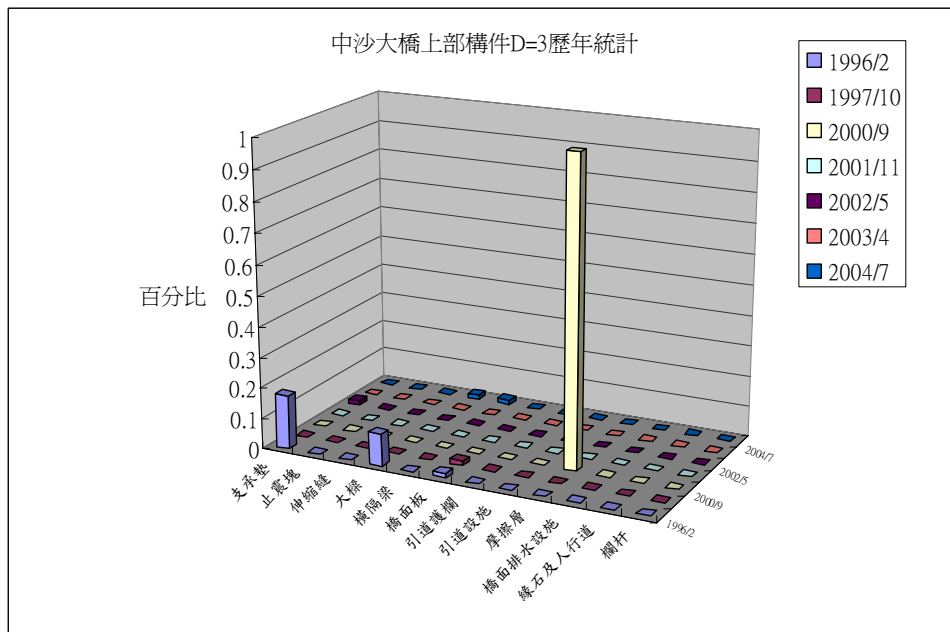


圖 6.37 中沙大橋南向歷年 D=3 上部構件統計圖

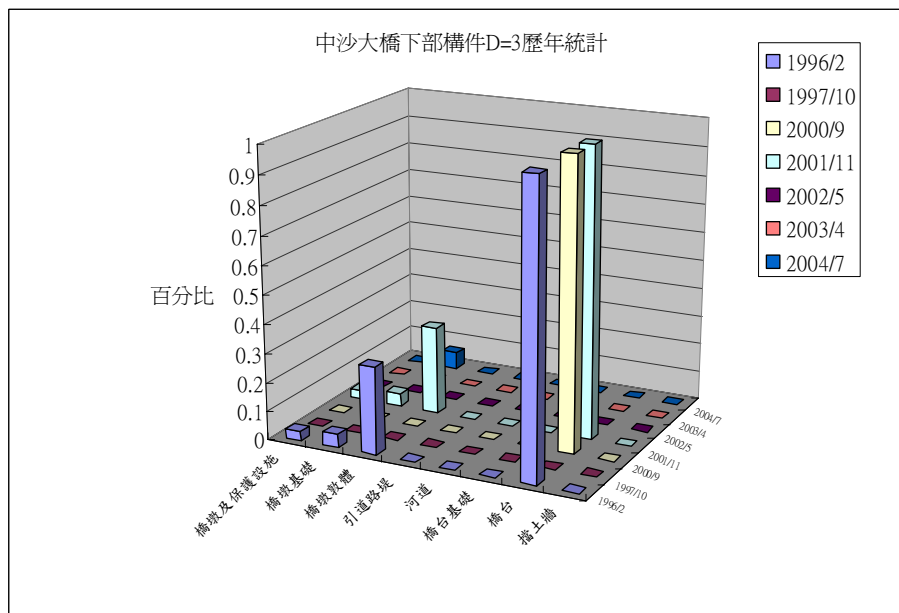


圖 6.38 中沙大橋南向歷年 D=3 下部構件統計圖

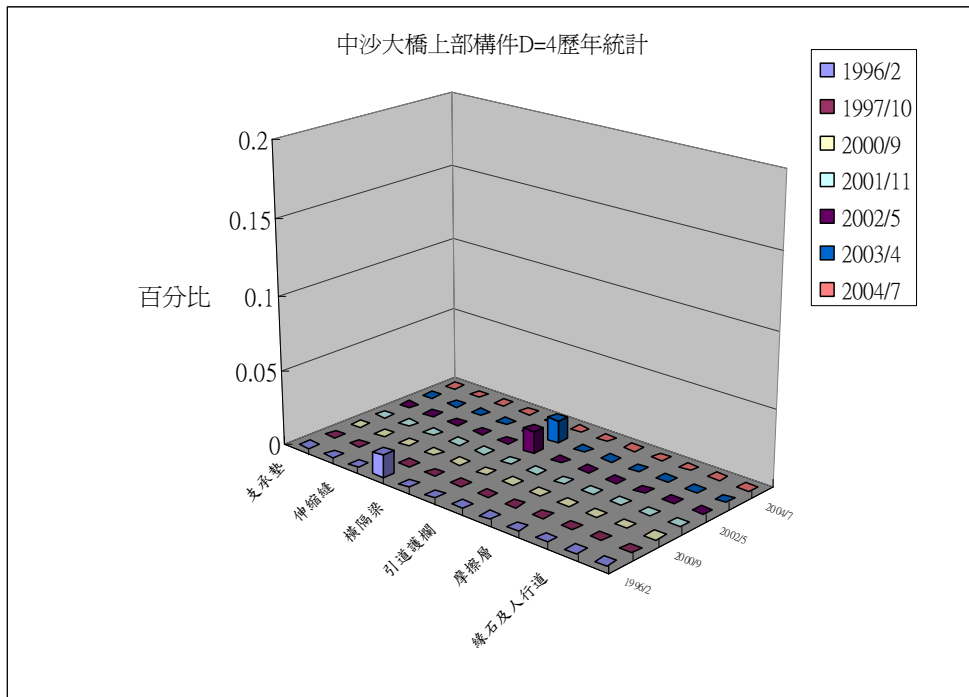


圖 6.39 中沙大橋南向歷年 D=4 上部構件統計圖

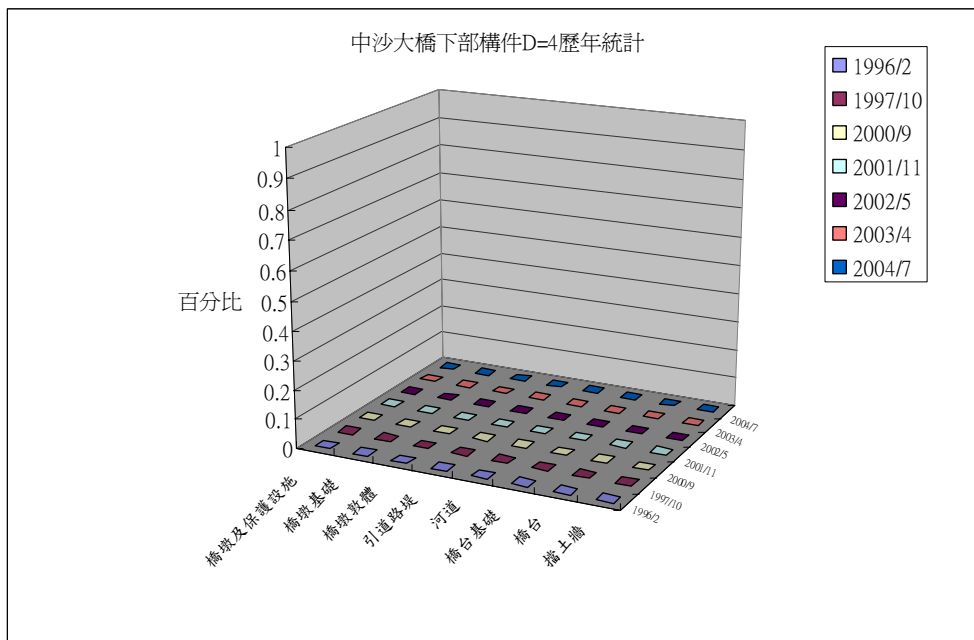


圖 6.40 中沙大橋南向歷年 D=4 下部構件統計圖

北向(圖 6.41~圖 6.48)

1. 圖中顯示中沙大橋各構件檢測資料 D=1(系統內定值)、D=2 所佔比例居多，但會隨著年期增加而數量遞減，這與定期或不定期之維修修復有關。
2. 在 D=2(劣化程度尚可)統計中，上部構件大樑、橫隔樑、支承墊與橋面版在 1996~2004 年間劣化趨勢統計中，在 7 次的紀錄中有劣化趨勢是逐年下降的，由於 D=2 比例少代表著反應在其他的程度中(D=3 或 4)，這意味著這些構件每年的劣化狀況時好時壞，而不是逐年轉好的情形(也就是逐年比例升高的情形)。而此一現象在下部構件中橋墩基礎和橋墩墩體也有發生類似的情形。
3. D=3(劣化程度差)的比例，發現上部結構支承墊、大樑與橋面版構件到 2004 年都還有劣化程度較差的情形，且摩擦層在 2000 年有全面劣化較差的情形產生；而下部構件中橋墩基礎，在 2004 年也有劣化程度差的情形。
4. 中沙大橋在歷年的檢測資料來看，發生 D=4(嚴重裂化)的情形，較南向好，沒有發生此範圍之內。

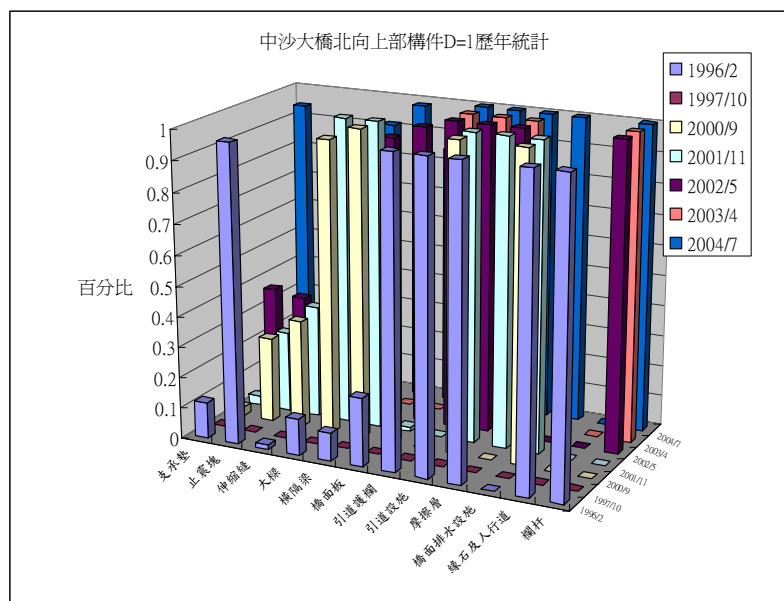


圖 6.41 中沙大橋北向歷年 D=1 上部構件統計圖

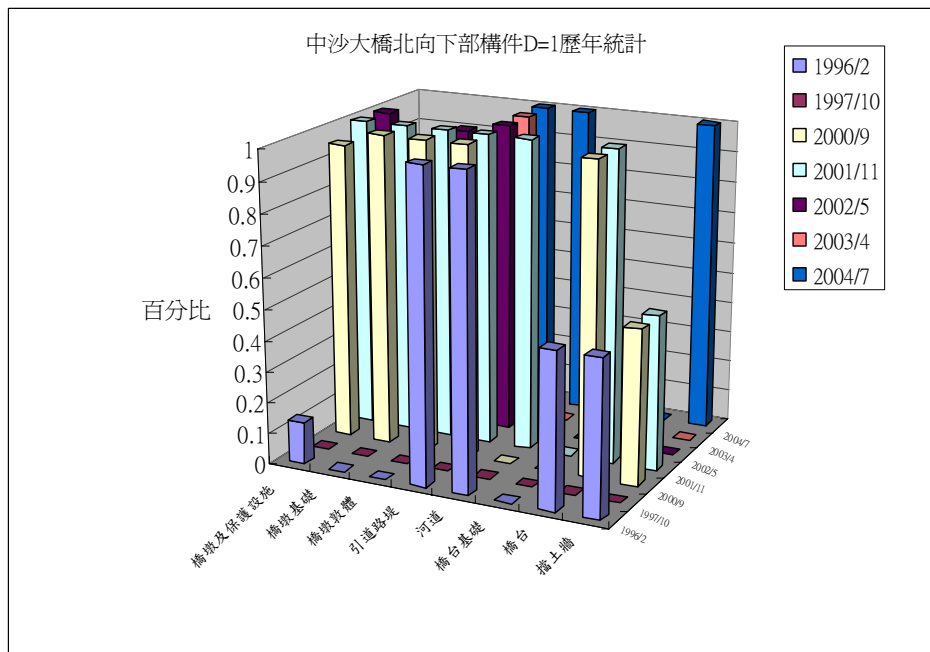


圖 6.42 中沙大橋北向歷年 D=1 下部構件統計圖

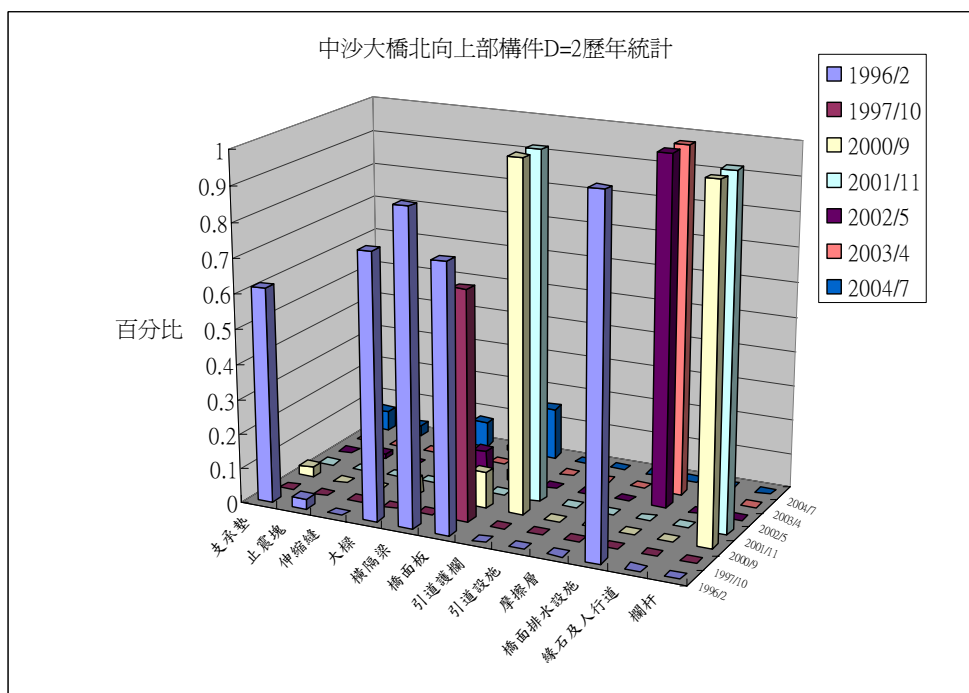


圖 6.43 中沙大橋北向歷年 D=2 上部構件統計圖

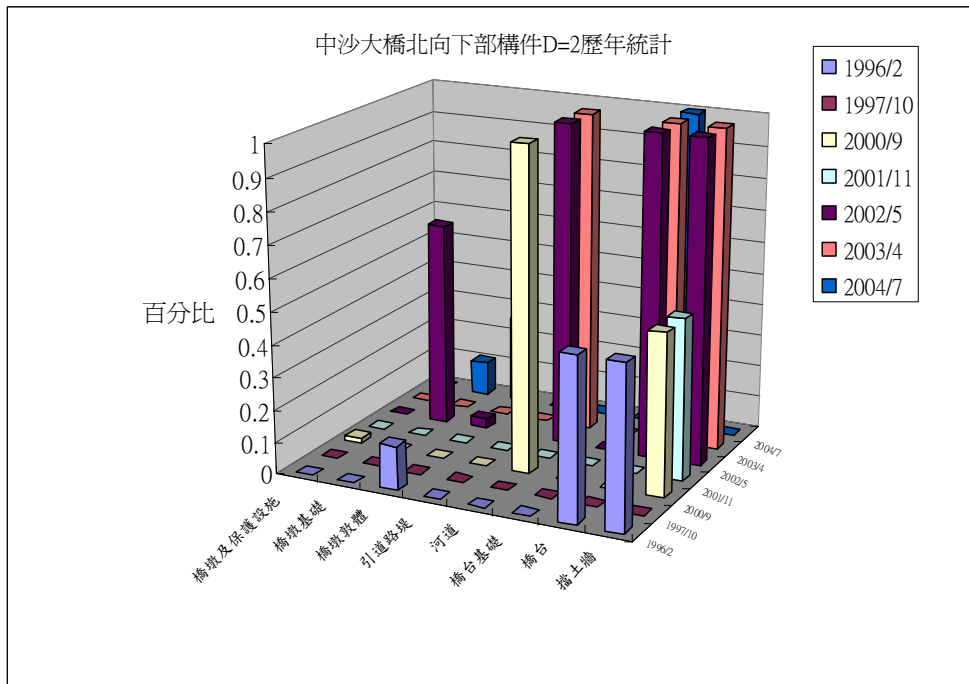


圖 6.44 中沙大橋北向歷年 D=2 下部構件統計圖

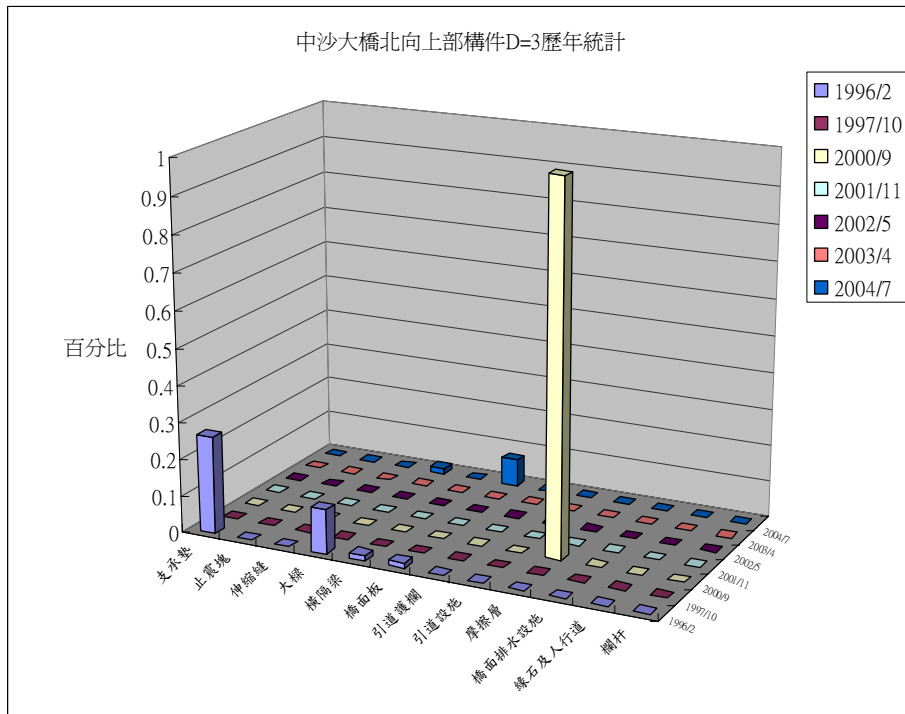


圖 6.45 中沙大橋北向歷年 D=3 上部構件統計圖

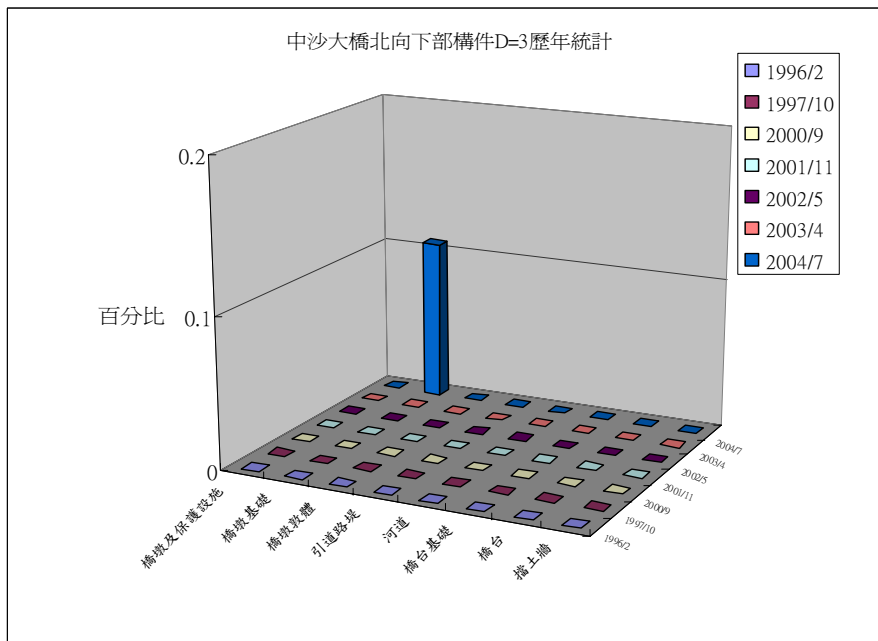


圖 6.46 中沙大橋北向歷年 D=3 下部構件統計圖

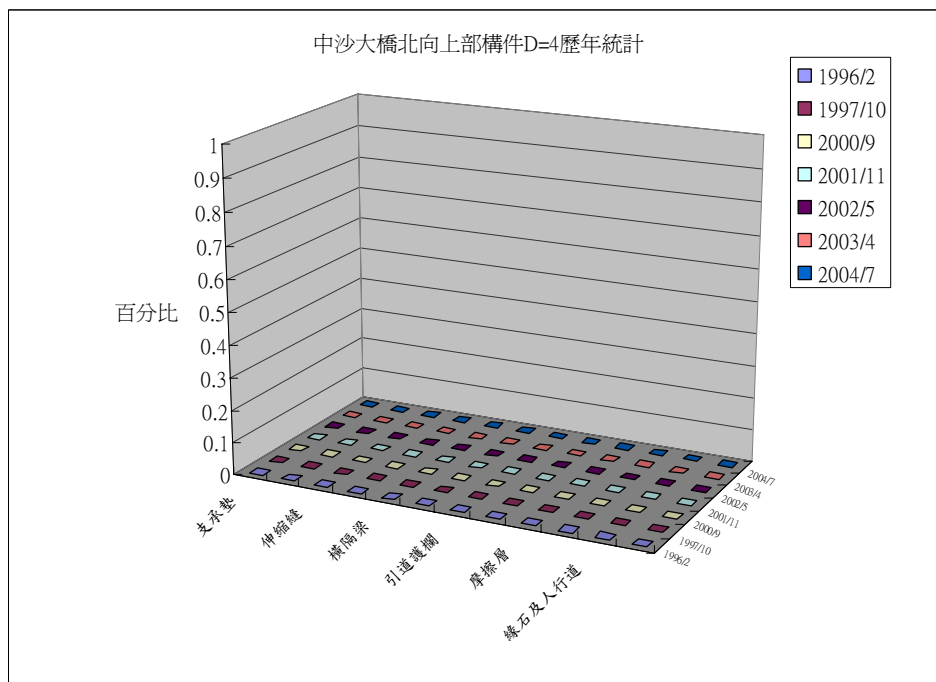


圖 6.47 中沙大橋北向歷年 D=4 上部構件統計圖

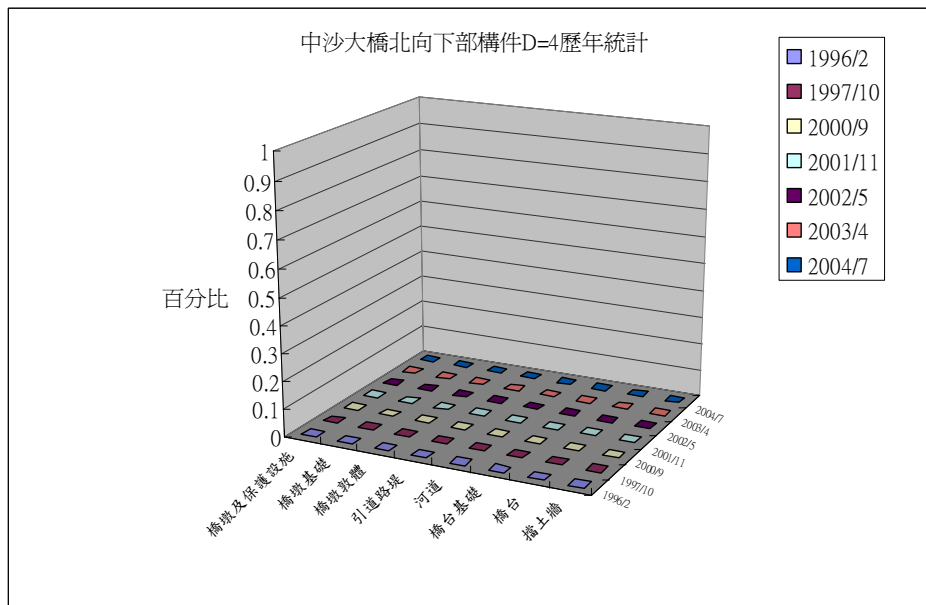


圖 6.48 中沙大橋北向歷年 D=4 下部構件統計圖

二、歷年修復資料

中沙大橋歷年修復資料，主要收集台灣地區橋梁管理系統中歷年有紀錄的構件修復資料，從 1996 年至 2004 年，共計四個年度資料統計，並分為南北兩向。其各構件歷年統計見圖 6.49、圖 6.50 所示，圖中 IPXX 代表著構件編碼(為橋梁管理系統內定值)，從 IP02~IP20 構件敘述見表 6.4 所示，其完整之構件及修復工法之編碼敘述，參考附錄三所示。X 軸代表構件編碼，Y 軸代表年期，Z 軸代表某一構件在當年度的維修次數。此一統計可大略看出中沙大橋歷年例行性維修比例遠超過圓山與淡水河橋，這與橋梁大小與受災情形有關。圖 6.49 中顯示中沙大橋 1996 年有過大規模的維修，而北向的橋墩基礎、橋墩墩柱、橫隔樑、橋面版與伸縮縫的維修數量較多，其中又以橋墩墩柱和橋面版為最多；而南向(如圖 6.50)的情形也是以橋墩墩柱為最多，其次是橋面版和橋墩基礎，代表著中沙大橋橋墩和基礎的劣化狀況是最為嚴重的，至於為何在 1996 年之後其橋墩修補情形大為減少，這可能與

1998 與 1999 年的橋墩基礎補強工程有關。再者，如將歷年檢測統計與維修統計將上述構件作一綜合分析，發現雖然由於在 199 年度作過補強工程使得橋墩基礎劣化情形較為改善，但在 2000 年度橋面版與橋台之劣化情形還是沒有改善，且在同時(當年度)也沒有對其構件作過修補工作，綜觀來看，橋梁劣化狀況似乎沒有太多的改善。

表 6.20 橋梁管理系統構件編碼敘述

編碼	IP02	IP06	IP07	IP08
敘述	引道護欄	橋台	擋土橋	摩擦層
編碼	IP09	IP11	IP12	IP13
敘述	上部結構排水	護欄/欄杆	橋墩保護措施	橋墩基礎
編碼	IP14	IP15	IP16	IP17
敘述	橋墩/墩柱	支承墊	止震塊	大樑
編碼	IP18	IP19	IP20	
敘述	橫隔樑	橋面版	伸縮縫	

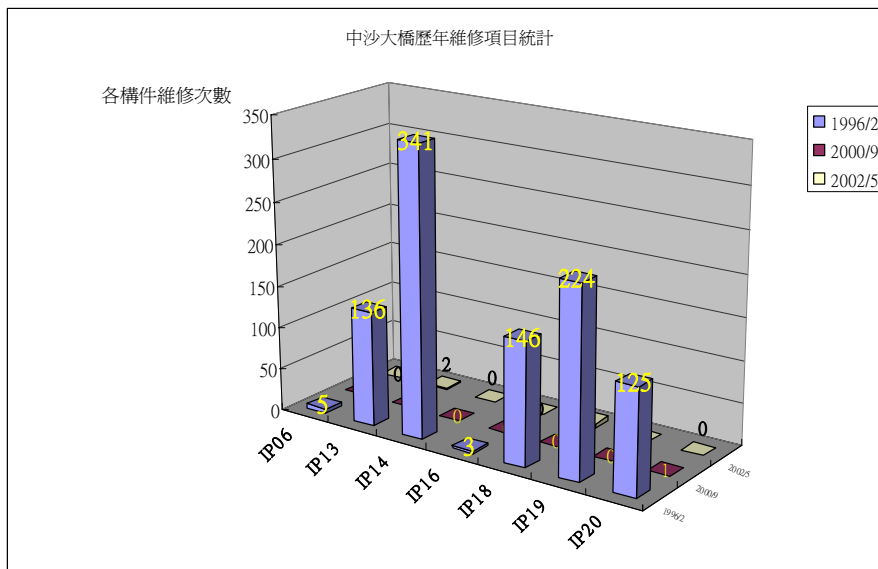


圖 6.49 中沙大橋北向歷年構件例行性維修統計

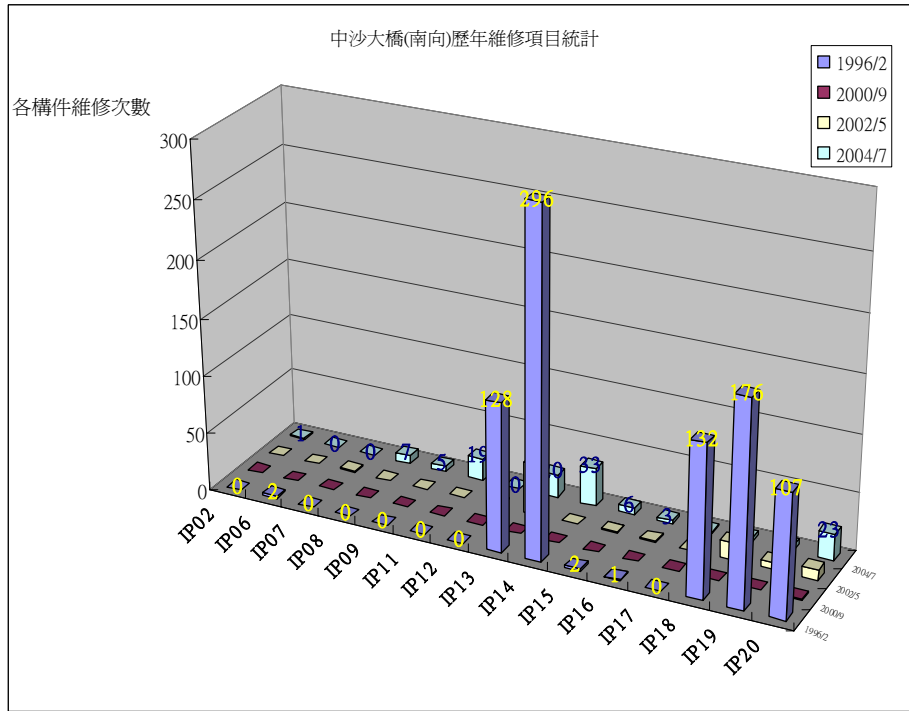


圖 6.50 中沙大橋南向歷年構件例行性維修統計

如果將歷年來(1996~2004 年)每個維修構件所維修的項目做一統計，見表 6.21、表 6.22，排除附屬設施不算，發現歷年來中沙大橋北向維修工次數最多的為橋墩墩柱的塗裝保護層與裂縫修補，其次為橋面版的裂縫修補，再來是橋墩基礎的修補；而中沙大橋南向維修工次數最多的為橋墩墩柱的塗裝保護層與裂縫修補，其次為橋面版的裂縫修補，再來是橋墩基礎的修補；由此看出中沙大橋南向劣化情形比北向較為嚴重，且歷年來大多數的例行性維修數量均遠超過圓山橋和淡水河橋，且大多數為橋墩和基礎的劣化情形，代表中沙大橋沖刷的問題較為嚴重。但如要細推中沙大橋真實的受災情形，必須由歷年的補強工程來看。

表 6.21 中沙大橋北向 1996~2004 年維修工統計

中沙大橋(北向)1996~2004 年維修工統計				
構件項目	構件	維修工	名稱	數量
IP06	橋台	02	修補混凝土	2
		03	修補寬度大於 0.2mm 的裂縫	2
		04	其他	1
IP13	橋墩基礎	02	修補寬度大於 0.3mm 的裂縫	6
		03	其他	71
		04	基礎洶空回填 / 支撐	35
		05	修補寬度大於 0.3mm 之裂縫	26
IP14	橋墩/柱	02	修補寬度大於 0.3mm 的裂縫	93
		03	塗刷保護層	184
		04	其他	14
		05	修補寬度大於 0.3mm 之裂縫	11
		06	修補寬度 0.2mm 之裂縫	36
		08	鋼樑除鏽、重新上漆	2
IP16	止震塊	02	換新	2
		03	其他	1
IP18	橫隔樑	01	修補混凝土	43
		02	修補寬度大於 0.3mm 的裂縫	48
		03	塗上保護塗料	54
		04	挖除焊接部份並重新焊接	1
		05	扭緊螺栓	1
		06	裂縫觀測	3
		24	混凝土剝落,鋼筋鏽蝕	1
IP19	橋面版	01	修補混凝土	4
		02	修補寬度大於 0.3mm 的裂縫	1
		03	塗上保護塗料	1
		05	扭緊螺栓	104
		06	裂縫觀測	95
		08	20%塗佈	19
IP20	伸縮縫	01	修補混凝土	6
		02	修補寬度大於 0.3mm 的裂縫	2
		03	塗上表面密封塗料	1
		04	防水處理	10
		05	其他	43
		06	修補寬度大於 0.3mm 之裂縫	64

表 6.22 中沙大橋南向 1996~2004 年維修工統計

中沙大橋(南向) 1996~2004 年維修工統計				
構件項目	構件	維修工	名稱	數量
IP02	引道護欄	01	整理保養	1
IP06	橋台	03	修補寬度大於 0.2mm 的裂縫	2
IP07	翼牆/擋土牆	01	修補混凝土	1
IP08	摩擦層	02	橋面版摩擦層修補	7
IP09	上部結構排水設施	01	清理淤塞的洩水孔	5
IP11	護欄/欄杆	01	剝落混凝土修補	19
IP12	橋墩保護措施	02	修復保護設施	2
IP13	橋墩基礎	01	回填因侵蝕或沖刷引起的基礎洶空	7
		02	修補寬度大於 0.3mm 的裂縫	51
		03	其他	93
		04	基礎洶空回填 / 支撐	33
		05	修補寬度大於 0.3mm 之裂縫	1
IP14	橋墩/柱	01	修補混凝土	3
		02	修補寬度大於 0.3mm 的裂縫	98
		03	塗刷保護層	156
		04	其他	21
		06	修補寬度 0.2mm 之裂縫	29
		08	鋼樑除鏽、重新上漆	22
IP15	支承墊	01	清理保養	7
		04	鋼板除鏽; 重新上漆	2
IP16	止震塊	01	清理保養	3
		05	混凝土剝落, 鋼筋外露	2
IP17	大樑	06	裂縫觀測	1
IP18	橫隔樑	01	修補混凝土	61
		02	修補寬度大於 0.3mm 的裂縫	40
		03	塗上保護塗料	39
		04	挖除焊接部份並重新焊接	1
		05	扭緊螺栓	3
		06	裂縫觀測	6
IP19	橋面版	01	修補混凝土	18
		05	扭緊螺栓	76
		06	裂縫觀測	92
IP20	伸縮縫	01	修補混凝土	15
		02	修補寬度大於 0.3mm 的裂縫	46
		03	塗上表面密封塗料	20

	04	防水處理	27
	05	其他	30
	23	塗上保護塗料	2

三、歷年補強工程彙整

中沙大橋位於濁水溪，惟濁水溪河床砂石品質極佳，使得濁水溪延線採砂情形極為普遍，過量的採砂卻導致河床逐年刷深，導致基樁裸露，每遇颱風均造成重大災害。其中沙大橋生命週期表見表 6.23。

1.八十三年前橋墩保護工程

- (1)民國 80 年 7 月愛美颱風過境，主河道墩 P22 高程由 29.2m 劇降至 27.8m，橋墩處沖刷 4.3m。進行主流部分橋墩保護工程。
- (2)民國 82 年 3 月河床主流由 P22 移至 P30，且北岸 P18 又形成新主流，高程已降為 26m，進行 P18 及 P29 至 P36 橋墩保護工程。
- (3)民國 82 年間，已完成之蛇龍保護工因採砂石，河床全面下降而形成高堤，橋墩保護減少。委請成功大學作中沙大橋及中油油企管沖刷及保護研究。

2.八十三年提姆颱風搶修工程

- (1)民國 83 年 7 月提姆颱風過境，原流經 P30 主河道流水容量不足河水高漲，流水沿蛇龍形成南北向流沖刷寬 40m 深 5m 以上新河道，造成 P37P38 成 90 度大轉彎，橋墩嚴重外露，沖刷達 4.4m 以上。
- (2)隨即進行風災搶修工程，築石堤其後於 P35 上游東西向拋填十噸重空心鼎塊，塊前佈設電焊網，網前大量拋填卵石，由東西岸推進，係以人工方式強制河水回流較高之原流路。

3.八十三年道格颱風搶修工程

- (6)道格颱風過境，原主流河槽斷面不足，水流高地，向已有設施邊端沖蝕，北端 P15 至 P17 三跨件，由原高程 31m 沖刷至 25.8m 刷深 5.2m，橋墩外露 3.4m 以上，P35 至 P39 之橋墩沖刷深 4.4m 至 6m，洪峰期估計刷深 7 至 8m。
- (7)民國 83 年 8 月進行道格颱風災害搶修工程。北岸搶修工程：以動力抽水將水移至河床較高之南岸主流，16 日展開護岸，蛇籠佈設，橋墩加固工程。南岸搶修工程：於上游 P39 約 60m 處由南向北施打 13 至 16m 長之鋼板樁，以致將河水導致 P25 至 P32 之新河道。
- (8)民國 84 年委請中華顧問辦理橋墩保護工程及增設下游潛堰工程。

4.八十五年賀伯颱風搶修工程

- (7)民國 85 年 8 月賀伯颱風過境，P15 至 P39 多處橋墩刷深，其中 P33 至 P37 既有蛇籠沖失，河床面刷深嚴重。
- (8)中沙大橋 P33 至 P37 賀伯颱風災害臨時保護工程。
- (9)民國 86 年中沙大橋墩保護工程及增設下游潛堰工程完工，並於民國 86 底進行橋墩拋石工程。

5.耐震補強工程

- (1)民國 87 年 10 月委請中興顧問進行第一期基礎補強工程。
- (2)民國 88 年 5 月委請中興顧問進行樑柱補強工程。
- (3)民國 90 年進行中沙大橋支承墊置換工程。

6.九十年桃芝及納莉颱風搶修工程

- (1)民國 90 年 9 月桃芝颱風過境，造成下陷之蜂巢塊遭河水沖毀，但堰主體無損傷。
- (2)進行中沙大橋右側潛堰緊急截水工程。

(3) 民國 90 年 12 月護坦工程完工。

(4) 民國 93 年 6 月進行中沙大橋潛堰護坦保護工程。

本研究將上述中沙大橋歷史因風災受損及補強工程，彙整成示意圖，如圖 6.51 所示，圖中編號代表事情發生之先後。(圖中不包含各墩柱補強工程與支承墊置換工程)

表 6.23 中沙大橋生命週期史

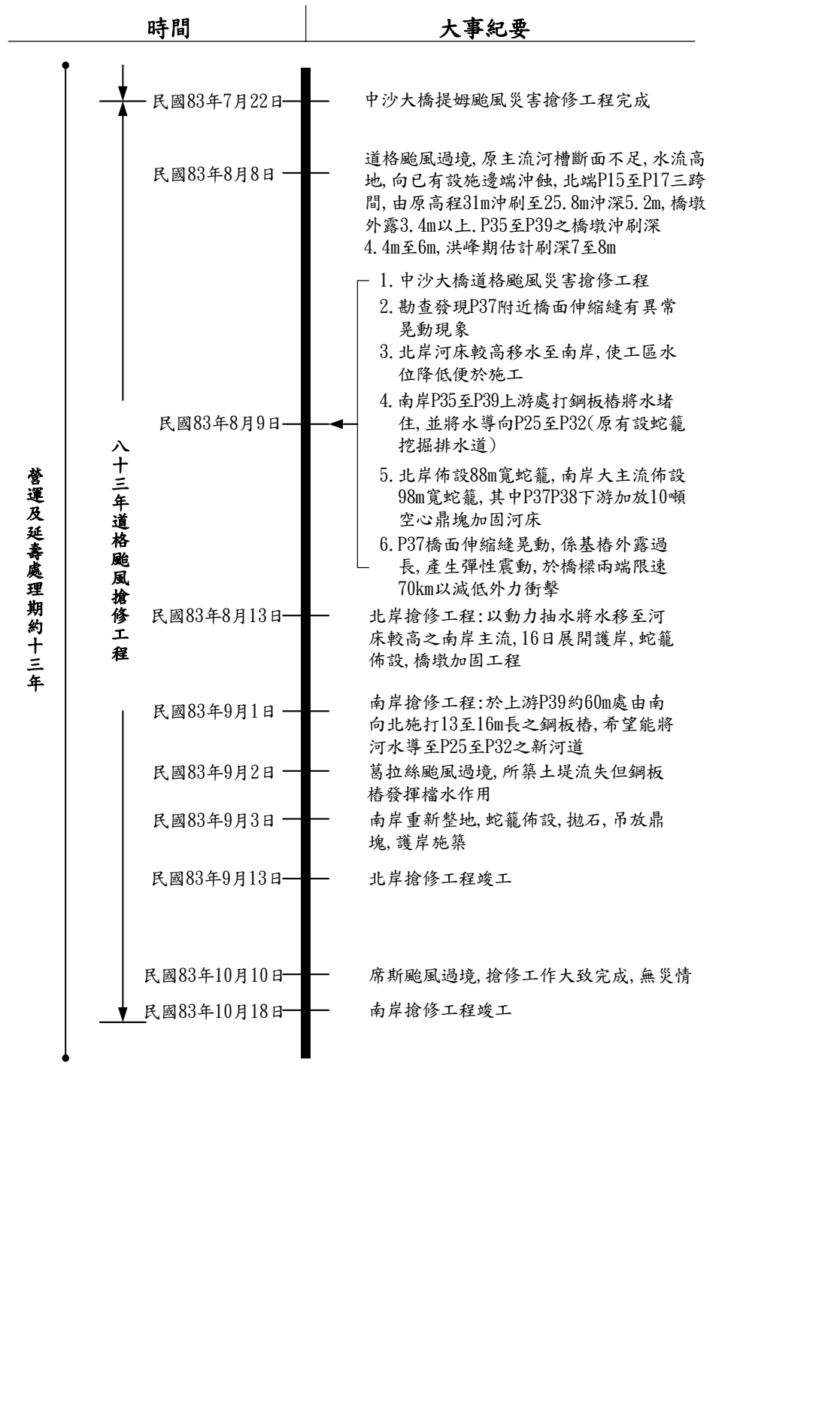
時間	大事紀要
民國65年4月24日	中沙大橋新建工程開工
民國67年10月16日	中沙大橋新建工程完工
民國78年	北部河川禁採砂石, 砂石業者轉至濁水溪等中南部盜採
民國80年7月	<ul style="list-style-type: none"> 1. 艾美颱風過境, 主河道P22高程由29.2m劇降27.8m, 橋墩處沖刷4.3m 2. 進行中沙大橋主流部分橋墩保護工程
民國81年10月	再進行中沙大橋P25至P28橋墩保護工程
民國82年3月	<ul style="list-style-type: none"> 1. 河床主流由P22移至P30, 且北岸P18又形成新主流, 高程已降為26m 2. 進行中沙大橋P18及P29至P36橋墩保護工程
民國82年5月	P18及P29至P36橋墩保護工程完工
民國82年間	<ul style="list-style-type: none"> 1. 已完成之蛇籠保護工因採砂石, 河床全面下降而形成高堤, 橋墩保護效果減少 2. 委請成功大學做高速公路中沙大橋及中油油氣管沖刷及保護研究 3. 中沙大橋P18至P38橋墩保護加固工程, 於主流加排鼎塊消能, 高灘地P37P38以鼎塊與蛇籠混合排置, 其餘順地形延長10m
民國83年9月	中沙大橋P18至P38橋墩保護加固工程完成
民國83年7月1日	提姆颱風過境, 原流經P30主河道流水容量不足河水高漲, 流水沿蛇籠形成南北向流沖刷寬40m深5m以上新河道, 造成P37P38成90度大轉彎, 橋墩嚴重外露, 沖刷達4.4m以上
民國83年7月16日	<ul style="list-style-type: none"> 1. 中沙大橋提姆颱風災害搶修工程 2. 築石堤其後於P35上游橫切方向(東西向)拋填十噸重空心鼎塊, 塊前佈設電焊網, 往前大量拋填卵石, 由東向西岸推進, 係以人工方式強制河水回流較高之原流路

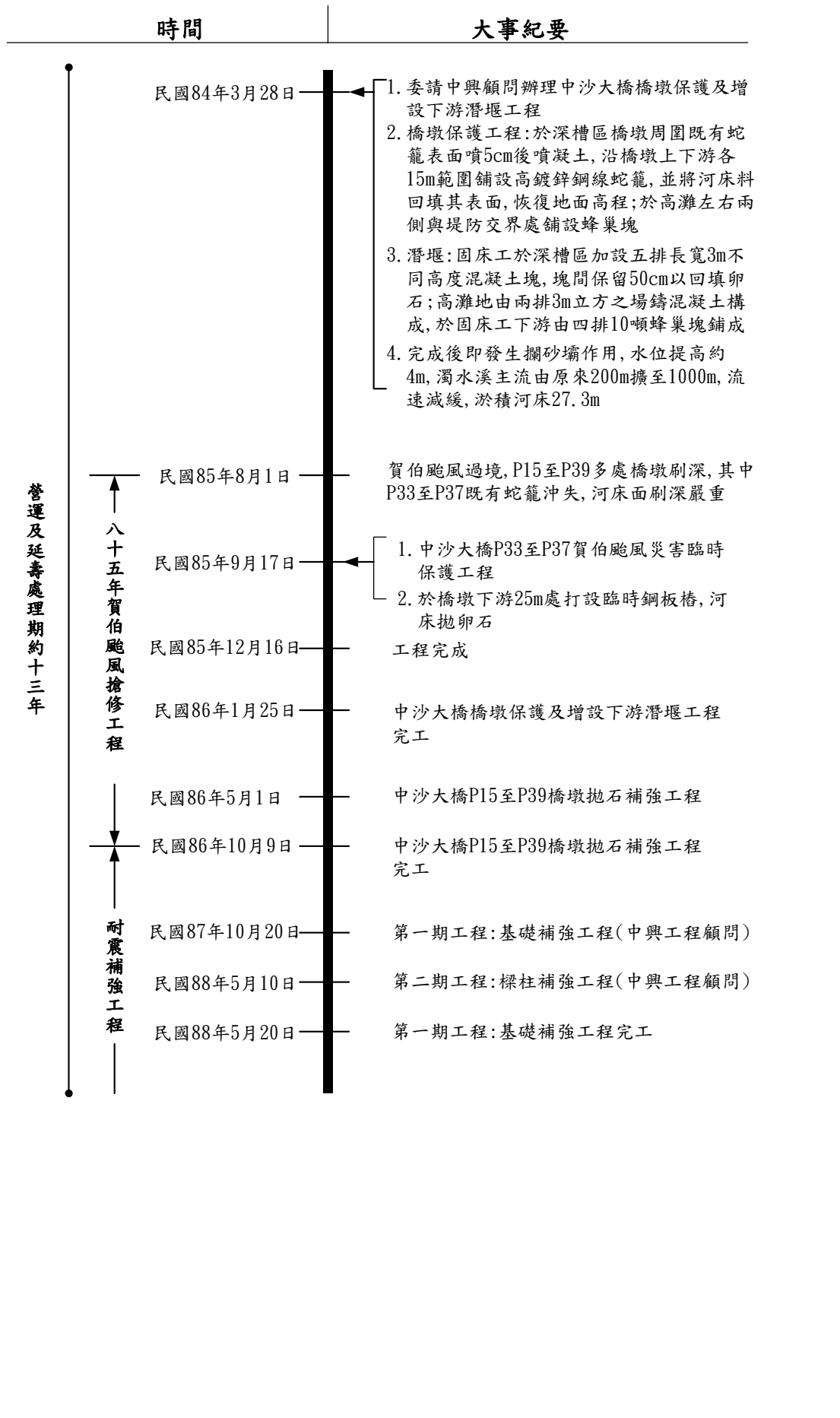
施工期
約三年
正常
使用期
約十三年

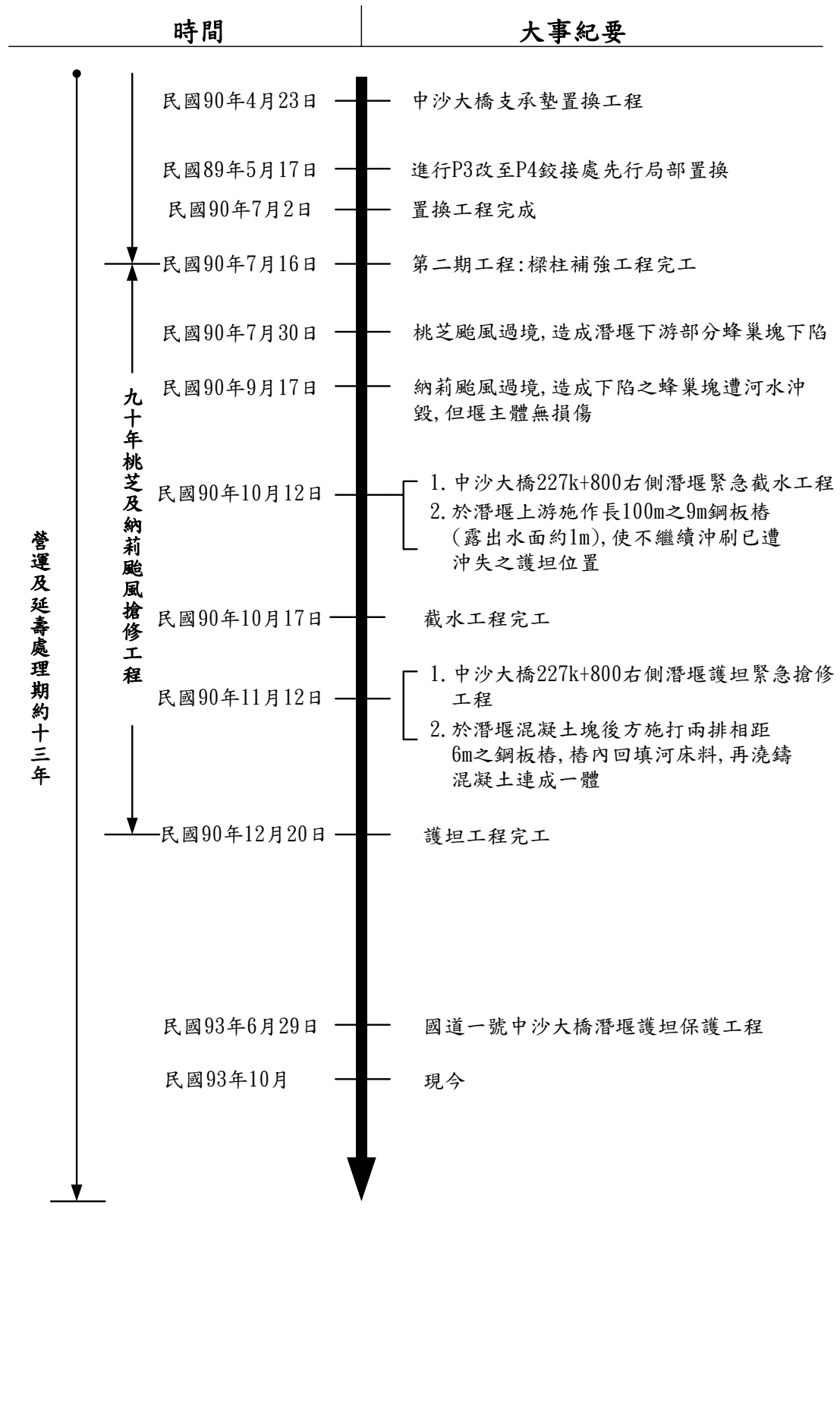
營運及延壽處理期約十三年

八十三年之前橋墩保護工程

八十三年提姆颱風搶修工程







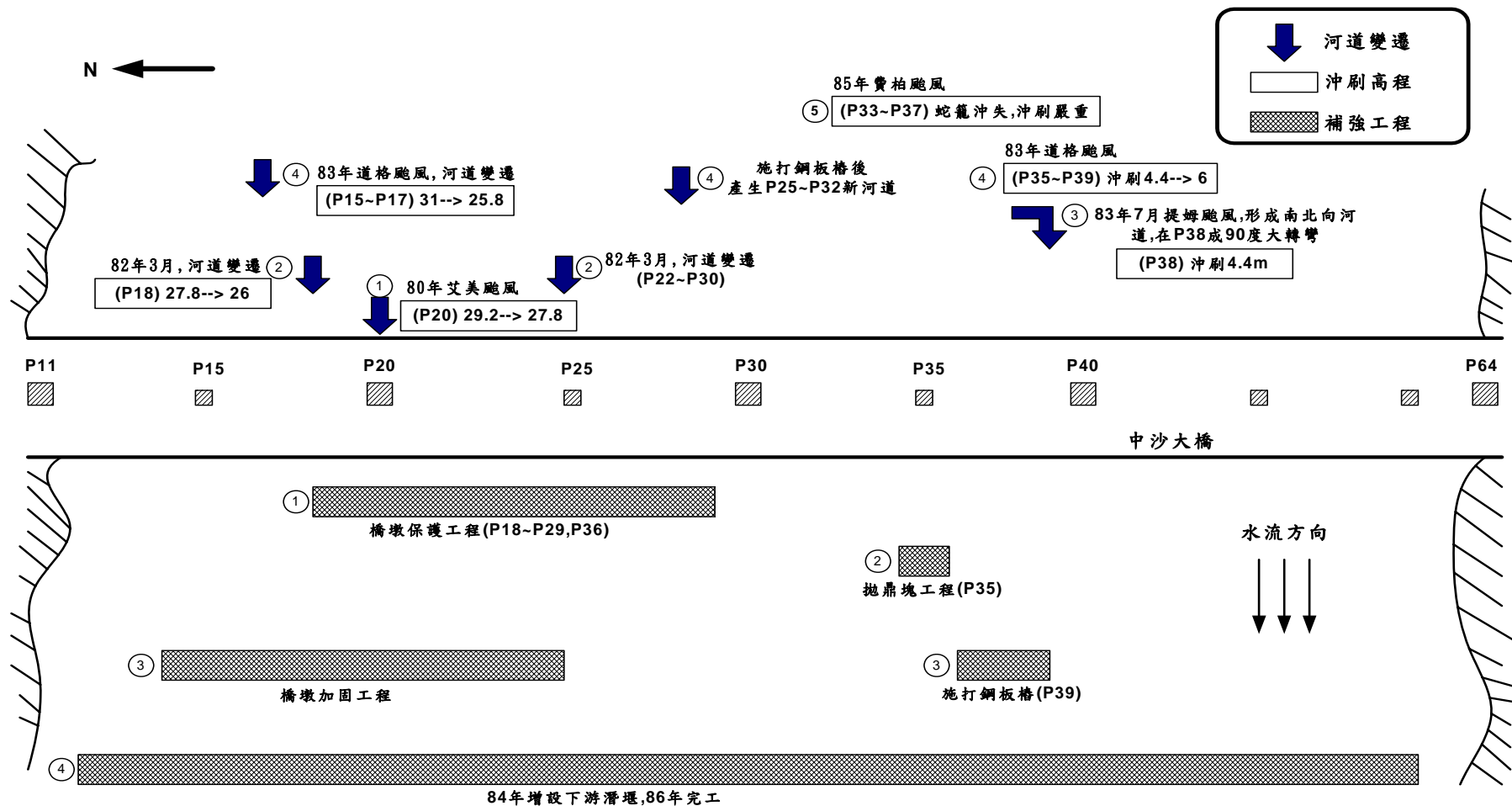


圖 6.51 中沙大橋歷年因風災受損及補強工程示意圖

6.4.2 序選分析

步驟 3. 尋找問題

中沙大橋可經由前述歷史資料，可得知：

1. 以本研究所統計出中沙大橋歷年檢測資料，發現歷年來劣化最為嚴重比例佔最高的的構件為橋墩墩體、大樑與支承墊；再與維修資料比對下橋墩墩柱的塗刷保護層與基礎掏空維修工比例最高，由此統計可發現橋墩墩體與基礎是中沙大橋橋歷年來最重要的維修構件之一。
2. 在收集歷年中沙大橋之補強報告後，發覺此橋梁最大問題在於每年颱風過境後造成河川河道沖刷基礎，造成基礎嚴重掏空與外露，雖高公局每年在災後均有對基礎對補強與修復工程，但在下一次颱風過境後，其基礎沖刷的問題又再次產生。雖然高公局曾在民國 86 年完成下游潛堰工程，民國 93 年完成潛堰護坦保護工程，但由於民國 93 年度敏督利颱風侵襲，造成下游潛堰完全沖毀，如圖 6.52 所示。截至現今，正在發包進行潛堰修復的工程。



圖 6.52 中沙大橋下游潛堰沖毀情形

3. 而由於基礎沖刷以及支承墊的劣化，均會影響中沙大橋的耐震能力，不過在民國 90 年間相繼完成支承墊置換工程以及梁柱鋼板補強工程後，從檢測資料和修補資料來看，情形均大有改善。

步驟 4.現況評估

經由前述收集的歷史資料，初步了解中沙大橋的歷史背景與受損狀況。至於對此橋現況分析以及提出方案，本研究將沿用第四章所擬定之延壽評估策略流程，來進行後續分析。

由於本為第四章所提及的基本資料模組，屬於基本資料建構方面在前節已詳細說明，在此不贅述；本章節僅對構件潛勢模組、構件劣化模組以及修復補強工法建議模組，作一流程說明。

一、構件潛勢模組分析流程

此模組是以橋梁構件為導向來評估橋梁對於災害潛勢的高低，模組架構示意圖見圖 6.53：

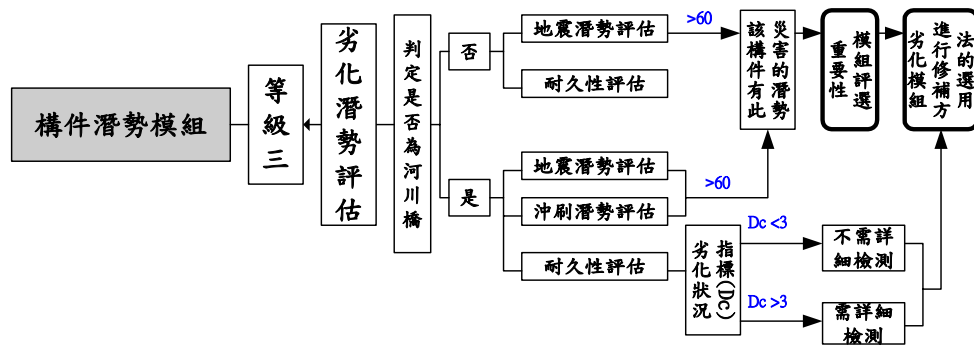


圖 6.53 構件潛勢模組評估流程

1.判斷是否為河川橋

中沙大橋依據 6.3.1 節所建立之基本資料，因跨越濁水溪，所以為跨越河段之河川橋，所以經由圖 6.53 判斷，必須進行地震、沖刷、耐久性評估。

2.地震潛勢評估

地震評估流程見圖 6.54，所利用的評估項目，乃是根據現行橋梁對於耐震評估表格加以篩檢而得出。

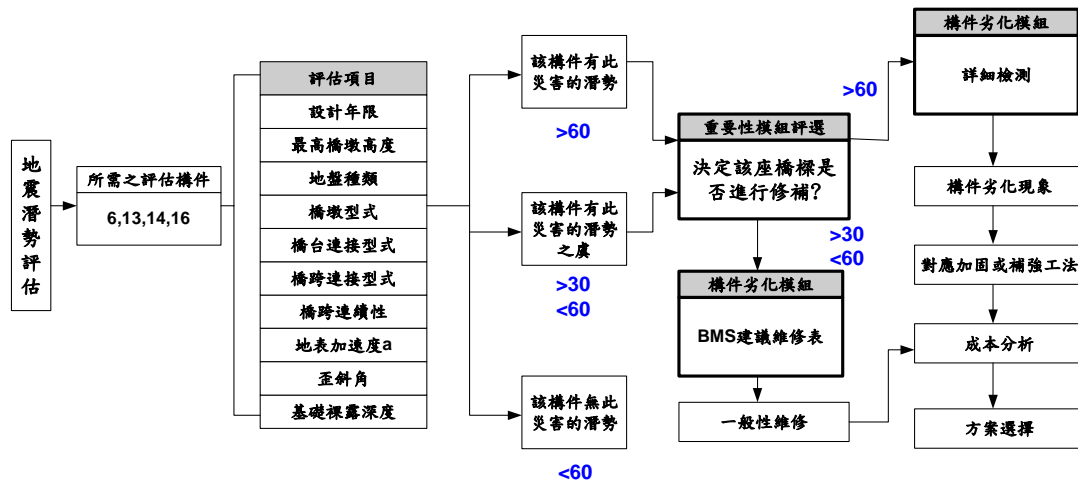


圖 6.54 地震潛勢評估流程

其中構件欄位的編號為橋梁管理系統之構件編號(可見表 6.10)，而評分時，乃根據橋梁振動單元為一單元，本研究案例採用中沙大橋跨河段之一處振動單元為示範，其評分結果為 62.74 分(詳細評分項目分數見附錄一)，代表該振動單元發生地震災害潛勢的機率偏高，必須進入構件劣化模組中無立即安全危害選項作進一步的分析。

3. 沖刷潛勢評估

沖刷潛勢評估(詳細評估流程見圖 6.55)，所利用的評估項目，乃利用沖刷潛勢評估表格。

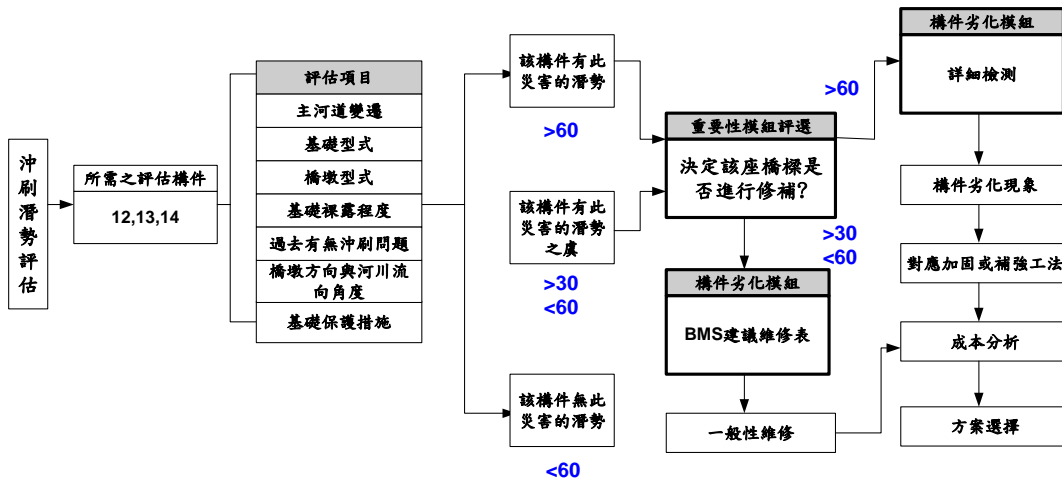


圖 6.55 沖刷潛勢評估流程

其中構件欄位的編號為橋梁管理系統之構件編號(可見表 6.10)，而評分時，其評分結果為 61.5 分(詳細評分項目分數見附錄一)，代表該振動單元沖刷災害潛勢過大，根據流程必須進入構件劣化模組做進一步分析。

5. 耐久性評估

耐久性評估分為兩部份進行：

- (1) 一是利用台灣地區橋梁管理系統之目視檢測資料中之 D 值(劣化程度)作為判斷的指標 D_c ，原因在於計算方便與資料取得方便，其計算方式如下：

$$D_c = \frac{\sum_{i=1}^{20} IC_i \times W_i}{\sum_{i=1}^{20} W_i}$$

$$I_i = \sum_{k=1}^n \frac{D_k}{4} \times 100$$

$$IC_i = \frac{I_i}{n}$$

W_i =各構件權重

l_i =單一構件D值狀況指數權重

i =第i個構件

n =構件數目

其流程見圖 6.56 所示。

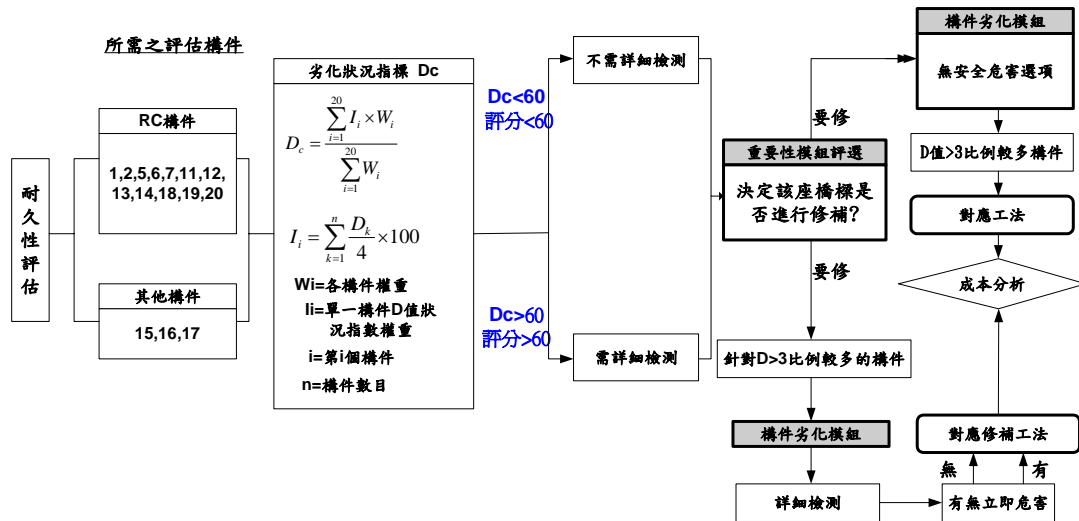


圖 6.56 耐久性評估流程

本研究擷取中沙大橋最近一年且資料紀錄較為完整(2004 年 7 月)之檢測資料如下表 6.24，其中只選取振動單元之主要構件，不包含附屬設施(第 1~11 項)。

表 6.24 中沙大橋 2004 年目視檢測表

橋梁一般檢測評估狀況報告表															道路名稱: 國道一號		中心樁號: 227428											
橋梁名稱: 中沙大橋(北向)			檢測單位: 鹿島工程技術顧問												橋梁地點:		結構型式: 梁式橋											
檢測日期: 2004/7/25			檢測員: ----												橋孔數: 67		橋梁長度: 2344.94											
建造日期: 1978 年月															橋梁淨寬: 12.6													
橋墩號	12.橋墩保護設施			13.橋墩基礎			14.橋墩墩體/帽梁			15.支承/支承墊			16.止震塊/拉桿			17.伸縮縫			橋台號	18.主構件(大樑)			19.副構件(橫隔樑)			20.橋面板/絞接版		
	D	E	R	D	E	R	D	E	R	D	E	R	D	E	R	D	E	R		D	E	R	D	E	R			
P03							1			1							S05	1			2	1	1	2	1	2		
P04							1			1							S06	1			1			2	1	2		
P05							1			1			1			1	S07	1			1			1				
P06							1			1							S08	1			1			1				
P07							2	1	1	1							S09	1			1			1				
P08							1			1			1			1	S10	1			1			1				
P09							1			1							S11	1			1			1				
P10							1			1							S12	1			1			1				
P11							2	2	2	1							S13	1			1			1				
P12							1			1			2	1	2	1	S14	1			1			1				
P13							2	1	2	1							S15	1			1			1				
P14							1			1			1			1	S16	1			1			1				

P15							1			1										S17	1			1			1			
P16							1			1											S18	1			1			1		
P17							2	2	2	1			1			1					S19	1			1			1		
P18				2	2	2	2	2	2	1											S20	1			1			1		
P19				2	2	2	2	2	2	1											S21	1			1			1		
P37							1			1											S39	1			1			1		
P38							1			1			1			1					S40	1			1			1		
P39							1			1											S41	1			1			1		
P40							1			1											S42	1			1			1		
P41							1			1			1			1					S43	1			1			1		
P42							1			1											S44	1			1			1		
P43							1			1											S45	1			1			1		
P44							1			1			1			1					S46	1			1			1		
P45							1			1											S47	1			1			1		
P46							1			1											S48	2	1	2	1			1		
P47							2	2	2	1			1			1					S49	1			1			1		
P48							2	1	1	1											S50	1			1			1		
P49							1			1											S51	1			1			1		
P50							1			1			1			1					S52	1			1			1		
P51							1			1											S53	1			1			1		
P52							1			1											S54	1			1			1		
P53							1			1			1			1					S55	1			1			1		
A01										2	2	2	1			1					S01	2	1	2	1			2	1	2
A02										2	3	2	1			1					S02	1			1			1		
P01							2	1	2	1											S03	1			1			1		
P02							1			1			1			1					S04	1			1			1		
P20							1			1			1			1					S22	1			1			1		
P21				2	3	2	2	2	2	1											S23	1			1			1		
P22				2	2	2	1			1											S24	2	1	1	1			2	2	2
P23				2	2	2	1			1			1			1					S25	1			1			2	1	2
P24				2	2	2	2	1	2	1											S26	2	1	1	1			2	2	2
P25				2	2	2	1			1											S27	1			1			2	2	2
P26				2	3	2	2	1	1	2	1	2	1			1					S28	1			1			2	2	2
P27				3	2	3	1			2	1	2									S29	2	1	1	1			2	2	2
P28				3	2	3	2	1	1	1											S30	1			1			1		
P29				3	2	3	2	1	2	1			2	4	2	1					S31	1			1			1		
P30				3	2	3	2	3	2	1											S32	1			1			1		
P31				3	2	3	1			1											S33	1			1			1		
P32				3	2	3	1			1			1			1					S34	1			1			1		
P33				3	2	3	2	1	1	1											S35	1			1			1		
P34							1			1											S36	1			1			1		
P35							1			1			1			1					S37	1			1			1		

P36				2	2	2	1			1								S38	1			1			1			
P54							2	2	2	1									S56	1			1			1		
P55							1			1									S57	1			1			1		
P56							1			1			1			1			S58	1			1			1		
P57							1			1									S59	1			1			1		
P58							1			1									S60	1			1			1		
P59							1			1			1			1			S61	1			1			1		
P60							1			1									S62	1			1			1		
P61							1			1									S63	1			1			1		
P62							1			1			1			1			S64	1			1			1		
P63							1			1									S65	1			1			1		
P64							1			1									S66	1			1			1		
P65							2	1	2	1			1			1			S67	3	2	3	1			2	1	2
P66							1			1																		

(資料來源：台灣地區橋梁管理系統)

所以依據各構件之權重及 D 值，得出劣化狀況指標 $D_C=33.24$ ，及初步認定無立即危害且不需做詳細檢測欄位，必須依構件實際劣化現象進入劣化模組。

(2)耐久性除對目視檢測作一初步評估外，也利用耐久性評估表格進行評分(見附錄一)，分數愈高，代表耐久性愈差，其評分結果為 41.82，代表目前耐久性雖無虞。

二、構件劣化模組分析流程

分為兩主子欄位：歷史資料迴歸分析欄位與 RC 構件耐久性詳細檢測欄位。其模組架構如圖 6.57 所示。

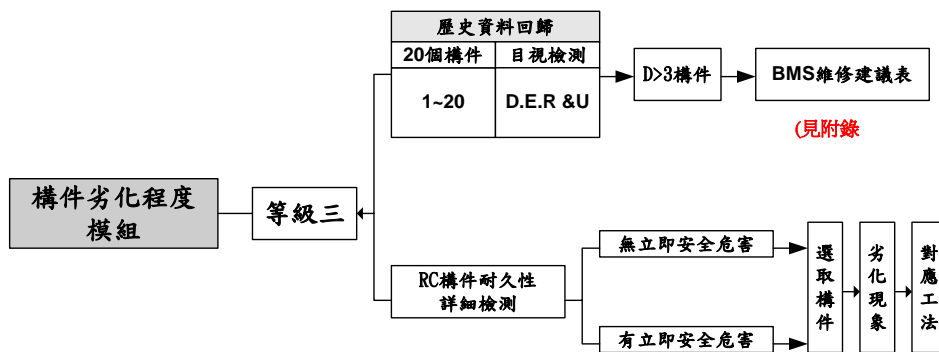


圖 6.57 構件劣化模組

由於災害潛勢模組針對地震、沖刷與耐久性評估結果得知，地震分數 62.736、沖刷 61.5、耐久性 $D_c=33.24$ 、分數 41.82，也可發現此橋梁之耐震能力以及沖刷潛勢過高，必須做進一步的探討和注意(但無“立即”的安全危害)；而至於沖刷和耐久性目前雖較無安全性的危害潛勢，但在與歷年橋梁資料來看，平時橋梁無虞，但如遇颱風，即有可能造成橋梁危害。且由表 6.24 得知，中沙大橋在所有構件中 D 值大於 3 者為伸縮縫、基礎以及大樑構件，代表著雖然整體振動單元耐久性無虞，但在單一構件之劣化現象來說，是較為嚴重而需進行修補建議的。

步驟 5. 災損原因確定

所以綜括來看，中沙大橋本體結構較無太大問題，最重要的問題還是每年颱風所造成的沖刷問題，但由於下游潛堰工的完成，似乎降低了颱風所帶來災害的問題，現場工程師甚至流傳著「潛堰在，中沙大橋在；潛堰亡，中沙大橋亡」，可看出潛堰工程對此橋梁影響甚鉅。但由於民國 93 年 7 月敏督利颱風的侵襲，又造成下游潛堰的沖毀，橋基再度刷深至 22m，橋梁堪慮，雖然之後又進行修復工作，但截至今工程尚未完工而汛期又將至來臨，中沙大橋的命運將受到威脅與考驗。

推估潛堰沖毀原因機制，原因有二：

- (1) 中沙大橋於民國 85 年 7 月賀伯颱風過境時，其是示意圖如圖 6.57 所示，其中橋墩 P15~P16 間與 P39~P40 間分別為北端與南端導流工佈設處，且 P16~P19 間與 P34~P39 間亦分別為北端與南端最深槽區，因此 P34~P39 間的水流最為湍急。由圖中可見 300m 長之南側鋼板樁南端附近，部份洪水繞過鋼板樁牆而沖刷侵蝕南側的高灘地，形成一大尺度的轉彎深槽區；再

者，亦可發現柔性攔砂堰南端之轉接段附近有約 200m 的混凝土塊沖失、沉陷或傾斜變位，固床工未合攏的區域因洪流之束縮沖刷而巨幅的擴大，其原因機制示意圖如圖 6.59 所示。

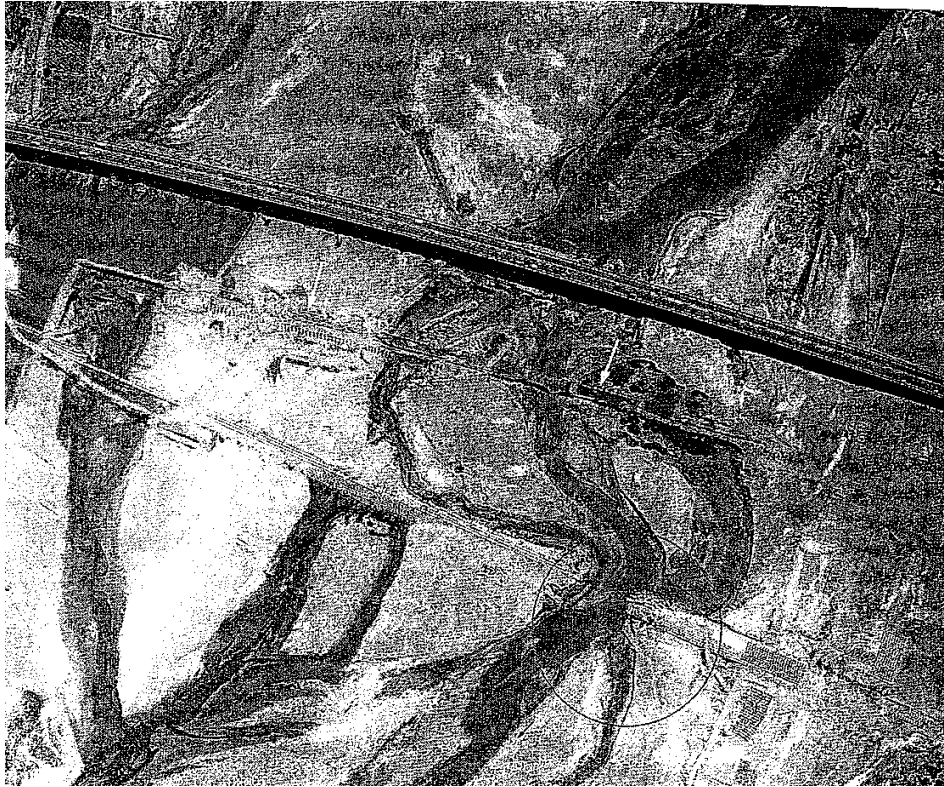


圖 6.58 賀伯颱風造成下游攔砂堰因未合攏引至河道束縮沖刷，並造成向源侵蝕之受災情形(林呈提供)

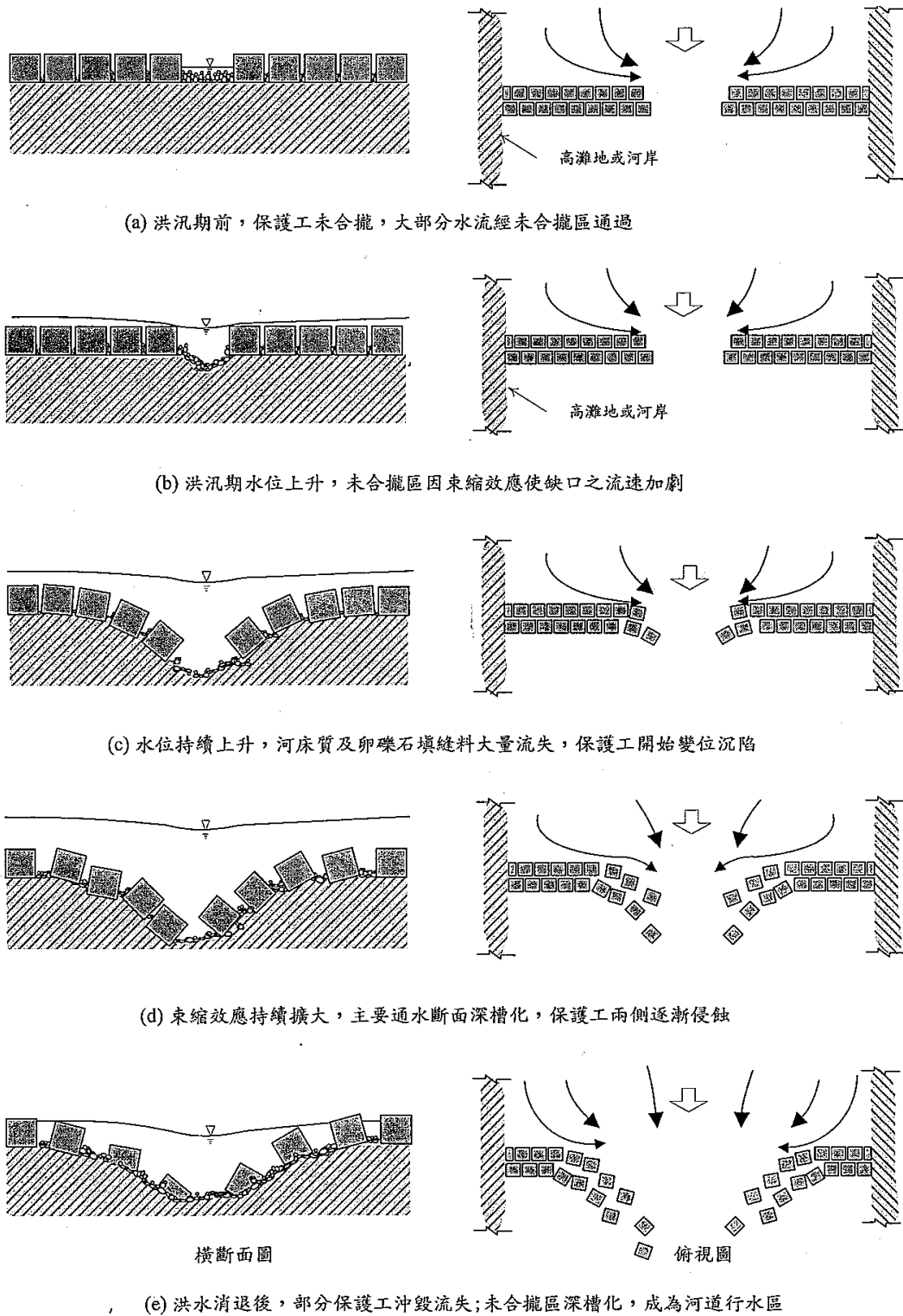


圖 6.59 保護工未合攏受損機制示意圖(林呈提供)

(2) 另一原因可能為河川下游因採砂或其他原因造成下游側河床逐漸降低，產生向源侵蝕，以至於當洪水來臨造成在潛堰下端之

跌水或水躍沖刷，逐漸侵蝕潛堰工下方之泥沙，造成潛堰工嚴重傾倒與下沉，逐漸流失。其示意圖如圖 6.60 所示。

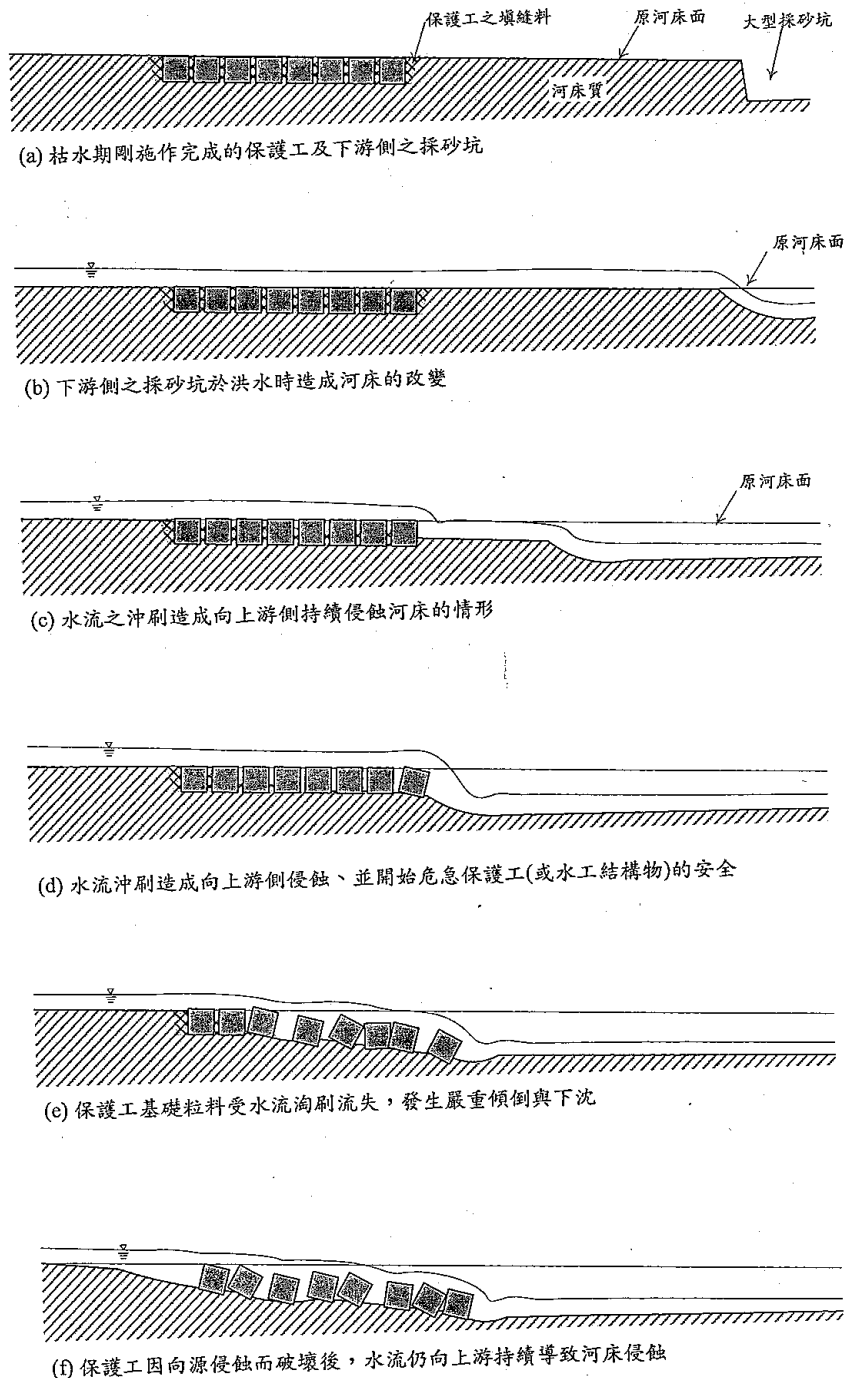


圖 6.60 潛堰工受災示意圖(林呈提供)

最後根據本研究評估流程，自然災害潛勢分析目的雖然只在於對橋梁作一初步潛勢分析，為預防性之延壽對策，所以並無立即的安全

危害。而此次評估結果發現本橋除耐震能力稍嫌不足外，沖刷問題更為嚴重，應該進行進一步探討潛堰對中沙大橋之效益或是新建新橋兩方案比較，但由於中沙大橋位於南部之重要橋梁之一，具有其指標性的意義，再加上國道一號橋梁之不可替代性，新建的可能性就大為降低。礙於本研究是以評估橋梁現況以及延壽策略研擬為導向，其詳細評估工作也礙於資料有限與計劃時程的限制，只能根據現有的歷史評估報告作一建議。

後續步驟根據 6.1 節所述流程之第 6~9 步驟，屬於策略規劃階段，將至 6.6 節一併敘述。

6.5 竹田系統交流道

南二高 C386 系統交流道路段（九如林邊路段）為二高之最南段，往北承接燕巢九如路段，東接國道南橫公路，西邊為東西向快速道路（台 88 線），南迄二高終點林邊。本系統交流道起迄里程為 STA.312K+750 至 STA.314K+ 337 處，全長約 1,587 公尺，為二高最南端之系統交流道。

本系統交流道主線長約 922 公尺，橋梁共長約 665 公尺；連絡道長約 1,688 公尺，橋梁共長約 320 公尺；匝道 1 至匝道 8 之穿越橋、排水橋及高架橋等共長約 2,089 公尺。橋梁總數二十座，包括鋼橋、預力箱型梁橋及預力 I 型梁橋等結構型式，廣佈於系統交流道區。如圖 6.61 所示。

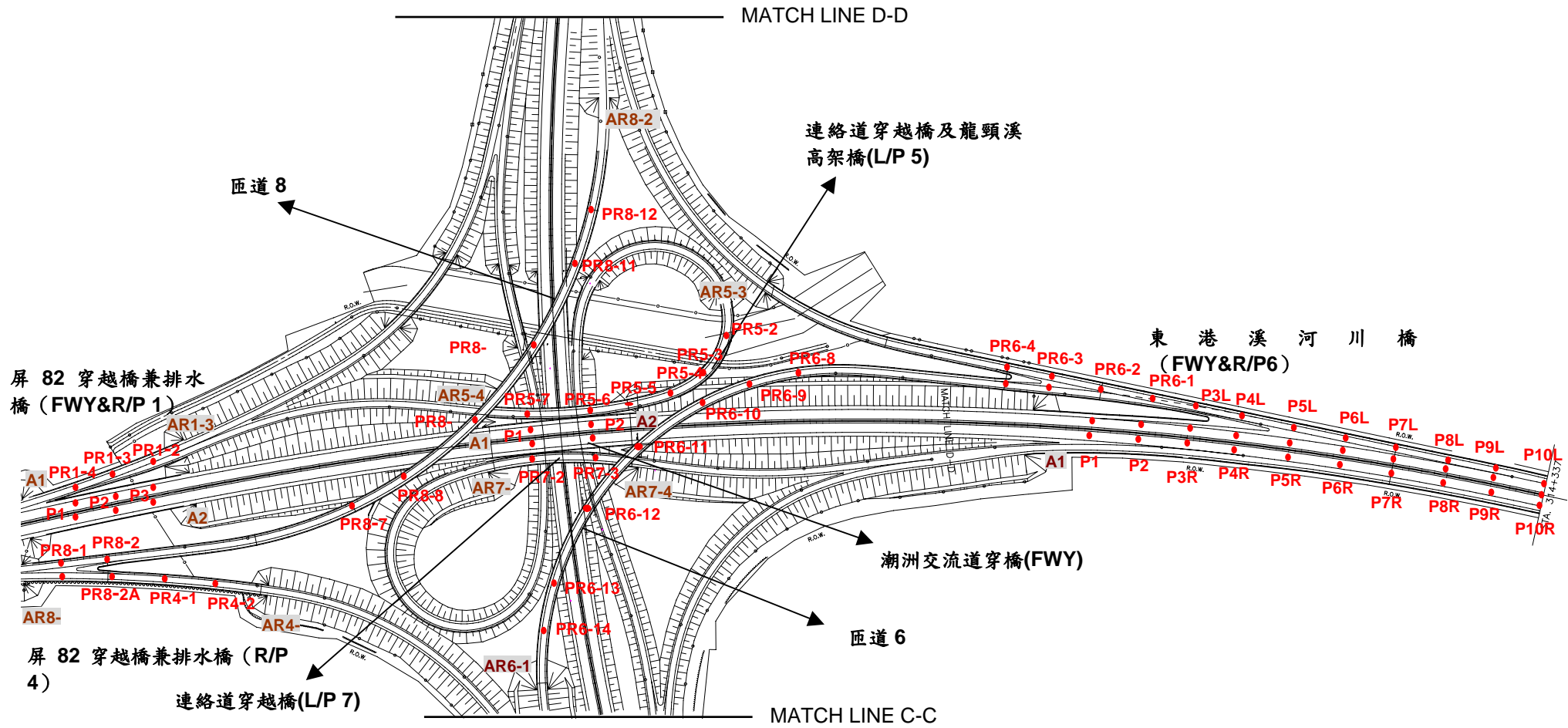


圖 6.61 竹田系統交流道幾何圖

6.5.1 資料建檔

步驟 1. 基本資料收集

橋梁基本資料依據台灣地區橋梁管理系統與現地工程師所提供之資料，填表方式依據本研究所建置之編碼評估表格，所需之欄位與資料如下：

1. 管理機關：交通部國道高速公路局
2. 工程處：南區工程處
3. 工務段：屏東工務段
4. 公路編號：國道三號
5. 道路方向：南北向
6. 里程數：312K+750~314K+337
7. 服務功能：竹田系統交流道
8. 所在位置：國道三號
9. 建造年代：2003 年。【原設計時程之核定工期為民國 80 年 12 月 01 日至 83 年 02 月 28 日；原開工及完工日期為 89 年 03 月 31 日至 91 年 11 月 28 日；展延一版完工日期為 92 年 06 月 26 日（因受台電公司 161kv 高壓架空線橫跨本標系統交流道及位於里程 314k+257 之台電架空高等管線遷移不及影響施工，工期展延 210 天；(國工四(90)屏字第 7455 號文)；展延二版完工日期為 92 年 10 月 01 日（依據工程會工程訴字第 09200258880 號函履約爭議調解成立書解調成立，同意展延 97 日）。
10. 設計規範：交通部公路橋梁設計規範(民國 88 年)
11. 設計原則：有韌性設計
12. 地盤種類：第三類地盤

橋梁結構形式依據竣工圖，並結合本研究所建置之編碼表格所需欄位資料如下：

1. 主梁材質：鋼構造
2. 上部結構：箱型橋
3. 伸縮縫：齒型縫
4. 支承型式：盤式支承
5. 止震塊：設立防震拉桿
6. 橋墩型式：單柱式
7. 橋台型式：懸臂式
8. 基礎型式：PC 基樁
9. 結構工法：場撐箱梁工法

依據上述資料所建立之編碼表格，如附錄一所示。由表中可知中沙大橋基本資料、結構形式、結構工法編碼如下：

1. 基本資料(等級一)編碼：N0030T-BR-312750-J-03-E-Y-3
2. 結構形式(等級二)編碼：ST-S-1BB-FP-PT2-U-CTCA-F-PC

步驟 2. 歷史資料彙整

一、歷年檢測資料

由於此橋梁段為新建橋梁，所以只能擷取台灣地區橋梁管理系統中 2004 年目視檢測資料，分別為竹田系統交流道匝道 6 高架橋、竹田系統交流道匝道 8 高架橋和排水橋以及竹田系統交流道聯絡道穿越橋等四座橋資料。共計 4 筆資料，本研究分析方法為提取橋梁 20 個構件有紀錄之 D 值，作一彙整分析。

各構件歷年之 D 值整理分別分為 D=1~D=4 依上部、下部構件將歷年有檢測資料紀錄的，如圖 6.62~圖 6.65 所示，圖中 x 座標為各構件名稱；y 座標為各橋梁；z 座標為各構件在當年 D 值所佔的比例。由

圖中顯示竹田系統各構件檢測資料 D 值無論是上部結構或下部結構，均落在 D=2 範圍內，完全無 D=3(劣化程度較差)的情況出現。

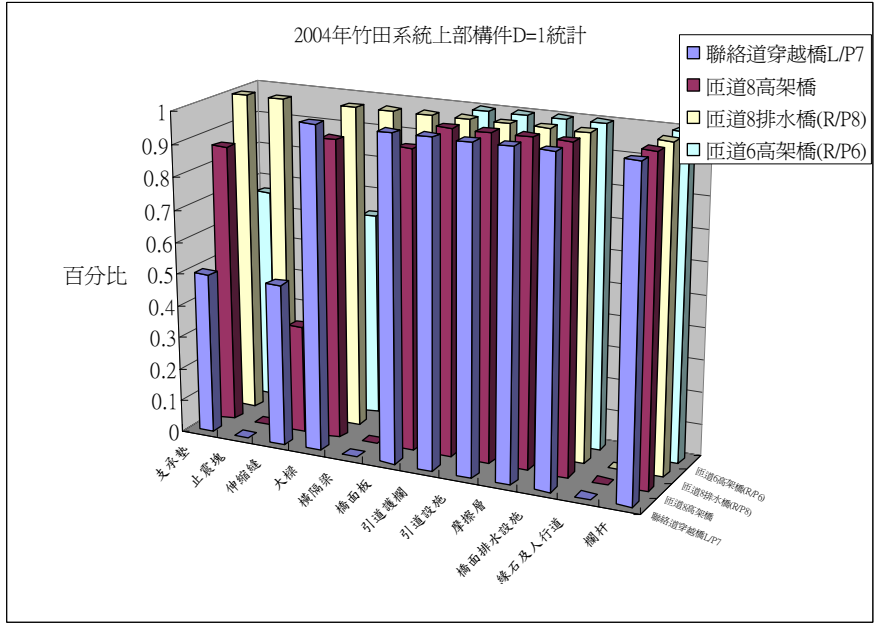


圖 6.62 竹田系統橋 2004 年 D=1 上部構件統計圖

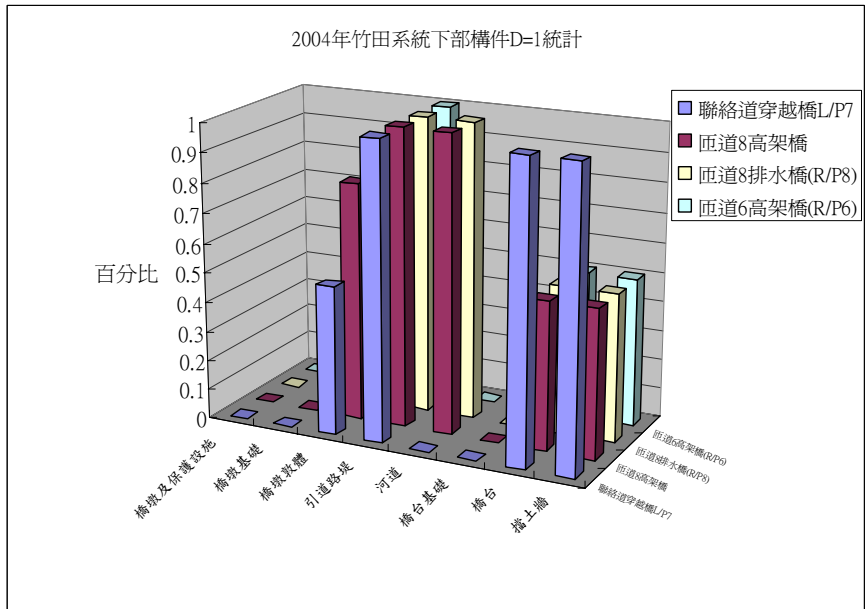


圖 6.63 竹田系統橋 2004 年 D=1 下部構件統計圖

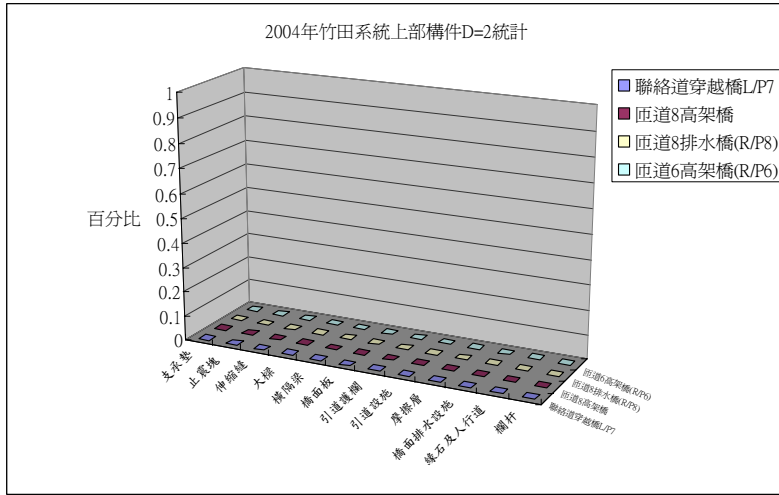


圖 6.64 竹田系統橋 2004 年 D=2 上部構件統計圖

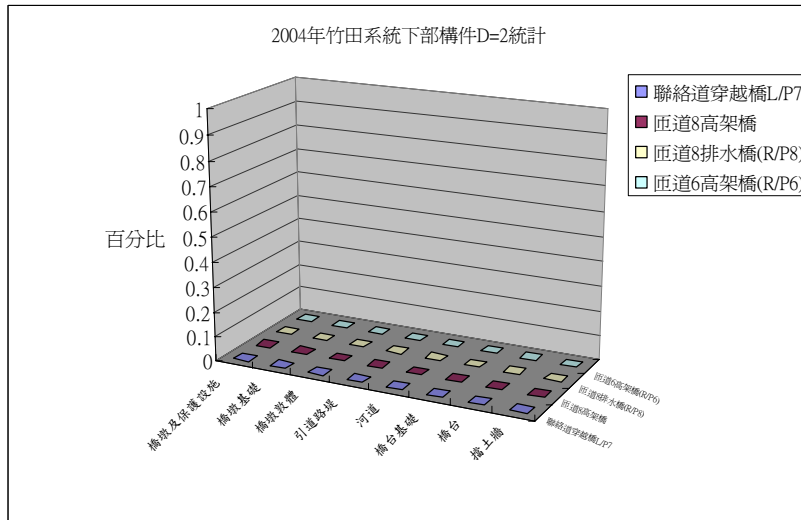


圖 6.65 竹田系統橋 2004 年 D=2 下部構件統計圖

二、歷年修復資料

本系統交流道為西元 2003 年之新建工程，施工過程中就陸續發現橋梁有樑體碰撞、支承滑移、墩柱沉陷及裂縫等受損現象，期間曾委請台灣營建研究院進行事故鑑定報告，後經承商緊急搶修後現今已通車。若定義橋梁歷年修復資料之記錄時間點為完工通車後，且視完工通車前之修復補強工程為缺失改善措施，則本系統交流道之歷年修復資料仍有待未來收集資料予以建置。

由於尚缺歷年修復資料，此處乃針對本系統交流道之相關重要時程加以說明。表 6.25 為各版核定工期說明，原設計時程之核定工期為 80 年 12 月 01 日至 83 年 02 月 28 日；原開工及完工日期為 89 年 03 月 31 日至 91 年 11 月 28 日；展延一版完工日期為 92 年 06 月 26 日（因受台電公司 161kv 高壓架空線橫跨本標系統交流道及位於里程 314k+257 之台電架空高等管線遷移不及影響施工，工期展延 210 天；國工四(90)屏字第 7455 號文）；展延二版完工日期為 92 年 10 月 01 日（依據工程會工程訴字第 09200258880 號函履約爭議調解成立書解調成立，同意展延 97 日）。

表 6.26 為本系統交流道施工工期程記錄，包含路堤填築、橋梁工作施工及級配料堆置工期。表 6.27 為結構受損經過及其後進行鑑定工作之時間，92 年 5 月初發現匝道六及八伸縮縫擠壓；92 年 6 月初開始進行橋墩與梁之監測工作；92 年 7 月 16 日開始修繕工作；93 年 9 月 21 日鑑定單位展開鑑定工作。

表 6.25 本系統交流道物之各版核定工期




時間，月	88		89				90				91				92				備註
	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	
1.得標日期	↓																		
(88.9)																			
2.原訂工期																			
(89.3.31)																			
3. 90.10.1第一次展延工期 (受台電電塔影響施工)																			
(89.3.31)																			
4. 92.5.31第二次展延工期 (因土方問題影響施工)																			
(89.3.31)																			

表 6.26 本系統交流道物各項結構物施工期程紀錄

時間，月 工作項目	88		89				90				91				92				備註
	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	
1.展延後之工期																			
2.路堤填築與橋梁結構施工																			
• 路堤填築																			
• 基礎施作 (含基樁與樁帽)																			
• 墩柱																			
• 吊梁與橋面板																			
3.級配料堆置期程																			

表 6.27 重要紀事表

時間，月 工作項目	89		90				91				92				93				備註
	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	
1.C386標受損經過																			
• 92.5月初發現匝6、8伸縮縫擠壓（口頭報告CECI，並於一週內通知業主）																			
• 92.5月正式召開聯合會議確認（中華顧問工程司結構部會勘）																			
• 92.7.16開始修繕工作（中華顧問工程司提供圖說但無簽名）																			
• 92.6月初開始進行橋墩與梁之監測工作																			
2.鑑定工作展開																			

三、歷年補強工程彙整

本系統交流道為西元 2003 年之新建工程，由於施工過程中發現橋梁有梁體碰撞、支承滑移、墩柱沉陷及裂縫等受損現象，承商已進行多項補強工程如增設外置預力、墩柱補強、更換支承墊等，現今已完工通車。若定義橋梁歷年補強工程記錄時間點為完工通車後，且視施工過程之補強為缺失改善措施，則本系統交流道之歷年補強工程資料仍有待進一步收集資料予以彙整。

6.5.2 序選分析

步驟 3.尋找問題

本系統交流道於施工期間受地盤變形影響，導致橋墩產生位移，其中以匝道六、八高架橋跨越主線與環道部分之上部為連續鋼箱梁構造受影響較鉅，主線之路堤及連接之橋墩因產生之差異沉陷造成活動

支承滑移；而在預力混凝土橋梁部分，橋墩沉陷亦引起橋台變位、活動支承滑移、梁體產生裂縫、人造橡膠支承顯著變形及伸縮縫損毀等損害。圖 6.66~圖 6.68 為匝道 6 及 8 橋梁上部以及下部結構受損情形。而圖 6.69 所示為彙總調查結果與專家顧問意見所繪製之魚骨圖，分析評估包括地質與地下水文、結構物配置、路堤填築影響、結構物損壞狀況以及現場監測資料等資料，詳細內容說明如後。



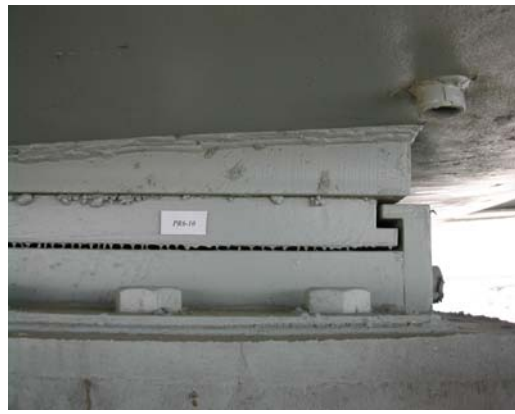
匝道六 PR6-8 鋼梁與 RC 箱梁上翼板相抵觸



匝道六 PR6-8 墩柱 RC 箱梁與鋼梁下翼板幾近抵觸



匝道六 PR6-9 墩柱右側鋼梁盤式支承已滑出約 8cm 情形



PR6-10 墩柱盤式支承無收縮混凝土龜裂情形 (橫向)



AR6-1 橋台右側鋼梁盤式支承往前滑動約 9cm 情形



AR6-1 橋台左側鋼梁盤式支承往前滑動約 13cm 情形

圖 6.66 匝道 6 上部結構受損情形



PR8-7 墩柱右側鋼梁盤式支承往南滑出約 23cm 情形



PR8-7 墩柱 RC 箱梁右側調坡塊受鋼梁擠壓進入 3cm 之破損情形

PR8-8 墩柱左側鋼梁盤式支承無收縮混凝土龜裂情形 (雙向)



PR8-9 墩柱鋼梁盤式支承無收縮混凝土橫向龜裂情形 (近距離照片)

PR8-12 墩柱左側鋼梁盤式支承各滑動約 2cm 及 4cm 情形

圖 6.67 匝道 8 上部結構受損情形



PR6-11 墩柱裂紋現況，裂紋寬度約 0.2mm



PR6-11 墩柱裂紋現況，裂紋寬度約 0.2mm



匝道 6 高架橋 PR6-5 墩帽上有二道裂縫，寬約 0.4mm



匝道 8 高架橋 PR8-9 墩帽（北側）之斜向裂紋



PR6-8 基樁受損情形



PR8-7 基樁受損情形

圖 6.68 匝道 6 及 8 下部結構受損情形

步驟 4.現況評估討論及災損原因

由於本案例橋梁目前計畫能在執行中，所以經由本院鑑定結果得之，其可能受損原因為：

1.地質與地下水文

系統交流道所在區域地質依據本院所做之補充地質調查（93.12）並比對原地質調查資料顯示，主要以 5 至 20 公尺厚之粉土質砂性土壤為主，分布深度逾 80 公尺，偶夾有 0.5 至 2.5 公尺之黏土薄層，其中粉土質細砂為高細粒料含量卻無塑性，且由 CPT 與 SPT 試驗結果之比較、水壓消散試驗結果以及震測量測之剪力波速判別，此類粉土質砂可能同時具有壓縮性與坍塌性為一敏感性土壤，容易受外力擾動或地下水位變動影響改變其內部結構而壓縮變形；此外，鄰近區域廣布養殖漁塭，地下水抽用情形嚴重，上述土壤之細粒料由於無塑性，也可能隨地下水之抽用而流失，衍生大區域之深層地層壓縮。

2.結構物配置

本系統交流道包括二高主線、匝道、環道與連絡道等數處填土路堤段與多座橋梁結構，其中路堤高度從 4 公尺到逾 12 公尺高，高架結構地面高度從 7 公尺到約 19 公尺高，分佈於各處路堤間，其中匝道六、八係以大跨徑橋梁穿越二高主線路堤段。除此之外，各高架結構之基礎形式為大口徑場鑄基樁，其深度約達五十公尺，設計以摩擦力承載上部結構；但若地下水抽用影響之深度較深，則抽水引致之地層壓縮仍可能影響結構基礎。

而高度逾 8 公尺以上之大型路堤亦形成對上節所述之敏感軟弱粉質細砂土層的高額載重，經由 CPT 水壓消散試驗顯示載重衍生之超額孔隙水壓雖可於低塑性之土層即時消散，然其引致之剪力仍可能對敏

感之土壤結構產生影響；研判路堤填築過程中測沉板量測沉陷量多較高於原設計預測值之原因，可能是由載重引致承載土層剪力破壞，級配料置換原有軟弱土壤。

3.路堤填築影響

本系統交流道施工期間由於土方取得困難，路堤與橋梁結構之施工順序是先進行橋台附近路堤填築工程，再施作橋梁下部及上部結構之澆置與組裝，而先施作之橋梁基礎可能因路堤填築所產生之不對稱土壤推擠壓力而變位甚致受損，但該不對稱應力狀況應於路堤填下方土壤即時沉陷完成後即可達穩定狀態，但若軟弱地質壓密時間延長或土壤結構持續坍塌而擴大壓縮範圍，或壓縮土層較土堤荷重影響深度為深，則上述橋梁基礎受影響狀況仍有可能發生。

4.結構物損壞狀況

本系統交流道之橋梁上部結構損壞狀況主要為梁體位移相互碰撞，造成支承滑動過量，甚致基座受剪力龜裂；而附屬止震塊與防震墊片於受壓側也因而擠壓變形。橋梁下部結構的損壞狀況則主要為差異沉陷與墩柱的側移與傾斜，所造成的結構裂縫。而橋梁基礎的損壞主要為基樁近樁帽處因剪力或彎矩過大所造成之裂縫。研判橋梁部份受損的主因為基礎過量沉陷與遭受過量之側向推擠，以致下部結構產生沉陷、側移與傾斜，由於各墩柱之尺寸重量不一，且所受之外力狀況亦不相同，因此造成上部結構各梁體間因沉陷、位移與傾斜差異而相互碰撞擠壓。

路堤部分之損壞狀況主要為過量沉陷導致路堤邊坡變形、覆蓋串方塊破損以及橋台移位，橋梁導致支承滑動過量與止震塊擠壓變形。因此，道損壞情況並非僅結構體破壞的問題，其原因主要包括來自於

軟弱土壤之過量變形以及可能之深層軟弱土壤壓縮所引致之土壤變位。

5. 監測資料

系統交流道主要路堤填築工程於 92 年 6 月底大致完成，由臺灣營建研究院分析彙整各項沉陷監測資料發現（93.12），結構物與地表沉陷監測資料顯示自 92 年 12 月底至 93 年 11 月底，本系統交流道物仍有 7.5 至 14.0 公分不等的沉陷持續進行中，而且填土高度較高的路堤與結構重量較大的橋梁墩柱均呈現較大之沉陷，但地中沉陷計所監測的地層深度（地表下 0 至 60 公尺處）卻無顯著之壓縮現象。由上述結果研判，本系統交流道物所在區域的土層沉陷仍在持續進行中，且發生深度逾 60 公尺，可能與鄰近區域的抽用下水有相當程度的關聯。

另外，配置於路堤兩側的傾斜管資料雖顯示路堤下方的較弱土層有受壓變形的趨勢，然監測極大值僅為 1 至 2 公分，並無法表現實際工程行為，顯示目前路堤兩側邊坡的穩定性無虞，路堤承載土層於監測期間亦無明顯側向推移的現象。

6. 結構物行為模擬

PLAXIS 與 SAP 式的分析結果均能有效地模擬臆測研判之結構物受損行為，包括樁基礎最大剪力與彎矩發生的位置以及梁體受力擠壓的位置均與現場狀況吻合。依據程式模擬結果顯示，施工順序的改變確實會對基樁造成應力不均之情形，然而即使依照程式模擬之施工順序施作並進行預壓密，於考量現地軟弱土壤之壓縮與坍塌性，依然會對基樁造成應力不均的現象，唯其損害之程度仍需進一步調查與研究分析了解。

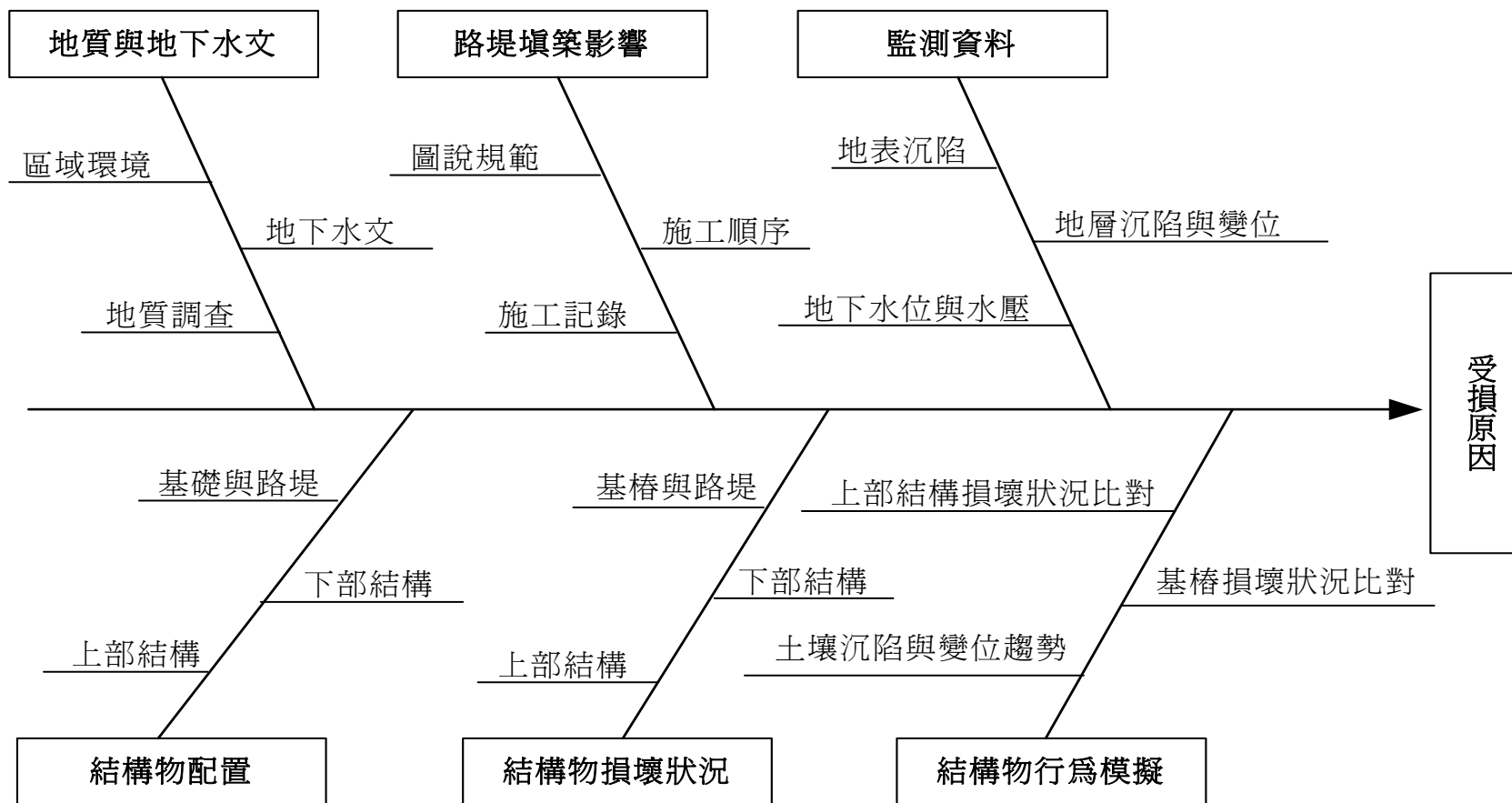


圖 6.69 本系統交流道物受損原因可能特性要因圖

6. 後續建議

本研究定義延壽為在政府有限資源與預算以及符合工程需求之服務水準下，確定橋梁進行維護、整治的時機，確保橋梁在使用者制定之功能門檻值內的服務水準達到服務功能需求，進而達到最佳經濟化的延壽策略，目的是尋求最佳化經濟、效益以及結構物使用年限之間的平衡。但在考量經濟、效益以及年限之時，是必須以橋梁結構安全為前提下，再要求達到延壽維護之經濟水準。此案例橋不同於其他三座橋梁之處，在於此交流道系統橋梁新建完工不久就發生相關問題，且仍在進行中，所以本研究直接根據目前上述分析，在結構安全性確保的原則下，建議後續工作與結論。

依據所統計之檢測資料，幾乎完全看不出此匝道有任何異狀(D 值均落在 $D=1$)，雖然為系統內定值，可是與實際詳細檢測後相差甚遠，表示目視檢測方法對橋梁結構性的問題並不是一良好的判斷方法，唯有對橋梁進行詳細的破壞以及非破壞檢測和監測，才能實際了解橋梁真正的問題。經由上述原因，本研究將提出下列分析建議：

1. 本系統交流道物橋梁可能受損原因研判如圖 6.70 所示，應是由於大區域複雜且敏感軟弱之粉土質細砂層壓縮變形，造成橋梁基礎產生差異沉陷、側移與傾斜以及路堤產生沉陷，進而導致橋梁上部結構推擠碰撞致使梁體支承滑動過量、防震裝置受力變形等損害狀況，如圖 6.71 及圖 6.72 所示。
2. 造成軟弱土壤壓縮變位的可能原因包括路堤填築影響、土壤受力持續變形或大區域抽用地下水，然而現有調查分析與監測果仍無法釐清是由何項因素造成，亦或皆有相互關聯性。
3. 由監測資料顯示土層沉陷是屬於大區域的環境因素問題，以及敏

感低塑性粉質細砂土壤的工程問題。此一敏感性粉質砂土工程性質國內目前尚無相關詳細研究，僅黃安斌等人對類似之麥寮砂進行研究(2004)。而於本系統交流道物設計當時，相關研究仍未進行。

4. 由於監測資料顯示包括路堤與橋梁結構仍持續沉陷，但結構物目前並無損壞現象與過量變形趨勢，建議應對鄰近區域持續進行沉陷與地下水位之監測；除此之外，對於原受損較嚴重的結構體，亦建議進行長期的結構物行為監測，相關監測資料的彙整分析除具有監測預警結構物可能損壞的功能外，亦有助於橋梁補強與延壽對策的研擬。
5. 未來修復應以考量軟弱土壤的改善為主，包含減重或局部改良等。對於特殊的敏感軟弱地質，建議相關單位亦應進行完整的研究，藉此了解此一問題土壤引致之工程問題與處理對策。
6. 建議應由原設計監造單位針對結構物現況，輔以修復補強與監測資料定期進行結構物穩定分析，分析結果可供養護單位了解結構物長期行為，以及階段性養護需求。
7. 建議維護管理單位應研擬相關地下水抽用管理措施，以有效控制區域性大規模沉陷問題。

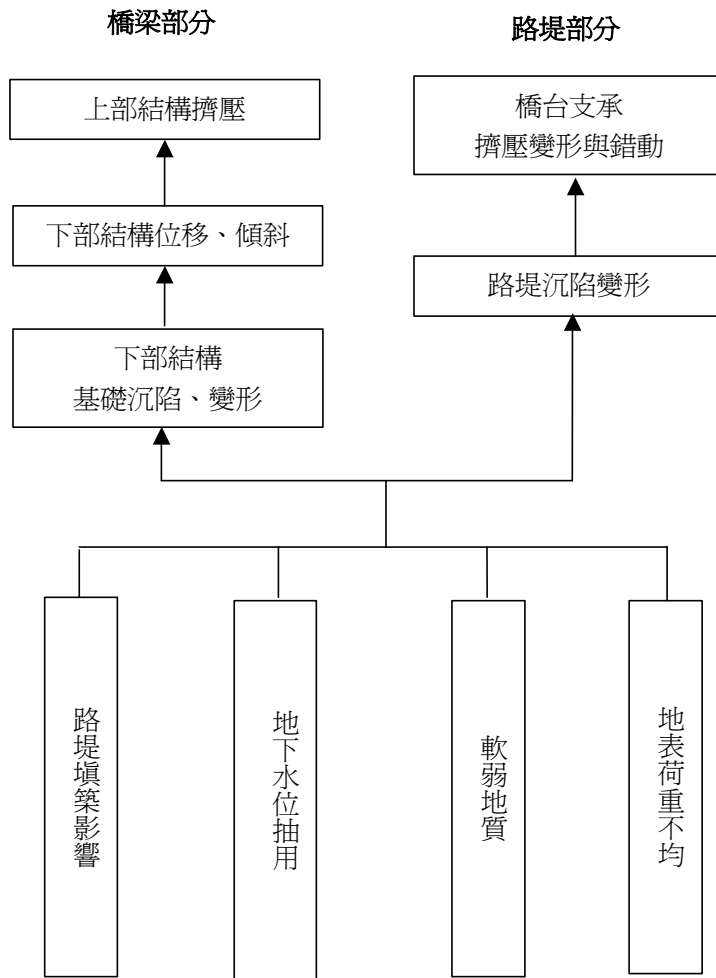


圖 6.70 本系統交流道物受損原因

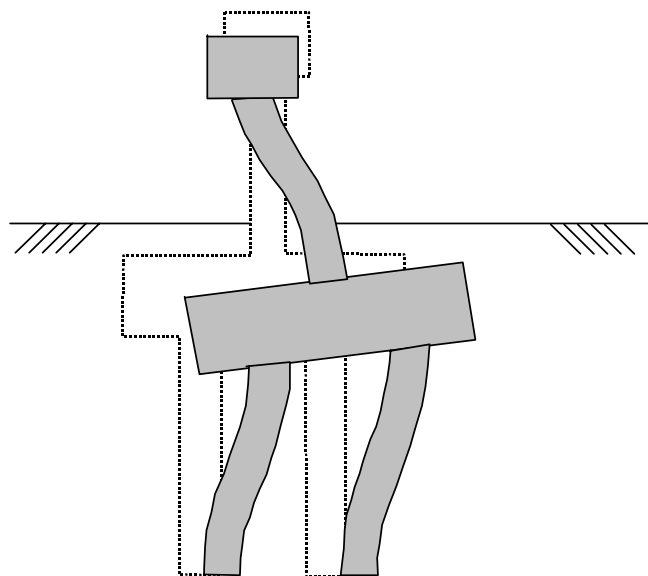


圖 6.71 橋梁上、下部結構變形示意圖

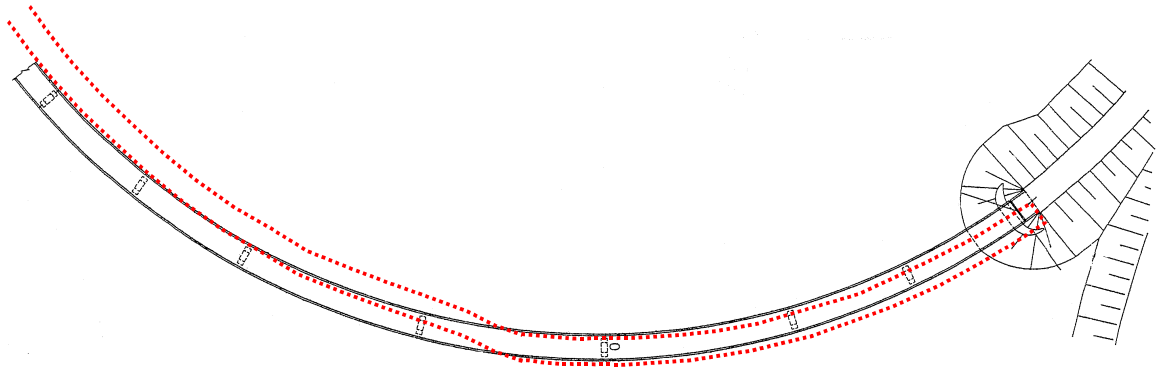


圖 6.72 鋼橋變位示意圖

6.6 策略規劃

本研究依據維護管理第三步驟步驟以及延壽流程步驟 6 所示，將上述案例分析橋梁利用最佳化模式分析，試圖評估案例橋梁最佳維修門檻。分述如下：

6.6.1 橋梁綜合性指標

本研究依據第 4.4 節所建立之橋梁綜合性指標，建立四座橋梁之綜合性指標，目的找出每一座橋梁之代表性狀況以作為後續最佳化分析之標準，其結果如下：

一、圓山橋

表 6.28 圓山橋綜合性指標

橋梁綜合性評估表格				
橋	指標項目	評估指標	評估方法	得分
梁 綜 合 性 指 標	結構性指標	主要構件 PI 值 (資料取自表 6.6)	PI 值×0.4	28.33
		次要構件 PI 值	PI 值×0.1	7.36
	服務性指標	服務功能性指標 (見附錄二)	服務功能評分×0.1	7.14
		健全性指標	地震健全性指標	健全評分×0.2
	沖刷健全性指標		健全評分×0.1	6.16
	耐久性健全指標		健全評分×0.1	6.61
	總分			

二、淡水河橋

表 6.29 淡水河橋綜合性指標

橋梁綜合性評估表格				
橋	指標項目	評估指標	評估方法	得分
梁 綜 合 性 指 標	結構性指標	主要構件 PI 值 (資料取自表 6.10)	PI 值×0.4	25.37
		次要構件 PI 值	PI 值×0.1	5.52
	服務性指標	服務功能性指標 (見附錄二)	服務功能評分×0.1	7.14
		健全性指標	地震健全性指標	健全評分×0.2
	沖刷健全性指標		健全評分×0.1	6.31
	耐久性健全指標		健全評分×0.1	4.80
	總分			

三、中沙大橋

表 6.30 中沙大橋綜合性指標

橋梁綜合性評估表格				
橋	指標項目	評估指標	評估方法	得分
梁 綜 合 性 指 標	結構性指標	主要構件 PI 值 (資料取自表 6.15)	PI 值×0.4	24.46
		次要構件 PI 值	PI 值×0.1	7.35
	服務性指標	服務功能性指標 (見附錄二)	服務功能評分×0.1	6.57
		健全性指標	地震健全性指標	健全評分×0.2
	沖刷健全性指標		健全評分×0.1	3.85
	耐久性健全指標		健全評分×0.1	5.82
	總分			

四、竹田系統

表 6.31 竹田系統橋綜合性指標

橋梁綜合性評估表格				
橋	指標項目	評估指標	評估方法	得分
梁 綜 合 性 指 標	結構性指標	主要構件 PI 值 (資料取自 BMS)	PI 值×0.4	30
		次要構件 PI 值	PI 值×0.1	7.5
	服務性指標	服務功能性指標 (見附錄二)	服務功能評分×0.1	4.95
		健全性指標	地震健全性指標	健全評分×0.2
	沖刷健全性指標		健全評分×0.1	10
	耐久性健全指標		健全評分×0.1	9
	總分			

其評分代表的意義，就實際工程意義而言，是看不出其分數所代表的物理涵義；但就延壽管理資源分配下，可以提供決策者在未來維修預算編列上，依個優選排序的觀念，評分愈高，代表橋梁狀況愈好。而由上述分析計算可知，淡水河橋與中沙大橋整體橋梁狀況值較其他兩座橋低，代表的涵義為如果未來進行維修時，可以初步判定其淡水河與中沙大橋維修先考量，但真實情形，必須由下節之最佳化模式分析出每一座橋在進行維修時，在最佳維修門檻下，所需花費的成本，依據生命週期累積成本，決策出哪一座橋在最經濟、最高效益以及符合使用年限下的結果。

6.6.2 橋梁最佳化分析

由於本研究做施作四座橋梁之最佳化分析(延壽流程步驟 6.)時，限於資料收集困難以及不足，利用模式分析時，資料嚴重不足，所以在做迴歸分析時僅能利用出始點與現今點作一線性曲線，不能如模式分析中利用夠多的資訊做對數常態分佈。但理論上，只要資料比數夠多，其模式之真實性就愈高。

一、圓山橋

1. 建立橋梁綜合性指標分數

圓山橋距今(2005)第 28 年期，其橋梁綜合性指標為 65.905 分。

2. 建立每年資料之對數常態分佈

由於資料嚴重不足，本研究乃將假設橋梁初始值與現今值作一迴歸分析。所迴歸之曲線當做歷年常態分佈下之劣化曲線。如圖 6.73 所示。

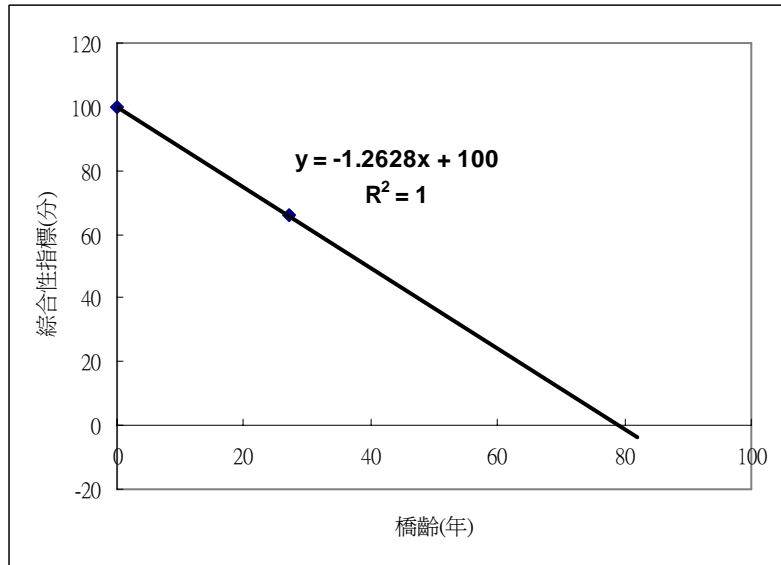


圖 6.73 圓山橋歷年迴歸曲線

3. 設此函數值為每一年在對數常態分佈下之中值。

3. 計算失效機率與成功機率

本研究欲分析明年度(2006 年)在正常維修下之最佳化曲線，計算失效機率。

4. 計算最佳化維修成本

假設圓山橋新建成本為一個單位。定義最佳化維修成本，其某一年度 t_i 之最佳化維修成本。其中人為誤差定為 0.1。

$$C_{m,t_i} = P_f \cdot e \cdot C_{ini} + P_f \cdot (1 - e) \cdot C_m + P_r \cdot e \cdot C_m + P_r \cdot (1 - e) \cdot C_{ini}$$

C_{ini} ：新建成本

$$C_m：\text{維修成本 } C_m = \left(\frac{s_1}{s_0} \right)^\alpha \cdot C_{ini}$$

e ：人為誤差

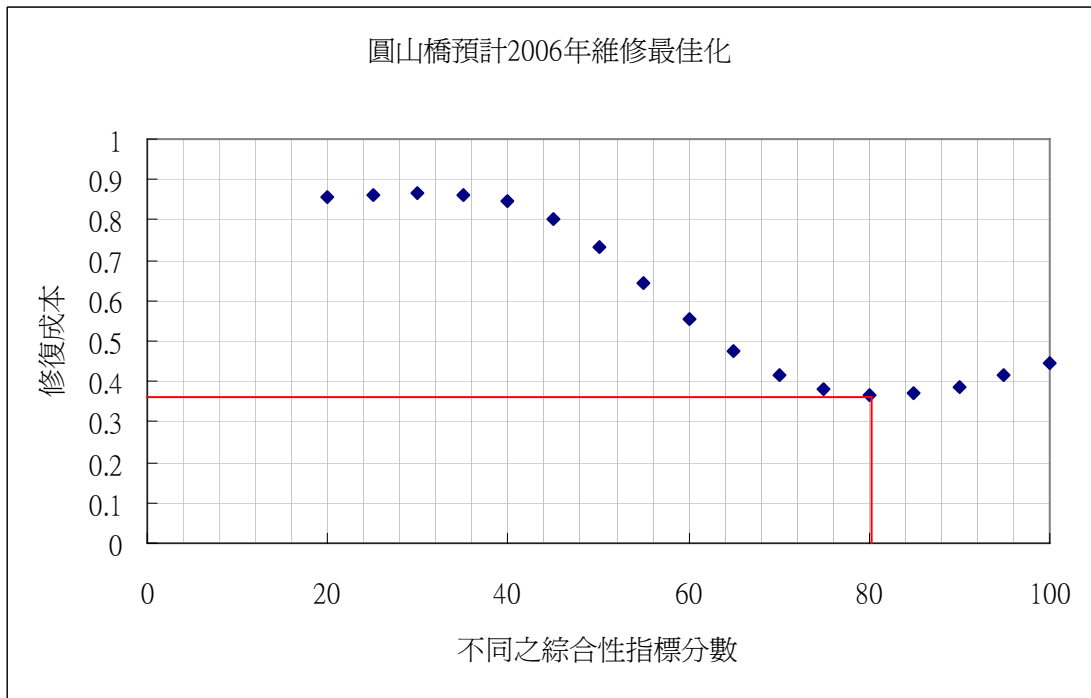


圖 6.74 圓山橋 2006 年最佳維修成本

由劣化曲線(圖 6.73)可知，其當年度之綜合性指標為 63.38，而欲進行維修時，可由圖 6.74 所示，其最佳之回復水準為 80 分時，只需原始成本的 37%，即為最佳化成本。再者，如定之後的維修最佳門檻為 80 時，所建立的生命週期曲線，如圖 6.75 所示，可知假設圓山橋從新建完工至今 28 個年期(從新建完工起算)開始維修時，之後維持在門檻 80 分時的生命週期，其服務之使用年限大約可再服務 10 年(38 個年期)及達到最佳門檻值，而此時須再進行最佳化分析。但由於資料不足，本次分析僅能供參考，理論上，歷史資料收集愈齊全，所得出之劣化曲線就愈接近真實的狀況；進而分析出數據就愈可信。

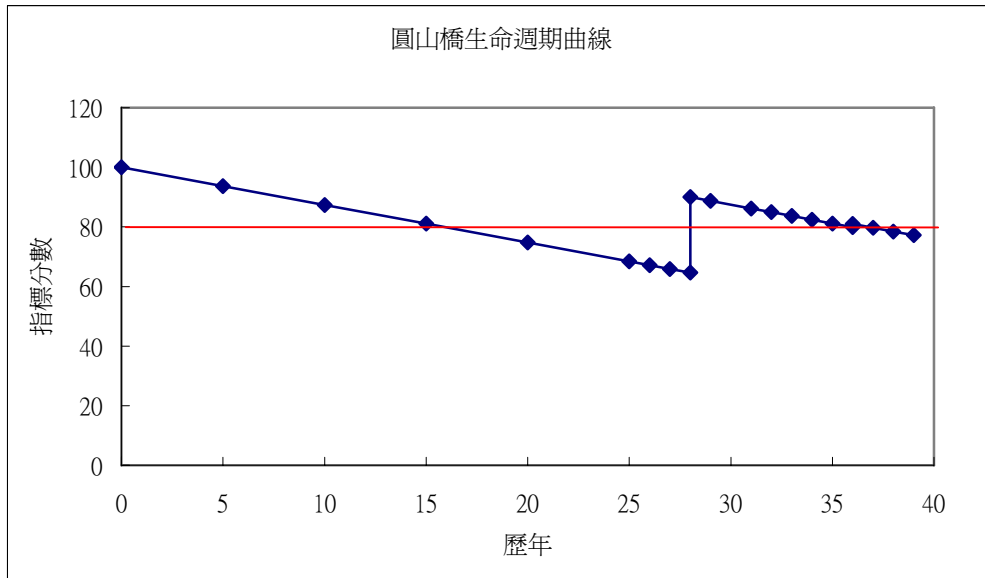


圖 6.75 圓山橋生命週期曲線

二、淡水河橋

1. 建立橋梁綜合性指標分數

淡水河橋距今(2005)第 29 年期，其橋梁綜合性指標為 54.1534 分。

2. 建立每年資料之對數常態分佈

由於資料嚴重不足，本研究乃將假設橋梁初始值與現今值作一迴歸分析。所迴歸之曲線當做歷年常態分佈下之劣化曲線。如圖 6.76 所示。

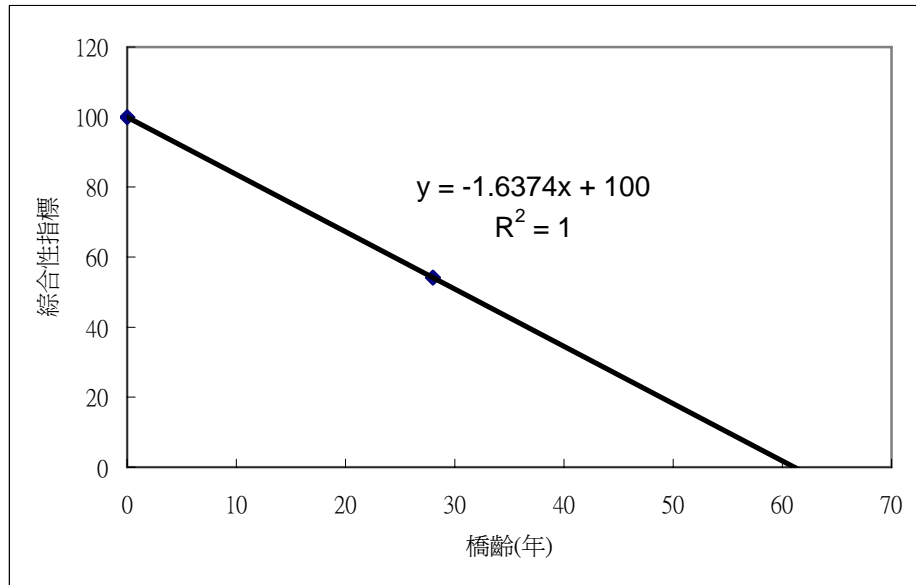


圖 6.76 淡水河橋歷年迴歸曲線

3.設此函數值為每一年在對數常態分佈下之中值。

4.計算失效機率與成功機率

本研究欲分析明年度(2006 年)在正常維修下之最佳化曲線，計算失效機率。

5.計算最佳化維修成本

假設淡水河橋新建成本為一個單位。定義最佳化維修成本，其某一年度 t_i 之最佳化維修成本。其中人為誤差定為 0.1。

$$C_{m,t_i} = P_f \cdot e \cdot C_{ini} + P_f \cdot (1-e) \cdot C_m + P_r \cdot e \cdot C_m + P_r \cdot (1-e) \cdot C_{ini}$$

C_{ini} ：新建成本

$$C_m：維修成本 C_m = \left(\frac{s_1}{s_0} \right)^\alpha \cdot C_{ini}$$

e ：人為誤差

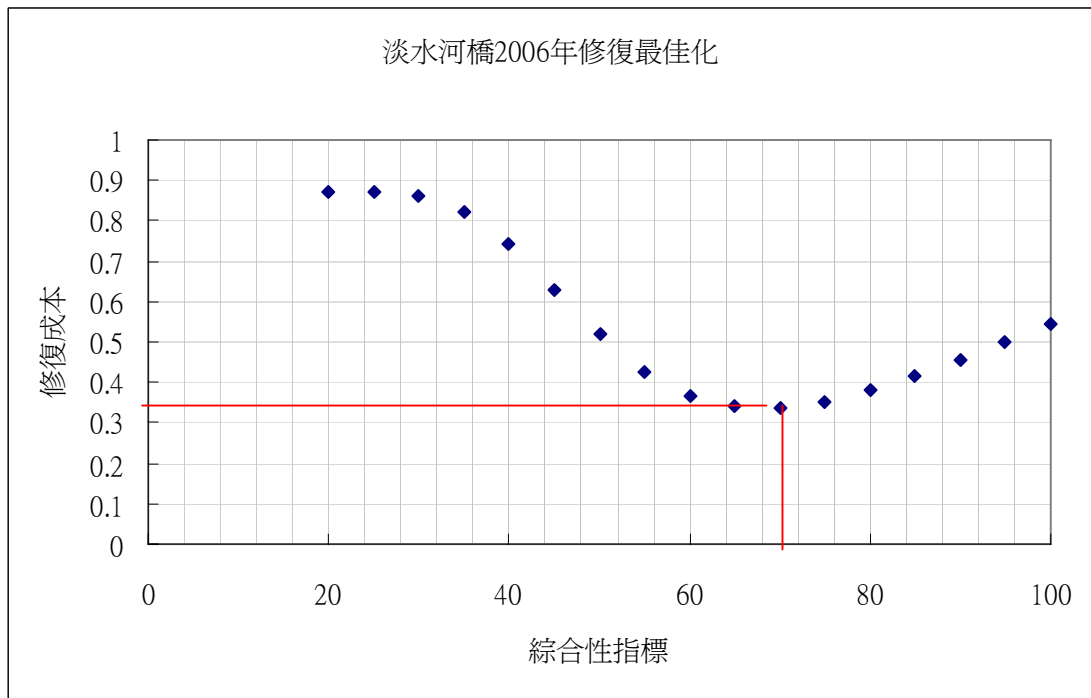


圖 6.77 淡水河橋 2006 年最佳維修成本

由劣化曲線(圖 6.76)可知，其當年度之綜合性指標為 50.878，而欲進行維修時，可由圖 6.77 所示，其最佳之回復水準為 65 分時，只需原始成本的 33%，即為最佳化成本。也由此可知，由於淡水河橋依據綜合性指標分數來看，其橋梁狀況較不佳(劣化較快)，所以在相同之維修成本，與圓山橋做一比較時，所回覆的水準不高。再者，如定之後的維修最佳門檻為 65 時，所建立的生命週期曲線，如圖 6.78 所示，可知假設淡水河橋從新建完工至今 29 個年期(從新建完工起算)開始維修時，之後維持在門檻 65 分時的生命週期，其服務之使用年限大約可再服務 28 年(57 個年期)即到達最佳門檻值。但由於資料不足，本次分析僅能供參考，理論上，歷史資料收集愈齊全，所得出之劣化曲線就愈接近真實的狀況；進而分析出數據就愈可信。

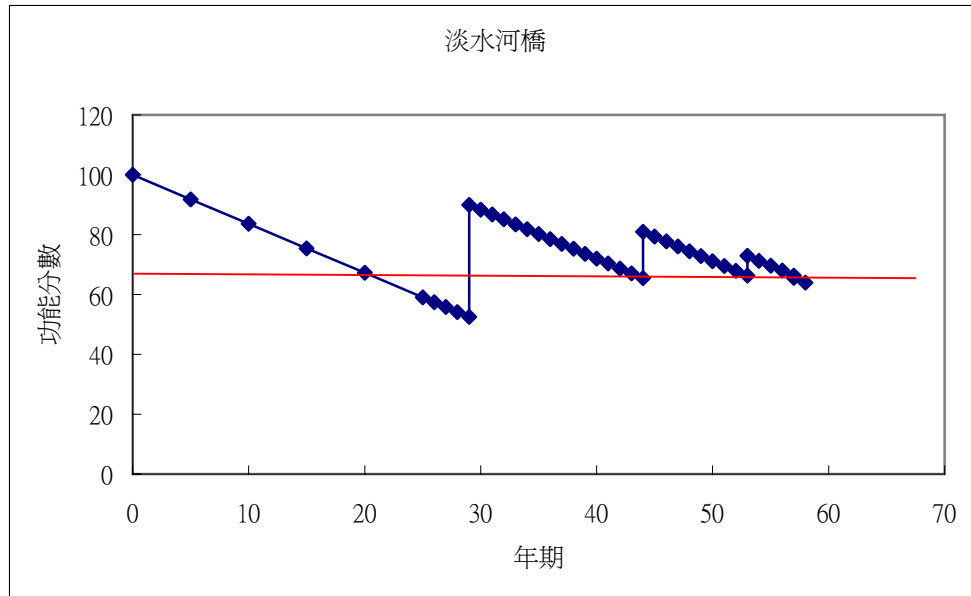


圖 6.78 淡水河橋生命週期曲線

三、中沙大橋

1. 建立橋梁綜合性指標分數

中沙大橋距今(2005)第 27 年期，其橋梁綜合性指標為 55.5058 分。

2. 建立每年資料之對數常態分佈

由於資料嚴重不足，本研究乃將假設橋梁初始值與現今值作一迴歸分析。所迴歸之曲線當做歷年常態分佈下之劣化曲線。如圖 6.79 所示。

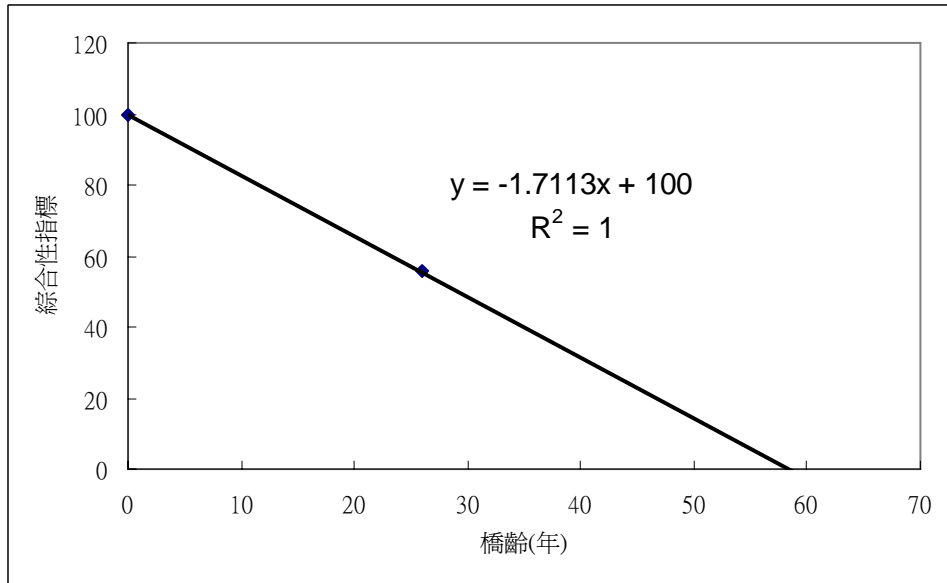


圖 6.79 中沙大橋歷年迴歸曲線

3.設此函數值為每一年在對數常態分佈下之中值。

4.計算失效機率與成功機率

本研究欲分析明年度(2006 年)在正常維修下之最佳化曲線，計算失效機率。

5.計算最佳化維修成本

假設中沙大橋新建成本為一個單位。定義最佳化維修成本，其某一年度 t_i 之最佳化維修成本。其中人為誤差定為 0.1。

$$C_{m,ti} = P_f \cdot e \cdot C_{ini} + P_f \cdot (1-e) \cdot C_m + P_r \cdot e \cdot C_m + P_r \cdot (1-e) \cdot C_{ini}$$

C_{ini} ：新建成本

$$C_m：維修成本 C_m = \left(\frac{s_1}{s_0} \right)^\alpha \cdot C_{ini}$$

e ：人為誤差

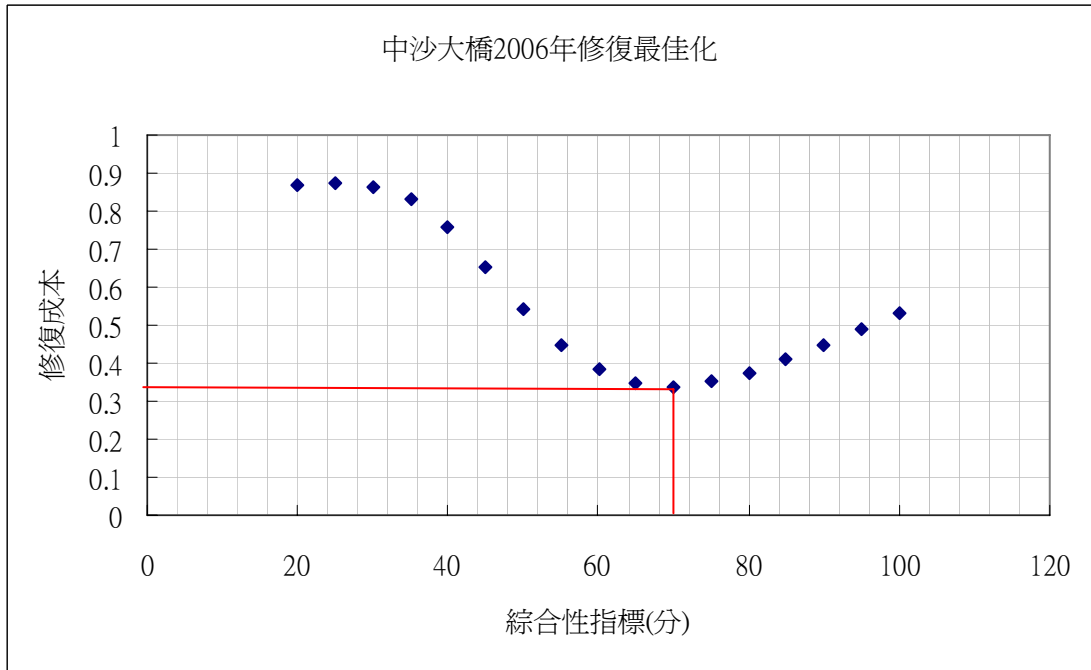


圖 6.80 中沙大橋 2006 年最佳維修成本

由劣化曲線(圖 6.79)可知，其當年度之綜合性指標為 52.0836，而欲進行維修時，可由圖 6.80 所示，其最佳之回復水準為 70 分時，只需原始成本的 34%，即為最佳化成本。再者，如定之後的維修最佳門檻為 65 時，所建立的生命週期曲線，如圖 6.81 所示，可知假設淡水河橋從新建完工至今 27 個年期(從新建完工起算)開始維修時，之後維持在門檻 70 分時的生命週期，其服務之使用年限大約可再服務 17 年(44 個年期)即到達最佳門檻值。但由於資料不足，本次分析僅能供參考，理論上，歷史資料收集愈齊全，所得出之劣化曲線就愈接近真實的狀況；進而分析出數據就愈可信。

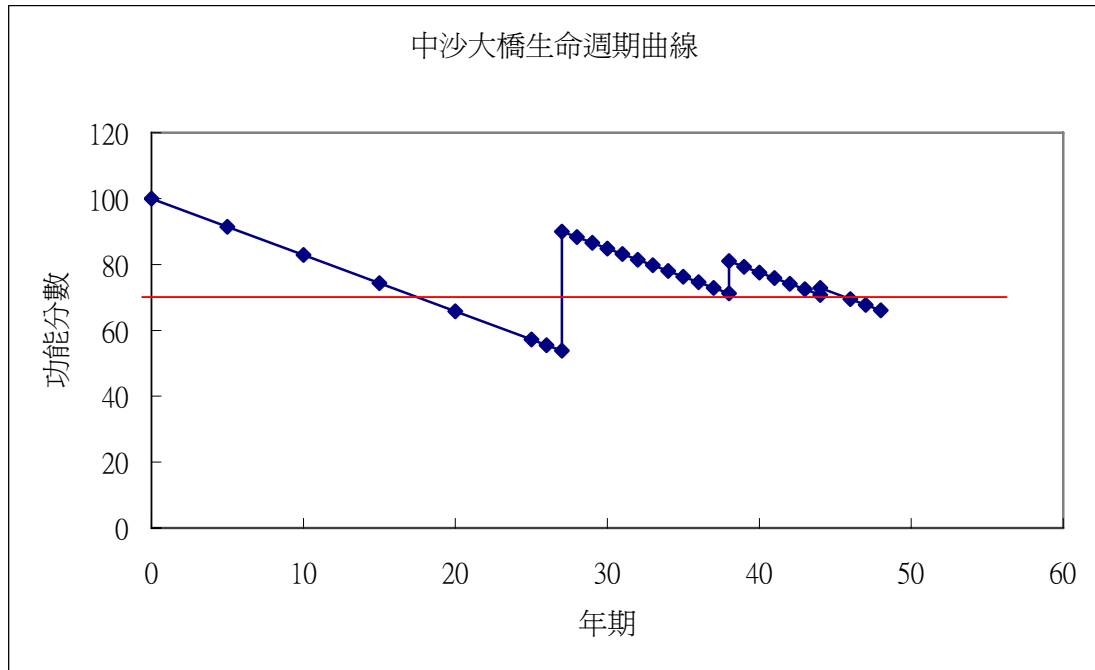


圖 6.81 中沙大橋生命週期曲線

四、竹田系統

1. 建立橋梁綜合性指標分數

竹田系統橋距今(2005)第 2 年期，其橋梁綜合性指標為 75.48 分。

2. 建立每年資料之對數常態分佈

由於此為新建橋梁，本研究乃將假設橋梁初始值與現今值作一迴歸分析。所迴歸之曲線當做歷年常態分佈下之劣化曲線。如圖 6.82 所示。

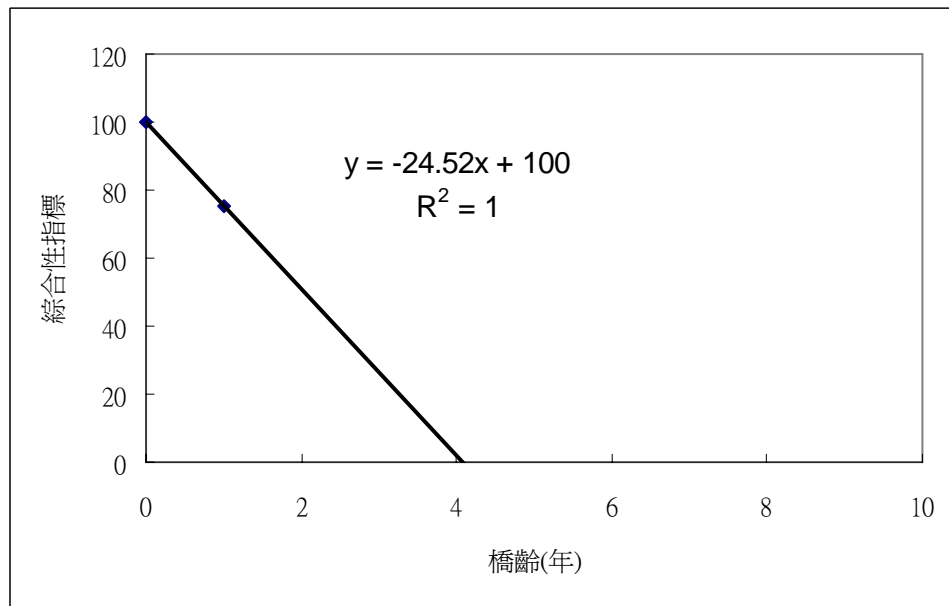


圖 6.82 竹田系統橋歷年迴歸曲線

3. 設此函數值為每一年在對數常態分佈下之中值。

5. 計算失效機率與成功機率

本研究欲分析明年度(2006 年)在正常維修下之最佳化曲線，計算失效機率。

6. 計算最佳化維修成本

假設竹田系統橋新建成本為一個單位。定義最佳化維修成本，其某一年度 t_i 之最佳化維修成本。其中人為誤差定為 0.1。

$$C_{m,t_i} = P_f \cdot e \cdot C_{ini} + P_f \cdot (1-e) \cdot C_m + P_r \cdot e \cdot C_m + P_r \cdot (1-e) \cdot C_{ini}$$

C_{ini} ：新建成本

$$C_m：維修成本 C_m = \left(\frac{s_1}{s_0}\right)^\alpha \cdot C_{ini}$$

e ：人為誤差

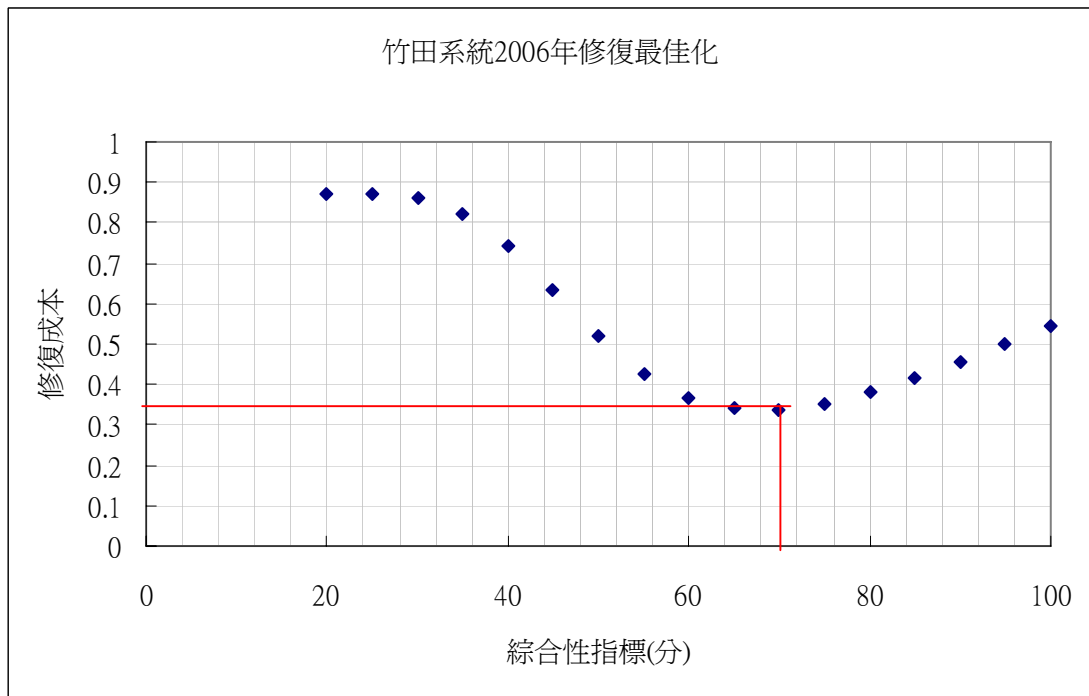


圖 6.83 竹田系統橋 2006 年最佳維修成本

由劣化曲線(圖 6.82)可知，其當年度之綜合性指標為 50.96，而欲進行維修時，可由圖 6.83 所示，其最佳之回復水準為 65 分時，只需原始成本的 34%，即為最佳化成本。但由於資料不足，本次分析僅能供參考，理論上，歷史資料收集愈齊全，所得出之劣化曲線就愈接近真實的狀況；進而分析出數據就愈可信。

6.5.3 最佳化分析小結

由上述分析可得知：

1. 圖 6.84 顯示各橋梁之最佳化曲線的分布，圖中似乎圓山橋所需維修之成本為最小(假設每一座橋初始成本相同時)，狀況也較其他三座橋梁好；且以回復水準來說，在相同修復預算下(約 33%)，其回復水準圓山橋最高，也最經濟。
2. 然而從圖 6.85 來看，圖中顯示三座橋梁在最佳化分析結果得知的門檻值，在未來維持其門檻值進行維修策略時，所累積的生命週期成本。(其中新建成本：圓山橋：136,527,833 元；淡水橋：

228,960,200 元；中沙橋：364,452,920 元)圖中三條曲線代表三座橋梁均在維修當年(第 28~30 年)，開始進行維修，由圖可知，其如以最佳門檻進行維修後，之後所累積的成本將大幅降低而趨於平緩(小幅的提升)。由此也可看出，最佳化分析有抑制生命週期成本的效果，達到最經濟的效益。

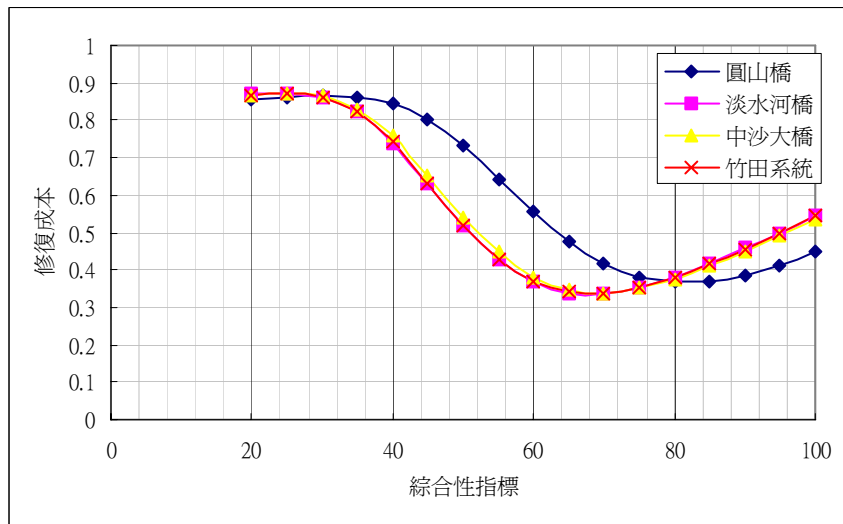


圖 6.84 四座橋梁 2006 年最佳化分析

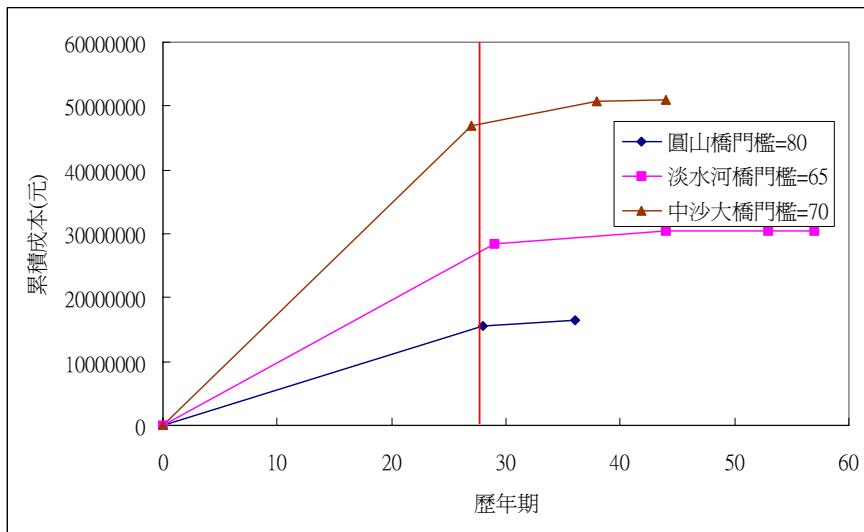


圖 6.85 各座橋梁生命週期累積成本曲線

3. 且由圖 6.85 所知，圓山橋所要回復的水準較高(80)，如果決策者從橋梁生命週期考量上做決策；可先修圓山橋(服務年限較其他二座較短，10 年)，且從成本來看(所需成本最低)，在未來長期排序下，應也是做最優先考量。
4. 淡水河、中沙、竹田三座橋其最佳化趨勢由本分析結果來看，大致相同。這可能與資料點不足有關係。尤其竹田系統橋在新建第二年的趨勢，與中沙大橋、淡水河橋之趨勢一樣，這與事實不符。由此可知，歷史資料的完整建置，是決定此模式或是任何生命週期預測模式最重要的基礎。

6.7 執行驗效

本研究依據上述分析結果以及表 6.9 橋梁延壽評估總表，分別建立案例橋梁延壽流程執行表，建立如下：

表 6.32 圓山橋延壽評估總表

受檢橋梁	圓山橋	填表時間	2005/06		
計畫工程	養護單位： <u>內湖工務段</u> 所在縣市： <u>台北市</u>				
	維修/檢測/補強內容				
	<input type="checkbox"/> 詳細檢測 <input type="checkbox"/> 一般性維修 <input type="checkbox"/> 補強 <input type="checkbox"/> 置換 <input type="checkbox"/> 重建 其他 <u>監測</u>				
	構件/橋梁	項目	預估金額		
	鉸接處	長期監測計畫			
	分期計畫				
	年度	工程項目	所需經費		
	總計				
	填表人		台灣營建研究院		
評估流程					
1.基本資料	資料收集項目			檢定(有其資料者打 V)	
	1.BMS 橋梁基本資料欄位			<input checked="" type="checkbox"/>	
	2.橋梁基本資料編碼表(本研究加入表 4.4)			<input checked="" type="checkbox"/>	
	3.設計圖			<input checked="" type="checkbox"/>	
	4.施工圖			<input type="checkbox"/>	
	5.竣工圖			<input checked="" type="checkbox"/>	
	6.各構件幾何圖說			<input checked="" type="checkbox"/>	
	7.其他 _____			<input type="checkbox"/>	
2.歷史資料	資料收集項目			檢定(有其資料者打 V)	
	1.BMS 歷年 DERU 檢測資料			<input checked="" type="checkbox"/>	
	2.BMS 歷年維修項目資料、數量			<input checked="" type="checkbox"/>	
	3.BMS 歷年維修項目金額			<input type="checkbox"/>	
				<input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> 有	
	4.歷年補強拓寬報告			(1)民國 67 年水準測量	
				(2)民國 69 年調整伸縮縫寬度	
				(3)民國 69 年預留鋼鍵施預力	
				(4)民國 82 年日本頂高工程(未實施)	
				(5)民國 85 年汐止五股高架拓寬工程	
			(6)民國 87 年重新檢測及鋼箱補強		
			(7)民國 89 年監測鉸接點變化		
			(8)民國 89 年伸縮縫整修工程		
5.相關研究報告			<input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> 有		
			(1)日本構造橋梁研究所頂高工程方案		
			(2)民國 84 年高速公路工程與管理研討會論文集		
6.其他 _____			<input type="checkbox"/>		
3.尋找問題	初步評估問題(歷年)		檢定(有其資料者打 V)		
			<input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> 有		
	1.有無 D 值大於 3 構件(歷年)	構件編號	構件	D 值	
		IP20	伸縮縫	3	
		IP14	橋墩墩體	3	
		IP09	排水設施	3	
2.有無維修比例過多構件(BMS)		<input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> 有			
維修編號	維修項目	維修比例			

		IP1402	橋墩剝落混凝土修補	13.5%	
		IP1802	橫隔梁修補裂縫	12.1%	
		IP2001	橋面板修補混凝土	10.8%	
	3.歷年補強工程最多之問題	構件位置	補強原因		補強方式
		伸縮縫 J _{ab} 伸縮縫 J _{de}	受擠壓下垂		補施預力 縱坡調整 長期監測
	4.初步判定受損機制	耐久性	地震	沖刷	
	4-1 鋼筋腐蝕				
	4-2. 材料老劣化				
	4.3 耐震能力不足				
4.4 沖刷問題					
5.其他	預力鋼鍵設計不當、混凝土乾縮				
4.現況評估	1.劣化現況	項目		評分	
		結構性構件 PI 值		70.83	
		服務性構件 PI 值		73.61	
		耐久性評分		66.12	
	2.災害潛勢	項目	評分	等級	
		地震潛勢評估	48.49	中	
		沖刷潛勢評估	38.4	中	
	3.災損機制	構件位置	受災/劣化原因		
		鉸接處	下垂量已趨於穩定		
	4.現有技術資源	檢測構件	檢測技術	預估費用(元)	
		鉸接處	長期監測	--	
	5.優選排列	項目	評分	等級	
		重要性評等	71.38	極重要	
綜合性指標		65.905	暫無評定標準		
5.災損原因	判定維修(本研究評估流程 ch4)				
	<input checked="" type="checkbox"/> 無需維修 <input type="checkbox"/> 有需維修				
	構件名稱	災損項目	原因	維修類別	
	--				
	--				
	--				
	--				
其他	建議長期監測				
6.策略分析	最佳化模式分析	使用者界訂門檻			
		分析指標	分析年度	最佳門檻	
		綜合性指標	2006 年	80	
	最佳檢測時程分析	檢測技術	檢測頻率	最佳時程	
	--	--	--		

表 6.33 淡水河橋延壽評估總表

受檢橋梁	淡水河橋	填表時間	2005/06
計畫工程 ^[58]	養護單位： <u>內湖工務段</u> 所在縣市： <u>台北市</u>		
	維修/檢測/補強內容		
	<input type="checkbox"/> 詳細檢測 <input type="checkbox"/> 一般性維修 <input checked="" type="checkbox"/> 補強 <input type="checkbox"/> 置換 <input type="checkbox"/> 重建 其他 _____		
	構件/橋梁	項目	預估金額
	基礎	增設基樁工法	145,500,000
	橋墩	陰極防蝕工法	76,300,000
	分期計畫		
	年度	工程項目	所需經費
	總計		
	填表人	台灣營建研究院	
評估流程			
1.基本資料	資料收集項目		檢定(有其資料者打 V)
	1.BMS 橋梁基本資料欄位		<input checked="" type="checkbox"/>
	2.橋梁基本資料編碼表(本研究加入表 4.4)		<input checked="" type="checkbox"/>
	3.設計圖		<input checked="" type="checkbox"/>
	4.施工圖		<input type="checkbox"/>
	5.竣工圖		<input type="checkbox"/>
	6.各構件幾何圖說		<input checked="" type="checkbox"/>
	7.其他 _____		<input type="checkbox"/>
2.歷史資料	資料收集項目		檢定(有其資料者打 V)
	1.BMS 歷年 DERU 檢測資料		<input checked="" type="checkbox"/>
	2.BMS 歷年維修項目資料、數量		<input checked="" type="checkbox"/>
	3.BMS 歷年維修項目金額		<input type="checkbox"/>
	4.歷年補強拓寬報告		<input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> 有 (1)民國 80 年橋面板一般性檢測 (2)民國 80 年橫隔梁補強工程 (3)民國 87 年橋面板維修補強工程 (4)民國 90 年基樁完整性檢測
	5.相關研究報告		<input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> 有 (1) 民國 84 年高速公路工程與管理研討會論文集
	6.其他 _____		<input type="checkbox"/>
3.尋找問題	初步評估問題(歷年)		檢定(有其資料者打 V)
	1.有無 D 值大於 3 構件(歷年)		<input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> 有
	構件編號	構件	D 值
	IP20	伸縮縫	3
	IP14	橋墩墩體	4
	IP19	橋面板	3
	IP06	橋台	3
	2.有無維修比例過多構件(BMS)		<input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> 有
	維修編號	維修項目	維修比例
	IP1402	橋墩裂縫修補	11.5%
IP2001	橋面板修補混凝土	9%	

3.歷年補強工程最多之問題	IP0901	清理淤塞洩水孔	9%	
	構件位置	補強原因	補強方式	
	橋面板	大量裂縫	加鋪剛纖混凝土	
	橫隔梁	大量裂縫	增厚施預力	
	基樁	混凝土剝落、鋼筋外露		
	4.初步判定受損機制	耐久性	地震	沖刷
	4-1 鋼筋腐蝕			
	4-2. 材料老劣化	V		
4.3 耐震能力不足		V		
4.4 沖刷問題				
5.其他				
4.現況評估	1.劣化現況	項目		評分
		結構性構件 PI 值		63.42
		服務性構件 PI 值		55.15
		耐久性評分		47.92
	2.災害潛勢	項目		評分
		地震潛勢評估		74.85
		沖刷潛勢評估		36.9
	3.災損機制	構件位置	受災/劣化原因	
		過河段基樁	氯離子入侵	
			鋼筋腐蝕	
			耐震能力不足	
	4.現有技術資源	檢測構件	檢測技術	預估費用(元)
		基樁	基樁完整性檢測	--
5.優選排列	項目		評分	
	重要性評等		71.38	
	綜合性指標		54.15	
5.災損原因	判定維修(本研究評估流程 ch4)			
	<input type="checkbox"/> 無需維修 <input checked="" type="checkbox"/> 有需維修(參考 90 年基礎完整性檢測報告 ^[58])			
	構件名稱	災損項目	原因	維修類別
	基樁	鋼筋腐蝕	氯離子入侵	防蝕工法
	基礎	耐震能力不足	規範改變	補強工法
	其他			
6.策略分析	最佳化模式分析	使用者界訂門檻		
		分析指標	分析年度	最佳門檻
		綜合性指標	2006 年	70
	最佳檢測時程分析	檢測技術	檢測頻率	最佳時程
	--	--	--	

表 6.34 中沙大橋延壽評估總表

受檢橋梁	中沙大橋	填表時間	2005/06		
計畫工程	養護單位： <u>斗南工務段</u> 所在縣市： <u>雲林縣</u>				
	維修/檢測/補強內容				
	<input type="checkbox"/> 詳細檢測 <input type="checkbox"/> 一般性維修 <input type="checkbox"/> 補強 <input type="checkbox"/> 置換 <input type="checkbox"/> 重建 其他 <u>下游潛堰</u>				
	構件/橋梁	項目	預估金額		
	基礎	下游潛堰修補工程			
	分期計畫				
	年度	工程項目	所需經費		
	總計				
	填表人	台灣營建研究院			
評估流程					
1.基本資料	資料收集項目		檢定(有其資料者打 V)		
	1.BMS 橋梁基本資料欄位		<input checked="" type="checkbox"/>		
	2.橋梁基本資料編碼表(本研究加入表 4.4)		<input checked="" type="checkbox"/>		
	3.設計圖		<input checked="" type="checkbox"/>		
	4.施工圖		<input type="checkbox"/>		
	5.竣工圖		<input type="checkbox"/>		
	6.各構件幾何圖說		<input checked="" type="checkbox"/>		
	7.其他 _____		<input type="checkbox"/>		
2.歷史資料	資料收集項目		檢定(有其資料者打 V)		
	1.BMS 歷年 DERU 檢測資料		<input checked="" type="checkbox"/>		
	2.BMS 歷年維修項目資料、數量		<input checked="" type="checkbox"/>		
	3.BMS 歷年維修項目金額		<input type="checkbox"/>		
	4.歷年補強拓寬報告			<input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> 有	
		(1)民國 83 年前橋墩保護工程			
		(2)民國 83 年提姆颱風搶修工程			
		(3)民國 83 年道格颱風搶修工程			
		(4)民國 84 年橋墩保護工程			
		(5)民國 84 年增設下游潛堰			
		(6)民國 87 年基礎補強工程			
(7)民國 88 年樑柱補強工程					
(8)民國 90 年支承墊置換工程					
(9)民國 90 年下游護坦工程					
(10)民國 93 年下游潛堰修復工程					
5.相關研究報告			<input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> 有		
	(1) 民國 84 年高速公路工程與管理研討會論文集				
6.其他 _____		<input type="checkbox"/>			
3.尋找問題	初步評估問題(歷年)		檢定(有其資料者打 V)		
	1.有無 D 值大於 3 構件(歷年)			<input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> 有	
		構件編號	構件	D 值	
		IP15	支承墊	3	
		IP08	摩擦層	4	
	IP17	大樑	3		

		IP13	橋墩基礎	3
	2.有無維修比例過多構件(BMS)	<input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> 有		
		維修編號	維修項目	維修比例
		IP1403	橋墩塗刷保護層	16.7%
		IP1906	橋面板裂縫	10.8%
	3.歷年補強工程最多之問題	IP1304	基礎掏空回填	10.1%
		構件位置	補強原因	補強方式
		--	基礎掏空	下游潛堰
	4.初步判定受損機制	基礎	基礎掏空	基礎補強工法
		4-1 鋼筋腐蝕		
		4-2. 材料老劣化		
4.3 耐震能力不足				
4.4 沖刷問題			V	
5.其他				
4.現況評估	1.劣化現況	項目		評分
		結構性構件 PI 值		61.15
		服務性構件 PI 值		73.53
		耐久性評分		58.18
	2.災害潛勢	項目		評分
		地震潛勢評估	62.74	等級
		沖刷潛勢評估	61.5	高
	3.災損機制	構件位置	受災/劣化原因	
		基礎	沖刷	
		橋墩墩體	沖刷	
	4.現有技術資源	檢測構件	檢測技術	預估費用(元)
		--	--	--
5.優選排列	項目		評分	
	重要性評等		65.72	
	綜合性指標		55.51	
			等級	
			極重要	
			暫無評定標準	
5.災損原因	判定維修(本研究評估流程 ch4)			
	<input type="checkbox"/> 無需維修 <input checked="" type="checkbox"/> 有需維修(目前工程)			
	構件名稱	災損項目	原因	維修類別
	基礎	沖刷掏空	颱風河床沖刷	下游潛堰
	其他			
6.策略分析	使用者界訂門檻			
	最佳化模式分析	分析指標	分析年度	最佳門檻
		綜合性指標	2006年	70
	最佳檢測時程分析	檢測技術	檢測頻率	最佳時程
--		--	--	

6.8 小結

一、圓山橋

以歷年圓山橋之歷史，發覺此橋最大問題在於伸縮縫之異狀以及下垂度比設計值過大的問題，由此也可證明伸縮縫為歷年來劣化比例最高的原因，但由於評估結果認定圓山橋截至 2004 年，橋梁狀況尚為良好，在配合橋梁歷史補強報告結論，也可得知雖然圓山橋曾經有過因為施工不當造成混凝土乾縮以及預力鋼健配置不良，而造成在鉸接處有嚴重下垂之問題，但在幾次的修補工程以及長期的監測下，其下垂量已趨於穩定。將來還必須靠長期的監測，方能掌握結構體的問題。

二、淡水河橋

以本研究所統計出淡水河橋歷年檢測資料，發現歷年來劣化最為嚴重比例佔最高的的構件為伸縮縫與橋面版；再與維修資料比對下橋墩墩柱與橋面版之裂縫修補和修補混凝土為維修工比例最高，由此統計可發現橋面版與伸縮縫是淡水河橋歷年來最重要的維修構件之一。在收集歷年淡水河橋之補強報告後，發覺此橋梁最大問題在於橋面版有廣泛的磨耗與損壞劣化的現象。由此也可證明橋面版為歷年來劣化比例最高的原因。

而根據本研究評估流程，發現本橋之耐震能力稍嫌不足和耐久性的問題，應該進行進一步詳細檢測與耐震補強的工作，但礙於本研究是以評估橋梁現況以及延壽策略研擬為導向，其詳細檢測的工作礙於計劃時程與目的，只能根據現有的歷史評估報告作一建議。

一、中沙大橋

從中沙大橋歷年檢測資料，發現歷年來劣化最為嚴重比例佔最高的構件為橋墩墩體、大樑與支承墊；再與維修資料比對下橋墩墩柱的塗刷保護層與基礎掏空維修工比例最高，由此統計可發現橋墩墩體與基礎是中沙大橋歷年來最重要的維修構件之一。在收集歷年中沙大橋之補強報告後，發覺此橋梁最大問題在於每年颱風過境後造成河川河道沖刷基礎，造成基礎嚴重掏空與外露，雖高公局每年在災後均有對基礎對補強與修復工程，但在下一次颱風過境後，其基礎沖刷的問題又再次產生。可看出潛堰工程對此橋梁影響甚鉅。

而此次評估結果發現本橋除耐震能力稍嫌不足外，沖刷問題更為嚴重，應該進行進一步探討潛堰對中沙大橋之效益或是新建新橋兩方案比較，但由於中沙大橋位於南部之重要橋梁之一，具有其指標性的意義，再加上國道一號橋梁之不可替代性，新建的可能性就大為降低。

二、竹田系統

本系統交流道物橋梁，應是由於大區域複雜且敏感軟弱之粉土質細砂層壓縮變形，造成橋梁基礎產生差異沉陷、側移與傾斜以及路堤產生沉陷，進而導致橋梁上部結構推擠碰撞致使梁體支承滑動過量、防震裝置受力變形等損害狀況未來修復應以考量軟弱土壤的改善為主，包含減重或局部改良等。對於特殊的敏感軟弱地質，建議相關單位亦應進行完整的研究，藉此了解此一問題土壤引致之工程問題與處理對策。

建議應由原設計監造單位針對結構物現況，輔以修復補強與監測資料定期進行結構物穩定分析，分析結果可供養護單位了解結構物長期行為，以及階段性養護需求。

五、綜合探討

1. 以現有的橋梁管理系統(TBMS)功能來說，目視檢測資料只能提供在橋梁現況資訊不透明下，一個對橋梁基本的觀察量化值，而無法提供真實橋梁劣化或損壞進而喪失橋梁功能的實際數據，以至於決策者還必須盡一步做詳細檢測或分析才能真正了解橋梁發生問題的所在。所以單一看歷年檢測資料統計只能找出橋梁構件中，哪一構件在歷年來劣化次數最多，但至於造成此劣化的原因，TBMS 無法提供。
2. 在最佳化分析中，由於以往雖有建置檢測與維修資料，但本研究結果綜合顯示，過往的資料幾乎無法滿足橋梁生命週期所需的任何資料，例如：在生命週期劣化曲線的求得，所需要的樣本須為完全無做過擾動，但在實際工程上，在每年的定期與不定期的維修下，橋梁的劣化狀況就無法真實的表現出來。所以根據本研究結果建議，須重新建置其檢測方式與評估方式，對橋梁長期而言才有評估的效益。否則，如同本研究在最佳化分析下，由於資料嚴重不足，加上以往的資料真實性不確定下。其結果自然不盡理想。由此可知，歷史資料的完整建置，是決定此模式或是任何生命週期預測模式最重要的基礎。