

## 附錄二 服務功能性(重要性)指標建立與評估方法(參考交通部公路總局報告)<sup>[40]</sup>

橋梁服務功能(重要性)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。本研究除將參考國外橋梁重要程度等級評定方法外，並將依據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。

圖 1 所示為本研究參考現有評估方法並運用決策分析理論所提出之橋梁重要等級評定架構，其內容將於下文詳細說明之。

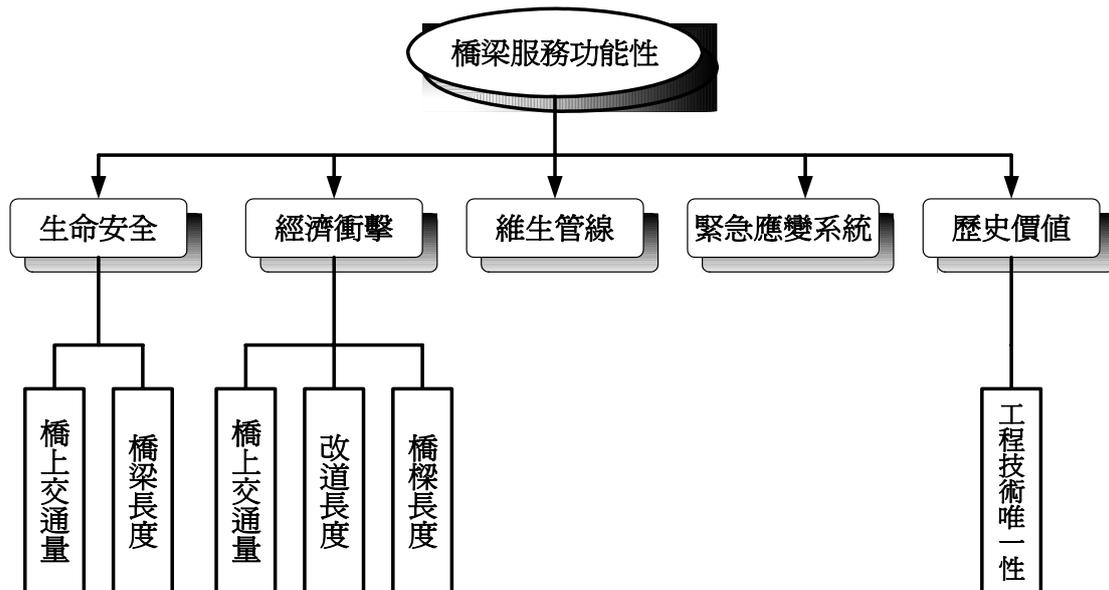


圖 1 橋梁服務功能等級分類評定<sup>[40]</sup>

橋梁功能等級評定之主要目的為確認該橋梁損壞失效所可能對社會經濟衝擊程度，依此可建立圖 2 所示之橋梁重要性等級評定之目標階層架構，由圖中可知一座橋梁對社會經濟之影響包含有經濟損失、維生管線損失、歷史財產損失、人命損失影響等幾項，而其中經濟損失又包含有直接損失(橋梁修復或重建所需成本)及間接經濟損失(因橋梁失效需改道所造成之用路人成本)，而人命損失則包含有直因橋梁損壞所致之人員傷亡與因正常緊急應變功能無法發揮所造成之人員傷亡等。

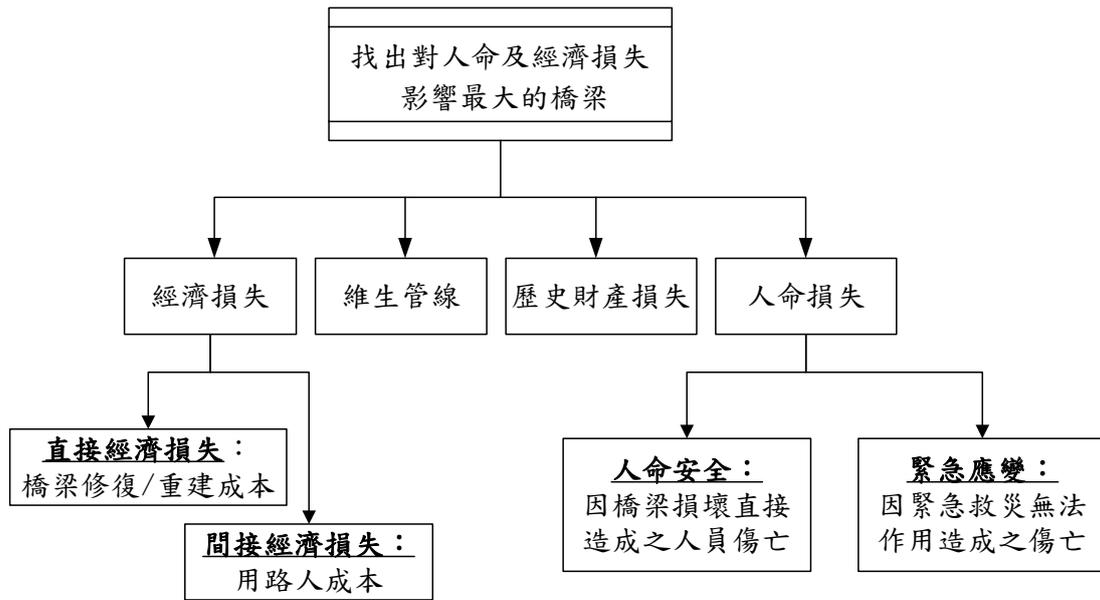


圖 2 橋梁服務功能性等級評定之目標階層<sup>[40]</sup>

而依據上述架構，茲將各項重要因素及評估內容說明如下：

(1) 生命安全：

當橋梁發生毀壞後可能造成橋上通行人車或橋下通行人車之生命安全之危害，本研究共考量橋上交通量、橋長、跨越其他道路等三項主要因素，其中橋上交通量愈大，表示橋梁使用者愈多，而橋長愈長，表示可能在橋上之車輛數亦愈多，所以橋梁一旦發生損毀，亦將可能危害更多使用者之生命安全。而橋梁跨越其他道路則是用以反應因橋梁倒塌所可能導致橋下生命損失的危險。而此三項因素之評估方式及效用函數決定方式說明如下：

1. 橋上交通量：交通量資料為橋梁重要等級評定中之重要關鍵因素，本研究採用拋物線型效用函數作為橋上交通量之效用函數，其函數式如下：

$$0 \leq 1 - \left( \frac{ADT_{Carry} - ADT_{Ref}}{ADT_{Ref}} \right)^2 \leq 1$$

其中  $ADT_{Carry}$  為橋上平均每日交通量， $ADT_{Ref}$  為參考交通量，其係考量橋梁交通量在一定量之上時其對橋梁重要性之影響即應大致相同，同時避免罕具之高交通量完全控制此一項因素。目前國內只有公路總局對國內交通量有較全面性的調查。本研究經由統計分析取高公局橋梁交通量平均值加上一倍標準差之交通量整數 28,000 (pcu) 為參考交通量，約有 15% 之高公局橋梁交通量高於此值。

2. 橋梁長度：橋長愈長，當受損時可能影響之車輛人員安全之可能亦愈高。本研究使用線性效用函數來表示，其函數式如下：

$$0 \leq \frac{L}{L_{Ref}} \leq 1$$

上式中， $L$  為橋梁長度，其中  $L_{Ref}$  為橋長參考值，其係用以避免少數很長之橋梁控制本項因素。依此，本研究針對高速公路橋梁管理系統中所有橋梁之長度進行統計分析，取用橋長之平均值加上二倍標準差取整數之值 200 公尺為橋長參考值，其累積分佈約為 97%，橋長大於 200 公尺之橋梁數約為 3%。

(2) 經濟衝擊：

除橋梁毀壞後之橋梁修復或重建等直接成本外，仍需考量橋梁破壞後，運輸系統之中斷會造成短期或長期對提供使用者運輸需求之衝擊，應考慮路人在旅行時間延遲下之成本損失評估長期之經濟影響。本研究參考 Basöz and Kiremidjian 之相關研究，包含了直接經濟衝擊與間接經濟衝擊，直接經濟衝擊是指橋梁損壞後需修復或重建之成本；間接經濟衝擊是指由於運輸系統之中斷會造成社會之經濟影響。其考量評估之因素有交通量、道路等級、改道長度及橋梁長度等因素，而此四項因素之評估方式及效用函數決定方式說明如下：

- 1. 橋上交通量：**交通量越大，表示橋梁使用量越大，所以橋梁一旦發生損毀，將危害更多經濟上之衝擊，主要考慮橋上之交通量，其效用函數同生命安全中之交通量效用函數。
- 2. 改道長度：**橋梁損壞禁止通行後，使用者改道繞行之長度，使用路人成本增加，旅行時間增長，使用者將花費更多時間成本。本研究採用改道長度在 15 公里以上時，效用值為 1.0；在 5 公里以上 15 公里以下時，效用值為 0.5；在 5 公里以下時，效用值為 0.2。圖 3 為改道長度計算之示意圖，評估者可利用橋梁鄰近地區之地圖推估改道長度。

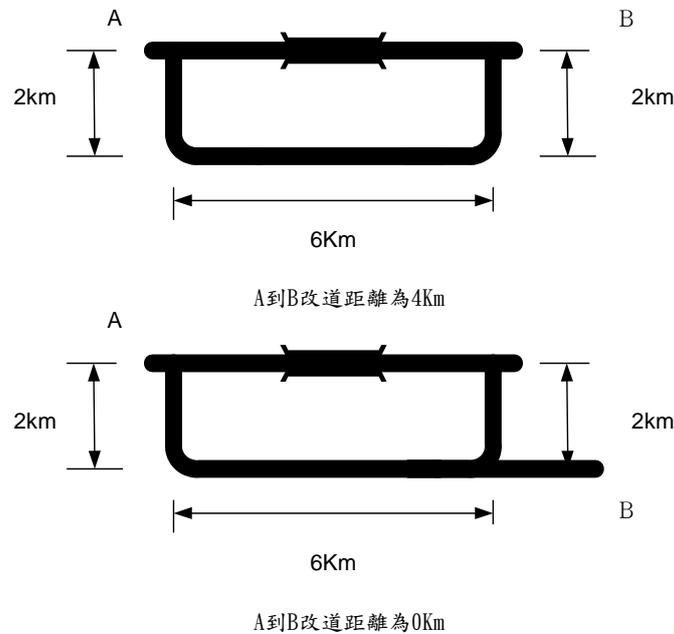


圖 3 改道距離計算示意圖<sup>[40]</sup>

**3. 橋梁長度：**本研究考量以橋梁長度來反應橋梁一旦損毀，所需花費之重建或修復成本，及橋梁損壞後之可修復性或替代性便橋架設之容易性，其效用函數與生命安全之橋梁長度相同，其函數式如下：

$$0 \leq \frac{L}{L_{Ref}} \leq 1$$

上式中， $L$  為橋梁長度，其中  $L_{Ref}$  為橋長參考值，其值為 200 公尺，

**(3) 維生管線：**

維生管線指附掛橋梁上之民生管線，如自來水管、油管、瓦斯管、電力或電信管線等。一旦橋梁受損導致管線損壞，將衝擊到特定區域之民生、農業

及工業等用水或用電，甚至於影響整個電信系統的運作，所以有附掛維生管線之橋梁其重要性將大於無附掛維生管線之橋梁。參考Basöz and Kiremidjian之相關研究後初步擬訂依據橋梁結構上附掛管線類型數目加以評分。本研究採用附掛兩種管線以上之橋梁，其效用值為1.0；僅附掛一種管線之橋梁，其效用值為0.5；沒有附掛任何管線之橋梁，其效用值為0.0。

#### (4) 緊急應變系統：

用以量度災害發生並造成橋梁破壞之後，對仰賴運輸系統完整有效之緊急應變之衝擊。可能造成救災或醫療系統無法到達之問題，尤其發生如地震或颱風引起洪水之巨大災害時更加重要。將道路提供之救災功能來區分道路等級：

1. 緊急道路：重大災害發生後，必須確保能聯絡災區與非災區，並得以連通各救災分區的道路。應直接連通其他行政轄區，在同一行政轄區內，則可藉以連通重要防救據點例如：警政機關及有提供緊急救護之醫療院所。緊急道路在震災發生後，必須保持暢通，必要時更須採行交通管制，以利救災行動的進行。
2. 救援輸送道路：在重大災害發生且災情底定後，作為救災物資、器材及人員等輸送之道路。救援輸送道路同時擔負消防活動、各防災據點之物資運送，亦做為避難人員移往收容場所的路徑。

避難輔助道路：當避難場所、據點或不同層級防災道路間，無法為救援輸送道路及避難通道涵蓋時，則增設避難輔助道路，藉以架構完整的防災交通動線系統。

本研究採用橋梁位於主要聯外道路及市區 15 公尺以上可通達主要防救指揮中心、醫療救護中心及外部支援大型集散中心之道路，則其效用值為 1.0；否則，其效用值為 0.0。

#### (5) 歷史價值：

橋梁之歷史特性，如工程紀念價值或與某重大事件相關等。台灣地區人民生活水準及文化水平提高，對於橋梁的評估，不再只是侷限於其運輸功能，而應加以考慮其歷史文化方面的重要性。參考Basöz and Kiremidjian之相關研究中考慮歷史價值與工程技術唯一性及是否為古蹟有關。

1. 工程技術唯一性：使用特殊工法興建之橋梁，或為某特殊工法第一次使用之橋梁，具有一定工程上之價值。本研究採用若橋梁興建時若採用特殊工法興建，或此橋梁興建採用之工法為台灣第一次使用之特殊工法，在台灣工程史上具有一定價值，其效用值為 1.0；反之如無使用特殊工法興建之橋梁，其效用值為 0.0。

#### 重要性等級分類與因應對策

由於橋梁維護經費與人力之不足，如何運用有限資源進行橋梁之維護管理，以減少未來橋梁損壞可能對社會經濟造成之衝擊，為目前國內各橋梁管理機關所面臨之重要課題。而橋梁重要性等級評定之最主要目的即在提供橋梁管理機關所轄橋梁之重要性優選排序，使橋梁管理機關可據以排定維護管理之優先順序，對具較高危險性及功能重要性之橋梁予以優先檢測或維修補強，以將有限之人力及經費充分有效運用。

依據上節所作之評估分析，可將重要性評等完成下表 1。

表 1 橋梁重要程度等級評定表(圓山橋)

(參照交通部「橋樑重要程度等級之建立」之重要性評估表格<sup>[40]</sup>)

重要因素	關鍵因素	分數等級	權重	得分
生命安全 (34)	橋上交通量( $U_{TC}$ ) (0.75)	$0 \leq 1 - \frac{(ADT_{Carry} - 28000)^2}{784 \times 10^6} \leq 1$	25.5	15.3
	橋長( $U_L$ ) (0.25)	$0 \leq \frac{L}{200} \leq 1$	8.5	8.5
經濟衝擊 (38)	橋上交通量( $U_{TC}$ ) (0.16)	$0 \leq 1 - \frac{(ADT - 28000)^2}{784 \times 10^6} \leq 1$	6.08	3.648
	改道長度( $U_{DL}$ ) (0.46)	15 公里以上 (1.0) 5 公里以上 15 公里以下 (0.5) 5 公里以下 (0.2)	17.48	3.496
	橋長( $U_L$ ) (0.38)	$0 \leq \frac{L}{200} \leq 1$	14.44	14.44
維生管線 (4)	維生管線( $U_{VT}$ ) (1.0)	無 (0) 橋梁上附掛一種維生管線 (0.5) 橋梁上附掛二種維生管線 (1.0)	4	2
緊急應變 系統 (16)	緊急應變系統 ( $U_{ER}$ ) (1.0)	無(0) 位於救災系統或緊急醫療系統中 (1.0)	16	16
歷史價值 (8)	工程技術唯一性 ( $U_U$ ) (0.5)	橋梁工程技術具唯一性 (1.0) 橋梁工程技術不具唯一性 (0)	8	8
合計	100			71.384

(表中權重為本研究參考表格後修訂，其適用性可由後續研究修訂)

總分為 100 分，當有兩座以上之橋梁在選擇進行延壽評估時，可先利用其重要性評等作一分析，選取對高速公路較為重要的橋梁先行分析。

表 2 橋梁重要程度等級評定表(淡水河橋)

(參照交通部「橋樑重要程度等級之建立」之重要性評估表格<sup>[40]</sup>)

重要因素	關鍵因素	分數等級	權重	得分
生命安全 (34)	橋上交通量( $U_{TC}$ ) (0.75)	$0 \leq 1 - \frac{(ADT_{Carry} - 28000)^2}{784 \times 10^6} \leq 1$	25.5	15.3
	橋長( $U_L$ ) (0.25)	$0 \leq \frac{L}{200} \leq 1$	8.5	8.5
經濟衝擊 (38)	橋上交通量( $U_{TC}$ ) (0.16)	$0 \leq 1 - \frac{(ADT - 28000)^2}{784 \times 10^6} \leq 1$	6.08	3.648
	改道長度( $U_{DL}$ ) (0.46)	15 公里以上 (1.0) 5 公里以上 15 公里以下 (0.5) 5 公里以下 (0.2)	17.48	3.496
	橋長( $U_L$ ) (0.38)	$0 \leq \frac{L}{200} \leq 1$	14.44	14.44
維生管線 (4)	維生管線( $U_{UT}$ ) (1.0)	無 (0) 橋梁上附掛一種維生管線 (0.5) 橋梁上附掛二種維生管線 (1.0)	4	2
緊急應變 系統 (16)	緊急應變系統 ( $U_{ER}$ ) (1.0)	無(0) 位於救災系統或緊急醫療系統中 (1.0)	16	16
歷史價值 (8)	工程技術唯一性 ( $U_U$ ) (0.5)	橋梁工程技術具唯一性 (1.0) 橋梁工程技術不具唯一性 (0)	8	16
合計	100			71.384

(表中權重為本研究參考表格後修訂，其適用性可由後續研究修訂)

表 3 橋梁重要程度等級評定表(中沙大橋)

(參照交通部「橋樑重要程度等級之建立」之重要性評估表格<sup>[40]</sup>)

重要因素	關鍵因素	分數等級	權重	得分
生命安全 (34)	橋上交通量(U <sub>TC</sub> ) (0.75)	$0 \leq 1 - \frac{(ADT_{Carry} - 28000)^2}{784 \times 10^6} \leq 1$	25.5	12.75
	橋長(U <sub>L</sub> ) (0.25)	$0 \leq \frac{L}{200} \leq 1$	8.5	8.5
經濟衝擊 (38)	橋上交通量(U <sub>TC</sub> ) (0.16)	$0 \leq 1 - \frac{(ADT - 28000)^2}{784 \times 10^6} \leq 1$	6.08	2.55
	改道長度(U <sub>DL</sub> ) (0.46)	15 公里以上 (1.0) 5 公里以上 15 公里以下 (0.5) 5 公里以下 (0.2)	17.48	17.48
	橋長(U <sub>L</sub> ) (0.38)	$0 \leq \frac{L}{200} \leq 1$	14.44	14.44
維生管線 (4)	維生管線(U <sub>UT</sub> ) (1.0)	無 (0) 橋梁上附掛一種維生管線 (0.5) 橋梁上附掛二種維生管線 (1.0)	4	2
緊急應變 系統 (16)	緊急應變系統 (U <sub>ER</sub> ) (1.0)	無(0) 位於救災系統或緊急醫療系統中 (1.0)	16	0
歷史價值 (8)	工程技術唯一性 (U <sub>U</sub> ) (0.5)	橋梁工程技術具唯一性 (1.0) 橋梁工程技術不具唯一性 (0)	8	8
合計	100			65.72
總分				

(表中權重為本研究參考表格後修訂，其適用性可由後續研究修訂)

表 4 橋梁重要程度等級評定表(竹田系統橋)

(參照交通部「橋樑重要程度等級之建立」之重要性評估表格<sup>[40]</sup>)

重要因素	關鍵因素	分數等級	權重	得分
生命安全 (34)	橋上交通量( $U_{TC}$ ) (0.75)	$0 \leq 1 - \frac{(ADT_{Carry} - 28000)^2}{784 \times 10^6} \leq 1$	25.5	7.65
	橋長( $U_L$ ) (0.25)	$0 \leq \frac{L}{200} \leq 1$	8.5	8.5
經濟衝擊 (38)	橋上交通量( $U_{TC}$ ) (0.16)	$0 \leq 1 - \frac{(ADT - 28000)^2}{784 \times 10^6} \leq 1$	6.08	1.824
	改道長度( $U_{DL}$ ) (0.46)	15 公里以上 (1.0) 5 公里以上 15 公里以下 (0.5) 5 公里以下 (0.2)	17.48	8.74
	橋長( $U_L$ ) (0.38)	$0 \leq \frac{L}{200} \leq 1$	14.44	14.44
維生管線 (4)	維生管線( $U_{VT}$ ) (1.0)	無 (0) 橋梁上附掛一種維生管線 (0.5) 橋梁上附掛二種維生管線 (1.0)	4	0
緊急應變 系統 (16)	緊急應變系統 ( $U_{ER}$ ) (1.0)	無(0) 位於救災系統或緊急醫療系統中 (1.0)	16	0
歷史價值 (8)	工程技術唯一性 ( $U_U$ ) (0.5)	橋梁工程技術具唯一性 (1.0) 橋梁工程技術不具唯一性 (0)	8	8
合計	100			49.154
總分				

(表中權重為本研究參考表格後修訂，其適用性可由後續研究修訂)