

## 第四章 高速公路橋梁延壽評估系統建立

### 4.1 基本理念與假設

目前國際間對於橋梁系統的維護管理延壽工作，已都開始運用生命週期管理(Life Cycle management)的概念(規劃、設計、施工、維護四個階段)。任何橋梁皆有其使用年限，如何對橋梁以最小之整體經費進行維護，讓橋梁可承受來自環境的各類衝擊並持續提供可接受的功能，而可達到或超越其使用年限，則是目前國內外橋梁管理單位所關切的課題。

但是要落實此一策略之關鍵則是如何合理而有效地依各橋梁之特性建立其在所處環境中之劣化曲線(degradation curve)，以及進行各維修時對其功能指標所可提昇及改善的範圍。

因此，在橋梁延壽的評估中，不僅需考量工程技術面上的材料劣化、災害潛勢、結構力學分析等方法評估橋梁整體狀況；也必須加入生命週期成本的概念，也就是研擬出的各種修補或重建方案，針對欲延壽之設施進行「最佳化經濟分析」，據以進行最佳方案之評選。

而根據前章節所述，得出下列值得探討之問題：

1. 鑑於前述對國內外相關文獻，發現均是對橋梁生命週期各階段作一研究，鮮少將橋梁延壽的評估流程，納入生命週期的概念，作一完整的評估介紹。所以是否需結合生命週期觀念，對延壽作一完整的評估，是值得我們探討的課題。
2. 而在橋梁構件劣化預測模式上，也多沿用國外相關公式，但其參數的給定時，可能無法滿足台灣本土的現況所需。所以必須結合 BMS 之歷史資料，並對構件劣化潛勢與劣化現況加以評估。

3. 在構件評估劣化後所對應的修補工法之評選方案方面，相關研究也無多加詳述。需建立工法評選機制，其中導入服務功能評等的觀念。
4. 現行對於橋梁劣化檢測評估過於繁雜，對於現場檢測人員須有一定的專業度才能勝任
5. 由於橋梁管理系統維修歷史資料尚未建置完全，所以全國性橋梁普查工作是必須完成的，但是普查首要之務在於橋梁資料庫建置，所以橋梁編碼系統之建立是必須的。而如根據 FHWA 所頒發的編碼手冊(NBI)，內容對所有公路橋梁進行編碼，其細項過多如要在短其之內建置完整的編碼，尚屬困難且如編碼過於繁雜，非專業人員進行時，資料的正確性也會備受質疑。所以本研究在制定編碼之初，必須考量和界定編碼的範圍是否過大和其適用性，以符合橋梁延壽之精神和延壽系統的需求性。

所以本研究將根據國內外編碼系統之經驗與原則，制定一套適合橋梁延壽評估系統的編碼，並整合國內外橋梁檢測評估的技術與經驗，初步建立一套系統架構流程，分別章節後面詳述。

## 4.2 高速公路橋梁分類編碼原則

本研究延續期中報告專家委員意見，參考國內原有公路系統編碼，並將本研究原有提出之編碼等級予以簡化與修正，以提供現有橋梁基本資料與災害潛勢之評估方法，先以橋梁基本資料為基礎，再根據各個橋梁單元作災害潛勢分析。以下各節就逐次介紹橋梁編碼的系統。

初步構想是為了現地工程師在做橋梁檢測時，能夠更迅速簡便的評估特定橋梁的現狀，利用未來系統制定的下拉式選單，以圖示方式記錄，而編碼由系統內部產生。而未來期望能納入數位個人化電腦(PDA)的方式，於檢測現場直接點選，直接計算評估橋梁現況，不僅可節省人力分配的問題；更由於易懂好操作，更加節省教育訓練的時間與金錢。

此編碼系統屬於層級編碼系統，將制定三大層級樹狀結構，將橋梁分為三大等級評估，其架構如表 4.1 所示，分述如下：

- 等級一—高速公路橋梁所在位置編號(包含原有公路系統碼)，共 20 碼。
- 等級二—橋梁結構基本資料，共 19 碼。
- 等級三—橋梁所在之劣化狀況與災害潛勢。

前二等級為橋梁基本碼，原則上是不會變動的，可由現場檢測人員或 BMS 系統取得；等級三之後導入橋梁延壽分級的觀念，先期利用目視檢測資料，針對每個構件記錄其資料，再將橋梁分為數個振動單元，進行災害潛勢的分級，來評估橋梁所在地的災害潛勢。所以等級三災害潛勢碼，需要現場人員經過延壽評估後所給定(其延壽評估系統見 4.3 節所述)，會隨著年代久遠與橋梁老劣化而變，也會隨橋梁劣化程度不同和新工法的更新，而系統將有所改變和新增。其資料攫取與層級(等級)示意圖見 4.1。編碼分類原則除可將高速公路橋梁之災損潛勢與劣化運用統一之語言進行紀錄外，並可結合至維護管理系統中，以利建檔管理。其各項係數定義，見下節討論。

表 4.1 橋梁延壽編碼分類架構圖

橋梁	編碼層級	等級一 (橋梁辨識碼)	等級二	等級三
	編碼項目	所在位置 (20 碼)	結構型式 (19 碼)	災害潛勢
	編碼定義	基本碼		災損評估碼
	編碼項目	國道編號 道路方向 里程數 ⋮	上部結構 支承型式 下部結構 ⋮	地震潛勢 沖刷潛勢 耐久性 ⋮

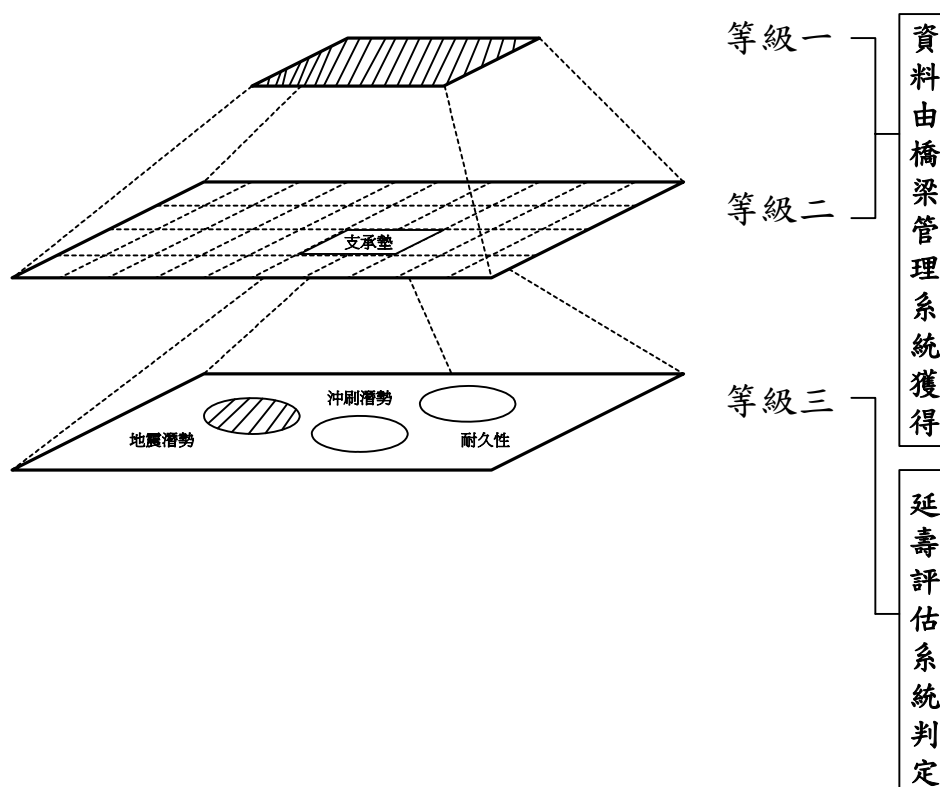


圖 4.1 編碼層級示意圖

#### 4.2.1 橋梁所在位置分類編碼

##### L1(等級一)高速公路橋梁所在位置編 NXXXXXBR-XXXXXX-X-XX-X-X-X 20 碼

依據交通部公路基本資料登記管理要點之規定，「公路基本資料庫路線資料建檔編碼」統一規定如下：

- (一) 第一碼為公路等級區分，以 N、P、S、C 分別表示國道、省道、縣道、鄉道；以 E 表示專用公路。
- (二) 第二、三、四碼為路線編號，號碼未達十位或百位數者，均在號碼前補 0。
- (三) 第五碼為附屬於主線之副、支線及主線上另建同等級之高架道路之編號，以 1·2·3 等表示副、支線之甲、乙、丙等，無副、支線者，以 0 表示。在主線上另建同等級之高架道路，則視同主線之副線編之。
- (四) 第六碼為管理單位區分，以 1·2·3·4·5 等表示管理單位之各區工程處；以國土資訊各縣代字（如表 4.2），表示管轄鄉道及專用公路之縣政府。
- (五) 每條路線，應以路線編碼為綱，將存儲該路線之各項設施資料名稱，編列目錄檔以利檢索。該目錄檔分類編碼之英文代字，統一規定如表 4.3。

表 4.2 管理機關代碼

(資料來源：行政院網站)

縣市名	國土資訊代字	縣市名	國土資訊代字	縣市名	國土資訊代字
台北市	A	高雄市	E	基隆市	C
新竹市	I	台中市	B	嘉義市	O
台南市	D	台北縣	F	桃園縣	H
新竹縣	J	苗栗縣	K	台中縣	L
彰化縣	N	南投縣	M	雲林縣	P
嘉義縣	Q	台南縣	R	高雄縣	S
屏東縣	T	宜蘭縣	G	花蓮縣	U
台東縣	V	澎湖縣	X	金門縣	W
連江縣	Z				

表 4.3 設施資料代碼

(資料來源：行政院網站)

設施	分類代字	設施	分類代字	設施	分類代字
路線概況	GE	路基	RO	路面	PA
橋梁	BR	隧道	TU	涵管	CU
防護設施	PR	安全設施	SF	沿線狀況	SI
鐵路平交道	RL	立體交叉	CR	標誌	SN
號誌	SG	照明	IL	交流道	IC
停車設施	PK	服務區	SE	收費站	TO
防音牆	NO	其他	OT		

所以此等級結合交通部頒布之編碼，前八碼沿用原公路編碼，後 12 碼為本研究自定碼。主要定義高速公路橋梁的國道編號、所在橋梁構件的里程數、其服務之功能以及所在位置的橋梁名稱。其排序為公路原編碼-里程數-所在位置-建造年代-設計規範-設計原則-地盤種類，其等級一編碼表如表 4.4 所示。

表 4.4 高速公路橋梁編碼等級一總表

等級一(L1) <u>NXXXXXBR-XXXXXX-X-XX-X-X-X</u>							
1-A 公路種類	編碼	3.設施種類	編碼	6.建造年代	編碼	8.設計原則	編碼
國道	N	橋梁	BR	1985 年	85	有韌性設計(84 年之後)	Y
省道	P	4.里程數	編碼	2001 年	01	無韌性設計	N
縣道	S	305K+123	6 碼	7.設計規範	編碼	9.地盤種類	編碼
1-B 公路編號	編碼	5 所在位置	編碼	工程師學會袖珍工程手冊(民國 43-49 年)	A	第一類地盤	1
一號(線)	001	高架橋	V	交通部公路橋梁工程設計規範(民國 49-76 年)	B	第二類地盤	2
1-C 支線	編碼	穿越橋	O	交通部公路橋梁設計規範(民國 76-84 年)	C	第三類地盤	3
甲	1	河川橋	R	交通部公路橋梁設計規範(民國 84~88 年)	D	台北盆地	4
乙	2	匝道橋	J	交通部公路橋梁設計規範(民國 88~年)	E		
丙	3	跨越橋	S				
無	0	渡槽	C				
2.管理單位	編碼						
如表 4.2							

一、原公路編號 ( N-XXX-0-X-BR ， 8 碼)

分為三個子項目(ABC)、管理單位以及設施種類等：

A—公路種類，N

因為高速公路皆為國道，所以設為 N。

B—公路編號，XXX

依現今高速公路橋梁國道編號，依序編為 001~010。計有原中山高(國道一號)、第二高速公路計畫，包含主線(國道三號)、機場支線(國道二號)、臺中環線(國道四號)、臺南支線(國道八號)、高

雄支線（國道十號）；北宜南港頭城段及頭城蘇澳段國道東部公路計畫(國道五號)、南投段(國道六號)等。國道位置圖見圖 4.2 所示。

C—道路支線，0

而高速公路橋梁視為高速公路主線上，所以依據上述規定，設為 0。

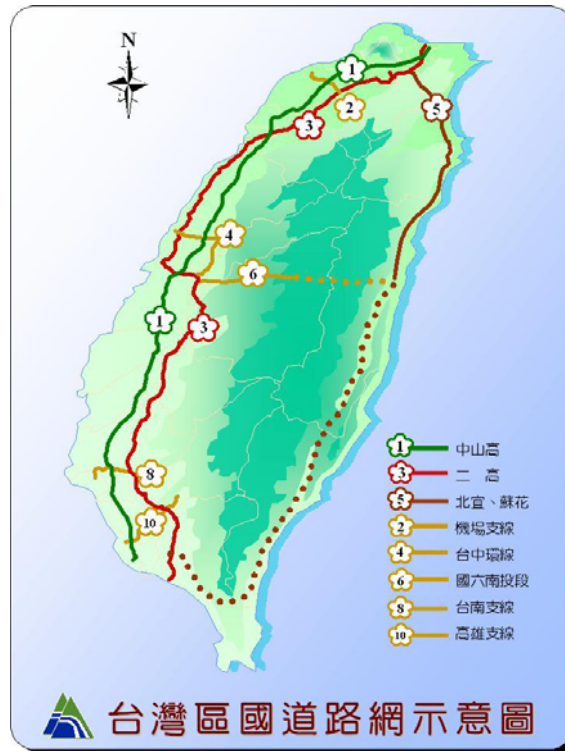


圖 4.2 國道位置圖(國道新建工程局提供)

管理單位沿用表 4.2 規定，而設施種類因為均為橋梁，所以設定為 BR。

## 二、里程數 (XXX.XXX，6 碼)

為橋梁起始里程數，如 231K+123 處。則編為 231123。



### 三、所在位置 (X, 1 碼)

高速公路橋梁依所在位置用途分為高架橋、穿越橋、河川橋、匝道橋、跨越橋及渡槽等六種，簡述如下：

#### 1. 高架橋(Viaduct, V)

為高速公路經過都市或平原地區，為免高速公路以路堤構造方式通過造成都市被分割或阻礙區域排水，因此以橋梁方式跨越，稱之為高架橋；另山區因地形考量必需設置之橋梁亦稱為高架橋。高架橋設計主要考量因素為配合都市景觀並使橋下有足夠淨空維持原有交通及供地方政府利用。北二高之桃園高架橋、大湳高架橋及龍潭高架橋均為一典型之高架橋。

#### 2. 穿越橋(Overpass, O)

高速公路與地方道路或鐵路交叉處，地方道路或鐵路以穿越方式通過高速公路下方，其上之高速公路主線橋梁即稱為穿越橋。設置穿越橋主要考慮之因素為跨越道路或鐵路之跨徑及淨空必需足夠以免影響橋下交通流量及未來拓寬之空間。

#### 3. 河川橋(River Bridge, R)

高速公路以橋梁方式跨越河川者稱為河川橋。河川橋主要考慮因素為跨越河川之跨徑、橋墩形狀及方向儘量不影響水流，並需考慮橋梁梁底高程必需高於最高洪水位以免阻礙河川排洪功能。北二高大漢溪橋及頭前溪橋即為一典型之河川橋。

#### 4. 匝道橋(Junction Bridge, J)

交流道區位於匝道上跨越道路或河川等之橋梁稱之為匝道橋，其主要考慮因素視跨越地形之性質與前述橋梁相同。

#### 5. 跨越橋(Stride Bridge, S)與渡槽(Culvert, C)

---

高速公路經過地區為挖方路塹，為維持原有地方道路或排水暢通，因此於原有道路或排水處設置橋梁跨越高速公路，其橋梁視供車行或供水路跨越分別稱之為跨越橋或渡槽。設置跨越橋或渡槽之主要考慮因素為橋寬必需滿足原有路寬或計畫路寬，跨徑考慮高速公路之拓寬性儘量以不設橋墩單跨跨越為原則，另橋梁外型兼顧景觀及結構因素可設置拱橋或  $\pi$  型橋。北二高雲南路跨越橋及寶山三號跨越橋即為跨越橋以  $\pi$  型橋設計及施工之例子。

所在位置描述見表 4.5。

表 4.5 所在位置編碼表

編碼 (X)	描述
V	高架橋(Viaduct)
O	穿越橋(Overpass)
R	河川橋(River Birdge)
J	匝道橋(Junction Bridge)
S	跨越橋(Stride Bridge)
C	渡槽(Culvert)

#### 四、建造年代 (XX, 2 碼)

依橋梁建造年代後兩碼來進行編碼，如 1985 年建造，則編成 85，2002 年建造則編成 02。

#### 五、設計規範 (X, 1 碼)

建造年代以 84 年公路橋梁設計規範為準，向前每隔十年分界，向後計算至今。由於不同的建造年代，其設計方法通常循不同之設計規範，對於設計地震力的估計也略有所不同。其工程師學會袖珍工程手冊(民國 43-49 年)編碼為 A、民國交通公路橋梁工程設計規範(民國

49-76 年) 為 B、交通部公路橋梁設計規範(民國 76-84 年)為 C、交通部公路橋梁設計規範(民國 76-84 年)為 D、84 年之後為 E。

#### 六、設計原則 (X, 1 碼)

橋梁在作耐震評估時，其有韌性設計(Y)與無韌性設計(N)，其耐震程度會有所不同。

#### 七、地盤種類 (X, 1 碼)

依據 92 年橋梁耐震設計規範草案，台灣地區之地盤，依其堅實或軟弱程度分為三類，此外，台北盆地因性質特殊，須另訂水平譜加速度。編碼如下表 4.6 所示。

表 4.6 地盤種類編碼

編碼 (X)	描述
1	第一類地盤
2	第二類地盤
3	第三類地盤
4	台北盆地

#### 舉例說明：

國道一號中沙大橋，北端起樁號為 226K+419，主線車道，所在位置為河川橋(R)，1976 年新建(76)，第三類地盤(3)。

編碼如下：N0010ABR-226419-R-76-B-N-3

#### 4.2.2 橋梁結構基本資料編碼

L2(等級二)橋梁結構基本資料 (XX-S-XXX-XX-XXX-U-XXXX-F-XX, 19 碼)

其編碼方式共 19 碼，為系統內定碼，建冊人員不需記其編碼，只需依照系統之下拉式選單以圖示方式點選即可；其記錄方式依序為構件材料—構件位置—上部結構—下部結構—基礎。其等級二編碼細項如表 4.7 所示。

表 4.7 橋梁等級二編碼總表

高速公路橋梁	等級二(L2)			
	結構型式			編碼
鋼筋混凝土(RC)	上部結構(S)	結構型式	版橋	SL
			I型梁橋	IB
			箱型橋	BB
			拱橋	AB
			桁架橋	TB
			吊橋	SB
			斜張橋	CB
			鋼架橋	RB
		伸縮縫	開口縫	OJ
			盲縫式伸縮縫	BJ
			封閉縫	FJ
			角鋼式伸縮縫	AJ
			壓縮式伸縮縫	CJ
			帶狀填縫	SJ
			模縫	MJ
			齒型縫	FP
			滑鈹縫	SP
			支承形式	簡易夾合釘式支承
搖軸支承	RB			
滾軸支承	RR			
滑鈹支承	SP			
鈹支承	PB			
盤式支承	PT			
球式支承	SB			
合成橡膠支承	EB			
鉛心橡膠支承	LB			
預力混凝土(PC)	下部結構(U)	橋墩型式	壁式	SW
			單柱式	CT
			多柱式	CB
			樁排架式	PB
			塔式	TT
			橋台型式	懸臂式
	橋台型式	矮墩式	SA	
		溢土式	BA	
		樁排架式	PB	
		扶臂式	CA	

鋼構(S)			箱型	BT
			重力式	GA
			半重力式	SG
	基礎(F)	基礎 型式	PC 樁基	PC
			反循環基樁	RP
			全套管基樁	CP
			基腳基礎	FF
			沉箱	CF
		直接	FS	

**一、構件材料 (XX, 2 碼)**

分為鋼筋混凝土(RC)、預力混凝土(PC)、鋼橋(S)

**二、構件位置 (X, 1 碼)**

分為上部結構(Superstructure, S)、下部結構(Under structure, U)、基礎(Foundation, F)。

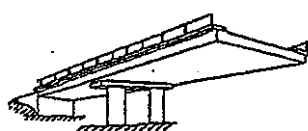
**三、上部結構型式編碼 (S—XXX-XX-XXX, 9 碼)**

橋梁上部結構可分為結構形式、伸縮縫和支承型式，各兩碼依序排列為 S—跨數—結構形式—伸縮縫—支承型式—有無防落裝置。其細項分類表見表 4.8。而由於型式眾多，鑒於檢測人員方便使用，予以圖說表列，如圖 4.3~4.5。

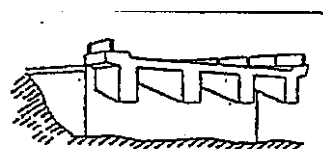
表 4.8 橋梁上部結構編碼表

編碼(XX-XX-XX, AA-BB-CC)		描述
AA (結構型式)	SL	版橋(Slab Bridge)
	IB	I 型梁橋(I Girder-Type Bridge)
	BB	箱型橋(Box Bridge)
	AB	拱橋(Arch Bridge)
	TB	桁架橋(Truss Bridge)
	SB	吊橋(Suspension Bridge)
	CB	斜張橋(Cable-Stayed Bridge)
	RB	鋼架橋(Rigid Frame Bridge)
BB (伸縮縫)	OJ	開口縫(Open Joint)
	BJ	盲縫式伸縮縫(Blind Joint)
	FJ	封閉縫(Filled Joint)
	AJ	角鋼式伸縮縫(Angle Steel Joint)

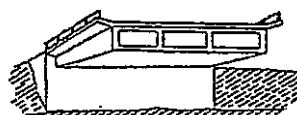
	CJ	壓縮式伸縮縫 (Compressin Seal Joint)
	SJ	帶狀填縫(Strip Seal Joint)
	MJ	模縫(Modular Joint)
	FP	齒型縫(Finger Plate Joint)
	SP	滑鈹縫(Sliding Plate Joint)
CC (支承型式)	FB	簡易夾合釘式支承(Filling Bearing)
	RB	搖軸支承(Rocker Bearing)
	RR	滾軸支承(Roller Bearing)
	SP	滑鈹支承(Sliding Plate Bearing)
	PB	鈹支承(Plate Bearing)
	PT	盤式支承(Pot Bearing)
	SB	球式支承(Spherical Bearing)
	EB	合成橡膠支承(Elastomeric Bearing)
LB	鉛心橡膠支承 (Lead Rubber Bearing, LRB)	



版橋(SL)



I型梁橋(IB)



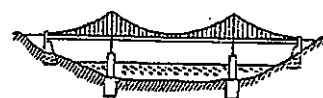
箱型橋(BB)



拱橋(AB)



桁架橋(TB)



吊橋(SB)



斜張橋(CB)

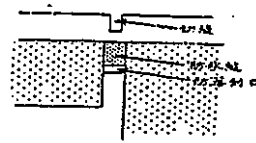


鋼架橋(RB)

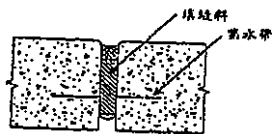
圖 4.3 橋梁上部結構型式



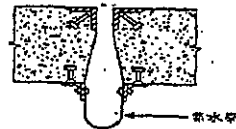
開口縫(OJ)



盲縫式伸縮縫(BJ)



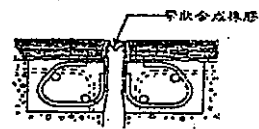
封閉縫(FJ)



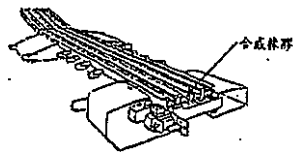
角鋼式伸縮縫(AJ)



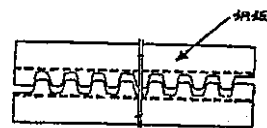
壓縮式伸縮縫(CJ)



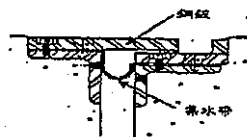
帶狀填縫(SJ)



模縫(MJ)

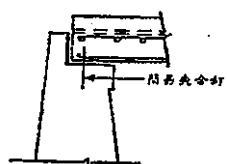


齒型縫(FP)

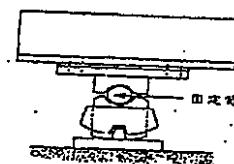


滑板縫(SP)

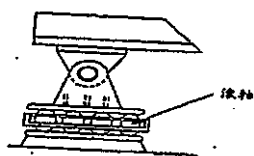
圖 4.4 橋梁上部結構伸縮縫型式



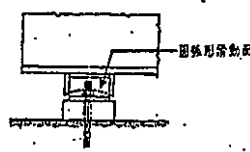
簡易夾合釘式支承(FB)



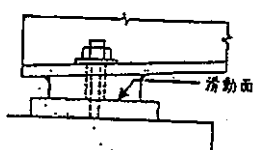
搖軸支承(RB)



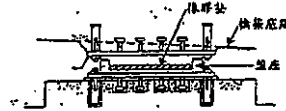
滾軸支承(RR)



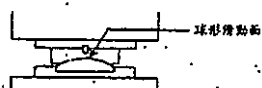
滑板支承(SP)



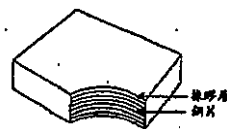
板支承(PB)



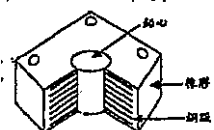
盤式支承(PT)



球式支承(SB)



合成橡膠支承(EB)





鉛心橡膠支承(LB)

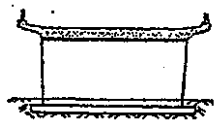
圖 4.5 橋梁上部結構支承型式

四、下部結構型式編碼 (U—XXXX,4 碼)

橋梁下部結構型式，可分為橋墩與橋台，其編碼方式依序為 U—橋墩型式—橋台型式，見表 4.9 與圖 4.6~4.7。

表 4.9 橋梁下部結構編碼

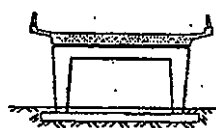
編碼( XX—XX, AA-BB)		描述
AA(橋墩型式)	SW	壁式(Solid Wall)
	CT	單柱式(Column-Type)
	CB	多柱式(Column Bent)
	PB	樁排架式(Pile Bent)
	TT	塔式(Tower-type)
BB(橋台型式)	CA	懸臂式(Cantilever Abutment)
	SA	矮墩式(Stub Abutment)
	BA	溢土式(Buttress Abutment)
	PB	樁排架式(Pile Bent Abutment)
	CA	扶臂式(Counterfort Abutment)
	BT	箱型(Box-type Abutment)
	GA	重力式(Gravity Abutment)
	SG	半重力式(Semi-Gravity Abutment)



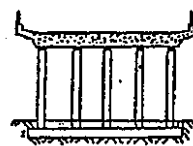
壁式(Solid Wall)



單柱式(Column-Type)



多柱式(Column Bent)

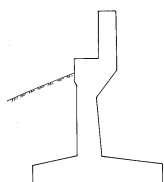


樁排架式(Pile Bent)

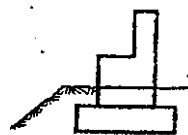


塔式(Tower-type)

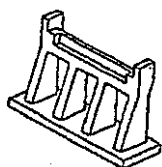
圖 4.6 下部結構橋墩型式



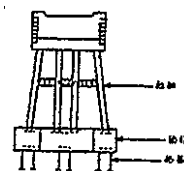
懸臂式(Cantilever Abutment)



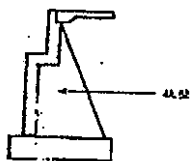
矮墩式(Stub Abutment)



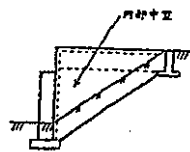
溢土式(Buttress Abutment)



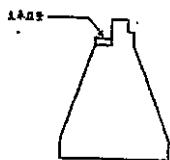
樁排架式(Pile Bent Abutment)



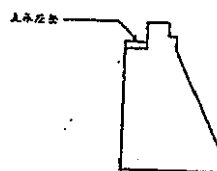
扶臂式(Counterfort Abutment)



箱型(Box-type Abutment)



重力式(Gravity Abutment)



半重力式(Semi-Gravity Abutment)

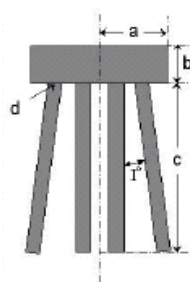
圖 4.7 下部結構橋台型式

**五、基礎型式編碼 (F-XX, 2 碼)**

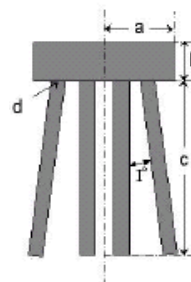
橋梁下部基礎型式，其編碼依序為 F—基礎型式，見表 4.10 與圖 4.8。

表 4.10 橋梁基礎型式編碼

編碼 ( F—XX)		描述
橋墩基礎	PC	PC 樁基(PC Pile)
	RP	反循環基樁(Reverse Circulation Pile)
	CP	全套管基樁(Casing Pile)
	FF	基腳基礎(Footing Foundation)
	CF	沉箱(Caisson)
	FS	直接(Foundation Slab)



PC 樁基(PC)



反循環基樁(RP)

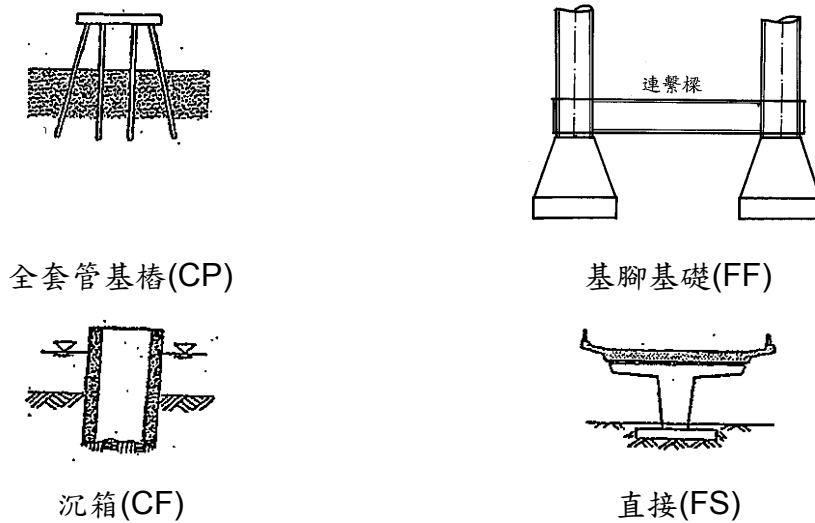


圖 4.8 橋梁下部基礎型式

例如：中沙大橋，上部結構為預力 I 型樑齒型伸縮縫、合成橡膠支承，下部結構為多柱式橋墩、半重力式橋台、預力 RC 基樁編碼如下：

PC-S-11B-FPEB1-U-CBSG-F-PC

### 4.2.3 橋梁劣化狀況與災害潛勢分類編碼

橋梁材料構件之劣化，會因其施工品質與外在所處條件和環境而造成材料的老劣化與災害潛勢區的產生。而此等級主要分為兩大項，一為橋梁構件根據目視檢測評估後，所得的 D 值(劣化程度)來編碼，屬於橋梁現況紀錄，紀錄可由橋梁管理系統歷年檢測資料中查得；而編碼另一部分為針對各振動單元作災害潛勢分析後，所得之潛勢標準編碼，屬於災害預防性分析對策。編碼表格如表 4.11：

#### 一、D 值(X, 1 碼)

依據橋梁管理資料 DERU 值之 D 值，作為橋梁構件劣化程度之指標，其各構件編碼示意圖如圖 4.9。

## 二、破壞潛能(XX, 2 碼)

而本研究台灣地區災害潛勢乃參考 93 年交通部公路總局之「高、快速公路橋梁鄰近區域之自然災害度潛勢分析」研究計畫中，將台灣地區災害潛勢區分為：地震、沖刷、腐蝕、土石流與邊坡災害潛勢。而針對高速公路橋梁之災害潛勢，分成三大類：地震潛勢、沖刷潛勢、材料耐久性。分為地震潛能(Earthquake Potential, EP)、沖刷潛能(Sour Potential, SP)、耐久性(Durability, DP)、土石流(Debris Flow, FP)和邊坡潛勢(Landside Potential, LP)，利用各潛能評估表格，作一評分。編碼取分數最高者，而其各項詳細說明參見附錄一所示(其中項目乃根據現有評估表格，配合高速公路橋梁特性而有所變動，權重為本研究初步假設)。

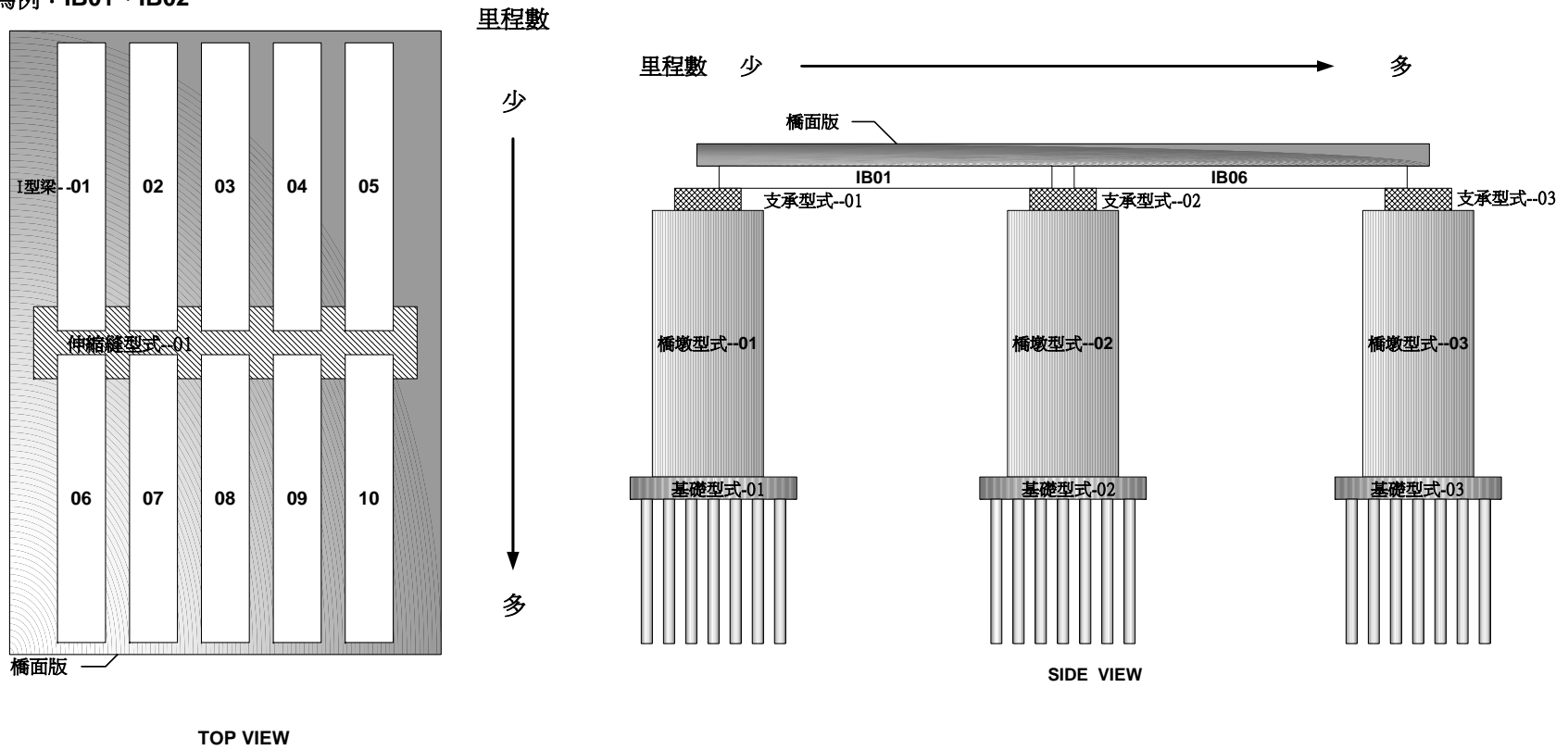
## 四、破壞程度(XXXXX, 5 碼)

將上述各災害潛能的評分(本研究初步設定)，30 分以下為災害潛能低(L)，30~60 分為中(M)，60 分以上為高(H)。編碼依序為地震-沖刷-耐久性-土石流-邊坡潛勢。

表 4.11 等級三災害潛勢編碼表格

等級三(L3)							
橋梁單元里程數 _____ ~ _____							
評分最高之破壞潛能		破壞程度					
劣化程度	編碼	破壞潛能	編碼	破壞程度	編碼		
D=1	1	地震潛勢	EP	輕	L		
D=2	2	沖刷潛勢	SP	中	M		
D=3	3	耐久性	DP	高	H		
D=4	4	土石流潛勢	FP				
		邊坡潛勢	LP				
		缺項	0				
大樑構件編碼	D 值	支承構件編碼	D 值	橋墩型式	D 值	基礎型式	D 值
____-01		____-01		____-01		____-01	

以I型梁為例：IB01、IB02



橋梁振動單元平面編碼示意圖

橋梁振動單元側視編碼示意圖

圖 4.9 橋梁構件編碼示意圖

依據本研究所擬之橋梁編碼，前二等級為橋梁基本碼，是隨著橋梁新建或拓寬時就已經抵定；而其等級三會隨著橋梁的老裂化會有所變動；但建置劣化與災害潛勢的用意在於方便統計橋梁歷史資料。當橋梁初步編碼完成後，下節將介紹本研究所擬訂之橋梁延壽評估架構。

### 4.3 高速公路延壽評估系統架構說明

一般現場工程師在檢修橋梁時，沒有一套完整而經濟的橋梁補修決策機制；雖然現行已有台灣地區橋梁管理系統，且橋梁的維修基礎在於 DER 目視檢測的建置，但是由於實行期間，仍有它本身存在的問題。如無法對橋梁對更進一步的評估、每一地區受災特性不同，卻用同一準則檢驗(DER)，加上每人判讀劣化狀況不同，如何能在相同的橋梁評分裡找出不同橋梁損壞的標準？這是始終無法解決的問題。

所以依據上述現有的問題，歸結出一個延壽系統必須要有下列功能：

1. 系統是否能結合生命週期觀念，對延壽作一完整的評估，並成為維護工程的最重要的資料回饋？
2. 必須結合現有 BMS 的歷史資料，並對構件劣化潛勢與劣化現況加以評估。
3. 需建立維修評選機制，其中導入最佳化的觀念。因而根據上述觀念，本研究出擬一套橋梁延壽評估系統流程。



### 4.3.1 系統特色

1. 系統分為五大模組：基本資料模組、構件災害潛勢模組、構件劣化程度模組、修復補強工法建議模組以及服務功能性模組(重要性評等)，並結合現行橋梁管理系統內之相關參數，如 DERU 值，維修建議表等，以補現行系統之不足之處。
2. 將高速公路橋梁與構件延壽所對應之修補工法作一編碼的動作，以提供管理單位作橋梁查詢與構件修補工法、費用橫向統計與查詢之作用。
3. 對橋梁災害潛勢評估方法簡單、快速，對於檢測業人員，不需專業課程之訓練，利用系統內建之評估模組連結、工法資料庫與生命週期成本計算模式，將來可建置於 PDA，於現場完成初步檢測與橋梁生命週期成本評估之方案選擇之工作。
4. 加入經濟層面的橋梁最佳化決策分析，提供管理單位在橋梁構件延壽時機評估時，根據橋梁優選排列，判斷維修的先後順序。
5. 本系統架構完全針對高速公路橋梁現有劣化問題，所作的評估流程，更能符合高公局橋梁管理者的需求。

各模組之功能與資料需求見圖 4.10(a)；其系統架構流程圖如圖 4.10(b) 所示。

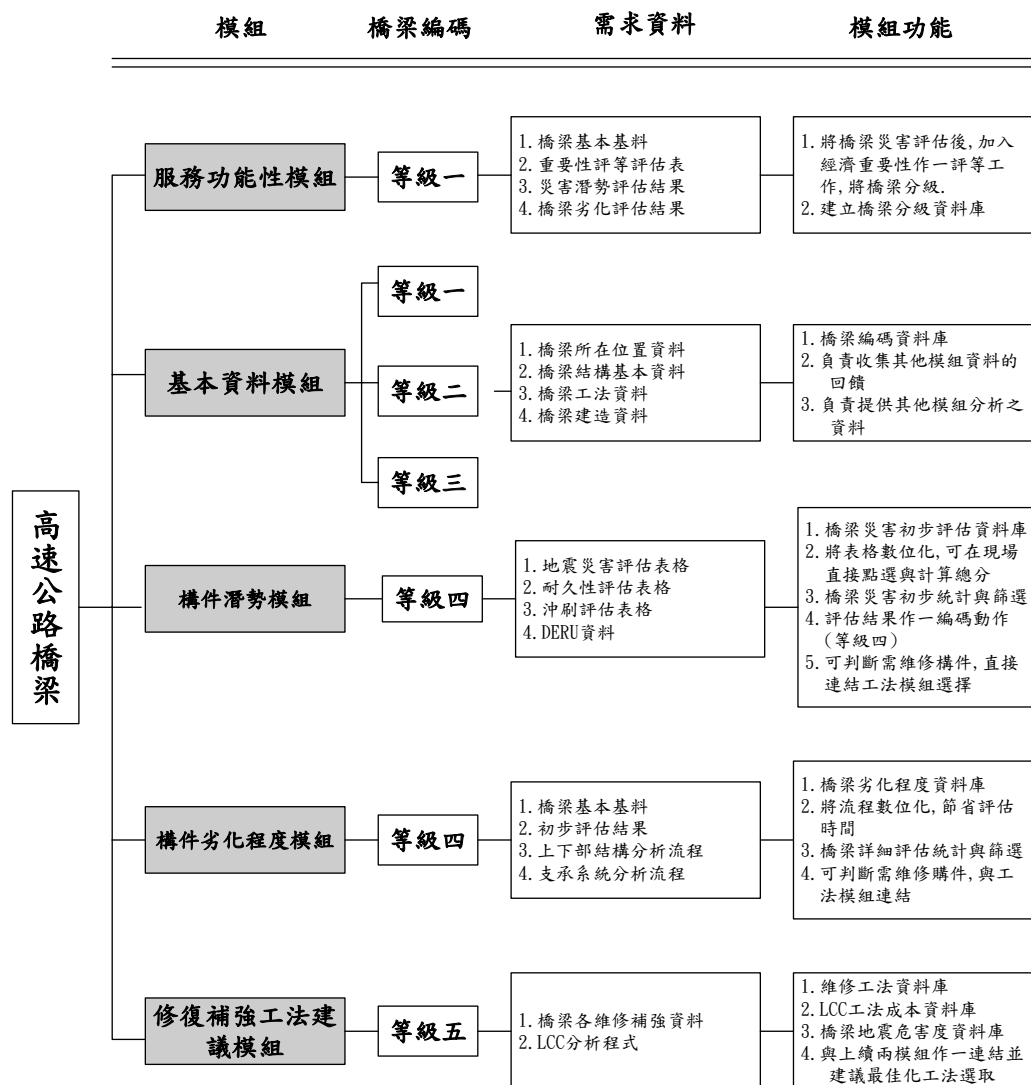


圖 4.10 (a) 各模組功能與資料需求

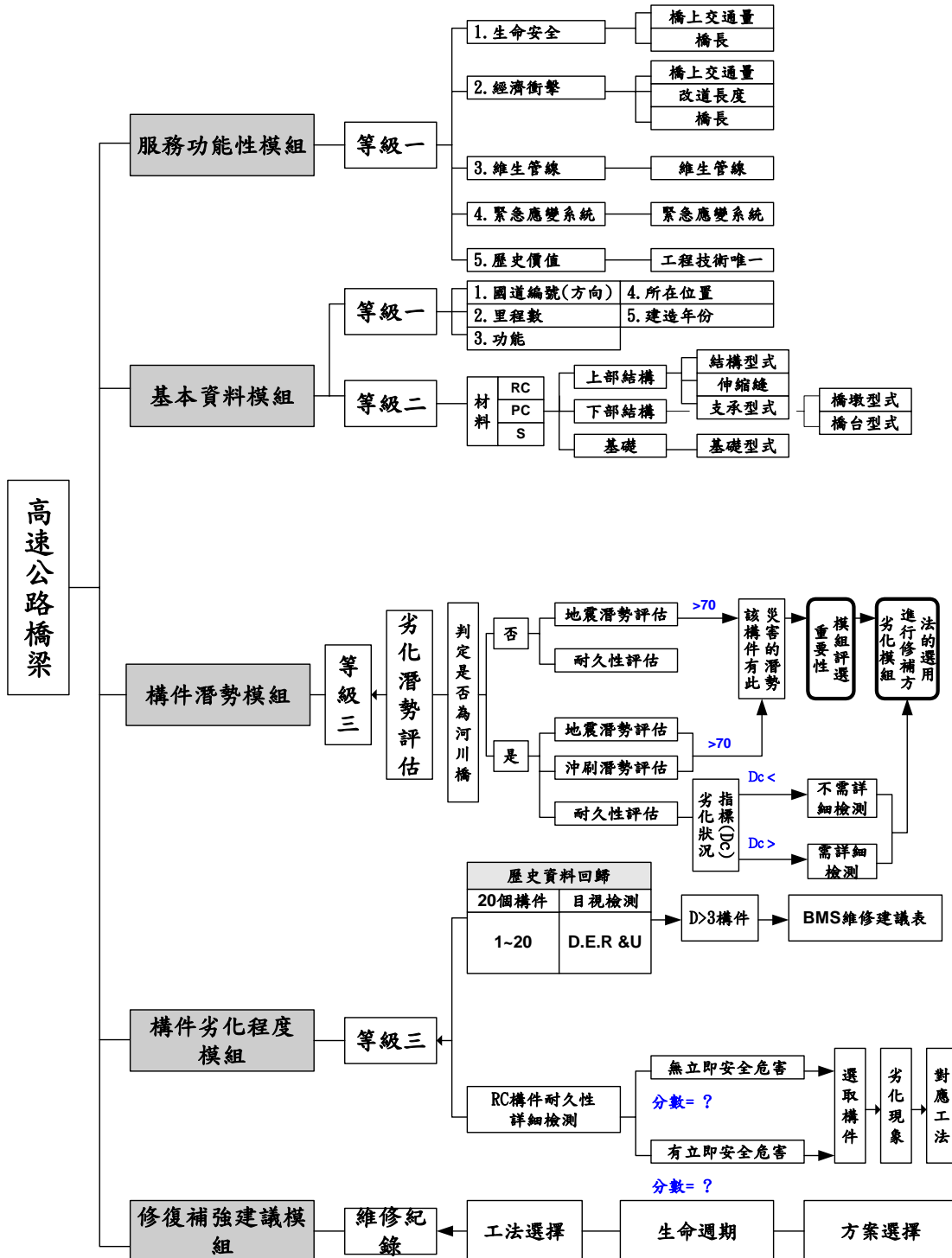


圖 4.10(b) 高速公路橋梁延壽評估系統總流程

圖例解釋：

- **基本資料模組** : 加框灰底，代表系統模組選項。
- **等級一** : 加框白底，代表系統模組之後之各項欄位。
- 等級一** — **國道編號** : 直線連接，代表各項欄位後之子欄位。
- 國道編號** → : 欄位後箭頭，代表評估流程。

(而等級一至等級五為前節所述之橋梁編碼原則之等級)

而本系統之災害潛勢模組，根據第三章所對現有高速公路橋梁現況分析後，所得之雖然橋梁所在潛勢有地震、沖刷、耐久性、土石流和邊坡，但統計後發現土石流和邊坡災害對高速公路橋梁影響較小，所以本評估流程，暫不納入考量。

#### 4.3.2 系統模組介紹與評估流程

本系統構件是以台灣橋梁管理系統內 DERU 法所評定的 20 個構件為準，其構件表可見表 4.12，表中除了將構件編號與給予權重外，還增設了未來檢測人員進行構件評估時之先後順序。其中 I-1 代表第一輪—第一個檢測構件，以此類推，將其納入系統後，現場人員可不必再考慮須先作何處，系統依照順序自動出現，節省檢測時間。

系統共分五大模組，而其中將構件的潛在劣化與構件現有劣化作一區分而定為兩個不同之模組，原因在於構件潛勢模組為預測將來橋梁可能發生的劣化狀況，但不代表現在既有已產生劣化危害，為一預防性維護之觀念則；而構件劣化模組是評估現有的橋梁劣化狀況，其概念之劣化維修曲線為圖 4.11 所示。

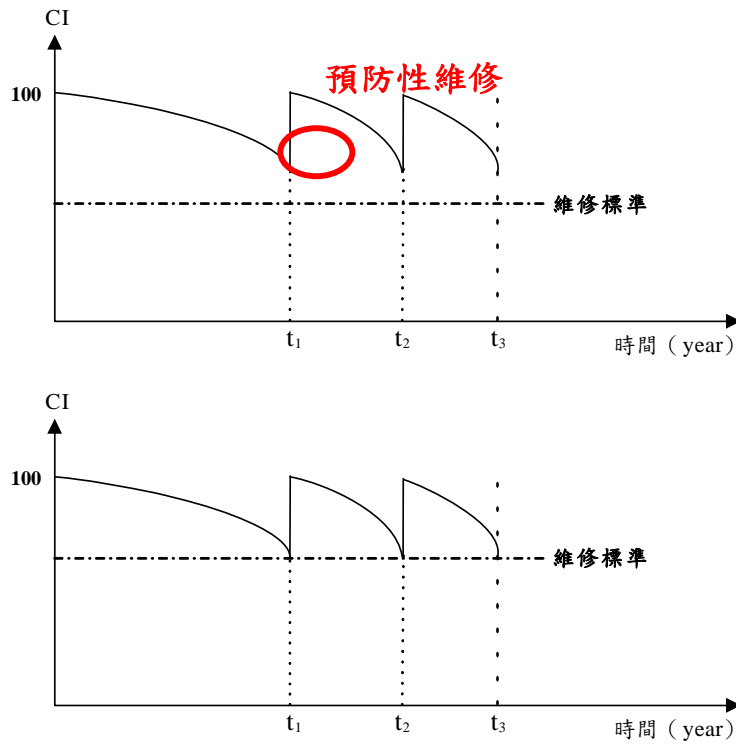


圖 4.11 構件潛勢分析與構件劣化分析模組劣化曲線示意圖

DERU 目視檢測法橋梁 20 個構件				
標號	構件名稱	檢測項目	檢測順序	權重
1	引道路堤	A、B 兩端	1-1	3
2	引道護欄	A、B 兩端	1-2	2
3	河道	單項	4-1	4
4	引道路堤保護措施	A、B 兩端	1-3	3
5	橋台基礎或沉箱	A、B 兩端	3-2	7
6	橋台	A、B 兩端	3-1	6
7	翼牆/擋土牆	A、B 兩端	3-3	5
8	摩擦層	單項	1-9	3
9	橋面板排水設施	單項	1-8	4
10	緣石及人行道	單項	1-7	2
11	欄杆及護欄	單項	1-4	3
12	橋墩保護設施	逐橋墩	3-4	6
13	橋墩基礎	逐橋墩	3-5	8
14	橋墩墩體	逐橋墩	3-6	7
15	支承墊	逐橋墩/橋台	2-1	5
16	止震塊/防震拉桿	逐橋墩/橋台	2-4	5
17	伸縮縫	逐橋墩	1-6	6
18	主構件(大樑)	逐橋孔	2-2	8
19	副構件(橫隔梁)	逐橋孔	2-3	6
20	橋面板、鉸接版	逐橋孔	1-5	7

表 4.12 BMS 橋梁構件編號表(本文之後所提及構件編號以此表為準)

(資料來源：台灣地區橋梁管理系統)

### 4.3.2.1 基本資料模組介紹

其為整系統中橋梁資料庫，之後所有模組分析，皆必須從此模組中的資料讀取，模組示意圖如圖 4.12。其特點為橋梁基本資料庫之建置；而所有基本資料皆以橋梁編碼原則進行編碼，作為管理者查詢與後續統計之用。橋梁基本資料分為三大等級，等級一代表橋梁構件所在位置資料，為橋梁辨識碼資料；等級二代表橋梁材料結構型式之分類，其各型式分類與欄位可見圖 4.13。

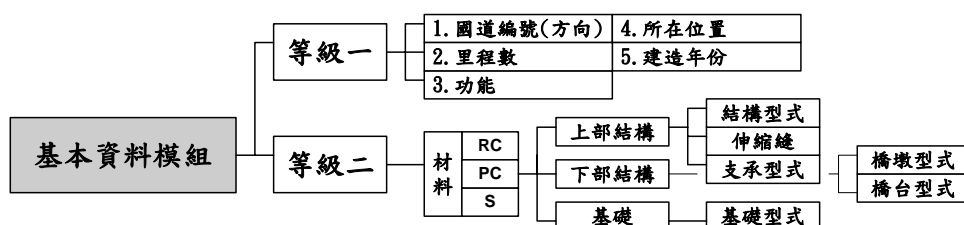


圖 4.12 基本模組架構示意圖



圖 4.13 橋梁結構型式欄位表



### 4.3.2.2 構件災害潛勢模組介紹

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 4.14：

1. 進入此模組，先決定欲分析之橋梁構件(利用等級一之編號)，再選擇是否為河川橋，原因在於無論是評估地震、沖刷災害潛勢，其評估項目都必須利用橋梁下部結構橋墩之選項，而在此先行作一分類；非河川橋的構件，就無沖刷潛勢的評估。並將最後的潛勢評估結果編碼後，納入等級三建檔。

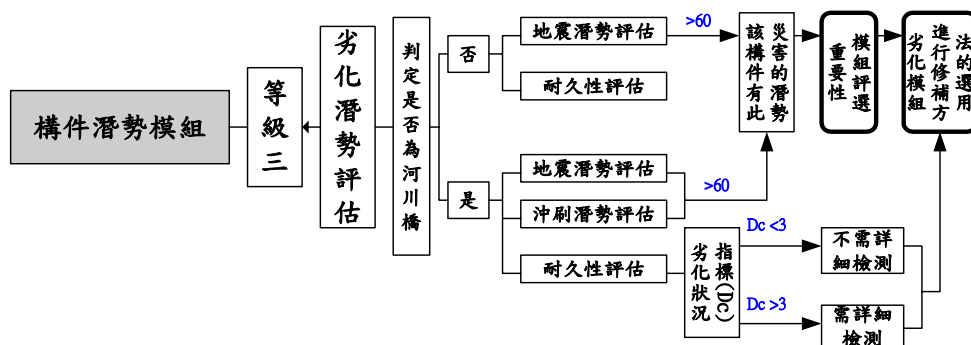


圖 4.14 構件潛勢模組架構示意圖

#### 地震、沖刷潛勢評估流程(附錄一)

2. 在進行地震與沖刷潛勢評估時(詳細評估流程見圖 4.15、圖 4.16)，所利用的評估項目，乃是根據現行橋梁對於耐震評估表格中<sup>[39]</sup>之落橋評估、強度韌性以及穩定性表格、耐洪沖刷評估表格等，和參照交通部公路總局「橋梁重要程度等級之建立」<sup>[40]</sup>災害易損性表格，依據高速公路橋梁特性加以篩檢而得出(見附錄一，其中表格權重由於項目變動，乃為本研究初步假設，其正確性可經後續研究加

以修正)，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應出地震、沖刷的潛勢。

3. 無論是地震或沖刷評估，系統會先提供檢測人員在此評估項目中，所用到的評估構件(其中欄位的編號為橋梁管理系統之構件編號，可見表 4.12)。評估項目(詳細評估方法與表格見附錄一)總分為 100 分，代表該災害潛勢嚴重，其評分等級初步定為>60 分、30<值 <60、<30(本研究初步假設，其適用性可經後續研究加以修正)。
4. 如評分結果大於 60 分，代表該構件受此災害的潛勢嚴重，介於 30 與 60 之間，代表有災害潛勢之虞；而管理者決定是否進行構件修補對策，如需要修補，則分別有不同的對策：
  - a. 大於 60 分者，隨即進入構件劣化模組／詳細檢測，根據所評估的構件劣化現象(如：構材表面剝落)，選取所對應之修補工法之後，即可進行修復補強工法建議模組選項，進行最佳化分析，方案選擇。
  - b. 介於 30 與 60 分之間，其步驟與上述相同，不同的是在於修補工法選擇上，系統進入構件劣化模組／BMS 維修建議表(如附錄三)，此為現行台灣地區橋梁管理系統對於 20 個構件有劣化堪虞時一般性的維修項目。
  - c. 小於 30 分，不需維修。

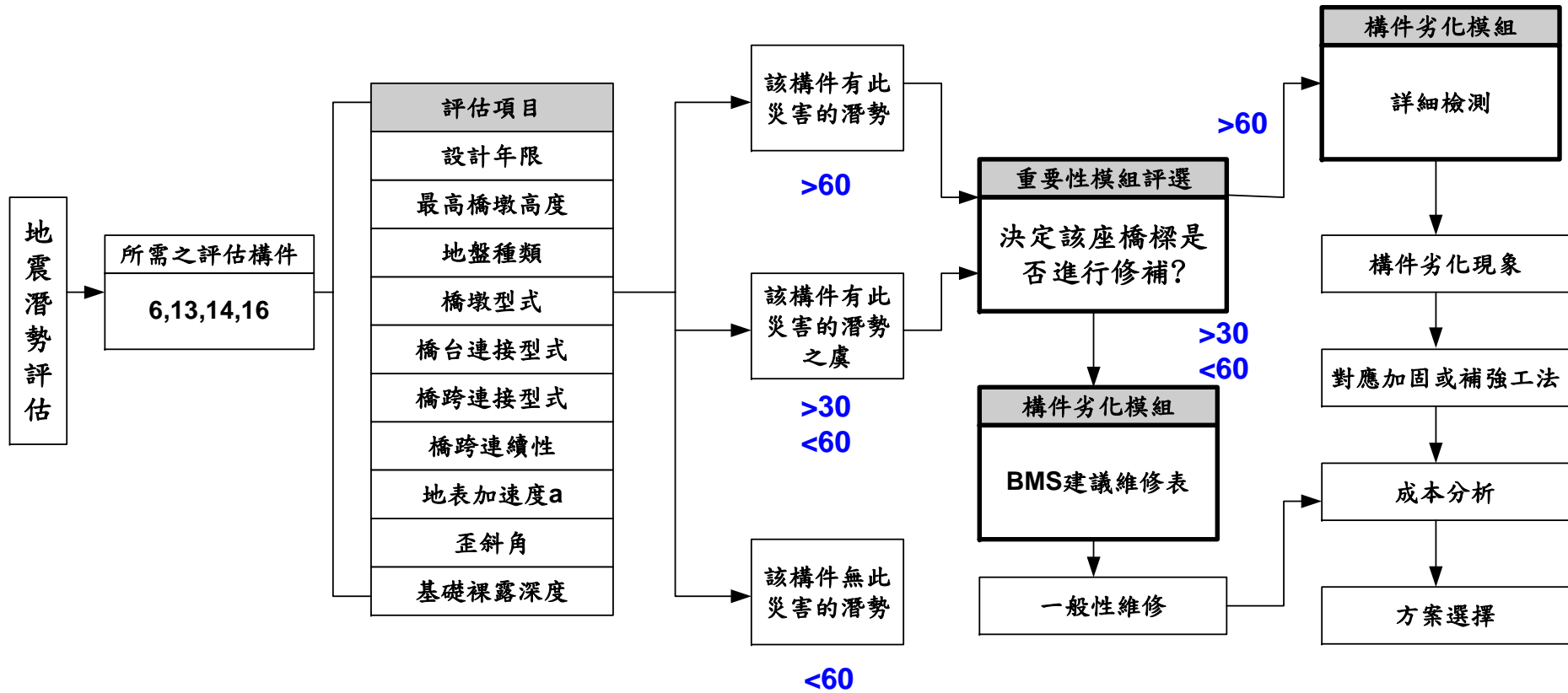


圖 4.15 地震潛勢模組評估流程

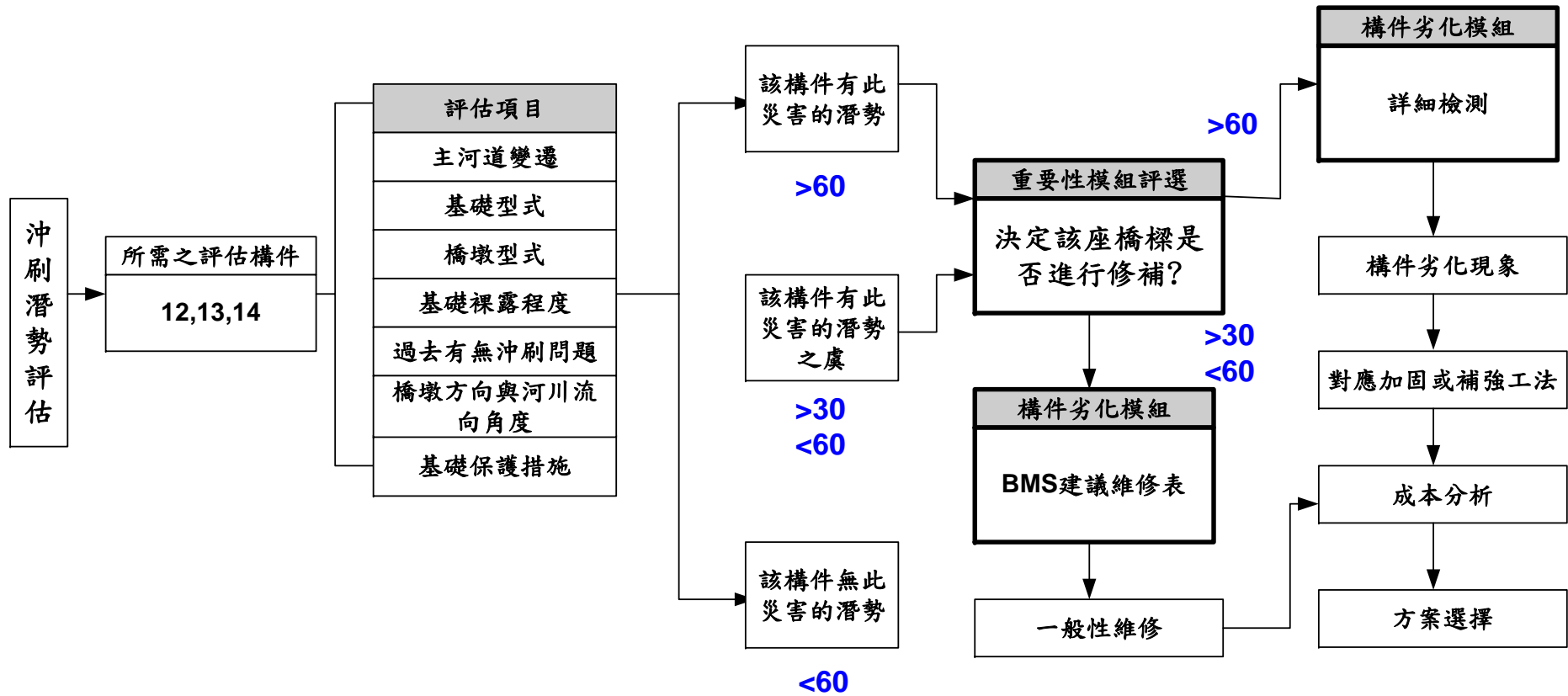


圖 4.16 沖刷潛勢模組評估流程

而無論作地震與沖刷潛勢分析，就算其評分值大於 60 分，最後歸類於詳細檢測，而並不是直接相對應工法，原因在於此模組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。

### 耐久性評估

5.如同地震、沖刷評估，系統會先區分欲分析之構件(流程詳見圖 4.17)，根據本研究調查現行橋梁耐久性評估表格(本研究依據現行耐久性表格<sup>[39]</sup>和參照邱贊儒「建立混凝土橋梁耐久性評估方法之研究」<sup>[79]</sup>耐久性表格，配合高公局特性作一修改，其中權重為本研究初步假設，其適用性可經後續研究加以修正)作一評分(附錄一)，雖然此方面文獻眾多，但考量現場人員評估快速與其評估項目中，多為材料本身設計時之數據，必須作其他相關力學試驗才能獲得，且並不一定能突顯橋梁構件之真實劣化情形。有鑑於此，本研究利用台灣地區橋梁管理系統目視檢測 DERU 的劣化情形 D 值作為構件劣化程度的指標  $D_c$ ，原因在於計算方便與資料取得方便，其計算方式如下：

$$D_c = \frac{\sum_{i=1}^{20} I_i \times W_i}{\sum_{i=1}^{20} W_i} \quad I_i = \sum_{k=1}^n \frac{D_k}{4} \times 100$$

**Wi=各構件權重**  
**Ii=單一構件D值狀況指數權重**  
**i=第i個構件**  
**n=構件數目**

最終得出評估值  $D_c$  之評分(可進行討論)， $D_c$  大於 3 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。

6. 為找出欲進行修補的構件，可利用先期針對 20 個構件所得出的 D 值統計，根據 D 值大於 3 以上比例較多的構件處進行修補。
7. 在工法選取方面，不需詳細檢測方面，選取構件後即進入構件劣化模組／無安全危害選項，進行後續對應工法與選擇之步驟。
8. 要後續詳細檢測方面，選取構件後即進入構件劣化模組／詳細檢測模組，進行後續評估工作。
9. 此模組特色為能預測將來橋梁可能發生的劣化狀況，為一防禦式維修的觀念，且當評估資料完成入等級三編碼後，即可建立橋梁災害潛勢評估資料庫。

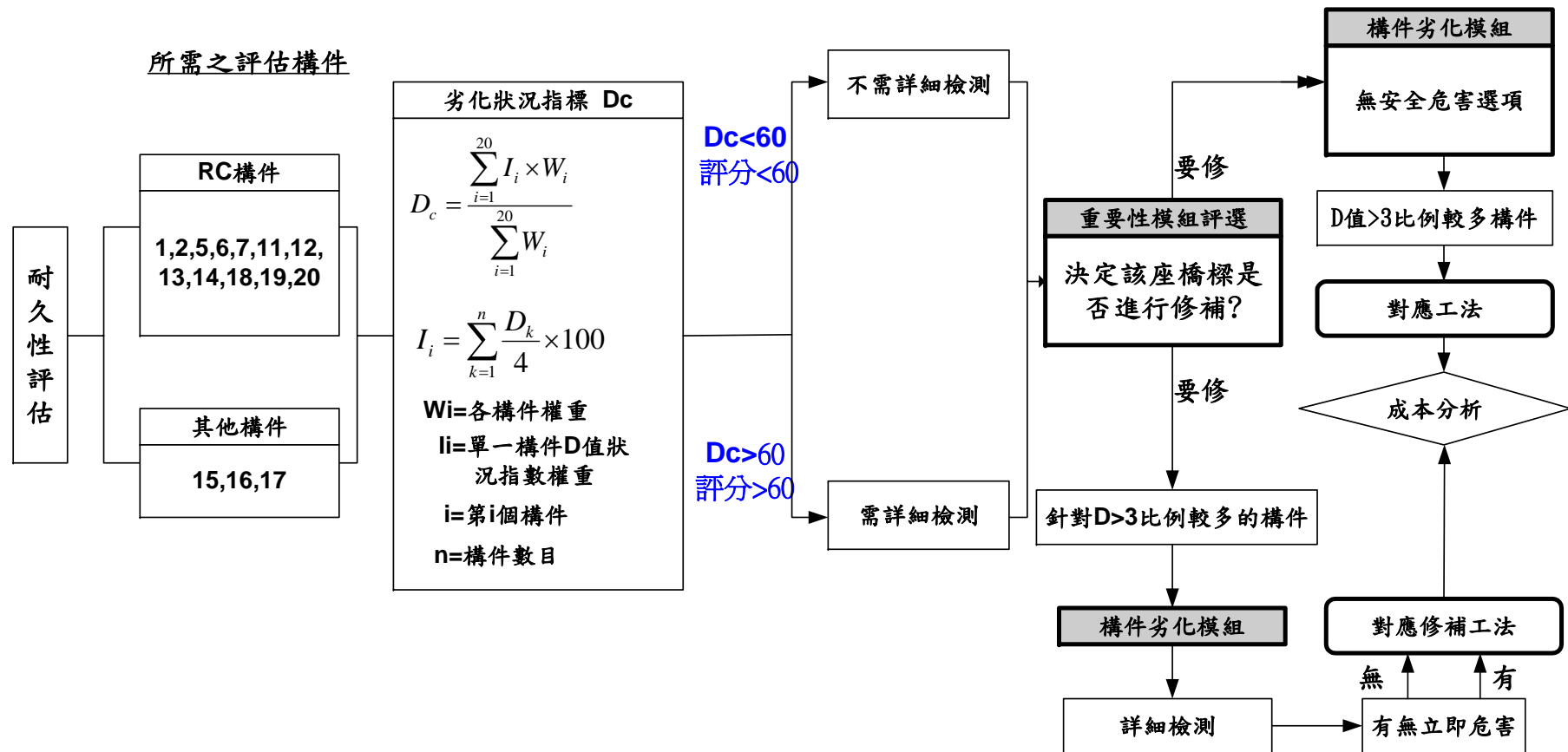


圖 4.17 持久性模組評估流程

### 4.3.2.3 構件劣化程度模組介紹

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 4.18 所示。

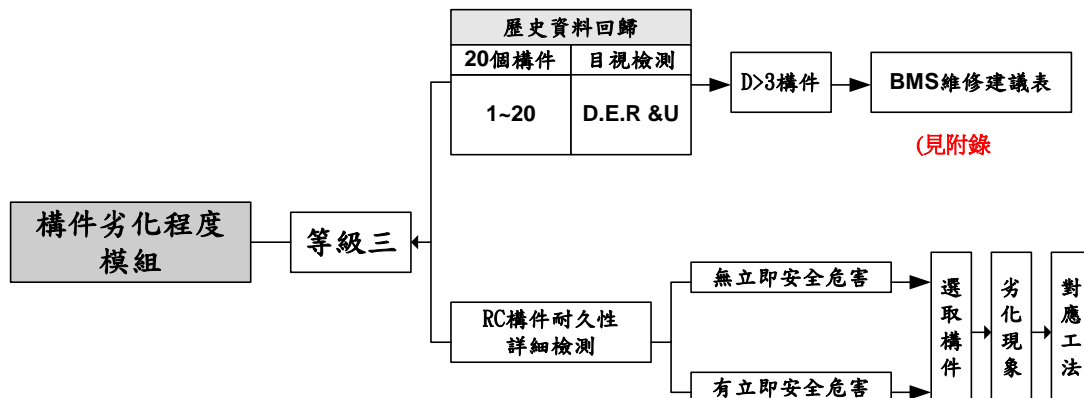


圖 4.18 構件劣化模組架構示意圖

#### 歷史資料欄位

1. 主要迴歸台灣地區橋梁管理系統中高速公路橋梁目視檢測之 DERU 值，其中運算除作一般參數分析(如 CI 值)作為歷史檢測資料庫，並且加以運算上述構件潛勢模組中劣化狀況指標  $D_c$  值，其資料庫目的在於回饋給修復補強工法建議模組，作為生命週期成本計算評估之迴歸參數之用。
2. 而其中由於高速公路橋梁，鋼橋的新建數目漸漸增多，所以在橋橋的 DERU 評估法之資料，就漸漸為重要。依據交通部高公局 93 年所制定的「公路鋼結構橋梁之檢測及補強規範(草案)」<sup>[80]</sup> 其鋼橋之目視檢測方法之 DERU 值的給定，見附錄四建議。
3. 其可選定 D 值大於 3 之構件，進行一般性檢測維修。(見附錄三)



### RC 構件耐久性詳細檢測欄位

1. 此一評估流程與方法，乃參考 93 年交通部科技顧問室「交通設施鋼筋混凝土結構物劣化診斷評估語修補規範草案」<sup>【36】</sup>內容，其評估流程可見圖 4.19，主要分為兩大步驟進行評估：
  - a. 適用性評估：主要對混凝土構件使用年限與其腐蝕開裂情形進行評估與年限預測，包含氯離子擴散預測模式、混凝土中性化預測模式、混凝土中鋼筋開始腐蝕時間評估、腐蝕開裂條件、開裂前的鋼筋腐蝕深度預測模型等。其結構剩餘使用年限示意圖如圖 4.20。其評估模型如下表 4.13 所示。

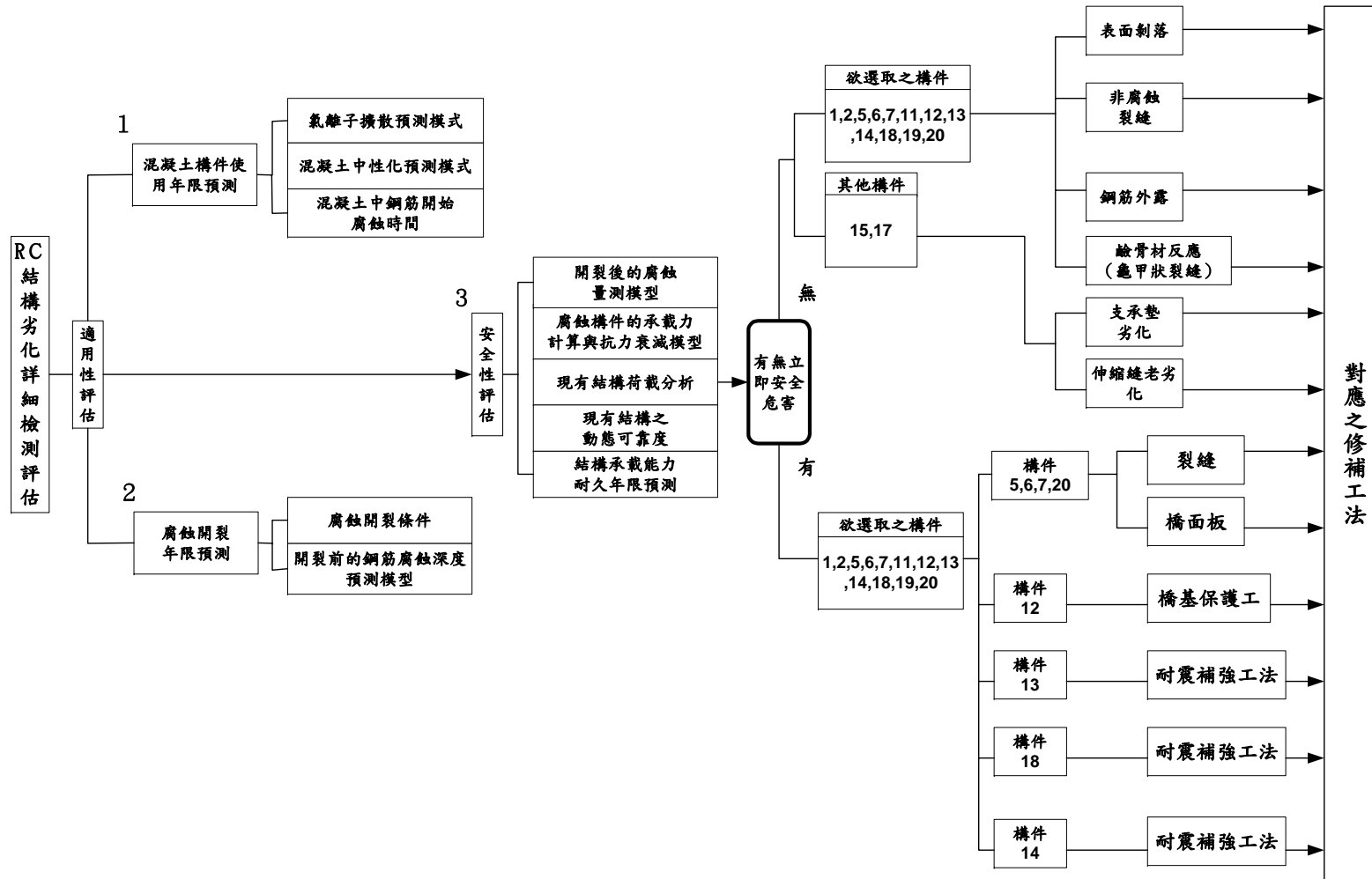


圖 4.19 詳細檢測評估架構流程示意圖

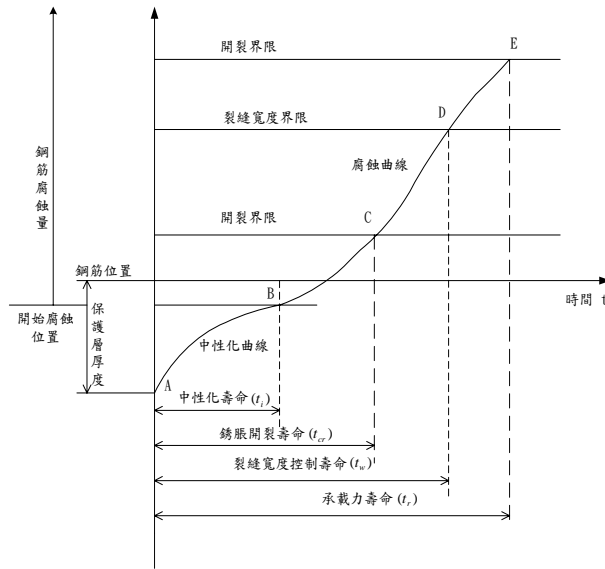


圖 4.20 結構剩餘使用年限示意圖 [36]

表 4.13 結構預測模型 [36]

**鋼筋混凝土劣化預測模型**

1. 混凝土中性化預測模型

$$d = k\sqrt{t}$$

混凝土中性化深度:..... mm

2. 鋼筋腐蝕時間計算

$$t_0 = \left(\frac{c-x_0}{k}\right)^2$$

鋼筋腐蝕時間:..... 年

3. 鋼筋腐蝕深度估計

$$\delta_{el}(t) = \lambda_{el}(t-t_i)$$

鋼筋腐蝕深度:..... mm

4. 混凝土保護層鏽脹開裂時間計算

$$t_{cr} = \frac{\delta_{cr}}{\lambda_{el}}$$

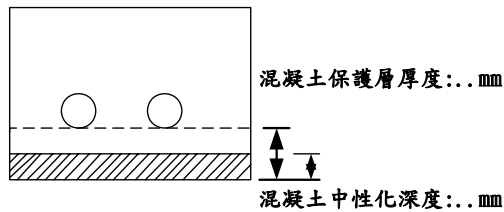
鏽脹開裂時間:..... 年

5. 鋼筋腐蝕深度與裂縫寬度計算

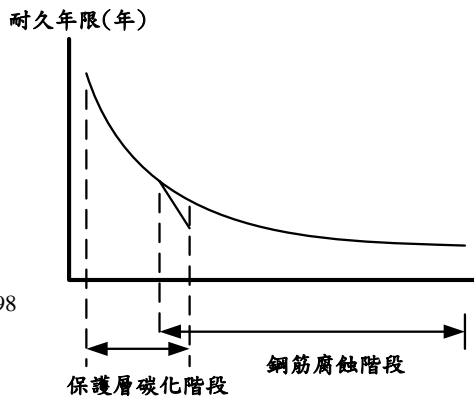
$$\delta = 0.08w + 0.007 \frac{c}{d} - 0.0043 f_c^{0.75} + 0.0798$$

當裂縫寬度:..... mm 對應之  
鋼筋腐蝕深度:..... mm

**鋼筋混凝土斷面示意圖**



**結構物劣化曲線**



- b. 安全性評估：主要是將第一階段所得到的預測結果，計算開裂後的腐蝕量測模型，並對現有構件之承載力作一折減，再透過結構分析程式，對整體結構進行裂縫寬度控制年限與承載力年限之評估。並對橋梁承載力，利用 AASHTO 2003 之荷載與抗力係數評估法 (Manual for Condition Evaluation and Load and Resistance Factor Rating (LRFR) of Highway Bridges)，使用「載重評估方程式」、「LRFR 載重評估系統」、「LRFR 極限狀態分類」及「結構系統容量及構件情況」等四部份進行評估，最終得出承載力係數 RF(Resistance Factor)，當 RF 大於 1，為無立即安全危害；小於 1 為有立即安全危害<sup>[36]</sup>。
2. 無立即安全危害，則進行後續構件選取、裂化現象選取與工法選取。
  3. 有立即危害，則進行補強加固工法的選擇。其選擇方式可利用修復補強工法建議模組，進行工法評選或重建方案之考量。

#### 4.3.2.4 修復補強建議模組介紹

其模組架構示意圖 4.21 所示，主要功能為收集修補工法之資料庫與利用構件劣化程度模組/歷史資料迴歸中之資料(橋梁管理系統 DERU 資料、地震、沖刷、耐久性評估分數等)回饋給其模組的計算生命週期最佳化模式，以其得到在特定維修門檻值時，所能得到最經濟的成本分析(見第五章說明)。另可作新建橋梁方案與現有橋梁工法方案比對與考量，最終得出在各種修補工法中最適合此橋梁的修補方案。其解說案例將在第五章說明。

而此模組可將上述各階段模組評估後，給予各階段的建議修補工法，其修補工法乃是利用本研究系統建議的工法編碼訂出，主要是紀錄構件歷史維修紀錄之用，如將來資料筆數夠多，結合基本資料模組

與構件劣化模組統計橋梁劣化資料以統計方式統計，訓練其災害潛勢模組，即可推估同一地區或位置，發生該災害潛勢的機率以及工法選取的次數多寡。

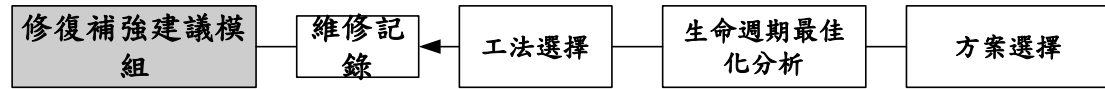


圖 4.21 工法建議模組架構示意圖

本研究將橋梁修補工法原則分為二大項做解釋：

### 1. BMS 系統之一般性維修項目(IPXXXX)

當橋梁根據目視檢測後之結果，如 D 值大於 3 之值，所欲進行的一般性構件維修，其編碼方式依據 BMS 系統內建之碼。詳細項目見附錄三。

### 2. 劣化現象之對應修補工法

當構件經過如圖 4.19 詳細檢測後，認為構件有影響到橋梁安全性之虞時；(1)無立即安全危害之修補法

當橋梁詳細評估後，認為無立即危害時但須修補時，本研究列出建議所對應之修工法，即可利用其劣化現象來區分：表面剝落、非腐蝕裂縫、鋼筋外露、鹼骨材反應、伸縮縫老劣化、支承墊劣化等。其編碼項目如下表 4.14 所示。

表 4.14 無立即危害之構件修補工法編碼

(本研究建議工法僅供參考，實際情形仍需視當時狀況而定)

編碼(MN0X-XX)		描述		
無立即安全危害	劣化現象	編碼		
	表面剝落 (MN01)	輕	MN0101 酸洗	
		表面塗裝	MN0102 噴砂	
			MN0103 砂漿	
			MN0104 Epoxy	
			MN0105 填充工法 (置換工法)	
		重	MN0106 RC 維修補強法	
			MN0107 水泥砂漿維修補強	
			RC 接著劑	MN0108 表面塗封
				MN0108 澆置塗層
			MN0109 epoxy 塗裝法	
		非腐蝕裂縫 (MN02)	MN0201 表面塗封法	
			MN0202 壓力灌漿	
	MN0203 epoxy 注射			
	表面黏貼		MN0204 FRP	
			MN0205 鋼板	
	鋼筋外露 (MN03)	MN0301 水泥砂漿、RC 維修		
		MN0302 還鹼工法		
		MN0303 脫鹽工法		
		MN0304 陰極防蝕工法		
	鹼骨材反應 (龜甲狀裂縫) (MN04)	水泥漿表面被覆法	MN0401 epoxy	
			MN0402 高分子料	
		裂縫封阻法	MN0403 epoxy	
			MN0404 高分子水泥漿	
			MN0405 兩液型或單液型填縫膠	
			MN0406 結合法工法(上兩項相加)	
	伸縮縫老劣化 (MN05)	MN0501 局部修補 (IP2001~IP2005)		
		MN0502 局部置換		
		MN0503 整體置換		
	支承墊劣化 (MN06)	MN0601 支承置換工法		
		MN0602 支承補強工法		
		MN0603 設置退制移動裝置工法		
		MN0604 連接主梁工法		
		MN0605 天秤工法		
		MN0606 彈性拘束工法		

(2)有立即安全危害之修補法(MY0X-XX)

當橋梁詳細評估後，認為有立即危害須修補時，所對應之修工法則利用部位來區分：混凝土構材、結構體、支承、基礎、裂縫、橋面、橋基保護工等項目，建議各種廣為使用的修補工法，而其編碼方式見表 4.15。

表 4.15 各構件修補工法之編碼方式

(本研究建議工法僅供參考，實際情形仍需視當時狀況而定)

編碼(MY0X-XX)		描述	
構件	編碼	維修補強工法	
裂縫 (MY01)	MY0101	表面塗封法	
	MY0102	壓力灌漿	
	MY0103	epoxy	
	MY0104	表面黏貼	FRP
	MY0105		鋼板
	MY0106	開孔止裂工法(鋼橋)	
	MY0107	添加螺栓補強工法(鋼橋)	
	MY0108	焊接維修工法(與 TIG 處理並用)(鋼橋)	
橋面版 (MY02)	MY0201	鋪面修復工法	
	MY0202	伸縮縫修復	
橋墩保護設施 (MY03)	MY0301	混凝土護坦	
	MY0302	拋石	
	MY0303	蛇籠	
	MY0304	混凝土塊	
	MY0305	包墩	
	MY0306	攔砂堰、潛堰	
	MY0307	排樁工法	
	MY0308	多階跌水工	
	MY0309	導流丁壩	
	MY0310	鼎塊排置工法	
	MY0311	托底工法	
橋墩基礎 (MY04)	MY0401	增設基樁、基腳工法	
	MY0402	地盤改良	
	MY0403	鋼板樁圍束工法	
	MY0404	基礎跟加固	
	MY0405	地錨	
大梁 (MY05)	MY0501	增設橫梁工法	
	MY0502	增設支承點工法	
	MY0503	隔震工法	
	MY0504	矯正工法(修正變形部分)(鋼橋)	
橋墩墩體 (MY06)	MY0601	連續纖維板貼附工法	
	MY0602	連續纖維捲覆工法	
	MY0603	PC 捲覆工法	
	MY0604	預力鋼索工法	

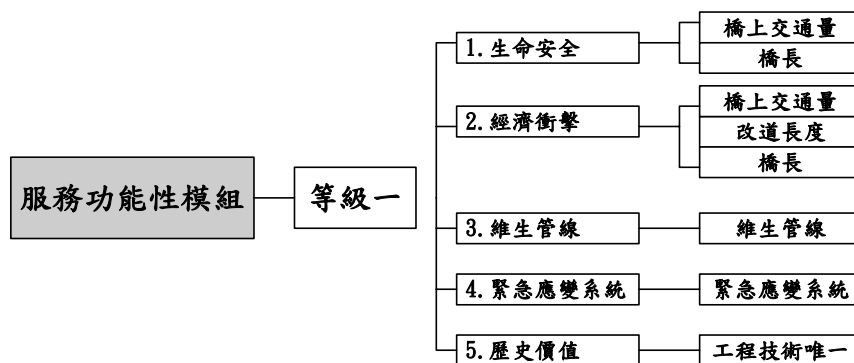
有立  
即安  
全危  
害

### 4.3.2.5 服務功能性模組介紹 (附錄二)

橋梁維修之決策在於其橋梁的服務功能是否健全(重要性的評定)，最主要之目的為供橋梁管理機關後續進行橋梁維護管理之依據，重要性高之橋梁應與優先維修。本研究參考交通部公路總局之「公路橋梁重要等級評定之建立」評定方法中之重要性評等表格<sup>[40]</sup>，並依據高公局橋梁作一調整，表格中權重乃本研究自行假設，其適用性可由後續研究修正，其依下列基本原則來建立國內之橋梁重要程度等級評定方法。

- (1)完整考量影響橋梁重要程度之重要因素。
- (2)配合全國橋梁管理系統資料庫。
- (3)資料收集之可行性。
- (4)簡單易用。
- (5)能區分橋梁之重要程度。

主要分為五大評估項目：生命安全、經濟衝擊、維生管線、緊急應變系統、歷史價值等。其詳細內容見附錄二。目的是提供使用者對構件修補時機考量時，併入社會環境層面的參考。其架構見圖 4.22。



(參考交通部<sup>[40]</sup>所制定)

圖 4.22 決策模組架構示意圖



#### 4.3.2.6 模組資料回饋

根據上述模組介紹，歸結各模組功能如下：

##### 1. 基本資料模組

- (1)橋梁基本資料資料庫之建制
- (2)基本資料以橋梁編碼原則編碼，作為管理者查詢與後續統計之用
- (3)資料庫作為其他模組回饋分析之用。

##### 2. 構件潛勢模組

- (1)為預測將來橋梁可能發生的劣化狀況，為一防禦式維修觀念
- (2)基本資料回饋分析功能
- (3)橋梁災害潛勢評估值資料庫
- (4)橋梁整體耐久性劣化指標資料庫
- (5)漸進式欄位點選評估功能

##### 3. 構件劣化模組

- (1)為評估現有的橋梁劣化狀況，為一反應式維修觀念
- (2)基本資料回饋分析功能
- (3)歷史檢測資料庫
- (4)橋梁 DERU 交叉統計分析資料庫
- (5)BMS 系統一般性維修資料庫
- (6)詳細檢測評估項目資料庫
- (7)漸進式欄位點選評估功能

##### 4. 修復補強建議模組

- (1)主要根據回饋資料進行現有橋梁生命週期成本分析；另可作新建橋梁方案作一比對與考量，最終得出在各種修補工法中最適合此橋梁的修補方案。(2)基本資料回饋分析功能
- (3)對應工法種類、預算資料庫
- (4)LCC 分析程式

(5)漸進式欄位點選評估功能

## 5. 服務功能性模組

(1)目的是提供使用者對構件修補時機考量時，併入社會環境層面的

參考。(2)基本資料回饋分析功能

(3)高速公路橋梁重要性排序資料庫

(4)漸進式欄位點選評估功能

根據一般橋梁評估流程其模組運作流程見圖 4.23。模組間資料回饋方式如圖 4.24 所示。由圖中所知，每個模組雖各自獨立，其資料的建置就格外重要，而其資料的儲存也是以橋梁編碼的方式儲存。當一做橋梁做評估時，必須利用編碼先建立其基本資料，然後利用服務功能性模組判斷其重要性，再進行災害潛勢模組，其中所需要的資料，可由劣化模組和基本資料模組取得，當判斷需要維修或補強時，則利用修補工法模組資料庫給予的資料，選取適合的工法，最後再利用工法建議模組生命週期成本計算程式，求出最佳方案。

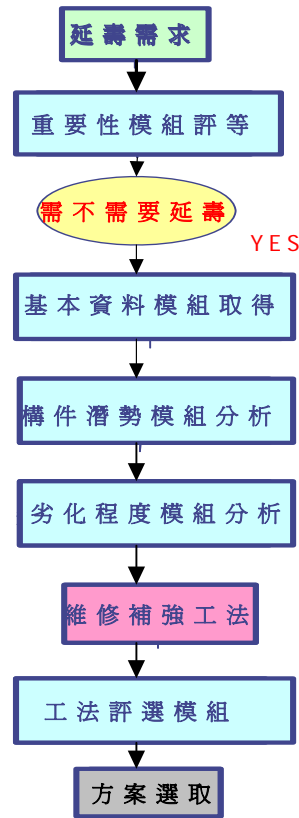


圖 4.23 模組評流程

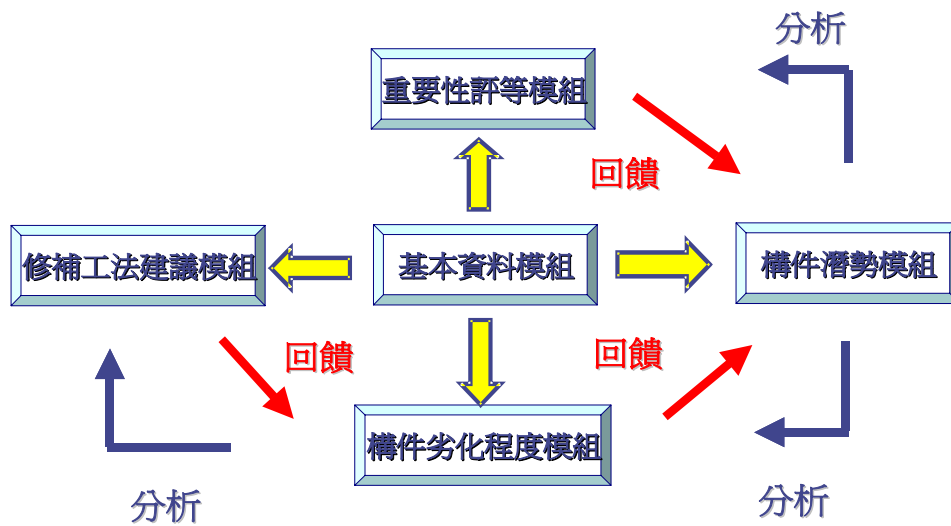


圖 4.24 各模組之間的回饋分析示意圖

#### 4.4 建立整體橋梁綜合指標

美國國會在 1968 年通過聯邦公路法案(Federal Highway Act of 1968)時，美國聯邦公路總署與加州運輸部(Caltrans) 共同出資建立橋梁管理系統並將全國橋梁建立全國橋梁清冊(National Bridge Inventory, NBI)制定了全國橋梁檢測準則(National Bridge Inspection Standard, NBIS )<sup>[25]</sup>，要求各州政府每兩年檢測各州所轄之所有橋梁一次，並將資料彙整於美國聯邦公路總署進行資料更新及保存的動作。

而高速公路橋梁替換及維修計畫 (Local Highway Bridge Replacement and Rehabilitation Program, HBRRP)<sup>[19]</sup> 是由 Caltrans 評估申請單位的核可資格，並利用聯邦運輸公平法 (Federal Transportation Equity Act)的原則中 1 千萬美元的聯邦基金，根據申請的資格發放預算進行橋梁修補計畫。其各單位申請項目為：

1. 主要項目申請：橋梁的修補與重建。
2. 單一項目申請(針對橋梁本體)：
  - (1)塗裝修補(Painting)
  - (2)橋欄杆、扶手替換(Barrier Railing Replacement)
  - (3)沖刷對策(Scour Countermeasure)
  - (4)當地委託的地震補強計畫(Local Mandatory Seismic Retrofit Program)
3. 特別項目申請(依功能需求、規範改變)：
  - (1)沿路河川滿水期行車狀況的改變 (Low Water Crossing Replacement With New Bridge )
  - (2)洪災計畫導致的橋梁替換(Bridge Replacement Due to Flood Control Project)
  - (3)在原為渡口處新建橋梁(New Bridge to Replace Ferry Service)
  - (4)列為歷史古蹟橋梁(Special Historic Bridge Work)

(5) 列為高價值的橋梁，例如：橋梁上層唯一般車道，下層為捷運系統。(High Cost Bridge Projects)

申請過程中除必須提供重建或修補的工程預算和報告之外，並利用 HBRRP 申請應用表格(參見附錄四)逐步填寫內容，其中申請橋梁的條件必須滿足：1.橋梁設計規範必須依據 AASHTO，2.新建橋梁 10 年內不得申請，3.橋梁單跨跨距必須大於 6.1M。

修復橋梁的資格評定是利用橋梁結構缺陷(Structurally Deficient, SD)和功能退化(Functionally Obsolete, FO)的狀況下作評分：

當充分率(Sufficiency Rating, SR)小於 80 時可進行一般項目的申請；小於 50 時即可進行申請重建。其計算方式可見下圖 3.27

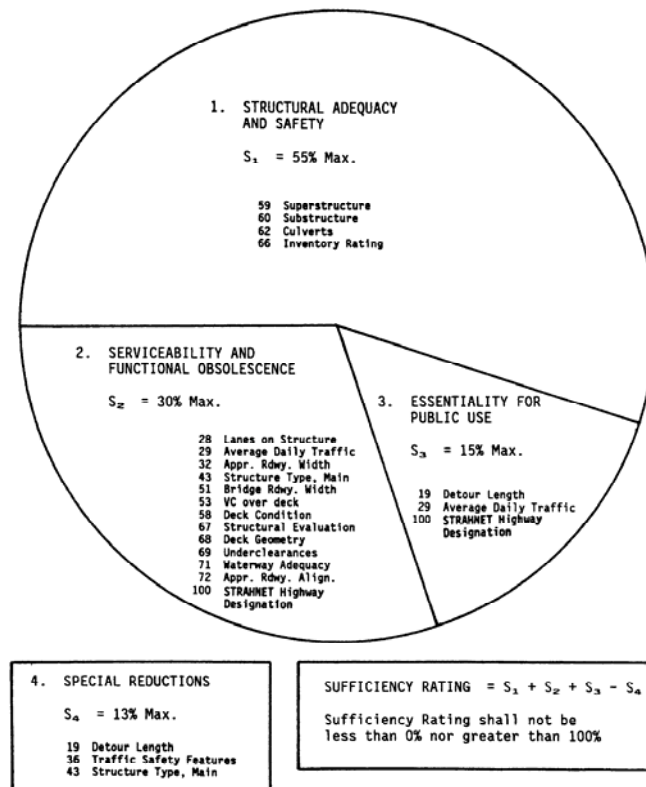


圖 4.25 充分率計算表

計算分為四大項：

- 1.結構安全性(Structural Adequacy and Safety)
- 2.功能需求-幾何方面(Serviceability and Functional Obsolescence)

### 3. 公共使用之充分性(Essentiality for Public use)

### 4. 特殊折減(Special Reductions)

經由上述 SR 的算法即可判斷現有橋梁是否需要維修，因為所有編碼已經建置於系統中，所以計算統計時相當方便。

延續上述觀念，並參考營建署「都市計畫區內市區道路橋梁檢測、監測、維修及管理計畫」期中報告<sup>[81]</sup>之建表觀念，本研究認為在橋梁延壽分析中必須考量其結構本體的安全性、劣化狀況、所處環境造成之災害潛勢，以及用路人使用服務性、經濟性的綜合評估，如何同時考量上述因素，訂定適當之橋梁維修補強之綜合指標，使有限資源有效利用，為一相當重要之課題。在本節中，將整合 4.3 節中各系統模組的評估結果建立一綜合重要性指標，此指標將可作為橋梁整體延壽指標之用。在此將前節評估結果之各項指標，彙整成一綜合指標，共分為：結構性指標、服務性指標、健全性指標等三大指標。其綜合架構如下圖 4.26 所示。

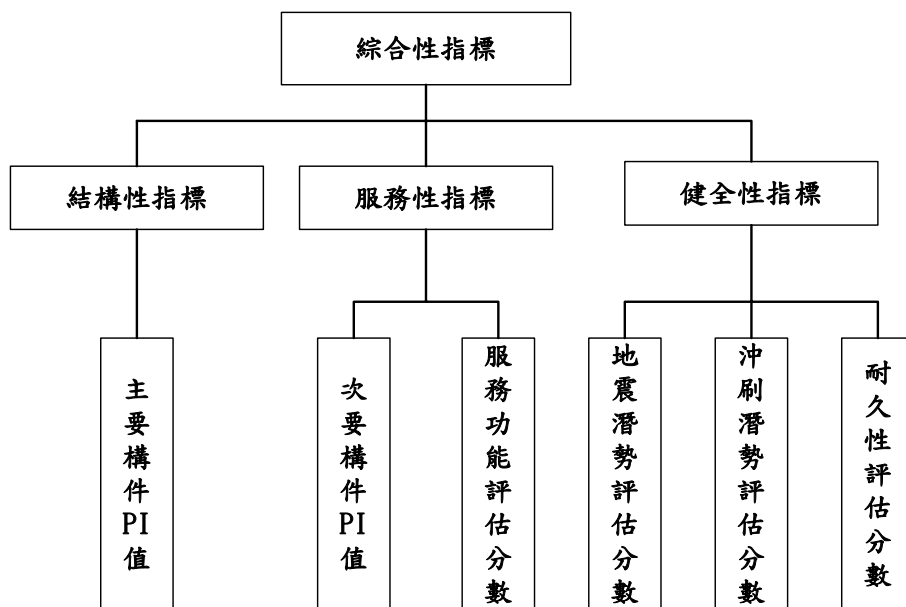


圖 4.26 橋梁綜合性指標架構

#### 一、結構性指標

此處之結構性指標所用的分析方式，乃利用前節構件劣化模組中，擷取台灣地區橋梁管理系統中，橋梁主要構件之 DER 值，進而推算優選指標 PI(Priority Index)值。優選指標可顯示出該橋梁結構劣化狀況。以一座橋檢測結果之最差構件之  $I_{cij}$  值，當作該檢測組合構件之  $I_{cij}$  值，假設如有一橋面板已嚴重破損，則該橋之橋面板視為嚴重破損，並根據最小之  $I_{ci}$  值，分為三類計算某一項組合構件之  $I_{cij}$ ，再經加權計算而得 PI。

計算步驟如下：

1. 找出各檢測構件項目中構件最小之  $I_{ci}$ ，即  $I_{cij(\min)}$ 。
2. 若  $I_{cij(\min)}$  值小於 50，則將小於 50 之  $I_{cij}$  值加以平均計算。
3. 若  $I_{cij(\min)}$  值介於 50~75 間，則將此範圍之  $I_{cij}$  值加以平均計算。
4. 若  $I_{cij(\min)}$  值介於 75~100 間，則將此範圍之  $I_{cij}$  值加以平均計算。
5. 將橋梁檢測項目中影響結構安全項目之值，經加權計算即可得優選指標 PI。

其結構性評估表，如下表 4.16 所示。

表 4.16 結構性指標評估表格

(表中權重參考營建署「都市計畫區內市區道路橋梁檢測、監測、維修及管理計畫」<sup>[81]</sup>)

<p style="text-align: center;"><b>結構性指標</b></p> <p>主要構件 DER 目視檢測 優選指標 PI 值 總得分 = PI × 0.4</p>	主要構件 i(共計 11 項)			
	橋台基礎，橋台，橋墩保護措施，橋墩基礎，橋墩墩體，主構件(大樑)，副構件(橫隔樑)，橋面版，止震塊，河道，支承墊			
	構件	權重 Wi	構件	權重 Wi
	橋台基礎	7	副構件(橫隔樑)	1
	橋台	4	橋面版	3
	橋墩保護措施	11	止震塊	3
	橋墩基礎	20	河道	10
	橋墩墩體	12	支承墊	3
	主構件(大樑)	8		
	$PI = \frac{\sum I_{ci} \times W_i}{\sum W_u} \quad I_{ci} = \frac{\sum I_{cij}}{n} \quad \text{or } I_{ci} = \min(I_{cij})$			
$I_{cij} = 100 - 100 \times \frac{(D + E) \times R^a}{b} \quad b = (D_{\max} + E_{\max}) \times R^a = (4 + 4) \times 4^a$				
註：內定值 a=1，若對重橋梁時，a=2				

**二、服務性指標**

服務性指標分為兩大層次，一為橋梁次要構件(一般為附屬設施)之 DER 值，進而推算優選指標 PI(Priority Index)值，當服務構件效能降低時，主要表示橋梁構件中屬於服務性質者，其構件狀況不佳，直接影響用路人之安全性與舒適性；另一為服務功能性指標，表示橋梁提供用路人正常功能之重要性，如交通量大小、改道長度等。

**服務性指標=次要構件優選指標 PI 值×0.1+服務功能指標×0.1**

**1.次要構件 DER 檢測推算優選指標 PI 值**

橋梁之賜要構件，也可稱為服務構件，為摩擦層(AC 鋪面)、伸縮縫、排水設施等，損壞不會危及到橋梁結構安全，卻直接與用路人接觸，影響用路人之舒適性與安全性，各個服務構件狀況之判定，擷取台灣地區橋梁管理系統中之 DER 值，進而推算修選指



標，其計算方式與上述結構性指標方式相同。其評估表格如下表 4.17 所示。

表 4.17 次要構件修選指標評估表格

(表中權重參考營建署「都市計畫區內市區道路橋梁檢測、監測、維修及管理計畫」<sup>[81]</sup>)

次要構件優選指標 次要構件 DER 目視檢測 優選指標 PI 值 總得分= PI × 0.1	主要構件 i(共計 9 項)			
	引道路提，引道護欄，引道護坡，伸縮縫，摩擦層，排水設施，緣石及人行道，擋土牆，護欄			
	構件	權重 Wi	構件	權重 Wi
	引道路提	3	排水設施	1
	引道護欄	1	緣石及人行道	1
	引道護坡	1	擋土牆	3
	伸縮縫	6	護欄	3
	摩擦層	1		
	$PI = \frac{\sum I_{ci} \times W_i}{\sum W_u} \quad I_{ci} = \frac{\sum I_{cij}}{n} \quad \text{or } I_{ci} = \min(I_{cij})$			
	$I_{cij} = 100 - 100 \times \frac{(D+E) \times R^a}{b} \quad b = (D_{\max} + E_{\max}) \times R^a = (4+4) \times 4^a$			
註：內定值 a=1，若對重橋梁時，a=2				

## 2. 服務功能指標

沿用 4.3.2.6 節所建立之服務功能模組之評分值，其值愈高代表該橋梁服務重要性愈高。

## 三、健全性指標

在 4.3 捷所提出之橋梁延壽評估策略，其概念除了考慮橋梁使用人舒適的服務性以及橋梁本體結構劣化狀況外，也必須加入橋梁所處環境所造成之危害度，也就是易損性。而健全性指標的建立，就是將前節所建立的地震、沖刷和耐久性評估分數，加權成一橋梁健全性指標，其計算方式如下：

### 1. 地震健全性指標：100-地震潛勢評估分數

2. 沖刷健全性指標：100-沖刷潛勢評估分數

3. 耐久性健全指標：100-耐久性評估分數

$$\text{健全性指標} = \text{地震指標} \times 0.2 + \text{沖刷指標} \times 0.1 + \text{耐久性指標} \times 0.1$$

其橋梁綜合性指標評估表格如下表 4.18 所示。

**表 4.18 橋梁綜合性評估表格**

(表中權重為本研究自行假設，其適用性可由後續研究修正)

橋梁綜合性評估表格					
橋梁綜合性指標	指標項目	評估指標	評估方法	得分	
橋梁綜合性指標	結構性指標	主要構件 PI 值	PI 值×0.4		
	服務性指標	次要構件 PI 值	PI 值×0.1		
		服務功能性指標	服務功能評分×0.1		
	健全性指標	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	
			耐久性健全指標	健全評分×0.1	
	總分				